VZDRŽEVALEC

Številka 213-214, april–september 2025

DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

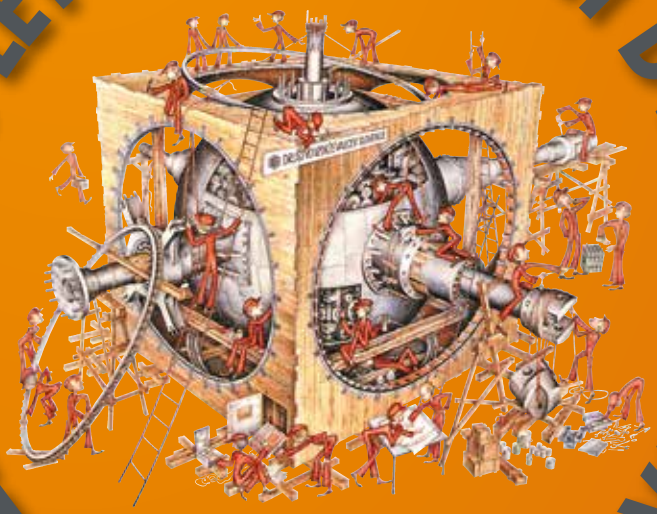
DVS 2025

www.drustvo-dvs.si

30 LET TPVS

50 LET DVS

45 LET REVIJE VZDRŽEVALEC



30. TEHNIŠKO POSVETOVANJE VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE

DAN VZDRŽEVANJA

Celje, 10. april 2025

Mednarodni industrijski sejem

Celjski sejem

8.-11. APRIL 2025



DAN VZDRŽEVANJA 2025

50. obletnica Društva vzdrževalcev Slovenije

Dvorana Celjanka, 10. 4. 2025, 9.30 do 14.00

9.30 – 9.40 **Uvodna predstavitev načrtov DVS za prihodnje obdobje,**
dr. Viktor Lovrenčić, Predsednik DVS

9.40 – 10.00 **Dobro opredeljeni procesi vzdrževanja, pogoj za uspešnost in učinkovitost ,**
mag. Andrej Androjna, QUANTUM Consulting

10.00 – 10.20 **Oblikovanje navodil za vzdrževanje po načelih obvladovanja premoženja ISO 55000,**
g. Janez Tomažin, DIMAS d.o.o.

10.20 – 10.30 **Varno delo vzdrževalcev pri servisiranju električnih vozil,**
dr. Viktor Lovrenčić, C&G d.o.o. Ljubljana, ga. Ana Lovrenčič, C&G d.o.o. Ljubljana

10.30 – 10.40 **Ključni kazalniki uspešnosti in učinkovitosti (KPI) v vzdrževanju,**
dr. Damjan Maletič, UM FOV

10.40 – 11.00 **Umetna inteligenca v vzdrževalnih procesih,**
g. Andrej Terkaj, TASK d.o.o.

11.00 – 11.20 **UI v napovedovanju proizvodnje in prediktivnem vzdrževanju fotonapetnostnih elektrarn,**
dr. Matjaž Eberlinc, HSE d.o.o., g. Igor Voršič, HSE d.o.o., g. Viktor Brajak, Medius d.o.o.

11.20 – 11.50 **Odmor**

11.50 – 12.50 **Okrogla miza: Pomen informacijske podpore v vzdrževanju,**
g. Boštjan Malavašič, Inden d.o.o. (voditelj) g. Saša Ciglar, Papirnica Vevče d.o.o., mag. Jurij Cvikl, Marcelino d.o.o., g. Gradišnik, KOPA d.d., g. Matej Kramar, MM Količevo, d.o.o., g. Marjan Polak, Steklarna Hrastnik d.o.o., g. Andrej Terkaj, TASK d.o.o., g. Igor Voršič, HSE d.o.o.

12.50 – 13.10 **Metode tehnične diagnostike rotacijskih strojev,**
g. Jovan Jovanović, INSTRO d.o.o.

13.10 – 13.30 **Zahteve glede vzdrževanja in pregledov delovne opreme, dvigal, opreme pod tlakom in sistemov aktivne požarne zaščite,**
mag. Ivan Božič, ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o.

13.30 – 13.45 **Zadostnost podatkovne podpore vzdrževanju in obvladovanju premoženja,**
mag. Drago Bokal, DVS, dr. Jože Pihler, DVS, mag. Rado Ferlič, ELES d.o.o.

13.45 – 14.00 **LOTO za varno vzdrževanje,**
g. Jurij Žvab, NEXUM d.o.o.

DRUŠTVO VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE
DVS

VZDRŽEVALEC 213–214
april–september 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!

Spoštovani udeleženci 30. TPVS (Tehniškega posvetovanja vzdrževalcev Slovenije), srečanja vzdrževalcev in bralcev revije Vzdrževalec!

Pred epidemijo COVID-19 je bil izveden 29. TPVS na Otočcu, in sicer 9. in 10. oktobra 2019 z dvema plačljivima delavnicama in z brezplačnimi predavanji. Na okrogli mizi so govorili o oskrbi z rezervnimi deli. Za ostala predavanja so poskrbeli razstavljavci in vabljeni predavatelji.

Lani izvoljeno novo vodstvo DVS je ob 50. obletnici DVS obljubilo izpeljati jubilejni 30. TPVS. Ponudila se je možnost izvedbe na celjskem sejmu z minimalnimi stroški in možnim množičnim obiskom. Na ta način se bo poskušalo vzdrževalce seznaniti tudi z novostmi v tehnologiji vzdrževanja, meritvah in analizah ter orodjih in merilnih inštrumentih, pa tudi o novostih v organizaciji vzdrževanja, za kar bodo poskrbeli domači predavatelji, ki sodelujejo v organih EFNMS in ostalih organizacijah v povezavi z vzdrževanjem po svetu in tudi doma. Vključuje se vse več strokovnjakov, vzdrževalcev s področja elektroenergetike in tudi gradbeništva.

Spoštovani partnerji, člani, predavatelji, gostje in ostali udeleženci, pridite na 30. TPVS, da skupaj postavimo temelje za učinkovito in uspešno vzdrževanje!

Partnerji, člani in ostali podporniki ste še vedno srce našega srečanja, zato se vam posebej zahvaljujemo, da nam še vedno zaupate in verjamete, da ima vzdrževanje, ki se vključuje na vsa področja odločanja in izvedbe poslovanja, še vedno svetlo prihodnost.

Tehniško posvetovanje vzdrževalcev Slovenije pa je glava našega srečanja in edinstvena priložnost, da se na enem mestu srečajo dobavitelji in kupci izdelkov in storitev s področja vzdrževanja. Razstavljavci celjskega sejma se predstavljajo z novimi proizvodi, vse bolj avtomatiziranimi, vzdrževalcu prijaznimi, ponujajo vse bolj kvalitetne storitve, v kar nas vodi Industrija 4.0 in vse bolj tudi Industrija 5.0, kar se odvija tudi pod okriljem Asset Managementa (obvladovanja premoženja).

Letošnji jubilejni 30. TPVS je namenjen i**zzivom sodobnega vzdrževanja**. **Predavanja slovenskih avtorjev** nam prinašajo sveže poglede na problematiko vzdrževanja v naši sedanji realnosti. Spoznali boste tudi nekaj praktičnih primerov vzdrževanja v naših podjetjih. Predavanja so objavljena v tej dvojni številki 213-214 Vzdrževalca, zbornika predavanj 30. TPVS.

Izzivom v sodobnem vzdrževanju je namenjena tudi okrogla miza, na kateri bodo kompetentni strokovnjaki iz podjetij in združenj odgovarjali na aktualna vprašanja, predvsem s področja digitalizacije, računalniške podpore in sodobnih elektronskih naprav v procesih vzdrževanja. Bo tako nastalo še kaj izboljšav ali inovacij? Okroglo mizo bo vodil Boštjan Malavašič.

Vsem, ki ste kakorkoli pripomogli pri organizaciji, se iskreno zahvaljujemo, z vašo pomočjo bo naš Dan vzdrževanja zaživel in še dolgo odmeval od vtisov vašega obiska.

Prejmite lepe pozdrave od uredniškega odbora, organizacijskega odbora TPVS, organov DVS in

urednika, mag. Viktorja Jemca.

KAZALO

3 mag. Viktor Jemec
UVODNIK

8 dr. Viktor Lovrenčić
KOLUMNA

SVEČANA OTVORITEV 30. TPVS (DAN VZDRŽEVANJA) OB 50-LETNICI DRUŠTVA VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE (DVS)

10 **PROGRAM 30. TPVS, CELJSKI SEJEM 10. 4. 2025**

11 mag. Andrej Androjna
DOBRO OPREDELJENI PROCESI VZDRŽEVANJA – POGOJ ZA USPEŠNOST IN UČINKOVITOST

18 Janez Tomažin
OBLIKOVANJE NAVODIL ZA VZDRŽEVANJE PO NAČELIH OBVLADOVANJA PREMOŽENJA ISO 55000

27 dr. Viktor Lovrenčić in Ana Lovrenčič, mag.
VARNO DELO VZDRŽEVALCEV PRI SERVISIRANJU ELEKTRIČNIH VOZIL

37 doc. dr. Damjan Maletič
KLJUČNI KAZALNIKI USPEŠNOSTI IN UČINKOVITOSTI (KPI) V VZDRŽEVANJU

42 Andrej Terkaj
UMETNA INTELIGENCA V PROCESIH VZDRŽEVANJA

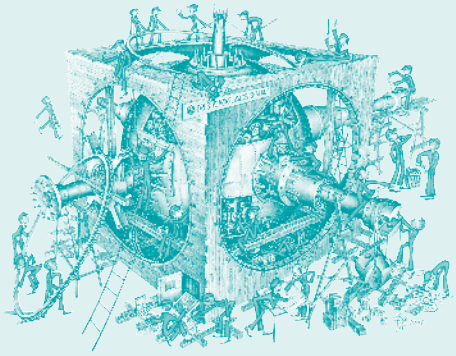
50 dr. Matjaž Eberlinc, Igor Voršič, Aleš Bele, Andrej Jurič, Jernej Brglez, Andrej Knuplež, Jernej Otič, Borut Preložnik, Andrej Natlačen, Viktor Brajak, dr. Tadej Justin, Gregor Šobar, Marko Rus, David Kešelj, Peter Cankar, Iztok Špacapan, Andrej Vidmar, Matej Zavrtanik, Dalibor Maljurić
UMETNA INTELIGENCA (UI) V NAPOVEDOVANJU PROIZVODNJE IN PREDIKTIVNEM VZDRŽEVANJU FOTONAPETOSTNIH ELEKTRARN

56 Jovan Jovanović
METODE TEHNIČNE DIAGNOSTIKE ROTACIJSKIH STROJEV

62 mag. Ivan Božič
ZAHTEVE GLEDE VZDRŽEVANJA IN PREGLEDOV DELOVNE OPREME, DVIGAL, OPREME POD TLAKOM IN SISTEMOV AKTIVNE POŽARNE ZAŠČITE

71 mag. Drago Bokal, prof. dr. Jože Pihler in mag. Rado Ferlič
ZADOSTNOST PODATKOVNE PODPORE VZDRŽEVANJU IN OBVLADOVANJU PREMOŽENJA

78 Jurij Žvab
LOTO ZA VARNO VZDRŽEVANJE



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

mag. Andrej Androjna

DOBRO OPREDELJENI PROCESI VZDRŽEVANJA – POGOJ ZA USPEŠNOST IN UČINKOVITOST

Dobro opredeljeni procesi vzdrževanja so ključni za zagotavljanje uspešnosti in optimizacijo delovanja organizacije. Brez jasnih in strukturiranih načinov delovanja se organizacije soočajo z neučinkovitostjo, povečanim tveganjem in višjimi stroški. Vzpostavitev procesov na podlagi mednarodnih smernic, kot so SIST EN 17007:2018 in SIST ISO 55000:2024, omogoča uspešnejše vzdrževanje in celovitejše obvladovanje premoženja z dolgoročnim ustvarjanjem vrednosti. Proces vzdrževanja mora biti usklajen s strateškimi cilji organizacije ter podprt z ustrezno informacijsko tehnologijo in kompetentnimi kadri. Z učinkovitim upravljanjem procesov lahko podjetja dosežejo večjo zanesljivost obratovanja, nižje stroške vzdrževanja in optimalno rabo virov.

Ključne besede: *procesi, vzdrževanje, obvladovanje premoženja, standardi, uspešnost in učinkovitost.*

Članek št.: *1206*

Janez Tomažin

OBLIKOVANJE NAVODIL ZA VZDRŽEVANJE PO NAČELIH OBVLADOVANJA PREMOŽENJA ISO 55000

Članek predstavlja študijo primera oblikovanja sistema premoženja in pomembnosti priprave navodil za vzdrževanje po načelih standarda SIST ISO 55000, ki so »usklajene aktivnosti organizacije za doseganje vrednosti iz premoženja ob uravnoteženju stroškov, tveganj ter učinkovitosti/uspešnosti delovanja, in to v vseh fazah življenjskega cikla premoženja«.

Prikazujemo pomembnost koordiniranega sodelovanja pomembnih deležnikov, ki v začetni fazi življenjskega cikla premoženja, torej oblikovanju, odločilno vplivajo na doseganje zgoraj navedenih načel.

Med pomembne deležnike štejemo proizvajalca oziroma dobavitelja mazalnega sistema, strokovni tim naročnika, nabavno službo, proizvajalca oziroma dobavitelja olja ter dobavitelja nadzornega sistema za spremljanje njegove kakovosti. Poleg tega je potrebno upoštevati tudi zahteve proizvodnje, službe za varnost in zdravje pri delu ter kadrovskega oddelka (zagotavljanje ustreznega in pravočasnega usposabljanja) in morebitne druge deležnike.

Ključne besede: *obvladovanje premoženja po načelih SIST ISO 55001, ISO in CEN standardi, sodelovanje vseh deležnikov, kompetenten kader, navodila za vzdrževanje.*

Članek št.: *1207*

dr. Viktor Lovrenčić in Ana Lovrenčič

VARNO DELO VZDRŽEVALCEV PRI SERVISIRANJU ELEKTRIČNIH VOZIL

Vse večje potrebe po energiji ter naraščajoč vpliv lokalnega in globalnega onesnaževanja zahtevajo trajnostne in učinkovite ukrepe. Posebna pozornost je usmerjena v sektor prometa, saj je ta eden največjih porabnikov končne energije in eden večjih onesnaževalcev okolja. Elektromobilnost je le eden od smiselnih ukrepov za izničenje negativnih učinkov zaradi naraščajočega števila vozil. Hitro uvajanje elektromobilnosti v sektor prometa v Sloveniji je za obratovanje elektroenergetskega sistema velik izziv. Elektromobilnost in infrastruktura za polnjenje električnih vozil sta v fazi razvoja. Ojačitev predvsem distribucijskega omrežja je nujna, kar je velik finančni in časovni infrastrukturni izziv. Drugi vidik elektromobilnosti, varnost in zdravje delavcev tako v sektorju nastajajočih proizvajalcev električnih vozil (npr. avtobusov ali osebnih vozil ter električnih motorjev) kot tudi v številnih delujočih servisih električnih vozil vseh tipov, od osebnih vozil do večjih porabnikov, kot so tovornjaki in avtobusi, odpira vprašanja ocene tveganja, usposabljanja ter opreme, orodja in osebne varovalne opreme. Ob tem je treba opozoriti na servisiranje odprtih baterij ter zahteve dela pod napetostjo. V zadnjem obdobju je bilo več strokovnih srečanj in usposabljanj serviserjev električnih vozil. Ugotovljeni sta predvsem dve vrzeli, in sicer da ni nobenega zakonskega okvira, ki bi dal navodilo za usposabljanje, ter da je večina udeležencev avtomehanikov s pomanjkanjem poznavanja nevarnosti zaradi električnega toka, udara in obloka. Prepoznano je, da praktično ni več srednješolskega pouka za avtoelektričarje. Programi teoretičnega in praktičnega usposabljanja so našli oporo v mednarodnih izkušnjah ter v standardu SIST EN 50110-1 Obratovanje električnih postrojev.

Ključne besede: *elektromobilnost, električna vozila, servisiranje, električni udar in oblok, varnost pri delu, delo pod napetostjo*

Članek št.: *1208*

doc. dr. Damjan Maletič

KLJUČNI KAZALNIKI USPEŠNOSTI IN UČINKOVITOSTI (KPI) V VZDRŽEVANJU

Konkurenčnost industrij, ki so delovno intenzivne, je tesno povezana z zanesljivostjo, razpoložljivostjo in produktivnostjo njihovih proizvodnih sistemov. Za dosego zastavljenih ciljev na področju vzdrževanja in obvladovanja fizičnega premoženja morajo vodje neprestano spremljati učinkovitost in uspešnost organizacijskih procesov. To lahko dosežejo z vzpostavitvijo ustreznega sistema, ki vključuje kazalnike za merjenje in spremljanje ključnih vidikov obvladovanja fizičnega premoženja. Glavni cilj tega prispevka je predstaviti ključne izzive in priložnosti, ki jih prinaša merjenje učinkovitosti in uspešnosti na področju vzdrževanja, skladno z usmeritvami SIST EN 15341.

Ključne besede: *vzdrževanje, obvladovanje premoženja, učinkovitost, uspešnost, KPI.*

Članek št.: *1209*

Andrej Terkaj

UMETNA INTELIGENCA V PROCESIH VZDRŽEVANJA

Namen tega članka je obvestiti zainteresirane strani o možnostih uporabe umetne inteligence na področju vzdrževanja ali proizvodnje. Članek osvetljuje težave, ki se pojavljajo kot sive cone ali vrzeli med področji podatkovne znanosti, računalništva/informacijske znanosti in procesi vzdrževanja. Naveden je praktičen primer, kje in kako začeti z uvajanjem umetne inteligence v organizaciji. Članku so priloženi kratki video prispevki, ustvarjeni s pomočjo umetne inteligence, ter prikazi obdelave podatkov iz relacijske podatkovne zbirke, ki gostuje v oblaku, v živo.

Ključne besede: *Generativna UI, ML, EDA*

Članek št.: *1210*

www.drustvo-dvs.si

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.

dr. Matjaž Eberlinc, Igor Voršič, Aleš Bele, Andrej Jurič, Jernej Brglez, Andrej Knuplež, Jernej Otič, Borut Preložnik, Andrej Natlačen, Viktor Brajak, dr. Tadej Justin, Gregor Šobar, Marko Rus, David Kešelj, Peter Cankar, Iztok Špacapan, Andrej Vidmar, Matej Zavrtanik in Dalibor Maljurić

UI V NAPOVEDOVANJU PROIZVODNJE IN PREDIKTIVNEM VZDRŽEVANJU SONČNIH ELEKTRARN

Fotonapetostne elektrarne so postale pomemben del obnovljivih virov energije, vendar je njihova učinkovitost močno odvisna od okoljskih dejavnikov, kot so oblačnost, temperatura, padavine, sezonske spremembe in onesnaženost zraka. Družba HSE d.o.o. kot največji proizvajalec električne energije iz obnovljivih virov v Sloveniji aktivno širi tudi svoj portfelj fotonapetostnih elektrarn. Povečanje deleža proizvodnje iz fotonapetostnih elektrarn pa prinaša nove izzive zaradi odvisnosti od vremenskih dejavnikov, kar vpliva na uspešnost načrtovanja in vodenja proizvodnje.

Rešitev za te izzive je natančna napoved proizvodnje z uporabo sistemov za opazovanje trenutnih vremenskih razmer, vremenskih napovednih modelov in zgodovinskih podatkov. Na podlagi teh napovedi lahko načrtujemo proizvodnjo drugih enot, da nadomestimo nihanja v proizvodnji fotonapetostnih elektrarn.

Vpliv okoljskih dejavnikov zahteva tudi nove pristope k vzdrževanju in odkrivanju napak, saj se pojavljajo specifične napake, kot so vdor vode, onesnaženost površine fotonapetostnih modulov, pregrevanje in napake na elektronskih sklopih. Preprečevalno vzdrževanje vključuje preverjanje delovanja komponent, nego opreme in urejanje podrasti.

Za razvoj in implementacijo teh procesov smo se odločili za projektni pristop k razvoju modularne platforme, ki vključuje napovedovanje proizvodnje in prediktivno vzdrževanje. V konzorciju sodelujemo partnerji s specifičnim znanjem in opremo ter smo uspešno pridobili sofinanciranje iz evropskega sklada za odpornost in okrevanje.

Ključne besede: *fotonapetostne elektrarne, napovedovanje proizvodnje, prediktivno vzdrževanje, strojno učenje, umetna inteligenca.*

Članek št.: *1211*

Jovan Jovanović

METODE TEHNIČNE DIAGNOSTIKE ROTACIJSKIH STROJEV

Ultrazvočna diagnostika je ena izmed ključnih metod tehnične diagnostike, ki omogoča zgodnje odkrivanje napak, optimizacijo mazanja in povečanje zanesljivosti opreme. Uvršča se v koncept. Ultrazvok omogoča zaznavanje mehanskih in električnih anomalij, kot so trenje, turbulence, udarci in kavitacija, kar prispeva k boljši energetski učinkovitosti in zmanjšanju izpadov opreme.

Standard ISO 29821:2018 določa smernice in postopke za uporabo ultrazvočne tehnologije pri nadzoru strojev. Njena uporaba je posebej pomembna pri mazanju ležajev, kjer omogoča določanje optimalne količine maziva ter preprečuje težave zaradi prekomernega ali nezadostnega mazanja. Redni ultrazvočni pregledi izboljšujejo vzdrževanje strojev in zmanjšujejo stroške popravil.

Ultrazvočna metoda ponuja natančno in ponovljivo diagnostiko ter omogoča boljše odločanje pri upravljanju industrijske opreme. Njena integracija v sistem vzdrževanja prinaša dolgoročne koristi, povečuje operativno učinkovitost in prispeva k optimizaciji celotne infrastrukture.

Ključne besede: *ultrazvok, diagnostika, mazanje, nadzor stanja strojev.*

Članek št.: *1212*

mag. Ivan Božič

ZAHTEVE GLEDE VZDRŽEVANJA IN PREGLEDOV DELOVNE OPREME, DVIGAL, OPREME POD TLAKOM IN SISTEMOV AKTIVNE POŽARNE ZAŠČITE

Redno vzdrževanje in preverjanje tehničnih proizvodov ali sistemov, ki jih uporabljamo pri opravljanju raznih dejavnosti ali pa so trajno vgrajeni v stavbe zaradi izpolnjevanja njenih bistvenih zahtev po gradbenih predpisih, je bistvenega pomena za njihovo varno uporabo, zanesljivo delovanje in dolgo življenjsko dobo.

Nedavno smo v Sloveniji dopolnili krovni zakon o tehničnih zahtevah za proizvode, ki sedaj ureja tudi njihovo uporabo pri končnem uporabniku. Za kršitelje so zagrožene visoke globe.

V prispevku so povzeti podzakonski predpisi – pravilniki za nekatere najpogosteje uporabljene skupine tehničnih proizvodov, s katerimi so podane zahteve glede njihovega preverjanja, vzdrževanja in varne uporabe.

Ključne besede: *dvigala, sistem aktivne požarne zaščite (SAPZ), delovna oprema, oprema pod tlakom.*

Članek št.: *1213*

mag. Drago Bokal, prof. dr. Jože Pihler in mag. Rado Ferlič

ZADOSTNOST PODATKOVNE PODPORE VZDRŽEVANJU IN OBVLADOVANJU PREMOŽENJA

Vzdrževanje in obvladovanje premoženja sta poleg obratovanja ključna poslovna procesa v elektrogospodarskih družbah. Podan je grobi pregled izkušenj o rabi in ravnanju s podatki v preteklosti. Razčlenjena je podatkovna podpora statistiki dogodkov, ki je ključna za spremljanje podatkov, nujnih za ugotavljanje stanja naprav. Na podlagi dosedanjih izkušenj je podana definicija pojma podatkovne podpore, ki upošteva dejavnike, ključne za njeno določanje. Postavljen je tudi princip njenega določanja, na dveh izhodiščnih primerih pa so podane usmeritve za nadaljnje delo na tem zahtevnem področju. Pred naročilom novih in nadgrajevanjem starih aplikacij je nujno zagotoviti potrebno in zadostno podatkovno podporo, saj bodo tako številne aplikacije delovale v polnosti, naročniki pa bodo s tako pridobljenimi rezultati sprejemali optimalne rešitve.

Ključne besede: *podatki, strukturiranje podatkov, zbiranje podatkov, zadostnost podatkov, programska oprema.*

Članek št.: *1214*

Jurij Žvab

LOTO ZA VARNO VZDRŽEVANJE

Lockout Tagout (LOTO) je ključni varnostni postopek, ki preprečuje nenadzorovano sproščanje nevarnih energij med vzdrževanjem in popravilom industrijskih strojev. Nepravilno nadzorovana energija lahko povzroči resne poškodbe, kot so električni udari, zlomi, amputacije ali celo smrtne nesreče. Standard OSHA 1910.147 določa minimalne zahteve za izvajanje LOTO, vključno z uporabo zaklepnih in označevalnih naprav, usposabljanjem zaposlenih ter rednimi pregledi postopkov. V tem članku so predstavljene ključne zahteve za delodajalce, podrobna analiza postopka izvajanja LOTO ter situacije, kjer njegova uporaba morda ni potrebna. Pravilno izvajanje LOTO ne ščiti le zaposlenih, temveč tudi preprečuje poškodbe delovne opreme in zastoje v proizvodnji, kar prispeva k večji varnosti in učinkovitosti delovnega okolja. Vzpostavitev sistematičnega LOTO-programa in redno usposabljanje zaposlenih sta bistvena dejavnika za zmanjšanje tveganj in zagotavljanje skladnosti s predpisi.

Ključne besede: *Lockout/Tagout, Zakleni – Označi, varno vzdrževanje, nadzor nevarnih energij*

Št. članka: *1215*

ABSTRACTS

mag. Andrej Androjna

WELL-DEFINED MAINTENANCE PROCESSES: A PREREQUISITE FOR SUCCESS AND EFFICIENCY

Well-defined maintenance processes are essential for ensuring organizational effectiveness and operational optimization. Without clear and structured ways of operation, organizations face inefficiencies, increased risk exposure, and higher costs. Establishing processes based on international guidelines such as EN 17007:2018 and ISO 55000:2024 enables more successful maintenance and holistic asset management, creating value on the long run. Maintenance processes must align with organizational strategy and be supported by appropriate information technology and competent personnel. Effective process management helps organizations achieve higher operational reliability, lower maintenance costs, and optimal resource utilization.

Keywords: *processes, maintenance, asset management, standards, effectiveness, efficiency.*

Article No: *1206*

Janez Tomažin

DESIGNING MAINTENANCE MANUALS BASED ON ISO 55000 ASSET

The application of the principle of asset management, meaning coordinated activities of an organisation to realise value from assets, can also refer to holistic oil care. This is particularly important in industries where hydraulic and lubrication systems have a significant impact on the strategic objectives of the organization, such as high production reliability and availability, improved sustainability, effective risk management, and low emissions.

The involvement of all relevant stakeholders as possible in the design of hydraulic and lubrication systems (asset systems), using the best available technology, advanced sensors, and the Internet of Things (IoT), leads to integrated solutions that enable the achievement of some of the organization's strategic objectives. Real-time condition monitoring and continuous data processing/analysis, as well as active multi-stakeholder collaboration, can drastically extend the useful life of an asset system, individual assets, and their components. This increases operational reliability, reduces OpEx and has a significant impact on reducing carbon emissions.

The added value of an asset, such as accurate, understandable, and visible maintenance manuals, prepared for specific users and their environments, and created in a multi-stakeholder collaboration, including maintainers during the design phase of the asset system, is invaluable. Such guidance is genuinely accepted by maintainers, trusted and followed, and is more easily upgraded with experience over its useful life. This leads to increased satisfaction, effective training, better traceability of documentation, increased safety, standardization of processes, greater efficiency in operations and resource management, and increased reliability and useful life of the assets. Finally, quality maintenance documentation can serve as a basis for developing new maintenance strategies, improving processes, and upgrading assets.

Keywords: *Asset management according to ISO55001, ISO and CEN standards, involvement of all stakeholders, competent staff, maintenance in operating manuals.*

Article No: *1207*

dr. Viktor Lovrenčić and Ana Lovrenčič

SAFE WORK OF MAINTENANCE WORKERS WHEN SERVICING ELECTRIC VEHICLES

The increasing need for energy and the growing impact of local and global pollution requires sustainable and effective measures. Special attention is focused on the transport sector, as it is one of the largest consumers of final energy and one of the major polluters of the environment. Electromobility is just one of the sensible measures to eliminate the negative effects of the growing number of vehicles. The rapid introduction of electromobility into the transport sector in Slovenia is a major challenge for the operation of the electricity system. Electromobility and the infrastructure for charging electric vehicles are in the development phase. Strengthening the distribution network is essential, which is a major financial and time-consuming infrastructure challenge. Another aspect of electromobility, the safety and health of workers both in the sector of emerging manufacturers of electric vehicles (e.g. buses or passenger cars and electric motors) as well as in the numerous operating electric vehicle repair shops of all types from passenger cars to larger consumers such as trucks and buses, raises issues of risk assessment, training and equipment, tools and personal protective equipment. It is important to note the servicing of open batteries and the requirements for working under voltage (live working). In recent years, there have been several professional meetings and training courses for electric vehicle repairers. Two main gaps were identified: there is no legal framework that would provide training instructions, and most participants are car mechanics with a lack of knowledge of the dangers of electric current, shock and arc. It is recognized that there is practically no secondary school education for car electricians. Theoretical and practical training programs were based on international experience and the SIST EN 50110-1 standard Operation of electrical installations.

Keywords: *electromobility, electric vehicles, servicing, electric shock and arc, safety at work, live working.*

Article No: *1208*

Doc. dr. Damjan Maletič

KEY PERFORMANCE INDICATORS (KPIS) IN MAINTENANCE

The competitiveness of asset-intensive industries is closely linked to the reliability, availability, and productivity of their production systems. To achieve the set goals in maintenance and asset management, managers must continuously monitor the efficiency and effectiveness of organizational processes. This can be achieved by establishing an appropriate system that includes indicators for measuring and monitoring key aspects of asset management. The main aim of this paper is to present the key challenges and opportunities associated with measuring efficiency and effectiveness in the field of maintenance, in line with the guidelines of SIST EN 15341.

Keywords: *Maintenance, Asset Management, Efficiency, Effectiveness, KPI*

Article No: *1209*

Andrej Terkaj

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MAINTENANCE PROCESSES

The purpose of this article is to inform interested parties about the possible uses of AI in maintenance or manufacturing areas. The article sheds light on the problems that arise as grey zones or gaps between the fields of data science, computer/information science, and maintenance processes. A practical example of where and how to start implementing AI in an organization is provided. The paper is accompanied by a multimedia presentation consisting of short video contributions created with the help of AI, as well as a live demonstration of data processing from a relational database hosted in the cloud.

Keywords: *Artificial intelligence (AI), ML, EDA.*

Article No: *1210*

dr. Matjaž Eberlinc, Igor Voršič, Aleš Bele, Andrej Jurič, Jernej Brglez, Andrej Knuplež, Jernej Otič, Borut Preložnik, Andrej Natlačen, Viktor Brajak, dr. Tadej Justin, Gregor Šobar, Marko Rus, David Kešelj, Peter Cankar, Iztok Špacapan, Andrej Vidmar, Matej Zavrtanik and Dalibor Maljurić

AI IN GENERATION FORECASTING AND PREDICTIVE MAINTENANCE OF PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS

Photovoltaic power plants have become an important part of renewable energy sources, but their efficiency is highly dependent on environmental factors such as cloud cover, temperature, precipitation, seasonal changes, and air pollution. HSE d.o.o., as the largest producer of electricity from renewable sources in Slovenia, is actively expanding its portfolio of photovoltaic power plants.

However, increasing the share of production from photovoltaic power plants presents new challenges due to the dependency on weather conditions, which affects the success of production planning and control.

The solution to these challenges is accurate production forecasting using systems that monitor current weather conditions, weather prediction models, and historical data. Based on these forecasts, generation of other units can be planned and adjusted to compensate for fluctuations in photovoltaic power plant output. The impact of environmental factors also requires new approaches to maintenance and fault detection, as specific issues such as water intrusion, panel surface contamination, overheating, and electronic circuit failures can arise. Preventive maintenance includes checking the functionality of components, equipment care, and managing vegetation.

To develop and implement these processes, a project-based approach was adopted to create a modular platform incorporating generation forecasting and predictive maintenance. A consortium of partners, with specialized expertise and equipment, was formed, successfully securing co-financing from the European Recovery and Resilience Facility.

Keywords: *photovoltaic power plants, generation forecasting, predictive maintenance, machine learning, artificial intelligence*

Article No: *1211*

Jovan Jovanović

METHODS OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF ROTATING MACHINES

Ultrasound as a method of technical diagnostics plays a key role in improving maintenance processes and increasing machine reliability. Its use in lubrication, fault detection and optimisation of machine performance helps to reduce maintenance costs and increase operational efficiency. Companies that incorporate ultrasonic methods into their maintenance strategies gain a competitive advantage and improve the management of industrial equipment. The introduction of ultrasound into industrial practice brings long-term benefits and enables better decisions in machine maintenance. The systematic use of ultrasonic diagnostics is a key step towards achieving greater reliability and optimisation of machinery and the entire industrial infrastructure.

Keywords: *ultrasound, diagnostics, lubrication, machine condition monitoring*

Article No: *1212*

mag. Ivan Božič

REQUIREMENTS FOR THE MAINTENANCE AND INSPECTION OF WORKING EQUIPMENT, LIFTS, EQUIPMENT UNDER PRESSURE, AND ACTIVE FIRE PROTECTION SYSTEMS

Regular maintenance and inspection of technical products and systems that we use in carrying out various activities or that are permanently integrated into buildings to meet essential requirements according to building regulations, is crucial for their safe use, reliable performance, and long lifespan.

Recently, we updated the main law on technical requirements for products in Slovenia, which now also regulates the use of these products by the end users. High fines are threatened on violators.

The article summarizes the implementing regulations - rules for some of the most commonly used groups of technical products, which set requirements for their inspection, maintenance and safe use.

Keywords: *lift, active fire protection system, work equipment, equipment under pressure*

Article No: *1213*

mag. Drago BOKAL, prof. dr. Jože PIHLER and mag. Rado FERLIČ

ADEQUACY OF DATA SUPPORT FOR MAINTENANCE AND ASSET MANAGEMENT

In addition to operation, maintenance and asset management are key business processes in electric utility companies. A broad overview of past experiences with data usage and management is provided. The event statistics supported with data is crucial for monitoring the data necessary for assessing the condition of equipment. Based on previous experiences, a definition of the concept of data support is presented, taking into account the key factors for its determination. A principle for defining data support is also established, and two initial case studies provide guidance for further work in this complex field. Before commissioning new applications or upgrading existing ones, it is essential to ensure the necessary and sufficient data support, as this will enable various applications to function fully and allow clients to make optimal decisions based on the obtained results.

Keywords: *data, data structuring, data collection, data sufficiency, software.*

Article No: *1214*

Jurij Žvab

LOTO FOR SAFE MAINTENANCE

Tagout (LOTO) is a key security procedure that prevents uncontrolled release of hazardous energies during maintenance and repair of industrial of machinery. Improperly controlled energy can cause serious damage such as electric shocks, fractures, amputations or even fatalities. OSHA Standard 1910.147 establishes minimum requirements for the implementation of LOTO, including the use of locking and tagging devices, employee training, and periodic. This article outlines the key requirements for employers, a detailed analysis of the LOTO implementation process, and situations where its use may not be necessary. Proper implementation of LOTO not only protects employees, but also prevents damage to work equipment and congestion in production, contributing to a safer and more efficient working environment. Establishing a systematic LOTO programme and regular training of employees are essential to reduce risks and ensure comp liance with regulatory compliance.

Keywords: *Lockout/Tagout, Lockout - Tagout, Safe Maintenance, Control of Hazardous Energies*

Article No: *1215*

KOLUMNA

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



SVEČANA OTVORITEV 30. TPVS (DAN VZDRŽEVANJA) OB 50-LETNICI DRUŠTVA VZDRŽEVALCEV SLOVENIJE (DVS)

Svečana otvoritev 30. Tehniško-poslovnega vzdrževalnega srečanja (TPVS) ob 50-letnici Društva vzdrževalcev Slovenije (DVS) je osrednji dogodek letošnjega leta, namenjen počastitvi polstoletnega delovanja društva. Z njim želimo izkazati priznanje in spoštovanje pionirskim pobudam in strokovnim prizadevanjem, ki so pred petimi desetletji privedla do bolj sistematičnega in strateškega razvoja vzdrževanja v Sloveniji ter njegovemu mednarodnemu uveljavljanju. Ob tej priložnosti bomo osvetlili tudi prihodnje izzive in razvojne smernice, ki jih prinašajo nove tehnologije in trendi v vzdrževanju.

Datum in lokacija dogodka:

- **Datum:** 10. april 2025
- **Lokacija:** Celjski sejem (MIS)
- **Pričetek:** 9.30, dvorana Celjanka
- **Vstop:** brezplačen s prevzetim kuponom (Celjski sejem)

Vzdrževalna dejavnost v Sloveniji temelji na bogati tradiciji in ima ključno vlogo pri zagotavljanju zanesljivosti infrastrukture, industrijskih sistemov ter storitvenih dejavnostih. V preteklih desetletjih so številna podjetja in organizacije prispevala k razvoju stroke ter podpirala delovanje DVS. Kot v vsaki dinamični organizaciji so se tudi v DVS izmenjavala obdobja rasti in izzivov, vendar ostaja njegova osrednja misija nespremenjena – spodbujanje strokovnega razvoja vzdrževanja in upravljanja sredstev oz. obvladovanja premoženja. V zadnjih letih se je pomen vzdrževanja še dodatno okrepil zaradi digitalizacije, avtomatizacije procesov in uvajanja konceptov, kot sta prediktivno vzdrževanje in industrija 4.0.

Od svojih začetkov na Rogli in kasnejše selitve na Otočec se je TPVS uveljavil kot ključni strokovni dogodek. Po premoru zaradi pandemije COVID-19 letošnje, 30. srečanje, zaznamuje nov začetek, tokrat pod okriljem Celjskega sejma. Poleg tradicionalnih strokovnih predstavitev in okroglih miz bomo letos še večji poudarek namenili mreženju med udeleženci, saj je izmenjava izkušenj ključna za nadaljnji razvoj stroke.
V septembru 2024 je skupščina DVS imenovala novo vodstvo, ki je pripravilo celovit strateški in operativni načrt za delovanje društva do leta 2028. Okoli vodstva se je oblikovala ekipa približno 40 prostovoljcev, ki podpirajo revitalizacijo društvenih dejavnosti. Po prevzemu mandata so bile izvedene ključne organizacijske, administrativne in vsebinske prenove, ki so omogočile nemoten prehod v novo obdobje delovanja. Z jasno strategijo in usmeritvijo v prihodnost želimo še bolj aktivno sodelovati s slovenskimi in mednarodnimi organizacijami ter se vključiti v večje projekte, ki omogočajo inovacije in prenos dobrih praks v vzdrževanju.

Proces primopredaje je potekal v tesnem sodelovanju s prejšnjim predsednikom DVS ter glavnim urednikom revije *Vzdrževalec*, oba sta ostala aktivna tudi v novi sestavi. Nadaljevali bomo z rednim izdajanjem strokovnih vsebin in publikacij, ki so pomemben vir informacij za člane društva. Društvo je v zadnjem obdobju uspešno konsolidiralo članstvo, partnerska razmerja in aktivno pristopilo k širjenju svoje baze, pri čemer si prizadeva ponovno vključiti tudi nekdanje člane. Le s povezovanjem podjetij in strokovnjakov s podobnimi interesi lahko učinkovito prispevamo k nadaljnjemu razvoju vzdrževanja in obvladovanja premoženja (asset management), kar predstavlja eno izmed ključnih novih vsebin v okviru DVS. Načrtujemo tudi tesnejše sodelovanje z univerzami in raziskovalnimi ustanovami, saj je povezovanje akademske sfere in industrije ključno za dolgoročni razvoj stroke.

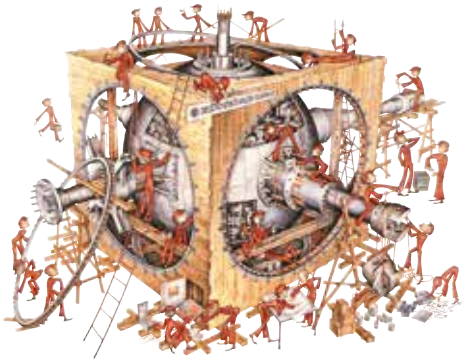
V zadnjih 50 letih je DVS izvedel številne pomembne projekte, ki so prispevali k strokovni odličnosti in prepoznavnosti društva. Ob tej obletnici želimo izraziti iskreno hvaležnost vsem dosedanjim predsednikom in aktivnim članom, ki so s svojim strokovnim znanjem, izkušnjami in prizadevnostjo oblikovali društvo, kot ga poznamo danes. Hkrati si želimo povečati število mladih strokovnjakov, ki bodo s svežimi idejami prispevali k nadaljnji rasti in razvoju društva.

Zagotavljanje kakovostnih pogojev za delovanje društva je ključnega pomena. Naši prostori, vključno s sejno sobo in pisarno, omogočajo izvedbo rednih sestankov, tajniških opravil ter strokovnih predavanj za manjše skupine. Ob prevzemu mandata konec leta 2024 smo z zadovoljstvom ugotovili visoko stopnjo urejenosti arhiva in dokumentacije, kar priča o doslednem strokovnem delu preteklih mandatov. Dodatno smo posodobili spletno stran društva, izboljšali informacijsko podporo in namestili sodoben prikazovalnik, ki omogoča kakovostne predstavitve. Načrtujemo tudi razširitev digitalnih storitev, ki bodo omogočale lažji dostop do strokovnih vsebin in večjo povezanost članov.

Težko je v celoti povzeti vtise in izzive, ki so zaznamovali začetke delovanja novega vodstva, a z optimizmom zremo v prihodnost. Zavezani smo nadaljevanju in nadgradnji poslanstva DVS ter krepitvi njegovega vpliva v strokovni javnosti. Verjamemo, da bo društvo s svojo tradicijo in vizijo ostalo pomemben steber razvoja vzdrževalne dejavnosti v Sloveniji. Ponovno se srečamo ob 60. obletnici!

S spoštovanjem

dr. Viktor Lovrenčič, univ. dipl. inž. el.,
predsednik DVS



30. TPVS

Organizacijski odbor 30. TPVS



Dr. VIKTOR LOVENČIĆ
Predsednik DVS
GSM: 041 387 432
E-mail: viktor.lovrencic@c-g.si



Dr. DAMJAN MALETIČ
Predsednik OZI
GSM: 031 681 647
E-mail: damjan.maletic@um.si



Mag. VIKTOR JEMEC
Urednik Vzdrževalca
GSM: 040 556 200
E-mail: viktorjemec1@gmail.com



Mag. ANDREJ ANDROJNA
Predsednik Programskega sveta
GSM: 031 363 334
E-mail: andrej.androjna@quantum-consulting.si



JERNEJ FIJAVŽ
Predsednik HP
GSM: 040 471 563
E-mail: jernej.fijavz@mail.papir-vevce.si



BOŠTJAN MALAVAŠIČ
Vodja okrogle mize
GSM: 040 291 480
E-mail: bostjan.malavasic@inden.si

Celjski sejem

Mednarodni industrijski sejem
8. – 11. APRIL 2025

Dan vzdrževanja
50. obletnica Društva vzdrževalcev Slovenije

Dvorana Celjanka, 10. 4. 2025, od 9.30 do 14.00

Ura	Tema	Izvajalec
9.30 – 9.40	**Uvodna predstavitev načrtov DVS za prihodnje obdobje** (Presentation of DVS plans for the future)	**dr. Viktor Lovrenčić,** predsednik DVS
9.40 – 10.00	**Dobro opredeljeni procesi vzdrževanja, pogoj za uspešnost in učinkovitost** (Well-defined maintenance processes, a condition for success and efficiency)	**mag. Andrej Androjna**, QUANTUM Consulting
10.00 – 10.20	**Oblikovanje navodil za vzdrževanje po načelih obvladovanja premoženja ISO 55000** (Designing Maintenance Manuals Based on ISO 55000 Asset Management Principles)	**g. Janez Tomažin**, DIMAS d.o.o.
10.20 – 10.30	**Varno delo vzdrževalcev pri servisiranju električnih vozil** (Safe work of maintenance workers when servicing electric vehicles)	**dr. Viktor Lovrenčić,** C&G d.o.o. Ljubljana, **ga. Ana Lovrenčič**, C&G d.o.o. Ljubljana
10.30 – 10.40	**Ključni kazalniki uspešnosti in učinkovitosti (KPI) v vzdrževanju** (Key performance indicators (KPIs) in maintenance)	**dr. Damjan Maletič**, UM FOV
10.40 – 11.00	**Umetna inteligenca v vzdrževalnih procesih** (Artificial Intelligence in maintenance processes)	**g. Andrej Terkaj**, TASK d.o.o.
11.00 – 11.20	**UI v napovedovanju proizvodnje in prediktivnem vzdrževanju fotonapetostnih elektrarn** (UI in production forecasting and predictive maintenance for solar power plants)	**dr. Matjaž Eberlinc,** HSE d.o.o., **g. Igor Voršič,** HSE d.o.o., **g. Viktor Brajak**, Medius d.o.o.
11.20 – 11.50	**Odmor** (Break)	
11.50 – 12.50	**OKROGLA MIZA** **Pomen informacijske podpore v vzdrževanju** ROUND TABLE The Importance of Information Support in Maintenance	**g. Boštjan Malavašič**, Inden d.o.o. (voditelj) **g. Saša Ciglar**, Papirnica Vevče d.o.o., **mag. Jurij Cvikl**, Marcelino d.o.o., **g. Aljaž Gradišnik**, KOPA d.d., **g. Matej Kramar**, MM Količevo, d.o.o., **g. Marjan Polak**, Steklarna Hrastnik d.o.o., **g. Andrej Terkaj**, TASK d.o.o., **g. Igor Voršič**, HSE d.o.o.
12.50 – 13.10	**Metode tehnične diagnostike rotacijskih strojev** (Methods of technical diagnostics of rotating machines)	**g. Jovan Jovanović**, INSTRO d.o.o.
13.10 – 13.30	**Zahteve glede vzdrževanja in pregledov delovne opreme, dvigal, opreme pod tlakom in sistemov aktivne požarne zaščite** (Requirements for maintenance and inspections of work equipment, lifts, pressure equipment and active fire protection systems)	**mag. Ivan Božič**, ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o.
13.30 – 13.45	**Zadostnost podatkovne podpore vzdrževanju in obvladovanju premoženja** (Adequacy of data support for maintenance and asset management)	**mag. Drago Bokal**, DVS, **dr. Jože Pihler**, DVS, **mag. Rado Ferlič**, ELES d.o.o.
13.45 – 14.00	**LOTO za varno vzdrževanje** (LOTO for safe maintenance)	**g. Jurij Žvab**, NEXUM d.o.o.

Piše: **mag. Andrej Androjna**, u. d. i. s., QUANTUM Consulting



DOBRO OPREDELJENI PROCESI VZDRŽEVANJA – POGOJ ZA USPEŠNOST IN UČINKOVITOST

Dobro opredeljeni procesi vzdrževanja so ključni za zagotavljanje uspešnosti in optimizacijo delovanja organizacije. Brez jasnih in strukturiranih načinov delovanja se organizacije soočajo z neučinkovitostjo, povečanim tveganjem in višjimi stroški. Vzpostavitev procesov na podlagi mednarodnih smernic, kot so SIST EN 17007:2018 in SIST ISO 55000:2024, omogoča uspešnejše vzdrževanje in celovitejše obvladovanje premoženja z dolgoročnim ustvarjanjem vrednosti. Proces vzdrževanja mora biti usklajen s strateškimi cilji organizacije ter podprt z ustrezno informacijsko tehnologijo in kompetentnimi kadri. Z učinkovitim upravljanjem procesov lahko podjetja dosežejo večjo zanesljivost obratovanja, nižje stroške vzdrževanja in optimalno rabo virov.

Ključne besede: procesi, vzdrževanje, obvladovanje premoženja, standardi, uspešnost in učinkovitost.

1. Uvod

Dobro strukturirani procesi zagotavljajo predvidljivost, optimizacijo virov in lažje doseganje poslovnih ciljev. Brez njih se organizacije soočajo z neučinkovitostjo, nejasnimi odgovornostmi in nenadzorovanimi tveganji, pri čemer vzdrževanje ni izjema. Dobro opredeljen proces vzdrževanja ima tako strateške, poslovne kot tehnične implikacije. Vpliva na zanesljivost opreme, varnost, stroške in dolgoročno ustvarjanje vrednosti. V praksi se pogosto srečujemo z reorganizacijami oddelkov vzdrževanja, ki izhajajo iz želje po izboljšavah. A preoblikovanje organizacijske strukture samo po sebi ne prinese uspeha, če ni zasnovano tako, da podpira izvajanje dobro zasnovanih procesov. Namesto da bi reorganizacije odpravile težave, jih pogosto zgolj preoblikujejo ali celo ustvarijo nove – z nepreglednimi pristojnostmi, prekinjeno kontinuiteto znanja in izgubo osredotočenosti na dolgoročne cilje. Vendar sama opredelitev procesov še ni dovolj – ključnega pomena je njihovo dosledno izvajanje v praksi. Šele ko procesi dejansko zaživijo ob vsakodnevnem delu, lahko pričakujemo učinke.

2. Opredelitev procesa vzdrževanja

2.1 Strategija vzdrževanja

Sodobna strategija vzdrževanja temelji na usklajenosti z organizacijskimi cilji ter na optimalnem ravnotežju med delovanjem, stroški in tveganji skozi celoten življenjski cikel premoženj. Strategija na osnovi predhodnih analiz opredeljuje način doseganja strateških ciljev z uporabo ustreznih pristopov. Pri tem mora upoštevati sodobne prakse in metodologije, opredeliti potrebe digitalne transformacije, analitike in stalnega izboljševanja ter zagotoviti primeren prispevek k ustvarjanju vrednosti iz premoženj v celotnem življenjskem ciklu. Organizacije sicer nerade javno delijo podatke o konkretnih rezultatih prenov strategij, a ena od raziskav v več industrijskih panogah poroča npr. o povprečnem izboljšanju OEE za 7 %, ob zmanjšanih skupnih stroških vzdrževanja za 10 % (Rakyta, 2024). Za doseganje ciljev izvajanje strategije zahteva vzpostavitev in dosledno izvajanje ustreznih poslovnih procesov, kar velja tudi za vzdrževanje.

2.2 Definicija procesa

V praksi je uveljavljena definicija po SIST ISO 9000:2015, ki pravi, da je proces »skupek med seboj povezanih ali medsebojno delujočih aktivnosti, ki uporabljajo vhode za doseganje predvidenega rezultata«. Shematski prikaz elementov procesa je na Diagramu 1.

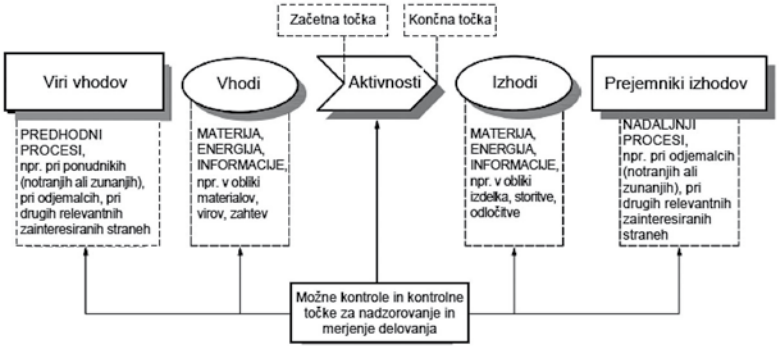


Diagram 1: Elementi procesa (Vir: SIST ISO 9000:2015)

Poslovni procesi tvorijo skupke povezanih dejavnosti, ki prispevajo k ustvarjanju vrednosti v organizaciji na osnovi izvajanja vnaprej določenih aktivnosti (Kremsar, 2021). Učinkoviti sistemi in procesi so bistveni gradniki organizacij, pri čemer na splošno obravnavamo tri ravni procesov (Kern, 2020 v Kremsar, 2021):

- vodstvene,
- transformacijske oz. operativne in
- podporne procese.

Če se dosledno izvajajo, predstavljajo tako želeni kot dejanski potek dela znotraj organizacije.

2.3 Proces vzdrževanja

Da lahko v praksi dosledno izvajamo sprejete strategije vzdrževanja, ki sledijo strateškim ciljem organizacije, je zelo pomembno, kako je opredeljen proces vzdrževanja in pripadajoči podprocesi. Zanimivo je, da nekateri tudi zelo uveljavljeni viri s področja vzdrževanja, npr. Gulati (2021), ki ga mnogi imenujejo »standard za vzdrževanje in zanesljivost«, procesa posebej ne izpostavljajo. Sicer obravnavajo npr. obvladovanje toka delovnega naloga v vzdrževanju in mnoge druge vsebine, ki imajo dejansko naravo procesov, vendar sam procesni pristop ni poudarjen. Na splošno se je ta dodatno uveljavil s standardom SIST ISO 9001:2015, z družino standardov ISO 55000 ter v zadnjem času tudi z nekaterimi evropskimi (EN) standardi s področja vzdrževanja. Eden od njih je SIST EN 17007:2018 Proces vzdrževanja in z njim povezani kazalniki, ki opredeljujejo vzdrževanje kot strukturiran nabor treh ravni procesov, ki so skupaj s podprocesi prikazani na Diagramu 2:

- proces vodenja vzdrževanja – MAN, izvedbeni (pod) procesi – PRV, COR, IMP in ACT, ti izhajajo iz potreb notranjega naročnika, ki jih želijo zadovoljevati in
- podporni (pod) procesi – HSE, BUD, DOC, DTA, IST, MRQ, OPT, RES, SER, SPP, TOL.

Za vsakega od prikazanih podprocesov so v standardu podrobneje opredeljeni namen, glavne aktivnosti, vhodi in izhodi, povezave z deležniki in drugimi podprocesi, omejitve, uporabni kazalniki ter diagram poteka.

Pri opredeljevanju novih ali prenovi obstoječih procesov vzdrževanja lahko standard s pridom uporabimo, ne z namenom neposrednega kopiranja konceptov, pač pa kot dober opomnik za potrebne vsebine (pod) procesov. Veliko podjetij ima že zaradi zahtev sistema kakovosti opredeljen proces vzdrževanja, vendar je ta pogosto omejen na izvedbo preventivnega ali korektivnega posega, kar še zdaleč ne pokriva celovito vseh potrebnih elementov.

Ob pripravi opisa procesa vzdrževanja velja k diagramu in ostalim običajnim vsebinam dodati tudi RACI *(Responsible, Accountable, Consulted, Informed)* oz. RASCI *(Responsible, Accountable, Supoporting, Consulted, Informed)* matriko, ki natančneje popisuje odgovornosti znotraj procesa. Dobri opisi procesov vzdrževanja naj bodo nujno vključeni v uporabniške specifikacije v okviru priprav na nakup, zamenjavo ali nadgradnjo informacijskih sistemov.

2.3.1 Proces delovnega naloga v vzdrževanju

Četudi smo o procesu delovnega naloga v Vzdrževalcu že pisali (Androjna, 2020), je njegov pomen tolikšen, da si zasluži ponovno omembo. V okviru Diagrama 2 ga prepoznamo znotraj podrobnih opisov izvedbenih podprocesov PRV, COR, IMP in ACT, poenostavljeno pa je predstavljen na Diagramu 3. Namen je izpostaviti predvsem tri zadeve v procesu, ki

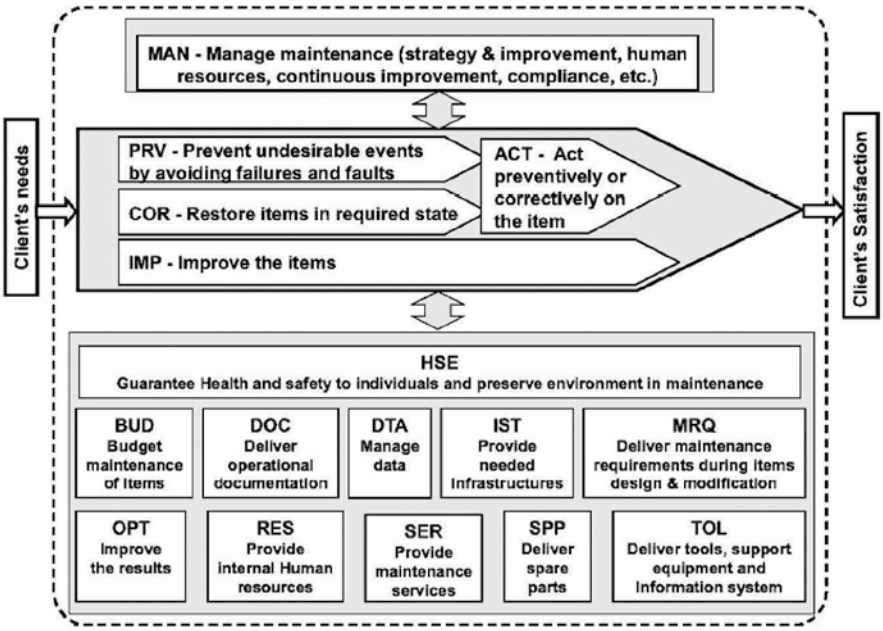


Diagram 2: Procesi vzdrževanja
(Vir: SIST ISO 17007:2018)

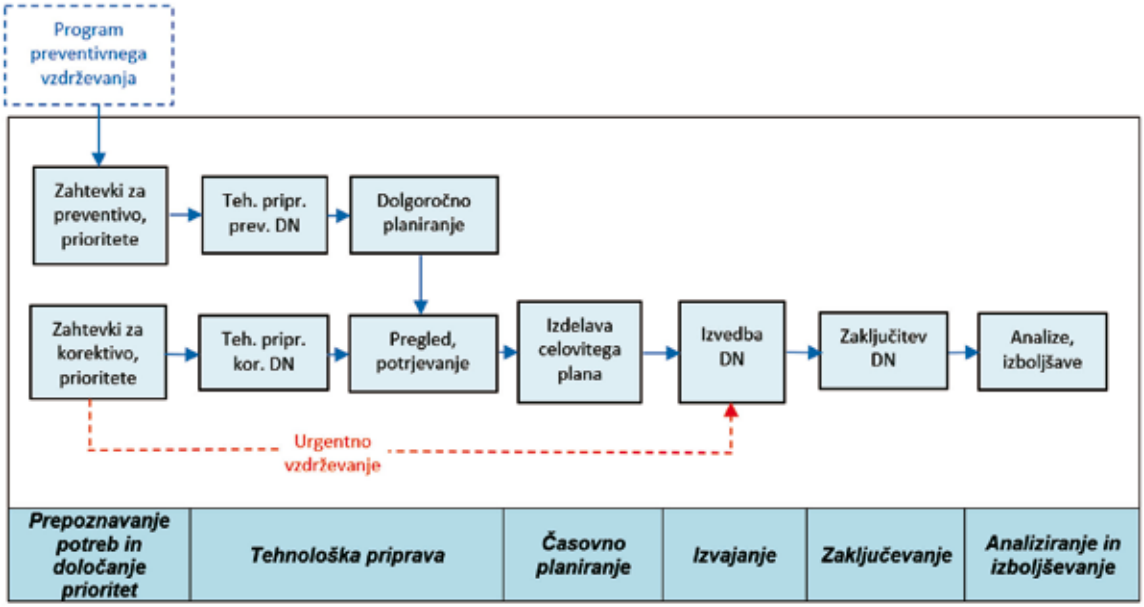


Diagram 3: Proces delovnega naloga
(Vir: Androjna, 2020)

so v praksi zelo pogosto močno ali v celoti zapostavljene: **določanje prioritet (*gatekeeping*), tehnološka priprava in časovno planiranje delovnih nalogov**.

Proces delovnega naloga ima gotovo enega od najpomembnejših vplivov na uspešnost in učinkovitost vzdrževanja. Ne tiče se samo delovnega naloga kot nosilca informacij, temveč zajema bistveno širše vidike organiziranosti dela pri vzdrževalnih posegih v vzdrževanju – od prepoznavanja potreb in razvrščanja po prioritetah, tehnološke priprave, časovnega planiranja, izvajanja, zaključevanja delovnega naloga, vse do analiz in izboljšav. Ker običajno uporabljamo računalniško podporo, je zelo pomembno, kako je postavljen sam proces in njegov delovni tok. Od informacijske podpore oz. digitalizacije šibko zastavljenega procesa s pomanjkljivo vsebino ne moremo pričakovati izboljšanja. Uporaba delovnih nalogov, odprtih celo leto, ki so le neke vrste zbirniki stroškov in ne zagotavljajo neposredne vključitve zahtev varnosti in zdravja pri delu ter ostalih potrebnih vsebin, gotovo ne more prinesti napredka. Dobro zasnovan in izvajan proces delovnega naloga lahko bistveno vpliva na produktivnost ekip vzdrževanja. Industrijske statistike kažejo, da lahko produktivnost (*Wrench Time* oz. *Value Adding Time*) ekip vzdrževanja z običajnih 20 % do 35 % dvignemo na 45 %, pri čemer najboljši dosegajo 55 % in več (Palmer, 2019). Tako se lahko z vpeljavo bolj učinkovitega procesa delovnega naloga število produktivnih ur vzdrževanja dvigne kar za dobro tretjino brez angažiranja dodatnih kadrov (Hupjé, 2024).

2.3.2 Proces vzdrževanja v okviru obvladovanja premoženja

Proces vzdrževanja je smiselno razumeti tudi v širšem kontekstu obvladovanja premoženja, ki postaja v svetu – in zadnje čase tudi v Sloveniji – vse bolj uporabljan. Kot kaže Diagram 4, velja pri opredeljevanju procesov vzdrževanja upoštevati vse potrebne povezave z drugimi procesi, saj le medsebojno koordinirane aktivnosti lahko največ prispevajo k ustvarjanju vrednosti v celotnem življenjskem ciklu premoženj.

2.3 Obvladovanje zanesljivosti

Uspešnost procesov vzdrževanja je pomembno povezana z doseganjem zanesljivosti obratovanja. Tej temi se pri nas posveča relativno malo pozornosti in le v redkih podjetjih so posamezniki ali ekipe zadolženi, da se specifično ukvarjajo s spremljanjem in izboljševanjem zanesljivosti, pogosto se zamenjuje z razpoložljivostjo, ki je sicer tudi zelo pomembna. Zanesljivost ni zgolj funkcija vzdrževanja, temveč rezultat celovitega obvladovanja premoženj (angl. asset management), ki vključuje ustrezno zasnovo, kakovostno izdelavo in vgradnjo, pravilno uporabo in ustrezno vzdrževanje. In čeprav se v praksi odgovornost za zanesljivost pogosto pripisuje izključno vzdrževanju, imajo v industrijskem okolju zelo velik vpliv nanjo tudi obratovanje in investicije. Ob zaključku vgradnje novega premoženja dobimo t. i. inherentno oz. vgrajeno zanesljivost, ki je niti proizvodnja niti vzdrževanje ne morejo izboljšati brez modifikacij opreme. Torej je zelo pomembno, da se predstavniki vseh ustreznih funkcij s svojim znanjem in izkušnjami že v zgodnji fazi vključijo v oblikovanje tehničnih specifikacij za dobavitelje novih premoženj, v fazi eksploatacije pa sistematično zagotavljajo, da operativna zanesljivost ostaja čim bližje vgrajeni. Obvladovanje zanesljivosti je torej širša tema in je na tem mestu le izpostavljena, zaradi kompleksnosti pa si zasluži ločeno obravnavo.

2.4 Usposabljanje osebja vzdrževanja

Levitt (1997) je na osnovi Demingovih usmeritev iz davnega leta 1950 poudarjal, da bi moralo biti usposabljanje za osebje vzdrževanja obvezno, tako kot je obvezno npr. »za zdravnike



Diagram 4: Povezave med vzdrževanjem in ostalimi procesi in elementi obvladovanja premoženja (Vir: prirejeno po EN 16646)

in učitelje«. Podjetja z najboljšimi praksami so po Levittu že pred dvajsetimi leti porabila do 3 % časa svojih zaposlenih v vzdrževanju za usposabljanje. Izjemen napredek tehnologij in pristopov v zadnjem obdobju gotovo zahteva še večji delež. Natančnega podatka za slovenska podjetja ni na voljo, a danes je v Sloveniji verjetno malo podjetij, ki bi vsakemu zaposlenemu v vzdrževanju povprečno namenila osem dni specifičnih usposabljanj letno. Seveda je tudi za uspešno vzpostavljanje in dosledno izvajanje procesov vzdrževanja nujno zagotoviti ustrezno raven znanja in kompetenc.

3. Organiziranost vzdrževanja

Sprememba organiziranosti je logična in običajno nujna posledica vpeljave novega ali prenovljenega procesa vzdrževanja. Odražati mora vse specifičnosti procesa in omogočati njihovo dosledno izvajanje. Zagotoviti mora, da ustrezno usposobljeni in dovolj številčni kadri lahko izvajajo svoje vloge ter odgovornosti in pristojnosti, ki jih narekujejo zastavljeni procesi ter njihove medsebojne povezave. Pri tem pa se organiziranost vzdrževanja ne more spreminjati neodvisno od preostalih organizacijskih struktur, saj so te tako funkcijsko kot procesno povezane. Silosne strukture so ponekod v sodobnih podjetjih še vedno zelo prisotne, vendar postajajo v hitro spreminjajočem se svetu vse večje ovire (Gulati, 2022). Zato je poleg sprememb v procesih in organiziranosti vzdrževanja vse bolj smiselno uveljavljati bolj celovite pristope obvladovanja premoženja, ki zadevajo celotno podjetje.

4. Informacijska podpora procesa vzdrževanja

Ne glede na to, kako dobro je opredeljen proces vzdrževanja oz. njegovi podprocesi, se lahko dosledno in učinkovito izvajanje v praksi doseže le s solidno informacijsko podporo delovnega toka. Wienker in drugi (2016) pravijo, da brez računalniške podpore praktično ni mogoče doseči svetovne ravni vzdrževanja. Napredek tehnologij postaja vse hitrejši in na informacijsko podporo vzdrževanja je treba gledati vse bolj celovito, v povezavi z ostalimi procesi v različnih fazah življenjskega cikla premoženj. Pri tem velja opozoriti, da raziskave (IAM, 2015) kažejo, da imajo informacije o premoženjih zelo pomemben vpliv na poslovanje premoženjsko intenzivnih podjetij. Kot kaže Diagram 5, velika večina operativnih stroškov, povezanih z informacijami o premoženju, nastane v okviru poslovnih procesov kot posledica pomanjkljivo definiranih zahtev v fazah projektiranja, investicij, nabave, neustreznega prenosa med investicijami in obratovanjem in vzdrževanjem ter šibke informacijske podpore v različnih fazah življenjskega cikla (npr. iskanje podatkov, prepisovanje podatkov, vnašanje istih podatkov na različnih mestih, napake pri vnosih, ponavljanje korakov v različnih poslovnih procesih itd.).

Sodobni trendi informatizacije procesov vzdrževanja se vse bolj povezujejo z ostalimi vidiki podpore obvladovanja premoženja v celotnem življenjskem ciklu, kot kaže Diagram 6.

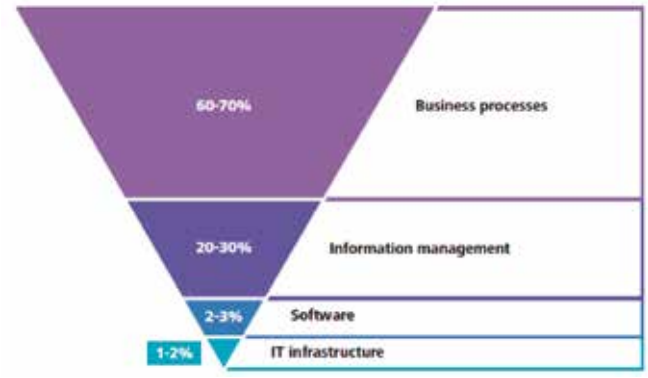


Diagram 5: Operativni stroški informacij o premoženjih (Vir: IAM, 2025)

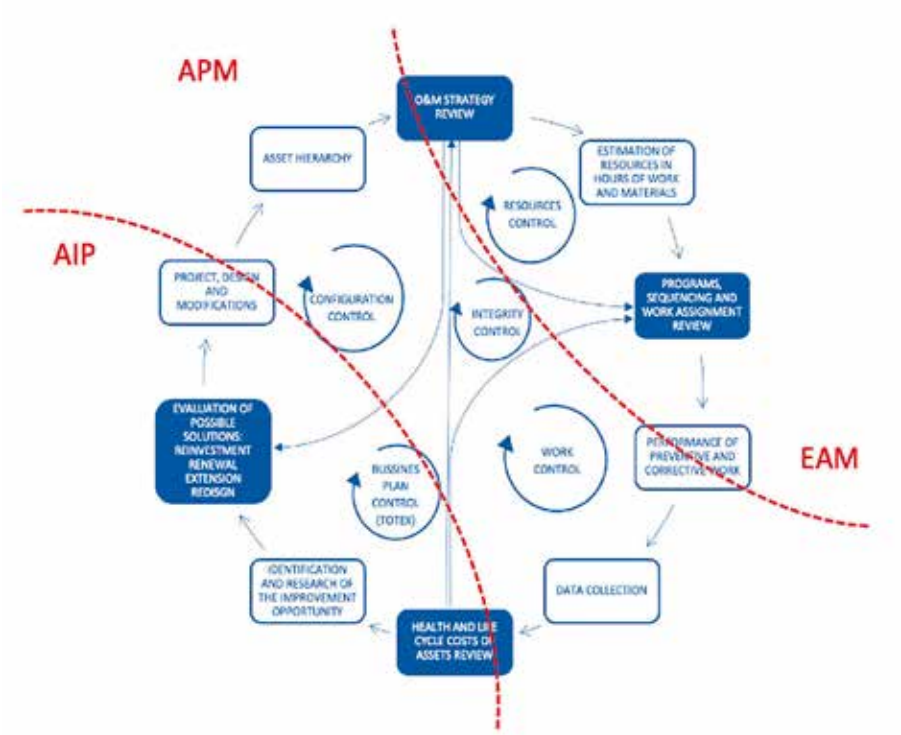


Diagram 6: Pogled na odločanje in nadzor s prikazom pripadajoče informacijske podpore (Vir: Crespo Márquez, 2022)

Pri tem kratice pomenijo:

- **EAM** – Enterprise Asset Management: Obvladovanje registra premoženj, konfiguracije in vzdrževanja, včasih poimenovan CMMS – Computerized Maintenance Management System.
- **APM** – Asset Performance Management: Zmanjševanje korektive, izboljševanje razpoložljivosti in zniževanje tveganj odpovedi (še posebej za kritična premoženja), izboljšanje skladnosti z zakonodajo glede pregledov in vzdrževanja.
- **AIP** – Asset Investment Planning: Izboljševanje dolgoročnega strateškega in taktičnega odločanja glede CAPEX/OPEX ter celovito načrtovanje obvladovanja premoženj, spremljanje njihovega trenutnega in napovedovanje bodočega stanja, povezovanje pričakovane zmogljivosti z različnimi srednje- in dolgoročnimi scenariji investicij.

Digitalne tehnologije omogočajo nadaljnje izboljševanje učinkovitosti zajemanja, obvladovanja, analiziranja in uporabe informacij, kar izboljšuje odločanje v celotnem življenjskem ciklu (GFMAM, 2024). Brez dobro opredeljenih procesov vzdrževanja pa tudi večja učinkovitost digitalne podpore ne more ponuditi pričakovanih rezultatov.

3. Implementacija oz. prenova procesa vzdrževanja

Pri implementaciji novega ali prenovljenega procesa vzdrževanja in njegovih podprocesov gre navadno za kompleksen projekt uvajanja sprememb, zato ga je potrebno skrbno pripraviti in izvajati, saj se z njim poseže v organizacijsko kulturo. Ob uporabi sodobnih načel projektnega vodenja, s polno podporo in sponzorstvom vodstva velja začeti s sistematično oceno stanja oz. zrelosti, kjer se lahko uporabi različne metodologije, npr. Oliveira in Lopes (2020) ali Wireman v Androjna, A., Rosi, B. (2008). Nadalje je potrebno pripraviti poslovni primer, s katerim se potrdi upravičenost spremembe, pri čemer se lahko s pridom uporabi določene pristope vzdrževanja glede na vrednost (Haarman, M., Delahay, G., 2016). Na osnovi ocene stanja se postavi vsebina in prioritete aktivnosti, na osnovi analize upravičenosti pa pridobi potrditev projekta, ki omogoči pričetek izvajanja. Ob tem ne smemo pozabiti na sodobne metode obvladovanja človeške plati sprememb, saj je brez njih verjetnost uspešne implementacije bistveno skromnejša. Če posamezniki ne spremenijo načina dela v skladu z novimi procesi, tudi organizacijskih sprememb ni mogoče doseči in posledično tudi učinkov ni pričakovati.

4. Spremljanje uspešnosti in učinkovitosti

Kakor velja za vse poslovne procese, je tudi procese vzdrževanja potrebno spremljati in po potrebi ustrezno ukrepati za doseganje zastavljenih ciljev. Muchiri in drugi (2010) predlagajo uporabo dveh vrst kazalnikov, to so:

- **napovedni (*leading*) kazalniki** uspešnosti in učinkovitosti, ki so usmerjeni v prihodnost in pomagajo pri napovedovanju prihodnjih trendov (Diagram 7) in
- **retrospektivni (*lagging*) kazalniki** uspešnosti in učinkovitosti, ki so usmerjeni v preteklost in pomagajo pri ocenjevanju preteklih dosežkov (Diagram 8).

Category	Measures / Indicators	UNITS	Description	Recommended Targets
Work Identification	Percentage of Proactive work	%	Man-hours envisaged for proactive work/Total man hours available	75% - 80%
	Percentage of Reactive work	%	Man-hours used for reactive work/Total man-hours available	10% - 15%
	Percentage of Improvement work	%	Man-hours used for improvement & modification/Total man-hour available	5% - 10%
	Work request response rate	%	Work requests remaining in 'request' status for <5days/Total work requests	80% of requests
Work Planning	Planning Intensity/Rate	%	Planned work / Total work done	95% of all work orders
	Quality of planning	%	Percentage of work orders requiring rework due to planning/All WO	< 3% of all WO
	Planning Responsiveness	%	Percentage of WO in planning status for <5days/ All WO	> 80% of all WO
Work Scheduling	Scheduling Intensity	%	Scheduled man-hours/ Total available man-hours	> 80% of available man-hours
	Quality of scheduling	%	Percentage of WO with delayed execution due to material or man-power	< 2%
	Schedule realization rate	%	WO with scheduled date earlier or equal to late finish date/All WO	> 95% of all WO
Work Execution	Schedule Compliance	%	Percentage of wok orders completed in scheduled period before late finish date	>90%
	Mean Time To Repair (MTTR)	Hours	Total Downtime/No. of failures	
	Manpower Utilization rate	%	Total Hours spent on tasks / Available Hours	> 80%
	Manpower Efficiency	%	Time Allocated to Tasks/Time spent on tasks	
	Work order turnover	%	No. of completed tasks/ No. of received tasks	
	Backlog size	%	No. of overdue tasks/ No. of received tasks	
	Quality of Execution(Rework)	%	Percentage of maintenance work requiring rework	< 3%

Diagram 7: Primer napovednih kazalnikov vzdrževanja
(Vir: Muchiri et al, 2010)

CATEGORY	MEASURES / INDICATORS	UNITS	DESCRIPTION
Measures of Equipment Performance	No. of Failures	No.	No. of Failures classified by their consequences: Operational, Non-operational, safety etc
	Failure / Breakdown Frequency	No./ Unit Time	No. of failures per unit time (A measure of Reliability)
	MTBF	Hours	Mean Time Between Failure (A measure of Reliability)
	Availability	%	MTBF/(MTBF + MTTR) = Uptime/(Uptime + downtime)
	OEE	%	Availability * Performance Rate * Quality rate
Measures of Cost Performance	Direct Maintenance Cost	$	Total corrective and Preventive Maint. cost
	Breakdown Severity	%	Breakdown cost / Direct Maint. Cost
	Maintenance Intensity	$ / Unit production	% of Maint. Cost per unit of products produced in a period
	% Maint. Cost component over Manufacturing cost	%	% Maint. Cost / Total Manufacturing cost
	ERV (Equipment Replacement Value)	%	Maint. Cost / New condition Value
	Maintenance Stock turnover	No.	Ratio of cost of materials used from stock within a period
	Percentage Cost of Personnel	%	Staff Cost / Total Maintenance Cost
	Percentage Cost of subcontractors	%	Expenditure of Subcontracting / Total Maintenance cost
	Percentage cost of Supplies	%	Cost of Supplies / Total Maintenance Cost

QUANTUM CONSULTING

Diagram 8: Primer retrospektivnih kazalnikov vzdrževanja
(Vir: Muchiri et al, 2010)

Pri vzpostavljanju kazalnikov velja uporabiti standard SIST EN 15341:2019+A1:2022 Vzdrževanje – Ključni kazalniki učinkovitosti in uspešnosti vzdrževanja, saj standardizirani kazalniki bistveno olajšajo zunanje primerjave (*benchmarking)*. Pri uporabi omenjenega standarda je treba biti selektiven, saj je v njem zelo veliko število različnih kazalnikov. Manj obsežen, a zelo uporaben je priročnik z dobrimi razlagami in prikazi primerov GloMe (EFNMS, 2023).

5. Zaključek

Vzdrževanje ni le strošek, temveč strateška dejavnost, ki neposredno vpliva na zanesljivost, varnost in celotno uspešnost organizacije. Učinkoviti vzdrževalni pristopi, podprti z analizo podatkov, celostnim upravljanjem sredstev in sodobnimi digitalnimi orodji, omogočajo daljšo življenjsko dobo opreme, manj nepredvidenih okvar in optimalno razporeditev sredstev. V Sloveniji je nujno dvigniti zavedanje o vlogi vzdrževanja kot pomembnega elementa pri ustvarjanju vrednosti v življenjskem ciklu premoženj. Povezovanje dobro opredeljenih in izvajanih procesov vzdrževanja z dolgoročnimi poslovnimi cilji, usposabljanje kadrov in uporaba najboljših praks so pomembni koraki k večji konkurenčnosti in trajnostnemu razvoju.

LITERATURA

[1] Androjna, A., Rosi, B. (2008) Celostno obvladovanje vzdrževanja. Učila international. Tržič

[2] Androjna, A., Ilić, M., Maletič, D. (2019). Izboljšave, procesni pristop in projekti v vzdrževanju. *Vzdrževalec*, januar–april 2019, št. 187-188, št. članka 1112

[3] Androjna, A., (2020). Proces delovnega naloga v vzdrževanju. *Vzdrževalec*, januar–junij 2020, št. 193-194, št. članka 1134

[4] Crespo Márquez, A. (2022). Digital Maintenance Management. Guiding Digital Transformation in Maintenance. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97660-6

[5] EFNMS. Global Metricators. (2023). Measuring Maintenance and Reliability Performance Internationally, 2nd ed.. https://efnms.mycashflow.fi/product/1/the-global-metricators-guidebook--glome-2nd-edition

[6] GFMAM – Global Forum on Maintenance and Asset Management. (2024). Digital Transformation in Maintenance and Asset Management, 1st ed. ISBN: 978-1-0688555-9-7

[7] Gulati, R. (2021). Maintenance and Reliability Best Practices, 3rd ed., Industrial Press Inc., New York, ISBN 0-8311-3647-5

[8] Haarman, M., Delahay, G. (2016). VDM XL, Value Driven Maintenance & Asset Management, ISBN 978-90-808270-5-0, Mainnovation

[9] Hupjé, E. (2024). How to sell Planning and Schedulling to your CEO and realise a massive productivity improvement

[10] (https://www.roadtoreliability.com/sell-planning-scheduling-productivity-improvement)

[11] IAM – The Institute of Asset Management. (2015). Asset Information, Strategy, Standards and Data Management. SSG 22, 23 and 25. www.theiam.org

[12] Kremsar, S. (2021). *Uporabniško vodeni procesi in pomen njihove vpeljave v poslovanje organizacije* [Magistrsko delo, Univerza v Mariboru]. Digitalna knjižnica Univerze v Mariboru. https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=80419

[13] Levitt, J. (1997) The Handbook of Maintenance Management, 1st ed., Industrial Press Inc., New York, ISBN 0-8311-3075-X

[14] Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., Martin, H. (2010). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics,* doi: 10.1016/j.ijpe.2010.04.039

[15] Oliveira, M.A. and Lopes, I. (2020). Evaluation and improvement of maintenance management performance using a maturity model. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 69 No. 3, pp. 559-581. https://doi-org.ezproxy.lib.ukm.si/10.1108/IJPPM-07-2018-0247

[16] Palmer, Richard D. (2019). Maintenance Planning and Scheduling Handbook. 4th ed. New York: McGraw-Hill Education.

[17] https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9781260135282

[18] Rakyta, M.; Bubenik, P.; Binasova, V.; Gabajova, G.; Staffenova, K. (2024). The Change in Maintenance Strategy on the Efficiency and Quality of the Production System. *Electronics*, 13, 3449. https://doi.org/10.3390/electronics13173449

[19] Wienker, M., Henderson, K. and Volkerts, J. (2016), The computerized maintenance management system – an essential tool for world class maintenance. *Procedia Engineering*, Vol. 138, pp. 413-420.

ABSTRACT

WELL-DEFINED MAINTENANCE PROCESSES: A PREREQUISITE FOR SUCCESS AND EFFICIENCY

Well-defined maintenance processes are essential for ensuring organizational effectiveness and operational optimization. Without clear and structured ways of operation, organizations face inefficiencies, increased risk exposure, and higher costs. Establishing processes based on international guidelines such as EN 17007:2018 and ISO 55000:2024 enables more successful maintenance and holistic asset management, creating value on the long run. Maintenance processes must align with organizational strategy and be supported by appropriate information technology and competent personnel. Effective process management helps organizations achieve higher operational reliability, lower maintenance costs, and optimal resource utilization.

Keywords: processes, maintenance, asset management, standards, effectiveness, efficiency.

Piše: **Janez Tomažin**, uni. dipl. inž. str., DIMAS d.o.o.



OBLIKOVANJE NAVODIL ZA VZDRŽEVANJE PO NAČELIH OBVLADOVANJA PREMOŽENJA ISO 55000

Članek predstavlja študijo primera oblikovanja sistema premoženja in pomembnosti priprave navodil za vzdrževanje po načelih standarda SIST ISO 55000, ki so »usklajene aktivnosti organizacije za doseganje vrednosti iz premoženja ob uravnoteženju stroškov, tveganj ter učinkovitosti/uspešnosti delovanja, in to v vseh fazah življenjskega cikla premoženja«.

Prikazujemo pomembnost koordiniranega sodelovanja pomembnih deležnikov, ki v začetni fazi življenjskega cikla premoženja, torej oblikovanju, odločilno vplivajo na doseganje zgoraj navedenih načel.

Med pomembne deležnike štejemo proizvajalca oziroma dobavitelja mazalnega sistema, strokovni tim naročnika, nabavno službo, proizvajalca oziroma dobavitelja olja ter dobavitelja nadzornega sistema za spremljanje njegove kakovosti. Poleg tega je potrebno upoštevati tudi zahteve proizvodnje, službe za varnost in zdravje pri delu ter kadrovskega oddelka (zagotavljanje ustreznega in pravočasnega usposabljanja) in morebitne druge deležnike.

Ključne besede: obvladovanje premoženja po načelih SIST ISO 55001, ISO in CEN standardi, sodelovanje vseh deležnikov, kompetenten kader, navodila za vzdrževanje.

1. Uvod

Celoten mazalni sistem (sistem premoženja) je razčlenjen na opredmetena individualna premoženja, kot so hidravlična tekočina[1], črpalka, elektromotor, izmenjevalec toplote, reduktor, rezervoar ter sistem za spremljanje stanja kakovosti olja in neopredmetena premoženja, med katerimi so najpomembnejši kompetentni vzdrževalci in operaterji ter navodila za vzdrževanje in obratovanje. Hierarhijo premoženja z natančno opredeljenimi podatki za učinkovito usklajevanje aktivnosti v vzdrževanju, proizvodnji, nabavi, finančnem oddelku, skladišču rezervnih delov ter za računalniško obdelavo in analitiko podatkov je potrebno opredeliti čim prej, kolikor je mogoče.

Naj vam v začetku zastavim nekaj vprašanj:

- Ali dosledno upoštevate navodila za vzdrževanje/obratovanje?
- Kdo jih je pripravil in v kateri fazi življenjskega cikla premoženja?
- Ali so v njih navedene ciljne, mejne in kritične vrednosti stanja za vaša premoženja?
- Ali je v njih opredeljena meja med korektivnim in preventivnim vzdrževanjem?
- Kdo je določil lokacije, število in kakovost senzorjev za spremljanje stanja premoženja in v kateri fazi njegovega življenjskega cikla?
- Kdo spremlja stanje vašega premoženja, izvaja in razlaga (laboratorijske) analize ter kdo pripravlja predloge za učinkovit pristop (ukrepe), načrtovanje in izvedbo vzdrževanja?
- Ali ste prepričani, da poznate in uporabljate najboljše razpoložljive tehnologije za dosego strateških ciljev vaše organizacije ter optimiziranje pridobivanja vrednosti iz vašega premoženja?
- Ali menite, da je hidravlično/mazalno olje vaše fizično premoženje?

Na podlagi svojih izkušenj lahko trdim, da so navodila za vzdrževanje pogosto pripravljena izključno s strani dobavitelja opreme. S temi, večinoma standardnimi navodili, v osnovi ni sicer nič narobe, vendar pogosto ne upoštevajo vaših specifičnih delovnih pogojev. Vzdrževalci se jih večinoma držijo zaradi garancij, saj lahko vsako odstopanje privede do zavrnitve zahtevkov.

Ali je smiselno spremeniti tako prakso? Kako uvesti načela obvladovanja premoženja?

Poleg upoštevanja načel obvladovanja premoženja po standardu SIST ISO 55000:2024 vam lahko koristi tudi standard EN

1 V tem članku se hidravlična tekočina v nadaljevanju imenuje olje

17485:2021 »Vzdrževanje v okviru obvladovanja premoženja – Okvir za izboljšanje vrednosti fizičnega premoženja v njegovem celotnem življenjskem ciklu«. Naslov je nekoliko zavajajoč, saj pri obvladovanju premoženja ne gre za maksimiranje vrednosti fizičnih premoženj, temveč za maksimiranje pridobivanja vrednosti iz njih.

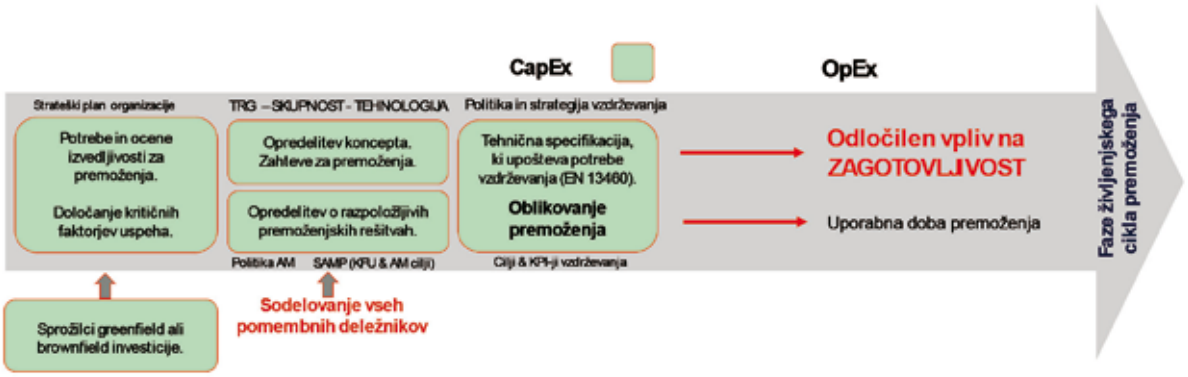
Ta dokument obravnava načela obvladovanja fizičnega premoženja, ki so pomembna z vidika vzdrževanja, in ponuja okvir za sistematičen pristop. Cilji tega dokumenta so:

- ustvariti in sistematizirati povezavo med poslovanjem, obvladovanjem fizičnega premoženja in aktivnostmi vzdrževanja v organizacijah,
- navesti zunanje in notranje vplivne dejavnike ter njihov vpliv na obvladovanje fizičnega premoženja in vzdrževanje,
- spodbujati medfunkcijsko sodelovanje,
- obravnavati preglednost pri odločanju,
- obravnavati simulacijo in vizualizacijo kot učinkoviti orodji za podporo odločanju,
- obravnavati upravljanje negotovosti za izboljšanje kakovosti odločanja,
- izboljšanje upravljanja informacij kot dejavnosti za doseganje zgoraj navedenih ciljev,
- obravnavati trajnost delovanja.

Predstavljene so predlagane aktivnosti vseh vpletenih deležnikov v fazi oblikovanja sistema premoženja ter vpliv funkcije vzdrževanja na opredeljevanje zahtev. V tem delu življenjskega cikla premoženja oziroma v fazi CapEx[2] dokument ponuja jasne smernice o tem, kako naj bi vsi deležniki sodelovali pri odločanju ter katere aktivnosti bi bilo potrebno izvesti za dosego dolgoročnih strateških ciljev organizacije.

Ker se izraz „zagotovljivost“ redko uporablja in se v različnih delih sveta razlaga na različne načine, je delovni odbor EMAC[3] (znotraj EFNMS) pripravil „evropsko“ različico tega pojma. Zagotovljivost, kot tudi druge izražene značilnosti sistema premoženja, ne glede na njihovo poimenovanje, je ključna za maksimizacijo pridobivanja vrednosti v njegovi uporabni dobi. Deležniki, zlasti investicijska ekipa, ki sodeluje z dobavitelji opreme in vpliva na rešitve prihodnjih fizičnih premoženj, se morajo tega zavedati in prevzeti odgovornost za iskanje ter potrditev najboljših rešitev za zagotavljanje tega. Izbira najcenejših rešitev brez upoštevanja zahtev oziroma predlogov vzdrževalcev, proizvodnje in tima za zanesljivost je v nasprotju z načeli obvladovanja premoženja.

2 CapEx (Capital Expenditure) – naložba v premoženja
3 EMAC (European Maintenance Assessment Committee) – Evropski odbor za ocenjevanje vzdrževanja



Slika 1: Začetne faze življenjskega cikla premoženja



Slika 2: Zagotovljivost in njen vpliv na karakteristike sistema premoženja v njegovi uporabni dobi

2. Priprava in predaja dokumentov v CapEx fazi

Investicijski tim mora v začetni fazi življenjskega cikla premoženja zagotoviti vrsto pomembnih dokumentov in podatkov. Pri tem je lahko v pomoč standard CEN EN13460:2009 Vzdrževanje – Dokumentacija za vzdrževanje. Ta evropski standard določa splošne smernice za:

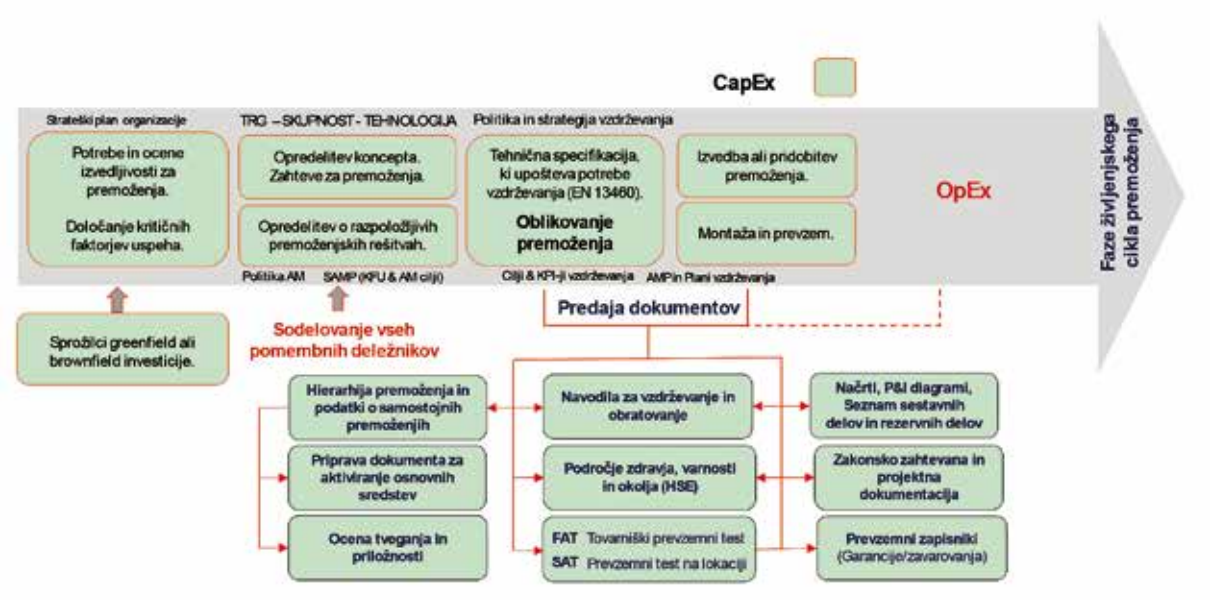
- tehnično dokumentacijo, ki jo je treba priložiti premoženju najpozneje pred začetkom njegove uporabe, da se omogoči učinkovito vzdrževanje,
- dokumentacijo o informacijah, ki jih je treba pripraviti v fazi delovanja premoženja, da se podprejo zahteve za vzdrževanje.

Namenjen je predvsem projektantom, proizvajalcem, piscem tehničnih navodil in dobaviteljem dokumentacije. Ta standard ne vključuje dokumentov, povezanih z usposabljanjem in usposobljenostjo uporabnikov, upravljavcev in vzdrževalcev.

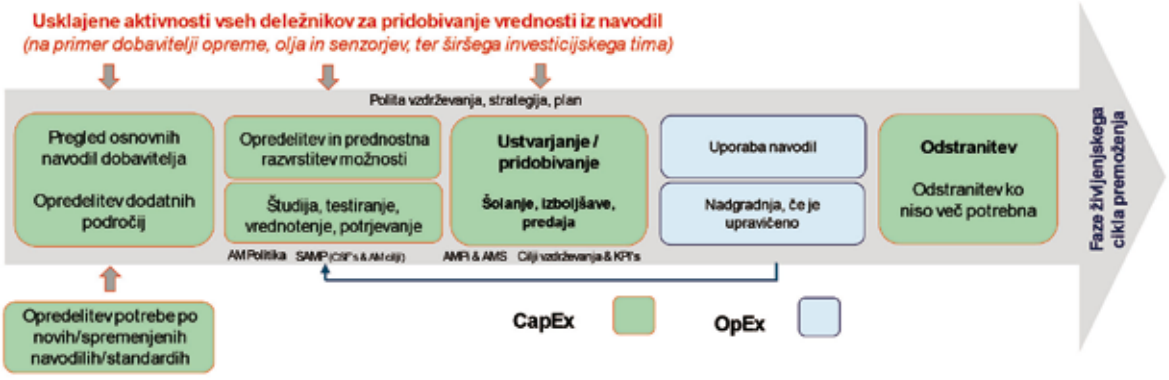
Tehnični razgovori, študije, testiranja in priprava navodil za vzdrževanje

V fazi oblikovanja sistema premoženja, torej v investicijski fazi, je treba pripraviti vsa pomembna navodila za vzdrževanje in obratovanje. Ob tehničnih razgovorih med številnimi deležniki, študijah in testiranjih se opredelijo področja, pomembna za spremljanje, analitiko in bodoče aktivnosti vzdrževanja.

Za nego olja so to na primer osnovni podatki o olju, zahteve pri prvi polnitvi, analiza svežega olja ob prvi polnitvi (referenčni vzorec), analiza olja po 24-urnem obratovanju (drugi referenčni vzorec), ciljne, mejne in kritične vrednosti kakovosti olja med obratovanjem (koda čistosti po ISO 4406 za primer ročnega vzorčenja s plastenko in ločeno za on-line spremljanje čistosti, nivo relativne vlage RH v %, absolutne vrednosti vode v olju v ppm, kislinskega števila AN v mgKOH/g, indeksa oksidacije v A/cm, vsebnosti aditivov v %, viskoznosti v mm^2/s, obrabnih kovin v mg/kg in še kaj). Ob tem se opredeli kakovost in število senzorjev, njihovo lokacijo, število in lokacijo mest za jemanje vzorcev in način jemanja vzorcev. Ob doseganju mejnih ozi-



Slika 3: Navedba nekaterih pomembnih dokumentov, ki se pripravijo v CapEx fazi



Slika 4: Navodila za vzdrževanje/obratovanje so pomembna za obvladovanje premoženja

roma kritičnih vrednosti se opredeli tudi potrebne aktivnosti nege olja. Te so povezane z odločitvami o uporabi ustreznih naprav za nego in spremljanje kakovosti olja (obtočna filtrirna naprava, merilnik, instrument, dehidrator, naprava za kemično obdelavo olja in podobno). Velika priložnost v fazi oblikovanja sistema je izbira najboljše razpoložljive tehnologije (BAT[4]), ki bo v tej fazi večinoma ekonomsko bolj dostopna, pridobivanje vrednosti iz tega premoženja pa se bo začelo že ob izpiranju sistema in prvem zagonu. Uporabna doba vseh hidravličnih naprav vključno z oljem bo bistveno daljša, zanesljivost delovanja neprimerljivo boljša, nižji OpEx[5] pa bo zagotovo zelo hitro upravičil nekoliko višji CapEx.

To večinoma poveča vrednost investicije (CapEx), kar je v mnogih primerih lahko težavno. Odločevalci morajo zato te robne pogoje opredeliti in vnesti v razpisne pogoje projektne dokumentacije. Pri procesu odločanja morajo izvesti ustrezne kalkulacije TCO (Total Cost of Ownership), LCC (Life Cycle Costs), študijo vpliva na zanesljivost in podobno. Vse te aktivnosti zahtevajo koordinirane aktivnosti strokovnjakov za investicije, vzdrževanje, finance, nabavo, proizvodnjo, varstvo pri delu in nenazadnje vodstvo organizacije.

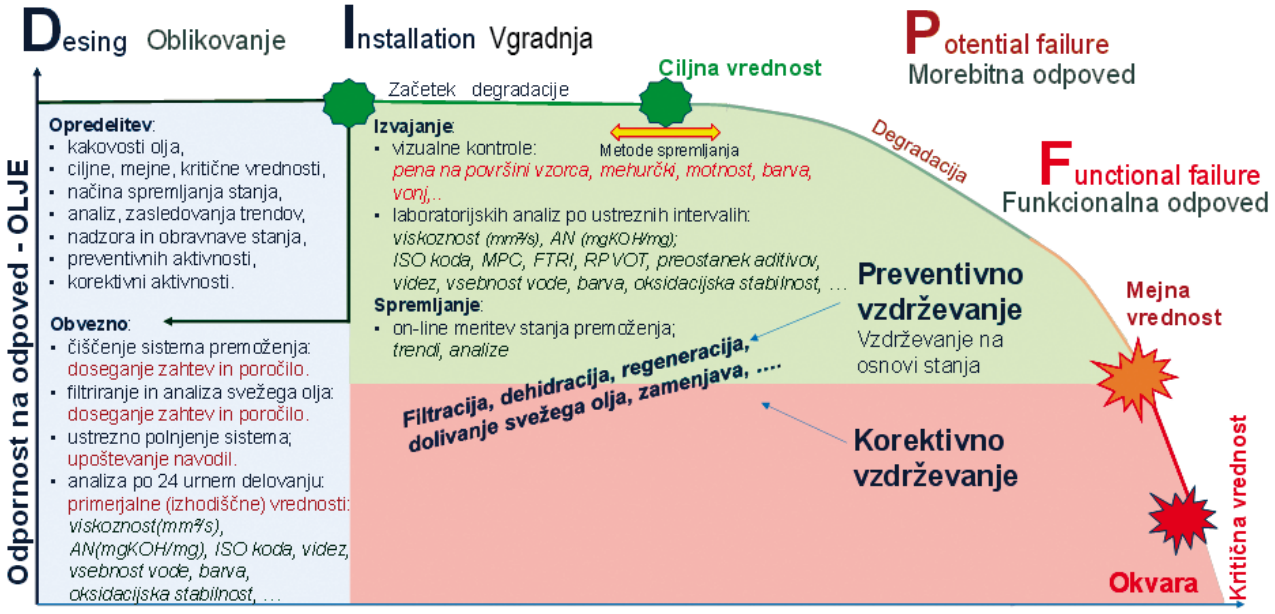
3. Opredelitev meje med preventivnim in korektivnim vzdrževanjem

Preventivno in korektivno vzdrževanje sta dve bistveni strategiji vzdrževanja. Mnoga podjetja uporabljajo razmerje med preventivnim in korektivnim vzdrževanjem kot enega izmed ključnih kazalnikov učinkovitosti/uspešnosti vzdrževanja s ciljem povečati delež preventivnega vzdrževanja. Na podlagi izkušenj lahko trdimo, da si nekatere organizacije različno tolmačijo, kaj beležiti pod preventivno in kaj pod korektivno vzdrževanje. Za lažje razumevanje evropski standard EN 13306:2018 navaja naslednje definicije:

- **Preventivno vzdrževanje:** vzdrževanje, ki se izvaja za ocenitev in/ali omilitev poslabšanja ter za zmanjšanje verjetnosti odpovedi predmeta/elementa.
- **Korektivno vzdrževanje:** vzdrževanje, izvedeno po ugotovitvi okvare, ki je namenjeno vračanju predmeta/ elementa v stanje, ko lahko opravlja zahtevano funkcijo.
- **Okvara:** stanje predmeta/elementa, ki ga opredeljuje nezmožnost opravljati zahtevano funkcijo, razen nezmožnosti med preventivnim vzdrževanjem ali med drugimi načrtovanimi deli ali zaradi pomanjkanja zunanjih virov.
- Opomba: Okvara je navadno posledica odpovedi, vendar je lahko v nekaterih primerih, kot so specifikacija, zasnova, izdelava ali vzdrževanje, tudi posledica obstoječe predhodne okvare. (Glej prikrita okvara.)
- Skrita okvara: obstoječa okvara, ki se še ni pokazala.
- Odpoved: izguba zmožnosti predmeta/elementa za izvajanje zahtevane funkcije.

V kontekstu nege olja napaka predstavlja anomalijo v kakovosti olja, ki lahko potencialno privede do odpovedi določenih komponent hidravličnega/mazalnega sistema. Ta napaka lahko izhaja iz različnih dejavnikov, kot so nepravilna izbira olja, staranje olja, prekomerna toplotna obremenitev, obraba strojnih delov, povečana vlaga (vdor vode), mešanje različnih vrst olj ter neustrezna filtracija in nega olja. Posledično to vodi v povečanje kislinskega števila, izgubo aditivov, prekomerno oksidacijo in tvorbo stranskih produktov oksidacije (usedline, lakaste tvorbe).

4 BAT (Best Available Technology) – Najboljša razpoložljiva tehnologija
5 OpEx (Operational Costs) – Operativni stroški



Slika 5: DIPF-krivulja za hidravlična/mazalna olja »Oblikovanje – Vgradnja – Potencialna okvara – Funkcionalna okvara«

Na Sliki 5 je prikazana DIPF (Desing, Installation, Potential failure, Functional failure) krivulja, ki pomaga razumeti, kako se napake pojavijo v določenih fazah uporabne dobe olja in kako le-te vplivajo na skupno funkcionalnost ter zanesljivost. Uporablja se lahko tudi za identifikacijo problematičnih področij v procesu oblikovanja in namestitve, kar lahko pripomore k izboljšanju učinkovitosti in zmanjšanju tveganj.

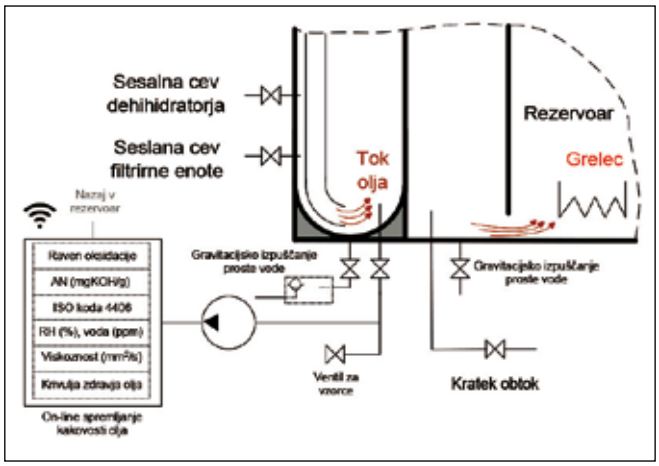
Pri negi olja je ključno, da že v fazi oblikovanja hidravličnega ali mazalnega sistema ter pri definiranju robnih pogojev za nego olja jasno določimo mejo načina vzdrževanja. Na podlagi izkušenj ali z vpeljavo BAT v fazi obratovanja (OpEx) lahko prilagajamo ciljne, mejne in kritične vrednosti kakovosti olja, kar posledično vpliva na mejo med preventivnim in korektivnim vzdrževanjem. Aktivnosti za izboljšanje kakovosti olja se lahko izvajajo po enakih postopkih in z istimi napravami.

4. Učinkovite dobre prakse in uporaba najboljših razpoložljivih tehnologij

Učinkovito spremljanje in vzdrževanje kakovosti olja je odvisno od več ključnih dejavnikov: natančne identifikacije parametrov kakovosti olja, ki jih je treba analizirati, bodisi s pomočjo vzorčenja bodisi z meritvami v realnem času, izbire ustreznih senzorjev, njihove optimalne namestitve ter razvoja sistema za obdelavo in vizualizacijo podatkov.

Slika 6 prikazuje primerno lokacijo priključkov, ki so potrebni za učinkovito vzorčenje in nego olja v rezervoarju. Za optimalno spremljanje kemijskih parametrov olja in dogajanja v mazalnem sistemu je ključno, da se priključek sesalne cevi za ta sklop senzorjev namesti v bližini izhoda olja iz povratne linije. Tako zagotavljamo analizo referenčnega olja, ki prihaja neposredno iz sistema, kar povečuje verodostojnost meritev. Za učinkovito in ustrezno delovanje dehidratorja je ključno, da je priključek njegove sesalne cevi nameščen na ustrezni višini, kar zagotavlja optimalno delovanje dehidracije. Podobno velja tudi za priključek obtočne filtracije in polnjenje rezervoarja; priključek za izpust proste vode mora biti nameščen povsem na dnu, da se zagotovi učinkovito odvajanje proste vode. Pri konstrukciji rezervoarja je izjemno pomembno vključiti strokovnjake za sistem spremljanja kakovosti olja, pa tudi proizvajalce in dobavitelje senzorjev, olja ter naprav za nego olja. Ključnega pomena je, da se upoštevajo izkušnje, strokovno znanje in želje uporabnika, saj to zagotavlja celovito in učinkovito rešitev, ki ustreza potrebam ter specifičnim zahtevam sistema.

Slika 7 prikazuje lokacijo priključkov, potrebnih za učinkovito vzorčenje in nego olja v tlačni cevi. V fazi oblikovanja sistema je izjemno pomembno natančno določiti te lokacije. Za spremljanje učinkovitosti delovanja sistemskih filtrov je priporočljivo postaviti priključke za vzorčenje tako pred filtri kot tudi za njimi. On-line spremljanje ISO-kode čistosti ter relativne vlage olja, skupaj s primerjavo teh podatkov z



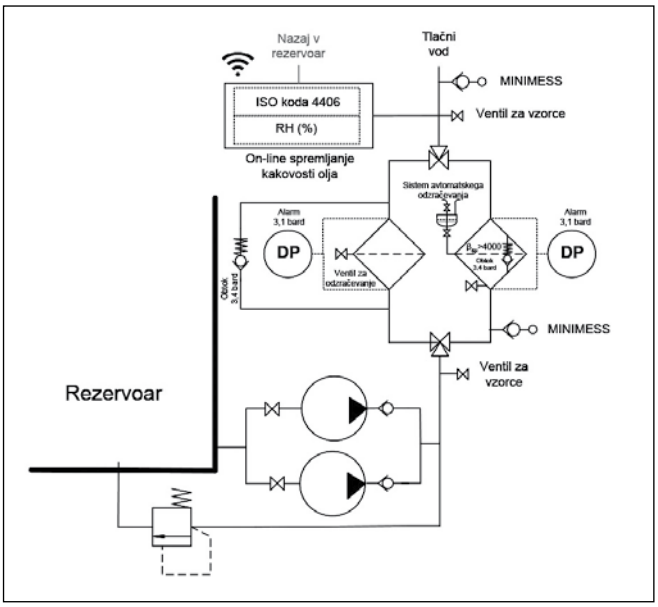


Slika 6: Notranja zasnova rezervoarja za olje – lokacija priključkov sesalnih cevi za različne aplikacije

analizami v rezervoarju zagotavlja dragocene informacije o učinkovitosti delovanja rezervoarja. To vključuje vpoglede v umirjanje olja, morebiten vnos nečistoč prek odzračevalnikov ali netesnosti, izločanje vode in druge relevantne dejavnike.

Pravilna izbira filtrov, filter elementov in lokacija obtočnega ventila, ki ščiti filter elemente ob njihovi zamašitvi, je izjemno pomembna. Vnaprejšnja in strokovno utemeljena izbira filter elementov pogosto ostane spregledana, kar lahko znatno vpliva na kakovost filtriranja in uporabno dobo filter elementov in olja. Pri nakupu rezervnih elementov se pogosto pozornost osredotoča zgolj na nazivno propustnost v mikrometrih ter ceno, kar lahko vodi do nezadostnega doseganja ciljev kakovosti olja in posledično zmanjšane zanesljivosti komponent. Zato je ključno, da se upošteva celovit pristop, ki vključuje vse pomembne vidike filtracije.

Navajanje učinkovitost filtracije, ki temelji na nazivni propustnosti filter elementa (beta faktor), zmogljivosti prevzema nečistoč v kilogramih in učinkovitosti zadržanja že ujetih delcev nečistoč ob zagonih sistema (hidravlični udari), so pogosto zanemarjene karakteristike. Na Sliki 7 sta prikazani dve različni izvedbi filtra za geometrijsko enak sklop filtra in filter elementa. Na desni strani je predstavljen primer dobre prakse, kjer je vgrajen filter element z učinkovitostjo filtriranja $ß_{6\mu(c)} \geq 4000$, skupaj z obtočnim ventilom, nameščenim v samem filter elementu, in avtomatskim odzračevanjem ohišja filtra.



Slika 7: Skica primera izvedbe tlačnega dela mazalnega sistema

Odzračevalniki in nadtlak v rezervoarju: Današnja najboljša praksa je na primer uporaba T.R.A.P.™ tehnologije[6], ki znatno izboljša učinkovitost odzračevanja ter s tem podaljšuje uporabno dobo odzračevalnikov in zmanjšuje stroške vzdrževanja. Mnogi strokovnjaki opozarjajo, da slabo delujoč odzračevalnik predstavlja enega glavnih vzrokov za vnos nečistoč in vlage v oljni sistem. Čeprav je ta komponenta pogosto najcenejša v sistemu, lahko napačna izbira povzroči neuspeh pri doseganju ciljev glede ISO-kode čistosti olja ter vodi do prekomernega vnosa vlage. To posledično lahko privede do predčasne zamenjave filter elementov, slabega delovanja ali celo okvare ključnih komponent sistema, kot so ležaji, ventili in drugo. Zato je ključnega pomena, da se pri izbiri odzračevalnikov upoštevajo njihove lastnosti in kakovost, da se zagotovi dolgoročna zanesljivost oljnega sistema.

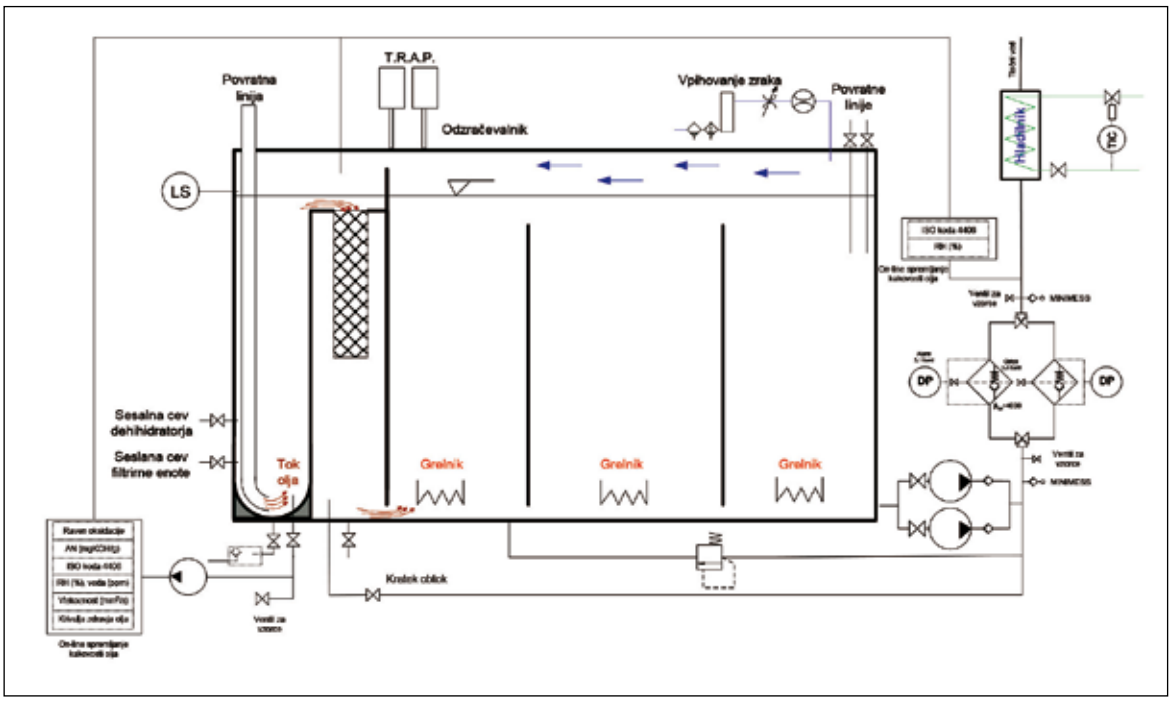
Če ne uporabljamo vrhunskih odzračevalnikov, ki delujejo v močno onesnaženem okolju, je smiselno namestiti sistem za minimalno in stalno vpihovanje suhega ter čistega zraka (ali celo dušika) v zgornji del rezervoarja. Ta pristop ustvarja nadtlak v rezervoarju, ki preprečuje vstop nečistoč. Uporaba dušika dodatno pomaga pri izločanju vode iz olja, kar prispeva k izboljšanju kakovosti olja ter povečanju zanesljivosti sistema.

Skica 8 prikazuje primer oblikovanja rezervoarja in njegove okolice. Poleg vsega omenjenega je pomembno posvetiti pozornost tudi povratnim filtrom, namestitvi in delovanju grelnikov olja, navodilom za (hladne) zagone ter komponentam, ki v skici niso vrisane, kot so pokazatelji nivoja, termometri, manometri, odprtine za kontrolo in čiščenje notranjosti,….

On-line sistem za spremljanje kakovosti olja

On-line sistem za spremljanje kakovosti olja je ključen element za učinkovito vzdrževanje, ki ga je smiselno opredeliti že v fazi oblikovanja sistema. Njegova uporaba se lahko začne pri vlivanju predhodno filtriranega olja v rezervoar in nadaljuje pri čiščenju rezervoarja (kratki obtok) ter izplakovanju posameznih linij sistema (dolgi obtoki). S tem se izognemo zamudnemu, ročnemu vzorčenju, ki je pogosto vprašljivo po verodostojnosti.

6 T.R.A.P.™ (Thermally Reactive Advance Protection) – Toplotno reaktivna napredna zaščita



Slika 8: Skica primera oblikovanja rezervoarja olja in njegove okolice

Sistem bistveno zmanjšuje stroške, povezane z vzorčenjem, kot so delovne ure (zunanjih) zaposlenih, analize, priprava poročil ter potreba po večjih količinah olja, plastenk, krp in drugega materiala. Z ustreznim on-line nadzorom lahko pogosto že samo skrajšanje investicij, povezanih z izplakovanjem, povrne vrednost naložbe.

V uporabni dobi sistema pa natančno spremljanje trendov glede čistosti olja, relativne vlage, absolutne vrednosti vode, stopnje oksidacije, viskoznosti, kislinskega števila ter krivulje zdravja olja, vključno z alarmnimi signali, nudi vzdrževalcem dragocene podatke za učinkovito analitiko in načrtovanje aktivnosti.

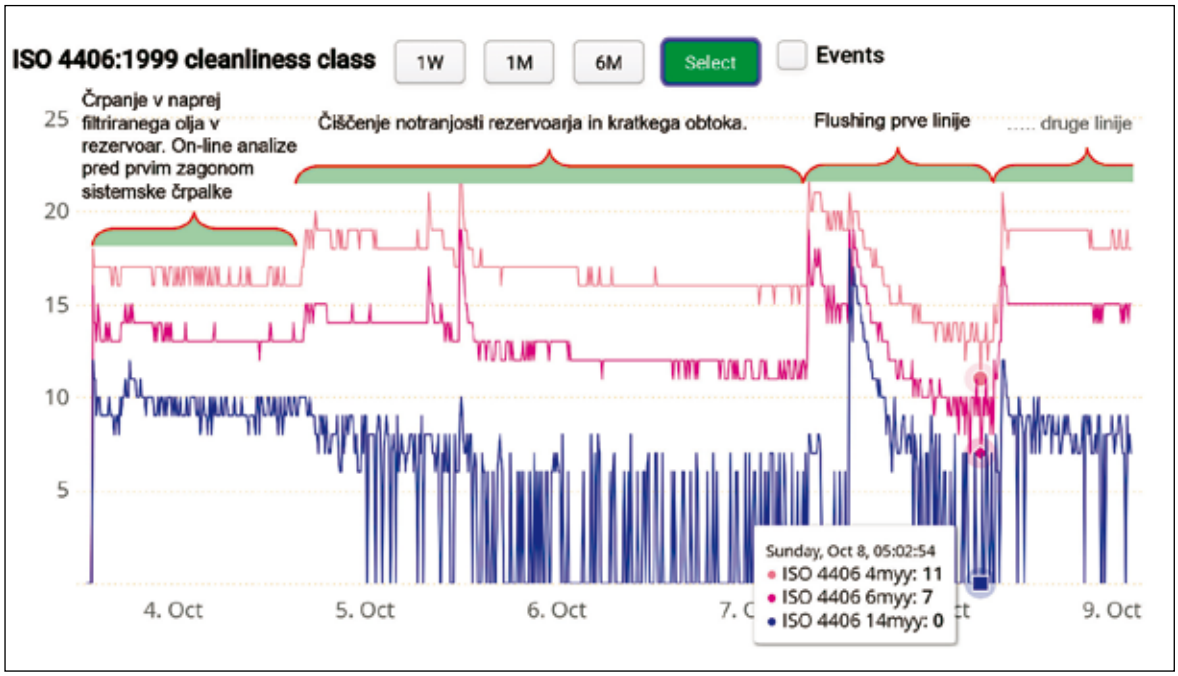
Združevanje analize vibracij in olja

Mnogo proizvajalcev proizvodnih linij danes ponuja sisteme za on-line merjenje in analizo vibracij že pri osnovnih ponudbah. Investicijska ekipa naročnika, vzdrževalci in proizvodnja se večinoma dobro zavedajo vseh prednosti tovrstnih sistemov in jih pozitivno sprejemajo. Vendar pa se zdi, da glede na cenejše on-line spremljanje kakovosti in analize olja to znanje in ozaveščenost še nista dovolj prisotna, tako pri proizvajalcih kot pri uporabnikih.

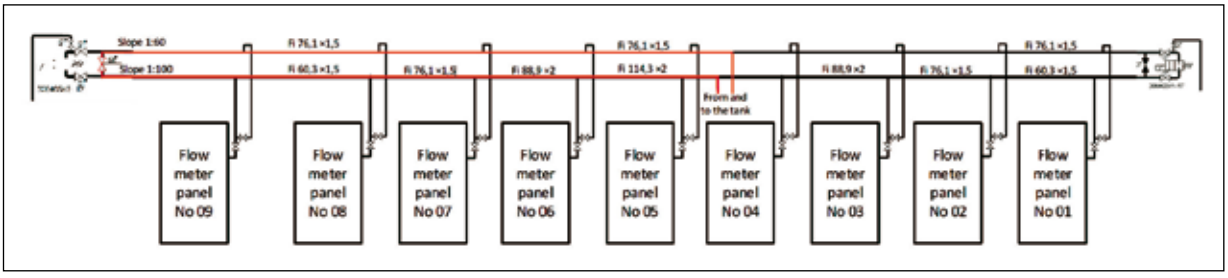
Povezovanje podatkov o vibracijah z analizo olja omogoča celovitejši pregled stanja fizičnega premoženja, kar omogoča optimizacijo vzdrževalnih aktivnosti. Čeprav je vsaka tehnika sama po sebi učinkovita, kombinacija obeh zagotavlja natančnejšo in bolj celovito sliko stanja premoženja, kar omogoča odkrivanje odstopanj, ki morda ne bi bila zaznana, če bi uporabili samo eno.

Spremljanje kakovosti in analiza olja lahko odkrijeta različne napake in težave, preden jih zazna analiza vibracij. Med ključnimi napakami, ki jih lahko zaznata, so:

- **obraba materialov:** analiza lahko razkrije prisotnost kovinskih delcev, ki izvirajo iz obrabnih procesov v sistemu,
- **onesnaženje z nečistočami:** prisotnost delcev, kot so kovinski delci, prah ali voda, lahko kažejo na težave s slabim delovanjem odzračevalnikov ali tesnjenja,
- **degradacija olja:** spremembe v viskoznosti, kislosti ali drugih kakovostnih parametrih lahko signalizirajo, da so prisotni oksidacijski procesi,
- **pregrevanje:** visoka vsebnost stranskih produktov oksidacije ali termičnih razpadnih produktov (saje) lahko kaže na prekomerno toplotno obremenitev,



Slika 9: Primer spremljanja ISO-kode čistosti olja med čiščenjem in izplakovanjem posameznih delov sistema



Slika 10: Plan za izpiranje (flushing) posameznih linij mazalnega sistema

- **kemična kontaminacija:** ugotovitev nepravilnosti v kemični sestavi lahko kaže na onesnaženje z zunanjimi snovmi ali mešanico dveh olj,
- **nivo aditivov:** zmanjšanje aditivov v olju, kot so antioksidanti, lahko signalizira zmanjšanje zaščitnih lastnosti olja.

Olje torej govori: spremljajte, analizirajte, ukrepajte pravočasno.

Zaključek

Uporaba načela obvladovanja premoženja, kar pomeni koordinirane aktivnosti organizacije za pridobivanje vrednosti iz premoženja, se lahko prav tako nanaša na celovito nego olja. To je še posebej pomembno v industrijah, v katerih hidravlični in mazalni sistemi pomembno vplivajo na strateške cilje organizacije, kot so visoka zanesljivost in razpoložljivost proizvodnje, izboljšana trajnost, učinkovito obvladovanje tveganj ter nizke emisije.

Sodelovanje vseh relevantnih deležnikov pri oblikovanju hidravličnih in mazalnih sistemov (sistemov premoženja) ob uporabi najboljše razpoložljive tehnologije, naprednih senzorjev in interneta stvari (IoT) vodi k celovitim rešitvam, ki omogočajo dosego nekaterih strateških ciljev organizacije. Spremljanje stanja v realnem času in stalna obdelava/analiza podatkov ter aktivno sodelovanje več deležnikov lahko drastično podaljša uporabno dobo sistema premoženja, samostojnega premoženja in njegovih komponent. To povečuje zanesljivost delovanja, zmanjšuje stroške obratovanja in vzdrževanja ter pomembno vpliva na zmanjšanje ogljičnih emisij.

Dodana vrednost premoženja, kot so točna, razumljiva in vidna navodila za vzdrževanje, pripravljena za določene uporabnike in njihova okolja ter ustvarjena v sodelovanju več deležnikov, vključno z vzdrževalci v fazi oblikovanja sistema premoženja, je neprecenljiva. Takšna navodila vzdrževalci resnično sprejmejo za svoja, jim zaupajo, jih upoštevajo ter jih z izkušnjami v uporabni dobi lažje nadgrajujejo. To vodi do večjega zadovoljstva, učinkovitega usposabljanja, boljše sledljivosti dokumentacije, povečane varnosti, standardizacije procesov, večje učinkovitosti delovanja in upravljanja virov ter večje zanesljivosti in uporabne življenjske dobe premoženja. Nenazadnje kakovostna dokumentacija vzdrževanja lahko služi kot osnova za razvoj novih strategij vzdrževanja, izboljšanje procesov in nadgradnjo premoženja.

LITERATURA:

[1] Standard SIST ISO 55000:2024 Asset management — Pregled, načela in terminologija

[2] Standard SIST EN17485:2021: Vzdrževanje v okviru obvladovanja premoženja – Okvir za izboljšanje vrednosti fizičnega premoženja v njegovem celotnem življenjskem ciklu

[3] Standard SIST EN13460:2009 Vzdrževanje – Dokumenti za vzdrževanje

[4] Standard CEN EN13306:2018 Vzdrževanje – Terminologija s področja vzdrževanja

[5] Krivulja DIPF - izraz, ki ga je uvedel in prvič uporabil John Moubray

[6] T.R.A.P.™ tehnologija – https://www.hyprofiltration.com/products/reservoir-accessories/bt-breathers-overview (dostopno 15. 3. 2025

[7] Storitve optimizacije tekočin https://www.fluidintelligence.fi/optimization (dostopno 15. 3. 2025)

ABSTRACT

DESIGNING MAINTENANCE MANUALS BASED ON ISO 55000 ASSET

The application of the principle of asset management, meaning coordinated activities of an organisation to realise value from assets, can also refer to holistic oil care. This is particularly important in industries where hydraulic and lubrication systems have a significant impact on the strategic objectives of the organization, such as high production reliability and availability, improved sustainability, effective risk management, and low emissions.

The involvement of all relevant stakeholders as possible in the design of hydraulic and lubrication systems (asset systems), using the best available technology, advanced sensors, and the Internet of Things (IoT), leads to integrated solutions that enable the achievement of some of the organization's strategic objectives. Real-time condition monitoring and continuous data processing/analysis, as well as active multi-stakeholder collaboration, can drastically extend the useful life of an asset system, individual assets, and their components.

This increases operational reliability, reduces OpEx and has a significant impact on reducing carbon emissions. The added value of an asset, such as accurate, understandable, and visible maintenance manuals, prepared for specific users and their environments, and created in a multi-stakeholder collaboration, including maintainers during the design phase of the asset system, is invaluable. Such guidance is genuinely accepted by maintainers, trusted and followed, and is more easily upgraded with experience over its useful life.

This leads to increased satisfaction, effective training, better traceability of documentation, increased safety, standardization of processes, greater efficiency in operations and resource management, and increased reliability and useful life of the assets. Finally, quality maintenance documentation can serve as a basis for developing new maintenance strategies, improving processes, and upgrading assets.

Keywords: Asset management according to ISO55001, ISO and CEN standards, involvement of all stakeholders, competent staff, maintenance in operating manuals.

Dimas Pro

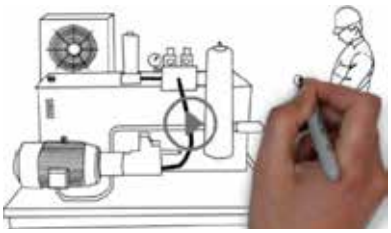
Donaldson HY-PRO

Fluid Intelligence

Podjetje **Dimas Pro d.o.o.** zastopa svetovno vodilnega proizvajalca filtrnih elementov in filtrnih sistemov, podjetje **Donaldson HY-PRO FILTRATION**, ter podjetje **Fluid Intelligence**, specializirano za napredne sisteme on-line spremljanja kakovosti olja.

Z njihovo pomočjo in lastnim znanjem nudimo:

- šolanje vzdrževalcev in nadgradnjo navodil za vzdrževanje,
- nadgradnjo filter elementov,
- nadgradnjo odzračevalnikov z novo, patentirano tehnologijo,
  Thermally Reactive Advanced Protection T.R.A.P.™
- naprave za nego hidravličnih, mazalnih, transformatorskih olj,
- analize olja in »troubleshooting« na kraju samem,
  Monitoring delcev ISO kode in
  števec delcev ISO kode čistosti olja
- on-line spremljanje stanja kakovosti olja.



Učinkovitost filtracije
99,97 %
v **dinamičnem okolju**

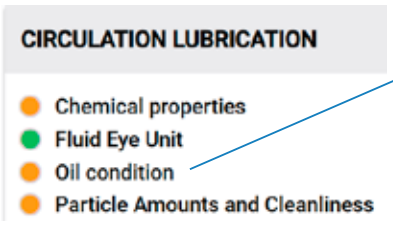












Dimas Pro, Cesta na Svetje 2, 1215 Medvode, E-mail: info@dimaspro.eu

VZDRŽEVANJE ELEKTRIČNIH VOZIL

Piše: **dr. Viktor Lovrenčić**, univ. dipl. inž. el. in **Ana Lovrenčič,** mag. inž. el.
C&G d.o.o Ljubljana



VARNO DELO VZDRŽEVALCEV PRI SERVISIRANJU ELEKTRIČNIH VOZIL

Vse večje potrebe po energiji ter naraščajoč vpliv lokalnega in globalnega onesnaževanja zahtevajo trajnostne in učinkovite ukrepe. Posebna pozornost je usmerjena v sektor prometa, saj je ta eden največjih porabnikov končne energije in eden večjih onesnaževalcev okolja. Elektromobilnost je le eden od smiselnih ukrepov za izničenje negativnih učinkov zaradi naraščajočega števila vozil. Hitro uvajanje elektromobilnosti v sektor prometa v Sloveniji je za obratovanje elektroenergetskega sistema velik izziv. Elektromobilnost in infrastruktura za polnjenje električnih vozil sta v fazi razvoja. Ojačitev predvsem distribucijskega omrežja je nujna, kar je velik finančni in časovni infrastrukturni izziv. Drugi vidik elektromobilnosti, varnost in zdravje delavcev tako v sektorju nastajajočih proizvajalcev električnih vozil (npr. avtobusov ali osebnih vozil ter električnih motorjev) kot tudi v številnih delujočih servisih električnih vozil vseh tipov, od osebnih vozil do večjih porabnikov, kot so tovornjaki in avtobusi, odpira vprašanja ocene tveganja, usposabljanja ter opreme, orodja in osebne varovalne opreme. Ob tem je treba opozoriti na servisiranje odprtih baterij ter zahteve dela pod napetostjo. V zadnjem obdobju je bilo več strokovnih srečanj in usposabljanj serviserjev električnih vozil. Ugotovljeni sta predvsem dve vrzeli, in sicer da ni nobenega zakonskega okvira, ki bi dal navodilo za usposabljanje, ter da je večina udeležencev avtomehanikov s pomanjkanjem poznavanja nevarnosti zaradi električnega toka, udara in obloka. Prepoznano je, da praktično ni več srednješolskega pouka za avtoelektričarje. Programi teoretičnega in praktičnega usposabljanja so našli oporo v mednarodnih izkušnjah ter v standardu SIST EN 50110-1 Obratovanje električnih postrojev.

Ključne besede: elektromobilnost, električna vozila, servisiranje, električni udar in oblok, varnost pri delu, delo pod napetostjo

1. Uvod

Zahteve trajnostnega razvoja so vključevale strateške ukrepe tudi na področju učinkovite rabe energije. Evropa sledi ciljem zelene tranzicije. Posebna pozornost je usmerjena v sektor prometa, saj je eden največjih porabnikov končne energije in eden večjih onesnaževalcev okolja. Eden smiselnih ukrepov je elektromobilnost v prometu, saj izničuje negativne učinke zaradi naraščajočega števila vseh vrst vozil.

Hitro uvajanje elektromobilnosti v sektor prometa v Sloveniji predstavlja več vidikov družbenega izziva zelene tranzicije. Velik izziv je obratovanje elektroenergetskega sistema v povezavi z razvojem distribucijskega omrežja ter infrastrukture za polnjenje električnih vozil.

Ojačitev predvsem distribucijskega omrežja je nujna, kar predstavlja velik finančni in časovni infrastrukturni izziv. Graditev polnilnic vseh tipov do največjih moči kot tudi zahteve po hitrem polnjenju vozil predstavljajo izzive tako pri tehnološkem razvoju kot zagotavljanju lokacij ter načrtovanju potrebnih investicij. Brez nadzora nad polnjenjem električnih vozil bo prišlo do preobremenitev. S tem izzivom se aktivno ukvarja stroka, od snovalcev razvoja omrežja do proizvajalcev polnilnic, kot tudi državni organi, inštituti ter drugi zainteresirani deležniki.

Omeniti je potrebno še drugi vidik elektromobilnosti, varnost in zdravje delavcev, ki ga je treba opremiti z novimi pogledi in zahtevami ocene tveganja na delovnem mestu. S tem vprašanjem se srečujejo v sektorju nastajajočih slovenskih proizvajalcev električnih vozil (npr. avtobusov, osebnih vozil ter električnih motorjev) in tudi že v številnih delujočih servisih električnih vozil vseh tipov, od osebnih vozil do večjih porabnikov, kot so tovornjaki in avtobusi.

Ugotoviti je potrebno, da s stališča varnosti in zdravja delavcev v Sloveniji obstajajo velike vrzeli, saj ni oblikovanega zakonskega okvira niti ni uradnih stališč oz. navodil za varno delo, v posameznih delovnih sredinah pa ni programov usposabljanja, ni navodil za nabavo opreme, orodja in osebne varovalne opreme.

Dosegljivi so nekateri javno objavljeni tuji dokumenti in številna interna navodila proizvajalcev električnih vozil za varno delo, ki so v glavnem internega poslovnega značaja in večinoma niso dostopna širši strokovni javnosti. Primeri dobre prakse proizvajalcev električnih vozil so povezani z izvajanjem internega usposabljanja serviserjev električnih vozil v skladu z njihovimi zahtevami za varno delo za vsak tip vozila (npr. IVECO, MAN, PORSCHE …). V dogovoru z delodajalcem so izvedena posamezna usposabljanja s področja varnosti pred nevarnostjo električnega toka, dotika in električnega obloka

ter dela pod napetostjo (Lovrenčić, 2018 in 2021; Lovrenčić & Lovrenčič, 2024abc in 2025).

Pri pripravi programa in izvedbi usposabljanja bodo potrebni dodatni poudarki pri poučevanju serviserjev – ne električarjev oz. avtomehanikov, saj je večina udeležencev usposabljanja avtomehanikov s pomanjkanjem poznavanja nevarnosti zaradi električnega toka, udara in obloka. V razpravi je namreč ugotovljeno, da praktično ni več srednješolskega pouka za avtoelektričarje (pomanjkanje kompetenc na področju osnov elektrotehnike).

Na osnovi konzultacij zainteresiranih delodajalcev so pripravljeni programi teoretičnega in praktičnega usposabljanja, ki so našli oporo v mednarodnih izkušnjah ter v standardu SIST EN 50110-1:2023 Obratovanje električnih postrojev. Ti programi sledijo cilju usposabljanja strokovnih delavcev (avtoelektričarjev) in poučenih delavcev (avtomehanikov).

2. Opredelitev pojmov – električna vozila

Za razumevanje problematike, s katero se nekateri prvič srečujejo, je potrebno narediti pregled pojmov, ki so opredeljeni v standardih industrije oz. pri proizvajalcih električnih vozil. Pravilnik ZN št. 100 (2021) – Enotne določbe za homologacijo vozil v zvezi s posebnimi zahtevami za električni pogonski sistem uporabljajo naslednje opredelitve pojmov (izvleček) – dostopen je tudi Pravilnik ZN št. 136 (2019):

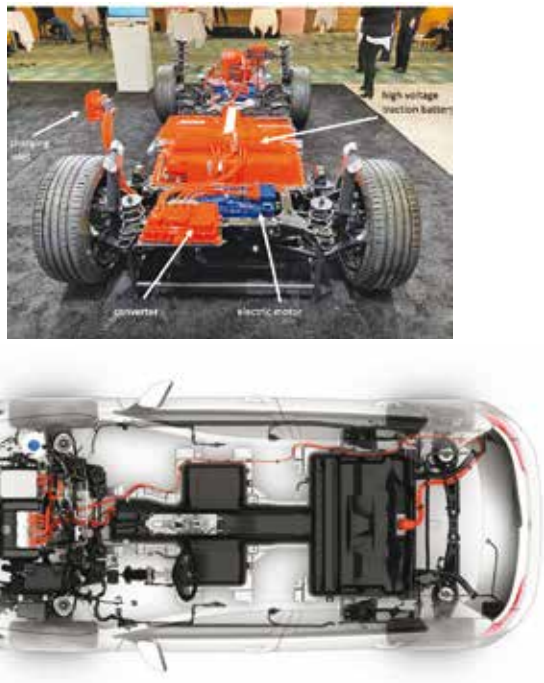
- 2.1 „način omogočene aktivne vožnje“ pomeni stanje vozila, pri katerem pritisk na stopalko za plin (ali aktiviranje enakovrednega upravljalnega elementa) ali sprostitev zavornega sistema povzroči, da električni pogonski sistem premakne vozilo;
- 2.3 „samodejni izklop“ pomeni napravo, ki ob sprožitvi prevodno loči vire električne energije od ostalega visokonapetostnega tokokroga električnega pogonskega sistema;
- *2.5 „celica“ pomeni posamezno zaprto elektrokemično enoto, ki vsebuje en pozitiven in en negativen priključek, ima na obeh priključkih različno napetost ter se uporablja kot naprava za shranjevanje električne energije z možnostjo ponovnega polnjenja;*
- *2.10 „neposredni stik“ pomeni stik oseb z deli pod visoko napetostjo;*
- *2.11 „sistem za pretvorbo električne energije“ pomeni sistem, ki ustvarja in zagotavlja električno energijo za električni pogon;*
- *2.12 „električni pogonski sistem“ pomeni električni tokokrog, ki vključuje pogonske motorje in lahko vključuje sistem REESS (rechargeable energy storage system), sistem za pretvorbo električne energije, elektronske pretvornike, ustrezne kable in konektorje ter priklopni sistem za polnjenje sistema REESS;*
- *2.13 „električna šasija“ pomeni sklop električno povezanih prevodnih delov, katerih potencial se upošteva kot referenca;*
- *2.14 „električni tokokrog“ pomeni sklop povezanih delov pod napetostjo, ki so zasnovani tako, da so pri običajnem delovanju oskrbovani z električno energijo;*
- *2.15 „pregrada za električno zaščito“ pomeni del, ki ščiti pred neposrednim stikom z deli pod visoko napetostjo;*
- *2.17 „elektronski pretvornik“ pomeni napravo, ki omogoča krmiljenje in/ali pretvorbo električne energije za električni pogon;*
- *2.18 „ohišje“ pomeni del, ki obdaja notranje enote in jih ščiti pred kakršnim koli neposrednim stikom;*
- *2.20 „izpostavljeni prevodni del“ pomeni prevodni del, ki se ga je mogoče dotakniti v skladu z določbami zaščite IPXXB in ki zaradi napake v izolaciji pride pod napetost. To vključuje dele pod pokrovom, ki ga je mogoče odstraniti brez orodja;*
- *2.21 „zunanji vir napajanja z električno energijo“ pomeni vir napajanja z električno energijo z izmeničnim (AC) ali enosmernim tokom (DC) zunaj vozila;*
- *2.24 „visoka napetost“ pomeni razvrstitev električnega sestavnega dela ali tokokroga, če je njegova delovna napetost > 60 V in ≤ 1500 V DC ali > 30 V in ≤ 1000 V AC efektivne vrednosti (r. m. s.);*
- *2.26 „posredni stik“ pomeni stik oseb z izpostavljenimi prevodnimi deli;*
- *2.27 „deli pod napetostjo“ pomeni prevodne dele, ki so v običajnih pogojih delovanja oskrbovani z električno energijo;*
- *2.32 „vgrajeni sistem za nadzor izolacijske upornosti“ pomeni napravo, ki nadzira izolacijsko upornost med visokonapetostnimi vodili in električno šasijo;*
- *2.35 „stopnja zaščite IPXXB“ pomeni zaščito pred stikom z deli pod visoko napetostjo, ki jo zagotavlja pregrada ali ohišje za električno zaščito in se preizkusi s spojenimi preizkusnimi zobci (IPXXB), kot je opisano v Prilogi 3;*
- *2.36 „stopnja zaščite IPXXD“ pomeni zaščito pred stikom z deli pod visoko napetostjo, ki jo zagotavlja pregrada ali ohišje za električno zaščito in se preizkusi s preizkusno žico (IPXXD), kot je opisano v Prilogi 3;*
- *2.40 „vzdrževalno stikalo“ pomeni napravo za izklop električnega tokokroga pri opravljanju pregledov in servisiranju sistema REESS, gorivnih celic itd.;*
- *2.41 „trdni izolator“ pomeni izolacijsko prevleko kabelskih snopov, ki obdaja dele pod visoko napetostjo in preprečuje kakršen koli neposredni stik z njimi.*
- V poglavju št. 5 Pravilnik ZN št. 100 (2021) so navedene »Zahteve za vozilo glede posebnih zahtev za električni pogonski sistem«, ki opredeljujejo tudi zaščito pred električnim udarom, zaščito pred neposrednim stikom, zaščito pred posrednim stikom, izolacijsko upornost in drugo. Te zahteve za električno varnost se uporabljajo za visokonapetostna vodila električnega pogonskega sistema in električne sestavne dele, ki so galvansko povezani z visokonapetostnim vodilom električnega pogonskega sistema, kadar niso povezani z visokonapetostnimi zunanjimi viri napajanja.

Pri tem je potrebno poudariti zahtevo št. 5.1.1.4.3 »Kabli za visokonapetostna vodila, ki niso v ohišjih, morajo imeti zunanji ovoj oranžne barve«.

2. Posebnosti električnih vozil

Moderna električna vozila uporabljajo napetost baterije 300–800 V, kar zagotovo povzroči potencialno nevarnost električnega udara ter obloka pri določenih popravilih in vzdrževalnih dejavnostih. Poleg tega velik kratkostični tok in tudi nevarnost požara z emisijami strupenih plinov predstavljata tveganje za serviserje. Pri varnem delu vzdrževanja električnih vozil moramo prepoznati bistvene razlike med definicijami nivoja napetosti, kot so v klasičnih električnih inštalacijah, saj je od tega odvisna zahteva uporabe primerne metode dela pri vzdrževanju električnih vozil.

Ob pregledu literature na področju ocenjevanja tveganja in usposabljanja vzdrževalcev oz. serviserjev električnih vozil je potrebno prepoznati tudi razlike med definicijami električnih inštalacij v industriji ali stavbah in v električnih vozilih. Ko govorimo o teh razlikah, moramo s stališča VZPD biti predvsem pozorni na oceno tveganja in varno izvajanje dela, organizacijo dela (oprema delavnice), odgovorne osebe, nivo napetosti, izvedbo inštalacije (barva vodnikov) ter na opredelitev osebne varovalne opreme (OVO) in uporabo orodja ter inštrumentov oz. naprav.



Slika 1: Predstavitev električnega sistema vozila – oranžni kabli na visoki napetosti
(Vir: Araújo, P. idr., 2020; Linja-Aho, V., 2022)

Definicije nivoja napetosti – PVDNET (1992) in SIST (2023) so:

- mala napetost (ELV/MN) navadno ne presega 50 V izmenične napetosti AC ali 120 V enosmerne napetosti DC brez valovitosti med prevodniki ali proti zemlji
- nizka napetost (LV/NN) navadno ne presega 1 000 V izmenične napetosti AC ali 1 500 V enosmerne napetosti DC
- visoka napetost (HV/VN) navadno presega 1 000 V izmenične napetosti AC ali 1 500 V enosmerne napetosti DC

Pri električnih vozilih je definirana „**visoka napetost**“ (Pravilnik ZN št. 100, 2021) – razvrstitev električnega sestavnega dela ali tokokroga, če je njegova delovna napetost **> 60 V in ≤ 1500 V DC** ali > 30 V in ≤ 1000 V AC efektivne vrednosti (r. m. s.).

Potrebno je torej poznati te bistvene razlike o nivojih napetosti ter jih upoštevati pri organizaciji in izvajanju varnega dela s tremi predpisanimi kategorijami; dela v breznapetostnem stanju, dela v bližini naprav, ki so pod napetostjo, ter dela pod napetostjo (običajno odprta baterija). Neposredno izbrana ali določena z navodilom kategorija dela pri vzdrževanju električnega vozila opredeljuje zahteve kvalifikacije serviserja (elektrikar, mehanik) ter vsebine in obsega usposabljanja za varno delo.

3. Usposabljanje za varno delo serviserjev električnih vozil

3.1 Zahteve predpisov in priporočila standarda

Delodajalcem, proizvajalcem in serviserjem električnih vozil, bo morala država dati zakonodajne okvire ali vsaj navodila na področju varnosti in zdravja pri delu ter požarni varnosti (problematika požarne varnosti presega okvir te obravnave).

Da bi zagotovili varno delo, še posebej serviserjem električnih vozil, je potrebno razviti programe usposabljanja za delo na električnih inštalacijah v vozilih in še posebej na baterijah. Usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke in poučenih oseb za varno delo na nizkonapetostnih električnih inštalacijah izmeničnega in enosmernega toka se v praksi izvaja in vsebinsko oblikuje na osnovi zakonodajnega okvira, standardov ter tuje prakse, razvite za področje vzdrževanja električnih vozil.

Varnost in zdravje pri delu (VZPD) sta v Sloveniji urejena z zakonom (ZVZD-1) in številnimi podzakonskimi akti oz. pravilniki ter standardi.

Omenimo le dva akta, in sicer:

- Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1), Uradni list RS, št. 43/11,
- Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (PVDNET), Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1,

in dodajmo standard SIST EN 50110-1:2023 Obratovanje električnih postrojev kot priporočilo, saj še ni del predpisa.

Za nadaljevanje je potrebno na začetku pojasniti pojem strokovna in poučena oseba:

a) PVDNET (II. TEMELJNI POJMI, 5. člen):
*34. **Strokovna oseba elektrotehniške stroke** je oseba, ki na osnovi strokovne izobrazbe, znanja in izkušenj poznavanja tehničnih predpisov in standardov s področja svojega dela*

kot tudi predpisov s področja varstva pri delu lahko predvidi nevarnosti in tudi varstvene ukrepe, ki te nevarnosti omejijo in preprečijo.

*35. **Elektrotehniško poučen delavec** je delavec, ki ga oseba elektrotehniške stroke pouči o možnih nevarnostih, do katerih lahko pride pri neustreznem ravnanju ob izvajanju določenih nalog oziroma del. Prav tako mora biti poučen o uporabi sredstev in opreme za osebno varstvo, kakor tudi o varstvenih ukrepih, ki te nevarnosti omejijo ali preprečijo.*

b) SIST EN 50110-1:2023:
*3.2.4 **Strokovna oseba** (za področje elektrotehnike) je oseba z ustrezno izobrazbo, znanjem in izkušnjami, da lahko oceni tveganja in se izogne nevarnostim, ki jih lahko povzroči električni tok.*
*3.2.5. **Poučena oseba** je oseba, ki jo primerno pouči strokovna oseba, da se zna izogibati nevarnostim, ki jih lahko povzroči električni tok.*

Programe usposabljanja izvajajo tako proizvajalci vozil kot tudi podjetja z dovoljenjem za delo. Programi proizvajalcev zajemajo teoretičen in praktičen del, običajno specializiran za posamezni tip vozila. Izvajalci usposabljanja z dovoljenjem za delo skupaj z delodajalci oblikujejo primeren program (teoretični in praktični del) za strokovne in poučene osebe.

ZVZD-1 (2011) določa pravice in dolžnosti delodajalcev in delavcev v zvezi z varnim in zdravim delom ter ukrepi za zagotavljanje varnosti in zdravja pri delu. ZVZD-1 je pomemben pravni okvir, ki ga prevzame odgovorna oseba delodajalca ob podpisu Izjave o varnosti z oceno tveganja. In ob tem se delodajalcu, proizvajalcu in serviserju električnih vozil (EV) odpirajo številna vprašanja na področju VZPD, na katera trenutno še ni odgovora, saj v slovenskem okolju ni ustreznega zakonodajnega okvira.

PVDNET (1992) oblikuje osnove VZPD pred nevarnostjo električnega toka, čeprav je zelo težko najti povezave s področjem električnih vozil. Trenutno je odlično priporočilo le standard SIST EN 50110-1:2023 Obratovanje električnih postrojev – 1. del: Splošne zahteve, ki ga pravkar prevaja SIST/TC DPN. V točki 1 namreč omenja, da ta dokument ni bil izrecno izdelan za uporabo na naštetih električnih postrojih, vendar pa se lahko uporabijo načela tega dokumenta, če drugi predpisi ali postopki niso na voljo, in sicer tudi za »**inštalacije v vozilih**«.

V zvezi s tem se odpirajo številne razlike in definicije o zahtevah na področju VZPD (odgovorne osebe, usposabljanje delavcev za varno delo, izobrazba izvajalcev, organizacija delovišča, definicija nivoja napetosti, obseg osebne varovalne opreme).

Ena pomembnejših zahtev ZVZD-1 (2011) vključuje tudi obveznosti delodajalca (38. člen, usposabljanje delavcev):

- Delodajalec mora delavca usposobiti za varno opravljanje dela ob sklenitvi delovnega razmerja, pred razporeditvijo na drugo delo, pred uvajanjem nove tehnologije in novih sredstev za delo ter ob spremembi v delovnem procesu, ki lahko povzroči spremembo varnosti pri delu.
- Usposabljanje mora biti prilagojeno posebnostim delovnega mesta in se izvaja po programu, ki ga mora delodajalec po potrebi obnavljati in katerega vsebino mora spreminjati glede na nove oblike in vrste nevarnosti.
- Usposobljenost za varno delo preverja delodajalec na delovnem mestu.
- Delodajalec določi obvezne občasne preizkuse teoretične in praktične usposobljenosti za varno delo za delavce, ki delajo na delovnem mestu, na katerem iz ocene tveganja izhaja večja nevarnost za nezgode in poklicne bolezni ter za delavce, ki delajo na delovnih mestih, na katerih so nezgode pri delu in poklicne bolezni pogostejše.
- Rok za občasne preizkuse iz prejšnjega odstavka ne sme biti daljši od dveh let.
- Inšpektor za delo lahko po opravljenem inšpekcijskem nadzorstvu odredi uskladitev programa usposabljanja s posebnostmi delovnega mesta glede na oblike in vrste nevarnosti. Inšpektor za delo lahko po opravljenem inšpekcijskem nadzorstvu odredi tudi preizkus teoretične in praktične usposobljenosti za varno delo.
- Delodajalec mora zagotoviti usposabljanje delavcev v njihovem delovnem času in zanje brezplačno.

3.2 Kategorije varnega dela na inštalacijah v električnih vozilih

Pregled številnih tujih virov, zakonodaje, standardov, priročnikov in navodil opozarja na različne pristope, ki zahtevajo in tudi uvajajo specifične programe usposabljanja za avtomehanike in elektromehanike. Še posebej so različni pristopi pri zahtevah strokovnih kompetenc pri vzdrževanju električnih vozil v breznapetostnem stanju in na področju dela pod napetostjo.

Odpira se resno vprašanje, kdo lahko in pod kakšnimi pogoji sme vzdrževati oz. popravljati visokonapetostno baterijo, kar predstavlja delo pod napetostjo. Vprašanje se nanaša zlasti na elektrikarje, še posebej ko jih primanjkuje v servisnih delavnicah. Problematika presega okvir članka in bo le omenjena ter predstavljena naslednjič. Omenimo, da v Sloveniji glede usposabljanja sledimo priporočilom standarda SIST EN 50110-1:2023.

Potrebno je razumeti tudi definicije PVDNET (1992) in SIST (2023):

a) PVDNET (II. TEMELJNI POJMI, 5. člen):
*14. **Dela v breznapetostnem stanju** so dela v prostoru ali na prostem, ki se opravljajo na elektroenergetskem postroju, električni napravi, električni opremi ter električni instalaciji, v katerih je iz vseh električno vodljivih delov, tudi iz kabelskih in zračnih vodov, izklopljena napetost, in če so pred pričetkom dela izvedeni predpisani varstveni ukrepi.*

*15. **Dela v bližini napetosti** so dela, ki se opravljajo na predpisani varnostni razdalji od delov pod napetostjo, če iz določenih razlogov ni bilo mogoče zagotoviti breznapetostnega stanja sosednjih delov. Ta dela so dela s povečano nevarnostjo in je zaradi tega potrebno delavce posebej opozoriti na dele, ki so ostali pod napetostjo, in natančno določiti delokrog, območje gibanja ter izvesti varstvene ukrepe.*
*16. **Dela pod napetostjo** so dela, ko se delov pod napetostjo dotikamo po predpisanem postopku.*

b) SIST EN 50110-1:2023:
*3.4.1 **Delo** - vsaka oblika elektrotehničnega ali neelektrotehničnega dela, kjer obstaja možnost električne ogroženosti.*
*3.4.2 **Elektrotehnično delo** – delo v električnem postroju ali z njim ali v njegovi bližini, npr. preskušanje in merjenje, popravljanje, zamenjava, spreminjanje, razširjanje, postavitev, vzdrževanje in preverjanje.*
*3.4.3 **Neelektrotehnično delo** – delo v bližini električnega postroja, npr. gradnja, zemeljska dela, čiščenje, pleskanje itd.*
*3.4.4 **Delo pod napetostjo** – vsako delo, pri katerem se delavec z deli telesa ali z orodjem, opremo ali napravami zavestno dotakne delov pod napetostjo ali poseže v območje dela pod napetostjo.*
Opomba 1: Pri nizki napetosti izvaja delo pod napetostjo delavec, kadar se dotakne neizoliranih delov pod napetostjo. Pri visoki napetosti izvaja delo pod napetostjo delavec, ko vstopi v območje dela pod napetostjo, neodvisno od tega, če se dotakne neizoliranih delov pod napetostjo ali ne.
*3.4.5 **Delo v bližini delov pod napetostjo** – vsako delo, pri katerem delavec s svojimi deli telesa, z orodjem ali z drugimi predmeti vstopi v bližnje območje dela pod napetostjo, ne da bi prišel v območje dela pod napetostjo.*
*3.4.6 **Osamitev** – popolna izključitev naprave ali tokokroga od drugih naprav ali tokokrogov, ki s fizično ločitvijo zagotavlja, da naprava ali tokokrog vzdrži pričakovane napetostne razlike med njo/njim in drugimi tokokrogi.*
*3.4.7 **Breznapetostno stanje** – ničelna napetost ali napetost blizu ničelni, ko ni napetosti in/ali naboja.*
*3.4.8 **Delo v breznapetostnem stanju** – delo v električnih postrojih, ki niso pod napetostjo ali nimajo električnega naboja, ki se izvaja po tem, ko so bili izvedeni vsi ukrepi za preprečitev električne nevarnosti.*

Ob tem je nujno potrebno zapisati pet varnostnih (zlatih) pravil pri delu v breznapetostnem stanju – podobna definicija v predpisih in standardu SIST EN 50110-1:2023 (6.2 Delo v breznapetostnem stanju, 6.2.1 Splošno):

Ta točka obravnava bistvene zahteve („pet varnostnih pravil“) za zagotovitev, da je električni postroj na kraju izvajanja dela brez napetosti in varen v celotnem trajanju dela. To pa zahteva jasno določitev delovnega območja. Po opredelitvi električnih postrojev je treba upoštevati pet bistvenih zahtev v navedenem vrstnem redu, če ne obstajajo bistveni razlogi za drugačno ravnanje:

- ***popolna izključitev** (izklopiti in vidno ločiti naprave pred napetostjo z vseh strani);*
- ***zavarovanje pred ponovnim vklopom** (preprečiti ponovno vklopitev);*
- ***preverjanje breznapetostnega stanja** (ugotoviti breznapetostno stanje);*
- ***izvedba ozemljitve in kratkostične povezave** (izvršiti ozemljitev in kratkostično povezavo naprav);*
- ***zagotovitev zaščite pred bližnjimi deli pod napetostjo** (ograditi mesto dela od delov, ki so pod napetostjo).*
- *Dovoljenje za delo izda imenovana oseba za nadzor električnega postroja med izvajanem dela imenovani osebi ali osebam za nadzor vseh del. Vsaka oseba, ki sodeluje pri delu, mora biti strokovna ali poučena oseba, ali pa jo mora taka oseba nadzorovati.*

V praksi vzdrževanja električnih inštalacij tudi na električnih vozilih se v podporo petih varnostnih oz. zlatih pravil pred začetkom dela v breznapetostnem stanju uveljavlja sistem LOTO (LOCK OUT/TAG OUT = ZAKLENI/OZNAČI), ki ga podrobno opisuje predlog novega standarda prEN 17975 Vzdrževanje – Proces obvladovanja tveganj energij in fluidov pri vzdrževalnih dejavnostih – Smernice, ki je v fazi evropskega glasovanja in bo kmalu objavljen. Ob doslednem spoštovanju petih zlatih pravil in LOTO-sistema lahko dosegamo pri vzdrževanju električnih vozil cilj »**nič nezgod**«.

Priročnik DGUV (2012) dosledno opisuje zahtevo uporabe petih varnostnih pravil. Teh pet pravil za varno delo je bistvenega pomena. Na splošno je treba upoštevati pravila v navedenem vrstnem redu (od 1 do 5). Med delom na visoki napetosti je treba upoštevati vsaj prva tri pravila. Ali je treba uporabiti tudi četrto in peto pravilo (Slika 5), je treba določiti za vsak primer posebej. Primer izpolnjenja zahtev varnega dela je predstavljen (kot določi posamezen proizvajalec), in sicer:

1. pravilo: Izolacija (Slika 2)
- izključite vžig,
- izvlecite servisni vtič/izklopite glavno baterijsko stikalo,
- odstranite varovalke,
- izvlecite vtič za blokirno/pilotno/nadzorno vezje,
- odklopite iz stacionarnega omrežja (npr. polnilni vtič).

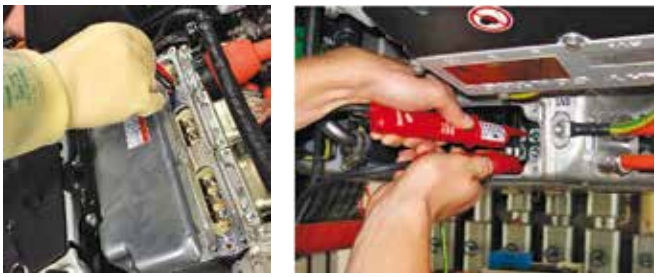
2. pravilo: Zaščita pred ponovnim vklopom (Slika 3)
- shranite ključ za vžig in preprečite nepooblaščen dostop do njega,
- servisni vtič shranite pred nepooblaščenim dostopom/zavarujte glavno baterijo,
- preprečite ponovni vklop stikala, na primer s ključavnico ali ohišjem, ki ga je mogoče zakleniti,
- upoštevajte nadaljnja interna določila podjetja in informacije proizvajalca.



Slika 2: Servisni vtič (1. pravilo)
(Vir: DGUV, 2012)



Slika 3: LOTO metoda varnega dela (2. pravilo)
(Vir: DGUV, 2012)



Slika 4: Preverjanje breznapetostnega stanja (instrument)
(3. pravilo)
(Vir: DGUV, 2012)

3. pravilo: Preverite neaktivno stanje – preverite breznapetostno stanje (Slika 4)

- z inštrumentom ali indikatorjem prenapetosti preverite breznapetostno stanje – lahko bi bila prisotna tudi preostala napetost (na primer napetosti v vmesnih tokokrogih – običajno proizvajalci zahtevajo pavzo 5–10 minut).

Četrto in peto pravilo sta v posameznih državah urejeni s predpisi, s priročniki ali preprosto z navodili proizvajalcev električnih vozil. Četrto pravilo se izvaja v zelo specifičnih primerih, saj sta ozemljitev in kratkostična povezava naprav tehnološko težko izvedljivi. Peto pravilo, ograditi mesto dela od delov, ki so pod napetostjo, je večinoma določeno in zahtevano - primer v Grčiji (Skroumpelos, 2023) predpisane ureditve delavnice in postavitve ograje (Slika 5).

3. Varno delo pod napetostjo na odprtih baterijah

V vsakem proizvodnem procesu in v servisni delavnici električnih vozil je treba prepoznati, ali osebje izvaja delo pod napetostjo, ki je vsako delo, pri katerem se delavec z deli telesa ali z orodjem, opremo ali napravami zavestno dotakne delov pod napetostjo ali poseže v območje dela pod napetostjo.

Delodajalec je dolžan narediti oceno tveganja, ki prepozna delo pod napetostjo kot metodo varnega dela ter mora usposobiti osebje za varno delo, ki ga mora opremiti z nujno opremo (inštrumenti, prekrivala in drugo), izolacijskim oz. izoliranim orodjem ter osebno varovalno opremo.

V tujini so različna navodila, kdo naj izvaja delo pod napetostjo, lahko so to zahtevane strokovne osebe oz. električarji ali tudi poučene osebe, torej avtomehaniki.

Lovrenčić (2018 in 2021) je izvedel usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke za varno delo za strokovne in poučene osebe v podjetju Dualis, Maribor.

Lovrenčić in Lovrenčič (2024a) sta izvedla usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke in poučenih oseb za varno delo na nizkonapetostnih električnih inštalacijah izmeničnega in enosmernega toka, Delo pod napetostjo – Level 3 v podjetju eVERSUM, Maribor.



Slika 5: Primer v Grčiji predpisane ureditve delavnice in postavitve ograje
(Vir: Skroumpelos, 2023)





Slika 6: Usposabljanje za delo pod napetostjo na odprtih eBUS baterijah (Vir: Dualis, 2024)

Usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke in poučenih oseb za varno delo na nizkonapetostnih električnih inštalacijah izmeničnega in enosmernega toka (PROGRAM: DPN na EV). C&G d.o.o. Ljubljana in HEP NOC, Velika, Hrvaška, DUALIS, Maribor (pooblaščen serviser e-BUS proizvajalca IVECO, ki so del lokalnega potniškega prometa v Mariboru).

V letu 2024 je C&G d.o.o. Ljubljana v sodelovanju s partnerjem HEP NOC izvedel teoretično in praktično usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke in poučenih oseb za varno delo na nizkonapetostnih električnih inštalacijah izmeničnega in enosmernega toka (PROGRAM: DPN na EV) osebja v družbi Dualis d.o.o., Maribor za delo pod napetostjo (Lovrenčić in Lovrenčič, 2024b). Na osnovi tega usposabljanja so serviserji Dualis bili v tovarni baterij IVECO v Franciji, kjer so opravili dodaten program usposabljanja na odprtih baterijah (Slika 6).

C&G kot partner HEP NOC (Slika 7) je sodeloval pri teoretičnem in praktičnem usposabljanju serviserjev Porsche Croatia. HEP NOC je pripravil in objavil program ter priročnike dela pod napetostjo na baterijah električnih vozil (HEP NOC, 2024).

Ob prikazanem delu pod napetostjo je treba opozoriti na uporabo osebne varovalne opreme (OVO), naprav in posebnega orodja pri delu oz. vzdrževanju električnih vozil. Eno od priporočil izbire, primerne OVO ter opreme in orodja, je priročnik TOOO – NN KEE - ŠEE (C&G, 2020).



Slika 7: Utrip z usposabljanja serviserjev za delo pod napetostjo Porsche na Hrvaškem v HEP NOC (Vir: Lasten)

4. Zaključek

V slovenskem prostoru so odprta številna operativna vprašanja na področju varnosti in zdravja pri delu oz. izvajanja varnega dela pri slovenskih proizvajalcih in serviserjih električnih vozil. Vprašanje je, kdo lahko usposablja strokovno in poučeno osebje, saj so prisotne različne prakse, tako v Evropi kot pri nas, v Sloveniji.

Potrebno je nujno odpreti strokovno razpravo na dveh področjih:

- varnosti in zdravja pri delu na električnih vozilih v proizvodnji in servisnih delavnicah (organizacija, kompetence serviserjev, usposabljanje, osebna varovalna oprema in orodje ter oprema),
- požarni varnosti (presega okvir te razprave).

Na področju varnosti in zdravja pri delu na električnih vozilih v proizvodnji in servisnih delavnicah je potrebno zapolniti vrzeli, in sicer vsaj pri:

- oblikovanju srednješolskega in/ali poklicnega programa »avtoelektrikar«,
- dopolnjevanju ocen tveganja v podjetjih, ki proizvajajo ali servisirajo električna vozila,
- usposabljanju izvajalcev za varno delo na električnih vozilih (uveljavitev priporočil SIST EN 50110-1 in vključitev tega področja varnega dela v nov PVDNET, ki ga že leta elektro stroka pripravlja za sprejem na MDDSZ) – oblikovanje programa usposabljanja serviserjev elektičnih vozil – več nivojev, od breznapetostnega dela do dela pod napetostjo na odprtih baterijah,
- opisu nujne uporabe zahtevane osebne varovalne opreme, opreme in orodja za varno delo na električnih vozilih.

LITERATURA:

[1] Araújo, P., Komlósi, I., Varga, T. & Menyhárt, J. (2020). Maintenance of Electric and Hybrid Vehicles. *International Journal of Engineering and Management Sciences 5(3):37-46, DOI:10.21791/IJEMS.2020.3.5*.

[2] C&G. (2020). Tehnični opis osebne varovalne opreme, opreme in orodja za delo pod napetostjo na nizki napetosti pri izvajanju meritev kakovosti električne energije in menjavi števcev električne energije. *TOOO – NN KEE - ŠEE, C&G d.o.o. Ljubljana, Prva izdaja (229/ML/20)*.

[3] DGUV. (2012). Training for work on vehicles with high voltage systems. *Information 200-006 & BGI/GUV-I 8686 E*.

[4] HEP NOC. (2024). Program in priročniki dela pod napetostjo na baterijah električnih vozil. Velika. Hrvaška. Ljubljana.

[5] Linja-Aho, V. (2022). Assessing the Electrical Risks in Electric Vehicle Repair. *2022 IEEE IAS Electrical Safety Workshop (ESW), DOI: 10.1109/ESW49146.2022, Copyright Material IEEE, Paper No. ESW2022-30, 7-11*.

[6] Lovrenčić, V. & Lovrenčič, A. (2025). Vzdrževanje poslovnih procesov: predstavitev pristopa. *Vzdrževalec: revija Društva vzdrževalcev Slovenije*, 211/212, ISSN 1318-2625, 23-30.

[7] Lovrenčić, V. & Lovrenčič, A. (2024). Vidik slovenskih proizvajalcev in serviserjev električnih vozil na elektromobilnost. *Prva vseslovenska energetska konferenca (VEK). Ljubljana. Cankarjev dom.*

[8] Lovrenčić, V. (2022). Safe maintenance of electric and hybrid vehicles (EV & EHV). *DVS Slovenia, EFNMS – EHSEC, Helsinki*.

[9] Lovrenčić, V. (2018). Usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke za varno delo. C&G d.o.o. Ljubljana. DUALIS, Maribor.

[10] Lovrenčić, V. (2021). Usposabljanje za varno delo na nizkonapetostnih električnih inštalacijah. C&G d.o.o. Ljubljana. DUALIS, Maribor.

[11] Lovrenčić, V. & Lovrenčič, A. (2024a). Usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke in poučenih oseb za varno delo na nizkonapetostnih električnih inštalacijah izmeničnega in enosmernega toka, Delo pod napetostjo – Level 3. C&G d.o.o. Ljubljana, eVERSUM, Maribor.

[12] Lovrenčić, V. & Lovrenčič, A. (2024b). Usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke in poučenih oseb za varno delo na nizkonapetostnih električnih inštalacijah izmeničnega in enosmernega toka (PROGRAM: DPN na EV). *C&G d.o.o. Ljubljana in HEP NOC, Velika, Hrvaška, DUALIS, Maribor*.

[13] Lovrenčić, V. & Lovrenčič, A. (2024c). Usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke in poučenih oseb za varno delo na nizkonapetostnih električnih inštalacijah izmeničnega in enosmernega toka. *C&G d.o.o. Ljubljana. Scania Slovenija d.o.o., Ljubljana*.

[14] Lovrenčić, V. & Lovrenčič, A. (2025). Usposabljanje strokovnih oseb elektrotehniške stroke in poučenih oseb za varno delo na nizkonapetostnih električnih inštalacijah izmeničnega in enosmernega toka. C&G d.o.o. Ljubljana. MAN Truck & Bus Slovenija d.o.o..

[15] PVDNET. (1992). Pravilnik o varstvu pri delu pred nevarnostjo električnega toka (PVDNET), Uradni list RS, št. 29/92, 56/99 – ZVZD in 43/11 – ZVZD-1.

[16] Pravilnik ZN št. 100. (2021). Enotne določbe za homologacijo vozil v zvezi s posebnimi zahtevami za električni pogonski sistem. *[2021/2190], sprememba 03 – začetek veljavnosti: 9. junij 2021. (UL L št. 449, 15.12.2021, str. 1–90). Dostopno na https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SL/ALL/?uri=CELEX%3A42021X2190*.

[17] Pravilnik št. 136 Ekonomske komisije Združenih narodov za Evropo (UN/ECE). (2019). Enotne določbe o homologaciji vozil kategorije L v zvezi s posebnimi zahtevami za električni pogonski sistem. [2019/1120]. (UL L št. 176, 1.7.2019, str. 80–143).

[18] SIST. (2023). SIST EN 50110-1:2023 Obratovanje električnih postrojev

[19] Skroumpelos, G. (2023). Safe maintenance of high voltage electrical vehicles. *28th Inernational and Mediterranean HDO Conference MeditMaint 2023 – MAINTENANCE 2023, Rovinj, Hotel Lone, Croatia, 22.-25.5.2023*.

[20] ZVZD-1. (2011). Zakon o varnosti in zdravju pri delu (ZVZD-1), Uradni list RS, št. 43/11,

ABSTRACT

SAFE WORK OF MAINTENANCE WORKERS WHEN SERVICING ELECTRIC VEHICLES

The increasing need for energy and the growing impact of local and global pollution requires sustainable and effective measures. Special attention is focused on the transport sector, as it is one of the largest consumers of final energy and one of the major polluters of the environment. Electromobility is just one of the sensible measures to eliminate the negative effects of the growing number of vehicles. The rapid introduction of electromobility into the transport sector in Slovenia is a major challenge for the operation of the electricity system. Electromobility and the infrastructure for charging electric vehicles are in the development phase.

Strengthening the distribution network is essential, which is a major financial and time-consuming infrastructure challenge. Another aspect of electromobility, the safety and health of workers both in the sector of emerging manufacturers of electric vehicles (e.g. buses or passenger cars and electric motors) as well as in the numerous operating electric vehicle repair shops of all types from passenger cars to larger consumers such as trucks and buses, raises issues of risk assessment, training and equipment, tools and personal protective equipment. It is important to note the servicing of open batteries and the requirements for working under voltage (live working). In recent years, there have been several professional meetings and training courses for electric vehicle repairers. Two main gaps were identified: there is no legal framework that would provide training instructions, and most participants are car mechanics with a lack of knowledge of the dangers of electric current, shock and arc. It is recognized that there is practically no secondary school education for car electricians. Theoretical and practical training programs were based on international experience and the SIST EN 50110-1 standard Operation of electrical installations.

Keywords: electromobility, electric vehicles, servicing, electric shock and arc, safety at work, live working.



C&G
skupina

C&G skupina, Riharjeva ulica 38, 1000 Ljubljana







Celovite rešitve v energetiki







Člani C&G skupine

C&G
C&G d.o.o. LJUBLJANA

SiPRO
INŽENIRING

elmont

www.c-g.si

KLJUČNI KAZALNIKI

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



KLJUČNI KAZALNIKI USPEŠNOSTI IN UČINKOVITOSTI (KPI) V VZDRŽEVANJU

Konkurenčnost industrij, ki so delovno intenzivne, je tesno povezana z zanesljivostjo, razpoložljivostjo in produktivnostjo njihovih proizvodnih sistemov. Za dosego zastavljenih ciljev na področju vzdrževanja in obvladovanja fizičnega premoženja morajo vodje neprestano spremljati učinkovitost in uspešnost organizacijskih procesov. To lahko dosežejo z vzpostavitvijo ustreznega sistema, ki vključuje kazalnike za merjenje in spremljanje ključnih vidikov obvladovanja fizičnega premoženja. Glavni cilj tega prispevka je predstaviti ključne izzive in priložnosti, ki jih prinaša merjenje učinkovitosti in uspešnosti na področju vzdrževanja, skladno z usmeritvami SIST EN 15341.

Ključne besede: vzdrževanje, obvladovanje premoženja, učinkovitost, uspešnost, KPI.

1. Uvod

Učinkovito vzdrževanje in obvladovanje premoženja sta ključna sestavina organizacijskega uspeha, saj zagotavljata zanesljivost in učinkovitost premoženja kot tudi uspešnost sistema obvladovanja premoženja (Maletič et al., 2023). Management vzdrževanja vključuje sistematičen proces načrtovanja, organiziranja in izvajanja vzdrževalnih dejavnosti za ohranjanje premoženja v optimalnem delovnem stanju, medtem ko se obvladovanje premoženja razteza na strateško obvladovanje premoženja skozi njegov življenjski cikel, s poudarkom na maksimiziranju vrednosti in minimiziranju stroškov (Maletič et al., 2023; Trindade et al., 2019). Obvladovanje premoženja, ki ga razumemo širše kot vlogo vzdrževanja v organizaciji, omogoča, da organizacije obvladujejo premoženja med celotnim življenjskim ciklom in dosegajo poslovne cilje organizacije (Schuman & Brent, 2005). Eden ključnih vidikov obeh disciplin je merjenje uspešnosti, ki organizacijam pomaga oceniti, kako učinkovito upravljajo svoje premoženje in vzdrževalne dejavnosti.

Po definiciji standarda SIST ISO 55000 je premoženje opredeljeno kot predmet, stvar ali subjekt, ki ima potencialno ali dejansko vrednost za organizacijo. Vrednost premoženja se za vsako organizacijo razlikuje in je lahko opredmetena ali neopredmetena, finančna ali nefinančna. Ko govorimo o ocenjevanju učinkovitosti in uspešnosti, se postavi vprašanje, kaj meriti in na kakšen način. To je še posebej pomembno z vidika praktičnosti in stroškovne učinkovitosti (Neely, 1999). Ocenjevanje oziroma vrednotenje organizaciji omogoča pridobivanje podatkov, ki so ključni za sprejemanje odločitev. Za učinkovito odločanje potrebujemo kakovostne podatke, s katerimi lahko spremljamo trenutno stanje in se na njihovi podlagi odločamo, kaj omogoča uspešno dosego zastavljenih ciljev (Al-Najjar, 2012). Če povzamemo definicijo obvladovanja premoženja po standardu SIST ISO 55000, ki obvladovanje premoženja opredeljuje kot »sistematične in koordinirane dejavnosti, s katerimi organizacija optimalno in trajnostno upravlja svoja sredstva ter sistem za njihovo obvladovanje, učinkovitost, uspešnost, tveganja in stroške skozi celotni življenjski cikel z namenom doseganja strateških ciljev organizacije«, lahko zaključimo, da je spremljanje in ocenjevanje ključnega pomena za ugotavljanje, ali organizacija uspešno sledi svojim ciljem ter dosega želeno učinkovitost in uspešnost sistema obvladovanja premoženja.

Pri odločanju na področju vzdrževanja se pogosto srečujemo z različnimi zahtevami. Številni argumenti za uporabo kazalnikov so osredotočeni na učinkovito odločanje, kot so na primer (Kumar et al., 2013):

- Število kazalnikov naj bo omejeno. Prevelik številčni nabor kazalnikov lahko zmanjša preglednost informacij.
- Informacija, pridobljena na podlagi kazalnikov, mora biti skladna z namenom odločanja. To pomeni, da je smiselno zmanjšati število parametrov in uporabiti le tiste kazalnike, ki so nujno potrebni za učinkovito odločanje.
- Glede na globalno konkurenco je pogosto potrebna povezava med obvladovanjem fizičnega premoženja in dobičkonosnostjo organizacije. To pomeni, da moramo vključiti kazalnike, ki povezujejo ti dve področji, in ne zgolj posamezne kazalnike za obvladovanje fizičnega premoženja.

Splošno gledano, učinkoviti pristopi k merjenju uspešnosti lahko igrajo pomembno vlogo pri usmerjanju ljudi in virov na določen vidik organizacijskih nalog. Po mnenju Paride in Kumarja (2006) so naslednji dejavniki pomembni in upravičujejo izvajanje procesa merjenja uspešnosti vzdrževanja:

- merjenje vrednosti, ustvarjene z vzdrževanjem;
- utemeljitev naložb;
- revidiranje razporeditve virov;
- vprašanja zdravja, varnosti in okolja;

- poudarek na upravljanju znanja;
- prilagajanje novim trendom v strategiji delovanja in vzdrževanja;
- spremembe v organizacijski strukturi.

Merjenje učinkovitosti in uspešnosti se široko uporablja v poslovnih enotah in industrijah za oceno napredka v primerjavi z zastavljenimi cilji in nalogami na kvantificiran način, da se zagotovi učinkovitost in uspešnost. Merjenje in spremljanje učinkovitosti in uspešnosti zagotavlja potrebno informacijo vodstvu za učinkovito odločanje. Uspešnosti ni mogoče obvladovati brez merjenja, saj merjenje lahko le pokaže trenutno stanje uspešnosti.

2. Standard SIST EN 15341

Standard SIST EN 15341:2019 z naslovom *Vzdrževanje – Ključni kazalniki učinkovitosti in uspešnosti vzdrževanja* je pomemben dokument, ki podaja smernice organizacijam na področju merjenja in vrednotenja učinkovitosti in uspešnosti vzdrževalnih dejavnosti. Verzija standarda, izdana v letu 2017, vključuje več sprememb, ki odražajo spreminjajočo se naravo vzdrževanja ter vse večji pomen vzdrževanja v okviru obvladovanja premoženja.

SIST EN 15341:2019 je zasnovan tako, da pomaga organizacijam vzpostaviti dosleden in zanesljiv sistem za merjenje učinkovitosti, produktivnosti in trajnosti njihovih vzdrževalnih procesov. Standard ponuja strukturiran pristop k izbiri in uporabi ključnih kazalnikov učinkovitosti in uspešnosti (KPIs), ki so ključna orodja za merjenje, kako dobro vzdrževalne dejavnosti prispevajo k doseganju organizacijskih ciljev, zanesljivosti premoženja in obvladovanju stroškov. Kazalniki se lahko uporabljajo za a) merjenje stanja, b) primerjavo (notranje in zunanje medsebojne primerjave), c) diagnosticiranje (analiza prednosti in slabosti), d) prepoznavanje ciljev in opredelitev rezultatov, ki jih je treba doseči, e) planiranje/načrtovanje ukrepov za izboljšanje, f) redno merjenje sprememb skozi čas.

Različica iz leta 2017 nadgrajuje principe, ki so bili postavljeni v prvotnem standardu, a uvaja nove pristope, ki bolje odražajo sodobne prakse managementa vzdrževanja. Ena od glavnih sprememb v izdaji 2017 je večji poudarek na usklajevanju kazalnikov vzdrževanja s širšimi organizacijskimi cilji. To zagotavlja, da vzdrževanje ni obravnavano izolirano, temveč je vključeno v strateške poslovne cilje, kot so povečanje dobičkonosnosti, izboljšanje varnosti in zmanjšanje vplivov na okolje.

KPI se pogosto izračunajo kot razmerje med različnimi dejavniki (števcem in imenovalcem) pri merjenju aktivnosti, virov ali dogodkov v skladu z določeno formulo. Lahko pa so tudi rezultat kvantitativnih ali kvalitativnih vprašalnikov. Za izračun vsakega KPI je potrebno zbrati številčne vrednosti ter kvalitativne in kvantitativne podatke, ki se nato obdelajo na podlagi razpoložljivih metod in postopkov splošnega industrijskega računovodstva ter specifičnih pravil vodstvenega računovodstva, ki se uporabljajo v funkciji vzdrževanja. Kazalniki, razvidni iz SIST 15341:2019, se uporabljajo za merjenje različnih kvalitativnih in kvantitativnih značilnosti predmetov, elementov ali procesov, kar omogoča ustvarjanje homogenih osnov za primerjavo in določitev ciljev za nadaljnje izboljšanje.



Slika 1: Funkcija vzdrževanja in osnovni okvir (Vir: povzeto po SIST 15341:2019)

Tabela 1: KPI vzdrževanja v okviru fizičnega premoženja (Vir: povzeto po SIST EN 15341:2019)

KPI	Dejavniki	Opis
PHA1 Prispevek vzdrževanja k izboljšanju trajnostnosti (%)	Letni stroški vzdrževanja za izboljšanje trajnostnosti	Stroški vzdrževanja letno porabljenih virov za izboljšanje trajnostnosti
	Stroški vzdrževanja letno porabljenih virov za izboljšanje trajnostnosti	Letni promet, ustvarjen s fizičnim premoženjem
PHA2 Naloge – projekti v zvezi z vzdrževanjem, vključeni v strateški življenjski plan/načrt (%)	Naloge/ projekti vzdrževanja, vključeni v strateški življenjski plan/ načrt	Vzdrževalne naloge/projekti, vključeni v strateški življenjski plan/načrt fizičnega premoženja
	Predlagane naloge/ projekti vzdrževanja	Strateške naloge/projekti, ki jih vzdrževanje ovrednoti in predlaga v proračunu
PH3 Potrebna kapitalska intenzivnost za ustvarjanje prometa	Promet fizičnega premoženja	Letni promet, ustvarjen s fizičnim premoženjem
	Nadomestna vrednost fizičnega premoženja	Nadomestna vrednost fizičnega premoženja je ocenjeni znesek kapitala, ki bi bil potreben za izgradnjo obstoječega fizičnega premoženja

Obvladovanje fizičnega premoženja zagotavlja povezovanje vzdrževanja z drugimi procesi obvladovanja premoženja, kar omogoča spremljanje uspešnosti skozi celoten življenjski cikel premoženja. To poteka v skladu z vizijo, poslanstvom, vrednotami in cilji organizacije. Glavni kazalniki uspešnosti, znani kot PHAi, so deljeni med različnimi gonilnimi območji. V Tabeli 1 je predstavljen primer za KPI-je, povezane s trajnostnim področjem (PHA1-PHA3).

Standard opredeljuje tudi druge KPI-je, ki se navezujejo na različna področja, kot na primer vodenje vzdrževanja. Omenili bi kazalnik M17, ki opredeljuje skupne celotne vzdrževanja, v katere lahko vključimo plače in nadure, dodatne stroške po plačilni listi (davki, zavarovanje itd.), stroške rezervnih delov in potrošni material, strošek orodja in opreme, zunanje vzdrževanje in najeti objekti, svetovalne storitve itd.

V praksi se pojavlja tudi tako imenovano združevanje kazalnikov (oblikovanje kompozitnih kazalnikov). Galar idr. (2014) navajajo, da so vodje na področju upravljanja fizičnega premoženja pokazali velik interes za uporabo različnih kompozitnih kazalnikov, vključno s finančnimi. Ti kazalniki omogočajo celovitejšo analizo stanja premoženja, kar je ključno za sprejemanje informiranih odločitev. Eden od primerov pomembnih kazalnikov je proračun namenjen vzdrževanju v povezavi z nadomestno vrednostjo premoženja. Ta kazalnik ima velik pomen pri odločanju o potrebni obnovi, nadomestitvi ali renovaciji premoženja, saj omogoča oceno, ali je naložba v vzdrževanje ekonomsko upravičena v primerjavi s potencialnimi stroški nadomestitve. Poleg tega uporaba kompozitnih kazalnikov pripomore k boljšemu obvladovanju tveganj in optimizaciji stroškov skozi celoten življenjski cikel premoženja. Kombinacija različnih kazalnikov, kot so operativna učinkovitost, stroški vzdrževanja, raven zanesljivosti in prihodnji investicijski potrebščine, omogoča celovit vpogled v obvladovanje fizičnega premoženja. S tem podjetja niso le boljša pri napovedovanju potrebnih ukrepov za obnavljanje premoženja, temveč tudi pri optimizaciji virov in izboljšanju dolgoročne finančne trajnosti.

4. Zaključek

Lahko zaključimo, da prihaja do premika od gledanja na merjenje učinkovitosti in uspešnosti vzdrževanja zgolj z vidika poročanja o proračunu, k gledanju na to kot na sistematičen, organizacijski pristop. Razvoj organizacijske vloge funkcije vzdrževanja kaže jasno smer k integraciji vzdrževalnih virov in aktivnosti v celoten sistem managementa (Simões et al., 2011). Izpostavili bi tudi pomembnost standardiziranih pristopov k merjenju učinkovitosti in uspešnosti na področju vzdrževanja. V tem pogledu EN 15341 nudi strukturiran okvir za merjenje in izboljšanje uspešnosti vzdrževanja v različnih industrijah. S postavitvijo KPIjev, prilagojenih vzdrževalnim dejavnostim, standard pomaga organizacijam oceniti učinkovitost in produktivnost njihovih vzdrževalnih strategij. To omogoča podjetjem optimizacijo obvladovanja premoženja, zmanjšanje časovnega izpada, izboljšanje zanesljivosti in obvladovanje stroškov vzdrževanja. Poleg tega EN 15341 zagotavlja, da so prakse vzdrževanja usklajene s širšimi organizacijskimi cilji, kot so dobičkonosnost, varnost in trajnost. Uvedba tega standarda izboljša sprejemanje odločitev, spodbuja stalno izboljševanje in podpira dolgoročno uspešnost ter vrednost premoženja, kar ga dela ključnega za organizacije, ki si prizadevajo doseči operativno odličnost.

LITERATURA:

[1] Al-Najjar, B. (2012). On establishing cost-effective condition-based maintenance: Exemplified for vibration-based maintenance in case companies. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *18*(4), 401–416. https://doi.org/10.1108/13552511211281561

[2] EN 15341:2019. (2019). *Maintenance—Maintenance Key Performance Indicators,*. CEN EN - European committee for standardization.

[3] Galar, D., Berges, L., Sandborn, P., & Kumar, U. (2014). The need for aggregated indicators in performance asset management. *Eksploatacja i Niezawodność*, *16*(1), 120–127.

[4] ISO 55000. (2024). *Asset management—Vocabulary, overview and principles* (Edition 2). International Organization for Standardization (ISO).

[5] Kumar, U., Galar, D., Parida, A., Stenström, C., & Berges, L. (2013). Maintenance performance metrics: A state-of-the-art review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *19*(3), 233–277. https://doi.org/10.1108/JQME-05-2013-0029

[6] Maletič, D., Marques de Almeida, N., Gomišček, B., & Maletič, M. (2023). Understanding motives for and barriers to implementing asset management system: An empirical study for engineered physical assets. *Production Planning & Control*, *34*(15), 1497–1512. https://doi.org/10.1080/09537287.2022.2026672

[7] Neely, A. (1999). The performance measurement revolution: Why now and what next? *International Journal of Operations & Production Management*, *19*(2), 205–228. https://doi.org/10.1108/01443579910247437

[8] Parida, A., & Kumar, U. (2006). Maintenance performance measurement (MPM): Issues and challenges. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *12*(3), 239–251. https://doi.org/10.1108/13552510610685084

[9] Schuman, C. A., & Brent, A. C. (2005). Asset life cycle management: Towards improving physical asset performance in the process industry. *International Journal of Operations & Production Management*, *25*(6), Article 6. https://doi.org/10.1108/01443570510599728

[10] Simões, J. M., Gomes, C. F., & Yasin, M. M. (2011). A literature review of maintenance performance measurement: A conceptual framework and directions for future research. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, *17*(2), 116–137. https://doi.org/10.1108/13552511111134565

[11] Trindade, M., Almeida, N., Finger, M., & Ferreira, D. (2019). Design and Development of a Value-Based Decision Making Process for Asset Intensive Organizations. In J. Mathew, C. W. Lim, L. Ma, D. Sands, M. E. Cholette, & P. Borghesani (Eds.), *Asset Intelligence through Integration and Interoperability and Contemporary Vibration Engineering Technologies* (pp. 605–623). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-95711-1_60

ABSTRACT

KEY PERFORMANCE INDICATORS (KPIS) IN MAINTENANCE

The competitiveness of asset-intensive industries is closely linked to the reliability, availability, and productivity of their production systems. To achieve the set goals in maintenance and asset management, managers must continuously monitor the efficiency and effectiveness of organizational processes. This can be achieved by establishing an appropriate system that includes indicators for measuring and monitoring key aspects of asset management. The main aim of this paper is to present the key challenges and opportunities associated with measuring efficiency and effectiveness in the field of maintenance, in line with the guidelines of SIST EN 15341.

Keywords: Maintenance, Asset Management, Efficiency, Effectiveness, KPI



Univerza v Mariboru

FAKULTETA ZA ORGANIZACIJSKE VEDE

Univerza v Mariboru
Fakulteta za organizacijske vede

Izberi znanje, izberi prihodnost!
Elige scientiam, elige futuram!



Več kot **65-letna tradicija** na področju razvoja organizacijskih ved.

Več kot **21.290 diplomantov** na šestih študijskih programih.

ŠTUDIJSKI PROGRAMI

- Inženiring poslovnih sistemov
- Organizacija in management kadrovskih in izobraževalnih sistemov
- Organizacija in management informacijskih sistemov
- Management v športu
- Krizni management
- Management v zdravstvu in socialnem varstvu

ŠTUDIRAJ V KRANJU

Univerza v Mariboru, Fakulteta za organizacijske vede

Kidričeva cesta 55a SI - 4000 Kranj, Slovenija
fovkranj
fovkranj
Fakulteta za organizacijske vede
Fakulteta za organizacijske vede UM

www.fov.um.si

Piše: **Andrej Terkaj**, univ. dipl. inž. str., TASK d. o. o., informacijski inženiring



UMETNA INTELIGENCA V PROCESIH VZDRŽEVANJA

Namen tega članka je obvestiti zainteresirane strani o možnostih uporabe umetne inteligence na področju vzdrževanja ali proizvodnje. Članek osvetljuje težave, ki se pojavljajo kot sive cone ali vrzeli med področji podatkovne znanosti, računalništva/informacijske znanosti in procesi vzdrževanja. Naveden je praktičen primer, kje in kako začeti z uvajanjem umetne inteligence v organizaciji. Članku so priloženi kratki video prispevki, ustvarjeni s pomočjo umetne inteligence, ter prikazi obdelave podatkov iz relacijske podatkovne zbirke, ki gostuje v oblaku, v živo.

Ključne besede: Generativna UI, ML, EDA

Licenca: CC BY-NC-SA 4.0.

1. Uvod

Moje zanimanje za umetno inteligenco se je začelo, ko je bila pred leti objavljena novica, da je ChatGPT v ZDA opravil standardiziran strokovni izpit za družinskega zdravnika. To se mi je zdelo fascinantno. ChatGPT je torej vešč diagnosticiranja zdravja ljudi in predpisovanja ustreznega zdravljenja. Med pandemijo COVID-19 so bili razviti in objavljeni računalniški modeli za napovedovanje širjenja virusa v različnih mestih. V svojih abstraktnih razmišljanjih o vzporednicah informacijskih tokov sem tudi sam enačil vzdrževanje strojev z zdravljenjem ljudi. Začel sem se spraševati, zakaj so nekateri napredki hitreje doseženi, drugi pa ne. Ena od možnih razlag je pomembnost predmeta. Zakaj so na primer zahtevni in obsežni modeli napovedovanja v vremenoslovju že dokaj točni tudi za deset in več dni vnaprej?

Nasprotno pa v zadnjih nekaj desetletjih v splošni praksi vzdrževanja ni bilo bistvenega napredka pri uvajanju metod napovednega vzdrževanja. Postavlja se vprašanje, ali pomanjkanje dobrih in uporabnih računalniških modelov za napovedno vzdrževanje pomeni, da je samo vzdrževanje nepomembno. Vendar sem prepričan, da bodo taki modeli kmalu postali običajna praksa.

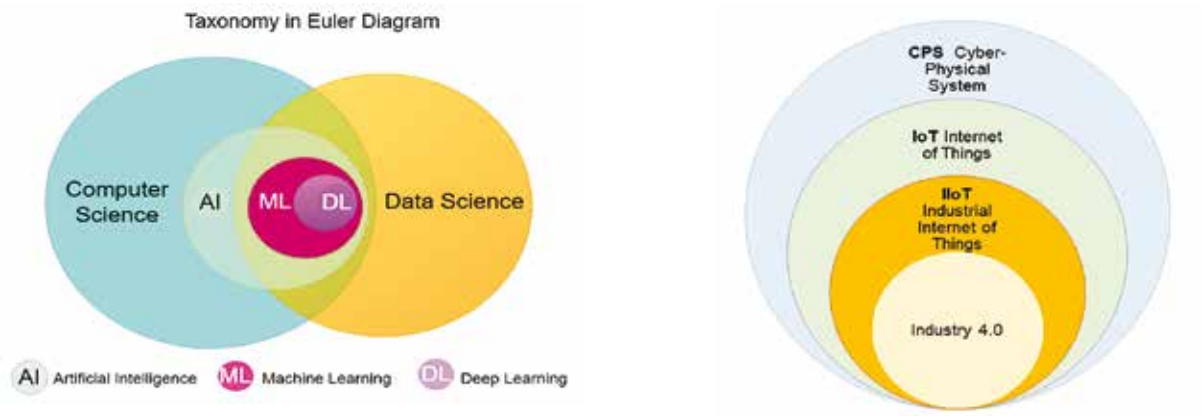
2. Kaj sta generativna in napovedna umetna inteligenca?

Umetna inteligenca je dobro poznan pojem, vendar pa sta generativna in napovedna umetna inteligenca manj znana oziroma uporabljena izraza. O strojnem učenju se na področju informacijske tehnologije razpravlja že desetletja. Ko je leta 1997 računalnik premagal svetovnega šahovskega prvaka, je bil to izjemen dosežek. Pet let pozneje je bil predstavljen avtonomni robotski sesalnik iRobot, ki je lahko pomagal pri vsakodnevnih gospodinjskih opravilih. V tem času sta se v informacijski tehnologiji začela uporabljati izraza internet stvari in industrijski internet stvari (IIoT). Letopisi in kratka zgodovina nas opominjajo, da je umetna inteligenca z nami že vsaj 60 let, čeprav pogosto ostane neopažena. Vendar se je v letu 2023 zgodil pomemben preboj, saj se od takrat izraz ChatGPT vsakodnevno pojavlja v osrednjih medijih.

Ali so te tehnološke kratice kakor koli povezane? Ker ti izrazi opredeljujejo tehnike in/ali koncepte, se sprašujemo, ali bi jih lahko uporabili za postopke vzdrževanja, ki nas zanimajo. Ali je to že mogoče? Ali z vidika zahtevnega vzdrževalca že imamo znanje, čas in denar za izvajanje teh tehnik? Namen tega članka je na jasen, jedrnat in praktičen način pojasniti osnove tega sodobnega strokovnega znanja, kolikor je to v naši moči zaradi kompleksnosti in znanstvene narave teh področij. S stališča ustvarjalca, ki ima več kot 45 let izkušenj z razvojem uporabniško usmerjenih računalniških programskih rešitev za vzdrževanje, bom poskušal odgovoriti na zgoraj navedena vprašanja. Pomembno je opozoriti, da lahko nekdo z bolj znanstvenim ozadjem te pojme razloži drugače.

Za lažje razumevanje naj najprej opredelim pojme. **Umetna inteligenca (UI)** je vsaka tehnika, ki računalnikom omogoča, da poskušajo posnemati delovanje človeških možganov. Vključuje tudi strojno učenje (ML). UI je znanstvena disciplina, zato za reševanje izzivov uporablja koncepte in metode.

Strojno učenje (ML) je podmnožica umetne inteligence, ki računalniškim sistemom omogoča, da z izkušnjami brez izrecnega programiranja izboljšajo svoje delovanje pri določenih nalogah. V nasprotju s klasičnim računalniškim programiranjem, pri katerem ljudje pišejo navodila za stroje, da izvajajo



Slika 1: Razvrstitev izrazov v Eulerjevem diagramu na levi strani in v Vennovem diagramu na desni strani
Vir: Lastni

naloge, algoritmi ML uporabljajo podatke za učenje vzorcev in samostojno odločanje. Glavni poudarek ML je napovedovanje, vključuje pa tudi globoko učenje.

Globoko učenje (DL) je podmnožica strojnega učenja, ki temelji na nevronskih mrežah. Omogoča, da se stroji sami usposobijo za izvajanje potrebnih nalog.

Internet stvari (IoT) se nanaša na omrežje povezanih naprav in tehnologijo, ki jim omogoča komunikacijo z oblakom in med seboj.

Generativna umetna inteligenca (GenAI) pomeni, da lahko umetna inteligenca ustvari nekaj novega, bodisi novo besedilo, novo fotografijo, pesem, glasbo, članek, videoposnetek, kratko zgodbo, računalniško kodo ali kakršno koli drugo vsebino ali sklep.

Prediktivna umetna inteligenca uporablja obsežne obstoječe podatke za prepoznavanje vzorcev skozi čas. Predlaga rezultate in prihodnje trende. Primere lahko najdemo v regresiji, klasifikaciji in napovedovanju. Napovedna UI se na splošno nanaša na statistične algoritme in strojno učenje za analizo podatkov in napovedovanje.
Generative Pre-Trained Transformer (GPT) je model strojnega učenja, ki je bil za samostojno delovanje usposobljen na velikem naboru podatkov. Njegovo usposabljanje mu omogoča, da razume mehaniko jezika in oblikovanje stavkov. Zato je GPT sposoben razumeti kontekst in ustvariti ustrezne odzive.

ChatGPT je jezikovni model, ki ga je razvil OpenAI in se odziva na besedilne poizvedbe ter ustvarja odgovore v naravnem jeziku. Je del širšega področja umetne inteligence, znanega kot obdelava naravnega jezika (Natural Language Processing –NLP), katerega cilj je naučiti stroje razumeti in razlagati človeški jezik. ChatGPT je zgrajen z uporabo arhitekture globokega učenja, imenovane Transformer, ki mu omogoča učenje vzorcev v jeziku ter ustvarjanje skladnega in človeku podobnega besedila. Jezikovni model je bil usposobljen na velikem korpusu besedilnih podatkov, kar mu omogoča ustvarjanje odgovorov na širok nabor pozivov, vključno z vprašanji splošnega znanja in zapletenimi temami pogovorov.

ChatGPT ima različne aplikacije, vključno s klepetalnimi roboti za avtomatizirane storitve za stranke, odgovarjanje na pogosto zastavljena vprašanja in sodelovanje v tekočih pogovorih z uporabniki. Uporaben je tudi v drugih aplikacijah NLP, kot so povzemanje besedil, jezikovno prevajanje in ustvarjanje vsebin.

2.1 Prvi stik z orodji GenAI – Besedilo v besedilo (klepet)

V začetku leta 2023 sem zaradi svojih programskih potreb prvič preizkusil ChatGPT. ChatGPT sem zastavil strokovno vprašanje in priznam, da me je odgovor pozitivno presenetil. Sprva sem domneval, da ChatGPT deluje kot standardni spletni brskalnik, vendar sem kmalu ugotovil, da je bolj zapleten.

Zaradi uspeha ChatGPT je Google razvil konkurenčni izdelek z nazivom Gemini. V letošnjem letu so tudi Kitajci prodrli s svojim izdelkom DeepSeek.

Enaka tehnična vprašanja so bila zastavljena vsem trem orodjem umetne inteligence in vsi odgovori so bili ustrezajoči, a vendar drugačni. Zanimivo je tudi to, da je ChatGPT 3.5 odgovoril nekoliko drugače kot novejši ChatGPT 4.0, kar pomeni, da se modeli nenehno izpopolnjujejo. Z vsemi orodji seveda lahko komunicirate v slovenščini.

2.2 Pretvorba besedila v fotografijo ali video

Ko govorimo o videu, preizkusimo dva konkurenčna izdelka. Želimo preveriti, ali lahko ustvarita slike iz besedila, ki ga vnesemo.

Moj poziv : Delavec opravlja meritve na električni turbini (izdelaj sliko).

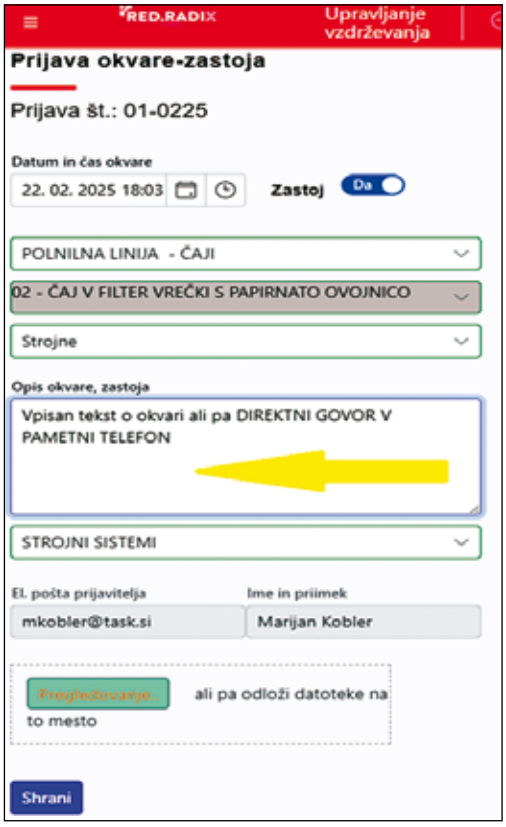


Slika 2: OpenAI DALL-E 3 na levi strani in odziv Midyourney.ai na isti poziv na desni strani – Vir: OpenArt [3]

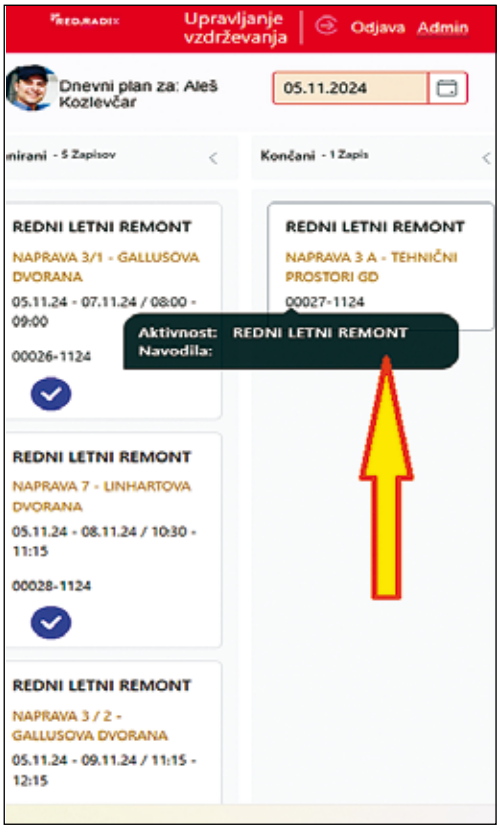
2.3 Pretvorba govora v besedilo

Uporaba umetne inteligence za prepisovanje človeškega govora v besedilo ali druge oblike vsebine, kot je ukaz, je zelo koristna na različnih področjih. Na področju vzdrževanja je ta tehnologija lahko še posebej uporabna za vzdrževalce, ki morajo pripraviti podrobna poročila o napakah, vzrokih zastojev ali težavah, ki se pojavijo med vzdrževalnimi deli. Možnost govorjenja namesto tipkanja v računalnik prihrani čas in je uporabniku prijaznejša.

Slika 3 prikazuje uporabo poročanja o napakah v sodobni programski rešitvi, nameščeni na pametnem telefonu. Namesto tipkanja zapisa o napaki, kar je v delovnem okolju lahko nevarno ali nemogoče, prijavitelj – običajno delavec v proizvodnji – napako prijavi z govorjenjem v telefon. Govor se nato v realnem času pretvori v besedilo in digitalno shrani v podatkovno zbirko. Polje, v katerem se govor najprej prepozna in se lahko pozneje dodatno uredi, je označeno z rumeno puščico. Podobno oranžna puščica na Sliki 4 označuje možnost govora v obliki Kanban za opis opravljenega dela.



Slika 3: Zahteva za vzdrževanje na pametnem telefonu – leva stran – Vir: Lastni [1]



Slika 4: Zaključevanje delovnih nalogov na pametnih telefonih – desna stran – Vir: Lastni [1]

2.4 Prepoznavanje predmetov

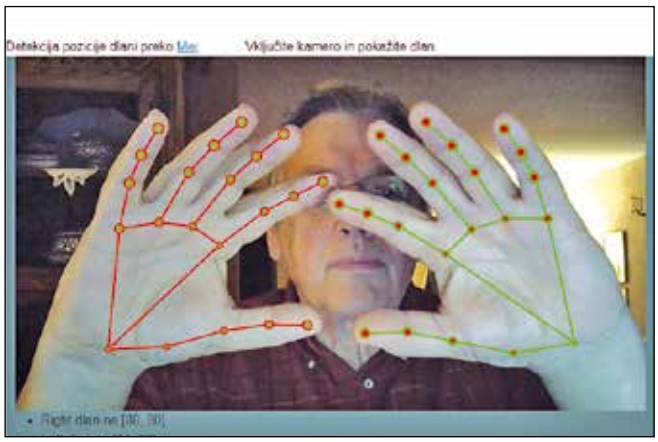
Čeprav orodja, kot so prepoznavanje predmetov ali obrazov, prepoznavanje glasu ali gibanja, razvrščanje zvoka, ne spadajo v generativno umetno inteligenco, temveč v tako imenovano diskriminativno umetno inteligenco, jih je še vedno mogoče uporabiti na področju vzdrževanja. Ta orodja se na primer že pogosto uporabljajo v naših avtomobilih, kot so nadzorni sistemi za prepoznavanje prometnih znakov in prepoznavanje ovir ali nevarnosti.

Upravljavci prenosnih in distribucijskih omrežij uporabljajo metode umetne inteligence za virtualne preglede omrežja, zaradi česar so ti hitrejši, varnejši in stroškovno učinkovitejši. Hkrati se izvaja samodejni slikovni popis omrežnih sredstev.



Slika 5: Originalna fotografija na levi strani in prepoznavanje predmetov v programu MediaPipe Studio na desni strani – Vir: Google [2]

Spodnji sliki prikazujeta uporabo modela umetne inteligence za prepoznavanje značilnosti človeške roke ter obraznih linij.



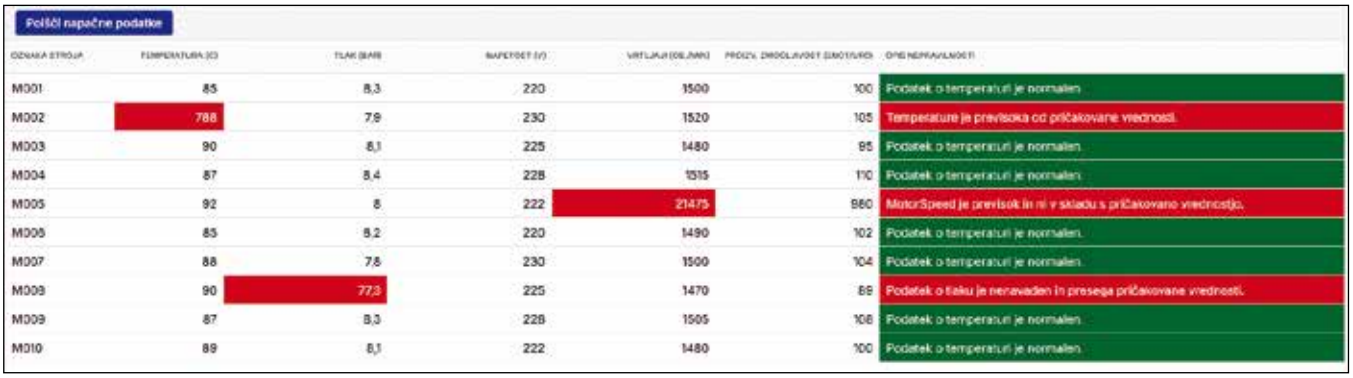
Slika 6: Modeliranje položaja leve ali desne dlani ter členkov na rokah – Vir: lastni



Slika 7: Modeliranje obraznih linij s pomočjo MediaPipe Studio storitve – Vir: Google [2]

2.5 Uporaba OpenAI Azure storitev v vzdrževalnih aplikacijah

V zadnjem letu lahko opazimo izjemen napredek pri uporabi generativne umetne inteligence v najrazličnejših aplikacijah. Govorimo o hibridnih aplikacijah, kjer na eni strani uporabljamo klasične programerske metode pridobivanja podatkov iz najrazličnejših virov, nato pa te podatke »pošiljamo« umetni inteligenci v nadaljno obdelavo z zahtevanim odgovorom. Rezultati so lahko presenetljivi.



Slika 8: Primer aplikacije, kjer nam UI kontrolira podatkovno tabelo in napačne podatke tudi označi – Vir: lastni

3. Informacijski sistemi v vzdrževanju – razdrobljeni podatki?

Ker že vrsto let spremljam in ustvarjam informacijske sisteme za vzdrževanje, poznam kratice ERP, CMMS, EMS, EAM in MES ter njihove funkcije. Vendar pa sta kratici AOP (Asset Operations Management) in APM (Asset Performance Management) izraza, s katerima sem se srečal šele pred kratkim. Po raziskovanju obeh nazadnje omenjenih sistemov je postalo jasno, da so za dosego njunih ciljev potrebni dodatni podatki, tako po količini kot po izvoru. Predpostavlja se, da se že uporablja računalniška programska oprema za upravljanje vzdrževanja (CMMS). Za preprosto kurativno vzdrževanje je potrebnih manj podatkov, medtem ko je za preventivno vzdrževanje potrebnih več podatkov. Naš cilj pa je proaktivno izvajanje vzdrževanja s pomočjo napovednih metod. Za napovedno vzdrževanje so potrebne velike količine podatkov, kar je mogoče olajšati z uporabo umetne inteligence.

V sodobnih poslovnih informacijskih sistemih so podsistemi proizvodnje, vzdrževanja, zanesljivosti in varnosti soodvisni in tesno povezani z drugimi področji ERP. Ta področja so po obsegu in razpoložljivosti podatkov primerljiva s podatki, ki jih upravljajo računovodski in finančni oddelki. Vendar so finančni podatki običajno strukturirani, razporejeni v stolpce in vrstice, ki predstavljajo posamezne stranke, dogodke ali osebe. Podatki o proizvodnji in vzdrževanju so pogosto nestrukturirani in jih je težko predstaviti, zlasti kadar so stroji v interakciji z vzdrževalnim osebjem, vključno z merjenjem vibracij, akustiko, kakovostnimi in osebnimi vizualnimi pregledi ter pisnimi poročili o vzdrževanju. Poleg tega je lahko dostop do podatkov otežen zaradi njihove lokacije v različnih organizacijskih enotah.

3.1 EDA Exploratory Data Analytics – Raziskovalna podatkovna analitika

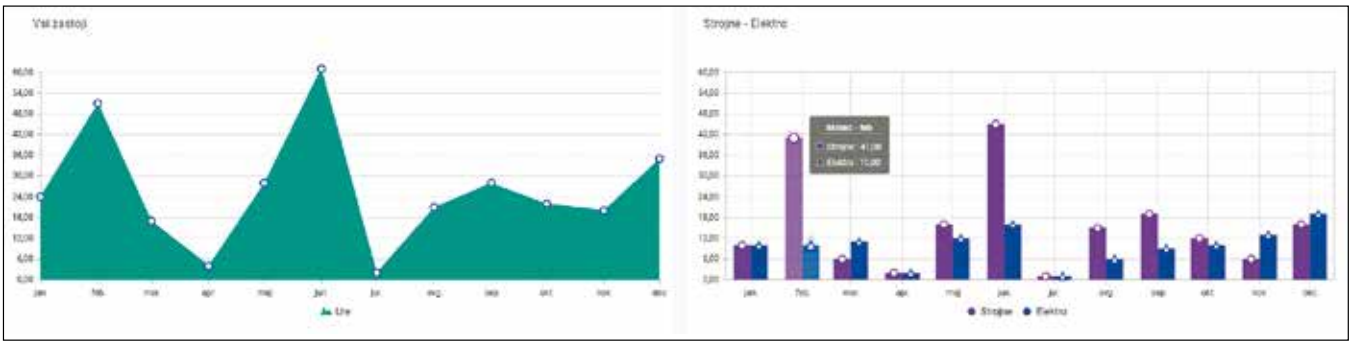
Zaradi pogosto nestrukturirane narave podatkov se mnoge organizacije ne zavedajo količine podatkov, ki jih imajo. Študije kažejo, da je 60–73 % vseh proizvodnih podatkov neuporabljenih ali neanaliziranih, kar povzroča pomanjkanje celovite preglednosti in nezmožnost sprejemanja učinkovitih odločitev. Poleg tega se količina neuporabljenih podatkov in informacij še naprej povečuje.

Za vzpostavitev učinkovitega modela napovednega vzdrževanja je ključnega pomena dostop do velike količine podatkov. To vključuje zgodovino meritev in poročanja. V nekaterih mojih prejšnjih projektih smo lahko uporabili stalne meritve, opravljene na elektromotorjih, ki segajo v leto 2010. Vendar tako zbrani podatki niso bili uporabljeni za napovedne metode. Če so zgodovinski podatki na voljo, jih je priporočljivo obnoviti ali na njih izvajati raziskovalno analitiko.

Sliki 9a in 9b prikazujeta primer sodobnega pristopa k predstavitvi zgodovinskih podatkov. Podjetje je vzpostavilo model za poročanje o okvarah strojev z merjenjem časa zastojev. Podatki so bili obdelani le za eno leto, vendar bi lahko celovitejšo analizo izvedli s pregledom podatkov iz zadnjih 16 let.

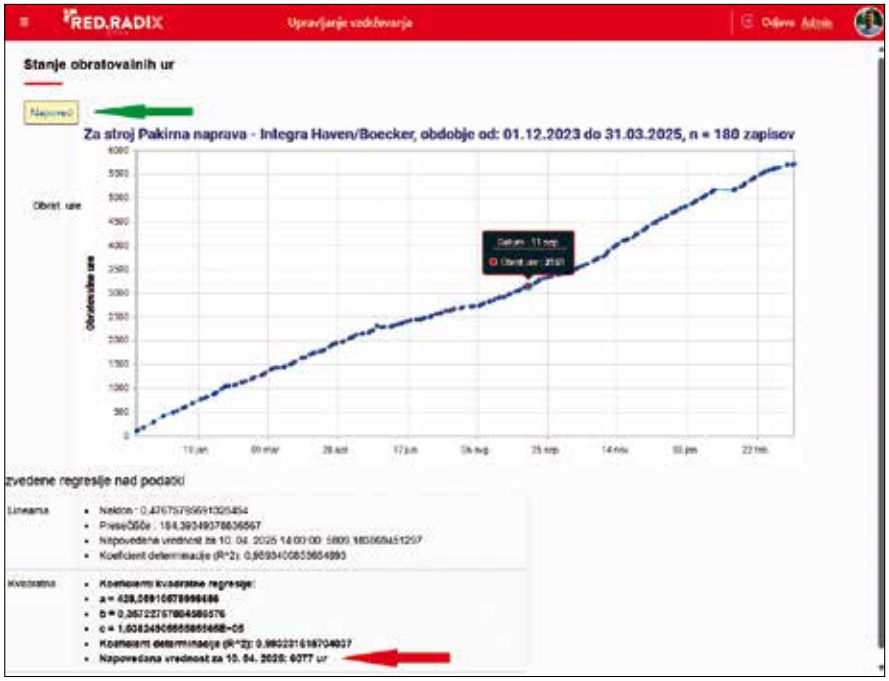


Slika 9a: Nadzorna plošča zastojev, 1.del – Vir: lastni [1]



Slika 9b: Nadzorna plošča zastojev, 2.del – Vir: lastni [1]

Na Sliki 10 je prikazan linijski diagram, ki ponazarja merjenje podatkov o obratovalnih urah. Z metodo kvadratne regresije smo ugotovili, da je ta metoda ustrezna in da lahko z visokim procentom zanesljivosti napovedujemo stanje obratovalnih ur tudi za prihodnost, v našem primeru za 10. 4. 2025, ko bo stanje 6085 ur, kar naznačuje rdeča puščica.



Slika 10: Raziskovalna podatkovna analitika – Vir: lastni [1]

Uporaba EDA-metod je v praksi seveda veliko bolj kompli-cirana kot zgornji primer. Ponavadi imamo na voljo omejeno količino enakih ali tehnično podobnih strojev, omejeno količino meritev obratovalnih parametrov. Za analizo podatkov je treba upoštevati tudi druge zapise o dogodkih vzdrževanja ali dejstva, kot so starost stroja, vzdrževalni posegi, rezervni deli zamenjani med posegi, deklarirana MTBF nadomestnih delov in periodičnost načrtovanega preventivnega vzdrževanja.

Zavedamo se, da so za uspešno napovedovanje potrebne nadaljnje stopnje napredne analize podatkov in uporaba različnih algoritmov strojnega učenja. Vendar to presega trenutno avtorjevo znanje in okvir tega članka.

Za izboljšanje upravljanja vzdrževanja se je treba osredotočiti na naslednje cilje:

- zajemanje podatkov iz podsistemov, ki še niso vključeni v CMMS, kot sta SCADA in MES, ki lahko zagotavljajo podatke v realnem času, zagotavljanje nadzora nad merilnimi točkami, opremljenimi s senzorji, da se zagotovijo natančne meritve;
- dodelitev vlog za vnos podatkov. Namizno usmerjen tradicionalni sistem CMMS, ki deluje v topologiji strežnik-odjemalec, je treba spremeniti, da se omogoči pošiljanje zahtevkov za delo (delovnih nalogov) vzdrževalcem prek pametnih telefonov; priprava podatkov je eden od začetnih korakov na poti življenjskega cikla ML. Je dolgotrajna, vendar ključna, saj kakovost podatkov neposredno vpliva na kakovost modela. Pri tem postopku je lahko v pomoč tehnika raziskovalne analize podatkov (EDA).

4. Zaključek

Uvajanje robotike, digitalne avtomatizacije ter kompleksnih tehničnih, informacijskih in telekomunikacijskih sistemov je postalo nujnost v sodobni proizvodnji. Odločevalci, ki tega še niso spoznali in se niso pripravili na prihajajoče spremembe, si v prihodnosti ne bodo mogli privoščiti, da bi poslovali kot običajno.

Uvajanje umetne inteligence v vzdrževanje mora biti načrtovan proces za stroškovno učinkovitejše vzdrževanje. Zahteva strokovno znanje, sodelovanje in premišljevanje, lahko pa vključuje tudi visoko izobraženo osebje, ki ga v podjetju ni, na primer podatkovnega analitika ali pozivnega inženirja (prompt engineer). V prihodnosti bo naša proizvodna oprema zelo napredna. Sposobna bo komunicirati tako s storitvami v oblaku kot s človeškimi operaterji. Računalniški vid bo delavce obveščal o varnostnih ali nevarnih dogodkih in prepoznaval težave s kakovostjo proizvodnje. Oprema bo sposobna samodiagnosticiranja. Umetna inteligenca bo predlagala rešitve, vendar se bo moral o končnem postopku odločiti visoko usposobljen vzdrževalec. Ta sinteza stroja in človeka se bo nadaljevala, dokler specializirani humanoidni roboti ne bodo izpodrinili človeka na tem področju. Na žalost.

LITERATURA

Ta članek je popolnoma izviren. Avtor je svoje znanje o temi pridobil v spletnih revijah in e-novicah, predvsem s področja računalništva. Koristil je tudi usposabljanje prek spletnih seminarjev.

Reference na web strani:

[1] https://redradix.azurewebsites.net v mojem lastnem repozitoriju
[2] https://ai.google.dev/edge/mediapipe/solutions/guide (2025)
[3] https://openart.ai/create (2024)

ABSTRACT

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MAINTENANCE PROCESSES

The purpose of this article is to inform interested parties about the possible uses of AI in maintenance or manufacturing areas. The article sheds light on the problems that arise as grey zones or gaps between the fields of data science, computer/information science, and maintenance processes. A practical example of where and how to start implementing AI in an organization is provided. The paper is accompanied by a multimedia presentation consisting of short video contributions created with the help of AI, as well as a live demonstration of data processing from a relational database hosted in the cloud.

Keywords: Artificial intelligence (AI), ML, EDA.

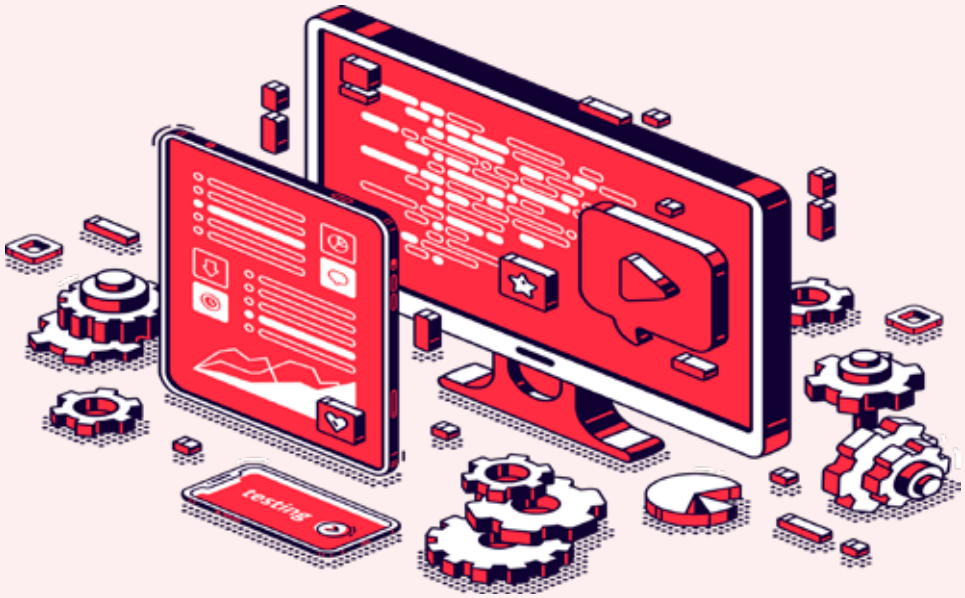
www.drustvo-dvs.si

MAINTAIN **AND (RE)GAIN.**

Po 40. letih delovanja smo prvi slovenski, priljubljeni in razširjeni računalniški informacijski sistem namenjen podpori vzdrževanju RADIX ponovno celovito prenovili. Izdelali smo že sedmo generacijo in sistem poimenovali

RED.RADIX CMMS

Dobili smo najsodobnejši program, ki je med drugim podprt tudi z umetno inteligenco. Deluje na različnih platformah, operacijskih sistemih in jezikovnih različicah, a še vedno ohranja lahkotnost in funkcionalnosti, ki ste jih sooblikovali tudi Vi, Vzdrževalci.



Da ne bi navajali presežkov, ki jih RED.RADIX vsebuje, Vas vabimo, da si ogedate delovanje programa na:

https://redradix.azurewebsites.net

ali obiščete: www.task.si

Hvala!

ČAS JE ZA RED.RADIX 24

UI IN PREDIKTIVNO VZDRŽEVANJE



Pišejo: **HSE d.o.o. -** dr. Matjaž Eberlinc, Igor Voršič, Aleš Bele, Andrej Jurič, Jernej Brglez, Andrej Knuplež, Jernej Otič, Borut Preložnik, Andrej Natlačen
Medius d.o.o. - Viktor Brajak, Marko Rus, Gregor Šobar, Tadej Justin
Akson d.o.o. - David Kešelj, Peter Cankar
Instrumentation Technologies d.o.o. - Iztok Špacapan, Andrej Vidmar, Matej Zavrtanik, Dalibor Maljurić

UMETNA INTELIGENCA (UI) V NAPOVEDOVANJU PROIZVODNJE IN PREDIKTIVNEM VZDRŽEVANJU FOTONAPETOSTNIH ELEKTRARN

Fotonapetostne elektrarne so postale pomemben del obnovljivih virov energije, vendar je njihova učinkovitost močno odvisna od okoljskih dejavnikov, kot so oblačnost, temperatura, padavine, sezonske spremembe in onesnaženost zraka. Družba HSE d.o.o. kot največji proizvajalec električne energije iz obnovljivih virov v Sloveniji aktivno širi tudi svoj portfelj fotonapetostnih elektrarn. Povečanje deleža proizvodnje iz fotonapetostnih elektrarn pa prinaša nove izzive zaradi odvisnosti od vremenskih dejavnikov, kar vpliva na uspešnost načrtovanja in vodenja proizvodnje.

Rešitev za te izzive je natančna napoved proizvodnje z uporabo sistemov za opazovanje trenutnih vremenskih razmer, vremenskih napovednih modelov in zgodovinskih podatkov. Na podlagi teh napovedi lahko načrtujemo proizvodnjo drugih enot, da nadomestimo nihanja v proizvodnji fotonapetostnih elektrarn.

Vpliv okoljskih dejavnikov zahteva tudi nove pristope k vzdrževanju in odkrivanju napak, saj se pojavljajo specifične napake, kot so vdor vode, onesnaženost površine fotonapetostnih modulov, pregrevanje in napake na elektronskih sklopih. Preprečevalno vzdrževanje vključuje preverjanje delovanja komponent, nego opreme in urejanje podrasti.

Za razvoj in implementacijo teh procesov smo se odločili za projektni pristop k razvoju modularne platforme, ki vključuje napovedovanje proizvodnje in prediktivno vzdrževanje. V konzorciju sodelujemo partnerji s specifičnim znanjem in opremo ter smo uspešno pridobili sofinanciranje iz evropskega sklada za odpornost in okrevanje.

Ključne besede: fotonapetostne elektrarne, napovedovanje proizvodnje, prediktivno vzdrževanje, strojno učenje, umetna inteligenca.

1. Uvod

Fotonapetostne elektrarne (FE) so postale pomemben del obnovljivih virov energije (OVE), vendar je njihova učinkovitost močno odvisna od okoljskih dejavnikov, kot so oblačnost, temperatura, padavine, sezonske spremembe in onesnaženost zraka. Vzdrževanje te proizvodne infrastrukture poleg obratovanja predstavlja enega izmed najpomembnejših procesov, katerega cilj je ob čimbolj optimalnem izkoriščanju razpoložljivih virov zagotavljati nemoteno, zanesljivo in varno obratovanje proizvodnih enot ob vedno ostrejših zahtevah za varno, kakovostno in ekonomsko učinkovito vzdrževanje proizvodne infrastrukture. Zaradi potrebe po izboljšanju trenutne napovedi proizvodnje električne energije (EE), ki sloni na podatkih prosto dostopnih vremenskih prognoz in izboljšanju pristopov preprečevalnega vzdrževanja opreme FE, smo vzpostavili projekt Leonardo. S projektom načrtujemo izboljšati učinkovitost, natančnost in pravočasnost **napoved proizvodnje električne energije iz OVE (FE)**, ki je v veliki meri odvisna od meteoroloških pojavov, ter na osnovi meritev

ključnih parametrov in metod opazovanja odkriti morebitne napake na komponentah FE, kot so okvare razsmernikov, okvare fotonapetostnih (FN) modulov, umazanost FN modulov, itd.), in **vzpostaviti prediktivno vzdrževanje** z oblikovanjem sodobnega načrta vzdrževalnih del.

Namen in cilj izvedbe je izdelava platforme za napoved proizvodnje EE iz OVE (FE) za obdobje:
- kratkoročne napovedi,
- srednjeročne napovedi in
- dolgoročne napovedi.

Dodatne funkcionalnosti izvedbe glede preprečevalnega vzdrževanja v smeri odkrivanja napak so:
- detekcija okvar razsmernikov,
- detekcija mehanskih in električnih napak na FN-modulih,
- detekcija nečistoč FN-modulov in
- detekcija osenčenosti.

Razvoj in implementacija opisanih procesov zahteva določena specifična znanja in opremo, zato smo se odločili za projektni pristop k razvoju modularne platforme, ki vključuje komponente napovedovanja proizvodnje in prediktivnega vzdrževanja ter odkrivanja napak. V konzorcij projekta smo povabili partnerje s specifičnim znanjem in ustrezno opremo ter se s pilotnim projektom, ki smo ga imenovali »Leonardo – platforma za napovedovanje proizvodnje in prediktivno vzdrževanje FE«, uspešno prijavili na razpis za sofinanciranje iz evropskega sklada za odpornost in okrevanje. Za testni objekt je bila izbrana na HSE d.o.o. trenutno največja fotonapetostna elektrarna FE Prapretno (Slika 1), katere skupna moč znaša 3.035 kWp. Omenjena elektrarna, katere lokacija je degradirano in rekultivirano območje deponije pepela in žlindre TE Trbovlje, deluje od aprila 2022. Na nosilno konstrukcijo, ki je pritrjena na geotehnična sidra, je nameščenih 6746 FN-modulov. Za pretvorbo enosmerne napetosti iz FN-modulov v izmenično napetost je nameščenih 25 razsmernikov izhodne moči 110 kVA. Razsmerniki so na AC-strani povezani v transformatorsko postajo, ki je preko novega 20 kV kablovoda priključena v javno distribucijsko omrežje, in sicer v obstoječo RTP Hrastnik.



Slika 1: FE Prapretno

Ideja platforme Leonardo je, da omogoča agregacijo in obdelavo velepodatkov v oblaku. Senzorji in ostali zunanji viri informacij (vremenske napovedi, razsmerniki, ostale komponente FE) pošiljajo podatke v oddaljeno platformo po zavarovani povezavi. Platforma Leonardo je tako sestavljena iz t.i. komponent na lokaciji FE Prapretno (FE PA) in oblačne platforme za zajem in obdelavo ter hrambo vseh tipov podatkov, ki so predvsem v obliki časovnih vrst ali podatkovnega toka. Vremenska kamera in vremenska postaja kot glavni senzorski komponenti na lokaciji FE PA pošiljata podatke v krmilnik, ki omogoča poleg procesiranja tudi začasno shrambo.

2. Pilotni projekt in predstavitev konzorcija

Pri sestavljanju konzorcija smo želeli zagotoviti, da bodo pokrita vsa strokovna področja, da se lahko zagotovi razvoj platforme iz vseh vidikov.

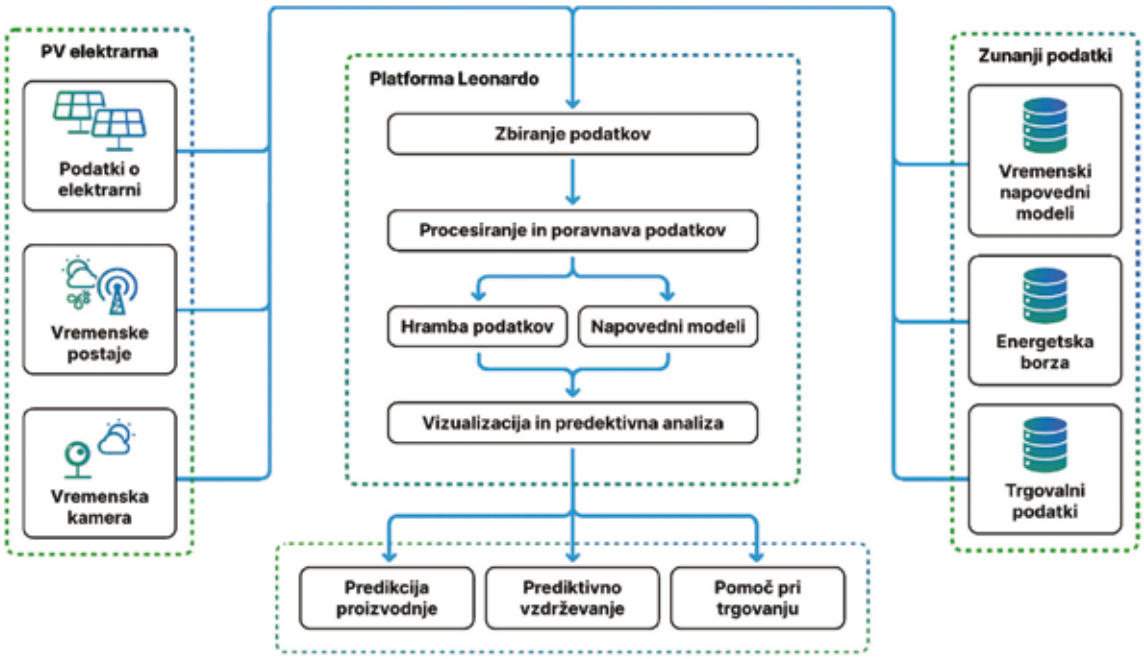
Partner Medius d.o.o. iz Ljubljane, ki je prevzel tudi vlogo vodilnega partnerja, ima veliko izkušenj in referenc na področju razvoja namenskih aplikacij z elementi umetne inteligence in strojnega učenja. V projektu so prevzeli nalogo razvoja vseh aplikativnih modulov platforme Leonardo ter napovednih modelov proizvodnje in vzdrževanja.

Instrumentation Technologies d.o.o. iz Solkana so svoje bogate izkušnje iz področja senzorike, zajema in procesiranja podatkov ter komunikacij prenesli na platformo Leonardo in izdelali kompletno konfiguracijo senzorskega sistema ter razvili modul za vremensko kamero, s pomočjo katerega je možno v realnem času spremljati vremensko dogajanje na sami lokaciji FE PA. Zagotovili so tudi vse potrebne komunikacijske kanale za prenos merilnih podatkov v platformo Leonardo.

Podjetje Akson d.o.o. iz Ljubljane je specializirano za področja podatkovnega gostovanja, vzdrževanja informacijskih struktur in kibernetsko varnost. Celotna platforma Leonardo, vključno z merilnimi in zgodovinskimi podatki, je nameščena na sistemih, ki jih zagotavlja partner Akson in tudi komunikacija med platformo in centrom vodenja HSE poteka iz sistemov, ki jih zagotavlja Akson.

HSE d.o.o. iz Ljubljane kot največji proizvajalec EE iz OVE v Sloveniji, ki aktivno širi tudi svoj portfelj fotonapetostnih elektrarn, je koordinacijski partner in je s svojo delovno skupino zagotovil kompletno infrastrukturo na objektu FE PA, sodeloval pri nameščanju in konfiguraciji opreme, zagotovil potrebne komunikacijske povezave, omogočil dostop do zgodovinskih podatkov proizvodnje EE in podatkov o delovanju komponent FE PA ter izvedel potrebne prilagoditve na sistemih centra vodenja, da bo vključevanje platforme za napovedovanje proizvodnje potekalo brez nepotrebnih motenj.

Pilotni projekt, s katerim smo se kot konzorcij prijavili na javni razpis Agencije SPIRIT za sofinanciranje iz sklada evropskih



Slika 2: Visokonivojska arhitektura platforme za zbiranje, poravnavo, napovedovanje in vizualizacijo podatkov - Leonardo

sredstev za okrevanje in odpornost, se izvaja v dveh fazah. Prva faza je razvojno raziskovalno delo, v tej smo oblikovali teoretične in simulacijske modele, določili vso potrebno opremo, izdelali potrebne načrte in komunikacijsko strukturo vključno z elementi kibernetske varnosti. Po nabavi smo izvedli testiranje in parametrizacijo opreme ter laboratorijska testiranja. Vzporedno smo izvajali razvoj platforme in napovedne modele. Druga faza pilotnega projekta je zajemala namestitev opreme na demo objekt FE PA, zagon vseh komponent sistema ter testiranje in validacijo. Trenutno se v sklopu validacije izvaja doučevanje prediktivnih modelov na podlagi podatkov, ki se zajemajo na lokaciji FE PA.

Projekt se je pričel izvajati januarja 2023 in se bo zaključil konec junija 2025.

Celotna platforma Leonardo je zgrajena modularno (Slika 2) na podlagi odprtokodnih komponent. Teče na orkestracijskem sistemu Kubernetes, ki omogoča enostavno nameščanje in strežbo različnih aplikacij, baz in podpornih programov za vizualizacijo in obdelavo podatkov ter inferenco prediktivnih modelov.

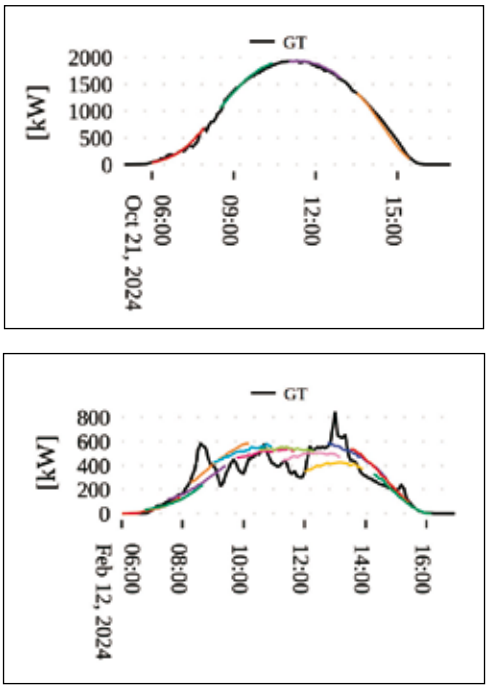
Vhodne podatke se pridobiva iz sistema namenskih senzorjev ter z zajemom diagnostičnih podatkov komponent elektrarne. Dodatna komponenta na vhodu so tudi podatki vremenskih napovednih modelov.

Izhodni podatki platforme so napovedi proizvodnje EE v treh časovnih okvirjih ter podatki o stanju ključnih komponent elektrarne, kar vključuje alarmiranje v primeru odstopanj od normalnega delovanja in obveščanje o vplivu meteoroloških pojavov na proizvodnjo EE (pokritost panelov s snegom).

3. Modul za napovedovanje proizvodnje EE

Modul za napovedovanje proizvodnje EE na FE PA je zasnovan za tri ločene segmente, ki se razlikujejo po časovnem horizontu in ločljivosti napovedi: (1) kratkoročni segment: napovedi vsakih 5 minut za naslednji 2 uri z ločljivostjo 5 minut; (2) srednjeročni segment: urne napovedi za naslednjih 36 ur z ločljivostjo 1 ure; in (3) dolgoročni segment: dnevne napovedi za naslednjih 5 dni z ločljivostjo 1 ure. Razvoj platforme temelji na kombinaciji podatkov numeričnih vremenskih napovedi (ECMWF, 2015) in preteklih meritev proizvodnje EE. Ti podatki se centralno zbirajo in arhivirajo znotraj platforme Leonardo. Ključni meteorološki parameter, ki vpliva na proizvodnjo EE iz FE, je oblačnost (in tudi dež, sneg ter ekstremne koncentracije PM delcev) (Jewell & Ramakumar, 1987). V pogojih jasnega vremena je napovedovanje proizvodnje EE relativno enostavno in natančno, tudi brez uporabe naprednih modelov. Vendar pa v primeru spremenljive oblačnosti in ob prisotnosti drugih motečih dejavnikov postane problem znatno kompleksnejši. Za učinkovito napovedovanje v takšnih razmerah smo za vsak segment razvili ločen model, ki temelji na strojnem učenju (Goodfellow idr., 2016). Vsak model kot vhodne podatke uporablja: urne napovedi oblačnosti za tri višinske nivoje v okolici elektrarne, napovedi vetra za pet višinskih nivojev, napoved temperature in relativne vlažnosti pri tleh, teoretično osončenost, čas napovedi ter pretekle meritve proizvodnje EE. Za kratkoročni model se uporablja tudi namenska vremenska postaja ter kamera za spremljanje neba na sami lokaciji FE PA v realnem času. Arhitektura modela temelji na nevronskih mrežah (Schmidhuber, 2015), sestavljenih iz niza gosto povezanih slojev in slojev nelinearnosti, vključno s preskočnimi povezavami (He idr., 2016). Nevronska mreža je bila zasnovana specifično za strukturo vhodnih in izhodnih

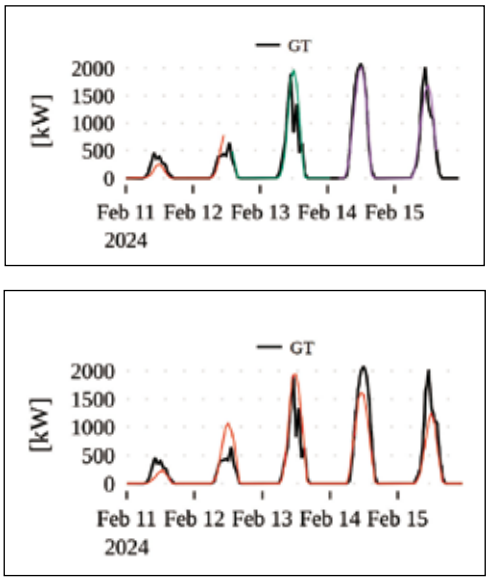
podatkov ter optimizirana ločeno za vsakega od treh časovnih horizontov (kratkoročni, srednjeročni in dolgoročni).



Slika 3: Primerjava dejanske proizvodnje EE iz FE (GT) in napovedi kratkoročnega modela za sončen (gor) in oblačen (dol) dan. Prikazane so 5-minutne napovedi; zaradi preglednosti so prikazane le izbrane napovedne točke

Modeli so bili učeni na podatkih iz let 2022 in 2023, medtem ko je bilo testiranje izvedeno na podatkih iz leta 2024. Za ovrednotenje točnosti napovedi smo uporabili povprečno absolutno odstotno napako (MAPE), ki predstavlja povprečno relativno razliko med napovedanimi in dejanskimi vrednostmi. Da bi ublažili vpliv napak, povezanih z nizkimi vrednostmi proizvodnje, smo iz analize izključili meritve, kjer je moč FE PA padla pod 100 kW. MAPE kratkoročnega modela znaša 32,3 %, medtem ko srednjeročni in dolgoročni model dosegata vrednosti 38,5 % oziroma 51,1 %. Opazimo naraščajoči trend napake z večanjem napovednega horizonta: srednjeročni model izkazuje višjo napako kot kratkoročni, dolgoročni pa višjo kot srednjeročni. Zaradi neujemajočih se frekvenc napovedovanja kratkoročnega in srednjeročnega modela neposredna primerjava njunih napak ni povsem ustrezna. Zato smo iz rezultatov srednjeročnega modela ekstrahirali prve napovedane vrednosti in jih z uporabo interpolacije prilagodili na petminutno frekvenco. MAPE tako prilagojenega srednjeročnega modela znaša 41,7 %, kar občutno presega MAPE kratkoročnega modela. Te ugotovitve empirično podpira utemeljenost razvoja specializiranega modela za kratkoročno napovedovanje.

Za oceno učinkovitosti modelov za napovedovanje kratkoročne, srednjeročne in dolgoročne proizvodnje EE smo izvedli vrsto simulacij z uporabo različnih vremenskih scenarijev. Slika 3 prikazuje primer napovedi kratkoročnega modela za dva dneva: en sončen dan in en dan s spremenljivim vremenom. Razvidno je, da model v sončnem vremenu zelo natančno napoveduje prihodnjo proizvodnjo EE. V spremenljivem vremenu pa se model močno prilagaja preteklim meritvam proizvodnje EE, nato pa na podlagi vremenskih napovedi napove vrednosti za prihodnji dve uri. Slika 4 prikazuje primer napovedi srednjeročnega in dolgoročnega modela za obdobje z različnimi vremenskimi razmerami. Modela v večini primerov uspešno ocenita raven proizvodnje EE. Čeprav so napake pri dolgoročnem modelu večje, še vedno zagotavlja koristno grobo oceno pričakovane proizvodnje EE.



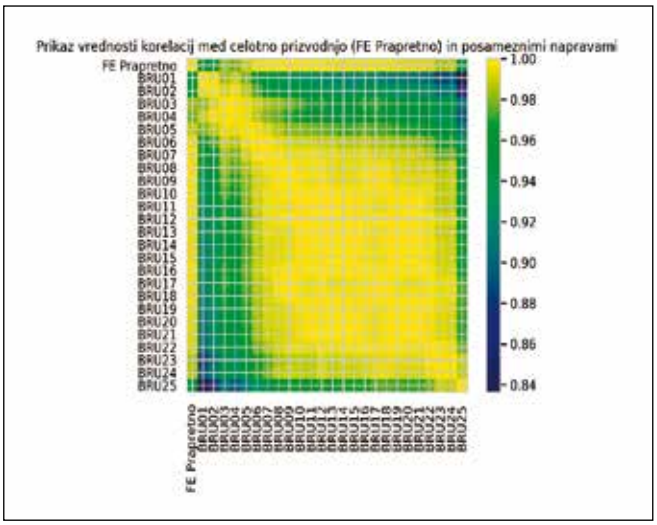
Slika 4: Primerjava dejanske proizvodnje EE iz FE (GT) in urnih napovedi srednjeročnega modela (gor) in dolgoročnega modela (dol) za obdobje z različnimi vremenskimi pogoji; zaradi preglednosti so prikazane le izbrane napovedne točke

4. Modul za prediktivno vzdrževanje

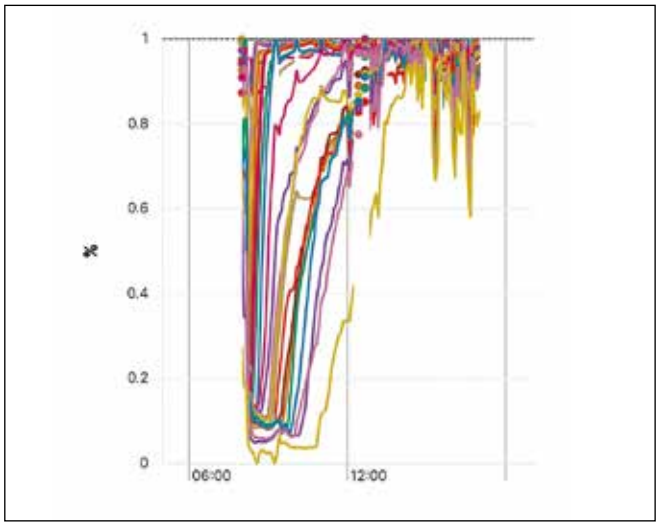
Pri razvoju modula za prediktivno vzdrževanje in odkrivanje napak je ključnega pomena zagotoviti obsežen nabor podatkov o notranjih dejavnikih (diagnostika delovanja vseh segmentov elektrarne) ter o zunanjih vplivih, vključno s povratnimi informacijami vzdrževalcev o opravljenih posegih. Vzroki za pojav anomalij pri proizvodnji EE iz FE so številni, med njimi izpostavljamo:

- okvare razsmernikov,
- mehanske in električne napake na FN-modulih,
- prisotnost nečistoč in senčenja (npr. listje, cvetni prah, sneg),
- vremenski vplivi (npr. oblaki, pregrevanje zaradi intenzivnega sončnega sevanja),
- degradacija FN-modulov.

Analiza notranjih dejavnikov je prvi korak. Vključuje podrobno analizo notranjih vplivov, torej delovanje posameznih komponent FE na ravni razsmernikov. Ta analiza se izvaja tako z zgodovinskim pregledom delovanja posameznega razsmernika kot tudi s primerjalno analizo med njimi. Za osnovno



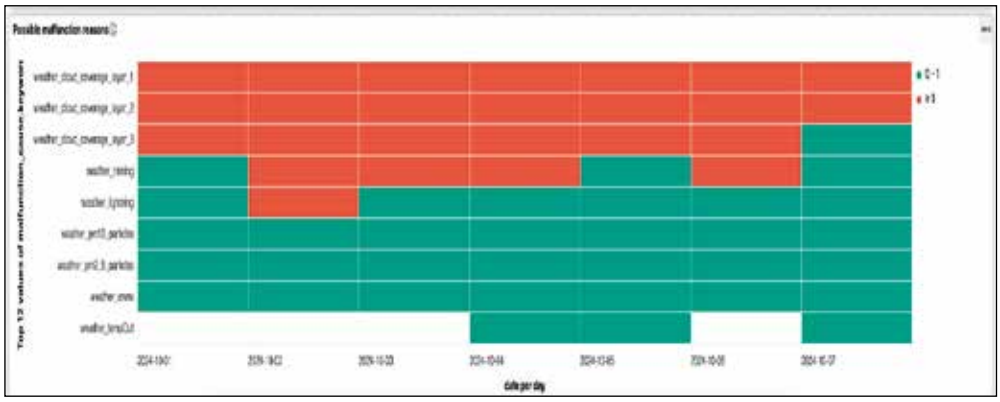
Slika 5: Prikaz vrednosti korelacij med celotno proizvodnjo ("FE Prapretno") in posameznimi razsmerniki, za en dan



Slika 6: Normalizirana moč razsmernikov, glede na njihovo maksimalno moč, tekom dneva – odstopanja v ekstremnih primerih

detekcijo anomalij smo uporabili metodo korelacijske primerjave, s katero smo izračunali korelacijske koeficiente med razsmerniki. S tem pristopom je mogoče zaznati pomembna odstopanja v primerih, ko so teoretično za vse veljali enaki zunanji pogoji, kar lahko nakazuje na trajno ali občasno degradacijo oziroma morebitno okvaro. Slika 5 prikazuje korelacijsko matriko, ki ponazarja odstopanja med razsmerniki, tudi gledano kumulativno za celotno FE, za opazovani dan. Drugi pristop (Slika 6) temelji na normalizaciji moči razsmernikov, kjer vrednost 1 predstavlja doseženo maksimalno moč, vrednost 0 pa pomeni odsotnost proizvodnje EE. Analiza poteka skozi celoten dan in omogoča identifikacijo drugih vrst odstopanj. Preko podatkov smo na primer zaznali vpliv dopoldanske sence na nekatere razsmernike, ki jo povzroča bližina gozda in hriba – pojav, ki je posebej izrazit pozimi ob nizkem prehodu sonca. Gre za trajno vrsto anomalije, na katero ni mogoče vplivati, vendar pa omogoča natančno oceno ekonomskega vpliva, kar je lahko podlaga za prihodnje strateške odločitve.

Ocena zunanjih vplivov je drugi korak. Pri čemer se predvsem osredotočamo na vremenske dejavnike. Slika 7 prikazuje verjetnost zunanjih vplivov na delovanje elektrarne, izraženo preko barvne lestvice (rdeča, rumena, zelena), ki označuje stopnjo vpliva na poslabšanje. Ta prikaz predstavlja verjetnost in moč vpliva posameznih vremenskih komponent na določen dan. Vremenske vplive lahko razdelimo na kratkotrajne in dolgotrajne, na tiste, ki zahtevajo poseg vzdrževalcev, in na tiste, ki se lahko uredijo samodejno. Medtem ko so oblačnost in padavine kratkotrajne narave in se običajno same odpravijo, lahko dolgotrajni vplivi, kot so sneg in visoka koncentracija PM-delcev (vključno s t. i. „saharskim peskom"), negativno vplivajo na delovanje FE skozi več dni. Pri tem se sneg običajno s pomočjo sončne energije samodejno odstrani z modulov, medtem ko se PM-delci na modulih lahko zadržijo, dokler jih ne spere dež ali ne izvedemo ročnega čiščenja. V določenih primerih so stroški čiščenja modulov lahko tudi ekonomsko upravičeni.



Slika 7: Ocena različnih zunanjih vremenskih vplivov na poslabšanje delovanja za posamezen dan

Vrednotenje algoritmov za prediktivno vzdrževanje je zadnji in ključni korak. Najbolj verodostojen pristop pri ocenjevanju uspešnosti algoritmov temelji na uporabi zgodovinskih podatkov kot vhodnega gradiva. Na podlagi predhodno opravljenih vzdrževalnih posegov na objektu FE je mogoče preveriti, ali algoritmi pravilno napovedujejo potrebo po vzdrževalnih posegih. Takšen sistematičen pristop omogoča celovito spremljanje delovanja elektrarne in natančno identifikacijo morebitnih napak, s čimer se prispeva k izboljšanju zanesljivosti in učinkovitosti proizvodnje EE.

5. Zaključek

Razvoj univerzalne platforme, na osnovi katere se lahko izvaja napovedovanje proizvodnje EE in hkrati izvaja monitoring nad delovanjem ključnih komponent objekta za proizvodnjo EE iz OVE za namen prediktivnega vzdrževanja, predstavlja za vse konzorcijske partnerje v prvi vrsti izziv, da se na osnovi sodobnih pristopov k reševanju zapletenih tehniških problemov razvije zanesljiv in natančen mehanizem avtomatiziranega napovedovanja proizvodnje EE in mehanizem za vzpostavitev prediktivnega vzdrževanja na osnovi strojnega učenja. Pri postopkih načrtovanja platforme Leonardo so bili postavljeni cilji, da se razvije sistem, ki ga bo možno implementirati na katerikoli fotonapetostni elektrarni brez večjih modifikacij, z določenimi prilagoditvami pa jo bo možno implementirati tudi na drugih vrstah vremensko odvisnih OVE, kot so vetrne elektrarne ali hidroelektrarne. Uspešna implementacija na realnem objektu in čimprejšnji pričetek obratovanja na osnovi napovednih modelov platforme Leonardo bo tudi osnova za komercialni nastop na trgu, saj je širitev različnih objektov OVE v polnem razmahu in bodo potrebe po natančnem napovedovanju in učinkovitem nadzoru nad delovanjem opreme bistvenega pomena za zagotavljanje stabilnega in zanesljivega delovanja elektroenergetskega sistema.

LITERATURA:

[1] ECMWF, D., 2015. IFS documentation CY48R1- Part V: Ensemble prediction system. In IFS Documentation CY41R1 (Vol. 5). ECMWF.

[2] Jewell, W. and Ramakumar, R., 1987. The effects of moving clouds on electric utilities with dispersed photovoltaic generation. IEEE Transactions on Energy Conversion, (4), pp.570-576.

[3] Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. and Bengio, Y., 2016. Deep learning (Vol. 1, No. 2). Cambridge: MIT press.

[4] Schmidhuber, J., 2015. Deep learning in neural networks: An overview. Neural networks, 61, pp.85-117.

[5] He, K., Zhang, X., Ren, S. and Sun, J., 2016. Deep residual learning for image recognition. In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition (pp. 770-778).

ABSTRACT

AI IN GENERATION FORECASTING AND PREDICTIVE MAINTENANCE OF PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS

Photovoltaic power plants have become an important part of renewable energy sources, but their efficiency is highly dependent on environmental factors such as cloud cover, temperature, precipitation, seasonal changes, and air pollution. HSE d.o.o., as the largest producer of electricity from renewable sources in Slovenia, is actively expanding its portfolio of photovoltaic power plants.

However, increasing the share of production from photovoltaic power plants presents new challenges due to the dependency on weather conditions, which affects the success of production planning and control. The solution to these challenges is accurate production forecasting using systems that monitor current weather conditions, weather prediction models, and historical data. Based on these forecasts, generation of other units can be planned and adjusted to compensate for fluctuations in photovoltaic power plant output. The impact of environmental factors also requires new approaches to maintenance and fault detection, as specific issues such as water intrusion, panel surface contamination, overheating, and electronic circuit failures can arise. Preventive maintenance includes checking the functionality of components, equipment care, and managing vegetation.

To develop and implement these processes, a project-based approach was adopted to create a modular platform incorporating generation forecasting and predictive maintenance. A consortium of partners, with specialized expertise and equipment, was formed, successfully securing co-financing from the European Recovery and Resilience Facility.

Keywords: photovoltaic power plants, generation forecasting, predictive maintenance, machine learning, artificial intelligence

www.drustvo-dvs.si

Piše: **Jovan Jovanović**, univ. dipl. inž. el., Instro d.o.o.



METODE TEHNIČNE DIAGNOSTIKE ROTACIJSKIH STROJEV

Ultrazvočna diagnostika je ena izmed ključnih metod tehnične diagnostike, ki omogoča zgodnje odkrivanje napak, optimizacijo mazanja in povečanje zanesljivosti opreme. Uvršča se v koncept. Ultrazvok omogoča zaznavanje mehanskih in električnih anomalij, kot so trenje, turbulence, udarci in kavitacija, kar prispeva k boljši energetski učinkovitosti in zmanjšanju izpadov opreme.

Standard ISO 29821:2018 določa smernice in postopke za uporabo ultrazvočne tehnologije pri nadzoru strojev. Njena uporaba je posebej pomembna pri mazanju ležajev, kjer omogoča določanje optimalne količine maziva ter preprečuje težave zaradi prekomernega ali nezadostnega mazanja. Redni ultrazvočni pregledi izboljšujejo vzdrževanje strojev in zmanjšujejo stroške popravil.

Ultrazvočna metoda ponuja natančno in ponovljivo diagnostiko ter omogoča boljše odločanje pri upravljanju industrijske opreme. Njena integracija v sistem vzdrževanja prinaša dolgoročne koristi, povečuje operativno učinkovitost in prispeva k optimizaciji celotne infrastrukture.

Ključne besede: ultrazvok, diagnostika, mazanje, nadzor stanja strojev.

ULTRAZVOK KOT METODA TEHNIČNE DIAGNOSTIKE

1. Uvod

NADZORA STANJA OPREME ni mogoče učinkovito izvajati z eno tehnologijo za nadzor stanja (condition monitoring). Obstaja veliko načinov odpovedi opreme, in ni mogoče vsakega simptoma zaznati z eno samo metodo. Nekatera podjetja imajo močan program vibracij, ampak to je vse. Drugi imajo lahko dober program infrardeče termografije, vendar jim primanjkuje dobra rešitev analize olja. Potreben je širši pristop.



Slika 1: Metode tehnične diagnostike

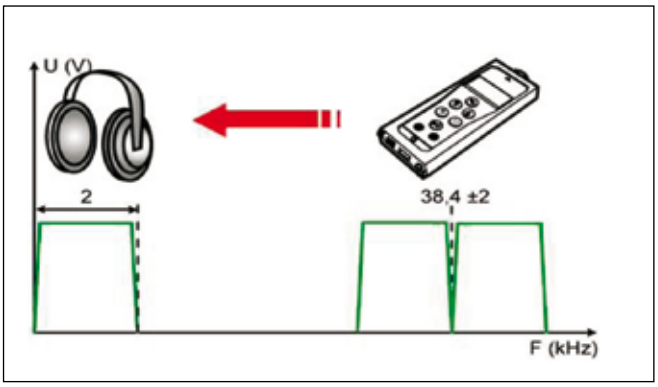
Ena izmed metod za nadzor stanja opreme je **ultrazvočna diagnostika**, ki omogoča zgodnje odkrivanje napak, optimizacijo mazanja in povečanje zanesljivosti opreme. Napredek v ultrazvočni tehnologiji omogoča zaznavanje različnih mehanskih in električnih anomalij, ki jih druge diagnostične metode pogosto spregledajo.

Mednarodni standard **ISO 29821:2018** določa splošne smernice, postopke in validacijo za uporabo ultrazvoka pri nadzoru in diagnostiki strojev. Standard vključuje metode za zbiranje podatkov, ocenjevanje rezultatov in vzpostavljanje pravilnih indikatorjev stanja, kar omogoča natančno in ponovljivo uporabo ultrazvočne tehnologije v industriji.

V tem članku bomo predstavili ultrazvok kot metodo tehnične diagnostike, njegove ključne aplikacije ter pomen ultrazvočne podpore pri mazanju strojev.

2. Osnove ultrazvoka v tehnični diagnostiki

Ultrazvok je mehanski val, ki ima frekvenco nad 20 kHz, kar presega slišni spekter človeškega ušesa. V strojegradnji in vzdrževanju se ultrazvočna diagnostika uporablja za zaznavanje napak, ki jih povzročajo: trenje, turbulence, udarci, kavitacija, električna praznjenja.



Slika 2: Heterodinski detektor ultrazvoka

Uporaba heterodiniranja za ustvarjanje zvočnega signala iz ultrazvoka nam omogoča, da ga ne samo poslušamo, temveč tudi analiziramo za oceno stanja stroja. Večina ultrazvočnih detektorjev deluje na določeni frekvenci (npr. 38,4 kHz), kar omogoča ponovljivost meritev in natančno spremljanje progresije napak.

3. Nadzor stanja strojev z ultrazvokom

Večina detektorjev uporablja od enega indikatorja do štirih indikatorjev stanja ultrazvoka, od katerih se trije merijo (RMS, Max.RMS, Peak), medtem ko je četrti izračun (Crest faktor; Peak/RMS).

RMS prikazuje energijo trenja, turbulence, ionizacije v časovnem intervalu meritve.

Max RMS prikazuje vse to, vendar v časovnem intervalu 0,25 sekunde.
Peak označuje maksimalno vrednost, ki se doseže v času meritve.

Z vsemi štirimi parametri lahko nadzorujemo stanje strojev in opreme, saj se fizikalni pojavi spremenijo zaradi nepravilnosti delovanja elementov strojev.

4. Aplikacije ultrazvoka v industriji

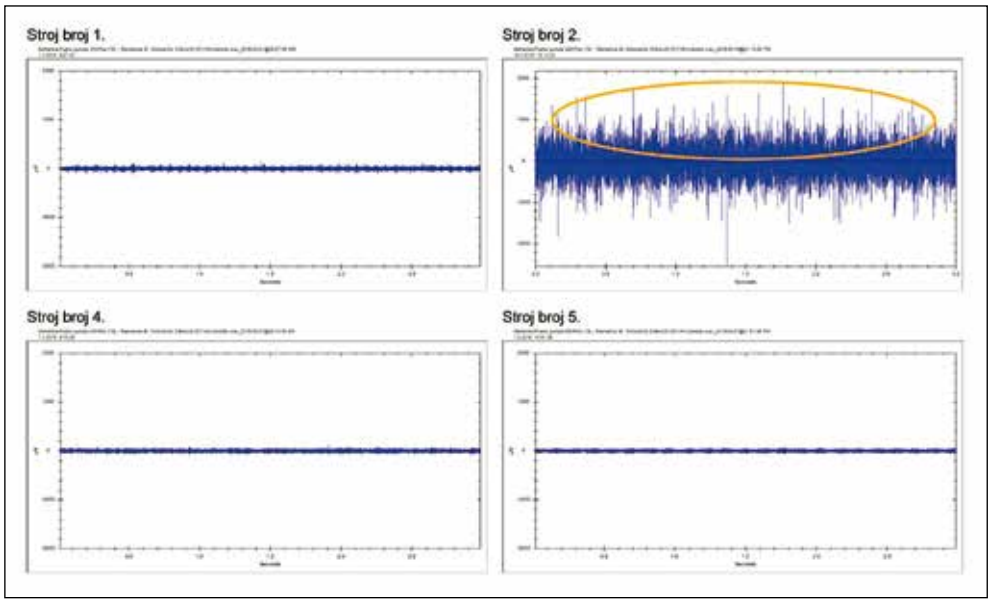
Ultrazvočna diagnostika se uporablja v različnih aplikacijah, med katerimi so najpomembnejše:

- **Nadzor ležajev**: Ultrazvok omogoča spremljanje trenja v ležajih in identifikacijo zgodnjih znakov obrabe.
- **Detekcija puščanja**: S to metodo lahko odkrijemo uhajanje stisnjenega zraka, plinov in vakuuma, kar prispeva k energetski učinkovitosti.
- **Nadzor parnih pasti**: Zaznavanje okvarjenih parnih pasti pripomore k optimizaciji parnih sistemov in zmanjšanju stroškov.
- **Pregled električnih komponent**: Ultrazvok je uporaben za odkrivanje delnih razelektritev, ki lahko vodijo do električnih okvar in izpadov.

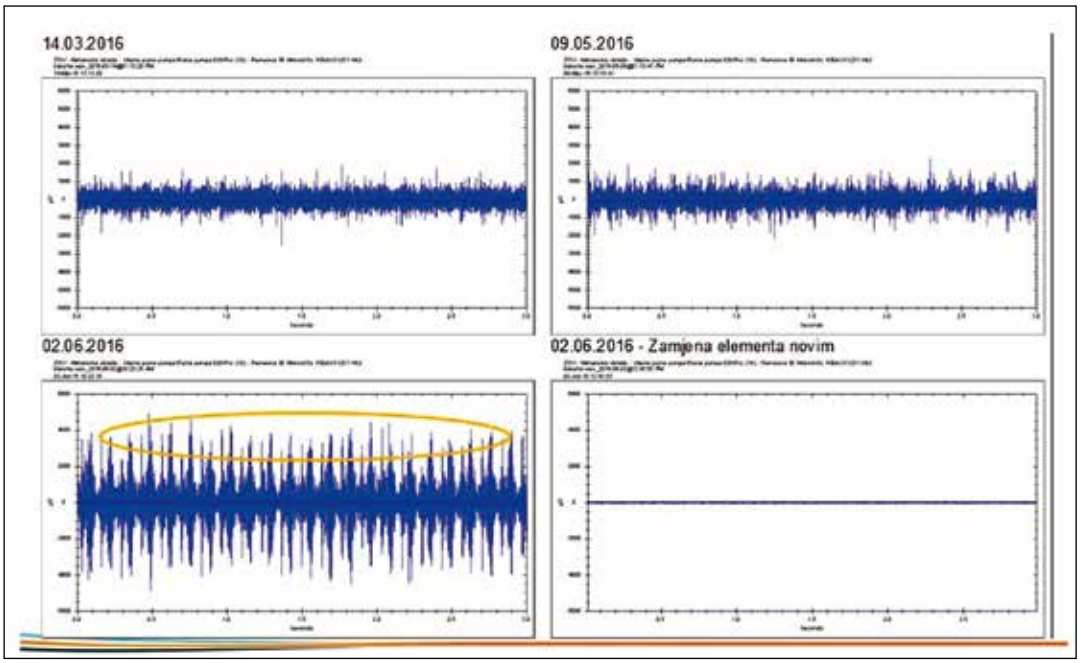


Slika 4: Ultrazvok zaznava signale na razdalji 50 m

- **Spremljanje hidravličnih sistemov**: Ultrazvok omogoča hitro odkrivanje kavitacije in drugih anomalij v hidravličnih sistemih.



Slika 3: Enostavno ugotavljanje okvar s primerjavo enakih ležajev, ki so vgrajeni v enake stroje enako časa pri enaki obremenitvi



Slika 4: Dinamični (časovni) signali meritve ultrazvoka, zasledujemo lahko povečevanje trenja v časovnem intervalu do zamenjave ležaja z novim

5. Pomen ultrazvočne podpore pri mazanju strojev

Trenje je eden od elementarnih problemov in dejansko je prisotno povsod okoli nas. Problemi, povezani z mazanjem, pa so eden glavnih razlogov za nezanesljivost gibljivih delov strojev.

Velik del znanstvene sfere in inženirjev se trudi izboljšati olja in maziva in avtomatizirati procese mazanja. V zadnjih letih je prišlo do vidnega izboljšanja na področju mazanja. Na žalost pa v ta napredek do določene meje niso bili vključeni delavci, ki skrbijo za mazanje strojev. Pozabilo se je na njihovo izobraževanje o novostih in tudi na njihove pogoje dela. Lahko zaključimo, da so izvajalci mazanja v podjetjih pristali na dnu hierarhije v podjetju. Nastala je miselnost v podjetjih, da je aktivnost mazanja strojev v podjetju dolgočasna, da lahko to delo opravlja kdorkoli, brez posebnega znanja, če je le možno, se ji izognimo.

Lahko zaključimo, da se v večini primerov v podjetjih obravnava aktivnost mazanja strojev kot obrobna dejavnost in se pristopa do nje kot do manj pomembne. Ravno zato se dogaja v podjetjih, da ta dela opravljajo neambiciozni in premalo izobraženi delavci. Posledica takšnega stanja pa je nekvalitetno opravljen postopek mazanja, kar ima za posledico manjšo produktivnost strojev in večkratne okvare strojev. Prav zaradi teh vzrokov so začeli razvijati avtomatske sisteme mazanja, ki pa tudi niso rešitev problema, če niso v skladu s potrebami stanja stroja.

Ena izmed ključnih prednosti ultrazvočne diagnostike je njena uporaba pri mazanju ležajev. Mazanje je bistvenega pomena za dolgo življenjsko dobo ležajev, vendar je pogosto izvedeno napačno – bodisi premalo bodisi preveč.

Zakaj je ultrazvok ključen pri mazanju?

- Omogoča natančno določanje količine masti, ki jo ležaj potrebuje.
- Zmanjšuje tveganje za prekomerno mazanje, ki lahko povzroči pregrevanje ležajev.
- Z ultrazvočnimi instrumenti je mogoče določiti optimalni interval mazanja.

Raziskave kažejo, da kar 40 % odpovedi ležajev povzroči napačno mazanje. S pravilno uporabo ultrazvoka pri mazanju pa je možno to stopnjo znižati pod 10 %.

6. Zaključek

Ultrazvok kot metoda tehnične diagnostike ima ključno vlogo pri izboljšanju vzdrževalnih procesov in povečanju zanesljivosti strojev. Njegova uporaba pri mazanju, odkrivanju napak in optimizaciji delovanja strojev pripomore k zmanjšanju stroškov vzdrževanja ter povečanju operativne učinkovitosti. Podjetja, ki v svoje vzdrževalne strategije vključijo ultrazvočne metode, pridobijo konkurenčno prednost in izboljšajo upravljanje industrijske opreme. Uvajanje ultrazvoka v industrijsko prakso prinaša dolgoročne koristi in omogoča boljše odločitve pri vzdrževanju strojev.

Sistematična uporaba ultrazvočne diagnostike je ključen korak k doseganju večje zanesljivosti in optimizacije strojev ter celotne industrijske infrastrukture.

LITERATURA:

[1] ISO 29821:2018. Condition Monitoring and Diagnostics of Machines – Ultrasound – General Guidelines, Procedures, and Validation. International Organization for Standardization

[2] Hickling, R. (2019). *Ultrasonic Detection of Machinery Faults: The Science Behind the Method*. Acoustical Society of America.

[3] Rienstra, A. (2019). *Ultrasound in Predictive Maintenance: Reducing Failures and Energy Costs*. SDT International

[4] Murphy, T., Rienstra (2014), A. Hear More: A guide to using ultrasound for leak detection and condition monitoring Reliabilityweb.com

[5] SDT International (2021). *The LubExpert Guide to Ultrasound Assisted Lubrication*

ABSTRACT

METHODS OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF ROTATING MACHINES

Ultrazvok kot metoda tehnične diagnostike ima ključno vlogo pri izboljšanju vzdrževalnih procesov in povečanju zanesljivosti strojev. Njegova uporaba pri mazanju, odkrivanju napak in optimizaciji delovanja strojev pripomore k zmanjšanju stroškov vzdrževanja ter povečanju operativne učinkovitosti. Podjetja, ki v svoje vzdrževalne strategije vključijo ultrazvočne metode, pridobijo konkurenčno prednost in izboljšajo upravljanje industrijske opreme. Uvajanje ultrazvoka v industrijsko prakso prinaša dolgoročne koristi in omogoča boljše odločitve pri vzdrževanju strojev. Sistematična uporaba ultrazvočne diagnostike je ključen korak k doseganju večje zanesljivosti in optimizacije strojev ter celotne industrijske infrastrukture.

Keywords: ultrasound, diagnostics, lubrication, machine condition monitoring



MARCELINO

Asset Management

Povečajte učinkovitost in zmanjšajte zastoje z našim inovativnim programom za vzdrževanje strojev

EasyTask

SCAN ME



EasyTask.si

Zakaj EasyTask.si?

Ključne funkcionalnosti

- Izkaznica stroja z vsemi ključnimi podatki.
- Prednapolnjene forme za periodično vzdrževanje.
- Implementacija modula za zbiranje e-naslovov pri pošiljanju opozoril, vezane na želeno entiteto.
- Prilagodljive tabele glede na specifikacije proizvodnje.
- Pravice in dodeljevanje nalog vzdrževalcem.
- Hierarhija področij za boljši pregled.
- Upravljanje okvar, ki niso vezane na specifično sredstvo.
- Sistem za samodejna opozorila.
- Napredno upravljanje zalog rezervnih delov.
- Napredna statistika strojev.

Zmanjšanje zastojev: Pravočasna obvestila in boljši nadzor nad okvarami zmanjšujejo nepredvidene zastoje.

Povečanje produktivnosti: Avtomatizirano dodeljevanje nalog in enostavno spremljanje napredka pospešita vzdrževalne procese.

Prihranek časa in denarja: Optimizacija vzdrževanja, avtomatizirana evidenca in nadzor nad zalogami zmanjšujejo stroške.

Večja varnost: Z natančnimi zapisi vzdrževanja in možnostjo sledljivosti zagotovite, da so vsi postopki izvedeni skladno s pravili.

Marcelino d.o.o. Kranjčeva ulica 4, 3000 Celje +386(0)31 324 100 info@marcelino.com



vzdrževalec.si

Vaš partner za učinkovito usposabljanje

Optimizirajte procese vzdrževanja z udeležbo na odličnih strokovnih usposabljanjih

• Investicijsko in tekoče vzdrževanje
Zakonodajne zahteve

• Šola ASSET MANAGEMENTA za sodobne proizvodne in infrastrukturne sisteme
Celovito obvladovanje investicij in vzdrževanja strojev, opreme, naprav, nepremičnin … | Predstavitev vseh ISO, EN, TP CEN/TR, … standardov, ki so relevantni za to področje

• Izredne situacije | Preventiva, ukrepanje in obvladovanje tveganj v podjetjih oz. organizacijah in okolju
Izdelajte načrt za hitri odziv in sprejemanje pravih odločitev ob izrednih dogodkih, nesrečah, naravni ujmi, kriznih situacijah, …

• VARNO VZDRŽEVANJE v proizvodni in infrastrukturni dejavnosti - LOTO (Lock out / Tag out = Zakleni / Označi)
Osamitev opreme, odstranitev virov energije, zaklepanje in označevanje pri vzdrževanju s ciljem nič nezgod

• Strokovni varnostni pregled delovne opreme, strojev in naprav
Zakonodajne zahteve, standardi in periodika

• Obratovanje in vzdrževanje električnih inštalacij in postrojev – v skladu s predpisi in slovenskim standardom SIST EN-50110
Obveznosti delodajalca in delojemalca za varno delo na električnih inštalacijah in postrojih ter obvezni INTERNI PRAVILNIKI

• PRAVILNIKI, STANDARDI in TEHNIČNE SMERNICE za nizkonapetostne inštalacije in zaščito pred delovanjem strele
Vse na enem mestu

• Zaščita pred delovanjem strele in prenapetostna zaščita
Novi Pravilnik in Tehnična smernica

• Delo pod napetostjo - uspešno izvajanje v praksi
Pridružite se vi ali vaši sodelavci že več kot 500 usposobljenim za delo pod napetostjo (DPN)

• Obvladovanje ELEKTROSTATIKE v delovnem okolju
V proizvodnji elektronike kot ESD zaščita, v »EX« področjih, tam, kjer so v prostorih in na izdelkih zahteve po tehnični čistoči, v čistih sobah, v prostorih, kjer potekajo dela s prašnimi materiali in tudi v dejavnostih kot so medicina, optika, finomehanika, telekomunikacije, v dejavnostih kjer se predelujejo termoplasti, plastični izdelki, …

• Protieksplozijska zaščita - usposabljanje za varno delo v eksplozijsko ogroženih prostorih in preverjanje usposobljenosti (osnovno in obnovitveno usposabljanje)

• HRANILNIKI ELEKTRIČNE ENERGIJE – neodvisna in zanesljiva (samo)oskrba z električno energijo
Nova zakonodaja in tehnologije, Tehnične smernice, zadnje stanje tehnike in subvencije

• OBVEZNO zagotavljanje in preverjanje varnosti delovanja SONČNIH ELEKTRARN
Nova zakonodaja in nove Tehnične smernice

• POUČEN UPRAVLJALEC MALE ELEKTRARNE – zakonsko obvezno usposabljanje lastnikov
Lastnik male elektrarne je odgovoren za varno in zanesljivo obratovanje male elektrarne in je lahko kaznovan v kolikor ne izpolnjuje zakonodajnih zahtev | Usposabljanje v skladu s prenovljeno zakonodajo

• Zanesljivo delovanje ePOLNILNIC in oskrbovalnih postaj za vodik
Standardi, tehnične smernice in zakonodaja za varno upravljanje, vzdrževanje in obratovanje

• Planiranje in vodenje naročniške oz. maloserijske proizvodnje
Prilagodljivost in učinkovitost proizvodnega procesa | Vloga umetne inteligence

• Optimizacija proizvodnih procesov | Sodobne digitalne rešitve in umetna inteligenca
Učinkovita integracija sistemov SCADA, MES, ERP

• Vodja "z leskom v očeh"- sodobni načini vodenja in motiviranja sodelavcev
Pritegnite sodelavce kot magnet, izžarevajte navdušenje in ga prenesite naprej

Stegne 7, 1000 Ljubljana 01/511-39-20 www.vzdrzevalec.si

vzdrževalec.si

Piše: **mag. Ivan Božič**, univ. dipl. inž. el., Zavod za varstvo pri delu d. o. o.



ZAHTEVE GLEDE VZDRŽEVANJA IN PREGLEDOV DELOVNE OPREME, DVIGAL, OPREME POD TLAKOM IN SISTEMOV AKTIVNE POŽARNE ZAŠČITE

Redno vzdrževanje in preverjanje tehničnih proizvodov ali sistemov, ki jih uporabljamo pri opravljanju raznih dejavnosti ali pa so trajno vgrajeni v stavbe zaradi izpolnjevanja njenih bistvenih zahtev po gradbenih predpisih, je bistvenega pomena za njihovo varno uporabo, zanesljivo delovanje in dolgo življenjsko dobo.
Nedavno smo v Sloveniji dopolnili krovni zakon o tehničnih zahtevah za proizvode, ki sedaj ureja tudi njihovo uporabo pri končnem uporabniku. Za kršitelje so zagrožene visoke globe.

V prispevku so povzeti podzakonski predpisi – pravilniki za nekatere najpogosteje uporabljene skupine tehničnih proizvodov, s katerimi so podane zahteve glede njihovega preverjanja, vzdrževanja in varne uporabe.

Ključne besede: dvigala, sistem aktivne požarne zaščite (SAPZ), delovna oprema, oprema pod tlakom.

1. Uvod

Za določene skupine proizvodov obstajajo predpisi s pogoji za njihovo varno uporabo in preverjanja. V nekaterih primerih gre za posebne predpise (stroji, električna oprema, oprema pod tlakom, APZ), v primeru osebnih in tovorno osebnih dvigal pa imamo pravilnik, ki hkrati ureja pogoje dajanja na trg in varne uporabe dvigal. Ministrstvo, pristojno za prost pretok blaga, ima ustrezno pravno podlago za izdajo tovrstnih celovitih predpisov šele od februarja 2023, po uveljavitvi **Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (ZTZPUS-1A)**. ZTZPUS-1A ureja pogoje dajanja proizvodov na trg, dostopnosti na trgu **in varne uporabe**, tehnične zahteve za proizvode, postopke ugotavljanja skladnosti, zahteve in postopek določitve organov, ki sodelujejo v postopkih ugotavljanja skladnosti, in listine, ki morajo biti priložene ob dostopnosti na trgu oziroma ob začetku uporabe.

Varna uporaba je uporaba proizvoda pri končnem uporabniku v skladu s predpisanimi zahtevami, vključno s preverjanjem in zagotavljanjem varnosti delovanja, vzdrževanjem proizvoda in reševanjem.

Pristojno ministrstvo izda predpis, s katerim podrobneje predpiše tehnične zahteve za proizvode, postopke ugotavljanja skladnosti, vključno z rednimi in izrednimi pregledi proizvodov v uporabi, zahteve za označevanje proizvodov, zagotavljanje varnosti delovanja, vključno z varnostjo delovanja, razvoja in uporabe na področju umetne inteligence, interneta stvari in robotike, vzdrževanje proizvoda in reševanje, kadar je to nujno zaradi zaščite javnega interesa, ki se izkazuje kot:

- zagotovitev varnosti,
- varovanje življenja in zdravja ljudi, živali in rastlin,
- varstvo potrošnikov in drugih uporabnikov,
- varstvo okolja,
- varstvo premoženja,
- dostopnost proizvodov invalidom.

Lastnik in skrbnik proizvoda morata za zagotavljanje varne uporabe proizvoda zagotoviti periodično preverjanje in varnost delovanja, vzdrževanje proizvoda in reševanje. Podrobnejše zahteve za izpolnjevanje teh obveznosti se določijo v predpisih za proizvode.

Izvajanje določb tega zakona in na njegovi podlagi izdane predpise nadzorujejo inšpekcijski organi, pristojni za posamezno vrsto proizvodov, v skladu s predpisi, ki določajo pristojnosti in naloge pristojnih inšpekcijskih organov, ki imajo na podlagi tega zakona pooblastila, da:

- od gospodarskih subjektov zahtevajo predložitev pomembnih dokumentov, tehnične dokumentacije, tehničnih specifikacij, podatkov ali informacij v zvezi s skladnostjo in tehničnimi vidiki proizvoda, vključno z dostopom do vdelane programske opreme, če je takšen dostop potreben za oceno skladnosti proizvoda, v kakršni koli obliki ali formatu in neodvisno od nosilca ali mesta, na katerem so

dokumenti, tehnična specifikacija, podatki ali informacije shranjeni, ter za izdelavo ali pridobitev njihove kopije.
- od gospodarskih subjektov zahtevajo predložitev pomembnih informacij o dobavni verigi, distribucijskem omrežju, količini proizvodov na trgu in drugih modelih proizvodov z enakimi tehničnimi lastnostmi, kot jih ima zadevni proizvod, kadar je to potrebno zaradi skladnosti z veljavnimi predpisi;
- od gospodarskih subjektov zahtevajo predložitev pomembnih informacij, potrebnih za dokazovanje lastništva spletnih mest, kadar se te informacije nanašajo na zadevo, ki se preiskuje;
- nenajavljeno izvedejo preverjanje na kraju samem in fizične preglede proizvodov;
- pridobijo vzorce proizvodov, vključno pod skrivno identiteto, z namenom, da jih pregledajo in odkrijejo ter pridobijo dokaze o njihovi neskladnosti;
- vstopijo v katero koli prevozno sredstvo, ki ga gospodarski subjekt uporablja za svoje trgovske, poslovne, obrtne ali poklicne dejavnosti, da se odkrije neskladnost in pridobijo dokazi;
- izvedejo ustrezne preglede in preizkuse proizvodov, potrebne za ugotavljanje njihove skladnosti s predpisi, tudi po tem, ko so bili ti dostopni na trgu, bili dani na trg ali se uporabljajo.

Pristojni inšpektorji v primeru kršitev zakona ali drugega predpisa lahko odredijo številne ukrepe: odpravo neskladnosti proizvodov, omejijo njihovo uporabo (lahko samo začasno), odredijo prenehanje njihove uporabe ali celo uničenje, če je to nujno za zavarovanje življenja in zdravja ljudi, živali in rastlin, okolja ali premoženja.

Z globo od 800 do 3.000 evrov se za prekršek kaznujeta lastnik in skrbnik proizvoda – pravni osebi, če ne upoštevata zahtev glede preverjanja in zagotavljanja varnosti delovanja, vzdrževanja proizvoda in reševanja v obsegu in na način, ki je potreben za zagotovitev zaščite javnega interesa. Nekoliko nižje globe so predpisane za lastnika in skrbnika proizvoda – samostojnega podjetnika posameznika ali posameznika, ki samostojno opravlja dejavnost in za odgovorno osebo pravne osebe.

2. Osebna in tovorno-osebna dvigala

Pravilnik o varnosti dvigal (ur. list RS št. 44/24) celovito ureja področje **osebnih in tovorno-osebnih dvigal** (liftov) in varnostnih komponent za dvigala. Poleg zahtev za dajanje na trg in v uporabo opredeljuje tudi zahteve za zagotavljanje varnosti dvigal med obratovanjem. Področja vzdrževanja, skrbništva in reševanja iz dvigal so v novem pravilniku obsežno in podrobno obravnavana.

2.1 Odgovornost lastnika dvigala

V skladu z novim Pravilnikom mora lastnik dvigala za zagotavljanje varne uporabe:



Slika 1: Redno vzdrževanje dvigala je nujno in ključno za zagotavljanje zanesljivega delovanja in varne uporabe (Vir: lasten)

- vzdrževanje dvigala s pogodbo poveriti vzdrževalcu dvigala,
- reševanje iz dvigala poveriti ustrezno usposobljenemu reševalcu,
- skrbništvo dvigala poveriti skrbniku dvigala. Zagotovi tudi, da so ustrezna navodila na voljo osebju, ki izvaja te dejavnosti. V kontrolni knjigi dvigala morajo biti vpisani podatki o vzdrževalcu, osebah, ki izvajajo reševanje iz dvigala, in o skrbniku dvigala.

2.2 Vzdrževanje dvigala

Vzdrževanje dvigala pomeni izvajanje ukrepov za zagotavljanje varnega obratovanja dvigala in njegovih sestavnih delov v skladu z namenom od vgradnje do konca uporabe. Vključuje tudi čiščenje, mazanje, preglede, nastavljanje in prilagoditve ter popravilo ali zamenjavo komponent v skladu z navodili monterja. Izvaja se **v časovnih intervalih v skladu z navodili monterja**.

Vzdrževalec dvigala je usposobljena pravna oseba ali usposobljeni samostojni podjetnik posameznik (v nadaljnjem besedilu: vzdrževalec), ki zagotavlja vzdrževanje dvigala v imenu lastnika. Seznanjen je z navodili za vzdrževanje dvigala in z ustreznimi deli kontrolne knjige. Vzdrževalec mora imeti zaposlenega vsaj enega ustrezno usposobljenega (predpisano uvajanje in mentorstvo) serviserja dvigal.

Vzdrževalec tudi nemudoma nudi pomoč osebi, ki izvaja reševanje iz dvigala, če s postopki v skladu z navodili za reševanje ni mogoče rešiti ujetih ljudi iz kabine dvigala.

2.3 Skrbništvo dvigala

Skrbnik dvigala je fizična oseba, ki ji lahko lastnik poveri skrb za dvigalo in njegovo obratovanje. Če skrbnik ni posebej določen, njegove naloge izvaja lastnik oziroma odgovorna oseba lastnika. Skrbnik je odgovoren za dvigalo in njegovo delovanje. Seznanjen mora biti z navodili za skrbništvo dvigala in z ustreznimi deli kontrolne knjige.

Med obratovanjem skrbnik redno preverja dvigalo v skladu z navodili proizvajalca, da se prepriča, da ni na njem nobenih okvar, ki bi lahko ogrozile zdravje in varnost uporabnikov. Skrbnik ne sme vstopati v jašek in na streho kabine. Pomanjkljivosti ali okvare nemudoma sporoči lastniku in vzdrževalcu ter jih vpiše v kontrolno knjigo dvigala. Če so pomanjkljivosti ali okvare tolikšne, da ogrožajo varno uporabo dvigala, skrbnik takoj prepreči uporabo dvigala.

2.4 Reševanje iz dvigala

Lastnik zagotovi, da je v kabini dvigala ves čas obratovanja na voljo dvosmerna povezava s klicnim centrom prek sistema sporočanja in alarmiranja na daljavo za klice v sili. V stavbah s stalno recepcijo je dopustna interna dvosmerna govorna povezava do tega mesta pod pogojem, da s tem nista zmanjšani hitrost in strokovnost reševanja iz dvigala.
Lastnik poveri reševanje iz dvigala osebam, ki so lahko:

- osebje klicnega centra, ki opravlja storitev reševanja iz dvigala,
- osebje, zaposleno v stavbi s stalno recepcijo,
- usposobljeno osebje monterja ali vzdrževalca.

Oseba, ki ni monter ali serviser, mora opraviti teoretično in praktično usposabljanje o reševanju iz dvigala, o čemer prejme potrdilo. Veljavnost potrdila je največ pet let.

2.5 Periodični in prevzemni pregled dvigala

Lastnik osebnega ali tovorno-osebnega dvigala mora zagotoviti periodični pregled dvigala **najmanj enkrat na leto**. Preglede izvaja pooblaščeni organ. Pri periodičnem pregledu je obvezna prisotnost serviserja. Periodični pregled dvigala zajema vse preglede in preskuse, ki so potrebni, da pooblaščeni organ lahko ugotovi skladnost posameznega dvigala v uporabi.

Če pooblaščeni organ med periodičnim pregledom odkrije neskladnosti, ki lahko ogrozijo varnost in zdravje uporabnikov dvigala, mora serviser na zahtevo pooblaščenega organa takoj ustaviti obratovanje dvigala. Pooblaščeni organ o tem nemudoma pisno obvesti pristojni inšpektorat in lastnika.
Lastnik dvigala poskrbi tudi za prevzemni pregled dvigala, po vsaki njegovi bistveni spremembi je treba opraviti preglede in preskuse, s katerimi se ugotovi, ali dvigalo izpolnjuje bistvene zdravstvene in varnostne zahteve iz Pravilnika o varnosti dvigal. Prevzemni pregled dvigala zajema vse preglede in preskuse, ki so potrebni, da pooblaščeni organ lahko ugotovi skladnost posameznega dvigala, ki se ga prvič daje v obratovanje, po vsaki njegovi bistveni spremembi in po vsaki nezgodi. Odločitev o obsegu prevzemnega pregleda sprejme pooblaščeni organ.

Kot bistveni spremembi na dvigalu se štejeta zlasti:

- sprememba nazivne hitrosti, nazivne nosilnosti, teže kabine oziroma protiuteži, višine dviga;
- sprememba ali zamenjava:
  - varnostnih komponent,
  - krmilja,
  - vodil ali tipa vodil,
  - tipa vrat (ali dodatna vgraditev enih ali več jaškovnih vrat ali kab. vrat),
  - pogonskega stroja ali pogonske vrvenice, dvižnega cilindra.

3. Delovna oprema

Delovna oprema je vsak stroj, aparat, orodje, naprava in druga oprema, ki se uporablja pri delu. Zahteve glede varne uporabe so za nekatere vrste delovne opreme (lifti, opreme pod tlakom z visoko stopnjo nevarnosti) urejene s posebnimi predpisi, za vse ostale je treba upoštevati **Pravilnik o varnosti in zdravju pri uporabi delovne opreme (Uradni list RS, št. 101/2004).**

Za vsako delovno opremo morajo biti na razpolago ustrezna dokumentacija, listine, navodila za varno uporabo, preskušanje in vzdrževanje delovne opreme. Navodila za varno delo in obratovanje morajo biti napisana v delavcu razumljivem jeziku.

3.1 Vzdrževanje delovne opreme

Pravilnik določa, da mora delodajalec:

- zagotavljati delavcem brezhibno delovno opremo, ki ne ogroža varnosti in zdravja delavcev, varnosti imetja in naravnega okolja,
- delovno opremo vzdrževati v skladu z navodili proizvajalca tako, da je ves čas uporabe ustrezna in varna za uporabo,
- da se vzdrževalna dela izvajajo samo takrat, ko je delovna oprema izključena. Če to ni mogoče, mora zagotoviti, da takšna dela ne predstavljajo nevarnosti za poškodbo ali zdravstveno okvaro delavca,
- voditi evidenco vzdrževanja delovne opreme.

3.2 Pregledi delovne opreme

Pravilnik opredeljuje tudi, da mora delodajalec zagotoviti, da delovno opremo po namestitvi in pred prvim zagonom, ali po premestitvi na drugo delovno mesto, pregleda pristojna oseba, ki izda potrdilo, da je delovna oprema pravilno nameščena in da deluje v skladu s predpisi.
Zahteva se tudi periodično preverjanje, in sicer:

- v rokih, ki jih je določil proizvajalec;
- v primeru, da proizvajalec ne določi rokov, mora delodajalec zagotoviti periodične preglede in preskuse v rokih, ki ne smejo biti daljši od **36 mesecev**;

- delovno opremo, s katero se jedke snovi (korozivne, agresivne) obdelujejo, predelujejo ali uporabljajo v druge namene, opravljajo v rokih, ki ne smejo biti daljši od **24 mesecev**.

Pri pregledu delovne opreme se posveti posebna pozornost pregledu dokumentacije in varnosti pri uporabi. Če je primerno, pregled zajema tudi:
- opremljenost z osnovnimi podatki, napisi, opozorili v slovenskem jeziku na krmilnih in signalnih napravah,
- ustreznost namembnosti uporabe, lokacije in postavitve,
- pregled brezhibnosti priključitve na vire energije in ustreznost varoval pred preobremenitvami,
- ergonomsko opremljenost in urejenost delovnega mesta,
- pregled konstrukcijskih elementov,
- pregled brezhibnosti varnostnih naprav,
- pregled funkcionalnih elementov strojnega dela opreme,
- kontrolo izvedenih ukrepov za preprečitev škodljivosti pri uporabi nevarnih snovi (prah, plini, lahko vnetljive snovi itd.),
- pregled in preverjanje ozemljil in ostalega varovanja pred nevarnostjo električnega toka,
- seznanjenost delavcev z navodili za varno delo in vzdrževanje in uporabo osebne varovalne opreme,
- pregled transportnih površin, neposredno povezanih z delovno opremo,
- pregled načina opravljanja dnevnih, mesečnih, letnih pregledov in preskusov in vzdrževanja delovne opreme,
- ugotavljanje možnih negativnih vplivov delovnega okolja (temperatura, vlaga, hrup, razsvetljava, vibracije, sevanje itd).

Pri pregledu in preskusu delovne opreme se opravijo potrebne meritve mehanskih, električnih in ostalih veličin, ki so predpisane v pravilnikih in standardih. V primeru prisotnosti kemijskih ali fizikalnih škodljivosti (prah, aerosoli, plini, pare) se zahteva poročila akreditiranih laboratorijev.

Pregled in preskus delovne opreme se opravljata tudi:
- po premestitvi na drugo delovno mesto, ob spremembi načina dela,
- po poškodbi opreme pri delu,
- v primeru nevarnega pojava,
- po daljšem obdobju nedelovanja.

Zunanji izvajalci pregledov in preskusov delovne opreme morajo pridobiti **dovoljenje za delo**, ki ga izdaja ministrstvo, pristojno za področje varnosti in zdravja pri delu.

4. Tlačna oprema

Pravilnik o pregledovanju in preskušanju opreme pod tlakom (Uradni list RS, št. 92/2008) določa vrste, postopke in roke pregledov in preskusov tlačne opreme, sklopov in enostavnih tlačnih posod (oprema pod tlakom) pri dajanju v uporabo in v uporabi. Pravilnik določa tudi dolžnosti uporabnika in organa za periodične preglede v okviru zagotavljanja varne uporabe opreme pod tlakom.

Tlačna oprema vključuje posode, cevovode, varovalno opremo in tlačni pribor. Vsebuje tudi elemente, pripojene k delom pod tlakom, kot so prirobnice, nastavki, spojke, podpore, dvižne zanke itd.

Posoda je lahko sestavljena iz več kot enega prostora in pomeni zaključeni sestavni del tlačne opreme, načrtovane in zgrajene tako, da vsebuje fluide pod tlakom. Tlak pomeni relativen tlak proti atmosferskemu tlaku, torej nadtlak. Podtlak je označen kot negativna vrednost.

Varovalna oprema vključuje naprave, namenjene za varovanje tlačne opreme pred prekoračitvijo dovoljenih mejnih vrednosti – naprave za neposredno omejevanje tlaka, kot so varnostni ventili, naprave z varovalnim diskom, naprave z varovalnim klecnim vretenom …

Fluidi (delovni medij) so lahko plini, tekočine ali pare v enoviti fazi, kakor tudi njihove mešanice, in so razvrščeni v dve skupini:
- Skupina 1 – nevarni fluidi (eksplozivni, zelo lahko vnetljivi, vnetljivi, zelo strupeni, strupeni, oksidirajoči),
- Skupina 2 – vsi ostali fluidi, ki niso navedeni v prejšnji točki.

Oprema pod tlakom se glede na stopnjo nevarnosti razvršča v:
- opremo z nizko stopnjo nevarnosti in
- opremo z visoko stopnjo nevarnosti.

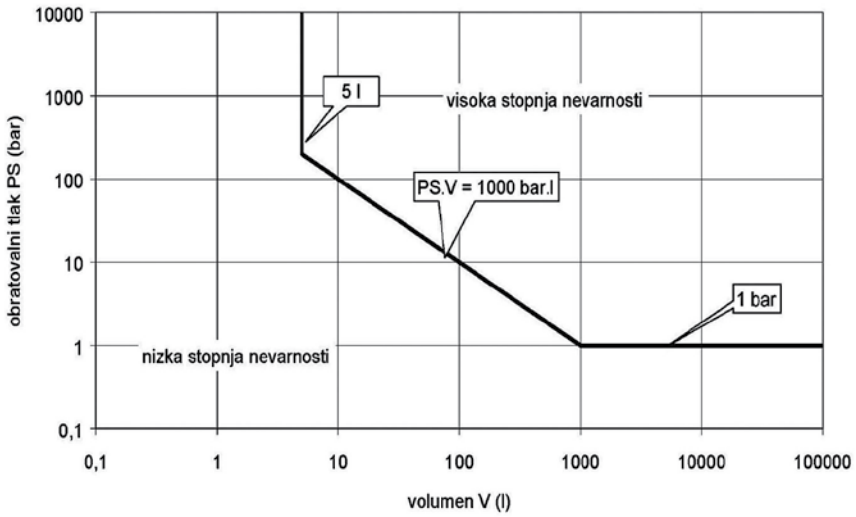
Razvrstitev opravi uporabnik ali **Organ za periodične preglede** (OPP) glede na vrsto opreme pod tlakom, vrsto fluida in parametre uporabe. Posoda z več prostori se razvrsti v najvišjo kategorijo vseh prostorov. Kjer prostor vsebuje več fluidov, se razvrsti glede na fluid iz najvišje kategorije.

4.1 Dolžnosti uporabnika opreme pod tlakom z visoko stopnjo nevarnosti

V primeru posode z visoko stopnjo nevarnosti mora uporabnik:
- zagotoviti uvodni pregled opreme pod tlakom,
- zagotoviti periodično pregledovanje opreme pod tlakom,
- v osmih dneh obvestiti ministrstvo o pričetku in prenehanju uporabe opreme,
- v osmih dneh obvestiti ministrstvo o vsaki spremembi podatkov na evid. listu.

Pristojno ministrstvo dodeli vsaki enoti opreme pod tlakom evidenčno številko, ki predstavlja identifikacijsko številko enote opreme pod tlakom in vodi seznam OPT z visoko stopnjo nevarnosti. Evidenčna številka mora biti navedena tudi na nalepki, ki jo organ za periodične preglede namesti na opremo po vsakem opravljenem pregledu.

Pregledi opreme pod tlakom se izvajajo le na osnovi sklenjene pisne pogodbe med uporabnikom in OPP, ki v sodelovanju z



Slika 2: Delitev opreme na nizko in visoko stopnjo nevarnosti v primeru posode brez nevarnosti pregrevanja (Vir: Pravilnik o pregledovanju in preskušanju opreme pod tlakom)

uporabnikom vodi **evidenco opreme pod tlakom,** ločeno za vsako enoto opreme pod tlakom. OPP in uporabnik morata hraniti vsak svoj izvod evidence opreme pod tlakom ter ostale pripadajoče dokumente z identično vsebino do izločitve opreme pod tlakom iz uporabe.

V okviru uvodnega pregleda in v sodelovanju z uporabnikom izdela OPP **katalog ukrepov**. Pri tem mora upoštevati navodila za vgradnjo, zagon, uporabo in vzdrževanje opreme pod tlakom, ki jih izdela proizvajalec. Katalog ukrepov je zbir ukrepov, ki so potrebni, da bi se v največji možni meri izognili nevarnostim, ki bi lahko ogrozile varno uporabo opreme pod tlakom.

OPP na podlagi obratovalnih zahtev in tehničnih značilnosti opreme pod tlakom z visoko stopnjo nevarnosti za opremo določi:
- poseben program (periode) periodičnih pregledov (če ga določi proizvajalec), ali
- predpisan program periodičnih pregledov (določen v prilogi III Pravilnika).

Vrste pregledov:
- uvodni pregled (pri dajanju nove opreme pod tlakom v uporabo ali ob prevzemu opreme pod tlakom v uporabi – ob sklenitvi pogodbenega razmerja z OPP)
- periodični pregled,
- izredni pregled.

Periodične preglede delimo na:
- zunanji pregled (pri najzahtevnejši posodi 1 x letno, pri ostalih na 2 leti ali na 5 let),
- notranji pregled (pri najzahtevnejši na 3 leta, pri ostalih na 10 let – ob trdnostnem preskusu),
- trdnostni preskus ali drug enakovreden, ustrezno validiran preskus (vsakih 6 ali 10 let).

V času izvajanja periodičnega pregleda se upoštevajo vse varnostne zahteve, ki jih je predpisal proizvajalec. Rok do naslednjega periodičnega pregleda začne teči z letom proizvodnje opreme pod tlakom oziroma z letom, v katerem je bil opravljen izredni pregled opreme pod tlakom.

Enostavna tlačna posoda je kakršnakoli varjena posoda, obremenjena z notranjim relativnim tlakom, višjim od 0,5 bara, za shranjevanje zraka ali dušika in ni predvidena za segrevanje z neposrednim plamenom (kurjenje).
- Največji delovni tlak posode ne sme prekoračiti 30 barov; produkt tega tlaka ter volumna posode (PS.V) ne sme prekoračiti 10 000 bar.l,
- najnižja delovna temperatura ne sme biti nižja od minus 50 °C in najvišja delovna temperatura ne sme biti višja od 300 °C za jeklene posode in 100 °C za posode iz aluminija ali aluminijevih zlitin.

4.2 Dolžnosti uporabnika opreme pod tlakom z nizko stopnjo nevarnosti

Uporabnik opreme pod tlakom z nizko stopnjo nevarnosti ni dolžan obvestiti ministrstva, pristojnega za trg, o pričetku in prenehanju uporabe tovrstne opreme. Odgovoren je za njeno varno uporabo. Upoštevati mora navodila proizvajalca o vgradnji, zagonu, uporabi in vzdrževanju te opreme.

Opravljati mora preglede in preskuse, ki jih določi proizvajalec opreme pod tlakom, in jih ustrezno dokumentirati. Dokumentacija o pregledih in preskusih mora biti vedno na vpogled pristojnemu organu za nadzor.

5. Sistemi aktivne požarne zaščite (SAPZ)

Od septembra 2019 je v uporabi **Pravilnik o nadzoru vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite (Uradni list RS, št. 53/19),** ki določa skupine vgrajenih sistemov aktivne



Slika 3: Primeri poškodb neustrezno vzdrževane opreme pod tlakom (Vir: ZVD)

požarne zaščite (v nadaljnjem besedilu: SAPZ), vrste in obseg nadzora, zavezance v postopku nadzora, pogoje za izvajalce in tehnične preglednike, postopek preizkusa SAPZ, obliko, vsebino in postopek izdaje poročila o opravljenem preizkusu ter potrdila o brezhibnem delovanju vgrajenega SAPZ.

Skladno s pravilnikom se nadzorujejo sistemi, ki so načrtovani in vgrajeni na podlagi tehničnih rešitev, s katerimi je doseženo izpolnjevanje bistvene zahteve varnosti pred požarom po predpisih in drugih normativnih dokumentih, ki urejajo graditev objektov.

Pomen izraza »nadzor vgrajenega sistema aktivne požarne zaščite« je razložen v 3. členu pravilnika, v katerem je navedeno, da obsega:
- preizkus vgrajenega SAPZ,
- tehnični nadzor vgrajenega SAPZ.

Pojem »nadzor« je v pravilniku uporabljen v nasprotju z uveljavljeno terminologijo na področjih gradnje objektov in ugotavljanja skladnosti (preskušanja, kontrole in certificiranja) proizvodov in storitev. Tudi izdajatelj predpisa je v zadregi, ko je potrebno razlagati, kaj je nadzor – da ni niti gradbeni niti inšpekcijski, da gre za tehnični nadzor (če prevedemo v razumljivejši jezik, je to vzdrževanje) in tisti, ki ni tehnični, in se v pravilniku imenuje preizkus, ki po pravilniku obsega praktični preizkus, pregled dokumentacije in vizualni pregled … Poleg navedene nenavadne uporabe pojma nadzor so bistvene novosti še naslednje:
- enotna periodika pregledov in preskusov vseh SAPZ, ki znaša sedaj **3 leta**; na novo definirane vrste SAPZ, ki so sedaj:
  - sistemi za odkrivanje in javljanje požara,
  - sistemi za odkrivanje in javljanje gorljivih plinov ali par,
  - sistemi za nadzor dima in toplote (NDT),
  - gasilni sistemi s tekočim, plinastim ali drugim gasilom,
  - varnostna razsvetljava in
  - drugi sistemi aktivne požarne zaščite.

Med »druge sisteme« prištevamo npr. avtomatska požarna ali evakuacijska vrata z lastnim sistemom za odkrivanje in javljanje požara, sistem za preprečevanje nastanka požara, ki deluje po principu znižane koncentracije kisika, sistem za rezervno oskrbo z energijo za vgrajen SAPZ, ki ni njegov sestavni del, ter sistem za preprečevanje požara v transportnih cevovodih in silosih.

5.1 Preizkusi SAPZ

Preizkus vgrajenega SAPZ se izvaja kot prvi, periodični ali kot ponovni preizkus po odpravi pomanjkljivosti ter obsega pregled dokumentacije in izvedenega stanja ter praktični preizkus delovanja vgrajenega SAPZ.

Preizkušanje SAPZ lahko opravlja le pravna oseba ali samostojni podjetnik, ki pridobi pooblastilo za preizkušanje vgrajenih sistemov aktivne požarne zaščite.

Če iz poročila o opravljenem preizkusu izhaja, da vgrajen SAPZ ni brezhiben, izvajalec preizkusov takšno poročilo pošlje zavezancu najkasneje v treh delovnih dneh od datuma njegove izdaje. Hkrati izvajalec preizkusov poročilo pošlje tudi na pristojni inšpektorat, če je pri preizkusu ugotovljena katera od naslednjih pomanjkljivosti:
- vgrajen SAPZ zaradi nepravilne vgradnje ali neskladne uporabe objekta ne izpolnjuje zahtev požarne varnosti iz projektne dokumentacije;
- vgrajen SAPZ ne deluje brezhibno in njegovega brezhibnega delovanja ni mogoče vzpostaviti v sedmih dneh.

Izvajalec preizkusov poročilo o opravljenem preizkusu pošlje na Inšpektorat Republike Slovenije za varstvo pred naravnimi in drugimi nesrečami tudi v primeru, če v tridesetih dneh od njegove izdaje ni mogel opraviti ponovnega preizkusa oziroma če je pri ponovnem preizkusu ugotovil, da pomanjkljivosti niso bile ustrezno odpravljene.

Zaradi enotnega roka veljavnosti se lahko sedaj pregledi vseh SAPZ v objektu izvedejo v istih terminih, vsaka 3 leta. Zavezanec v postopku nadzora SAPZ je lastnik ali uporabnik objekta.

5.2 Vzdrževanje SAPZ

Tehnični nadzor zajema kontrole, servise in vzdrževanje vgrajenega sistema v skladu z navodili proizvajalca, ki jih zavezanec ob vgradnji prejme skupaj s SAPZ. Izvajajo ga lahko le izvajalci, ki izpolnjujejo pogoje, ki jih glede tega predpišejo proizvajalci sistemov.

V referenčnem standardu SIST EN 54-14 *Sistemi za odkrivanje in javljanje požara ter alarmiranje, del 14, Smernice za načrtovanje, projektiranje, vgradnjo, preverjanje, uporabo in vzdrževanje* je



Slika 4: Najpogostejši elementi sistema za odkrivanje in javljanje požara – sedaj vključuje tudi podsisteme, ki so krmiljeni z isto požarno centralo (npr. javljanje plina, požarne lopute, dvigalo za gasilce …); za tak sistem se izda enotno potrdilo (Vir: lastni)

navedeno, da je treba večino funkcij požarne centrale preveriti kvartalno (4 x letno) s strani usposobljenega vzdrževalca. Ostali deli sistema ali ostali sistemi APZ se pregledujejo po navodilih proizvajalcev ali vsaj 1 x letno.

Varnostno razsvetljavo lahko vzdržuje in redno preverja zavezanec v lastni režiji in o tem vodi ustrezno evidenco.

6. Zaključek

Redno vzdrževanje in preverjanje tehničnih proizvodov ali sistemov, ki jih uporabljamo pri opravljanju raznih dejavnosti ali pa so trajno vgrajeni v stavbe zaradi izpolnjevanja njenih bistvenih zahtev po gradbenih predpisih, je bistvenega pomena za njihovo varno uporabo, zanesljivost delovanja in dolgo življenjsko dobo.

Pristojna ministrstva imajo z Zakonom o spremembah in dopolnitvah Zakona o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (ZTZPUS-1A) pravno podlago za izdajanje celovitih podzakonskih predpisov za podajanje zahtev:

- v zvezi z dajanjem na trg in v uporabo,
- glede rednega vzdrževanja proizvoda in morebitnega reševanje (dvigala),
- za zagotavljanje rednih in izrednih pregledov in preskusov proizvodov v uporabi,
- v zvezi z varnostjo delovanja, razvoja in uporabe na področju umetne inteligence, interneta stvari in robotike,
- kadar je to nujno zaradi zaščite javnega interesa. Pristojni inšpektorati lahko znatno oglobijo odgovorne pravne in fizične osebe, odgovorne za zagotavljanje predpisanih zahtev.

Pravilnik o varnosti dvigal že podaja celovite zahteve za nova dvigala in za vse vidike njihove uporabe. Na večini ostalih področij imamo varno uporabo tehničnih proizvodov in zahteve glede rednih preverjanj urejene s posebnimi predpisi.

LITERATURA:

[1] Zakona o spremembah in dopolnitvah Zakona o tehničnih zahtevah za proizvode in o ugotavljanju skladnosti (ZTZPUS-1A)
[2] Pravilnik o varnosti dvigal (ur. list RS št. 44/24)
[3] Pravilnik o varnosti in zdravju pri uporabi delovne opreme (Uradni list RS, št. 101/2004)
[4] Pravilnik o pregledovanju in preskušanju opreme pod tlakom (Uradni list RS, št. 92/2008)
[5] Pravilnik o nadzoru vgrajenih sistemov aktivne požarne (Uradni list RS, št. 53/19)
[6] SIST EN 54-14 Sistemi za odkrivanje in javljanje požara ter alarmiranje, del 14, Smernice za načrtovanje, projektiranje, vgradnjo, preverjanje, uporabo in vzdrževanje

ABSTRACT

REQUIREMENTS FOR THE MAINTENANCE AND INSPECTION OF WORKING EQUIPMENT, LIFTS, EQUIPMENT UNDER PRESSURE, AND ACTIVE FIRE PROTECTION SYSTEMS

Regular maintenance and inspection of technical products and systems that we use in carrying out various activities or that are permanently integrated into buildings to meet essential requirements according to building regulations, is crucial for their safe use, reliable performance, and long lifespan.

Recently, we updated the main law on technical requirements for products in Slovenia, which now also regulates the use of these products by the end users. High fines are threatened on violators.

The article summarizes the implementing regulations - rules for some of the most commonly used groups of technical products, which set requirements for their inspection, maintenance and safe use.

Keywords: lift, active fire protection system, work equipment, equipment under pressure









Zavod za varstvo pri delu

Smo ustanova z več kot šestdesetletno tradicijo. Ves čas smo načrtno vlagali v znanje, razvoj in sodobne tehnologije. Tako danes - edini v Sloveniji - nudimo celovito paleto storitev s področij medicine dela, medicine športa, varnosti in zdravja pri delu ter zagotavljanja zdravega okolja.

ZVD
Zavod za varstvo pri delu

ZVD Zavod za varstvo pri delu d.o.o.
Pot k izviru 6, 1260 Ljubljana-Polje

T: +386 (0)1 585 51 00
F: +386 (0)1 585 51 01
E: info@zvd.siwww.zvd.si

REVIJA ZA FLUIDNO TEHNIKO, AVTOMATIZACIJO IN MEHATRONIKO

VENTIL

ISSN 1318 - 7279 Letnik 30

- Strokovni in znanstveni prispevki
- Iz prakse za prakso
- Ventil na obisku
- Novice - zanimivosti
- Aktualno iz industrije
- Novosti na trgu
- Podjetja predstavljajo
- Ali ste vedeli
- Dogodki
- Intervju



revija Ventil

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo, Aškerčeva 6, 1000 Ljubljana
Tel.: 01/ 4771 704, Faks: 01/ 4771 772
E-pošta: ventil@fs.uni-lj.si, Internet: www.revija-ventil.si

Spoštovani!

Ventil je znanstveno-strokovna revija in objavlja prispevke, ki obravnavajo razvojno in raziskovalno delo na Univerzi, inštitutih in v podjetjih s področja fluidne tehnike, avtomatizacije in mehatronike. Revija želi seznanjati strokovnjake z dosežki slovenskih podjetij, o njihovih izdelkih in dogodkih, ki so povezani z razvojem in s proizvodnjo na področjih, ki jih revija obravnava. Prav tako želi ustvariti povezavo med slovensko industrijo in razvojno in raziskovalno sfero ter med slovenskim in svetovnim proizvodnim, razvojnim in strokovnim prostorom. Naloga revije je tudi popularizacija področij fluidne tehnike, avtomatizacije in mehatronike še posebno med mladimi. Skrbi tudi za strokovno izrazoslovje na omenjenih področjih.

Revija Ventil objavlja prispevke avtorjev iz Slovenije in iz tujine, v slovenskem in angleškem jeziku. Prispevkom v slovenskem jeziku je dodan povzetek v angleščini, prispevki v angleščini pa so objavljeni z daljšim povzetkom v slovenskem jeziku. Člani znanstveno strokovnega sveta so znanstveniki in strokovnjaki iz Slovenije in tujine. Revijo pošiljamo na več naslovov v tujini in imamo izmenjavo z drugimi revijami v Evropi. Revija je vodena v podatkovni bazi INSPEC.

Tridesetletno izhajanje revije Ventil pomeni, da je v prostoru neprecenljiva za razvoj stroke. Uredništvo si skupaj z znanstveno strokovnim svetom prizadeva za visokokvalitetno raven in relevantnost objav, ki bosta v prihodnosti vse napore usmerila v to, da bo kvalitetna raven še višja. V ta namen vključuje v znanstveno strokovni svet priznane znanstvenike, raziskovalce in strokovnjake, ki s svojim znanjem vspodbujajo vsak na svojem področju objavljanje rezultatov razvojnega in raziskovalnega dela. Uredništvo spremlja razvoj stroke in znanstveno raziskovalno delo doma in v tujini preko konferenc, delavnic in seminarjev ter z izmenjavo tuje periodike.

Revija je priznana v tujini, še posebno na področju fluidne tehnike, kar želimo doseči tudi na področju mehatronike in avtomatizacije. Preko objav v reviji se promovirajo dosežki slovenske znanosti in industrijske proizvodnje. Revija je in bo tudi v prihodnje prostor za predstavljanje kvalitetnih razvojnih in raziskovalnih dosežkov slovenske industrije in raziskovalne sfere na področju fluidne tehnike, avtomatizacije in mehatronike.

Uredništvo

PODATKOVNE PODPORE

Piše: **mag. Drago Bokal**, univ. dipl. inž. el., **prof. dr. Jože Pihler**, univ. dipl. inž. el., DVS, **mag. Rado Ferlič**, univ. dipl. inž. el. ELES, d. o. o.



ZADOSTNOST PODATKOVNE PODPORE VZDRŽEVANJU IN OBVLADOVANJU PREMOŽENJA

Vzdrževanje in obvladovanje premoženja sta poleg obratovanja ključna poslovna procesa v elektrogospodarskih družbah. Podan je grobi pregled izkušenj o rabi in ravnanju s podatki v preteklosti. Razčlenjena je podatkovna podpora statistiki dogodkov, ki je ključna za spremljanje podatkov, nujnih za ugotavljanje stanja naprav. Na podlagi dosedanjih izkušenj je podana definicija pojma podatkovne podpore, ki upošteva dejavnike, ključne za njeno določanje. Postavljen je tudi princip njenega določanja, na dveh izhodiščnih primerih pa so podane usmeritve za nadaljnje delo na tem zahtevnem področju. Pred naročilom novih in nadgrajevanjem starih aplikacij je nujno zagotoviti potrebno in zadostno podatkovno podporo, saj bodo tako številne aplikacije delovale v polnosti, naročniki pa bodo s tako pridobljenimi rezultati sprejemali optimalne rešitve.

Ključne besede: podatki, strukturiranje podatkov, zbiranje podatkov, zadostnost podatkov, programska oprema.

1. Uvod

V današnjem informatiziranem svetu so podatki temelj za ustrezno sprejemanje odločitev, in to še zlasti v primeru uporabe programske opreme, ki naj bi zagotavljala odločanje z najmanjšo stopnjo tveganja. To velja za vse tehnične sisteme, še zlasti pa za elektroenergetski sistem, ki je bil osnova za oblikovanje osnovnih prijemov ugotavljanja zadostnosti podatkovne podpore pri sprejemanju odločitev (ELES, Nav 2016; Bokal idr. 2017). Na izkušnjah iz preteklosti in z obravnavo dveh temeljnih primerov so podane usmeritve za nadaljnje delo na tem področju, ki naj bi zagotavljalo usklajeno in učinkovito delo tako naročnika kot tudi izvajalca del pri načrtovanju, izdelavi in uporabi programske opreme.

2. Nekatere značilnosti podatkovne podpore

Osnovna značilnost vseh tehničnih sistemov je hierarhična struktura posameznih gradnikov, pri čemer je njihovo delovanje usmerjeno v izvajanje predvidenih nalog (funkcij), ki s svojimi sinergičnimi učinki zagotavljajo opravljanje nalog, postavljenih pred celoten sistem. Številčnost gradnikov sistema in pogosto njihova prostorska razpršenost zahtevata specifičen način zajemanja podatkov o gradnikih elektroenergetskega sistema (EES) ter o njihovem delovanju (obratovanju in vzdrževanju), prav tako pa tudi o stroškovnih podatkih. Slednji so pomembni zlasti pri analizah, ki jih uporabljamo v namen upravljanja s sredstvi oz. obvladovanja premoženja in tako zagotavljamo uspešno in učinkovito izvajanje poslovnih procesov podjetja ali družbe (Prav 2015; FERI 2022; ELES Nav 2016).

Sposobnost današnje programske opreme je izjemna zaradi velikega napredka na področju strojne opreme, ko so spominske zmogljivosti računalnikov praktično neomejene in tudi programska oprema zelo kakovostna. Zato je treba zagotoviti številne podatke, ki so predpogoj za kakovostno delovanje posameznih aplikacij. V grobem lahko podatke razdelimo v naslednje skupine:

- osnovni tehnični podatki (recimo: napetost, tok, nazivna obremenitev idr.),
- podatki o lokaciji naprave (gradnika), letu proizvodnje in vgradnje idr.,
- podatki o okoljskih pogojih normalnega delovanja,
- podatki o mejnih vrednostih posameznih dejavnikov za morebitno algoritemsko izvajanje diagnostike,
- podatki, ki jih spremljamo »ročno« ali pa jih je mogoče spremljati v realnem času za potrebe diagnosticiranja,
- podatki o stroških gradnika in o stroških izvajanja posameznih vzdrževalnih del,
- podatki o zanesljivosti in razpoložljivosti gradnika in njegovih delov idr.

Prav gotovo je stanje na področju podatkov podobno v vseh tehničnih sistemih. Idealnih rešitev tu ni, zadovoljiti pa se moramo z njihovim nenehnim izboljševanjem na podlagi izkušenj ali dognanj operativnega osebja oz. izdelovalcev posameznih naprav ali aplikacij. Redki so primeri, ko izdelovalci opozorijo naročnika naprav ali programske opreme na

ključne podatke pri spremljanju njihovega delovanja, zaman pa je pričakovati, da bodo podali podatke o njihovi načrtovani razpoložljivosti ali zanesljivosti. V nadaljevanju bomo navedli tri tipične primere, ki ponazarjajo podatkovno problematiko glede ključnih vidikov obravnave. Obravnavali bomo seveda primere iz elektrogospodarskih podjetij, vendar je stanje tudi na drugih področjih dokaj podobno.

Začetki informatizacije v elektrogospodarstvu segajo v sedemdeseta leta prejšnjega stoletja, ko so prizadevni posamezniki prevzeli nalogo uvajanja računalništva v poslovne procese. To se je zgodilo tudi na področju spremljanja dogodkov v EES, kar pomeni zbiranje podatkov o dogodkih na napravah – bodisi korektivno ali pa preventivno vzdrževanje. Ta poskus je propadel zaradi omejitev, ki so takrat »obvladovale« računalništvo – te omejitve so bile predvsem spominske zmogljivosti takratne strojne opreme. Poleg tega pa je sam koncept zašel v prevelike podrobnosti, tako da uvajani šifrantski sistem za popisovanje dogodkov ni zaživel. Vendar je skrčena verzija tega sistema le zaživela in so v podjetjih elektrogospodarstva uvedli spremljanje obratovalne pripravljenosti. Zbiranje podatkov o delovanju naprav in postrojev je bilo hitro organizirano, podrobno pa so bili zajeti podatki o delovanju naprav v elektrogospodarskih družbah. Spremljani so časi naslednjih obratovalnih stanj:

- čas obratovanja T_{ob} (naprava je pod napetostjo),
- čas zaustavitev T_z (naprava je zaustavljena, če je izklopljena, a je sposobna delovati),
- čas trajanja okvare T_{ok} (defekti; – naprava je izklopljena zaradi okvare ali nezanesljivega obratovanja, tudi razpad sistema),
- čas neobratovanja T_s zaradi motenj v sistemu,
- čas revizij, remontov ali drugih vzdrževalnih posegov – T_r,
- celotni opazovani čas T (praviloma mesec ali leto).

Tako je bil izračun obratovalne pripravljenosti zelo zahtevna zadeva, saj ga je bilo treba izvajati tako na nivoju vseh tedanjih organizacij združenega dela kot tudi na nivoju celotnega podjetja. Od tega faktorja pa so bile potem odvisne plače zaposlenih. In v to zgodbo je bil vključen mlad nadobudni inženir z ravnokar dokončanim študijem, okronanim z diplomo. Inženir je seveda dosledno upošteval podatke in tako je po pravilih izračunana obratovalna pripravljenost povzročila nižje plače v celotnem podjetju. To pa je bila enkratna priložnost, da so komaj prispelega »greenhorna« spoznali vsi zaposleni v podjetju (»A to je pa tisti, zaradi katerega smo imeli nižjo plačo?!«). To pa se je zgodilo seveda prvič, zadnjič in nikoli več.

Zelo pomembno je, da na ljudi ne izvajate pritiskov, če ni nujno potrebno. Tako se je zgodilo, da so nujno zahtevali podatke o statistiki dogodkov v eni od organizacijskih enot. In v stiski s časom je odločevalec poslal kar podatke prejšnjega meseca, ki pa naj bi jih po preteku »konice« enostavno zamenjal. Na vprašanje ene od vodilnih oseb, če so podatke dobili, je po krajšem premisleku dobil pritrdilni odgovor – to pa je pomenilo, da nihče ni niti opazil njegovega rešilnega manevra. Naslednji primer je povezan z zelo znano krilatico *Mi imamo vse*, ki jo srečamo vsepovsod. Kakšno povpraševanje po podatkih jo pogosto izvabi. Dokler je tako povpraševanje na deklarativni ravni, dokaj drži, ko pa gre za konkretne podatke, je povsem drugače. Ob izdelavi seminarske naloge je moral kandidat zbrati nekaj tovrstnih podatkov, da bi izdelal ustrezne izračune kazalnikov zanesljivosti (razpoložljivosti). In zopet je završala omenjena krilatica, a se po dveh tednih ni izpolnilo nič … Tudi po treh mesecih ni bilo nič drugače, zato je bilo končno sklenjeno, da se podatki predpostavijo.

3. Podatkovna podpora na primeru statistike dogodkov

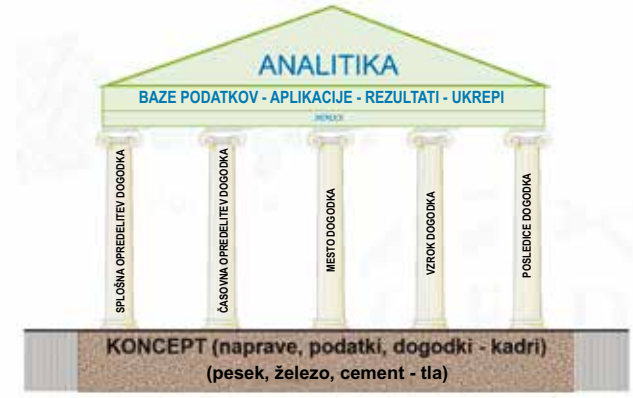
Ključnega pomena za opredelitev ustreznega nabora podatkov je namen, zaradi katerega naj bi jih zbirali. Tu pa smo pogosto postavljeni pred pomembno dilemo, ker ne poznamo zahtev aplikacij, ki bodo v prihodnje uporabljale posamezne podatke. Tako izberemo skupino podatkov, ki praviloma zadoščajo za trenutne potrebe, s tem da obstaja možnost razširitve njihovega nabora. V novejšem času so nam v pomoč številni standardi na tehničnem področju (vzdrževanje, obratovanje, kazalniki učinkovitosti idr.; SIST 13306, 60050 in 15341; FERI 2022). Praviloma naj bi bil potek naslednji:

- izbira naprav (gradnikov, sklopov idr.), katerih podatke bomo spremljali,
- opredelitev nabora spremljanih podatkov,
- natančna pomenska opredelitev posameznih podatkov,
- oblikovanje definicij posameznih pojmov,
- izobraževanje vseh sodelujočih v procesu zbiranja, prenosa, hranjenja in obdelave podatkov.

Način zbiranja podatkov o dogodkih v EES temelji na skupinah podatkov, razdeljenih po mestu nastanka, glede njihovega spremljanja in hranjenja. Tako oblikujemo tovrstne podatke v naslednje skupine (Slika 1):

- splošna opredelitev dogodka,
- časovna opredelitev dogodka,
- mesto dogodka,
- vzrok dogodka in
- posledice dogodka.

V prispodobi nam podatki, naprave, dogodki, stroškovni podatki in kadri predstavljajo temelj vsakega tovrstnega sistema, stebri pa nam ponazarjajo skupine podatkov, na katerih sloni nadgradnja, kot so baze podatkov, aplikacije, rezultati in ukrepi.



Slika 1: Struktura podatkovne podpore in njene nadgradnje (Vir: lasten)

Viri podatkov so porazdeljeni po različnih področjih in službah. To zahteva sodelovanje vseh vpletenih v procese, povezane z nastankom, prenosom, shranjevanjem in obdelavo podatkov. Sodelujoči v postopku usklajevanja morajo biti dobro seznanjeni z viri podatkov, procesi, njihovimi vhodi in izhodi. Poleg tega pa morajo imeti tudi ustrezne komunikacijske in občečloveške lastnosti, ki so podlaga za usklajevanje, dogovarjanje in sprejemanje kompromisnih odločitev. Med te lastnosti sodijo odličnost, kakovost, ustvarjalnost, profesionalnost in odgovornost, kar naj bi bile lastnosti članov tima – timsko delo je prav gotovo optimalno izhodišče za uspešno in učinkovito opravljanje nalog v prihodnje.

4. Zadostnost podatkovne podpore

Živimo v časih, ko je informacijska podpora sestavni del ne samo tehničnega in poslovnega področja, temveč tudi vsakodnevnega življenja. Kaže, da se kmalu brez informatike ne bo dalo opravljati niti osnovne, kaj šele bolj zahtevne in sofisticirane človeške dejavnosti. Tu pa se srečamo z večno dilemo informatizacije:

kaj si naročnik želi ⇒ kaj delamo ⇒
kaj bomo naredili ⇒ in kaj naročnik potrebuje

Predvidevamo, da so redki primeri, ko so odgovori na tako postavljena vprašanja razčiščeni pred vsakokratnim naročilom (več kot 70 %), med izvedbo in tudi po izvedbi. To velja zato, ker se med izdelavo porajajo skrita in tudi zahtevna vprašanja in dileme. Tako se med izvedbo odpravi okrog 15 % nejasnosti, nerazrešenih pa ostane tudi okrog 15 % odprtih vprašanj. To je seveda groba ocena in se odstotki razlikujejo od aplikacije do aplikacije. Pogosto pa se zgodi, da šele večletna uporaba posamezne aplikacije podaja dokončne odgovore vsaj z naročnikove strani, praviloma pa se je izvajalec od morebitnih dodatnih dejavnosti ustrezno pogodbeno zaščitil.

Tu se ne bomo spuščali v podrobnosti, ki se nanašajo na vrsto podatkov, pogostost njihovega zajemanja in točnost, temveč se bomo omejili le na bistvene značilnosti procesa samega. Zato v nadaljevanju poskušamo oblikovati definicijo, ki naj bi zajela vse ključne parametre tega zahtevnega področja. Na podlagi navedenih dejstev lahko oblikujemo definicijo podatkovne zadostnosti, ki se glasi:

Zadostnost podatkovne podpore *je zmožnost poljubnega področja (procesa), da zagotavlja tekoče, kakovostne in zanesljive podatke, katerih obdelava s programsko opremo oblikuje rezultate, primerne za sprejemanje odločitev v tem procesu in drugih procesih, in to v realnem času.*

Realni čas je seveda tista veličina, ki je spremenljiva od procesa do procesa in gre lahko v milisekunde (daljinsko vodenje) ali več dni (za poslovne odločitve – zamenjava dela ali nakup nove naprave).

Predstavljamo splošen model izračuna zadostnosti podatkovne podpore na primeru poljubnega gradnika tehničnega sistema. Pri tem spremljamo naslednjo enačbo (Slika 2):

$$\mathcal{Z} = \mathcal{F}\{\mathcal{P}_i, O_i, S_i, \mathcal{R}_i, \mathcal{U}_{ki}\}$$

$\mathcal{Z}$ zadostnost podatkovne podpore [%],

$\mathcal{F}$ funkcijska odvisnost [-],

$\mathcal{P}_i$ podatki, potrebni za delovanje aplikacije [-],

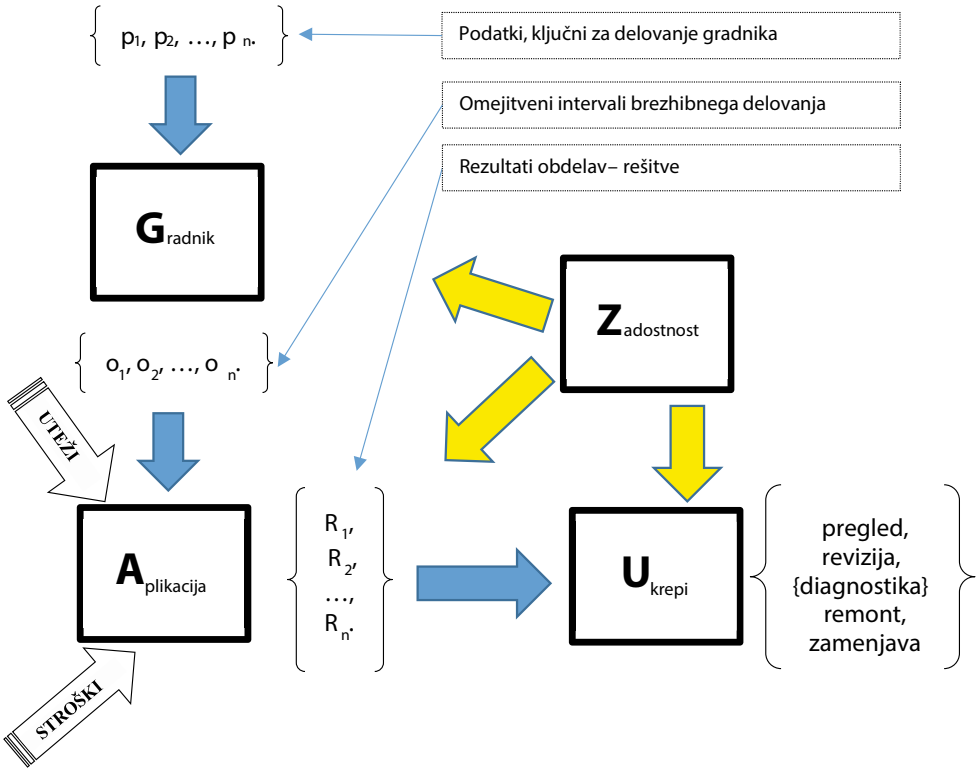
O_i omejitveni intervali podatkov za brezhibno delovanje naprave [-],

S_i stroškovni podatki, potrebni za ukrepanje (vzdrževanje) [-],

$\mathcal{R}_i$ rezultati obdelav – rešitve [-],

$\mathcal{U}_i$ predlagani ukrepi [-].

To so veličine, od katerih je odvisna podatkovna zadostnost, ta pa je potrebna, da lahko s pomočjo aplikacije za opazovano napravo ali skupino naprav sprejemamo odločitve. Prav gotovo je zahtevnost ustrezne enačbe odvisna od narave obravnavane naprave ali gradnika in je v primeru naprav z velikim številom spremljajočih dejavnikov lahko zelo zahtevna. Pri tem morajo biti dokaj podrobno določeni omejitveni intervali, ki podajajo mejne vrednosti posameznih dejavnikov, oz. intervali, v katerih je zagotovljeno zanesljivo in varno delovanje naprave. Nadalje upoštevamo stroškovne podatke, ki so povezani z upravljanjem s sredstvi oz. z obvladovanjem premoženja. Rešitve pa sledijo algoritmom oz. programski opremi, ki upošteva vsa izhodišča za optimizacijo delovanja naprav v njihovi življenjski dobi. Kot bomo videli v izdelanem primeru, pa utežnostni faktor zajema pogostost nastajanja posameznih pojavov (dogodkov) na opazovanih gradnikih ali napravah. V tem faktorju lahko zajamemo tudi



Slika 2: Princip delovanja modela za oceno zadostnosti podatkovne podpore (Vir: lasten)

vpliv pomembnosti in delno tudi stroškovne intenzivnosti na učinkovitost delovanja posamezne naprave ali pripadajoče skupine naprav.

V nadaljevanju bomo na dveh primerih pokazali možna pristopa k ugotavljanju zadostnosti podatkovne podpore.

Primer št. 1:
Kot tipičen primer gradnika z najmanjšo potrebno informacijsko podporo v elektroenergetiki obravnavamo primer **varovalke** oz. varovalnega vložka. To je funkcijsko zelo pomemben gradnik, ki s svojim delovanjem ščiti del električne inštalacije, v katerega je vgrajen. Za spremljanje nam zadošča le en bit informacije, ki nam podaja podatek o tem, ali deluje (1 – prevaja tok) ali ne deluje (0 – je pregorela oz. prekinila ščiteni (varovani) tokokrog). Za ta gradnik hitro ugotovimo, da je njegova zadostnost podatkovne podpore enaka:

$$Z = \mathcal{F}\{\mathcal{P}_i, S_i, \mathcal{R}_i\} = 100\ \%.$$

Pri tem so splošni podatki znani, podatki o delovanju pa so tokokrog sklenjen ali tokokrog prekinjen (1, 0), podatki o stroških ukrepov pa so praviloma znani, rešitev je tudi na dlani in je zelo enostavna – zamenjava varovalnega vložka.

Primer št. 2:
V elektroenergetiki so zelo pomembne in pogoste naprave (energetski) **transformatorji**. Njihova naloga je prehod z enega na drugi napetostni nivo v delu električnega omrežja.

Za spremljanje stanja teh naprav je uporabljen indeks stanja naprav (AHI – Asset Health index), ki se izračunava na podlagi izhodiščnih podatkov. Obstaja več načinov njegovega izračunavanja, v našem primeru smo se odločili za naslednjo enačbo (Bokal 2024):

$$AHI = \frac{\sum_{j=1}^{n} U_j K_j}{K_{MAX} \cdot \sum_{j=1}^{n} U_j} \cdot 0{,}6 + \frac{\sum_{s}^{m} U_s K_s}{K_{MAX} \sum_{s}^{m} U_s} \cdot 0{,}4$$

pomen posameznih veličin pa je naslednji:

AHI	indeks stanja naprave [0 ≤ AHI ≤ 1,0, oz. 0 ≤ AHI ≤ 100,0 %],
j	števec, poteka od 1 do *n* (v našem primeru od 1 do 21), [brez enote],
n	število parametrov, v tem primeru je enako 21 [brez enote],
s	števec, poteka od n+1 do m (v našem primeru od 22 do 24), [brez enote],
m	število vseh parametrov, v tem primeru je enako 24 [brez enote],
U_j	utež vhodnega parametra z vrednostmi od 1 do 10 [brez enote],
K_j	ovrednoteni vhodni parameter, katerega vrednost je od 0 do 4 [brez enote],

Tabela 1: Upoštevani dejavniki in pripadajoči utežnostni faktorji [Bokal idr. 2024]

Zap. št. [j,s]	Upoštevani dejavniki kot izhodišča za izračun indeksa stanja	Utežni faktor [U]
1.	DGA	10
2.	Pretekle obremenitve	10
3.	Obremenilni faktor	10
4.	Infrardeča analiza	10
5.	Kakovost olja	6
6.	Vsesplošni pogoji	8
7.	Furani ali starost	5
8.	Prenosno razmerje	5
9.	Stresana reaktanca	8
10.	Upornost navitij	6
11.	Tok ohišje-zemlja	2
12.	Stanje skoznjikov	5
13.	Korozija ohišla	2
14.	Hladilni sistem	2
15.	Korozija oljnega spremnika	1
16.	Temelji	1
17.	Ozemljitev	1
18.	Plinski rele	1
19.	Povezave, stiki	1
20.	Stanje olja	1
21.	Nivo olja	1
22.	DGA od LTC	6
23.	LTC kakovost olja	3
24.	Vsesplošno stanje LTC	5

Tabela 2: Indeks AHI za izbrane scenarije vrednosti nekaterih dejavnikov [Bokal idr. 2024]

Zap. št. scena-rija	Varianta vrednosti nekaterih dejavnikov [K]; za vse ostale velja K=4	Indeks AHI za izbrano varianto vhodnih dejavnikov [%]				
1.	Vsi so 4; 3; 2; 1; 0!!	100	75	50	25	0
2.	Eden od 10 je 3; 2; 1; 0!!		98,44	96,88	95,31	93,75
3.	Eden od 8 je 3; 2; 1; 0!!		98,75	97,50	96,25	95,00
4.	Eden od 6 je 3; 2; 1; 0!!		99,06	98,13	97,19	96,25
5.	Eden od 5 je 3; 2; 1; 0!!		99,22	98,44	97,66	96,88
6.	Eden od 2 je 3; 2; 1; 0!!		99,69	99,38	99,06	98,75
7.	Eden od 1 je 3; 2; 1; 0!!		99,84	99,69	99,53	99,38
8.	Dva od 10 sta 3; 2; 1; 0!!		96,88	93,75	90,63	87,50
9.	Dva od 8 sta 3; 2; 1; 0!!		97,50	95,00	92,50	90,00
10.	Dva od 6 sta 3; 2; 1; 0!!		98,13	96,25	94,38	92,50
11.	Trije od 10 so 3; 2; 1; 0!!		95,31	90,63	85,94	81,25
12.	Štirje od 10 so 3; 2; 1; 0!!		93,75	87,50	81,25	75,00

K_{max} največja možna ocena vhodnega parametra, v našem primeru je enaka 4 [brez enote],

0,6 in 0,4 izkustveno določena faktorja, prvi (0,6) določa delež TR-dejavnikov v AHI, drugi (0,4) pa delež regulacijskega stikala.

Izhodiščne podatke za izračun indeksa stanja transformatorjev podaja Tabela 2, ki za opazovan dejavnik opredeljuje posamezne vrednosti utežnostnih faktorjev (U). Njihova zaloga vrednosti je $1 \leq U_i \leq 10$. V Tabeli 2 pa so za nekatere predpostavljene scenarije vrednosti posameznih dejavnikov podani rezultati izračunanih indeksov stanja transformatorja. Pri tem je zaloga vrednosti dejavnikov v mejah $0 \leq K_i \leq 4$. Rezultati obdelav so v skladu s pričakovanji, saj imajo dejavniki z manjšimi utežmi tudi manjši vpliv na zmanjšanje indeksa stanja naprave. Groba analiza rezultatov izračuna indeksa stanja za transformator nam podaja naslednje ugotovitve:

- uporabljen je obsežen nabor načinov izračuna kazalnika (indeksa) na podlagi scenarijske izbire predpostavljenih podatkov, ki s svojim preoblikovanjem oz. prilagajanjem za potrebe izračuna indeksa AHI izgubijo pristnost (izvorno informacijo),
- ni dolgoletnih izkušenj z uporabo tega načina izračunavanja indeksa stanja (za katerokoli napravo),
- ni enoznačne preslikave vhodnih podatkov v rezultate obdelav,
- iz navedenega sledi, da imamo pogosto enak rezultat ob popolnoma različnih vhodnih parametrih (podatkih),
- ključnega pomena je, da še tiste podatke, ki jih pridobimo z eksaktnimi meritvami (kot recimo z monitoringom), preoblikujemo v »digitalno« obliko, prilagojeno tovrstnim izračunom indeksa stanja (AHI).

V predmetnem primeru je opredelitev zadostnosti podatkovne podpore delovanju aplikacije za izračun stanja transformatorje zelo zapletena naloga. Ocenjujemo lahko, da bi bila navedena veličina popolna, torej bi bilo v izjemnem primeru:

$$\mathcal{Z} = \mathcal{F}\{\mathcal{P}_i, O_i, S_i, \mathcal{R}_i, \mathcal{U}_{ki}\} = 100\ \%$$

le tedaj, če nastopi popolno ujemanje med predpostavljenimi in dejansko realiziranimi podatki. To pa je zelo malo verjetno dejstvo, tako da je v tem primeru zadostnost podatkovne podpore manjša od 100 % in se po ocenah giblje okrog 80 %. To pa praviloma zadošča za dokaj primerno vrednotenje dobljenih izračunov in njihovo nadaljnjo uporabo.

5. Zaključek

Podatki so osnova za informatizacijo kateregakoli področja, kar še posebej velja za procese v tehničnem sektorju. Na podlagi obravnave tovrstnega dela v preteklosti ugotavljamo,

da je raba podatkov v teh dejavnostih vedno na nek način povezana s človeškim faktorjem. Ta jim pogosto daje osebno noto pri njihovi uporabi.

Na primeru podatkovne podpore statistiki dogodkov je podana njihova razčlenitev in vloga v celotni tehnološki verigi, od zajema, prenosa, shranjevanja, obdelave do prikaza rezultatov. Zlasti je pomembno usklajevanje pomenov posameznih izrazov, ki se na tem področju uporabljajo, in to s strani vseh vključenih deležnikov.

Oblikovan je izhodiščni model določanja zadostnosti podatkovne podpore, ki zajema vse ključne dejavnike. Na praktičnem primeru je obravnavana zadostnost podatkovne podpore za varovalko in transformator. Enostavnost določanja zadostnosti podatkovne podpore pri varovalki je več kot očitna, problem pa nastane pri gradnikih, ki imajo na zadostnost veliko število vplivnih in upoštevanja vrednih dejavnikov. Rešitev te naloge pa je v nadaljnjih prizadevanjih strokovnjakov, ki bodo podali usmeritve za oblikovanje algoritma, primernega za ugotavljanje zadostnosti podatkovne podpore programski opremi. To bo v veliko pomoč tako naročnikom kot tudi izdelovalcem programske opreme, ki jih pogosto nezadostna podatkovna podpora sili v pomanjkljive rešitve.

LITERATURA:

[1] (SIST EN 13306, 2018) SIST IEC EN 13306: Vzdrževanje – Terminologija s področja vzdrževanja, februar 2018.

[2] (SIST EN 60050, 2019) SIST IEC EN 60050-192: Zagotovljivost, Mednarodni elektrotehniški slovar, december 2019.

[3] (SIST EN 15341) SIST IEC EN 15341:2019+A1: Vzdrževanje – Ključni kazalniki učinkovitosti in uspešnosti vzdrževanja, september 2022.

[4] (ELES, Nav 2016) Navodilo o vzdrževanju elektroenergetskih prenosnih naprav, NA K 7.5.12.1, izdaja 5 KU, 01.01. 2016.

[5] (FERI, 2022) FERI: Uporaba preteklih podatkov pri načrtovanju in izvajanju ugotavljanja stanja naprav v VN polju, številka študije NAR2022/1173, Maribor, november 2022.

[6] (Prav 2015) Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih objektov, Uradni list RS št. 98/15, 2015.

[7] (Bokal idr. 2017) BOKAL D., PIHLER J., FERLIČ R., JAMŠEK S.: Teorija vzdrževanja – koncepti, metode, vzdrževalna dela in opravila, 13. konferenca slovenskih elektroenergetikov CIGRE ŠK C1 – 11, Maribor 2017.

[8] (Bokal idr. 2024) BOKAL D., FERLIČ R., RIBIČ J., BELAK L.: Izbira metode vzdrževanja – vplivni dejavniki, 6. slovenska konferenca o vzdrževanju v elektroenergetiki, SK 1-1, Maribor 2024.

ABSTRACT

ADEQUACY OF DATA SUPPORT FOR MAINTENANCE AND ASSET MANAGEMENT

In addition to operation, maintenance and asset management are key business processes in electric utility companies. A broad overview of past experiences with data usage and management is provided. The event statistics supported with data is crucial for monitoring the data necessary for assessing the condition of equipment. Based on previous experiences, a definition of the concept of data support is presented, taking into account the key factors for its determination. A principle for defining data support is also established, and two initial case studies provide guidance for further work in this complex field. Before commissioning new applications or upgrading existing ones, it is essential to ensure the necessary and sufficient data support, as this will enable various applications to function fully and allow clients to make optimal decisions based on the obtained results.

Keywords: data, data structuring, data collection, data sufficiency, software.

www.drustvo-dvs.si



KOPA

Vaš **vzdrževalni sistem** mora **delati za vas – ne obratno.**

V Slovenijo smo leta **1996** prvi pripeljali celovit računalniško podprt informacijski sistem za upravljanje in vzdrževanje sredstev.

Od takrat uspešno izvajamo implementacije, nadgrajujemo znanje in poglobljeno razumemo procese, zato smo vaš zanesljiv partner za **IBM Maximo.**

- **Celovito upravljanje sredstev**
- **Pametno vzdrževanje**
- **Optimizacija delovnih procesov**
- **Zmanjšanje stroškov**
- **Znižanje zastojev**

IBM

Kopa računalniški inženiring d.d. | Kidričeva ulica 14, 2380 Slovenj Gradec | 02 88 39 700 | www.kopa.si | info@kopa.si

VARNO VZDRŽEVANJE

Piše: **Jurij Žvab**, ing. meh., dipl. ekon., Nexum d.o.o



LOTO ZA VARNO VZDRŽEVANJE

Lockout Tagout (LOTO) je ključni varnostni postopek, ki preprečuje nenadzorovano sproščanje nevarnih energij med vzdrževanjem in popravilom industrijskih strojev. Nepravilno nadzorovana energija lahko povzroči resne poškodbe, kot so električni udari, zlomi, amputacije ali celo smrtne nesreče. Standard OSHA 1910.147 določa minimalne zahteve za izvajanje LOTO, vključno z uporabo zaklepnih in označevalnih naprav, usposabljanjem zaposlenih ter rednimi pregledi postopkov. V tem članku so predstavljene ključne zahteve za delodajalce, podrobna analiza postopka izvajanja LOTO ter situacije, kjer njegova uporaba morda ni potrebna. Pravilno izvajanje LOTO ne ščiti le zaposlenih, temveč tudi preprečuje poškodbe delovne opreme in zastoje v proizvodnji, kar prispeva k večji varnosti in učinkovitosti delovnega okolja. Vzpostavitev sistematičnega LOTO-programa in redno usposabljanje zaposlenih sta bistvena dejavnika za zmanjšanje tveganj in zagotavljanje skladnosti s predpisi.

Ključne besede: Lockout/Tagout, Zakleni – Označi, varno vzdrževanje, nadzor nevarnih energij

1. Uvod

V industrijskem okolju je delo s stroji in napravami, ki uporabljajo različne vire energije (električna, hidravlična, pnevmatska itd.), povezano z visokim tveganjem. Nenadzorovana sprostitev energije lahko povzroči resne poškodbe, kot so električni udari, zlomi, amputacije in celo smrtne nesreče. Da bi preprečili takšne nesreče, je bil razvit sistem Lockout Tagout (LOTO), ki omogoča varno izolacijo nevarnih energij med vzdrževanjem in popravilom strojev. Standard OSHA 1910.147 določa minimalne zahteve za izvajanje LOTO-postopkov, vključno s pravilno uporabo zaklepnih in označevalnih naprav, usposabljanjem zaposlenih ter rednim preverjanjem učinkovitosti postopkov. Ta članek podrobneje opisuje ključne zahteve in postopke LOTO ter situacije, kjer njegova uporaba morda ni potrebna.

2. Kaj je Lockout/Tagout

Lockout/Tagout (LO-TO, LO TO TO, Zakleni – Označi, v nadaljevanju LOTO) je varnostni postopek, ki se uporablja za nadzor nevarne energije med vzdrževanjem in servisiranjem strojev in opreme. Namenjen je preprečevanju neželenih sprostitev nevarnih energij in snovi, ki bi lahko povzročile poškodbe ali smrt delavcev. (»Summary of the 1910.147 Standard«, Stogner, 2025)

3. Standard OSHA 1910.147

Standard OSHA 1910.147 je ameriški standard, ki je v veljavi od leta 1989. Zaenkrat še nimamo pri nas veljavnega evropskega standarda, zato se pri uvajanju postopka v podjetjih največkrat poslužujemo tega standarda. Veliko mednarodnih podjetij ima razvite svoje pravilnike za uvedbo LOTO-postopkov, ki lahko bazirajo na različnih standardih, zato njihove poslovne enote po svetu navadno uporabijo to kot svoj pravilnik za izvajanje LOTO-postopka. (Stogner, 2025)

Standard OSHA 1910.147 določa minimalne zahteve za nadzor nevarne energije med vzdrževanjem in servisiranjem strojev in opreme. Ocenjuje se, da samo v ZDA prepreči okrog 120 smrtnih poškodb in 50.000 nezgod v enem letu. (Occupational Safety and Health Administration [OSHA], 2025)

4. Evropski standard EN 17975 LOTO (v pripravi)

Standard prEN 17975 LOTO, ki je še v pripravi, je zasnovan precej širše kot ameriški. Uporabnikom daje smernice in priporočila za zmanjšanje oz. odpravo tveganj, povezanih z energijami in fluidi pri vzdrževalnih opravilih na aktivnih postrojih. Na njegovi osnovi bodo organizacije lahko po lastni presoji razvile standardne prakse ter opredelile vloge, odgovornosti in pristojnosti, sodelujočih v LOTO-procesu. V okviru definicij standard opredeljuje izrazje, povezano z viri energij, tveganji in nevarnimi pojavi, organiziranostjo in z ljudmi, ki v procesu sodelujejo. Pojasnjuje povezave med viri energij in vzdrževalnimi procesi, vzpostavlja ločnico med opravili vzdrževanja in obratovanja ter jasno pokaže »sive cone«, ki pogosto nastajajo med odgovornostmi vzdrževalcev in operaterjev glede LOTO-postopkov. Veliko pozornosti je posvečene analizi tveganj, metodologiji in posebnostim, ko gre za vzdrževanje, ter vrstam nevarnosti, ki jih je potrebno nasloviti v okviru LOTO-postopka. Ameriški standard je bil omejen izključno na fizično izolacijo nevarnih energij, EN 17975 pa je nivo zaščite razdelil na kategorije, ki se izbirajo na osnovi analize tveganja in tehničnih zmožnosti:

- okrepljena osamitev (popolna ločitev za posege z visoko stopnjo tveganja),

- standardna osamitev (blokada nevarnih energij s stikali, ventili ipd.),
- nevtralizacija energij in fluidov (samo krmilna zaustavitev),
- delo pod posebnimi pogoji (ob prisotnosti nevarnih energij).
  (Lovrenčič, Androjna & Lovrenčič, 2024)

2.1 Obseg in namen

Po navedbah Occupational Safety and Health Administration (n.d.), Standard OSHA 1910.147 pokriva vzdrževanje in servisiranje strojev in opreme, kjer bi nenadna sprostitev energije lahko povzročila poškodbe zaposlenih. Namen standarda je vzpostaviti minimalne zahteve za nadzor nevarne energije.

2.2 Uporaba

Standard se uporablja za nadzor energije med vzdrževanjem in servisiranjem strojev in opreme, ne pa za običajne proizvodne operacije, razen če vključujejo odstranjevanje varnostnih naprav ali vstopanje v nevarna območja.

3. Ključne zahteve za delodajalce:

1. **Razvoj in izvajanje postopkov**: Delodajalci morajo razviti in izvajati pisne postopke za zaklepanje in označevanje naprav, da preprečijo nenadno sprostitev nevarnih energij.
2. **Usposabljanje zaposlenih**: Delodajalci morajo zagotoviti, da so vsi zaposleni usposobljeni za pravilno uporabo LOTO-postopka.
3. **Uporaba LOTO-opreme za zaklepanje in označevanje**: Delodajalci morajo uporabljati standardizirane naprave za zaklepanje in označevanje.
4. **Redni pregledi**: Delodajalci morajo redno pregledovati in posodabljati LOTO- postopke, da zagotovijo njihovo učinkovitost in skladnost s pravilnikom.
   (OSHA, n. d.)

4. Postopek izvajanja LOTO:

1. **Priprava na zaustavitev**: Identifikacija vseh virov nevarne energije.
2. **Obvestilo zaposlenim**: Obvestilo vsem udeleženim zaposlenim o načrtovani zaustavitvi stroja.
3. **Zaustavitev stroja**: Varna zaustavitev stroja.
4. **Izolacija energije**: Fizično preprečiti dovod nevarnih energij v nevarno območje, kjer potekajo dela (izklop električnih stikal, zapiranje ventilov ipd.).
5. **Zaklepanje in označevanje**: Namestitev zaklepne naprave in opozorilne oznake, kar preprečuje ponovni dovod nevarnih energij.
6. **Preverjanje izolacije**: Preverjanje, da je postopek v vseh korakih izveden pravilno.
   (Nexum, 2024)



Slika 1: Primer zaklepanja glavnega stikala na stroju po LOTO-postopku (Vir: osebni arhiv)

5. Situacije, kjer LOTO morda ni potreben:

1. **Nizko tveganje**: Če oprema ali stroji ne predstavljajo tveganja za nenamerno sproščanje nevarne energije.
2. **Enostavna vzdrževanja**: Pri enostavnih vzdrževalnih delih, kjer ni potrebe po izklopu energije.
3. **Oprema z vgrajenimi varnostnimi mehanizmi**: Če ima oprema vgrajene varnostne mehanizme, ki preprečujejo nenamerno sproščanje energije.
   (OSHA, n. d.)

6. Zakaj je LOTO pomemben?

Nepravilno nadzorovana nevarna energija lahko povzroči resne poškodbe, kot so električni udar, opekline, zmečkanine, ureznine, amputacije, zlomi ipd. Uvajanje LOTO-postopka pomaga zaščititi delavce pred temi nevarnostmi. Hkrati LOTO- postopek ščiti tudi delovno opremo, ki se zaradi nenadzorovanih nevarnih energij prav tako lahko poškoduje. Tako poleg skrbi za zdravje zaposlenih in zunanjih izvajalcev preprečujemo tudi zastoje in nastanek nepotrebnih stroškov. (Nexum, 2024)

7. Kaj podjetja pridobijo z uvedbo postopka LOTO?

Varnost zaposlenih: Izvajanje LOTO-postopka zagotovi varno delo pri vseh posegih v nevarna območja, kadar za to ni drugega varnega načina.

- **Zmanjšanje stroškov**: Manj poškodb ljudi in opreme pomeni manj stroškov dela, odškodnin, kazni, nabave nove opreme, popravil idr.
- **Zmanjšanje stroškov zavarovanja**: Stroški zavarovanj naraščajo iz leta v leto. Podjetja z uvedenim LOTO-postopkom lahko pričakujejo nižje premije za zavarovanje, saj aktivno zmanjšujejo tveganje za nezgode in poškodbe opreme.
- **Izboljšanje produktivnosti**: Manj nesreč pomeni manj izpadov proizvodnje in večjo učinkovitost.
- **Izboljšanje ugleda podjetja**: Podjetja, ki skrbijo za varnost svojih zaposlenih, imajo boljši ugled in so bolj privlačna za potencialne zaposlene, partnerje in končne kupce.

8. Uvajanje LOTO-sistema

Uvajanje LOTOpostopka je lahko hiter ali dolgotrajen proces, saj so si podjetja zelo različna glede na kompleksnost organizacije, način dela, dokumentacijo, ki se uporablja, zahteve vodstva in lastnikov, nemalokrat pa svoje zahteve pristavijo celo pomembnejši kupci podjetja, saj se ti zavedajo pomena LOTO-postopka pri zmanjševanju tveganj za zamude pri dobavah zaradi izpadov v proizvodnji.

8.1 Priprava pravilnika in postopkov

Prvi korak je razvoj in priprava LOTO-pravilnika, ki podrobno določa namen, obseg, odgovornosti, načine izvajanja, dokumentacijo in druge pomembne vidike izvajanja LOTO-postopka v praksi. Pravilnik in postopke navadno pripravijo zunanji strokovnjaki v tesnem sodelovanju z odgovornimi zaposlenimi v podjetjih, pri čemer se upoštevajo vse specifičnosti posameznega podjetja. Pravilnik je temelj za vse nadaljnje aktivnosti v uvajanju in izvajanju LOTO-postopka.

8.2 Identifikacija točk za nadzor energije

Potrebno je pripraviti dokumente, ki se bodo uporabljali v LOTO-postopku; navodila za posamezne stroje, če se naročnik zanje seveda odloči, predelavo internih dokumentov, kot je npr. delovni nalog. Za izdelavo navodila za posamezni stroj (ang. Machine-specific procedure) je potrebno identificirati vse točke za nadzor energije na izbrani delovni opremi, kar vključuje vse ventile za izolacijo energije, stikala, odklopnike, vtičnice ipd. Na podlagi teh podatkov se izdela navodilo za LOTO- postopek za posamezni stroj, sklop delovne opreme ali del inštalacij. Tudi ta korak se izvaja v tesnem sodelovanju z izkušenimi zaposlenimi v podjetju.



8.3 Opremljanje pooblaščenih zaposlenih s primernimi orodji za zaklepanje in opozorilnimi napravami

Na podlagi pregleda točk za nadzor energije, ogleda obrata in dogovorov o vrsti LOTO-opreme, njeni uporabi, hranjenju, zadolževanju in politike podjetja glede zunanjih izvajalcev se pripravi seznam potrebne opreme za začetno fazo uvedbe.

8.4 Usposabljanje zaposlenih in spodbujanje zavedanja o varnih delovnih praksah

Gre za zadnji in hkrati najpomembnejši korak uvedbe. Brez potrebnega znanja se LOTO-postopek ne more učinkovito izvajati, zato je potrebno nasloviti predvsem naslednje teme:

- vloge in odgovornosti zaposlenih pri izvajanju LOTO-postopka,
- identifikacija nevarnih energij v nevarnih območjih,
- pravilni postopki za zaustavitev in izolacijo energij,
- preprečevanje neželenega ponovnega vklopa,
- identifikacija in razbremenitev ali blokada shranjenih nevarnih energij,
- pravilni postopki preverjanja,
- pravilni postopki ponovnega dovoda energij,
- skupinsko zaklepanje,
- delo preko izmen,
- postopki v izrednih situacijah,
- LOTO-dokumentacija,
- izjeme za LOTO-postopek,
- nova ali spremenjena oprema v LOTO-postopku,
- LOTO-oprema za preprečevanje neželenih sproščanj nevarnih energij.

Zelo je priporočljivo izvesti tudi praktični prikaz izvajanja LOTO-postopkov, kar se lahko izvede na delovni opremi naročnika ali pa na posebej za to namenjenih simulacijskih napravah, ki jih uporabljajo LOTO-trenerji. Simulacijske naprave (prenosne kovčke ali table) si lahko naročnik tudi nabavi za lastno uporabo pri izvajanju periodičnih izobraževanj in izobraževanj za nove sodelavce in zunanje izvajalce.

Udeleženci izobraževanj navadno rešujejo tudi preizkus znanja, na podlagi katerega se jim lahko izda certifikat o usposobljenosti za izvajanje LOTO-postopka.

9. Zaključek

Učinkovita implementacija LOTO-postopkov je bistvena za varnost zaposlenih in nemoteno delovanje industrijskih obratov. Upoštevanje standardov, kot je OSHA 1910.147, omogoča zmanjšanje tveganja nesreč in poškodb pri vzdrževanju strojev. Poleg zaščite delavcev pravilna uporaba postopka LOTO prispeva tudi k zmanjšanju poškodb na delovni opremi ter preprečevanju dragih izpadov v proizvodnji. Ker je varnost v delovnem okolju vedno na prvem mestu, je ključnega pomena, da podjetja dosledno izvajajo LOTO-postopke in redno usposabljajo zaposlene za njihovo pravilno uporabo.

LITERATURA:

[1] Occupational Safety and Health Administration. (2025). *The control of hazardous energy (lockout/tagout), 29 C.F.R. § 1910.147.* U.S. Department of Labor. https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.147

[2] Stogner, S. (2025, 6. marec). *Summary of the 1910.147 Standard: The Control of Hazardous Energy*. TRDSF. https://trdsf.com/blogs/news/1910-147-standard

[3] Occupational Safety and Health Administration. (n.d.). *Control of hazardous energy (lockout/tagout)*. 29 CFR 1910.147. https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.147

[4] Nexum. (2024, avgust 6). *Lockout Tagout implementacija po korakih*. Nexum. https://www.nexum.si/novice-si/lockout-tagout-implementacija-po-korakih

[5] Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (n.d.). *Control of hazardous energy (lockout/tagout)*. U.S. Department of Labor. https://www.osha.gov/control-hazardous-energy

[6] Machine Safety Shop. (n.d.). *Lockout tagout (LOTO) laws and regulations*. https://www.machinesafety-shop.com/en/blogs/news/lockout-tagout-loto-laws-and-regulations/

[7] Prometheus Group. (n.d.). *What is lockout tagout?* https://www.prometheusgroup.com/learning-center/what-is-lockout-tagout

[1] Lovrenčič, V., Androjna, A., & Lovrenčič, A. (2024). *Varnost in zdravje vzdrževalcev – S ciljem nič nezgod (LOTO – Lock Out/Tag Out = Zakleni/Označi). Vzdrževalec, 209–210*, 20–28.

ABSTRACT

LOTO FOR SAFE MAINTENANCE

Tagout (LOTO) is a key security procedure that prevents uncontrolled release of hazardous energies during maintenance and repair of industrial of machinery. Improperly controlled energy can cause serious damage such as electric shocks, fractures, amputations or even fatalities. OSHA Standard 1910.147 establishes minimum requirements for the implementation of LOTO, including the use of locking and tagging devices, employee training, and periodic. This article outlines the key requirements for employers, a detailed analysis of the LOTO implementation process, and situations where its use may not be necessary. Proper implementation of LOTO not only protects employees, but also prevents damage to work equipment and congestion in production, contributing to a safer and more efficient working environment.

Establishing a systematic LOTO programme and regular training of employees are

are essential to reduce risks and ensure comp liance with regulatory compliance.

Keywords: Lockout/Tagout, Lockout - Tagout, Safe Maintenance, Control of Hazardous Energies

HRASTNIK 1860

MEMBER OF VAIDER GROUP

ČISTOST STRAST SRCE

STEKLO, KI OBLIKUJE PRIHODNOST.



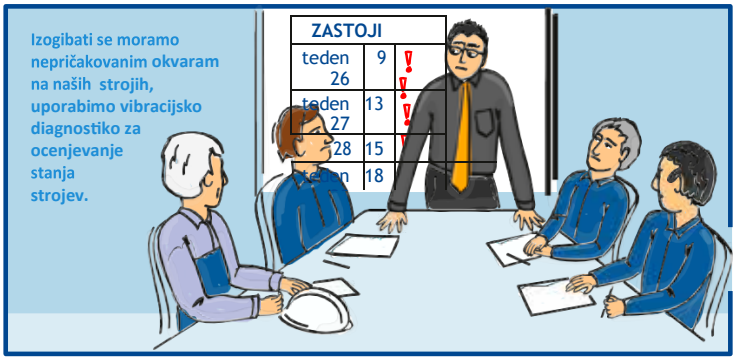
SKUPAJ V NOVE ZGODBE.

Vsa prosta delovna mesta na:
https://hrastnik1860.com/sl/kariera

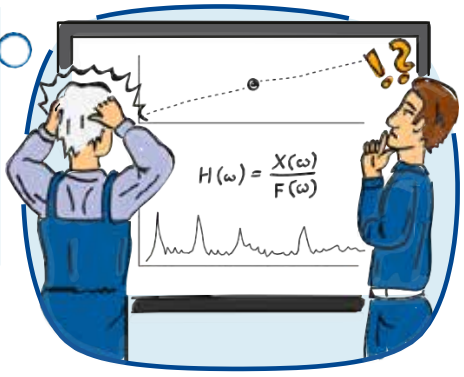
kadri@hrastnik1860.com



SPREMLJAJTE TRENDE STANJA STROJEV, NE VIBRACIJSKIH TRENDOV

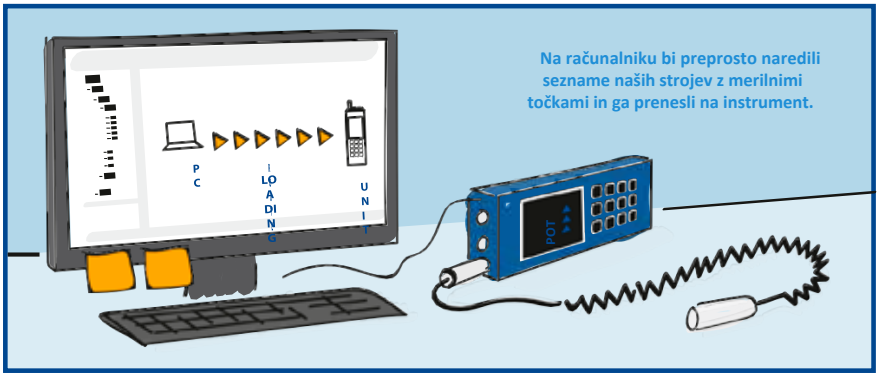


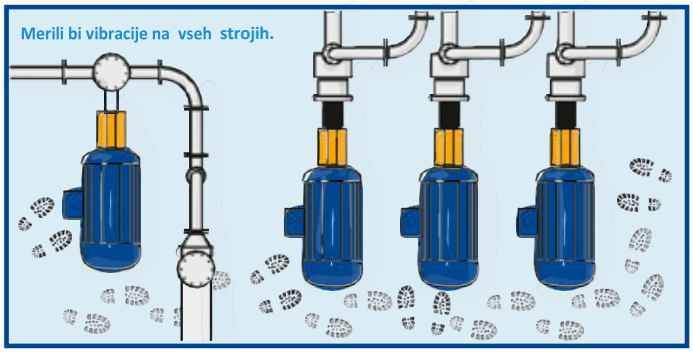






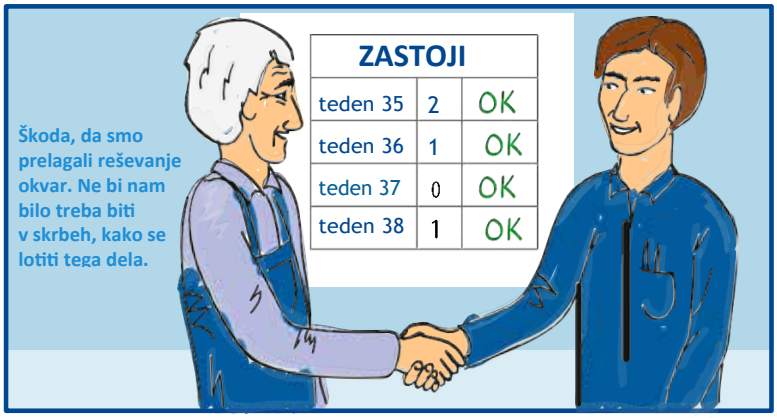












Instro d.o.o.

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

www.instro.si



od 1996
MAXIMO
v Sloveniji

V Slovenijo smo prvi pripeljali **celovit računalniško podprt informacijski sistem za vzdrževanje** in podporo pri odločanju na področju upravljanja s sredstvi. IBM Maximo se je kot najboljša globalna rešitev za Enterprise Asset Management v tem času **dokazal tudi v najbolj zahtevnih produkcijskih okoljih** slovenskih energetskih in proizvodnih podjetij. V podjetju **KOPA z usposobljeno in izkušeno ekipo strokovnjakov za IBM Maximo** prevzemamo najzahtevnejše projekte doma in v regiji.

MAXIMO® je registrirana blagovna znamka podjetja IBM.

KOPA

produktivnost
vodenje in nadzor
razpoložljivost
stroški
varnost
kakovost
poslovna uspešnost
učinkovitost

Premier Business Partner IBM™

KOPA d.d. I Kidričeva 14 I 2380 Slovenj Gradec I T: 02 88 39 700 I www.kopa.si I info@kopa.si