



Univerza v Mariboru

*Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko*

Bojan Jenčič

**SISTEMSKE SPECIFIKACIJE ZA
RAČUNALNIŠKO PODPRT NADZOR NAD
POPRAVILI STROJEV**

Diplomsko delo

Maribor, maj 2011

Diplomsko delo univerzitetnega - visokošolskega strokovnega študijskega programa

**SISTEMSKE SPECIFIKACIJE ZA RAČUNALNIŠKO PODPRT NADZOR NAD
POPRAVILI STROJEV**

Študent: Bojan Jenčič
Študijski program: UN ŠP - VS ŠP Elektrotehnika
Smer: Avtomatika
Mentor: Tomaž Dogša

Maribor, maj 2011



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko

Številka: E.0921

Datum in kraj: 06. 06. 2011, Maribor

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Ur. l. RS, št. 1/2010)

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

1. **Bojanu Jenčiču**, študentu visokošolskega strokovnega študijskega programa ELEKTROTEHNIKA, smer Avtomatika, se dovoljuje izdelati diplomsko delo pri predmetu Dokumentiranje z računalnikom.
2. **MENTOR:** izred. prof. dr. Tomaž Dogša
3. **Naslov diplomskega dela:**
SISTEMSKE SPECIFIKACIJE ZA RAČUNALNIŠKO PODPRT NADZOR NAD POPRAVILI STROJEV
4. **Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:**
SYSTEM SPECIFICATIONS FOR COMPUTER AIDED MAINTENANCE SUPPORT
5. Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z "Navodili za izdelavo diplomskega dela" in ga oddati v treh izvodih (dva trdo vezana izvoda in en v spiralo vezan izvod) ter en izvod elektronske verzije do 06. 06. 2012 v referatu za študentske zadeve.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na senat članice v roku 3 delovnih dni.



Obvestiti:

- kandidata,
- mentorja,
- somentorja,
- odložiti v arhiv.

SISTEMSKE SPECIFIKACIJE ZA RAČUNALNIŠKO PODPRT NADZOR NAD POPRAVILI STROJEV

Ključne besede: vzdrževanje strojev, stroj, okvara, hiba, specifikacija za program

UDK: 004.43:658.581(043.2)

Povzetek

Naloga opisuje potrebne aktivnosti za pripravo programa za spremljanje okvar na strojih. Predstavili smo, kako različni načini vzdrževanja, vplivajo na življenjsko dobo delovnega sredstva oziroma na njegovo razpoložljivost za proizvodni proces. Definirali smo pojme, ki se bodo uporabljali za definicijo okvare oziroma anomalije na stroju: okvara stroja, strojelom, hiba stroja, nevarno delovanje stroja, mazanje, pred-preventivni pregled, nastavitve stroja, umerjanje stroja, menjava orodja. Z modeli trenutnih in predlaganih razmerij in povezav v samem programu, smo nakazali smer podatkov, ki morajo biti zajeti. Program bo omogočal pripravo statističnih analiz in poročil. Rezultat naloge je sistemska specifikacija za program, ki nam bo zagotovil boljše načrtovanje in nasploh učinkovitejše vzdrževanje v podjetju.

SYSTEM SPECIFICATION FOR COMPUTER AIDED MAINTENANCE SUPPORT

Key words: maintenance of machines, machine, breakdown, defect, software specification

UDK: 004.43:658.581(043.2)

Abstract

The document describes necessary activities for preparation of software for monitoring of maintenance breakdowns. We presented how different types of maintenance impact and affect the life time of machine or it's availability to the manufacturing process. We have defined terms that will be used in the software: breakdown, impairment, unsafe operation, lubrication, preventive inspection, machine setting, machine alignment, tool change. With the models of current and proposed relationships, we indicated which data needs to be gathered and stored. Software will enable us to prepare statistical analysis and reports. Final result is system specification for software, which will enable us to better plan and have more efficient maintenance in the company.

VSEBINA

1	UVOD	1
2	PREDSTAVITEV VZDRŽEVANJA	2
2.1	KAJ JE VZDRŽEVANJE.....	3
2.2	DELOVNA SREDSTVA	4
2.3	POJMOVANJE GLAVNIH NALOG VZDRŽEVANJA	10
2.4	POMEMBNOST VZDRŽEVANJA	17
3	SEDANJE STANJE	19
3.1	IZGLED MODELA ZA VZDRŽEVANJE STROJEV	20
4	CILJI UVEDBE PROGRAMSKE OPREME.....	23
5	DEFINIRANJE POJMOV.....	24
6	SPECIFIKACIJA PREDLAGANE PROGRAMSKE OPREME	26
6.1	OSNOVE NOVE PROGRAMSKE OPREME.....	26
6.2	SPECIFIKACIJE ZA KURATIVNO VZDRŽEVANJE.....	29
6.3	SPECIFIKACIJE ZA PREVENTIVNO VZDRŽEVANJE	31
7	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV.....	32
7.1	ANALIZA VEČJIH OKVAR	33
7.2	PARETO ANALIZA STROJEV	34
7.3	POGOSTOST OKVAR	37
7.4	PRIORITETA STROJA	37
7.5	ANALIZA STROJA GLEDE NA VZROK OKVARE	39
7.6	ANALIZA GLEDE NA SKLOP.....	40
8	SKLEP	40
9	VIRI IN LITERATURA	42

1 UVOD

V sodobnih proizvodnih dejavnostih se vsakodnevno spopadamo z večjim konkurenčnim bojem in vedno višjimi zahtevami trga. Na trgu je vedno več proizvodov, ki jih je vse težje prodati. Kupci zahtevajo 100% kvaliteto in seveda dostavo proizvodov v terminu, ko jih potrebuje za vgradnjo ali uporabo (just in time). Če podjetje tega ne dosega, lahko hitro izpade iz konkurenčnega boja in kmalu lahko sledi odpuščanje delavcev ali celo zapiranje proizvodnje. V prihodnosti bodo uspela tista podjetja, ki bodo s hitrim razvojem nudila tehnološke izboljšave, optimalno izkoriščala delovna sredstva in delovno silo ter zmanjševala vhodne in notranje stroške. Tudi skladiščenje zalog postaja vedno dražje, zato je proizvodnjo potrebno prilagajati in izboljševati tako, da je čim bolj fleksibilna. Proizvodnja se vedno bolj nagiba v tako imenovano vitko proizvodnjo (Lean manufacturing), to je proizvodnja, ki teče tako rekoč brez odvečnega skladiščenja izdelkov in predvsem polizdelkov. Če hočemo doseči tako proizvodnjo, moramo skrbeti, da se stroji ne zaustavljajo zaradi nepredvidenih okvar. Pri tem ima bistveno vlogo primerno preventivno, prediktivno in korektivno vzdrževanje strojev. Poleg tega v procesu vzdrževanja vse bolj ključno vlogo igra zmanjševanje stroškov. Če hočemo doseči ustrezno vzdrževanje s čim nižjimi stroški, je torej potrebno pridobivati ustrezne in predvsem točne podatke o številu in trajanju posegov in okvar na določenem sklopu stroja. Kako pogoste so okvare in kakšna je njihova zahtevnost? Kakšen vpliv ima določena okvara na samo delovanje stroja? Ali lahko stroj proizvaja kljub okvari? Lahko proizvaja manjše število izdelkov v določenem časovnem obdobju? Ali ne more proizvoditi?

Zaradi vsega naštetega je zelo pomembno, da poskušamo z razvojem in uvedbo ustreznih informacijskih sistemov vzpostaviti določene mehanizme, ki bi nam omogočali pridobivanje, urejanje in vpogled oziroma analize obstoječega in preteklega dogajanja pri vzdrževanju strojev. Z ustreznim spremljanjem in analizo podatkov, ki jih bomo na ta

način pridobili, želimo doseči višjo razpoložljivost strojev in zmanjšanje stroškov vzdrževanja, kar nam obstoječi sistem ne omogoča.

Trenutno zajemanje podatkov ne zadovoljuje potreb, ki jih imamo v podjetju. Podatki o trajanju okvar na določenem sklopu se namreč močno razlikujejo glede na to, kdo jih podaja.

V diplomski nalogi se bomo osredotočili na pripravo ustreznega prototipa, ki bo omogočil pridobitev podatkov za razvoj profesionalnega sistema oziroma orodja za spremljanje podatkov o vzdrževanju strojev. Sistem bo zgrajen na osnovi sodobnega programskega orodja za vzdrževanje. Za razvoj prototipa pa je potrebno pripraviti ustrezne modele, ki bodo omogočili analizo obstoječih podatkov in procesov. Z ustreznimi modeli želimo raziskati tudi kakšne možnosti bomo imeli z ustreznim sistemom. Poleg tega bomo poskušali raziskati ustrezne pristope za zajemanje podatkov. Seveda je prva naloga, da pripravimo vse potrebno za ustrezno zajemanje podatkov, na osnovi katerih bodo zgrajene ustrezne baze podatkov. Iz njih bo potem omogočeno črpanje podatkov za ustrezna poročila in analize. Pomembno je tudi prikazati ustrezne možnosti izvedbe poročil in analiz. Ker želimo, da se aplikacija uporablja v proizvodnji, mora biti čimbolj enostavna za uporabo in imeti možnosti, ki omogočajo čim hitrejši vnos podatkov z minimalnim številom klikov in čim manj vpisovanja podatkov. Poleg vsega naštetega, mora orodje omogočiti vpogled v podrobne podatke o okvarah na stroju.

Sistem mora enakopravno obravnavati vse udeležence v procesu dela na stroju ob zaznani okvari oziroma hibi. Določiti mora možnost obratovanja stroja z manjšo hibo oziroma možnost odložitve določenega posega na stroju zaradi različnih vzrokov.

2 PREDSTAVITEV VZDRŽEVANJA

Iznajdba tolerančnega sistema na začetku prejšnjega stoletja je omogočila prehod iz obrtniškega v industrijski način proizvodnje, s čimer se je pojavila potreba po organiziranem vzdrževanju. Danes vzdrževanje igra eno glavnih proizvodnih vlog,

pričakuje pa se, da bo kmalu igralo tudi osnovno poslovodno vlogo. Brez ustrezne sposobnosti celovitega obvladovanja vzdrževanja, verjetno ne bo mogoče preživeti v boju na trgu.

2.1 KAJ JE VZDRŽEVANJE

Kaj je sploh vzdrževanje in zakaj je potrebno? Vzdrževanje je niz aktivnosti, ki pripomorejo k temu, da postavimo delovno sredstvo ali napravo v tako stanje, da je omogočeno doseganje ciljev organizacije ali podjetja, v katerem deluje. Torej mora biti vzdrževanje organizirano tako, da v čimvečji meri poskrbi, da je delovno sredstvo učinkovito in da proizvaja kakovostne izdelke. Seveda je potrebno to dosežati pri čim manjših operativnih stroških, ker to v končni fazi pomeni tudi manjše stroške poslovanja.

Razvoj tehnologije prinaša iz dneva v dan sodobnejšo opremo, ki pa je zahtevnejša za vzdrževanje, poleg tega pa vsaka okvara prinaša večje probleme, saj so sodobnejša sredstva veliko bolj učinkovita. Zato je potrebno, da razvoju sledijo vsi, ki so kakorkoli povezani z delovanjem delovnih sredstev. Tu seveda gre za celovit razvoj ljudi od operaterjev na stroju do vzdrževalcev. Zato je pomembno, da se spremljajo parametri delovanja delovnih sredstev, naprav in opreme, saj le tako lahko zagotovimo popoln pregled nad delovanjem in s tem ustrezno vplivamo na pripravo posegov in razvoj zaposlenih.

Sodobno podjetje, sploh če ima na razpolago zelo malo prostih dni, kot v našem primeru, se zaveda, da potrebuje ustrezne dejavnike za zagotavljanje kvalitetnega dela in ustrezno visoke razpoložljivosti delovnih sredstev. Poleg tega je pomemben dejavnik tudi količina rezervnih delov v skladišču in s tem povezanih stroškov.

Vzdrževanje postaja investicija za prihodnost vsakega proizvodnega obrata. Tu se vidi, da dobro organizirano in strokovno vzdrževanje, lahko prispeva k boljšemu poslovnemu uspehu podjetja. Posledice neprimerne in nepravilne vzdrževanja strojev namreč pomenijo:

-
- veliko število nepredvidenih okvar delovnih sredstev;
 - višje stroške sanacije okvar, saj se običajno obrabijo tudi deli, ki se ob redni kontroli ne bi;
 - večje količine rezervnih delov na zalogi;
 - slabšo kvaliteto izvedenih del;
 - pogoste intervencije pogodbenih izvajalcev in nadure vzdrževalcev, kar posledično pomeni veliko dražjo urno postavko, kot če se dela izvedejo v normalnem delovnem času.

Vse to pa pomeni zmanjšan dobiček podjetja in s tem posledično povezane slabše rezultate dela.

2.2 DELOVNA SREDSTVA

V sodobnem podjetju so poslovni rezultati vse bolj odvisni od delovnih sredstev, saj le-ti direktno vplivajo na produktivnost. Delovna sredstva se razlikujejo glede na področje dela, ki ga podjetje opravlja oziroma izdelka, ki ga izdeluje. Pri vsakem delu potrebujemo različne delovne priprave (energetske stroje, delovne stroje, transportne naprave, instalacije in orodja). Delovna sredstva imenujemo vse tiste materialne vire in pripomočke, ki jih potrebujemo kot aktivne udeležence, ki spreminjajo vhodne materiale v končni izdelek. Delovna sredstva v procesu dela ne spreminjajo svoje oblike, ampak v njem le sodelujejo s svojimi lastnostmi. Pri delovnem sredstvu so največjega pomena njegove izvirne lastnosti, ki jih poskušamo z ustreznim vzdrževanjem čimbolj ohraniti.

Delovna sredstva sodelujejo v velikem številu delovnih procesov. Njihova značilna lastnost pa je postopna obraba.

2.2.1 Slabšanje lastnosti delovnih sredstev

Delovna sredstva se običajno uporabljajo kontinuirano. Le nekatera cenejša se uporabljajo samo občasno. Delovna sredstva uporabljamo za izvrševanje njihovih namenskih funkcij toliko časa, dokler njihove lastnosti ustrezajo kriterijem kvalitete izdelkov in storitev ter ekonomičnosti in varnosti njihovega delovanja. Poslabšanje prvotnih lastnosti delovnega sredstva je posledica fizične obrabe, staranja, okvar, poškodb in lomov.

Fizična obraba pomeni obrabo določenih sestavnih delov. Seveda se vsi sestavni deli nekega delovnega sredstva ne obrabljajo popolnoma enako. Nekateri deli se obrabljajo hitreje od drugih, medtem ko se nekateri deli sploh ne obrabijo.

Delovno sredstvo je brežhibno le takrat, ko so brežhibni vsi njegovi funkcionalni deli. Tako lahko že obraba in s tem povezana izraba samo enega funkcionalnega dela povzroči, da delovno sredstvo ni več primerno za proizvodnjo kvalitetnih izdelkov. Fizična obraba je običajno povezana s številom obratovalnih ur ali pa intenzivnostjo uporabe. Poleg tega pa na to vplivajo še: namembnost uporabe, odnos upravljavca do delovnega sredstva, pravilno vzdrževanje, okolje in kvaliteta sredstva.

Staranje, tu ločimo fizično in ekonomsko. Fizično staranje pomeni naravne procese, kateri delujejo na delovno sredstvo, kot npr.: rjavenje, trohnenje, razpadanje. Fizično staranje omejuje uporabo delovnega sredstva ne glede na to, ali je delovno sredstvo v uporabi ali ne. Posledice fizičnega staranja omilimo s pravnimi vzdrževalnimi posegi (mazanje, antikorozijska zaščita, barvanje itd.). Ekonomska zastarelost pa pomeni, da kljub temu, da je delovno sredstvo s tehničnega stališča še sposobno izdelovati kvalitetne izdelke, je neuporabno zato, ker nova delovna sredstva omogočajo nižje stroške na enoto proizvoda. Ekonomsko zastaranje delovnega sredstva se pojavi tudi tedaj, ko trg ni več pripravljen sprejeti izdelkov, ki jih proizvodimo na tem delovnem sredstvu.

Okvare, lomi, poškodbe so pojmi, pri katerih ima ustrezno vzdrževanje in pregledovanje največji vpliv. Okvara, lom ali poškodba so namreč situacije, ki so prisotne v življenjskem ciklu vsakega delovnega sredstva. Razlogi za nastajanje teh nepredvidljivih situacij so zelo

različni: od pomanjkljive konstrukcije, slabe kvalitete sestavnih delov, napak pri montaži, do neustrezne uporabe in nepravilnega oziroma pomanjkljivega vzdrževanja. Običajno je posledica katerekoli od teh napak prekinitev delovanja delovnega sredstva, posledično se zmanjša proizvodnja in povečajo stroški vzdrževanja. Če se napaka ne opazi takoj, lahko proizvajamo kvalitetno oporečne proizvode ali pa celo odpadek.

2.2.2 Vpliv vzdrževanja na delovna sredstva

Delovna doba oziroma čas uporabnosti delovnega sredstva je odvisen od tehnično-proizvodnih lastnosti, načina uporabe in vzdrževanja. Pri vzdrževalnih delih je pomembna kvaliteta in kvantiteta opravljenih del. Zanima nas predvsem kako vzdrževalni posegi vplivajo na dobo uporabnosti delovnega sredstva. Znano nam je, da se delovna sredstva v času njihovega delovanja postopno obrabljajo. Poleg tega pa so še izpostavljeni okvaram in posledicam staranja. Odpoved enega sestavnega dela lahko povzroči zastoj celotnega delovnega sredstva, zato je potrebno stalno iskati tako imenovani najšibkejši člen. Če najdemo tak sestavni del preden odpove ali se okvari in ga ob primernem času zamenjamo z novim, podaljšamo uporabnost in povečamo razpoložljivost delovnega sredstva. Če na določenem vzdrževalnem sredstvu ne opravljamo vzdrževalnih del, se hitreje poslabša delovanje in s tem povezano padanje ekonomske vrednosti delovnega sredstva. To poteka tako dolgo, dokler z ustreznimi vzdrževalnimi deli ne izboljšamo lastnosti. Z izboljšanjem lastnosti delovanja, se poveča tudi ekonomski faktor oziroma vrednost delovnega sredstva. Če bi delali krivuljo, bi dobili žagasto obliko, saj se po vsakem opravljenem posegu lastnosti delovnega sredstva izboljšajo in delovno sredstvo je zopet pripravljeno opravljati svojo prvotno namensko funkcijo. Dvig konice krivulje pa je odvisen od količine opravljenih del in od količine novo vgrajenih rezervnih delov. Kljub vzdrževalnim delom pa vrednost pada, lastnosti delovnega sredstva se slabšajo, vendar ta proces poteka mnogo počasneje, prav tako se lahko zelo podaljša doba uporabe v primerjavi z delovnim sredstvom, na katerem vzdrževalnih del ne bi izvajali.

2.2.3 Razpoložljivost delovnega sredstva [2]

Razpoložljivost delovnega sredstva je tem večja, čim manj okvar in s tem popravil je v času življenjske dobe delovanja delovnega sredstva in čim hitreje bodo vzdrževalna dela opravljena. Pri tem ločimo dve časovni komponenti. S stališča vzdrževanja nas zanima predvsem čas, ki je potreben za izvedbo tehničnih elementov vzdrževalnega dela. Druga komponenta pa je čas, ki ga potrebujemo za pripravo ustreznih rezervnih delov, čas za sestavo ekipe, itd.

Prvo komponento imenujemo tudi tehnična komponenta in jo sestavljajo:

- čas za ugotovitev vrste in lokacije okvare ali menjave;
- čas za ugotovitev vzroka okvare;
- čas za neposredno popravilo ali menjavo;
- čas za sestavljanje komponente ali delovnega sredstva;
- čas za preverjanje kvalitete opravljenega dela.

Pri tej komponenti sta pomembna predvsem konstrukcijska rešitev delovnega sredstva in strokovnost vzdrževalcev.

Pod drugo komponento pa štejemo čas za pripravo tehnične in tehnološke dokumentacije za vzdrževanje, čas za pripravo rezervnih delov ter čas za sestavo ekipe za vzdrževanje. Poleg tega pa tukaj lahko štejemo še čas za prihod vzdrževalcev, čeprav naj bi bil le ta čas zaradi hitre odzivnosti vzdrževanja zanemarljiv.

Ena od pomembnih lastnosti vzdrževanja je tudi ugotavljanje razpoložljivosti, saj na ta način merimo učinkovitost vzdrževanja. Celotno razpoložljivost lahko delimo na operativno in čisto razpoložljivost.

Operativna ali obratovalna razpoložljivost D_0 je opredeljena z razmerjem med časom delovanja in uporabnim časom [2].

$$D_0 = \frac{\text{čas delovanja}}{\text{uporabni čas}}$$

Čas delovanja je čas, v katerem delovno sredstvo proizvaja izdelke, za katere je namenjeno. Ta čas se deli na čas dobrega delovanja, ko se izdelujejo izdelki brez napak in čas poslabšanega delovanja, ko delovno sredstvo dela na osnovi posebnih ukrepov za premostitev napake. Uporabni čas je pri tem čas, ki ga uporabnik delovnega sredstva porabi za proizvodnjo izdelkov.

Čista razpoložljivost D_p je opredeljena z razmerjem med časom delovanja in vsoto časa delovanja ter časa lastnega zastoja [2].

$$D_p = \frac{\text{čas delovanja}}{\text{čas delovanja} + \text{čas lastnega zastoja}}$$

Čas lastnega zastoja je čas, ki ga delimo na [2]:

1. *čas napake*

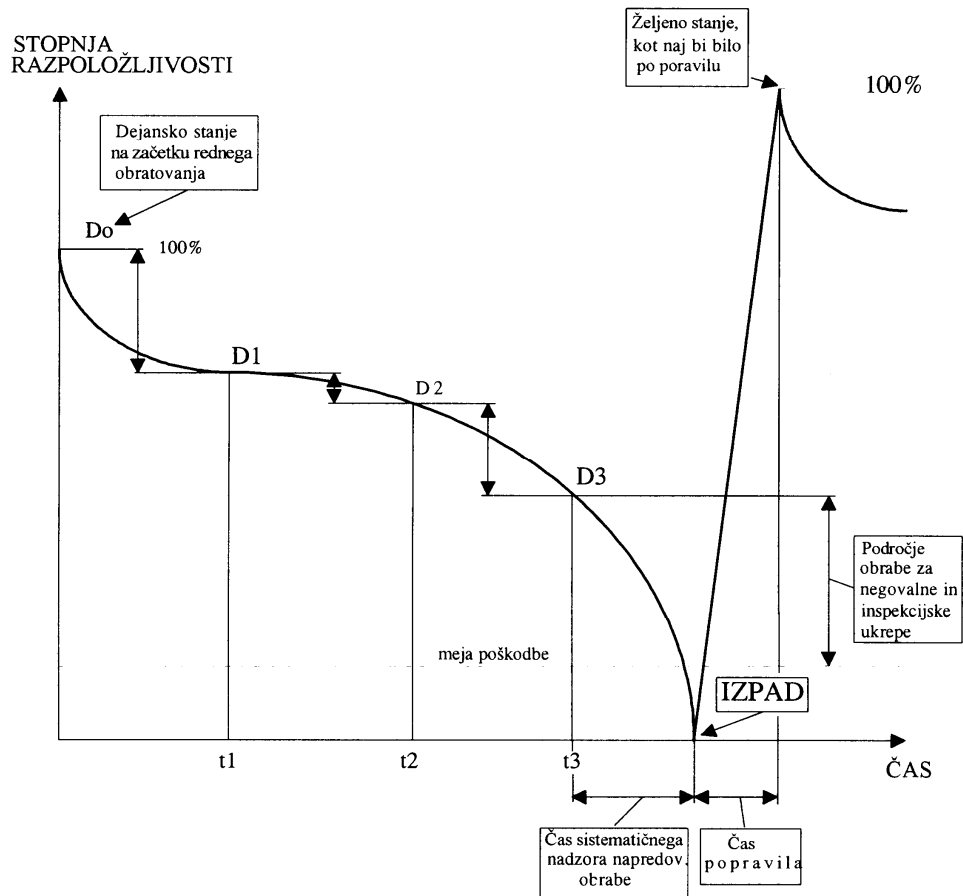
- čas okvare delovnega sredstva,
- čas okvare orodja,
- čas zastoja zaradi napake na izdelku;

2. *čas funkcionalnega zastoja*

- čas programirane menjave orodja,
- čas menjave proizvodnje,
- čas kontrole,
- čas preventivnega vzdrževanja;

Tako operativna, kot čista razpoložljivost sta močno odvisni tega, kako hitra je obrabljivost določenih delov delovnega sredstva. Če poskušamo zasledovati takšne dele skozi daljše časovno obdobje, potem lahko govorimo o določeni stopnji razpoložljivosti delovnega sredstva. Na tak način lahko predvidimo čas, v katerem bo prišlo do zloma ali pa do

določene obrabe. Na sliki 2.1. je prikazan primer stopnje razpoložljivosti delovnega sredstva. Razvidno je, da delovno sredstvo začne obratovati iz nekega dejanskega stanja s 100% stopnjo razpoložljivosti. Med obratovanjem zasledujemo delovno sredstvo v različnih časovnih obdobjih in ugotavljamo stanje obrabljenih delov. Sproti ugotavljamo stanje obrabe in njeno napredovanje ter določamo naslednjo obdobje pregleda. V nekem trenutku je stanje že tako poslabšano (D3), da pridemo v območje sistematičnega nadzora napredovanja obrabe. To velja predvsem za negovalne in inšpekcijske ukrepe, ko poskušamo maksimalno izkoristiti nek obrabljeni del. Seveda moramo pri tem paziti, da ne gremo preko meje poškodbe, saj v tem primeru zelo hitro lahko pride do okvare. Tak način zasledovanja stopnje razpoložljivosti imenujemo tudi vzdrževanje glede na stanje. Tovrsten način vzdrževanja je zelo zahteven, saj nas lahko hitro privede do kurativnega vzdrževanja, ki pa naj bi ga bilo čim manj. Za omenjeni način vzdrževanja potrebujemo zelo izkušene strokovnjake z velikimi delovnimi izkušnjami. Po popravilu moramo stopnjo razpoložljivosti dvigniti nazaj na 100%. Lahko pa jo dvignemo tudi višje, če ukrepi pomenijo uporabo boljših materialov, spremembo načina mazanja, uporabo novih modernejših rešitev itd.



Slika 2.1. Stopnja razpoložljivosti delovnega sredstva [2]

2.3 POJMOVANJE GLAVNIH NALOG VZDRŽEVANJA

Osnovna naloga vzdrževanja v nekem podjetju je, da z različnimi metodami, načini dela in ustreznim znanjem in orodji zagotovi čimboljše delovanje delovnih sredstev. Pojmovanja pojmov v vzdrževanju so bila do pred časom precej različna. Tako se je na primer izraz kurativno vzdrževanje pogosto zamenjeval s pojmom korektivno vzdrževanje. Nejasnosti so nastajale predvsem zaradi različnih pojmovanj nekaterih opravil in njihovega razporejanja.

Po uvedbi standarda SIST EN 13306 leta 2001, se pojmi v vzdrževanju definirajo na kurativno, preventivno, prediktivno in korektivno vzdrževanje.

2.3.1 Kurativno vzdrževanje

Kurativno vzdrževanje pomeni nenačrtovan, naključen poseg na stroju po že zaznani okvari. Napake niso predvidene, niti vnaprej vključene v sistem priprav na posege po strojih. Okvare in odpovedi, ki so se pojavile, so presenetile sistem vzdrževanja in ga dobile nepripravljenega.

Slabost kurativnega vzdrževanja je, da se zastoj stroja podaljšuje, ker vzdrževanje ni pripravljeno na poseg. Najprej izgubljam čas od obvestila o okvari do začetka popravila. Pripravljena niso specialna orodja, ki so potrebna za poseg. Običajno se precejšen del časa porabi za diagnostiko napake. Ko pa se ugotovi, kateri je okvarjeni del, je potrebno po rezervni del v skladišče. Pri čemer se izgublja še dodatni čas. V najslabšem primeru pa rezervnega dela nimamo na zalogi in je potrebno čakati na dobavo. Hitra dobava pa je vedno tudi dražja.

Velik problem pa predstavljajo tudi posredne okvare saj npr. obrabljen ležaj pomeni, da se je le ta lahko zavrtel na osi ali v ohišju in obrabil še svojo okolico. V takem primeru moramo, ne samo zamenjati ležaj, ampak popraviti tudi ohišje ali os, v najslabšem primeru pa celo oboje.

2.3.2 Preventivno vzdrževanje

Preventivno vzdrževanje se lahko izvaja ob delujočem ali mirujočem delovnem sredstvu. Pri delujočem sredstvu se izvajajo kontrole, pregledi, mazanje. Pri mirujočem sredstvu pa se menjajo oziroma popravljajo določeni sklopi, ki so vnaprej planirani za zamenjavo ali popravilo. Zato so seveda pripravljene ustrezni rezervni deli in ustrezna orodja. Pomanjkljivost preventivnega vzdrževanja je, da menjamo rezervne dele glede na planirano periodo. Seveda se periodo menjave določenega dela stroja prilagaja glede na

stopnjo obrabljenosti ob menjavi in obstoječih podatkov o morebitnih preteklih okvarah zaradi določenega sklopa stroja. Toda kljub vsemu naštetemu, menjamo element na stroju, ki mogoče še ni povsem na koncu življenjske dobe. S tem pa si povečujemo stroške vzdrževanja. Naslednja boljša možnost je prediktivno vzdrževanje.

2.3.3 Prediktivno vzdrževanje

Prediktivno vzdrževanje pomeni izvajanje posebnih metod opazovanja oziroma meritev, kot so na primer: meritev vibracij, analiza mazalnih sredstev, termografija, analiza olja, meritev obrabljenosti ... Z uvedbo prediktivnega vzdrževanja sklopov ne menjamo več periodično, ampak jih opazujemo, merimo in analiziramo in jih, ob ugotovitvi odstopanja oziroma nastajanja okvare, zamenjamo.

2.3.4 Korektivno vzdrževanje

Korektivno oziroma izboljševalno vzdrževanje zajema vsa dela, s katerimi delovno sredstvo spremenimo tako, da olajšamo izvajanje preventivnega vzdrževanja. To so lahko dela s katerimi dvignemo stopnjo zanesljivosti, povečamo vzdrževalnost oziroma odpravimo morebitne konstrukcijske pomanjkljivosti. Sem so vključena tudi dela, pri katerih se sredstvu njegova osnovna funkcija delno spremeni (običajno z namenom dviga stopnje avtomatizacije, dviga delovne varnosti in zanesljivosti, izboljšanja ergonomskih značilnosti in podobno). Pri teh delih stroj običajno miruje, ni razpoložljiv, dela pa v praksi ponavadi izvajajo vzdrževalci in so zato tudi obračunana kot vzdrževalna dela.

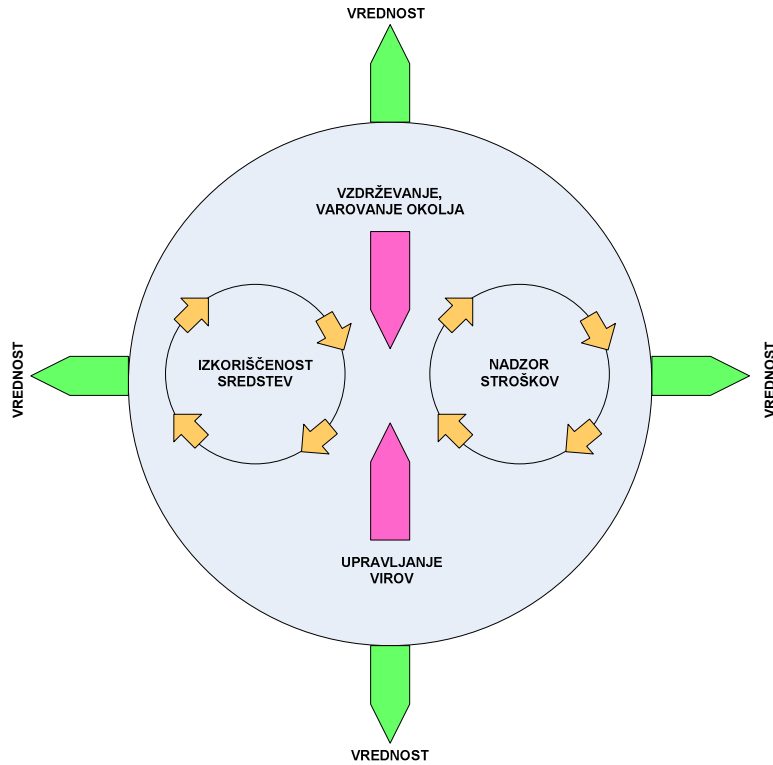
2.3.5 Sodobne metode vzdrževanja – LEAN, VDM in TPM vzdrževanje

VDM – vzdrževanje po vrednosti (value driven maintenace)

V času vse hitrejših sprememb in vse ostrejšje konkurence, se tudi upravljanje vzdrževanja delovnih sredstev sooča z vedno novimi zahtevami. Te posredno narekujejo uporabo sodobnejših pristopov. V velikem številu različnih konceptov in metodologij je običajno težko izbrati ustrezno pot, ki bi zadovoljila hkrati tehnične kadre in vodstvo podjetja.

Vzdrževanje po vrednosti omogoča celovit pogled na upravljanje vzdrževanja in na sprejemanje argumentiranih odločitev, pri tem pa naj bi pomagala premagati razkorak med osebjem vzdrževanja in vodstvom. Pomembna prednost koncepta vzdrževanja po vrednosti je, da ne negira že uveljavljenih dobrih praks. Ravno nasprotno, vzpodbuja njihovo uporabo tam, kjer so najbolj učinkovite, hkrati pa uvaja skupni imenovalec, ki omogoča sprejemanje kakovostnih odločitev, to je neto sedanjo vrednost. Neto sedanja vrednost je pojem, ki se ni pogosto uporabljal v kontekstu upravljanja vzdrževanja [1].

Pri vzdrževanju po vrednosti izračunavamo ustrezne denarne tokove, zastavlja pa se vprašanje, kaj je pravzaprav dodana vrednost vzdrževanja. Čeprav je vzdrževanje velikokrat zelo pomembno, do prepričljivega odgovora ni enostavno priti, še posebej če želimo to izraziti z ekonomskimi načeli dodane vrednosti. Kje je torej vrednost vzdrževanja, če poudarimo da vrednost vzdrževanja izhaja iz najvišje razpoložljivosti pri najnižjih stroških. To naj bi držalo vendar je bolj malo uporabno pri izračunu dnevne koristi vzdrževanja. Koncept vzdrževanja po vrednosti nam ponuja oceno vrednosti potenciala štirih ključnih vrednostnih dejavnikov vzdrževanja in možnost upravljanja vzdrževanja z njihovo pomočjo (slika 2.2.)



Slika 2.2. Vrednostni dejavniki vzdrževanja [1]

Slika povzema vlogo vzdrževanja proizvodnih sredstev. Gre za nenehno iskanje ravnovesja med višjo razpoložljivostjo in nižjimi stroški. Pri tem je nujno upoštevati naraščajoče zakonske zahteve glede varnosti in zdravja pri delu, ter vplivov na okolje. V okviru vsakega od vrednostnih dejavnikov lahko vzdrževanje prispeva k ekonomski vrednosti podjetja.

Pri tej metodi se uporabljajo računski modeli za izračun potencialne vrednosti znotraj vzdrževanja [1].

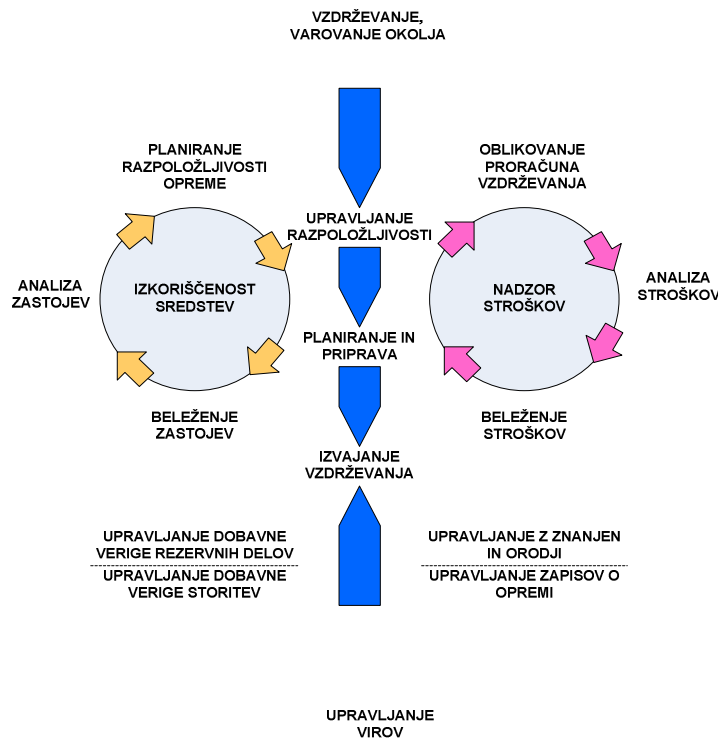
$$SV_{VZDRŽEVANJA} = \sum (F_{VZO,t} \cdot x(DT_{IS,t} + DT_{NS,t} + DT_{UV,t} + DT_{VZO,t}) / (1+r)^t)$$

$SV_{VZDRŽEVANJA}$	sedanja potencialna vrednost vzdrževanja
$F_{VZO,t}$	faktor varnosti in zdravja pri delu ter varovanja okolja v letu t
$DT_{IS,t}$	prihodnji prosti denarni tok v letu t zaradi izkoriščenosti sredstev

$DT_{NS,t}$	prihodnji prosti denarni tok v letu t zaradi nadzora stroškov
$DT_{UV,t}$	prihodnji prosti denarni tok v letu t zaradi upravljanja virov
$DT_{VZO,t}$	prihodnji prosti denarni tok v letu t zaradi varnosti in zdravja pri delu ter varovanja okolja
r	diskontna stopnja

V formuli se odražajo štirje vrednostni dejavniki (slika 2.3), ki lahko pripomorejo k ustvarjanju na osnovi višje razpoložljivosti $DT_{IS,t}$, nižjih stroškov $DT_{NS,t}$, boljšega upravljanja virov $DT_{UV,t}$, in nižjih neposrednih in posrednih stroškov v zvezi z varnostjo in zdravjem pri delu ter varovanjem okolja $DT_{VZO,t}$. Pri faktorju varnosti in zdravja pri delu ter varovanju okolja $F_{VZO,t}$ je smiselno upoštevati tudi vse druge zakonske okvire, katerih neizvajanje lahko ogroža osnovne dejavnosti podjetja.

Ko smo napravili ustrezne izračune, moramo opredeliti, katere dejavnosti so za naše podjetje pomembne in katere ne. Na primer, če je največji potencial v povečani izkoriščenosti strojev, ne moremo zmanjševati zaloge v skladišču.



Slika 2.3. Ključne sposobnosti vzdrževanja [1]

Levi in desni krog imata stične točke v sposobnosti upravljanja razpoložljivosti in priprave ter izvajanja vzdrževanja. Te sposobnosti tvorijo osnovni koncept vzdrževanja po vrednosti.

TPM – popolno vzdrževanje opreme (Total productive maintenance) [9]

TPM pomeni nov pristop k vzdrževanju. S stalno aktivnostjo čiščenja strojev in hkratnem odkrivanju napak in pomanjkljivosti s strani operaterjev, dosežemo, da operater čuti večjo pripadnost stroju, saj na njem ni le vključen v proces proizvodnje izdelka, ki ga stroj proizvaja, ampak je aktivno vključen tudi v samo vzdrževanje stroja. TPM pomeni tudi prenos določenih aktivnosti npr. mazanja iz vzdrževanja na operaterja, s tem pa vzdrževanju ostane več časa za izvajanje njegove osnovne operacije, torej vzdrževanja strojev. Poleg tega se poskuša standardizirati elemente, da operater ali vzdrževalec porabita čim manj časa ob nastavitvi ali okvari. Da olajšamo identifikacijo napak, v okviru TPM-a poskrbimo za vizualizacijo elementov, ki so največkrat problematični. V pokrove pogonov, jermenskih ali verižnih prenosov se vstavi stekla in tako lahko operater ali vzdrževalec že samo ob obhodu stroja vidi, če vse deluje, kot je treba.

Vitko vzdrževanje (Lean maintenance)

Lean vzdrževanje zajema znanja predhodnih oblik vzdrževanja s široko podporo računalniških sistemov. V mnogih primerih je vključevanje vzdrževanja v dnevni tok proizvodnje težko. Zato se tu pojavlja zamisel Lean "Zero maintenance time" [3] oziroma Vzdrževanje z nično porabo časa. To ne pomeni, da se stroji ne bodo vzdrževali, kajti vsakomur, ki je kadarkoli vsaj nekaj minut sodeloval v procesu vzdrževanja, je jasno, da tako pač ne gre in ni mogoče. Pomeni pa, da vzdrževanje ne bo delalo na strojih v proizvodnji, ko bodo ti stroji potrebni in bomo na njih imeli dodano vrednost. Torej bo potrebno še bolj natančno planiranje, izvedba vseh metod vzdrževanja ter iskanje možnih izgub z raznimi dodatki. Lean vzdrževanje vsebuje tudi metode vrednotenja, kateri rezervni deli so potrebni, da so v skladišču ali celo na stroju in katere rezervne dele je potrebno planirati in zamenjati na podlagi metod preventivnega ali prediktivnega vzdrževanja. Glede na ustrezno planiranje in porabo rezervnih delov pa privarčujemo sredstva, ki jih lahko uporabimo za korektivno vzdrževanje, planirane zamenjave strojev ali pa prinesejo dodatni dobiček podjetju.

Z večanjem pomembnosti vloge vzdrževanja pri celotnem poslovanju podjetja, se bo vloga sposobnosti celovitega upravljanja vzdrževanja povečevala in postajala ena glavnih konkurenčnih prednosti podjetja.

2.4 POMEMBNOST VZDRŽEVANJA

Stopnja pomembnosti vloge vzdrževanja je odvisna od specifičnosti podjetja. Vzdrževanje je namreč odvisno glede na to ali govorimo o enostavnem ali kompleksnem podjetju, to je podjetju, ki s svojo dejavnostjo lahko bistveno vpliva na zunanje okolje. Pri enostavnih podjetjih ima vzdrževanje zelo majhen vpliv na dejavnost podjetja oziroma na izdelek, ki ga le to izdeluje - npr. večinoma ročna proizvodnja, storitvena dejavnost. Kompleksno podjetje pa je običajno prilagojeno določenemu tehnološkemu procesu. Delo opravljajo predvsem delovna sredstva, ki so kompleksna in visoko produktivna. Izdelek je odvisen predvsem od delovanja delovnih sredstev. Primer takega podjetja so npr. jeklarna, pivovarna, avtomobilska industrija, kemična industrija, termoelektrarna, ipd. V kompleksnem podjetju ima vzdrževanje pomembno vlogo, ker s tem, da skrbi za brezhibno delovanje delovnih sredstev, direktno vpliva na izdelek proizvodnje. Okvara enega stroja ali dela opreme namreč lahko prekine proizvodnjo, zmanjša obseg proizvodnje in vpliva na dobiček podjetja. Vedeti moramo, da je vloga vzdrževanja v enem samem podjetju z več enotami ali obrati, lahko v vsaki enoti oz. obratu zelo različna. To je potrebno upoštevati tudi pri organiziranju vzdrževalne dejavnosti v podjetju.

Specialna vzdrževalna dela so tista, ki imajo velik vpliv na okolje in zahtevajo specialno obravnavo. Za njihovo izvajanje je potrebno posebno znanje ter dovoljenja določenih institucij. Primer takih del je npr. odstranjevanje strupenih snovi, vzdrževanje nuklearnih elektrarn itd.

Specialna delovna sredstva vsekakor povečujejo stopnjo pomembnosti vzdrževalne dejavnosti v primerjavi s standardnimi delovnimi sredstvi. S stališča vzdrževanja so standardna delovna sredstva tista, ki imajo standardizirane nadomestne dele, ki jih lahko dobimo v trgovini ali servisni mreži. Specialna delovna sredstva potrebujemo iz dveh razlogov. Včasih za določen namen ni delovnega sredstva, ki bi ga lahko kupili na trgu,

včasih pa je potrebna posebna adaptacija standardnega delovnega sredstva. Tu je vloga vzdrževanja zahtevnejša, saj zahteva več znanja in specialne rezervne dele. Običajno se okvare specialnih delovnih sredstev in z njimi povezan izpad proizvodnje odražajo kot visoki stroški. Za specialno projektirana delovna sredstva je vloga vzdrževanja zato še posebno pomembna.

V zadnjem času se kompleksnost delovnih sredstev povečuje. Posledica vsega tega je tudi vse več zahtev po novih znanjih v vzdrževanju. Izobraževanje in izpopolnjevanje strokovnega znanja vzdrževalcev postaja vse pomembnejši faktor učinkovitosti vzdrževalne dejavnosti. Za določena vzdrževalna dela morajo imeti vzdrževalci posebna pooblastila za opravljanje teh del. Preizkus znanja in pooblastilo za opravljanje določenih vzdrževalnih del kaže na pomembnost teh del tudi s stališča širše družbe. Visoko specializirano delo vzdrževalcev daje vzdrževanju večji pomen. V vzdrževalni službi naj bi bili kadri, ki jih nova znanja privlačijo, ki radi izpopolnjujejo svoje znanje, so samoiniciativni, sposobni za izzive novih tehnologij, s pravilnim odnosom do delovnih sredstev in do organizacije vzdrževanja, v zadnjem času pa je še posebej zaželeno, da so inovativni. Na položaj, ki ga ima vzdrževanje v podjetju, močno vplivajo:

- vrsta proizvodnje,
- vpliv vzdrževalnih del na okolje izven podjetja,
- vrsta delovnih sredstev in
- vrsta potrebnih znanj.

Te štiri faktorje, ki vplivajo na pomembnost vloge, ki jo ima vzdrževanje, moramo upoštevati ne glede na velikost podjetja. Tako velik, kot tudi majhen obrat, lahko potrebuje visoko specializirane strokovnjake na področju vzdrževanja, lahko ima zelo kompleksna delovna sredstva in lahko v večji ali manjši meri vpliva na okolje.

3 SEDANJE STANJE

Spremljanje okvar poteka trenutno s pomočjo Delovnih nalogov popravil, ki se izdajajo v papirnati obliki (slika 3.1.).

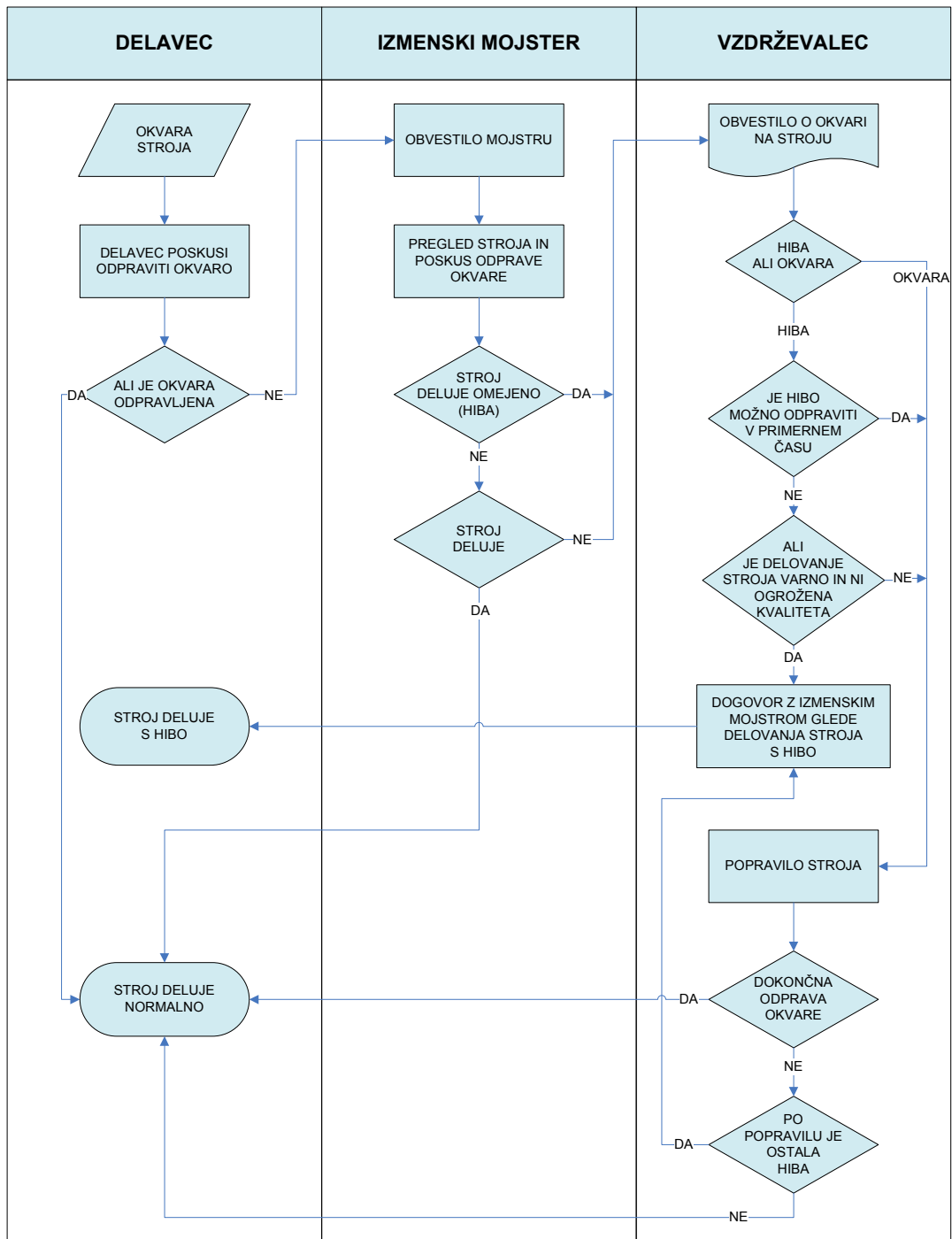
DELOVNI NALOG POPRAVILA					ŠT				
PRIJAVA OKVARE			Z	Prijavil:	PREVZEM POPRAVILA		Prevzel:		
Stroj/naprava	Datum	Ura	A		Datum	Ura			
Opis okvare:									
Šifra napake	Izvajalec	Začetek popravila	Zaključek popravila	V D	PORABLJEN MATERIAL				Podpis
					Šifra	Količina	Šifra	Količina	
Podpis mojstra:		Opis odprave napake							

Slika 3.1. – Delovni nalog

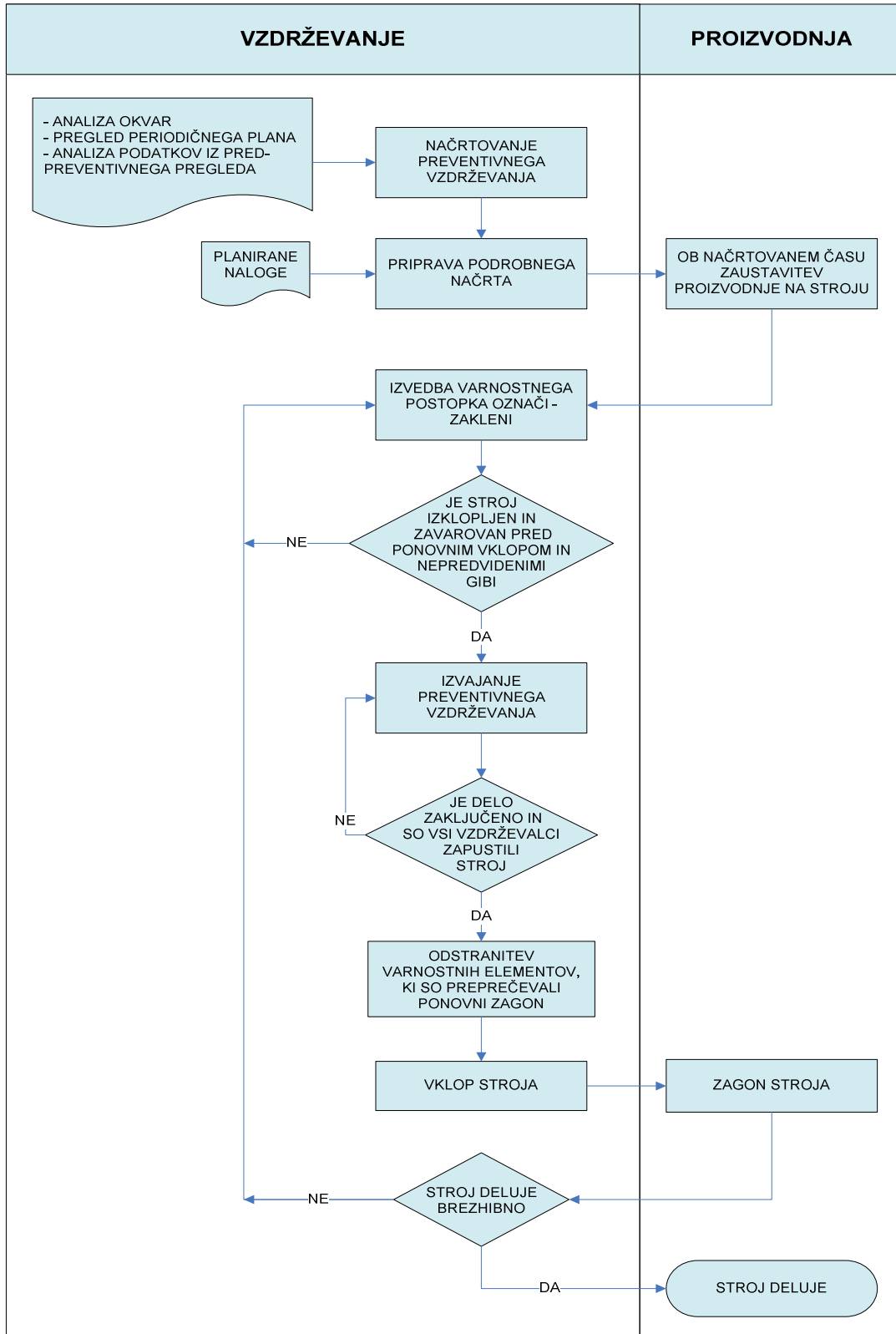
Delovni nalogi se vnašajo v Excelove tabele iz katerih potem z enostavnimi grafi poskušamo razbrati, kje so največji problemi in kaj se dogaja. Da pa pridemo do ustreznih podatkov, je potrebnega veliko ročnega dela. Dodatna težava, ki se pojavlja pri takem načinu zbiranja podatkov, je kvaliteta, točnost, podatkov. Tak primer je na primer razlika pri podajanju časa okvare s strani mojstra in časom, ki ga poda vzdrževalec. Za potrebe planiranja preventivnega vzdrževanja, so prav točni podatki bistvenega pomena, saj je potrebno natančno planirati, kaj se bo kontroliralo ter kako pogosto oz. kdaj se bo določen del zamenjal.

3.1 IZGLED MODELA ZA VZDRŽEVANJE STROJEV

V modelu trenutnih odnosov, ki vplivajo na delo samega vzdrževanja moramo upoštevati vsaj dva vidika. Delo vseh vključenih, ko se pojavi nepričakovana težava na stroju ter delo oziroma pripravo in izvedbo preventivnega vzdrževanja. Prvi model spodaj (slika 3.2) prikazuje sliko oziroma vključenost akterjev ob okvari na stroju. Drugi model (slika 3.3) pa prikazuje pripravo dela in delovanje med preventivnim delom na stroju.



Slika 3.2. Opis aktivnosti, ki nastanejo ob okvari stroja



Slika 3.3. Model preventivnega vzdrževanja

4 CILJI UVEDBE PROGRAMSKE OPREME

Glede na dosedanje izkušnje in težave, pričakujemo od programa več ustreznih rešitev, ki bodo poenostavile in izboljšale spremljanje okvar in izboljšale že uvedene metode preventivnega in prediktivnega vzdrževanja. Največja korist bo učinkovit in točen vnos, ter hitra obdelava podatkov, ki ji potem lahko sledijo ustrezne akcije na stroju. Nadaljnje koristi se pričakujejo z bolj sistematičnim spremljanjem okvar na določenem sklopu stroja. Tu lahko analiziramo in dobimo ustrezne podatke za določene segmente na posameznem stroju oziroma delovnem sredstvu ali pa za skupino strojev. Z višjo izkoriščenostjo strojev, mora tudi vzdrževanje stremeti k stalnim izboljšavam in poskušati z novimi metodami in sredstvi doprinesiti svoj delež k doseganju potrebnih ciljev. Poveča se izkoriščenost vzdrževalcev, saj ne bo nepotrebnega prelaganja papirjev, prav tako bo, zaradi boljšega načrtovanja, nižja zasedenost oseb v dopoldanski izmeni, v kateri se izvajajo preventivna vzdrževalna dela. Pri visoki izkoriščenosti vzdrževalcev, se upošteva vsaka minuta, ki se lahko porabi za nadzor nad delovanjem strojev ali kontrolo ustreznih parametrov za boljše delovanje strojev. Poleg tega se bo izkoriščenost povečala tudi z dobrim načrtovanjem. Dobro načrtovanje pa je lahko le posledica dobrih in natančnih podatkov. Z uvedbo avtomatiziranih statističnih metod se približamo cilju, da vodja vzdrževanja ter mojstri v delavnicah čim hitreje dobijo ustrezne podatke o delovanju strojev oziroma skupin strojev in seveda posameznih oddelkov v celoti.

Dogodki, ki se zgodijo na strojih, včasih pomenijo zelo majhen delež v dnevnem poročilu o prekinitvah in okvarah na strojih. Če pa potegnemo črto pod daljšim časovnim obdobjem, lahko dobimo čisto drugačno sliko, saj se krajše okvare, prekinitve zaradi istega ali različnih vzrokov, pokažejo drugače. Zato je zelo pomembno pridobiti ustrezne oziroma točne podatke o nepredvidenih dogodkih na strojih, ki jih potem vključimo v analize in izračune. Z ustreznimi orodij lahko izboljšamo način planiranja oziroma pridemo do pravilne usmeritve za prihodnje aktivnosti. Ves čas je potrebno iskati možnosti prihrankov, ki lahko pripomorejo k večji konkurenčnosti vzdrževanja in posledično seveda tudi

podjetja. Z dobrim vzdrževanjem pridemo do dobrega planiranja proizvodnje, kar posledično pomeni, da nimamo nepotrebnih zalog med fazami proizvodnje in končno, da kupcu dobavimo izdelek, ki je primerne kvalitete, za primerno ceno ter v času, ko ga kupec želi oziroma potrebuje. Zagotoviti moramo, da bo program sposoben pripraviti predloge za planiranje vzdrževanja, ki jih bo seveda potrdil eden od odgovornih v vzdrževanju. Hkrati moramo zagotoviti osnovno detajlno planiranje vzdrževalcev z ustreznimi rezervnimi deli in potrebnim orodjem.

Vse to pa moramo izkoristiti v novem programskem orodju, ki bo pripomogel k večji učinkovitosti vzdrževanja.

5 DEFINIRANJE POJMOV

Pri definiranju pojmov, ki morajo biti upoštevani pri izdelavi programa, izberemo pojme, ki so že uveljavljeni v proizvodnem procesu in tako sodelujočim v procesu olajšamo prehod na nov sistem:

- *Okvara stroja* – prekinitev delovanja stroja; stroj se ustavi v določeni operaciji in ga z funkcijami s katerimi operira operater ni mogoče spraviti v osnovni položaj ali v naslednji korak ali ga normalno zagnati v avtomatskem delovanju;
- *Strojelom* – je okvara stroja, ki ga označuje večja mehanska poškodba enega od glavnih konstrukcijskih ali pogonskih elementov.
- *Hiba stroja* – stroj deluje počasneje od normalnega cikla, stroj proizvaja izdelke z napako ali odpadke, stroj se občasno ustavlja.
- *Nevarno delovanje stroja* – stroj izvaja gibe, ki so nevarni za operaterja. Ti gibi lahko pomenijo nepredvidene gibe stroja. Druga možnost pa je, da ena od varnostnih naprav ne deluje tako, kot bi bilo potrebno;
- *Mazanje* – se izvaja ob delujočem in mirujočem stroju. Mazanje na mirujočem stroju se izvaja na delih, kjer ni možno mazanje med delovanjem. Če perioda preventivnega vzdrževanja zadošča, potem se le to izvaja v teh planiranih

zaustavitvah stroja. V nasprotnem je potrebno mazanje planirati v periodah, ki so predpisane. Mazanje pri delujočem stroju se izvaja na delih, ki niso nevarni za poškodbo mazalca oziroma se uporablja pri strojih, na katerih je izvedeno centralno mazanje, torej je potrebno le napolniti posodo iz katere mazalni aparat potem pošilja mazivo po stroju.

- *Pred-preventivni pregledi* – se izvajajo določeno periodo pred preventivnim vzdrževanjem na stroju, z namenom pregledati stroj v delujočem in mirujočem stanju in ugotoviti dodatne pomanjkljivosti, ki se nato dodajo na spisek preventivnih del, ki so že planirana.
- *Nastavitev stroja* – ob spremembi določene opreme ali polizdelka, je potrebna korekcijska nastavitev stroja, kar zagotavlja potrebno kvaliteto izdelkov. Nastavitev stroja se izvaja tudi pri menjavi dimenzije izdelka, ki se izdeluje na določenem stroju;
- *Umerjanje stroja* – pomeni nastavitev strojnih delov v ustrezne tolerance, pravokotnosti in vzporednosti glede na izhodišče. Pomeni tudi nastavitev orodij in ostale opreme na stroju. Umerjanje se izvaja na različne načine glede na funkcijo stroja;
- *Menjava orodja* – opravljajo za to določene skupine. Menjava orodja se največkrat izvaja zaradi menjave dimenzije, ki se izdeluje na določenem stroju. Občasno je potrebno orodje zamenjati tudi zaradi okvare. Če pa gre za orodje, ki je zaradi stalnosti določenega izdelka montirano dlje časa na stroju, potem se planira preventivne menjave, pri katerih se opravijo ustrezna popravila oziroma mazanje in čiščenje.
- *TPM (Total productive maintenace)* – celovito vzdrževanje opreme pomeni sodelovanje delavcev oz. operaterjev pri vzdrževanju stroja. Delavci izvajajo redno čiščenje stroja glede na mesečni plan. Tu ne gre samo za čiščenje strojev, ampak za pregled stroja med čiščenjem. Operater namreč pregleduje stroj in označi napake na stroju, ki jih vpiše na za to predvidene kartončke. En izvod kartončka obesi na mesto okvare, drugega pa odloži v za to namenjen žep.
- *Lean vzdrževanje* – pomembnost v izračunu dodane vrednosti vzdrževanje ter planiranju vzdrževanja, ko proizvodna oprema nima dodane vrednosti.

6 SPECIFIKACIJA PREDLAGANE PROGRAMSKE OPREME

6.1 OSNOVE NOVE PROGRAMSKE OPREME

Program nadzora nad popravili strojev bo izdelan na osnovi sodobnega računalniškega sistema za vzdrževanje in nam bo služil za spremljanje okvar na strojih v proizvodnji. S pomočjo programa bomo poskušali dobiti ustrezne podatke za planiranje preventivnega vzdrževanja, korektivnega vzdrževanja, remontov in seveda večjih investicij na strojih in opremi oziroma v končnem primeru tudi za zamenjavo določenih strojev z novimi.

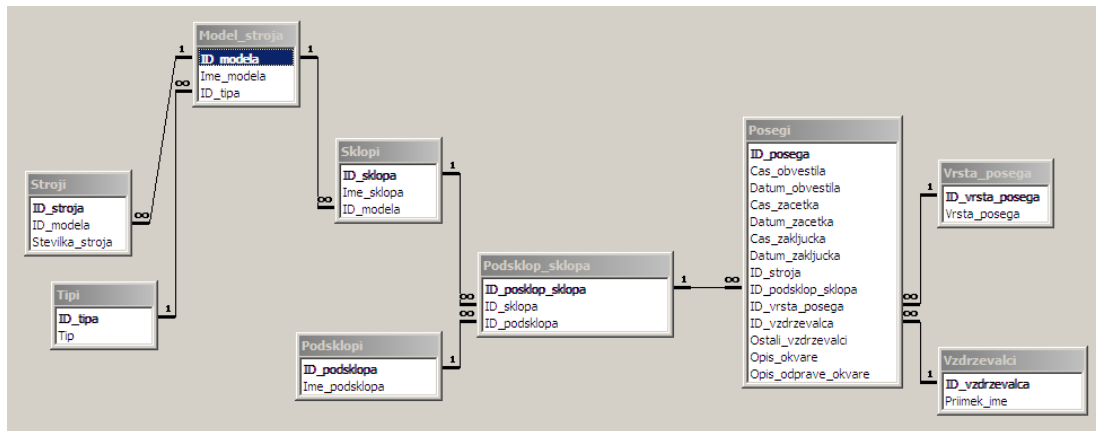
Pri izdelavi programa je glavni cilj pripraviti osnovni obrazec za vnos okvar, ki mora biti čim bolj enostaven za uporabo. Nujno je namreč, da vzdrževalci ne izgubljajo odvečnega časa z vpisovanjem podatkov. Zato je osnovna ideja, da se pripravi čim več stvari z možnostjo izbire oziroma dostopa z enim klikom. Prav tako je potrebno na čim enostavnejši način omogočiti dostop do zbranih podatkov za potrebe nadaljnjega obdelovanja podatkov.

Pomembno je, da ob pričetku ustvarjanja določenega programa oziroma baze podatkov, za pravilno razjasnitev določimo pravilne povezave med tabelami (relationships), ki služijo kot osnovni gradniki baze podatkov. Seveda se zasnova programa lahko razlikuje od prototipa, če med samo izdelavo ugotovimo ustrežnejše relacije, vendar to pomeni veliko dela in izgubljenega časa. Zato smo si najprej zamislili osnovno zgradbo same baze, določili katere tabele so smiselne ter povezave med njimi, pri katerih pričakujemo, da bo funkcionalnost najboljša, izvajanje pa najhitrejše.

Kot je razvidno iz slike 6.1, je potrebno zgradbo programa začeti graditi pri tabelah Sklopi in Podsklopi, ki predstavljata ustrezno bazo podatkov o strojih. Seznam sklopov in podsklopov smo pripravili s pomočjo sestavnic strojev, saj proizvajalec običajno poda

smiselno razdelitev stroja, ki pa jo potem seveda mora obdelati še projektant ob montaži stroja. Za dele, ki niso bili najbolj smiselno opisani in za stroje, za katere sestavnice niso bile narejene, so popise sklopov in podsklopov pripravili najbolj izkušeni vzdrževalci. Ti so najbolj poznali, kateri deli so tisti, kjer so možne okvare in seveda kakšna je najbolj smiselna razdelitev stroja.

Ko imamo tabele pripravljene glede na osnovno zamisel delovanja baze podatkov, zgradimo ustrezne povezave med tabelami (relationships). Na osnovi teh povezav bomo gradili ustrezne vnosne maske in poročila.



Slika 6.1. Povezave med tabelami

Slika povezav predstavlja osnovo za profesionalno izvedbo programa. Model stroja je osnovna tabela, ki jo lahko imenujemo tudi združevalna tabela. Vsaka tabela Model stroja je sestavljena iz ustreznih sklopov, iz katerih je sestavljen stroj in ki so predstavljeni v tabeli Sklopi. Kot smo že omenili, pa so podsklopi osnovni gradniki stroja in osnovni elementi, pri katerih naj bi se vršile analize. Vmesni člen med tabelama Sklopi in Podsklopi predstavlja tabela Podsklop_sklopa, ki naj bi predstavljala skupino dveh elementov, ki sta samo enkrat uporabljena in katerih obdelava nas privede do smiselnih povezav v nadaljnjem shranjevanju in obdelavi podatkov. Povezavo izvedemo z ustrežno masko oz. obrazcem za opis strukture stroja, ki ga prikazujemo v sliki 6.2.

The screenshot shows a software interface for describing machine structure. It features a hierarchical tree view for 'Sklopi' (Assemblies) and 'Podsklopi' (Sub-assemblies). The 'Sklopi' section includes fields for ID, name, and type. The 'Podsklopi' section is a table with columns for 'ID_sklopa' and 'Ime_podsklopa', listing various components like 'vrtenje bobna', 'izpih bobna', 'vakuum', etc.

ID_sklopa	Ime_podsklopa
Levi navijalni boben (BB)	vrtenje bobna
Levi navijalni boben (BB)	izpih bobna
Levi navijalni boben (BB)	vakuum
Levi navijalni boben (BB)	servizor ojačitve
Levi navijalni boben (BB)	zadnja likalna
Levi navijalni boben (BB)	likalna spoja
Levi navijalni boben (BB)	svetlobne črte
Levi navijalni boben (BB)	razsvetljava
Levi navijalni boben (BB)	računalniške mreže
Levi navijalni boben (BB)	krmilna plošča

Slika 6.2. Obrazec za opis strukture stroja

Idejna zasnova programa se mora gibati glede na osnovne gradnike strojev, torej podsklope, sklope in stroje. Pomembnost pravilne sestave stroja se bo pokazala pri analizi strojev.

Glede na idejno zasnovo programa so potem smiselne naslednje tabele:

- *Tabela Podsklopi* vsebuje osnovne gradnike stroja, oziroma najmanjše dele do katerih je razdelitev stroja smiselna. Tu je predvsem pomembno, da podsklop pomeni zaključeno celoto, katera služi za izhodišče analiz in planiranih posegov.
- *Tabela Sklopi* vsebuje smiselno razdelitev stroja, kot npr. stiskalnico na: ogrodje stiskalnice, centralni mehanizem, nakladalec, razkladalna naprava itd.
- *Tabela Podsklop_sklopa* združuje ustrezen podsklop s sklopom določenega stroja in tako združena predstavljata gradnik oziroma smiselni del določenega stroja.
- *Tabela Tipi* vsebuje smiselno porazdelitev skupin strojev, ki predstavljajo stroje z enako funkcijo v procesu proizvodnje. Stroji, ki so enakega tipa, se običajno nahajajo tudi v istem oddelku proizvodnje. Tako bodo lahko služili za informacijo o uspešnosti vzdrževanja po posameznih oddelkih.
- *Tabela Model_stroja* predstavlja porazdelitev tipov strojev, ki opravljajo enako funkcijo (tabela Tipi) po posameznih skupinah strojev, ki so si popolnoma enaki po vseh sestavah sklopov in podsklopov. V večini primerov gre za popolnoma enake stroje.

- *Tabela Stroji* vsebuje vse stroje z njihovo točno identifikacijsko številko, ki se ne more ponavljati. Upoštevali bomo inventarno številko stroja in s tem povezali vse informacije o stroju.
- *Tabela Vrsta posega* je tabela, ki vsebuje možne načine posegov in je odvisna od vzdrževalca ali skupine vzdrževalcev npr. elektro, strojni, mazanje, preventivni;
- *Tabela Vzdrževalci* vsebuje imena in priimke vzdrževalcev, ki so člani skupine vzdrževanja v podjetju.
- *Tabela Posegi* vsebuje vse posege po strojih in predstavlja osnovni gradnik celotnega programa. V njej so shranjeni vsi pomembni podatki določenega posega. Tu gre za datum posega, uro začetka posega, uro konca posega, sodelujoče vzdrževalce pri posegu, vrsto posega, opis okvare, opis odprave okvare ter seveda podatke o stroju, sklopu in podsklopu stroja. V tej tabeli imamo torej vse podatke, ki so potrebni za spremljanje, obdelavo in analizo posegov po strojih.

Tabele, obrazci in ostali gradniki programa bodo predstavljali osnovne gradnike programa, ki mora v končni fazi prinesiti uporabno orodje za uspešno vodenje vzdrževanja.

Seveda pa s tem le pridobimo ustrezne podatke in jih shranimo v ustrezne baze. Nadaljnja obdelava podatkov pa mora biti ravno tako izvedena s programom.

6.2 SPECIFIKACIJE ZA KURATIVNO VZDRŽEVANJE

Kurativno vzdrževanje je, kot smo že omenili, vzdrževanje po zaznani napaki oziroma hibi na stroju. Stroj ne deluje oziroma deluje pod posebnimi pogoji z napako. V takem primeru mora izmenski delovodja izpolniti Obvestilo o napaki na stroju, s katerim v izbrano delavnico vzdrževanja sporoči okvaro (slika 6.3.).

Obvestilo o napaki na stroju

Oddelek	<input type="text" value="Oddelek 1"/>	Datum	<input type="text" value="25.10.2010"/>	Delavnica	<input type="text" value="Elektro 1"/>	<input type="button" value="Shrani"/>	<input type="button" value="X"/>
STROJ	<input type="text" value="Stroj 1"/>	Čas okvare	<input type="text" value="11:54"/>				
Opis okvare							
<input type="text" value="Stroj ne dela"/>							

Slika 6.3. – Izgled vnosa podatkov o napaki na stroju

Na osnovi Obvestila o napaki na stroju, morajo vzdrževalci odpraviti napako. Najprej morajo oceniti ali gre za okvaro stroja, hibo ali samo opažanje delavca npr. škripanje, ropot... Na osnovi opažanja se odločijo, kako sanirati napako. Če gre za okvaro stroja, poskušajo najti vzrok okvare in ga čimhitreje odpraviti. Občasno lahko okvaro odpravijo le delno, torej tako, da stroj deluje s hibo, ki pa omogoča zadostno proizvodnjo brez izgub. Vse to vpišejo v obrazec Napaka na stroju – nalog vzdrževanja (slika 6.4.)

Slika 6.4. – Obrazec za vnos podatkov za vzdrževalca

V primeru, da vzdrževalec izbere možnost »Hiba« mora definirati ali hiba pomeni zmanjšano proizvodnjo ali samo dodatno delo oziroma večjo pozornost pri delu s strojem. V primeru, da vzdrževalec definira »Ni bilo okvare«, mora imeti v podoknu na voljo možnosti za vnos vzroka napake npr. Napaka operaterja, Napaka materiala, Neskladje s predpisom, Ostalo.

6.2.1 Poročila

Osnovno poročilo, ki ga pridobimo iz baze vpisov okvar, mora vsebovati dnevne dogodke. Tabela mora vsebovati naslednje podatke:

- Datum
- Stroj
- Sklop
- Podsklop
- Čas obvestila o okvari
- Čas pričetka popravila
- Čas konca popravila
- Opis okvare
- Opis odprave okvare
- Potrebni material in rezervni deli
- Izvajalec popravila

Naslednja tabela nam mora prikazovati periodo med dvema okvarama na stroju. Tabelo uporabljamo za analizo uspešnosti preventivnega planiranja in popravil ob okvarah.

Vse ostale tabele in grafi se pripravijo ad-hoc in torej pomenijo statistično obdelavo zbranih podatkov. Zaradi pomembnosti bomo ta del obdelali v naslednjem poglavju.

6.3 SPECIFIKACIJE ZA PREVENTIVNO VZDRŽEVANJE

Pri vnosu aktivnosti za preventivno vzdrževanje mora vnosna maska omogočati zelo hiter vnos nalog, ki jih je potrebno opraviti. Enostavno mora biti tudi brisanje in popravljanje posameznih nalog. Omogočena mora biti možnost prilaganja dokumentov k posameznim nalogam. Dokumenti so lahko pisna navodila, tabele, načrti, mazalne sheme, itd.

Za preventivno vzdrževanje mora biti pripravljena vnosna maska (slika 6.5), kjer imamo na voljo izbiro stroja, sklopa, podsklopa ter vnos periode menjave posameznega dela ali pa periode pregleda glede na dokument, ki je definiran za pregled. Maska mora omogočati vnos imena in priimka pregledovalca, datuma pregleda, možnosti planiranja posega glede na izvedeni pregled, datuma planirane izvedbe naloge.

The screenshot shows a software interface for entering maintenance data. It features a yellow background and several components:

- Task List:** A list of tasks (Naloga) with a search button (X) in the top right. The selected task is "Menjava ležaja na valju transporterja 1 - gonilni valj".
- Task Details:** A form with fields for:
 - Pregled opravi:** Janez Jelenc
 - Pregled opravljen dne:** 22.8.2010
 - Planiral:** Janez Repnik
 - Datum planiranja izvedbe:** 30.8.2010
- Reservni deli potrebni za poseg:** A table with columns "Koda" and "Opis".

Koda	Opis
22331144	Ležaj kroglični enoredni 6003
- Naloge v seznamu:** A table listing tasks.

Naloga	Opis
Naloga1	Pregled osi transporterja 2
Naloga 2	Menjava valjčkov na sušilnem transporterju - pazi na mazanje ležajev in namestitve mazalk
Naloga 3	Menjava traku na transporterju 3 - pri zagonu potrebna nastavitve
- Machine Selection:** A list of machines (Stroj) from Stroj 1 to Stroj 11, with "Stroj 2" selected. Above it are buttons for "Oddelek1", "Oddelek2", and "Oddelek3".
- Buttons:** "Shrani" (Save) and "Briši zapis" (Delete record) buttons are located at the bottom right.

Slika 6.5. Izgled vnosa podatkov za preventivno vzdrževanje

Program mora omogočati možnost pregleda vpisanih nalog in sicer glede na tip vzdrževanja (strojno, elektro, hidravlika in mazanje). Za vsak tip mora biti predpripravljena možnost izpisa za določeno časovno periodo. Perioda se izbere med »Mesec« ali »Teden«. Podatke lahko izpišemo glede na posamezen oddelek, delavnico, skupino strojev ali posamezni stroj.

7 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Podatki, ki bodo shranjeni v bazi, dejansko ne pomenijo veliko, če jih ustrezno ne ovrednotimo oziroma obdelamo. Pri obdelavi podatkov moramo zajeti tako daljše okvare kot krajše ponavljajoče se okvare. Majhne vsakodnevne okvare lahko hitro zanemarimo, saj na kratek rok te okvare ne predstavljajo nekega pomembnega vidika. Ko pa potegnemo črto pod daljše časovno obdobje, lahko pridemo do zaključka, da imamo opravka z okvaro, ki ima v tem daljšem obdobju enako težo, kakor neka velika, dolgotrajna, enkratna okvara. Obe vrsti okvar pa moramo ustrezno analizirati.

7.1 ANALIZA VEČJIH OKVAR

Pri analizi večjih okvar moramo definirati, na katerem delu stroja je okvara nastala in predvsem zakaj je nastala ter kakšna je posledica za sam proizvodni proces. Pri vsaki analizi se je potrebno zavedati, da je vzdrževanje le del celote, ki mora zagotoviti, da proizvodi ob pravem času pridejo do kupca. Za izvedbo same analize mora biti pripravljen obrazec, ki ga prikazuje slika 7.1.

1. DATUM ANALIZE _____ 2. ANALIZO IZDELAL _____

3. ODDELEK _____ 4. STROJ _____

5. DATUM OKVARE _____ 6. IZMENA/ČAS OKVARE _____

7. DOLŽINA OKVARE (MIN) _____ 8. ŠTEVILO IZGUBLJENIH PROIZVODOV _____

9. STATUS OKVARE

9.1 OKVARA ODPRAVLJENA

9.2 HIBA – POTREBNO JE _____

9.3 NI ODPRAVLJENA _____

10. ELEKTRO OKVARA 11. STROJNA OKVARA 12. SOFTWARE

10.1 ELEKTRO KRMILJE 11.1 MEHANSKA OKVARA 12.1 POTREBEN RESET

10.2 ELEKTRONIKA 11.2 PNEVMATSKO KRMILJE 12.2 NALAGANJE SOFT.

10.3 ELEKTRO INSTALACIJA 11.3 HIDRAVLIKA 12.3 SPREMEMBA SOFT.

13. Vzrok za nastanek okvare? (Lahko tudi več odgovorov)

<input type="checkbox"/> Obraba elementa	<input type="checkbox"/> Starost elementa	<input type="checkbox"/> Lom elementa	<input type="checkbox"/> Neustrezno mazanje	<input type="checkbox"/> Pregrevanje zaradi nečistoč
<input type="checkbox"/> Pregrevanje - preobremenitve	<input type="checkbox"/> Nepravilna vgradnja	<input type="checkbox"/> Kakovost elementa	<input type="checkbox"/> Cevovodi	<input type="checkbox"/> Zunanji – vremenski vplivi
<input type="checkbox"/> Vrednost dovodnih medijev	<input type="checkbox"/> Puščanje medija	<input type="checkbox"/> Poškodba zaradi tuje sile	<input type="checkbox"/> Napaka operaterja	<input type="checkbox"/> Material na stroju
<input type="checkbox"/> Napaka programa	<input type="checkbox"/> Neznani vzrok			

Ostalo → opiši _____

14. Zakaj je okvara nastala? (Detaljni opis, 5x zakaj)

1. ZAKAJ _____

2. ZAKAJ _____

3. ZAKAJ _____

4. ZAKAJ _____

5. ZAKAJ _____

OPIS, OPOMBE

15. Kdaj je bil opravljen zadnji pregled elementa?

16. Kdo je opravil zadnji pregled elementa?

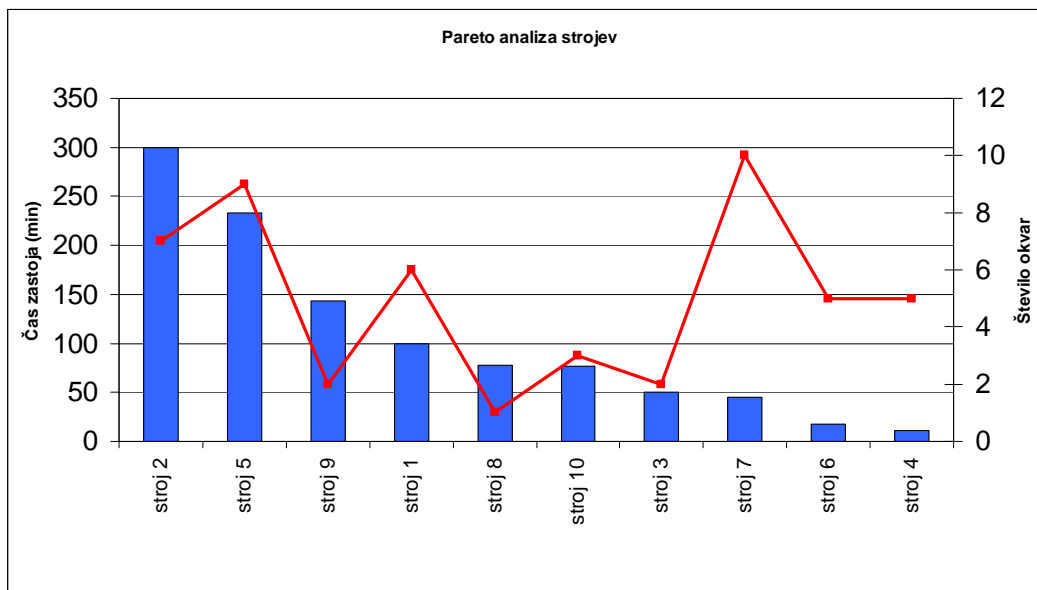
17. Kako preprečiti naslednji zastoj na tem elementu/stroju?

Slika 7.1. Obrazec za analizo zastojev

7.2 PARETO ANALIZA STROJEV

Pri pareto analizi strojev gledamo tako majhne, ponavljajoče okvare, kot velike, dolgotrajne okvare. Analize okvar se dejansko lotimo iz vidika tovarne, kjer gre za grobo

oceno dela v zadnjih mesecih. Da dobimo uporabne podatke se moramo analize lotiti na nivoju oddelka, kjer naredimo pareto analizo po strojih. Zadeva mora delovati povsem avtomatizirano, osnova so podatki, ki se vnašajo preko vnosnih mask. Uporabimo poljubno časovno obdobje, program nam mora omogočiti izbiro obdobja na teden, mesec, leto in večletno periodo. Iz analize pridobimo podatke o strojih z največ okvarami v oddelku v določenem obdobju. Graf mora izgledati kakor prikazuje slika 7.2.



Slika 7.2. Pareto analiza okvar posameznih strojev

Pareto analizo naredimo po naslednjem algoritmu:

Za oddelek:

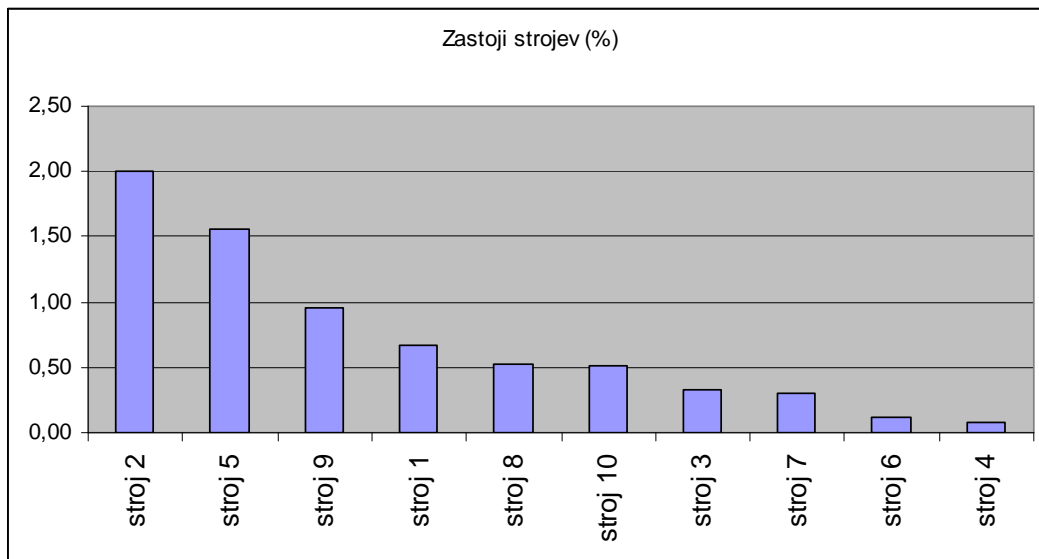
1. izberemo obdobje npr. mesec dni;
2. seštejemo čas trajanja mehanskih okvar na dan v določenem oddelku;
3. seštejemo čas trajanja elektro okvar na dan v določenem oddelku;
4. seštejemo dnevne vrednosti mehanskih okvar za izbrano obdobje;
5. seštejemo dnevne vrednosti elektro okvar za izbrano obdobje;
6. seštejemo vrednost mehanskih in elektro okvar;
7. ponovimo za vsak oddelek;
8. razvrstimo dobljene vrednosti glede na oddelek, od največjega do najmanjšega;

Za stroj:

1. Izberemo obdobje npr. mesec dni.
2. Seštejemo čas trajanja mehanskih okvar na dan na določenem stroju.
3. Seštejemo čas trajanja elektro okvar na dan na določenem stroju.
4. Seštejemo dnevne vrednosti mehanskih okvar za izbrano obdobje.
5. Seštejemo dnevne vrednosti elektro okvar za izbrano obdobje.
6. Seštejemo vrednost mehanskih in elektro okvar.
7. Ponovimo za vsak stroj.
8. Razvrstimo dobljene vrednosti glede na stroj, od največjega do najmanjšega.

Ko imamo pareto analizo narejeno, moramo imeti možnost analize posameznega stroja, ki smo ga izbrali glede na podatke iz pareto analize.

Za vsak oddelek, skupino strojev ali stroj moramo imeti tudi možnost spremljanja kazalca vrednost zastoja glede na določeno časovno obdobje, kot je razvidno iz slike 7.3.



Slika 7.3. Analiza okvar strojev v odstotkih znotraj določenega časovnega obdobja

Algoritem za izdelavo:

1. Izberemo oddelek, skupino strojev ali stroj.

2. Določimo časovno obdobje, za katerega delamo analizo.
3. Za izbrani stroj seštejemo čase znotraj izbranega časovnega obdobja, ko stroj ni deloval zaradi mehanske ali elektro okvare.
4. Izračunamo odstotek ur okvare glede na časovno obdobje.
5. Rezultat se vnese v ustrezno tabelo in graf.

7.3 POGOSTOST OKVAR

Pogostost okvar je eden od ključnih elementov analize, kajti pogosta okvara je lahko še veliko večji problem, kakor okvara, ki se zgodi enkrat, a traja dlje časa. Običajno je pogoste okvare, ki se pojavljajo na istem delu stroja, težje analizirati ter odpraviti njihove vzroke.

Pri pogostosti okvar merimo število dni med dvema okvarama.

7.4 PRIORITETA STROJA

Preden se polotimo kakršnekoli analize strojev, na podlagi rezultatov, ki smo jih dobili s pareto analizo, moramo definirati pomembnost stroja oziroma kakšno vlogo igra stroj v proizvodnem procesu. Glede na vlogo stroja v proizvodnem procesu ločimo:

- *ključni stroj* – ob okvari stroj vpliva na proizvodnjo v zelo kratkem času (2 do 4 ure) oziroma ima velik vpliv na zmanjšanje proizvodnje ob okvari, ki je daljša od 8h. Proizvodnja se namreč ustavi oziroma zmanjša za več kot 30%.
- *pomemben stroj* – stroj vpliva na proizvodnjo ob okvari, ki je daljša od 8h oziroma pomeni ob okvari daljši od 24 ur izpad dela proizvodnje. Proizvodnja se ne ustavi popolnoma, ampak je okrnjena za manj kot 30%.
- *manj pomemben stroj* – stroj vpliva na proizvodnjo ob okvari daljši od 24 ur, vendar ne vpliva na zmanjšanje proizvodnje za več kot 3%. Rezervne dele je mogoče izdelati ali kupiti na prostem trgu v relativno kratkem času.

- *nepomemben stroj* – stroj ima vpliv na proizvodnjo ob okvari daljši od 48 ur. Vpliv na proizvodnjo je manjši od 1%. Možnost, da rešimo okvaro v časovnem obdobju 48 ur je višja od 98%. Ob daljši okvari obstaja tudi možnost prestavitve proizvodnje na enega od podobnih strojev in to ne predstavlja večje količine vložnega dela.

Za zgoraj naštetе kategorije strojev mora v programu obstajati matrika, v katero vpišemo lastnosti stroja.

Da lahko definiramo kategorijo stroja moramo imeti pripravljeno tabelo za klasifikacijo, kot jo prikazujemo v sliki 7.4.

Kategorija stroja	EFEKT NA PROIZVODNI PROCES		POZICIJA V TOKU DODANE VREDNOSTI		VPLIV NA KUPCA	
	ne prekine procesa	prekine proces	ni kritičen	kritičen	majhen	velik
nepomemben	x		x		x	
nepomemben	x			x	x	
manj pomemben	x		x			x
manj pomemben	x			x		x
pomemben		x	x		x	
pomemben		x		x	x	
ključen		x	x			x
ključen		x		x		x

Slika 7.4. Tabela za klasifikacijo kategorije stroja

Tabela mora biti povezana z matriko za klasifikacijo stroja v programu.

Ob pripravi pareto analize, moramo imeti na voljo možnost izbire kategorije stroja. Na ta način lahko ugotovljamo, katerim strojem znotraj iste kategorije moramo posvetiti dodatno pozornost in kje so potrebne dodatne analize in aktivnosti.

7.5 ANALIZA STROJA GLEDE NA VZROK OKVARE

Analiza posameznega stroja se prične tako, da najprej določimo okvaro glede na faktor, ki je povzročil, da je do okvare prišlo. Govorimo o faktorjih, ki jih analiziramo s tako imenovano 4M metodo (men, machine, material, method) glede na vzrok okvare - človek, stroj, material in metoda. Možno je, da ima eden od faktorjev neposreden vpliv na okvaro oziroma, da gre za porazdelitev med posameznimi faktorji. Porazdelitev na posamezne faktorje ocenimo z odstotki glede na težo posameznega vpliva na okvaro.

Človek - obravnava vpliv človeka na določeno okvaro. Obravnavamo zadnji poseg človeka na stroju pred okvaro. Tu gre predvsem za nepravilno rokovanje, nepravilno izbiro korakov cikla, nepravilno namestitev materiala. Lahko gre tudi za predhodno slabo opravljeno popravilo, oziroma slabo izvedeno delo med preventivnim ali predhodnim kurativnim vzdrževanjem.

Stroj – govorimo o napaki, ki je dejansko povezana z mehansko ali elektro okvaro in nanjo nima vpliva človek ali material. Tu obravnavamo dva tipa napak - mehansko poškodbo npr. zlom osi, ki je naključen in je izven predvidene periode za preventivno zamenjavo tega elementa in se je zgodil zaradi napake v materialu ali določene preobremenitve zaradi dejavnika, ki je povezan s strojem. Elektro okvara pa pomeni običajno okvaro elektronskih komponent, ki jih težje predvidimo.

Material – gre za napake, ki so direktno povezane z odstopanjem materiala glede na želeno kvaliteto. Tu lahko govorimo o odstopanju v lastnostih materiala, kvaliteti, merah. Običajno gre pri odstopanju materiala določen delež tudi na človeka, ki je vključil neželeni material v proces proizvodnje na določenem stroju.

Metoda – pomeni nepravilno predpisano delo, kar je povzročilo okvaro stroja. Tu upoštevamo nepravilno napisana ali celo nenapisana pravila glede rokovanja s strojem. Sem štejemo tudi pravila, kako izdelati določen izdelek na stroju.

7.6 ANALIZA GLEDE NA SKLOP

Stroj imamo razdeljen na sklope. Vpliv sklopov na obstoječe okvare mora biti definiran s pareto analizo, kjer mora biti sklop z največ okvarami na prvem mestu. Direktno iz grafa pareto analize mora biti pripravljena pot do dejanskih napak, ki so se zgodile na posameznem sklopu. Da pa sklop predhodno še lažje ocenimo glede njegovega vpliva na delovanje stroja, moramo imeti možnost, da definiramo oziroma klasificiramo posamezne sklope stroja, kot prikazuje slika 7.5.

Kategorija sklopa	EFEKT NA PROIZVODNI PROCES		MOŽNOST PREDVIDEVANJA ZASTOJA		FREKVENCA OKVAR	
	ne prekine procesa	prekine proces	predvidljiv v zgodnji fazi	ni predvidljiv	redka	pogosta
1	x		x		x	
2	x			x	x	
3	x		x			x
4	x			x		x
5		x	x		x	
6		x		x	x	
7		x	x			x
8		x		x		x

Slika 7.5. Resnost predvidene okvare sklopa

Glede na zgornjo tabelo definiramo vse sklope. Kritični sklopi so tisti, ki dobijo oceno od 5 do 8. Za te sklope mora biti pripravljena možnost vnosa periode preventivnega vzdrževanja oziroma možnosti prediktivnih ali modernejših metod vzdrževanja.

8 SKLEP

S programom za nadzor nad popravili strojev bomo povečali učinkovitost vzdrževanja in tako pripomogli k večji konkurenčnosti podjetja. Za konkurenčnost podjetja je namreč zelo pomembno, da izkoristi vsako možnost za povečanje izkoriščenosti strojev in zmanjšanje količin potrebnega materiala in polizdelkov med procesi. To lahko dosežemo tudi z

učinkovitim nadzorom nad nepredvidenimi okvarami in primernim načrtovanjem preventivnih posegov na strojih, ki pa naj bi seveda bili čim krajši.

Vse zgoraj naštete elemente lahko uspešno izboljšujemo le z dobrimi podatki o delovanju strojev oziroma sklopih, ki jih sestavljajo. Pri tem je zelo pomembno, da pridobimo točne podatke o osnovnih vzrokih okvare stroja ali sklopa, kajti le taki podatki so lahko dobra osnova za načrtovanje preventivnih posegov.

Dober zajem podatkov o dogajanju na strojih, je torej eden od ključnih elementov za uspešno funkcioniranje visoko produktivnega podjetja ter uspešen boj na konkurenčnem trgu.

9 VIRI IN LITERATURA

- [1] Andrej Androjna: "*Vzdrževanje po vrednosti*", Vzdrževalec, oktober 2005.
- [2] Janez Marolt: "*Organizacija vzdrževanja delovnih sredstev*", Moderna organizacija, 1990.
- [3] Lean management institut: "*Lean Maintenance system*", Lean Management institut – English version 1.0, February 2007.
- [4] Roger Jennings: "*Special Edition Using Microsoft Access 2000*", QUE, May 1999.
- [5] Tomaž Dogša, Matej Šalamon: "*Računalniško dokumentiranje in načrtovanje*", FERl, 2000.
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Lean_manufacturing, 17. januar 2010.
- [7] www.lean.org, Knowledge Center/ Presentations, 14. maj 2010.
- [8] www.maintenanceonline.org, Downloads, 17. junij 2009.
- [9] http://reliabilityweb.com/index.php/articles/totla_productive_maintenance/, 21. julij 2010.
- [10] http://en.wikipedia.org/wiki/Total_productive_maintenance, 14. avgust 2010.



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko

IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisani/-a Bojan Jenčič,z vpisno številko 93492172,

sem avtor/-ica diplomskega dela z naslovom:

Sistemske specifikacije za računalniško podprt nadzor nad popravili strojev

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal/-a samostojno pod mentorstvom (naziv, ime in priimek)

prof. dr. Tomaža Dogše

in somentorstvom (naziv, ime in priimek)

- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela v DKUM.

V Mariboru, dne 19.6.2011

Podpis avtorja/-ice:



Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko,
računalništvo in informatiko

IZJAVA O USTREZNOSTI DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani mentor prof. dr. Tomaž Dogša izjavljam, da je
(ime in priimek mentorja)
študent Bojan Jenčič izdelal diplomsko
(ime in priimek študenta-tke)
delo z naslovom: Sistemske specifikacije za računalniško podprt nadzor nad
popravili strojev
(naslov diplomskega dela)

v skladu z odobreno temo diplomskega dela, Navodili o pripravi diplomskega dela in
mojimi navodili.

Datum in kraj:

Maribor 13.6.2011

Podpis mentorja:

T. Dogša

UNIVERZA V MARIBORU

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
(ime fakultete)

IZJAVA O ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE VERZIJE ZAKLJUČNEGA DELA IN
OBJAVI OSEBNIH PODATKOV AVTORJA

Ime in priimek avtorja (avtorice): Bojan Jenčič

Vpisna številka: 93492172

Študijski program: ELEKTROTEHNIKA smer AVTOMATIKA

Naslov zaključnega dela: SISTEMSKE SPECIFIKACIJE ZA RAČUNALNIŠKO PODPRT
NADZOR NAD POPRAVILI STROJEV

Mentor: prof.dr. Tomaž Dogša

Somentor: _____

Podpisani-a Bojan Jenčič izjavljam, da sem za potrebe arhiviranja oddal-a elektronsko verzijo zaključnega dela v Digitalno knjižnico Univerze v Mariboru. Zaključno delo sem izdelal-a sam-a ob pomoči mentorja. V skladu s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 16/2007) dovoljujem, da se zgoraj navedeno zaključno delo objavi na portalu Digitalne knjižnice Univerze v Mariboru.

Tiskana verzija zaključnega dela je istovetna elektronski verziji, ki sem jo oddal-a za objavo v Digitalno knjižnico Univerze v Mariboru. Podpisani-a izjavljam, da dovoljujem objavo osebnih podatkov, vezanih na zaključek študija (ime, priimek, leto in kraj rojstva, datum zagovora, naslov zaključnega dela) na spletnih straneh in v publikacijah UM.

Kraj in datum: Maribor, 22.6.2011

Podpis avtorja (avtorice):

