

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA  
STROJNIŠTVO

Niko KORES

**NADGRADNJA PREVENTIVNEGA VZDRŽEVANJA  
TLAČNE LIVNE CELICE V PODJETJU TALUM  
D.D., PE ULITKI**

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

Maribor, 2025

TEHNIŠKI ŠOLSKI CENTER MARIBOR  
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA  
STROJNIŠTVO

Niko KORES

**NADGRADNJA PREVENTIVNEGA VZDRŽEVANJA TLAČNE  
LIVNE CELICE V PODJETJU TALUM D.D., PE ULITKI**

DIPLOMSKO DELO

Višješolski strokovni študij

**UPGRADE OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF A HIGH-PRESSURE  
DIE CASTING CELL IN THE COMPANY TALUM D.D., DIVISION  
ULITKI**

GRADUATION THESIS

Higher vocational studies

Maribor, 2025

## **ZAHVALA**

Iskreno se zahvaljujem somentorju v podjetju Nejcu Ogrincu, dipl. inž. str., za strokovno vodenje, dragocene nasvete ter podporo in razumevanje med nastajanjem diplomskega dela. Njegova pomoč in usmeritve so bile ključne pri oblikovanju vsebine in strukture dela.

Prav tako se zahvaljujem mentorju v šoli Draganu Gogiću, mag. inž. metal. in mater., za strokovno podporo, konstruktivne povratne informacije in čas, ki si ga je vzel za pregled in izboljšave, ki so pomembno pripomogle h kakovosti končnega izdelka.

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Podpisani Niko Kores, rojen 30. 4. 2003 na Ptuju, študent Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole, programa strojništvo izjavljam, da je diplomsko delo z naslovom *NADGRADNJA PREVENTIVNEGA VZDRŽEVANJA TLAČNE LIVNE CELICE V PODJETJU TALUM D.D., PE ULITKI* avtorsko delo.

V diplomskem delu so vsi uporabljeni viri in literatura konkretno navedeni; teksti niso prepisani brez navedbe avtorjev.

Diplomsko delo je lektorirala Jasmina Vajda Vrhunec, prof. slov., ključno dokumentacijsko informacijo je prevedla Urška Medved, prof. ped. in angl.

Kraj in datum: \_\_\_\_\_

Lastnoročni podpis študenta: \_\_\_\_\_

## **MENTORSTVO**

Diplomsko delo je zaključek Višješolskega strokovnega študija, smer strojništvo, opravljeno je bilo na Tehniškem šolskem centru Maribor, Višji strokovni šoli.

Študijska komisija Tehniškega šolskega centra Maribor, Višje strokovne šole je za mentorja diplomskega dela imenovala Dragana Gogića, mag. inž. metal. in mater.

### **Komisija za oceno in zagovor:**

Predsednik: \_\_\_\_\_

Član/mentor: \_\_\_\_\_

Član: \_\_\_\_\_

Član/somentor: \_\_\_\_\_

Datum diplomskega izpita: \_\_\_\_\_

## **POVZETEK**

V diplomskem delu je obravnavana nadgradnja vzdrževalnega sistema v podjetju Talum. Osredotoča se na uvedbo sodobne informacijske tehnologije, natančneje tabličnih računalnikov, s ciljem izboljšanja učinkovitosti vzdrževanja. Predmet dela je analiza obstoječega stanja in predstavitev prenove procesa z uvedbo digitalnih rešitev. Digitalizacija omogoča hitrejši dostop do podatkov, lažje sledenje nalogam ter boljšo komunikacijo med vzdrževalci in vodstvom. Namen diplomskega dela je prikazati, kako lahko tehnološke rešitve prispevajo k zmanjšanju zastojev, boljšemu načrtovanju in optimizaciji stroškov. V delu so predstavljene tudi prednosti mobilnega pristopa pri izvajanju vzdrževalnih nalog. Rezultati kažejo, da digitalizacija prinaša večjo sledljivost dela in večjo preglednost nad stanjem opreme. Cilj dela je dokazati, da je uvedba tabličnih računalnikov smiselna investicija za dolgoročno učinkovitost podjetja.

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dd
DK	621.182.5(043.2)
KG	vzdrževanje, preventiva, nadgradnja, litje
AV	KORES, Niko
SA	GOGIĆ, Dragan (mentor)
KZ	SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
ZA	Tehniški šolski center Maribor, Višja strokovna šola
LI	2025
IN	NADGRADNJA PREVENTIVNEGA VZDRŽEVANJA TLAČNE LIVNE CELICE V PODJETJU TALUM D.D. PE ULITKI
TD	Diplomsko delo (višješolski strokovni študij)
OP	IX, 30 str., 15 sl., 7 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	<i>Namen diplomskega dela je prikazati izboljšanje vzdrževalnega sistema v podjetju Talum z uvedbo tabličnih računalnikov. Glavni cilj je povečati učinkovitost, preglednost in odzivnost vzdrževalnih procesov. V delu bodo predstavljeni trenutno stanje sistema, predlagane izboljšave in izvedba digitalizacije. Uporabljene bodo metode analize obstoječega stanja, študija primera ter primerjava pred in po uvedbi sistema. Pričakovani rezultati vključujejo hitrejše izvajanje nalog, boljšo sledljivost in zmanjšanje administrativnega dela. V diplomskem delu bo tako prikazano, kako lahko digitalna orodja prispevajo k večji produktivnosti in optimizaciji procesov.</i>

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Dd
- DC 621.182.5(043.2)
- CX Maintenance, prevention, upgrade, casting
- AU KORES, Niko
- AA GOGIĆ, Dragan (mentor)
- PP SI-2000 Maribor, Zolajeva 12
- PB Technical School Centre Maribor, Higher Vocational College
- PY 2025
- TI UPGRADE OF PREVENTIVE MAINTENANCE OF A HIGH-PRESSURE DIE-CASTING CELL IN THE COMPANY TALUM D.D., DIVISION ULITKI
- DT Graduation Thesis (Higher Vocational Studies)
- NO IX, 30 p., 15 fig., 7 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB *The purpose of this thesis is to demonstrate the improvement of the maintenance system at the company Talum through the introduction of tablet computers. The main goal is to increase the efficiency, transparency, and responsiveness of maintenance processes. The thesis presents the current state of the system, proposed improvements, and the implementation of digitalization. Methods used include analysis of the current state, a case study, and a comparison before and after the system's introduction. The expected results include faster task execution, improved traceability, and a reduction in administrative work. The thesis thus demonstrates how digital tools can contribute to greater productivity and process optimization.*

## KAZALO VSEBINE

ZAHVALA .....	II
IZJAVA O AVTORSTVU .....	III
MENTORSTVO.....	IV
POVZETEK .....	V
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA .....	VI
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	VII
KAZALO VSEBINE.....	VIII
KAZALO SLIK.....	IX
1 UVOD .....	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA .....	1
1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA .....	1
2 PREGLED STANJA .....	3
2.1 TALUM D.D.....	3
2.2 PROIZVODNI PROGRAMI.....	4
2.2.1 Litje .....	4
2.2.2 Visokotlačno litje.....	4
2.2.3 Nizkotlačno litje .....	5
2.2.4 Gravitacijsko litje.....	6
2.3 OPREMA IN NAPRAVE.....	7
2.4 LIVNA CELICA ZA TLAČNO LITJE.....	8
2.5 TEORETSKE OSNOVE VZDRŽEVANJA STROJEV IN OPREME.....	11
2.6 TRENUTNI SISTEM NAČRTOVANJA AKTIVNOSTI VZDRŽEVANJA LIVNIH CELIC.....	12
3 NADGRADNJA PREVENTIVNEGA VZDRŽEVANJA.....	15
3.1 ANALIZA OBSTOJEČEGA SISTEMA PREVENTIVNEGA VZDRŽEVANJA .....	16
3.2 IDENTIFIKACIJA KLJUČNIH TEŽAV .....	19
3.3 PREDLOGI NADGRADNJE VZDRŽEVALNEGA SISTEMA .....	19
3.4 NAČRTOVANE AKTIVNOSTI .....	22
3.5 IMPLEMENTACIJA PREDLAGANIH REŠITEV .....	24
3.6 ANALIZA REZULTATOV .....	26
3.7 ODPRTE MOŽNOSTI IZBOLJŠAV .....	27
4 ZAKLJUČEK.....	29
5 VIRI.....	30
PRILOGE	

## KAZALO SLIK

Slika 1: Logotip podjetja Talum d.d .....	3
Slika 2: Visokotlačno litje.....	5
Slika 3: Nizkotlačno litje .....	6
Slika 4: Gravitacijsko litje .....	7
Slika 5: Tlačna livna celica.....	8
Slika 6: Tlačno litje s hladno komoro.....	10
Slika 7: Tlačno litje s toplo komoro .....	11
Slika 8: Zastarel sistem pregleda stroja .....	13
Slika 9: Digitalizacija v podjetju Talum .....	16
Slika 10: Letni načrt preventivnega vzdrževanja .....	18
Slika 11: Pregled nalogov na tabličnem računalniku .....	20
Slika 12: Prednosti uporabe tabličnega računalnika in digitalizacije .....	23
Slika 13: Zaključek pregleda proizvodnih naprav na tabličnem računalniku .....	24
Slika 14: Pregled aktivnosti na tabličnem računalniku .....	25
Slika 15: Integracija senzorjev .....	27

# 1 UVOD

## 1.1 OPREDELITEV PROBLEMA

Diplomsko delo se osredotoča na izboljšanje preventivnega vzdrževanja tlačne livne celice v podjetju Talum d.d., PE Ulitki. Tlačna livna celica predstavlja ključni del proizvodnega procesa v podjetju, saj omogoča natančno in učinkovito izdelavo kovinskih ulitkov. Trenutni sistem preventivnega vzdrževanja zagotavlja določeno stopnjo učinkovitosti, vendar se pojavljajo priložnosti za izboljšave, ki bi lahko še bolj optimizirale delovanje stroja in podaljšale njegovo življenjsko dobo.

V diplomskem delu bo izvedena podrobna analiza trenutnega stanja vzdrževanja, s poudarkom na prepoznavanju morebitnih slabosti in pomanjkljivosti. Cilj analize je identificirati kritične točke, kjer prihaja do pogostih okvar, zamud ali neučinkovite uporabe strojev.

Poleg analize bo delo vključevalo predlog konkretnih nadgradenj in izboljšav sistema preventivnega vzdrževanja. Ti predlogi bodo temeljili na teoretičnih modelih in dobrih praksah iz industrije, s poudarkom na avtomatizaciji vzdrževanja, izboljšanju monitoring sistema in uvajanju napovednega vzdrževanja, ki bi omogočilo pravočasno odkrivanje potencialnih težav, preden pride do večjih okvar. Implementacija teh nadgradenj bi podjetju Talum omogočila večjo zanesljivost delovanja tlačne livne celice, zmanjšanje nepredvidenih izpadov proizvodnje ter povečanje splošne učinkovitosti in konkurenčnosti podjetja na trgu.

V zaključku bodo ocenjeni pričakovani rezultati predlaganih izboljšav, vključno s predvidenimi prihranki pri stroških vzdrževanja, zmanjšanjem števila okvar in podaljšanjem življenjske dobe tlačne livne celice.

## 1.2 NAMEN IN CILJI DIPLOMSKEGA DELA

Namen diplomskega dela je izboljšati sistem preventivnega vzdrževanja tlačne livne celice v podjetju Talum d.d., PE Ulitki. To vrsto vzdrževanja je mogoče nadgraditi z naprednimi tehnikami in tehnologijami, ki omogočajo bolj natančno, pravočasno in učinkovito prepoznavanje ter odpravljanje težav. S tem bi podjetju omogočili zmanjšanje števila okvar in nepredvidenih izpadov, povečali zanesljivost delovanja strojev ter pripomogli k optimizaciji proizvodnega procesa kot celote. Diplomsko delo tako naslavlja širši cilj dviga konkurenčnosti podjetja na trgu prek učinkovitejšega upravljanja ključnih proizvodnih sredstev.

Da bi se ta namen dosegel, so zastavljeni konkretni cilji. Najprej bo izvedena podrobna analiza trenutnega stanja preventivnega vzdrževanja v podjetju, pri čemer bo pozornost namenjena identifikaciji kritičnih točk v obstoječem sistemu. To vključuje prepoznavanje najpogostejših vzrokov za okvare in zamude ter oceno učinkovitosti trenutnih ukrepov vzdrževanja. Na podlagi teh ugotovitev bo oblikovan predlog izboljšav, ki temelji na sodobnih pristopih k vzdrževanju, kot so avtomatizacija procesov, uvedba napovednega vzdrževanja in optimizacija sistema monitoringa.

Rezultat dela bodo konkretni predlogi za implementacijo novih rešitev, ki bodo vključevali opis potrebne tehnologije, metodologije za spremljanje stanja strojev in predlog ukrepov za izboljšanje obstoječih praks. Poleg tega bo v zaključku naloge ocenjen tudi potencialni vpliv teh ukrepov na zanesljivost in učinkovitost delovanja tlačne livne celice, vključno s pričakovanimi prihranki pri stroških vzdrževanja in zmanjšanjem proizvodnih izpadov.

Diplomsko delo bo tako prispevalo ne le k razumevanju trenutnih pomanjkljivosti, temveč tudi k vzpostavitvi naprednega in trajnostnega sistema vzdrževanja, ki bo podjetju omogočil dolgoročne koristi in izboljšal njegovo poslovno uspešnost.

## 2 PREGLED STANJA

Trenutni sistem vzdrževanja temelji na ročnem vpisovanju podatkov o stanju strojev in izvedenih posegih v fizične obrazce. Operaterji na stroju izpolnjujejo obrazce z osnovnimi podatki o delovanju in napakah, te obrazce pa kasneje prevzame delovodja, ki jih pregleda in vnese relevantne informacije v elektronski sistem. Ta proces je časovno zamuden in pogosto privede do napak pri prenosu podatkov zaradi nečitljivega zapisa, izgubljenih obrazcev ali nepopolnih vnosov. Poleg tega delovodja porabi veliko časa za pregledovanje in obdelavo velike količine papirne dokumentacije, kar zmanjšuje učinkovitost in odzivnost na morebitne težave.

Predlagana rešitev vključuje prehod na uporabo tabličnih računalnikov, ki bodo operaterjem omogočili neposreden vnos podatkov v elektronski sistem že na delovnem mestu. S tem bodo podatki samodejno shranjeni in dostopni za nadaljnjo analizo brez potrebe po ročnem prepisovanju. Ta nadgradnja ne bo le skrajšala časa za obdelavo podatkov, temveč tudi zmanjšala število napak in omogočila hitrejši dostop do informacij.

Teoretične osnove, ki podpirajo to rešitev, temeljijo na konceptih avtomatizacije procesov, digitalizacije podatkov in uporabi informacijskih tehnologij za izboljšanje procesov vzdrževanja. Uvedba digitalnega sistema za spremljanje stanja strojev omogoča boljšo sledljivost podatkov, hitrejšo odkrivanje odstopanj in pripravo analitičnih poročil, ki podpirajo odločanje. Poleg tega lahko taki sistemi služijo kot osnova za uvajanje napovednega vzdrževanja, ki temelji na spremljanju trendov in pravočasnem odkrivanju potencialnih okvar. S trenutnim ročnim sistemom se podjetje sooča z omejitvami, ki negativno vplivajo na učinkovitost in kakovost vzdrževanja. Prehod na digitalizirano rešitev, ki vključuje tablične računalnike, predstavlja prvi korak k modernizaciji in optimizaciji procesov vzdrževanja.

### 2.1 TALUM D.D

Diplomsko delo se je izvajalo v podjetju Talum d.d., ki se v svetovnem merilu uvršča med najučinkovitejše proizvajalce primarnega aluminija in aluminijevih zlitin. Logotip podjetja prikazuje slika 1. Talum je sodobno proizvodno podjetje z več kot 65-letno tradicijo, ki se ponša z izjemnimi uspehi, kontinuiranim razvojem in vrhunskimi rezultati. Podjetje, ki je eno največjih izvoznikov v Sloveniji, letno ustvari več kot 110.000 ton blagovne proizvodnje aluminijevih izdelkov in zaposluje več kot 10.000 ljudi.

Slika 1: Logotip podjetja Talum d.d



Vir: (Talum, 2025)

## 2.2 PROIZVODNI PROGRAMI

### 2.2.1 Litje

Litje je eden najstarejših in zelo pogosto uporabljenih načinov oblikovanja kovinskih in tudi umetnih materialov. Veda, ki se ukvarja z litjem, je livarstvo. Uporablja se za izdelke, kjer točnost ni tako zelo pomembna, zato pa se lahko izdelajo bolj zapletene oblike. Vzrok temu je, da se snov pri ohlajanju krči in povzroči spremembo prostornine odlitka glede na formo. V osnovi poteka litje tako, da kovino stalimo in jo vlijemo v livno votlino forme. V formi, ki ima obliko končnega izdelka, se nato kovina stali in obdrži njeno obliko. Pri litju se lahko pojavi veliko napak. Ena najpogostejših so lunckerji. To je prazen prostor v ulitku, ki lahko nastane zaradi več vzrokov. Lahko je ohlajanje prehitro ali neenakomerno, temperatura litine ni prava in drugo. Druga pogosta napaka je plinska poroznost, ki nastane, ko se med strjevanjem zaradi večje topnosti plinov v talini kot v trdnem začnejo plini izločati iz taline in tako nastanejo mehurčki. Poznamo več postopkov litja. Osnova delitev je delitev po tem, kolikokrat lahko uporabimo formo, torej nalitje v enkratne in trajne forme. Pri litju v enkratne forme uporabimo model, ki ga postavimo v dvodelno ravnino, ki je običajno sestavljena iz livarskega peska. Livarski pesek na kremenčevi osnovi z dodatkom gline za dovolj veliko trdnost se sprime in prevzame obliko modela. Iz posušene peščene forme nato odstranimo model in formo napolnimo prek livnega kanala s talino. Forma mora imeti še oddušnik, prek katerega uhaja zrak. Po strditvi se peščena forma razbije in dobimo odlitek, ki ga je treba še ustrezno obdelati. Pri litju v trajne forme, ki je namenjeno serijskemu litju, poznamo več podvrst. Tako je lahko litje tlačno, centrifugalno ali kontinuirno (Smith, 2019).

### 2.2.2 Visokotlačno litje

Gre za avtomatiziran postopek litja aluminjskih ulitkov. Značilnosti postopka sta kratek cikel litja in posledično velika produktivnost. Namenjen je zlasti velikoserijski proizvodnji.

V zadnji fazi litja potisne bat talino v livno formo s 500–1000 bari tlaka. Razvoj tehnologije visokotlačnega litja omogoča danes proizvodnjo kompleksnih ulitkov, kjer so zahtevane nizka poroznost in visoke mehanske lastnosti. Celico, namenjeno za postopek visokotlačnega litja, prikazuje slika 2 (Smith, 2019).

Slika 2: Visokotlačno litje



Vir: (Talum, 2025)

### 2.2.3 Nizkotlačno litje

Če želimo pri aluminijških ulitkih doseči najboljše mehanske lastnosti za mehansko zelo obremenjene dele (varnostni elementi, sklopi itd.), uporabimo postopek nizkotlačnega litja, imenovan "low pressure die casting". Postopek zaradi svojih značilnosti zahteva daljše čase ciklov pri zahtevnejši tehnologiji, kar povzroči tudi višje cene ulitkov.

Litje na nizkotlačnem livnem stroju (slika 3) poteka po principu izpodrivanja taline iz za zrak zaprte in z elektriko ogrevane peči v kokilo po sistemu livnih cevi. Proces omogoča tlak, ki ga dovajamo na površino taline, litje pa poteka od spodaj navzgor. Za izpodrivanje taline iz peči se uporablja zrak z maksimalnim tlakom 1 bar.

Strjevanje ulitka poteka po conah, usmerjamo pa ga z dovodom lokalnih zračnih snopov po zunanji strani kokile. Na koncu strjevanja se pri livnem korenu tlak v peči sprosti in talina pade nazaj po livni cevi (Talum, 2025).

Slika 3: Nizkotlačno litje



Vir: (Talum, 2025)

## 2.2.4 Gravitacijsko litje

Gravitacijsko litje se v osnovi deli na:

- a) klasično gravitacijsko litje: to je postopek ulivanja kovin, pri katerem se staljena kovina vlije v kalup s pomočjo lastne teže – torej brez dodatnega pritiska. Kalupi so lahko izdelani iz peska, kovine ali drugih materialov. Ta postopek je enostaven, cenovno ugoden in primeren za izdelavo večjih kovinskih delov z nižjimi zahtevami glede natančnosti in površinske obdelave. Pogosto se uporablja v livarnah za izdelavo delov iz železa, jekla, aluminija in bronca;
- b) nagibno gravitacijsko litje (slika 4): pri njem je kokila vpeta v nagibni livni stroj, ki se zavrti za 90 stopinj in s tem aluminajska talina kontrolirano steče v kokilo. Ulitek oblikujemo tudi s pomočjo peščenega jedra (Talum, 2025).

Slika 4: Gravitacijsko litje



Vir: (Talum, 2025)

### 2.3 OPREMA IN NAPRAVE

Celice za tlačno litje so ključne za izdelavo visokokakovostnih kovinskih izdelkov z visoko dimenzijsko natančnostjo in kompleksnimi oblikami. Osrednji element vsake celice je stroj za tlačno litje, ki omogoča vbrizgavanje staljene kovine v kalup. Obstajata dve glavni vrsti strojev za tlačno litje: hladno-komorni, ki se uporabljajo za kovine z višjimi tališči, kot sta aluminij in magnezij, ter toplo-komorni, ki so primernejši za kovine z nižjim tališčem, kot sta cink in svinec. Kalupi za tlačno litje so ključnega pomena za oblikovanje končnega izdelka. Sestavljeni so iz dveh polovic – premične in fiksne strani – ter vključujejo jedra in kanale za dovod kovine. Kalupi so običajno izdelani iz visokokakovostnih materialov, ki lahko prenesejo visoke temperature in tlake.

Za taljenje in pripravo kovine so v celici nameščene peči, ki so lahko plinske, električne ali indukcijske. Te peči omogočajo taljenje surove kovine, medtem ko prenosni sistemi zagotavljajo varen transport staljene kovine do stroja, zlasti v hladno-komornih sistemih. Dozirni lončki in ventili omogočajo natančno količinsko doziranje kovine, ki se vbrizga v kalup. Nadzor temperature je ključnega pomena za zagotavljanje kakovosti litja. V ta namen se uporabljajo ogrevalne naprave, ki vzdržujejo optimalno temperaturo kalupov, in hladilni sistemi, ki zagotavljajo hitro ohlajanje med cikli, pri čemer je hladilni medij običajno voda ali olje. Sodobne celice pogosto vključujejo tudi robotsko avtomatizacijo, ki poskrbi za odstranjevanje

ulitkov iz stroja, čiščenje kalupov z razprševanjem ločil ter vstavljanje jeder ali drugih komponent v kalup.

Po litju je potrebna dodatna obdelava ulitkov. Za ta namen se uporabljajo obrezovalni stroji, ki odstranijo odvečen material, ter naprave za brušenje in peskanje, ki poskrbijo za gladkost površin. Sistemi za pregled kakovosti, kot so rentgenski aparati, ultrazvočni senzorji in optični sistemi, omogočajo temeljit nadzor nad končnimi izdelki.

Celice za tlačno litje vključujejo tudi napredne kontrolne sisteme, ki omogočajo natančen nadzor parametrov litja, kot so tlak, hitrost in temperatura. Ti sistemi samodejno beležijo podatke, opozarjajo na napake in pomagajo optimizirati proizvodne procese. Sodobne celice so pogosto opremljene s tehnologijo interneta stvari (IoT), ki omogoča spremljanje proizvodnje v realnem času, kar prispeva k večji učinkovitosti in manjši stopnji napak (Parker, 2021).

## 2.4 LIVNA CELICA ZA TLAČNO LITJE

Livna celica za tlačno litje (slika 5) je integrirana proizvodna enota, namenjena učinkovitemu in avtomatiziranemu izvajanju procesa tlačnega litja. Sestavljena je iz več komponent, ki sodelujejo v tesno povezanem sistemu. Osrednji del celice je stroj za tlačno litje, ki zagotavlja brizganje staljene kovine pod visokim tlakom v natančno izdelane kalupe. Kalupi so izdelani iz visoko odpornih materialov in oblikovani tako, da zagotavljajo izdelavo kompleksnih in natančnih kovinskih delov (Novak, 2015).

Slika 5: Tlačna livna celica



Vir: (Novak, 2015)

Celica vključuje tudi sisteme za taljenje in pripravo kovine, kjer peči stalijo surovo kovino, nato pa posebni prenosni mehanizmi kovino dostavijo do stroja za tlačno litje. Nadzor temperature igra ključno vlogo pri delovanju celice, saj se za vzdrževanje optimalnih pogojev uporabljajo grelni in hladilni sistemi, ki omogočajo natančno regulacijo temperature kovine in kalupa.

Sodobne livne celice so opremljene z avtomatizacijo, kot so roboti, ki poskrbijo za odstranjevanje ulitkov iz kalupov, čiščenje kalupov z ločili in vstavljanje dodatnih komponent, kot so jedra. Po litju ulitke pogosto obdelujejo s stroji za obrezovanje in brušenje, da odstranijo odvečne materiale in dosežejo gladke površine. Za zagotavljanje kakovosti se uporabljajo napredni pregledovalni sistemi, kot so rentgenski pregledi in optični senzorji, ki preverjajo notranje in zunanje napake ulitkov.

Celice za tlačno litje vključujejo tudi napredne kontrolne sisteme, ki omogočajo natančen nadzor nad parametri litja, kot so tlak, hitrost brizganja in temperatura kovine. Ti sistemi spremljajo proces v realnem času, beležijo podatke in omogočajo hitro odzivanje na morebitne težave. Celotna livna celica je zasnovana za visoko produktivnost, natančnost in zmanjšanje človeškega posredovanja, kar omogoča zanesljivo in učinkovito proizvodnjo visokokakovostnih kovinskih izdelkov.

Visokotlačno litje je eden izmed najpogosteje uporabljenih postopkov v sodobni industriji za izdelavo kompleksnih ulitkov iz lahkkih kovin, kot sta aluminij in magnezij. Ta postopek omogoča izdelavo komponent z visoko dimenzijsko natančnostjo, dobro površinsko kakovostjo in odličnimi mehanskimi lastnostmi.

Proces visokotlačnega litja se izvaja na posebnih stroji, pri čemer se staljena kovina pod visokim tlakom vbrizga v kovinsko kokilo. Obstajata dve glavni vrsti visokotlačnega litja:

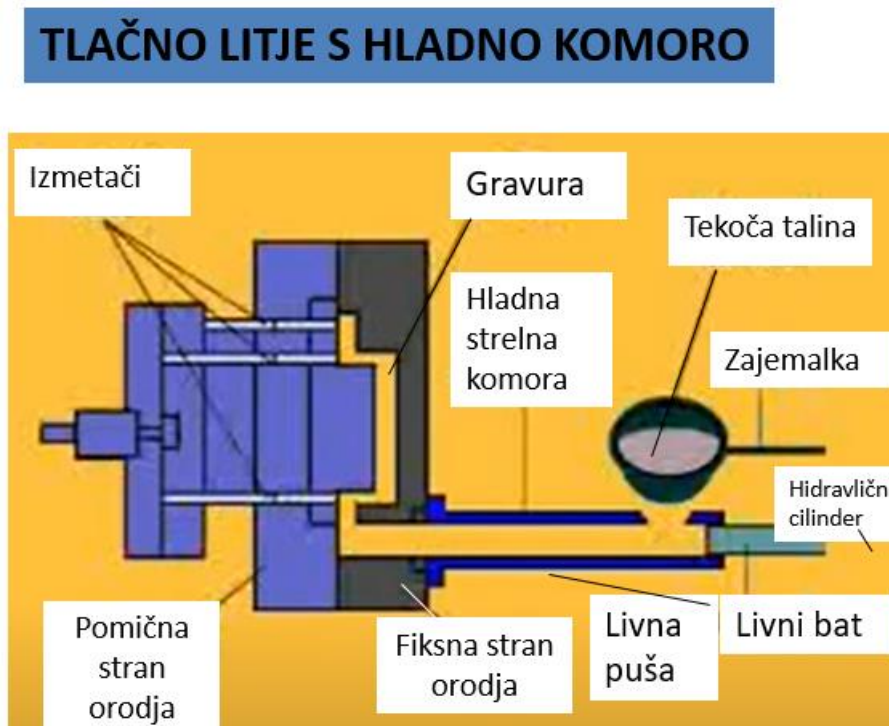
- postopek s hladno komoro;
  - postopek s toplo komoro.
- a) Postopek visokotlačnega litja se uporablja predvsem za aluminijeve in magnezijeve zlitine, ki pri visokih temperaturah reagirajo s komponentami stroja. Pri tem postopku je talina ločena od tlačnega bata in se ročno ali avtomatsko dovaja v tlačni cilinder. Nato se s hitrim pomikom bata talina pod visokim tlakom (območje tlakov med 100 in 1000 barov) vbrizga v formo, kjer se ohladi in strdi.

Glavne prednosti tega postopka so:

- možnost ulivanja materialov z višjimi tališči, kot je aluminij;
- višja kakovost ulitkov in manj vključkov plinov zaradi zunanjega taljenja;
- primeren za večje in zahtevnejše ulitke.

Shematski prikaz litja s hladno komoro prikazuje slika 6.

Slika 6: Tlačno litje s hladno komoro

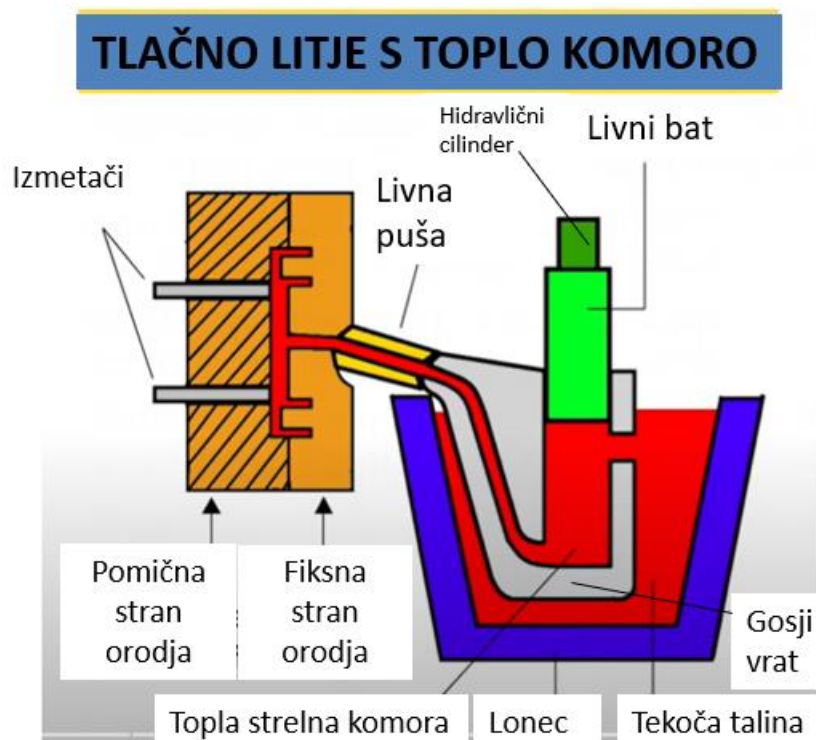


Vir: (Gogić, 2023)

Podjetje Talum v svoji proizvodnji uporablja postopek visokotlačnega litja s hladno komoro, saj je aluminij njihova primarna surovina. Ta tehnološka izbira omogoča doseganje visoke produktivnosti, kakovosti in stroškovne učinkovitosti.

- b) Postopek s toplo komoro (slika 7): talina se nahaja neposredno v sistemu za vbrizgavanje, kar omogoča hitrejši in učinkovitejši proces litja. Ta metoda se uporablja predvsem za cinkove, svinčene in kositrne zlitine, ki imajo nižja tališča in ne reagirajo agresivno s komponentami stroja. Bat potisne staljeno kovino skozi dotočni kanal v formo pod tlakom 35–100 barov.

Slika 7: Tlačno litje s toplo komoro



Vir: (Gogić, 2023)

Prednosti tega postopka so:

- hitra izdelava ulitkov zaradi neposrednega prenosa taline;
- manjša obraba komponent stroja zaradi nižjih temperatur;
- visoka produktivnost in krajši cikli ulivanja. (Parker, 2021)

## 2.5 TEORETSKE OSNOVE VZDRŽEVANJA STROJEV IN OPREME

Teoretske osnove vzdrževanja strojev in opreme zajemajo celovit pristop k zagotavljanju dolgotrajnega in zanesljivega delovanja industrijskih naprav. Vzdrževanje se nanaša na vse aktivnosti, ki so potrebne za ohranjanje strojev v brezhibnem stanju, kar vključuje redne preglede, popravila, čiščenje in optimizacijo delovanja. Glavni cilj vzdrževanja je zmanjšanje tveganja za okvare, podaljšanje življenjske dobe opreme ter zagotavljanje varnega in učinkovitega delovanja.

Vzdrževanje se v teoriji deli na več vrst, med katerimi sta najpogostejša preventivno in korektivno vzdrževanje. Preventivno vzdrževanje obsega načrtovane aktivnosti, kot so redni pregledi, zamenjava obrabnih delov in izvajanje prilagoditev, še preden pride do okvare. Korektivno vzdrževanje pa se izvaja, ko stroj ali oprema že odpove, ter je osredotočeno na hitro odpravljanje težav in vrnitev sistema v obratovalno stanje.

Sodobne teorije vzdrževanja vključujejo tudi pristop napovednega vzdrževanja, ki temelji na spremljanju dejanskega stanja strojev s pomočjo senzorjev in diagnostičnih orodij. Ta pristop

omogoča zaznavanje potencialnih napak, še preden se pojavijo, kar zmanjša stroške in čas izpada proizvodnje. Poleg tega je pomembno tudi reaktivno vzdrževanje, ki vključuje nenačrtovana popravila v primeru nepredvidenih okvar.

Teoretske osnove vzdrževanja poudarjajo pomen sistematičnega načrtovanja, ki vključuje določanje intervalov vzdrževanja, razporeditev virov in upravljanje rezervnih delov. Ključna je tudi analiza vzrokov za okvare (RCFA – Root Cause Failure Analysis), ki omogoča odpravo temeljnih težav in preprečevanje ponavljajočih se napak.

Učinkovito vzdrževanje temelji na sodelovanju med tehničnimi ekipami, uporabi napredne tehnologije ter poznavanju delovanja in šibkih točk strojev. V sodobnem kontekstu se vedno bolj uporabljajo digitalna orodja, kot so sistemi za upravljanje vzdrževanja (CMMS), ki omogočajo sledenje delovnim nalogom, beleženje podatkov o vzdrževanju in optimizacijo procesov. Poudarek je tudi na stalnem usposabljanju osebja, da lahko hitro in strokovno rešujejo težave, ter na vključevanju praks trajnostnega razvoja, ki zmanjšujejo vpliv vzdrževanja na okolje (Novak, 2015).

## **2.6 TRENUTNI SISTEM NAČRTOVANJA AKTIVNOSTI VZDRŽEVANJA LIVNIH CELIC**

Trenutni sistem načrtovanja aktivnosti vzdrževanja livnih celic temelji na kombinaciji načrtovanih remontov ter sprotnega beleženja in odpravljanja napak. Načrtovani remonts se izvajajo v določenih časovnih intervalih, da se zagotovijo temeljit pregled, čiščenje in morebitna zamenjava ključnih delov opreme. Ti remonts so ključnega pomena za preprečevanje večjih okvar in zagotavljanje dolgotrajne zanesljivosti delovanja celic.

V vsakodnevnem delovanju pa pregledi in beleženje morebitnih okvar potekajo na precej zastarel način. Ko vzdrževalec opazi napako ali okvaro, jo zabeleži na natiskan obrazec ali preprosto označi s kljukico (slika 8).

Slika 8: Zastareli sistem pregleda stroja

Talum PE Ulitki	Tekoči teden: 1
-----------------	-----------------

### DELOVNI NALOG

Periodika 1

**Inštalacija: S-000146 Stroj: Gozzio**

Lista preverjanja: STROJNIH in ELEKTRO SKLOPOV

Opis aktivnosti	<input checked="" type="checkbox"/>	Opombe
-----------------	-------------------------------------	--------

Pregled drsnikov na vpenjalnih glavah		
Kontrola hidravličnega olja		
Pregled cevk za hladilno tekočino - po potrebi čiščenje		
Kontrola filtra za zračno hlajenje na elektro omari		

**Inštalacija: S-000146 Stroj: Heso**

Lista preverjanja: STROJNIH in ELEKTRO SKLOPOV

Opis aktivnosti	<input checked="" type="checkbox"/>	Opombe
-----------------	-------------------------------------	--------

Čiščenje pralne komore		
Čiščenje zračnega filtra		
Menjava filtra za vodo (pod 3 bare)		
Čiščenje filtra za grobe delce		
Odliv odpadne tekočine pri »skimerju«		
Čiščenje filtra v pralni tekočini		
Menjava vode		
Nalivanje čistila Divinol 1342		

Skrbnik vzdrževanja CNC strojev	Datum realizacije 4.9.2024	Podpis serviserja
---------------------------------	-------------------------------	-------------------

Legenda periodike:

- |              |             |
|--------------|-------------|
| 1. TEDENSKO  | 2. 14 DNI   |
| 3. MESEČNO   | 4. 3 MESECE |
| 5. 6-MESECEV | 6. LETNO    |

DBR 3400.075 - NO 3411.510

Vir: (Talum, 2025)

Nato ta obrazec preda nadrejenemu, ki mora vse podatke ročno vnesti v računalniški sistem. Tak postopek je zamuden in neučinkovit, saj vključuje večkratno prepisovanje istih informacij, kar povečuje možnost napak in podaljšuje čas obravnave okvare.

Zaradi ročnega vnosa podatkov se pogosto zgodi, da informacije niso na voljo v realnem času, kar otežuje hitro ukrepanje. Poleg tega tak način načrtovanja in beleženja otežuje dolgoročno analizo podatkov ter prepoznavanje ponavljajočih se vzorcev napak, ki bi jih bilo mogoče odpraviti z izboljšanimi procesi ali prilagoditvami opreme. Trenutni sistem vzdrževanja tako predstavlja omejitev za optimalno delovanje in zahteva modernizacijo, da bi se povečali učinkovitost in zanesljivost procesa vzdrževanja (Talum, 2025).

### 3 NADGRADNJA PREVENTIVNEGA VZDRŽEVANJA

V tem poglavju bo podrobno predstavljena nadgradnja preventivnega vzdrževalnega sistema v podjetju Talum, ki vključuje uvedbo tabličnih računalnikov z namenom izboljšanja obstoječega procesa beleženja in analiziranja vzdrževalnih podatkov. Trenutni sistem, ki zahteva ročno vnašanje podatkov, je pogosto neučinkovit, saj prinaša napake zaradi človeškega dejavnika, povzroča zamude in otežuje dostop do pravočasnih informacij. Digitalizacija tega procesa s pomočjo tabličnih računalnikov omogoča takojšen vnos podatkov neposredno na terenu, kar zmanjšuje možnost napak in povečuje hitrost dostopanja do pomembnih informacij. Uvedba sodobne tehnologije omogoča boljšo organizacijo dela, saj so podatki o vzdrževalnih posegih takoj dostopni, s čimer se olajšata spremljanje stanja opreme in hitro ukrepanje ob morebitnih okvarah. Prav tako digitalizacija omogoča boljše sledenje zgodovini vzdrževalnih posegov, kar prispeva k boljšemu načrtovanju in optimizaciji vzdrževalnih aktivnosti. S tem se zmanjša potreba po nepotrebnih popravilih in izboljša predvidljivost potrebnih posegov, kar vodi v zmanjšanje stroškov in boljše upravljanje sredstev. Poleg tega uvedba tabličnih računalnikov pomeni, da bodo vzdrževalci imeli vedno dostop do najnovejših informacij o stanju strojev in opreme, kar omogoča hitrejšo odkrivanje napak in njihovo učinkovitejše odpravljanje. Digitalizacija (slika 9) bo omogočila tudi enostavnejšo integracijo s sistemom za spremljanje in nadzor proizvodnje, kar pomeni, da bo mogoče pridobiti podrobne analize in poročila, ki bodo pripomogla k boljšemu odločanju in optimizaciji delovnih procesov. Vzdrževalci bodo lahko s pomočjo tabličnih računalnikov takoj beležili opažanja, fotografirali morebitne okvare in te informacije neposredno posredovali odgovornim osebam, kar bo bistveno skrajšalo odzivni čas in povečalo učinkovitost intervencij. Digitalni sistem prav tako omogoča enostavno dodeljevanje nalog in spremljanje njihovega izvajanja v realnem času, kar prispeva k večji preglednosti in nadzoru nad vzdrževalnimi aktivnostmi. Kljub določenim izzivom, kot so začetni stroški nakupa opreme, potreba po usposabljanju zaposlenih in morebitne tehnične težave pri prilagajanju sistema, so koristi uvedbe digitalnega načina beleženja podatkov nesporne. S prehodom na digitalni sistem se bo izboljšala tudi komunikacija med različnimi oddelki, saj bodo informacije hitreje in natančneje posredovane med zaposlenimi, kar bo zmanjšalo možnost nesporazumov in napačnih interpretacij podatkov. Celoten vzdrževalni proces bo tako postajal vse bolj avtomatiziran in prilagojen specifičnim potrebam podjetja, kar bo omogočilo boljšo organizacijo dela, zmanjšanje napak ter povečanje splošne učinkovitosti in zanesljivosti obratovanja proizvodnih sredstev. V prihodnosti se lahko tak sistem nadgradi tudi z dodatnimi funkcionalnostmi, kot so uporaba umetne inteligence za napovedovanje napak, povezava s senzorji na strojih ter uvedba avtomatiziranih opozoril in analiz, ki bodo pripomogle k še večji optimizaciji in stroškovni učinkovitosti. S tem bo podjetje lahko doseglo višjo raven digitalizacije in se bolje prilagodilo sodobnim trendom v industriji, kar bo pripomoglo k bolj konkurenčnemu in trajnostnemu poslovanju.

Slika 9: Digitalizacija v podjetju Talum



Vir: (Talum, 2025)

### 3.1 ANALIZA OBSTOJEČEGA SISTEMA PREVENTIVNEGA VZDRŽEVANJA

Trenutno se podatki vnašajo ročno na papir, nato pa jih je treba kasneje prepisati v računalniški sistem v pisarni, kar pomeni dvojno delo in povečano možnost napak. Papirni zapisi se lahko poškodujejo, izgubijo ali vsebujejo nejasne informacije, kar otežuje pravilno spremljanje zgodovine vzdrževalnih posegov. Tak način dela povzroča zamude pri dostopu do podatkov in otežuje pravočasno analizo stanja opreme. Digitalizacija tega procesa s pomočjo tabličnih računalnikov omogoča takojšen vnos podatkov neposredno na terenu, kar zmanjšuje možnost napak in povečuje hitrost dostopanja do pomembnih informacij. Uvedba sodobne tehnologije omogoča boljšo organizacijo dela, saj so podatki o vzdrževalnih posegih takoj dostopni, s čimer se olajšata spremljanje stanja opreme in hitro ukrepanje ob morebitnih okvarah. Prav tako digitalizacija omogoča boljše sledenje zgodovini vzdrževalnih posegov, kar prispeva k boljšemu načrtovanju in optimizaciji vzdrževalnih aktivnosti. S tem se zmanjša potreba po nepotrebnih popravilih in izboljša predvidljivost potrebnih posegov, kar vodi v zmanjšanje stroškov in boljše upravljanje sredstev. Poleg tega uvedba tabličnih računalnikov pomeni, da bodo vzdrževalci imeli vedno dostop do najnovejših informacij o stanju strojev in opreme, kar omogoča hitrejšo odkrivanje napak in njihovo učinkovitejše odpravljanje. Digitalizacija bo omogočila tudi enostavnejšo integracijo s sistemom za spremljanje in nadzor proizvodnje, kar pomeni, da bo mogoče pridobiti podrobne analize in poročila, ki bodo pripomogla k boljšemu odločanju in optimizaciji delovnih procesov. Vzdrževalci bodo lahko s pomočjo tabličnih

računalnikov takoj beležili opažanja, fotografirali morebitne okvare in te informacije neposredno posredovali odgovornim osebam, kar bo bistveno skrajšalo odzivni čas in povečalo učinkovitost intervencij. Digitalni sistem prav tako omogoča enostavno dodeljevanje nalog in spremljanje njihovega izvajanja v realnem času, kar prispeva k večji preglednosti in nadzoru nad vzdrževalnimi aktivnostmi. Kljub določenim izzivom, kot so začetni stroški nakupa opreme, potreba po usposabljanju zaposlenih in morebitne tehnične težave pri prilagajanju sistema, so koristi uvedbe digitalnega načina beleženja podatkov nesporne. S preходом na digitalni sistem se bo izboljšala tudi komunikacija med različnimi oddelki, saj bodo informacije hitreje in natančneje posredovane med zaposlenimi, kar bo zmanjšalo možnost nesporazumov in napačnih interpretacij podatkov. Celoten vzdrževalni proces bo tako postajal vse bolj avtomatiziran in prilagojen specifičnim potrebam podjetja, kar bo omogočilo boljšo organizacijo dela, zmanjšanje napak ter povečanje splošne učinkovitosti in zanesljivosti obratovanja proizvodnih sredstev (slika 10). V prihodnosti se lahko tak sistem nadgradi tudi z dodatnimi funkcionalnostmi, kot so uporaba umetne inteligence za napovedovanje napak, povezava s senzorji na strojih ter uvedba avtomatiziranih opozoril in analiz, ki bodo pripomogli k še večji optimizaciji in stroškovni učinkovitosti. S tem bo podjetje lahko doseglo višjo raven digitalizacije in se bolje prilagodilo sodobnim trendom v industriji, kar bo pripomoglo k bolj konkurenčnemu in trajnostnemu poslovanju (Talum, 2025).

Slika 10: Letni načrt preventivnega vzdrževanja

Leto/Year	2024												Letni plan preventivnega vzdrževanja	T	F	M	3M	6M	L	letni	
	Opis vzdrževanja/NAVRAMA																				
Zp. št.	Serijski št. artikla	januar	februar	marec	april	maj	junij	julij	avgust	september	oktober	november	december								
1	444410000																				
2	444420000																				
3	444430000																				
4	444410000																				
5	444420000																				
6	444430000																				
7	444410000																				
8	444420000																				
9	444430000																				
10	444410000																				
11	444420000																				
12	444430000																				
13	444410000																				
14	444420000																				
15	444430000																				
16	444410000																				
17	444420000																				
18	444430000																				
19	444410000																				
20	444420000																				
21	444430000																				
22	444410000																				
23	444420000																				
24	444430000																				
25	444410000																				
26	444420000																				
27	444430000																				
28	444410000																				
29	444420000																				
30	444430000																				
31	444410000																				
32	444420000																				
33	444430000																				
34	444410000																				
35	444420000																				

Vir: (Talum, 2025)

### 3.2 IDENTIFIKACIJA KLJUČNIH TEŽAV

Obstoječ sistem preventivnega vzdrževanja temelji na ročnem beleženju podatkov, kar pomeni, da se vse informacije najprej zapisujejo na papir, nato pa jih je treba naknadno vnesti v računalniški sistem v pisarni.

Takšen način dela je dolgotrajen in neučinkovit, saj zahteva dodatno administrativno obremenitev in prinaša večjo možnost napak. Pogosto prihaja do težav z izgubo ali poškodbo papirnih zapisov, nečitljivostjo vpisanih podatkov in napačnimi vnosi med prenosom informacij v digitalni sistem. Posledično vzdrževalno osebje težje spremlja zgodovino opravljenih posegov, kar vpliva na pravočasnost in natančnost vzdrževalnih odločitev.

Poleg samega procesa vnosa podatkov predstavlja težavo tudi omejena dostopnost informacij. Ker so podatki sprva shranjeni v fizični obliki, do njih v realnem času nimajo dostopa vsi zaposleni, ki bi jih potrebovali. Vzdrževalci na terenu nimajo takojšnjega vpogleda v pretekle posege, kar lahko vodi v podvajanje dela ali sprejemanje manj optimalnih odločitev pri vzdrževanju strojev in opreme. Zamude pri dostopu do podatkov otežujejo hitro diagnostiko težav in pravočasno odpravljanje napak, kar povečuje tveganje za nepotrebne zastoje v proizvodnji.

Dodatno težavo predstavlja pomanjkanje strukturiranega pregleda nad dolgoročnimi vzdrževalnimi trendi. Ročno shranjeni podatki niso sistematično organizirani, kar otežuje njihovo analizo in prepoznavanje vzorcev okvar ali potreb po preventivnem vzdrževanju. Ker vzdrževanje temelji na odzivanju na težave namesto na proaktivnem preprečevanju napak, se povečujejo stroški popravil in zmanjšuje učinkovitost celotnega proizvodnega procesa. Prav tako so zaposleni pri ročnem vnosu podatkov dodatno obremenjeni z administrativnim delom, kar zmanjšuje njihov razpoložljiv čas za dejanske vzdrževalne naloge.

Zaradi vseh teh dejavnikov postaja jasno, da obstoječi način beleženja podatkov ne podpira sodobnih zahtev učinkovitega preventivnega vzdrževanja. Pomanjkljivosti v sistemu povzročajo nepotrebne zamude, povečujejo možnost napak in otežujejo strateško načrtovanje vzdrževalnih aktivnosti. Vzpostavitev digitaliziranega sistema je zato ključnega pomena za izboljšanje natančnosti, dostopnosti in uporabnosti vzdrževalnih podatkov, kar bo prispevalo k večji zanesljivosti proizvodnih sredstev in optimizaciji celotnega vzdrževalnega procesa (Talum, 2025).

### 3.3 PREDLOGI NADGRADNJE VZDRŽEVALNEGA SISTEMA

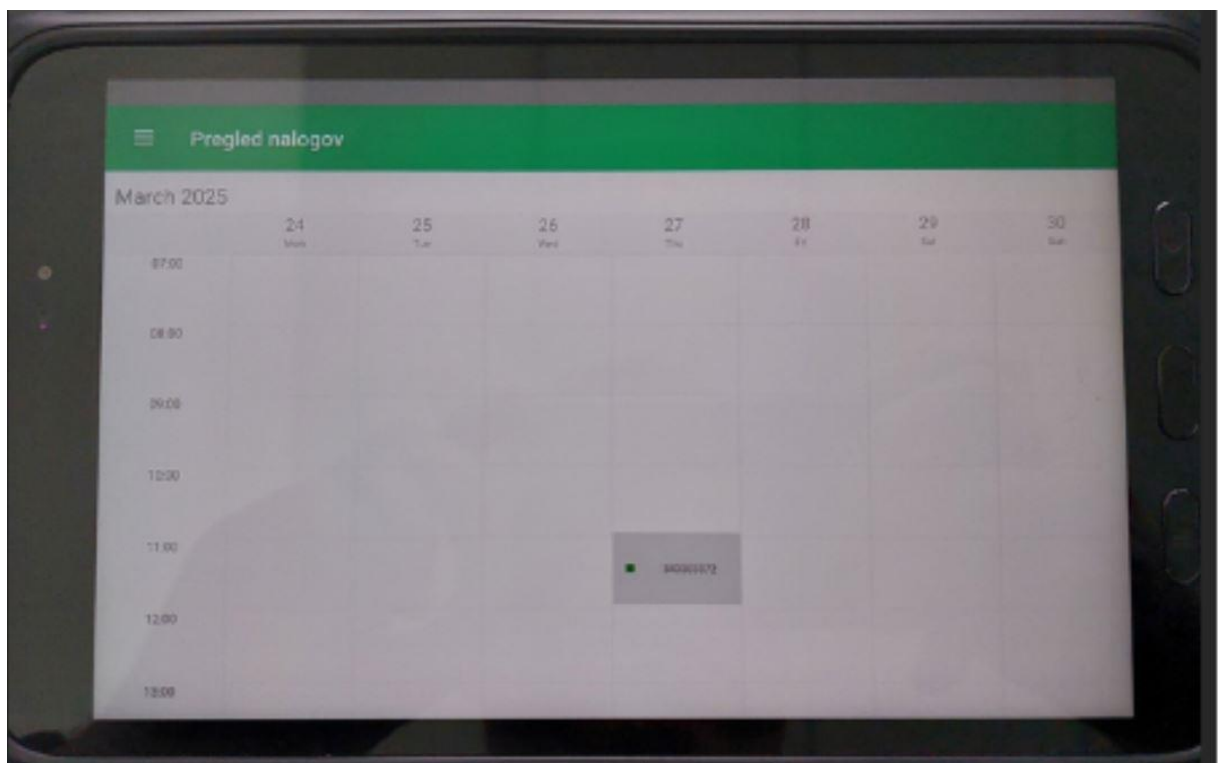
Digitalizacija vzdrževalnih procesov s pomočjo tabličnih računalnikov omogoča številne prednosti, ki pomembno izboljšajo učinkovitost, natančnost in hitrost delovanja na terenu. S tem, ko se podatki vnašajo neposredno v digitalni sistem, zmanjšujemo možnost napak, ki so pogosto prisotne pri ročnem vnosu podatkov, hkrati pa povečujemo hitrost dostopa do ključnih informacij. Z uporabo tabličnih računalnikov so vsi potrebni podatki, kot so zgodovina vzdrževanja, stanje opreme in opravljenih popravil, dostopni v trenutku, kar pomeni, da vzdrževalci nimajo več potreb po nepotrebem iskanju ali čakanju na informacije, temveč lahko

takoj ukrepajo, kar bistveno poveča hitrost odločanja in izvedbe vzdrževalnih nalog.

Eden od ključnih vidikov digitalizacije je izboljšanje organizacije dela. Ko so vsi podatki na voljo na enem mestu in so vedno dostopni, sta spremljanje stanja opreme in izvajanje vzdrževalnih aktivnosti bistveno enostavnejša. Ker so podatki ažurni in v realnem času, se zmanjša potreba po nepotrebnih popravilih in optimizira proces načrtovanja vzdrževalnih nalog. S tem se povečuje predvidljivost potrebnih posegov, saj vzdrževalci na podlagi zgodovine vzdrževalnih aktivnosti lažje napovejo morebitne okvare ali povečane potrebe po vzdrževanju. Ta proaktivni pristop pomeni, da se podjetje izogne dragim popravilom in nepredvidenim izpadom, saj so napake odkrite že v zgodnjih fazah, kar omogoča njihovo hitrejšo odpravljanje (Talum, 2025).

Digitalizacija omogoča tudi boljše sledenje zgodovini vzdrževalnih posegov. Z digitalnim vnosom podatkov o vsakem opravljenem vzdrževanju, popravilih in napakah lahko podjetja ustvarijo natančne in podrobne analize, ki omogočajo boljše načrtovanje in napovedovanje potrebščin za prihodnje vzdrževanje. Te informacije pomagajo tudi pri optimizaciji procesov, saj lahko podjetje analizira, kateri deli opreme so najbolj nagnjeni k okvaram, in tako pravočasno ukrepa, preden pride do večjih težav. Vpogled v pregled nalogov na tabličnem računalniku prikazuje slika 11.

Slika 11: Pregled nalogov na tabličnem računalniku



Vir: (Talum, 2025)

Poleg tega omogoča uvedba tabličnih računalnikov vzdrževalcem dostop do najnovejših informacij o stanju strojev in opreme. Zlasti v industrijskih okoljih, kjer so stroji kompleksni,

vsakodnevna prepoznava napak, kot so nenavadni zvoki, povišane temperature ali drugi nenormalni simptomi, postane bistveno lažja. Vzdrževalci lahko ob samem odkritju težave takoj posnamejo slike ali video posnetke, dokumentirajo opažanja in pošljejo te informacije odgovornim osebam ali servisnim timom v realnem času. To pomeni, da je odzivni čas bistveno krajši in da se težave lahko odpravijo hitreje, s čimer se preprečijo dolgotrajni izpadi ter povečata operativna zanesljivost in produktivnost.

Poleg hitrega in enostavnega vnašanja podatkov ter izboljššanega sledenja zgodovini posegov omogoča digitalni sistem tudi boljšo integracijo z obstoječimi sistemi za spremljanje in nadzor proizvodnje. Na ta način lahko podjetje pridobi podrobne analize in poročila o vzdrževalnih aktivnostih, kar omogoča boljše odločanje. S spremljanjem ključnih kazalnikov, kot so čas trajanja okvar, stroški popravil ali pogostost vzdrževalnih posegov, lahko podjetje bolje optimizira svoja vlaganja v opremo, razporeditev nalog in kadrovske vire, kar pripomore k večji stroškovni učinkovitosti.

Digitalni sistemi prav tako omogočajo enostavno dodeljevanje nalog in spremljanje njihovega izvajanja v realnem času, kar povečuje preglednost in nadzor nad vzdrževalnimi nalogami. Vodje vzdrževanja lahko hitro vidijo, kateri nalogi so v obdelavi, kateri so zaključeni in kateri čakajo na izvedbo, kar omogoča boljše usklajevanje nalog in boljšo dodelitev virov. Z večjo preglednostjo se zmanjša tveganje za napake ali zamude pri izvedbi nalog, saj se naloge dodelijo pravočasno in spremljajo brez potrebe po ročnem obvladovanju.

Seveda pa prehod na digitalni sistem prinaša tudi določene izzive, kot so začetni stroški nakupa opreme, potreba po usposabljanju zaposlenih za uporabo novih tehnologij in morebitne tehnične težave pri uvajanju sistema v obstoječe delovne procese. Vendar pa so koristi, ki jih prinaša digitalizacija vzdrževalnih procesov, nesporne. Z optimizacijo postopkov, večjo natančnostjo in hitrejšim odzivom se izboljša tako splošna učinkovitost kot zanesljivost sistema. Poleg tega digitalizacija prispeva tudi k boljši komunikaciji med različnimi oddelki, saj so vsi podatki na voljo v realnem času in so enostavno dostopni vsem, ki jih potrebujejo. S tem se zmanjšajo možnosti za nesporazume in napačne interpretacije, saj so informacije natančne, enotne in takoj dostopne.

V prihodnosti pa lahko tak digitalni sistem nadgradimo z dodatnimi funkcionalnostmi, kot so uporaba umetne inteligence za napovedovanje napak in napovedovanje potrebščin za vzdrževanje, povezovanje s senzorji na strojih ter uvedba avtomatiziranih opozoril in analiz. Na primer umetna inteligenca lahko analizira podatke o delovanju strojev in na podlagi preteklih podatkov napove, kdaj je verjetno, da bo prišlo do okvare, in tako omogoči proaktivno ukrepanje. S tem se zmanjša število nepredvidenih okvar, zmanjšajo se stroški popravil, povečata pa se operativna zanesljivost in trajnost delovanja opreme. Digitalizacija v povezavi z naprednimi tehnologijami bo podjetju omogočila dosego višje ravni konkurenčnosti, boljše prilagajanje sodobnim industrijskim trendom in večjo stroškovno učinkovitost, kar bo pripomoglo k dolgoročnemu in trajnostnemu poslovanju (Talum, 2025).

### 3.4 NAČRTOVANE AKTIVNOSTI

Za uvedbo digitalizacije vzdrževalnih procesov smo se odločili, da bomo začeli uporabljati tablične računalnike, ki bodo omogočili takojšnji in neposredni vnos podatkov na terenu. Ta tehnologija bo močno poenostavila in pospešila celoten postopek vzdrževanja, saj bodo vzdrževalci lahko v realnem času beležili vse potrebne informacije o stanju opreme, opravljenih vzdrževalnih nalogah in morebitnih okvarah. Z uporabo tabličnih računalnikov bodo podatki vedno na voljo takoj, kar bo zmanjšalo potrebo po nepotrebnem iskanju informacij v papirnatih zapisih ali različnih sistemih ter skrajšalo čas, potreben za odločanje in ukrepanje (slika 12). S tem bomo omogočili boljše sledenje zgodovini vzdrževalnih aktivnosti, kar bo prispevalo k optimizaciji vzdrževalnih procesov in boljši pripravi na prihodnje naloge.

Pri uvedbi tabličnih računalnikov bomo vzdrževalcem omogočili, da se povežejo z obstoječimi sistemi za spremljanje in nadzor proizvodnje, s čimer bodo imeli dostop do najnovejših informacij o stanju strojev in naprav. To bo pripomoglo k hitrejšemu odkrivanju napak ter bo omogočilo njihovo takojšnje obravnavanje in odpravljanje, saj bodo vzdrževalci lahko že ob odkritju težave takoj dokumentirali opažanja in jih posredovali odgovornim osebam. S tem se bo čas med zaznavanjem težave in njenim odpravljanjem bistveno skrajšal, kar bo pripomoglo k večji operativni učinkovitosti in zanesljivosti celotnega sistema.

Poleg tega bodo tablični računalniki omogočili boljše vzdrževalne naloge, naloge bodo dodeljene enostavneje in spremljane v realnem času. Ko bodo vsi podatki o opravljenih vzdrževalnih nalogah shranjeni digitalno, bo mogoče v vsakem trenutku preveriti, kateri posegi so bili izvedeni, katere naloge so v teku in katere je še treba opraviti. To bo omogočilo boljšo organizacijo dela, lažje spremljanje napredka in hitrejše usklajevanje nalog znotraj vzdrževalnega tima. Tablični računalniki bodo tako postali ključno orodje za izboljšanje preglednosti nalog in večjo odgovornost pri izvajanju vzdrževalnih aktivnosti.

Slika 12: Prednosti uporabe tabličnega računalnika in digitalizacije



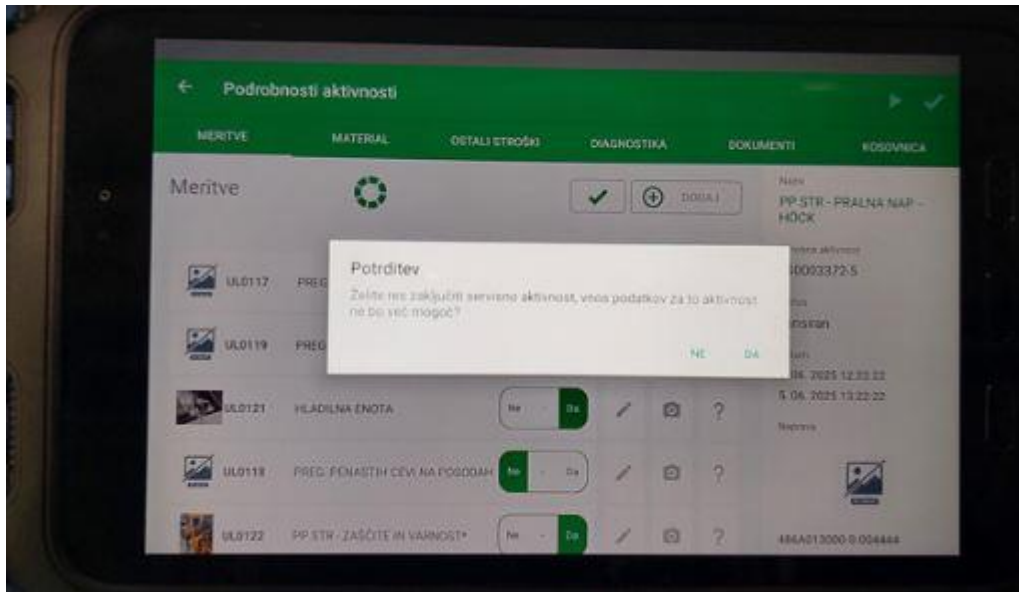
Vir: (Talum, 2025)

Seveda pa uvedba tabličnih računalnikov vključuje tudi vrsto izzivov, ki jih je treba ustrezno obvladati. Eden od izzivov je zagotavljanje ustreznega usposabljanja za vse uporabnike novih tehnologij, saj se bodo morali vzdrževalci seznaniti z uporabo tabličnih računalnikov in novo programsko opremo, ki bo podpirala vnos podatkov in sledenje nalogam. Vseeno pa bodo dolgoročne koristi digitalizacije veliko večje od začetnih izzivov, saj bo uporaba tabličnih računalnikov pripomogla k večji natančnosti pri zbiranju in obdelavi podatkov ter omogočila hitro prilagajanje na morebitne spremembe ali nove zahteve v proizvodnem procesu.

Pomemben vidik uvedbe tabličnih računalnikov je tudi integracija s sistemi za spremljanje in nadzor proizvodnje, kar bo podjetju omogočilo, da v realnem času spremlja učinkovitost in stanje proizvodnih procesov. S tem bo mogoče pridobiti podrobne analize in poročila, ki bodo pripomogli k optimizaciji delovnih procesov in izboljšanju odločanja. Na podlagi teh podatkov bo podjetje lahko sprejemalo informirane odločitve o prihodnjih vzdrževalnih potrebščinah, natančneje napovedovalo potrebo po popravilih ali zamenjavah delov in s tem optimiziralo stroške.

Z uvedbo tabličnih računalnikov bo podjetje tudi izboljšalo komunikacijo med različnimi oddelki, saj bodo podatki o vzdrževalnih aktivnostih in stanju opreme takoj na voljo vsem, ki jih potrebujejo. To bo zmanjšalo tveganje za napačne interpretacije ali nesporazume, saj bodo vsi zaposleni imeli dostop do enakih, ažurnih informacij, kar bo prispevalo k večji usklajenosti in boljši izvedbi nalog. Hkrati pa bo zmanjšana potreba po nepotrebem usklajevanju ali čakanju na informacije, kar bo povečalo hitrost odziva in s tem celotno produktivnost. Zaključek pregleda proizvodnih naprav na tabličnem računalniku prikazuje slika 13.

Slika 13: Zaključek pregleda proizvodnih naprav na tabličnem računalniku



Vir: (Talum, 2025)

Z uvedbo tabličnih računalnikov bo proces vzdrževanja postal bolj avtomatiziran, prilagojen potrebam podjetja in njegovi opremi. To pomeni, da bo podjetje lahko bolje upravljalo svoje vire, optimiziralo naloge in zmanjšalo napake, kar bo povečalo zanesljivost proizvodnih sredstev in zmanjšalo stroške. V prihodnosti se bo ta digitalni sistem lahko še nadgradil z dodatnimi funkcionalnostmi, kot so uporaba umetne inteligence za napovedovanje okvar ali povezovanje z naprednimi senzorji na strojih, kar bo omogočilo še večjo optimizacijo procesov in povečanje stroškovne učinkovitosti (Talum, 2025).

### 3.5 IMPLEMENTACIJA PREDLAGANIH REŠITEV

Implementacija predlaganih rešitev za digitalizacijo vzdrževalnih procesov je potekala v več fazah, da smo zagotovili uspešen prehod na nove tehnologije in optimizacijo delovnih procesov. V prvi fazi smo izvedli obsežno analizo trenutnih procesov, da smo razumeli, kako je potekalo obstoječe vzdrževanje in kje so bile potrebne spremembe. Na podlagi tega smo pripravili natančen načrt, ki je vključeval vse korake in časovne smernice izvedbe – od začetne analize, določanja tehničnih zahtev, izbire opreme, usposabljanja zaposlenih do končne vpeljave v delovni proces. Vsaka faza je bila časovno določena, aktivnosti pa jasno razdeljene med odgovorne osebe, kar je omogočilo preglednost in lažje spremljanje napredka. Aktivnosti so se izvajale zaporedno v obdobju približno dveh mesecev, pri čemer smo sproti preverjali doseganje vmesnih ciljev.

V drugi fazi smo izbrali ustrezno opremo, predvsem tablične računalnike, ki so vzdrževalcem omogočili takojšnji vnos podatkov na terenu. Pazili smo, da je bila oprema prilagojena industrijskim pogojem, odporna na prah in udarce ter združljiva z obstoječimi sistemi. Izbrana programska oprema je omogočala enostavno beleženje podatkov, dodeljevanje in spremljanje nalog ter vpogled v zgodovino posegov. Vse rešitve smo povezali z obstoječimi sistemi za



odzivni časi pa so se izboljšali. V nadaljevanju načrtujemo še nadgradnjo sistema z umetno inteligenco za napovedovanje napak in integracijo z obstoječimi senzorji na napravah, kar bo omogočilo še večjo optimizacijo delovanja (Talum, 2025).

### **3.6 ANALIZA REZULTATOV**

Analiza rezultatov implementacije digitalizacije vzdrževalnih procesov je pokazala pomembne izboljšave na različnih področjih. Po uvedbi tabličnih računalnikov so se odzivni časi na okvare bistveno skrajšali, saj so vzdrževalci lahko takoj vnašali podatke na terenu in imeli neposreden dostop do pomembnih informacij v realnem času. To je omogočilo hitrejše ukrepanje ob zaznanih napakah in povečalo zanesljivost proizvodnje.

Z uporabo digitalnih orodij smo zmanjšali napake pri vnosu podatkov, saj ni bilo več potrebe po ročnem zapisovanju podatkov na papir, kar je v preteklosti pogosto vodilo do napak. S preходом na sistem, kjer so podatki neposredno vneseni v računalniški sistem, smo zagotovili večjo natančnost in zmanjšali možnosti za napačne zapise.

Digitalizacija je omogočila večjo preglednost in nadzor nad vzdrževalnimi nalogami. Vzdrževalci so imeli vedno dostop do najnovejših informacij, zgodovine vzdrževalnih posegov in napredka nalog v realnem času, kar je pripomoglo k boljši organizaciji dela in hitremu odzivanju na morebitne zamude ali težave. To je izboljšalo usklajevanje nalog med zaposlenimi in pripomoglo k večji učinkovitosti v delovnem procesu.

Prehod na digitalni sistem je omogočil optimizacijo vzdrževalnih aktivnosti. S pomočjo zgodovine podatkov smo lahko bolje načrtovali prihodnje vzdrževalne posege in predvideli morebitne težave, kar je zmanjšalo potrebo po nepotrebnih popravilih. To je omogočilo boljšo uporabo virov in povečalo produktivnost vzdrževalcev.

Izboljšala se je tudi komunikacija med oddelki, saj so informacije hitro in enostavno prehajale med vsemi, ki so jih potrebovali. Namesto počasnih e-poštnih sporočil ali ročnih zapisov so se informacije prenašale takoj in brez napak, kar je pripomoglo k večji usklajenosti in zmanjšalo možnosti nesporazumov.

Z optimizacijo vzdrževalnih procesov in večjo učinkovitostjo pri izvajanju nalog smo dosegli tudi znižanje stroškov. Prepoznavanje napak v zgodnji fazi je omogočilo pravočasno ukrepanje, kar je preprečilo večje in dražje popravne posege ter zmanjšalo stroške popravil. Vse to je prispevalo k boljši stroškovni učinkovitosti podjetja.

Usposabljanje zaposlenih za uporabo tabličnih računalnikov in programske opreme je povečalo njihovo usposobljenost in samozavest pri izvajanju nalog. Vzdrževalci so hitreje obvladali nove tehnologije, kar je povečalo njihovo produktivnost in zadovoljstvo pri delu.

Na koncu je bila uvedba sistema uspešna tudi zaradi možnosti nadgradnje. Z uporabo naprednih funkcionalnosti, kot je umetna inteligenca za napovedovanje napak, in integracijo z različnimi senzorji bomo lahko še izboljšali učinkovitost vzdrževalnih nalog in optimizirali delovne

processe v prihodnosti. (Talum, 2025)

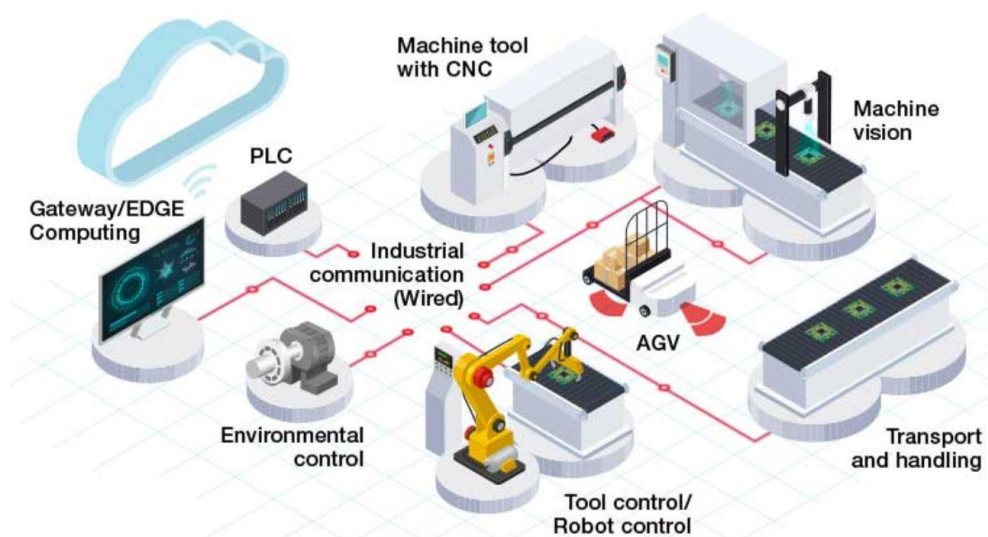
### 3.7 ODPRTE MOŽNOSTI IZBOLJŠAV

Odperte možnosti izboljšav pri implementaciji digitalizacije vzdrževalnih procesov so številne in ponujajo potencial za dodatne nadgradnje sistema, ki bi lahko še izboljšale učinkovitost, zmanjšale stroške in pripomogle k večji avtomatizaciji vzdrževalnih nalog. Čeprav smo že dosegli pomemben napredek z uvedbo tabličnih računalnikov in digitalizacijo vzdrževanja, obstajajo številna področja, kjer je še mogoče doseči nadaljnje izboljšave.

Prva možnost za izboljšave je v nadgradnji programske opreme, ki jo uporabljamo za spremljanje in beleženje vzdrževalnih nalog. Programi, ki jih trenutno uporabljamo, so učinkoviti, vendar bi lahko vključitev naprednih funkcionalnosti, kot so napovedne analize in umetna inteligenca, še bolj optimizirala delovne procese. Umetna inteligenca bi lahko analizirala pretekle podatke o vzdrževanju ter napovedovala morebitne okvare in potrebna vzdrževalna opravila, kar bi omogočilo pravočasno ukrepanje in preprečilo nenačrtovane okvare. To bi pripomoglo k večji proaktivnosti pri vzdrževanju, zmanjšalo potrebo po nepotrebnih popravilih in povečalo zanesljivost proizvodnje.

Poleg umetne inteligence bi bila zelo koristna tudi integracija z naprednimi senzorji na strojih (slika 15).

Slika 15: Integracija senzorjev



Vir: (NCD, 2025)

Senzorji, ki spremljajo stanje strojev v realnem času, bi omogočili natančnejše spremljanje delovanja naprav in takojšnje zaznavanje težav, kot so nenavadni zvoki, vibracije ali spremembe temperature, ki bi lahko nakazovali prihodnjo okvaro. Ta tehnologija bi lahko omogočila popolnoma proaktiven pristop k vzdrževanju, kjer bi se popravila težave, preden bi se sploh pojavile, kar bi zmanjšalo stroške in povečalo produktivnost. Povezava med senzorji

in digitalnim sistemom za spremljanje vzdrževanja bi zagotovila enostaven dostop do teh podatkov, kar bi omogočilo hitrejšo in natančnejšo ukrepanje.

Druga pomembna možnost za izboljšave je v optimizaciji mobilne aplikacije, ki jo vzdrževalci uporabljajo na svojih tabličnih računalnikih. Trenutna programska oprema je zelo učinkovita, vendar bi jo bilo mogoče še dodatno prilagoditi potrebam uporabnikov. Na primer vgrajevanje glasovnih ukazov bi omogočilo vzdrževalcem, da med izvajanjem nalog preprosto uporabljajo aplikacijo, ne da bi morali ročno vnašati podatke, kar bi še povečalo hitrost in natančnost vnosov. Poleg tega bi bila lahko aplikacija bolj dinamična in prilagodljiva, tako da bi omogočala še hitrejšo dodeljevanje nalog in sprotno sledenje njihovem napredku v realnem času.

Druge možnosti za izboljšanje sistema vključujejo povečanje avtomatizacije pri dodeljevanju nalog in upravljanju vzdrževalnih aktivnosti. V trenutnem sistemu naloge dodeljujemo ročno, kar včasih vodi do zamud in napak pri obvladovanju nalog. Z uvedbo algoritmov, ki bodo samodejno dodeljevali naloge glede na trenutno obremenitev vzdrževalcev, prioritete popravil in zahtevnost nalog, bi lahko povečali učinkovitost in zmanjšali možnosti za napake. Poleg tega bi lahko avtomatizirani sistemi bolje spremljali napredek nalog in obveščali odgovorne osebe o morebitnih zamudah ali težavah.

Pomembna področja za izboljšanje so tudi usposabljanje zaposlenih in povečanje njihovega znanja o novih tehnologijah. Čeprav smo že izvedli obsežno usposabljanje, je lahko stalno izobraževanje ključno za zagotovitev, da bodo vzdrževalci še naprej obvladovali nove funkcionalnosti in tehnologije, ki jih bomo uvajali. Redni tečaji, seminarji ali spletni seminarji, ki bodo vzdrževalcem pomagali obvladati napredne funkcionalnosti sistema, so lahko ključni za zagotovitev, da bo vsak posameznik sposoben izkoristiti vse prednosti digitalnega sistema. Dodatno bi bilo ob upoštevanju različnih potreb in nalog v podjetju smiselno razviti bolj prilagojene in specifične aplikacije za različne vrste vzdrževalnih nalog. To bi omogočilo, da bi vsaka ekipa, ne glede na to, ali gre za električne, mehanske ali programske naloge, uporabljala prilagojena orodja, ki so specifična za njihove potrebe. Tako bi vsak vzdrževalec imel dostop do aplikacij, ki so zasnovane tako, da ustrezajo njegovemu področju dela, kar bi povečalo hitrost in natančnost izvajanja nalog.

Kljub že doseženim izboljšavam pa je še vedno mogoče optimizirati komunikacijo med oddelki. Uvedba naprednih komunikacijskih funkcionalnosti, kot so takojšnja obvestila o novih nalogah ali spremembah statusa naloge, bo izboljšala sodelovanje med oddelki in pripomogla k hitrejši in natančnejši izmenjavi informacij. To bi zmanjšalo tveganje za nesporazume in povečalo produktivnost, saj bi bile vse informacije vedno dostopne v realnem času.

Vse te možnosti predstavljajo nadaljnje korake, ki bodo pripomogli k še večji optimizaciji digitaliziranih vzdrževalnih procesov, povečanju njihove učinkovitosti, zanesljivosti in stroškovni učinkovitosti. S stalnimi izboljšavami in nadgradnjami bomo lahko ustvarili okolje, kjer bodo lahko vzdrževalci kar najbolj izkoristili prednosti digitalnih orodij za doseganje najboljših rezultatov (Talum, 2025).

## **4 ZAKLJUČEK**

V diplomskem delu je bila obravnavana problematika obstoječega sistema preventivnega vzdrževanja tlačne livne celice v podjetju Talum d.d., PE Ulitki. S podrobno analizo so bile identificirane ključne slabosti trenutnega sistema, ki temelji na ročnem beleženju podatkov, kar povzroča administrativne napake, izgubo časa in zmanjšano učinkovitost celotnega vzdrževalnega procesa. Na podlagi ugotovitev je bila predlagana celovita nadgradnja sistema z uvedbo tabličnih računalnikov, ki omogočajo takojšen vnos podatkov na terenu, boljšo sledljivost, dostopnost in organizacijo dela.

Rezultati implementacije digitalnega sistema so pokazali številne pozitivne učinke – od skrajšanja odzivnega časa, zmanjšanja napak pri vnosu podatkov, večje preglednosti nad vzdrževalnimi nalogami do optimizacije resursov in boljšega usklajevanja ekip. Digitalizacija je omogočila boljše načrtovanje vzdrževalnih aktivnosti in zgodnejše prepoznavanje potencialnih težav, kar se je odrazilo v povečani zanesljivosti proizvodnje in zmanjšanju stroškov vzdrževanja.

Kljub začetnim izzivom, kot so potreba po usposabljanju osebja in začetni investicijski stroški, se je pokazalo, da uvedba digitalnega sistema predstavlja dolgoročno smiselno rešitev. Nadaljnji razvoj vključuje možnosti uporabe naprednih tehnologij, kot sta umetna inteligenca za napovedovanje napak ter integracija s senzorji in drugimi pametnimi sistemi.

## 5 VIRI

**Gogić. 2023.** Tehnologija. 2023. Zapiski predavanj.

**NCD. 2025.** *IoT Wireless Predictive Maintenance Sensor*. Store.ncd.io. <https://store.ncd.io/product/iot-wireless-predictive-maintenance-sensor>: s. n., 2025.

**Novak, Miha. 2015.** *Talilne naprave in vzdrževanje tlačnih livnih celic*. Ljubljana: Znanstveno-raziskovalni inštitut za livarstvo, 2015.

—. **2015.** *Talilne naprave in vzdrževanje tlačnih livnih celic*. Ljubljana: s. n., 2015.

**Parker, Liam. 2021.** Die Casting Process and Equipment Maintenance Explained. *Engineering Product Design*. [Elektronski] Engineering Product Design, 14. julij 2021. [Navedeno: 11. marec 2025.] <https://www.engineeringproductdesign.com/knowledge/die-casting-maintenance-guide>.

**Smith, John A. 2019.** *Maintenance Engineering Handbook*. New York: McGraw-Hill Education, 2019.

**Talum. 2025.** Talum. Kidričevo: s. n., 2025.

—. **2025.** Talum. Kidričevo: Talum, 2025.

