

# Utjecaj mikroklimatskih uvjeta rada na određivanje standarda vremena

---

Šprljan, Mario

Undergraduate thesis / Završni rad

2009

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:929853>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-16**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

**ZAVRŠNI RAD**

Mario Šprljan

Zagreb, 2009.

Sveučilište u Zagrebu  
**Fakultet strojarstva i brodogradnje**

**UTJECAJ MIKROKLIMATSKIH UVJETA RADA NA  
ODREĐIVANJE STANDARDA VREMENA**

Mentor:  
doc.dr.sc. Miroslav Čar

Student:  
Mario Šprljan

Zagreb, 2009.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Povjerenstvo za završne i diplomske radove

Studij STROJARSTVO

Industrijsko inženjerstvo i menadžment



Zagreb, 13. studeni 2008.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet strojarstva i brodogradnje

Datum

Prilog

Klasa:

Ur.broj:

## ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **MARIO ŠPRLJAN**

Mat. br.: 0023042855

Naslov: **UTJECAJ MIKROKLIMATSKIH UVJETA RADA NA ODREĐIVANJE  
STANDARDA VREMENA**

Opis zadatka:

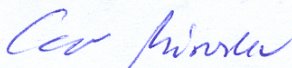
U radu je potrebno:

1. Utvrditi teorijske postavke studija vremena koje se odnose na postupak određivanja ili mjerenja vremena izvođenja različitim metodama i tehnikama. U završnom dijelu postupka izračunavanja izložiti sastavne elemente izvođenja rada, s težištem na dodatnom vremenu izraženom pripadajućim koeficijentima.
2. Utvrditi teorijske postavke studija rada i ergonomije koje se odnose na mikroklimu pri izvođenju rada na radnom mjestu, s težištem na utjecajnim parametrima za određivanje i izračunavanje standarda vremena izvođenja rada.
3. Izabrati uzorak poduzeća, proizvoda, proizvodnih i tehnologijskih sustava i procesa, radnih mjesta ili strojeva te operacija za koje utvrditi utjecajne mikroklimatske parametre te za njih provesti postupak mjerenja i odrediti stvarne vrijednosti parametara.
4. Za izabrani uzorak izabranom metodom i tehnikom izmjeriti ili odrediti vremena za uzorak operacije te, uzimajući u obzir vrijednosti mikroklimatskih parametara iz (1), izračunati normative vremena i standarde vremena u obliku normativa vremena i vremenske norme. Predložiti moguća poboljšanja ostvarenog postupka i/ili pojedinih obilježja.

Zadatak zadan:

26. studenog 2008.

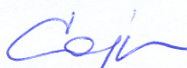
Zadatak zadao:

  
Doc.dr.sc. Miroslav Car

Krajnji rok predaje rada:

Studeni 2009.

Predsjednik povjerenstva

  
Prof. dr. sc. Franjo Cajner

## Sažetak

Završni rad obrađuje teorijske postavke studija rada i ergonomije koji se odnose na utjecaj mikroklimatskih parametara okoline na rad čovjeka.

U prvom poglavlju dan je opis elemenata vremena rada, opis metoda snimanja vremena koje se koriste pri izračunu norme izvođenja rada, te druge teorijske postavke i zakonitosti važni za studij rada.

U drugom poglavlju obrađuje se utjecaj okoline na rad čovjeka i na standarde vremena, a poseban naglasak dan je na mikroklimatske parametre, temperaturu zraka, relativnu vlažnost i brzinu strujanja zraka.

U trećem poglavlju objašnjen je postupak mjerenja mikroklimatskih parametara u odabranom poduzeću. Izmjerene su vrijednosti mikroklimatskih parametara i određene vrijednosti koeficijenta utjecaja okoline koji je potreban za izračun norme u posljednjem poglavlju.

Na kraju u četvrtom poglavlju izračunana je norma za izabrane dvije operacije u tehnološkom procesu proizvodnje čelične armature za armirano-betonske stupove, te je zaključeno o teorijskim i praktičnim razlikama vrijednosti kao posljedici mikroklimatskih utjecaja.

# SADRŽAJ

<b>POPIS SLIKA</b> .....	6
<b>POPIS TABLICA</b> .....	6
<b>POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA</b> .....	7
<b>Izjava i zahvale</b> .....	8
<b>UVOD</b> .....	9
<b>1.0. TEORIJSKE POSTAVKE ODREĐIVANJA VREMENA RADA</b> .....	10
1.1. Postavke studija rada i studija vremena.....	10
1.1.1. Postavke svrhe, ciljeva, strukture i zadataka SR.....	10
1.1.2. Postavke temeljnih elemenata u modelu određivanja vremena.....	11
1.1.3. Sastavni elementi izvođenja rada i vremena.....	13
1.2. Postavke određivanja vremena izrade.....	15
1.3. Pristupi i modeli, te daljnje razine određivanja vremena.....	16
1.3.1. Metode, tehnike i postupci određivanja vremena.....	16
1.3.2. Metode, tehnike i postupci mjerenja vremena.....	17
1.4. Zaključak.....	25
<b>2.0. TEORIJSKE POSTAVKE MIKROKLIME I NJENOG UTJECAJA</b> .....	26
2.1. Klima i okolina sustava različitih obilježja.....	26
2.2. Okolina, održiva okolina i makroklima.....	26
2.3. Mikroklima.....	26
2.3.1. Pojam i druga obilježja mikroklimе.....	26
2.3.2. Utjecajni parametri mikroklimе.....	27
2.3.2.1. Opisni i nemjerljivi utjecajni parametri.....	27
2.3.2.2. Kvantificirani/Brojčano izraženi utjecajni parametri.....	27
2.3.2.2.1. Kvantificirani parametri kao mjerilo općeg stanja sustava.....	27
2.3.2.2.2. Kvantificirani parametri kao mjerilo utjecaja na elemente mikrosustava.....	28
2.3.2.2.2.1. Elementi prostor i oprema.....	30
2.3.2.2.2.2. Element čovjek.....	31
2.3.2.2.2.3. Element parametra sustava različitih razina.....	31
2.4. Zaključak.....	31
<b>3.0. PRIMJENA UTVRĐIVANJA MIKROKLIMATSKIH PARAMETARA</b> .....	32
3.1. Izbor objekta istraživanja.....	32
3.2. Izbor mikroklimatskih parametara za utvrđivanje.....	33
3.3. Primjena metoda, tehnika i postupaka utvrđivanja mikroklimatskih parametara.....	33
3.4. Zaključak.....	37
<b>4.0. IZRAČUNAVANJE VREMENA IZRADA I NORME</b> .....	38
4.1. Postupak izračuna vremena za operaciju 1.....	38
4.1.1. Priprema mjerenja vremena.....	38
4.1.2. Mjerenje vremena.....	38
4.1.3. Obrada podataka i analiza rezultata.....	41
4.1.4. Izračunavanje vremena izrade i norme izabrane operacije.....	54

4.2.	Postupak izračuna vremena za operaciju 2.....	55
4.2.1.	Priprema mjerenja vremena.....	55
4.2.2.	Mjerenje vremena.....	55
4.2.3.	Obrada podataka i analiza rezultata.....	58
4.2.4.	Izračunavanje vremena izrade i norme izabrane operacije.....	66
4.3.	Zaključak.....	66
<b>5.0.</b>	<b>ZAKLJUČAK.....</b>	<b>67</b>
<b>6.0.</b>	<b>LITERATURA.....</b>	<b>68</b>
<b>PRILOG</b>	<b>.....</b>	<b>69</b>

## POPIS SLIKA

- Slika 1.1** Podjela, zadaci, ciljevi i svrha studija rada  
**Slika 1.2** Shema raščlambe vremena rada  
**Slika 1.3** Struktura dodatnog vremena  
**Slika 1.4** Shema podjele rada  
**Slika 1.5** Kronometar 1/100 min  
**Slika 1.6** Kronometar 1/10 000 h  
**Slika 1.7** Prednja strana snimačkog lista za povratnu metodu očitavanja (obrazac)  
**Slika 1.8** Stražnja strana snimačkog lista za povratnu metodu očitavanja (obrazac)  
**Slika 1.9** Dijagram uvježbavanja  
**Slika 2.1** Efektivna temperatura po Yaglo-u (odjeven čovjek u mirovanju)  
**Slika 3.1** Stroj za sječenje čeličnih šipki (detalj)  
**Slika 3.2** Stroj za savijanje čeličnih šipki  
**Slika 3.3** Uređaj za mjerenje mikroklimatskih parametara  
**Slika 4.1** Prednja strana snimačkog lista za operaciju 1 (sječenje)  
**Slika 4.2** Stražnja strana snimačkog lista za operaciju 1 (sječenje)  
**Slika 4.3** List za analizu zahvata 1/1  
**Slika 4.4** List za analizu zahvata 1/2  
**Slika 4.5** List za analizu zahvata 1/4  
**Slika 4.6** List za izračunavanje vremena izrade operacije 1 (sječenje)  
**Slika 4.7** Prednja strana snimačkog lista za operaciju savijanja  
**Slika 4.8** Stražnja strana snimačkog lista za operaciju savijanja  
**Slika 4.9** List za analizu zahvata 2/1  
**Slika 4.10** List za analizu zahvata 2/2  
**Slika 4.11** List za izračunavanje vremena izrade operacije savijanja

## POPIS TABLICA

- TABLICA 2.1** IZMJENA ZRAKA U SATU PO OSOBI  
**TABLICA 2.2** VRIJEDNOSTI TEMPERATURE ZRAKA I VLAŽNOSTI ZRAKA  
**TABLICA 2.3** STRUJANJE ZRAKA I TEMPERATURA ZRAČENJA OKOLINE  
**TABLICA 3.1** REZULTATI MJERENJA PARAMETARA OKOLINE  
**TABLICA 4.1** POKUSNO SNIMANJE OPERACIJE 1 (SJEČENJE)  
**TABLICA 4.2** USPOREDBA FREKVENCIJA OČITANJA VREMENA ZA ZAHVAT 1/1  
**TABLICA 4.3** USPOREDBA FREKVENCIJA PZ ZA ZAHVAT 1/1  
**TABLICA 4.4** USPOREDBA FREKVENCIJA OČITANJA VREMENA ZA ZAHVAT 1/2  
**TABLICA 4.5** USPOREDBA FREKVENCIJA PZ ZA ZAHVAT 1/2  
**TABLICA 4.6** USPOREDBA FREKVENCIJA OČITANJA VREMENA ZA ZAHVAT 1/4  
**TABLICA 4.7** USPOREDBA FREKVENCIJA PZ ZA ZAHVAT ¼  
**TABLICA 4.8** POKUSNO SNIMANJE OPERACIJE 2 (SAVIJANJE)  
**TABLICA 4.9** USPOREDBA FREKVENCIJA OČITANOG VREMENA ZA ZAHVAT 2/1  
**TABLICA 4.10** USPOREDBA FREKVENCIJA PZ ZA ZAHVAT 2/1  
**TABLICA 4.11** USPOREDBA FREKVENCIJA OČITANJA VREMENA ZA ZAHVAT 2/2  
**TABLICA 4.12** USPOREDBA FREKVENCIJA PZ ZA ZAHVAT 2/2



## POPIS OZNAKA I MJERNIH JEDINICA

$t_N$ , VJ	- Ukupno vrijeme
$t_1$ , VJ	- Normno vrijeme/ Norma
$t_{PZ}$ , VJ	- Pripremno-završno vrijeme
$t_t$ , VJ	- Tehnološko vrijeme
$t_p$ , VJ	- Pomoćno vrijeme
$t_d$ , VJ	- Dodatno vrijeme
$K_n$	- Koeficijent zamora
$K_a$	- Koeficijent djelovanja okoline
$K_d$	- Dopunski koeficijent
$t_a$ , VJ	- Vrijeme automatike stroja
$L$ , mm	- Duljina puta alata
$i$	- Broj prolaza alata
$n$	- Broj okretaja
$f$	- Posmak
$t_0$ , VJ	- Aritmetička sredina vremena izvođenja
$K_{PZ}$	- Koeficijent procjene zalaganja
$T_{nc}$ , VJ	- Potrebno vrijeme izrade s-te izvođene jedinice
$T_1$	- Vrijeme izrade prve izvođene jedinice
$s$	- Broj izvođene jedinice ( redni broj)
$K_S$	- Koeficijent stabilizacije radnog mjesta
$t_{max}$ , VJ	- Maksimalno vrijeme očitavanja
$t_{min}$ , VJ	- Minimalno vrijeme očitavanja
$v_e$ , °C	- Efektivna temperatura
$v$ , °C	- Temperatura zraka,
$W$ , %	- Relativna vlažnost
$v$ , m/s	- Brzina strujanja zraka
$E$ , W/m <sup>2</sup>	- Toplinsko zračenje
$\varepsilon$	- Pogreška snimatelja
$\sum t_c$ , VJ	- Ukupno snimljeno vrijeme svih zahvata i gubitaka
$\sum t_{gk}$ , VJ	- Zbroj gubitaka koje je imao analitičar vremena
$\sum t_{gn}$ , VJ	- Zbroj gubitaka koje je imao izvođač rada
$t_{uk}$ , VJ	- Ukupno vrijeme trajanja zahvata operacije za vrijeme snimanja
$V_t$	- Koeficijent varijacije vremena izvođenja zahvata
$i$	- Širina razreda
$V_{PZ}$	- Koeficijent varijacije procjene zalaganja
$t_n$ , VJ	- Sormalno vrijeme izrade
$\sigma_t$ , $\sigma_{PZ}$	- Standardne devijacije skupa vremena izvođenja i procjene zalaganja
$r$	- Keficijent korelacije
$t_i$	- Stvarno vrijeme izrade

## **Izjava i zahvale**

Ovaj rad rađen je samostalno. Preporuke i savjete u pisanju rada i razradi teme primao sam od svog mentora doc. dr.sc. Miroslava Cara, kojem se iskreno zahvaljujem.

Zahvaljujem se gosp. Darku Ivankoviću dipl. ing. strojarstva što me je uputio u proizvodni proces poduzeća ARMIRAČ d.o.o. i postupke mjerenja mikroklimatskih parametara.

Svaki dio ovog rada smije se javno objaviti.

## UVOD

Nakon maturiranja u Tehničkoj školi Šibenik upisao sam se na studij strojarstva u Splitu, po nastavnom programu koji još nije bio oblikovan u skladu sa Bolonjskim procesom. Studirajući u Splitu susreo sam se sa osnovama strojarstva, odnosno tehnologijama u strojarstvu, zatim primjenom računala, te matematike i fizike u inženjerstvu. Nakon nekog izvjesnog vremena, moj brat koji studira građevinu i ja odlučili smo se prebaciti na sveučilište u Zagrebu, vođeni željom da upoznamo glavni grad naše domovine i diplomiramo na cijenjenim fakultetima kako u Hrvatskoj, tako i u svijetu. U Zagrebu sam upisao FSB gdje sam nakon zajedničkog dijela studija uz polaganje ispitne razlike izabrao smjer Industrijsko inženjerstvo i menadžment, jer htjedoh upoznati sfere proizvodnje i povezanost strojarstva sa ekonomijom, odnosno menadžmentom. Traženje najboljeg rješenja proizvodnog ili nekog drugog procesa u odnosu na raspoloživa sredstva smatram jako korisnim i dobrim, uz uvjet da se ne našteti čovjeku i njegovoj okolini. Na posljednjoj godini preddiplomskog studija susrećem se sa stručnim kolegijima koji traže baš to.

Područje Studija rada i ergonomije, koje studenti imaju prilike upoznati u sklopu kolegija Projektiranje tehnoloških procesa, odabrao sam kao temu za svoj ZAVRŠNI RAD. Tu se vodi briga o prilagođavanju rada čovjeku, što je zanimljivo istraživati, kako meni tako i uopćeno. Rad se tako oblikuje da ne bude previše naporan za izvođenje, te se tako smanjuje rizik od oboljenja radnika. Također se studijem rada i vremena može približno točno i nedvosmisleno utvrditi što se zapravo treba raditi i u kojem roku, što poboljšava komunikaciju i razumijevanje među ljudima u poslu.

Ovaj završni rad obrađuje teorijske postavke studija rada i ergonomije koji se odnose na utjecaj mikroklimatskih parametara okoline na rad čovjeka.

# 1.0 TEORIJSKE POSTAVKE ODREĐIVANJA VREMENA RADA

## 1.1. Postavke studija rada i studija vremena

### 1.1.1. Postavke svrhe, ciljeva, strukture i zadataka SR, [1, 2]

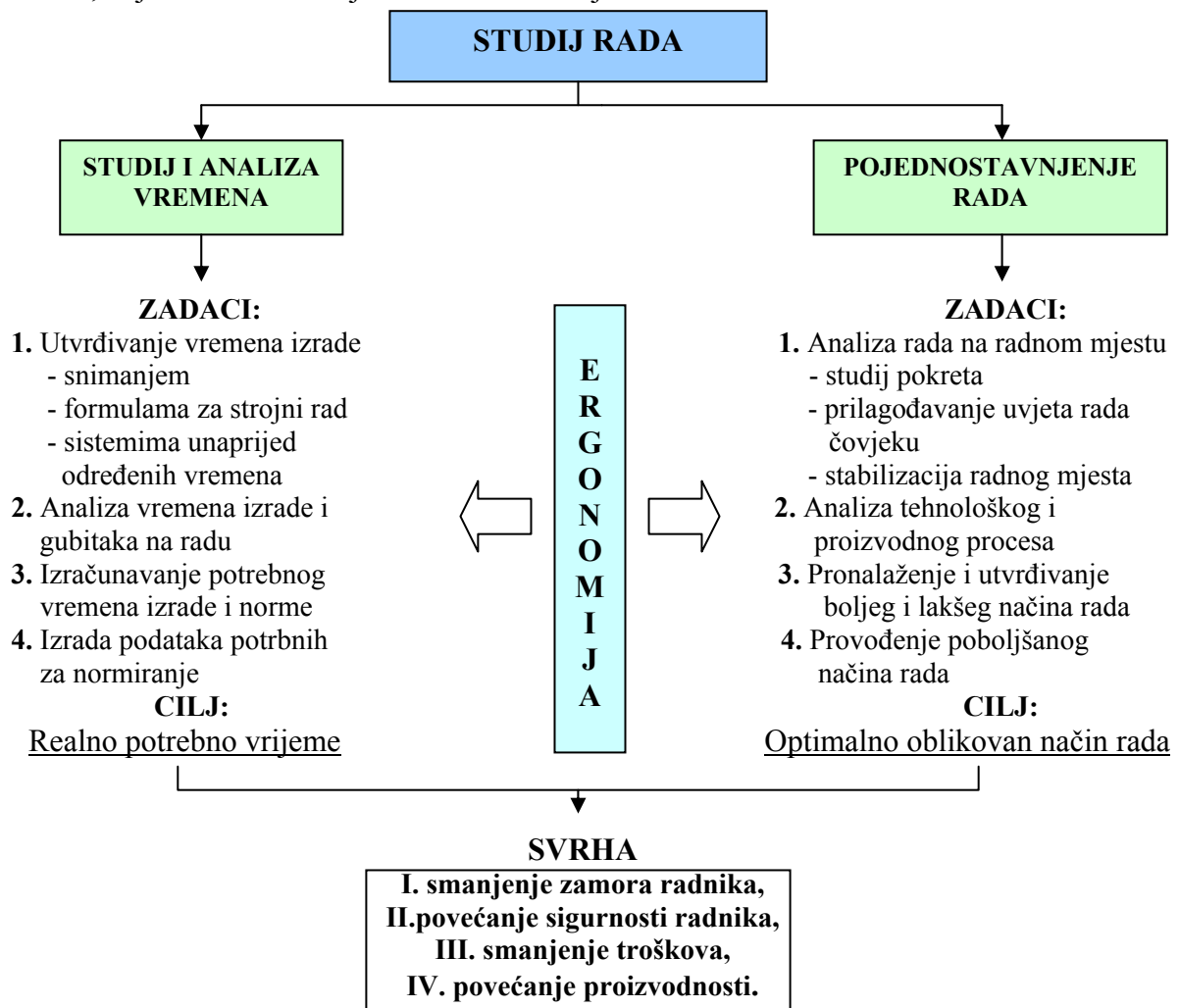
**Studij rada** je znanstvena disciplina čiji je zadatak znanstvenim metodama, logičkim, cjelovitim i sustavnim analizama doći do:

- optimalno oblikovanog načina rada pomoću prilagođavanja radnog mjesta, metoda i uvjeta rada čovjeku;
- realno potrebnog vremena izrade i ispravno izračunane norme, koja mora biti organizacijsko mjerilo humano oblikovanog rada.

Za ostvarenje zadataka, ciljeva i svrhe studija rada, potrebno je obuhvatiti sljedeće:

- **Studij i analiza vremena**, čime se utvrđuje u ovisnosti o metodama, sredstvima i radnim uvjetima, objektivno potrebno vrijeme za pravilno izvršavanje postavljenih zadataka, pri čemu se uzima u obzir uvježbanost, normalno zalaganje i zamor izvršitelja rada;
- **Pojednostavnjenje (racionalizacija) rada** kojim se pojednostavljuje, unapređuje, te olakšava rad radnika. Pri tom se u bilo kojem slučaju ne smije težiti povećanju brzine rada radnika već primjeni najprikladnijeg ritma rada.

Zadatke, ciljeve i svrhe studija rada može se vidjeti na slici 1.1.



Slika 1.1 Podjela, zadaci, ciljevi i svrha studija rada

Studij rada je znanstvena disciplina koja obuhvaća rad sa ljudima i za ljude. Iz tog razloga osobe koje se bave studijem rada moraju imati dobre komunikacijske sposobnosti, znati prenijeti drugima svoje zamisli, znati zadržati dani autoritet, kako bi pridobili radnike na suradnju.

Studij rada može se promatrati kao interdisciplinarna komponenta organizacije rada.

Pojam studija rada se može razumjeti kroz elemente tehnološkog procesa, a to su:

- čovjek,
- radna sredstva,
- predmeti rada,
- informacije,
- usluge.

**Čovjek** se kod neautomatiziranih sustava promatra kao najvažniji čimbenik u proizvodnji, stoga se sav rad na strojevima i uređajima i vrijeme izvršavanja tog rada moraju njemu prilagoditi. Tako je moguće s minimalnim naporom postići velik učinak rada.

Vrijeme izrade određenog zadatka (rada) potrebno je utvrditi normiranjem.

Prilikom normiranja najvažniji čimbenik je da određeni zadatak može obaviti prosječno uvježban i prosječno brz radnik. Ne smije se težiti povećanju brzine obavljanja zadatka.

**Radna sredstva** koja sudjeluju u proizvodnom procesu su: zemljišta, zgrade i oprema.

Oprema služi za obavljanje rada, a ista mogu biti: naprave (energetske, proizvodne ili prijevozne), alat (strojni ili ručni), prijevozna sredstva unutarnjeg transporta i ostali inventar.

**Predmeti rada** mogu biti: sirovine, materijal, poluproizvodi i dijelovi.

**Informacije** su predstavljeni podaci, obavijesti i opisi koji mogu biti u numeričkom obliku ili se predstavljaju tijekom razgovora. Informacije trebaju biti točne i aktualne.

**Usluge** su također bitne za proizvodni proces, a mogu biti prijevozne, poštanske, telefonske i druge usluge. Dije se na vanjske i unutarnje usluge.

### 1.1.2. Postavke temeljnih elemenata u modelu određivanja vremena, [1, 3]

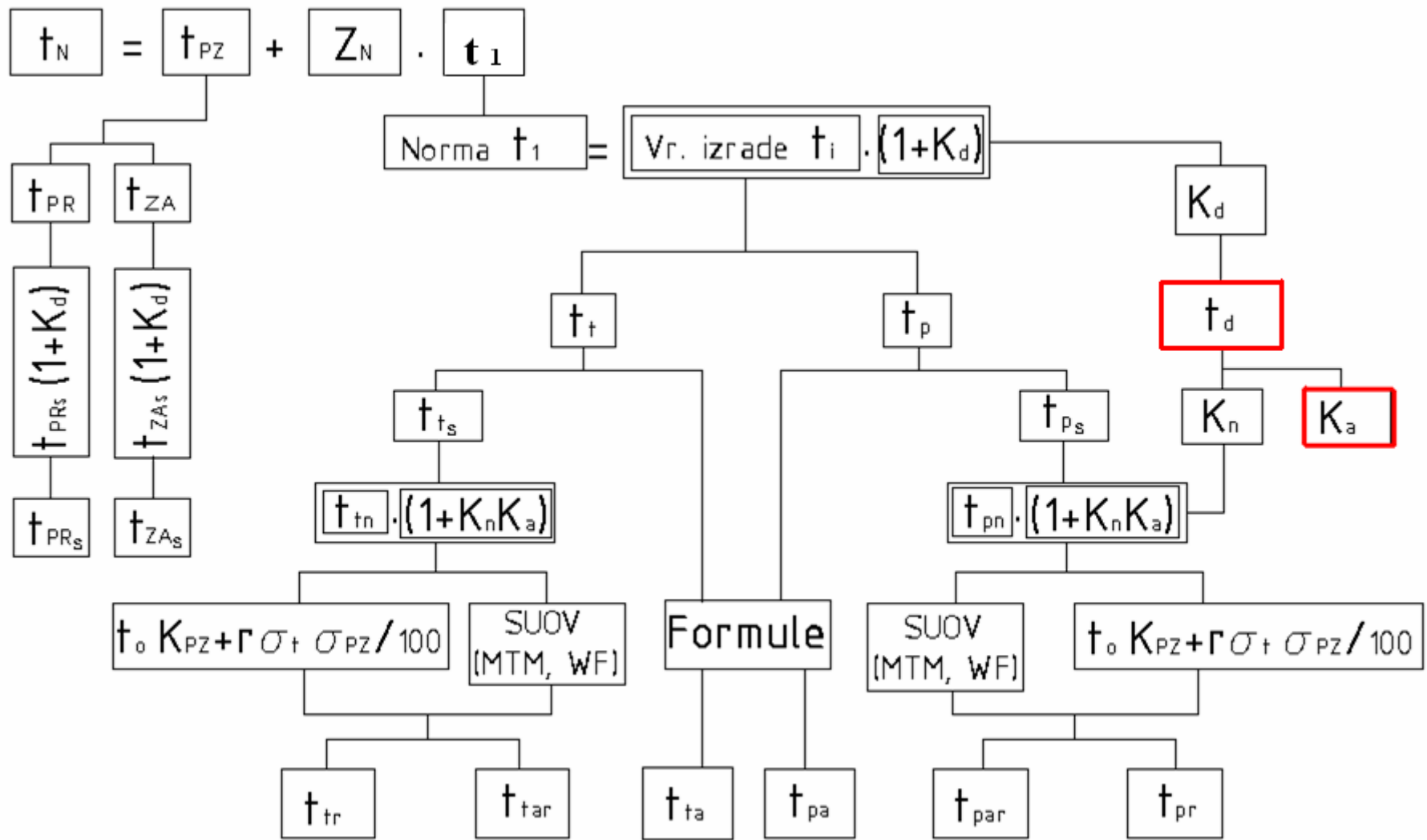
U modelu određivanja vremena ukupno vrijeme rada se može podijeliti na temeljne elemente.

**Ukupno vrijeme**,  $t_N$  je zapravo vrijeme izrade serije koje je potrebno da se izvede određeni posao zadan radnim nalogom. Ukupno vrijeme se sastoji od sljedećih elemenata prikazanih shematski na slici 1.2. Na slici je istaknut element dodatno vrijeme i pripadajući koeficijent dodatnog vremena- koeficijent utjecaja okoline.

**Normno vrijeme/ Norma**,  $t_1$  se utvrđuje studijem i analizom vremena,

a predstavlja vrijeme koje potrebno prosječno uvježbanom radniku na njemu prilagođenom i stabiliziranom radnom mjestu za izradu jednog komada, uz korištenje predaha tijekom radnog vremena. Norma služi kao organizacijsko mjerilo rada, odnosno kao orijentacija za ono što se želi postići, a ne za ono što već postoji. Pravilno izračunana norma služi za izračun troškova, te za nastojanja oko povećanja proizvodnosti. Radnike se treba poticati na takav rad koji će biti potpuno u skladu sa utvrđenom normom, nikako na njen premašaj ili podbacivanje.

Norma se sastoji od vremena izrade (koje se pak sastoji od tehnološkog i pomoćnog vremena) i dodatnog vremena izraženog dodatnim koeficijentom.



Slika 1.2 Shema raščlambe vremena rada

### 1.1.3. Sastavni elementi izvođenja rada i vremena, [1, 4]

**1) Pripremno-završno vrijeme,  $t_{PZ}$ .** Sastoji se od potrebnog vremena za pripremu radnog mjesta za izvođenje nekog posla (u shemi označeno sa  $t_{PR}$ ), zatim vremena za uređenje tog radnog mjesta nakon rada (u shemi označeno sa  $t_{ZA}$ ).

Pripremni radovi mogu biti:

- upoznavanje s radnom dokumentacijom
- dobivanje materijala pripremljenog za obradu (sirovac, poluproizvod)
- pripremanje radnog mjesta (namještanje, provjeravanje, učvršćivanje pribora i alata, premještanje pojedinih uređaja...)
- vrijeme programiranja (ako se radi o CNC stroju)
- izvršavanje postupka u vezi s pokusnom obradom

Završni radovi mogu biti:

- predaja gotovog izratka, materijala i dijelova
- pospremanje radnog mjesta i dovođenje u početno stanje (skidanje pribora, alata, dijelova i uređaja...)
- vraćanje alata, naprava i pribora u skladište

Pripremno-završna vremena mogu se ustanoviti i snimanjem slike radnog dana, te metodom trenutačnih zapažanja. Inače za sve ručne radove ili strojno-ručne radove, vremena se mogu ustanoviti samo snimanjem ili sistemom unaprijed određenih vremena.

**2) Tehnološko vrijeme,  $t_t$ .** Vrijeme koje je potrebno za izvršavanje efektivnog rada, odnosno vrijeme u kojem se događa promjena oblika, dimenzije ili strukture (npr. toplinska obrada materijala) obradka (ili predmeta rada). Teži se najvećem mogućem udjelu ovog vremena u normi. Na tehnološko vrijeme može se utjecati parametrima obrade (brzina rezanja, posmak, dubina rezanja). Tehnološko vrijeme može biti:

- strojno vrijeme (ili vrijeme automatike stroja),  $t_a$
- strojno-ručno vrijeme,  $t_{ar}$
- ručno vrijeme,  $t_r$

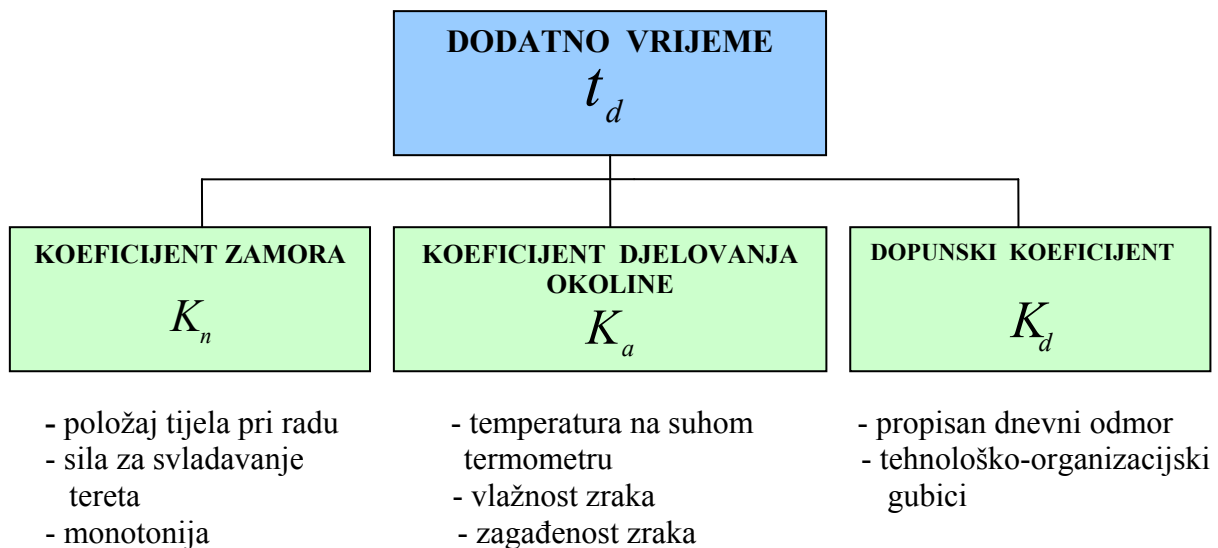
Strojno vrijeme, budući da nema nikakvog ručnog rada, se određuje iz formula, tablica ili dijagrama. Strojno-ručno i ručno vrijeme određuju se snimanjem (npr. sa kronometrom i to povratnom metodom) ili pak sistemom unaprijed određenih vremena.

**3) Pomoćno vrijeme,  $t_p$ .** Vrijeme obavljanja pomoćnih poslova potrebnih da se omogući tehnološko vrijeme. Pomoćna vremena također mogu biti:

- posve ručna (radnju obavlja sam radnik bez služenja sa strojem),  $t_{pr}$
- strojno-ručna (radnik se služi i strojem),  $t_{par}$
- posve automatska (npr. primicanje alata pri obradi na CNC stroju),  $t_{pa}$

Pomoćna vremena se teži svesti na najmanji mogući udio u vremenu izrade, a s tim i u normi. To se ostvaruje automatiziranjem.

**4) Dodatno vrijeme,  $t_d$ .** Vrijeme koje je potrebno dodati u normi kako bi radnik mogao izvršiti posao u propisanom roku. Ako bi se za normu uzelo samo vrijeme izrade, radnik tu normu ne bi mogao izvršiti uz normalno zalaganje, jer u proizvodnji uvijek postoje dodatni gubici vremena za koje radnik nije kriv. Dodatno vrijeme izražava se u postocima vremena izrade. Tri utjecajna koeficijenta kojima se izražava dodatno vrijeme prikazani su na sl. 1.3.



Slika 1.3 Struktura dodatnog vremena

### Koeficijenti dodatnog vremena

**Koeficijent zamora,  $K_n$ .** Ovaj koeficijent se uzima u obzir zbog psihičkog i fizičkog zamora tijekom radnog dana. Svaki posao zamara, stoga ako se ne koriste povremeni kratki odmori tijekom radnog dana, doći će do prevelikog zamora i radnik će svakim novim radnim danom biti više iscrpljen. Takav oblik rada doveo bi do apsentizma, fluktuacije radnika ili bolovanja, što svakako nije dobro. Zato se ovi povremeni kratki odmori računavaju u normu. Postoje razni oblici koeficijenta zamora, a to su:

- Zamor zbog svladavanja tereta (ovisi o težini posla).
- Zamor zbog nenormalnog položaja tijela (normalni položaji tijela pri radu su stajajući i sjedeći položaj, dok svi ostali položaji zahtijevaju veći napor).
- Zamor zbog monotonije u radu (monotoni rad stvara više mentalni zamor nego fizički, stoga se treba uvesti preinake posla npr. mijenjanjem radnih zadataka, radnih mjesta ili pak uvođenjem glazbe u rad u određenim trenucima).

U prilogu, tablica 6.1 su dane veličine koeficijenta zamora za razne vrste posla.

**Koeficijent djelovanja okoline,  $K_a$ .** Za vrijeme rada radnik je izložen djelovanju okoline, ljudi, te sredine koja ga okružuje. Okolina može nepovoljno djelovati na radnika, pa se tako smanjuje učinak radnika, a povećava se utrošak energije u odnosu na obavljanje iste vrste posla u normalnim uvjetima okoline. Najveći utjecaj, sa stanovišta okoline, na učinak radnika i na njegovo zdravlje imaju: temperatura, vlažnost zraka, aero zagađenje (zapršenost, zadimljenost, plinovi), razna zračenja.

Ako su štetni utjecaji okoline posljedica tehnološkog procesa, tada se mora vremenu izrade dodati i vrijeme potrebno radniku za povremeno sklanjanje od tih štetnih utjecaja u obliku ovog koeficijenta. U **PRILOGU 3** su dane vrijednosti koeficijenta djelovanja okoline ovisno o efektivnoj temperaturi i stupnju utjecajnosti okoline.

**Dopunski koeficijent,  $K_d$ .** Dopunski koeficijent je promjenjiv i mijenja se u ovisnosti o organizacijskom stanju poduzeća, vrsti posla, zaposlenoj muškoj ili ženskoj osobi i slično. Određuje se za svaki odjel ili radno mjesto posebno. Dopunski koeficijentom se izražava vrijeme dodano za propisani odmor, za fiziološke potrebe i za organizacijske gubitke.



Dopunski koeficijent ovisi o:

- Propisanom dnevnom odmoru (najčešće je to 30 min potrebnih za uzimanje jela i ne smije se miješati sa potrebnim predasima tokom radnog dana i povremenim kraćim predasima, koji su uračunati preko koeficijenta zamora).
- Fiziološkim potrebama (vrijeme za fiziološke potrebe iznosi od 2% do 8% od vremena izrade).
- Organizacijskim gubicima (odnose se na onaj dio dodatnog vremena za koji radnik nije kriv, pa se ovo vrijeme treba priznati u normi).

Primjeri oblika organizacijskih gubitaka su:

- službeni razgovor,
- održavanje radnog mjesta (čišćenje i podmazivanje, stroja i uređaja prije, tijekom i na kraju rada),
- održavanje alata (zamjena istrošenog ili oštrenje),
- kvar stroja (svi sitni kvarovi koji nastaju slučajno),
- održavanje uvjeta radne okoline (podešavanje grijanja, zračenja i osvjetljenja),
- uklanjanje nepodesnog materijala,
- čekanje na kontrolu ili transportno sredstvo,
- uzimanje pribora i materijala za pomoć u radu,
- nestašice alata, mjerila i radne dokumentacije,
- davanje podataka za obračun,
- održavanje HTZ propisa

Boljom organizacijom rada smanjuju se ovi gubici, a sa tim i vrijeme izrade. Dodatni koeficijent se razlikuje ovisno o poduzeću, jer svako poduzeće može imati različiti način organiziranja rada, odnosno poslovnih i tehnoloških procesa.

## **1.2 Postavke određivanja vremena, [1, 4]**

Prvi dio postavki su opće postavke Studija i analize vremena, a neke od njih su sljedeće:

Vrijeme je moguće i potrebno odrediti različitim pristupima:

- teorijskim pristupom,
- objektivnim pristupom,
- praktičnim, subjektivnim pristupom.

Teorijski pristup znači da se svaka tehnologija, metoda, tehnika i postupci mogu primijeniti u svim okolnostima.

Objektivni pristup znači da se jedna tehnologija, metoda, tehnika i postupak mogu primijeniti u određenim okolnostima, jer je za takve okolnosti isto najekonomičnije.

Praktični, subjektivni pristup znači da se jedna tehnologija, metoda, tehnika i postupak mogu primijeniti u svim okolnostima.

Prije određivanja norme potrebno je stabilizirati radno mjesto, odnosno ispuniti određene uvjete. Tek nakon toga je moguće odrediti realno vrijeme trajanja pojedinih zahvata, odnosno pojedine operacije zbrojivši sve zahvate. Krajnji cilj je odrediti vrijeme izrade cijele serije, odnosno vrijeme izvršenja radnog naloga.

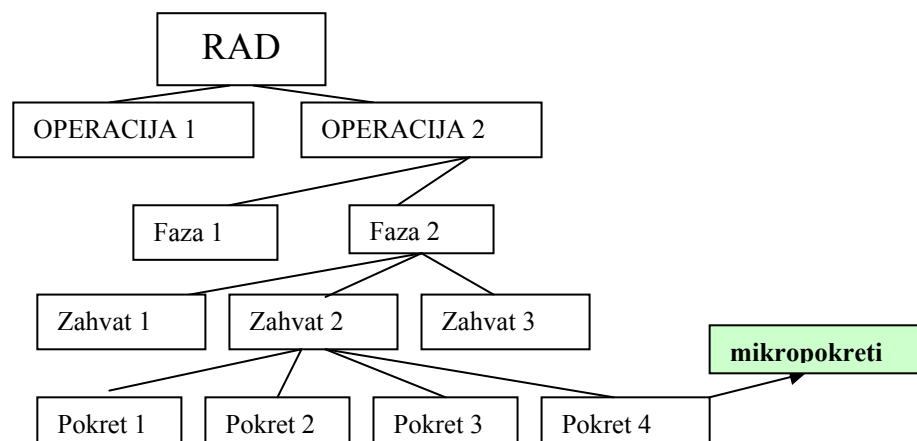
Za izračun realnog vremena, odnosno realne norme potrebno je koristiti određene metode i tehnike. Nakon utvrđivanja vremena, ako postoje varijacije i gubici potrebno je otkriti njihov uzrok i ako je moguće, otkloniti ih.

Vrijeme je moguće odrediti točno utvrđenim i egzaktnim načinima. Prema uvjetima i ograničenjima izabrati najekonomičniji ili najrentabilniji način.

Drugi dio postavki predstavljaju strukturu tehnologija, metoda, tehnika i postupaka određivanja vremena istraženih u daljnjim podnaslovima.

### 1.3. Pristupi i modeli, te daljnje razine određivanja vremena, [1, 2]

Vrijeme trajanja rada odnosno izvršenja radnog naloga (npr. izrada serije od N komada) može se odrediti tek podjelom rada na operacije koje je potrebno izvršiti u tehnološkom procesu. Izvršenje pojedine operacije pri izradi dijela ponavlja se N puta (dakle ovisi o veličini serije). Operacije se dalje opet dijele na faze, zatim faze na zahvate, koje opet mogu biti podijeljene na pokrete, te na poslijetku se pokreti dijele na mikropokrete (slika 1.4). Mikropokreti zapravo predstavljaju osnovu izvršenja svih složenijih pokreta. Mikropokreti jednom utvrđeni mogu se pojaviti u izvođenju bilo kojih složenijih pokreta. Izračunavanjem vremena mikropokreta može se odrediti i vrijeme cijele operacije (načelo SUOV).



Slika 1.4 Shema podjele rada

#### 1.3.1 Metode, tehnike i postupci određivanja vremena, [1, 4]

Vrijeme je moguće odrediti točno utvrđenim metodama, tehnikama i postupcima određivanja vremena

- iskustveni,
- snimanjem,
- formule, dijagrami i tablice,
- SRD (slika radnog dana),
- MTZ (metoda trenutačnih zapažanja),
- SUOV (sistemi unaprijed određenih vremena):

MTZ i SRD služe za analizu gubitaka na radu.

Za *Iskustveni način* određivanja vremena nije potrebna temeljita podjela rada jer se vrijeme određuje na temelju iskustva rada sa sličnim operacijama. Ovakav način određivanja vremena se više ne koristi u praksi jer tako određeno vrijeme nije potpuno točno i upotrebljivo za izračun norme. Iskustvenim načinom vrijeme se može odrediti sa:

- procjenom u cijelosti za posao ili operaciju,
- procjenom po sastavnim dijelovima posla ili operacije (povećava se točnost),
- revizijom na temelju evidencije izvršenja norme.

*Formule i dijagrami* služe za izračunavanje vremena za strojni rad. Svaka različita operacija sadrži i različiti alat za obradu. Ovisno o alatu mijenjaju se i parametri obrade (brzina rezanja, posmak, način obrade...). Okvirno se može uzeti izraz (1.1) za izračunavanje strojnog vremena.

$$t_a = \frac{L \cdot i}{n \cdot f} \dots\dots\dots(1.1)$$

$t_a$  - vrijeme automatike stroja (strojno vrijeme)

$L$  - duljina koju treba obraditi (put alata)

$i$  – broj prolaza alata (omjer debljine materijala koju treba obraditi i dubine rezanja)

$n$  – broj okretaja (obradka ili alata)

$f$  – posmak

*Sistemi unaprijed određenih vremena* koriste ideju da se zbrajanjem mikropokreta u zahvate određuje vrijeme zahvata, a s tim i cijele operacije. Vremena mikropokreta su određena snimanjem različitih radnika sa kamerama. Na temelju velikog broja snimljenih podataka izračunava se vrijeme mikropokreta. U obzir su uzimani faktori kao što su dužina pokreta, težina tereta, oblik predmeta, vrsta pokreta i sl.

Nekoliko sistema unaprijed određenih vremena su:

- MTM, Method Time Measurement
- RTM, Robot Time Motion
- WF, Work Factor System
- BMT, Basic Motion Timestudy
- DMT, Dimensional Motion Times
- MTA, Motion Time Analysis
- MCD, Master Clerical Data

Prednosti ovih sistema su:

- dobivena vremena izrade su vrlo točna,
- otpada snimanje vremena kronometrom, a s time i procjena zalaganja,
- objektivnost dobivenih rezultata, koji vrijede za prosječnog radnika,
- moguća je predkalkulacija jer se vremena utvrđuju unaprijed,
- mogućnost pronalaženja boljeg načina rada i određivanja ekonomičnijeg procesa rada, a time i stabilizacije radnog mjesta i uvjeta rada,
- zahtijeva se bolja poduka radnika o izvršavanju rada, te i bolje izvršavanje,
- omogućuje se izbor pogodne opreme, alata i naprava,
- daju se smjernice za bolju konstrukciju proizvoda,
- omogućuje se određivanje normalnih vremena za razne ručne radove.

### **1.3.2 Metode, tehnike i postupci mjerenja vremena, [1, 2]**

Prilikom određivanja vremena snimanjem također je potrebno prikupiti što više podataka i to različitim modelima snimanja. Snimanje se može obavljati sa:

- kronometrom, koja je ujedno i najčešća metoda snimanja,
- kamerom, u vidno polje može se postaviti mikrokronometar tako da se vrijeme može očitavati prilikom gledanja filma, a dobro je to što više analitičara vremena može snimati radnika i da ga ne ometaju,
- tahometrom, s kojima se mjere kružna gibanja,
- magnetofonom,
- elektroničkim instrumentima za registraciju vremena.

Modeli mjerenja vremena rada su:

- **Model A.** Najčešće primjenjivan model gdje osnovni skup predstavlja trajanje neke operacije koju izvodi jedan radnik u vremenskom trajanju od  $N$  izvođenja. Uzima se samo jedan uzorak uz dovoljan broj očitavanja.
- **Model B.** Osnovni skup je isti kao kod modela A, samo se snima više puta u toku izvođenja rada određene operacije, odnosno uzima se više uzoraka
- **Model C.** Osnovni skup predstavlja izvođenje rada na istoj operaciji s više radnika, a snima ih jedan analitičar u različitim trenucima.
- **Model D.** Jednog radnika snima više analitičara u isto vrijeme.
- **Model E.** Istog radnika snimaju više analitičara vremena više puta u tijeku izvođenja rada operacije.
- **Model F.** Osnovni skup predstavlja izvođenje iste operacije s više radnika, a više analitičara vremena ih snima u različitim trenucima i to nasumičnim izborom.

### Mjerenje vremena kronometrom

Najstarija i najpoznatija metoda određivanja vremena izrade po sastavnim elementima je mjerenje vremena kronometrom. Ova metoda služi se matematičkom statistikom i teorijom vjerojatnosti (iz osnovnog skupa vremena trajanja određenog zahvata uzima se uzorak). Ovu metodu koristi se za prikupljanje osnovnih podataka za tipične vrste poslova (to su tipični zahvati u pojedinoj operaciji). Nakon statističke obrade utvrđuju se vremena izrade tih tipičnih zahvata i upotrebljavaju se za izračunavanje norme.

Snimajući pripremno-završna, tehnološka i pomoćna vremena prikupiti će se mnogo podataka o istovrsnim operacijama, zahvatima ili čak pokretima, te će ih se moći unijeti u tablice i dijagrame. U tablicama su odvojeno prikazana pripremno-završna, tehnološka i pomoćna vremena. Također se može metodom trenutačnih zapažanja dobiti podatke o gubicima u proizvodnji u pojedinim odjelima, te izračunati dodatni koeficijent dodatnog vremena. Ovako izrađene tablice ili dijagrami nazivaju se podloge vremena izrade. Te podloge će dalje služiti za proračun vremena izrade pojedinih zahvata bez potrebe snimanja prilikom izvođenja posla.

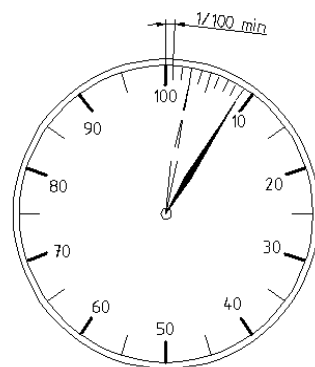
Oprema za snimanje:

1) kronometar,

vrste kronometara su:

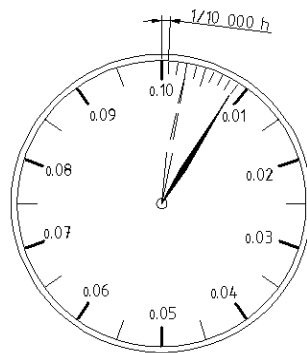
- minuta podijeljena na 100 zarezova ( $1/100$  min), prikazano na slici 1.5,
- sat podijeljen na 10 000 zarezova ( $1/10\ 000$  h), prikazano na slici 1.6.

2) pomoćni instrumenti (metar, termometar, higrometar)



*Kazaljka je opisala luk od 6 VJ što predstavlja 3,6 sekundi*

Slika 1.5 Kronometar  $1/100$  min



Kazaljka je opisala luk od 6 VJ što predstavlja 2,16 sekundi

Slika 1.6 Kronometar 1/10 000 h

Postoje dvije metode mjerenja vremena kronometrom: protočna i povratna metoda.

### Protočna metoda

Postoje tri načina očitavanja vremena: očitavanje po stupcu (najčešći način), očitavanje po retku, kombinirano očitavanje.

Svaki se zahvat kao i kraj operacije očitava dok je kazaljka u pokretu (nema prekidanja i vraćanja kazaljke na početak). Kronometar se ne zaustavlja ni u slučaju zastoja u radu. Ti zastoji upisuju se u snimačkom listu kao gubici u radu, u dijelu koji predstavlja rubriku prekida (od – do). Sat se zaustavlja tek na kraju izvođenja neke operacije i pri tome se očitava ukupno vrijeme trajanja te operacije. Operacija je u snimačkom listu podijeljena na zahvate, tako da svaki zahvat ima rubriku za upisivanje protočnog i jediničnog vremena (jedinično vrijeme predstavlja trajanje pojedinog zahvata u određenom rednom broju snimanja). Nakon određenog broja snimanja dobije se skup vrijednosti trajanja svakog pojedinog zahvata. Potrebno je izračunati aritmetičku sredinu trajanja, raspon, zbroj svih vremena, te izračunati normalno vrijeme, za svaki zahvat pojedinačno. Izraz za izračunavanje normalnog vremena protočnom metodom glasi:

$$t_n = t_0 \cdot K_{PZ} \dots\dots\dots(1.2)$$

$t_0$  - aritmetička sredina pojedinog zahvata u operaciji

$K_{PZ}$  - koeficijent procjene zalaganja za operacij

Nedostatak ove metode je što se za svako pojedino snimanje određenog zahvata ne navodi usporedno i procjena zalaganja, što bi davalo realnije podatke za sliku stvarnog stanja, nego se navodi ukupni koeficijent procjene zalaganja.

### Povratna metoda snimanja kronometrom

Potreban je kronometar koji ima mogućnost povratka kazaljke u početni položaj (na 0) nakon očitavanja vremena pojedinog zahvata. Ovim načinom se očitavaju jedinična vremena svakog zahvata i upisuju se u snimački list, tako se točno vidi koliko je pojedini zahvat trajao. Pri povratku kazaljke postoji mogućnost pogreške, od nekoliko mili sekundi. Stoga što je veći broj snimanja, biti će i veća pogreška. Ta pogreška uzima se kao mjerilo uvježbanosti snimatelja, naziva se pogreška snimatelja i smije se kretati u granicama  $\pm 1,5 \%$ . Ujedno se i pored svakog očitavanja jediničnog vremena upisuje i procjena zalaganja, što daje realnije podatke za sliku stvarnog stanja (normativ vremena će više odgovarati stvarnom stanju).

Pri tome se može izračunati koeficijent varijacije za procjenu zalaganja, kao i za vrijeme izvođenja pojedinog zahvata. Ovo će se detaljnije prikazati u analizi vremena izrade i norme. Primjer snimačkog lista za povratnu metodu očitavanja vremena (prednja i stražnja strana) prikazan je na slici 1.7 i 1.8.

Upotrebom povratne metode trebali bi se dobiti isti rezultati kao i upotrebom protočne metode. Ipak korištenje povratne metode ima nekoliko prednosti:

- izravno se očitavaju i registriraju jedinična vremena svakog zahvata, pri čemu se upisuju i procjene zalaganja,
- može se izračunati greška snimača,
- isti je način očitavanja vremena bez obzira na redoslijed izvođenja zahvata,
- lako se uočavaju nepravilnosti u radu,
- vrijeme opravdanih zastoja vezanih uz tehnološki proces se može izračunati,
- jednostavno je bilježenje vremena zastoja u radu koji nisu vezani za, tehnološki proces.

<b>Snimački list broj _</b>		Radnik		Uvježbanost
Snimio	Nacrt	1.		
Dne	Nalog	2.		
Početak	Količina kom	3.		
Svršetak	Radionica	4.		
Trajanje	Poslovođa	5.		
$t_{uk}$ [VJ]	Brigadir	6.		
Predmet				
Operacija				
Radno mjesto		Materijal	Oblik	Izmjere
Alat		u operaciju		Težina
Mjerila		Iz operacije		
Režimi rada				
Stanje zraka	Temperatura	$K_a =$	Uvjeti rada: <div style="border: 1px solid black; background-color: #e0f0ff; padding: 5px; display: inline-block; margin-top: 10px;"> <b>Uvjeti rada za svaki zahvat posebno</b> </div>	
	rel. Vlažnost	$K_d =$		
	efekt. temp.			
	čestice			
	Gustoća			
Skica radnog mjesta		Mjerilo 1 cm =		
<div style="border: 1px solid black; background-color: #e0f0ff; padding: 10px; display: inline-block; margin-top: 50px;"> <b>Prostor za skicu radnog mjesta</b> </div>				

Slika 1.7 Prednja strana snimačkog lista za povratnu metodu očitavanja (obrazac)

$t_{gk}$	Polja za unos rednog broja zahvata u operaciji																	
	Polja za opis svakog pojedinog zahvata																	
	PZ	$t$	PZ	$T$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$		
	Stupac za unos snimljenih podataka trajanja zahvata																	
	Stupac za unos podataka za procjenu zalaganja																	
	$t_{gn}$	Polja za unos gubitaka na radu od strane analitičara vremena i radnika																
		Polja za unos sume podataka za $t$																
$\sum t$	30 podataka u jednom stupcu																	
D – doprema, T – teško ide, E – otprema, Z – zapinje, M – loš materijal, X - izvanredno																		
$\sum t_c = \sum t + t_{gk} + t_{gn}$ $= \text{VJ}$								$\varepsilon = \frac{\sum t_c - t_{uk}}{t_{uk}} \cdot 100$ $= \%$										
<b>Pogreška snimatelja</b>																		

Slika 1.8 Stražnja strana snimačkog lista za povratnu metodu očitavanja (obrazac)

Prije nego se pristupi snimanju vremena potrebno je ispuniti određene uvjete kako bi dobivena vremena bila što bolja slika stvarnog stanja:

- 1) razvijanje suradnje
- 2) stabilizacija uvjeta rada
- 3) uvjeti prilikom snimanja (opis)

## 1) Razvijanje suradnje

Da bi se postigla dva posljednja uvjeta prvo je potrebno razviti suradnju između analitičara vremena, poslovođe i radnika. Ovo zapravo znači da bi poslovođa i radnici trebali biti upoznati sa ciljevima snimanja vremena, te dati svoj pristanak i postupati prema uputama analitičara vremena. Npr. može se javiti potreba o uređenju radnog mjesta i stabilizaciji rada, jer se jedino tako mogu ostvariti optimalni rezultati snimanja. Izračunana norma će pri tome odgovarati u velikoj mjeri stvarnom stanju procesa rada.

## 2) Stabilizacija uvjeta rada

Stabilizirani uvjeti rada znače da se rad obavlja uvijek na isti način i pod jednakim okolnostima, kod čega se mora voditi računa o radnom mjestu i metodi rada, o analitičaru vremena i o izvršiocu rada.

Prije snimanja se mora provjeriti:

- da li je posve određen tehnološki proces,
- da li je određen optimalni razmještaj materijala, dijelova, alata i opreme,
- da li je radno mjesto prilagođeno radniku,
- da li je optimalno riješeno opskrbljivanje materijalom i dijelovima na radno mjesto i otprema gotovih izradaka,
- da li je okolina u kojoj se posao obavlja normalna.

Načela kojih se treba pridržavati pri stabilizaciji uvjeta rada su:

- Strojevi, alati, naprave, mjerila i pomoćni uređaji moraju biti uvijek ispravni za rad.
- Sigurnosni uređaji moraju biti uvijek u ispravnom stanju, a radnici podučeni kako da ih koriste.
- Alati, materijal, predmeti rada i mjerila moraju biti smješteni blizu i nasuprot radniku, kako bi se mogli lako dohvatiti i to unutar normalnog, odnosno maksimalnog polja dohvata ruke.
- Položaj alata, materijala, mjerila i predmeta rada mora biti točno određen i razmješten onim redosljedom kako će se upotrebljavati. Mjerni instrumenti moraju biti tako smješteni da na njima ne pada direktna sunčeva svjetlost, odnosno na onim mjestima gdje ne dolazi do povišenja ili sniženja temperature u toku rada.
- Svi alati, materijal, mjerila, i pomagala moraju biti smješteni u položaj prikladan za prihvaćanje i korištenje (to se postiže upotrebom stalaka, podloga, držača i slično).
- U izvođenju rada se mora izostaviti sve što je nepotrebno (suvišno dotjerivanje, popravljivanje, pripasivanje).
- Rad se mora odvijati na temelju točno i potpuno ispunjenih dokumenata, te jasnih i jednoznačnih propisa i uputa.
- Radnik mora biti u radu podučeni i uvježban (barem prosječno uvježban).
- Visina radnog mjesta i stolca neka je takva da je moguć sjedeći ili stojeći rad.
- Na radnom mjestu mora se osigurati prikladno osvjetljenje.
- Uvjeti rada i radna okolina moraju se održavati u zadovoljavajućem stanju.

Također, važan čimbenik stabilizacije uvjeta rada je pouzdanost analitičara vremena, što se može postići jedino ispravnom naobrazbom, zatim prosječna uvježbanost izvršitelja rada i njegovo poznavanje tehnološkog procesa.



### Prosječna uvježbanost radnika

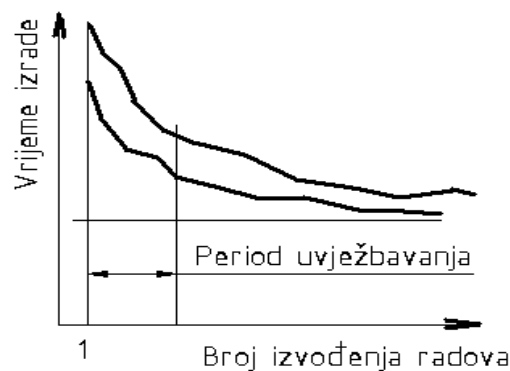
Potrebno je odrediti pojam prosječne uvježbanosti izvršitelja rada. Uvježbavanje u radu je važno pri određivanju vremena izvođenja nekog posla, što je izravno povezano s određivanjem norme. Svaki posao koji se opetovano izvodi pod istim uvjetima postaje lakši nakon određenog vremena. Izvršioc rada svakim novim izvođenjem iste vrste posla uvježbava pokrete ruku i cijelog tijela. Pri tome se javlja mnogo manje nesigurnosti u izvršavanju posla, te je potrebno i manje vrijeme. Dakle uvježbavanjem radnika neprestano se smanjuje vrijeme izvršavanja posla. Vrijeme izvođenja smanjivati će se do neke određene vrijednosti ispod koje se ne će moći ići uz iste uvjete rada. To se može prikazati krivuljom uvježbavanja (slika 2.7) koja prikazuje asimptotsko približavanje nekoj određenoj vrijednosti (proizlazi iz matematičkog izraza). Ta vrijednost vremena izrade nastupa nakon perioda uvježbavanja. Nakon tog perioda može se reći da je radnik prosječno uvježban. Iz ovoga slijedi da se radnika može snimati i snimljena vremena uračunati u normu samo kad je radnik prosječno uvježban u izvođenju posla. Inače se ne bi dobila realna slika stvarnog stanja rada. Izraz za izračunavanje potrebnog vremena izrade ovisno o broju izvođenja nekog posla glasi: Do smanjenja prosječnog vremena izrade od oko 20 %, dolazi kod svakog novog udvostručenja broja izvođenih operacija (ili broja komada), izraz (1.3):

$$T_{nc} = \frac{T_1}{s^{0,32}} \dots\dots\dots(1.3)$$

$T_{nc}$  - potrebno vrijeme izrade s-te izvođene jedinice

$T_1$  - vrijeme izrade prve izvođene jedinice

s – broj izvođene jedinice ( redni broj)



Slika 1.9 Dijagram uvježbavanja

### 3) Uvjeti prilikom snimanja

Nakon što se uspostavi suradnja sa poslovođom i izvršiocima rada, te nakon što se ustanovi da je radno mjesto stabilizirano, analitičar vremena mora učiniti slijedeće:

- operaciju koju snima podijeliti na zahvate,
- unijeti sve podatke o izvođenju rada,
- izvršiti pokusno snimanje i odrediti potreban broj očitavanja.

### *Podjela operacije na zahvate*

Podjela operacije na zahvatu je bitna jer se tako lakše može analizirati sve pogreške u radu. Operacija predstavlja istovrsni neprekidni rad jednog ili više radnika na jednom radnom mjestu s jednim ili više alata, prilikom čega se vrši promjena oblika, izmjera ili strukture materijala (odnosno predmeta obrade - obradka).

Zahvati su sastavni dio operacije, a mogu biti strojni, strojno-ručni i ručni, te mogu označavati tehnološke i pomoćne radove.

Razlozi za podjelu operacije na zahvate su:

- Postoje zahvati strojnih, strojno-ručnih i ručnih radova.
- Razlikuje se tehnološke i pomoćne zahvate koji su uvijek isti bez obzira na to u kojoj se operaciji izvode.
- Vrijeme pojedinog zahvata ovisi o nekim čimbenicima koji mogu biti različiti kod raznih zahvata (varijacije).
- Koeficijent zamora i djelovanja okoline dodaju se na vremena zahvata, a ne na vrijeme operacije na koje se pak dodaje dodatni koeficijent dodatnog vremena.
- Podloge vremena se izrađuju za zahvate.

### *Unošenje potrebnih podataka.*

Neposredno prije snimanja mora se pripremiti snimački list. U snimački list se upisuju svi potrebni podaci koji se odnose na predmet obrade, radnika, radno mjesto, uređaje, naprave i alate. Također se mora ucrtati skica radnog mjesta s razmještajem svega što se na njemu nalazi, zatim skica predmeta obrade. Upisuju se svi zahvati i ključne točke, zatim položaj tijela pri radu, težina predmeta koji se obrađuje ( da bi se odredila potrebna sila podizanja zbog koeficijenta zamora), zatim stanje okoline (temperatura zraka, vlažnost, zagađenost) da bi se odredio koeficijent utjecaja okoline. Preko tih podataka može se izračunati vrijeme izrade, što služi za utvrđivanje norme.

### *Pokusno snimanje i potreban broj očitavanja*

Kod snimanja vremena zahvata u operaciji vrlo je važno znati koliko puta treba očitati vrijeme na kronometru za isti zahvat. Ovo je potrebno zbog dobivanja realnije slike stvarnog stanja i utvrđivanja koliko pojedini zahvati, a s time i cijela operacija traju. Snimanje vremena se može prikazati kao uzimanje uzorka iz osnovnog skupa. Ako se promatra matematičko-statistički primjenjuje se teorija uzoraka. Potrebno je odrediti kolika veličina uzorka dobro opisuje osnovni skup. Snimljeni podaci promatraju se kao uzorak, a ukupno trajanje pojedine operacije kao osnovni skup. Potreban broj očitavanja će se moći utvrditi nakon pokusnog snimanja pojedinih zahvata iz čega će se vidjeti rasipanje podataka. Što je rasipanje veće, biti će potreban veći uzorak, odnosno veći broj očitavanja.

Postoji više slučajeva za određivanje potrebnog broja očitavanja, a to su:

- određivanje potrebnog broja očitavanja kod malih uzoraka,
- određivanje potrebnog broja očitavanja kod velikih uzoraka.

1) određivanje potrebnog broja očitavanja kod malih uzoraka:

Postoje dva slučaja, ovisno o veličini pokusnog broja očitavanja koji nije veći od 30:

- Pokusni broj očitavanja je 5 ili 10, tada se primjenjuje izraz (1.4):

$$K_S = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_0} \dots\dots\dots(1.4)$$

$K_S$  - koeficijent stabilizacije radnog mjesta

$t_{\max}$  - maksimalno vrijeme očitavanja

$t_{\min}$  - minimalno vrijeme očitavanja

Potreban broj očitavanja ovisi o koeficijentu stabilizacije i vadi se iz tablice 6.4 (Prilog).

- Pokusni broj očitavanja je između 10 i 30. Biraju se jedne od ovih vrijednosti pokusnog broja očitavanja: 15, 20, 25, 30.

Potreban broj očitavanja vadi se iz **PRILOGA 5** i ovisi o pokusnom broju očitavanja, pouzdanosti za studentovu raspodjelu, te koeficijentu varijacije za vrijeme koji se računa prema izrazu (1.5):

$$V = \frac{\sigma}{t_0} \dots\dots\dots(1.5)$$

## 2) Određivanje potrebnog broja očitavanja kod velikih uzoraka:

Veliki uzorci su uzorci veći od 30 podataka. Potrebni broj očitavanja za velike uzorke se očitava iz iste tablice kao i za uzorke od 15 do 30 podataka (**PRILOG 5**), samo je za ovaj slučaj različit parametar pouzdanosti studentove raspodijele.

Nakon pokusnog snimanja i utvrđivanja potrebnog broja očitavanja može se početi sa snimanjem zahvata, odnosno mjerenjem vremena

### 1.4. Zaključak

U točki **1.0** obrađene su teorijske postavke određivanja vremena, dan je temeljni opis studija rada i vremena, zatim su obrađene metode tehnike i postupci određivanja i mjerenja vremena. Postavke obrađene u ovom dijelu su zapravo teorijska podloga za dio **4.0** gdje se pak obrađuje konkretni primjer iz prakse.

## **2.0. TEORIJSKE POSTAVKE MIKROKLIME I NJENOG UTJECAJA**

### **2.1. Klima i okolina sustava različitih obilježja**

Uvjeti okoline ovise o razini i skupu fizikalnih i nefizikalnih promjena. Klima ponajviše utječe na uvjete okoline i postoje tri razine njene utjecajnost na okolinu sustava, a to su: makro-razina, mezzo-razina i mikro-razina, odnosno makroklima, mezzoklima i mikroklima. Okolina sustava očituje se kroz sljedeće fizikalne pokazatelje koji se mogu mjeriti: *temperatura, relativna vlaga, brzina strujanja zraka, toplinsko zračenje, buka, rasvjeta, vibracije* i na posljetku parametar na kojeg se ne može utjecati, već se samo registrira, a to je *tlak zraka*. Cilj je postići takve uvjete okoline koji će biti prihvatljivi za obavljanje rada.

### **2.2. Okolina, održiva okolina i makroklima, [5]**

Okolina znatno utječe na učinkovitost obavljanja rada. Nepovoljna okolina kojoj je radnik izložen duži period može znatno utjecati na njegovo zdravlje. Stoga se treba osigurati održiva okolina u kojoj ne će biti velikih promjena i na koju će se radnik moći lako priviknuti. Makroklima može utjecati u velikoj mjeri na postizanje povoljne okoline, npr. Potreba za grijanjem u hladnim predjelima zemlje, ili potreba za rashladnim uređajima u vrućim predjelima. Također se uvjeti okoline mijenjaju ovisno o godišnjim dobima. Pokazatelji uvjeta okoline ovisno o vrsti rada moraju se kretati u normiranim granicama, propisanim zakonom o zaštiti na radu. Tako je prilikom uredskog rada koji nije u tolikoj mjeri fizički aktivan kao manualni povoljnija malo povišenija temperatura. Također i neprestana izloženost buci može pomaknuti prag čujnosti na više razine, dakle uzrokovati slabljenje oštrine sluha. Zato se neprihvatljivi bučni strojevi moraju ukloniti iz radne sredine ili izolirati, a ako to nije moguće onda radnici trebaju imati zaštitne slušalice. Buka više smeta ljudima koji se bave kreativnim radom nego onima koji rutinski izvršavaju dobro uvježbane pokrete u radnim operacijama. Razina osvjetljenosti također jako utječe na raspoloženje i učinkovitost pri radu. Osvjetljenost u industrijskim pogonima se treba kombinirati korištenjem umjetnog i danjeg svjetla iz razloga što se sunčeva svjetlost mijenja tokom cijelog dana, a osvjetljenost treba biti konstantna. Povoljnom razinom osvjetljenosti povećava se učinak rada i smanjuje broj nesreća.

### **2.3. Mikroklima, [5]**

Mikroklima predstavlja uvjete okoline na radnom mjestu, odnosno u prostoriji u kojoj se odvija rad. Tehnološki proces uvelike utječe na uvjete okoline, stoga će ljevaonica ili radionica za toplinsku obradu materijala imati znatno povišene temperature okoline i jako izražen prijenos topline zračenjem, dok hladnjača ima izrazito niske temperature. Radnici na radnom mjestu izloženi su utjecaju okoline. Taj utjecaj može biti kroz produljenje vremena izvršenja posla ili kroz povećanje napora radnika. Stoga promatranje mikroklimе, odnosno njenih parametara ima veliku važnost za obavljanje rada.

#### **2.3.1. Pojam i druga obilježja mikroklimе, [5]**

Mikroklima (klima na radnom mjestu) jedan je od najznačajnijih pretpostavki čovjekova zdravlja, njegova zadovoljstva i radnog učinka. Ako je mikroklima nepovoljna, radnici osjećaju nelagodu i ulažu više energije nego za istu vrstu i količinu posla u normalnoj (povoljnoj) mikroklimi. Mikroklimu u Industrijskim pogonima potrebno je mijenjati skupno jer je uvjetovana tehnolojskim procesima i proizvodima, te skupom radnih mjesta, odnosno ručnih radnih mjesta i operatora u različitim oblicima tehničko-tehnolojskih modela.

### 2.3.2. Utjecajni parametri mikroklimе [1, 5]

Utjecajni parametri mikroklimе su:

- 1) temperatura zraka  $t$ , °C
- 2) relativna vlažnost  $W$ , %
- 3) brzina strujanja zraka  $v$ , m/s
- 4) toplinsko zračenje  $E$ , W/m<sup>2</sup>
- 5) tvari zagađenosti u zraku (otpadne tvari kao što su iverje, prašina, plinovi),
- 6) mirisi i električno stanje zraka.

Od ovih parametara neki imaju samo opisni (kvalitativni) karakter, dok se ostale mjeri sa posebnim instrumentima.

#### 2.3.2.1. Opisni i nemjerljivi utjecajni parametri, [1]

Opisni parametri su: tvari zagađenosti u zraku (otpadne tvari: iverje, prašina, plinovi, dim, pare.), zatim mirisi i električno stanje zraka.

Opisni parametri se ne izražavaju kvantificirano već im se daje kvalitativna ocjena poput: uočljivo, dobro uočljivo, neznatno, malo, itd.

Ovakvim ocjenama opisuje se utjecajnost okoline na rad čovjeka, te ovisno o tome mijenja se koeficijent utjecaja okoline koji predstavlja mjerilo općeg stanja okoline sustava.

#### 2.3.2.2. Kvantificirani / brojčano izraženi utjecajni parametri [5]

Brojčano izraženi utjecajni parametri su: temperatura zraka, relativna vlažnost, brzina strujanja zraka i toplinsko zračenje.

*Temperatura zraka* mjeri se sa živinim termometrom ili modernim elektroničkim uređajima na principu električnog otpora. Upotrebljava se Celzijeva skala, odnosno jedinica je °C.

*Relativna vlažnost* izražava se razlikom između pokazivanja suhog termometra i vlažnog termometra, odnosno kao djelomični pritisak vodene pare u %.

*brzina strujanja zraka* mjeri se posebnim uređajem (termoanemometar).

*Toplinsko zračenje* je energija koja se može izračunati prema Stefan-Boltzmanovom zakonu i ovisi o četvrtoj potenciji temperature. Kao jedinica se uzima W/m<sup>2</sup>.

##### 2.3.2.2.1. Kvantificirani parametri kao mjerilo općeg stanja sustava [1, 3, 5, 6]

Kao mjerilo općeg stanja sustava mogu se uzeti sljedeći kvantificirani parametri:

**1) Koeficijent utjecaja okoline  $K_a$**  efektivnu temperaturu i relativnu vlažnost, zatim opisnih, što uključuje zasićenost parama, dimom, utjecaj neugodnih mirisa i dr.

Koeficijent utjecaja okoline odabire se ovisno o tri slučaja:

a) Pojava samo kvantificiranih parametara- temperatura suhog termometra i relativna vlažnost radne prostorije. Tad se prvo za zadane parametre odredi efektivna temperatura (**PRILOG 2**), zatim se prema njoj odredi vrijednost koeficijenta utjecaja okoline (**PRILOG 3**).

b) Pojava tvari zagađenosti zraka (rijetko). Tad se prema vrsti tvari zagađenosti okoline zadani stupanj transponira u skalu vrijednosti efektivne temperature (od tri obično se bira srednja vrijednost), te se prema efektivnoj temperaturi odabere vrijednost koeficijenta (**PRILOG 3**).

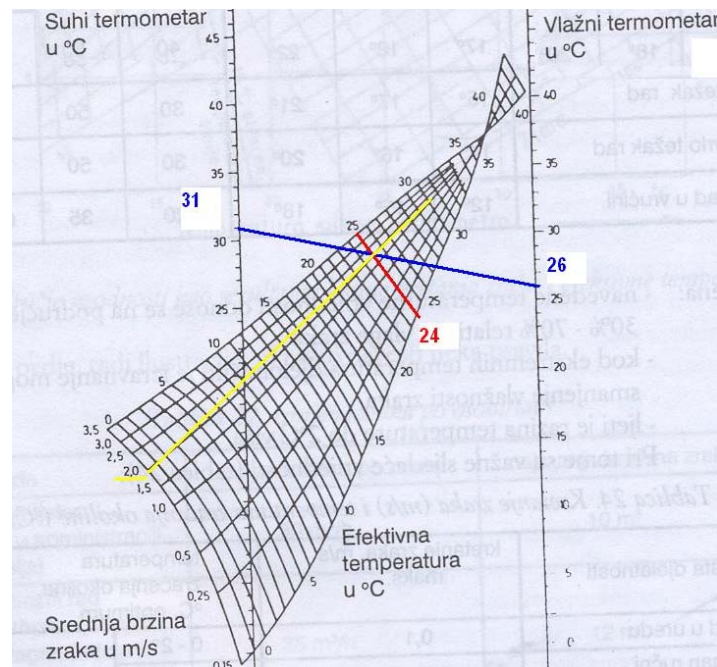
c) Istovremena pojava parametara iz a) i b). Tad se odabire veća vrijednost koeficijenta, jer je za teže uvjete rada potrebno u normi produljiti vrijeme predviđeno za predahe.

**2) Efektivna temperatura  $v_e$** , uzima se u obzir temperatura okoline, vlaga i strujanje zraka.

Efektivna temperatura je podložna korekciji ovisno o vlažnosti i brzini strujanja zraka, označavajući pri tome temperaturu mirnog zraka zasićenog vodenom parom koja se javlja kao ekvivalent promatrane okoline. Korigirana efektivna temperatura označava i intenzitet zračenja. Pri tome se ne razmatra dovoljno utjecaj odjeće, te također količina rada koju je potrebno obaviti se u potpunosti zanemaruje. Efektivna temperatura (po Yaglo-u) predstavlja klimatski zbroj koji obuhvaća temperaturu prostora, relativnu vlažnost i kretanje zraka.

Na slici 2.1 je prikazana efektivna temperatura,  $v_e = 24\text{ °C}$ , pri  $31\text{ °C}$  temperature suhog zraka (ili suhog termometra), zatim  $26\text{ °C}$  vlažnog zraka (ili vlažnog termometra), te brzine strujanja zraka od  $2\text{ m/s}$ . Ista efektivna temperatura (odnosno isti mikroklimatski uvjeti) je pri temperaturi suhog zraka od  $36\text{ °C}$ , zatim temperaturi vlažnog zraka od  $17\text{ °C}$  i brzini strujanja zraka od  $0,5\text{ m/s}$ . Ovime se želi prikazati kako se može imati isti efektivni utjecaj, za različite mikroklimatske uvjete.

Ovakav postupak dobivanja efektivne temperature izvodi se uglavnom pri brzinama strujanja zraka različitim od normalne. Za normalno strujanje zraka vidjeti **PRILOG 2**.



Slika 2.1 Efektivna temperatura po Yaglo-u (odjeven čovjek u mirovanju)

**3) Pokazatelj toplinskog opterećenja (HSI Belding Hatch)** koji se mijenja od 0 do 100 % mjerenjem odnosa između isparavanja znoja preko kože, koje je potrebno za održavanje toplinske ravnoteže u uvjetima ispitivanja i maksimalne vrijednosti tog isparavanja omogućenog samom okolinom

Sva mjerenja su temeljena na proporcionalnosti između količine znoja i opterećenja koje je uvjetvano okolinom i izvršenim fizičkim radom.

**4) Pokazatelj toplinskog opterećenja (ITS Givoni)** označava potrebu za znojenjem u cilju održavanja termičke ravnoteže. Postoje nomogrami i parametri za jednadžbe razmjene topline.

**5) Srčana frekvencija** je parametar koji se može mjeriti na čovjeku tijekom obavljanja rada i nakona obavljanja rada. Frekvencija, odnosno puls ne bi trebao prelaziti vrijednost od 120 otkucaja u minuti, dok se kao normalna vrijednost pri lakom radu uzima oko 40 otkucaja u minuti.

**6) Količina izlučenog znoja** može se mjeriti na osnovi promjene tjelesne težine u toku jednog radog dana, vodećipritome računa o povećanju znojenja prilikom unošenja tekućine i hrane, kao i o smanjenju znojenja prilikom izlučivanja tekućine kroz fekalije.

**7) Količina utrošenog kisika** mjeri se kao odnos uzetog kisika iz zraka prostorije i izlučenog kisika pri izdisaju. Kisik koristi čovjeku za izgaranje (kemijska reakcija) hrane u organizmu pri čemu se dobiva energija koja se troši za osnovne metaboličke funkcije i obavljanje rada. Za utrošak kisika čovjek treba imati dovoljnu mišićnu masu kako bi njegov kapacitet za primanje kisika bio dostatan za obavljanje rada. Prilikom neodgovarajućeg kapaciteta, a pri velikim opterećenjima snage može doći do iscrpljenosti.

#### 2.3.2.2.2. Kvantificirani parametri kao mjerilo utjecaja na elemente mikro-sustava [7]

Elementi mikro-sustava su čovjek i radna oprema, kvantificirani parametri prvenstveno utječu na čovjeka, a to su:

**1) Buka:** Buka je po svom karakteru mehaničko osciliranje molekula zraka, a širi se kao longitudinalni val. Uho je najosjetljivije u području frekvencija od 1000 do 5000 Hz. Propisi govore o maksimalno dozvoljenom intenzitetu zvučnog tlaka za razne vrste poslova. Mjerenja se mogu vršiti na radnom mjestu ili na komunalnom (javnom) prostoru.

Zahtjevi za dopuštenu razinu buke dijele se u tri grupe: u radnim prostorijama, u boravišnim prostorijama i u vanjskim prostorima.

**2) Osvijetljenost:** Po svom karakteru svijetlost je elektromagnetsko zračenje u području valne duljine 400 –700. U propisima se govori o minimalno potrebnoj osvjetljenosti radne površine i prostora. Obzirom na zahtjeve, osvjetljenost je razvrstana na male, srednje i velike zahtjeve. Minimalni intenziteti osvjetljenosti su dakle slijedom: 50, 80, 150, 300 i 600 lx. Dodatna vrijednost koju je potrebno izmjeriti uz osvjetljenost je veličina svjetlosnog toka [cd/m<sup>2</sup>]. Ova veličina se mjeri zbog ocjene ravnomjernosti osvjetljenja i kontrasta.

**3) Temperatura:** Temperatura, a s tim i mjerenje temperature, se sa gledišta mikroklimatskih uvjeta dijeli na ljetnu i zimsku. Zahtijevani raspon temperature ovisi o namjeni prostorije i o vrsti i težini rada koji se obavlja. Raspon se kreće između 12 °C i 24 °C. Logično je da će se ovisno o proizvodnji tjelesne topline pri radu zahtijevati i odgovarajuća temperatura.

**4) Relativna vlaga:** Raspon ugodnost za relativnu vlagu je 40 – 60 %, sa dozvoljenom maksimalnom vrijednošću od 75 %, ili ispod 40 % u nekim prostorima gdje se to ne može izbjeći. Što je viša temperatura zraka to je niža dozvoljena relativna vlaga.

**5) Brzina strujanja zraka:** Propisi propisuju dozvoljenu brzinu strujanja zraka do 0,5 m/s u radnim prostorima, a maksimalno do 0,7 m/s. Kod velikih izvora topline i teškog rada, može se dozvoliti brzina strujanja zraka do 1,5 m/s. Dozvoljena brzina strujanja zraka ovisi također o klimatskom razdoblju, što je propisano normama.

**6) Toplinsko zračenje:** Spada u elektromagnetska zračenja raspona valnih duljina 0,04 - 300 μm. Toplinsko zračenje ima veće valne duljine od svjetlosti, odnosno manje energije. Mjerenje je potrebno samo kod izvora topline sa velikom temperaturom jer tada naglo raste emitirana energija (npr peć).

**7) Vibracije:** Kod vibracija se u zahtjevu govori o maksimalno dozvoljenim vrijednostima. Vibracije kao mehaničko osciliranje prenose energiju u obliku štetnog djelovanja na zglobove, kosti i druge dijelove tijela.

### 2.3.2.2.1. Elementi prostor i oprema [5]

Neugodne klimatske uvjete na radnom mjestu uvjetuju:

- prevelike temperaturne razlike između efektivne temperature prostora, zidova i podova (radijacija, kondukcija),
- asimetrija radijacije,
- pre topli ili pre hladni pod,
- prevelika temperaturna razlika između razine glave i nogu,
- propuh koji nastaje zbog razlike u brzini strujanja zraka,

Ovo je potrebno spriječiti ispravnim konstruiranjem radnih prostora.

Pravila koja valja slijediti ovisno o izmjeni zraka po osobi, temperaturi i relativnoj vlažnosti zraka, te brzini strujanja zraka predstavljena su u **TABLICA 2.1 – TABLICA 2.3**

**TABLICA 2.1 IZMJENA ZRAKA U SATU PO OSOBI**

Težina rada	Izmjena zraka po osobi	Najmanja izmjena zraka
Vrlo lagan tjelesni rad (rad u administraciji, urar, švelja)	30 m <sup>3</sup> /h	10 m <sup>3</sup>
Lagan tjelesni rad (crtič, laborant, krojač, tkalja, slagar, precizni mehaničar, prodavačica)	35 m <sup>3</sup> /h	12 m <sup>3</sup>
Srednje težak tjelesni rad (zavarivač, stolar, tokar, alatničar)	50 m <sup>3</sup> /h	16 m <sup>3</sup>
Težak tjelesni rad (bravar u montaži i popravcima)	60 m <sup>3</sup> /h	18 m <sup>3</sup>

**TABLICA 2.2 VRIJEDNOSTI TEMPERATURE ZRAKA I VLAŽNOSTI ZRAKA**

Vrsta djelatnosti	Temperatura (°C)			Vlažnost zraka (%)		
	Min.	opt.	max.	min.	opt.	max.
Rad u uredu	18	20-21	24	40	50	70
Lagan ručni rad, sjedenje	18	20	24	40	50	70
Lagan rad, stajanje	17	18	22	40	50	70
Težak rad	15	17	21	30	50	70
Vrlo težak rad	14	16	20	30	50	70
Rad u vrućini	12	15	18	20	35	60

**TABLICA 2.3 STRUJANJE ZRAKA I TEMPERATURA ZRAČENJA OKOLINE**

Vrsta djelatnosti	Strujanje zraka (m/s) max.	Temperatura zračenja okoline (°C) opt.	Odstupanje od temperature zraka
Rad u uredu	0,1	0 – 2	
Lagan ručni rad, sjedenje	0,1	0 – 2	
Lagan rad, stajanje	0,2	0 – 2	
Težak rad	0,4	0 – 2	
Vrlo težak rad	0,5	0 – 2	
Rad u vrućini	1 – 1,5		



#### **2.3.2.2.2. Element čovjek [5]**

Čovjek pri fizičkom naporu proizvodi više ili manje tjelesne topline. Stoga pri laganim aktivnostima efektivna temperatura mora biti veća, a pri težim aktivnostima manja. Čovjekov organizam također teži uspostavi stalne temperature tijela. Tjelesna temperatura čovjeka neprestano se povisuje čak i bez ikakvog obavljanja rada. Ako je pri tome temperatura okoliša visoka tako da tijelo ne može predavati temperaturu okolišu, onda može doći do toplinskog udara na čovječji organizam. Ako je temperatura okoliša preniska, tako da tijelo uvijek predaje više topline nego što proizvodi, može doći do pothlađivanja organizma.

Postoje obrambeni mehanizmi tijela, a to su:

Prilikom opadanja temperature tijela:

- prijenosom topline putem krvi,
- drhtavica, pri čemu dolazi do neprestane kontrakcije i dekontrakcije mišića, pri čemu se stvara znatna toplina u tijelu.

Prilikom porasta temperature tijela:

- znojenje, pri čemu se isparavanjem znoja gubi energija i dolazi do hlađenja.

Također postoji i fizikalna razmjena topline:

- radijacijom, kojom tijelo predaje toplinu svojoj okolini, ali je i prima,
- provođenjem (ili kondukcijom), kao neposrednim prijelazom topline sa tijela na medij prilikom dodira,
- strujanjem (ili konvekcijom), pri čemu se toplina odvodi zračnim strujama.

#### **2.3.2.2.3. Element parametra sustava različitih razina**

Parametri okoline koji su obrađeni u ovom poglavlju imaju različita obilježja u sustavima različite razine. Tako je na makro i mezzo razini nemoguće ili gotovo nemoguće na njih utjecati nego ih se samo registrira, dok u mikro sustavima takvo obilježje ima samo tlak zraka. Zato se pri negativnim utjecajima okoline u makro i mezzo sustavima (npr velika relativna vlažnost prilikom kiše, velika hladnoća prilikom susnježice i snjega, ili pak štetan utjecaj sunčevih zraka) radnici koji u njima rade moraju zaštititi prikladnom odjećom i obućom. Također su prisutne velike oscilacije vrijednosti parametara (različiti uvjeti noću i danju, zatim puhanje vjetera na mahove, i dr.), dok se u mikrosustavima mogu održavati neprestano jednaki uvjeti, osim tlaka, uz ulaganje energije.

### **2.4. Zaključak**

U ovom poglavlju dane su teorijske postavke mikroklimne i njenog utjecaja kao uvod u praktični rad mjerenja mikroklimatskih parametara i izračunavanja koeficijenta utjecaja okoline.

Prilikom određivanja norme za radne operacije potrebno je voditi brigu o utjecajima okoline. Ako je okolina nepovoljna treba se radnicima produžiti vrijeme za obavljanje rada kako bi imali vremena za predahe jer bi u suprotnom došlo do iscrpljenosti.

U svakom slučaju, ako se ne vodi briga o uvjetima okoline, odnosno mikroklimi, stvarno stanje rada ne će odgovarati onom koje je projektirano.

## 3.0. PRIMJENA UTVRĐIVANJA MIKROKLIMATSKIH PARAMETARA

### 3.1. Izbor objekta istraživanja

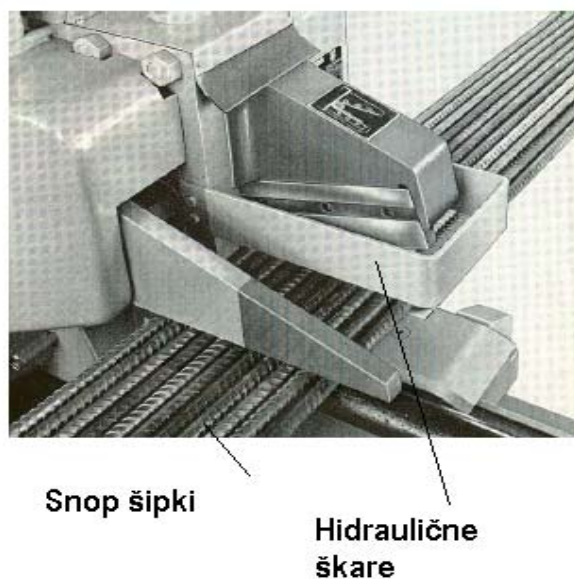
Poslovni objekt (tvrtka) u kojem su vršena istraživanja, odnosno mjerenja mikroklimatskih parametara je ARMIRAC – INŽENJERING d.o.o., Jelkovečka bb, 10360 Sesvete.

#### *Opis radnih mjesta*

Radi potrebe rješavanja točke 3 i 4 ZADATKA izabrano je spomenuto poduzeće i tehnološki proces proizvodnje čeličnih vilica za armirano-betonske stupove. Radi opsežnosti cijelog proizvodnog procesa, u što je uključena nabava materijala, te skladišni i transportni procesi, nemoguće je u okviru ovog ZAVRŠNOG RADA sve obuhvatiti, stoga će se prikazati samo dio tehnološkog procesa u kojem su uključena dva radna mjesta, koja u tehnološkom procesu slijede jedan iza drugog. To su radno mjesto - siječenje čeličnih šipki promjera 16 mm na zadanu duljinu i radno mjesto - savijanje odsječenih šipki u pravokutni oblik. Transport između ova dva radna mjesta se odvija ručnim transportnim kolicima i za to je predviđen jedan od dvojice radnika na sjekačici. Slijedi kratak opis radnih mjesta.

#### Radno mjesto sječenja čeličnih šipki

Za sječenje čeličnih šipki koristi se stroj sjekačica (slika 3.1), koja radi na principu smičnog odreza. Stroj je pogonjen elektromotorom snage 5 kW. Ostvaruje se hidraulični pritisak od 30 MPa. Kapacitet istovremenog sječenja je 20 šipki od  $\Phi$  12 mm i 6 šipki od  $\Phi$  28 mm. Za vrijeme snimanja sječeni su snopovi od 7 komada šipki duljine 4 m i promjera  $\Phi$  16 mm. Radno mjesto se nalazi na početku proizvodnog lanca. Rad izvode dvojica radnika, pri čemu jedan od radnika obavlja dopremu/otpremu šipki za vrijeme sječenja. Obojica podižu cijeli snop i ulažu u prostor za sječenje, mjeri se na određenu duljinu, zatim jedan nakon pritiska „start“ tipke uključuje hidraulične škare nožnom pedalom (pedala je osigurana od nehotičnog uključivanja sa metalnim okvirom). Nakon rezanja jedan radnik odlaže materijal na kolica, koja se otpremaju nakon popunjenja kapaciteta na sljedeće radno mjesto. Ova operacija je u snimačkom listu podijeljena na 4 zahvata. Jedan od tih zahvata (1/3) je potpuno automatski.



Slika 3.1 Stroj za sječenje čeličnih šipki (detalj)

### Radno mjesto savijanja čeličnih šipki

Koristi se stroj savijačica (slika 3.2), koji šipke savija prema ideji ručnog armiračkog alata za savijanje šipki. Stroj u sredini ima rotirajući disk sa centralnim vratilom. U disku se nalaze rupe za trnove između kojih se ulaže snop od 3 šipke, na krajevima radnog stola nalaze se pomični trnovi koji omogućavaju protu oslonac kako bi se šipke mogle saviti. Pogon vratila je elektromotorni snage do 3 kW. Radno mjesto se nalazi u sredini proizvodnog lanca i često predstavlja mjesto zastoja. Na radnom mjestu se nalazi jedan radnik koji sam doprema potreban materijal sa kolica smještenih neposredno uz stroj. Samo savijanje se obavlja tri puta dok se ne dobije oblik vilice (pravokutan oblik). Savijene šipke se odlažu u kolica za otpremu, a s njima rukuje drugi radnik koji ih odvozi na sastavljanje.

**Okretni disk sa trnovima  
za savijanje**



**Sigurnosne pedale**

**Slika 3.2 Stroj za savijanje čeličnih šipki**

Detalniji opis radnih mjesta i utjecajnih parametara, te skice nalaze se u dokumentu snimački list u **4.0. ZAVRŠNOG RADA**.

### **3.2. Izbor mikroklimatskih parametara za utvrđivanje [7]**

Mikroklimatski parametri čije vrijednosti su utvrđene ispitivanjem:

- temperatura zraka
- relativna vlažnost zraka
- brzina strujanja zraka (razlika tlakova)

### **3.3. Primjena metoda, tehnika i postupaka utvrđivanja mikroklimatskih parametara [7]**

#### *Metoda ispitivanja*

Mjerenje temperature, relativne vlažnosti i brzine strujanja zraka (razlike tlaka) obavljaju se na mjestu rada zaposlenika u pravilu 1,2 m od poda na kojem se zaposlenik nalazi. Moguće je mjerenje i na drugim visinama (pri podu, stropu, izlazu iz ventilacijskih/klimatizacijskih kanala u svrhu utvrđivanja stanja mikroklimatskih parametara na mjestu rada). Jedno mjerenje mora trajati minimalno onoliko vremena kolika je vremenska karakteristika uređaja za mjerenje. U slučaju promjenjivih mikroklimatskih parametara u prostoriji/mjestu rada

potrebno je obaviti veći broj mjerenja da bi se mogli utvrditi stvarni uvjeti u prostoriji/mjestu rada. Svi izmjereni podaci se bilježe na mjestu ispitivanja, naknadno se obrađuju, unose u Zapisnik o ispitivanju na način propisan čl. 15 Pravilnika o ispitivanju radnog okoliša te strojeva i uređaja s povećanim opasnostima.

Kako postupci, uvjeti i metode ispitivanja mikroklimе nisu jednoznačno i u potpunosti normirani, uvjeti i metoda ispitivanja napravljena je u skladu s pravnim propisima/normama /literaturom koji su u skladu s pravilima zaštite na radu

*Vrsta mjerenja:* direktno očitavanje

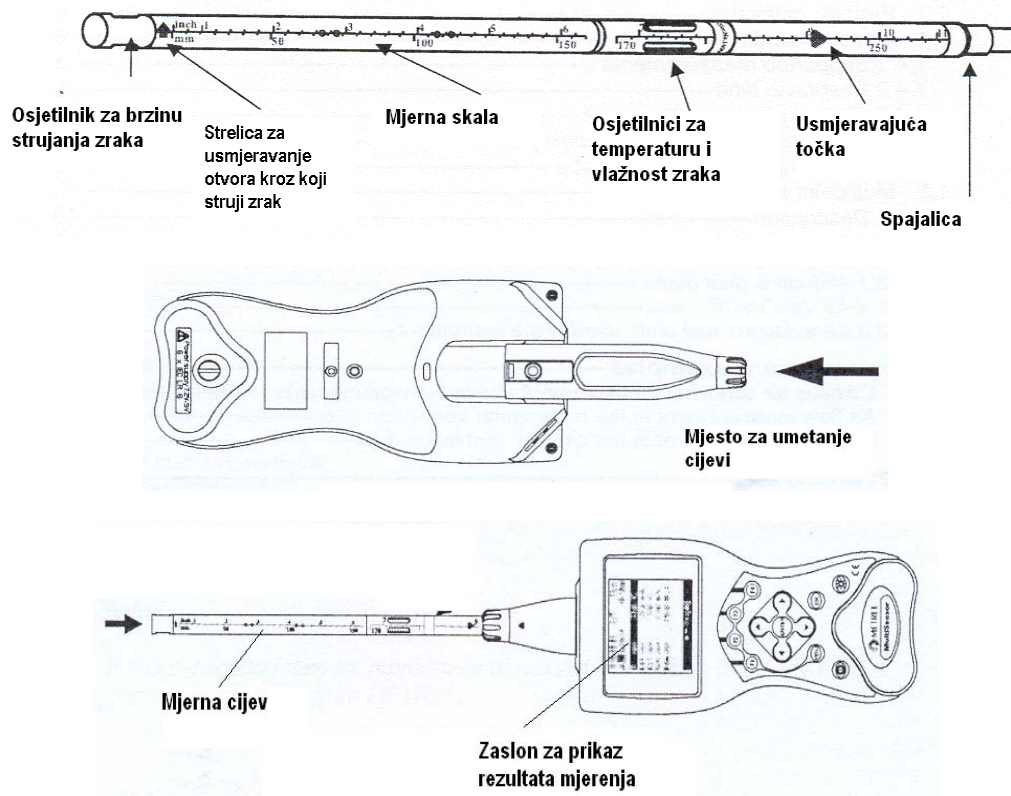
*Mjerni uređaji*

- Instrument za mjerenje temperature i relativne vlažnosti zraka TESTO 625, ser. br. BO 2465,
- Digitalni termoanemometar 425 TESTO, ser.br. BO 2466

Mjerni instrument prikazan je na slici 3.3.

Mjerna područja instrumenta:

- Temperatura: raspon od  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; podjela skale na  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; točnost od  $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  na  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Relativna vlažnost:
  - za raspon  $0\% - 10\%$ , rezolucija od  $0,1\%$ , točnost od  $\pm 3\%$
  - za raspon  $10\% - 90\%$ , rezolucija od  $0,1\%$ , točnost od  $\pm 2\%$
  - za raspon  $90\% - 100\%$ , rezolucija od  $0,1\%$ , točnost od  $\pm 3\%$
- Brzina strujanja zraka: za raspon  $0,1\text{ m/s} - 9,99\text{ m/s}$ , rezolucija od  $0,01\text{ m/s}$ , točnost  $\pm 0,05\text{ m/s}$



Slika 3.3 Uređaj za mjerenje mikroklimatskih parametara

## *Uvjeti ispitivanja*

Pod uvjetima ispitivanja podrazumijeva se slijedeće:

- datum ispitivanja (ponekad i doba dana)
- vanjski klimatski uvjeti (toplo, prijelazno, zimsko razdoblje, vanjska temperatura i relativna vlažnost zraka),
- opis prirodne/prisilne ventilacije prostorije/mjesta mjerenja
- toplinsko opterećenje prostorije/mjesta mjerenja (uređaji koji emitiraju/oduzimaju toplinu utječu na brzinu strujanja zraka, vrstu uređaja za grijanje/hlađenje te drugi oblici toplinskog opterećenja koji imaju utjecaja na mikroklimatske parametre),
- vrsta i intenzitet rada zaposlenika (laki, srednji, teški rad).

Slijedi dio zapisnika o ispitivanju i mjerenju mikroklimatskih uvjeta u izabranom poduzeću. Razmatra se samo ona prostorija u kojoj se nalaze snimana radna mjesta. Prikaz utvrđenog stanja nakon mjerenja prikazan je u tablici 3.1.

### Opis radnog prostora u kojem je obavljeno ispitivanje:

#### *Glavna hala*

U glavnoj hali nalaze se strojevi za obradu čeličnih šipki (savijačice, sjekačice betonskog čelika, tokarski stroj, transportni stolovi). Prirodna rasvjeta hale je izvedena preko prozora. Umjetna rasvjeta je izvedena preko rasvjetnih tijela s živinom žaruljom i neonskim rasvjetnim tijelima. U hali su postavljeni električni infracrveni grijači, a u uredu poslovođe postavljen je jedan električni radijator. Glavna hala nema sustava za hlađenje. Ventilacija u glavnoj hali je samo prirodna i odvija se preko vrata hale.


Podaci o štetnostima koje nastaju u procesu rada i vrste ispitivanja koje su obavljene:

Sukladno članku 50. Zakona o zaštiti na radu, u radnim prostorijama u kojima proces rada koji se u njima obavlja utječe na temperaturu, vlažnost i brzinu strujanja zraka, u kojima u procesu rada nastaju buka i vibracije, u kojima se pri radu koriste ili proizvode opasne tvari, te u kojima je pri radu potrebno osigurati odgovarajuću rasvjetu, obvezno je obavljati ispitivanja. Ispitivanje mikroklimatskih čimbenika obavlja se radi utvrđivanja da li izmjerene vrijednosti uslijed djelovanja izvora topline odnosno uslijed oduzimanja topline okolini mikroklimatski čimbenici odstupaju od uvjeta propisanih pravilima zaštite na radu.

Koeficijent utjecaja okoline se uzima u obzir pri određivanju vremena izrade samo ako je promjena mikroklimatskih uvjeta (parametara) posljedica tehnološkog procesa. Kako promatrani tehnološki proces utječe na okolinu, potrebno je izmjeriti njene parametre i utvrditi stanje za dva promatrana radna mjesta: sjekačica i savijačica betonskog čelika. Sveukupno stanje izrazit će se preko koeficijenta utjecaja okoline, utvrđeni parametri za promatrana radna mjesta prikazani su u tablici 3.1 osjenčano.

Koeficijent utjecaja okoline bit će na temelju utvrđenih vrijednosti parametara u **TABLICI 3.1** određen u točki **4.0 ZAVRŠNOG RADA**.

TABLICA 3.1 REZULTATI MJERENJA PARAMETARA OKOLINE

		Rezultati mjerenja čimbenika radnog okoliša						Tablica br.
Lokacija objekta/pogona:		Jelkovečka bb, 10360 Sesvete						<b>1.</b> Vanjski uvjeti: t=25,0°C rel.vl.=44,8%
Red. br.	Mjerno mjesto	Mikroklimatski čimbenici			Razina rasvijetljenosti (lx)	Razina buke		Aerozagadenje Prašina respirabilna (mg/m <sup>3</sup> )
		Temperatura zraka (°C)	Relativna vlažnost zraka (%)	Brzina strujanja zraka (m/s)		Ekvivalentna razina buke dB(A)	Normalizirana dnevna izloženost dB(A)	
<b>Glavna hala</b>								
1.	Mjerno mjesto 1 – Automat za izradu vilica od betonskog čelika 1	24,0	46,3	0,20	1500 D, E(Žž, N)	86,8	<u>86,5</u> (7,5h)	1,0
2.	Mjerno mjesto 2 – Savijačica betonskog čelika	24,0	45,4	0,15	140 D, E(Žž, N)	78,6		1,1
3.	Mjerno mjesto 3 – Sjekačica betonskog čelika	24,0	43,5	0,30	1300 D, E(Žž, N)	78,2		0,9
4.	Mjerno mjesto 4 – Savijačica betonskog čelika	24,0	45,9	0,20	620 D, E(Žž, N)	76,9		0,9
5.	Mjerno mjesto 5 – Savijačica betonskog čelika	24,0	46,1	0,07	580 D, E(Žž, N)	82,3	<u>82,0</u> (7,5h)	
6.	Mjerno mjesto 6 – Savijačica betonskog čelika	24,0	46,1	0,16	900 D, E(Žž, N)	81,8	<u>81,5</u> (7,5h)	
Zahtijevane ili maksimalno dopuštene vrijednosti (MDK)		18 – 24	40-60	max. 0,8	min. 150	max. 80	max. 80	5
Napomena: Prirodna ventilacija: vrata Mehanička ventilacija: - Lokalna ventilacija: - Buka: rad strojeva Prirodna rasvjeta: prozori Umjetna rasvjeta: pomoću rasvjetnih tijela s živinom žaruljom i neonskih rasvjetnih tijela Grijanje: električne infracrvene grijalice Hlađenje: - Radnici posjeduju osobnu zaštitnu opremu za zaštitu sluha, antifone, što smanjuje buku od minimalno 21 dB. Kao kriterij za respirabilnu prašinu uzeta je opća prašina.								

### **3.4. Zaključak**

Nakon razrađenog teoretskog uvoda u uvjete okoline koje mogu biti promatrane na više razina, odabran je uzorak poduzeća, proizvoda, proizvodnih i tehnologijskih sustava i procesa, te dva radna mjesta za koja su izmjereni mikroklimatski parametri i utvrđeni mikroklimatski uvjeti.

## 4.0. IZRAČUNAVANJE VREMENA IZRADE I NORME

### 4.1. Postupak izračuna vremena za operaciju 1

Podjelom rada na 2 operacije Razmotrit će se prvo operacija 1, u kojoj se obavlja sječenje snopa od 7 čeličnih šipki. Prvenstveno se za izračun vremena javlja određivanje koeficijenta utjecaja okoline. Izračunava se na temelju određenih mikroklimatskih parametara u 3.0 ZR-a.

Budući da se radna mjesta nalaze jedno pokraj drugog u proizvodnom lancu (udaljenost između radnih mjesta je oko 5 m) nalaze se u istoj prostoriji u kojoj su izmjereni mikroklimatski parametri prikazani u TABLICI 3.1. Uvjeti okoline na radnim mjestima su veoma slični i može se uzeti isti koeficijent utjecaja okoline za oba radna mjesta.

#### 1. Mikroklimatski parametri za radno mjesto sječenja čeličnih šipki

- temperatura zraka,  $t = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- relativna vlažnost,  $RV = 43,5\text{ }%$ ,
- brzina strujanja zraka,  $v = 0,3\text{ m/s}$  (normalna brzina),
- aerozagadenje, udio čestica prašine u zraku je  $0,9\text{ mg/m}^3$   
iz čega proizlazi da je zaprašenost ispod  
dozvoljene razine, odnosno da je normalna.

Efektivna temperatura

određena iz tablice za relativnu vlažnost od 45% (Prilog, tablica 7.2):

$$v_e = 19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Koeficijent utjecaja okoline

za normalnu zaprašenost i izračunanu efektivnu temperaturu (Prilog, tablica 7.3):

$$K_a = 1,15$$

#### 2. Mikroklimatski parametri za radno mjesto savijanja čeličnih šipki

- temperatura zraka,  $t = 24\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- relativna vlažnost,  $RV = 45,9\text{ }%$ ,
- brzina strujanja zraka,  $v = 0,2\text{ m/s}$  (normalna brzina),
- aerozagadenje, udio čestica prašine u zraku je  $0,9\text{ mg/m}^3$   
iz čega proizlazi da je zaprašenost normalna

Efektivna temperatura

određena iz tablice za relativnu vlažnost od 45% (Prilog, tablica 7.2):

$$v_e = 19,5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Koeficijent utjecaja okoline

za normalnu zaprašenost i izračunanu efektivnu temperaturu (Prilog, tablica 7.3):

$$K_a = 1,15$$

**Odabire se isti koeficijent utjecaja okoline za oba radna mjesta,  $K_a = 1,15$**



#### 4.1.1. Priprema mjerenja vremena, [3]

Prilikom faze pripreme mjerenja ustanovljeno je sljedeće:

- 1) radno mjesto je stabilizirano, odnosno rad se ciklički odvija uvijek na isti način. Kolica za transport (doprema i otprema) postavljena su blizu radnog mjesta i ne smetaju radnicima prilikom izvršavanja operacije.
- 2) Radnici se normalno zalažu i koriste predahe nakon određenog broja ciklusa.
- 3) Radnici imaju radno iskustvo svaki po godinu dana, stoga se može reći da su za ovu vrstu posla prosječno uvježbani.
- 4) Svi važni sudionici su upoznati sa svrhom mjerenja vremena i ostvarena je suradnja.
- 5) Utvrđen je plan i program mjerenja, a sastoji se u sljedećem: datum mjerenja, 3.2. 2009. sa početkom u 9:00 h, na radnom mjestu- sjekačica betonskog čelika.
- 6) Operacija je podijeljena na sljedeće zahvate:
  - zahvat 1/1 - Uzimanje snopa od 7 čeličnih šipki i ulaganje u prostor za sječenje.
  - zahvat 1/2 - Mjerenje na zadanu mjeru duljine.
  - zahvat 1/3 - Uključivanje stroja pritiskom na dugme i nožnu pedal, sječenje.
  - zahvat 1/4 - Odlaganje odrezanih šipki na otpremna kolica.

Od ova četiri zahvata, zahvat 1/3 se sastoji pretežito od rada automatike, odnosno vrijeme ne varira ponavljanjem zahvata (ponaša se prema uniformnoj razdiobi), pa se za njega ne vrši analiza podataka, nego se trajanje zahvata odredi kao aritmetička sredina iz podataka pokusnog snimanja. Za ostale zahvate utvrđeni su uvjeti rada i u skladu s njima određeni su koeficijenti zamora prema **PRILOGU 1**. Uvjeti rada prikazani su u snimačkom listu, broj 1, slika 4.1, dok su koeficijenti zamora za svaki pojedini zahvat određeni u listu za izračunavanje izrade broj 1, slika 4.6.

Svi podaci su upisani u snimački list broj 1, prednja strana, što je prikazano na slici 4.1.

#### 4.1.2. Mjerenje vremena, [1, 3]

Radi uvida u izvođenje rada prvo se izvrši pokusno mjerenje. Pokusno mjerenje pokazuje stabilizaciju radnog mjesta, odnosno raspršenje podataka. Što je raspršenje veće biti će potreban veći broj očitavanja vremena izvođenja. Odabran je pokusni uzorak od 5 podataka za sve zahvate u operaciji sječenja. Nakon izvršenog pokusnog mjerenja određuje se potreban broj očitavanja, odnosno mjerenja.

##### Potreban broj očitavanja

za zahvate *1. operacije- sječenje*, odabire se, ovisno o koeficijentu stabilizacije radnog mjesta prema izrazu 1.4, iz **PRILOGA 4**. Za točniji broj očitavanja primijeniti interpolaciju.

Podaci pokusnog mjerenja su prikazani u **TABLICI 4.1**.

**TABLICA 4.1 POKUSNO SNIMANJE OPERACIJE 1 (SJEČENJE)**

Zahvati operacije sječenja	1/1	1/2	1/3	1/4
Vrijeme izvođenja zahvata	26	12	10	22
	30	14	12	24
	38	13	11	23
	38	12	13	25
	30	10	14	30
R	12	4	4	8
$t_0$	32,4	12,2	12	24,8
$K_S$	0,37	0,327	0,33	0,322
Potreban broj očitavanja, $N$	41	32	33	31

Glavno mjerenje vremena

Glavno mjerenje vršeno je sa kronometrom podjele 1/10 00 h, sa modelom A. Dakle uzet je jedan uzorak potrebnog broja podataka utvrđenih u pokusnom mjerenju iz osnovnog skupa, odnosno ukupnog vremena trajanja operacije. Operacija je dakle podijeljena na 4 zahvata, a tri zahvata su posebno snimani. Usporedo sa mjerenjem vremena vršena je i procjena zalaganja, te su tako dobiveni podaci za sva tri zahvata. Podaci mjerenja za operaciju 1 prikazani su u snimačkom listu, stražnja strana, na slici 4.2. Da bi se empirijski podaci mogli uspoređivati sa teorijskim, odnosno da bi se mogla izvršiti analiza podataka potrebno je ispuniti uvjet da greška snimatelja bude unutar granica od 1,5 %. Greška snimatelja izračunava se prema izrazu (4.1). U snimačkom listu, slika 4.2. utvrđeno je da se greška kreće unutar propisanih granica, dakle može se krenuti sa daljnjom obradom podataka.

$$\varepsilon = \frac{(\sum t + \sum t_{gk} + \sum t_{gn}) - t_{uk}}{t_{uk}} = \frac{\sum t_c - t_{uk}}{t_{uk}} \dots\dots\dots(4.1)$$

- $\varepsilon$  - pogreška snimatelja
- $\sum t_c$  - ukupno snimljeno vrijeme svih zahvata i gubitaka
- $\sum t_{gk}$  - zbroj gubitaka koje je imao analitičar vremena
- $\sum t_{gn}$  - zbroj gubitaka koje je imao izvođač rada
- $t_{uk}$  - ukupno vrijeme trajanja zahvata operacije za vrijeme snimanja  
(vrijeme je snimano rezervnim kronometrom bez prekidanja)

Snimački list broj 1		Radnik	Uvježbanost
Snimio M.Š.	Nacrt	1 T.M.	1 god
Dne 3.2.09	Nalog	2. D.D.	1 god
Početak 9:00	Količina 5 000 kom	3.	
Svršetak 9:20:45	Radionica Glavna hala	4.	
Trajanje 20' 45"	Poslovođa	5.	
$t_{uk}$ [VJ] 3 458	Brigadir	6.	
Predmet: čelična šipka Ø 16 mm i duljine 4 m (7x)			
Operacija: Sječenje snopa od 7 čeličnih šipki			
Radno mjesto: Sjekačica	Materijal	Oblik	Izmjere
Alat	u operaciju	šipka	Ø 16x4000
Mjerila	iz operacije	šipka	Ø 16x800
Težina			
62 N			
12,4 N			
Režimi rada			
Stanje zraka	temperatura: 24 °C	$K_a = 1,15$	Uvjeti rada: <b>Zahvat 1/1:</b> Podizanje, skidanje tereta s raznih visina. Težina tereta po radniku je 217 N. Visina podizanja tereta je 0,8 m. <b>Zahvat 1/2:</b> Stajanje uz rukovanje mjerilom. <b>Zahvat 1/4:</b> Prebacivanje tereta rotiranjem, težina tereta je 87 N, a nalazi se na visini 0,8 m.
	rel. Važnost: 45 %	$K_d = 0,18$	
	efekt. temp.: 19,5 °C		
	čestice: normalna zprašenost		
	gustoća:		
Skica radnog mjesta		Mjerilo 1 cm =	
<p>1 - doprema šipki 2 - izvodač 3 - sigurnosna pedala 4 - sjekačica 5 - snop od 7 šipki 6 - drugi izvodač 7 - otprema isječenih šipki</p>			

Slika 4.1 Prednja strana snimačkog lista za operaciju 1 (sječenje)

$t_{gk}$	1.		2.		3.		4.		1.		2.		3.		4.			
	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$		
200	Uzimanje 7 čeličnih šipki i ulaganje u prostor za sječenje.		Mjerenje na zadanu mjeru duljine.		Ukjučivanje stroja pritiskom na dugme i nožnu pedal, sječenje.		Odlaganje odrezanih šipki na otpremna kolica.		Uzimanje 7 čeličnih šipki i ulaganje u prostor za sječenje.		Mjerenje na zadanu izmjeru duljine.		Ukjučivanje stroja pritiskom na dugme i nožnu pedal, sječenje.		Odlaganje odrezanih šipki na otpremna kolica.			
120																		
320																		
	100	32	115	13		12	100	25	90	35	100	15		11	90	28		
	100	33	90	16		10	85	31	105	29	85	17		12				
	90	36	95	14		13	115	22	105	34				13				
	80	39	85	17		12	105	26	105	33								
	100	35	95	15		13	95	28	90	36								
	120	26	90	16		11	80	30	100	31								
	105	30	105	13		12	110	23	95	35								
	100	32	95	15		12	105	27	105	33								
	85	34	80	17		12	110	25	90	36								
	115	29	95	14		13	120	21	105	34								
	95	35	90	16		11	100	24	110	32								
	95	33	85	18		13	100	26										
	100	34	110	12		12	85	30										
	110	30	115	11		11	105	27										
	105	34	90	16		10	105	25										
	110	31	100	15		11	120	21										
	95	35	120	10		12	105	27										
	110	30	95	16		10	110	24										
	115	28	105	14		13	105	26										
	100	33	85	16		11	95	29										
	100	34	80	18		14	115	23										
	100	31	110	12		12	100	27										
	95	35	90	16		14	105	25										
	95	36	75	19		13	90	29										
	110	31	105	15		11	95	27										
	95	34	80	18		12	90	29										
	85	37	75	19		13	95	28										
	100	33	100	15		12	115	23										
	90	37	80	18		12	100	26										
	105	32	95	16		14	110	24										
$\sum t$	30 podataka u jednom stupcu									1357		447		397		806		
D – doprema, T – teško ide, E – otprema, Z – zapinje, M – loš materijal, X - izvanredno																		
$\sum t_c = \sum t + t_{gk} + t_{gn}$ $= 3\ 009 + 320 + 165 = 3\ 494\ \text{VJ}$									$\varepsilon = \frac{\sum t_c - t_{uk}}{t_{uk}} \cdot 100 = \frac{3494 - 3458}{3458} = 0.0104$ $= 1,04\ \%$									

Slika 4.2 Stražnja strana snimačkog lista za operaciju 1 (sječenje)

#### 4.1.3. Obrada podataka i analiza rezultata, [3]

Prvo će se statistički obraditi podaci iz snimačkog lista broj 1, stražnja strana, prikazanih na slici 4.2. Nakon toga izvršit će se usporedba frekvencija teorijske i empirijske razdiobe i konačno analiza podataka.

#### Obrada podataka

Slijedi prikaz statističkih parametara za svaki zahvat pojedinačno.

**Zahvat 1/1**

Parametri razdiobe:	Vrijednosti	
	za vrijeme, VJ:	Za PZ:
Aritmetička sredina	33,1	100,12
Standardna devijacija	2,65	8,66
Koeficijent varijacije	0,08	0,0865

**Zahvat 1/2**

Parametri razdiobe:	Vrijednosti	
	za vrijeme, VJ:	za PZ:
Aritmetička sredina	15,4	94,25
Standardna devijacija	2,19	11,85
Koeficijent varijacije	0,14	0,126

**Zahvat 1/4**

Parametri razdiobe:	Vrijednosti	
	za vrijeme, VJ:	za PZ:
Aritmetička sredina	26	101,93
Standardna devijacija	2,6	10,13
Koeficijent varijacije	0,1	0,099

Analiza rezultata mjerenja

Prilikom analize rezultati obrade podataka mjerenja (empirijski podaci) se moraju usporediti sa normalnom razdiobom. Usporedba teorijske i empirijske frekvencije (razdiobe) vrši se  $\chi^2$  testom (test, usporedba frekvencija). Podaci se moraju testirati jer se tako može utvrditi da li pojedina odstupanja imaju samo slučajni uzrok ili je to posljedica destabilizacije radnog mjesta. Ako se utvrde nepravilnosti, one se moraju ispraviti jer se norma ne može izračunavati za destabilizirano radno mjesto. Za realniji prikaz stvarnog stanja potrebno je snimanje izvođača rada izvršiti više puta, barem dva (model B), ili pak snimiti više izvođača za istu operaciju, barem dva (model C). Tako snimljene podatke potrebno je testirati statističkim testovima (npr. F test).

Prije analize obradit će se nekoliko pojmova i veličina potrebnih za izvođenje same analize.

1) *Koeficijenti varijacije za vrijeme i procjenu zalaganja*

Kao važni, a može se reći i ključni pokazatelji analize služe koeficijent varijacije za vrijeme i koeficijent varijacije za procjenu zalaganja. Koeficijent varijacije procjene zalaganja ne smije se razlikovati više od 10 % od koeficijenta varijacije vremena. Koeficijent korelacije  $r$  se izračunava samo ako se ispuni taj uvjet, što je prikazano u izrazu (4.2):

$$\frac{V_t - V_{PZ}}{V_t} \leq 10\% \dots\dots\dots(4.2)$$

$V_t$  - koeficijent varijacije vremena izvođenja zahvata

$V_{PZ}$  - koeficijent varijacije procjene zalaganja

## 2) Koeficijent korelacije i procjena zalaganja

Pri mjerenju vremena kronometrom usporedo se vrši procjena zalaganja. Te dvije varijable su međusobno zavisne, jer ako se izvođač jače zalaže skratiti će vrijeme izvođenja. Dakle trebala bi postojati negativna korelacija, jer porastom jedne varijable opada vrijednost druge (u koordinatnom sustavu pravac ima negativan koeficijent smjera). Apsolutna vrijednost koeficijenta korelacije mora biti veća od 0,8, što predstavlja malo raspršenje podataka, a izračunava se prema izrazu (4.3):

$$r = \frac{\frac{1}{\sum f} \sum_j \sum_i f_{ij} \cdot d_{xj} \cdot d_{yi} - \left( \frac{1}{\sum f} \sum_j f_j d_{xj} \right) \cdot \left( \frac{1}{\sum f} \sum_i f_i d_{yi} \right)}{\sqrt{\frac{1}{\sum f} \sum_j f_j d_{xj}^2 - \left( \frac{1}{\sum f} \sum_j f_j d_{xj} \right)^2} \sqrt{\frac{1}{\sum f} \sum_i f_i d_{yi}^2 - \left( \frac{1}{\sum f} \sum_i f_i d_{yi} \right)^2}} \dots\dots\dots(4.3)$$

## 3) Normalno vrijeme

Nakon izračunavanja svih potrebnih pokazatelja kvalitete mjerenja zaključno sa koeficijentom korelacije, ako je sve u redu, izračunava se normalno vrijeme. Normalno vrijeme je ono vrijeme koje može obavljati većina radnika pri normalnim uvjetima okoline, uz normalno zalaganje i zamor. Ovo vrijeme je osnova za daljnji proračun vremena svih ručnih zahvata i izračunava se prema izrazu (4.4):

$$t_n = t_0 \cdot K_{PZ} + r \cdot \sigma_t \cdot \frac{\sigma_{PZ}}{100} \dots\dots\dots(4.4)$$

$t_n$  - normalno vrijeme izrade

$t_0$  - aritmetička sredina skupa vremena izvođenja (trajanja) zahvata

$K_{PZ} = \frac{\overline{PZ}}{100}$  - koeficijent procjene zalaganja

$\sigma_t, \sigma_{PZ}$  - standardne devijacije skupa vremena izvođenja i procjene zalaganja

$r$  - koeficijent korelacije

## 4) Stvarno vrijeme izrade

Pri proračunu stvarnog vremena izrade (izvođenje cijelog zahvata), treba uzeti u obzir zamor i utjecaj okoline preko koeficijenata zamora i utjecaja okoline. Stvarno vrijeme izračunava se prema izrazu (4.5):

$$t_i = t_n \cdot (1 + K_n \cdot K_a) \dots\dots\dots(4.5)$$

## 5) Norma

Naposljetku se izračunava norma prema izrazu (4.6) kao orijentacijsko vrijeme izvođenja jedne određene operacije. U normu se uračunavaju sva tehnološka i pomoćna vremena iz svih zahvata u operaciji, te u obliku koeficijenata dodatnog vremena i samo dodatno vrijeme.

$$t_1 = t_i(1 + K_d) \dots \dots \dots (4.6)$$

Stvarno vrijeme izrade i norma izračunavaju se u listu za izračunavanje vremena izrade. U list se unose zahvati onim redom kako su se tokom snimanja odvijali.

Izračunavanjem koeficijenata varijacije za vrijeme i za procjenu zalaganja prema izrazu (4.2), za svaki zahvat posebno, donosi se odluka o daljnjoj analizi podataka.

Nakon ustanovljenja da se koeficijent varijacije ne razlikuju više od 10 % može se vršiti daljnja analiza.

Kako se analiza rezultata može izvršiti tek kad se ustanovi da se snimljeni/izmjereni podaci poklapaju sa teoretskima izvršit će se usporedba empirijskih i teorijskih frekvencija za podatke izmjenjenog vremena i procjene zalaganja, za sve zahvate u operaciji 1. Tako su redom prikazane usporedbe frekvencija za zahvate 1/1, 1/2 i 1/4 u **TABLICAMA 4.2 – 4.7**. Uz tablice izračunani su broj razreda i širina razreda. Ispod tablica dan je rezultat  $\chi^2$  testova za svaku tablicu posebno, a sam tijek testa: izračunavanje vrijednosti  $u$  (parametar studentove raspodjele), zatim  $\varphi(u)$  (vrijednosti jedinične gausove raspodjele), te izračunavanje teorijske razdiobe ili frekvencije i sama usporedba također su prikazani u spomenutim tablicama.

Nakon ustanovljenja da se sve empirijske razdiobe ne razlikuju značajno izračunava se koeficijent korelacije prema izrazu (4.3) koji je potreban za izračunavanje normalnog vremena, što je vidljivo u listovima za analizu, slike 4.3 i 4.5. Iz svih listova za analizu operacije 1 može se jasno vidjeti da postoji čvrsta korelacija između vremena izvođenja i procjene zalaganja, apsolutna vrijednost koeficijenta veća je od 0,8. Koeficijent je negativan što znači da se porastom zalaganja smanjuje vrijeme izvođenja.

Nakon izračunavanja koeficijenta korelacije izračunava se normalno vrijeme prema izrazu (4.4), što je također prikazano u listu za analizu za svaki pojedini zahvat, slike 4.3 do 4.5.

Slijedi prikaz analize.

### **Zahvat 1/1:**

Broj razreda:  $m = 1 + 3,3 \log N = 1 + 3,3 \log 41 = 6,32 \rightarrow m = 7$

$$\text{Širina razreda za vrijeme: } i = \frac{R+1}{m} = \frac{(39-26)+1}{7} = 2$$

TABLICA 4.2 USPOREDBA FREKVENCIJA OČITANJA VREMENA ZA ZAHVAT 1/1

Empirijska razdioba						Normalna razdioba				Usporedba razdioba	
Očitano vrijeme $T$	Razdioba	$f$	D	fd	fd <sup>2</sup>	$ t_i - t_0 $	$ u  = \frac{ t_i - t_0 }{\sigma_i}$	$\varphi(u)$	$f_i = \frac{N \cdot i}{\sigma_i} \cdot \varphi(u)$	$ f - f_i ^2$	$\chi^2$
26 – 27	/	1	-3			6,60	2,49	0,01797	0,556		
28 – 29	///	3	-2			4,60	1,74	0,08780	2,718	10,91	0,007
30 – 31	////I //	7	-1			2,60	0,98	0,24681	7,64		
32 – 33	////I ////I	10	0			0,60	0,23	0,38853	12,03	12,03	4,121
34 – 35	////I ////I ///	13	1			1,40	0,53	0,34667	10,73	10,73	5,153
36 – 37	////I /	6	2			3,40	1,28	0,17585	5,44	6,98	0,0004
38 – 39	/	1	3			5,40	2,04	0,04980	1,54		
									n = 4		
ukupno		N = 41								računski:	<b>0,823</b>

Za: stupanj slobode  $k = n - 1 - 2 = 4 - 1 - 2 = 1$

vjerojatnost pogreške  $\alpha = 0,05$

$$\chi_0^2 = 3,841$$

$\chi_r^2 < \chi_0^2 \rightarrow$  empirijska i normalna razdioba se ne razlikuju značajno.

$$\text{Širina razreda za PZ: } i = \frac{R+1}{m} = \frac{(120-80)+1}{9} = 4,55 \rightarrow i = 5$$



TABLICA 4.3 USPOREDBA FREKVENCIJA PZ ZA ZAHVAT 1/1

Empirijska razdioba						Normalna (teorijska) razdioba				Usporedba razdioba	
Procjena zalaganja PZ	Razdioba PZ	$f$	d	fd	fd <sup>2</sup>	$ PZ_i - \overline{PZ} $	$ u  = \frac{ PZ - \overline{PZ} }{\sigma_{PZ}}$	$\varphi(u)$	$f_i = \frac{N \cdot i}{\sigma_{PZ}} \cdot \varphi(u)$	$ f - f_i ^2$	$\chi^2$
80	/	1	-4			20,12	2,32	0,02705	0,64		
85	//	2	-3			15,12	1,75	0,08628	2,04		
90	///I	5 <b>8</b>	-2			10,12	1,17	0,20121	4,76 <b>7,44</b>	0,31	0,04
95	////I //	7 <b>7</b>	-1			5,12	0,59	0,33521	7,94 <b>7,94</b>	0,88	0,11
100	////I ////I	10 <b>10</b>	0			0,12	0,01	0,39892	9,44 <b>9,44</b>	0,31	0,33
105	////I ///	8 <b>8</b>	1			4,88	0,56	0,34105	8,07 <b>8,07</b>	0,005	0
110	////I	5 <b>8</b>	2			9,88	1,14	0,20831	4,93 <b>7,75</b>	0,062	0,008
115	//	2	3			14,88	1,72	0,09089	2,15		
120	/	1	4			19,88	2,30	0,02833	0,67		
									n = 5		
Ukupno		N = 41								računski:	<b>0,49</b>

Za: stupanj slobode  $k = n - 1 - 2 = 5 - 1 - 2 = 2$

vjerojatnost pogreške  $\alpha = 0,05$

$$\chi_0^2 = 5,991$$

$\chi_r^2 < \chi_0^2 \rightarrow$  Teorijska i empirijska razdioba ne razlikuju se značajno.

**Zahvat 1/2:** Broj razreda:  $m = 1 + 3,3 \log N = 1 + 3,3 \log 32 = 5,97 \rightarrow m = 5$

Širina razreda:  $i = \frac{R+1}{m} = \frac{(19-10)+1}{5} = 2 \rightarrow i = 2$

TABLICA 4.4 USPOREDBA FREKVENCIJA OČITANJA VREMENA ZA ZAHVAT 1/2

Empirijska razdioba						Normalna razdioba				Usporedba razdioba	
Očitano vrijeme $t$	Razdioba	$f$	d	fd	fd <sup>2</sup>	$ t_i - t_0 $	$ u  = \frac{ t_i - t_0 }{\sigma_t}$	$\varphi(u)$	$f_t = \frac{N \cdot i}{\sigma_t} \cdot \varphi(u)$	$ f - f_t ^2$	$\chi^2$
10 – 11	//	2	-2			4,69	2,14	0,04041	1,18		
12 – 13	////	4 <b>6</b>	-1			2,69	1,23	0,18724	5,47 <b>6,65</b>	0,42	0,06
14 – 15	////I ////	9 <b>9</b>	0			0,69	0,31	0,38023	11,11 <b>11,11</b>	4,45	0,4
16 – 17	////I ////I /	11 <b>11</b>	1			1,31	0,60	0,33322	9,74 <b>9,74</b>	1,58	0,16
18 – 19	////I /	6 <b>6</b>	2			3,31	1,51	0,12758	3,73 <b>3,73</b>	5,15	1,38
									n = 4		
Ukupno		N = 32								računski:	<b>2,001</b>

Za: stupanj slobode  $k = n - 1 - 2 = 4 - 1 - 2 = 1$

vjerojatnost pogreške  $\alpha = 0,05$

$$\chi_0^2 = 3,841$$

$\chi_r^2 > \chi_0^2 \rightarrow$  empirijska razdioba se ne razlikuje značajno od teorijske, stoga se podaci mogu dalje analizirati.

$$\text{Širina razreda za PZ: } i = \frac{R+1}{m} = \frac{(120-75)+1}{9} = 5,1 \rightarrow i = 5$$

TABLICA 4.5 USPOREDBA FREKVENCIJA PZ ZA ZAHVAT 1/2

Empirijska razdioba						Normalna (teorijska) razdioba				Usporedba razdioba	
Procjena zalaganja PZ	Razdioba PZ	$f$	d	fd	fd <sup>2</sup>	$ PZ_i - \overline{PZ} $	$ u  = \frac{ PZ - \overline{PZ} }{\sigma_{PZ}}$	$\varphi(u)$	$f_i = \frac{N \cdot i}{\sigma_{PZ}} \cdot \varphi(u)$	$ f - f_i ^2$	$\chi^2$
75	//	2	-4			19,22	1,63	0,10567	1,43		
80	////	4 <b>6</b>	-3			14,22	1,20	0,19419	2,63 <b>4,06</b>	3,765	0,93
85	////	4	-2			9,22	0,78	0,29431	3,99		
90	////I	5 <b>9</b>	-1			4,22	0,36	0,37391	5,07 <b>9,06</b>	0,003	0
95	////I /	6	0			0,78	0,07	0,39797	5,4		
100	///	3 <b>9</b>	1			5,78	0,49	0,35381	4,8 <b>10,2</b>	1,44	0,14
105	///	3 <b>8</b>	2			10,78	0,91	0,26369	3,57 <b>7,42</b>	0,336	0,04
110	//	2	3			15,78	1,34	0,16256	2,2		
115	//	2	4			20,78	1,76	0,08478	1,15		
120	/	1	5			25,78	2,18	0,03706	0,5 n = 4		
Ukupno		N = 32								računski:	<b>1,115</b>

Za: stupanj slobode  $k = n - 1 - 2 = 4 - 1 - 2 = 1$

vjerojatnost pogreške  $\alpha = 0,05$

$$\chi_0^2 = 3,841$$

$\chi_r^2 < \chi_0^2 \rightarrow$  Teorijska i empirijska razdioba ne razlikuju se značajno.

**Zahvat 1/4:** Broj razreda:  $m = 1 + 3,3 \log N = 1 + 3,3 \log 31 = 5,92 \rightarrow m = 6$

$$\text{Širina razreda: } i = \frac{R+1}{m} = \frac{(31-21)+1}{7} = 1,57 \rightarrow i = 2$$

TABLICA 4.6 USPOREDBA FREKVENCIJA OČITANJA VREMENA ZA ZAHVAT 1/4

Empirijska razdioba						Normalna razdioba				Usporedba razdioba		
Očitano vrijeme $t$	Razdioba	$f$	d	fd	fd <sup>2</sup>	$ t_i - t_0 $	$ u  = \frac{ t_i - t_0 }{\sigma_i}$	$\varphi(u)$	$f_i = \frac{N \cdot i}{\sigma_i} \cdot \varphi(u)$	$ f - f_i ^2$	$\chi^2$	
20 – 21	//	2	-3			5,5	2,11	0,04307	1,18			
22 – 23	////	4	<b>6</b>	-2		3,5	1,34	0,16256	3,86	<b>5,04</b>	0,922	0,183
24 – 25	////I //	7	<b>7</b>	-1		1,5	0,57	0,33912	8,07	<b>12,94</b>	0,004	0,0003
26 – 27	////I ////	9	<b>9</b>	0		0	0	0,39894	9,5	<b>9,5</b>	0,25	0,03
28 – 29	////I /	6	<b>9</b>	1		2,5	0,96	0,25164	5,99	<b>8,12</b>	0,774	0,1
30 – 31	///	3		2		4,5	1,73	0,08933	2,13			
									n = 4			
Ukupno		N = 31								računski:	<b>0,312</b>	

Za: stupanj slobode  $k = n - 1 - 2 = 4 - 1 - 2 = 1$

vjerojatnost pogreške  $\alpha = 0,05$

$$\chi_0^2 = 3,841$$

$\chi_r^2 < \chi_0^2 \rightarrow$  Empirijska i teorijska razdioba ne razlikuju se značajno.

$$\text{Širina razreda za PZ: } i = \frac{R+1}{m} = \frac{(120-80)+1}{9} = 4,55 \rightarrow i = 5$$

TABLICA 4.7 USPOREDBA FREKVENCIJA PZ ZA ZAHVAT 1/4

Empirijska razdioba						Normalna (teorijska) razdioba				Usporedba razdioba	
Procjena zalaganja PZ	Razdioba PZ	$f$	d	fd	fd <sup>2</sup>	$ PZ_i - \overline{PZ} $	$ u  = \frac{ PZ - \overline{PZ} }{\sigma_{PZ}}$	$\varphi(u)$	$f_i = \frac{N \cdot i}{\sigma_{PZ}} \cdot \varphi(u)$	$ f - f_i ^2$	$\chi^2$
80	/	1	-4			21,93	2,16	0,03861	0,59		
85	//	2	-3			16,93	1,67	0,09893	1,51		
90	///	3 <b>6</b>	-2			11,93	1,18	0,19886	3,04 <b>5,14</b>	0,74	0,144
95	////	4	-1			6,93	0,68	0,31659	4,84		
100	////I	5 <b>9</b>	0			1,93	0,19	0,39181	5,99 <b>10,83</b>	3,35	0,31
105	////I //	7 <b>7</b>	1			3,07	0,30	0,38139	5,83 <b>5,83</b>	1,37	0,235
110	////	4 <b>9</b>	2			8,07	0,80	0,28969	4,43 <b>8,33</b>	0,45	0,054
115	///	3	3			13,07	1,29	0,17360	2,65		
120	//	2	4			18,07	1,78	0,08183	1,25		
									n = 4		
Ukupno		N = 31								računski:	<b>0,743</b>

Za: stupanj slobode  $k = n - 1 - 2 = 4 - 1 - 2 = 1$

vjerojatnost pogreške  $\alpha = 0,05$

$$\chi_0^2 = 3,841$$

$\chi_r^2 < \chi_0^2 \rightarrow$  Teorijska i empirijska razdioba ne razlikuju se značajno.

Slijedi analiza za zahvate 1,2 i 4 za koje su vršene procjene zalaganja, jer se zahvat 3 sastoji uglavnom od rada automatike, pa se vrijeme trajanja očita sa snimačkog lista jer je riječ o gotovo uniformnoj razdiobi.

LIST ZA ANALIZU													Obradio M. Š.	Datum 26.6.09.	Broj 1/1					
$t$	Učestalost			$f$	$d$	PZ							Učestalost	$f$	$d$					
						70														
						75														
26 – 27	/			1	-3	80							/	1	-4					
28 – 29	///			3	-2	85							//	2	-3					
30 – 31	////I //			7	-1	90							////I	5	-2					
32 – 33	////I ////I			10	0	95							////I //	7	-1					
34 – 35	////I ////I ///			13	1	100							////I ////I	10	0					
36 – 37	////I /			6	2	105							////I ///	8	1					
38 – 39	/			1	3	110							////I	5	2					
						115							//	2	3					
						120							/	1	4					
						125														
						130														
Zahvat broj 1				Opis zahvata: Uzimanje snopa od 7 čeličnih šipki i ulaganje u prostor za sječenje																
Aritmetička sredina vremena izvođenja: $t_0 = 33,1$ VJ						Aritm.sredina procjene zalaganja: $\overline{PZ} = 100,12$ %														
Standardna devijacija vremena izvođenja: $\sigma_t = 2,65$ VJ						Stand. devijacija procjene zalaganja: $\sigma_{PZ} = 8,66$ %														
Koeficijent varijacije za vrijeme: $V_t = \frac{\sigma_t}{t_0} = 0,08$						Kof. varij. za procj. zalag.: $V_{PZ} = \frac{\sigma_{PZ}}{\overline{PZ}} = 0,0865$														
Normalno vrijeme izvođenja:													$tg \gamma = 0,035$		$\gamma = 1,98^\circ$					
$t_n = t_0 \cdot K_{PZ} + r \cdot \sigma_t \cdot \frac{\sigma_{PZ}}{100} = 33,1 \cdot 1 - 0,84 \cdot 2,65 \cdot \frac{8,66}{100} = 32,9$ VJ																				
Varijacija		$K_{PZ}$	$t_o$	$t_n$	Varijacija							$K_{PZ}$	$t_o$	$t_n$	Varijacija		$K_{PZ}$	$t_o$	$t_n$	
	$d_{xj}$			-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4			$f_i$	$f_i \cdot d_{yi}$	$f_i \cdot d_{yi}^2$	$\sum_i f_{ij} \cdot d_{xj}$	$d_{yi} \sum_i f_{ij} \cdot d_{xj}$	
$d_{yi}$	$t \setminus PZ$	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130						
-3	26 – 27											1			1	-3	9	4	-12	
-2	28 – 29								1		2				3	-6	12	7	-14	
-1	30 – 31							2	1	4					7	-7	7	9	-9	
0	32 – 33					1	5	3	1						10	0	0	4	0	
1	34 – 35				1	1	5	3	3						13	13	13	-7	-7	
2	36 – 37				1	4	1								6	12	24	-12	-24	
3	38 – 39			1											1	3	9	-4	-12	
	$f_j$			1	2	5	7	10	8	5	2	1			41	12	74	1	-78	
	$f_j \cdot d_{xj}$			-4	-6	-10	-7	0	8	10	6	4			1	$r = \frac{-78 \cdot \frac{1}{41} - \frac{12}{41} \cdot \frac{12}{41}}{\sqrt{\frac{123}{41} - \left(\frac{1}{41}\right)^2} \cdot \sqrt{\frac{74}{41} - \left(\frac{12}{41}\right)^2}}$				
	$f_j \cdot d_{xj}^2$			16	18	20	7	0	8	20	18	16		123						
	$\sum_j f_{ij} \cdot d_{yi}$			3	3	9	7	1	0	-4	-4	-3		12						
	$d_{xj} \sum_j f_{ij} \cdot d_{yi}$			-12	-9	-18	-7	0	0	-8	-12	-12		-78						
																				$r = -0,84$

Slika 4.3 List za analizu zahvata 1/1



LIST ZA ANALIZU														Obradio M. Š.	Datum 26.6.09.	Broj 1/4				
$t$	Učestalost			$f$	$d$	PZ		učestalost		$f$	$d$									
						70														
						75														
						80	/			1		-4								
20-21	//			2	-3	85	//			2		-3								
22-23	////			4	-2	90	///			3		-2								
24-25	////I //			7	-1	95	////			4		-1								
26-27	////I ////			9	0	100	////I			5		0								
28-29	////I /			6	1	105	////I //			7		1								
30-31	///			3	2	110	////			4		2								
						115	///			3		3								
						120	//			2		4								
						125														
						130														
Zahvat broj 2				Opis zahvata: Odlaganje odrezanih šipki na otpremna kolica																
Aritmetička sredina vremena izvođenja: $t_0 = 26$ VJ						Aritmet. sredina procjene zalaganja: $\overline{PZ} = 101,93$ %														
Standardna devijacija vremena izvođenja: $\sigma_t = 2,6$ VJ						Stand. devijacija procjene zalaganja: $\sigma_{PZ} = 10,13$ %														
Koeficijent varijacije za vrijeme: $V_t = \frac{\sigma_t}{t_0} = 0,1$						Koeff. varij. za procj. zalag.: $V_{PZ} = \frac{\sigma_{PZ}}{\overline{PZ}} = 0,099$														
Normalno vrijeme izvođenja:											$t_n = t_0 \cdot K_{PZ} + r \cdot \sigma_t \cdot \frac{\sigma_{PZ}}{100} = 26 \cdot 1,02 + 0,99 \cdot 2,6 \cdot \frac{10,13}{100} = 26,26$ VJ		$tg \gamma = \frac{1-r^2}{r} \cdot \frac{\sigma_x \cdot \sigma_y}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2} = 0,001$		$\gamma = 0^\circ$					
Varijacija		$K_{PZ}$	$t_0$	$t_n$		Varijacija		$K_{PZ}$	$t_0$	$t_n$	Varijacija		$K_{PZ}$	$t_0$	$t_n$					
$d_{xj}$			-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4									
$d_{yi}$	$t \setminus PZ$	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	$f_i$	$f_i \cdot d_{yi}$	$f_i \cdot d_{yi}^2$	$\sum_i f_{ij} \cdot d_{xj}$	$d_{yi} \sum_i f_{ij} \cdot d_{xj}$	
-3	20-21											2			2	-6	18	8	-24	
-2	22-23								1	3					4	-8	16	11	-22	
-1	24-25							2	2	3					7	-7	7	8	-8	
0	26-27						1	3	5						9	0	0	4	0	
1	28-29					3	3								6	6	6	-9	-9	
2	30-31			1	2										3	6	6	-10	-20	
$f_j$			1	2	3	4	5	7	4	3	2				31	-9	53	12	-83	
$f_j \cdot d_{xj}$			-4	-6	-6	-4	0	7	8	9	8				12	$r = \frac{-83 \cdot 12 - 9 \cdot 31}{\sqrt{132 - \left(\frac{12}{31}\right)^2} \cdot \sqrt{53 - \left(\frac{-9}{31}\right)^2}}$				
$f_j \cdot d_{xj}^2$			16	18	12	4	0	7	16	27	32			132						
$\sum_j f_{ij} d_{yi}$			2	4	3	3	-2	-2	-5	-6	-6			-9						
$d_{xj} \sum_j f_{ij} d_{yi}$			-8	-12	-6	-3	0	-2	-10	-18	-24			-83						
$r = -0,993$																				

Slika 4.5 List za analizu zahvata 1/4



#### 4.1.4. Izračunavanje vremena izrade i norme izabrane operacije, [3]

Nakon analize može se izračunati vrijeme izrade  $t_i$  i odrediti norma. To se radi u listu za izračunavanje vremena izrade, prikazano na slici 4.6.

LIST ZA IZRAČUNAVANJE VREMENA IZRADE								Broj: 1
								Veza
$K_a = 1,15$	$K_d = 0,18$	$t_1 = t_i \cdot (1 + K_d) = 106,1 \cdot (1 + 0,18) = 125,2 \text{ VJ} = 45,07 \text{ s}$						
br.	Opis zahvata	$t_n$	Z	$(K_n)$ $1 + K_n K_a$	$t_s$	$\Delta t_s$	f	$t_i$
1	Uzimanje snopa od 7 čeličnih šipki i ulaganje u prostor za sječenje. (1/1)	32,9	41	(0,30) 1,345	44,25	44,25	1	44,25
2	Mjerenje na zadanu mjeru duljine. (1/2)	14,26	32	(0,11) 1,126	16,06	16,06	1	16,06
3	Uključivanje stroja pritiskom tipkala i nožne pedale, sječenje. (1/3)	12,0	33	(0) 1	12,0	12,0	1	12,0
4	Odlaganje odsječenih šipki na otpremna kolica. (1/4)	26,26	31	(0,25) 1,287	33,8	33,8	1	33,8
								<b>106,1</b> [VJ]

Slika 4.6 List za izračunavanje vremena izrade operacije 1 (sječenje)

#### Izračun norme za operaciju 1 (sječenje)

Iz lista sljedi da je norma za prvu operaciju uz koeficijent dodatnog vremena 0,18 jednaka:

$$t_{1-1} = t_i \cdot (1 + K_d) = 106,1 \cdot (1 + 0,18) = 125,2 \text{ VJ} = 45,07 \text{ s}$$

## 4.2. Postupak izračunavanja vremena za operaciju 2

Druga operacija koja sljedi u tehnološkom procesu je savijanje odsječenih šipki. Uzima se snop od tri predhodno isječene čelične šipke, ulaže se u okretni trn i savija na određenu mjeru.

### 4.2.1. Priprema mjerenja vremena, [3]

Prilikom faze pripreme mjerenja ustanovljeno je sljedeće:

- 1) radno mjesto je stabilizirano, odnosno rad se ciklički odvija uvijek na isti način. Kolica za transport (doprema i otprema) postavljena su blizu radnog mjesta tako da radnik ne mora napraviti korak da bi dohvatio nove šipke za savijanje.
- 2) Radnik se normalno zalaže i koristi predahe nakon određenog broja ciklusa.
- 3) Radnik ima radno iskustvo od godinu dana, stoga se može reći da je za ovu vrstu posla prosječno uvježban.
- 4) Svi važni sudionici su upoznati sa svrhom mjerenja vremena i ostvarena je suradnja.
- 5) Utvrđen je plan i program mjerenja, a sastoji se u sljedećem: datum mjerenja, 3.2. 2009. sa početkom u 9:25 h, na radnom mjestu- savijačica betonskog čelika.
- 6) Operacija je podijeljena na sljedeće zahvate:
  - zahvat 2/1 - Uzimanje snopa od 3 šipke, ulaganje i mjerenje.
  - zahvat 2/2 - Savijanje pritiskom na nožnu pedal (3X), odlaganje.

Uvjeti rada za oba zahvata su također utvrđeni i u skladu s njima određeni koeficijenti zamora prema **PRILOGU 1**. Uvjeti rada opisani su u snimačkom listu, broj 2, u rubrici uvjeti rada, slika 4.7, dok su koeficijenti zamora za svaki od zahvata određeni u listu za izračunavanje izrade broj 2, slika 4.11.

### 4.2.2. Mjerenje vremena, [3]

Druga operacija koja slijedi u tehnološkom procesu je operacija savijanja i potrebno je izvršiti pokusno mjerenje

#### Potreban broj očitavanja

Za zahvate 2. operacije- savijanje, izabire se pokusni uzorak od 15 podataka za oba zahvata, a potreban broj očitavanja odabire se, ovisno o koeficijentu varijacije prema izrazu 1.5, iz **PRILOGA 5**. Pokusno snimanje operacije 2 prikazano je u **TABLICI 4.8**.

**TABLICA 4.8 POKUSNO SNIMANJE OPERACIJE 2 (SAVIJANJE)**

Zahvati operacije savijanja	2/1	2/2
Vrijeme izvođenja	22	44
	20	30
	28	33
	22	33
	19	52
	25	42
	25	44
	19	44
	19	33
	17	36
	22	47
	25	52
	22	50
	19	33
	19	44
$t_0$	21,53	41,33
$\sigma_t$	2,98	7,29
$V$	0,139 (0,14)	0,177
Potreban broj očitavanja, $N$	36	49

#### Glavno mjerenje vremena

Glavno mjerenje vršeno je sa kronometrom podjele 1/10 00 h, sa modelom A. Operacija je dakle podijeljena na 2 zahvata . Usporedo sa mjerenjem vremena vršena je i procjena zalaganja, te su tako dobiveni podaci za oba zahvata. Podaci mjerenja za operaciju 1 prikazani su u snimačkom listu, stražnja strana, na slici 4.8. Da bi se empirijski podaci mogli uspoređivati sa teorijskim, odnosno da bi se mogla izvršiti analiza podataka potrebno je ispuniti uvjet da greška snimatelja bude unutar granica od 1,5 %. Greška snimatelja izračunava se prema izrazu (4.1).U snimačkom listu, slika 4.8. utvrđeno je da se greška kreće unutar propisanih granica, dakle može se krenuti sa daljnjom obradom podataka.

Snimački list broj 2		Radnik	Uvježbanost
Snimio M.Š.	Nacrt	1 Z.K.	1 god
Dne 3.2.09.	Nalog	2.	
Početak 9:25	Količina 5 000 kom	3.	
Svršetak 9:42:17	Radionica Glavna hala	4.	
Trajanje 17'17 <sup>cc</sup>	Poslovođa	5.	
$t_{uk} = 2880$ [VJ]	Brigadir	6.	
Predmet Šipka Ø 16 mm i duljine 800 mm (3x)			
Operacija Savijanje			
Radno mjesto Savijačica	Materijal	Oblik	Izmjere
Alat	u operaciju	šipka	800 x Ø 16
Mjerila	iz operacije	vilica	150 x 240
Težina			
12,4 N			
12,4 N			
Režimi rada			
Stanje zraka	temperatura 24°C	$K_a = 1,15$	Uvjeti rada: <b>Zahvat 2/1:</b> Prebacivanje tereta težine do 49 N rotiranjem na visini 0,41 – 0,80 m. <b>Zahvat 2/2:</b> Stajanje uz rukovanje predmetima težine do 49 N (3 šipke težine 12,4 N).
	rel. Važnost 45,9 %	$K_d = 0,18$	
	efekt. temp. 19,5°C		
	Čestice: Normalna zaprašenost		
	Gustoća		
Skica radnog mjesta		Mjerilo 1 cm =	
<p>1 - doprema šipki 2 - izvodač 3 - nožna pedala 4 - otprema vilica 5 - savijačica 6 - šipka (obradak)</p>			

Slika 4.7 Prednja strana snimačkog lista za operaciju savijanja

$t_{gk}$	1.		2.						1.		2.							
	Uzimanje snopa od 3 šipke, ulaganje i mjernje.		Savijanje pritiskom na nožnu pedal (3 X), odlaganje.						Uzimanje snopa od 3 šipke, ulaganje i mjernje.		Savijanje pritiskom na nožnu pedal (3 X), odlaganje.							
	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$T$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$	PZ	$t$		
30	100	20	80	46					115	19	100	40						
	115	18	85	44					100	22	95	42						
	100	22	75	47					105	21	105	39						
	85	25	90	43					110	20	90	43						
	115	19	90	45					80	26	115	35						
	105	20	70	50					85	27	100	41						
	120	17	95	42							110	35						
	105	21	90	44							115	34						
	105	21	75	47							100	40						
	115	19	90	45							120	33						
	90	22	95	42							100	41						
	80	25	80	46							115	35						
	105	21	105	40							110	39						
115	18	95	41							115	36							
50	95	23	100	40							110	37						
	105	20	100	39							105	39						
	85	25	85	43							110	36						
	100	21	95	41							105	37						
	95	23	85	44							120	31						
	110	20	100	40														
	110	21	95	41														
	90	23	100	40														
	80	24	80	46														
	100	22	100	39														
	90	23	100	40														
	120	17	95	42														
	110	21	105	39														
95	24	105	40															
95	22	95	42															
120	18	95	41															
$\sum t$	30 podataka u jednom stupcu								770	1992								
D – doprema, T – teško ide, E – otprema, Z – zapinje, M – loš materijal, X – izvanredno																		
$\sum t_c = \sum t + t_{gk} + t_{gn}$ $= 2762 + 30 + 50 = 2842 \text{ VJ}$									$\varepsilon = \frac{\sum t_c - t_{uk}}{t_{uk}} \cdot 100 = \frac{2842 - 2880}{2880} \cdot 100$ $= -1,32 \%$									

Slika 4.8 stražnja strana snimačkog lista za operaciju savijanja

#### 4.2.3. Obrada podataka i analiza rezultata, [3]

Prvo će se statistički obraditi podaci iz snimačkog lista broj 2, stražnja strana, prikazanih na slici 4.8. Nakon toga izvršit će se usporedba frekvencija teorijske i empirijske razdiobe i konačno analiza podataka.

#### Obrada podataka

Slijedi prikaz statističkih parametara za svaki zahvat pojedinačno.

### Zahvat 2/1

Parametri razdiobe:	Vrijednosti	
	za vrijeme, VJ:	za PZ:
Aritmetička sredina	21,4	101,39
Standardna devijacija	2,464	11,88
Koeficijent varijacije	0,115	0,117

### Zahvat 2/2

Parametri razdiobe:	Vrijednosti	
	za vrijeme, VJ:	za PZ:
Aritmetička sredina	40,65	98,77
Standardna devijacija	3,863	9,925
Koeficijent varijacije	0,095	0,1005

### Analiza rezultata mjerenja

Izračunavanjem koeficijenata varijacije za vrijeme i za procjenu zalaganja prema izrazu (4.2), za svaki zahvat posebno, donosi se odluka o daljnjoj analizi podataka.

Nakon ustanovljenja da se koeficijent varijacije ne razlikuju više od 10 % može se izvršiti daljnja analiza.

Kako se analiza rezultata može izvršiti tek kad se ustanovi da se snimljeni/izmjereni podaci poklapaju sa teoretskima izvršit će se usporedba empirijskih i teorijskih frekvencija za podatke izmjenjenog vremena i procjene zalaganja, za sve zahvate u operaciji 2. Tako su redom prikazane usporedbe frekvencija za zahvate 2/1 i 2/2 u **TABLICAMA 4.9 – 4.12**.

Uz tablice izračunani su broj razreda i širina razreda. Ispod tablica dan je rezultat  $\chi^2$  testova za svaku tablicu posebno, a sam tijekom testa: izračunavanje vrijednosti  $u$  (parametar studentove raspodjele), zatim  $\varphi(u)$  (vrijednosti jedinične gausove raspodjele), te izračunavanje teorijske razdiobe ili frekvencije i sama usporedba također su prikazani u spomenutim tablicama.

Nakon ustanovljenja da se sve empirijske razdiobe ne razlikuju značajno izračunava se koeficijent korelacije prema izrazu (4.3) koji je potreban za izračunavanje normalnog vremena, što je vidljivo u listovima za analizu, slike 4.9 i 4.10. Iz svih listova za analizu operacije 2 može se jasno vidjeti da postoji čvrsta korelacija između vremena izvođenja i procjene zalaganja, apsolutna vrijednost koeficijenta veća je od 0,8. Koeficijent je negativan što znači da se porastom zalaganja smanjuje vrijeme izvođenja.

Nakon izračunavanja koeficijenta korelacije izračunava se normalno vrijeme prema izrazu (4.4), što je također prikazano u listu za analizu za svaki pojedini zahvat, slike 4.9 i 4.10.

Slijedi prikaz analize.

**Zahvat 2/1:** Broj razreda:  $m = 1 + 3,3 \log N = 1 + 3,3 \log 36 = 6,135 \rightarrow m = 6$

$$\text{Širina razreda: } i = \frac{R+1}{m} = \frac{(27-17)+1}{6} = 1,83 \rightarrow i = 2$$



TABLICA 4.10 USPOREDBA FREKVENCIJA PZ ZA ZAHVAT 2/1

Empirijska razdioba						Normalna (teorijska) razdioba				Usporedba razdioba	
Procjena zalaganja PZ	Razdioba PZ	$f$	d	fd	fd <sup>2</sup>	$ PZ_i - \overline{PZ} $	$ u  = \frac{ PZ - \overline{PZ} }{\sigma_{PZ}}$	$\varphi(u)$	$f_i = \frac{N \cdot i}{\sigma_{PZ}} \cdot \varphi(u)$	$ f - f_i ^2$	$\chi^2$
80	///	3	-4			21,39	1,80	0,07895	1,196		
85	///	3	-3			16,39	1,38	0,15395	2,33		
90	///	3 <b>9</b>	-2			11,39	0,96	0,25164	3,81 <b>7,34</b>	2,756	0,375
95	////	4	-1			6,39	0,54	0,34482	5,22		
100	////I	5 <b>9</b>	0			1,39	0,12	0,39608	6,0 <b>11,22</b>	4,93	0,44
105	////I /	6 <b>6</b>	1			3,61	0,30	0,38139	5,78 <b>5,78</b>	0,048	0,008
110	////	4 <b>12</b>	2			8,61	0,72	0,30785	4,66 <b>9,58</b>	5,856	0,611
115	////I	5	3			13,61	1,14	0,20831	3,16		
120	///	3	4			18,61	1,57	0,11632	1,76		
									n = 4		
Ukupno		N = 36								računski:	<b>1,434</b>

Za: stupanj slobode  $k = n - 1 - 2 = 4 - 1 - 2 = 1$

vjerojatnost pogreške  $\alpha = 0,05$

$$\chi_0^2 = 3,841$$

$\chi_r^2 < \chi_0^2 \rightarrow$  Teorijska i empirijska razdioba ne razlikuju se značajno.

Zahvat 2/2: Broj razreda:  $m = 1 + 3,3 \log N = 1 + 3,3 \log 49 = 6,58 \rightarrow m = 6$

Širina razreda za  $t$ :  $i = \frac{R+1}{m} = \frac{(50-31)+1}{7} = 2,86 \rightarrow i = 3$





TABLICA 4.12 USPOREDBA FREKVENCIJA PZ ZA ZAHVAT 2/2

Empirijska razdioba					Normalna (teorijska) razdioba				Usporedba razdioba		
Procjena zalaganja PZ	Razdioba PZ	$f$	d	fd	fd <sup>2</sup>	$ PZ_i - \overline{PZ} $	$ u  = \frac{ PZ - \overline{PZ} }{\sigma_{PZ}}$	$\varphi(u)$	$f_i = \frac{N \cdot i}{\sigma_{PZ}} \cdot \varphi(u)$	$ f - f_i ^2$	$\chi^2$
120	//	2	4			21,22	2,14	0,04041	0,997		
115	///	3	3			16,22	1,63	0,10567	2,61		
110	///	3 <b>8</b>	2			11,22	1,13	0,21069	5,2 <b>8,81</b>	0,65	0,074
105	////I ///	8 <b>8</b>	1			6,22	0,63	0,32713	8,07 <b>8,07</b>	0,005	0,0006
100	////I ////I //	12 <b>12</b>	0			1,22	0,12	0,39608	9,78 <b>9,78</b>	4,93	0,504
95	////I ////	9 <b>9</b>	-1			3,77	0,38	0,37115	9,16 <b>9,16</b>	0,026	0,003
90	////I /	6 <b>6</b>	-2			8,77	0,88	0,27086	6,68 <b>6,68</b>	0,46	0,069
85	///	3 <b>6</b>	-3			13,77	1,39	0,15183	3,75 <b>5,97</b>	0,001	0
80	//	2	-4			18,77	1,89	0,06687	1,65		
75	/	1	-5			23,77	2,39	0,02294	0,57		
									n = 6		
Ukupno		N = 49								računski:	<b>0,651</b>

Za: stupanj slobode  $k = n - 1 - 2 = 6 - 1 - 2 = 3$

vjerojatnost pogreške  $\alpha = 0,05$

$$\chi_0^2 = 7,815$$

$\chi_r^2 < \chi_0^2 \rightarrow$  Teorijska i empirijska razdioba se ne razlikuju značajno.

LIST ZA ANALIZU														Obradio M. Š.	Datum 26.6.09.	Broj 2/1			
$t$	učestalost	$f$	$d$	PZ						učestalost	$f$	$d$							
				70															
				75															
16 – 17	//	2	-2	80						///	3	-4							
18 – 19	///I /	6	-1	85						///	3	-3							
20 – 21	///I ///I //	12	0	90						///	3	-2							
22 – 23	///I ///I	9	1	95						///I	4	-1							
24 – 25	///I	5	2	100						///I	5	0							
26 – 27	//	2	3	105						///I /	6	1							
				110						///I	4	2							
				115						///I	5	3							
				120						///	3	4							
				125															
				130															
Zahvat broj 1				Opis zahvata: Uzimanje snopa od 3 šipke, ulaganje i mjerenje.															
Aritmetička sredina vremena izvođenja: $t_0 = 21,4$ VJ							Aritmet. sredina procjene zalaganja: $\overline{PZ} = 101,39$ %												
Standardna devijacija vremena izvođenja: $\sigma_t = 2,464$ VJ							Stand. devijacija procjene zalaganja: $\sigma_{PZ} = 11,88$ %												
Koeficijent varijacije za vrijeme: $V_t = \frac{\sigma_t}{t_0} = 0,115$							Koef. varij. za procj. zalag.: $V_{PZ} = \frac{\sigma_{PZ}}{\overline{PZ}} = 0,117$												
Normalno vrijeme izvođenja:														$tg \gamma =$	$\gamma = ^\circ$				
$t_n = t_0 \cdot K_{PZ} + r \cdot \sigma_t \cdot \frac{\sigma_{PZ}}{100} = 21,4 \cdot 1,0139 - 0,905 \cdot 2,464 \cdot \frac{11,88}{100} = 21,4$ VJ																			
Varijacija		$K_{PZ}$	$t_o$	$t_n$						Varijacija		$K_{PZ}$	$t_o$	$t_n$					
$d_{xj}$		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	$f_i$	$f_i \cdot d_{yi}$	$f_i \cdot d_{yi}^2$	$\sum_i f_{ij} \cdot d_{yi}$	$\sum_i f_{ij} \cdot d_{yi}^2$
$d_{yi}$	$t \setminus PZ$	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130					
-2	16 – 17											2			2	-4	8	8	-16
-1	18 – 19										5	1			6	-6	6	19	-19
0	20 – 21							2	6	4					12	0	0	14	0
1	22 – 23					3	3	3							9	9	9	-9	-9
2	24 – 25			2	2		1								5	10	20	-15	-30
3	26 – 27			1	1										2	6	18	-7	-21
$f_j$				3	3	3	4	5	6	4	5	3			36	15	61	10	-95
$f_j \cdot d_{xj}$				-12	-9	-6	-4	0	6	8	15	12			10	$r = \frac{-95 - \frac{10}{36} \cdot \frac{15}{36}}{\sqrt{\frac{222}{36} - \left(\frac{10}{36}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{61}{36} - \left(\frac{15}{36}\right)^2}$			
$f_j \cdot d_{xj}^2$				48	27	12	4	0	6	32	45	48			222				
$\sum_j f_{ij} d_{yi}$				7	7	3	5	3	0	0	-5	-5			15				
$d_{xj} \cdot \sum_j f_{ij} d_{yi}$				-28	-21	-6	-5	0	0	0	-15	-20			-95	$r = -0,905$			

Slika 4.9 List za analizu zahvata 2/1

LIST ZA ANALIZU														Obradio M. Š.	Datum 26.6.09.	Broj 2/2			
$t$	učestalost	$f$	d	PZ	učestalost	$f$	d												
				70															
				75	/	1	-5												
31-32-33	//	2	-3	80	//	2	-4												
34-35-36	////I /	6	-2	85	///	3	-3												
37-38-39	////I ///	8	-1	90	////I /	6	-2												
40-41-42	////I ////I ////I ////	19	0	95	////I ////	9	-1												
43-44-45	////I ///	8	1	100	////I ////I //	12	0												
46-47-48	////I	5	2	105	////I ///	8	1												
49-50-51	/	1	3	110	///	3	2												
				115	///	3	3												
				120	//	2	4												
				125															
				130															
Zahvat broj 1				Opis zahvata: Savijanje šipki pritiskom na nožnu pedal, odlaganje.															
Aritmetička sredina vremena izvođenja: $t_0 = 40,65$ VJ						Aritmet. sredina procjene zalaganja: $\overline{PZ} = 98,77$ %													
Standardna devijacija vremena izvođenja: $\sigma_t = 3,863$ VJ						Stand. devijacija procjene zalaganja: $\sigma_{PZ} = 9,925$ %													
Koeficijent varijacije za vrijeme: $V_t = \frac{\sigma_t}{t_0} = 0,095$						Koef. varij. Za procj. zalag.: $V_{PZ} = \frac{\sigma_{PZ}}{PZ} = 0,1005$													
Normalno vrijeme izvođenja:												$tg \gamma =$		$\gamma = ^\circ$					
$t_n = t_0 \cdot K_{PZ} + r \cdot \sigma_t \cdot \frac{\sigma_{PZ}}{100} = 40,65 \cdot 0,988 - 0,946 \cdot 3,86 \cdot \frac{9,925}{100} = 39,8$ VJ																			
Varijacija		$K_{PZ}$	$t_0$	$t_n$	Varijacija						$K_{PZ}$	$t_0$	$t_n$	Varijacija		$K_{PZ}$	$t_0$	$t_n$	
$d_{xj}$		-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	$f_i$	$f_i \cdot d_{yi}$	$f_i \cdot d_{yi}^2$	$\sum_i f_{ij} \cdot d_{xj}$	$\sum_i f_{ij} \cdot d_{yj}$
$d_{yi}$	$t \setminus PZ$	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130					
-3	31-32-33											2			2	-6	18	8	-24
-2	34-35-36								1	2	3				6	-12	24	14	-28
-1	37-38-39							2	5	1					8	-8	8	7	-7
0	40-41-42					1	6	10	2						19	0	0	-6	0
1	43-44-45					5	3								8	8	8	-13	-13
2	46-47-48			2	3										5	10	20	-17	-34
3	49-50-51		1												1	3	9	-5	-15
$f_j$			1	2	3	6	9	12	8	3	3	2			49	-5	87	-12	-121
$f_j \cdot d_{xj}$			-5	-8	-9	-12	-9	0	8	6	9	8			-12	$r = \frac{-121 - \frac{-12 \cdot -5}{49}}{\sqrt{\frac{196}{49} - \left(\frac{-12}{49}\right)^2}} \cdot \sqrt{\frac{87}{49} - \left(\frac{-5}{49}\right)^2}$			
$f_j \cdot d_{xj}^2$			25	32	27	24	9	0	8	12	27	32			196				
$\sum_j f_{ij} \cdot d_{yj}$			3	4	6	5	3	-2	-7	-5	-6	-6			-5				
$d_{xj} \sum_j f_{ij} \cdot d_{yj}$			-15	-16	-18	-10	-3	0	-7	-10	-18	-24			-121	$r = -0,946$			

Slika 4.10 List za analizu zahvata 2/2

#### 4.2.4. Izračunavanje vremena izrade i norme za izabranu operaciju

LIST ZA IZRAČUNAVANJE VREMENA IZRADE							Broj: 2	
							Veza	
$K_a = 1,15$		$K_d = 0,18$		$t_1 = t_i \cdot (1 + K_d) = 71,61 \cdot (1 + 0,18) = 84,5$ VJ = <b>30,42 s</b>				
br.	Opis zahvata	$t_n$	Z	$(K_n)$ $1 + K_n K_a$	$t_s$	$\Delta t_s$	f	$t_i$
1	Uzimanje snopa šipki i ulaganje u disk, mjerenje.	21,4	36	(0,22) 1,253	26,81	26,81	1	26,81
2	Savijanje šipki pritiskom na nožnu pedal, odlaganje.	39,8	49	(0,11) 1,126	44,8	44,8	1	44,8
								<b>71,61</b>

Slika 4.11 List za izračunavanje vremena izrade operacije savijanja

#### Izračun norme za operaciju 2 (savijanje)

Iz lista sljedi da je norma za drugu operaciju uz koeficijent dodatnog vremena 0,18 jednaka:

$$t_{1-2} = t_i \cdot (1 + K_d) = 71,61 \cdot (1 + 0,18) = 84,5 \text{ VJ} = 30,42 \text{ s}$$

#### 4.3. Zaključak

Određivanjem norme za izabrane operacije procesa proizvodnje armirano-betonskih vilica dobiveno je potrebno vrijeme koje treba izdvojiti prosječno uvježban radnik, sa normalnim zalaganjem za izvršavanje posla na izabrane dvije operacije. Dobiveno je jedno organizacijsko mjerilo rada na temelju kojeg se nove radnike može podučavati u izvršavanju posla na ovim operacijama i stimulirati ih da u potpunosti izvrše određenu normu. Novim radnicima bi takav pristup znatno olakšao prilagodbu u radnoj sredini, jer ne bi bilo nikakvih nedorečenosti i znao bi se kriterij nagrađivanja, odnosno plaćanja rada.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom ZAVRŠNOM RADU obrađuju se kroz teorijske postavke studija rada i ergonomije mikroklimatski utjecaj na rad čovjeka u proizvodnim pogonima. Postavljeni cilj je bio uočiti i dokazati razliku između obavljanja rada pri uzimanju u obzir utjecaja okoline i obavljanja rada kada se ti utjecaji zanemaruju. Za tu svrhu odabrano je određeno proizvodno poduzeće, te su uz pomoć stručnih osoba određeni mikroklimatski parametri i drugi parametri koji su vezani uz okolinu, te je na temelju njih određena (kvantificirana) utjecajnost okoline na rad. U posljednjem (praktičnom) dijelu određena je norma u kojoj se uzimao u obzir koeficijent utjecaja okoline i koeficijent zamora. Ustanovljeno je da ti koeficijenti dodatnog vremena povećavaju vrijeme izrade za približno 23 %.

## 6.0 LITERATURA

- [1] D. Taboršak: Studij rada, Orgadata, Zagreb, 1994.
- [2] V. Fattor, et al: Priročnik za studij dela in časa, Skupnost izobraževalnih centrov, Ljubljana, 1993.
- [3] M. Car; M. Krznar; K. Šimon: Studij rada – zbirka zadataka i rješenja I, FSB, Zagreb, 1983.
- [4] Predavanja i podloge za kolegij „Projektiranje tehnoloških procesa“, 6. semestar preddiplomskog studija strojarstva na FSB-Zabreb, Zagreb, ak. god. 2007./2008.
- [5] D. Mikšić: Uvod u ergonomiju, FSB, Zagreb, 1997.
- [6] W.T. Singleton; prijevod sa francuskog V. Perović: Uvod u ergonomiju, Institut za dokumentaciju zaštite na radu, Niš, 1976.
- [7] Poslovník o postupcima, uvjetima i metodama obavljanja poslova zaštite na radu, poduzeće Centar za sigurnost, Zagreb, 2004.

## **PRILOG**





Podaci u svim tablicama prema [1]

**PRILOG 1 KOEFICIJENT ZAMORA OVISNO O NAČINU RADA**

1. Sjedenje ili stajanje uz rukovanje alatima ili predmetima			Teret koji treba svladati u N						
	do 49,00	49,01—98,00	98,01—147,00	147,01—196,00	196,01—245,00	245,01—294,00	294,01—343,00	343,01—392,00	
	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,23	0,26	0,29	
2. Vršenje rada u klečećem položaju			Teret koji treba svladati u N						
	do 49,00	49,01—98,00	98,01—147,00	147,01—196,00	196,01—245,00	245,01—294,00	294,01—343,00	343,01—392,00	
	0,30	0,33	0,35	0,37	0,40	0,42	0,44	0,47	
3. Vršenje rada u ležećem položaju			Teret koji treba svladati u N						
	do 49,00	49,01—98,00	98,01—147,00	147,01—196,00	196,01—245,00	245,01—294,00	294,01—343,00	343,01—392,00	
	0,41	0,44	0,46	0,49	0,51	0,54	0,56	0,59	
4. Podizanje skidanje tereta s raznih visina			Teret koji treba podići ili skinuti u N						
	do 49,00	49,01—98,00	98,01—147,00	147,01—196,00	196,01—245,00	245,01—294,00	294,01—343,00	343,01—392,00	
	do 0,40 m	0,24	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,40	0,44
	0,41—0,80 m	0,18	0,20	0,23	0,26	0,30	0,34	0,38	0,44
	0,81—1,20 m	0,15	0,17	0,20	0,24	0,28	0,33	0,39	0,46
	1,21—1,60 m	0,15	0,17	0,20	0,25	0,30	0,37	0,44	0,54
	1,61—1,80 m	0,17	0,19	0,22	0,27	0,34	0,42	0,52	—

PRILOG 1- NASTAVAK

5. Pomicanje ili vučenje tereta na raznim visinama				Teret koji treba svladati u N						
Visina na kojoj se nalazi teret	trajanje rada	do 49,00	49,01-98,00	98,01-147,00	147,01-196,00	196,01-245,00	245,01-294,00	294,01-343,00	343,01-392,00	
do 0,40 m	kratko	0,18	0,19	0,22	0,24	0,27	0,30	0,33	—	
	dugo	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,38	0,42	—	
0,41—0,80 m	kratko	0,15	0,17	0,19	0,21	0,24	0,27	0,31	—	
	dugo	0,18	0,21	0,24	0,27	0,30	0,34	0,38	—	
0,81—1,20 m	kratko	0,11	0,13	0,15	0,17	0,20	0,23	0,26	—	
	dugo	0,13	0,16	0,19	0,22	0,26	0,31	0,37	—	
1,21—1,60 m	kratko	0,11	0,13	0,15	0,18	0,21	0,24	0,28	—	
	dugo	0,13	0,16	0,20	0,24	0,29	0,36	—	—	
1,61—1,80 m	kratko	0,13	0,15	0,18	0,22	0,27	—	—	—	
	dugo	0,16	0,20	0,29	—	—	—	—	—	
6. Prebacivanje tereta rotiranjem				Teret koji treba prebacivati u N						
Visina na kojoj se teret nalazi	Način rada	do 49,00	49,01-98,00	98,01-147,00	147,01-196,00	196,01-245,00	245,01-294,00	294,01-343,00	343,01-392,00	
do 0,40 m	malo	0,25	0,27	0,30	0,32	0,35	0,37	0,40	0,43	
	veliko	0,28	0,30	0,32	0,35	0,37	0,40	0,42	0,45	
0,41—0,80 m	malo	0,21	0,23	0,25	0,27	0,30	0,32	0,35	0,38	
	veliko	0,22	0,25	0,27	0,30	0,33	0,36	0,39	0,43	
0,81—1,20 m	malo	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,39	
	veliko	0,17	0,20	0,22	0,25	0,28	0,31	0,34	0,39	
1,21—1,60 m	malo	0,16	0,18	0,20	0,22	0,25	0,28	0,31	0,36	
	veliko	0,18	0,21	0,23	0,26	0,30	0,34	0,39	—	
1,61—1,80 m	malo	0,17	0,19	0,22	0,24	0,28	0,33	0,39	—	
	veliko	0,20	0,23	0,25	0,28	0,32	0,37	0,44	—	

**PRILOG 2 ODREĐIVANJE EFEKTIVNE TEMPERATURE OKOLINE**

ODREĐIVANJE EFEKTIVNE TEMPERATURE OKOLINE, $v_e$ [° C]																				
$v_e$ [° C] na suhom termometru	Stupanj vlažnosti zraka u radnoj prostoriji [%]																			
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
20											-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
21											-	-	-	-	18	18	18	18,8	18,5	19
22											18	18,5	18,5	19	19	19	19	19,5	19,5	20
23	-	-	-	-	18	18	18	18	18,5	18,5	19	19,5	19,5	19,5	20	20	20	20,5	20,5	21
24	-	-	-	18	18,5	18,5	19	19	19,5	19,5	20	20	20,5	20,5	21	21	21,5	21,5	21,5	22
25	18	18,5	18,5	19	19	19	20	20	20	20,5	21	21	21	21,5	21,5	22	22,5	22,5	22,5	23
26	18,5	19	19	19,5	19,5	20	20,5	21	21	21,5	21,5	22	22	22,5	22,5	23	23,5	23,5	24	24
27	19	20	20	20	20,5	21	21,5	22	22	22,5	22,5	23	23	23,5	23,5	24	24,5	24,5	25	25
28	19,5	20,5	20,5	21	21,5	21,5	22	22,5	22,5	23	23	23,5	24	24,5	24,5	25	25	25,5	26	26
29	20	21	21,5	21,5	22	22	22,5	23	23,5	24	24	24,5	25	25	25,5	26	26	26,5	26,5	27
30	20,5	21,5	22	22	22,5	23	23,5	24	24	24,5	25	25,5	25,5	26	26	26,5	27	27	27,5	28
31	21	22	22,5	23	23	23	24	24,5	25	25,5	26	26	26,5	26,5	27	27,5	28	28	28,5	29
32	21,5	22,5	23	23,5	24	24,5	24,5	25	25,5	26	26,5	26,5	27	27,5	28	28,5	28,5	29	29,5	30
33	22	23	23,5	24	24,5	25	25,5	26	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29	29,5	30	31	31,5
34	22,5	23,5	24,5	25	25	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31	32	33
35	23,5	24,5	25	25,5	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31	31,5	32,5	33	34
36	24	25	25	26,5	26,5	26,5	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31,5	32	32,5	33	33,5	34	35
37	24,5	25,5	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31,5	32	32,5	33	33,5	34	35	36
38	25	26	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	30,5	31,5	32	32,5	33	33,5	34	35	36	37
39	25,5	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	31	31,5	32	32,5	33	33,5	34	35	36	37	38
40	26,5	27	27,5	28	28,5	29	29,5	30	31	31,5	32	32,5	33	33,5	34	35	36	37	38	-

**PRILOG 3 KOEFICIJENT UTJECAJA OKOLINE**

Opis utjecajnosti na okolinu					Koeficijent	
Zaprašenost	Zadimljenost	Zagađenost Neugodnim mirisima	Zasićenost Raspršinama i parama	Efektivna temperatura (°C)		
NORMALNA					18	1,00
					18,5	1,05
					19	1,10
					19,5	1,15
					20	1,20
					20,5	1,25
					21	1,3
Uočljiva					21,5	1,35
					22	1,4
					22,5	1,45
Mala					23	1,5
					23,5	1,55
					24	1,65
Dobro Uočljiva					24,5	1,75
					25	1,85
					25,5	1,95
Znatna					26	2,05
					26,5	2,10
					27	2,15
Velika					27,5	2,25
					28	2,35
					28,5	2,45
Vrlo Velika					29	2,55
					29,5	2,70
					30	2,85
Vrlo Velika					30,5	3,00
					31	3,15
					31,5	3,3
Gotovo nepodnošljiva					32	3,5
					32,5	3,7
					33	3,9
Gotovo nepodnošljiva					33,5	4,15
					34	4,4
					34,5	4,65
Nepodnošljiva					35	5,0
					35,5	5,4

**PRILOG 4 POTREBNI BROJ OČITANJA (ZA POKUSNI BROJ OČITANJA 5 i 10)**

TABLICA POTREBNOG BROJA OČITANJA, $n$ UZ 5 %-tnu PRECIZNOST IZRAČUNAVANJA SREDNJEG VREMENA OČITANJA I 95,45 %-tnu POUZDANOST PROCJENE ZA POKUSNI BROJ OČITANJA $n_p = 5$ ili $10$					
$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_0}$	pokusno snimanje		$\frac{t_{\max} - t_{\min}}{t_0}$	pokusno snimanje	
	$n_p = 5$	$n_p = 10$		$n_p = 5$	$n_p = 10$
0,10	3	2	0,60	107	61
0,12	5	3	0,62	114	65
0,14	6	4	0,64	122	70
0,16	8	5	0,66	129	74
0,18	10	6	0,68	137	79
0,20	12	7	0,70	145	83
0,22	15	9	0,72	154	88
0,24	17	10	0,74	162	93
0,26	20	12	0,76	171	98
0,28	24	14	0,78	180	103
0,30	27	16	0,80	190	109
0,32	31	18	0,82	199	114
0,34	35	20	0,84	209	120
0,36	39	22	0,86	219	125
0,38	43	25	0,88	230	131
0,40	48	27	0,90	240	137
0,42	53	30	0,92	251	143
0,44	58	33	0,94	262	150
0,46	63	36	0,96	273	156
0,48	69	39	0,98	285	163
0,50	74	43	1,00	296	169
0,52	80	46			
0,54	87	50			
0,56	93	53			
0,58	100	57			

**PRILOG 5 POTREBNI BROJ OČITANJA (ZA POKUSNI BROJ OČITANJA 15 – 30 I VIŠE)**

TABLICA POTREBNOG BROJA OČITANJA, $n$ ZA ODREĐENI KOEFICIJENT VARIJACIJE, $V$					
$V$	$n_p = 15$	$n_p = 20$	$n_p = 25$	$n_p = 30$	$n_p > 30$
	$K_0 = 1840$	$K_0 = 1752$	$K_0 = 1704$	$K_0 = 1673$	$K_0 = 1600$
0,05	5	5	5	5	4
0,06	7	7	7	9	6
0,07	9	9	9	6	8
0,08	12	12	11	11	11
0,09	15	15	14	14	13
0,10	19	18	17	17	16
0,11	23	22	21	21	20
0,12	27	26	25	24	23
0,13	31	30	29	29	27
0,14	36	35	34	33	32
0,15	42	40	39	38	36
0,16	48	45	44	43	41
0,17	54	51	50	49	47
0,18	60	57	56	55	52
0,19	67	64	62	61	58
0,20	74	70	69	67	64