

Perfectus PRO

1/2026



Bi želeli objaviti strokovni članek?
Iščemo pisce in recenzente za naslednjo številko.
Pišite nam na: zalozba.perfectus@gmail.com
www.andrejaspor.com

Kontakti revije

Založnik revije Perfectus PRO

Perfectus
PERFECTUS Institute, so.p.
Dolga Poljana 57
5271 Vipava, SI Slovenija
E-pošta: zalozba.perfectus@gmail.com

Glavni urednik

Andrej Raspor

Odgovorni uredniki

Bojan Macuh
Sašo Murtič
Drago Papler

Uredniški odbor revije

Andrej Raspor
Bojan Macuh
Drago Papler
Sašo Murtič
Metka Nežič
Darko Pirtovšek
Anton Vorina
Marko Vidnjevič
Mitja Geržević

Jezikovni pregled

Za jezikovno ustreznost in vsebino prispevkov so odgovorni avtorice in avtorji, ki odgovarjajo tudi za morebitne kršitve avtorskih pravic.

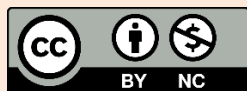
Fotografije

Slika na naslovni strani: Andrej Raspor, lastni arhiv
Slika na hrbtni strani: Andrej Raspor, lastni arhiv

Arhiv revij

<https://www.andrejaspor.com/index.php/sl/nase-storitve/zaloznistvo/perfectus-pro>

Mednarodna standardna serijska številka
(on line) ISSN 2591-1813



To delo je licencirano pod (CC BY-NC 4.0)

Perfectus PRO

Področje in opis revije

Revija Perfectus PRO je interdisciplinarna strokovna revija, ki objavlja prispevke s področja kadrov, odprtih inovacij, organizacije in menedžmenta v povezavi z industrijo 4.0. Vsebina ni omejena zgolj na navedene tematske sklope, ampak smo za vaše predloge odprti. Še posebej želimo objavljati prispevke, ki obravnavajo nove in aktualne teme in predstavljajo dosežke v razvoju ter njihovo uvajanje in uporabo v praksi. Zato vas vabimo, da se nam pridružite.

Pogostost izhajanja

Revija Perfectus PRO izhaja dvakrat letno.

Politika za prosti dostop

Revija Perfectus PRO omogoča odprt dostop do svojih vsebin, ki temelji na načelu odprtih inovacij, po katerem bi prosto dostopni rezultati javnosti omogočile večjo globalno izmenjavo znanja.

Navodila avtorjem

V reviji Perfectus PRO objavljamo strokovne članke, rezultate raziskovalnega dela avtorjev. Prispevki so napisani v slovenskem jeziku. Objavljamo tudi dela, ki so že bila objavljena v znanstveni obliki v kakšni drugi reviji ali zborniku. Tu pa naj bodo bralcem predstavljena na bolj poljuden način. Avtorji so odgovorni za vse morebitne kršitve avtorskih pravic. Prispevki niso honorirani. Besedilo naj bo oblikovano po navodilih (interesenti nam pišite, da vam posredujemo predlogo z bolj podrobnimi navodili). Na začetku prispevka, takoj za naslovom naj bo povzetek dolžine 3–5 vrstic z do 4 ključnimi besedami. Članek naj obsega do 6 strani. Predložite tudi sliko in kratek strokovni življenjepis vsakega od avtorjev (2–3 vrstice). Članki morajo biti pred objavo lektorirani. Ne uporabljajte opomb v besedilu. Eventualne opombe, ki naj bodo kratke, navedite na dnu besedila skupaj z literaturo. Seznam citirane literature oblikujte po APA-standardu. Navedeni viri in opombe so v besedilu navedeni kot opomba z malimi rimskimi številkami. Na koncu prispevka so navedeni po vrstnem redu.

Predložene prispevke pregledata in ocenita najmanj dva recenzenta. Na osnovi mnenj in predlogov recenzentov uredniški odbor ali urednik sprejmeta prispevek, zahtevata manjše ali večje popravke in dopolnitve ali ga zavrne. Če urednik oziroma recenzenti predlagajo večje popravke, se dopolnjeni prispevek praviloma pošlje v ponovno recenzijo.

Podrobna navodila se nahajajo na

<https://www.andrejaspor.com/index.php/sl/nase-storitve/zaloznistvo/perfectus-pro>

Iz tekoče vsebine	stran
BOJAN MACUH.....	4
SISTEMSKI PRISTOPI KOT ODGOVOR NA SODOBNE IZZIVE.....	4
TILEN GUBANC.....	5
DRAGO PAPLER.....	5
ENERGETSKE IN OKOLJSKE PERSPEKTIVE SONČNE ELEKTRARNE IN TOPLOTNE ČRPALKE.....	5
Uvod.....	5
Toplotna črpalka kot vir ogrevanja v okviru strategije ISO 50001.....	5
Zakonodaja in predpisi na področju sončnih elektrarn in toplotnih črpalk v Sloveniji.....	6
Raziskava o oskrbi z električno energijo in ogrevalnih sistemih.....	7
Rezultati raziskave.....	7
Zaključek.....	9
ANDREJ RASPOR.....	11
POMEN POSLOVNEGA NAČRTA S KPI KAZALNIKI IN SPREMLJANJEM NJIHOVEGA IZVAJANJA.....	11
Uvod.....	11
Plan poslovanja.....	12
Opredelitev ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI).....	12
Pomen merjenja uspešnosti za rast in prilagajanje.....	13
Vloga KPI-jev v strateškem odločanju.....	13
Orodja za spremljanje KPI-jev.....	16
Zaključek.....	17
ANDREJ RASPOR.....	19
POMEN PRAVILNEGA UPRAVLJANJA ARTIKLOV IN IDENTOV V SODOBNI STROJEGRADNJI.....	19
Uvod.....	19
Opredelitev pojmov: artikel in ident.....	19
Povezava artiklov in identov s procesi (ERP, kosovnice, kalkulacije, projekti, proizvodnja).....	21
Koristi pravilnega upravljanja artiklov in identov.....	22
Pogoste napake pri upravljanju artiklov in identov ter njihovo preprečevanje.....	23
Zaključek.....	24
ANDREJ RASPOR.....	25
POPRODAJNE AKTIVNOSTI KOT STRATEŠKI ELEMENT ZVESTOBE KUPCEV.....	25
Uvod.....	25
Kaj vse zajema poprodajna aktivnost z vidika kupca.....	25
Reaktivni in proaktivni pristop k poprodaji.....	27
Merjenje uspešnosti poprodaje.....	28
Sklep.....	29
ANDREJ RASPOR.....	31
UČINKOVITO UPRAVLJANJE REKLAMACIJ V PROIZVODNJI KOT VZVOD ZA IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI.....	31
Uvod.....	31
Posebnosti projektne proizvodnje v strojogradnji in vpliv na reklamacije.....	31
Reklamacije v projektni proizvodnji – posebnosti in izzivi.....	32
Najpogostejši vzroki reklamacij v projektni proizvodnji.....	32
Korektivni in preventivni ukrepi v projektni proizvodnji.....	33
Integriran pristop k Integriran pristop k upravljanju reklamacij v projektni strojogradnji.....	34
Kazalniki uspešnosti (KPI) pri upravljanju reklamacij.....	38
Sklep.....	39
DRAGO PAPLER.....	41
DEJAN POPOVIČ.....	41
ZAMENJAVA DISTRIBUCIJSKEGA TRANSFORMATORJA: MANJŠE ENERGETSKE IZGUBE IN VEČJI FINANČNI PRIHRANKI.....	41
Uvod.....	41
Pregled literature, objav in študij.....	43
Izračun prihrankov.....	54
Zaključek.....	61

Pismo urednika

BOJAN MACUH

SISTEMSKI PRISTOPI KOT ODGOVOR NA SODOBNE IZZIVE

Spoštovani bralke in bralci,

Svet dela, gospodarstva in širše družbe se nahaja v obdobju globokih strukturnih sprememb. Energetska kriza, pospešen tehnološki razvoj, digitalizacija procesov, pritisk trajnostnih in okoljskih zahtev ter spremenjena pričakovanja kupcev in zaposlenih postavljajo pred organizacije nove izzive. V takšnem okolju postaja jasno, da tradicionalni, fragmentirani pristopi k vodenju in odločanju ne zadoščajo več. Uspešne organizacije so vse bolj tiste, ki znajo povezovati strategijo, podatke, procese in odnose v koherentno celoto.

Aktualna številka revije Perfectus PRO to potrebo po celostnem razumevanju in upravljanju naslavlja skozi raznolike, a tematsko povezane prispevke. Avtorji se lotevajo vprašanj, ki so na prvi pogled različna – od energetskega prehoda in obnovljivih virov energije do poprodajnih aktivnosti, reklamacij in ključnih kazalnikov uspešnosti – vendar jih povezuje skupna rdeča nit: pomen sistematičnega, dolgoročno usmerjenega in na podatkih temelječega odločanja.

Energetske vsebine v tej številki odpirajo razmislek o samooskrbi z električno energijo, učinkovitih ogrevalnih sistemih in vlogi zakonodaje pri spodbujanju trajnostnih rešitev. Energetski prehod se v prispevkih ne obravnava zgolj kot tehnični izziv, temveč kot kompleksna odločitev, ki vključuje ekonomske učinke, okoljsko odgovornost, informiranost uporabnikov in sposobnost dolgoročnega načrtovanja. Raziskovalni vidik dodatno osvetli razkorak med visoko okoljsko ozaveščenostjo in dejansko pripravljenostjo na investicijske odločitve, kar odpira pomembna vprašanja za oblikovalce politik, podjetja in izobraževalne institucije.

Drugi sklop prispevkov se osredotoča na kakovost poslovanja in odnose s kupci, zlasti v industrijskih in projektno usmerjenih okoljih. Obravnava poprodajnih aktivnosti in upravljanja reklamacij jasno pokaže, da se konkurenčna bitka ne konča s prodajo, temveč se pogosto začne prav po njej. Način, kako organizacija obvladuje napake, odziva na težave in proaktivno podpira kupca, pomembno vpliva na zaznano zanesljivost, zaupanje in dolgoročno zvestobo. Ti prispevki potrjujejo, da so poprodaja, reklamacije in merjenje zadovoljstva ključni elementi strateškega managementa, ne pa zgolj operativna nuja.

Posebno mesto v tej številki ima tudi tematika poslovnega načrtovanja in merjenja uspešnosti. Prispevki, ki obravnavajo poslovni načrt, KPI-je in njihovo povezavo z računovodsko strukturo ter produktivnostjo dela, poudarjajo, da brez jasnih ciljev in merljivih kazalnikov ni mogoče učinkovito voditi organizacije. V ospredje stopa kultura vodenja na podlagi podatkov, kjer KPI-ji niso sami sebi namen, temveč orodje za učenje, prilagajanje in izboljševanje poslovnih odločitev. Takšen pristop je še posebej pomemben v negotovem okolju, kjer je sposobnost hitrega odziva pogosto ključna konkurenčna prednost.

Revija Perfectus PRO tudi v tej številki uresničuje svoje poslanstvo – povezovati teorijo in prakso ter ponujati strokovne vsebine, ki so uporabne, aktualne in reflektivne. Prispevki niso namenjeni zgolj akademskemu razmisleku, temveč tudi praktikom, podjetnikom, vodjem in študentom, ki se v vsakodnevnem delu soočajo z realnimi izzivi odločanja, vodenja in prilagajanja spremembam.

Prepričani smo, da bo aktualna številka bralcem ponudila dragocene vpoglede, spodbudila razmislek in prispevala k razvoju znanja, ki je nujno za trajnostni razvoj organizacij in družbe kot celote. Vabimo vas, da prispevke berete povezano – kot zgodbo o sodobnem upravljanju, kjer se energetika, kakovost, odnosi s kupci in merjenje uspešnosti prepletajo v skupni cilj ustvarjanja dolgoročne vrednosti.

Želimo vam poglobljeno in navdihujoče branje.

TILEN GUBANC

/ je študent naravovarstva, ki si je nabral že kar nekaj izkušenj, predvsem v turizmu, na področju trženja in dela z gosti. Sedaj bi rad popolnoma spremenil svojo karierno pot, prihodnost pa vidi v varovanju narave. Do narave čuti posebno povezanost, saj ga najbolj sprošča tek po gozdnih in makadamskih poteh. Zanima ga širok spekter varovanja narave, najprej ponovna uporaba in recikliranje, varovanje zaščitene območij in tudi učinkovita raba obnovljivih virov energije.

DRAGO PAPLER

/ je dr. managementa, interdisciplinarna znanja pa povezuje na področju ekonomije, energetike, podjetništva, kmetijstva, podeželja, turizma. V elektroenergetiki je deloval 40 let na področju investicij distribucijskega omrežja, razvoja proizvodnih obnovljivih virov energije, marketinga in prodaje električne energije, komuniciranja, analitike, svetovanja in sistemov vodenja kakovosti. Od leta 2021 vodi Medpodjetniški izobraževalni center Biotehniškega centra Naklo, kjer povezuje gospodarska, izobraževalna in projektna področja kmetijstva in razvoja podeželja. Vključen je v raziskovalno in pedagoško delo visokošolskih in višješolskih programov. Njegova bibliografija obsega znanstvene in strokovne članke, znanstvene monografije in strokovne knjige s področja elektroenergetike, obnovljivih virov energije in trajnostnega razvoja ter zgodovinske domoznanske zbornike in pesniško zbirko.

Povzetek: Samooskrba z električno energijo v povezavi z učinkovitim načinom ogrevanja je v današnjih časih vse bolj pogosta izbira in smiselna investicija, tako iz ekonomskega kot tudi naravovarstvenega vidika. Energetska negotovost in povpraševanje po energiji, kar se odraža z višjimi cenami, v povezavi z vse strožjimi okoljskimi zahtevami, lahko s samooskrbno sončno elektrarno in toplotno črpalko »ubijemo dve muhi na en mah«. Z anketno raziskavo in metodo opisne statistike so bili ugotovljeni dejavniki ki opisujejo znanje populacije o ogrevalnih sistemih, električni samooskrbi, energetski politiki in oblikovanju cen ter na splošno o obnovljivih virih energije.

Ključne besede: sončna elektrarna, toplotna črpalka, energetika, okolje, energetska učinkovitost, upravljanje z energijo, proizvodnja, ogrevanje, cena električne energije, prihranki, informiranost.

ENERGETSKE IN OKOLJSKE PERSPEKTIVE SONČNE ELEKTRARNE IN TOPLLOTNE ČRPALKE

Uvod

Energija je pogoj za življenje in razvoj. V taki ali drugačni obliki, je gonilo našega sveta, življenjskega stila in vsakdanjika, potreba po njej pa se konstantno povečuje. V Sloveniji naj bi se do leta 2050 poraba električne energije podvojila (Zavrtanik, 2023).

Že nekaj let, sploh pa v zadnjem obdobju razvoj sončnih elektrarn in toplotnih črpalk doživljata velik razcvet. Tako z vidika zmanjševanja onesnaževanja ozračja ne eni, kot izkoriščanja obnovljivih virov energije na drugi strani, največkrat pa je eno v močno povezano z drugim. Tudi zaradi visokih cen energentov – ki bodo zaradi povečane porabe po vsej verjetnosti samo še naraščale – pa ne smemo zanemariti niti finančnega vidika, zaradi katerega se vse več posameznikov odloča za investicijo v sončno elektrarno, toplotno črpalko ali oboje.

Energetska neodvisnost oziroma samozadostnost sta tako pomembni zaradi zmanjševanja stroškov, stalne in zagotovljene dobave ter posledično dolgoročne varnosti. Vedno bolj aktualno in pomembno pa je tudi varovanje okolja, zavedanje o njegovi ohranitvi in promocija uporabe obnovljivih virov energije.

Fosilna goriva, iz katerih trenutno pridobivamo največji delež energije, so neobnovljiv vir in kot tak nenadomestljiv, zato bo nekoč presahnil. Zmanjševanje zalog, ob povečani porabi, bo po ekonomski logiki pomenilo višanje cene, razen če se ne bodo našle alternative, ki bodo nadomestile proizvodnjo oziroma zmanjšale povpraševanje. Odvisnost mnogih držav, tudi Slovenije, od njihovega uvoza, je (pre)velika.

Toplotna črpalka kot vir ogrevanja v okviru strategije ISO 50001

Sistem sončne elektrarne kot vira energije, v povezavi s toplotno črpalko kot virom ogrevanja, že vsak zase, v povezavi pa sploh, nudita številne prednosti v okviru strategije ISO 50001. Standard ISO 50001, ki temelji na učinkoviti rabi energije, je v praksi najlažje dosegljiv z lastno proizvodnjo na eni in nizko potrošnjo na drugi strani. V primeru energetske učinkovitega načina ogrevanja, pri enaki proizvedeni količini, več energije ostane za ostale potrebe, kar neposredno znižuje izpuste toplogrednih plinov v primerjavi s tradicionalnimi načini ogrevanja in/ali proizvodnje električne energije.

Prednosti uporabe toplotne črpalke in sončne elektrarne in toplotne črpalke v okviru standarda ISO 50001

- **Izboljšana energetska učinkovitost:** Samooskrbna sončna elektrarna že sama po sebi pomeni večjo energetska učinkovitost, saj z njeno uporabo delno ali v celoti pokrijemo lastne potrebe po energiji in s tem na okolju prijazen način razbremenimo ostale proizvodne vire oz. kapacitete. V kombinaciji s toplotno črpalko pa je naša energetska učinkovitost še večja. Sodobne toplotne

črpalke imajo koeficient učinkovitosti okrog 4, kar pomeni, da iz ene enote energije proizvedejo štiri enote toplote (1 kWh energije = 4 kWh toplote).

- **Zmanjšane emisije toplogrednih plinov:** S kombinacijo obeh sistemov izpust toplogrednih plinov zmanjšujemo na dva načina. Najprej s proizvodnjo iz obnovljivih virov, zaradi učinkovitega sistema ogrevanja, ki obenem ne temelji na fosilnih gorivih, pa tudi s potrošnjo energije.
- **Stroškovna učinkovitost:** Investicija v sončno elektrarno in toplotno črpalko je še vedno razmeroma visoka. Vendar se cena instaliranega kilovata moči sončne elektrarne že nekaj let zmanjšuje in danes znaša okoli 1.000 EUR / kW. Še ne tako dolgo nazaj je bilo to razmerje približno 5.000 EUR / kW. Prav tako napreduje tehnologija in konkurenca na področju toplotnih črpalk, kar jim znižuje ceno in podaljšuje življenjsko dobo, po drugi strani pa se energija draži. Zato je kljub višji začetni investiciji po projekcijah in izračunih investicija v sistem sončne elektrarne in toplotne črpalke dolgoročno ekonomsko smiselna in upravičena, še najbolj v oboje. Seveda če imamo za to izpolnjene pogoje.
- **Udobje:** Toplotne črpalke so okolju in uporabniku zelo prijazen način ogrevanja. Delovanje je popolnoma avtomatizirano, vzdrževanje pa je minimalno. Življenjska doba toplotne črpalke je relativno dolga. Večina sistemov poleg ogrevanja pozimi omogoča tudi hlajenje v poletnih mesecih.
- **Energetska revizija:** Preden se odločite za investicijo v sončno elektrarno in toplotni črpalko morate obvezno proučiti potrebe vašega objekta po električni energiji in toploti in tako optimizirati en in drug sistem. Viški električne energije se namreč "podarijo" v omrežje, morebitni manko se pridobi iz omrežja in plača.
- **Izberite ustrezno sončno elektrarno toplotno črpalko:** Predimenzionirana elektrarna bo dražja, premajhna pa ne bo zadostila našim potrebam. Tudi pri toplotni črpalki moramo izbrati optimalno moč, saj za toplotno črpalko ni dobro če deluje na minimum, prav tako pa ni dobro če konstantno obratuje na polni moči. Oboje ji znižuje življenjsko dobo ter poveča možnost okvar in posledično stroškov vzdrževanja. Tako pri elektrarni, kot pri črpalki, ne izberemo najcenejših produktov na trgu. Če je le mogoče izberemo kvalitetnejše komponente ali vsaj zelo dobro razmerje med ceno in kakovostjo.
- **Izvedbo del zaupajte usposobljenim izvajalcem:** Zelo pomembno je, da izberete preverjene izvajalce z izkušnjami, ki vam bodo že pred izvedbo dali potrebne in koristne nasvete, imeti pa morajo tudi usposobljene in profesionalne delavce pri sami izvedbi del. Slabo izvedena dela so največkrat vzrok za izpade in motnje v delovanju, kar lahko pomeni dodatne stroške in obilico nejevolje, sploh v zimskih mesecih. V skrajnih primerih lahko pride tudi do trajnih poškodb, okvar, ali celo požarov.
- **Spremljajte svojo porabo energije:** Po končani izvedbi del in zagonu obeh sistemov spremljajte na eni strani proizvodnjo sončne elektrarn, na drugi strani pa porabo, predvsem toplotne črpalke. Tako se boste prepričali, da oba sistema delujeta učinkovito in v okvirih pričakovanih parametrov. Pravočasno odpravljanje napak vam bo prihranilo stroške in preprečilo morebitne večje okvare.

Zakonodaja in predpisi na področju sončnih elektrarn in toplotnih črpalk v Sloveniji

Krovni pravni akt na področju energetike v Sloveniji je Energetski zakon (Uradni list RS, št. 60/19 – uradno prečiščeno besedilo in 65/20). Za področje sončnih elektrarn in ostalih obnovljivih virov energije (OVE) pa je bil sprejet Zakon o spodbujanju rabe obnovljivih virov energije (Uradni list RS, št. 121/21 in 189/21). Področje urejajo še ostali zakoni in različni podzakonski akti in uredbe (npr. Gradbeni zakon, Uredba o samooskrbi z električno energijo iz obnovljivih virov energije itd.).

V grobem pri samooskrbi z električno energijo ločimo individualno samooskrbo, samooskrbo večstanovanjskih hiš (blokov) ter skupnosti za samooskrbo z električno energijo. Za sončne elektrarne s priključno močjo do 1 MW, razen redkih izjem, načeloma ni potrebno gradbeno dovoljenje. Priključna moč naprave za samooskrbo ne sme presegati 0,8-kratnika odjemnega mesta. Pri najbolj razširjenem oziroma klasičnem odjemnem mestu v Sloveniji, z močjo 14 kW, je tako dovoljena moč samooskrbne elektrarne 11,2 kW. Poleg za samooskrbo, je možna postavitve naprave na obnovljive vire energije tudi za prodajo v omrežje. V slednjem primeru je potrebno skleniti pogodbo o odkupu energije.

Tudi na področju toplotnih črpalk je krovni akt že omenjeni Energetski zakon. Področje bolj podrobno ureja še Zakon o učinkoviti rabi energije (Uradni list RS, št. 158/20). Uredba o pomoči za pospeševanje uvajanja energije iz obnovljivih virov, shranjevanja in toplote iz obnovljivih virov (Uradni list RS, št. 69/23 in 38/24) pa ureja način in dodeljevanje državne pomoči, pogoje, dokazila in razne tehnične specifikacije za dodelitev pomoči in izvajanje ukrepov.

Za toplotne črpalke do moči 12 kW ni potrebna pridobitev gradbenega dovoljenja. Za toplotne črpalke z močjo enako ali manjšo od 16 kW, ki kot vir toplote izkoriščajo podtalnico, je potrebno pridobiti potrdilo za evidentiranje posebne rabe vode za pridobivanje toplote. Za močnejše pa je potrebno pridobiti vodno dovoljenje. Zunanja enota toplotne črpalke mora biti od sosednje parcele oddaljena vsaj pet metrov, dovoljena raven hrupa, ki ga povzroča toplotna črpalka, je določena s predpisi o mejnih vrednostih hrupa v okolju. Prostorske izmere in pogoje za postavitve zunanje enote so določene s strani občine (občinski prostorski načrti).

Vse naprave ter deli naprav morajo seveda biti skladne z evropskimi direktivami in slovenskimi predpisi ter ustrezati vsem veljavnim standardom.

Raziskava o oskrbi z električno energijo in ogrevalnih sistemih

Samooskrbnost pri energiji in neodvisnost od trga, ki je vedno bolj nepredvidljiv ter ekološka ozaveščenost populacije sta vedno bolj v ospredju. K večji uporabi obnovljivih virov energije in posledično manjšemu obremenjevanju okolja so zastavljene tudi nacionalne, evropske in tudi svetovne podnebne strategije. Industrija je v velikem porastu, zato rešitve postajajo vedno bolj dovršene in cenovno dostopne. V naši raziskavi nas je zanimalo, koliko so ljudje okoljsko ozaveščeni, ali razmišljajo o samooskrbi in menjavi sistema ogrevanja in koliko so na splošno seznanjeni s formiranjem cen in načinom obračunavanja električne energije. Zanimalo nas je tudi, kateri dejavniki so ali bi vplivali na njihove odločitve. S tem namenom je bila preko družbenih omrežij izvedena anketna raziskava. Anketa se je izvajala maja in junija 2024, sestavljena pa je bila iz 26 hierarhičnih vprašanj z ocenami od 1 do 5. (Likertova lestvica).

Nanjo so odgovarjali ženske (61) in moški (39), z različno formalno izobrazbo, stari med 19 in 71 let, največ pa v starostnih skupinah 31–40 (26), 41–50 (28) in 51–60 (29) let. Vrnjenih je bilo 100 anket. Podatke smo obdelali s pomočjo statističnega programa SPSS z metodo opisne statistike (povprečna ocena, standardni odklon, rang), deleži ocen, korelacijsko analizo in faktorsko analizo z pravokotno rotacijo faktorjev.

Rezultati raziskave

Opisna statistika

Najvišje ocene so dobile spremenljivke o varovanju okolja, sledijo jim tiste o energetske učinkovitosti. Srednje ocene so dobile spremenljivke ekonomičnosti, zmanjševanja emisij, poznavanje regulativ in subvencij.

Najnižje ocene so bile pri spremenljivkah o menjavi ogrevalnega sistema, samooskrbi z električno energijo in poznavanje metodologije obračunavanja cen električne energije (Tabela 1).

Tabela 1: Opisna statistika

Mesto	Št. vpr.	Trditev	Ocena	Std. odkl.
1	25	Varovanje okolja je zame pomembna vrednota	4,1	0,78
2	26	Za podnebne spremembe je v veliki meri odgovoren človek	4	1,04
3	5	Toplotna črpalka je ekološko sprejemljiv način ogrevanja	3,8	0,86
4	4	Toplotna črpalka pripomore k zmanjšanju izpustov CO2	3,7	0,84
	9	Strošek električne energije je visok	3,7	1,06
	14	Zakonodaja bo v prihodnosti vplivala na izbiro ogrevalnih sistemov	3,7	1,03
7	7	Naložba v toplotno črpalko se splača	3,6	0,88
8	3	Toplotna črpalka je cenejši način ogrevanja od ostalih	3,5	1,07
	6	Poznam princip delovanja toplotne črpalke	3,5	1,14
	15	Investicija v sončno elektrarno pripomore k zmanjšanju izpustov CO2	3,5	1,08
	24	Na splošno se zanimam za obnovljive vire energije	3,5	0,98
12	10	Strošek električne energije predstavlja znaten delež za naše gospodinjstvo	3,3	1,15
	11	V našem gospodinjstvu obstaja še veliko možnosti za varčevanje z električno energijo	3,3	0,99
	17	Bolj, kot ekološki vidik, mi je pomembna donosnost investicije	3,3	1,2
15	19	Informacije glede toplotnih črpalk so jasne, dostopne in lahko razumljive	3,2	0,85
16	16	Pri investicijah v ogrevalni sistem ali sončno elektrarno bi se (oz. sem se) v največji meri zanašal na priporočila sorodnikov, prijateljev, znancev	3,1	1,22
	20	Informacije glede sončnih elektrarn in toplotnih črpalk so strokovne	3,1	0,89
18	18	Informacije glede sončnih elektrarn so jasne, dostopne in lahko razumljive	3	0,88
19	8	Na moje odločitev glede menjave načina ogrevanja v veliki meri vplivajo trenutne subvencije	2,9	1,17
20	21	Informacije o ceni električne energije so jasne in lahko dostopne	2,8	1,11
	23	Na mesečnem računu za električno energijo razumem vse postavke	2,8	1,3
22	2	Razmišljam o ekološko sprejemljivejšem načinu ogrevanja	2,6	1,3
	12	Razmišljam o samooskrbi z električno energijo (npr. sončna elektrarna) oz. sem že vsaj delno samooskrben	2,6	1,43
24	13	Na moje odločitev glede samooskrbe z el. Energijo v veliki meri vplivajo (oz. so vplivale) trenutne subvencije	2,5	1,16
25	22	Poznam in znam objasniti nov način obračunavanja omrežnine za električno energijo (po 1. 7. 2024)	2,3	1,23
26	1	Razmišljam o zamenjavi načina ogrvanja hiše oz. stanovanja	2,1	1,25

Vir: lasten

Standardni odklon

S standardnim odklonom smo ugotovili, kako razpršene so vrednosti okoli aritmetične sredine. Velik standardni odklon nam pove, kje smo dobili nezanesljive, nestabilne ocene. V takšnih primerih so mnenja anketirancev različna in močno razpršena. Pri teh temah se priporoča dodatne analize in posvetovanje.

Vprašanja z **velikim standardnim odklonom**:

- Razmišljamo o zamenjavi načina ogrevanja hiše oz. stanovanja.
- Razmišljamo o ekološko sprejemljivejšem načinu ogrevanja.
- Razmišljam o samooskrbi z električno energijo oz. sem delno že samooskrben.
- Na mojo odločitev glede samooskrbe z el. energijo v veliki meri vplivajo (oz. so vplivale) trenutne subvencije.
- Na mesečnem računu za električno energijo razumem vse postavke.

Korelacijska analiza

Pri korelacijski analizi smo ugotavljali povezanost oziroma korelacijo in moč med različnimi spremenljivkami. V Tabeli 2 so prikazane medsebojne korelacije z visokimi vrednostmi Pearsonovega koeficienta korelacije (Tabela 2).

Tabela 2: Korelacijska analiza

Spremenljivka 1	Spremenljivka 2	Pearsonov koeficient korelacije
Q18 Informacije glede SE so jasne, dostopne in lahko razumljive	Q20 Informacije glede toplotnih črpalk so strokovne	0,568
Q19 Informacije glede toplotnih črpalk so jasne, dostopne in lahko razumljive	Q21 Informacije o ceni električne energije so jasne in lahko dostopne	0,561
Q13 Na mojo odločitev glede samooskrbe z el. energijo v veliki meri vplivajo (oz. so vplivale) trenutne subvencije	Q16 Pri investicijah v ogrevalni sistem ali SE bi se (ali sem se) zanašal na priporočila sorodnikov, prijateljev, znancev	0,544
Q5 Toplotna črpalka je ekološko sprejemljiv način ogrevanja	Q15 Investicija v SE pripomore k zmanjšanju izpustov CO2	0,528
Na mojo odločitev glede menjave načina ogr. v veliki meri vplivajo trenutne subvencije	Q2 Razmišljamo o ekološko sprejemljivejšem načinu ogrevanja	0,491
Q5 Toplotna črpalka je ekološko sprejemljiv način ogrevanja	Q16 Pri investicijah v ogrevalni sistem ali SE bi se (ali sem se) zanašal na priporočila sorodnikov, prijateljev, znancev	0,47

Vir: lasten

Faktorska analiza

Z metodo faktorske analize smo poiskali tri skupne faktorje za vse trditve v raziskavi. Pojasnjujejo dejavnike in značilnosti, ki smo jih na podlagi uteži razvrstili v tri skupine s skupnim imenovalcem, ki se izražajo v faktorjih. Za trditve v naši raziskavi smo opredelili tri skupne faktorje.

FAKTOR 1: Vpliv investicije na okolje in ekološki vidik

FAKTOR 2: Gospodarnost in ekonomska upravičenost investicije ter regulatorne usmeritve

FAKTOR 3: Znanje, informiranost ter splošna razgledanost ter poznavanje trendov in tehnologij

Prvi skupni faktor ima močne uteži na spremenljivkah: ekologija, zmanjševanje izpustov, varčevanje z energijo, spodbujanje in ozaveščanje.

Drugi skupni faktor ima močne uteži na spremenljivkah: investicije, subvencije, cene energentov, zakonodaja in regulativa, vrednotenje izpustov.

Tretji skupni faktor ima močne uteži na spremenljivkah: znanje, informiranost, poznavanje trga in tehnologij, energetska politika (Tabela 3).

Tabela 3: Faktorska analiza

Vprašanje	Faktor		
	F1	F2	F3
Q1	0,058	0,723	-0,033
Q2	0,060	0,758	-0,018
Q3	0,628	0,121	-0,014
Q4	0,742	-0,046	0,014
Q5	0,908	0,264	0,063
Q6	0,089	-0,050	0,390
Q7	0,678	0,032	0,071
Q8	0,184	0,608	0,035
Q9	-0,035	0,371	-0,017
Q10	-0,066	0,369	-0,038
Q11	0,303	0,102	-0,015
Q12	0,164	0,387	0,075
Q13	0,223	0,505	-0,045
Q14	0,171	0,226	0,068
Q15	0,446	0,371	0,098
Q16	0,424	0,390	-0,170
Q17	-0,122	0,020	0,145
Q18	-0,111	0,079	0,737
Q19	0,005	-0,042	0,879
Q20	0,204	0,210	0,696
Q21	0,028	-0,042	0,644
Q22	-0,166	-0,064	0,183
Q23	-0,140	-0,129	0,201
Q24	0,117	0,230	0,258
Q25	0,164	0,194	-0,045
Q26	0,258	0,393	0,078

Vir: lasten

Opomba: *osenčeni so faktorji, ki so pri posameznem vprašanju imeli zelo veliko oz. največjo težo

Zaključek

V naši raziskavi smo opazili visoke ocene pri vprašanjih iz varovanja okolja in ekologije. Prav tako so bile ocene relativno visoke pri znanju o obnovljivih virih energije in poznavanju stanja na trgu. Ekološka ozaveščenost ljudi je visoka, regulatorni predpisi gredo vedno bolj v to smer, smiselno jim sledijo tudi proizvajalci in prodajalci, zato so informacije izčrpne, lahko dostopne in vseprisotne.

Po drugi strani pa so informacije in znanje o oblikovanju cen električne energije skope, nejasne in precej kompleksne. Ljudje zato ne razumejo dobro načina obračunavanja električne energije, vrst omrežnin, sploh novega načina, ki v veljavo stopi letos, dajatev in prispevkov. Razne dezinformacije in napačna tolmačenja so zelo neproduktivni in obenem lahko vzrok slabe volje in relativno visokih stroškov. Tu je nujno potrebno več informiranosti, da bodo ljudje bolje razumeli in znali oceniti in optimizirati svoje potrebe in porabo. Vendar v ozadju, kot pri vsaki zakonodaji ali regulativi ni tržnega interesa, vsaj takega ne, ki bi bil potrošniku v prid.

Varovanje okolja je pomembna vrednota. Zavedanje, da je za okoljske spremembe v veliki meri kriv človek, prav tako. Obenem je jasno, da je energija omejena in da njena nebrzdana proizvodnja pomeni še več negativnih vplivov na okolje, po drugi strani pa vedno večje povpraševanje tudi neizbežen dvig cen. Vedno večje potrošnja lahko oziroma že povzroča težave in obremenitve elektroenergetskega omrežja in v povezavi s tem se samooskrba kaže kot dobra in smiselna rešitev.

V primeru menjave načina ogrevanja, bi se tako velika večina odločila za ekološki način ogrevanja. Prav tako je razmišljanje bolj dolgoročno, tako iz ekološkega kot iz finančnega vidika. Samooskrba, okolju prijaznejši načini ogrevanja, stroški energije ter vpliv regulativ na bodoče rešitve so v naši raziskavi ocenjene zelo visoko.

Kljub temu, ljudje množično še ne razmišljajo o zamenjavi načina ogrevanja. Najverjetneje so razlogi zato finančne narave, oziroma sedanjí sistem še opravlja svojo funkcijo. Zavedanje pa je prisotno. Važno je omeniti, da od 100 sodelujočih v anketi, jih 27 živi v večstanovanjski zgradbi (stanovanjskem bloku), zato nimajo možnosti sprememb na tem področju in so, kljub mogoče drugačnemu prepričanju, prisiljeni uporabljati obstoječo infrastrukturo. Tudi zato je pri vprašanju "Ali razmišljate o zamenjavi načina ogrevanja hiše ali stanovanja?" opaziti velik standardni odklon, kar pomeni, da so mnenja zelo različna. Prej omenjena skupina pa ni mogla odgovoriti drugače kot je, saj o tem realno ne more razmišljati. Za bolj merodajne rezultate bi bilo smiselno raziskavo ponoviti, udeleženci pa bi že v osnovi morali imeti izpolnjene predpogoje za izvedbo takšne investicije.

Viri, literatura in opombe:

1. Energetika-portal.si (2024). *Postavitev proizvodnih naprav na OVE in SPTE. Pojasnila in odgovori*. Dostopno 18. 6. 2024 na naslovu: <https://www.energetika-portal.si/podrocja/energetika/proizvodne-naprave-na-ove-in-spte/postavitev-proizvodnih-naprav-na-ove-in-spte-pojasnila-in-odgovori/>
2. Papler, Drago in Bojnec, Štefan (2010). *Mnenja o konkurenčni dobavi in učinkoviti rabi energije*. Dostopno na naslovu: https://www.fm-kp.si/zalozba/ISSN/1854-4231/5_243-260.pdf 20. 6. 2024
3. PISRS (2014). *Energetski zakon (EZ-1)*. Dostopno 19. 6. 2024 na naslovu: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO6665>
4. PISRS (2020). *Zakon o učinkoviti rabi energije*. Dostopno 20. 6. 2024 na naslovu: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=ZAKO8136>
5. PISRS (2018). *Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju*. Dostopno 19. 6. 2024 na naslovu: <https://pisrs.si/pregledPredpisa?id=URED7531>
6. Zavrtanik, Miha (2023). *Poraba električne energije se bo do leta 2050 podvojila. Je JEK2 res edina rešitev za zeleni prehod?* Dostopno 18. 6. 2024 na naslovu: <https://www.rtvsllo.si/okolje/zeleni-petek/poraba-elektricne-energije-se-bo-do leta-2050-podvojila-je-jek2-res-edina-resitev-za-zeleni-prehod/660201>

ANDREJ RASPOR / je dr. družbenih ved – upravljaljskih ved, uni. dipl. org. dela. Ima več kot 40 let delovnih izkušenj od tega več kot 20 na vodilnih mestih: vodja splošnih poslov in komisije za nadzor stroškov, direktor razvoja kadrov in za strateške projekte, podjetnik, ustanovitelj več start-upov, poslovni svetovalec. Mnenja je, da je treba akademsko delo stalno preizkušati na terenu. Je avtor več znanstvenih, strokovnih monografij in uporabnih priročnikov ter raziskovalec ARRS projektov.

Povzetek: Članek obravnava pomen poslovnega načrta kot temeljnega orodja upravljanja podjetja ter poudarja vlogo ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI) pri spremljanju njegovega izvajanja. Poslovni načrt sam po sebi nima uporabne vrednosti, če ni povezan s sistematičnim merjenjem rezultatov in redno primerjavo plana z realizacijo. KPI-ji omogočajo pretvorbo strateških ciljev v merljive kazalnike, ki podpirajo odločanje, pravočasno zaznavanje odstopanj in prilagajanje poslovanja. Poseben poudarek je namenjen povezavi med računovodsko strukturo, kazalniki uspešnosti in produktivnostjo dela (FTE), kar omogoča boljšo preglednost, primerljivost in trajnostno rast podjetja.

Ključne besede: poslovni načrt, KPI kazalniki, spremljanje uspešnosti, strateško odločanje.

POMEN POSLOVNEGA NAČRTA S KPI KAZALNIKI IN SPREMLJANJEM NJIHOVEGA IZVAJANJA

Uvod

V sodobnem in hitro spreminjajočem se poslovnem okolju postajata sistematično načrtovanje in merjenje uspešnosti ključna dejavnika dolgoročne konkurenčnosti podjetij (Kenny, 2021). Poslovni načrt predstavlja temeljni dokument, v katerem podjetje opredeli svojo vizijo, strateške cilje in poti za njihovo uresničevanje (SPOT – Državni portal za poslovne subjekte, n.d.). Poslovni načrt je praviloma letni, spremljati pa ga moramo na mesečnem nivoju.

Vendar poslovni načrt brez ustreznega sistema spremljanja ostaja zgolj statičen dokument, ki ne omogoča pravočasnega zaznavanja odstopanj in prilagajanja poslovnih odločitev. Kot poudarja Druckerjeva misel, da izboljšave niso mogoče brez merjenja, je spremljanje rezultatov bistveni pogoj za učinkovito upravljanje (Bowick, 2023).

Ključni kazalniki uspešnosti (angl. *Key Performance Indicators – KPI*) omogočajo pretvorbo strateških ciljev v merljive rezultate ter zagotavljajo objektivno podlago za spremljanje napredka, ocenjevanje uspešnosti in podporo odločanju (Twin, 2025). Njihova vrednost se pokaže zlasti v povezavi s poslovnim načrtom, saj omogočajo sprotne preverjanje, ali se načrtovani cilji uresničujejo v praksi. Pri tem je pomembno, da so KPI-ji neposredno povezani s strategijo podjetja in da jih je omejeno število, saj preveliko število kazalnikov zmanjšuje preglednost in uporabnost informacij (Harris & Tayler, 2019; Kenny, 2021).

Pomembno vlogo pri učinkovitem spremljanju KPI-jev ima tudi ustrezno strukturirana računovodska podlaga, ki zagotavlja zanesljive in primerljive podatke (Lanščak, 2023). Računovodski kontni načrt predstavlja informacijsko osnovo, iz katere izhajajo finančni in nefinančni kazalniki uspešnosti. Poleg tega se v praksi vse pogosteje uporabljajo kazalniki, povezani z delovno silo, kot je ekvivalent polne zaposlenosti (FTE), ki omogoča primerjavo uspešnosti ne glede na velikost podjetja ali organizacijsko strukturo (Enochson, 2024).

Namen članka je predstaviti pomen poslovnega načrta v povezavi s sistemom ključnih kazalnikov uspešnosti ter poudariti vlogo rednega spremljanja KPI-jev pri učinkovitem upravljanju podjetja. Poseben poudarek je namenjen povezavi med računovodsko strukturo, kazalniki uspešnosti in produktivnostjo dela, izraženo s FTE, kot mostom med računovodskimi podatki in managerskim odločanjem.

Cilji članka so:

- opredeliti vlogo poslovnega načrta kot izhodišča za merjenje uspešnosti (SPOT – Državni portal za poslovne subjekte, n.d.),
- pojasniti pomen in značilnosti ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI) (Twin, 2025),
- predstaviti osnovno logiko računovodske strukture kot informacijske podlage za KPI (Lanščak, 2023),
- izpostaviti pomen kazalnikov, povezanih z delovno silo (FTE), pri spremljanju produktivnosti (Enochson, 2024),
- s praktičnim primerom prikazati uporabo KPI-jev pri spremljanju in doseganju poslovnih ciljev (ccMonet, 2025).

Članek je namenjen predvsem študentom in podjetnikom ter združuje teoretična izhodišča s praktičnim prikazom uporabe KPI-jev v podjetju, s ciljem prispevati k boljšemu razumevanju pomena merjenja uspešnosti v sodobnem poslovnem okolju.

Plan poslovanja

Plan poslovanja predstavlja konkretizacijo strateških usmeritev podjetja v časovno, vsebinsko in finančno opredeljen okvir. Gre za letni dokument, ki določa cilje podjetja, pričakovane rezultate ter razporeditev virov za njihovo doseganje. V nasprotju s strategijo, ki je dolgoročna in usmeritvena, je plan poslovanja operativen in merljiv ter služi kot temelj za sprotno spremljanje uspešnosti poslovanja (SPOT – Državni portal za poslovne subjekte, n. d.).

Osnova za pripravo kakovostnega plana poslovanja je analiza predhodnega poslovnega obdobja. Realizacija preteklega leta predstavlja referenčno izhodišče, ki razkriva sezonske vzorce, dinamiko rasti, stroškovno strukturo in produktivnost dela. Na tej podlagi podjetje oblikuje realne cilje za prihodnje obdobje, pri čemer se izogne načrtovanju zgolj na podlagi želja ali optimističnih predpostavk. Takšen pristop povečuje verjetnost, da bo plan dosegljiv in hkrati dovolj ambiciozen.

Plan poslovanja je praviloma razdeljen na mesečne in letne cilje, kar omogoča natančno spremljanje odstopanj. Mesečni plan omogoča hitro zaznavanje kratkoročnih odklonov, kumulativni pregled od začetka leta pa pokaže, ali podjetje dolgoročno sledi zastavljeni poti. Ključno vlogo pri tem igra primerjava plana z realizacijo, saj prav odstopanja predstavljajo osnovo za managerske odločitve in korektivne ukrepe.

Pomembna značilnost sodobnega plana poslovanja je njegova neposredna povezanost s ključnimi kazalniki uspešnosti (KPI). Plan določa ciljne vrednosti, KPI-ji pa omogočajo merjenje, ali se te vrednosti uresničujejo v praksi. Brez jasno opredeljenih KPI-jev plan poslovanja ostaja zgolj formalni dokument, ki ne podpira učinkovitega upravljanja. Nasprotno pa plan, podprt s sistemom KPI-jev, postane aktivno orodje vodenja, ki omogoča sprotno preverjanje uspešnosti, pravočasno prilagajanje in večjo preglednost poslovanja (Kenny, 2021).

Za zanesljivo spremljanje plana poslovanja je nujna ustrezna računovodska podlaga. Računovodski kontni načrt zagotavlja strukturiran zajem podatkov o virih, stroških, prihodkih in poslovnem izidu, kar omogoča neposredno povezavo med planiranimi cilji in dejanskimi rezultati. V praksi se plan poslovanja najpogosteje spremlja skozi prihodke, stroške, rezultat ter kazalnike produktivnosti, pogosto izražene tudi na osnovi ekvivalenta polne zaposlenosti (FTE), kar omogoča primerljivost ne glede na velikost podjetja (Enochson, 2024).

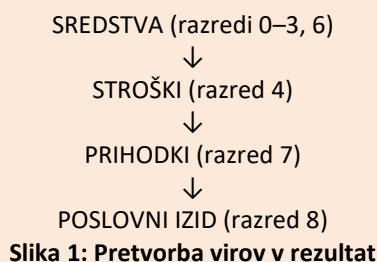
Plan poslovanja tako ni statičen dokument, temveč dinamičen upravljavski okvir. Njegova vrednost se pokaže predvsem v povezavi s sprotnim spremljanjem, analizo odstopanj in pripravljenostjo vodstva, da na podlagi podatkov sprejema odločitve. Podjetja, ki plan poslovanja redno spremljajo in ga povezujejo s KPI-ji, lažje obvladujejo tveganja, učinkoviteje razporejajo vire ter povečujejo verjetnost doseganja zastavljenih ciljev.

Opredelitev ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI)

Za učinkovito spremljanje uresničevanja poslovnega načrta podjetja uporabljajo ključne kazalnike uspešnosti (angl. *Key Performance Indicators* – KPI). KPI-ji so merljivi kazalniki, ki omogočajo oceno, v kolikšni meri podjetje dosega zastavljene cilje (Twin, 2025). Njihova ključna značilnost je neposredna povezanost s strategijo podjetja, saj morajo odražati tiste vidike poslovanja, ki so za doseganje ciljev najpomembnejši (Harris & Tayler, 2019). Učinkoviti KPI-ji so jasno opredeljeni, merljivi, relevantni in časovno določeni, kar omogoča objektivno spremljanje napredka in primerjavo dejanskih rezultatov z načrtovanimi cilji (Enochson, 2024).

Pomembno je poudariti, da vsi merljivi indikatorji niso nujno tudi ključni kazalniki uspešnosti. Preveliko število kazalnikov lahko zmanjša preglednost in uporabnost informacij, zato se v praksi priporoča spremljanje omejenega števila skrbno izbranih KPI-jev, običajno med pet in sedem (Harris & Tayler, 2019; Kenny, 2021). Dobro oblikovan KPI vključuje jasno določeno merilno enoto, ciljno vrednost, vir podatkov, pogostost spremljanja ter odgovorno osebo, kar omogoča učinkovito uporabo kazalnikov v procesu odločanja (Enochson, 2024).

Podlago za oblikovanje in spremljanje KPI-jev predstavlja ustrezno strukturirana računovodska evidenca. Računovodska struktura omogoča sistematičen zajem podatkov, ki se v nadaljevanju uporabljajo za analizo uspešnosti poslovanja. Temeljna logika računovodske strukture se lahko poenostavljeno prikaže kot zaporedje pretvorbe virov v rezultat (slika 1). Pri tem razredi 0–3 in 6 predstavljajo vhodne vire podjetja, razred 4 njihovo porabo, razred 7 ustvarjeno vrednost, razred 8 pa končni poslovni rezultat. Takšna struktura omogoča jasno povezavo med računovodskimi podatki in kazalniki uspešnosti, kar je ključno za zanesljivo merjenje poslovnih rezultatov (Lanšček, 2023).



Računovodske skupine se v okviru KPI-jev uporabljajo za spremljanje različnih vidikov poslovanja, kot je prikazano v Tabeli 1.

Tabela 1: Povezava računovodskih sklopov in KPI-jev

Računovodski sklop	Namen v KPI
Prihodki (7)	rast, produktivnost
Stroški dela (47)	FTE, učinkovitost
Material (40)	marža
Storitve (41)	outsourcing
Amortizacija (43)	investicijska intenzivnost
Poslovni izid (8)	uspešnost

Pomemben dopolnilni kazalnik pri analizi uspešnosti je tudi ekvivalent polne zaposlenosti (FTE), ki omogoča pretvorbo računovodskih podatkov v primerljive kazalnike ne glede na velikost podjetja. Uporaba FTE omogoča primerjavo produktivnosti, stroškov in rezultatov med podjetji ter skozi čas, kar povečuje analitično vrednost KPI-jev in njihovo uporabnost v managerskem odločanju (Enochson, 2024).

Pomen merjenja uspešnosti za rast in prilagajanje

Merjenje uspešnosti omogoča podjetjem poglobljeno razumevanje lastnega poslovanja, pravočasno zaznavanje odstopanj od zastavljenih ciljev ter učinkovito prilagajanje spremembam v poslovnem okolju (Lanšček, 2023). Podjetja, ki redno spremljajo ključne kazalnike uspešnosti (KPI), lažje prepoznajo neučinkovitosti v procesih, izboljšujejo delovanje organizacije in dosegajo trajnostno rast (Kenny, 2021). Redno merjenje in vrednotenje uspešnosti predstavlja gonilo organizacijskega učenja, saj omogoča sprejemanje odločitev na podlagi objektivnih podatkov in ne zgolj intuitivnih presoj. Sistematično spremljanje KPI-jev vodstvu omogoča sprotne preverjanje ustreznosti sprejetih odločitev ter pravočasno izvajanje korektivnih ukrepov, kot so prilagoditve strategije, prerazporeditev virov ali izboljšanje kompetenc zaposlenih (Lanšček, 2023). S tem se povečuje sposobnost podjetja za odzivanje na spremembe in dolgoročno ohranjanje konkurenčnosti.

Merjenje uspešnosti je tesno povezano tudi z rastjo podjetja. Ambiciozni cilji, kot so rast prihodkov, povečanje tržnega deleža ali izboljšanje zadovoljstva strank, zahtevajo jasno opredeljene kazalnike, ki omogočajo spremljanje napredka in primerjavo dejanskih rezultatov z načrtovanimi (Kenny, 2021). KPI-ji podjetjem zagotavljajo vmesne mejnike, na podlagi katerih lahko pravočasno prilagodijo prodajne, proizvodne ali stroškovne aktivnosti ter tako zmanjšajo tveganja neuspeha.

Poseben pomen ima kombinacija vodilnih in zaostajajočih kazalnikov uspešnosti. Vodilni kazalniki (angl. *leading indicators*) napovedujejo prihodnje rezultate in omogočajo proaktivno upravljanje, medtem ko zaostajajoči kazalniki (angl. *lagging indicators*) merijo dosežene rezultate preteklih aktivnosti (Borden et al., 2017). Uspešna podjetja uporabljajo uravnoteženo kombinacijo obeh vrst kazalnikov, saj jim ta omogoča celovit vpogled v poslovanje, hkrati pa zagotavlja stabilnost rasti in prilagodljivost v negotovih razmerah.

Vloga KPI-jev v strateškem odločanju

Računovodski kontni načrt predstavlja temeljno informacijsko strukturo, na kateri temeljijo vsi kazalniki uspešnosti. Brez jasno strukturiranih in dosledno vodenih računovodskih evidenc ni mogoče zagotoviti primerljivih, zanesljivih in pravočasnih podatkov za spremljanje poslovne uspešnosti (Lanšček, 2023).

KPI-ji imajo ključno vlogo pri strateškem odločanju, saj prevajajo abstraktne strateške usmeritve v konkretne, merljive cilje. Kot poudarjata Harris in Tayler (2019), so merljivi kazalniki postali nepogrešljiv element sodobnega strateškega upravljanja, saj omogočajo objektivno

presojo uspešnosti sprejetih odločitev. Pri tem je pomembno, da podjetje spremlja omejeno število strateško relevantnih KPI-jev, saj preveliko število kazalnikov zmanjšuje preglednost in učinkovitost odločanja (Kenny, 2021).

Strateški cilji se v praksi razčlenijo na cilje na ravni celotnega podjetja, oddelkov in posameznih procesov. Dobro zasnovan sistem KPI-jev odraža to hierarhijo in omogoča povezovanje operativnih kazalnikov z nadrejenimi strateškimi cilji. Na ta način KPI-ji delujejo kot povezovalni element med strategijo in vsakodnevnimi poslovnimi aktivnostmi ter kot zgodnji opozorilni sistem, ki vodstvu omogoča pravočasno zaznavanje tveganj in priložnosti (Harris & Tayler, 2019).

Na podlagi predhodnega leta podjetje vzpostavi izhodiščno primerjalno osnovo, ki omogoča smiselno in realno spremljanje poslovanja v tekočem obdobju (Tabela 2). Realizacija poslovnih rezultatov v letu 2025 predstavlja referenčno točko za oblikovanje plana za leto 2026, saj razkriva sezonske vzorce, dinamiko rasti ter morebitna odstopanja med posameznimi meseci. Na tej osnovi se pripravi mesečni in letni plan, ki ne temelji zgolj na željah, temveč na dejanskih zgodovinskih podatkih. Spremljanje poslovanja v letu 2026 nato poteka z redno primerjavo realizacije s planom na mesečni in kumulativni ravni. Mesečna primerjava omogoča hitro zaznavanje kratkoročnih odstopanj, kumulativni pregled od začetka leta pa pokaže, ali podjetje dolgoročno sledi zastavljeni poti. Poseben pomen ima spremljanje kumulativnega doseganja plana, saj razkrije, ali se morebitni zaostanki povečujejo ali postopoma izravnavajo. Takšen pristop vodstvu omogoča pravočasno ukrepanje, na primer prilagoditev prodajnih aktivnosti, stroškovne strukture ali razporeditve virov, še preden odstopanja postanejo kritična. Spremljanje na podlagi predhodnega leta tako povezuje preteklo uspešnost, tekoče izvajanje in prihodnje cilje v enoten upravljavski okvir, ki omogoča bolj informirano odločanje, večjo preglednost poslovanja ter večjo verjetnost doseganja letnih ciljev.

Tabela 2: Spremljanje tekočega poslovanja na podlagi preteklega poslovanja in plana

Mesec	Realizacija 2025	Plan 2026	Realizacija 2026	Odstopanje (€)	Doseganje plana (%)	Kum. Plan 2026	Kum. Realizacija 2026	Kum. Odstopanje (€)	Kum. Doseganje (%)
jan.									
feb.									
mar.									
apr.									
maj.									
jun.									
jul.									
avg.									
sep.									
okt.									
nov.									
dec.									
Skupaj	Σ	Σ	Σ	Σ	=D/ C	Letni plan	Letna realizacija	Razlika	Doseganje

Pri strateškem odločanju je treba paziti, da kazalniki uspešnosti ne postanejo sami sebi namen. Merila morajo služiti strategiji in odgovarjati na konkretna strateška vprašanja, kot je na primer, ali podjetje izboljšuje svojo konkurenčnost na ciljnim trgu. Dobro opredeljeni KPI-ji tako postanejo skupni jezik organizacije, ki usmerja delovanje zaposlenih v smeri uresničevanja vizije podjetja (Kenny, 2021).

Spodaj (Tabela 3) je **konkreten in splošen nabor ključnih KPI-jev**, oblikovan tako, da je **neodvisen od posameznih programov ali dejavnosti** ter uporaben za večino proizvodnih in projektno usmerjenih podjetij. KPI-ji so neposredno povezani s strateškimi cilji, finančnimi rezultati, učinkovitostjo dela in dolgoročno rastjo.

1. Trg, prodaja in rast

Namen: zagotavljanje stabilne in nadzorovane rasti prihodkov.

2. Donosnost in finančna uspešnost

Namen: ohranjanje zdrave in trajnostne dobičkonosnosti.

3. Operativna učinkovitost

Namen: nadzor nad izvajanjem dela, roki in porabo virov.

4. Produktivnost in delo (FTE)

Namen: merjenje ustvarjene vrednosti glede na vloženo delo.

5. Stroški in obvladovanje virov

Namen: nadzor nad stroškovno strukturo in učinkovitostjo porabe.

6. Likvidnost in finančna stabilnost

Namen: zagotavljanje tekočega poslovanja in finančne varnosti.

7. Organizacija, razvoj in izboljšave

Namen: dolgoročna konkurenčnost in organizacijska zrelost.

Spodaj je **enotna, celovita tabela vseh ključnih KPI-jev**. Tabela 3 vključuje **vse KPI-je**, jasno povezane z **virom podatkov**, **podatkovnim sklopom** in **mersko enoto**, kar omogoča neposredno uporabo v poslovnem načrtu, kontrolingu ali informacijskem sistemu.

Tabela 3: Celovit pregled ključnih KPI-jev

	KPI	Vir podatkov	Podatkovni sklop	Merska enota
1	Rast prihodkov	Konti prihodkov (7)	Računovodstvo	% / EUR
	Doseganje letnega plana prihodkov	Plan prihodkov + realizacija (7)	Kontroling	%
	Delež največjega kupca v prihodkih	Analitika prodaje	Prodaja	%
	Število aktivnih kupcev	CRM / prodajna evidenca	Prodaja	št.
	Povprečna vrednost naročila	Prihodki / št. naročil	Prodaja	EUR
	Stopnja uspešnosti ponudb	Oddane vs. dobljene ponudbe	Prodaja	%
	Število prejetih povpraševanj	Evidenca povpraševanj	Prodaja	št./mesec
	Razmerje povpraševanja → naročila	Povpraševanja / naročila	Prodaja	%
2	Bruto marža	Prihodki (7) – neposredni stroški (40, 41)	Računovodstvo	%
	Prispevek za kritje	Prihodki – variabilni stroški	Računovodstvo	EUR / %
	EBITDA marža	EBITDA / prihodki	Računovodstvo	%
	Poslovni izid	Konti razreda 8	Računovodstvo	EUR
	Donosnost prihodkov	Dobiček / prihodki	Računovodstvo	%
	Stroški na enoto prihodka	Skupni stroški / prihodki	Računovodstvo	%
	Odstopanje marže od plana	Planirana – dejanska marža	Kontroling	%
3	Učinkovitost dela	Planirane / dejanske ure	Evidenca ur	%
	Pravočasnost izvedbe	Planirani vs. dejanski roki	Operativa	%
	Odstopanje porabljenih ur	Plan ur – realizirane ure	Evidenca ur	%
	Povprečen čas izvedbe	Začetek–konec naloge	Operativa	ure / dnevi
	Stopnja izmetov ali napak	Evidenca kakovosti	Kakovost	% / EUR
	Število internih neskladij	Evidenca neskladij	Kakovost	št.
4	Število zaposlenih	Kadrovska evidenca	Kadri	FTE
	Prihodki na FTE	Prihodki (7) / FTE	Računovodstvo + kadri	EUR/FTE
	Dodana vrednost na FTE	(Prihodki – material – storitve) / FTE	Računovodstvo + kadri	EUR/FTE
	Strošek dela na FTE	Stroški dela (47) / FTE	Računovodstvo + kadri	EUR/FTE
	Dobiček na FTE	Poslovni izid / FTE	Računovodstvo + kadri	EUR/FTE
	Delež nadur v vseh urah	Nadure / vse ure	Evidenca ur	%
	Produktivne ure v vseh urah	Produktivne / vse ure	Evidenca ur	%
	Stroški materiala v prihodkih	Konti 40 / prihodki (7)	Računovodstvo	%
5	Stroški storitev v prihodkih	Konti 41 / prihodki (7)	Računovodstvo	%
	Stroški dela v prihodkih	Konti 47 / prihodki (7)	Računovodstvo	%
	Amortizacija v prihodkih	Konti 43 / prihodki (7)	Računovodstvo	%
	Skupni stroški poslovanja v prihodkih	Konti 4 / prihodki (7)	Računovodstvo	%

	Odstopanje stroškov od plana	Plan – realizacija	Kontroling	%
6	Denarni tok iz poslovanja	Izkaz denarnih tokov	Finance	EUR
	Koeficient tekoče likvidnosti	Kratk. sredstva / obveznosti	Računovodstvo	koef.
	Plačilni rok kupcev (DSO)	Terjatve / prihodki	Računovodstvo	dnevi
	Plačilni rok dobaviteljev (DPO)	Obveznosti / nabava	Računovodstvo	dnevi
	Obračanje zalog	Zaloge / strošek prodaje	Računovodstvo	dnevi
	Neto obratni kapital	Kratk. sredstva – obveznosti	Finance	EUR
7	Izboljšave na zaposlenega	Evidenca izboljšav	Organizacija	št./FTE
	Prihranki iz izboljšav	Finančna evidenca	Kontroling	EUR
	Ure izobraževanja na zaposlenega	Kadrovska evidenca	Kadri	ure/FTE
	Fluktuacija zaposlenih	Odhodi / povp. št. zap.	Kadri	%
	Absentizem	Odsotnosti / razpoložljive ure	Kadri	%
	Delež procesov z opredeljenimi odgovornostmi	Popis procesov	Organizacija	%

Opomba: Tabela predstavlja popoln nabor KPI-jev. V praksi je priporočljivo, da podjetje za redno poročanje izbere omejeno število ključnih kazalnikov, ostale pa uporablja kot podporne ali analitične kazalnike.

Orodja za spremljanje KPI-jev

Sodobna podjetja pri spremljanju KPI-jev vse pogosteje uporabljajo digitalna orodja in nadzorne plošče (angl. *dashboards*), ki omogočajo avtomatizirano zbiranje, obdelavo in vizualizacijo podatkov (Enochson, 2024). Informacijska podpora je ključni element učinkovitega sistema merjenja uspešnosti, saj omogoča pregledno in pravočasno spremljanje kazalnikov ter hitrejše odzivanje na spremembe v poslovanju (SPOT – Državni portal za poslovne subjekte, n. d.).

Med najbolj uveljavljenimi metodološkimi okviri za strateško spremljanje uspešnosti je sistem uravnoveženih kazalnikov (*Balanced Scorecard*), ki vključuje finančno perspektivo, perspektivo kupcev, notranjih procesov ter učenja in rasti (Balanced Scorecard Institute, n. d.). Ta pristop omogoča uravnoveženo spremljanje finančnih in nefinančnih kazalnikov ter povezovanje KPI-jev s strateškimi cilji na vseh ravneh organizacije.

Poleg metodoloških okvirov so podjetjem na voljo tudi številna programska orodja za poslovno inteligenco, kot so Tableau, Microsoft Power BI in Qlik, ki omogočajo spremljanje KPI-jev v realnem času. Ključni izziv pri uporabi teh orodij ostaja zagotavljanje kakovosti podatkov, saj so le točni, ažurni in konsistentni podatki ustrezna podlaga za zanesljivo odločanje (Enochson, 2024). Končni cilj uporabe orodij za KPI je vzpostavitev kulture vodenja na podlagi podatkov, v kateri so kazalniki uspešnosti sestavni del vsakodnevnega upravljanja podjetja.

Praktični primer: Uporaba KPI-jev pri upravljanju rasti

Za ponazoritev uporabe KPI-jev v praksi predstavljamo primer srednje velikega podjetja iz tehnološke panoge, ki se je soočalo s stagnacijo rasti in potrebo po bolj sistematičnem upravljanju prodajnih ter operativnih aktivnosti. Vodstvo si je na začetku leta zastavilo jasen strateški cilj: **povečati bazo strank za 25 % v enem letu**. Ker takšen cilj zahteva stalno preverjanje napredka in hitro odzivanje na odstopanja, je podjetje vzpostavilo sistem spremljanja ključnih kazalnikov uspešnosti (KPI) (ccMonet, 2025).

Izbor in opredelitev KPI-jev

Podjetje je izbralo omejeno število KPI-jev, ki so neposredno povezani s ciljem rasti in hkrati pokrivajo različne vidike poslovanja (trženje/prodaja, kakovost storitve, produktivnost, dobičkonosnost). Izbrani so bili naslednji štirje kazalniki (ccMonet, 2025):

- **Mesečno število novih strank** – kazalnik trženjsko-prodajne uspešnosti, ki neposredno meri napredek proti cilju rasti baze strank.
- **Ocena zadovoljstva strank (CSAT)** – kazalnik kakovosti uporabniške izkušnje, ki vpliva na zadržanje strank, ponovne nakupe in priporočila.
- **Prihodek na delovno uro** – kazalnik produktivnosti, ki omogoča spremljanje učinkovitosti izvajanja dela ob rasti obsega poslovanja.
- **Bruto dobičkovnost (%)** – kazalnik profitabilnosti, ki zagotavlja, da rast ne poteka na račun zniževanja marž.

Za spremljanje teh KPI-jev je podjetje uvedlo mesečni “scorecard”, kjer so bili kazalniki prikazani v primerjavi s ciljnimi vrednostmi, trendi in kratkimi interpretacijami odstopanj. S tem je vodstvo zagotovilo preglednost, enotno razumevanje prioritet in odgovornost nosilcev posameznih področij (ccMonet, 2025).

Pregled ciljev in rezultatov

V spodnji tabeli 4 imamo pregled kaj se je v resnici dogajalo s posameznim kazalnikom.

Tabela 4: Primer KPI-jev za spremljanje rasti in učinkovitosti

KPI (kazalnik)	Opis	Cilj (letno)	Rezultat ob koncu leta
Mesečno število novih strank	Število novih strank, pridobljenih v posameznem mesecu.	+ 25 % rast baze strank v enem letu	Dosežena 25 % rast (cilj izpolnjen)
Ocena zadovoljstva strank (CSAT)	Povprečna ocena zadovoljstva strank (npr. 1–5).	Izboljšanje (npr. $\geq 4,5/5$)	Izboljšanje (npr. 4,6/5)
Prihodek na delovno uro	Prihodek, ustvarjen na eno delovno uro.	+ 10 % glede na prejšnje leto	+ 12 % (nad planom)
Bruto dobičkovnost (%)	Delež bruto dobička v prihodkih.	+ 2 odstotni točki	+ 3 odstotne točke (nad pričakovanji)

Opomba: vrednosti v tabeli so povzete po opisanem primeru iz vira (ccMonet, 2025).

Ugotovitve in prilagoditve na podlagi KPI-jev

Spremljanje kazalnikov je podjetju omogočilo več pomembnih vpogledov. Najprej je KPI “mesečno število novih strank” potrjeval, da prodajno-trženjske aktivnosti vodijo proti zastavljenemu cilju. Hkrati je kazalnik zadovoljstva strank pokazal izboljšanje uporabniške izkušnje, kar je vodstvu signaliziralo, da rast ni kratkoročna, temveč podprta s kakovostjo storitve (ccMonet, 2025). Na tej osnovi je podjetje dodatno okrepilo podporo strankam in standardiziralo odzivne postopke.

KPI “prihodek na delovno uro” je nakazal izboljšanje produktivnosti, kar je podjetje pripisalo procesnim izboljšavam in delni avtomatizaciji dela. Na podlagi rezultatov so identificirali ozka grla pri uvajanju novih strank in optimizirali ključne korake procesa, kar je povečalo učinkovitost (ccMonet, 2025). Hkrati je spremljanje bruto dobičkovnosti omogočilo nadzor nad maržami: ko so kazalniki začasno pokazali pritisk na marže zaradi višjih vhodnih stroškov, je podjetje pravočasno izvedlo korektivne ukrepe (npr. izboljšanje nabavnih pogojev in prilagoditve cen), kar se je do konca leta odrazilo v nadpovprečni dobičkonosnosti.

Pomemben nauk iz primera je tudi prilagodljivost KPI-jev. Podjetje je sprva spremljalo število obiskovalcev spletne strani kot indikator zanimanja trga, vendar je kasneje ugotovilo, da je za rast bolj relevanten kazalnik **stopnje konverzije** (delež obiskovalcev, ki izvedejo želeno akcijo, npr. povpraševanje ali registracijo). S preusmeritvijo na bolj strateško relevantno metriko so izboljšali uporabnost poročanja in učinkovitost odločanja (ccMonet, 2025).

Na koncu leta je podjetje doseglo zastavljeni cilj rasti baze strank ter hkrati izboljšalo zadovoljstvo strank, produktivnost in dobičkonosnost. Primer potrjuje, da KPI-ji delujejo kot praktično upravljavsko orodje: omogočajo sprotne preverjanje napredka, zgodnje zaznavanje odstopanj in usmerjanje ukrepov v tiste aktivnosti, ki najbolj prispevajo k doseganju strateških ciljev (ccMonet, 2025).

Zaključek

Poslovni načrt brez sistematičnega merjenja uspešnosti predstavlja neizkoriščen potencial. Ključni kazalniki uspešnosti (KPI) omogočajo pretvorbo strateških usmeritev v merljive cilje, spremljanje napredka ter podporo odločanju na podlagi podatkov. Za študente in podjetnike je razumevanje vloge KPI-jev ključno za učinkovito, pregledno in trajnostno poslovanje.

Na podlagi predstavljenega teoretičnega pregleda in praktičnega primera lahko sklenemo, da so poslovni načrt, KPI-ji in spremljanje njihovega izvajanja neločljivo povezani gradniki uspešnega upravljanja podjetja. Poslovni načrt določa vizijo, cilje in strateške usmeritve, KPI-ji pa te usmeritve pretvorijo v konkretne merilnike, ki omogočajo sprotne spremljanje napredka in pravočasno zaznavanje odstopanj. Dosledno spremljanje KPI-jev prispeva k večji preglednosti poslovanja, spodbuja učenje iz podatkov ter izboljšuje usklajenost med

strateško in operativno ravno organizacije. Vodstvu omogoča bolj informirano odločanje in učinkovitejšo razporeditev virov, saj jasno pokaže, kateri ukrepi prispevajo k doseganju ciljev in kateri zahtevajo prilagoditve.

Hkrati uporaba KPI-jev zahteva disciplino in ustrezno miselnost. Podjetja morajo izbrati omejeno število ključnih kazalnikov, ki so medsebojno usklajeni in neposredno povezani s strategijo, ter se izogniti pretiranemu zbiranju podatkov, ki lahko zmanjša preglednost in uporabnost informacij. Pomembno je tudi zavedanje, da številčni kazalniki sami po sebi ne zadoščajo – vedno jih je treba interpretirati v širšem kontekstu tržnih razmer, konkurenčnega okolja in drugih kakovostnih informacij. Uporaba dobrih praks, kot so postavljanje SMART ciljev, kombinacija vodilnih in zaostajajočih kazalnikov ter ustrezna informacijska podpora, omogoča učinkovitejšo izrabo potenciala KPI-jev.

Poseben poudarek članka je bil namenjen vlogi računovodske strukture kot informacijske osnove za KPI-je. Namen vključevanja računovodske logike v obravnavo kazalnikov uspešnosti ni poučevanje računovodstva, temveč poudarjanje dejstva, da kakovost in zanesljivost KPI-jev neposredno izhajata iz kakovosti osnovnih računovodskih podatkov. Le dosledno strukturirani in pravilno zajeti podatki omogočajo primerljive in uporabne kazalnike, ki podpirajo učinkovito managersko odločanje.

Za študente in podjetnike, ki vstopajo v poslovni svet, je razumevanje povezave med poslovnim načrtom, KPI-ji in spremljanjem uspešnosti izjemno pomembno. Poslovni načrt usmerja delovanje podjetja, KPI-ji pa omogočajo preverjanje, ali podjetje dejansko napreduje v želeni smeri. Kultura vodenja na podlagi podatkov postaja pomembna konkurenčna prednost, saj podjetjem omogoča večjo prilagodljivost, hitrejše odzivanje na spremembe in boljše izkoriščanje priložnosti. Dosledno spremljanje KPI-jev tako ni zgolj administrativna naloga, temveč strateška naložba v dolgoročno rast in trajnostni uspeh podjetja.

Viri in literatura

1. Balanced Scorecard Institute. (n. d.). Balanced scorecard basics. Pridobljeno s spletne strani <https://balancedscorecard.org/bsc-basics-overview/>
2. Borden, K., Hensley, R., & Hertzke, P. (2017, December 14). Gauging internal efficiency and effectiveness with leading and lagging indicators. McKinsey & Company. [Pridobljeno s spletne strani https://www.mckinsey.com](https://www.mckinsey.com)
3. Bowick, G. (2023). An ode to the KPI: If you can't measure it, you can't improve it. Proove Intelligence. Pridobljeno s spletne strani <https://www.prooveintelligence.com>
4. ccMonet. (2025, February 21). KPI case studies for SMBs: Growth success stories. Pridobljeno s spletne strani <https://www.ccmonet.ai>
5. Enochson, H. (2024, August 19). KPIs meaning and examples of key performance indicators. OnStrategy. Pridobljeno s spletne strani <https://onstrategyhq.com>
6. Harris, M., & Tayler, B. (2019). Don't let metrics undermine your business. Harvard Business Review, 97(5), 63–69.
7. Kenny, G. (2021, September 23). KPIs aren't just about assessing past performance. Harvard Business Review. Pridobljeno s spletne strani <https://hbr.org>
8. Lanščak, I. (2023, August 18). KPI kazalniki ali kako merimo uspešnost v podjetju. SPOT Svetovanje Pomurje. Pridobljeno s spletne strani <https://www.spot.gov.si>
9. SPOT – Državni portal za poslovne subjekte. (n. d.). Poslovni načrt. Pridobljeno s spletne strani <https://spot.gov.si>
10. Twin, A. (2025, June 17). Key performance indicators (KPIs). Investopedia. Pridobljeno s spletne strani <https://www.investopedia.com>

ANDREJ RASPOR / je dr. družbenih ved – upravljaljskih ved, uni. dipl. org. dela. Ima več kot 40 let delovnih izkušenj od tega več kot 20 na vodilnih mestih: vodja splošnih poslov in komisije za nadzor stroškov, direktor razvoja kadrov in za strateške projekte, podjetnik, ustanovitelj več start-upov, poslovni svetovalec. Mnenja je, da je treba akademsko delo stalno preizkušati na terenu. Je avtor več znanstvenih, strokovnih monografij in uporabnih priročnikov ter raziskovalec ARRS projektov.

Povzetek: V sodobni strojegradnji je učinkovito upravljanje podatkov o izdelkih ključno za konkurenčnost in digitalizacijo procesov. Članek obravnava pomen jasne opredelitve in strukturiranja pojmov artikel in ident. Predstavljene so definicije artikla in identa, tipični primeri njune strukture ter koristne prakse pri vodenju enotnega šifrant. Poudarjen je vpliv ustreznega upravljanja artiklov in identov na preglednost podatkov, sledljivost, natančnost kalkulacij, učinkovito planiranje in povezljivost z ostalimi procesi (kosovnice, projekti, proizvodnja). Opozorili bomo tudi na najpogostejše napake pri upravljanju teh pojmov ter podali smernice za njihovo preprečevanje.

Ključne besede: ident, artikelq, strojegradnja, informacijski sistem.

POMEN PRAVILNEGA UPRAVLJANJA ARTIKLOV IN IDENTOV V SODOBNI STROJEGRADNJI

Uvod

Sodobna strojegradnja se sooča z vse večjo kompleksnostjo izdelkov, globalnimi dobavnimi verigami ter naraščajočimi pričakovanji glede prilagodljivosti izdelkov. V takšnem okolju postaja urejeno in dosledno upravljanje podatkov o izdelkih (materialih, delih in sestavih) ključno za učinkovito delovanje podjetij. Podjetja, ki uporabljajo informacijske sisteme ERP/MRP, se pri vsakodnevnem poslovanju v veliki meri opirajo na kakovost matičnih podatkov, med katere sodijo tudi podatki v šifrantu artiklov z vsemi pripadajočimi informacijami o posameznem artiklu in identu (Verdantis, 2026).

Pravilno urejeni in jasno ločeni podatki o artiklih in identih zagotavljajo konsistentnost in točnost informacij v vseh organizacijskih enotah, kot so nabava, razvoj, proizvodnja in prodaja. S tem se izboljšata sledljivost in preglednost podatkov ter omogoča sprejemanje informiranih poslovnih odločitev. Nasprotno pa neurejeni ali nedosledni podatki pogosto vodijo v podvajanje šifer, napake pri naročanju materialov, težave pri sestavljanju strojev ter splošno neučinkovitost procesov.

Namen tega članka je osvetliti pomen pojmov artikel in ident, pojasniti razloge za njuno ločevanje ter predstaviti dobre prakse upravljanja v strojegradnji. Poseben poudarek je namenjen okoljem, kjer so izdelki tehnično zahtevni, sestavljeni iz številnih komponent in pogosto prilagojeni specifičnim zahtevam kupcev. Članek obravnava teoretična izhodišča, praktične primere strukturiranja šifrant ter koristi urejenega upravljanja artiklov in identov, kot so boljša preglednost podatkov, natančnejše kalkulacije, učinkovitejše planiranje in podpora digitalizaciji procesov. V zaključnem delu so izpostavljene tudi najpogostejše napake pri upravljanju teh pojmov ter smernice za njihovo preprečevanje.

Opredelitev pojmov: artikel in ident

V proizvodnih podjetjih, zlasti v strojegradnji, se pojma *artikel* in *ident* uporabljata za razlikovanje med generičnim opisom izdelka ter njegovo konkretno tehnično izvedbo. Jasna opredelitev in dosledna ločitev teh dveh pojmov predstavlja temelj urejenega šifrant in kakovostnih matičnih podatkov.

Artikel predstavlja logični oziroma funkcionalni izdelek ali material, ki združuje več možnih tehničnih izvedb. Gre za osnovni koncept izdelka, ki ima enak namen in funkcijo ne glede na posamezne variante. Artikel deluje kot osnovna (generična) enota v šifrantu in ga je mogoče razumeti kot družino izdelkov ali osnovni model, ki se lahko pojavlja v različnih izvedbah. V podjetju, ki proizvaja hidravlične cilindre, bi bil na primer »Hidravlični cilinder 1000N« artikel, saj označuje tip izdelka z določeno funkcijo oziroma zmogljivostjo.

Ident pa predstavlja konkretno tehnično izvedbo artikla. Gre za specifično varianto znotraj istega artikla, ki je natančno opredeljena s tehničnimi lastnostmi, kot so dimenzije, material, zmogljivost ali konfiguracija. Na ravni identa se vodijo kosovnice, kalkulacije, zaloge in proizvodnja, vsak ident pa ima svojo unikatno šifro in pripadajoče tehnične podatke. V primeru hidravličnega cilindra bi posamezni identi predstavljali različice, kot so *Hidravlični cilinder 1000N – dolžina 50 cm (jeklo)* ali *Hidravlični cilinder 1000N – dolžina 100 cm (jeklo)* oziroma izvedbe z drugačnimi materiali tesnil.

Takšno ločevanje osnovnega artikla in njegovih tehničnih variant je uveljavljena praksa v proizvodnih informacijskih sistemih. IBM (2024) navaja, da podjetja pogosto združujejo izdelke z enako osnovno funkcijo v artikelske družine, medtem ko se razlike med izvedbami obravnavajo na ravni variant. Upravljanje variant na ravni identa omogoča večjo preglednost podatkov, hkrati pa preprečuje nekontrolirano rast šifranta (Kuuse, 2023).

Pomen jasno ločenih pojmov artikel in ident se kaže v tem, da lahko en artikel vsebuje več identov, pri čemer vsi identji znotraj istega artikla izpolnjujejo isto osnovno funkcijo ali namen. Takšno hierarhično razmerje je primerljivo s splošno uveljavljenim konceptom osnovnega izdelka in produktnih različic. Azumuta (2025) produktno varianto opredeljuje kot drugačno konfiguracijo istega osnovnega izdelka, kar ustreza pojmu identa kot specifične tehnične izvedbe osnovnega artikla.

Ključni podatki in struktura šifranta artiklov in identov

Učinkovit šifrant artiklov temelji na jasno določeni hierarhiji in standardiziranih pravilih. Priporočljivo je, da so artikli razvrščeni v logične skupine, kot so končni izdelki, sestavi, lastni deli, kupljeni deli, storitve in rezervni deli. Takšna razvrstitev omogoča preglednost podatkov ter dosledno uporabo šifranta v vseh poslovnih procesih. Tako bi lahko uporabili naslednji koren klasifikacije:

- 01 – Končni izdelki
- 02 – Sestavi / podsestavi
- 03 – Lastni izdelki – deli
- 04 – Kooperacija
- 05 – Materiali in standardni deli
- 06 – Elektro in avtomatika
- 07 – Storitve
- 08 – Rezervni deli

Na ravni identa se obravnavajo različne tehnične izvedbe znotraj istega artikla. Različna kosovnica, drugačna tehnologija izdelave ali sprememba ključnih tehničnih parametrov praviloma pomenijo nov ident. Tak pristop omogoča učinkovito obvladovanje produktnih variant brez nepotrebnega povečevanja števila artiklov (Azumuta, 2025). Pomemben element strukturiranja šifranta je tudi dosledno številčenje artiklov in identov. Priporočljiva je uporaba neinteligentnih oziroma nevtralnih šifer, pri katerih pomen ne izhaja iz same številke, temveč iz pripadajočih atributov. Takšne šifre so dolgoročno stabilnejše in manj občutljive na spremembe izdelkov (Shilovitsky, 2025).

Tabela 1: Artikel - ident

Skupina	Kaj je ARTIKEL	Kaj je IDENT	Kdaj nastane nov IDENT
01–02 Končni izdelki, sestavi	Funkcionalna celota (stroj, naprava, sklop)	Tehnična varianta izdelka (konfiguracija, zmogljivost)	Različna kosovnica ali tehnologija
03 Lastni deli	Tip dela (npr. gred, ohišje)	Dimenzija, material, osnovna oblika	Sprememba tolerance, obdelave ali postopka
04 Kooperacija	Vrsta storitve (npr. barvanje, CNC)	Konkretna izvedba ali dobavitelj	Druga cena, dobavitelj ali način obdelave
05 Materiali, kupljeni deli	Funkcija komponente (npr. ventil)	Proizvajalec, tip, izvedba	Drug proizvajalec ali tip komponente
06 Elektro, avtomatika	Tip komponente (PLC, motor, senzor)	Konfiguracija (moč, napetost, I/O)	Druga konfiguracija ali nezdružljivost
07 Storitve	Vrsta storitve (projektiranje, montaža)	Cenovna ali obsegovna varianta	Druga obračunska logika (ura/paket)

Vsak artikel oziroma ident v šifrantu je opisan z naborom matičnih podatkov (atributov). Ti vključujejo najmanj unikatno šifro, naziv, enoto mere, tip oziroma kategorijo (npr. surovina, polizdelek, končni izdelek, storitev ali rezervni del), klasifikacijo ter druge tehnične lastnosti, kot so dimenzije, material, zmogljivost ali barva. Artikel in njegovi identji si lahko delijo splošne attribute, kot sta opis namena ali klasifikacijska skupina, medtem ko se identji med seboj razlikujejo v specifičnih tehničnih lastnostih.

Matični podatki na ravni identa vključujejo tudi informacije, potrebne za operativne procese, kot so nabavne ali prodajne cene, dobavitelj oziroma proizvajalec, status izdelka (npr. v razvoju, aktiven, ukinjen), povezave na tehnično dokumentacijo (risbe, 3D modeli, certifikati)

ter podatke o sledljivosti, kadar so ti zahtevani. Unikatna in dosledna opredelitev identov tako predstavlja osnovo za zanesljivo planiranje, proizvodnjo in obvladovanje zalog.

Struktura šifranta artiklov in identov

Enoten in strukturiran šifrant artiklov predstavlja temelj učinkovitega upravljanja proizvodnje, zalog in povezanih poslovnih procesov. V praksi to pomeni vzpostavitev centralne baze artiklov in identov, v kateri so podatki standardizirani, dosledno vzdrževani in dostopni vsem organizacijskim enotam.

Hierarhična struktura (artikel → ident)

Priporočljivo je, da je šifrant zasnovan hierarhično, tako da ima vsak artikel lahko več pripadajočih identov. Identifikacija te povezave je lahko razvidna že iz šifre (npr. artikel 1000 in identi 1000-01, 1000-02) ali pa je vzpostavljena na ravni podatkovnega modela informacijskega sistema. Ključno je, da je razmerje med artiklom in identi enolično ter da sistem omogoča pregled vseh identov, ki pripadajo posameznemu artiklu. Takšna struktura omogoča analize na ravni celotnega artikla oziroma družine izdelkov ter poenostavlja iskanje in upravljanje podatkov.

Klasifikacija in skupine artiklov

Šifrant mora biti razdeljen v logične skupine ali razrede, kot so surovine, standardni deli, polizdelki, sestavi oziroma moduli, končni izdelki, storitve in rezervni deli. Vsak artikel mora imeti določen tip ali kategorijo, kar omogoča pravilno obravnavo v informacijskih sistemih (npr. kosovnice za polizdelke in končne izdelke, drugačna obravnava rezervnih delov). Standardizirana klasifikacija, bodisi interna bodisi skladna z uveljavljenimi standardi, zmanjšuje tveganje podvajanja artiklov in povečuje preglednost šifranta.

Standardizirana pravila za šifre in opise

Vsak artikel in ident mora imeti enolično šifro, ki se dosledno uporablja v vseh sistemih. Pri oblikovanju šifer se podjetja odločajo med inteligentnimi in neinteligentnimi šiframi. Inteligentne šifre lahko olajšajo razumevanje pri manjšem obsegu artiklov, vendar so v večjih sistemih težje vzdrževane. Neinteligentne oziroma nevtralne šifre so dolgoročno stabilnejše, saj pomen izdelka nosijo atributi in ne sama številka. Ne glede na izbrani pristop je bistveno, da so pravila oblikovanja šifer in opisov jasno dokumentirana in dosledno upoštevana.

Matični podatki in povezave

Vsak zapis v šifrantu mora vsebovati nabor obveznih matičnih podatkov, kot so šifra, naziv, enota mere, tip artikla, klasifikacija in osnovni tehnični podatki. Sodobni informacijski sistemi omogočajo tudi vzpostavitev povezav na tehnično dokumentacijo (npr. risbe, 3D modele, certifikate), dobaviteljske kataloge ter prejšnje verzije izdelkov. S tem artikel oziroma ident postane osrednje informacijsko vozlišče za podatke skozi celoten življenjski cikel izdelka.

Upravljanje verzij in sprememb

Zaradi nenehnih tehničnih sprememb v strojegradnji je nujno imeti urejen sistem upravljanja verzij oziroma revizij. Ob vsaki spremembi je treba jasno opredeliti, ali gre za nov ident (npr. ob spremembi, ki vpliva na kosovnico ali združljivost) ali za spremembo obstoječega identa. Dosledna pravila preprečujejo izgubo sledljivosti ter pretirano rast števila zapisov v šifrantu.

Enotna baza za celotno podjetje

Vsi oddelki v podjetju (razvoj, nabava, proizvodnja, prodaja, vzdrževanje) morajo uporabljati isti šifrant artiklov in identov. Integriran ERP sistem praviloma deluje kot osrednji vir resnice za matične podatke, medtem ko se ostali sistemi (PDM, CRM, MES) nanj navezujejo ali z njim izmenjujejo podatke. Takšen pristop preprečuje podvajanje zapisov, izboljšuje konsistentnost podatkov in zmanjšuje tveganje napak v operativnih procesih.

Povezava artiklov in identov s procesi (ERP, kosovnice, kalkulacije, projekti, proizvodnja)

Artikli in identi predstavljajo osnovo vseh ključnih procesov v informacijskih sistemih ERP. Na njihovi podlagi se gradijo kosovnice, izvajajo kalkulacije, planira nabava in proizvodnja ter zagotavlja sledljivost izdelkov. Napačno strukturirani ali nekonsistentni podatki o artiklih in identih se hitro odrazijo v napačnih nabavnih količinah, neustreznih proizvodnih planih in netočnih stroškovnih analizah.

V projektno usmerjeni strojegradnji omogoča pravilno upravljanje identov učinkovito konfiguriranje izdelkov glede na zahteve kupcev, kar skrajšuje čas priprave ponudb in zmanjšuje tveganje napak pri prenosu podatkov iz prodaje v proizvodnjo (Kuuse, 2023). Hkrati so artikli

in identit temelj sledljivosti v proizvodnji in vzdrževanju, saj jasno opredeljeni identiti omogočajo natančno identifikacijo vgrajenih komponent ter učinkovito obvladovanje rezervnih delov (Verdantis, 2026).

Kosovnice (BOM – Bill of Materials)

Kosovnica je temeljni dokument vsakega stroja ali kompleksnega izdelka in predstavlja hierarhično strukturo nadrejenih in podrejenih delov. Kosovnice se praviloma vežejo na raven identa, saj posamezne tehnične izvedbe istega artikla pogosto zahtevajo različne kombinacije komponent. Urejena struktura artikel–ident omogoča gradnjo kosovnic na skupnih osnovnih komponentah, pri čemer se dodajajo le elementi, specifični za posamezen ident. S tem se izboljšata preglednost in vzdrževanje kosovnic ter zmanjša tveganje napak ob tehničnih spremembah.

Kalkulacije in stroški

Predkalkulacije stroškov temeljijo na kosovnicah in normativih ter so neposredno odvisne od kakovosti podatkov o identih. Jasno razmejeni identiti omogočajo natančno določanje materialov, količin in cen za posamezno tehnično izvedbo izdelka. Standardiziran šifrant preprečuje podvajanje cenovnih podatkov in zagotavlja, da se v vseh kalkulacijah uporablja enotna osnova, kar prispeva k realnejši oceni dobičkonosnosti projektov.

Planiranje nabave in proizvodnje

Procesi MRP in planiranja proizvodnje se zanašajo na podatke o identih, kot so čas dobave, enota mere, zaloge in nadomestni deli. Konsistentno vodenje identov omogoča zanesljivejše napovedovanje potreb ter preprečuje izkrivljanje povpraševanja zaradi podvojenih ali neenotno opisanih artiklov. Posledično se zmanjša število zastojev v proizvodnji in izboljša usklajenost nabavnih in proizvodnih planov.

Projekti in konfiguracija izdelkov

V projektni strojegradnji osnovni artikel praviloma predstavlja standardni izdelek, medtem ko se prilagoditve za posameznega kupca realizirajo na ravni identov ali dodatnih artiklov. Tak konfiguracijski pristop omogoča hitro sestavljanje projektnih kosovnic in podporo konfiguratorjem izdelkov. Zanesljiv šifrant identov zagotavlja, da izbrana konfiguracija samodejno ustvari pravilno strukturo kosovnice in proizvodnega naloga, kar zmanjšuje potrebo po ročnih posegih in tveganje napak.

Proizvodnja, skladišče in sledljivost

V proizvodnji in skladišču je pravilna identifikacija materialov in izdelkov ključna za sledljivost in kakovost. Dosledna uporaba identov omogoča natančno beleženje porabe materiala, izdelave kosov in vgrajenih komponent. To je posebej pomembno pri vzdrževanju in rezervnih delih, kjer je hitra identifikacija pravilnega nadomestnega dela mogoča le ob jasno opredeljenih identih v dokumentaciji in šifrantu.

Povezava informacijskih sistemov

Artikli in identiti predstavljajo skupni jezik med sistemi CAD, PDM, ERP in MES ter povezujejo digitalno verigo od načrtovanja do proizvodnje. Konsistentni identifikatorji omogočajo avtomatizirane prenose kosovnic, naročil in proizvodnih podatkov ter so pogoj za uspešno digitalizacijo procesov. Podjetja pogosto ugotavljajo, da je urejen šifrant artiklov in identov eden ključnih predpogojev za učinkovito integracijo sistemov in nadaljnji razvoj v smeri industrije 4.0.

Koristi pravilnega upravljanja artiklov in identov

Iz predhodnih poglavij izhaja, da urejen in dosledno voden šifrant artiklov in identov prinaša številne koristi, ki se v praksi odražajo tako na operativni kot tudi na strateški ravni poslovanja. V nadaljevanju so povzete ključne prednosti, ki jih podjetja najpogosteje zaznavajo.

Boljša preglednost in hitrejša odločanje

Urejen šifrant omogoča jasen pregled nad izdelki in komponentami, njihovo uporabo v sestavah ter osnovnimi tehničnimi lastnostmi. Na tej osnovi lahko odločevalci lažje analizirajo portfelj izdelkov, prepoznajo potenciale za standardizacijo, racionalizacijo ali ukinitve posameznih variant ter sprejemajo bolj informirane poslovne odločitve. V primeru neurejenih podatkov so takšne analize otežene ali nezanesljive.

Sledljivost in zagotavljanje kakovosti

Ker vsak ident predstavlja konkretno tehnično izvedbo izdelka, je mogoče sledljivost vzpostaviti na natančni ravni vgrajenih komponent. To je ključnega pomena pri obvladovanju kakovosti, zlasti ob ugotavljanju napak, internih neustreznosti ali odpoklicih. Dosleden šifrant omogoča hitro identifikacijo prizadetih izdelkov ter učinkovito ukrepanje, kar je posebej pomembno v panogah z visokimi zahtevami glede varnosti in kakovosti.

Zmanjšanje stroškov in optimizacija zalog

Pravilno upravljanje artiklov in identov zmanjšuje pojav podvojenih zapisov v šifrantu, s čimer se preprečujejo podvojeni nakupi in razpršene zaloge. Poenoteni opisi, enote mere in pakiranja prispevajo k natančnejšemu planiranju nabave ter nižjim stroškom skladiščenja. Posledično se izboljša izkoriščenost zalog in zmanjša tveganje presežkov ali pomanjkanja materiala.

Natančnost pri prodaji in izpolnjevanju naročil

Jasno opredeljeni identifikacijski podatki omogočajo, da so v prodajnih ponudbah, naročilih in dobavnica navedene točne tehnične izvedbe izdelkov. To zmanjšuje nesporazume med prodajo, proizvodnjo in kupcem ter zagotavlja, da je dobavljeno tisto, kar je bilo dejansko naročeno. Takšna natančnost je pomembna tudi za kasnejše vzdrževanje in naročanje rezervnih delov.

Učinkovitost in avtomatizacija procesov

Standardizirani matični podatki so predpogoj za uporabo naprednih funkcionalnosti informacijskih sistemov, kot so avtomatizirano planiranje materialnih potreb, sledljivost s črtnimi kodami ali digitalna podpora prodaji rezervnih delov. Urejen šifrant omogoča tekoče izvajanje procesov, zmanjšuje potrebo po ročnih popravkih in izboljšuje komunikacijo med oddelki, saj vsi uporabljajo enoten sistem oznak in pojmov.

Podpora rasti in nadaljnjemu razvoju podjetja

Podjetja, ki imajo že v osnovi vzpostavljen strukturiran šifrant artiklov in identov, se lažje prilagajajo rasti, širitvi produktnega portfelja ali uvajanju novih informacijskih rešitev. Takšen šifrant predstavlja stabilno osnovo za migracije podatkov, integracijo dodatnih sistemov (npr. PLM ali konfiguratorjev izdelkov) ter dolgoročni razvoj poslovanja.

Pogoste napake pri upravljanju artiklov in identov ter njihovo preprečevanje

Kljub očitnim koristim urejenega šifranta se podjetja v praksi pogosto srečujejo z napakami pri upravljanju artiklov in identov. Te napake povečujejo kompleksnost informacijskih sistemov, zmanjšujejo zaupanje uporabnikov v podatke ter negativno vplivajo na učinkovitost procesov. V nadaljevanju so predstavljene najpogostejše napake ter priporočila za njihovo preprečevanje.

Podvajanje artiklov

Ena najpogostejših napak je vnos istega fizičnega dela pod več različnimi šiframi. Do tega običajno pride zaradi pomanjkljivega pregleda obstoječega šifranta ali neustrezne komunikacije med oddelki. Posledica so podvojene zaloge, netočni podatki o porabi in povečani stroški. Preprečevanje zahteva jasna pravila, po katerih je pred kreiranjem nove šifre obvezno preveriti obstoječe zapise, ter imenovanje odgovorne osebe ali vloge skrbnika matičnih podatkov, ki odobrava nove vnose.

Nejasna ločnica med artiklom in identom

Podjetja se pogosto soočajo z dilemo, ali določen izdelek voditi kot nov artikel ali kot novo tehnično izvedbo obstoječega artikla. Če merila niso jasno določena, lahko nastane bodisi pretirana rast števila artiklov bodisi preveliko združevanje različnih izdelkov pod isti artikel. Dobra praksa je opredelitev jasnega pravila, da artikel predstavlja funkcionalno nov izdelek, medtem ko ident predstavlja tehnično varianto brez spremembe osnovne funkcije. Jasna interna merila omogočajo enotno razumevanje v razvoju, nabavi in prodaji.

Neskladni opisi in manjkajoči podatki

Če se artikli in identifikacijski podatki vnašajo brez enotnih smernic, nastanejo nepopolni ali nekonsistentni zapisi, ki otežujejo iskanje in analizo podatkov. Preprečevanje vključuje uporabo standardiziranih obrazcev za vnos novih artiklov, določitev obveznih polj ter enotna pravila za poimenovanje in opisovanje. Redni pregledi in čiščenje šifranta so nujni za ohranjanje kakovosti podatkov.

Nepovezanost šifranta s tehnično dokumentacijo in spremembami

Napaka nastane, kadar spremembe na tehnični dokumentaciji niso ustrezno povezane s podatki v šifrantu. To lahko vodi v uporabo zastarelih risb ali napačnih kosovnic v proizvodnji. Preprečevanje zahteva jasno opredeljen proces upravljanja sprememb ter povezljivost med sistemi PDM/PLM in ERP, tako da so vse spremembe dokumentirane, sledljive in pravočasno posodobljene v vseh povezanih podatkih.

Neustrezno vzdrževanje šifranta skozi čas

Pogosta težava je, da se šifrant ob začetni ureditvi vzpostavi korektno, nato pa se disciplina pri vzdrževanju postopoma izgubi. Posledično se sčasoma ponovno pojavijo podvajanja in nekonsistentni podatki. Šifrant zahteva kontinuirano upravljanje, vključno z rednimi revizijami, spremljanjem kazalnikov kakovosti podatkov in jasno določenimi postopki za dodajanje ter ukinjanje artiklov in identov.

Prevelika odvisnost od posameznika

Če znanje o strukturi in pravilih šifranta obvladuje le ena oseba, postane sistem ranljiv ob njeni odsotnosti ali odhodu. Dobra praksa je dokumentiranje pravil, razpršitev znanja med več zaposlenih ter usposabljanje novih uporabnikov. Tudi ob imenovanju glavnega skrbnika naj bo v proces vključen vsaj še en nadomestni ali kontrolni mehanizem.

Zaključek

Pravilno upravljanje artiklov in identov predstavlja enega ključnih temeljev učinkovite strojegradnje. Jasna struktura šifranta, dosledno določena pravila ter kakovostni matični podatki omogočajo boljšo sledljivost izdelkov, natančnejše kalkulacije stroškov in zanesljivo podporo digitalizaciji procesov.

Članek je pokazal, da artikel in ident nista zgolj administrativna pojma, temveč temeljna gradnika upravljanja podatkov o izdelkih skozi celoten življenjski cikel – od načrtovanja in konfiguracije do proizvodnje, vzdrževanja in rezervnih delov. Podjetja z urejenim šifrantom lažje uvajajo nove izdelke, prilagajajo obstoječe rešitve, zagotavljajo kakovost in optimirajo stroške v celotni dobavni verigi. Nasprotno pa neurejeni ali nekonsistentni podatki vodijo v nesporazume, operativne zastoje in nepotrebne stroške.

V kontekstu sodobne strojegradnje, kjer so digitalna orodja, avtomatizacija in podatkovno podprto odločanje vse pomembnejši, urejen šifrant artiklov in identov predstavlja nujen predpogoj za nadaljnji razvoj. Podjetjem se zato priporoča vzpostavitev jasne politike upravljanja artiklov in identov, imenovanje odgovornih oseb, redno izobraževanje zaposlenih ter dosledno vzdrževanje kakovosti matičnih podatkov. Le na ta način lahko digitalni modeli izdelkov v informacijskih sistemih zanesljivo odražajo dejansko stanje in podpirajo učinkovito, vitko ter konkurenčno proizvodnjo.

Viri in literatura:

1. Azumuta. (2025, September 26). *Mastering product variant complexity in manufacturing*. Pridobljeno s spletne strani <https://www.azumuta.com/blog/mastering-product-variant-complexity-in-manufacturing/>
2. IBM. (n.d.). *Artikelvarianten und Differenzierungsmerkmale* (Product Master 12 documentation). IBM Knowledge Center. Pridobljeno s spletne strani <https://www.ibm.com/docs/de/product-master/12.0.0?topic=relationships-item-variations-differentiators>
3. Kuuse, M. (2023, April 11). *How to manage product variants in manufacturing?* MRPeasy Blog. Pridobljeno s spletne strani <https://www.mrpeasy.com/blog/product-variants/>
4. OpenBOM. (n.d.). *Part numbering best practices: How to keep your product data organized and scalable*. Pridobljeno s spletne strani <https://www.openbom.com/blog/part-numbering-best-practices-how-to-keep-your-product-data-organized-and-scalable>
5. Shilovitsky, O. (2024). *Part numbers: Best practices and future improvements*. Pridobljeno s spletne strani <https://www.openbom.com/blog/>
6. Shilovitsky, O. (2025). *Part numbering best practices: How to keep your product data organized and scalable*. Pridobljeno s spletne strani <https://www.openbom.com/blog/part-numbering-best-practices-how-to-keep-your-product-data-organized-and-scalable>
7. Verdantis. (2026, Januar 12). *Item master data management*. Pridobljeno s spletne strani <https://www.verdantis.com/item-data-management/>

ANDREJ RASPOR / je dr. družbenih ved – upravljaljskih ved, uni. dipl. org. dela. Ima več kot 40 let delovnih izkušenj od tega več kot 20 na vodilnih mestih: vodja splošnih poslov in komisije za nadzor stroškov, direktor razvoja kadrov in za strateške projekte, podjetnik, ustanovitelj več start-upov, poslovni svetovalec. Mnenja je, da je treba akademsko delo stalno preizkušati na terenu. Je avtor več znanstvenih, strokovnih monografij in uporabnih priročnikov ter raziskovalec ARRS projektov.

Povzetek: Članek obravnava poprodajne aktivnosti kot pomemben strateški element pri oblikovanju dolgoročne zvestobe kupcev v industrijskih in projektno usmerjenih okoljih. Poudarja, da poprodaja ni zgolj podporna ali stroškovna funkcija, temveč ključni del celostne uporabniške izkušnje skozi celoten življenjski cikel izdelka ali sistema. Analizirani so glavni sklopi poprodajnih aktivnosti, kot so montaža in zagon, tehnična podpora, vzdrževanje, reklamacije, rezervni deli in nadgradnje, ter razlika med reaktivnim in proaktivnim pristopom. Ugotovitve kažejo, da sistematično, proaktivno in na kupca usmerjeno upravljanje poprodaje pomembno prispeva k večjemu zaupanju, ponovnim nakupom in trajnostni konkurenčni prednosti podjetja.

Ključne besede: poprodajne aktivnosti, zvestoba kupcev, uporabniška izkušnja, strateški management.

POPRODAJNE AKTIVNOSTI KOT STRATEŠKI ELEMENT ZVESTOBE KUPCEV

Uvod

V industrijskih in projektno usmerjenih proizvodnih okoljih se poprodajne aktivnosti še vedno pogosto obravnavajo kot podporna ali servisna funkcija, katere osnovni namen je odpravljanje napak in tehničnih pomanjkljivosti po dobavi izdelka ali sistema. Takšno razumevanje poprodaje je ozko in ne odraža kompleksnosti sodobnih poslovnih odnosov, v katerih vrednost za kupca ne nastaja zgolj v fazi prodaje, temveč skozi celoten življenjski cikel sodelovanja. Sodobne teorije marketinga in upravljanja odnosov s kupci poudarjajo, da dolgoročna konkurenčna prednost vse manj izhaja iz tehničnih lastnosti izdelka in vse bolj iz kakovosti odnosa, zaupanja ter zanesljivosti dobavitelja (Kotler & Keller, 2016; Grönroos, 2007).

V projektnih in industrijskih okoljih so izdelki in sistemi pogosto kompleksni, prilagojeni posameznemu kupcu in tesno povezani z njegovimi osnovnimi poslovnimi procesi. V takšnih primerih ima vsaka motnja v delovanju lahko neposredne finančne in operativne posledice za kupca. Zato kupec poprodajnih aktivnosti ne dojema kot ločene ali sekundarne faze, temveč kot nadaljevanje projekta oziroma nakupa. Na podlagi izkušenj s poprodajo oblikuje celostno oceno dobavitelja, ki vključuje odzivnost, strokovnost, komunikacijo in pripravljenost prevzemanja odgovornosti. Prav te izkušnje pomembno vplivajo na stopnjo zaupanja, dolgoročno zvestobo, pripravljenost na ponovne nakupe ter priporočila drugim potencialnim kupcem.

Levitt (1983) opozarja, da se resnična konkurenčna bitka za kupca pogosto začne šele po zaključku prodaje, ko se izdelek ali sistem začne uporabljati v realnem okolju. V tej fazi se razkrije, ali je dobavitelj sposoben zagotoviti stabilno delovanje, učinkovito podporo in dolgoročno vrednost. Poprodajne aktivnosti tako postanejo ključen stik med dobaviteljem in kupcem ter pomemben vir diferenciacije, saj jih konkurenti težko posnemajo. V tem kontekstu poprodaja ni zgolj strošek poslovanja, temveč strateški element upravljanja odnosov s kupci, ki pomembno prispeva k zvestobi, trajnostni rasti in dolgoročni konkurenčni prednosti podjetja. Vsled tega nas zanima Kako poprodajne aktivnosti vplivajo na zaznano zanesljivost dobavitelja in dolgoročno zvestobo kupcev v industrijskih in projektno usmerjenih okoljih?

Kaj vse zajema poprodajna aktivnost z vidika kupca

Poprodajne aktivnosti obsegajo celoten nabor storitev in podpornih dejavnosti, ki spremljajo izdelek ali sistem po njegovi dobavi in zagonu. Te vključujejo obravnavo reklamacij, tehnično podporo, servisne posege, preventivno in korektivno vzdrževanje, remonte, dobavo rezervnih delov ter nadgradnje in prilagoditve sistema. Z vidika kupca je bistveno, da so te aktivnosti usklajene, pregledne in usmerjene v zagotavljanje razpoložljivosti ter zanesljivosti sistema.

Grönroos (2007) poudarja, da kupci vrednotijo storitve predvsem skozi zaznano kakovost procesa in izida. To pomeni, da tehnična rešitev sama po sebi ni dovolj; pomemben je tudi način komunikacije, odzivnost, jasnost informacij in občutek odgovornosti dobavitelja. Kupec poprodajo dojema kot storitev, ki mora omogočiti nemoteno uporabo kupljenega izdelka in zmanjševati poslovna tveganja, povezana z izpadi ali okvarami.

Poprodaja v industrijskem in projektnem okolju ni enovita aktivnost, temveč skupek medsebojno povezanih faz, ki skupaj oblikujejo uporabniško izkušnjo kupca po dobavi izdelka ali sistema. Kupec teh faz ne doživlja ločeno, temveč kot celoto, ki odraža zanesljivost, strokovnost in partnerski odnos dobavitelja. V nadaljevanju so podrobneje obravnavani ključni sklopi poprodaje.

Komunikacija in odzivnost – temelj zaznane kakovosti

Komunikacija in odzivnost sta prečna elementa vseh poprodajnih aktivnosti. Z vidika kupca je pogosto pomembnejše, kako hitro in jasno je obveščen, kot pa sama tehnična kompleksnost rešitve. Nejasna ali počasna komunikacija povečuje negotovost in zmanjšuje zaupanje, tudi če je končna rešitev ustrezna.

Kotler in Keller (2016) poudarjata, da zaznana kakovost storitev temelji na doslednosti, jasnosti in spoštovanju obljub. V poprodaji to pomeni jasno opredeljene kontaktne točke, realne časovne roke in transparentno obveščanje kupca o poteku reševanja.

Montaža in zagon – začetek poprodajnega odnosa

Z vidika kupca se poprodaja ne začne z reklamacijo, servisiranjem ali dobavo rezervnih delov, temveč že z montažo in zagonom sistema. Ta faza predstavlja prvi dejanski stik uporabnika z rešitvijo v realnem okolju in ima ključen vpliv na zaznano kakovost celotnega projekta. Uspešen zagon pomeni, da sistem deluje skladno s pričakovanji, da so uporabniki ustrezno usposobljeni in da so morebitne začetne nejasnosti pravočasno razrešene.

Teoretični viri poudarjajo, da zgodnje faze uporabe močno vplivajo na dolgoročno zadovoljstvo kupcev, saj oblikujejo začetno zaupanje v dobavitelja (Levitt, 1983). Slabo voden zagon pogosto vodi v povečano število reklamacij, tudi če so te posledica nerazumevanja kupčevih želja v samem prodajno proizvodnem ciklu, nepravilne uporabe ali nepopolnega prenosa znanja. Z vidika kupca je zato montaža in zagon del poprodajne podpore, ki mora zagotoviti stabilen prehod iz projekta v redno obratovanje.

Vzdrževanje – prehod od reaktivnega k preventivnemu

Vzdrževanje je eden ključnih elementov poprodaje, ki neposredno vpliva na razpoložljivost sistema in stroške obratovanja. Z vidika kupca je preventivno vzdrževanje bistveno bolj zaželeno kot reaktivno, saj zmanjšuje tveganje nenačrtovanih zaustavitev in povečuje zanesljivost.

Teorija storitvene logike poudarja, da proizvajalec s podporo pri vzdrževanju aktivno soustvarja vrednost skupaj s kupcem (Grönroos, 2007). Dobro zasnovani vzdrževalni programi, podprti z dokumentacijo in usposabljanjem, povečujejo zaznano strokovnost dobavitelja in zmanjšujejo dolgoročne stroške za kupca.

Rezervni deli – kritični element razpoložljivosti

Rezervni deli so z vidika kupca eden najbolj oprijemljivih elementov poprodaje. Kupec pričakuje, da bo pravi rezervni del dobavljen hitro, pravilno in z minimalnim vplivom na delovanje sistema. Zamude ali napačni deli so pogosto zaznani kot resna pomanjkljivost poprodajne podpore.

Wise in Baumgartner (1999) opozarjata, da prav rezervni deli pogosto predstavljajo pomemben del poprodajnih prihodkov, hkrati pa močno vplivajo na zadovoljstvo kupcev. V projektnem okolju je dodatni izziv specifičnost komponent, zato je pravilna identifikacija in sledljivost rezervnih delov ključnega pomena.

Tehnična podpora – stalna razpoložljivost znanja

Tehnična podpora predstavlja kontinuirano poprodajno aktivnost, ki kupcu omogoča reševanje vprašanj, optimizacijo uporabe sistema in zmanjševanje tveganj nepravilnega delovanja. Z vidika kupca tehnična podpora ni zgolj pomoč ob težavah, temveč dostop do strokovnega znanja proizvajalca.

Grönroos (2007) poudarja, da zaznana kakovost storitev močno temelji na občutku razpoložljivosti in strokovne kompetentnosti. Slabo organizirana tehnična podpora pogosto vodi v frustracijo kupcev, saj ti pričakujejo jasne in hitre odgovore. V projektnem okolju ima

tehnična podpora dodatno vlogo, saj mora razumeti specifično konfiguracijo sistema, zgodovino sprememb in kontekst uporabe pri posameznem kupcu.

Reklamacije – kritični trenutek resnice

Reklamacije predstavljajo enega najbolj občutljivih trenutkov v odnosu med kupcem in dobaviteljem. Kupec reklamacije ne dojema zgolj kot tehnični problem, temveč kot preizkus odzivnosti, odgovornosti in strokovnosti dobavitelja. Raziskave s področja upravljanja odnosov s kupci kažejo, da lahko dobro obravnavana reklamacija celo poveča zvestobo kupca, medtem ko slabo obravnavana vodi v trajno izgubo zaupanja (Kotler & Keller, 2016).

Z vidika kupca so ključni dejavniki pri obravnavi reklamacij hitrost prvega odziva, jasna komunikacija, kompetentnost osebja in trajnost rešitve. Pomembno je poudariti, da kupec praviloma ne ločuje med vzroki reklamacije; zanj je odgovornost vedno na strani dobavitelja. Zato reklamacije v poprodaji predstavljajo priložnost za krepitev odnosa, če so obravnavane sistematično in transparentno.

Remonti – zanesljivost skozi življenjski cikel

Remonti predstavljajo načrtovane posege, katerih cilj je podaljšanje življenjske dobe sistema in zmanjševanje tveganj večjih okvar. Z vidika kupca so remontii povezani s predvidljivostjo, načrtovanjem in zmanjševanjem nepredvidenih izpadov. Za razliko od interventnih popravil so remontii zaznani kot investicija v zanesljivo obratovanje. Remonti se lahko izvajajo na kupčevi lokaciji oz. se izvajajo pri samem proizvajalcu.

Wise in Baumgartner (1999) poudarjata, da poprodajne storitve, povezane z življenjskim ciklom izdelka, predstavljajo pomemben vir vrednosti tako za kupca kot za proizvajalca. Kupec pričakuje, da proizvajalec razpolaga z najboljšim znanjem o sistemu in lahko predlaga optimalen obseg ter čas izvedbe remonta.

Nadgradnje – razvoj odnosa s kupcem

Nadgradnje predstavljajo priložnost za nadaljnji razvoj odnosa s kupcem in prilagajanje sistema novim potrebam. Z vidika kupca so nadgradnje zaželeni, če prinašajo jasno dodano vrednost, izboljšujejo učinkovitost ali podaljšujejo življenjsko dobo sistema.

Poprodaja ima ključno vlogo pri identifikaciji priložnosti za nadgradnje, saj temelji na poznavanju dejanske uporabe sistema. Goffin in New (2001) poudarjata, da so informacije iz poprodaje pomemben vir inovacij in razvoja novih rešitev.

Reaktivni in proaktivni pristop k poprodaji

Razlikovanje med reaktivnim in proaktivnim pristopom predstavlja eno temeljnih vprašanj pri upravljanju poprodajnih aktivnosti, saj neposredno vpliva na zaznano kakovost storitev, stroške poslovanja in dolgoročno zvestobo kupcev. Izbrani pristop odraža širšo miselnost organizacije – ali podjetje poprodajo razume kot nujno odzivanje na težave ali kot strateško orodje za ustvarjanje vrednosti in upravljanje odnosov s kupci.

Reaktivni pristop temelji na odzivu na zahtevek kupca šele takrat, ko se težava že pojavi. Poprodajne aktivnosti so v tem primeru usmerjene predvsem v odpravo okvar, reklamacij in interventnih posegov, ki so pogosto časovno kritični in povezani z visokimi neposrednimi ter posrednimi stroški. Takšen pristop pomeni, da je kupec že doživel motnjo v delovanju sistema, kar lahko povzroči izpade proizvodnje, zamude pri projektih ali dodatne operativne stroške. Čeprav je tehnična rešitev lahko ustrezna, negativna izkušnja pogosto ostane prisotna, saj je bila težava zaznana kot nepričakovana in moteča. Reaktivna poprodaja je zato z vidika kupca pogosto povezana z občutkom negotovosti, odvisnosti od dobavitelja in omejenega nadzora nad lastnim poslovanjem.

Proaktivni pristop pa temelji na preprečevanju težav in sistematičnem upravljanju tveganj skozi celoten življenjski cikel izdelka ali sistema. Vključuje preventivno in napovedno vzdrževanje, redno spremljanje stanja opreme, analizo zgodovine posegov, uporabo podatkov o obremenitvah in obrabi ter pravočasno obveščanje kupca o potencialnih tveganjih in potrebnih ukrepih. Takšen pristop zahteva večje začetne naložbe v znanje, procese in informacijsko podporo, vendar se dolgoročno izkaže kot stroškovno učinkovitejši in bolj stabilen.

Wise in Baumgartner (1999) poudarjata, da proizvajalci, ki razvijejo proaktivne poprodajne storitve, ne le zmanjšujejo stroške nenačrtovanih izpadov in intervencij, temveč tudi bistveno krepijo zaupanje kupcev. Proaktivna poprodaja kupcu sporoča, da dobavitelj razume njegovo poslovanje, prevzema del odgovornosti za zanesljivo delovanje sistema in deluje kot dolgoročni partner, ne zgolj kot dobavitelj izdelka. Z vidika kupca takšen pristop pomeni večjo predvidljivost, manj operativne negotovosti ter boljše načrtovanje virov in stroškov.

Pomembno je poudariti, da prehod iz reaktivnega v proaktivni pristop ni zgolj tehnično ali organizacijsko vprašanje, temveč strateška odločitev vodstva. Zahteva jasno opredeljene procese, ustrezne kompetence zaposlenih, podporo digitalnih orodij ter kulturo, ki spodbuja učenje iz podatkov in izkušenj. Podjetja, ki uspešno uvedejo proaktivno poprodajo, pogosto dosegajo višjo raven zadovoljstva kupcev, več ponovnih poslov in večjo odpornost na konkurenčne pritiske, saj poprodajne storitve postanejo pomemben vir diferenciacije in dolgoročne konkurenčne prednosti.

Poprodaja kot povezovalni člen med prodajo in razvojem

Poprodaja ima edinstveno vlogo v organizaciji, saj je pogosto edini del podjetja, ki je v stalnem in neposrednem stiku z dejansko uporabo izdelka pri kupcu. Goffin in New (2001) ugotavljata, da so poprodajne ekipe pomemben vir informacij za inovacije in izboljšave, saj zaznavajo ponavljajoče se težave, neizražene potrebe kupcev in omejitve obstoječih rešitev.

Če so te informacije sistematično prenesene v prodajo in razvoj, lahko podjetje izboljša prihodnje projekte, prilagodi ponudbo in poveča zaznano vrednost za kupca. V nasprotnem primeru se znanje izgubi, težave se ponavljajo, kar vodi v zmanjšanje zaupanja. Z vidika kupca je takšna nepovezanost pogosto zaznana kot pomanjkanje učenja in odgovornosti dobavitelja.

Digitalna orodja kot podpora poprodaji

Digitalna orodja, kot so sistemi CRM, servisni portali in sistemi za sledljivost zahtevkov, imajo pomembno podporno vlogo pri upravljanju poprodajnih aktivnosti. Payne in Frow (2005) poudarjata, da CRM ne predstavlja zgolj informacijske rešitve, temveč strateški okvir za upravljanje odnosov s kupci. Pravilno uporabljena digitalna orodja omogočajo enotno evidenco zahtevkov, pregled nad zgodovino posegov in boljše koordinacijo med oddelki.

Z vidika kupca je ključna predvsem transparentnost. Kupec pričakuje jasen vpogled v stanje zahtevka, odgovorno osebo in realne časovne okvire. Digitalna orodja, ki niso podprta z jasno definiranimi procesi in odgovornostmi, lahko celo poslabšajo uporabniško izkušnjo, saj povečujejo občutek birokracije brez dejanske dodane vrednosti.

Merjenje uspešnosti poprodaje

Merjenje uspešnosti poprodajnih aktivnosti zahteva premišljeno uporabo kazalnikov, ki ne odražajo zgolj notranje učinkovitosti izvajanja storitev, temveč predvsem izkušnjo kupca in dolgoročne učinke sodelovanja. Ker poprodaja neposredno vpliva na zaupanje, zaznano vrednost in pripravljenost kupcev za nadaljnje sodelovanje, morajo biti kazalniki uspešnosti usmerjeni v odnos s kupcem in ne zgolj v operativne ali stroškovne vidike.

Med najpogostejše uporabljene kazalnike merjenja uspešnosti poprodaje sodijo NPS (Net Promoter Score), CSAT (Customer Satisfaction Score) in stopnja ponovnih nakupov. NPS meri pripravljenost kupcev, da podjetje priporočijo drugim, s čimer zajema celostno oceno izkušnje in odnosa, ne le posamezne storitve. Reichheld (2003) poudarja, da prav pripravljenost na priporočilo predstavlja enega najzanesljivejših pokazateljev dolgoročne rasti, saj združuje racionalno oceno kakovosti in čustveno komponento zaupanja. CSAT se osredotoča na zadovoljstvo kupca ob konkretni poprodajni interakciji, na primer po servisnem posegu ali reševanju reklamacije, ter omogoča hitro zaznavanje pomanjkljivosti v procesih ali komunikaciji.

Poleg teh kazalnikov je za celovito oceno uspešnosti poprodaje pomembno spremljati tudi vedenjske kazalnike, kot so pogostost ponovnih nakupov, podaljševanje servisnih pogodb, obseg dodatnih naročil rezervnih delov ali nadgradenj ter dolžina trajanja poslovnega odnosa. Ti kazalniki neposredno odražajo, ali poprodajne aktivnosti prispevajo k dejanski zvestobi kupcev in ustvarjanju dolgoročne vrednosti za podjetje.

Fornell et al. (1996) dokazujejo, da obstaja močna povezava med zadovoljstvom kupcev, njihovo zvestobo in finančno uspešnostjo podjetja. V tem kontekstu poprodaja predstavlja pomemben vzvod ustvarjanja poslovnih rezultatov, saj zadovoljni in zvesti kupci ne le

pogostejše ponovno kupujejo, temveč so tudi manj cenovno občutljivi ter podjetju omogočajo stabilnejše prihodke. Zato je ključno, da se kazalniki uspešnosti poprodaje ne uporabljajo zgolj za operativno poročanje ali interno kontrolo, temveč kot aktivno orodje za izboljševanje procesov, usposabljanje zaposlenih in razvoj odnosov s kupci.

Učinkovit sistem merjenja uspešnosti poprodaje temelji na rednem zbiranju podatkov, njihovi interpretaciji ter povezovanju kvantitativnih kazalnikov s kvalitativnimi povratnimi informacijami kupcev. Le na ta način lahko podjetje razume razloge za visoko ali nizko zadovoljstvo, prepozna kritične točke v poprodajnih procesih in oblikuje ciljno usmerjene izboljšave. Merjenje uspešnosti poprodaje tako postane sestavni del strateškega upravljanja odnosov s kupci in pomemben dejavnik trajnostne konkurenčne prednosti podjetja.

Tipične napake v podjetjih

Kljub strateškemu pomenu poprodaje se v praksi pogosto pojavljajo napake, ki zmanjšujejo njeno učinkovitost. Med najpogostejše sodijo obravnavanje poprodaje kot stroškovnega centra, nepovezanost med oddelki, pomanjkanje jasne odgovornosti za kupca ter osredotočenost na interne kazalnike namesto na izkušnjo kupca. Kotler in Keller (2016) opozarjata, da podjetja pogosto podcenjujejo dolgoročne učinke slabe poprodajne izkušnje na zvestobo kupcev.

Sklep

Poprodajne aktivnosti predstavljajo ključen element dolgoročnega odnosa med dobaviteljem in kupcem, zlasti v industrijskih in projektno usmerjenih okoljih, kjer so izdelki in sistemi kompleksni ter tesno povezani z osnovnimi poslovnimi procesi kupca. Z vidika kupca poprodaja ni zgolj servisna ali podporna funkcija, temveč pomemben pokazatelj zanesljivosti, odgovornosti in partnerskega odnosa dobavitelja. Teoretični viri in praktične izkušnje potrjujejo, da podjetja, ki poprodajo razumejo kot investicijo v odnose, dosegajo višjo stopnjo zaupanja, večjo zvestobo kupcev, več ponovnih nakupov ter boljšo in trajnejšo konkurenčno pozicijo (Grönroos, 2007; Wise & Baumgartner, 1999).

Na podlagi obravnave reaktivnega in proaktivnega pristopa k poprodaji je razvidno, da ima proaktiven pristop bistveno večji vpliv na zaznano zanesljivost dobavitelja in dolgoročno zvestobo kupcev. Medtem ko reaktivna poprodaja kupcu sporoča, da dobavitelj zgolj odpravlja posledice težav, proaktivna poprodaja izraža prevzemanje odgovornosti za stabilno in predvidljivo delovanje sistema. Preventivno vzdrževanje, spremljanje stanja opreme, pravočasna komunikacija in napovedovanje tveganj zmanjšujejo operativno negotovost kupca ter krepijo občutek partnerstva, kar se neposredno odraža v večjem zaupanju in pripravljenosti za nadaljnje sodelovanje.

Pomembno vlogo pri razvoju strateške poprodaje ima tudi merjenje njene uspešnosti. Kazalniki, kot so NPS, CSAT in stopnja ponovnih nakupov, omogočajo vpogled v izkušnjo kupca in dolgoročne učinke poprodajnih aktivnosti. Ugotovitve raziskav (Fornell et al., 1996; Reichheld, 2003) potrjujejo, da obstaja močna povezava med zadovoljstvom kupcev, zvestobo in finančno uspešnostjo podjetja. V tem kontekstu poprodaja postane pomemben vzvod ustvarjanja poslovnih rezultatov, saj pozitivna poprodajna izkušnja spodbuja ponovne nakupe, zmanjšuje cenovno občutljivost kupcev in krepi ugled podjetja na trgu.

Na raziskovalno vprašanje, kako poprodajne aktivnosti vplivajo na zaznano zanesljivost dobavitelja in dolgoročno zvestobo kupcev v industrijskih in projektno usmerjenih okoljih, lahko na podlagi teoretičnih izhodišč in obravnavanih primerov odgovorimo, da imajo poprodajne aktivnosti odločilen vpliv na oba vidika. Kakovostno, proaktivno in sistematično upravljanje poprodaje krepi zaznano zanesljivost dobavitelja, zmanjšuje tveganja za kupca ter ustvarja pogoje za dolgoročne, stabilne in vzajemno koristne poslovne odnose.

Celostno upravljanje poprodajnih aktivnosti zahteva strateško usmeritev vodstva, tesno povezovanje poprodaje s prodajo in razvojem, smiselno uporabo digitalnih orodij ter dosledno merjenje uspešnosti skozi prizmo izkušnje kupca. Na ta način poprodaja preseže vlogo operativne podpore in postane strateški vzvod ustvarjanja vrednosti za kupca in organizacijo ter pomemben dejavnik trajnostne konkurenčne prednosti podjetja.

Viri in literatura

1. Fornell, C., Johnson, M. D., Anderson, E. W., Cha, J., & Bryant, B. E. (1996). The American customer satisfaction index: Nature, purpose, and findings. *Journal of Marketing*, 60(4), 7–18. Pridobljeno s spletne strani <https://doi.org/10.1177/002224299606000403>
2. Goffin, K., & New, C. (2001). Customer support and the innovation process. *International Journal of Technology Management*, 22(1–3), 213–226. Pridobljeno s spletne strani <https://doi.org/10.1504/IJTM.2001.002962>
3. Grönroos, C. (2007). *Service management and marketing: Customer management in service competition* (3rd ed.). Wiley.
4. Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson Education.
5. Levitt, T. (1983). After the sale is over... *Harvard Business Review*, 61(5), 87–93.

6. Payne, A., & Frow, P. (2005). A strategic framework for customer relationship management. *Journal of Marketing*, 69(4), 167–176. Pridobljeno s spletne strani <https://doi.org/10.1509/jmkg.2005.69.4.167>
7. Reichheld, F. F. (2003). The one number you need to grow. *Harvard Business Review*, 81(12), 46–54.
8. Wise, R., & Baumgartner, P. (1999). Go downstream: The new profit imperative in manufacturing. *Harvard Business Review*, 77(5), 133–141.
9. Cohen, M. A., Agrawal, N., & Agrawal, V. (2006). Winning in the aftermarket. *Harvard Business Review*, 84(5), 129–138.
10. Cohen, M. A., & Lee, H. L. (1990). Out of touch with customer needs? Spare parts and after-sales service. *Sloan Management Review*, 31(2), 55–66.
11. Fornell, C., Johnson, M. D., Anderson, E. W., Cha, J., & Bryant, B. E. (1996). The American customer satisfaction index: Nature, purpose, and findings. *Journal of Marketing*, 60(4), 7–18. Pridobljeno s spletne strani <https://doi.org/10.1177/002224299606000403>
12. Goffin, K., & New, C. (2001). Customer support and the innovation process. *International Journal of Technology Management*, 22(1–3), 213–226. Pridobljeno s spletne strani <https://doi.org/10.1504/IJTM.2001.002962>
13. Grönroos, C. (2007). *Service management and marketing: Customer management in service competition* (3rd ed.). Wiley.
14. Homburg, C., & Fürst, A. (2005). How organizational complaint handling drives customer loyalty. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 33(1), 95–114. Pridobljeno s spletne strani <https://doi.org/10.1177/0092070304266789>
15. ISO. (2015). *ISO 9001:2015 – Quality management systems – Requirements*. International Organization for Standardization.
16. Kotler, P., & Keller, K. L. (2016). *Marketing management* (15th ed.). Pearson Education.
17. Levitt, T. (1980). Marketing success through differentiation—of anything. *Harvard Business Review*, 58(1), 83–91.
18. Levitt, T. (1983). After the sale is over... *Harvard Business Review*, 61(5), 87–93.
19. Mobley, R. K. (2002). *An introduction to predictive maintenance* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann.
20. Parasuraman, A., Zeithaml, V. A., & Berry, L. L. (1988). SERVQUAL: A multiple-item scale for measuring consumer perceptions of service quality. *Journal of Retailing*, 64(1), 12–40.
21. Payne, A., & Frow, P. (2005). A strategic framework for customer relationship management. *Journal of Marketing*, 69(4), 167–176. Pridobljeno s spletne strani <https://doi.org/10.1509/jmkg.2005.69.4.167>
22. Reichheld, F. F. (2003). The one number you need to grow. *Harvard Business Review*, 81(12), 46–54.
23. Tax, S. S., Brown, S. W., & Chandrashekar, M. (1998). Customer evaluations of service complaint experiences: Implications for relationship marketing. *Journal of Marketing*, 62(2), 60–76. Pridobljeno s spletne strani <https://doi.org/10.1177/002224299806200205>
24. Ulwick, A. W. (2005). *What customers want: Using outcome-driven innovation to create breakthrough products and services*. McGraw-Hill.
25. Wise, R., & Baumgartner, P. (1999). Go downstream: The new profit imperative in manufacturing. *Harvard Business Review*, 77(5), 133–141.

ANDREJ RASPOR / je dr. družbenih ved – upravljaljskih ved, uni. dipl. org. dela. Ima več kot 40 let delovnih izkušenj od tega več kot 20 na vodilnih mestih: vodja splošnih poslov in komisije za nadzor stroškov, direktor razvoja kadrov in za strateške projekte, podjetnik, ustanovitelj več start-upov, poslovni svetovalec. Mnenja je, da je treba akademsko delo stalno preizkušati na terenu. Je avtor več znanstvenih, strokovnih monografij in uporabnih priročnikov ter raziskovalec ARRS projektov.

Povzetek: Članek obravnava učinkovito upravljanje reklamacij v proizvodnji, s posebnim poudarkom na projektno usmerjeni strojogradnji, kjer so reklamacije pogosto posledica kompleksnih projektnih, tehničnih in organizacijskih dejavnikov. Prikazan je celovit in integriran pristop k obravnavi reklamacij, ki povezuje načela vodenja kakovosti, projektnega vodenja ter orodja za analizo vzrokov in stalno izboljševanje. Ugotovitve kažejo, da sistematična analiza reklamacij, uporaba korektivnih in preventivnih ukrepov ter spremljanje ustreznih kazalnikov uspešnosti pomembno prispevajo k izboljšanju kakovosti, zmanjšanju stroškov in večji zanesljivosti projektne izvedbe. Reklamacije so tako predstavljene kot pomemben vzvod organizacijskega učenja in dolgoročne konkurenčne prednosti.

Ključne besede: upravljanje reklamacij, projektna proizvodnja, kakovost, stalno izboljševanje.

UČINKOVITO UPRAVLJANJE REKLAMACIJ V PROIZVODNJI KOT VZVOD ZA IZBOLJŠANJE KAKOVOSTI

Uvod

V proizvodnih organizacijah, zlasti v projektno usmerjeni strojogradnji, reklamacije pogosto predstavljajo enega najbolj vidnih pokazateljev neusklajenosti med načrtovanim in dejanskim delovanjem procesov. Čeprav so reklamacije tradicionalno obravnavane kot strošek ali motnja v proizvodnji, sodobni pristopi k vodenju kakovosti poudarjajo njihovo vlogo kot pomembnega vira informacij za sistemske izboljšave (Oakland, 2014), da na eni strani ne bi prihajalo do reklamacij, po drugi strani pa da bi se iz teh reklamacij nekaj naučili. Reklamacija namreč razkriva odstopanje, ki ga notranji nadzorni mehanizmi niso zaznali ali odpravili pravočasno.

Standard ISO 9001:2015 jasno opredeljuje zahtevo po sistematični obravnavi neskladnosti ter izvajanju korektivnih in preventivnih ukrepov kot sestavnega dela sistema vodenja kakovosti (ISO, 2015). V tem kontekstu postane upravljanje reklamacij več kot zgolj operativna naloga – postane strateško orodje za izboljševanje procesov, zmanjševanje stroškov in krepitev zaupanja kupcev.

Cilj tega članka je predstaviti celovit pristop k upravljanju reklamacij v proizvodnji s poudarkom na projektni strojogradnji, analizirati najpogostejše vzroke reklamacij, predstaviti vlogo analize vzrokov ter pokazati, kako lahko ustrezno izbrani kazalniki uspešnosti (KPI) in sistematični ukrepi vodijo k trajnim izboljšavam kakovosti.

Posebnosti projektne proizvodnje v strojogradnji in vpliv na reklamacije

Projektna proizvodnja v strojogradnji se bistveno razlikuje od serijske ali linijske proizvodnje, saj temelji na izdelavi unikatnih ali visoko prilagojenih strojev za posameznega kupca. Vsak projekt predstavlja kombinacijo tehničnih, organizacijskih in časovnih izzivov, ki neposredno vplivajo na pojavnost in obravnavo reklamacij. Zaradi nizke stopnje ponovljivosti procesov in rešitev je sistemsko obvladovanje kakovosti v takem okolju še posebej zahtevno (Kerzner, 2017).

Ena ključnih značilnosti projektne proizvodnje je visoka stopnja negotovosti v začetnih fazah projekta. Zahteve kupca so pogosto nepopolno definirane ali se spreminjajo med trajanjem projekta, kar povečuje tveganje za neskladja med pričakovano in dejansko funkcionalnostjo stroja. Turner (2014) poudarja, da so spremembe zahtev (angl. change requests) eden glavnih virov težav v projektih, če niso ustrezno formalno obravnavane in dokumentirane. Neobvladane spremembe se pogosto materializirajo šele v fazi montaže, zagona ali celo ob prevzemu stroja pri kupcu, kjer se pojavijo kot reklamacije.

Projektna strojogradnja zahteva tesno sodelovanje različnih oddelkov – prodaje, projektive, nabave, proizvodnje, montaže in poprodaje. Vsak prenos informacij med oddelki predstavlja potencialno točko napake. Kerzner (2017) izpostavlja, da so komunikacijski šumi in pomanjkljiva integracija projektnih ekip eden najpogostejših vzrokov za odstopanja v projektih. V kontekstu reklamacij to pomeni, da težava pogosto ni posledica posamezne napake, temveč kombinacije manjših neusklajenosti skozi celoten projektni cikel.

Posebno vlogo ima tudi tehnična dokumentacija. V projektni proizvodnji se dokumentacija pogosto razvija vzporedno s proizvodnjo, kar povečuje tveganje za neskladje med aktualno verzijo dokumentacije in dejansko izvedbo. PMI (2021) poudarja, da je učinkovito upravljanje

projektne dokumentacije in sprememb ključno za obvladovanje tveganj kakovosti. Pomanjkljiva ali neaktualna dokumentacija je eden pogostih vzrokov reklamacij, zlasti pri montaži, zagonih in kasnejših servisnih posegih.

Zaradi navedenih značilnosti reklamacij v projektni strojegradnji ni mogoče obravnavati zgolj kot proizvodnega problema. Gre za rezultat celotnega projektnega sistema, v katerem so tehnične rešitve, organizacija dela, komunikacija in obvladovanje sprememb neločljivo povezani. Učinkovito upravljanje reklamacij v takem okolju zato zahteva projektno usmerjen pristop, ki povezuje metode vodenja kakovosti z metodami projektnega vodenja ter omogoča sistematično učenje iz zaključenih projektov.

Reklamacije v projektni proizvodnji – posebnosti in izzivi

Reklamacije v projektni proizvodnji se bistveno razlikujejo od reklamacij v serijski proizvodnji, saj se praviloma ne nanašajo zgolj na posamezen izdelek ali kos, temveč na širši kontekst celotnega projekta. V projektni strojegradnji je končni izdelek rezultat kompleksne kombinacije projektnih odločitev, konstrukcijskih rešitev, dobaviteljskih verig, proizvodnih procesov in montažnih aktivnosti. Zaradi te kompleksnosti reklamacije pogosto odražajo sistemske pomanjkljivosti, ne pa izolirane napake (Turner, 2014).

Ena ključnih značilnosti reklamacij v projektnem okolju je njihova časovna zamaknjenost. Napake, nastale v zgodnjih fazah projekta (npr. v idejni zasnovi ali projektiranju), se pogosto razkrijejo šele v fazi montaže, zagona ali celo po predaji stroja kupcu. Kerzner (2017) opozarja, da se stroški odprave napak eksponentno povečujejo glede na fazo projekta, v kateri so odkrite. Reklamacija v zaključni fazi projekta zato praviloma pomeni bistveno večje finančne in organizacijske posledice kot napaka, zaznana v fazi načrtovanja.

V projektni strojegradnji so reklamacije pogosto povezane tudi s spremembami zahtev kupca med trajanjem projekta. Če spremembe niso ustrezno formalizirane, dokumentirane in tehnično ovrednotene, lahko pride do neskladij med dogovorjeno in dejansko izvedeno rešitvijo. PMI (2021) poudarja, da neobvladan proces sprememb predstavlja enega največjih virov projektnih tveganj, kar se v praksi pogosto odrazi prav skozi reklamacije ob prevzemu opreme.

Poseben izziv predstavlja tudi razmejitev odgovornosti med oddelki. Reklamacije se pogosto obravnavajo kot problem proizvodnje ali montaže, čeprav so njihovi vzroki lahko v projektivi (nepopolno projektiranje), prodaji (neustrezno evidentirane zahteve kupca oz. prodaja nečesa kar ni možno izvesti) ali nabavi (neustrezni oz. neakovostne surovine in artikli). ISO 9001:2015 zahteva, da organizacije obravnavajo reklamacije celostno ter zagotovijo analizo temeljnih vzrokov ne glede na organizacijske meje (ISO, 2015). To pomeni, da mora biti obravnavna reklamacij v projektni proizvodnji interdisciplinarna in procesno usmerjena.

Učinkovito upravljanje reklamacij v projektnem okolju zahteva povezovanje metod vodenja kakovosti z metodami projektnega vodenja. Reklamacija tako ne predstavlja zgolj zaključnega dogodka, temveč povratno informacijo, ki mora biti sistematično vključena v učenje organizacije in izboljševanje prihodnjih projektov (Kerzner, 2017; Turner, 2014).

Najpogostejši vzroki reklamacij v projektni proizvodnji

Reklamacije v proizvodnji so praviloma posledica kombinacije več dejavnikov, ki se med seboj prepletajo. Analiza vzrokov kaže, da jih je mogoče smiselno razvrstiti v procesne, organizacijske in podatkovne vzroke, pri čemer se v praksi najpogosteje uporablja kategorizacija po načelu Ishikawa diagrama (Ishikawa, 1986).

Ljudje (kader)

Človeški dejavnik ima ključno vlogo pri zagotavljanju kakovosti. Pomanjkljivo usposobljen kader, nejasno razumevanje delovnih navodil ter različno tolmačenje tehničnih zahtev pogosto vodijo do napak v montaži, nastavitvah strojev ali kontroli kakovosti. Evans in Lindsay (2020) poudarjata, da so pomanjkljive kompetence zaposlenih eden najpogostejših vzrokov za ponavljajoče se neskladnosti v proizvodnji.

V projektni strojegradnji se ta problem še stopnjuje zaradi raznolikosti projektov in individualnih rešitev. Časovni pritiski pogosto vodijo v površnost, hkrati pa ni mogoče zagotoviti stalnega nadzora nad vsemi fazami dela. Zato so ključni ukrepi redno ciljno usposabljanje, mentorstvo manj izkušenih sodelavcev ter uvedba sistemov samokontrole.

Metode in procesi

Nejasno definirani ali nedosledno izvajani procesi predstavljajo pomemben vir reklamacij. Če kontrolne točke niso jasno opredeljene ali se kontrolni listi ne uporabljajo dosledno, obstaja velika verjetnost, da bodo napake odkrite šele pri končnem kupcu. Montgomery (2019) opozarja, da že manjša odstopanja od standardiziranih procesov pomembno povečajo variabilnost in tveganje za izhod iz toleranc.

V projektni proizvodnji je še posebej problematično, če kontrole niso razdeljene po fazah (polizdelki, montaža, zagon). Učinkovit pristop vključuje večfazno kontrolo, jasno definirane obvezne kontrolne točke ter redno izvajanje krožkov kakovosti.

Dokumentacija

Nepopolna ali neusklajena tehnična dokumentacija je eden najpogostejših sistemskih vzrokov reklamacij. Napačne ali nepopolne kosovnice, manjkajoča montažna navodila ter nejasno opredeljene kritične točke vodijo do napačne izvedbe dela. Oakland (2014) poudarja, da dokumentacija ni podporni element, temveč sestavni del procesa kakovosti.

V projektni strojegradnji je dodatno tveganje neusklajenost med oddelki (projekcija, nabava, proizvodnja), kar zahteva skupno in nadzorovano dokumentacijsko okolje.

Materiali in nabava

Kakovost vhodnih materialov neposredno vpliva na kakovost končnega izdelka. Raziskave s področja vodenja kakovosti kažejo, da pomemben delež reklamacij izhaja iz neustreznih vhodnih komponent ali materialov (Evans & Lindsay, 2020). Slaba sledljivost materialov, napačne kosovnice in pozno odkrivanje napak dodatno povečujejo tveganje. Reklamacije so tesno povezane s kakovostjo vhodnih materialov, obvladovanjem toleranc in usposobljenostjo zaposlenih. Montgomery (2019) poudarja, da statistično obvladovanje procesov omogoča zgodnje zaznavanje odstopanj, še preden pride do neskladnega izdelka. Hkrati Evans in Lindsay (2020) izpostavljata, da vlaganje v razvoj kompetenc zaposlenih pomembno zmanjša variabilnost procesov in število reklamacij.

Učinkovit sistem vhodne kontrole ter tesno sodelovanje z dobavitelji sta zato nujna pogoja za zmanjševanje reklamacij.

Organizacija in komunikacija

Organizacijski dejavniki, kot so nerealni roki, neprilagojena organizacija dela in pomanjkanje poudarka na kakovosti, pomembno prispevajo k nastanku reklamacij. Poleg tega so komunikacijski šumi med prodajo, projekcijo in proizvodnjo pogost vir napačnih interpretacij zahtev kupcev. ISO 9001:2015 posebej poudarja pomen jasnih vhodnih podatkov in obvladovanja sprememb (ISO, 2015).

Korektivni in preventivni ukrepi v projektni proizvodnji

Učinkovito upravljanje reklamacij temelji na jasnem razlikovanju med korektivnimi in preventivnimi ukrepi ter na razumevanju njihove vloge v celotnem sistemu vodenja kakovosti. Korektivni ukrepi so usmerjeni v odpravo vzroka že ugotovljene neskladnosti z namenom, da se ta ne ponovi. Preventivni ukrepi pa so usmerjeni v preprečevanje potencialnih neskladnosti na podlagi analize tveganj, trendov in izkušenj iz preteklih projektov (ISO, 2015).

V projektni strojegradnji ima to razlikovanje poseben pomen, saj reklamacije pogosto nastanejo kot posledica odločitev ali pomanjkljivosti v zgodnjih fazah projekta, njihovi učinki pa se pokažejo šele v fazi montaže, zagona ali obratovanja stroja. Če se organizacija osredotoči zgolj na korektivne ukrepe, obstaja nevarnost, da se enaki ali zelo podobni problemi ponavljajo v prihodnjih projektih, le v nekoliko spremenjeni obliki (Kerzner, 2017).

Korektivni ukrepi – odprava konkretne neskladnosti

Korektivni ukrepi v projektnem okolju so praviloma povezani s tehničnimi, organizacijskimi ali procesnimi posegi, ki neposredno odpravijo ugotovljeno neskladnost. To lahko vključuje tehnične popravke konstrukcije, zamenjavo neustreznih komponent, spremembe v postopkih montaže ali dodatne kontrole kakovosti. ISO 9001:2015 zahteva, da so korektivni ukrepi utemeljeni na analizi temeljnega vzroka ter da se preveri njihova učinkovitost (ISO, 2015).

Pomembno je poudariti, da korektivni ukrepi sami po sebi še ne pomenijo izboljšave sistema. Če se omejijo zgolj na odpravo posledic, brez sprememb v procesih ali pravilih dela, pogosto vodijo v ponavljanje reklamacij. Juran in Godfrey (1999) opozarjata, da takšen pristop dolgoročno povečuje stroške kakovosti, saj se organizacija nenehno ukvarja z odpravljanjem istih težav.

Preventivni ukrepi – zmanjševanje tveganj v prihodnjih projektih

Preventivni ukrepi predstavljajo strateški element upravljanja kakovosti, saj so usmerjeni v preprečevanje potencialnih neskladnosti še preden se te pojavijo. V projektni strojegradnji to pomeni sistematično uporabo znanja iz preteklih reklamacij pri načrtovanju novih projektov. Preventivni ukrepi pogosto vključujejo posodobitev projektnih standardov, izboljšanje obvladovanja sprememb, uvedbo dodatnih kontrolnih točk ter ciljno usposabljanje zaposlenih (Oakland, 2014).

ISO 9001:2015 sicer formalno ne zahteva ločenih preventivnih ukrepov, vendar koncept obvladovanja tveganj (risk-based thinking) jasno poudarja potrebo po proaktivnem pristopu k preprečevanju neskladnosti (ISO, 2015). V projektnem okolju je to še posebej pomembno, saj je vsak projekt priložnost za učenje, hkrati pa tudi potencialni vir novih tveganj.

Ravnotežje med korektivnimi in preventivnimi ukrepi

Juran in Godfrey (1999) poudarjata, da organizacije pogosto vlagajo nesorazmerno veliko virov v korektivne ukrepe, medtem ko zanemarjajo preventivne aktivnosti, ki imajo dolgoročno bistveno večji vpliv na znižanje stroškov kakovosti. Učinkovito upravljanje reklamacij zato zahteva ravnotežje: korektivni ukrepi morajo zagotoviti hitro in učinkovito odpravo problema za kupca, preventivni ukrepi pa morajo zagotoviti, da se podobni problemi v prihodnjih projektih ne ponovijo.

V projektni strojegradnji to pomeni, da mora analiza reklamacij voditi ne le v tehnično rešitev posameznega primera, temveč tudi v sistemske spremembe projektnih procesov, standardov dela in organizacijskega znanja. Le na ta način lahko reklamacije postanejo dejanski vzvod za izboljšanje kakovosti in ne zgolj ponavljajoč se strošek.

Integriran pristop k integriran pristop k upravljanju reklamacij v projektni strojegradnji

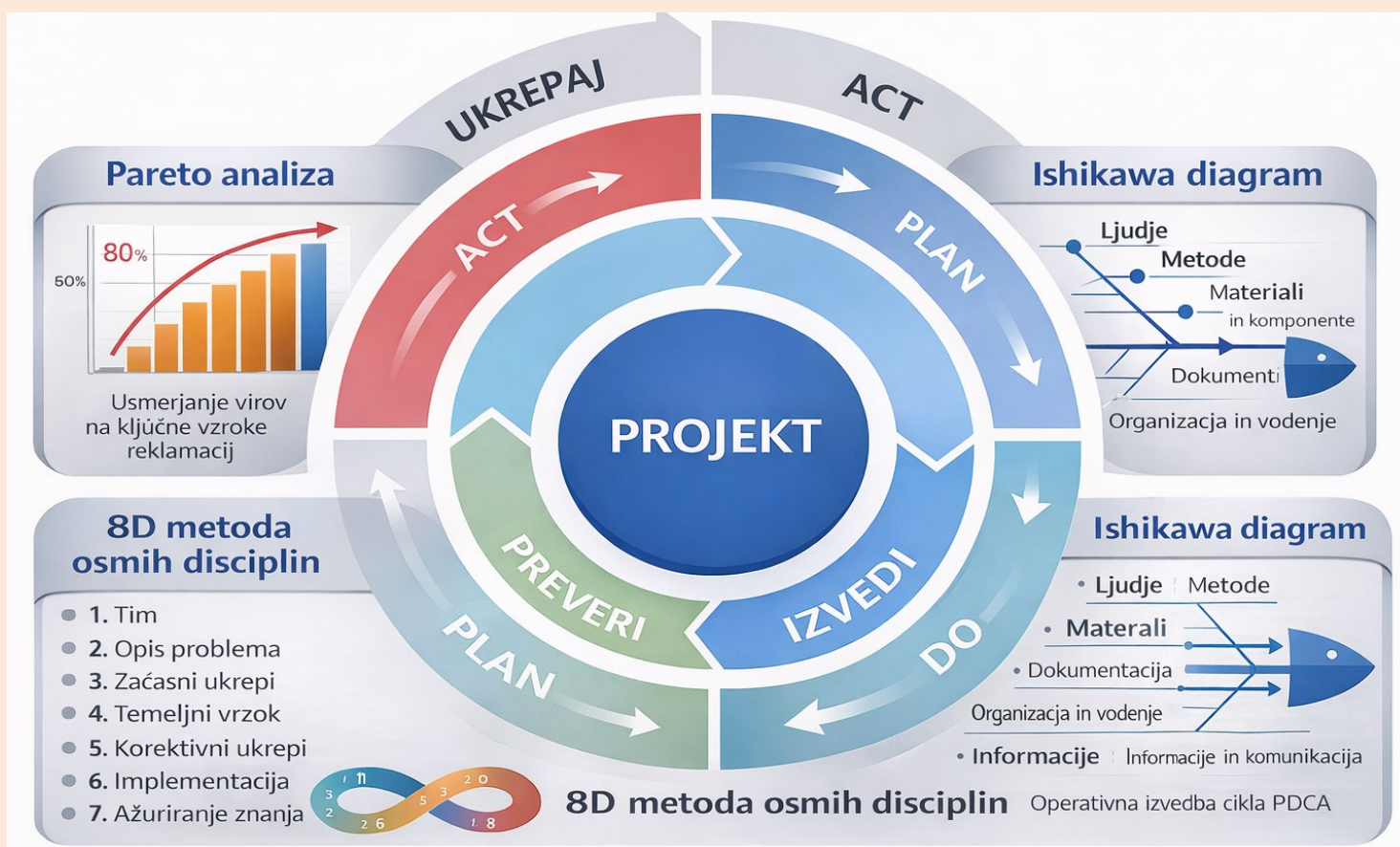
Zaradi kompleksnosti projektne strojegradnje upravljanje reklamacij ne more temeljiti na posamičnih, nepovezanih metodah ali zgolj na reaktivnem odpravljanju napak. Reklamacije so v takem okolju rezultat prepleta projektnih odločitev, tehničnih rešitev, organizacijskih procesov in komunikacijskih tokov, zato zahtevajo celovit in sistematičen pristop. Integriran pristop k upravljanju reklamacij povezuje temeljne koncepte vodenja kakovosti in projektnega vodenja v enoten okvir, ki omogoča učinkovito reševanje posameznih primerov ter hkrati dolgoročno izboljševanje sistema.

Nadrejeni okvir integriranega pristopa predstavlja Demingov krog PDCA, ki zagotavlja logiko stalnega izboljševanja skozi faze načrtovanja, izvedbe, preverjanja in standardizacije. V tem okviru metoda 8D deluje kot operativni mehanizem za obravnavo reklamacij, saj PDCA cikel razčleni v jasno definirane discipline, prilagojene reševanju kompleksnih problemov v projektnem okolju. S tem je zagotovljena sledljivost obravnave reklamacije od prve zaznave problema do trajne sistemske izboljšave.

Ishikawa diagram in Pareto analiza imata v integriranem sistemu jasno določeni vloge. Pareto analiza omogoča prioritarno obravnavo reklamacij in usmerjanje omejenih virov v vzroke z največjim vplivom, medtem ko Ishikawa diagram zagotavlja poglobljeno razumevanje kompleksnih, pogosto sistemskih vzrokov reklamacij. Obe metodi se smiselno umeščata v fazo načrtovanja (Plan) in v discipline D2–D4 metode 8D, kjer podpirata objektivno odločanje in preprečujeta poenostavljeno razlago problemov.

Projekt predstavlja okolje, v katerem se vse metode integrirajo in udeležujejo. Reklamacija se v tem kontekstu ne obravnava kot izoliran dogodek, temveč kot projektni odklon, ki zahteva interdisciplinarni odziv. Povezava integriranega sistema z merjenjem uspešnosti preko KPI-jev omogoča preverjanje učinkovitosti uvedenih ukrepov ter zagotavlja povratne informacije za prihodnje projekte. Na ta način se znanje, pridobljeno z obravnavo reklamacij, sistematično prenaša v projektne standarde, procese in organizacijsko učenje.

Integriran pristop (Slika 1) tako omogoča prehod od reaktivnega upravljanja reklamacij k proaktivnemu in preventivnemu sistemu, v katerem reklamacije postanejo vir izboljšav, konkurenčne prednosti in večje zanesljivosti projektne izvedbe.



Slika 1: Integriran pristop k upravljanju reklamacij v projektni strojearhitekturi

Demingov krog (PDCA) kot temelj stalnega izboljševanja

Demingov krog, znan tudi kot cikel PDCA (Plan–Do–Check–Act), predstavlja temeljni koncept stalnega izboljševanja procesov in sistemov vodenja kakovosti. Razvil ga je W. Edwards Deming na osnovi Shewhartovega cikla, njegova ključna vrednost pa je v sistematičnem, ponavljajočem se pristopu k reševanju problemov in izboljševanju organizacijskega delovanja (Deming, 1986). PDCA krog zagotavlja logično strukturo, s katero organizacije prehajajo od identifikacije problema do trajne izboljšave in učenja.

PLAN – načrtovanje

Faza Plan vključuje prepoznavanje problema, zbiranje podatkov, analizo vzrokov ter načrtovanje ukrepov. V kontekstu upravljanja reklamacij ta faza pomeni natančno opredelitev neskladnosti, razumevanje projektne in procesne ozadja ter identifikacijo temeljnih vzrokov z uporabo orodij, kot so Ishikawa diagram, Pareto analiza in analiza tveganj. Ključni cilj faze Plan je oblikovanje utemeljenega načrta ukrepov, ki temelji na dejstvih in podatkih, ne zgolj na domnevah.

DO – izvedba

V fazi Do se načrtovani ukrepi uvedejo v prakso. Gre za implementacijo tehničnih, organizacijskih ali procesnih rešitev, ki so bile opredeljene v fazi načrtovanja. V projektnem okolju to pogosto vključuje spremembe projektne dokumentacije, prilagoditve konstrukcijskih rešitev, izboljšave v proizvodnji, montaži ali zagonu ter dodatna usposabljanja zaposlenih. Pomembno je, da se ukrepi izvajajo nadzorovano in dokumentirano, saj to omogoča kasnejše preverjanje njihove učinkovitosti.

CHECK – preverjanje

Faza Check je namenjena preverjanju učinkovitosti uvedenih ukrepov. V tej fazi se primerjajo pričakovani in dejanski rezultati ter spremljajo kazalniki uspešnosti, kot so čas reševanja reklamacij, delež ponavljajočih se napak in stroški kakovosti. V projektni strojearhitekturi se učinki ukrepov pogosto pokažejo z zamikom, zato faza Check vključuje tudi spremljanje rezultatov v naslednjih projektih ali v fazi obratovanja strojev. Namen te faze je ugotoviti, ali so ukrepi dejansko odpravili temeljni vzrok problema.

ACT – ukrepanje in standardizacija

V fazi Act se na podlagi ugotovitev iz faze Check sprejmejo odločitve o nadaljnjih korakih. Če so ukrepi učinkoviti, se standardizirajo in vključijo v organizacijske procese, projektne smernice in delovna navodila. Če rezultati niso zadovoljivi, se cikel ponovno začne z novo analizo problema. Faza Act predstavlja ključen element organizacijskega učenja, saj omogoča prenos znanja in izkušenj v prihodnje projekte ter preprečuje ponavljanje enakih napak.

Pomen PDCA v projektni strojegradnji

V projektni strojegradnji Demingov krog omogoča sistematično povezavo med posameznimi projekti in dolgoročnim izboljševanjem kakovosti. Reklamacije v tem okviru niso zgolj neželeni dogodki, temveč sprožilci PDCA cikla, ki organizaciji omogoča učenje, izboljševanje procesov in krepitev konkurenčne prednosti. PDCA tako predstavlja nadrejeni okvir, znotraj katerega se učinkovito umeščajo metode, kot so 8D, Ishikawa in Pareto analiza.

Pareto analiza kot orodje za prioritizirano obravnavo reklamacij v projektni strojegradnji

Pareto analiza je eno temeljnih orodij vodenja kakovosti, ki temelji na načelu, da relativno majhno število vzrokov povzroča večino posledic. To načelo, pogosto povzeto kot pravilo 80/20, izhaja iz ugotovitev Vilfreda Pareta in je bilo sistematično vključeno v upravljanje kakovosti predvsem po zaslugi Juran, ki ga je apliciral na področje industrijskih problemov in reklamacij (Juran & Godfrey, 1999). V kontekstu upravljanja reklamacij Pareto analiza omogoča, da se organizacija osredotoči na tiste vzroke, katerih odprava bo imela največji vpliv na zmanjšanje števila in stroškov reklamacij.

V projektni strojegradnji je uporaba Pareto analize še posebej pomembna zaradi omejenih virov in visoke kompleksnosti posameznih projektov. Reklamacije so pogosto raznolike in se lahko nanašajo na različne tehnične, organizacijske ali projektne vidike. Brez prioritiznega pristopa obstaja tveganje, da organizacija razprši napore na manj pomembne probleme, medtem ko ključni vzroki ostajajo nerešeni (Oakland, 2014).

Uporaba Pareto analize pri reklamacijah

Pareto analiza pri obravnavi reklamacij temelji na zbiranju in razvrščanju podatkov o reklamacijah glede na izbrane kriterije, kot so:

- vrsta reklamacije (tehnična, funkcionalna, projektna),
- vzrok reklamacije (npr. dokumentacija, materiali, procesi),
- faza projekta, v kateri se je reklamacija pokazala (montaža, zagon, prevzem),
- strošek ali vpliv reklamacije.

Na podlagi zbranih podatkov se vzroki razvrstijo po pogostosti ali vplivu, pri čemer se identificira majhno število vzrokov, ki generirajo največ težav. Juran in Godfrey (1999) poudarjata, da je ključna prednost Pareto analize v njeni sposobnosti, da objektivizira odločanje in prepreči intuitivno ali subjektivno določanje prioritet.

Vloga Pareto analize v projektnem okolju

V projektnem okolju Pareto analiza pogosto razkrije, da se velik delež reklamacij ponavlja v določenih fazah projekta ali je povezan z določenimi procesi. Na primer, analiza lahko pokaže, da večina reklamacij izvira iz pomanjkljivo obvladanih sprememb zahtev ali iz neustrezne projektne dokumentacije. Takšne ugotovitve omogočajo usmerjene izboljšave projektних procesov in standardov (PMI, 2021).

Pomembno je poudariti, da Pareto analiza v projektni strojegradnji ne sme biti uporabljena izolirano. Njeni rezultati predstavljajo vhod v poglobljeno analizo temeljnih vzrokov z uporabo metod, kot sta Ishikawa diagram in metoda 5× zakaj. Na ta način Pareto analiza odgovori na vprašanje »kaj je najpomembnejše«, medtem ko druga orodja odgovorijo na vprašanje »zakaj se to dogaja« (Oakland, 2014).

Prednosti in omejitve Pareto analize

Glavna prednost Pareto analize je njena enostavnost in jasnost pri določanju prioritet. Vendar pa ima metoda tudi omejitve. Če so vhodni podatki nepopolni ali nepravilno kategorizirani, lahko analiza vodi do napačnih zaključkov. Poleg tega v projektnem okolju majhno število zelo dragih reklamacij lahko predstavlja večji problem kot večje število manjših reklamacij, zato je priporočljivo izvajati Pareto analizo tako po pogostosti kot po finančnem vplivu (Juran & Godfrey, 1999; Kerzner, 2017).

Kljub omejitvam Pareto analiza ostaja ključno orodje za strateško upravljanje reklamacij v projektni strojegradnji, saj omogoča učinkovito usmerjanje omejenih virov v področja z največjim potencialom izboljšav.

Metoda 8D v kontekstu projektne strojegradnje

Metoda 8D (Eight Disciplines Problem Solving) predstavlja strukturiran in timski pristop k reševanju reklamacij, ki je še posebej primeren za kompleksna okolja projektne strojegradnje. Čeprav je bila metoda prvotno razvita za serijsko industrijo, njena logika zaporednih disciplin omogoča učinkovito uporabo tudi v projektni proizvodnji, kjer so reklamacije pogosto rezultat kombinacije projektних odločitev, tehničnih rešitev in organizacijskih dejavnikov (Chrysler Group, 1998; Kerzner, 2017).

V projektni strojegradnji reklamacija praviloma ne predstavlja zgolj napake na izdelku, temveč odstopanje v celotnem projektne sistemu. Metoda 8D omogoča, da se reklamacija obravnava celostno – od projektne specifikacije in konstrukcije do proizvodnje, montaže in zagona.

D1 – Oblikovanje interdisciplinarnega projektne tima

V projektne okolju mora 8D tim vključevati vse ključne vloge projekta: projektne vodjo, konstrukterja, tehnologa, predstavnika proizvodnje, montaže, kakovosti in po potrebi tudi servisa. Reklamacije pogosto izvirajo iz presečišč odgovornosti, zato izolirana obravnava znotraj enega oddelka ne daje ustreznih rezultatov (Kerzner, 2017).

D2 – Projektno-specifičen opis problema

Opis problema mora upoštevati kontekst projekta: fazo, v kateri se je napaka pokazala (montaža, zagon, prevzem), konfiguracijo stroja, veljavne zahteve kupca in morebitne spremembe zahtev. PMI (2021) poudarja, da je sledljivost zahtev in sprememb ključna za razumevanje projektne odstopanj. V 8D dokumentaciji mora biti zato jasno navedeno, od katere projektne odločitve dalje se je problem začel razvijati.

D3 – Začasni zadrževalni ukrepi v projektne okolju

V projektni strojegradnji sočasni ukrepi pogosto povezani z zagotavljanjem varnega zagona, omejitvami delovanja stroja ali dodatnimi nadzori pri prevzemu. Cilj je zaščititi kupca in hkrati omogočiti nadaljevanje projekta brez nadaljnjih eskalacij (Chrysler Group, 1998).

D4 – Analiza temeljnega vzroka skozi projektne cikel

Analiza temeljnega vzroka mora presegati proizvodno fazo. Pogosto se izkaže, da je vzrok reklamacije v nepopolni idejni zasnovi, pomanjkljivo definirani zahtevi ali neobvladani spremembi projekta. Uporaba Ishikawa diagrama, metode 5× zakaj in Pareto analize omogoča razkritje teh globljih projektne vzrokov (Ishikawa, 1986; Juran & Godfrey, 1999).

D5 – Trajni korektivni ukrepi na ravni projekta

Korektivni ukrepi v projektne okolju pogosto vključujejo spremembe projektne standardov, konstrukcijskih smernic, kontrolnih točk ali pravil obvladovanja sprememb. ISO 9001:2015 zahteva, da so ukrepi sorazmerni vplivu neskladnosti in temeljijo na dokazani analizi vzrokov (ISO, 2015).

D6 – Verifikacija v fazi zagona ali obratovanja

Za razliko od serijske proizvodnje se učinkovitost ukrepov v projektne strojegradnji pogosto lahko potrdi šele ob zagonu ali obratovanju stroja pri kupcu. Zato mora 8D proces vključevati časovno zamaknjeno verifikacijo in spremljanje delovanja (Oakland, 2014).

D7 – Prenos učenja v prihodnje projekte

Ključna vrednost metode 8D v projektne okolju je prenos znanja v prihodnje projekte. To vključuje posodobitev projektne smernic, tipskih rešitev, kontrolnih seznamov in izobraževanj. Ta disciplina neposredno podpira organizacijsko učenje (Kerzner, 2017).

D8 – Zaključek in projektne refleksija

Zaključek 8D procesa v projektne okolju pomeni tudi formalno projektne refleksijo (lessons learned). S tem se reklamacija preoblikuje iz negativnega dogodka v vir izboljšav za prihodnje projekte (PMI, 2021).

Metoda 8D, prilagojena projektne strojegradnji, tako postane most med vodenjem kakovosti in projektne vodenjem ter predstavlja učinkovit mehanizem za obvladovanje reklamacij v kompleksnih tehnično-projektne sistemih.

Ishikawa diagram kot orodje za analizo vzrokov reklamacij v projektne strojegradnji

Ishikawa diagram, znan tudi kot diagram ribje kosti ali diagram vzrok–posledica, je eno temeljnih orodij za sistematično analizo temeljnih vzrokov problemov v sistemih vodenja kakovosti. Metoda omogoča strukturirano razvrščanje potencialnih vzrokov glede na vnaprej določene kategorije, s čimer se zagotovi celosten pregled nad problemom in zmanjša tveganje, da bi se analiza prehitro osredotočila zgolj na en sam, pogosto očiten vzrok (Ishikawa, 1986).

V kontekstu projektne strojegradnje je uporaba Ishikawa diagrama še posebej smiselna, saj so reklamacije praviloma posledica prepleta več dejavnikov, ki izvirajo iz različnih faz projekta in različnih organizacijskih enot. Za razliko od serijske proizvodnje, kjer so vzroki pogosto procesno ponovljivi, so v projektnem okolju vzroki reklamacij pogosto edinstveni, projektno pogojeni in časovno zamaknjeni (Kerzner, 2017).

Kategorije vzrokov v projektnem okolju

Pri uporabi Ishikawa diagrama v projektni strojegradnji se najpogosteje uporabljajo razširjene kategorije, ki bolje odražajo kompleksnost projektnega sistema:

- Ljudje (kader): znanje, izkušnje, usposobljenost, razumevanje projektnih zahtev, sodelovanje med oddelki.
- Metode (procesi): projektni postopki, obvladovanje sprememb, kontrolne točke, postopki preverjanja in validacije.
- Materiali in komponente: ustreznost vhodnih materialov, sledljivost, dobaviteljske neskladnosti, skladnost s specifikacijami.
- Dokumentacija: popolnost in ažurnost projektne dokumentacije, kosovnice, montažna navodila, zapis sprememb.
- Organizacija in vodenje: razporeditev odgovornosti, projektno planiranje, časovni pritiski, razpoložljivost virov.
- Informacije in komunikacija: prenos zahtev kupca, komunikacija med projektivo in proizvodnjo, obvladovanje sprememb informacij.

Takšna razširjena struktura omogoča, da se vzroki reklamacij analizirajo ne le z vidika proizvodnje, temveč skozi celoten življenjski cikel projekta, od idejne zasnove do zagona in prevzema stroja (PMI, 2021).

Vloga Ishikawa diagrama v 8D procesu

V okviru metode 8D se Ishikawa diagram najpogosteje uporablja v fazi D4 – analiza temeljnega vzroka. Njegova ključna prednost je v tem, da spodbuja timsko razmišljanje in vključevanje različnih strokovnih pogledov. Oakland (2014) poudarja, da je prav ta interdisciplinarni vidik ključen za razkrivanje sistemskih vzrokov, ki sicer ostanejo skriti za simptomi problema.

V projektnem okolju Ishikawa diagram pogosto razkrije, da reklamacija ni posledica ene same napake, temveč zaporedja manjših odstopanj, ki so se akumulirala skozi projekt. Na primer: nejasna zahteva kupca → pomanjkljiva projektna specifikacija → napačna kosovnica → napačna montaža → reklamacija ob prevzemu.

Prednosti in omejitve metode

Prednost Ishikawa diagrama je njegova preglednost in enostavnost uporabe, hkrati pa predstavlja strukturirano osnovo za nadaljnjo poglobljeno analizo z metodami, kot so 5× zakaj ali Pareto analiza (Juran & Godfrey, 1999). Omejitev metode pa je v tem, da sama po sebi ne določa prioritete med vzroki. Zato je v praksi nujno, da se identificirani vzroki dodatno ovrednotijo glede na pogostost, vpliv in tveganje ponovitve.

V projektni strojegradnji Ishikawa diagram predstavlja učinkovito orodje za premostitev razlik med projektnim in kakovostnim

Kazalniki uspešnosti (KPI) pri upravljanju reklamacij

Kazalniki uspešnosti (angl. Key Performance Indicators – KPI) predstavljajo ključno orodje za spremljanje in vrednotenje učinkovitosti sistema upravljanja reklamacij. V projektni strojegradnji, kjer so reklamacije pogosto kompleksne, časovno zamaknjene in povezane z visokimi stroški, je ustrezna izbira in interpretacija KPI-jev še posebej pomembna. Namen kazalnikov ni zgolj poročanje, temveč podpora odločanju, usmerjanju izboljšav in preverjanju učinkovitosti korektivnih ter preventivnih ukrepov (Juran & Godfrey, 1999).

Med ključne kazalnike uspešnosti pri upravljanju reklamacij sodijo čas reševanja reklamacije, delež ponavljajočih se reklamacij ter stroški reklamacij. Ti kazalniki skupaj omogočajo uravnotežen pogled na odzivnost organizacije, kakovost reševanja in ekonomski vpliv reklamacij.

Čas reševanja reklamacije

Čas reševanja reklamacije meri obdobje od prejema reklamacije do njene formalne zaključitve. Ta kazalnik je pomemben z vidika zadovoljstva kupca in zaznane odzivnosti organizacije. V projektni strojegradnji pa je treba čas reševanja interpretirati previdno, saj so reklamacije pogosto povezane s kompleksnimi tehničnimi rešitvami, testiranjem in zagoni, ki zahtevajo več časa.

Oakland (2014) opozarja, da prevelik poudarek na skrajševanju časa reševanja lahko vodi v površne rešitve, pri katerih temeljni vzrok ni ustrezno odpravljen. V praksi to pomeni, da se organizacija sicer hitro odzove, vendar se enake ali podobne reklamacije v prihodnjih projektih ponavljajo. Zato je smiselno čas reševanja spremljati v povezavi z drugimi kazalniki, zlasti s ponovitvami reklamacij.

Delež ponavljajočih se reklamacij

Delež ponavljajočih se reklamacij predstavlja enega najpomembnejših kazalnikov učinkovitosti sistema upravljanja kakovosti. Ta KPI kaže, ali so bili korektivni in preventivni ukrepi dejansko uspešni pri odpravi temeljnih vzrokov. Nizek čas reševanja ob hkrati visokem deležu ponovitev je jasen signal, da se organizacija osredotoča na simptome in ne na vzroke problema (Juran & Godfrey, 1999).

V projektni strojegradnji je ta kazalnik še posebej pomemben, saj ponavljanje istih tipov reklamacij pogosto kaže na sistemske pomanjkljivosti v projektnih standardih, obvladovanju sprememb ali prenosu znanja med projekti (Kerzner, 2017).

Stroški reklamacij

Stroški reklamacij vključujejo neposredne in posredne stroške, povezane z odpravo neskladnosti. Med neposredne stroške sodijo stroški materiala, dela, ponovnih montaž, testiranj in servisnih posegov. Posredni stroški pa vključujejo izgubljen čas projektnih ekip, zamude pri prevzemu, zmanjšano zaupanje kupcev in potencialne izgubljene prihodke.

Juran in Godfrey (1999) poudarjata, da prav stroški kakovosti omogočajo vodstvu kvantitativno presojo učinkov izboljšav in utemeljevanje vlaganj v preventivne ukrepe. V projektni strojegradnji je priporočljivo stroške reklamacij spremljati na ravni projekta ter jih povezovati z vzroki reklamacij, saj to omogoča ciljno usmerjene izboljšave projektnih procesov.

Celosten pogled na KPI-je

Učinkovit sistem KPI-jev pri upravljanju reklamacij zahteva celosten pristop. Posamezen kazalnik sam po sebi ne daje celovite slike. Šele kombinacija časa reševanja, ponavljanja reklamacij in stroškov omogoča razumevanje, ali organizacija reklamacije rešuje hitro, kakovostno in trajnostno. Takšen uravnotežen pristop podpira strateško upravljanje kakovosti in prispeva k dolgoročnemu izboljšanju uspešnosti projektne strojegradnje (Oakland, 2014).

Sklep

Upravljanje reklamacij v projektni strojegradnji predstavlja enega ključnih izzivov sodobnih proizvodnih organizacij, saj visoka stopnja prilagajanja izdelkov, nizka ponovljivost projektov in kompleksnost projektnih procesov povečujejo tveganje za neskladnosti. Članek je pokazal, da reklamacij ni smiselno obravnavati zgolj kot strošek ali motnjo v proizvodnji, temveč kot pomemben vir informacij za sistematično izboljševanje kakovosti in projektnih procesov.

S predstavitvijo integriranega pristopa, ki povezuje Demingov krog PDCA, metodo 8D, Ishikawa diagram, Pareto analizo in kazalnike uspešnosti, je bilo prikazano, kako je mogoče reklamacije obravnavati strukturirano, celotno in projektno usmerjeno. Takšen pristop omogoča učinkovito odpravo konkretnih neskladnosti, hkrati pa preprečuje ponavljanje napak z vgrajevanjem pridobljenega znanja v organizacijske standarde in prihodnje projekte.

Posebna vrednost integriranega sistema se kaže v njegovi sposobnosti povezovanja tehničnih, organizacijskih in projektnih vidikov reklamacij. S tem se preseže tradicionalna delitev odgovornosti med oddelki in vzpostavi procesno ter interdisciplinarno upravljanje reklamacij. Kazalniki uspešnosti omogočajo merljivo spremljanje učinkovitosti ukrepov ter podpirajo odločanje vodstva o nadaljnjih izboljšavah in vlaganjih v kakovost.

Zaključiti je mogoče, da je celovit, integriran pristop k upravljanju reklamacij nujen pogoj za dolgoročno uspešnost projektne strojegradnje. Organizacije, ki reklamacije obravnavajo kot del stalnega cikla učenja in izboljševanja, lahko bistveno zmanjšajo stroške kakovosti, izboljšajo zanesljivost projektov ter okrepijo odnose s kupci in svojo konkurenčno pozicijo na trgu.

Viri, literatura in opombe:

1. Chrysler Group LLC. (1998). Eight disciplines problem solving (8D). Chrysler Corporation.
2. Deming, W. E. (1986). Out of the crisis. MIT Press.
3. Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2020). Managing for quality and performance excellence (11th ed.). Cengage Learning.
4. Ishikawa, K. (1986). Guide to quality control (2nd rev. ed.). Asian Productivity Organization.
5. ISO. (2015). ISO 9001:2015 – Quality management systems – Requirements. International Organization for Standardization.
6. Juran, J. M., & Godfrey, A. B. (1999). Juran's quality handbook (5th ed.). McGraw-Hill.
7. Kerzner, H. (2017). Project management: A systems approach to planning, scheduling, and controlling (12th ed.). Wiley.
8. Montgomery, D. C. (2019). Introduction to statistical quality control (8th ed.). Wiley.
9. Oakland, J. S. (2014). Total quality management and operational excellence (4th ed.). Routledge.
10. PMI. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Project Management Institute.
11. Turner, J. R. (2014). The handbook of project-based management: Leading strategic change in organizations (4th ed.). McGraw-Hill Education.

DRAGO PAPLER / je dr. managementa, interdisciplinarna znanja pa povezuje na področju ekonomije, energetike, podjetništva, kmetijstva, podeželja, turizma. V elektroenergetiki je deloval 40 let na področju investicij distribucijskega omrežja, razvoja proizvodnih obnovljivih virov energije, marketinga in prodaje električne energije, komuniciranja, analitike, svetovanja in sistemov vodenja kakovosti. Od leta 2021 vodi Medpodjetniški izobraževalni center Biotehniškega centra Naklo, kjer povezuje gospodarska, izobraževalna in projektna področja kmetijstva in razvoja podeželja. Vključen je v raziskovalno in pedagoško delo visokošolskih in višješolskih programov. Njegova bibliografija obsega znanstvene in strokovne članke, znanstvene monografije in strokovne knjige s področja elektroenergetike, obnovljivih virov energije in trajnostnega razvoja ter zgodovinske domoznanske zbornike in pesniško zbirko.

DEJAN POPOVIČ / je študent je študent elektroenergetike. Zaposlen je v podjetju Elektro Ljubljana že 20 let. V tem obdobju je deloval od pripravnika do monterja, namestnika delovodje in delovodje ter se izobraževal na terenu. Sedaj je kot organizator del prevzel vodenje vzdrževanja tujih transformatorskih postaj. Ker se je ponudila priložnost za nadaljnje višje strokovno izobraževanje, je sprejel to priložnost, saj meni, da mu bodo pridobljena znanja koristila pri nadaljnjem razvoju elektrodistribucijskega podjetja.

Povzetek: Cilj prispevka je prikazati energetske učinkovitost novega energetskega transformatorja, saj se že zaradi zmanjšanja izgub transformatorja v določenem času ta investicija povrne. S tem lahko tako elektro distributerji kot zunanji lastniki transformatorskih postaj posodobijo opremo ter prispevajo tudi k čistejšemu okolju, saj novejši energetski transformatorji uporabljajo okolju prijazna ekološka transformatorska olja, ki bi lahko bila nevarna ob razlitju ali razgradnji energetskega transformatorja.

Ključne besede: distribucijsko omrežje, transformatorska postaja, energetske izgube transformatorja, energetska učinkovitost, finančni prihranki, zanesljivost.

ZAMENJAVA DISTRIBUCIJSKEGA TRANSFORMATORJA: MANJŠE ENERGETSKE IZGUBE IN VEČJI FINANČNI PRIHRANKI

Uvod

Prispevek obravnava zamenjavo transformatorja v tuji (ni distribucijska) transformatorski postaji, kjer je trenutno vgrajen transformator letnika 1979 znamke Energoinvest. Zaradi dotrajanosti in nenehnih manjših okvar, kot je puščanje olja, je bil podan predlog za njegovo zamenjavo. Obstoječi transformator ima moč 1000 kVA, glede na porabo transformatorske postaje pa je v planu vgraditi novega z enako močjo. Cilj naloge je tudi prikazati izračune izgub transformatorja, ki vplivajo na upravičenost investicije.

Transformatorji so ključni elementi v elektroenergetskih sistemih, saj omogočajo pretvorbo napetosti in zagotavljajo učinkovito distribucijo električne energije. S staranjem opreme se povečujejo izgube in zmanjšuje zanesljivost, kar lahko vodi do večjih stroškov vzdrževanja in nezgod. Zamenjava starega transformatorja z novim, sodobnejšim modelom lahko znatno zmanjša izgube energije, poveča učinkovitost in zanesljivost sistema.

Pri izbiri novega transformatorja je pomembno upoštevati ne le tehnične parametre, kot so moč in napetost, temveč tudi energetske učinkovitost. Sodobni transformatorji so pogosto opremljeni z naprednimi materiali in tehnologijami, ki zmanjšujejo izgube v jedru in navitjih. Poleg tega je treba upoštevati tudi okoljske vidike, saj sodobni transformatorji pogosto uporabljajo manj škodljiva olja ali celo ekološko bolj sprejemljive tekočine.

V električno prevodnem feromagnetnem jedru tuljave se inducira električna napetost, ki požene skozi jedro tok, ki povzroča segrevanje jedra (izgube). Transformator je sestavljen iz primarnega in sekundarnega navitja, ki sta nameščena na železnem jedru iz magnetno prevodne pločevine. Transformatorsko jedro služi za prenos električne energije med navitji s pomočjo magnetne energije, ki je ustvarjena na sekundarni strani na osnovi statične indukcije – spreminjanja magnetnega pretoka v navitju. Transformator sodi med mirujoče električne stroje (Kokalj, Vrščaj 2011).

Izračuni izgub vključujejo analizo neobremenjenega transformatorja (izgube v praznem teku) in obremenjenega transformatorja. Izgube neobremenjenega transformatorja so povezane z delovanjem lastne rabe transformatorja, medtem ko izgube obremenjenega transformatorja nastanejo zaradi toka, ki teče skozi navitja, zato se pojavijo izgube v jedru in navitju. V jedru izgube nastanejo vedno, ko je transformator priključen na napetost, v navitju pa so izgube odvisne predvsem od obremenitve.

Zmanjšanje teh izgub lahko prinese znatne prihranke v obratovalnih stroških, kar opravičuje investicijo v nov transformator.

Poleg tehničnih in ekonomskih vidikov je treba upoštevati tudi varnostne vidike. Stari transformatorji so pogosto manj varni zaradi zastarele tehnologije in materialov, ki so bolj nagnjeni k okvaram. Zamenjava s sodobnim transformatorjem lahko izboljša varnost delovanja in zmanjša tveganje za požare ali druge nesreče.

Opredelitev problema

V transformatorski postaji je vgrajena srednje napetostna oprema iz leta 1976. Zaradi dotrajanosti, okvare in nezanesljivosti je potrebna celovita zamenjava srednje napetostne opreme. V transformatorski postaji je vgrajena elektroenergetska oprema, ki je sestavljena iz:

- kompaktnih srednje napetostnih celic: V(vodna), V(vodna), Sp(spojna ali zvezna), M(merilna), T(transformator).
- transformator,
- nizkonapetostni postroj.

Namen in cilji

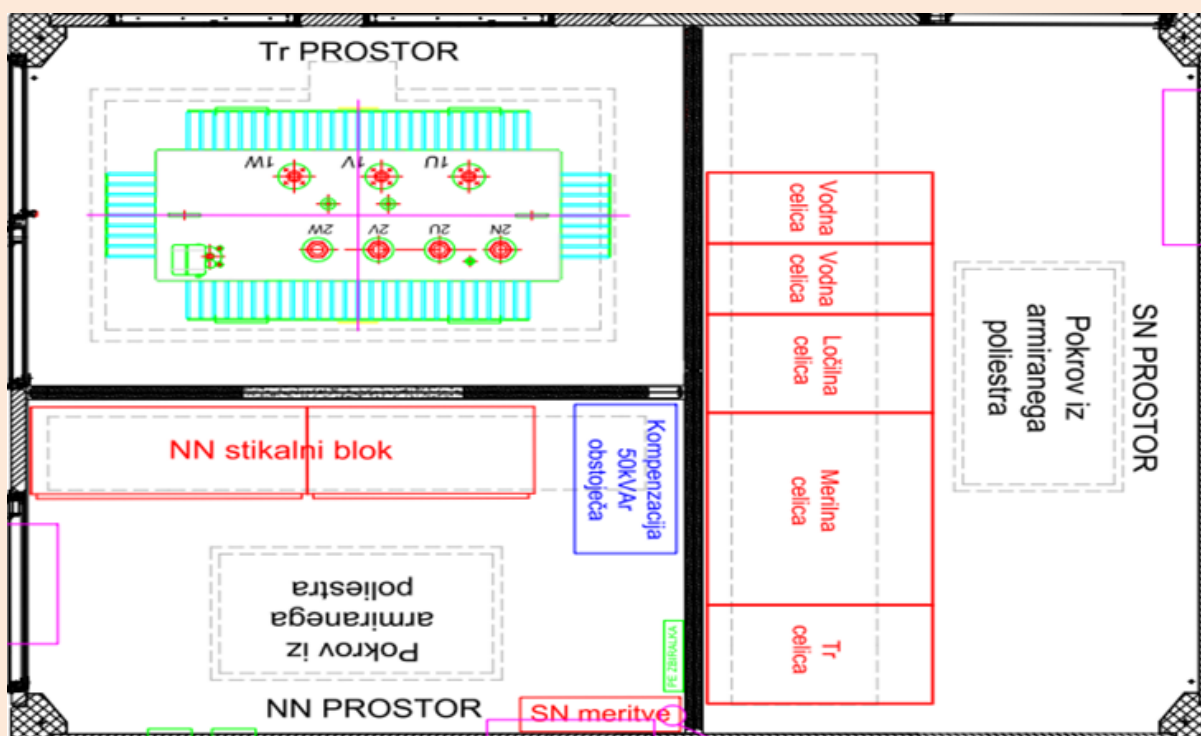
Zaradi nezanesljive dobave z električno energijo, ki so plod obstoječe dotrajane srednje napetostne stikalne opreme, energetskega transformatorja ter nizkonapetostnega postroja, se je investitor (lastnik industrijske transformatorske postaje) v sodelovanju z upravljalcem elektro distribucijskega omrežja dogovoril za zamenjavo celotne srednje napetostne opreme in nizkonapetostne opreme. S tem ukrepom bo investitor pridobil zagotovil naslednje:

- povečala se bo zanesljivost in stabilna dobava električne energije;
- izvedba vseh stikalnih manipulacij, ki so potrebne za delovanje distribucijske mreže, se bodo izvajale bolj varno;
- transformatorska postaja bo v celoti pripravljena za prehod iz 10-kilovoltnega na 20-kilovoltni napetostni nivo srednje napetostnega omrežja, ki ga elektro distributer zaradi pomanjkanje moči, pospešeno širi.



Slika 1: Izgled obstoječega energetskega transformatorja

Vir: Popović, 2025



Slika 2: Vzorčni tlorisni izgled postavitve opreme v transformatorski postaji

Vir: Projektna dokumentacija Elektro Ljubljana, 2021

Pregled literature, objav in študij

Predmet prispevka je zamenjava energetskega transformatorja. Pri projektiranju in izvedbi so upoštevana Navodila za vzdrževanje distribucijskega elektroenergetskega omrežja (SODO, 2022), ki upoštevajo Pravilnik o vzdrževanju elektroenergetskih postrojev, Zakona o oskrbi z električno energijo (ZOEE) in Sistemska obratovalna navodila za distribucijski sistem električne energije.

Do izgub v železnem jedru transformatorja pride zaradi magnetenja železnega jedra transformatorja. Jedro je lamelirano, da čimbolj zmanjšamo izgube zaradi vrtničnih tokov. Jedro sestavimo tako, da se konci lamel med jarmi in stebri prekrivajo, pri čemer si prizadevamo čimbolj izločiti zračne reže, ker je za magnetenje teh potrebno veliko več ampernih ovojev, kot za magnetenje železa. Pojavita se dve vrsti izgub: histerezne in vrtnične.

Histerezne izgube nastanejo zaradi izmeničnega magnetenja in so enake ploščini histerezne krivulje pri enakem obhodu. Zmanjšati se jih da s primerno izgubo materialov.

Vrtnične izgube nastanejo zaradi vrtničnih tokov, zaradi česar lameliramo pločevino. Jedro se obnaša kot kratkostično sekundarno navitje. Pri velikih močeh, bi se jedro segrelo tako močno, da bi se stopilo.

Izgube v železu se izražajo kot vsota obeh, vendar pa prevladujejo histerezne nad vrtničnimi (Stromar.si, 2025).

»Ocene izgub in donosnosti, močno povečane cene energije vse bolj silijo kupce električnih strojev, da skrbno preučijo izgube, ki so neločljivo povezane s temi stroji. To je še posebej pomembno za distribucijske transformatorje, ki delujejo neprekinjeno in pod obremenitvijo. Vendar pa se v večini primerov višji stroški transformatorja z optimiziranimi izgubami lahko v manj kot treh letih kompenzirajo z varčevanjem energije« (Siemens, 2018).

Omejitev študije primera je, da se lahko uporabi za napovedovanje izgube distribucijskega transformatorja do 2000 kVA v skladu s standardom Provincial Electricity Authority Thailand (Regular Issue, 2020).

Samooskrbnost pri energiji in neodvisnost od trga, ki je vedno bolj nepredvidljiva ter ekološka ozaveščenost populacije sta vedno bolj v

Metodologija dela

Razlogi za investicijo v srednje napetostno opremo, kamor spada transformator, je povečana zanesljivost dobave električne energije. Preko letnih vzdrževalnih del so bile opravljene ocene stanja srednje napetostne opreme o katerih je bil investitor sproti obveščen.

Investitor se je na podlagi vseh zbranih podatkov (izpad dohodka zaradi nezanesljivosti opreme, draga vzdrževalna dela, nedobavljivost rezervnih delov,...) ter soudeležba elektro distributerja pri nabavi nove opreme odločil, da so navedeni razlogi dovolj tehtni za obnovo srednje napetostne opreme.

Izdelana bo ekonomska analiza zamenjave transformatorja.

Metode izračuna

Za potrebe izračuna izgub transformatorja so potrebni naslednji podatki:

- Izgube prostega teka transformatorja (P_o)
- Kratkostične izgube transformatorja (P_k)
- Cena novega transformatorja (EUR)
- Letna obremenjenost transformatorja povprečno 64 % (α)
- Cena energije 0,13 EUR/kWh (C_e)
- Število delovnih ur transformatorja 8760 (h/letno)
- Osnovna enačba za izračun izgube prostega teka: SP_o ($SP_o = C_e \cdot 8760 \text{ h/letno} \cdot P_o$)
- Osnovna enačba za izračun obremenjenega transformatorja: SP_k ($SP_k = C_e \cdot 8760 \text{ h/letno} \cdot \alpha^2 \cdot P_k$)
- Skupni stroški: S_s ($S_s = SP_o + SP_k$)

Za lažje razumevanje navedemo primer izračuna:

$$P_o = 2,6 \text{ kW}$$

$$P_k = 20 \text{ kW}$$

$$SP_o = C_e \cdot 8760 \text{ h/letno} \cdot P_o = 0.13 \cdot 8760 \cdot 2.6 = 2.961 \text{ EUR}$$

$$SP_k = C_e \cdot 8760 \text{ h/letno} \cdot \alpha^2 \cdot P_k = 0.13 \cdot 8760 \cdot 0.64 \cdot 20 = 14.580 \text{ EUR}$$

$$S_s = SP_o + SP_k = 17.541 \text{ EUR}$$

Kazalniki izračuna

Iz zgornjega primera je razvidno, da lastnik transformatorja samo za izgube transformatorja nameni 17.541 EUR.

Predpostavka

Ob predpostavki, da je cena novega transformatorja 40.000 EUR, izgube transformatorja za polovico manjše ter cena električne energije v nadaljnjih letih nespremenjena se investicija povrne v roku 6 let.

Analiza vzdrževanja srednje napetostnih naprav

Vsako leto so bila redno in sistematično izvajana vzdrževanja ter revizije transformatorske postaje, ki vključuje tudi predmetni transformator. Ta proces je ključnega pomena za zagotavljanje nemotene in varnostno ustrezne delovanje celotnega energetskega sistema. Vendar pa se je s staranjem transformatorja pojavljalo vedno več težav, ki so zahtevale nujna in ne planirana popravila. Te težave so bile pogosto posledica naravne obrabe materialov in komponent, ki jih s časoma ni bilo več mogoče preprečiti s standardnimi vzdrževalnimi ukrepi.

Ena najpogostejših težav je bilo puščanje olja, ki je bistvenega pomena za hlajenje in izolacijo transformatorja. Puščanje olja ni bilo le nevarnost za okolje, temveč je ogrožalo tudi stabilnost in varnost delovanja transformatorja. Poleg tega so se pojavljali tudi vdori glodalcev, ki so poškodovali izolacijske materiale in druge komponente transformatorja. Ti vdori so bili še posebej problematični, saj so povzročali kratke stike in druge električne okvare, ki so lahko privedle do resnih poškodb opreme ali celo do požara.

Vsak tak ne planiran dogodek je lastniku transformatorja povzročal znatne dodatne stroške. Ti stroški so bili posledica ne le materialnih izgub, temveč tudi potrebe po hitrih in pogosto dragih popravilih. Poleg tega je vsak izpad transformatorja povzročil tudi zaustavitev proizvodnje, kar je imelo za posledico izgubo dohodka. Lastnik transformatorja je moral namreč manjkajočo količino proizvedenega materiala nadoknaditi v dodatnih terminih, kar je prineslo še več stroškov. Ti dodatni stroški so bili posledica ne le materialnih izgub, temveč tudi povečanih stroškov dela in energije, ki so bili potrebni za nadomestitev izgubljenega časa.

Ob vsakoletni reviziji je bil vzet tudi vzorec transformatorskega olja za oceno njegovega stanja in zagotovitve nemotene delovanje opreme. Na podlagi rezultatov iz preteklih let je bilo moč opaziti, da olje postopoma izgublja na izolativnosti. To je zaskrbljujoče, saj bi lahko v prihodnosti pomenilo dodaten strošek lastniku transformatorja, saj bi bilo treba olje zamenjati ali celo opremo popraviti. Če bi ta podatek zanemarili, bi lahko prišlo do resnih posledic. Zmanjšana izolativnost olja lahko povzroči preboj v samem transformatorju, kar bi lahko privedlo do kratkega stika in do dokončnega uničenja transformatorja. Takšna okvara ne bi povzročila le visokih stroškov za popravilo ali zamenjavo opreme, temveč bi lahko povzročila tudi dolgotrajne izpade električne energije, kar bi lahko vplivalo na dodatno zamudo pri proizvodnji materiala.

 Elektro Ljubljana	Naziv dokumenta: POROČILO O MERJENJU DIELEKTRIČNE TRDNOSTI IZOLACIJSKEGA OLJA DISTRIBUCIJSKEGA TRANSFORMATORJA	Šifra:OB11 DN038 NA314 01 Stran: 1 od 1 Izvod št.:
---	--	--

ELEKTRO LJUBLJANA, d.d.
 OE STORITVE NA DO
 SLUŽBA ZA IZGRADNJO DO-DE LM

List št.: **15.**
 Merilec: Tomaž Otoničar
 Datum: 15.2.2022

POROČILO O MERJENJU DIELEKTRIČNE TRDNOSTI IZOLACIJSKEGA OLJA DISTRIBUCIJSKEGA TRANSFORMATORJA

Dne 15.2.2022 se je izvajalo merjenje dielektrične trdnosti izolacijskega olja
 v **TP 0500 ŽITO, ŠMARTINSKA 154**
 Transformator: 1

proizvajalec:	ENERGOINVEST	tip:	NT 1000/10-0,4
tov. št.	31955	leto izdelave:	1974
napetost (kV):	10/0,4	tok (A):	
moč (kVA):	1000	vezava:	Dy5
teža TR (t):		teža olja (t):	

Merilni instrument: **BAUR** razred točnosti: **0,5** tov.št.: **074129013**
 Številka certifikata o kalibraciji instrumenta: 17C00773 z dne: 3.5.2017
REZULTATI MERITEV :

Meritve	kV/cm
1.	133
2.	100
3.	135
4.	144
5.	167
6.	147
Povprečna vrednost	138,6

STROKOVNA OCENA :

Preizkus je izvršen v skladu s standardom SIST EN60156. Glede na rezultate meritev je transformator sposoben za nadaljno obratovanje.

Slika 3: Poročilo o izolativnosti
 Vir: Projektna dokumentacija Elektro Ljubljana, 2022



Elektro Ljubljana

podjetje za distribucijo električne energije, d. d.
Slovenska cesta 56, SI-1000 Ljubljana

POROČILO O VZDRŽEVANJU SN NAPRAV

Transformatorska postaja: TP0500 ŽITO ŠMARTINSKA 154,

Naročnik:

Na podlagi pogodbe št.: Za leto: 2024.....

	OPRAVLJENO DELO	TR 1	TR 2	TR 3	TR 4	TR 5	TR 6	TR 7	TR 8	TR 9
1	Pregled nivoja olja v transformatorju	X	X							
2	Pregled stikal	X	X							
3	Pregled varovalk	X	X							
4	Pregled izolatorjev	X	X							
5	Kontrola kontaktov	X	X							
6	Pregled spojnih mest	X	X							
7	Preizkus delovanja zaščite	X	X							
8	Pregled in čiščenje oljne jame	X	X							

9	Meritev dielektrične trdnosti olja:	Datum:	6.2.2024	<u>USTREZNO</u>	NEUSTREZNO
---	-------------------------------------	--------	----------	-----------------	------------

	OPRAVLJENO DELO	SN celica 1	SN celica 2	SN celica 3	SN celica 4	SN celica 5	SN celica 6	SN celica 7	SN celica 8
10	Pregled stikal	X	X	X	X	X	X	X	
11	Pregled izolatorjev	X	X	X	X	X	X	X	
12	Kontrola kontaktov	X	X	X	X	X	X	X	
13	Pregled spojnih mest	X	X	X	X	X	X	X	

14	Meritev ozemljitev:	Datum:	24.1.2024		<u>USTREZNO</u>	NEUSTREZNO
15	Meritev galvanskih povezav:	Datum:	24.1.2024		<u>USTREZNO</u>	NEUSTREZNO
16	Vzdrževanje izvršeno:	Datum:		04.02.2024		
17	Agregat: NE	Vtičnice: NE		Razsvetljava: NE		

Opombe: VODNA CELICA RP BTC NA IZOLATORJU L2 VIDNA DOTRAJANOST (PLAZEČI TOKOVI) ...TR2 PUŠČA OLJE NA IZOLATORJU NN STRANI L1 TER NA BUCHELC RELEJU, TR1 PUŠČA OLJE NA IZOLATORJIH NN SN STRANI TER NA BUCHELC RELEJU IN SPOJNIH MESTIH HLADILNEGA REBRA. V SN CELICI TR1 VIDNE KOROZIJE NA CU EKRANIH SN KB. VRATA MED SN IN NN PROSTOROM NISO ZAPRTA. RAZSVETLJAVA NE DELUJE V NN TIN TR PROSTORU

Dne: 04.02.2024..... Naročnik: Pregledal: Dejan Popovič.....

Slika 4: Prikaz poročila o vzdrževanju transformatorske postaje TP0500 Žito, Šmartinska 154

Vir: Projektna dokumentacija Elektro Ljubljana, 2024

Analiza delovanja uporabe trifaznega transformatorja

Opis, sestava, delovanje ter uporaba trifaznega transformatorja

Trifazni transformator je električna naprava, ki se uporablja za pretvorbo trifazne napetosti iz ene napetostne ravni v drugo. Uporablja se v elektroenergetskih sistemih za učinkovit prenos in distribucijo električne energije. Trifazni transformatorji so bolj učinkoviti in kompaktni v primerjavi z enofaznimi transformatorji, zato so pogosto uporabljeni v industrijskih in komercialnih aplikacijah.

Trifazni transformator je sestavljen iz treh primarnih in treh sekundarnih navitij, ki so navita na skupno jedro. Jedro je običajno izdelano iz feromagnetnega materiala (npr. železa), ki omogoča učinkovit prenos magnetnega pretoka med navitji. Navitja so običajno povezana v določeni konfiguraciji, najpogosteje v zvezdi (Y) ali trikotu (Δ).

Primarno navitje

Trifazni transformator ima tri primarne navitje, ki so priključena na trifazni vir napetosti. Ko trifazni tok teče skozi primarna navitja, ustvari izmenični magnetni pretok v jedru transformatorja.

Magnetni pretok

Magnetni pretok, ki ga ustvarijo primarna navitja, se prenaša skozi jedro do sekundarnih navitij. Ker je jedro feromagnetno, se magnetni pretok učinkovito prenaša med navitji.

Sekundarno navitje

Sekundarna navitja so navita na istem jedru kot primarna navitja. Ko magnetni pretok sega do sekundarnih navitij, inducira napetost v teh navitjih. Velikost in fazni kot induktivne napetosti sta odvisna od razmerja ovojev primarnih in sekundarnih navitij ter od konfiguracije povezave (zvezda ali trikot).

Razmerje ovojev

Razmerje med številom ovojev primarnih in sekundarnih navitij določa razmerje med vhodno in izhodno napetostjo. Na primer, če ima primarno navitje 100 ovojev in sekundarno navitje 50 ovojev, bo razmerje napetosti 2:1, kar pomeni, da bo izhodna napetost polovica vhodne napetosti.

Konfiguracije povezave

Trifazni transformatorji so lahko povezani v različne konfiguracije, kot so zvezda-zvezda (Y-Y), zvezda-trikot (Y- Δ), trikot-zvezda (Δ -Y) in trikot-trikot (Δ - Δ). Vsaka konfiguracija ima svoje prednosti in slabosti glede na aplikacijo.

Prednosti trifaznih transformatorjev

Učinkovitost: Trifazni transformatorji so bolj učinkoviti kot enofazni, ker omogočajo prenos večje količine energije z manjšimi izgubami.

Kompaktnost

Zaradi uporabe skupnega jedra so trifazni transformatorji bolj kompaktni in zahtevajo manj prostora.

Enakomerna porazdelitev obremenitve

Trifazni sistemi omogočajo enakomerno porazdelitev obremenitve, kar zmanjšuje obremenitev posameznih faz.

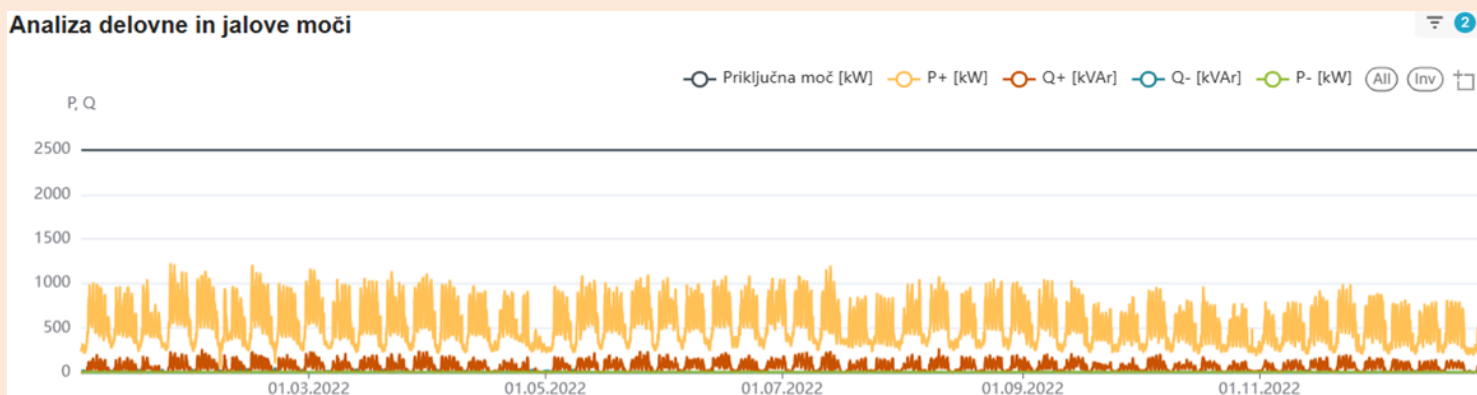
Uporaba trifazni transformatorjev

Uporaba trifaznih transformatorjev je elektroenergetskih sistemih pri prenosu in distribuciji električne energije na daljše razdalje.

Zamenjava transformatorja

Na podlagi poročil o vzdrževanju transformatorske postaje se je investitor odločil, da se zamenja tudi transformator. Pri tej odločitvi so odprla tudi nova vprašanja, kateri transformator vgraditi. Danes imamo dva različna tipa distribucijskega/industrijskega transformatorja in to sta suhi transformator ter oljni transformator. Po besedah investitorja bi glede na plan razvoja območja, ki ga napaja transformator obdržali enako moč transformatorja. Pri izbira tipa transformatorja smo pa predlagali izdelavo izračunov, ki bi nam utemeljili izbiro transformatorja.

Analiza delovne in jalove moči



Slika 5: Prikaz primera enoletne porabe odjemnega mesta

Vir: Projektna dokumentacija Elektro Ljubljana, 2023

Podatke o izgubah transformatorja se pridobijo iz merilnih listov. Na merilnem lista sta za izračun izgub pomembna dva podatka in sicer: izguba brez obremenitve (P_0) in izguba obremenitve (P_k).

Kratek opis

P_0 - izguba brez obremenitve, predvsem izguba železa, vključno z izgubo zaradi histereze in izgubo zaradi vrtničnih tokov; Histerezna izguba je sorazmerna s frekvenco; Sorazmeren je s potenco histereznega koeficienta največje gostote magnetnega pretoka. Izguba vrtničnega toka je neposredno sorazmerna zmnožku frekvence, največje gostote magnetnega pretoka in debeline pločevine iz silicijevega jekla.

P_k - izguba obremenitve, se v glavnem nanaša na izgubo upora, ki jo povzroči tok obremenitve, ki teče skozi navitje, splošno znano kot izguba bakra. Njegova velikost se spreminja glede na tok bremena in je sorazmerna s kvadratom toka bremena; (In predstavljeno s standardno vrednostjo pretvorbe temperature tuljave).

Na izgubo obremenitve vpliva tudi temperatura transformatorja, tok uhajanja, ki ga povzroči tok obremenitve, pa bo povzročil izgube zaradi vrtničnih tokov znotraj navitja in blodeče izgube v kovinskih delih zunaj navitja.

Način delovanja suhega in oljnega transformatorja**Suhi transformator**

Suhi transformatorji se pogosto uporabljajo v različnih električnih aplikacijah zaradi svoje visoke zanesljivosti, varnosti in priročnosti. Načelo delovanja suhih transformatorjev temelji na Faradayevem zakonu elektromagnetne indukcije, pri čemer izmenični tok, ki teče skozi primarno navitje, ustvari magnetno polje, ki inducira napetost v sekundarnem navitju.

Primarno navitje suhega transformatorja je sestavljeno iz niza izoliranih vodnikov, navitih okoli jedra iz magnetnega materiala, kot je laminirano silicijevo jeklo. Sekundarno navitje je prav tako izdelano iz izoliranih vodnikov, navitih okoli istega jedra, vendar z drugačnim številom ovojev kot primarno navitje. Razmerje med številom ovojev v primarnem in sekundarnem navitju določa razmerje transformacije napetosti transformatorja.

Ko se na primarno navitje transformatorja uporabi izmenična napetost, ustvari magnetno polje, ki prehaja skozi jedro in inducira napetost v sekundarnem navitju. Inducirana napetost je sorazmerna s številom ovojev v sekundarnem navitju in s tem razmerjem transformacije napetosti transformatorja. Velikost in frekvenca izhodne napetosti sta odvisni od vhodne napetosti in napetostnega transformatorskega razmerja transformatorja.

Jedro suhega transformatorja je zasnovano tako, da zmanjša histerezo in izgube zaradi vrtničnih tokov, ki so posledica magnetnih lastnosti materiala jedra. Izgube zaradi histereze nastanejo zaradi magnetizacije in demagnetizacije materiala jedra med ciklom AC, medtem ko se izgube zaradi vrtničnih tokov pojavijo zaradi toka, ki ga v materialu jedra inducira magnetno polje.

Izolacijski sistem suhega transformatorja je ključen za njegovo varno in zanesljivo delovanje. Izolacijski materiali, uporabljeni v transformatorju, morajo dolgo časa vzdržati visoke napetosti, temperature in okoljske razmere. Na voljo je več izolacijskih sistemov za uporabo v suhih transformatorjih, kot so vakuumsko impregnacija, inkapsulacija in samougasljiva poliestrska smola.

Skratka, princip delovanja suhih transformatorjev temelji na Faradayevem zakonu elektromagnetne indukcije, pri čemer izmenični tok, ki teče skozi primarno navitje, ustvari magnetno polje, ki inducira napetost v sekundarnem navitju. Zasnova jedra transformatorja in izolacijski sistem sta ključna za njegovo varno in zanesljivo delovanje. Suhi transformatorji se pogosto uporabljajo v različnih električnih aplikacijah zaradi svoje visoke zanesljivosti, varnosti in priročnosti.



Slika 6: Izgled vgrajenega suhega transformatorja

Vir: Popović, 2025

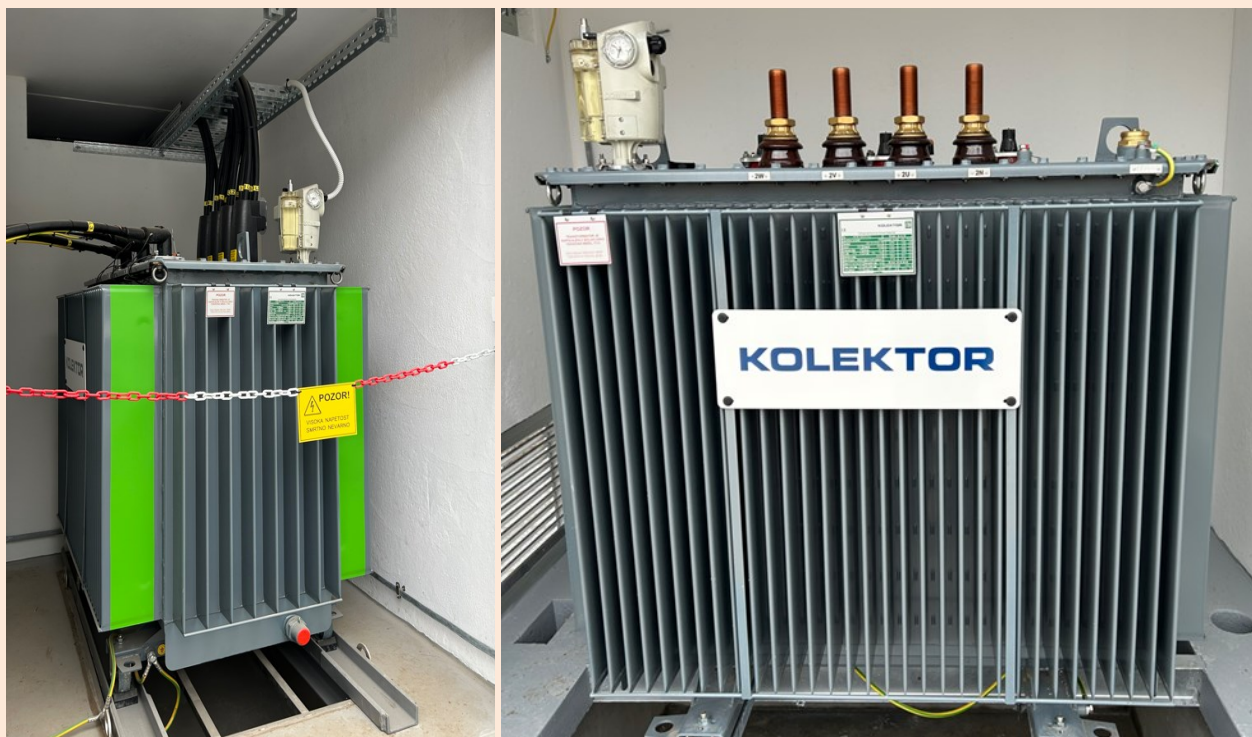
Oljni transformator (hermetično zaprt tipski transformator)

Tradicionalna vijačna povezava se ne uporablja med hermetično zaprtim rezervoarjem transformatorja in pokrovom, vendar so pokrov transformatorja, indikator nivoja olja in rezervoar zvarjeni skupaj, kar zmanjša povezavo puščanja, izboljša trdnost rezervoarja, da se zagotovi tesnjenje celotnega transformatorja in zmanjša vzdrževanje opreme.

Prednosti so: Visoka ekonomska učinkovitost. Popolnoma zaprt transformator ne potrebuje vzdrževanja, ni mu treba dvigniti jedra, kar prihrani veliko jedra in stroške vzdrževanja. Delovna obremenitev vzdrževanja je močno zmanjšana, v primerjavi s tradicionalnim transformatorjem ni potrebe po vzorčenju preskusa transformatorskega olja, dopolnitvi, filtru in zamenjavi. Ni potrebe po čiščenju dihalnega aparata, ni potrebe po spremljanju nivoja olja v rezervoarju za shranjevanje olja.

Ker hladilni medij in okoliški zrak nista v stiku, transformatorsko olje in izolacijski materiali ne bodo zmanjšali izolacijske trdnosti zaradi absorpcije vlage. Ker kisik ne more vstopiti v rezervoar, je izolacijski material preprečen pred staranjem zaradi oksidacije. Olje ni v stiku z zrakom in ne bo onesnaževalo okolja.

Slabosti so: Cena ekspanzijskih in krčnih delov popolnoma zaprte spremembe prostornine transformatorskega olja je višja (valovita plošča ali ekspanzijski radiator), zlasti njegova proizvodna oprema, kot je visoka cena proizvodne linije valovitega rezervoarja za olje, kar ima za posledico visoke stroške popolnoma zaprt transformator in višjo ceno izdelka. Valovita plošča valovitega rezervoarja za olje ter ekspanzijska in krčna plošča ekspanzijskega radiatorja so elastične in nemogoče je narediti steno škatle zelo debelo. Če olje pušča, je popravilo varjenja težje.



Slika 7: Izgled 8. generacije distribucijskega transformatorja

Vir: Popović, 2025

Vpliv na okolje

Hrup transformatorja

Hrup transformatorja se nanaša na zvoke, ki jih proizvaja transformator, ko ta deluje. Transformatorji se pogosto uporabljajo v elektroenergetiki za prenos moči z ene napetostne ravni na drugo, vendar lahko proizvajajo hrup, ki lahko vpliva na delovanje druge električne opreme in povzroča nelagodje tistim v neposredni bližini. V tem blogu bomo raziskali različne vire hrupa transformatorja.

1. Magnetostrikcija

Ko je magnetni material podvržen spremembi svojega magnetnega polja, rahlo spremeni obliko. Ta pojav je znan kot magnetostrikcijska in je ključni vir hrupa transformatorja. Zvok, ki ga proizvaja magnetostrikcija, je posledica tresljajev jedra transformatorja. Ta hrup se poveča, ko se poveča raven toka transformatorja.

2. Elektromagnetne sile

Tok električne energije skozi navitja transformatorja ustvarja elektromagnetno polje. To polje lahko ustvari silo, ki povzroči širjenje in krčenje navitij, kar povzroči brenčanje. Ta hrup je običajno največji na začetku delovanja transformatorja in se zmanjša, ko se transformator stabilizira.

3. Hladilni ventilatorji

Transformatorji med delovanjem proizvajajo toploto, ki lahko povzroči izhlapevanje transformatorskega olja. Za odvajanje te toplote se uporablja hladilni ventilator. Ti ventilatorji lahko povzročijo znatno količino hrupa. Hitrost teh ventilatorjev je mogoče prilagoditi za zmanjšanje količine hrupa, ki ga povzročajo.

4. Vibracije

Transformatorji lahko ustvarjajo vibracije, ki se širijo skozi okoliško strukturo in povzročajo hrup. To je lahko posledica prej omenjenih magnetnih sil ali mehanskih obremenitev, ki nastanejo med delovanjem transformatorja.

Transformatorji so bistveni del sodobnega življenja, vendar lahko ustvarjajo neželen hrup. Z razumevanjem virov hrupa transformatorja lahko inženirji razvijejo strategije za zmanjšanje njegovega vpliva. Za zmanjšanje magnetostrikcije in drugih vibracij se lahko uporabijo materiali za zmanjševanje hrupa, kot so spojine za dušenje vibracij. Za zmanjšanje ravni hrupa na občutljivih območjih je mogoče namestiti

tudi zvočne pregrade. Pri načrtovanju transformatorja je nujno upoštevati hrup. Z uporabo tehnik za zmanjševanje hrupa je mogoče zmanjšati hrup transformatorja, kar prepreči nepotrebno nelagodje in motnje.

Ekološka umestitev transformatorja

Suhi transformatorji so pogosto dražji od energetskih transformatorjev z enakimi specifikacijami. To je zato, ker so suhi transformatorji zasnovani tako, da so varnejši in okolju prijaznejši od energetskih transformatorjev. Suhi transformatorji uporabljajo zrak kot izolator namesto olja, kar odpravlja nevarnost puščanja olja, požarov in eksplozij. Prav tako suhe transformatorje uporabimo, kjer je ogrožena podtalnica oz. vodovarstveno območje.

Pri uporabi oljnega transformatorja je potrebno pod transformatorjem imeti vgrajeno oljno jamo, v katero se bo olje nateklo ob morebitnem defektu. Oljna jama mora biti zasuta kamenčki (rečni prod), da ob morebitnem iztekanju olja zaduši dovod kisika in s tem prepreči požar.



Slika 8: Prikaz oljne jame z rečnim prodom

Vir: Popović, 2025

Priprava ključnih podatkov za izračune

Pri izračunih smo upoštevali ključne podatke, kot so :

- Izgube prostega teka transformatorja (P_o),
- Kratkostične izgube transformatorja (P_k),
- Cena novega transformatorja,
- Obremenjenost transformatorja.

KOLEKTOR			MERILNI LIST TRANSFORMATORJA		
Kolektor Etra d.o.o.			Tovarniška številka: 87175		
			Številka načrta:		
Tip:	8HTIM 1000-21	VN stran – 1U, 1V, 1W	LI/AC 125/50 kV	Opombe:	
Nazivna moč:	1000 kVA	St. stikala	Napetost stopnje	Tok stopnje	
Število faz:	3	1	22050 V		
Nazivna frekvenca:	50 Hz	2	21525 V		
Vezava:	Dyn5	3	21000 V	27,49 A	
Hlajenje:	KNAN	4	20475 V		
Material navitja:	Aluminij	5	19950 V		
Masa olja:	638 kg	NN stran – 2U, 2V, 2W, 2N		LI/AC –/3 kV	
Skupna masa:	3130 kg	–	420 V	1374,64 A	
Leto izdelave:	2024				
Standard:	SIST EN 50708-2-1				
1. UPORNOST NAVITIJ			2. PRESTAVNO RAZMERJE		
Merjeno pri temperaturi navitja: 20 °C					
St. stikala	1U-1V [Ω]	1V-1W [Ω]	1W-1U [Ω]	St. stikala	1U-1V/2U-2V
1(21kV)	2,308	2,312	2,314	1	+ 5 %
2(21kV)	2,248	2,248	2,252	2	+ 2,5 %
3(21kV)	2,181	2,18	2,187	3	21000-420
4(21kV)	2,121	2,123	2,126	4	- 2,5 %
5(21kV)	2,059	2,060	2,063	5	- 5 %
	2U-2V [Ω]	2V-2W [Ω]	2W-2U [Ω]	3. VEZAVA NAVITIJ	
-	0,000912	0,000921	0,0009038	VN navitje:	D
				NN navitje:	yn
				Fazni premik:	5
4. IZGUBE PROSTEGA TEKA Napetost frekvenca 50 Hz je priključena na NN navitje transformatorja.					
Napetost prostega teka		Tok prostega teka		Izgube prostega teka	
$U_{m1,11}$ [V]	U_{rms} [V]	I_0 [A]		P_0 [W]	
420	420	2,15		684	
5. KRATKOSTIČNE IZGUBE Pri kratko spojenem NN navitju, je napetost frekvenca 50 Hz priključena na VN navitje transformatorja.					
Merjeno pri temperaturi navitja: 20 °C					
Kratkostična napetost		Kratkostični tok		Kratkostične izgube	
U_k [V]		I_k [A]		P_k [W]	
1382		27,49		6217	
6. PREIZKUS Z IZMENIČNO NAPETOSTJO IZ TUJEGA VIRA (AV)					
VN navitje – NN navitju + M		50	kV	- čas preizkusa 60 s	
NN navitje – VN navitju + M		3	kV	- čas preizkusa 60 s	
7. PREIZKUS Z INDUCIRANO NAPETOSTJO (IVW)					
Napetost 0,84 kV frekvenca 150 Hz je priključena na NN navitje. Čas preizkusa 40 s.					
8. IZOLACIJSKA TEKOČINA Ne vsebuje PCB!					
Transformator je polnjen s transformatorskim oljem tip MIDEI 7131 s prebojno napetostjo 60 kV.					
9. IZOLACIJSKA UPORNOST					
Merjeno pri temperaturi navitja 20 °C.		Vezava	R_{60s} [GΩ]	DAR (R_{60s}/R_{15s})	U [V]
VN – visokonapetostno navitje		VN - NN + M	2,17	1,75	2500
NN – nizkonapetostno navitje		NN - VN + M	1,406	1,89	2500
M – ozemljeni deli transformatorja					
Garantirano:		Merjeno:		Datum meritev:	
Izgube prostega teka [P_0]	W	684	W	2024-02-09	
Kratkostične izgube [P_k] pri 75°C	W	7142	W		
Skupne izgube [$P_0 + P_k$ 75°C]	W	7826	W		
Kratkostična napetost [U_k] pri 75°C	%	6,59	%		
Tok prostega teka [I_0]	%	0,16	%		



KOLEKTOR ETRA Energetski transformatorji d.o.o.
 Štandrova 10, 1001 Ljubljana, p.p. 4956, Slovenija
 tel. ++386 1 5302 800, fax. ++386 1 5302 830, <http://www.kolektor-etra.si>

1 / 1

12> 87175 - 10000 21 0.420 / 12> 15/07/2024 / 12> LD-2008 / 12> P.K.*07.12.2017

Slika 9: Merilni list oljnega distribucijskega transformatorja

Vir: Projektna dokumentacija Elektro Ljubljana, Kolektor Etra d.o.o., 2024

1/2

legrand®

Poročilo o preizkusu št.: RT 119274

Skladno s standardi: IEC 60076-11
EN 50588-1

Leto proizvodnje: 2023

Trifazni suhi transformator

Kat. št. ZU-HK4A1AMB Ser. št. 119274 Tip Green T.HE-EU2 Št. nar. - Nadn. vršna vgr. <1000 m n.m.k.

Nazivna moč [kVA] 2000 Naz. frekvenca [Hz] 50 Hlačenje AN Vezalna skupina Dyn5

Nazivje št. 1 Nazivna moč [kVA] 1000 Nazivna napetost [V] 20000 Nazivni tok [A] 26.87 Regulacija [Hz] +2 / -2 x 2.5 % Vetrova D Fazi zvezje Yn Izolacijski nivo [kV] 24.0/50/125 Temperaturni razred izolacije 155 °C (F) Diferenčna temperatura [K] 100 Material navitja Al Vlakumsko zaprto v žito smolo Vlakumsko impregnirano

ZAJAMČENE TEHNIČNE VREDNOSTI skladno z Reg. (EU) 548/2014 pri napetostnem razmerju 20000V/400V

Ref. temperatura 120 °C	Izpuhe obremenj $P_N + P_L$ [W]	Izpuhe prostega teka P_0 [W]	Tok prostega teka I_0 [A]	Kotizolacijske izgube P_i [W]	UK 1/2 [V]
Zajamčene vrednosti	11295	1395	0.6	9900	6.0
Toleranca	0%	0%	30%	0%	10%
Izmerjene vrednosti	9815	1390	0.21	8425	6.51
Odstopanje	-13.15%	-0.4%	-64.4N	-14.5%	8.5%

Izolacijski preizkus (IEC 60076-11)

Nazivje št.	1	2
Z izmerjeno napetostjo in trajanje sila (II. 14.2.3)	50 kV	3 kV
Trajanje	60 s	60 s
Rezultat	Ustrezno	Ustrezno

Nazivje št.	1	2
Z izmerjeno napetostjo (II. 14.2.4)	40000 V	800 V
Frekvenca	200 Hz	200 Hz
Trajanje	30 s	30 s
Rezultat	Ustrezno	Ustrezno

Meritev delnih praznjenj (IEC 60076-11 II. 14.2.7)

Nazivje št.	1
Merilna napetost	2.5 Vn
Izmerjena vrednost faza IU	< 5 pC
Izmerjena vrednost faza IV	< 5 pC
Izmerjena vrednost faza IUV	< 5 pC
Rezultat	Ustrezno

Meritev upornosti navitij (IEC 60076-11 II. 14.2.1)

Nazivje št.	1	2
Polni regulatorni priključki	20000 V	400 V
Faza U-V	2.665 Ω	0.465 mΩ
Faza V-W	2.665 Ω	0.468 mΩ
Faza W-U	2.664 Ω	0.480 mΩ
Povprečje	2.665 Ω	0.471 mΩ

Temperatura okolice: 29.78 °C

Meritev izgub in toka prostega teka (IEC 60076-11 II. 14.2.4)

Napajena navitje št.	2	Nazivna napetost	400 [V]
Pripravljalna napetost	Pripravljalni tok	Izmerjene izgube	Izmerjena frekvenca
400 V	3.31 A	1390 W	1.8 kVAR
			50 Hz

Dimenzijska kontrola

Dimenzijska kontrola: Ustrezno

Kontrola pribora

Kontrola pribora: Ustrezno

Opozorila:

Kupac: -

ACAE Laboratory N°: 1803

Datumi preizkusa: 12.05.2023

Odgovorna oseba: v imenu Mastering Manager Mr Lino De Lauretis

Tests carried out at the Bldno T.p.A. plant in Via Zucchetto Castelnuovo 64020 (IT) Italy

Slika 10: Merilni list suhega distribucijskega transformatorja

Vir: Projektna dokumentacija Elektro Ljubljana, Legrand, 2023

Tabela 1 nam prikazuje primerjavo med starim oljnim transformatorjem, novim oljnim transformatorjem in novim suhim transformatorjem z enako močjo 1000 kVA. Podatki vključujejo tehnične parametre, izgube energije in stroške, povezane z vsakim tipom transformatorja.

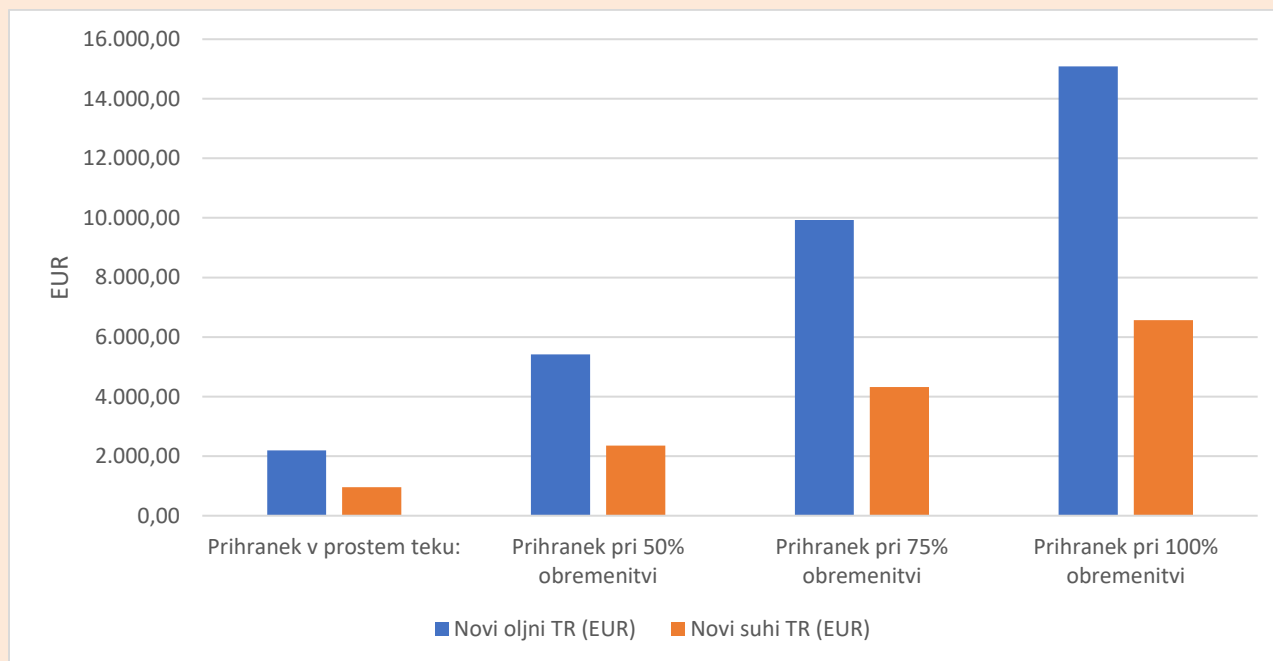
Tabela 1: Izračun izgub transformatorja

Podatki transformatorja	Star Oljni TR	Novi oljni TR	Novi suhi TR
Moč transformatorja [kVA]	1000	1000	1000
Tip transformatorja:	2VT 1000/10-0,4	8HTIM 1000-21(10,5)	Green T.HE-EU2
Proizvajalec:	Energoinvest	ETRA	Legrand
Leto proizvodnje	1979	2024	2023
Po [W]	1939	684	1395
Pks [W]	14499	7142	11295
Cena el. Energije [EUR /kWh]	0,2	0,2	0,2
Izgube v prostem teku/leto [kW]	16.985,64	5.991,84	12.220,20
Izgube 50% obremenjenega Tr [kW]	48.738,45	21.632,82	36.956,25
Izgube 75% obremenjenega Tr [kW]	93.192,38	43.530,19	71.586,72
Izgube 100% obremenjenega Tr [kW]	143.996,88	68.555,76	111.164,40
Izgube v prostem teku/leto [EUR]	3.397,13	1.198,37	2.444,04
Izgube 50% obremenjenega Tr [EUR]	9.747,69	4.326,56	7.391,25
Izgube 75% obremenjenega Tr [EUR]	18.638,48	8.706,04	14.317,34
Izgube 100% obremenjenega Tr [EUR]	28.799,38	13.711,15	22.232,88
Cena novega 1000kVA transformatorja [EUR]	/	40.000,00	45.000,00

Vir: Merilni listi transformatorjev, Elektro Ljubljana, 2025

Izračun prihrankov

Slika11 grafično prikazuje letne prihranke v evrih, če bi se odločili za menjavo transformatorja (TR). Tabela 2 prikazuje tudi prikaz prihrankov ob različnih stopnjah obremenitve transformatorja (50%, 75%, 100%); podatki kažejo, da je oljni transformator v tem primeru rentabilnejši.



Slika 11: Letni prihranek izgub novega oljnega transformatorja in novega suhega transformatorja

Vir: lastni izračuni

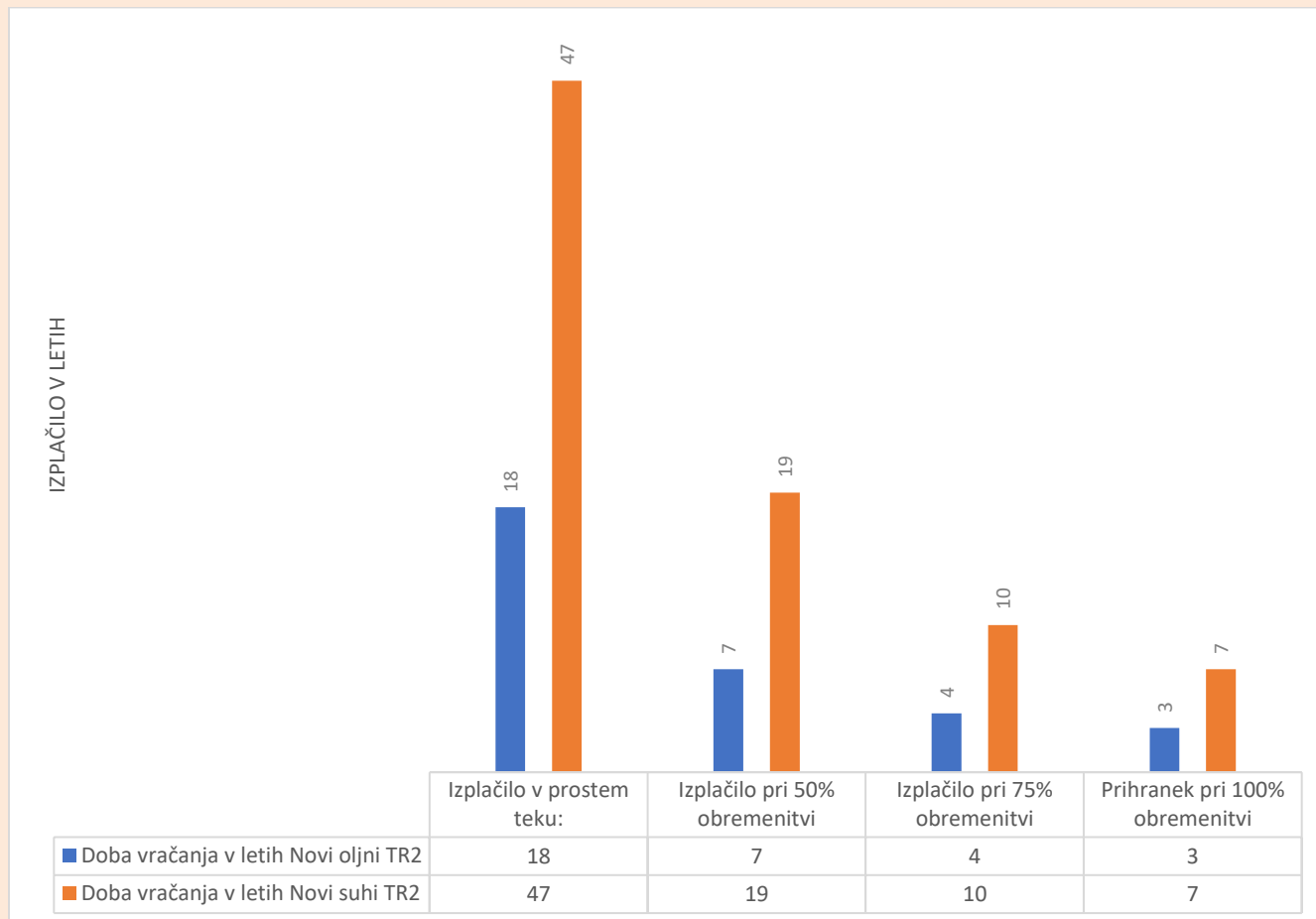
Tabela 2 prikazuje letni prihrankov v evrih ob različnih stopnjah obremenitve transformatorja (50 %, 75 %, 100 %), če bi se odločili za menjavo transformatorja. Tabela 2 prikazuje, da je oljni transformator v tem primeru rentabilnejši.

Tabela 2: Prihranek na račun izgub transformatorja

Prihranek pri zamenjavi z novim transformatorjem/leto	Novi oljni TR (EUR)	Novi suhi TR (EUR)	Doba vračanja v letih novi oljni TR2	Doba vračanja v letih novi suhi TR2
Prihranek v prostem teku:	2.198,76	953,09	18	47
Prihranek pri 50 % obremenitvi	5.421,13	2.356,44	7	19
Prihranek pri 75 % obremenitvi	9.932,44	4.321,13	4	10
Prihranek pri 100 % obremenitvi	15.088,22	6.566,50	3	7

Vir: lastni izračuni

Slika 12 grafično in podatkovno prikaže časovnico izplačila v letih ob različni obremenitvah transformatorja. Iz slike je razvidno, da je ob predpostavki, kjer je transformator obremenjen z 50 % nazivne moči, strošek oljnega transformatorja povrnjen v 7 letih, medtem ko investicija v suhi transformator povrne v 19 letih.



Slika 12: Samodejno izplačilo transformatorja na račun prihrankov pri zmanjšanju izgub

Vir: lastni izračuni

Izgube transformatorja

Kot vidimo iz podatkov je ključni motiv za zamenjavo transformatorja že iz naslova zmanjšanja izgub transformatorja. Olni transformator nove generacije se pri 50 % obremenitvi nazivne moči povrne stroške investicije v 7 letih, medtem ko se suhemu transformatorju strošek vlaganj povrne čez 19 let.

Ekonomska analiza ocenjevanja naložbe zamenjave transformatorja

Metoda neto sedanje vrednosti

Ena od uveljavljenih metod vrednotenja investicij je izračun neto sedanje vrednosti (SV), ki določa razliko med diskontirano vrednostjo pričakovanih prihodkov in stroškov projekta. Ta metoda omogoča oceno ekonomske upravičenosti investicije, saj upošteva časovno

vrednost denarja ter stroške kapitala. Če je neto sedanja vrednost (SV) pozitivna pomeni, da projekt ustvarja večji donos od referenčne, nizko tvegane naložbe, kot so na primer alternativne obrestne mere s bank s katerimi obrestujejo dolgoročne naložbe ali državne obveznice (Papler, 2025a).

Diskontna stopnja (r) je določena vnaprej, praviloma je tista obrestna mera, ki jo dajejo banke za dolgoročno vezana sredstva. To nam omogoča primerjavo med učinkovitostjo naložb na banki in naložb v projekt (Bizjak, 2008).

Izračun individualne diskontne stopnje

Razlaga besedne zveze diskontna stopnja: je strošek kapitala, ki se uporabi za določitev sedanje vrednosti prihodnjega plačila. Diskontna stopnja se pogosto uporablja pri ocenjevanju investicijskih projektov. Pove nam, koliko denarja bomo kasneje prejeli.

Primer: Če imate zagotovilo, da boste čez eno leto prejeli 1000 EUR in je diskontna stopnja 5 %, bo sedanja vrednost tega zneska: Sedanja vrednost $SV = 1000 / (1 + 0,05)^1 = 952,38$ EUR.

To pomeni, da je 1000 EUR, ki jih prejmete čez eno leto, danes vredno približno 952,38 EUR.

Ključni podatki za izračun

Predpostavka, da je transformator obremenjen z 50 % nazivno močjo

Diskontna stopnja (r) – vnaprej določena vrednost (%)

Pričakovani prihodki (Sd) – celotni finančni prilivi v življenjski dobi projekta (EUR)

Odhodki projekta (So) – skupni stroški v življenjski dobi projekta (EUR)

Parametri izračuna

Neto sedanja vrednost (SV): 62.633,90 EUR

Skupni prihodki projekta (Sd): 162.633,90 EUR

Skupni odhodki projekta (So): 100.000 EUR

Določena diskontna stopnja: r (%)

Število obdobj v življenjski dobi projekta: $i = 0-n$

Pavšalno ocenjeni stroški vzdrževanja ter okvar transformatorja so v vrednosti 2.000 EUR letno.

Enačba za izračun:

$$SV = \sum_{i=1}^{i=n} \frac{(Sd - So)}{(1 + r)^i}$$

Interpretacija rezultata

$SV = 162.633,90 - 100.000 = 62.633,90$ EUR

$SV > 0$, pogoj je izpolnjen. Vrednost je pozitivna, zato je projekt upravičen.

Tabela 3: Izračun Metode sedanje vrednosti projekta z diskontno stopnjo (r) 3 %

Časovna obdobja -i	Leto	Skupaj prihodki Sd $r = 0 \%$	Skupaj odhodki So $r = 0 \%$	Diskontna stopnja $r = 3,0 \%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $r = 3,0 \%$ $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r=3,0 \%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r = 3,0 \%$
0	2024		40.000,0	1	1	0	40.000,00
1	2025	5.421	2.000,0	1,03	0,97	5.263,2	1.941,7
2	2026	5.421	2.000,0	1,06	0,94	5.109,9	1.885,2
3	2027	5.421	2.000,0	1,09	0,92	4.961,1	1.830,3
4	2028	5.421	2.000,0	1,13	0,89	4.816,6	1.777,0
5	2029	5.421	2.000,0	1,16	0,86	4.676,3	1.725,2
6	2030	5.421	2.000,0	1,19	0,84	4.540,1	1.675,0
7	2031	5.421	2.000,0	1,23	0,81	4.407,9	1.626,2
8	2032	5.421	2.000,0	1,27	0,79	4.279,5	1.578,8
9	2033	5.421	2.000,0	1,30	0,77	4.154,8	1.532,8
10	2034	5.421	2.000,0	1,34	0,74	4.033,8	1.488,2
11	2035	5.421	2.000,0	1,38	0,72	3.916,3	1.444,8
12	2036	5.421	2.000,0	1,43	0,70	3.802,3	1.402,8
13	2037	5.421	2.000,0	1,47	0,68	3.691,5	1.361,9
14	2038	5.421	2.000,0	1,51	0,66	3.584,0	1.322,2
15	2039	5.421	2.000,0	1,56	0,64	3.479,6	1.283,7
16	2040	5.421	2.000,0	1,60	0,62	3.378,3	1.246,3
17	2041	5.421	2.000,0	1,65	0,61	3.279,9	1.210,0
18	2042	5.421	2.000,0	1,70	0,59	3.184,3	1.174,8
19	2043	5.421	2.000,0	1,75	0,57	3.091,6	1.140,6
20	2044	5.421	2.000,0	1,81	0,55	3.001,5	1.107,4
21	2045	5.421	2.000,0	1,86	0,54	2.914,1	1.075,1
22	2046	5.421	2.000,0	1,92	0,52	2.829,2	1.043,8
23	2047	5.421	2.000,0	1,97	0,51	2.746,8	1.013,4
24	2048	5.421	2.000,0	2,03	0,49	2.666,8	983,9
25	2049	5.421	2.000,0	2,09	0,48	2.589,2	955,2
26	2050	5.421	2.000,0	2,16	0,46	2.513,7	927,4
27	2051	5.421	2.000,0	2,22	0,45	2.440,5	900,4
28	2052	5.421	2.000,0	2,29	0,44	2.369,4	874,2
29	2053	5.421	2.000,0	2,36	0,42	2.300,4	848,7
30	2054	5.421	2.000,0	2,43	0,41	2.233,4	824,0
Skupaj		162.633,90	100.000,00			106.256,54	79.200,88
SV		Sd-So=	62.633,90			NSDp=Sd-So=	27.055,66

Vir: Diskontiranje na primeru (Papler, 2025b), lastni izračuni

Metoda interne stopnje donosnosti

Pri tej metodi je diskontna stopnja (r) nepoznana. Izračunamo jo s **postopkom diskontiranja** in z **metodo interpolacije**.

Pomemben kazalnik učinkovitosti projekta je kazalnik interne stopnje donosnosti, to je tiste stopnje donosnosti, pri kateri se izenačijo Vsi prihodki in odhodki projekta v času življenjske dobe, oziroma se neto sedanja vrednost projekta izenači z nič. Matematično gledano, iščemo tisto diskontno stopnjo (r), pri kateri zavzame neto sedanja vrednost projekta vrednost 0 (Bizjak, 2008).

Interno stopnjo donosnosti izračunamo z metode interpolacije za pozitivno diskontno stopnjo (rp) 7 % (tabela 4) in za negativno diskontno stopnjo (rn) 8 % (tabela 5).

Tabela 3: Izračun Metode interne stopnje donosnosti s pozitivno diskontno stopnjo (r_p) 7 %

Časovna obdobja -i	Leto	Skupaj prihodki Sd $r = 0 \%$	Skupaj odhodki So $r = 0 \%$	Diskontna stopnja $r = 7,0 \%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $r = 7,0 \%$ $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r=7,0 \%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r=7,0 \%$
0	2024		40.000,0	1	1	0	40.000,00
1	2025	5.421	2.000,0	1,07	0,93	5.066,5	1.869,2
2	2026	5.421	2.000,0	1,14	0,87	4.735,0	1.746,9
3	2027	5.421	2.000,0	1,23	0,82	4.425,3	1.632,6
4	2028	5.421	2.000,0	1,31	0,76	4.135,8	1.525,8
5	2029	5.421	2.000,0	1,40	0,71	3.865,2	1.426,0
6	2030	5.421	2.000,0	1,50	0,67	3.612,3	1.332,7
7	2031	5.421	2.000,0	1,61	0,62	3.376,0	1.245,5
8	2032	5.421	2.000,0	1,72	0,58	3.155,1	1.164,0
9	2033	5.421	2.000,0	1,84	0,54	2.948,7	1.087,9
10	2034	5.421	2.000,0	1,97	0,51	2.755,8	1.016,7
11	2035	5.421	2.000,0	2,10	0,48	2.575,5	950,2
12	2036	5.421	2.000,0	2,25	0,44	2.407,0	888,0
13	2037	5.421	2.000,0	2,41	0,41	2.249,6	829,9
14	2038	5.421	2.000,0	2,58	0,39	2.102,4	775,6
15	2039	5.421	2.000,0	2,76	0,36	1.964,9	724,9
16	2040	5.421	2.000,0	2,95	0,34	1.836,3	677,5
17	2041	5.421	2.000,0	3,16	0,32	1.716,2	633,1
18	2042	5.421	2.000,0	3,38	0,30	1.603,9	591,7
19	2043	5.421	2.000,0	3,62	0,28	1.499,0	553,0
20	2044	5.421	2.000,0	3,87	0,26	1.400,9	516,8
21	2045	5.421	2.000,0	4,14	0,24	1.309,3	483,0
22	2046	5.421	2.000,0	4,43	0,23	1.223,6	451,4
23	2047	5.421	2.000,0	4,74	0,21	1.143,6	421,9
24	2048	5.421	2.000,0	5,07	0,20	1.068,8	394,3
25	2049	5.421	2.000,0	5,43	0,18	998,8	368,5
26	2050	5.421	2.000,0	5,81	0,17	933,5	344,4
27	2051	5.421	2.000,0	6,21	0,16	872,4	321,9
28	2052	5.421	2.000,0	6,65	0,15	815,3	300,8
29	2053	5.421	2.000,0	7,11	0,14	762,0	281,1
30	2054	5.421	2.000,0	7,61	0,13	712,2	262,7
Skupaj		162.633,90	100.000,00			67.271,03	64.818,08
SV		Sd-So=	62.633,90			NSDp=Sd-So=	2.452,94

Vir: Diskontiranje na primeru (Papler, 2025b), lastni izračuni

Tabela 4: Izračun Metode interne stopnje donosnosti z negativno diskontno stopnjo (r_n) 8 %

Časovna obdobja -i	Leto	Skupaj prihodki Sd $r = 0 \%$	Skupaj odhodki So $r = 0 \%$	Diskontna stopnja $r = 8,0 \%$ $(1+r)^i$	Diskontni faktor $r = 8,0 \%$ $1/(1+r)^i$	Skupni donos Sd pri diskontnem faktorju $r=8,0 \%$	Skupni odhodki So pri diskontnem faktorju $r=8,0 \%$
0	2024		40.000,0	1	1	0	40.000,00
1	2025	5.421	2.000,0	1,08	0,93	5.019,6	1.851,9
2	2026	5.421	2.000,0	1,17	0,86	4.647,7	1.714,7
3	2027	5.421	2.000,0	1,26	0,79	4.303,5	1.587,7
4	2028	5.421	2.000,0	1,36	0,74	3.984,7	1.470,1
5	2029	5.421	2.000,0	1,47	0,68	3.689,5	1.361,2
6	2030	5.421	2.000,0	1,59	0,63	3.416,2	1.260,3
7	2031	5.421	2.000,0	1,71	0,58	3.163,2	1.167,0
8	2032	5.421	2.000,0	1,85	0,54	2.928,9	1.080,5
9	2033	5.421	2.000,0	2,00	0,50	2.711,9	1.000,5
10	2034	5.421	2.000,0	2,16	0,46	2.511,0	926,4
11	2035	5.421	2.000,0	2,33	0,43	2.325,0	857,8
12	2036	5.421	2.000,0	2,52	0,40	2.152,8	794,2
13	2037	5.421	2.000,0	2,72	0,37	1.993,3	735,4
14	2038	5.421	2.000,0	2,94	0,34	1.845,7	680,9
15	2039	5.421	2.000,0	3,17	0,32	1.709,0	630,5
16	2040	5.421	2.000,0	3,43	0,29	1.582,4	583,8
17	2041	5.421	2.000,0	3,70	0,27	1.465,2	540,5
18	2042	5.421	2.000,0	4,00	0,25	1.356,6	500,5
19	2043	5.421	2.000,0	4,32	0,23	1.256,1	463,4
20	2044	5.421	2.000,0	4,66	0,21	1.163,1	429,1
21	2045	5.421	2.000,0	5,03	0,20	1.076,9	397,3
22	2046	5.421	2.000,0	5,44	0,18	997,2	367,9
23	2047	5.421	2.000,0	5,87	0,17	923,3	340,6
24	2048	5.421	2.000,0	6,34	0,16	854,9	315,4
25	2049	5.421	2.000,0	6,85	0,15	791,6	292,0
26	2050	5.421	2.000,0	7,40	0,14	732,9	270,4
27	2051	5.421	2.000,0	7,99	0,13	678,7	250,4
28	2052	5.421	2.000,0	8,63	0,12	628,4	231,8
29	2053	5.421	2.000,0	9,32	0,11	581,8	214,7
30	2054	5.421	2.000,0	10,06	0,10	538,7	198,8
Skupaj		162.633,90	100.000,00			61.029,91	62.515,57
SV		Sd-So=	62.633,90			NSDp=Sd-So=	-1.485,66

Vir: Diskontiranje na primeru (Papler, 2025b), lastni izračuni

Interna stopnja donosnosti (ISD) je ključna ekonomska metoda, ki meri donosnost naložbe. Predstavlja vrednost, ki naj bi prinašala večji donos kot, če bi sredstva vložili v banko ali v obveznosti, skratka višja od individualne diskontne stopnje.

Pomembni podatkiNeto skupni donos pri pozitivni diskontni stopnji (NSD_p) 7 %: 2.452,94 EURNeto skupni donos pri negativni diskontni stopnji (NSD_n) 8 %: -1.485,66 EURZa izračun ISD se uporabi naslednja enačba:

$$ISD = r_p + (r_n - r_p) \cdot \frac{NSD_p}{NSD_p - NSD_n}$$

$$ISD = 7 + (8 - 7) \cdot \frac{2.452,94}{2.452,94 - (-1.485,66)} = 7,6\%$$

$$ISD = 7 + (8 - 7) \cdot 2.452,94 / (2.452,94 - (-1.485,66)) = 7,6 \%$$

Izračunana interna stopnja donosnosti (ISD) je 7,6 %.**Enostavna doba vračanja naložbe**

Enostavna doba vračanja naložbe (EVS oz. t) je čas, potreben za povrnitev vloženih sredstev. V tem primeru se naložba povrne v 11,7 letih, kar kaže na dolgoročno naložbo.

Pomembni podatkiSkupni prihodek (Sd): 5.421 EURSkupni odhodek (So): 2.000 EURCena naložbe (N): 40.000 EUR

Enačba:

$$EVS = t = \frac{N}{d} \text{ Enostavna doba}$$

$$d = Sd - So \text{ (donos v 1. letu)}$$

Izračun EVS

Pri izračunu Enostavne dobe vračan ja naložbe uporabimo nediskontirane vrednosti.

$$EVS = t = N / d = N / Sd - So$$

$$EVS = 40.000 / (5421 - 2.000) = 11,7 \text{ let}$$

Kazalnik ekonomičnosti ali gospodarnosti

Kazalnik ekonomičnosti ali gospodarnosti (E) meri razmerje med skupnimi prihranki in skupnimi odhodki. Če je $E > 1$, je projekt sprejemljiv. V tem primeru je $E = 1,34$, kar pomeni, da je projekt gospodaren.

Pomembni podatkiSkupni prihranki (Sd): 106.256,54 EURSkupni odhodki (So): 79.200,88 EUR

Enačba:

$$E = \frac{Sd}{So}$$

Izračun EPri izračunu Kazalnika ekonomičnosti ali gospodarnosti uporabimo diskontirane vrednosti pri diskontni stopnji (r) 3 % (tabela 3).

$$E = Sd / So$$

$$\underline{E} = 106.256,54 / 79.200,88 = 1,34$$

Kazalnik donosnosti ali rentabilnosti naložbe

Kazalnik donosnosti ali rentabilnosti naložbe (D) meri letni donos naložbe v odstotkih. V tem primeru je donosnost naložbe 67,64 %, kar kaže na visoko donosnost.

Pomembni podatkiSkupni prihodek (Sd): 106.256,54 EURSkupni odhodki (So): 79.200,88 EURNaložba (N): 40.000 EUR

Enačba:

$$D = \frac{Sd - So}{N} \cdot 100(\%)$$

Izračun DPri izračunu Kazalnika donosnosti ali rentabilnosti naložbe uporabimo diskontirane vrednosti pri diskontni stopnji (r) 3 % (tabela 3).

$$D = (Sd - So) / N \cdot 100$$

$$D = (106.256,54 - 79.200,88) / 40.000 \cdot 100 = 67,64\%$$

Kazalnik donosnosti vseh odhodkov

Kazalnik donosnosti vseh odhodkov (Do) meri donosnost glede na vse skupne odhodke. Če je $Do > 0$, je naložba rentabilna. V tem primeru je Do 34,2 %, kar potrjuje zanesljivo rentabilnost vseh sredstev.

Pomembni podatki

Skupni prihodek (*Sd*): 106.256,54 EUR

Skupni odhodki (*So*): 79.200,88 EUR

Enačba:

$$Do = \frac{Sd - So}{So} \cdot 100(\%)$$

Izračun Do

Pri izračunu Kazalnika donosnosti ali rentabilnosti vseh sredstev uporabimo diskontirane vrednosti pri diskontni stopnji (*r*) 3 % (tabela 3).

$$Do = (Sd - So) / So \cdot 100$$

$$Do = (106.256,54 - 79.200,88) / 79.200,88 \cdot 100 = 34,2\%$$

Povzetek ekonomskih rezultatov

Zamenjava distribucijskega transformatorja je skozi vse izračune prikazana kot varna in profitabilna naložba.

Interna stopnja donosnosti (*ISD*) je 7,6 %. Naložba je donosna.

Enostavna doba vračanja naložbe (*EVS*) je 11,7 let. Doba vračila je ustrezna.

Kazalnik ekonomičnosti ali gospodarnosti (*E*) je 1,34. Projekt je ekonomičen.

Kazalnik donosnosti ali rentabilnost naložbe (*D*) je 67.64%. Glede na celoten projekt kaže na visoko donosnost naložbe.

Kazalnik donosnosti ali rentabilnost vseh sredstev (*Do*) je 34,2 %. Potrjuje zanesljivo rentabilnost vseh sredstev.

Projekt je primeren za izvedbo, če je cilj dolgoročna in energetska učinkovitost.

Zaključek

V prispevku smo obravnavali zamenjavo distribucijskega transformatorja v transformatorski postaji, ki je zaradi dotrajanosti in pogostih okvar postala nezanesljiva. Glavni cilj projekta je bil prikazati potrebo po zamenjavi transformatorja ter analizirati izgube, ki jih povzroča obstoječi transformator, v primerjavi z novimi modeli. Na podlagi izračunov je bilo ugotovljeno, da je zamenjava starega transformatorja z novim oljnim transformatorjem ekonomsko upravičena, saj se investicija povrne že v slabih 3 letih pri 100 % obremenitvi, medtem ko se suhemu transformatorju vračilna doba podaljša na 7 let.

Ključne ugotovitve

Ena ključnih značilnosti transformatorjev je njihova obremenitev, ki se lahko spreminja skozi čas. V praksi transformatorji redko delujejo pri 100 % obremenitvi, zato je pomembno upoštevati tudi izgube pri delnih obremenitvah. V analizi so bile obravnavane izgube pri 50 %, 75 % in 100 % obremenitvi, vendar je treba poudariti, da so izgube pri delnih obremenitvah še posebej pomembne za transformatorje, ki delujejo v omrežjih s spremenljivo porabo energije.

Pri starem transformatorju so izgube pri delnih obremenitvah še posebej visoke, kar je posledica zastarele tehnologije in manj učinkovitega jedra. Novi transformatorji, zlasti oljni, imajo bistveno nižje izgube tudi pri delnih obremenitvah, kar omogoča večje prihranke v primerjavi s starimi modeli. To je še posebej pomembno v območjih, kjer je poraba energije spremenljiva, na primer v industrijskih obratih ali v urbanih območjih s sezonskimi nihanji porabe.

Življenjska doba transformatorja

Življenjska doba je še en pomemben dejavnik, ki vpliva na ekonomsko upravičenost investicije. Stari transformatorji, kot je tisti iz leta 1979, imajo omejeno življenjsko dobo, ki se bliža koncu. Poleg tega so zaradi zastarele tehnologije in materialov bolj nagnjeni k okvaram, kar povečuje stroške vzdrževanja in zmanjšuje zanesljivost dobave energije.

Novi transformatorji, zlasti oljni, imajo daljšo življenjsko dobo in so bolj zanesljivi. Poleg tega so zasnovani tako, da zmanjšajo potrebo po vzdrževanju, kar dodatno znižuje dolgoročne stroške. Suhi transformatorji imajo tudi daljšo življenjsko dobo, vendar so zaradi višjih izgub manj ekonomsko privlačni v primerjavi z oljnimi modeli.

Ekonomsko upravičenost

Zamenjava starega transformatorja z novim oljnim modelom je ekonomsko upravičena, saj se investicija povrne v kratkem časovnem obdobju. Suhi transformator, čeprav ima višjo začetno ceno, zaradi višjih izgub ni tako ekonomsko privlačen.

Okoljski vidik

Ekologija je vedno bolj pomemben vidik pri izbiri električne opreme. Stari transformatorji uporabljajo velike količine transformatorskega olja, kar predstavlja tveganje za okolje, zlasti v primeru puščanja. Poleg tega so zaradi zastarele tehnologije manj energetske učinkoviti, kar vodi do večjih izgub energije in posledično večjih emisij toplogrednih plinov. Novi transformatorji, zlasti suhi, so bolj okolju prijazni, saj

ne uporabljajo olja, kar odpravlja tveganje za onesnaževanje okolja. Vendar pa je treba pri izbiri transformatorja upoštevati tudi ekonomske in tehnične vidike. Oljni transformatorji nove generacije so tudi bolj okolju prijazni kot stari modeli, saj uporabljajo boljšo kakovost olja in so bolj učinkoviti.

Zanesljivost in varnost

Zamenjava transformatorja bo povečala zanesljivost dobave električne energije ter zagotovila varno in stabilno delovanje transformatorske postaje.

Ocena tveganj in negotovosti

Tveganje v investicijo je minimalno pa vendar. Ob predpostavki, da upade promet oziroma število naročil izdelanega materiala se iz tega naslova lahko podaljša naložba v transformator, saj bo deloval z manjšo močjo. V tabelah je bil prikazano vpliv donosa na obremenjenost transformatorja.

Tveganje lahko povzroči tudi znižanje cene električne energije, kar je ob današnjih predvidevanjih malo verjetno. Ob zmanjšanju cen električne energije se donosnost investicije podaljša.

Prav tako lahko tveganje predstavlja kvaliteta ter izdelava vgrajenih materialov. Določeni izdelki so bili v preteklosti izdelani z »neomejenim« rokom trajanja, medtem ko se v današnjem svetu vse vrti okoli profita in kapitalizma, kar se pokaže na vgrajenih materialih, ki so izdelani do nazivnih vrednosti.

Prihodnji razvoj omrežja

Pri izbiri transformatorja je pomembno upoštevati tudi prihodnji razvoj omrežja. V prihodnosti se pričakuje povečanje porabe električne energije, zlasti zaradi širjenja električnih vozil in druge električne opreme. Zato je pomembno izbrati distribucijski transformator, ki bo lahko vzdržal večje obremenitve in bo pripravljen na prihodnje izzive.

Novi transformatorji so zasnovani tako, da so bolj fleksibilni in pripravljeni na prihodnje spremembe v omrežju. Zlasti oljni transformatorji nove generacije so bolj primerni za prihodnje obremenitve, saj imajo boljšo učinkovitost in zanesljivost. Suhi transformatorji so tudi primerni, vendar so zaradi višjih izgub manj ekonomsko privlačni.

Sklep

Zamenjava starega transformatorja z novim oljnim modelom je ekonomsko in tehnično upravičena, saj bo prinesla prihranke pri izgubah električne energije ter povečala zanesljivost in varnost dobave električne energije. Kljub temu pa je pri izbiri transformatorja potrebno upoštevati tudi okoljske vidike, zlasti v območjih, kjer je ogrožena podtalnica ali vodovarstvena območja. V prihodnje bi bilo koristno izvesti še podrobnejšo analizo obremenitve in dolgoročnih stroškov, da bi zagotovili optimalno rešitev za vse deležnike.

Viri, literatura in opombe:

1. Bizjak Franc. (2008). *Osnove ekonomike za podjetja za inženirje*. Nova Gorica: Univerza v Novi Gorici.
2. Elektro Ljubljana. (2021). *Tloris postavitve opreme v transformatorski postaji*. Interna projektna dokumentacija Elektro Ljubljana.
3. Elektro Ljubljana. (2022). *Poročilo o merjenju dielektrične trdnosti izolacijskega olja distribucijskega transformatorja*. Interna projektna dokumentacija Elektro Ljubljana.
4. Elektro Ljubljana. (2023). *Analiza delovne in jalove moči enoletne porabe odjemnega mesta*. Interna projektna dokumentacija Elektro Ljubljana.
5. Elektro Ljubljana. (2024). *Poročilo o vzdrževanju srednje napetostnih naprav*. Interna projektna dokumentacija Elektro Ljubljana.
6. Elektro Ljubljana. (2025). *Tehnični podatki o novih oljnih transformatorjih*. Interna projektna dokumentacija Elektro Ljubljana.
7. Stromar.si. (2025). *Transformatorji. Teorija-v-1*. Dostopno na naslovu: <https://stromar.si/assets/Uploads/2/Teorija-v-1.pdf> (16. 2. 2025)
8. Kokalj Anton, Vrščaj Stanko (2011). *Osnove elektrotehnike*. Ljubljana: Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM, Zavod IRC. Dostopno na naslovu: http://www.impletum.zavod-irc.si/docs/Skriti_dokumenti/Osnove_elektrotehnike-Vrscaj_Kokalj.pdf (1. 3. 2025)
9. Kolektor Etra, d.o.o.. (2024). *Merilni list oljnega distribucijskega transformatorja*. Interna projektna dokumentacija Elektro Ljubljana.
10. Legrand. (2023). *Poročilo o preizkusu trifaznega suhega transformatorja*. Interna projektna dokumentacija Elektro Ljubljana.
11. Papler Drago. (2025a). *Ekonomika poslovnih in proizvodnih sistemov*. Kranj: DPapler'S (10. 3. 2025)
12. Papler Drago. (2025b). *Učinkovita raba in obnovljivi viri energije*. Gradiva za predavanja (vaje, drsnice, tabele). Kranj: DPapler'S in Višja strokovna šola B&B (12. 2. 2025)
13. Popović Dejan. (2025). *Elektroenergetika: Transformatorji*. Lasten arhiv.
14. Siemens. (2025). *Izračuni izgub transformatorja*. Dostopno na naslovu: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:61fed5db73671d55fd2c820b0315cb4b55f71ee1/planning-of-electric-power-distribution-technical-principles.pdf> (16. 2. 2025)
15. Scotech. (2025). *Načelo delovanja suhih transformatorjev*. Dostopno na naslovu: <http://si.scotech-electrical.com/info/the-operating-principle-of-dry-type-transformer-93947560.html> (14. 2. 2025)
16. Siemens (2018). **Planning of electric power distribution. Technical Principles. Berlin and Munich: Siemens AG.** Dostopno na naslovu: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:61fed5db73671d55fd2c820b0315cb4b55f71ee1/planning-of-electric-power-distribution-technical-principles.pdf> (5. 5. 2025)
17. Siriporananon Somsak, Suechoey Boonlert (2025). Power Losses Analysis in a Three-Phase Distribution Transformer Using Artificial Neural Networks.. *Regular Issue, Vol. 18 No. 2 (August 2020)*. Dostopno na naslovu: <https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/ECTI-EEC/article/view/223203> (21. 5. 2025)
18. SODO. (2022). *Navodila za vzdrževanje distribucijskega elektroenergetskega omrežja*. Maribor: Sistemski operater distribucijskega omrežja. Dostopno na naslovu: <https://sodo.si/storage/app/uploads/public/61e/fd4/c6e/61efd4c6e10b9935935138.pdf> (4. 2. 2025)

Perfectus PRO 1/2026

