

משרד החינוך התרבות והספורט  
המנהל למדע ולטכנולוגיה

# הנדסת ארגון ושיטות



הנדסת ארגון ושיטות / שי סעדיון

על הספר -  
הספר "הנדסת ארגון ושיטות" חושך בפניו הקורא עולם מושגים מקצועיים  
בתחומי הנדסת הייצור והנעת עובדים.

הספר עוסק במספר נושאים:  
כיתוח ותיאור תהליכי עבודה - שימוש בתרשימים לצורכי הצגת תהליכי העבודה  
בצורה ייזואלית המסייע בעיצוע כיתוח ושיפור המצב המקצועי.  
מחקר עבודה - שיטות לקביעת תקני זמן בארגוני יצור ושרות.  
עקומת למידה - ביצוע הערכות ותחזיות בעזרת שיטות בעוקמת למידה.  
הנעת עובדים ושיטות תגמול - הגברת ההנעה (מווטיבציה) נהיעויות של העובדים  
בעזרת שימוש בתמירים ובשיטות התגמול השונות.

הספר מלאה בתרשימים, איורים וטבלאות המשמשים ככלי עזר ללימוד הנושא.

משרד החינוך, התרבות וספורט  
המינהל למדע ולטכנולוגיה

# הנדסת ארכון ויפויות

סעדון שי

תשס"ה - 2005

**ראש צוות פיתוח:**

ד"ר מגדה גروس

**ייעוץ פדגוגי:**

סיגל קורדובה

**עיציב עטיפה:**

אייה בורשטיין - מה' הוצאה לאור - מפ"ט עמל

**עימוד ממוחשב ועריכה:** ענת שלם - מה' הוצאה לאור - מפ"ט עמל

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט כל חלק שהוא מהחומר שבספר. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה - אסור בהחלט, אלא ברשות מפורשת בכתב מבצעי הזכויות.

© כל הזכויות שמורות

**משרד החינוך, התרבות והספורט  
המנהל למדע ולטכנולוגיה**

**הוצאת קיוב 17**

טל-אביב 69410

טלפון: 03-6472717, 03-6450876, פקס:

דוא"ל: [ptcpub@amalnet.k12.il](mailto:ptcpub@amalnet.k12.il)

כתובתנו באינטרנט: <http://www.amalnet.k12.il>

## פתחה

"הנדסת ארגון וｼיטות" מוהוּ אחד ממקצועות התשתיית בלימודי מגמת תעשייה וניהול.

מטרת הספר להכיר לתלמיד את השיטות והכליים ההנדסיים הקיימים לצורך שימוש יעל במשאים הטכנולוגיים והאנושיים המזמינים בידי הארגון.

הספר נוגע במספר תחומיים: ניתוח ושיפור תהליכי עבודה, מדידת עבודה ושימוש בשיטות תגמול לצורך עידוד העובדים להגברת יעילותם.

בעולם העסקי פיתוח יכולת תחרותית טובה יותר בעזרת שימוש בכלים הנדסיים מסיעת בידי הארגון לשפר את ביצועיו, להגדיל את יכולת התחרות ולהגבר את שביעות רצון הלוקחות.

הכליים המתוארים בספר שימושיים ליישום בארגוני ייצור ושרות.

ברצוני להודות לכל הגורמים אשר סייעו בהוצאתו לאור של הספר.

כולי תקווה שהקוראים יפיקו מהספר תועלת וירჩיבו את הכלים ההנדסיים שברשותם.

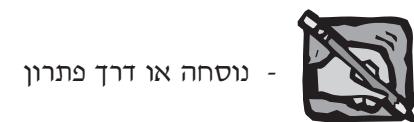
אשמח לקבל תגומות המלצות והארות דרך ההוצאה לאור.

### שי סעדון

סימנים מוסכמים המופיעים בספר:



- מידע נוסח



- נוסחה או דרך פתרון



- מושג



-

פתרון

תרגיל



- תרגיל

|

|

|

|

# תוכן עניינים

## עמוד

9	<b>1. מבוא</b>
9	<b>1.1 מבוא - הנדסת ארגון ושיטות</b>
10	<b>2. ניתוח תהליכי עבודה</b>
10	<b>2.1 כלים לניתוח ואפיון מצב קיים</b>
12	<b>2.2 ניתוח תהליכי עבודה באמצעות תרשימים</b>
12	תרשיימי תהליך
13	תרשיימי זרימה
14	תרשים תהליכי אדם / תרשימים תהליכי תוכוץ
21	תרשים הרכבה
23	תרשים תהליכי רב טורי
26	<b>2.3 שימוש בטכניקות תרשימי תעסוקה</b>
29	תרשים תעסוקה צוות המבצע עבודה ידנית
33	תרשים תעסוקה עובד מפעיל מכונה
35	תרשים תעסוקה צוות ומכוונה
44	תרשים תעסוקה עובד מפעיל מספר מכונות זהות
48	<b>2.4 שימוש בטכניקות תרשימי פעולה</b>
48	תרשיימי פעולה יד ימין יד שמאל
56	<b>3. מדידת עבודה</b>
56	<b>3.1 התפתחות הטכניקה ומטרותיה</b>
59	<b>3.2 אמצעי המדידה</b>
59	<b>3.3 מדידה ישירה של זמני העבודה</b>
59	חקר זמן מחזורי
62	מדידת זמני הביצוע בשיטת החזר ו בשיטה הרציפה
64	ניתוח הנתונים שנאספו במדידת הזמן
80	חישובים סטטיסטיים לתכנון ולבחינת חקר הזמן
84	הערכת קבוע העבודה של העובד
85	חישוב הזמן המתוקן
86	קביעת גורם התדריות
87	זמן היסוד
90	תוספות אי רציפות
97	זמן מוקצב
104	חישוב יעילות ביצוע העבודה
105	קביעת זמן מוקצב לחקר זמן לא מחזורי - חקר זמן רציף

<b>עמוד</b>	
114	<b>3.4 חקר זמן לעובד מפעיל מכונה</b>
128	עובד מפעיל מספר מכונות זהות - מודל אשקרוף
136	קביעת מספר המכונות בתהליך העבודה
143	<b>4. דגימת עבודה</b>
143	<b>4.1 דגימת עבודה / חקר רב תצפיתי</b>
147	<b>4.2 חישוב מספר תציפות נדרש ורמת אמינות הדגימה</b>
149	<b>4.3 חישוב הזמן מוקצב</b>
149	חישוב זמן מוקצב לעובד אחד המיצר מוצר מסווג אחד
153	חישוב זמן מוקצב למספר עובדים המיצרים מוצר מסווג אחד
156	חישוב זמן מוקצב לצוותים שלidosים המיצרים מוצר מסווג אחד
160	חישוב זמן מוקצב לצוותים שלidosים המיצרים מספר סוגים מוצרים
166	<b>5. שיטות זמינים מוקצבים מראש</b>
166	<b>5.1 זמני תנועה קבועים מראש - זק"מ</b>
170	<b>5.2 שיטת זמנים (Methods-Time Measurement) M.T.M</b>
174	<b>6. עקומת למידה</b>
174	<b>6.1 עקומת למידה</b>
180	<b>7. הנעת עובדים</b>
180	<b>7.1 הנעת עובדים באמצעות אמצעי להשגת מטרות הארגון</b>
183	<b>7.2 סוגים תגמולים המשפיעים על התנהלות העובדים בארגון</b>
185	<b>7.3 גישות שונות למtan תמריצים כלכליים</b>
186	<b>8. שיטות שכר עידוד</b>
186	<b>8.1 מבוא לשיטות שכר עידוד</b>
187	<b>8.2 שיטות שכר בסיסיות</b>
187	שיטת השכר הקבוע (Constant Wage)
188	שיטת השכר לפי זמן (Payment By Time)
189	שיטת השכר הקבלנית (Piecework Rate)
190	שיטת שכר קבלנית דיפרנציאלית (Differential Piece Rate)
195	<b>8.3 שיטות שכר העידוד (Incentive Pay)</b>

**עמוד**

197

**8.4 שיטות שכר עידוד לעובדים ישירים**

197

שיטת אחוז מול אחוז

200

שיטות שכר עידוד פרמייה מוגדלת ופרמייה מוקטנת

201

שיטות הלסי T.L. - שיטות הקו הימער

205

שיטת רואן (ROWAN) / שיטת הקו העקום

212

**8.5 חלוקת רווחים ומניות**

214

**ביבליוגרפיה**

|

|

|

|

## 1.1 מבוא - הנדסת ארגון ושיטות

מאז ראשית ימי ההיסטוריה האנושית בחרן האדם את סביבתו ופעולותיו וניסחה לשפרם לטובתו, הנדסת ארגון ושיטות הינו תחום מקצועי התורם לארגוני הייצור והשירות להציג את מטרותיהם ביעילות ע"י ניצול עיל של המשאבים שברשותם, השימוש בכלים של הנדסת ארגון ושיטות מתאימים לארגונים יצירניים ולארגוני שירות בעלי מטרות רוחות מצד אחד והן בארגונים המעניקים שירות לציבור או בארגונים התנדבותיים המיעוניינים לשפר את ביצועיהם.

בכל ארגון מתרחשת אינטראקציה בין גורמים רבים, טכנולוגיים ואנושיים, הפעלים יחד להשגת מטרות הארגון. תרומתה של הנדסת ארגון ושיטות היא במציאת שילוב אופטימאלי בין הטכנולוגיה לבין האדם המפעיל אותה תוך התחשבות במוגבלות ובאיוצים הקיימים.

הנדסת ארגון ושיטות שיכת למחוקת הנדסת תעשייה וניהול במרק הארגוני ועובדת בקשר ישיר עם העובדים והנהלה במטרה לשפר את תהליכי הארגון בעזרת שיטות פעולה בין הצדדים.

כיום עם התפתחות חשיבות נושא האיכות בארגוני התעשייה והשירות, למחוקת ארגון ושיטות תרומה רבה לשיפור איכות המוצרים ולהגברת שביעות רצון הלוקה.

**הנדסת ארגון ושיטות** - בניית מודלים הנדסיים לארגון ושיפור תהליכי העבודה בארגוני הייצור והשירות במטרה לשפר את תהליכי העבודה ולהתאים למטרות הארגון ולדרישת הלוקה.



תחום הנדסת ארגון ושיטות עוסק בלמידה תחילה בimediat לעומק את תהליכי העבודה, לאתר בהם נקודות עצמה וחולשה, להציג שיטה משופרת ולתאר את השיטה בעזרת כלים הנדסיים.

## פרק 2

### ניתוח תהליכי עבודה

#### 2.1 כלים לניתוח ואפיוון מצב קיים

**ניתוח תהליכי העבודה** - טכניקה שטרתה לבחון וללמוד את תהליך העבודה הנ查קר, לבחון שיפורים אפשריים ולבנות תהליכי עבודה אופטימאלי, המנצל בצורה הטובה ביותר את משאבי הארגון לצורך הכנת מוצר או השירות, העבודה הנ查קרת יכולה להיות עבודה יצרנית שבסופה מוצר, או שירות המוענק ללקוח. ניתוח התהליך מוצע באמצעות פירוק תהליכי העבודה לפעולות הדרושות לביצועו.

לצורך כך אנו נדרשים לתכנן את התהליך הדרוש לביצוע העבודה, משלבי התכנון הראשוניים ועד להשלמת המשימה הנדרשת. התהליך שבו ממציאות התוכניות ומומרים חומרי הגלם לכדי מוצרים, נקרא **תהליכי עבודה**.



#### סוגי תהליכי יצור / עבודה

- א. **פרויקט** - פעילות חד פעמית בעלת תחיליה וסוף מוגדרים המתוכננת לפרטי פרטים בהתאם למגבלת זמן ועלות, כגון: הקמת גשר, בניית רכב חלול.
- ב. **יצור פריט בודד** - יצור מוצרים בכמות קטנות לפי הזמנה בהתאם להדרות מדוקיקות של הלוקח. יצור מסווג זה מאופיין ברמת תחכום משתנה כגון: הקמת מזקה דקורטיבית יהודית, ארגון טקס גדול משתתפים.
- ג. **יצור סידרתי** - יצור מוצרים סטנדרטיים בסדרות קטנות או ביוניות המותאמים למגוון רחב של לקוחות. כגון: שולחן כתיבה למנהלים, הוצאה לאור של ספרים.
- ד. **יצור המוני** - יצור מוצרים סטנדרטיים בסדרות גדולות מאוד, המותאמים למגוון רחב מאוד של לקוחות, במטרה להשיג עליות ביצוע גמבה ע"י שימוש בתהליכיים אוטומטיים ובהגברת נצילותם של משאבי הארגון. הטכנולוגיה בקוו הייצור מותאמת באופן ייחודי למוצר. כגון: יצור אריזות שימושיים, אפיית לחם, שירות במוקד שירות טלפון.
- ה. **יצור רציף** - יצור מוצרים באופן רציף לאורך תקופה זמן. חומר הגלם נמצא באופן רציף בתהליכי העבודה. עצירה של התהליך יכולה לאורום נזק גדול למוצרים. כגון: יצור מוצרים בתחום הדלק, אספקת שירותי אינטרנט/רשת סלולרית, יצור חשמל.

## מושגי יסוד בניתוח תהליכי עבודה



**זמן תהליך** - משך הזמן שהולף מתחילה ביצוע תהליך העבודה (הכנת חומרי הגלם) ועד לסיום מוצר מוגמר.

**זמן מושקע** - משך הזמן המשקע ביצוע העבודה - הזמן שעוברו משלם הארגון לעובד עבור מוכנותו לביצוע עבודה. (ב"כ הזמן המופיע בכרטיס העבודה / שעון עבודה).

**זמן צפוי** - זמן עתידי המתאר את משך הזמן המשוער לביצוע תהליך עבודה במידה והעובד יעבד ביעילות השונה מהיעילות הנורמללית, משמש בעיקר לתכנון זמני ביצוע בארגון הפועל בשיטת שכר עידוד.

**זמן תקן** - הזמן שאותו משקיע הארגון ביצוע מוצר או תהליך עבודה, משך הזמן נקבע בעזרת שימוש בטכניקות המדדיות למדידת תהליכי העבודה.

**זמן ביצוע בפועל** - משך הזמן שבו בוצעה העבודה או הפעולה בפועל - הזמן שבו היה העובד ביצוע העבודה, זמן זה משמש לבחינת יעילותו של העובד (בשוואה לזמן התקן).

**אחזו השיפור** - מבטא את השינוי באחזois שהתרחש במהלך הנבחן.

## חישוב אחוז השיפור



אחזו השיפור יחשב בעזרת הנוסחה (לכל הפרמטרים בלבד התפוקה):

$$I = \left\{ \frac{\left( \begin{array}{c} \text{הנתון לפני} \\ \text{הSHIPOR} \end{array} \right) - \left( \begin{array}{c} \text{הנתון אחרי} \\ \text{הSHIPOR} \end{array} \right)}{\left( \begin{array}{c} \text{הנתון לפני} \\ \text{הSHIPOR} \end{array} \right)} \right\} \times 100 \quad I = \frac{B - A}{B}$$

\* החישוב במונח מבוצע משמאלי לימין.

B - הנתון לפני השיפור

A - הנתון אחרי השיפור

I - מבטא את אחוז השיפור

ניתן להציב כל גורם שימושיים לבחון לגבי אחזו השיפור, כגון: זמן ביצוע, עלות יצור יחידה, מרחקים, מספר פעולות, עלויות וכו'.

במידה ומעוניינים לחשב **אחזו שיפור עבור התפוקה**, נדרש לכפול את התוצאה ב- (-1).

## כיצד ניתן את תהליכי העבודה?

לצורך ניתוח תהליכי העבודה אנו משתמשים בתרשיים הנדסיים שמטרתם לסייע בידינו להציג ולנתח את התהליך בצורה ישרה וברורה. באמצעותם נוכל להבחן במוגבלות השיטה הקיימת ולבחון אפשרויות לשיפור התהליך. התרשיים מסיעים בידינו לעקוב אחר תהליכי העבודה משלבי כניסה כניסת חומר הגלם לתהליך ועד סיום הרכבתו של המוצר, בחירת התרשימים המתאימים מוצעת בהתאם לאופי תהליכי העבודה ובהתאם למטרת השיפור.

## 2.2 ניתוח תהליכי עבודה באמצעות תרשימים

### תרשיים תהליכי (Process Chart)

תרשיים תהליכי הם תרשימים שנועדו לתאר בצורה ויזואלית את המבנה הלוגי של מערכת ואת יחסי הגומלין בין המרכיבים וסדר המאורעות בעזרת סמלים טקניים מסוימים במטרה לשפר את תהליכי העבודה ולהבטיח כי כל הפעולות מבוצעות בצורה ישרה הגיונית ואופטימאלית.

**סמלים בינלאומיים מקובלים לתיאור הפעולות המבוצעת:**

דוגמה	תיאור הפעולות	סמל	פעולות
קידוח, הרכבה	פעולה המבוצעת עברו המוצר, בדרך כלל כתוצאה מהפעולה מבוצע שינוי כימי או פיזיקלי בחומר.	circle	פעולה
העברה למחסן	העברת חלקים או שינוי מקום העובד במהלך תהליכי העבודה.	rightarrow	העברה
בדיקות עובי החלק, בדיקות תוכף החומרים	פעולות הביקורת מבוצעות לצורך בדיקת המוצר בהתאם לתקי המוצר שבידי העובד, קביעת איכות המוצר או בדיקת האם המוצר עומד בתיקון האיכות המתאים, ולודא כי הפרמטרים של תהליכי העבודה תואימים את הדריש (משקל, אורך וכו').	square	ביקורת
המתנה לסיום עבודות המכונה	המתנה בלתי נמנעת בתהליכי העבודה, המתנה לסיום תהליכי מקדים לצורך ביצוע המשך תהליכי העבודה.	D	השהייה
אחסון מוצרים במחסן	אחסון המוצר או במתנה להעברתו ללוקוח או לביצוע פעולות ייצור אחרות, או המתנה של חומר גלם/מוצר חלק מתוכנן בתהליכי העבודה.	triangle	אחסון

דוגמה	תיאור הפעולות	סמל	פעולות
אם המוצר לא תיקין העבר לארגז פגומים.	צומת החלטה שבה נבחנים תנאים ובהתאם לתוצאה מותקנות אפשרות הפעולה		צומת החלטה (תנאי)
בדיקות החתך במהלך הקידוח. איתור תפוחים רקובים במהלך התעבורה במסוע.	ניתן לתאר שתי פעולות המבוצעות יחד ע"י חיבור שני סימנים יחד. לדוגמה: ביקורת המבוצעת תוך כדי עבודה ביקורת המבוצעת במהלך התעבורה		פעולות משולבות

### תרשים זרימה (Flow Diagram)

תרשים הזרימה הינו תרשימים המשיעים להבנה וחקירה של תהליך העבודה. התרשים משלב תיאור סכימי של מקום העבודה (תרשים מערך הארגון) יחד עם תיאור מעבר החומרים בין העמדות השונות במהלך תהליך העבודה.

#### השימוש בתרשימים:

משתמשים בתרשימים זרימה לתאר את מסלול התנועה של העובד בתחנת העבודה ולתאר את מסלול הזרימה של הכנס מוצר או ביצוע פעולה שירות, לדוגמה: תיאור מסלול הזרימה של עובד המרכיב מוצר, תיאור מסלול הזרימה של קליטת מוצרים במחסן. התרשים יכול לשיער במצומצם התעבורות המבוצעות במהלך תהליך העבודה.

#### כללים להבנת תרשימים זרימה

תרשים הזרימה מתאר את מסלול התנועה המודוקן של העובד או חומר הגלם בקנה מידה ובהתאם על (תיאור מקום העבודה במבט מלמעלה), התעבורה בין עמדות העבודה מסומנת בתרשימים כחץ. כל פעילות בתרשימים תתואר על ידי סימון סוג הפעולה ומספרה בהתאם לקיצוריים:

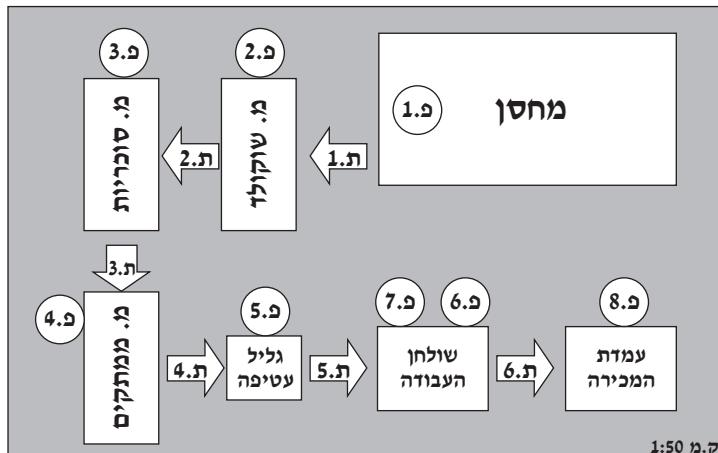
פ. = פעולה, ת. = תעבורה, ב. = ביקורת, א. = אחסון, ה. = השהייה

לכל סוג פעילות ירשם מספר עוקב בהתאם לסדר הכרונולוגי של הפעולות המבוצעות.

#### נדגים את תרשימים הזרימה בתהליך עבודה המכינה סلسלאות ממתקים

העבודה לוקחת סלולה ריקה מהמחסן וניגשת למדייפי השוקולד; לוקחת מספר סוגי שוקולד וממלאת בסלולה; ניגשת למדייפי הסוכריות וממלאת מספר סוגי סוכריות; ניגשת למדייפי החטיפים וממלאת מספר סוגי חטיפים; ניגשת לגיליל העטיפה, חותכת נייר עטיפה והולכת לשולחן העבודה; בשולחן העבודה העמיצה את הממותקים בסלולה, עוטפת בנייר עטיפה וקושרת לסלולה; ניגשת לעמדת המכירה, מדביקה מחיר לסלולה ומניחה אותה בעמדת מכירת הסלסלאות.

## תיאור הפעולות + תרשימים זרימה



הבהרה:

השלמת מספור הפעולות בתרשימים מבוצעת בהתאם לסדר הפעולות, ובהתאם לסוג הפעולות המבוצעת, דוגמה: ליקחת סלולה ריקה מהמחסן - תסומן בעיגול כ- פ. 1 (פעולה 1) באזור שם נמצא המחסן בתרשימים.

## תרשימים תהליך אדם / תרשימים תהליך מוצר

**תרשיימי תהליך אדם/ מוצר** - תרשימים המשמשים לניטוח ושיפור תהליכי העבודה. התרשימים מלווים את העובד או המוצר במהלך שלבי הרכבתו, במטרה ללמוד את התהליך ולבחוון הצעות לשיפורו.

**תרשימים תהליך אדם/ מוצר שימושי עברו**: תהליכי הרכבת מוצר או תהליכי עבודה בארגוני שירות, כגון: בדיקת מכלה בנמל, מתן שירות בסניף דואר.

نبחין בין שני סוגי התרשימים השונים:

### תרשימים תהליך אדם (Man Process Chart)

התרשימים מתאר את **פעולות העובד** לפי סדר כרונולוגי במהלך תהליכי העבודה מתחילה ועד סוף, התרשימים מסיעים בניתו הפעולות המבוצעות בתהליכי ייצור או שירות, התרשימים מתרכזים בניתו הפעולות המבוצעות מנוקדת המבט של העובד.

### תרשימים תהליך מוצר (Product Process Chart)

מתאר את הפעולות המבוצעות על המוצר הנמצא במהלך תהליכי העבודה, תרשימים זה מתרכז בדרך אורה עובי המוצר במהלך שלבי הרכבתו.

### מטרות תרשימי תהליך אדם / מוצר:

- תיאור תהליכי העבודה כצורה פשוטה ונוחה לשימוש.
- ציון פרמטרים רלוונטיים לתהליכי העבודה, כגון : זמן ביצוע, מרחקי תעבורת וכו'.
- יעיל תהליכי העבודה - התרשימים מסייע לפשט עבדות מסוימות, לאחד פעילותות ולתזמון את העבודה.
- איתור נקודות חולשה - פעולות מיותרות, השהיות ועיכובים.

### כללי יסוד להבנת תרשימים תהליך אדם / מוצר:

- נדרש להגדיר את התהליך הנ查ך ואת טווח הפעולות המבוצעות.
- התרשימים חייב לכלול את כל שלבי התהליך לפי סדר התרכשותם.

- ג. כל הפעולות בתרשים יהיו ממושפרות ויסומנו באמצעות הסמלים המתאימים.
- ד. יש לרשום נתונים כמוותיים של כל אחת מהפעולות המבוצעות כוגן זמנים מרוחקים וכמוויות.
- ה. מומלץ להוסיף תרשים נוסף המתאר את מקום העובדה, כדי לתת תמונה תמציתית של תחנת העבודה ולסייע בהבנת התהליך.
- ו. מומלץ להוסיף נתונים שיכולים לסייע בשיפור התהליך, כגון: דגם המכונה, תנאי הסביבה, טיב חומר הגלם, אחוז מוצראים פגומים או דגש בטיחות.

איסוף הנתונים והצעות השיפור מבוצעים בעזרת טופס עוזר הנקרא **תרשים תהליך יצור אדם / תוצר**, טופס מסווג זה ניתן לראות בדוגמה הבאה:

תרשים תהליך יצור		מושא	שם מס'	מזהה
		<input checked="" type="radio"/> תוצר	<input type="radio"/> אדם	
<b>סיבום</b>		שם הארגון:		
הפרש	מוצעת	nocheit	שיטת	שם העובד:
מספר	מספר	זמן	מספר	שם המחלקה:
				תהליך העבודה:
פעולות	הערות	בקורות	השווות	התחלת התהליך:
				גמר התהליך:
אחסונים	סה"כ	מבצע החקה:		תאריך ביצוע החקה:
	מ. תעבורה			
<b>הערות וניתוח הפעולה</b>		תהליך נוכחי	תהליך מוצע	מספר
<b>תאור התהליך</b>				
ג				
ב				

### מרכבי תרשים תהליך אדם / תוצר

#### חלק א'

כותרת - בחלק זה מסומנים X בקוביות הסימון (השיטה מסומן בתרשים) האם התרשים מתאר תרשים תהליך אדם או תרשים תהליך תוצר ומשלים נתונים רקע על הארגון, המחלקה, העובד, התהליך, החוקר המבצע ונקודת ההתחלה והסיום של התהליך.

## חלק ב'

בתחילת יוזן שלב הביצוע, נסמן X במקומות המתאים בעיגול הסימון, המתאר את שלב הביצוע (השיטה מסומן בתרשימים): תהליך המתאר מצב קיים או תהליכי המתאר מצב מוצע (עבור תכנון שיפור אפשרי).

תיאור תהליכי - בחלק זה נרשמים האלמנטים שאוigen מבצע העובד באופן קרונולוגי - מהאלמנט הראשון ועד לאלמנט האחרון (שהוגדרו בכותרת התרשימים) עבור כל אלמנט יסומן X במקומות המתאים עבור סוג הפעולות המבוצעות (פעולה, העברה, בקורת, השהייה או אחסון) וירשמו נתוני זמן (משך ביצוע הפעולה בהתאם לשעון המדידה), מרחוק (בהתאם למרחקים אותם עורך העובד או המוצר במהלך תהליכי העבודה) וכמות (כמויות המוצרים שעומرون ממבצעת הפעולה).

## חלק ג'

הערות וניתוח הפעולה - בחלק זה ניתוחו תהליכי לאחר השלמת חלק ב' - עבור כל אלמנט נבחנות השאלות המתאימות: איך מבוצע? מי מבוצע? מתי מבוצע? איפה מבוצע? מדוע מביצעים האם ניתן לבצע בדרך אחרת? האם ניתן לcker ולשפר את דרך העבודה? האם ניתן לבטל את הפעולות? וכו'.

**בתרשימים תהליכי מוצע ירשמו הצעות השיפור והערות הנוגעות לשיפור המוצע, כגון: מגבלות הביצוע, נושאים הדורשים בדיקה נוספת או את השפעת השינוי על תהליכי העבודה.**

## חלק ד'

סיכום - הסיכום מבוצע לאחר השיפור ובהשוואה למצב הקיים, בחלק זה מבוצע סיכום כמותי של תהליכי העבודה ע"י חיבור מספר הפעולות שבוצעו עבור כל סוג פעילות, מספר הנסיבות, זמני הביצוע והמרחקים עבור כל סוג פעילות מחושבים על מנת ש諾כל לבחון את תהליכי העבודה במצב הקיים מול תהליכי העבודה במצב המוצע. ההפרש בין המצב הנוכחי לבין המצב המוצע מראה לנו את השיפור המושג כתוצאה מהשיפור בתהליכי העבודה.

יש לשים לב כי השיפור הכספי שהתקבל מהוות חלק נכבד ממרכיבי ההחלטה על ביצוע השיפור, אך נדרש לבחון במקביל נושאים נוספים המשפיעים מהשיפור המוצע, כגון: אחוז הפגומים, נזילות מכונות, עומס העובד, בטיחות העבודה וכו'.

## בחינת תהליכי העבודה לאחר השלמת תרשימים תהליכי אדם / תוכר

### דגשים בהתאם לפעולות המבוצעות:

**פעולות** - לאחר השלמת התרשימים נבחנים שיפורים אפשריים בהתאם לתהליכי המתואר ולהערות שנרשמו בטופס, מומלץ לבחון לגבי כל פעולה ממצעת מספר נושאים: האם הפעולה נחוצה לתהליכי העבודה? האם ניתן לבצע את הפעולה? האם ניתן לבצע שנייני שישיפיע לטובה על אף ביצוע תהליכי? איפה כדאי לבצע את הפעולה? מתי כדאי לבצע את הפעולה? האם העובד שמסוגל את הפעולה הוא העובד המתאים? האם אפשר לבצע את הפעולה בצורה טובה יותר? האם ניתן לבצע שינוי באחד או יותר מהנושאים: הבחירה הטכנולוגית, חומר הגלם, תנאי הסביבה, הדרכת העובדים? וכן כיצד ישפייעו השינויים המתווכנים על תהליכי העבודה, על אופן הביצוע ועל יכולות המוצרים ובטיחות העבודה?

**פעולות ביקורת** - נבחן את נחיצותן בשלב זה ל手続き העבודה והאם הביקורת מבוצעת ע"י העובד המתאים בצורת העמודה הנcona. ניתן לבחון האם כדאי להעביר את פועלות הביקורת לפעללה אוטומטית? האם הביקורת נמצאת בשלב המתאים בתהליכי העבודה?

**פעולות התעבורה** - נבחן את נחיצותה של כל תעבורה. נבחן אפשרות להקטנת מרחקי התעבורה או לחילופין שימוש בצד עזר יותר לביצוע התעבורה. ניתן לבדוק כיצד שימוש בצד אוטומטי לביצוע התעבורה, כגון מסע חשמלי.

**השהייה** - בפעולות שהן אנו מזהים השהייה ועיכובים בתהליך העבודה נדרש לבדוק אפשרויות לביטולן או קיצורן של זמני ההשהייה עד למינימום הכספי. מומלץ לבחון האם בזמןי ההשהייה ניתן לבצע פעולות עבודה אחרות.

**אחסון** - בפעולות אחסון נבחן את יעילות האחסון: נגישות לחלקים, מהירות גישה ואופן ניצול השטח: האם ניתן לנצל טוב יותר את שטח האחסון, האם ניתן לשפר את הנגישות לצירוף?

#### הנת טופס מצב מוצע

לאחר שנבחנו ונבדקו כל השיפורים האפשריים ונבחרו השיפורים המתאים ביותר לארגון ולתהליכי העבודה, נבצע רישום פרטי השיפור המוצע. נקבע את התהליך המשופר: סדר הפעולות, ארגון תחנת העבודה, הוספה צירוף, שינוי תנאי הסביבה וכי, נשלים על גבי טופס תרשימים תהליכי אדם / תוצרת השיפור המוצע, נחשב אחזו שיפור ונבחן את כדאיות השיפור.

#### תרשים תהליכי מקוצר

במקרים רבים מדובר בתהליכי עבודה פשוט ואין צורך בירידה לפרטים, במקרים אלו נוכל להשתמש בתרשים תהליכי מקוצר, תרשימים התהליכי המקוצר משורטט בהתאם לסימונים המוכרים אך ללא טופס רישמי.

נדגים את תרשימים התהליכי המקוצר על **תהליכי בדיקת מכולה בנמל**:

#### תרשים תהליכי אדם מקוצר - בדיקת מכולה בכניסה לנמל



טבלת סיכום התהליכי

פעילות	כמות	מידע נוסך
פעולות	7	
תעבורה	5	סה"כ מרחק התעבורה 16 מטר
ביקורת	1	ביקורת ראשונית
אחסון	1	בתקיה
השהייה	1	

• דגשים לתרשים:

- א. הפעולות ממושפרות לפי סדר ביצוען עברו כל פעילות מבוצעת.
- ב. ניתן להוסיף בתרשימים נתונים נוספים אשר יכולים לסייע בניתוחו של תהליך העבודה כגון זמני הביצוע, סוג הציוד, הוראות מיוחדות וכו'.

### **תרשים תהליך אדם - הרכבת גיטרה**

נדגים את תרשימים התהליך על תהליך העבודה המתואר עובד המרכיב גיטרה:

**נתוני החקיר:**

החקיר בוצע במהלך ההרכבה במפעל, תהליך העבודה הנחקר הינו הרכבת מוט צוואר הגיטרה לגוף הגיטרה, העובד המבצע אליו צליל, החקיר בוצע ע"י החוקרת ליאורה מול.

**תאור תהליך העבודה:**

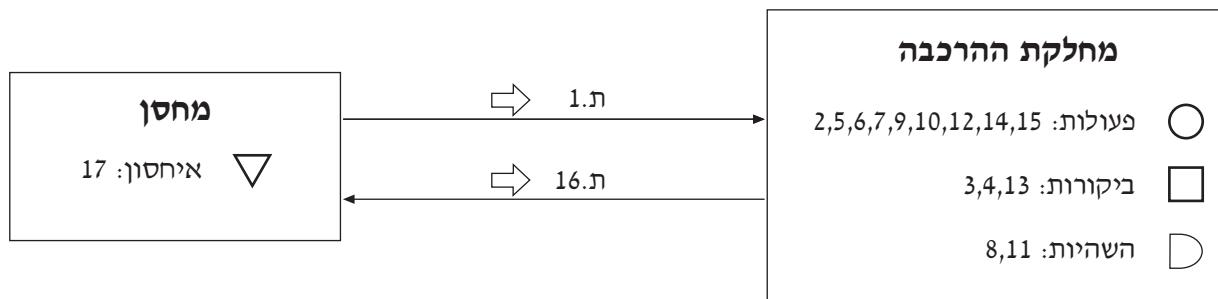
מספר (במטרים)	זמן (בדיקות)	תיאור הפעולה	מספר ס"ר
9	2.2	մերձական, בעזרת עגלת, חלקים מהמחסן למחולקת ההרכבה	1
-	1.3	מניח את החלקים בצורה מסודרת על שולחן העבודה	2
-	2	בודק את תקינות גוף הגיטרה	3
-	1.5	בודק את תקינות מוט צוואר הגיטרה	4
-	0.8	מדבוק דבק במגרעת גוף הגיטרה	5
-	2.6	מחבר את מוט צוואר הגיטרה לגוף הגיטרה	6
-	2.1	מחבר מכשיר הצמדה למקום בו הוחבקו החלקים	7
-	1.5	ממתיין ליבוש הדבק	8
-	0.6	מדבוק גשר עליון על צוואר הגיטרה	9
-	0.6	מדבוק גשר תחתון על צוואר הגיטרה	10
-	5	ממתיין ליבוש הדבק	11
-	3.5	מחבר את מיתרי הגיטרה בין הגשר העליון והתחתון	12
-	0.4	בודק את חיבור המיתרים	13
-	1.4	מכoon את צליל הגיטרה	14
-	0.3	תוליה את הגיטרה במתלה העגלת	15
9	3	מעביר את העגלת למיחסן	16
-	1.7	מאחסן את הגיטרה במיחסן במדפי תוכרת גמורה	17

נ מלא טופס תרשימים תהליך אדם עבור תהליך העבודה המתואר:

תרשים תהליכי יצור - אדם:

תרשים תהליכי יצור - אדם:									
1	2 מס'	3 מס'	4	5 מס'	6 מס'	7 מס'	8 מס'	9 מס'	10 מס'
<b>שִׁבְועַם</b>									
הפרש	מוצעת	nocheit							
מס' זמן	מס' זמן	מס' זמן							
13.9	9		פעולות						
5.2	2		העברות						
3.9	3		בקורות						
6.5	2		השיות						
1.4	1		אחסונים						
30.5	14		סה"כ						
	18		מ. העברה						
<b>הערות וניתוח הפעולה</b>									
תהליך מוצע	תהליך נוכחי								
<input type="circle"/>	<input checked="" type="checkbox"/>								
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									

**תאור איזור העבודה:**



\* נדגים ביצוע תרשימים מקוצר עבור תהליך הרכבת מוט צוואר לגוף הגיתרה.

#### **תרשימים תהליך מקוצר**

- |  |     |
|--|-----|
| מביא חלקים מהמחסן למחלקת ההרכבה              | 1.ת |
| מניח את החלקים על שולחן העבודה               | 1.פ |
| בודק את תקינות גוף הגיתרה                    | 1.ב |
| בודק את תקינות מוט צוואר הגיתרה              | 2.ב |
| מדביך דבק בMarguerite גוף הגיתרה             | 2.פ |
| מחבר את מוט צוואר הגיתרה לגוף הגיתרה         | 3.פ |
| מחבר מכשיר הצמדה במקום בו הוחבקו החלקים      | 4.פ |
| המתנה לייבוש הדבק                            | 1.ה |
| מדביך גשר עליון על צוואר הגיתרה              | 5.פ |
| מדביך גשר תחתון על צוואר הגיתרה              | 6.פ |
| המתנה לייבוש הדבק                            | 2.ה |
| מחבר את מיתרי הגיתרה בין הגשר העליון והתחתון | 7.פ |
| בודק את חיבור המיתרים                        | 3.ב |
| מכoon את ציליל הגיתרה                        | 8.פ |
| תולה את הגיתרה במתלה העגלה                   | 9.פ |
| מעביר את העגלה למחסן                         | 2.ת |
| מאחסן את הגיתרה במחסן במדפי תוכרת גמורה      | 1.א |

\* במקרה זה לא ביצענו טבלת סיכום מפני שבבלה המתוארכת בתרשימים תהליך ייצור אדם.

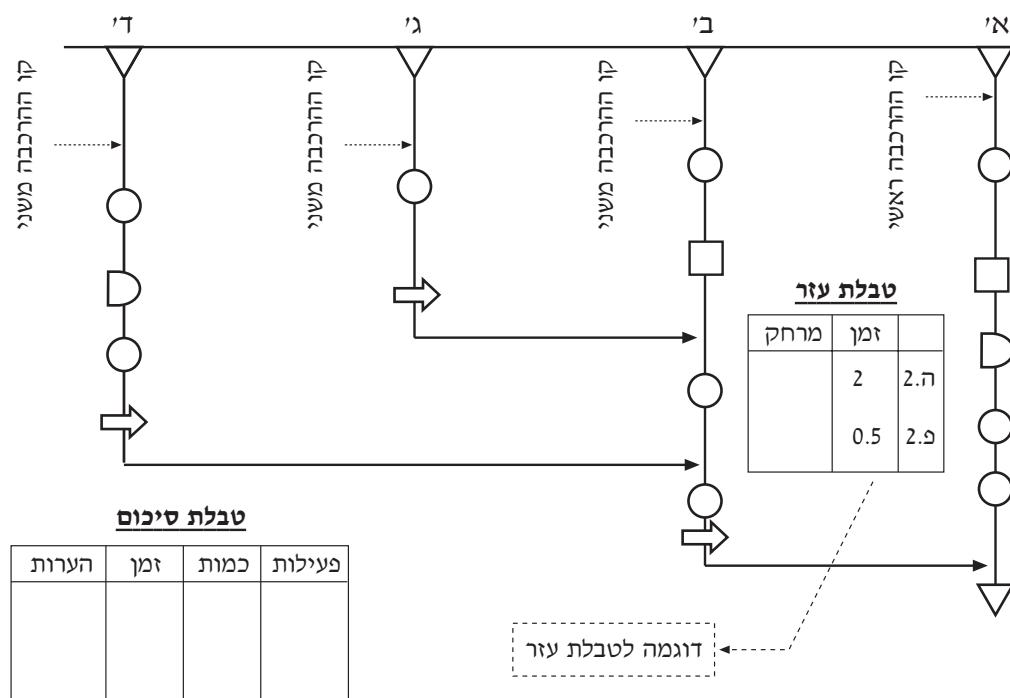
## תרשים הרכבה

תרשים תהליך הרכבה מתאר את דרך הפיכתם של החלקים השונים למוצר מוגמר לפי סדר בוצע הפעולות.

התרשים מתאר את התהליכיים השונים המבוצעים עבורה כל תט הרכבה בתהליך עבודה ואת חיבורן של כל תטי הרכבות לכדי מוצר מוגמר.

הקו הראשי בתרשימים מתאר את מסלול הזירימה שאליו מתחברים תטי הרכבת מהתהליכי הייצור השונים או מרכיב חיצוני ואת התהליכיים המבוצעים על תט הרכבה הראשית (במסלול הזירימה).

קו אופקי מתאר הרכבה של החלקים, קו אנכי מתאר את הפעולות המבוצעות על החלקים.



האותיות א', ב', ג', ד' - מציננים חלקים תטי הרכבות, מחלקות או ספקים שביהם מיוצרים בתהליך העבודה רכיבי המערכת או שנרכשים מספק חיצוני.

קו הרכבה הראשי -eko המתאר את תהליך הרכבה הראשי שאליו מתחברות רוב הפעולות המתறחות בתהליך,uko זה מתרכזים כל רכיבי המוצר מקווי הרכבה המשניים.

קווי הרכבה המשניים -eko המתארים את תהליך שבו מבוצעות תטי הרכבת מתחברים בהמשך תהליך העבודהuko להרכבה הראשית. תטי הרכבות יכולות להיות מיוצרות בארכון או להירכש מספקים חיצוניים.

utable עזר -utable נתונים הצמודה לתהליך העבודה.utable זו ניתן להוסיף עמודות נוספות המתארות נושאים חשובים להבנת התהליך: זמן ביצוע הפעולות, המרכיבים שאוותם עבור המוצר או העובד, אמצעי השינוע, מקומות אחסון, מדדי ביקורת ועוד.

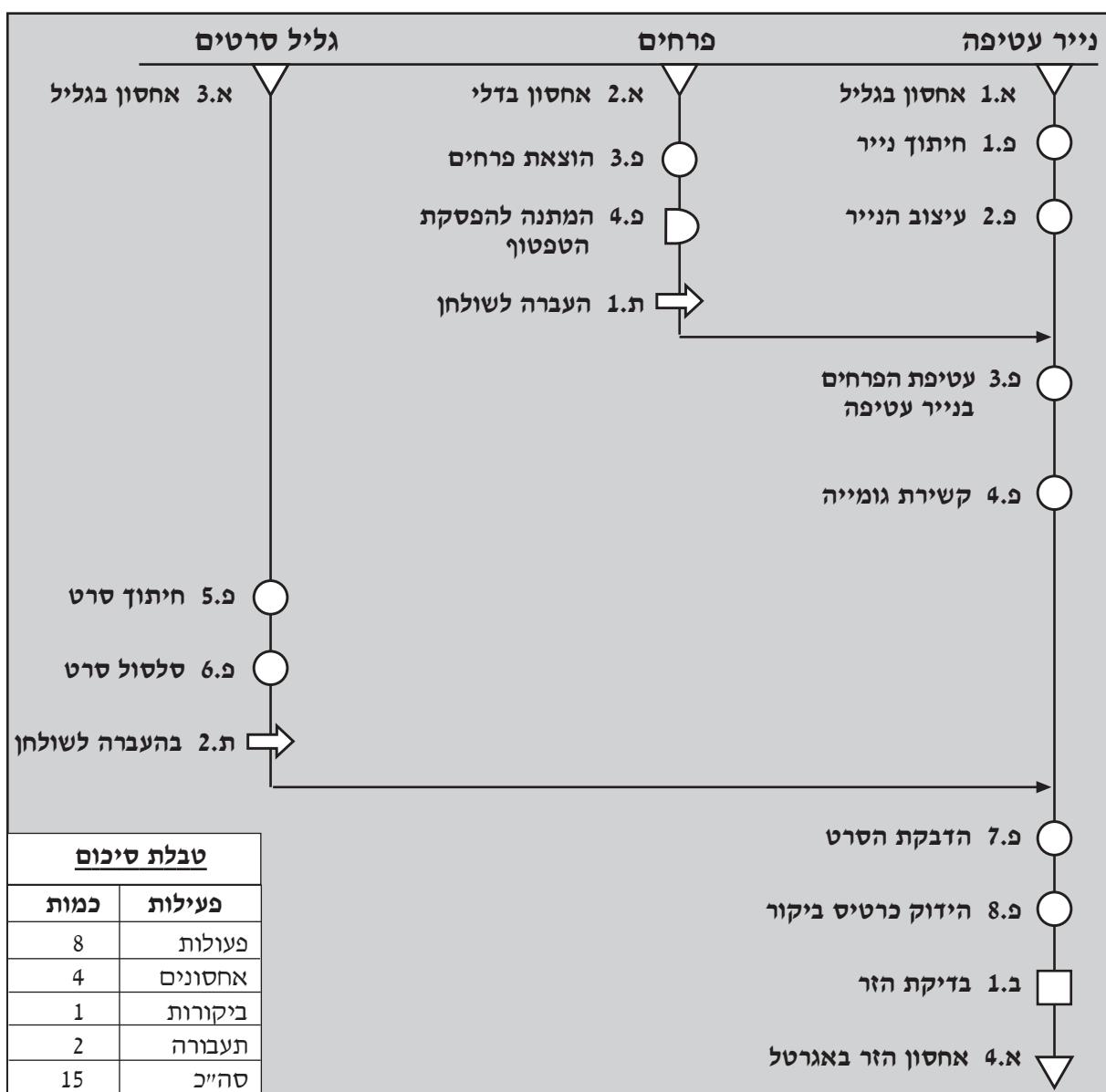
utable סיכום -utable המסכםת את הפעולות השונות המבוצעות במהלך התהליך.

**תת הרכבה** - מערכת משנה המהווה חלק מערכת גדולה יותר. לדוגמה: ברכיב המנוע מהוותת תת הרכבה.



נדגים את תרשימים ההרכבה בתהליך עבודה של הכנת זרי פרחים בchnerות הפרחים "נופר ונוי": העובדים מכינים את הזרים למשLOW וŁמckerה, זר הפרחים מורכב מגוון פרחים, סרט צבעוני, גליל נייר שקוף, גומייה וכרטיס ביקור של החנות.

### תרשימים הרכבה - הכנת זר פרחים בchnerות



## תרשים תהליך רב טורי

תרשים תהליך רב טורי הינו תרשימים המתאר על ציר זמן את יחסיו הגומליים בין העובדים או המוצרים בתהליך העבודה.

התרשים מסייע לתאור תהליך עמده או שרות, ע"י שימוש בסימונים המתארים את התקדמות התהליך ואת השינויים הממצאים במהלךו. התרשימים נפוץ לשימוש כתרשים ניתוב טפסים בתהליך העבודה.

התרשים מסייע במקבב אחר תהליך עבודה המורכב ממספר עובדים, תחנות עבודה, מוצרים או העתקים של מסמך או טופס עבודה.

תרשים הניתוב - התרשימים מתאר את המיקום והזמן שבהם ימולאו הפרטיהם, את העובד האחראי ואת האישורים הדרושים.

נכיר מספר סימנים חדשים:

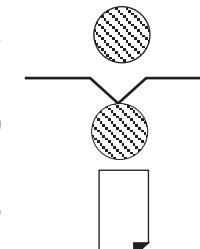
פעולה ראשונית - פעולות המתחילה סידרה של פעילותות עוקבות.



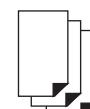
ביצוע פעולה על המוצר או התהליך הנבחן (כגון מילוי פרטים בטופס)



פעולה הgorמת לביצוע פעולה בתהליך העבודה או בתהליך עבודה אחר (כגון רישום ביוםן)



מספר העתקים מטופס או מסמך

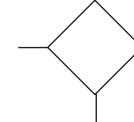


טופס / מסמך

כאשר ממצעת פעולה על מספר מוצרים (או העתקים של מסמך) נסמן ע"י חיבור הפעולות הדומות בקו מקווקו



משמש לティיאור מספר מצבים אפשריים - ע"י תנאי "אם כן אז ...",  
צומת החלטה - (הסתעפות)  
"אם לא אז..."



תיקון הטופס



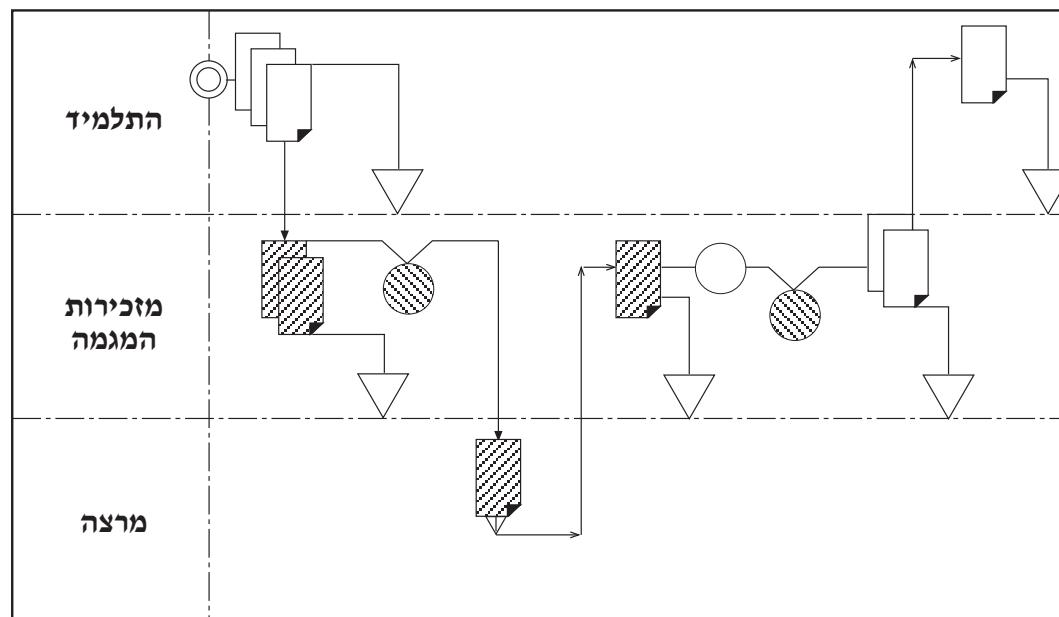
קיימות מספר סוגים של תרשימים רב טוריים. נציגים שניים מהם:

1. **תאור תהליך הטיפול בהגשת ערעור על ציון בחינה, באוניברסיטת סיג' לוחכמה:**

התלמיד מגיש טופס ערעור הכלול מקור + 2 העתקים. עותק ראשון (מקור) + העתק אחד מוגשים למזכירות המגמה, העתק נוסף נשאר אצל התלמיד. מזכירות המגמה בודקת את שני הטפסים, מחתימה אותם בחותמת. טופס המקור מועבר למרצה יחד עם בוחינת התלמיד (את הבחינה מוציאה המזכירה מהכספה). העתק מטופק בתיקו האישי של התלמיד.

המרצה כותבת את החלטתו בטופס ומעביר את הבדיקה וטופס הערעור למזכירות. המזכירות מקבלת את הטופס והבדיקה, מעדכנת במחשב ומティיקת אותו בתיק האיש. מדפסה מכתב תוצאה הערעור בשני העתקים טופס המקור מועבר לתלמיד וההעתק לתיקו האישי במזכירות.

#### **תרשים רב טורי - תהליך הטיפול בהגשת ערעור על ציון בחינה אוניברסיטאית**



#### **2. תהליכי מיון וגיוס עובדים בחברת כוח אדם "משרה טובה"**

מחפש עובדה מגע לחברת כוח אדם, "משרה טובה", במטרה למצוא עובדה הולמת את CISORIO.

**בפגישה הראשונה** הוא מגיע לפקidot הקבלה בחברה, הפקידה פותחת תיק ומוסרת לו טפסים מלא. מחפש העמדה מלא את טפסי ההרשמה (הכללים, פרטיים אישיים, היסטוריה תעסוקתית, נתוני השכלה, הקשרות מקצועיות ואת תחומי עיסוק שבהם הוא מעוניין לעבוד).

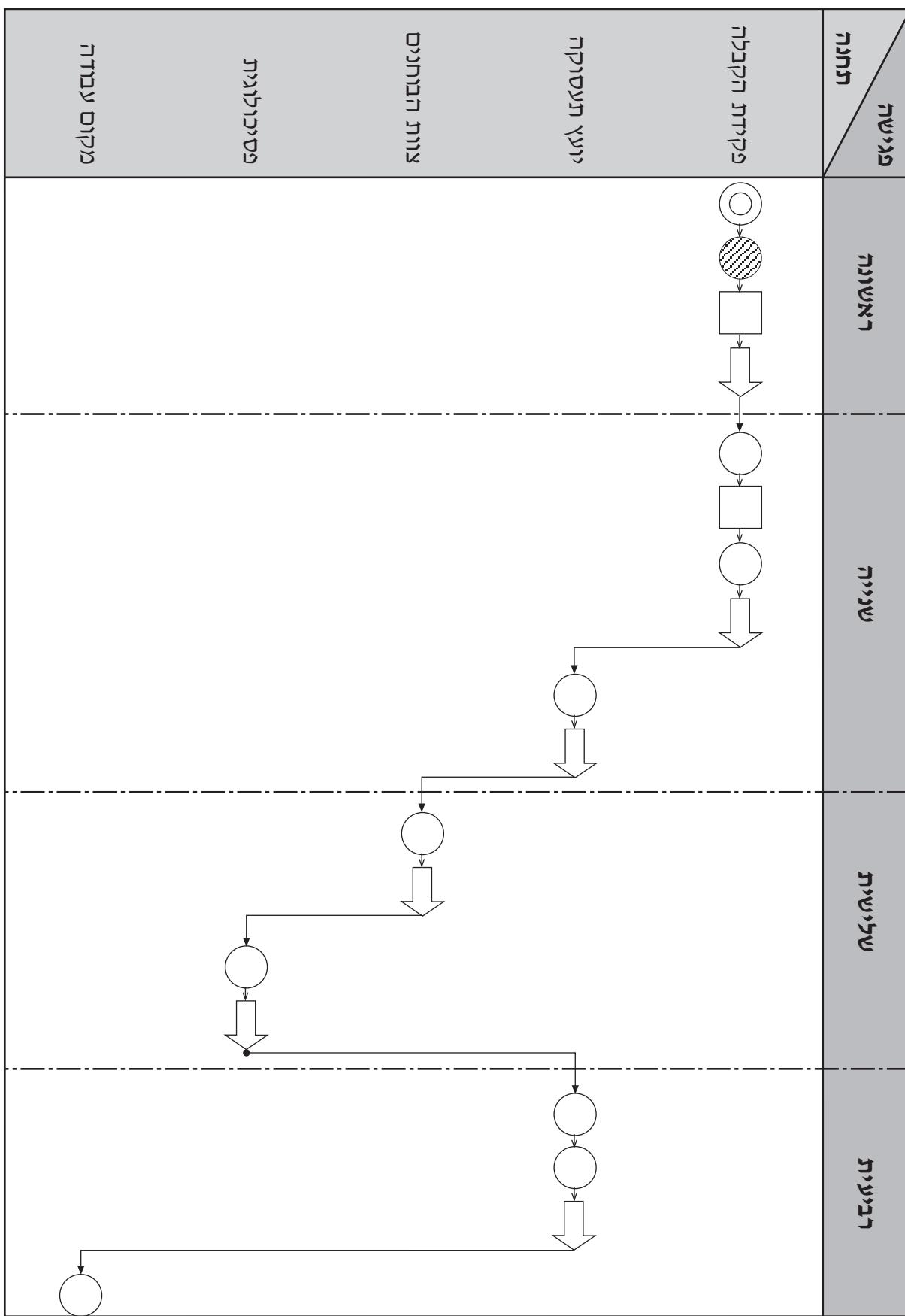
לאחר השלמת הטפסים חוזר לפקidot הקבלה שבודקת את הטפסים וקובעת פגישה נוספת, לראיון עם יועץ התעסוקה של החברה ומקשת ממנו להביא מסמכים אישיים.

**בפגישה השנייה** מחפש העובדה מגיע לפקidot הקבלה נוטן לה את המסמכים, הפקידה בודקת את המסמכים, מצלמת העתקים ומפנה אותו למשרדו של יועץ התעסוקה. הוא ניגש למשרדו של היועץ ונכנס לראיון. במהלך הראיון נבחנות מספר חלופות תעסוקתיות ובעזרת היועץ יושת התעסוקה בוחר משרה המתאימה לכישוריו. בסיום הראיון מפנה אותו היועץ לבחינות התאמת לפקיד וקובע לו פגישה נוספת לאחר הבדיקות.

**בפגישה השלישייה** הוא מגיע לצוות המבחנים לצורך ביצוען של בחינות התאמת. ובסיום הוא מופנה למשרדה של פסיכולוגית תעסוקתית שעורכת לו ראיון הבוחן את התאמתו לפקיד.

**בפגישה הרביעית** מגיע ליועץ התעסוקה. במהלך הראיון מקבל את תוכאות המבחנים. נבחנות נקודות העוצמה והחולשה שלו וنبחנוות משרות המתאימות לו, בסיום הראיון מופנה לראיון העבודה במקום המתאים.

תרשים רב סורתי - תחילה מיוון ואים עובדים בהברת כוח אדם "משרה טובה"



## 2.3 שימוש בטכניות תרשימי תעסוקה

### סמלים ומשתנים המופיעים בפרק

הסמל	המשתנה	הסמל	המשתנה
Cw	עלות שעת עובד	T	זמן המכונה
Cm	עלות שעת מכונה	H	זמן המחזור
I	אחווז השיפור	B	עומס העובד
N	מספר המוצרים המיוצרים במחזור עבודה	μ	נצילות המכונה
t	זמן עבודה העובד	Q	תפוקה
		T.C.U	עלות ייצור יחידה

### תרשיימי תעסוקה

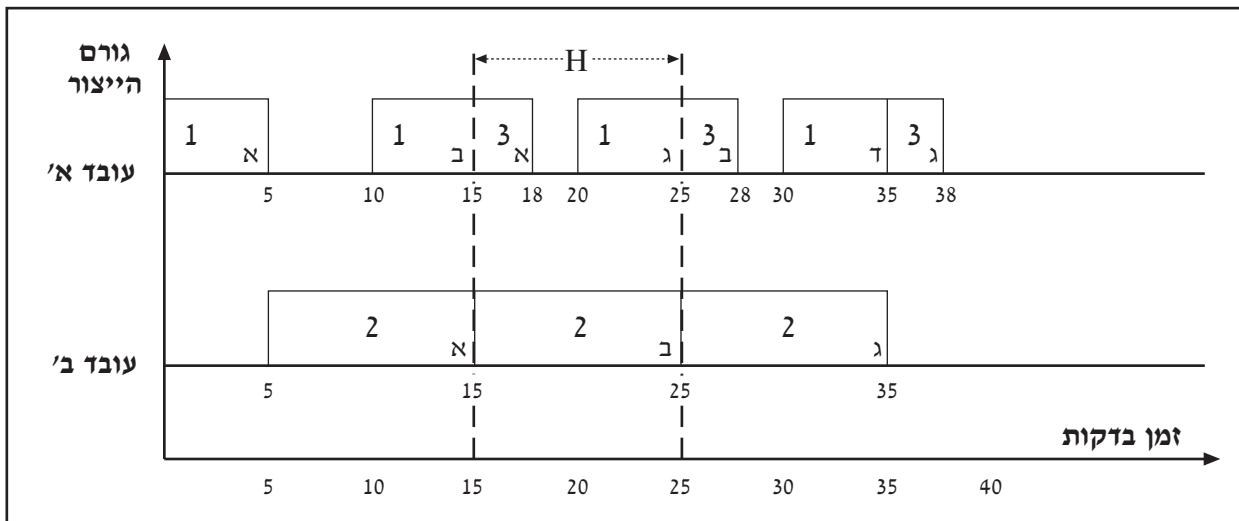
תרשיימים המציינים לאורך זמן את הפעולות של כל אחד מגורםי הייצור ביחס לגורם הייצור האחרים.

תרשיים תעסוקה שימושי לתיאור תהליך עבודה שבו מופעלים יחד מספר גורמי ייצור לצורך ביצוע תהליכי עבודה. התרשימים מתאר תהליכי עבודה שבהם עובד מפעיל מספר מכונות, כוותע עובדים מבצע תהליכי עבודה או שילוב של כוותע עובדים ומכונות, לדוגמה: כוותע אוויר המבצע טיפול לפני טיסה, טבח המכין עוגה.

### מטרות תרשימי התעסוקה

- א. הצגה גרפית יעילה של תהליכי העבודה אשר קיימת בו תלות בין גורמי הייצור.
- ב. קביעת זמן המחזור לייצור מוצר.
- ג. איתור זמני בטלה והשהיות מיותרות.
- ד. זיהוי גורמי ייצור עודפים.
- ה. שיפור התהליך ע"י טיפול בפעולות המהווה את "בצורך בקבוק".
- ו. איזון העומס בין העובדים.
- ז. קביעת מספר המכונות שיופעלו ע"י העובד.

### דוגמת תרשימים תעסוקה - צוות עובדים המיצרים מוצר



\* המספרים (1,2,3) מבטאים את מספר הפעולה המבוצע במהלך העבודה (1- פעולה ראשונה, 2- פעולה שנייה). האותיות (א,ב,ג) מבטאות את המוצרים המיצרים בתהליך (א- מוצר ראשון, ב- מוצר שני וכו').

#### הגדרות וסימונים

**זמן המחזור (H)**



זמן המחזור - פרק הזמן העומר בין ביצוע מחזור עבודה אחד למחזור העבודה הבא אחריו. זמן המחזור מהווה את משך הזמן הדרוש לביצוע מחזור עבודה אחד.

**עומס העובד (B)**



העומס מבטא את אחוז הזמן שבו העובד עובד מתוך זמן המחזור. העומס מבוטא באחוזים ויכול לקבל ערכים שבין 0-100% (או ערכים תואמים בשני עשרוני שבין 0 ל-1).

כל שכמות העבודה שהעובד מבצע במהלך זמן המחזור היא גבוהה יותר, כך העומס יהיה גבוה יותר.

**נוסחת חישוב העומס:**

$$B = \frac{\sum \text{זמן עבודה לעובד}}{H} \times 100 = \frac{t}{H} \times 100$$

\* עומס עבודה אופטימלי מוערך כעומס הקרוב ל-85%.

### **נצלות מכונה (μ)**



הנצלות מבטאת את אחוז הזמן שבו המכונה עובדת מתוך זמן המחזור. הנצלות מוגדרת באחוזים ויכולת לקבל

ערבים שבין 0-100%.

### **נוסחת חישוב הנצלות:**

$$\mu = \frac{\text{זמן עבודה המכונה}}{H} \times 100 = \frac{T}{H} \times 100$$

### **תפוקה (Q)**



התפוקה מבטאת את מספר היחידות המיוצרות ביחידת זמן. נהוג לחשב תפוקה לשעה בהתאם לנוסחה:

$$Q = \frac{1 \text{ hour}}{H} = \frac{60}{\text{H בדקות}} = \frac{360}{\text{H בשניות}} = \frac{6000}{\text{H מד}}$$

תפוקה לשעה

נדרש להציב את זמן המחזור בהתאם ליחידות המדידה. כאשר זמן המחזור בשעות, דקות, שניות או מאות הדקה נציב בנוסחה בהתאם.

### **עלות יצור יחידה (T.C.U- Total Cost Unit)**



עלות יצור יחידה מבטאת את העלות הכלכלית בזמן עבודה של העובדים והמכונות הדרושים להכנת המוצר או השירות.

### **נוסחת חישוב עלות יצור יחידה:**

$$T.C.U = \frac{\sum C_w + \sum C_m}{Q}$$

כאשר מדובר במצבים שבהם מעורבים בתהליך העבודה מספר עובדים או מספר מכונות המוניה בנוסחה יכולול את סה"כ העלות לשעה בהפעלת כל אמצעי הייצור הקיימים (מכונות + עובדים)

C<sub>w</sub> - עלות שעת עובד, C<sub>m</sub> - עלות שעת מכונה, Q - תפוקה לשעה (בהתאם לעלות העבודה)

## **כללים מוחשיים לבניית תרשימים תעסוקה**

1. בניית מערכת הצירים בתרשימים, ציר אנכי - המתאר את גורמי הייצור וציר אופקי המתאר את זמני הביצוע.
2. השלמת הפעולות המבוצעות במבנה הצירים בהתאם לקנה מידה.
3. מספר הקומות בתרשימים יהיה כמספר גורמי הייצור המשתתפים בתהליך העבודה.
4. מרובע שבתוכו מספר פעולה מבטא פעילות מבוצעת בהתאם לדוד העבודה.
5. נדרש לפחות שתי מהזרי עבודה (מומלץ לבצע שלושה מהזרי עבודה).
6. בתרשימים יופיעו רק האלמנטים המחזוריים (אלמנטים החוזרים על עצם מדי כל מהзор).
7. הפעולות ימוספרו לפי סדר העבודה הכרונולוגי, המוצרים יסומנו באותיות.

## **חישוב זמן המחזור בעזרת תרשימים תעסוקה**

1. נדרש תרשימים תהליכי המתאר את תהליכי העבודה.
2. נבחר מהзор עטודה המתאר מהзор אחד מתחילת ועד סוף, כולל את כל הפעולות הדרשיות לביצוע מהзор העבודה. בוחינת מהзор העבודה מבוצעת מהעבודה רציפה ויציבה ולכון מומלץ לבחון החל מהמחזור השני או השלישי.
3. נדרש בתרשימים קו מקווקו המתאר את תחילת הפעולה הראשונה במחזור שבחרנו וקו נסף בסיום מהзор העבודה הנבחר.
4. נדרש לבדוק כי במהלך העבודה שסומן יש את כל הפעולות הדרשיות לתהליכי העבודה (בכל אמצעי הייצור אשר לווקחים חלק בתהליכי העבודה).
5. נבדוק האם תMOVות המחזור (הפעולות המבוצעות במחзор) היא זהה בכל המחזוריים.
6. הפרש הזמן בין תחילת המחזור לסיומו מהווה את זמן המחזור ומסומן באות H. (ההפרש בין הזמנים שבין שני הקווים המקווקווים בשרטוטו).

## **תרשימים תעסוקה עבור צוות המבצע עבודה ידנית**

תרשימים צוות עבודה המבצע עבודה ידנית, הינו מכשיר המתאר תהליכי עבודה צוות בהתאם לחלוקת התפקידים וליחסים הגומلين בין אנשי הצוות. התרשימים בנויים על ציר זמן ובעזרתו ניתן ללמידה על התקדמות התהליכי. באמצעות התרשימים ניתן לבחון את העומס המוטל על כל אחד מהעובדים, את זמני ההמתנה הלא רצויים במהלך תהליכי העבודה וכמוון את זמן המחזור לייצור המוצר. בוחינה זו תוביל לשיפור תהליכי העבודה ע"י הקטנת זמני ההמתנה, תסייע בחלוקת עבודה מאוזנת בין צוות העובדים וכן במידת האפשר תתרום להקטנת זמן המחזור ועלויות העבודה.

### **لتרשימים צוות מספר מטרות חשובות:**

- א. הקטנת זמני ההמתנה בתהליכי.
- ב. איזון עומס העובדים.
- ג. טיפול ב"צוואר בקבוק".
- ד. הבנת חלוקת התפקידים ויחסים הגומلين בין העובדים.

- ה. קביעת זמן המחזור לתהליך העבודה.  
ו. הקטנת מספר העובדים בתהליך, תוך שמירה על עומס עבודה סביר.

#### **ניתוח תרשימים תעסוקה:**

בשלב ניתוח התרשימים נבחנות הפעולות המוצעות ע"י כל אחד מהמעדים, יחסי הגומלין בין העובדים ונקודות החיבור בין פעולות העובדים, העומס מחושב ונבדקת רמת האיזון בעומסי העבודה של העובדים בצדות, לאחר הניתוח ניתן להעלות הצעות לשיפור תהליכי העבודה ולבחון בתשומת לב את יתרונותיהם מול מגבלותיהם.

השוואת המצב המוצע במצב הקיים מאפשרת לבחון האם וכי怎ד ביצוע השיפור יסייע לארגון ביצוע תהליכי העבודה בצורה יעילה יותר.

#### **תרגיל דוגמה - תרשימים תעסוקה לעבודת צוות עובדים**



נבחן את תהליכי העבודה שלכם של צוות עובדים במפעל "קרונוט ליליאן" העוסקים בديثוך חלקי מתכת המשמשים לתעשיית הרכבות בארץ.

#### **תאור תהליכי העבודה**

**פעולה 1 - מבוצעת ע"י עובד א'** - הכנת חומר הגלם לריתוך והנחתו על שולחן העבודה (זמן הפעולה 2 דקות)

**פעולה 2 - מבוצעת ע"י עובד ב'** - לוקח את חומר הגלם מהשולחן, מבצע את הריתוך ומניח על השולחן (זמן הפעולה 4 דקות)

**פעולה 3 - מבוצעת ע"י עובד א'** - לוקח את חומר הגלם לאחר הריתוך מהשולחן ואורז אותו בארכז (זמן הפעולה 2 דקות)

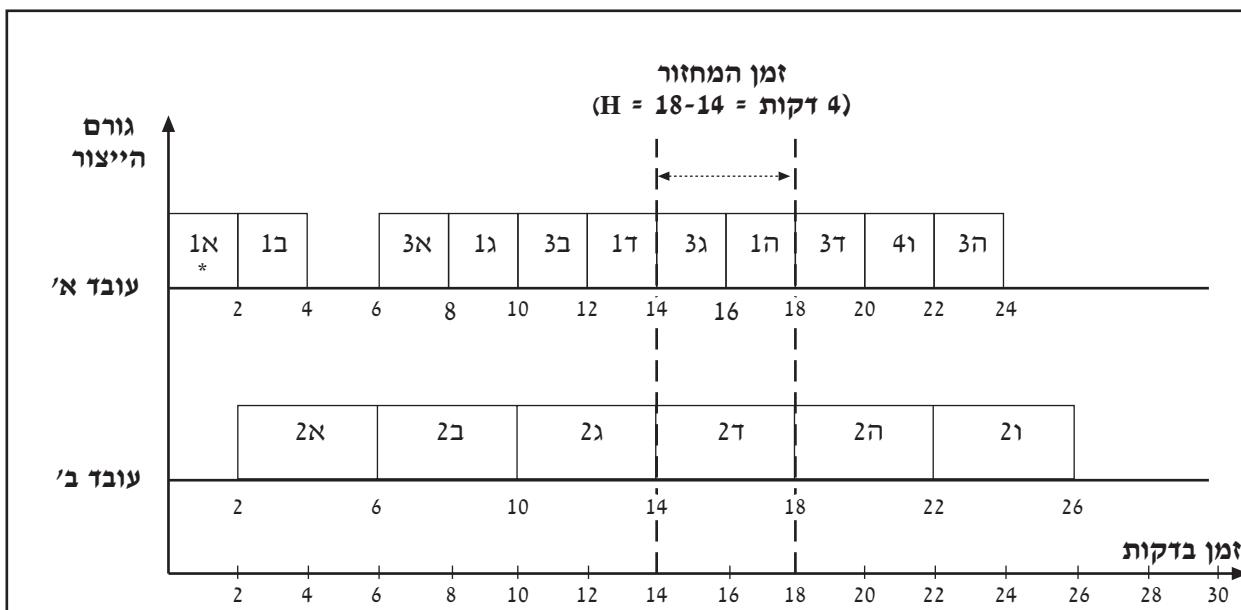
נתונים נוספים: עלות שעת עובד 60 ₪

## פתרונות תרגיל



בשלב ראשון נציב את הפעולות בתרשים בהתאם לגורם הייצור המבצע את העבודה ובהתאם לזמן הביצוע:

### תרשים תעסוקה - צוות המבצע עבודה ידנית:



\* א1 - ביצוע פעולה מס' 1 עבור מוצר א'

- אנו רואים כי במחזור העבודה הראשון והשני, כל אחד מהמעדים נאלץ להמתין לסיום העבודה של העובד الآخر. לאחר המבחן השלישי נוצר רצף בתהליך העבודה.

### קביעת זמן המבחן

לצורך קביעת זמן המבחן נאטור בתרשים את הפעולות הדורשות להכנת מוצר מתחילה ועד סופה (ללא חשיבות לסדר או לסדר המוצר), איתור זמן המבחן בתרשים ימצע לאחר תחילת רצף התהליך (מחזור שני או שלישי ומעלה).

בתרשים אנו רואים כי בין הדקות ה-14 ל-18 מוצעות כל הפעולות הדורשות להכנת המוצר ובהתאם לכך נסמן את זמן המבחן (ניתן לבחור גם בין 10 ל-14 ובין 18 ל-22 וכו') בקו מקווקו.

$$\text{הפרש בין הזמנים יהיה זמן המבחן: דקות } H = 18 - 14 = 4$$

מכאן - זמן המבחן להכנת מוצר הינו 4 דקות (כל ארבע דקות יבצעו העובדים מוצר אחד).

**чисוב עומס העבודה של כל אחד מהעובדים**  
עומס העבודה מבטא את אחוז הזמן שבו העובד מבצע פעילות מתוך זמן המחזור.

במהלך המחזור זמן עבודה העובדים היא 4 דקות (לשני העובדים).

נחשב את העומס של כל אחד מהעובדים:

$$B = \frac{t}{H} \quad \text{נוסחת חישוב עומס העובד:}$$

$$B_A = \frac{4}{4} \times 100 = 100\% \quad \text{עומס עובד א':}$$

$$B_B = \frac{4}{4} \times 100 = 100\% \quad \text{עומס עובד ב':}$$

העובדים עובדים במשך 4 דקות מתוך מחזור העבודה (בתרשים) - אנו רואים כי העובדים עובדים במהלך כל זמן המחזור ולכן העומס שלהם יהיה 100% (העובדים עובדים 100% זמן המחזור).

$$Q = \frac{60}{H} = \frac{60}{4} = 15 \quad \text{יחסית לשעה:}$$

בכל שעה מייצרים העובדים 15 מוצרים.

נחשב עלות ייצור יחידה:

$$T.C.U = \frac{C_A + C_B}{Q} = \frac{60 + 60}{15} = 8 \quad \text{ש"ח}$$

עלות ייצור יחידה 8 ש"ח ליחידה.

נסכם את התוצאות בטבלה:

הארות	תוצאה	הגורם
כל ארבע דקות מבצעים העובדים מוצר אחד	4 דקות למוצר	זמן המחזור ליחידה
	15 יחידות לשעה	תפוקה לשעה
עלות השכר המועמסות על המוצר	8 ש"ח ליחידה	עלות ייצור יחידה
העובדים עובדים במשך כל זמן המחזור יתכו קשיים בתהlik: שחיקת העובד, פגיעה בבטיחות או ירידת באיכות המוצר.	100%	עומס העובדים

## תרשים תעסוקה עבור עובד מפעיל מכונה:

תרשים עובד מפעיל מכונה הינו תרשים המציג תהליך העבודה שבו משולבים יחד עובד ומכונה, בתרשים ניתן לראות על פני ציר זמן את הפעולות המבוצעות ע"י כל אחד מגורמי הייצור ואת יחסיו הגומליים בין פעולות העובד לפעולות המכונה.

התרשימים דומה מאוד לתרשימים המתאר עבודת צוות בלבד העבודה כי בתרשימים זה אחד מגורמי הייצור הינו מכונה והאחר עובד, בד"כ עלויות המכונה גבהות מעליות העובד ולכן בתהליך מסווג זה מומלץ לנצל את המכונה בצורה המיטבית.

### דוגמים את התרשימים בעזרת תהליך העבודה על עבודת צביעה מתכוות בתעשיית המטוסים

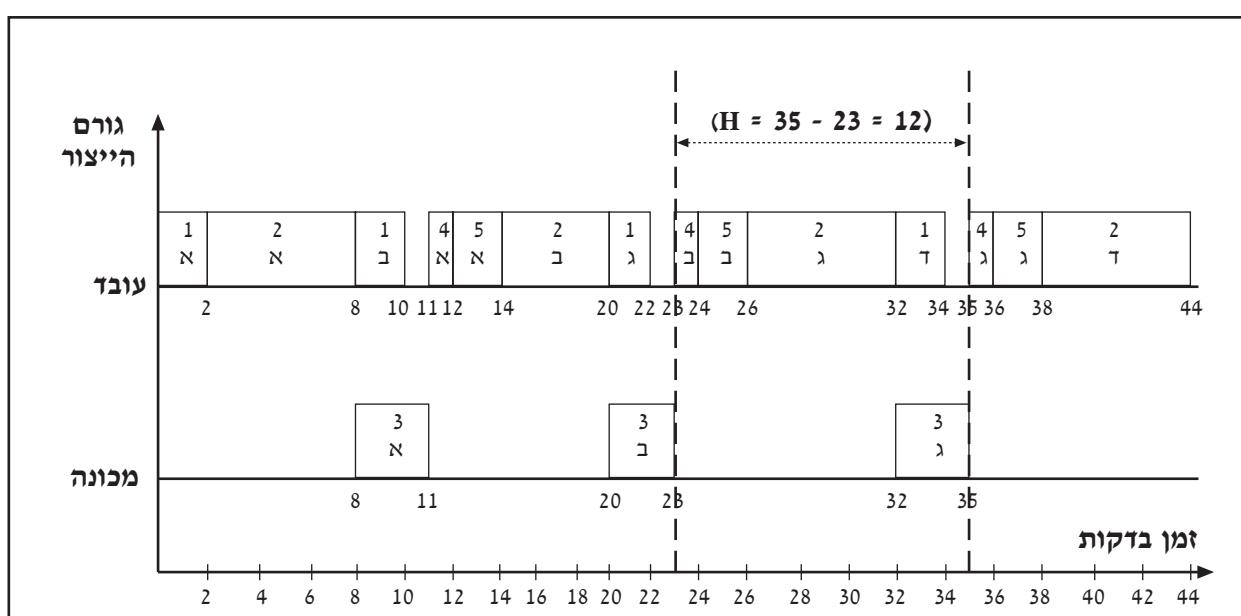
#### תאור תהליך העבודה של העובד:

1. בזדק את איכות חומר הגלם ואת התאמתו לתהליך ומניה על השולחן (2 דקות).
2. הכנת החלק לצביעה והכנתתו למגע המכונה (6 דקות).
3. עבודה מכונה - המכונה מבצעת את תהליך הצביעה ופולטת את המוצר לדופן המכונה (3 דקות).
4. מוציא את החלק מדופן המכונה (1 דקה).
5. מניח את החלק במדף וממלא פרטימ בטופס (2 דקות).

- נתונים נוספים: עלות שעת עובד 60 ₪, עלות שעת מכונה 260 ₪.
- \* המכונה טוענת את ח"ג בצורה אוטומטית מהמגע.

## תרשים תעסוקה עבור ומכונה:

נשלים את רצף הפעולות הדרושות לביצוע תהליך העבודה בתרשימים התעסוקה.



**הסבר לבניית התרשים:** במהלך העבודה המכונה על מנת לא לbezבז זמן עבור המתנה לשימוש עבדת המכונה, העובד מבצע את פעולה 1 במשך שתי דקות ולאחר מכן מעתין דקה אחת לשימוש עבדת המכונה.

**קביעת זמן המחזור** ממצעת ע"י מציאת כל הפעולות הדרשיות לייצור מוצר בזמן קצר ביותר, ככלומר נבחן סדר פעולות (לא מחויב של מוצר מסוים) שבו מבוצעות כל הפעולות הדרשיות לבדיקת חומר הגלם ועד למילוי הטופס (כלומר פעולות 1,2,3,4,5). אזור זה יסומן בתרשימים בקווים מקווקווים וייהווה את זמן המחזור הדרוש להכנת מוצר.

בתרשימים ניתן לראות את זמן המחזור של התהליך (בין הקווים המקווקווים):

$$\text{חישוב זמן המחזור: דקות } 12 - 23 = 35 - 23 = 12 \text{ דקות}$$

אנו רואים כי **זמן המחזור הינו 12 דקות**. ככלומר כל 12 דקות מיוצר מוצר.

משך זמן עבודה העובד במהלך העבודה 11 דקות (דקה אחת העובד מעתין).

חישוב העומס באחוזים של העובד בעזרת הנוסחה:

$$B = \frac{\text{זמן עבודה העובד}}{H} \times 100 \rightarrow B = \frac{11}{12} = 0.916 \cong 91.7\%$$

העובד עובד במשך 11 דקות מתוך מחזור העבודה האורך 12 דקות (91.7% מהזמן).

משך זמן עבודה המכונה במהלך מחזור העבודה 3 דקות.

**מחשב את נצילות המכונה** בהתאם לנוסחה:

$$\mu = \frac{T}{H} \times 100 = \frac{3}{12} \times 100 = 25\%$$

אנו רואים כי המכונה מנצלת רק כ-25% זמן המחזור (רבע זמן המחזור), המכונה איננה מנצלת כראוי - כ-75% זמן המחזור המכונה דוממת, ניתן להסיק כי יש אפשרות לבחון הגדלת נצילות המכונה ע"י ביצוע שינויים בתהליך העבודה וע"י כך תשופר נצילות המשאבים ויחסכו הוצאות הייצור.

$$Q = \frac{60}{12} = 5$$

מחשב את התפקיד לשעת עבודה:

בכל שעה מיוצרים 5 מוצרים.

חישוב עלות יצור יחידה:

$$T.C.U = \frac{C_w + C_m}{Q} = \frac{60 + 260}{5} = 64 \text{ ש"ח}$$

הוצאות הייצור ליחידה הן 64 שקלים.

נסכם את התוצאות בטבלה:

הגורם	توزאה	הארות
זמן המחזור ליחידה	12 דקוטה למוצר	
תפוקה לשעה	5 יחידות לשעה	
עלות יצור יחידה גבוהה	64₪ ליחידה	עלות יצור הינה גבוהה - הארגון משלם הוצאות גבוהות על מכונה אשר מנצלת במידה מעטה.
נכסילות המכונה	25%	נכסילות המכונה מאוד, המכונה מנצלת חלק קטן זמן המחזור. במשך לעליה מ-75% זמן המחזור המכונה לא מנצלת.
עובד השומס	91.7%	העובד שומס על העובד מעט גבוהה

### תרשים תעסוקה עבור צוות ומכונה

תרשים צוות ומכונה הינו תרשימים המציג תהליך העבודה שבו מושלבים יחד מספר עובדים ומכונה, בתרשימים ניתן לראות על פני ציר זמן את הפעולות המבוצעות ע"י כל אחד מגורמי הייצור ואת יחסיו הגומלין בין פעולות העובדים והמכונה. התרשים מתאר את כל אחד מגורמי הייצור - העובדים והמכונה ואת רצף העמודה לפי סדר כרונולוגי של תהליך העבודה.

קיימים שני סוגי של תהליכי עבודה שבהם עובדים בשולב עובדים ומכונה:

א. **עבודת צוות** - כל אחד מהעובדים מבצע חלק מהתהליך העבודה, העובדים מבצעים פעולות הדורשות התחומות ייחודית, מגוון הפעולות המבוצעות ע"י כל אחד מהעובדים נמוך, השימוש במרקחה זה מתאים לעובדות שבאים לאחד או יותר מהעובדים יש מקצוע יהודי, הכשרה נוספת או מיומנות יוצאת דופן, יתרון השיטה נועז בהתקמצעות העובדים ובუילית רמת הביצוע, המגבילות העיקריות הן חוסר האפשרות לבצע החלפת תפקידים או העברת משימות בין העובדים, דרישה נוכחות וזמינותם של כל אחד מחברי הצוות וכן תעבורת החלקים בין העובדים דורשת זמן ועליות שינוי.

ב. **עבודה במקביל** - כל אחד מהעובדים מבצע את כל הפעולות בתהליך העבודה, מתאים למקרים שבהם לכל העובדים בתהליך רמת מקצועיות ומiomנות דומה ויכולות וכישורים לביצוע מגוון של פעולות ללא התחומות במספר מועט של פעולות, יתרונות השיטה בגמישותה לשינויים ולהחלפות תפקידים בין עובדים, נחסכים פעולות העברה בין העובדים, עיסוק העובדים מגוון, מגבלת השיטה היא שאין טיפוח מקצועיות יהודית ודרישה השקעה גדולה יותר בצד העובדה (כפל ציוד).

## **תרשים תעסוקה עבור עבודות צוות ומכונה - בשיטת עבודות צוות**

לצורך תרגול תרשימים תעסוקה לצוותים ומכונה, כאשר קיימת תלות בין העובדים, נחלק את עבודות צביעה המתכוות בפעול המטוסים לשני עובדים:

- עובד א' - עובד מקצועני ומוכן במלאת הכנת המתכוות לצביעה.
- עובד ב' - עוזר לעובד א' בבייעוץ העבודה.

\* בתהlixir זה עובד א' עובד מקצועני. עובד ב' עוזר ללא מקצועיות בתחום העבודה ולכון לא ניתן לבצע החלפה בין העובדים או להעביר פעולות מאחד לשני.

**תאור תהlixir העבודה של שני העובדים יחד:**

**עובד א' (פעולות הדורשות מקצועיות):**

1. בודק את איקות חומר הגלם ואת התאמתו לתהlixir (2 דקוט).
2. מכין את החלק לצביעה ע"י המכונה ומכניס למגש המכונה (6 דקוט).

**מכונה**

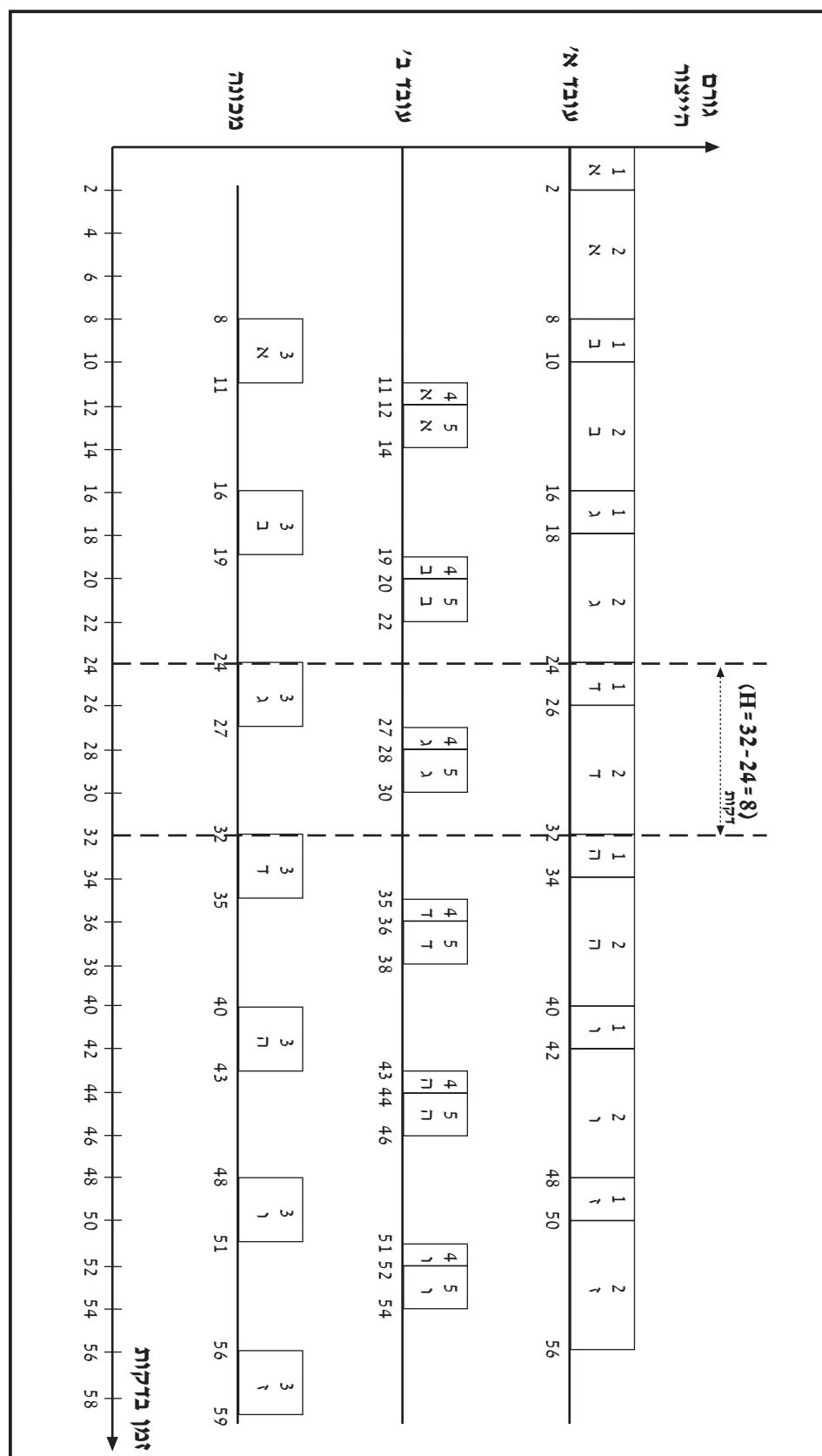
3. עבודה מכונה - המכונה מבצעת את תהlixir הצביעה ופולטת את המוצר לדופן המכונה (3 דקוט).

**עובד ב'**

4. מוציא את החלק מדופן המכונה ומניח על השולחן (1 דקה).
  5. מלא פרטיהם בטופס ומניח את החלק במדף (2 דקוט).
- נתוניים נוספים: עלות שעת עובד מקצועי 60 ₪, עלות שעת עוזר 40 ₪, עלות שעת מכונה 260 ₪.
  - \* המכונה טוענת את החלק באופן אוטומטי למגש המכונה.
  - \* זמני הטעינה והפריקה קצרים מאוד ולכון אנו מתעלמים מהם.

**בנייה תרשימים תעסוקה במתאר את תהlixir העבודה של צוות העובדים:**

**תרשים התעסוקה - צוות מפעיל מבוגר - כאשר קיימת תלות בין אנשי הוצאות**



## זמן המחזור

את זמן המחזור נמצא בעזרת תרשימים התעסוקה (ראה תרשימים), זמן המחזור הינו 8 דקות (32-24).

**чисוב העומס (ב אחוזים) של כל אחד מהעובדים:**

$$B_n = \frac{\text{זמן עבודה העובד}}{H} \times 100 \rightarrow B_n = \frac{8}{8} \times 100 \cong 100\%$$

העומס המוטל על עובד אי הינו 100% (העובד עסוק במשך **כל** מחזור העבודה).

$$B_g = \frac{\text{זמן עבודה העובד}}{H} \times 100 \rightarrow B_g = \frac{3}{8} \times 100 \cong 37.5\%$$

העומס המוטל על עובד בי הינו 37.5% (העובד עסוק במשך 37.5% מזמן המחזור העבודה)

**נחשב את נצילות המכונה**

$$\mu = \frac{3}{8} \times 100 \cong 37.5\%$$

נצילות המכונה 37.5%, משמעות התוצאה - במשך 37.5% זמן המחזור המכונה עובדת, מוטב לשים לב לעובדה כי המכונה לא מנוצלת 62.5% מזמן המחזור.

$$Q = \frac{60}{8} = 7.5 \quad \text{נחשב את התפוקה לשעת עבודה:}$$

בכל שעה מיוצרים 7.5 מוצרים (7 מוצרים שלמים ו- 50% מה מוצר השמיימי)

**чисוב עלות יצור יחידה:**

$$T.C.U = \frac{C_m + \sum C_w}{Q} = \frac{60 + 260}{7.5} = 48 \text{ ₪}$$

עלות הייצור ליחידה 48 ₪

נערוך השוואת בין תהליכי העבודה שבו עובד ומכוונה לתהליכי עבודה שבו שני עובדים ומכוונה - עבודה כצוות.

נסכם את נתונים שני תהליכי העבודה שנחקרו בטבלה:

נתון	התהליך		
	עובד + מכוונה	שני עובדים + מכוונה	אחוז השיפור
זמן המחזoor ליחידה	12 דקות למוצר	8 דקות למוצר	$I = \frac{12-8}{12} \times 100 \approx 33.33\%$
תפוקה לשעה	5 יחידות לשעה	7.5 יחידות לשעה	$I = \frac{7.5-5}{5} \times 100 \approx 50\%$
עלות יצור יחידה	48 ש"ח ליחידה	64 ש"ח ליחידה	$I = \frac{64-48}{64} \times 100 \approx 25\%$
נכסילות המכוונה	25%	37.5%	$I = \frac{0.375-0.25}{0.25} \times 100 \approx 50\%$
עומס העובדים	91.7%	100% - עובד א'	עובד ב' - 37.5%

#### ניתוח תוצאות השיפור

**זמן המחזoor** - זמן המחזoor ליחידה קטן מ-12 דקות ל-8 דקות. חיסכון של 4 דקות בזמן המחזoor (שיעור של כ-33%) במשמעותו הדרושים לייצור יחידה).

**תפוקה לשעה** - התפוקה לשעה קטנה מ-5 יחידות לשעה ל-7.5 יחידות לשעה. כ-2.5 יחידות נוספות לשעה (שיעור של כ-50%).

**עלות יצור יחידה** - עלות יצור יחידה קטנה בצורה משמעותית מ-64 ש"ח ליחידה ל-48 ש"ח ליחידה. הוזלת עלויות של 16 שקלים עבור כל יחידה מייצרת (שיעור של כ-25%).

**נכסילות המכוונה** - נכסילות המכוונה קטנה מ-25% ל-22.5% (שיעור של כ-50% בנכסילות המכוונה), אך השיפור עדין אינו מספק כ-62.5% מזמן המחזoor המכוונה דומה.

**עומס העובד** - בתהליכי המשופר נוסף עובד. לגבי עובד א' - העומס גבוה מאד - 100%. עובד ב' - עומס נמוך מאוד של 37.5%. קיים חוסר איזון גדול מאוד בין עבודת העובדים; בעוד שעובד א' נתון בעומס עבודה גבוהה מאד, עובד ב' בטול רוב הזמן המחזoor.

**סיכום התוצאות** - השיפור במידדי תהליכי העבודה הינו שיפור ממשמעותי לארגון. עלויות העבודה קטנו. גילה התפוקה ליחידת זמן. המכוונה מנוצלת בצורה טובה יותר אך עדין יש מקום לשיפור. העומס המוטל על העובדים אינו מאוזן ובעייתו מאוד מבחינה ארגונית.

## **תרשים תעסוקה עבור עבודת צוות ומכונה - עבודה במקביל**

תהליך העבודה מבוצע ע"י כל אחד מהעובדים במקביל (ללא תלות בעובד השני), בתהליך זה כ"ל אחד מהעובדים מבצע את כל הפעולות הדרשיות להכנת המוצר, מڪצועיות העובדים הנדרשת זהה לכל העובדים.

נבחן דוגמה לתרשים זה בהתאם לתהליך עבודה צביעה חלק במטוס.

בנייה תהליך עבודה משופר המתאר את תהליך עבודה שבו שני עובדים ומכונה, כאשר העבודה מבוצעת במקביל: שני העובדים בעלי מקצועיות זהה ולכן שניהם מבצעים את כל הפעולות הדרשיות להכנת המוצר.

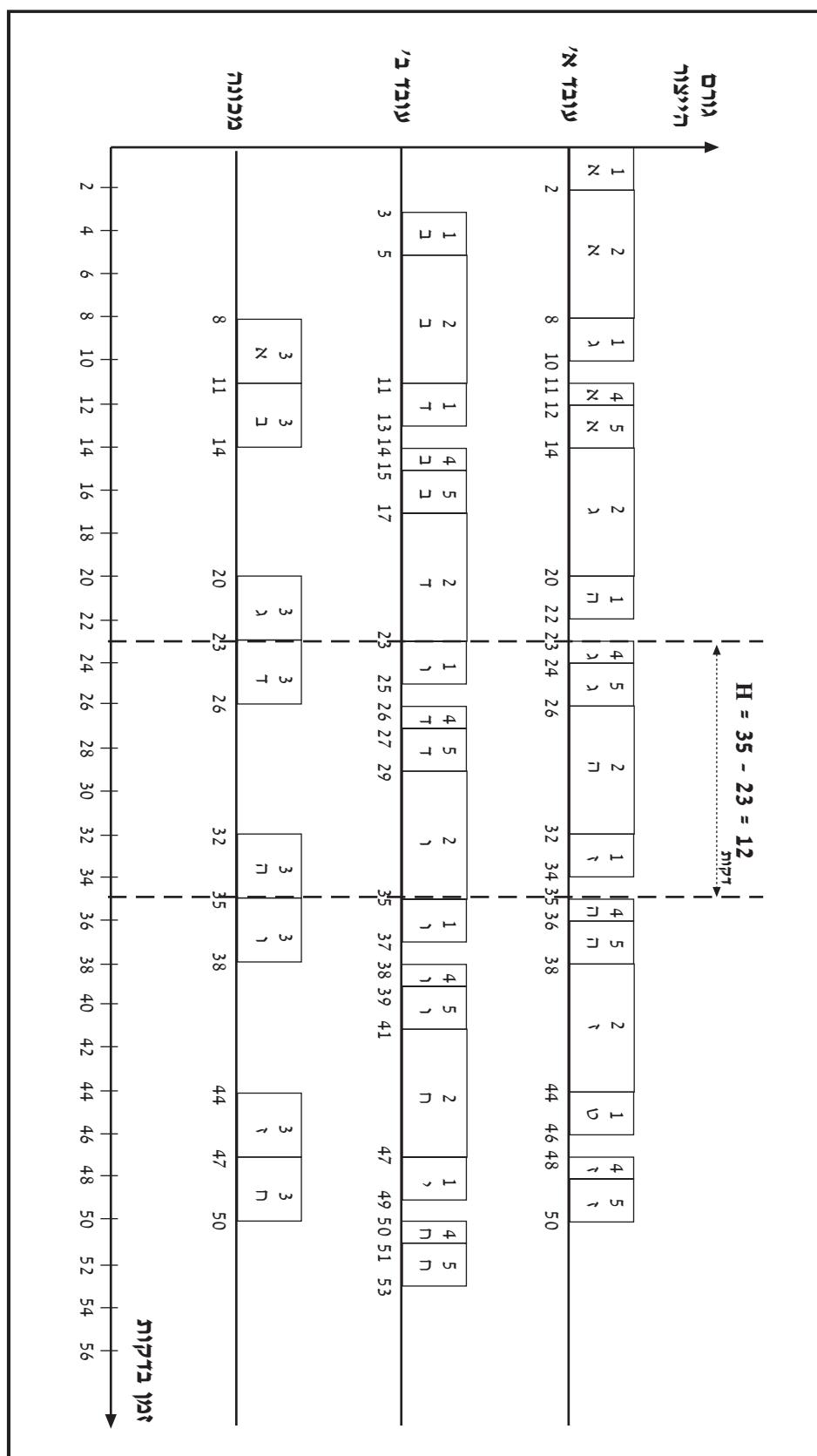
כל אחד מהעובדים א' וב':

1. בודק את איקות חומר הגלם ואת התאמתו לתהליך (2 דקות).
2. מכין את החלק לצביעה ע"י המכונה ומכניס למכונה(6 דקות).
3. עבודה מכונה - המכונה מבצעת את תהליך הצביעה ופולטת את המוצר לדופן המכונה, זמן עבודה המכונה 3 דקות.
4. מוציא את החלק מהמכונה (1 דקה).
5. מלא פרטים בטופס ומניח את החלק במדף (2 דקות).

תזכורת עלויות העבודה - עלות שעת עובד 60 ש"ח , עלות שעת מכונה 260 ש"ח .

בנייה תרשימים תעסוקה המתאר את תהליך העבודה של צוות העובדים והמכונה (ראה תרשימים בעמוד הבא).

תרשים תיעסוקה המתאר שני עובדים המפעילים יחד מכונה אחת (עובד במקביל)



### чисוב זמן המחזור

את זמן המחזור נמצא בתרשים התעסוקה של העובדים והמכונה, נחפש בתהליך העבודה תחילק שלם הכלול את כל הפעולות הדרושות עבור כל אחד מהמעדים. משך הזמן שבו יבוצעו כל הפעולות בכל אמצעי הייצור של כל אחד מהמעדים יהיה זמן המחזור.

$$\text{דקות } 6 = \frac{12}{2} = 12 \text{ דקות}$$

чисוב זמן המחזור:

ב machzor מייצרים שני מוצרים במקביל ומcause שזמן המחזור עבור ייחידת מוצר אחת הוא:

$$\text{דקות } 6 = \frac{12}{2} = 6 \text{ דקות}$$

זמן המחזור עבור ייחידה אחת הינו 6 דקות.

**чисוב העומס באחיזים של כל אחד מהמעדים באמצעות הנוסחה:**

$$B_n = \frac{\text{זמן עבודה העובד}}{H} \times 100 \rightarrow B_n = \frac{11}{12} \times 100 \approx 91.66\%$$

$$B_g = \frac{\text{זמן עבודה העובד}}{H} \times 100 \rightarrow B_g = \frac{11}{12} \times 100 \approx 91.66\%$$

עובד אי ועובד בי עובדים במשך 11 דקות מmachzor העבודה שאורכו 12 דקות, משך עבודתם נמשך 91.66% מזמן המחזור.

**נחשב את נצילות המכונה בהתאם לנוסחה:**

$$\mu = \frac{6}{12} \times 100 \approx 50\%$$

נצילות המכונה 50%, משמעות התוצאה - במשך 50% זמן המחזור המכונה עובדת (או כחצי זמן המחזור המכונה איננה עובדת).

$$Q = \frac{60}{6} = 10 \quad \text{נחשב את התפוקה לשעת עבודה:}$$

בכל שעה מיוצרים 10 מוצרים (5 machzori עבודה, שככל machzor מייצרים שני מוצרים)

**הערה:** ניתן לבצע חילוק ב-12 (זמן המחזור) ולכפול את התוצאה בשתיים (שני מוצרים בכל machzor עבודה).

чисוב עלות יצור ייחידה:

$$T.C.U = \frac{C_m + \sum C_w}{Q} = \frac{260 + 60 + 60}{10} = 38 \quad \text{ullen}$$

עלות הייצור ליחידה: 38 ש"ח.

נערוך השוואת בין תהליכי עבודה שבו מבוצעת צוותת לבין תהליכי עבודה במקביל.

נסכם את נתונים שני תהליכי העבודה שנחקרו בטבלה:

אחוז השיפור	התהליך			נתון
	שני עובדים + מכונה עבודה במקביל	שני עובדים + מכונה עבודת צוותת	ההתליך	
$I = \frac{8-6}{8} \times 100 \approx 25\%$	6 דקוט למועדר	8 דקוט למועדר	זמן המחזoor ליחידה	
$I = \frac{10-7.5}{10} \times 100 \approx 25\%$	10 יחידות לשעה	7.5 יחידות לשעה	תפוקה לשעה	
$I = \frac{48-38}{48} \times 100 \approx 20.83\%$	38 ש' ליחידה	48 ש' ליחידה	עלות יצור יחידה	
$I = \frac{0.5-0.375}{0.375} \times 100 \approx 33.33\%$	50%	37.5%	נצחיות המכונה	
	91.66%	100%	עובד אי'	עובדם
	91.66%	37.5%	עובד בי'	העבדים

#### תוצאות השיפור המוצע

**זמן המחזoor** - זמן המחזoor ליחידה קטן מ-8 דקוט ל-6 דקוט בלבד, חיסכון של 2 דקוט בזמן המחזoor (шиיפור של כ-25%).

**תפוקה לשעה** - התפוקה לשעה קטנה מ-10 יחידות לשעה ל-7.5 יחידות לשעה. 2.5 יחידות נוספות לשעה (шиיפור של כ-25%).

**עלות יצור יחידה** - עלות יצור יחידה קטנה בצורה משמעותית מ-48 ש' ליחידה ל-38 ש' ליחידה. הוזלת עלויות של 10 ש' ליחידה (шиיפור של כ-21%).

**נצחיות המכונה** -נצחיות המכונה קטנה מ-50% ל-37.5%.נצחיות המכונה עלתה בצורה משמעותית אך יש עוד מקום לשיפור הואיל וכ-50% הזמן המכונה עדיין לא מנוצל כראוי.

**עובדם העובדים** - בעיית איזון העובדים בין העובדים לבין, לשני העובדים עומס זהה השווה כ-92%. עומס זה מעט גובה מהעובדם האופטימלי (85%).

**סיכום התוצאות** - השיפור במדדי תהליכי העבודה הינו שיפור ממשמעותי וחשוב לארגון. עלויות העבודה קטנים בצורה משמעותית (25%), התפוקה קטנה, המכונה מנוצלת בצורה טוביה יותר אך עדיין יש מקום לשיפור. העומס המוטל על העובדים מאוזן ומעט גובה (מעל לעובדם האופטימלי).

## תרשים תעסוקה עבור עובד המפעיל מספר מכונות זהות

בתחילת עבודתו יוכיחו של העובד בוצע את פעולות העזר הדרושים לעבודה המכונה כגון: הכנת חומרי הגלם, תפעול המכונה, טיפול בתקלות, פריקת המכונה וכו'.

הבעיה העיקרית בתהליך מסווג זה נובעת מהעבודה שבחלק מזמן התהליך המכונות ממתינות לקבלת שירות מהעובד, לדוגמה: המתנה לטיעינת חומר גלם, המתנה לטיפול בתקלות, המתנה לפריקת חומר גלם, המתנה לכוון המכונה.

יכולת העובד להפעיל מספר מכונות נובעת מהיחס בין זמני הפעולות שאוּתן הוא מבצע לבין זמן העבודה המכונה. בתהליך שבו משך עבודה הידים (עבודת העובד) נמוך בצורה משמעותית ממשך עבודה המכונה ניתן לתכנן תהליך שבו יפעיל העובד יותר מכונה אחת במקביל (מספר המכונות יקבע בהתאם ליחס הזמן בין זמן עבודה העובד בבית זמן המכונה ובהתקנים, עלות יצור המוצר ולעומס העובד).

נדגים את תהליך עבודה מפעיל מספר מכונות זהות על עבודה המכין פחי צבע בעזרת שתי מכונות זהות.

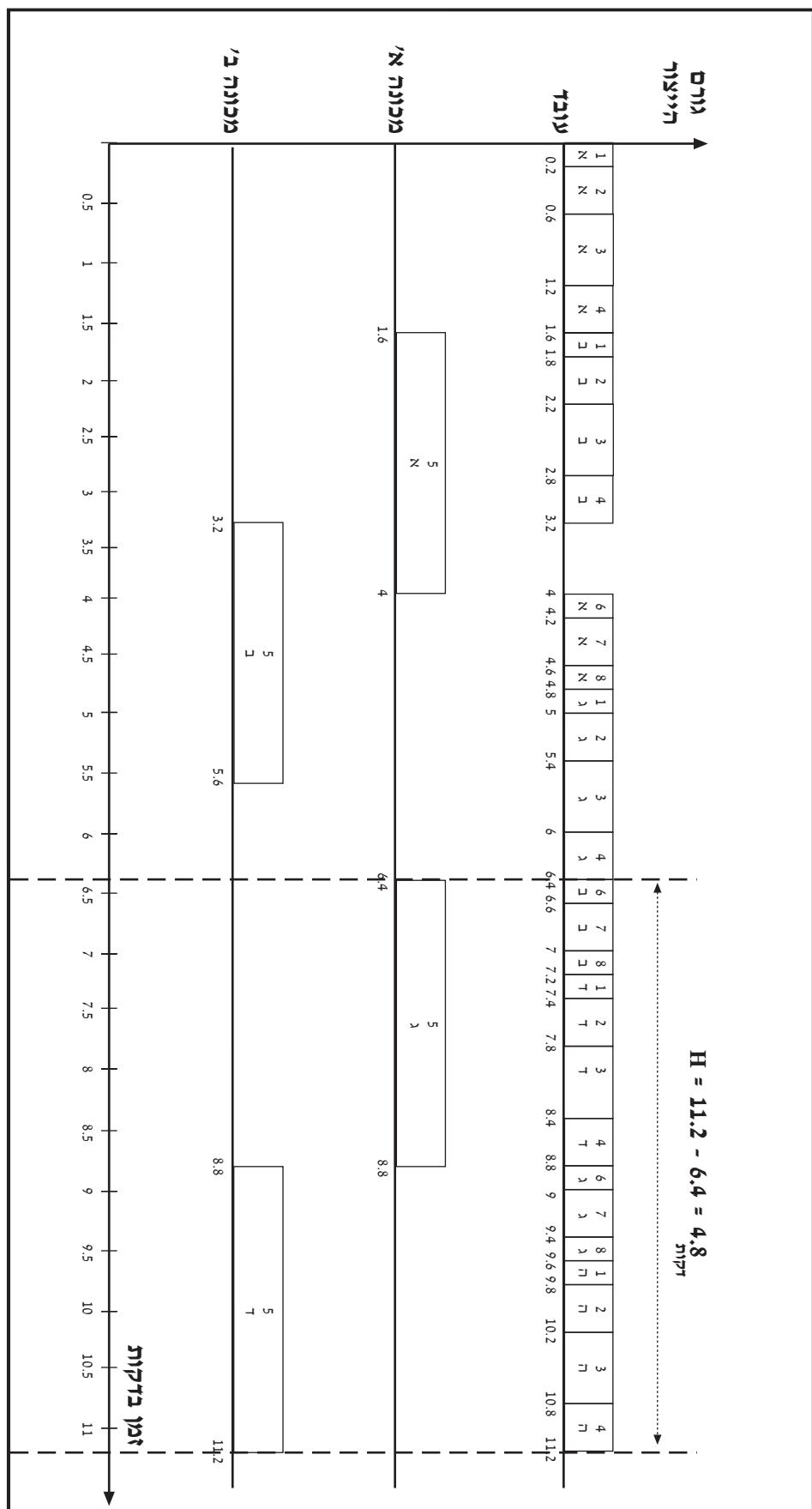
להלן תאורו תהליך עבודהו של העובד:



1. העובד לוקח קופסת פח צבע ומכסה ומניחם על השולחן (0.2 דקות).
2. יוצק כמות מדודה של צבע נוזלי לkopfset הפח (0.4 דקות).
3. יוצק צבע לבן עד לקו המדידה בкопסת הפח (0.6 דקות).
4. מכניס את קופסת הפח למכונת הערבות סוגר את מכסה ומפעיל את המכונה (0.4 דקות).
5. זמן עבודה המכונה (2.4 דקות).
6. העובד מוציא את קופסת הפח מהמכונה ומניחה על השולחן (0.2 דקות).
7. העובד סוגר את קופסת הפח במכסה ומודיא איטום הקופסה (0.4 דקות).
8. מעביר את פח הצבע לעגלה (0.2 דקות).

נתונים נוספים: עלות שעת מכונה 150 ש"ח, עלות שעת עבודה 50 ש"ח, זמן המעבר ממ מכונה למ מכונה זנית.

תרשימים תעסוקה - עובד מפעיל מספר מבוגנות זה הות



### קביעת זמן המחזור

קביעת זמן המחזור מבוצעת ע"י מציאת כל הפעולות הדרשיות לייצור שני מוצרים בזמן קצר יותר, ככלומר נבחן סדר פעולות (לא מחייב של מוצר מסוים) שבו מבוצעות כל הפעולות הדרשיות לייצור שני מוצרים מליקחת קופסה ריקה ועד להנחת פח הצבע המלא בעגלת. אזור זה מסומן בתרשים ומהווה את זמן המחזור הדרוש להכנת מוצר.

אנו רואים כי **זמן המחזור הינו 4.8 דקות**.  
במחזור מיוצרים שני מוצרים במקביל ומכאן שזמן המחזור עבור ייחידה אחת הוא:

$$\text{דקות} \quad H = \frac{4.8}{2} = 2.4 \quad \text{ליחידה}$$

чисוב העומס באחוזים של העובד בעזרת הנוסחה:

$$B = \frac{\text{זמן עבודה העובד}}{H} \times 100 \longrightarrow B = \frac{4.8}{4.8} \times 100 = 100\%$$

העובד עובד ברציפות במשך כל מחזור העבודה.

נחשב את נזילות המכונה:

$$\mu = \frac{T}{H} \times 100 = \frac{2.4}{4.8} \times 100 \approx 50\%$$

אנו רואים כי המכונה מנצלת 50% מזמן המחזור (50% הזמן המחזור המכונה בטלה).

נחשב את התפוקה לשעה:

$$Q = \frac{60}{4.8} = 12.5 \quad \text{מחזוריים}$$

בכל שעה מוצאים 12.5 מחזוריים, בכל מחזור מיוצרים שני מוצרים, מכאן שהתפוקה לשעה היא:

$$\begin{aligned} & 12.5 \cdot 2 = 25 \\ & \Downarrow \\ & \text{בכל שעה מיוצרים 25 פחי צבע.} \end{aligned}$$

чисוב עלות יצור יחידה:

$$T.C.U = \frac{C_w + N \times C_m}{Q} = \frac{50 + 2 \times 150}{25} = 14 \quad \text{ש"ח}$$

הוצאות הייצור ליחידה הן **14 ש"ח**.

נסכם את התוצאות בטבלה:

הערות	תוצאה	הגורם
	דקות למוצר 4.8	זמן המחזור
	25 ייחדות לשעה	תפקוה לשעה
	עלות יצור יחידה 14	עלות יצור יחידה
המכונה מנוצלת 50% מזמן המחזור.	50%	נצחילות המכונה
עומס העובד גובה מאד, יתכוו השלכות שליליות על העובד על המוצר או על בטיחות העבודה.	100%	עומס העובד

## 2.4 שימוש בטכניקות תרשימי פעולה

### תרשיימי פעולה יד ימין יד שמאל

תרשיים פעולה יד ימין - יד שמאל הינו תרשימים המתאר את הפעולות אותן מבצע העובד בכל אחת מידיו במהלך תהליך העבודה, התרשימים מפרט לפרטי פרטים את הפעולות אותן מבצע העובד, החקר מתמקד בפעולות המבוצעות ע"י כל אחת מהידים במטרה לאיתר פעולות נוספות ולתכנן תהליך יעיל יותר.

בד"כ עבודות הידיים איננה מאוזנת, היד חזקה מבצעת יותר פעולות מהיד החלה, מחקרים גילו כי ניתן במקרים רבים להעלות את כושר הביצוע של היד החלה ולשפר בצורה משמעותית את ניצול זמן העבודה של העובד.

מטרות התרשימים הן:

- א. פירוט הפעולות המבוצעות ע"י כל אחת מהידים במהלך ביצוע תהליך העבודה.
- ב. הקטנת מספר הפעולות המבוצעות בתהליך.
- ג. איזון העומס המופעל על הידיים.

המקרים שבהם משתמשים בתרשימי פעולה יד ימין יד שמאל:

1. תחנת העבודה קטנה ומסודרת.
2. עובד המבצע פעולות קצורות (זמן ובמרחב) שנitin להפעיל בהן את שתי הידיים.
3. עובד המפעיל ציוד.
4. מקרים שבהם ניתן לתפקד בשתי הידיים בצורה דומה.

את הנתונים הנאספים בחקר פעולה ידים אלו רושמים בתרשימים יד ימין - יד שמאל.

בתרשימים מסווג זה מתמקדים במספר הפעולות המבוצעות במטרה לצמצמן למינימום, חישובתן של זמני הביצוע נמוכה יותר.

סמלים המשמשים בתרשימים פעולה ידים (משמעות הסמלים דומה למשמעותם בתרשימי תהליך האחרים אך קיימים במספר שינויים):

סימון	תיאור הפעולה	הפעולה
	אחיזת חלק ביד	אחיזה
	העברת היד ממוקם למקום	העברה
	פעולות המבוצעות ע"י הידיים כגון: סיבוב, לחיצה וכו'	פעולה
	היד ממתחינה לביצוע פעולות	השהייה

**שלבי בניית תרשימים פועלות ידניים:**

- א. לימוד תהליך העבודה ורישום האלמנטים המבוצעים. בשלב זה חשוב לשים לב לכל התנועות המבוצעות ולאופן ביצוען.
- ב. שרוטוט תרשימים זרימת חומרים ומיקום אמצעי הייצור והחומרים הדורשים.
- ג. רישום האלמנטים בתרשימים (מצב קיים) - חלוקת האלמנטים בהתאם ליד המבצע, כל האלמנטים המבוצעים ע"י יד ירשם בטופס מצד ימין, כל האלמנטים המבוצעים בידי שמאל ירשם בטופס מצד שמאל. רישום הפעולות מוצע באופן כרונולוגי. פעולות המבוצעות בעזרת שתי הידיים יחד ירשם במקביל.
- ד. בבחינת תהליך העבודה, בדיקת הצעות השיפור, בחירת השיטה העדיפה ובבחינת מגבלותיה ויתרונותיה.
- ה. תכנון שיטת עבודה בהתאם לשיטה שנבחרה.
- ו. הצגת השיטה בתרשימים מצב מוצע.
- ז. חישוב החיסכון / השיפור המושג כתוצאה משיפור תהליך העבודה.

**דוגמה לטופס תרשימים פועלה יד ימין-יד שמאל**

תרשימים פועלה יד ימין - יד שמאל			תהליך מוצע	תהליך הנוכחי	מספר מס'	דף מס'	מיתוך
<b>סיכום</b>			השיטה	נוכחות	מוצעת	הפרש	שם הארגון:
			מספר מס'	זמן	זמן	מספר מס'	שם המחלקה:
			פעולות				תהליך העבודה:
			הערות				התחלת התהליך:
			השהיות				גמר התהליך:
			אחיזה				תאריך ביצוע החקיר:
<b>סה"כ</b>			מבצע החקיר:				
<b>יד שמאל</b>			עלה	הבהה	עיה	הבהה	<b>יד ימין</b>
			<input type="radio"/>	▷	D	▽	
			עלה	הבהה	עיה	הבהה	
<b>ב</b>							

- א - **הכותרת** - הכוורת מציגה נתונים כלליים על החקירה שמבצע. נדרש לסמן האם מדובר בתהליך הנוכחי או בתהליך מוצע (מסומן בתרשימים), ולהשלים את פרטי החקירה.
- ב - **התהליכי** - תהליך העבודה המוצע ע"י כל אחת מהידיים. מצד ימין ירשמו הפעולות המבוצעות בידי ימין ובצד שמאל ירשמו הפעולות המבוצעות בידי שמאל.
- ג - **סיכום** - סיכום נתונים החקירה, השוואת בין המצב הקיים לבין המצב המוצע וחישוב החיסכון הנובע מഫעלת השיפור (הפרש בין המצב הקיים למצב המוצע)

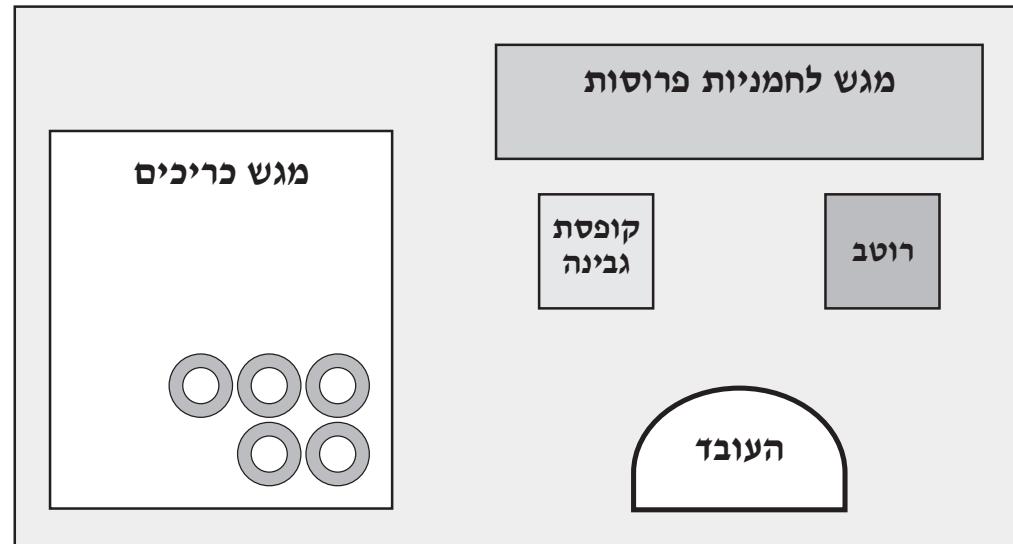
**נדגמים תרשימים פועלות ידדים על תהליך עבودת הבנת כריך טוסט במסעדה "טוסט באהבה":**  
**התהליך הנ查ך -** עבודת הבנת כריך בסיסי במטבח המסעדה המשמש להכנת טוסט. הכריך הבסיסי משמש כבסיס לכל הטוסטים הנמקרים בבית העסק.

תרשימים פועלות ידדים להכנת הכריכים מצב קיים (תהליך הנוכחי) מתואר בתרשימים המצורף:

תרשימים פועלה יד ימין - יד שמאל	תהליך מוצע	תהליך הנוכחי	מס' 1	דף מס' 1	מtower 5
(X)	()				
שם הארגון: <b>606 נאפה</b>	שם העובד: <b>צירטום נס נאפה</b>	שם המחלקה: <b>ףאמבי אונאה</b>			
תהליך העבודה: <b>פכני כין אוחזין פלאוף</b>	התחלת התהליך: <b>פאלט ו צאנלט אוחזין פלאוף</b>	גמר התהליך: <b>פוחם כין אונן פאלט כליים</b>			
תאריך ביצוע החקירה: <b>2.1.2004</b>	מבצע החקירה: <b>תיאח קקי</b>	ממצאו החקירה: <b>סח"ב</b>	סח"ב	סח"ב	סח"ב
<b>יד שמאל</b>					<b>יד ימין</b>
<b>גלאוף</b>	X		1	X	
<b>גלאוף</b>	X		2	X	
<b>גלאוף</b>	X		3	X	
<b>גלאוף</b>	X		4	X	
<b>גלאוף</b>	X		5	X	
<b>גלאוף</b>	X		6	X	
<b>גלאוף</b>	X		7	X	
<b>גלאוף</b>	X		8	X	
<b>גלאוף</b>	X		9	X	
<b>גלאוף</b>	X		10	X	
<b>גלאוף צאנלט אוחזין</b>	X		11	X	
<b>גלאוף צאנלט אוחזין</b>	X		12	X	
<b>גלאוף צאנלט אוחזין</b>	X		13	X	
<b>גלאוף</b>	X		14	X	
<b>גלאוף</b>	X		15	X	
					<b>גלאוף אונאה</b>

תדרשים פועלה יד ימין - יד שמאל		תהליך מוצع	תהליך נוכחי	מס' 1	דף מס' 9	מתוך 9
		תהליך ○ X	תהליך ○ X			
<b>סימנים</b>						שם הארגון: <b>6016 גנטוגנזה</b>
הפרש	מורכעת	מורכחת	NORMAL			שם המחלקה: <b>ליגיון אוניברסיטת גנטוגנזה</b>
זמן	זמן	זמן	NORMAL			טליל העובדה: <b>פְּרַטְרָקָטָה אַזְמָעִית פָּלָסָה</b>
פעולות						התחלת התהליך: <b>פְּרַטְרָקָטָה אַזְמָעִית פָּלָסָה</b>
הערות						גמר התהליך: <b>פְּרַטְרָקָטָה אַזְמָעִית פָּלָסָה</b>
השויות						
אחיזה						
סה"ב						
						תאריך ביצוע הבדיקה: <b>9.1.2004</b>
						מבצע הבדיקה: <b>ח"ו נח קרי</b>
<b>יד שמאל</b>						<b>יד ימין</b>
גנטוגנזה		X		16	X	<b>לינא אנטרואטיל איסוליאט</b>
גנטוגנזה		X		17	X	<b>גנטוגנזה אנטרואטיל איסוליאט</b>
סוקסיל גנטוגנזה		X		18	X	<b>אנטיגן סוקסיל גנטוגנזה איסוליאט</b>
סוקסיל גנטוגנזה		X		19	X	<b>גנטוגנזה אנטרואטיל איסוליאט</b>
סוקסיל גנטוגנזה		X		20	X	<b>אנטיגן סוקסיל גנטוגנזה איסוליאט</b>
גנטוגנזה		X		21	X	<b>גנטוגנזה אנטרואטיל איסוליאט</b>
גנטוגנזה		X		22	X	<b>גנטוגנזה אנטרואטיל איסוליאט</b>
גנטוגנזה		X		23	X	<b>גנטוגנזה אנטרואטיל איסוליאט</b>
גנטוגנזה		X		24	X	<b>גנטוגנזה אנטרואטיל איסוליאט</b>
גנטוגנזה		X		25	X	<b>גנטוגנזה אנטרואטיל איסוליאט</b>
גנטוגנזה		X		26	X	<b>גנטוגנזה אנטרואטיל איסוליאט</b>
סולפומיל גנטוגנזה ו-סולפומיל גנטוגנזה	X			27	X	<b>גנטוגנזה</b>
סולפומיל גנטוגנזה ו-סולפומיל גנטוגנזה	X			28	X	<b>גנטוגנזה</b>
גנטוגנזה ו-סולפומיל גנטוגנזה	X			29	X	<b>גנטוגנזה</b>

### תרשים מקום העבודה - מצב קיים



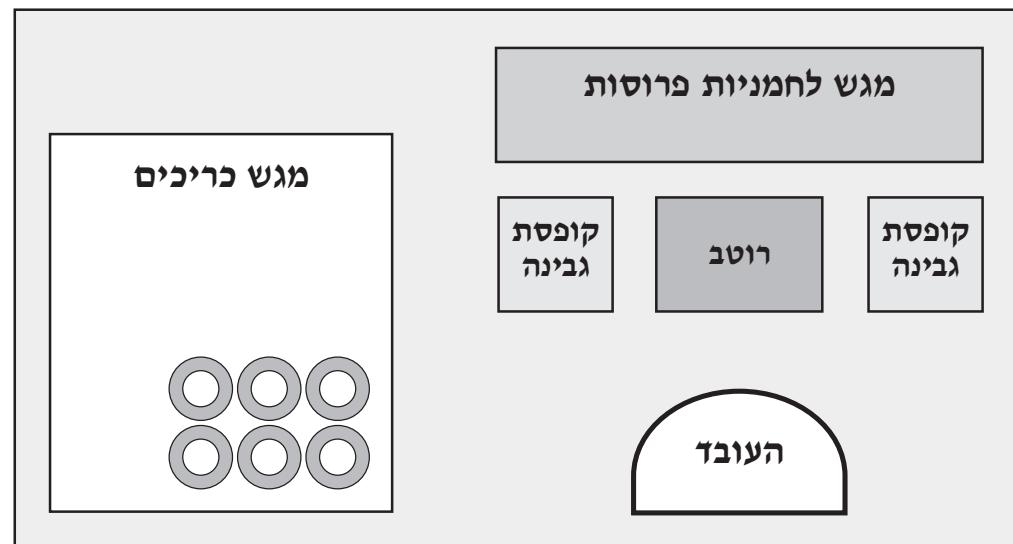
סיכום תהליך העבודה המתואר בתרשימים עבודת הידיים:  
עבודת הידיים לא מאוזנת; רוב העבודה ממוצעת בעורת יד ימין. יד שמאל רוב הזמן בבטלה (המתנה).  
במהלך התהליך מבוצעות 58 פעולות (בשתי הידיים יחד).

### המצב המוצע:

הכנת שני טוסטים בעורת שתי הידיים במקביל, לצורך שיפור זה נדרש להתאים את סביבת העבודה ע"י הנחת שתי קופסאות גבינה, שתי מצקות והגדלת קערת הרוטב.  
ביטול פעולות האחיזה של יד שמאל, פעולות האחיזה מיותרות וביטולן אינו פוגם בכרייך (פעולות: 11,12,13,18,19,20).  
יד שמאל תבצע פעולות דומות לידו ימין.

תאורו המצב המוצע:

### תרשים מקום העבודה - מצב מוצע



תרשימים פועלות ידיהם מצב מוצע מהתואר בתרשימים המצורף:

תרשימים פועלה יד ימין - יד שמאל				
תהליך מוצע			תהליך נוכחי	מס' 1
מס' 1			תהליך מוצע	מס' 1
<b>סיבום</b>				שם הארגון: <b>וילג גאנפה</b>
הפרש	מוצעת	nocheit	השיטה	שם העובד: <b>זיגי גאנפה</b>
מס' זמן	מס' זמן	מס' זמן		שם המחלקה: <b>לינה אונפה</b>
13 2 15 16	9 14	9 14	פעולות	תהליכי העבודה: <b>פכאי כיריך אונפה פלאס</b>
			הערות	התחלת התהליכי: <b>וואליג זילג אונפה הונפה פלאס</b>
-20 -3 0 0	20 3	20 3	השווות	גמר התהליכי: <b>פכאי כיריך אונפה נאלה כיליכיאן</b>
-6 0 0 0	6 0	6 0	אחיזה	תאריך ביצוע החקור: <b>2.1.2004</b>
	29 29	29 29	סה"כ	מבצע החקור: <b>חנן חקירה</b>
<b>יד שמאל</b>				
	אחור	לateral	לateral	אחור
	○	⇒	▷	▽
<b>יד ימין</b>				
	אחור	לateral	לateral	אחור
	○	⇒	▷	▽
<b>וואליג זילג אונפה הונפה פלאס</b>				
X			1	X
			2	X
			3	X
X			4	X
X			5	X
			6	X
X			7	X
			8	X
X			9	X
			10	X
X			11	X
			12	X
X			13	X
			14	X
X			15	X
<b>רפלט אונפה</b>				

תירושים פועלה יד ימין - יד שמאל		תהליך מוצע	תהליך נוכחי
מס' 1	ד"מ מס' 9	מס' 9	מתוך 9
<b>סִכּוֹם</b>			שם הארגון: <b>6056 נסנאכה</b>
הפרש	מצעת	nocheit	שם המחלקה: <b>ללא נסנאכה</b>
שם	זמן	שם	שם העובד: <b>גורי סולמן</b>
פעולות	הערות	השיהות	תהליך העבודה: <b>אכני כיריך אוחזין פלאט</b>
		אהיזה	התחלת התהליך: <b>גאלריך זאנלן פוחזין פליאסם</b>
		סה"כ	גמר התהליך: <b>גורי כיריך אוכן נאנלן כריכים</b>
		מבצע החקירה: <b>חייאן חקי</b>	תאריך ביצוע החקירה: <b>9.4.2004</b>
<b>יד שמאל</b>		<b>יד ימין</b>	
X		X	X
<b>אנטנס רגולעט</b>		<b>16</b>	
<b>גלארי אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>17</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>18</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>19</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>20</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>21</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>22</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>23</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>24</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>25</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>26</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>27</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>28</b>
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		X
<b>אנטנס גלייזר אנטנס רגולעט</b>	X		<b>29</b>

סיכום תוצאות השיפור:

מצב מוצע - השיפור המוצע				מצב קיים - לפני השיפור			
מספר פעולות למוצר	מספר המוצרים המיוצרים בתהילך	מספר פעולות מבוצעות	מספר פעולות למוצר	מספר המוצרים המיוצרים בתהילך	מספר פעולות המיוצרים בתהילך	מספר פעולות מבוצעות	
$\frac{58}{2} = 29$	2	58	$\frac{58}{1} = 58$	1		58	

כתוצאה מהשיפור מספר הפעולות נשאר קבוע, אך מספר המוצרים המיוצרים גדל פי 2.

נחשב את אחוז השיפור:

$$I = \frac{58 - 29}{58} \times 100 = 50\%$$

סיכום התוצאות: כתוצאה מהשקרה כלכלית מזערית בצד מוצע שיפור של 50% במספר הפעולות הדרשות להכנת כרייך טוסט, המאמץ המשקע ע"י העובד גדול בתמורה לכך ניתן להגדיל את תוספות המנוחה של העובד ולהעניק לו תמריצים כלכליים או אחרים.

### אפקטיביות השיפור

לצורך בחינת הצעות השיפור נדרש להציג תחילת מדדים שבעזרתם נוכל לבצע השוואה בין המצב הנוכחי לבין המוצע ולבחון האם יודי השיפור הושג? האם יש עוד מקום לשיפור בתהילך בעבודה?

מדדים שבהם ניתן להשתמש הם: זמן המחזור, עלות ייצור המוצר, מידת האיזון בין עומסי העובדים המשתתפים בתהילך העבודה, נצילות המכונות, יעילות הביצוע וכו'.

## פרק 3

### מדידת עבודה

#### משתנים המופיעים בפרק

הסמל (רגיל)	המשתנה	הסמל (רגיל)	המשתנה
j	זמן יסוד לאלמנט	n	מספר המדידות שבוצעו
J	זמן יסוד למוצר/מחוזר	X	ערך המדידה במדגם
z	זמן מוקצב לאלמנט	$\bar{X}$	ממוצע המדגם
Z	זמן מוקצב למוצר	U.C.L	גבול בקרה עליון
a + b	תוספות אי רציפות	L.C.L	גבול בקרה תחתון
a	תוספות אישיות ותב"ז	tm	זמן מדוד
b	תוספות מנוחה	K	רמת אמינות
N	מספר מדידות נדרש	R	קצב
r	אי דיווק	L	זמן מתוקן
$\sigma$	סטיתת תקן	F	תדריות
S	מיומנות הביצוע	V	מהירות הביצוע
Q	היקף הייצור / תפוקה		

#### 3.1 התפתחות הטכניקה ומטרותיה

מאז ימי קדם בוחן האדם את העמידה במונחי זמן במטרה לשפר את יכולת השתלבותו בסביבה שבה הוא חי, עם תחילת התפתחותם של כלי מדידת הזמן יכול האדם לתקן את חייו בצורה טובה יותר, ככל שהתפתחו כל מדידת הזמן והתפתחה טכניקה של מדידת העבודה במונחי זמן רבו המשימות שתוכננו בהתאם להם.

במצרים הקדומים נראו לבחון התקדמות עבודה בעקבות מיקומה של השימוש בשמיים ובאזור שעוני שימוש. בדינונים ביון נראו לקצוב את זמני הדומרים בהתאם לשעונימים. בתקופות מאוחרות יותר השתמשו בשעוני נר. בצרפת בשנת 960 לספרירה המציא הנזיר שרבה את השעון המכני הראשון ותרם לתוכנו סדר היום של הנזירים בביצוע מטלות המנזר (ניקיון, תפילה).

בשנת 1504 בגרמניה המציא פטר הנlein את שעון הקפיז, בשנת 1578 המציא גלילאו גלילי את שעון המטוטלת. המצאות אלו תרמו תרומה משמעותית לדיקת מדיית הזמן ופתחו את הפתח למדידה מדעית ולתכנון תהליכי עבודה.

בשנת 1760 הצרפתי פרונט (PERRONET) ערך מדידות זמן לא מדוקקות לתכנון בניית מנזרים.

בשנת 1776 בעקבות המהפכה התעשייתית אdam סמית (Adam Smith) קובע את עקרון חלוקת העבודה לחקלים קטנים הניטנים לבחינה ומדידה - אלמנטים, המהווים בסיס למחקר זמן גם ביום.

בשנת 1832 מפרסם צ'ארלס בbag (Charles Babbag) פרופסור למתמטיקה באוניברסיטת קיימברידג' באנגליה את ספרו: "One the Economy of Machinery and Manufacturers"

בין השנים 1940-1900 פעלו מספר חוקרים לפיתוח תחום ניתוח העבודה:  
**פרידריך וו טילור (Frederic W. Taylor)** מפרסם מאמר מדעי בנושא: שיפור שיטות עבודה, מתן שכר לפי תפוקה, קביעת תקני עבודה והדרכת העובדים.

ماוחר יותר מפרסם טילור את ספרו - "The Principles of Scientific Management", ספר חלוצי בתחום מדידת עבודה וניתוחה הנושאים שפיתח טילור:  
פיתוח מדעי של שיטות עבודה, התאמת העובדים לתפקידם, חלוקת עבודה בין הדרוג הניהולי לדרג המկצועי, ניהול עבודה מקצועי, פיתוח מנהלים, דרכי להגדלת התפוקה, איסוף מידע וניתוח תהליכי עבודה, שכר עידוד - קביעת יחס בין המאמץ המושך ע"י העובד לבין שכרו, תכנון תהליכי עבודה, הערכת ביצועי עובדים, אימון והדרכת עובדים והגמרת הפריון.

#### **לייליאן ופרנק גילברט (Lillian & Frank Gilbreth)**

חקרו נושאים רבים בתחום העבודה:  
חלוקת העבודה לאלמנטים בסיסיים וניתוח כל אחד מהאלמנטים, מצומם המאמץ הדרוש לביצוע העבודה והקטנת עייפות העובדים, קביעת שיטת העבודה הטובה ביותר, פיתוח סביבה ארגונית בארגוני הייצור והשירות.  
בשנת 1912 פיתח פרנק גילברט שיטה לקביעת זמני תקן בעזרת טבלאות זמנים של תנויות בסיסיות המבוצעות ע"י העובדים.

#### **הנרי גאנט (Henry Gantt)**

אחד מעובדיו ותלמידיו של טילור. ממשיך את דרכו בנושאים של אימון והכשרת עובדים וניהול משימות על פני זמן. גאנט המציא כלי לניהול משימות על פני לוח זמני המשמש עד היום ומוכר בשם תרשימים גאנט.

כיום מדידת עבודה נחשבת בתחום אקדמי כחלק מלימודי הניהול והתעשייה בפקולטות השונות.

**מדידת עבודה** - שיטה שבעזרתה מחשבים את הזמן הדרוש לביצוע פעולות עבודה מוגדרת על ידי חלוקת העבודה לפעולות הניטנות למדידה ולניתוח לצורך שימוש יעיל במשאבי הארגון.



## **תרומה של מדידת העבודה לארגון**

- א. קביעת זמן תקן לביצוע המוצר - בעזרת זמן זה ניתן לתכנן את זמני הייצור, זמני האספקה, יעילות העובדים וכו'.
- ב. הגדלת התחרותיות במקע ע"י ניתוח מדויק של העליות והתחייבויות ריאליות למועד האספקה של המוצרים.
- ג. הפעלת שיטות שכר עידוד אשר מעודדות את העובד לביצוע העבודה בייעילות גבוהה יותר ומעודדת יצירת אוירה של היגיון ותחרותיות בין העובדים ומאפשרת לעבוד להגדיל את שכרו ולשפר את רמת החיים שלו ושל משפחתו.
- ד. תוכנים כלכליים ותמיראים.
- ה. התאמת דרישות התפקיד לעובד המבצע - התאמה זו תורמת לאיכות הביצוע ולמידת שביעות רצונות של העובד.
- ו. שיפור שיטות העבודה לצורך חסכו בזמן, הגדלת התפקודה וכו'.
- ז. קביעת מספר העובדים הדרוש לביצוע משימות העבודה - תקן כ"א.
- ח. ביצוע חלוקה מקצועית ומאוזנת של משימות העבודה בין העובדים.

## **עקרונות לניטוח שיטת העבודה**

לצורך בחינת תהליך העבודה אנו נדרשים לאסוף מידע על העבודה שאינה מעוניינית לבחון ולכמת (כמota) את המידע שנאסר (כגון: זמני ביצוע, כמות, מספר פעולות) המועד להשוואה ולניטוח לצורך שיפור תהליכי העבודה הנחקרים.

### **לפני ביצוע המדידה נדרש לשים לב במספר נושאים חשובים:**

חקר העבודה יבוצע לאחר בדיקת תהליכי העבודה ומציאת שיטת העבודה הטובה ביותר בנסיבות הקיימות.

האוירה הבין אישית הנדרשת בארגון היא אוירה חיובית ובulant אמון הדדי. כאשר כל הגורמים בארגון מעוניינים ביצוע מדידת הזמן ובקביעת תקן הזמן: חוקר הזמן, הנהלה, ועד העובדים, מנהלי העבודה והעובדים. נדרש לבדוק האם כל הגורמים מסכימים עם ביצוע חקר הזמן ומועדכנים בפרטים השונים. נדרש לוודא כי חקר העבודה אינו פוגע בביטחונות העובדים, בתקינות המכונות ובאיכות המוצרים במהלך החקירה.

בנוסף נדרש לאתר את העובדים שעליים יבוצע החקירה; מומלץ לבחור עובדים ממוצעים, מקצועיים ומיומנים, המקובלים על הנהלה והעובדים כעובדים מייצגים.

### **בחירה שיטת ביצוע החקירה:**

לצורך ביצוע מדידת העבודה נדרש לבחור תחיליה את השיטה שבעזרתה נבוצע את המדידה. קיימות מספר שיטות אפשריות, התלוויות בתהליכי העבודה הנבדק כגון: מידת מרכיבתו של תהליכי העבודה, מידת הדיקוק או הפרוט הדרוש לחקר, משך זמן ביצוע החקירה, מספר ותדירותן של הפעולות המרכיבות את החקירה, מידת שוננותו של תהליכי העבודה מתהליכי עבודה אחרים וגודל התקציב המוצע לביצוע החקירה.

## 3.2 אמצעי המדידה

**כלי עזר לביצוע החקר - אמצעי ציוד ומדידה:**



תמונה 3.1

**שעון עצר** - סטופר (תמונה 3.1) - שעון מדידה בעל דיקוק גבוה המשמש למדידת אירועים שבהם נדרש למדוד זמנים הקטנים משנהו.



תמונה 3.2

**מצלמות המצוידות בשעון מדידה** (תמונה 3.2) - מצלמות המתעדות את תהליך העבודה של העובדים ואת זמני הביצוע, בפינת המסך מופיע שעון מדידה המראה את זמני הביצוע במקביל להתרחשות האירועים בסרט.



תמונה 3.3

**מחשבון מדידה** - מחשבון שבו מותקנת תוכנות מקצועיות המותאמות לביצוע מדידת הזמן ואיסוף הנתונים (תמונה 3.3)

**טפסים וטבלאות רישום** - טבלאות ריקות המותאמות לביצוע חקר זמן.

**לוח רישום** - הכולל שעוניים ולוחות לרישום וסימון המדידה.

## 3.3 מדידה ישירה של זמני העבודה

**קיימות שתי שיטות לביצוע חקר זמן ישירות:**

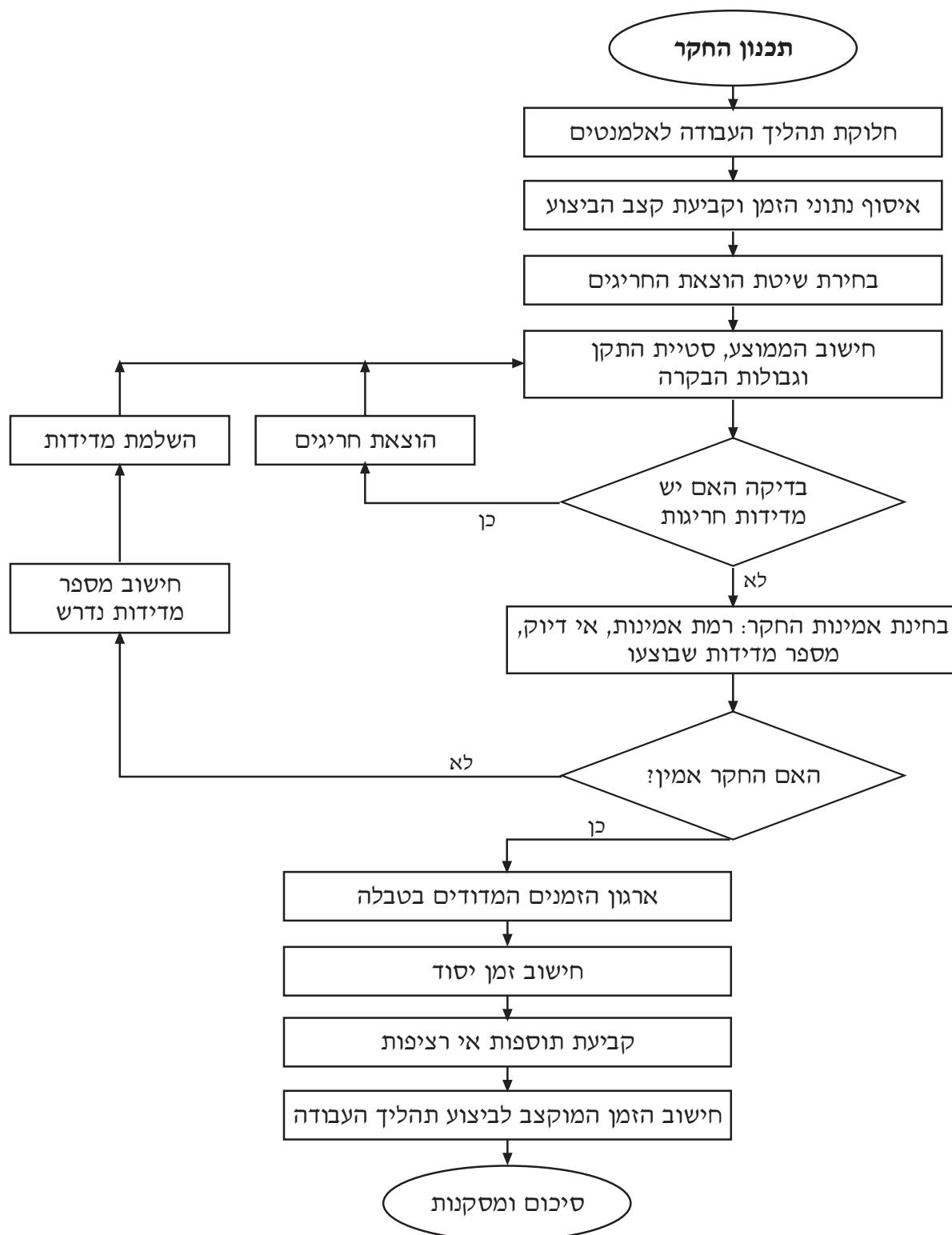
- חker זמן מחזורי - המועד לקביעת תקן זמן עבור עבודה המבוצעת בצורה מחזורית.
- חker זמן לא מחזורי - המועד לקביעת תקן זמן עבור עבודה המבוצעת בצורה לא מחזורית.

### חker זמן מחזורי

חker זמן מחזורי מועד לקביעת תקן זמן לעובדה המבוצעת בצורה מחזורית. הפעולות הדרושות לביצוע תהליכי העבודה חוזרות על עצמן בכל תהליך בצורה מחזורית, סדר הפעולות קבוע, הפעולות צפויות וידועות מראש.

שלבי ביצוע חקר הזמן מתוארים בתרשים הזרימה:

### תרשים זרימה לחישוב זמן מוקצב לתהליך מחזורי



## תכנון חקר

הכנות לביצוע חקר העבודה:

1. לפני תחילת ביצוע המחקר על חוקר הזמן לקבע בצורה ברורה מהו תהליך העבודה הנחקר? ומהו התוצר של תהליך זה (וראו להזכיר כי ניתן לבצע חקר על חלק מהתהליך ביצוע של מוצר או שירות)?
2. הגדרת תחום התהליך הנחקר ע"י הגדרת הפעולה הראשונה והפעולה الأخيرة.
3. איסוף נתונים כלילים לגבי התהליך הנחקר - סוג העבודה, תנאי הסביבה, אופן הביצוע וכו'.
4. קביעת מועד ביצוע המחקר - מומלץ לקבוע מועדים נוחים שבו העובדים עוסקים בצורה נורמללית ככל האפשר, לא מומלץ לבצע את המחקר בתחילת או בסיום יום העבודה או בקרבת זמן להפסקות.
5. בחירת העובד / העובדים שעיליהם יבוצע המחקר - מומלץ לבחור עובדים המיעיצנים אופן ביצוע ממוצע, חשוב כי בחירת העובד הנחקר תהיה מקובלת על הנהלה והעובדים ייחד.
6. קביעת המדדים הסטטיסטיים עבור המחקר: קביעת מספר המדידות ההתחלתיות שיבוצעו, קביעת רמת האמינות וαι הדיקוק הרצויים.
7. הכנות הכלים הדרושים לביצוע המחקר: הכנות אמצעי המדידה המתאים ודפי רישום.

### חלוקת תהליך העבודה לאלמנטים

לאחר החלטה שהמחקר יבוצע בשיטת חקר זמן מחזורי נחלק את העבודה לפעולות קטנות (מומלץ מעל 6 מאיות דקה) **נקראות אלמנטים**. בחירת האלמנטים נדרש לבחון שככל אלמנט מהוועה פועלה שלמה הניתנת לזיהוי ומדידה. לכל אלמנט יהיה שם זיהוי אשר יגדיר את האלמנט. בד"כ יקרה על שם הפעולה המבוצעת באלמנט.

לצורך דיקוק המחקר נסוגו את האלמנטים ל豁ומות: אלמנטים חיוניים לתהליכי העבודה ואלה הלא חיוניים, אלמנטים מחזוריים ולא מחזוריים, אלמנטים המבוצעים בידי אדם, אלמנטים המבוצעים ע"י המכונה, אלמנטים קבועים ומשתנים, אלמנטים קלילים וקשיים וכו'.

### %;">חידות המדידה

בשלב הבא נמדד אט זמני ביצוע האלמנטים לצורך מציאת זמן ביצוע ממוצע של כל אחד מהאלמנטים בתהליכי העבודה הנבדק. הזמנים שבהם משתמשים בחקר זמן הם בד"כ מאיות דקה (מ.ד), שניות ודקות, היחס בין יחידות המדידה:

$$1 \text{ דקה} = 60 \text{ שניות} = 100 \text{ מאיות דקה (מ.ד)}$$

### דרישות סטטיסטיות לאמינות ודיוק מדידת הזמן

לצורך מציאת זמן הביצוע הממוצע של האלמנט אנו נדרשים לחת מספר רב של מדידות (מומלץ 25 מדידות ומעלה) על מנת שנוכל למצוא מודגם המייצג את זמני הביצוע של האלמנט הנבדק. בשלב מאוחר יותר נוכל לנתח את נתוני המודגם לצורך חישוב זמן ממוצע מייצג לפועלה.

### תוכנות המדגים:

חשוב שהמודגמים יהיה אكري - מומלץ לבצע את המדידה במועדים שונים.

גודל המדגים: רצוי שגודל המדגם יהיה מספיק גדול (מעל 25 מדידות) על מנת שיוכל לייצג בצורה נאמנה את משך הביצוע האמתי של האלמנט הנבדק.

### **חקר זמן מחזורי מתאים לבחינת תהליכי עבודה העוניים על הנושאים הבאים:**

- א. קיימת מחזוריות גבואה יחסית לביצוע האלמנטים - העבודה חוזרת על עצמה בסדר ביצוע קבוע וידוע מראש.
- ב. במהלך החקר נבחן מספר קטן של עובדים, בד"כ בין עובד לשולשה עובדים.
- ג. משך זמן החקר בד"כ גבואה והארגון מוכן להשקייע בעלוויות הנובעות מביצוע החקר.
- ד. ניתן לחלק את העבודה לפעולות קטנות וברורות (בעלות התחלת וסיום מוגדרים) הנקראות אלמנטים.
- ה. קיימים חוקרים זמן מיומן ומקצועי.
- ו. קיימת הסכמה בין הגורמים השונים בארגון - הנהלה, העובדים וחוקר הזמן על ביצוע תקן הזמן.
- ז. הארגון מעוניין בಗמישות תקן הזמן לשינויים עתידיים בתהליכי העבודה.

### **מדידת זמני הביצוע בשיטת ההחזר ובשיטת הרציפה**

קיימות מספר שיטות לצורך איסוף הנתונים ומדידת זמני האלמנטים:

#### **א. מדידה בהחזר**

לאחר מדידת כל אלמנט מפעםים את שעון העובר ומודדים שוב כשהזמן בשעון מראה על אפס. התוצאה המתתקבלת מהשעון, היא משך הביצוע של האלמנט.

נדגים בעזרת תהליכי עבודה קצר על העובד יצור: תהליך עבודה כוללפתית ארց רכיבים, הנחתם על השולחן ובדיקתם. לצורך מדידת האלמנטים חולקה העבודה לאربعة אלמנטים:

אלמנט א' - העובד פותח את ארց הרכיבים.

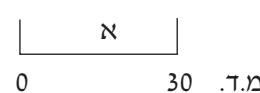
אלמנט ב' - העובד מוציא את הרכיבים מהארצ ומניחם על שולחן העבודה.

אלמנט ג' - העובד מודק את תקינות כל אחד מהרכיבים.

אלמנט ד' - העובד מכניס מוצר תקין לארצ מוצריים תקינים.

לדוגמה: נמדדה פעולת פתיתת ארց של העובד (מתואר באירור 3.4 כאלמנט א'). בתחילת הוחלט לבצע את המדידה ביחידות זמן של מאירות הדקה ומצע איפוס של שעון המדידה לפני תחילת ביצוע האלמנט. המדידה החלת בתחילת פעולה העובד ונמשכה עד לסיום פעולה פתיתת הארץ. משך הזמן עבר מרגע תחילת הפעולה ועד לסיומה, כפי שנראה בשעון המדידה הוא זמן האלמנט.

התרשימים מתאר את מדידת אלמנט א' - פתיתת הארץ במדידה הראשונה:



איור 3.4

לאחר מכון נאפס שוב את שעון המידידה ונמדדוד שוב את פעולות פתיחת הארגז:



אנו רואים בדוגמה כי במדידה הראשונה (איור 3.4) שבוצעה נמדדוד 30 מאות הדקה מרוגע תחילת ביצוע האלמנט ועד לסיום פתיחת הארגז. במדידה שנייה (איור 3.5) אנו רואים כי משך זמן ממשך זמן ביצוע האלמנט הינו 32 מאות הדקה.

בשלב הבא נחזור על פעולה זו מספר פעמים (מומלץ לפחות 25 דוגמאות) על מנת למצוא מספר רב של תוצאות מדידה לאלמנט הנבדק, במטרה למצוא מבחן מייצג עבור משך הזמן הדרוש לביצוע הפעולה.

בצורה דומה נחזור על פעולה זו גם לאלמנטים ב', ג' ו-ד'.

#### ב. מדידה רציפה

זהרי מדידה שבה מפעילים את שעון המדידה בתחלת העבודה הנבדקת ומסמנים בלוח הרישום את זמן משך סיום הפעולה, תוך כדי המדידה הזמן. ב"כ קיימת אפשרות בשעון העצר לבצע עצירה זמנית של המדידה לצורך רישום התוצאה ובמקביל ממשיך שעון המדידה למדוד את הזמן (בדומה למדידת ריצה בתחרויות ספורט).

תוצאת המדידה מחושבת בחישוב מתמטי ע"י ההפחתת זמן סיום המדידה מזמן סיום הפעולה שלפניה (או זמן תחילת ביצוע הפעולה).

התרשים מתאר את תהליך המדידה של העובד בדוגמה הקודמת:



לצורך מציאת משך זמן ביצוע אלמנט א' (פתיחה אריג הרכיבים) נפחית את זמן תחילת האלמנט מזמן סיום האלמנט (ראה איור 3.6).

משך זמן ביצוע אלמנט א' - מ.ד  $30 = 0 - 30$  (במקרה זה אין אלמנטים קודמים ולכן הזמן שווה ל-0)

משך זמן ביצוע אלמנט ב' - מ.ד  $15 = 45 - 30$

משך זמן ביצוע אלמנט ג' - מ.ד  $25 = 70 - 45$

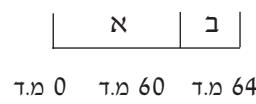
משך זמן ביצוע אלמנט ד' - מ.ד  $8 = 78 - 70$

לאחר מכון נבצע חזרה על פעולות המדידה והחישוב בצורה דומה מספר פעמים על מנת למצוא מבחן מייצג של זמן ביצוע לאלמנט.

בצורה דומה נחזור על פעולה זו גם לאלמנטים ב', ג' ו-ד'.

#### ג. מדידה דיפרנציאלית

מדידה דיפרנציאלית מתאימה במצב שבו קיים אלמנט קצר הקשה למדידה (ב"כ כטון מ-6 מאות הדקה). במצב זה נמדד את זמן הביצוע האלמנט עם האלמנט שלפניו או עם האלמנט שאחורי וכאן נמדד את משך האלמנט הארוך מבין השנאים. ההפרש בין מדידת שני האלמנטים יחד לבין האלמנט הארוך (ראה איור 3.7) - חישוב משך זמן הביצוע אלמנט ב'.



איור 3.7

לחישוב זמן הביצוע של אלמנט ב' (האלמנט קצר) נמדד את משך הזמן הדרוש לשתי הפעולות יחד (64) ואת משך הזמן הדרוש לביצוע פעולה א' בלבד (60), נפחית מסה"כ הזמן הדרוש לשתי הפעולות את משך הזמן לביצוע פעולה א', התוצאה תהיה זמן הביצוע של פעולה ב'.

$$\text{משך זמן הביצוע לאלמנט ב'} = \text{משך דקה} 4 = 64 - 60$$

#### ניתוח הנתונים שנאספו במדידת הזמן

לאחר ביצוע המדידות נבצע ניתוח הנתונים שנאספו ונמצא זמן ממוצע המיצג את הערכים שנמדדוו. זמן זה נקרא זמן ממוצע או רגיל ומסומן כ-  $\bar{X}$ .

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

חישוב הזמן הממוצע יבוצע ע"י הנוסחה:

- ח - מבטא את מספר המדידות שנלקחו בדוגמא הזמן שבוצע.
- Xi - מבטא את ערכי המדידות של האלמנט שהתקבלו במהלך מדידת הזמן.
- X - מבטא את הזמן הממוצע של ביצוע האלמנט.

**זמן רגיל / זמן ממוצע** - הזמן הממוצע הדרוש לעובד כדי להשלים את ביצוע האלמנט המבוצע בקצב רגיל, בתנאים תקניים ולא התחשבות בהפרעות בתהליך העבודה או בעויפות העובד.



קיימות מדידות אשר אין מייצגות בצורה טובה את זמן הביצוע הממוצע; (מדידות שבהן הזמן שנמדד גבוה או נמוך מהממוצע במידה רבה), וגורמות להטעית המדידה ולסילוף זמן הביצוע האמיתי. מדידות אשר אין מייצגות נכונה את משך הזמן הממוצע לביצוע האלמנטanno קוראים **מדידות חריגות**.

**מדידה חריגה** - מדידות אשר אינן מייצגות את משך הזמן הממוצע הדרוש לביצוע האלמנט בהתאם לדרישות החקר.



מטרת חוקר הזמן בשלב זה היא לאתר את המדידות החריגות ולהוציאן ממדגם הזמן. לאחר איתורן יבוטלו המדידות החריגות ויעודכן הזמן הממוצע.

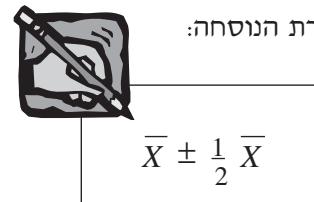
### הוצאת המדידות החריגות ממדגם המדידות שבוצעו

הוצאת החריגים מבוצעת ע"י חישוב תחומי הערכים שאוטם נקבעים תקניים ואת תחומי הערכים שאוטם נקבע כערכים חריגים (מדידות חריגות).

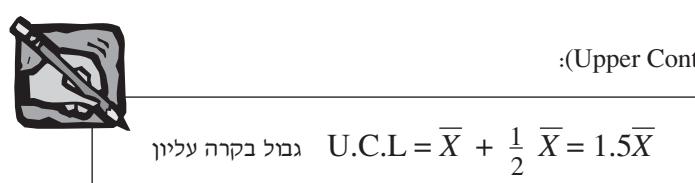
**קיימות שתי שיטות להוצאת המדידות החריגות:**

#### A. שיטת הקירוב

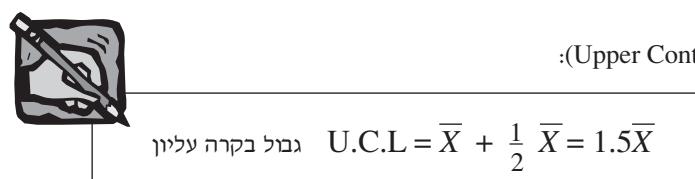
שיטת הקירוב מבחנת את קרובת הערכים לערך הממוצע, ערכים הקרובים לממוצע בתחום של כ- $\pm 50\%$  נחשבים כערכים תקניים לצורך חישוב מדידת הזמן, סטייה הגדולה מ-50% מהממוצע נחשבת כסטייה חריגה ולכן נדרש להתייחס למדידה כמדידה חריגה ולהשניתה מהמחקר שבוצע.



תחום הקבלה על פי שיטת הקירוב ממוטא בעזרת הנוסחה:



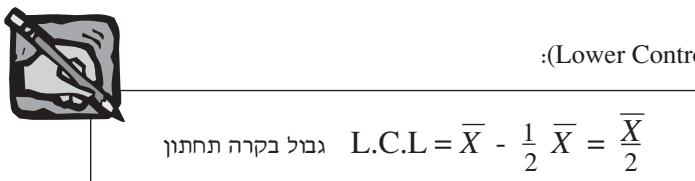
נחשב את גבולות הבקרה על פי שיטת הקירוב:



גבול הבקרה העליון (Upper Control Limit):

$$\text{גבול בקרה עליון} \quad U.C.L = \bar{X} + \frac{1}{2} \bar{X} = 1.5\bar{X}$$

גבול הבקרה העליון - מהוות את הגבול שכל מדידה הגבוהה או שווה לנקודה זו תוגדר כמדידה חריגה.



גבול הבקרה תחתון (Lower Control Limit):

$$\text{גבול בקרה תחתון} \quad L.C.L = \bar{X} - \frac{1}{2} \bar{X} = \frac{\bar{X}}{2}$$

גבול הבקרה תחתון - מהוות את הגבול שכל מדידה הנמוכה או שווה לנקודה זו תוגדר כמדידה חריגה.

$$\frac{\bar{X}}{2} < X_i < 1.5\bar{X}$$

$$X \leq \frac{\bar{X}}{2}, X \geq 1.5\bar{X}$$

התחומים שחוسبו מסייעים בידינו לאתר את המדידות חריגות במטרה לשימוש מהחקר.

ניתן להציב את נתוני המדידה בתרשים בקרה להוצאת חריגים (ראה איור 4.6).

תרשים בקרה להוצאת חריגים:



איור 4.6

המדידות הנמצאות בתחום הקבלה בין גבולות הבקרה (לא כולל הגבול) נקראות מדידות תקינות. המדידות הנמצאות מחוץ לגבולות הבקרה (כולל גבול הבקרה) נחשבות כמדידות חריגות אשר אינן מבטאות בצורה טובה את הזמן שנמדד (מצויינות בתרשים בתחום חריג).

#### דוגמה להוצאת חריגים בשיטת הקירוב:

נדגים את תהליך הוצאת חריגים על פועלות הדבקת מדבקת פרטיו מוצר על ארוג מוצרים המיועד למשלו, לשם פישוט הדוגמה נמדד עשר מדידות בלבד, תוצאות המדידות בטבלה:

מספר מדידה	משך זמן ביצוע האלמנט (במ.ד)
10	32
9	34
8	30
7	14
6	32
5	29
4	28
3	34
2	35
1	30

נחשב תחילה את ממוצע משך הזמן הדרוש לביצוע האלמנט:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{n} = \frac{30 + 35 + 34 + 28 + 29 + 32 + 14 + 30 + 34 + 32}{10} = \frac{298}{10} = 29.8$$

מאות דקה

משמעות התוצאה - הזמן הממוצע שלוקח לעובד לבצע הדבקת מדבקה על הארץ הוא 29.8 מאיות הדקה (כ-18 שניות).

נחשב את גבולות הבדיקה:

#### גבול הבדיקה העליון:

$$\text{U.C.L} = \bar{X} + \frac{1}{2} \bar{X} = 1.5\bar{X} = 1.5 \times 29.8 = 44.7 \quad \text{מאיות דקה גמל עליון}$$

מכאן שכל מדידה השווה או גמורה מ-44.7 מאיות הדקה תחשב כמדידה חריגה.

#### גבול הבדיקה התיכון:

$$\text{L.C.L} = \bar{X} - \frac{1}{2} \bar{X} = \frac{\bar{X}}{2} = \frac{29.8}{2} = 14.9 \quad \text{מאיות דקה גמל תיכון}$$

מכאן שכל מדידה השווה או נמוכה מ-14.9 מאיות הדקה תחשב כמדידה חריגה.

נסכם את חישוב גבולות הבדיקה בمسקנה כי כל מדידה שערכי הזמן שנמדדו קטן או שווה ל-14.9 מאיות הדקה או גדול או שווה ל-44.7 מאיות הדקה תחשב כמדידה חריגה אשר תבוטל בהמשך החישובים.

לחילופין כל מדידה אשר משך הזמן שנמדד בה הוא בתחום הקבלה, כלומר בין 14.91 ל-44.69 תחשב כמדידה תקינה ותיקח חלק בחישובים העתידיים של ביצוע מדידת הזמן.

נסכם:

$$14.9 < X < 44.7$$

תחום הקבלה:

$$X \geq 44.7, X \leq 14.9 \quad \text{תחומי הדחיה:}$$

#### תהליך הוצאת החריגים מהמדגם שבוצע

לאחר חישוב גבולות הבדיקה נבחן את נתוני המדידה שנאספו במדגם שנלקח. נבחן לגבי כל מדידה האם היא נמצאת בין גבולות הקבלה (גבולות הבדיקה). במידה וכן תחשב כמדידה תקינה. במידה ולא תחשב כמדידה חריגה:

מספר מדידה	משך זמן ביצוע האלמנט (במ.ד)	בחינת המדידה
10	32	תקינה
9	34	תקינה
8	30	תקינה
7	14	חריגה 14<14.9
6	32	תקינה
5	29	תקינה
4	28	תקינה
3	34	תקינה
2	35	תקינה
1	30	תקינה

אנו רואים כי מדידה מספר 7 הינה מדידה חריגה, במידה זו נמדד זמן הדבקת מדבקה בכ-14 מאיות הדקה - זמן זה נושא מגבול הקבלה התיכון ( $X \leq 14.9$ ).

איתרנו את המדידה החריגה (מדידה מס' 7, משך הזמן שנמדד 14 מאיות הדקה), עכשו נותר להוציא את מדידה זו מהחשבון הזמן הממוצע הדרוש, שכן נשמעת את מדידה 7 (14 מאיות הדקה) מחישוב הממוצע.

לאחר הוצאת המדידה החריגה נותרו לנו הנתונים הבאים:

מספר מדידה	משך זמן ביצוע האלמנט (במ.ד)								
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
32	34	30	חריגה	32	29	28	34	35	30

נחשב ממוצע חדש לאחר הוצאת המדידות החריגות.

חישוב הממוצע החדש לאחר הוצאת המדידות החריגות:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{n} = \frac{30 + 35 + 34 + 28 + 29 + 32 + 30 + 34 + 32}{9} = \frac{284}{9} = 31.55$$

הערה - כדאי לשים לב כי לאחר הוצאת המדידה החריגה מספר המדידות ירד ל-9 מדידות ( $n=9$ ) ולכן בחישוב הממוצע הצבנו את הערך 9 במכנה.

נחשב שוב את גבולות הבקרה לאחר הוצאת המדידה החריגה וחישוב הממוצע:

**גבול הבקרה העליון:**

$$\text{U.C.L} = \bar{X} + \frac{1}{2} \text{SD} = 1.5\bar{X} = 1.5 \times 31.5 = 47.3 \quad \text{מאות דקה} \quad \text{גבול עליון}$$

מכאן שכל מדידה השווה או גבוהה מ-47.3 מאות הדקה תחשב כמדידה חריגה.

**גבול הבקרה התיכון:**

$$\text{L.C.L} = \bar{X} - \frac{1}{2} \text{SD} = \frac{\bar{X}}{2} = \frac{31.5}{2} = 15.7 \quad \text{מאות דקה} \quad \text{גבול תיכון}$$

$$15.7 < X < 47.3$$

תחום הקבלה:

נבדוק שוב האם יש מדידות חריגות במדידות הזמן שבוצעו:

מספר מדידה	משך זמן ביצוע האלמנט (במ.ד)								
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
32	34	30	חריגה	32	29	28	34	35	30

תקינה	תקינה	תקינה	תקינה	תקינה	תקינה	תקינה	תקינה	תקינה	תקינה	תקינה	תקינה	תקינה
בחינת המדידה												

**אין מדידות חריגות!** הסטיים שלב הוצאת החריגים.

- מדידה 7 לא נבחנה - המדידה הוצאה מהמדד בשלב הקודם לאחר איתורה כמדד חריגה, במידה ומוגנות מדידות חריגות נוספות נדרש לחזור על שלב הוצאת החריגים שוב ושוב עד להוצאה כל המדידות החריגות.

#### קביעת הזמן המדווד:

לאחר שנמצאו כל המדידות כמדידות תקינות, נוכל להתחשב בזמן הממוצע שחוسب כזמן ממוצע המייצג בצורה אמינה את מדידות הזמן שבוצעו עבור האלמנט של הדבקת מדבקה על ארוג המוצרים. זמן ממוצע זה לאחר הוצאה החריגים נקרא הזמן המדווד לביצוע הפעולה ומוסמן כ- $\bar{X}$  (קייזר של time), נוכל לרשום:



ללא חריגים  $\bar{X} = tm$  - זמן מדווד

**זמן מדווד / זמן בסיסי** - הזמן הממוצע הדרוש לביצוע האלמנט לאחר הוצאה המדידות החריגות, סימונו ( $tm$ ).



#### תרגיל - הוצאה חריגים בשיטת הקירוב



במחלקת אריזה במפעל מזון נרכשה מדידת עבודה על עובד אריזה המבצע את אריזות המוצרים. האלמנט שנמדד הוא אריזת מוצר בארגז - תיאור האלמנט - העובד לוקח מוצר אחד מהמסוע, מכניס לארוג וסגור את הארוג.

נרככו כ-20 מדידות לאלמנט הנבחן ונמצאו הנתונים הבאים:

מספר מדידה	משך הזמן (בשניות)
20	5
19	7
18	11
17	8
16	7
15	6
14	8
13	7
12	15
11	7
10	6
9	8
8	7
7	6
6	8
5	7
4	8
3	7
2	8
1	6

- חשב מהו הזמן המדווד לאחר הוצאה החריגים?

#### פתרונות תרגיל



מחשב תחיליה את ממוצע נתוני הזמן שנמדדוו:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{20} X_i}{n} = \frac{6+8+7+8+7+8+6+7+8+6+7+15+7+8+6+7+8+11+7+5}{20} = \frac{152}{20} = 7.6 \text{ דקות}$$

ממוצע משך הזמן הדרוש לפעולה הינו 7.6 דקות.

נחשב את גבולות הבדיקה:

**גבול הבדיקה העליון:**

$$\text{שניות } U.C.L = 1.5\bar{X} = 1.5 \times 7.6 = 11.4 \quad \text{גבול עליון}$$

**גבול הבדיקה התיכון:**

$$\text{שניות } L.C.L = \frac{\bar{X}}{2} = \frac{7.6}{2} = 3.8 \quad \text{גבול תיכון}$$

תחום הקבלה:  $3.8 < X < 11.4$

נבדוק האם יש מדידות חריגות:

מספר מדידה	משך הזמן (בשניות)	בדיקה
20	5	ת
19	7	ת
18	11	ת
17	8	ת
16	7	ת
15	6	ת
14	8	ת
13	7	ת
12	15	ת
11	7	ת
10	6	ת
9	8	ת
8	7	ת
7	6	ת
6	8	ת
5	7	ת
4	8	ת
3	7	ת
2	8	ת
1	6	ת

\* סימונים: ת - תקין, ח - חריג

מדידה 12 (15שניות) נמצאה כמדידה חריגה, נשמית את מדידה 12 מהמדגם ונחשב שוב את הממוצע וגבולות הבדיקה.

чисוב ממוצע לאחר הוצאת המדידות החריגות:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{20} X_i}{n} = \frac{6+8+7+8+7+8+6+7+8+6+7+7+8+6+7+8+11+7+5}{19} = \frac{137}{19} = 7.21 \quad \text{שניות}$$

- גודל המדגם  $n=19$  (מדידה 12 הוצאה מהמדגם מפני שהיא זוהתה כמדידה חריגה)

**גבול הבדיקה העליון:**

$$\text{שניות } U.C.L = 1.5\bar{X} = 1.5 \times 7.21 = 10.815 \quad \text{גבול עליון}$$

**גבול הבדיקה התיכון:**

$$\text{שניות } L.C.L = \frac{\bar{X}}{2} = \frac{7.21}{2} = 3.605 \quad \text{גבול תיכון}$$

תחום הקבלה:  $3.605 < X < 10.815$

נבדוק האם יש מדידות חריגות:

מספר מדידה	משך הזמן (בשניות)	בדיקה
20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	5 7 11 8 7 6 8 7 - 7 6 8 7 6 8 7 8 7 8 6	ת ת ח ת
		בדיקה

\* סימון: ת - תקין, ח - חריג

מדידה 18 (11שניות) נמצאה כמדידה חריגה, נשميית את מדידה 18 מהمدגם ונחשב שוב את הממוצע וגבולות הבדיקה.

чисוב ממוצע לאחר הוצאת המדידות החריגות:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{20} Xi}{n} = \frac{6+8+7+8+7+8+6+7+8+6+7+7+8+6+7+8+7+5}{18} = \frac{126}{18} = 7 \text{ שניות}$$

\* הערכה - גודל המדגם  $n=18$  (מדידות 12 ו-18 הוצאו מהדגם מפני שהן זהות כמדידות חריגות)

גבול הבדיקה העליון:

$$U.C.L = 1.5\bar{X} = 1.5 \times 7 = 10.5 \text{ שניות}$$

גבול הבדיקה התיכון:

$$L.C.L = \frac{\bar{X}}{2} = \frac{7}{2} = 3.5 \text{ שניות}$$

$3.5 < X < 10.5$  תחום הקבלה:

נבדוק שוב האם יש מדידות חריגות:

מספר מדידה	משך הזמן (בשניות)	בדיקה
20 19 - 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1	5 7 - 8 7 6 8 7 - 7 6 8 7 6 8 7 8 7 8 6	ת ת - ת
		בדיקה

\* סימון: ת - תקין, ח - חריג

אין מדידות חריגות ! הסטיים שלב הוצאת החריגים.

לא נמצאו מדידות חריגות ולכן הזמן המדוע שווה לזמן המומוצע לאחר הוצאת החרים:

$$7 \text{ שניות} = \text{ללא חריגים } \bar{X} = \text{זמן} - \text{זמן מדוע}$$

מכאן - שניות 7 = זמן, הזמן המדוע לאחר הוצאת החרים הינו 7 שניות לביצוע אריזת מוצר בארץ. הזמן המדוע זהו הזמן הבסיסי שמננו נתחיל בשלב מאוחר יותר לחשב את תקן הזמן הדרוש לתהליך העבודה.

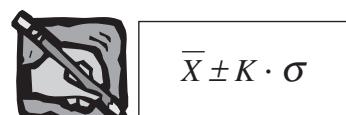
- בדומה לחישוב הוצאת החרים בשיטת הקירוב קיימת שיטה נוספת להוצאת חריגים המתבססת על סטיית התקן של הנתונים ועל רמת האמינות הרצואה, שיטה זו נקראת השיטה הסטטיסטית.

## ב. השיטה הסטטיסטית

השיטה הסטטיסטית בוחנת את הערכים בהשוואה לגבולות הבקרה המוחسبים ע"פ מדדים סטטיסטיים סביב רמת אמינות המבוצעת במספר סטיות תקן. השיטה מתאימה למקירים מעוניינים לבצע הוצאת חריגים המתבססת על רמת אמינות סטיית התקן של מדגם המדידות שבוצעו.

בעזרת השיטה הסטטיסטית ניתן לבצע הוצאת חריגים ברמות אמינות שונות בהתאם לצורכי חוקר המבצע, נהוג להשתמש ברמת אמינות של 95% לחישוב גבולות הבקרה בשיטה הסטטיסטית.

תחום הקבלה של הערכים כערכים מייצגים מתוואר על פי הנוסחה:



תחום הקבלה:

$\sigma$  - סטיית התקן של הנתונים

$K$  - רמת האמינות

**סטיית התקן (Standard Deviation)** - מדד פיזור המבטא את מידת הפיזור של ערכי המשתנה סביב הממוצע.



\* בשיטה הסטטיסטית, ככל שמנגדילים את רמת האמינות, מספר סטיות התקן גדול ולכך מספר החרים יהיה קטן יותר.

את סטיית התקן נחשב במחשבון או בנוסחאות:

$$\sigma_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

←       **$\sigma_n$**  - כאשר  $n > 30$  (או כל האוכלוסייה)      ↪  
נ - גודל המדדים (מספר המדידות שנאספו)

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

←       **$\sigma_{n-1}$**  - כאשר  $n \leq 30$       ↪

**K - רמת אמינות (Reliability Level)** - מידת האמינות שניתנת לייחס למוגם שבוצע  
יחסית לכל האוכלוסייה, רמת האמינות מבוטאת באחוזים או במספר סטיות התקן.  
מקובל להשתמש ברמות אמינות של אחד, שניים ושלוש סטיות התקן המקבילות בהתאמה  
ל: 99.7%, 95.5%, 68.3%.



גבולות הבקרה על פי השיטה הסטטיסטית:



**גבול הבקרה העליון (Upper Control Limit)** :

$$U.C.L = \bar{X} + K \cdot \sigma$$



**גבול הבקרה התיכון (Lower Control Limit)** :

$$L.C.L = \bar{X} - K \cdot \sigma$$

לאחר חישוב גבולות הבקרה יבדקו המדידות האם ישנן מדידות החורגות יוצאות מהמדגם ולאחר מכן יחווש שוב הזמן הממוצע (בדומה לפעולות הוצאת חריגים המתווארת בהזאת חריגים בשיטת הקירוב).

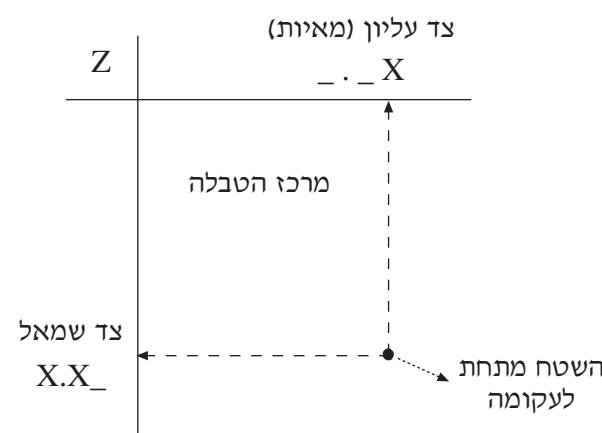
בצורה דומה יהיה בידינו הזמנים המדודים לאחר הוצאת חריגים עברו כל אחד מהאלמנטים הנבדקים.

כאשר אנו מעוניינים להוציא חריגים ברמת אמינות מוגדרת נמיר את רמת האמינות שבה אנו מעוניינים לרמת אמינות בסטיות התקן בעזרת התהליך המתואם:

**התאמת רמת אמינות מ אחוזים לרמת אמינות בסטיות תקן:** בסטיות תקן K → באחוזים K

$$\frac{\text{רמת אמינות בשבר עשרוני} + 1}{2} = \frac{\text{השיטה מתחת לעוקמה}}{\text{(חיפוש במרכזי טבלת התפלגות הנורמללית)}} \rightarrow \frac{\text{רמת אמינות בסטיות תקן}}{\text{(K) בסטיות תקן}} \text{ בהתחשב לצד שמאל והצד העליון של הטבלה}$$

דוגמה - מציאת ערכים בטבלת התפלגות הנורמללית:



\* טבלת התפלגות נורמללית מצורפת בעמוד 77.

לאחר המרת רמת האמינות מ אחוזים ל סטיות תקן ניתן להציב את רמת האמינות (K) בנוסחאות המתאימות.

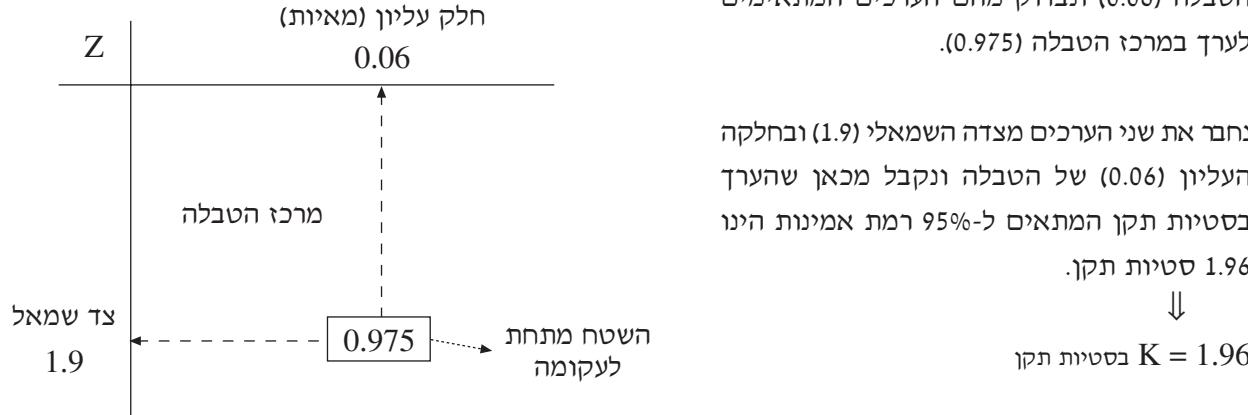
נדגים את תהליך ההמרה עם רמת אמינות של 95% (רמת אמינות מקובלת).

רמת אמינות 95% = K = 0.95 = K בשבר עשרוני

$$\frac{1 + 0.95}{2} = 0.975$$

נחשב את השיטה מתחת לעוקמה הנורמללית: 0.975

נחפש במרכזי הטבלה את הערך 0.975, נעביר קו דמיוני אל צידה השמאלי של הטבלה (1.9) ואל חלקה העליון של הטבלה (0.06) ונבדוק מהם הערכים המתאים לערך במרכזי הטבלה (0.975).



נחבר את שני הערכים מצדיה השמאלי (1.9) ובחילקה העליון (0.06) של הטבלה ונקבל מכאן שהערך בסטיות תקן המתאים ל-95% רמת אמינות הינו 1.96 סטיות תקן.

↓  
K = 1.96 בסטיות תקן

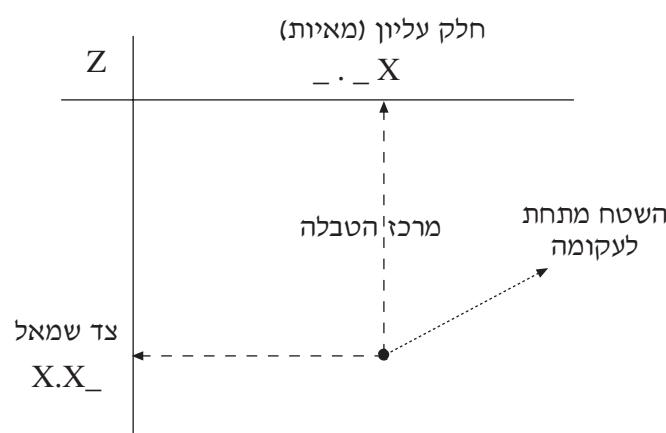
### התאמת רמת האמינות מسطיות תקן לאחוזים:

מעבר מרמת אמינות בסטיות תקן לרמת אמינות באחוזים: באחוזים K → סטיות תקן K

**בשלב ראשון נמצא את הערך המתאים לרמת האמינות בסטיות תקן, בטבלת ההתפלגות הנורמלית:**  
נחפש את הערך של רמת האמינות בסטיות תקן בצד שמאל של הטבלה, שתי הספרות הראשונות של הערך המתאים לשורת הנתונים שבהם נמצא הערך הרצוי. בשלב הבא נחפש את הסיפה השלישית בצדיה העליון של הטבלה.

נמתח קו דמיוני בין כל אחד מהערכים לכיוון טבלת המספרים. נקודת המפגש בין הקווים יהיה הערך בטבלה המתאים לסטיות התקן (מתאר את השטח תחת עקומת ההתפלגות הנורמללית משמאלי ל-Z).

מציאת ערכים בטבלת ההתפלגות הנורמלית:



נหาוך את הערך בטבלה לרמת אמינות בסטיות תקן בהתאם לנוסחה:

$$\text{רמת אמינות בשבר עשרוני} = \frac{\text{ערך בטבלה המתאים}}{\text{ל-K סטיות תקן}} = 2 - 1 = 2 - X$$

**לצורך רישום רמת האמינות באחוזים:**  
הכפלת התוצאה במאה תיתן את רמת האמינות באחוזים.

ב אחוזים K → רמת אמינות באחוזים = (רמת אמינות בשבר עשרוני) × 100

**נדגים את התאמת רמת האמינות בעזרת שימוש בתרגום סטיות תקן  $K = 1.96$  לרמת אמינות באחוזים:**

תחילה נמצא את הערך בטבלת התפלגות הנורמלית:

נפצל את הערך לשני חלקים 1.9 (נחפש מצדיה השמאלי של הטבלה) ו- 6 (נחפש בחולקה العليا).

Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.0									
0.1									
0.2									
0.3									
1.9									

↓

השיטה מתחת לעוקומה

0.975

הערך המתאים ל-1.96 סטיות תקן בטבלת התפלגות הוא 0.975 (השיטה מתחת לעוקומה)

נחשב את אחוז רמת האמינות המתאים לערך בטבלה:

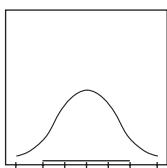
$$0.975 \times 2 - 1 = 0.95$$

$$0.95 \times 100 = 95\% \quad \text{נחשב את רמת האמינות באחוזים:}$$

מכאן - רמת האמינות באחוזים של 1.96 סטיות תקן היא 95%



$$K = 95\% \quad \text{בأחוזים}$$



עקומה נורמללית נקראת גם '**עקומת גאוס**', על שם החוקר המתמטי היהודי הנודע קרל פרידריך גאוס, שחקר את התכונות המתמטיות של עוקומה זו.  
עקומת גאוס מתארת באופן גרפי ע"י עקום דמיוני העומן את התפלגותם של נתונים סימטריים ביחס למרכו (ממוצע חציון ושכיח במרכז).



**טבלת התפלגות נורמלית - השטח מתחת לעקוות גaus**

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.1	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.2	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.3	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997
3.4	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9997	0.9998

## תרגיל - הוצאת חריגים על פי השיטה הסטטיסטיות:



נדגים את הוצאת החיריגים בשיטה הסטטיסטיות:

נערבה מדידת עבודה על האלמנט שבו העובד פותח את ארגז הכלים לצורך ביצוע עבודתו. לאחר מדידה ורישום של 10 מדידות שבוצעו, נאספו הזמןאים הבאים:

מספר מדידה	משך זמן ביצוע האלמנט (במ.ד)
10	32
9	34
8	30
7	14
6	32
5	29
4	28
3	34
2	35
1	30

הນך נדרש:

מהו הזמן המדווד לאחר הוצאת חריגים בשיטה הסטטיסטיות ברמת אמיןות של שתי סטיוות תקן (כ-95.5% רמת אמיןות).

## פתרון תרגיל



נחשב תחילה את ממוצע משך הזמן הדרוש לביצוע האלמנט:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{n} = \frac{30 + 35 + 34 + 28 + 29 + 32 + 14 + 30 + 34 + 32}{10} = \frac{298}{10} = 29.8$$

ማיות דקה

чисוב סטיית התקן בעזרת נוסחה:

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (30-29.8)^2 + (35-29.8)^2 + (34-29.8)^2 + (28-29.8)^2 + (29-29.8)^2 + (32-29.8)^2 + (14-29.8)^2 + (30-29.8)^2 + (34-29.8)^2 + (32-29.8)^2}{10-1}} = 6.015$$

ניתן לחשב את סטיית התקן גם בעזרת מחשבון, סטיית התקן של הנתונים היא -

דרישה רמת אמיןות של שתי סטיוות תקן , לכן  $K=2$

### נחשב את גבולות הבדיקה

גבול הבדיקה העליון:

$$U.C.L = \bar{X} + K \times \sigma = 29.8 + 2 \times 6.015 = 41.83$$

גבול הבדיקה התחתון:

$$L.C.L = \bar{X} - K \times \sigma = 29.8 - 2 \times 6.015 = 17.77$$

נבחן האם יש מדידות חריגות:

מספר מדידה	משך זמן ביצוע האלמנט (במ.ד)	7	6	5	4	3	2	1	9	8	10
32	34	30	חריגה	32	29	28	34	35	30		

אנו רואים כי מדידה מספר 7 הינה מדידה חריגה (במדד זמן פתיחת ארגז כלים בכ-14 דקות הדקה - זמן זה נמוך מגבול הקבלה התחתון (שהוא 14.9 דקות הדקה).  
אייתרנו את המדידה החריגה (מדד�다 7, משך הזמן שנמדד 14 דקות הדקה), עכשו יותר להוציא מדידה זו מהמדגם. لكن נשמייט את מדידה 7 (14 דקות הדקה) מחישוב הממוצע.

נחשב ממוצע חדש לאחר הוצאת המדידות החריגות:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{10} X_i}{n} = \frac{30 + 35 + 34 + 28 + 29 + 32 + 30 + 34 + 32}{9} = \frac{284}{9} = 31.55$$

הערה - כדאי לשים לב כי לאחר הוצאת המדידה החריגה מספר המדידות ירד ל-9 מדידות (9=n) וכן בחישוב הממוצע הצבנו את הערך 9 במכנה.

נחשב את סטיית התקן בעזרת מחשבון (או בעזרת נוסחה):

נחשב שוב את גבולות הבדיקה לאחר הוצאת המדידה החריגה ומחישוב הממוצע:

גבול הבדיקה העליון:

$$U.C.L = \bar{X} + K \times \sigma = 31.55 + 2 \times 2.455 = 36.46$$

גבול הבדיקה התחתון:

$$L.C.L = \bar{X} - K \times \sigma = 31.55 - 2 \times 2.455 = 26.64$$

נבדק שוב האם יש מדידות חריגות במדידות הזמן שבוצעו:

מספר מדידה	30	29	28	34	35	30	35	34	28	32	30	34	32	חריגה	30	9	10
בחינת המדידה	תקינה																

**אין מדידות חריגות!** - הסתיים שלב הוצאת החריגים.

הזמן המומוצע לאחר הוצאת החריגים נקרא הזמן המדוד לביצוע הפעולה ומסומן כ- $tm$  (קיצור של time), נכל לרשום:

$$31.55 \text{ מ.ד.} = \text{לא חריגים} = \bar{X} - \text{זמן מדוד}$$

$$tm = 31.55 \text{ מ.ד.}$$

מכאן שהזמן המדוד שנקבע לפתיחת ארגז כלים הוא 31.55 מאות הדקה (כ-19 דקות).

#### נסכם את השלבים שבוצעו:

עד עכשו למדנו איך לחלק את העמدة לאלמנטים, איך למדוד את משך זמן ביצוע האלמנטים ואיך למצוא ולהוציא מהчисוב את המדידות אשר אין מייצגות בצורה נcona את משכי הזמן הדרושים לביצוע האלמנט הנבדק (הוצאת החריגים). בסיום התהליך נותרנו עם הזמן המדוד המבטא את משך הזמן המומוצע הנדרש לביצוע האלמנט.

נסכם את תוכנות החקיר לביצוע פתיחת ארגז הכלים לאחר ביצוע הוצאת המדידות החריגות:

זמן מדוד (tm)	סטיית התקן (σ)	מספר המדידות שבוצעו בפועל (נתנו לאחר הוצאת החריגים) (n)
31.55	2.455	9

#### חישובים סטטיסטיים לתכנון ולביצוע חקר הזמן

##### מספר מדידות נדרש (N)

במהלך ביצוע החקיר בשלב הראשון מבצע חוקר הזמן מדגם ראשוני, כדי לבחון האם המדגם שבייצע חוקר הזמן הינו מדגם מייצג שניתן להסתמך עליו ביציע חקר הזמן נדרש לחשב מהו מספר המדידות הנדרש. מספר המדידות הנדרש מהו את מספר המדידות שנדרש החוקר לבצע על מנת שהחקיר יעמוד בדרישות של רמת האמינות ואי הדיווק שנקבעו בשלב תכנון החקיר.

**נוסחת החישוב לחישוב מספר המדידות הנדרש:**

$$N = \left[ \left( \frac{K \cdot \sigma}{r \cdot tm} \right)^2 \right]^+$$

r	- אי דיק
K	- רמת אמינות
$\sigma$	- סטיות תקן
זמן מדוד	- tm
מספר מדידות נדרש	- N

\* הסימן + בנוסחה נועד להזכיר כי תוצאה החישוב תעוגל מעלה.

#### **דוגמים חישוב מספר מדידות נדרש בהתאם לזריזות החקירה:**

חוקר זמן מעוניין לחשב מהו מספר המדידות הנדרש לצורך מדידת אלמנט פתיחת ארגז הכלים, ברמת אמינות של 95% ואי דיק מותר של 5%, החוקר חישב ומוצא כי הזמן המדוד לביצוע האלמנט הוא 31.55 מאיות הדקה וסטיטית התקן 2.455.

נחשב את מספר המדידות הדרוש באמצעות הנוסחה:

$$N = \left[ \left( \frac{K \cdot \sigma}{r \cdot tm} \right)^2 \right]^+ = \left[ \left( \frac{1.96 \cdot 2.455}{0.05 \cdot 31.55} \right)^2 \right]^+ = [9.31]^+ \cong 10$$

מכאן שהחוקר נדרש לבצע 10 מדידות בהתאם לרמת האמינות (95%) ולאי הדיק (5%) שנקבעו במהלך תכנון החקירה.

#### **чисוב מספר המדידות הנוספות שיש לבצע**

מספר המדידות הנוספות שיש לבצע שווה להפרש בין מספר המדידות שבוצעו בפועל לבין מספר המדידות הנדרש בהתאם לתכנון החקירה.

#### **מספר המדידות הנוספות שיש לבצע = n - N**

אם ידוע כי בוצעו 9 מדידות (תקינות הוצאת החריגים) ובהתאם לחישוב מספר המדידות הנדרש בדוגמה, נחשב את מספר המדידות הנוספות בדוגמה שלנו:  $1 = 9 - N = 10 - n$  מכאן - נדרש לבצע מדידה אחת (שתתקבל כמדדיה תקינה) נוספת על מנת שהמחקר יעמוד בדרישות לרמת אמינות ואי דיק שנקבעו בשלב תכנון החקירה.

#### **чисוב אי הדיק בפועל לאלמנט (z)**

אי הדיק מבטא את הסטייה באחוזים בין הזמן המדוד שהתקבל לבין זמן הביצוע בפועל, כלומר כמה אחוזים יכול לסתות זמן הביצוע בפועל מהזמן המדוד שחווב.

אי הדיק רשום כ-  $\pm$  יחסית לזמן הביצוע בפועל.

чисוב אי הדיווק של האלמנט מבוצע בעזרת הנוסחה:

$$r_i = \pm \frac{K \cdot \sigma_i}{\sqrt{n_i} \cdot tm}$$

r<sub>i</sub> - אי הדיווק של אלמנט i  
 K - רמת האמינות (נדרש להציב רמת אמינות בסטיות תקן בלבד)  
 σ<sub>i</sub> - סטיית התקן של אלמנט i  
 n<sub>i</sub> - מספר המדידות שמצאו בפועל לאחר הוצאת חריגים של אלמנט i  
 tm<sub>i</sub> - זמן מדוד לאלמנט i

**תרגול** - חישוב אי דיווק לאלמנט (עבור העובד הפותח את ארגז הכלים):

הנתונים: החוקר ביצע 9 מדידות (תקינות לאחרת הוצאת חריגים), רמת האמינות של הבדיקה שתיקן (בהתאם לתוכניתן חקר הזמן), הזמן המדוד 31.55 מאיות הדקה, סטיית התקן 2.455.

$$r_i = \pm \frac{K \cdot \sigma}{\sqrt{n_i} \cdot tm} = \pm \frac{2 \cdot 2.456}{\sqrt{9} \cdot 31.55} \cong \pm 0.052 \cong \pm 5.2\%$$

מכאן נובע כי אי הדיווק של הבדיקה שמצוע הינו 5.2%, משמעו אי הדיווק היא שהסתטיה מהזמן המדוד היא ±5.2%.  
כלומר זמן הביצוע בפועל נע בגבולות של ±5.2% מהזמן המדוד שנקבע.

#### רמת האמינות בפועל (K)

מידת האמינות שניתן ליחס למוגם שמצוע יחסית לכל האוכלוסייה, רמת האמינות מボטאת באחזois או במספר סטיות תקן.

$$K_i = \frac{\sqrt{n_i} \cdot r_i \cdot tm_i}{\sigma_i}$$

r<sub>i</sub> - אי הדיווק של אלמנט i  
 n<sub>i</sub> - מספר המדידות שמצאו בפועל לאחר הוצאת חריגים של אלמנט i  
 tm<sub>i</sub> - זמן מדוד לאלמנט i  
 σ<sub>i</sub> - סטיית התקן של אלמנט i

**תרגול** - חישוב רמת האמינות של הבדיקה (עבור העובד הפותח את ארגז הכלים):

הנתונים: החוקר ביצע 9 מדידות (תקינות לאחרת הוצאת חריגים), אי הדיווק של הבדיקה 5% (בהתאם לתוכניתן חקר הזמן), הזמן המדוד 31.55 מאיות הדקה, סטיית התקן 2.455.

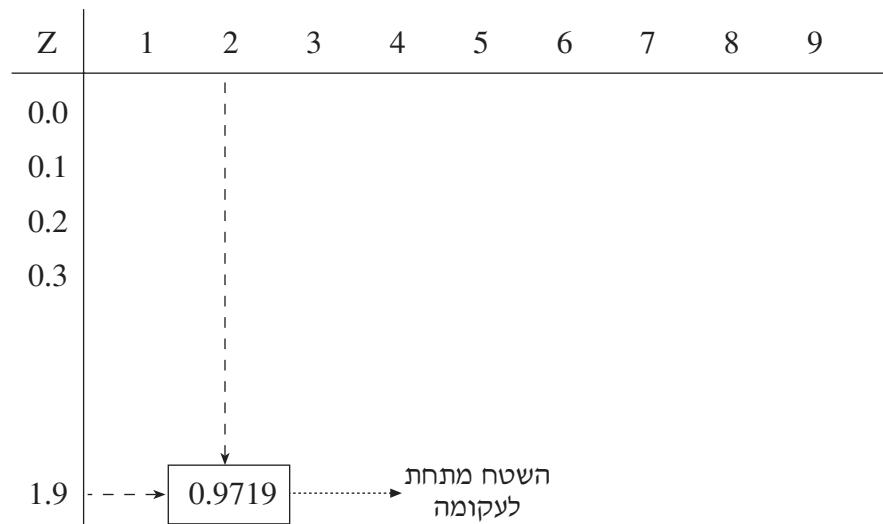
$$K_i = \frac{\sqrt{n_i} \cdot r_i \cdot tm_i}{\sigma_i} = \frac{\sqrt{9} \cdot 0.05 \cdot 31.55}{2.455} \cong \pm 1.92$$

סטיות תקן (מעוגל כלפי מטה)

מכאן נובע כי רמת האמינות בפועל של הבדיקה היא 1.92 סטיות תקן.

במידה וננו רוצים לדעת מהי רמת האמינות של הבדיקה באחזois, נדרש להמיר את 1.92 סטיות התקן לערכם באחזois, תחיליה נמצא את הערך בביטול התפלגות הנורמללית:

נפצל את הערך לשני חלקים 1.9 (נחפש מצדיה השמאלי של הטבלה) ו-2 (נחפש בחלקה העליון):



הערך המתאים ל-1.96 סטיות תקן בטלת ההסתפלוגות הוא 0.9719 (השטח מתחת לעוקמה).

$$0.9719 \cdot 2 - 1 = 0.9438$$

נחשב את אחוז רמת האמינות המתאים לערך בטבלה:

$$0.9438 \cdot 100 = 94.38\%$$

נחשב את רמת האמינות באחוזים:

מכאן נובע כי רמת האמינות בפועל של החקירה היא כ-94.38%.

### סיכום נוסחאות החישובים סטטיסטיים לתכנון ולבוחינת חקר הזמן



נוסחת חישוב	השימוש	הגורם
$N = \left[ \left( \frac{K \cdot \sigma}{r \cdot tm} \right)^2 \right]^+$ (מעוגל כלפי מעלה)	чисוב מספר מדידות שיש לבצע על מנת שנוכל לעמוד בדרישות לרמת אמינות ואי-דיוק נתונות	מספר מדידות נדרש
$r_i = \pm \frac{K \cdot \sigma}{\sqrt{n_i \cdot tm_i}}$ (נדרש להציב K בסטיות תקן)	чисוב הסטייה בין הזמן המדוע לבין זמן הביצוע בפועל	אי-דיוק המדידה
$K = \frac{\sqrt{n} \cdot r \cdot tm_i}{\sigma}$ (התוצאה K בסטיות תקן)	чисוב אמינותו של המדגם שפועל	רמת אמינות המדידה

## הערכת קצב עבודתו של העובד

### הערכת קצב ביצוע העבודה - R:

למדנו למדוד את זמני עבודה העובד ואף למצוא זמן מדויד לאחר הוצאה חריגים. אך עדין לא התייחסנו למידת השונות בין זמן הביצוע של העובד הנחקר לעובדים האחרים או אף לעצמו בתקופת זמן אחרת, או במילאים אחרים, מידת היעילות של הפעולה המבוצעת. המושג אשר מסייע לנו לצרף להישובים את מידת היעילות של העובד נקרא הערכת קצב.

**הערכת קצב** - קביעת קצב עבודה ע"י חוקר הזמן עלפי הערכת מיומנות ומהירות ביצוע העבודה ביחס לקצב הנורמלי הדורש לביצוע אותה עבודה.



בהתאם לתוצאות הנערכות על העובד במהלך מידת הזמן מעיריך החוקר את קצב עבודתו של העובד בהתאם למירות הביצוע ומיומנות העמدة. בסיום הערכת הקצב קבוע חוקר הזמן את הקצב שבו מוצעה העבודה הנחקרת.

תחום הערכים המקובל של קצב העמدة הינו בין 65% ל-165%, נהוג לקבוע קצב בקפיצות של 5%.

הערכת הקצב תימדד בהתאם להערכת החוקר את מידת היעילות של העובד מול היעילות המתאימה לקצב עבודה נורמלי. ככלומר, במידה ומעיריך חוקר הזמן כי מיומנות ומהירות העבודה של העובד גבוהים בכ-10% מעובדה בקצב נורמלי, יעריך קצב העמدة כקצב הגבוה ב-10% מהקצב הנורמלי, ככלומר 110%.

**קצב עבודה נורמלי** (קצב 100%) - קצב נורמלי מוערך כביצוע העבודה במיומנות ומהירות נורמאליים, ובבטא קצב עבודה טبعי ללא חיפזון ולא בזבוז זמן, התנועות המבוצעות מדויקות וטבעיות.

**קצב עבודה נמוך מהנורמלי** (קטן מ-100%) - מבטא קצב עבודה שבו העובד מבצע תנועות פחות מדויקות, איטיות ולא זויהת, ככל שקצב העמدة נמוך יותר נוכל לראות אפקטיביות נמוכה יותר בעבודת העובד ככלומר רמת מיומנות ומהירות נמוכות יותר.

**קצב עבודה גבוהה מהנורמלי** (גדול מ-100%) - מבטא קצב עבודה שבו העובד מבצע תנועות יותר מדויקות, בירות ומיומנות גבוהות יותר (מהקצב הנורמלי), ככל שקצב העבודה גבוהה יותר נוכל לראות יעילות גבוהה יותר בעבודת העובד ככלומר רמת מיומנות ומהירות גבוהות יותר.

### קיימת גישה נוספת להערכת קצב:

יתכנו מקרים שבהם תחושב הערכת הקצב בחלוקת שונה בין המשקל הנitin להערכת רמת המיומנות ובין הערכת מהירות העבודה.

ניתן לקבוע כי המשקל שניtin לmaiירות הביצוע יהיה גבוה יותר מאשר משקל שניtin עבור מיומנות הביצוע. במקרה מסווג זה נהוג לתת משקל כפול להערכת מהירות הביצוע.

чисוב הקצב במקרה זה מבוצע בעזרת הנוסחה:

$$R = \frac{2V + S}{3}$$

הערכת מהירות הביצוע (V) מבוצע באחזים יחסית ל מהירות ביצוע מומצת.

הערכת מiomנות הביצוע (S) מבוצע באחזים יחסית למiomנות ביצוע מומצת.

#### טבלה עזר להערכת קצב

בטבלה נתונים הערכת קצב המתאימה ל מהירות הליכה, כאשר מiomנות הביצוע נורמלית.

במידת הצורך ניתן לבצע השוואה בין אופן הביצוע לבין הערכות בטבלה.

קצב מהיר במילוי	קצב מהיר	קצב נורמלי	קצב נמוך	הערכת קצב
165%	133%	100%	65%	הערכת קצב
8 קמ''ש	6.4	4.8 קמ''ש	3.2 קמ''ש	מהירות הליכה בקילומטרים לשעה
מהיר מאד	אייטי מאד	נורמלי	אייטי מאד	אופן הביצוע
רמת ביצועה גבוהה	פלטני ו מהיר	ממוצעת	נמוכות	מהירות ומiomנות

#### чисוב הזמן המתוקן

##### זמן מתוקן (L)

הזמן המתוקן "מתוקן" את הזמן המודוד בהתאם לקצב שבו בוצעה העבודה על מנת שייהי ביצוע הכלול התחשבות בקצב שבו נמדדה העבודה, מטרת תיקון הזמן היא לקבוע מהו הזמן הדרוש לביצוע האלמנט הנחקר ע"י עובד ממוצע העובד בקצב נורמלי טבעי ללא חיפזון ולא בזבוז זמן.

בשלב זה נדרש למצוא את משך הזמן הדרוש לביצוע האלמנט הנמדד ע"י עובד אשר מבצע את העבודה בקצב עבודה נורמלאי - מהלך זה נקרא חישוב הזמן המתוקן - תיקון הזמן המודוד לכדי הזמן הדרוש לביצוע העבודה בקצב עבודה נורמלאי.

**זמן מתוקן** - תיקון הזמן המודוד בהתאם לזמן הדרוש לעובד המבצע את העבודה בקצב עבודה נורמלאי, בצורה טבעית ללא חיפזון ולא בזבוז זמן.



לצורך חישוב הזמן המתוקן נבצע הכפלה של הזמן המודוד בקצב העבודה של העובד, נוסחת החישוב:

$$L = tm \cdot R$$



### **נדגים את חישוב הזמן המתוקן:**

אנו מעוניינים לחשב את הזמן המתוקן לביצוע גרישת מסמך במשרד, נתון כי הזמן המדווד לאחר הוצאת חריגים של גרישת מסמך הוא 20 שניות, קצב העבודה של העובד מוערך כקצב של 90%.

- מהו הזמן המתוקן?

**פתרון:**

$$tn = 20 \text{ שניות} \quad \text{נתון כי הזמן המדווד הינו 20 שניות, מכאן}$$

$$R = 90\% = \frac{90}{100} = 0.9 \quad \text{קצב העבודה } 90\%, \text{ נמיר את הקצב לשבר עשרוני:}$$

$$L = tm \cdot R = 20 \cdot 0.9 = 18 \text{ שניות} \quad \text{נציב בנוסחת הזמן המתוקן:}$$

מכאן נובע שהזמן המתוקן לביצוע גרישת מסמך הינו 18 שניות, כלומר לעובד המבצע את העבודה בקצב עבודה נורמלאי צריך לקחת 18 שניות לבצע את פעולה גרישת המסמך.

### **קביעת גורם התדריות (F)**

לממנו לבצע את המדייה, לקבוע את הזמן המדווד לאחר הוצאת חריגים ואף לתקן את הזמן בהתאם לקצב שבו בוצעה העבודה. נשאלת השאלה איך מתייחסים בмедиית עבודה לפועלה המבוצע עבור מספר מוצרים? או לחלופין איך מתייחסים לפועלה הضرיכה להתבצע מספר פעמים עבור מוצר או מהזור עבודה אחד?

לשם כך אנו משתמשים **בגורם התדריות**

במידה והעובד מבצע את הפעולה עבור מספר מוצרים, הזמן שייחסוב עבור כל מוצר יהיה הזמן הדרוש לביצוע הפעולה בלבד למספר המוצרים שלפעמם מבוצעת הפעולה. או במילים אחרות אם עובד מבצע פעולה עבור שני מוצרים הזמן עבור כל אחד מהמוצרים יהיה  $\frac{1}{2}$  מהזמן הדרוש לביצוע הפעולה ולכן תדריות האלמנט תהיה  $1:2 = F$ .

במקרה אחר אם נדרש העובד לבצע פעולות חוזרות על עצמן לצורך הכנת מוצר אחד, הזמן שייחסוב יהיה מכפלת זמן של פעולה אחת במספר הפעמים שנדרש לחזור על הפעולה לצורך הכנת המוצר. במילים אחרות, אם עובד נדרש לחזור פעמיים על אותה פעולה לצורך הכנת המוצר, הזמן הדרוש לביצוע הפעולה עבור מוצר אחד יהיה פי שניים זמן הביצוע, ולכן תדריות האלמנט תהיה  $2:1 = F$ .

**תדריות** - מספר הפעמים שמבצע אלמנט ביחס למוצר או לחזור לעבודה.



### **כללי עזר למציאת תדריות העבודה**

- א. הגדרת המוצר - מהו המוצר שלו שמו נעשות הפעולות?
- ב. מציאת היחס בין הפעולה המבוצעת לבין המוצר בעזרת בחינת השאלות:
- 1) מהו מספר הפעמים שדרוש לחזור על פעולה מוגדרת לצורך הכנת המוצר (או המחזור או השירות)?
  - 2) מהו מספר המוצרים שלגביה מבוצעת הפעולה?

נרגל מספר דוגמאות:

#### **דוגמה 1 - עובד מכניס שישה שקפים ריקים למדפסת לצורך הדפסתם**

במידה וששת השקפים עתידיים להיות שישה מוצרים מוגמרים (שלגביהם אנו מעוניינים לחשב את התקן), אז בוצעה פעולה אחת (הנכנת השקפים למדפסת) עבור שישה מוצרים ולכן תדריות העבודה תהיה 1:6 (זמן הפעולה עבור כל אחד מהשקבים יהיה שיעית מהזמן הדרוש לביצוע הפעולה).

#### **דוגמה 2 - עובד מרכיב רול כיסא (הכיסא מורכב מארבע רגליים)**

ארבע רגליים מהווים כיסא אחד ולכן העובד צריך לבצע פעולת הרכבת רול לכיסא ארבע פעמים לצורך הרכבת כיסא אחד, ולכן תדריות הביצוע תהיה 4:1 (זמן הרכבת רול לכיסא כפול ארבע רגליים).

#### **דוגמה 3 - העובד חוזר למקום העבודה לאחר שהעביר שלושה מוצרים למחסן**

העובד חוזר כעת למקום העבודה ללא מוצר אך הגורם לפעולה הנוכחית הוא העברת שלושת המוצרים ולכן התדריות תקבע בהתאם לורות הפעולה. ככלmore העובד חוזר למקום העבודה עטר שלושה מוצרים ולכן תדריות הביצוע תהיה 1:3 (שליש מהזמן הדרוש למוצר אחד).

### **זמן היסוד**

#### **זמן יסוד לאלמנט (j)**

זמן היסוד לאלמנט הינו הזמן המתוקן הכלול בתחרשות בתדריות הביצוע של האלמנט, זמן היסוד מבטא את משך הזמן הדרוש לביצוע האלמנט עבור **מוצר אחד** (או מהאזור העבודה אחד).

זמן היסוד מועמס בזמן המחזור ו מבטא את הזמן הממוצע לאחר הוצאת החרים, לאחר תיקונו בהתאם לקצב עבודה נורמלי ולאחר התחשבות בתדריות ביצוע האלמנט.

זמן היסוד מבטא את זמן היסוד הדרוש לביצוע האלמנט לפני התחשבות בתוספות אי רציפות של תהליך העבודה.

נוסחת החישוב של זמן היסוד היא:



$$j_i = t_{mi} \cdot R_i \cdot F_i$$

למדנו כי הזמן המתוקן שווה למכפלת הזמן המודד בקצב ולכן נוכל לרשום נוסחה נוספת לזמן היסוד:



$$j_i = L_i \cdot F_i$$

- j - זמן יסוד לאלמנט i
- tmi - זמן מודד לאלמנט i
- Li - הזמן המתוקן של אלמנט i
- Ri - קצב ביצוע אלמנט i
- Fi - תדרות ביצוע אלמנט i

#### **זמן יסוד למוצר/מחזור (J)**

זמן יסוד למוצר מבטא את סה"כ זמני היסוד הדרישים לביצוע מוצר עבודה (הכנת מוצר או מתן שירות). זמן היסוד למוצר (שירות או תהליך עבודה) הינו סכום כל זמני היסוד של האלמנטים המרכיבים אותו.



$$J = \sum_{i=1}^n j_i$$

**זמן יסוד** - זמן היסוד זהו הזמן שמעומס בזמן המחזור, מבטא את הזמן היסודי לפניו ביצוע תוספות אי הרציפות.



#### **תרגיל - חישוב זמן יסוד**



במשרד עורכי הדין "צדק תרדוף" לשרותי ייעוץ משפטי לארגוני עסקים, נערך חקר זמן על עבודה המבוצע כריכת תצהירים משפטיים, נתון:

אלמנט / נתון	תיאור האלמנט	זמן מודד (זמן בשניות)	קצב (באחוזים)
1	העובד מביא אריזה מהמדד (בכל אריזה 3 ערכות לכרייה)	45	90
2	העובד מוציא ערכה אחת מהאריזה ומניח על השולחן	10	110
3	העובד כורץ את התצהיר	50	100
4	העובד מעביר תצהיר מוכן לארגז תצהירים	12	110

**הנץ נדרש:**

- מהו הזמן המתוקן לאלמנט 2?
- מהו זמן היסוד לאלמנט 1?
- מהו זמן היסוד להכנת מוצר?

**פתרונות תרג'il:**



- זמן המתוקן לאלמנט 2:

$$L_2 = tm_2 \cdot R_2 = 10 \cdot \frac{110}{100} = 11 \text{ שניות}$$

הערה - הסימונים מתייחסים את נתוני אלמנט 2.

- זמן היסוד לאלמנט 1:

$$j_1 = tm_1 \cdot R_1 \cdot F_1 = 45 \cdot \frac{90}{100} \cdot \frac{1}{3} = 13.5 \text{ שניות}$$

נחשב בצורה דומה זמן יסוד לכל אחד מהאלמנטים:

אלמנט	זמן יסוד (שניות)
1	$j_1 = tm_1 \cdot R_1 \cdot F_1 = 45 \cdot \frac{90}{100} \cdot \frac{1}{3} = 13.5 \text{ שניות}$
2	$j_2 = tm_2 \cdot R_2 \cdot F_2 = 10 \cdot \frac{110}{100} \cdot \frac{1}{1} = 11 \text{ שניות}$
3	$j_3 = tm_3 \cdot R_3 \cdot F_3 = 50 \cdot \frac{100}{100} \cdot \frac{1}{1} = 50 \text{ שניות}$
4	$j_4 = tm_4 \cdot R_4 \cdot F_4 = 12 \cdot \frac{120}{100} \cdot \frac{1}{1} = 14.4 \text{ שניות}$
נחשב את סה"כ זמני היסוד של כל האלמנטים:	
$J = \sum_{i=1}^4 j_i = j_1 + j_2 + j_3 + j_4$ $\Downarrow$ $J = \sum_{i=1}^4 j_i = 14.4 + 50 + 11 + 13.5 = 88.9 \text{ שניות}$	

לכן זמן היסוד לביצוע כריית תצהיר משפטי הוא כ-89 שניות (בדיקה וחצי).

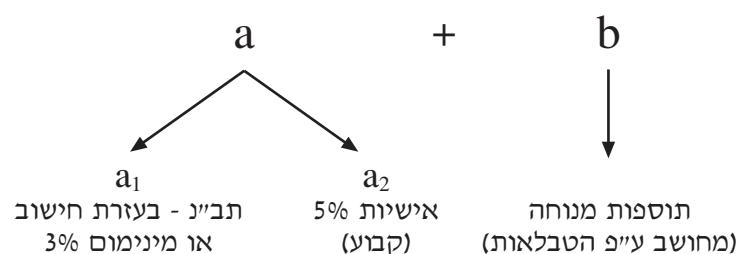
## תוספות אי רציפות (a+b)

תוספות אי הרציפות הן תוספות זמן עטיר אי רציפותו של תהליך העבודה הנרגמת במספר גורמים: במהלך תהליך העבודה העובד מתעיף (פיסית ושללית) ומבצע את העבודה בזמן ארוך יותר, קיימים תקלות ועיכובים במהלך תהליך העבודה המعقבים את זמן הביצוע וכן דרוש לעובד זמן עבור צרכים אישיים.

לצורך התחשבות בגורמים אלו מוסיפים לזמן היסוד את התוספות הדורשות, התוספות כוללות שלושה מרכיבים: תוספות מנוחה, תוספות עבור תקלות בלתי נמנעות, ותוספות אישיות.

**חשוב להציג כי לא מומלץ ששה"כ תוספות אי רציפות יעלו מעל שליש זמן הביצוע (33%).**

הרכיב תוספות אי הרציפות (התאير):



### מרכיבי תוספות אי הרציפות

(**a**) **תקלות בלתי נמנעות (תב"ן)** - זמן שבו העובד אינו יכול לעמוד ולא באשmeno, כתוצאה מתקללה במכונה, עיכוב/המתנה בתהליכי העבודה, הוראות הנהלתיות וכו', התוספת מחושבת כחalker היחסי מזמן היסוד לתהליכי העבודה. מוכר גם בשם **עב"ן** - עיכובים בלתי נמנעים / עיקיפות בלתי נמנעות.

חישוב התב"ן ע"פ הנוסחה:

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^u j_{ai}}{J}$$

- זמן יסוד התב"ן - סה"כ זמן היסוד לפעולות שהוגדרו כפעולות התב"ן  $\sum_{i=1}^u j_a$

J - זמן יסוד לתהליכי העבודה

**a** - **תב"ן** בשבר עשרוני

**u** - מספר פעולות התב"ן

התוספת המינימאלית המוקצתת עבור תקלות בלתי נמנעות הינה 3% (גם במקרים שבהם החישוב המתמטי מראה על פחותות מ-3%), במטרה להבטיח התחשבות בגורם אקרים בתהליכי העבודה.

**תוספות אישיות** - זמן לצרכים אישיים של העובד, כגון: יציאה להתפנות, טיפול לצרכים מידדים, וכו'. נהוג להקציב כ-5% לתוספות אישיות לעובד (יש הנוהגים להוסיף לאישה 6%-7%über תוספות אישיות).

#### **תוספות המנוחה:**

תוספות המנוחה הינה נוספת זמנה בהתאם לדרגת המאמץ הדרוש לצורך ביצוע העבודה בהתאם לשולשה גורמים עיקריים: מאמץ גופני, מאמץ נפשי וסביבה העבודה.

חישוב אחוז התוספת מבוצע באמצעות טבלאות כור (המצורפות), תוספות המנוחה המינימאליות הן 5% לפחות, 7% לאישה.

**חישוב תוספת המנוחה** - חישוב תוספות המנוחה מבוצע באמצעות טבלאות. בודקים את תנאי העבודה בהתאם לקריטריונים בטבלאות ומחשבים את מהות תוספות המנוחה של העובד.

שלבי עבודה לקביעת תוספות המנוחה:

1. איסוף נתונים המושקע ביצוע העבודה בהתאם לששת ההיבטים: מאמץ גופני, מאמץ נפשי וסביבה העבודה של העובד.
2. קביעת תוספת המנוחה בהתאם לנתונים שנאספו באמצעות העזר לחישוב תוספות המנוחה.
3. סיכום מהות תוספות המנוחה עבור כל אחד מהגורמים בטבלאות וקבעת התוספת המתאימה לתהליך העבודה הנ查ך (ראוי להזכיר כי ניתן לחשב תוספות אי רציפות עבור כל אחד מהאלמנטים. בתהליך העבודה).

## מרכיבי תוספות המנוחה

הסבר	לוחות תוספות המנוחה	
התוספת נקבעת בהתאם למצו גוףו של העובד במהלך ביצוע הפעולה הנבחנת	מצו גוף	<b>I</b> מאמצ גופני
התוספת נקבעת בהתאם לכוח המופעל במהלך ביצוע הפעולה הנחקרת, במידה והכוח המופעל מעל 15 ק"ג תחושב התוספת ע"י הנוסחה: $0.35F^{1.2}$ (F - הכוח המופעל בק"ג)	כוח מופעל	
התוספת נקבעת בהתאם למאמצ המופעל על העיניים במהלך ביצוע העבודה	מאמצ עיניים	
התוספת נקבעת בהתאם למידת תשומת הלב הדרושא לביצוע העבודה	תשומת לב	<b>II</b> מאמצ נפשי
התוספת נקבעת בהתאם למאמצ השכלי החדש שביבוץ העבודה	מאמצ שכלי	
התוספת ניתנת עבור ביצוע פעולה שימוש זמן של קוצר מ-25 מ.ד, אছז התוספת נקבע בהתאם למידת המונוטוניות של הפעולה הנחקרת	מונוטוניות	
התוספת נקבעת בהתאם למאמצ הנובע כתוצאה מעבודה בסביבה שבה התאורה אינה נוכה	תאורה	<b>III</b> סביבה עבודה
התוספת נקבעת בהתאם לתנאי הסביבה שבהם מוצעת העבודה (רעשים, ריחות)	תנאי סביבה	
התוספת נקבעת בהתאם לתנאי האקלים בסביבת העבודה של העובד	תנאי אקלים	

\* עומר כל אחד מהנושאים: מאמצ גופני, מאמצ שכלי וסביבה העבודה - קיימת טבלת עזר.

\* לצורך קביעת תוספת המנוחה מומלץ להיעזר בעמודות תאור מרכיב התוספת ובעיסוקים אופייניים המצוים בטבלאות העזר לחישוב תוספות המנוחה.

## I טבלת עזר לחישוב תוספות המנוחה - מאמצז גופני

היבט	גורם	מרכיבי התוספה	אחוז התוספה	ティאור המרכיב או המחשתנו	עיסוקים אופיינים
		ישיבה חופשית	1	ישיבה רגילה בישיבה עם אפשרות לkus מידי פעם.	ישיבה מול לח' בקרה, עיסוקים מנהליים, קבלת קהל.
		ישיבה מאולצת	2	ישיבה בלתי נוחה, התמדעה בישיבה.	תפירה במכונה, הרכבה, אריזה, בקורס aicoot, הפעלת מנגנון קלה, נהיגה, הדפסה, הקלדה, תיקון.
		עמידה מוגעתת והליכה מוגעתת	2	עמידה על שתי רגליים כולל מספר צעדים.	הפעלה רגילה של מכונות, מכונות כלים אוטומטיות, סלילה, מתקן תחילכי לא הליכה מרובה, אריזה בעמידה, מחסנות.
		עמידה מאולצת ו/או הליכה מרובה	3	עמידה בתנוחה מאמצת, הליכה ממושכת.	השזה, ניסור וקידוח ידניים, ריתוך בעמידה, פיקוח על מתקן תחילכי המחייב הליכה רבה, עיסוקים המחייבים הליכה מרובה במדרגות או עליה בסולם, פריקה או טעינה של משאית, פעילות סייעוד בבית חולים.
		לא טבעי	4	שביה, כפיפה או כריעה, עמידה עם ידיים מעל לראש.	ריתוך או צבעה מעל אש, עבודות בכירעה או בכפיפה, קטיף
		לא הפעלת כוח	0	עומדה ללא הפעלת כוח, כגון בעיסוקים מנהליים.	הרכבת רכיבים אלקטטרוניים, הדבקת תוויות, פיקוח על לח' בקרה, בקורס aicoot, עיסוקים מנהליים, הדפסה, הקלדה.
		עד 2 ק"ג	2	הפעלה מוגעתה של כוח.	ריתוך, הפעלה ידנית של מכונה לעיבוד шибבי, תפירה, מכונת ארגינה, סריגנה, צבעה, הרכבה המכנית קלה.
		2-5 ק"ג	3-4	עומדה המחייבת הפעלת כוח	מסגרות יד (ניסור, פיצור, קידוח) תפירה כבידה במכונה (אבריזין) טפסנות, מכונות קלה, מחסנות חלקית חילוף.
		6-10 ק"ג	5-6	רבי	הפעלת מספרי פח, הרכבת מכלים כבדים, מכונות כבדה.
		11-15 ק"ג	7-9	רבי	שיוף קשה של מתכת, תחזוקת כבישים.
		מעל 15 ק"ג	לפי נוסחה (כוח) 0.35·F <sup>1.2</sup>	רבי	פינוי אשפה, סבלות.
		רגיל	0	לא קיים מאמצז עניינים מעל רגיל.	אריזה שאינה מחייבת הסתכלות רצופה, סידור Kartutanim, שליחות.
		מעל לרגיל	1	הסתכלות מוגצת לסייעון, קריאת מכשירי מדידה, עומדה מול מסוף.	הפעלה מכונות כלים, חפירה, סלילה, הרכבה, פיקוח על מכשירים, עיסוקים שעיקרים קראייה, עבודה מול מושך, הדפסה, הקלדה.
		רב	2	הסתכלות מוגצת ורצופה שנושאת ההסתכלות משתנה לא הפסק.	ריתוך, סריגנה במכונה, הרכבה במיקרו אלקטטרונית לא מכשור ראייה, מיין ובורו, ቢקורסיות איכות ויזואלית, מדידה במשירים, شرطוט, הגהה.
		רב במיוחד	3	הסתכלות מוגצת, כגון באמצעות מכשיר אופטי, בקורת איכות של מוצרי תנוועה.	השלמת תאים, הרכבה באמצעות מיקרוסkop, בקורס בקבוקים בקו מילוי.

## II טבלת עזר לחישוב תוספות המנוחה - מאמצ נפשי

היבט	גורם	מרכיבי התוספת	אחוז התוספת	תיאור המרכיב או המחשתו	עיסוקים אופייניים
ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב	רגילה		1	עבודה מהחייבת תשומת לב רגילה.	סלילת חוטים, אריזה, תחזוקת כבישים, סבלות, שליחות.
ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב	ביןונית		2-3	עבודה מהחייבת תשומת לב מעל לרגיל, כגון ביצור דיקני.	יעמוד שבבי, ריתוך, מסגרות, חפירה, הרכבה, פיקוח חדר בקרה, ביקורת איכות, חשיבות, הדפסה, הקלדה, קבלת קחל, עבודות סייעוד בבית חולמים.
ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב	רבה		4	עבודה מהחייבת דרישות או תשומת לב מיוחדת, כגון בvikורת מהложен.	הרכבה מיקרו אלקטרוני, מנופאיות, נהיגה, שרטוט.
ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב	רגיל		1	עבודה בתהליך שאיןו מחייבים ממשך שליל מעל לרגיל.	אריזה, ביקורת איכות בשיטת>User- לא עורך, טעינה או פריקה.
ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב	מעל לרגיל		2	עבודה מהחייבת שיקול דעת לעוינים קרובות.	יעמוד שבבי, מבטלנות, הפעלת מכונות ארגאה, הרכבה, ביקורת איכות לפי משותנים, נהיגה, הפעלת מחשב, חשיבות, הדפסה, הקלדה, קבלת קחל.
ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב	רב		3	עבודה מהחייבת קבלת החלטות המותבססת על גורמים רבים.	פיקוח על תהליכי, איתור תקלות, ניהול קבוצת עובדים, עבודות סייעוד בית חולמים.
ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב	מיוחד		4	עבודה שעיקרה תהליכי מחשבתי רצוף, כגון תכנות.	תוכנות, תיקון.
ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב	בלתי נהיגה (מעל 25 מ/ד)		0	עבודה בעיסוק הכלול גיוון.	הפעלת מכונות, תפירה, סילילת חוטים, ארגאה, הרכבה ורגילה, פיקוח, הדפסת מכתב.
ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב	6-25 מ/ד		1-4	עבודה מונוטונית.	הפעלת מכבש, אריזה במוחזרים קצריים.
ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב ט ב	5 ומטה		5	עבודה מונוטונית באופן חריג.	עטיפת פרי.

### III טבלת עזר לחישוב תוספות המנוחה - סביבת עבודה

היבט	גורם	התוספת	אחוז התוספת	תיאור המרכיב או המחשבתו	עיסוקים אופייניים
תאורה	רגילה	תאורה רגילה.	0	תאורה בעוצמה משתנית.	הפעלת מכונות, עיסוקים מנהליים.
	בלתי נוחה	תאורה בעוצמה בלתי מספקת.	1	תאורה בעוצמה בלתי מספקת.	עבודות מושך, עבודה רצופה מול מסוף.
	בלתי מספקת	תאורה בעוצמה בלתי מספקת.	2	עבודה בתוך מיכלים, עבודות כרייה.	עבודה בתוך מיכלים, עבודות כרייה.
	בוהקת	עבודה במצב של סנוור, המחייבת בד"כ משקפי מגן, כגון ריתוך בשרות חשמלית.	3	ריתוך, חיתוך אוטוגנני.	ריתוך, חיתוך אוטוגנני.
טמפרטורה	רגילים	סביבת עבודה ללא תנאים מקשימים.	0	סביבת עבודה לא תנאים מקשימים.	הרכבה, עיסוקים מנהליים.
	בלתי נוחים	תנאים בלתי נוחים, כגון רعش כל עד בניוני (phone, 50-70, ריח לא נעים או אבק, חוסר אוורורו.	1-2	עבודה בעוצמה גבוהה, אריגה, תפירה, הפעלת מתקנים כימיים, עבודות מושך, מכונות, נהיגה, עבודות סיעוד.	הפעלת מכבש, הפעלת מכונות לעיבוד עצ, אריגה, תפירה, הפעלת מתקנים כימיים, עבודות מושך, מכונות, נהיגה, עבודות סיעוד.
	קשיים	עבודה ברعش כבד (71-100) phone או בנסיבות אדים ווגים, או בלכלוך רב.	3-4	סימון, ניסור אבן, עבודות בורסקאות, עבודות במשחתה, צביעה בריסוס, פינוי אשפה.	סימון, ניסור אבן, עבודות בורסקאות, עבודות במשחתה, צביעה בריסוס, פינוי אשפה.
	קשיים במיוחד	סביבת עבודה קשה במיוחד המחייבת בגדי מגן או מסכת נשימה.	5-6	ניקוי ברורות שופכנים.	ניקוי ברורות שופכנים.
טמפרטום גוף	נוחים	טמפרטורה גוף (14°-24°) ולחות רגילה.	0	עבודה מושדרת, עבודה באולמות יצור רגילים.	עבודה מושדרת, עבודה באולמות יצור רגילים.
	בלתי נוחים	טמפרטורה גוף (20°-30°) או (11°-13°) ולחות גבואה.	1-2	עבודה באולמות יצור עם לחות גבואה, נהיגה, חצרנות, מהסנות חוץ.	עבודה באולמות יצור עם לחות גבואה, נהיגה, חצרנות, מהסנות חוץ.
	קשיים	טמפרטורה גוף (31°-40°) ולחות גבואה.	3-5	עבודות בנין, חקלות, יציקה, עבודה בתוך מיכל, עבודה בחדר קירור, עבודות במקום לא מקורה.	עבודות בנין, חקלות, יציקה, עבודה בתוך מיכל, עבודה בחדר קירור, עבודות במקום לא מקורה.
	קשיים במיוחד	טמפרטורה גוף (0°-10°) או (40°-40°) ולחות גבואה.	6	עבודות ליד תנור.	עבודות ליד תנור.

## תרגיל - חישוב תוספות אי הרציפות (תא"ר)



מבחן תוספות אי הרציפות בעבודתו של מסגר המרתך בקשת ידנית ידוע כי העבודה מבוצעת בעמידה, הכוח המופעל עד 2 ק"ג, מאיץ עיניים רב במיוחד, תשומת לב בינונית, מאיץ שכלי מעל לרגיל, לא קיימת מונוטוניות בעבודתו, העובד עובד באור יום מלא אך חשוב לסנור, תנאי סביבה בלתי נוחים, תנאי אקלים קשים מאוד, תוספות אישיות 5%, תוספת לתקלות בלתי נמנעות 3%.

## פתרון



נשלים טבלת עזר לחישוב תוספות אי הרציפות.

תאור הפעולה	התוספת (ב אחוזים)	לוח תוספות אי רציפות
העבודה מבוצעת בעמידה	3	מאיץ גופני
הכוח המופעל עד 2 ק"ג	2	
מאיץ עיניים רב	2	
תשומת לב בינונית בין 2 ל-3%	3	מאיץ נפשי
מאיץ שכלי מעל לרגיל	2	
לא קיימת מונוטוניות בעבודתו	0	
העובד עובד באור יום מלא אך חשוב לסנור	3	סביבה העבודה
תנאי סביבה בלתי נוחים	2	
תנאי אקלים קשים מאוד	5	
	5	אישיות
	3	תב"ג
	30%	(a+b)סה"כ תא"ר

סה"כ תוספות אי הרציפות של עבודה הרתך 30%, משמעות התוצאה היא שהארגון יוסיף לעובד 30% זמן היסוד עבור תוספות אי רציפות.

## זמן מוקצב

### זמן מוקצב לביצוע אלמנט

הזמן המוקצב לביצוע אלמנט הינו הזמן שהוא מקציב הארגון לביצוע אלמנט העמודה הנחקר, הזמן המוקצב כולל את הזמן המדווד לאחר הוצאת חריגים הכלול בתוצאות ביצוע העמודה ובתדריות האלמנט וככל תוספות אי רציפות לתהליך העבודה.



נוסחת החישוב לחישוב הזמן המוקצב לאלמנט:



ניתן לבצע חישוב גם באמצעות הנוסחאות:

$$Z_i = t m_i \cdot R_i \cdot F_i \cdot (1+a+b)_i = L_i \cdot F_i \cdot (1+a+b)_i = j_i \cdot (1+a+b)_i$$

ו - מייצג את מספר האלמנט

### חישוב הזמן המוקצב למוצר / תהליך עבודה

הזמן המוקצב למוצר/תהליך עבודה זה זמן העבודה שעמרו מקציב הארגון את המשאבים הדרושים לייצור המוצר מבחרית משך זמן הביצוע ושכר העבודה, הזמן המוקצב מהוות את תקון הזמן לייצור המוצר שעליו מסתמך הארגון בנושאים שונים כגון: קבלת החלטות תפעוליות, בחינת יעילות העבודה, קביעת ערך שכר העידוד שיקבל העובד, קביעת תמחיר המוצר, תכנון קיובלת יצור וכו'.

הזמן המוקצב למוצר הינו סה"כ הזמן המוקצבים של כל האלמנטים המבוצעים במהלך תהליך העבודה הנחקר, חישוב הזמן המוקצב מבוצע באמצעות הנוסחה:



$$Z = \sum_{i=1}^n z_i$$



$$Z = \sum_{i=1}^n t m_i \cdot R_i \cdot F_i \cdot (1+a+b)_i = \sum_{i=1}^n L_i \cdot F_i \cdot (1+a+b)_i = \sum_{i=1}^n J_i \cdot (1+a+b)_i$$

או

כדי לסייע באיסוף הנתונים ובחישוב הזמן המוקצב נוהגים להשתמש בගיליון חקר זמן לעבודה מחזורתית.

### גיליון חקר זמן לעבודה מחזורתית

גיליון המשמש ככלי עזר לרישום תהליכי העבודה הכלול בזמן מדווד וקבע עבור כל אחד מהאלמנטים.

בגיליון שני חלקים:

א - **כותרת התרשימים** - נתונים על העובד, החוקר ותהליכי העבודה.

ב - **תהליכי העבודה** - תאור תהליכי העבודה לאחר הוצאה חריגים ומציאת הזמן המדוודים וקבע העבודה של כל האלמנטים המבוצעים בתהליכי העבודה.

דוגמת גילוין חקר זמן לעבודה מחזורית:

תאריך:		גילוין חקר זמן לעבודה מחזורית			
דצ' מס'	מთוך	הארגון:			
		<b>א</b>		תחנת עבודה:	
				מחלקה:	
		העובד הנחקר, שם העובד: גבר <input type="radio"/> אישה <input type="radio"/> מאומן <input type="radio"/> מתחילה		התהיליך הנחקר:	
		התחלת החקירה: גמר החקירה:		שם החוקר:	
		מצב גוף: עומדים <input type="radio"/> יושבים <input type="radio"/> לא טבאי <input type="radio"/> תנאי העבודה:			
הערות	קצב (בأחוזים)	זמן מודוד	תאור האלמנט		מספר
			<b>ב</b>		

חלק א' - כוורתת התרשימים המתארת את פרטי החקירה.

חלק ב' - תאור תהליך העבודה כולל זמנים מודדים, הערכת קצב והערות.



### תרגיל - חקר זמן מחזורי



במפעול "אור ליל" לייצור נורות חשמליות בוצע חקר זמן מחזורי במחלקת הנורות

על עובדת המרכיבה את תומכת הסליל בנורה (החלק הפנימי בנורה).

תומכת הסליל מורכבת ממכלולן זוכנית באורך 11 מילימטר ובתוכו סיכת טונגסטן

המחוברת לשולש חוטי טונגסטן.

נתון כי תוספות אי הרציפות לתהליך העבודה הן 16%.

בגילוון חקר הזמן המצויר נאספו נתוני החקירה:

תאריך: ۲.۱.۲۰۰۴		גיליון חקר זמן לעובדה בלתי מוחזרית		
דף מס' ۱ מתוך ۱		הארגון: אפל ג'י "איל ג'י"		
תחנת העבודה: פיכא אאכט פטני			מחלקה: אפקט ריאל	
העובד הנחקר, שם העובד: ליאת אלחן גבר <input type="radio"/> אישה <input checked="" type="checkbox"/> מאומן <input checked="" type="checkbox"/> מתחילה			התהיליך הנחקר: פיכא אאכט פטני	
שם החוקר: איקם אל <ul style="list-style-type: none">גמר החקור: גרייה אקלין</ul>		שם החוקר: איקם אל		
מצב גוף: עומד <input type="radio"/> יושב <input checked="" type="checkbox"/> לא טבעי			תנאי העבודה: סביבה פיטימלית, ייחול גוף רלוונט	
מספר	תיאור האלמנט	זמן מדוד (בשניות)	קצב (באחוזים)	הערות
1	גראף אקלין נכסי אפקטס	8	115	
2	אנטנס אאל פאקלין נאכטוי	19	100	
3	אכיסת סיכן קארלון גראקלין	16	105	
4	אנטנס חיל קארלון גראקלין גיסכה אקלין	18	110	אנטנס קפואן חיל
5	אנטנס אאל סטאלילם חיל גראלון	6	95	אנטנס קפואן חיל
6	אנטנס אאל קטאלם חיל גראלון גראקלין	10	100	אנטנס קפואן חיל
+	אנטנס אאל גראקלין נאכט	6	110	

הנץ נדרש:

- חישב זמן מוקצב להכנת תומכת סליל של הנורה.
- חישב מספר מדידות נדרש לאלמנט 3 (הכנסת סיכת טונגסטן למקלון) ברמת אמינות של 95% ואי דיווק 5%, נתון כי סטיית התקן של האלמנט היא 2.2.
- מהו האי דיווק של אלמנט 2 (חימום המקלון במקשייר), ברמת אמינות של 95%, נתון כי סטיית התקן של האלמנט היא 1.6, בוצעו 20 מדידות.
- חישב רמת אמינות באחזוים לאלמנט 5 (קיצוץ שאריות החוט), נתון כי מספר התצפיות שבוצעו 20 תצפיות. סטיות התקן של האלמנט 0.65, נדרשת רמת אי דיווק של 5%.

## פתרונות - חקר זמן מחזורי



### א. חישוב הזמן הממוקצב

נמיר את קצב ביצוע האלמנט מ坎坷זים לשבר עשרוני ונקבע את תדריות ביצוע האלמנטים:

קביעת התדריות <b>F</b>	קצב - R (שביר עשרוני)	אלמנט
<b>F<sub>1</sub> = 1:1</b> פעולת לקיחת מקלון זכוכית מבוצעת עבור תומכת סליל אחת (ሞצר אחד), מבוצעת פעולה אחת עבור מօצר אחד ולכן התדריות היא 1:1	$R_1 = \frac{110}{100} = 1.1$	1
<b>F<sub>2</sub> = 1:1</b> פעולת חימום מקלון הזוכבית מבוצעת עבור תומכת סליל אחת (ሞצר אחד), מבוצעת פעולה אחת עבור מօצר אחד ולכן התדריות היא 1:1	$R_2 = \frac{100}{100} = 1$	2
<b>F<sub>3</sub> = 1:1</b> פעולת הכנסת סיכת טונגסטן למקלון מבוצעת עבור תומכת סליל אחת (ሞצר אחד), מבוצעת פעולה אחת עבור מօצר אחד ולכן התדריות היא 1:1	$R_3 = \frac{105}{100} = 1.05$	3
<b>F<sub>4</sub> = 3:1</b> פעולת השחלת חוט הטונגסטן למקלון מבוצעת שלוש פעמים, פעם אחת עבור כל חוט. תומכת הסליל מורכבת משולשה חוטי טונגסטן ולבן הפעולה מבוצעת שלוש פעמים עבור מօצר אחד - התדריות היא 3:1	$R_4 = \frac{110}{100} = 1.1$	4
<b>F<sub>5</sub> = 3:1</b> פעולת קיצוץ שאריות החוט מבוצעת שלוש פעמים, פעם אחת עבור כל חוט. תומכת הסליל מורכבת משולשה חוטי טונגסטן ולבן הפעולה מבוצעת שלוש פעמים עבור מօצר אחד - התדריות היא 3:1	$R_5 = \frac{95}{100} = 0.95$	5
<b>F<sub>6</sub> = 3:1</b> פעולת סלסול קצוות החוט למגעל קטן מבוצעת שלוש פעמים, פעם אחת עבור כל חוט. תומכת הסליל מורכבת משולשה חוטי טונגסטן ולבן הפעולה מבוצעת שלוש פעמים עבור מօצר אחד - התדריות היא 3:1	$R_6 = \frac{100}{100} = 1$	6
<b>F<sub>7</sub> = 1:1</b> פעולת הנחת תומכת הסליל במתלה מבוצעת עבור תומכת סליל אחת (ሞצר אחד), מבוצעת פעולה אחת עבור מօצר אחד ולכן התדריות היא 1:1	$R_7 = \frac{110}{100} = 1.1$	7

נסכם את הנתונים שחושו ונחשב זמן יסוד עבור כל אחד מהאלמנטים המבוצעים במחזור העבודה של העבודה:

זמן יסוד <b>j</b> (שניות)	תדרות <b>F</b>	קצב- <b>R</b> (בשערוני)	זמן מודוד <b>tm</b> (שניות)	אלמנט
$j_1 = tm_1 \cdot R_1 \cdot F_1 = 8 \cdot 1.1 \cdot \frac{1}{1} = 8.8$	1:1	1.1	8	1
$j_2 = tm_2 \cdot R_2 \cdot F_2 = 12 \cdot 1 \cdot \frac{1}{1} = 12$	1:1	1	12	2
$j_3 = tm_3 \cdot R_3 \cdot F_3 = 16 \cdot 1.05 \cdot \frac{1}{1} = 16.8$	1:1	1.05	16	3
$j_4 = tm_4 \cdot R_4 \cdot F_4 = 18 \cdot 1.1 \cdot \frac{3}{1} = 59.4$	3:1	1.1	18	4
$j_5 = tm_5 \cdot R_5 \cdot F_5 = 6 \cdot 0.95 \cdot \frac{3}{1} = 17.1$	3:1	0.95	6	5
$j_6 = tm_6 \cdot R_6 \cdot F_6 = 10 \cdot 1 \cdot \frac{3}{1} = 30$	3:1	1	10	6
$j_7 = tm_7 \cdot R_7 \cdot F_7 = 6 \cdot 1.1 \cdot \frac{1}{1} = 6.6$	1:1	1.1	6	7
סה"כ זמן יסוד להרכבת תומכת הסליל של נורה:				
$J = \sum_{i=1}^7 j_i = j_1 + j_2 + j_3 + j_4 + j_5 + j_6 + j_7$ $\downarrow$ $J = \sum_{i=1}^7 j_i = 8.8 + 12 + 16.8 + 59.4 + 17.1 + 30 + 6.6 = 150.7$ <span style="float: right;">שניות</span>				

מכאן, זמן היסוד להרכבת תומכת הסליל כ- 150.7 דקות.  
תוספות אי הרציפות זהות עבור כל אחד מהאלמנטים, לכן נכפיל את זמן היסוד בתוספות אי הרציפות לקבלת הזמן המוקצב:

$$Z = J \cdot (1+a+b) = 150.7 \cdot 1.16 = 174.81 \approx 175$$

הזמן המוקצב להרכבת תומכת הסליל בנורה הוא 175 דקות.

נתרגם את הזמן לדקות: דקוט  $\frac{175}{60} = 2.92$ , מכאן שהזמן המוקצב להרכבת תומכת הסליל הוא **2.92** דקות.

**הערה:** במידה ותוספות אי הרציפות של האלמנטים אינן זהות, נדרש לחשב זמן מוקצב עבור כל אלמנט בנפרד \*  
ולחבר את סה"כ הזמןים המוקצבים כדי לקבוע את זמן התקן הדרוש לייצור המוצר.

**ב. חישוב מספר מדידות נדרש לאלמנט 3:**

**נתונים:**

סטיות התקן של אלמנט 3:  $\sigma_3 = 2.2$

זמן המדוד של אלמנט 3:  $tm_3 = 16$  שניות

רמת אמינותה הנדרשת:  $K_3 = 95\% = 1.96$  באחוזים

אי הדיווק הנדרש:  $r = 5\% = 0.05$  באחוזים

נוסחת חישוב מספר המדידות הנדרש:

$$N = \left[ \left( \frac{K \cdot \sigma}{r \cdot tm} \right)^2 \right]^{+}$$

נציב בנוסחה:

$$N_3 = \left[ \left( \frac{1.96 \cdot 2.2}{0.05 \cdot 16} \right)^2 \right]^{+} = 29.052 \Rightarrow 30$$

↓  
מדידות

לכן, מספר המדידות הנדרש לאלמנט 3 ברמת אמינות של 95% ואי דיווק 5% הוא 30 מדידות.

**ג. חישוב אי דיווק לאלמנט 2:**

**נתונים:**

זמן מדוד לאלמנט 2:  $tm_2 = 12$  שניות

סטיות התקן לאלמנט 2:  $\sigma_2 = 1.6$

רמת אמינותה הנדרשת:  $K = 95\% = 1.96$  באחוזים

מספר המדידות שבוצעו לאלמנט 2:  $n = 20$

נוסחת חישוב אי דיווק:

$$r = \pm \frac{K \cdot \sigma}{\sqrt{n} \cdot tm}$$

נציב בנוסחה:

$$r_2 = \pm \frac{1.96 \cdot 1.6}{\sqrt{20} \cdot 12} = 0.058$$

↓

מכאן אי הדיווק של אלמנט 2 הוא  $\pm 5.8\%$ .

## 2. חישוב רמת אמינות לאלמנט 5:

נתונים:

$$tm_5 = 6 \text{ שניות}$$

זמן מודוד לאלמנט 5:

$$\sigma_5 = 0.65$$

סטיות התקן של אלמנט 5:

$$n_5 = 20$$

מספר המדידות שנוצרו בפועל עבור אלמנט 5:

$$r = 5\% = 0.05$$

אי הדיווק הנדרש:

נוסחת חישוב רמת האמינות:

$$K = \frac{\sqrt{n} \cdot r \cdot tm}{\sigma}$$

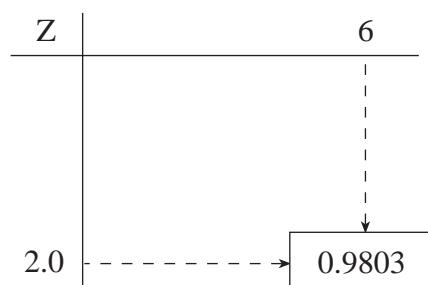
נציב בנוסחה:

$$K_5 = \frac{\sqrt{20} \cdot 0.05 \cdot 6}{0.65} = 2.06$$

סטיות התקן

נתרגם את רמת האמינות מסטיות תקן לאחוזים:

נחפש בטבלת ההתפלגות הנורמלית את הערך המתאים ל-2.06 סטיות תקן.



ומכאן רמת האמינות באחוזים:

$$(0.9803 \cdot 2) - 1 = 0.9606 \Rightarrow 0.9606 \cdot 100 = 96.06\%$$

ומכאן רמת האמינות של אלמנט 5 הוא 96.06%.

## חישוב יעילות ביצוע העבודה (E)

היעילות מוגדרת כדרגת ההתאמה בין ביצועי העובד לבין תקן הזמן, ככל שיעילות העובד גוברת יותר כך יוכל העובד ליצירר מספר מוצרים רב יותר ביחידת זמן נתונה.

היעילות מחושבת בעזרת הנוסחה:

$$E = \frac{Z}{T} = \frac{\text{זמן מוקצב}}{\text{זמן בפועל}}$$

**E** - **יעילות הביצוע**  
**Z** - **זמן המוקצב לביצוע**  
**T** - **זמן ביצוע בפועל**

היחס בין משך הביצוע לבין המוקצב:

יעילות העבודה	היחס בין משך הביצוע לבין המוקצב
<b>E&lt;100%</b>	זמן הביצוע גדול מהזמן המוקצב
<b>E=100</b>	זמן הביצוע שווה בזמן המוקצב
<b>E&gt;100%</b>	זמן הביצוע נמוך מהזמן המוקצב

חישוב היעילות מסייע בהפעלת שיטות שכר עידוד בארגון, ובהתאם לרמת השכר למאץ המושקע ע"י העובד ביצוע עבודתו.

כאשר מעוניינים לחשב יעילות לצוות עובדים או לעובד המיציר מספר סוגים מוצרים נחשב את סה"כ הזמן המוקצב לביצוע כל המוצרים (ע"י כל העובדים) ונחלק בזמן הביצוע בפועל של כל העובדים.

$$E = \frac{\sum ZQ}{\sum T}$$

**T** - סה"כ הביצוע של כל העובדים  
**Q** - היקף הייצור

### תרגיל - דוגמת חישוב יעילות הביצוע:



מצאו כי הזמן המוקצב להכנת תומכת הסליל של הנורה הינו 2.9 דקות, המפעל מעוניין לבדוק את יעילות הביצוע של אחת מעובדות המחלקה, המפעל ערך חקר במשך 4 שעות ומצא כי במהלך החקר יצרה העובדת 95 תומכות סליל, מהו יעילות הביצוע של העובדת?

**פתרון:**



נחשב את יעילות הביצוע:

$$E = \frac{\sum Z \cdot Q}{\sum T} = \frac{2.92 \cdot 95}{4 \cdot 60} = \frac{277.4}{240} = 1.16 \rightarrow 1.16 \cdot 100 = 116\%$$

מכאן נובע כי יעילות העבודה היא 116% (כ-16% מעל היעילות הנורמלית).

## **קביעת זמן מוקצב לחקר זמן לא מחזורי - חקר זמן רציף**

חקר זמן לא מחזורי (חקר זמן רציף) עונה על הצורך בבחינת תהליך עבודה שבו קיימת שוננות גדולה בין הפעולות המבוצעות ע"י העובד או כאשר קיימים מספר רב של אלמנטים בוחזור העבודה, תזרות ביצוע האלמנטים נמוכה או שזמן המחזור ארוך יחסית. בחקר זמן זה אנו מחלקים את הפעולות למספר קבוצות ומחשבים את הזמן המוקצב לתהליכי העבודה.

המחקר נקרא חקר זמן רציף מפני שהמדידה בדר"כ מוצעת בשיטת המדידה רציפה - מדידה שבה מופעל שעון העctr בתחלת תהליכי העבודה. בסיום כל פעילות נרשם זמן סיום הפעולות בטופס מצורף ולאחר מכן מחשבים מתמטית את זמני הפעולות השונות מתוך דפי הנתונים.

חקר זמן לא מחזורי מתרחש על עבודה שהאלמנטים המרכיבים אותה הם אלמנטים לא מחזוריים (פעולות המבוצעות אחת למספר רב של מוצרים או תהליכי עבודה), פועלות לא מחזוריות מתחולקות למספר סוגים:

- א. פועלות שתידירותן נמוכה - פועלות המבוצעות עמר מספר רב של מוצרים, ואין חוזרות על עצמן בוחזוריות קצרת זמן, כגון: פעולות אחיזה, ארגון כמות גדולה של חומר גלם לעבודה (הנשחת זמן רב).
- ב. פעולה בעלת סדר אלמנטים לא קבוע - כאשר סדר ביצוע הפעולות משתנה מעבודה לעובדה, כגון: יצור חלקים שונים, יצור דגמים שונים ביצוע פעולות אחיזה או תיקון אקרים.
- ג. פעולות שאין עקבות ביצוען - פועלות שלא מ被执行人ות תמיד, לעיתים הן מ被执行人ות ולעיתים לא, כחלק מתוכנית הייצור, כגון: פעולות אחסון, ניקיון, תיקון פגמים במוצר, תחזוקת המכונה במהלך הייצור.

### **מיון האלמנטים**

**אלמנטים ישירים** - אלמנטים המבוצעים כחלק בלתי נפרד מביצוע העבודה (בעלי קצב).

**אלמנטים עקיפים עם קצב** - אלמנטים בעלי קצב המבוצעים למען ביצוע העבודה.

\* **האלמנטים היישרים והעקיפים עם קצב מחושבים בתרגיל בקורס דומה.**

**אלמנטים עקיפים ללא קצב ואלמנטים בלתי נמנעים** - אלמנטים ללא קצב המ被执行人ים למען ביצוע העבודה, האלמנטים מהווים את הפעולות הבלתי נמנעות (פעולות TAB).

**אלמנטים נמנעים** - אלמנטים שלא שייכים לתהליכי העבודה ולכן ניתן לבטלן.

### **שלבי עבודה לפיתרון חקר זמן רציף:**

שלב ראשון - מיון האלמנטים לאלמנטים ישירים, עקיפים עם קצב, עקיפים ללא קצב ונמנעים.

השנתת האלמנטים הנמנעים, חישוב זמני התקלות וההפרעות בתהליכי העבודה.

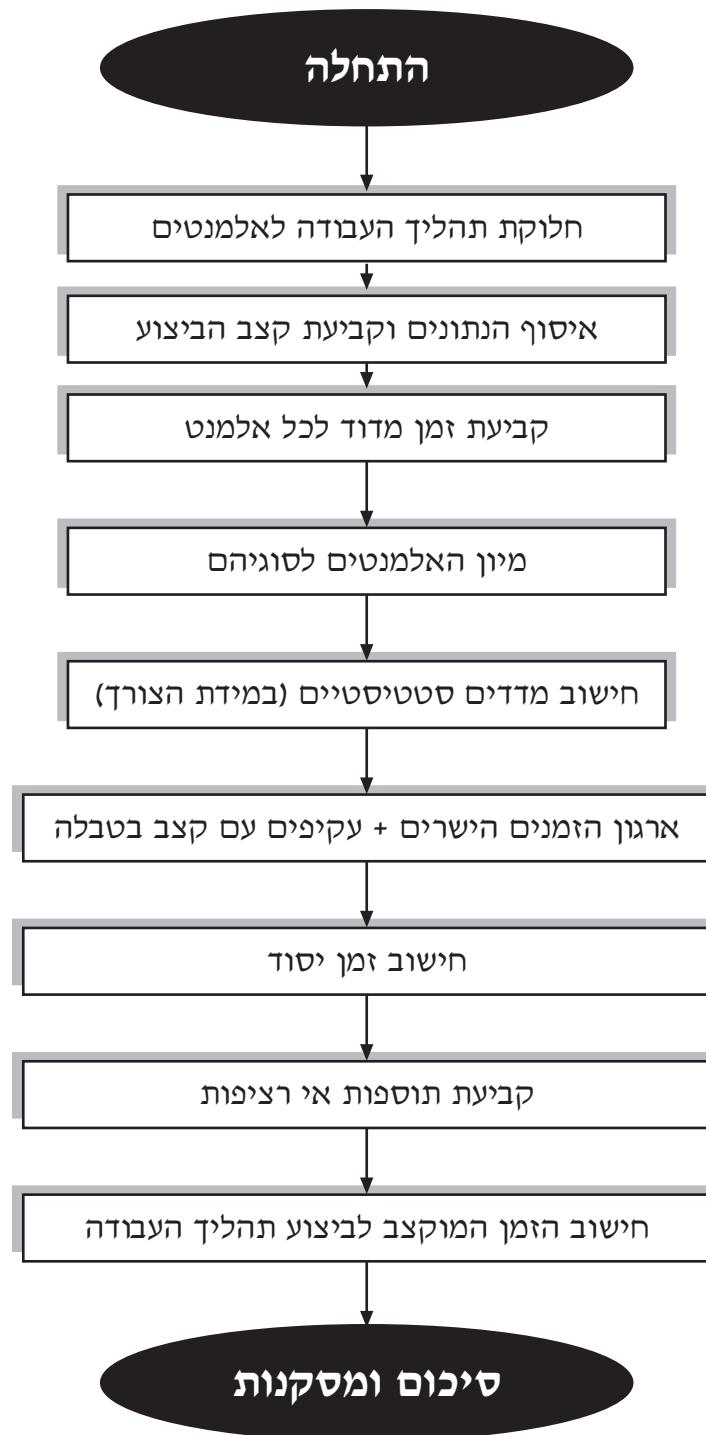
ארון הפעולות היצרניות לצורך ביצוע החישובים.

שלב שני - חישוב זמן מוחזור (זמן יסוד).

שלב שלישי - חישוב התבין (אחוו הזמן עבר תקלות בלתי נמנעות).

שלב רביעי - חישוב זמן מוקצב לביצוע העבודה.

## תרשים זרימה לחישוב זמן מוקצב לתהליך לא חוזר



**מגבליות חקר זמן לא מוחזרי:**

בד"כ מס' המידידות נמוך ולכן קשה להגיע למסקנות ברמת דיווק גבוהה או לבצע חישובים סטטיסטיים, כגון: הוצאת חריגים, חישוב סטיות תקן, חישוב אי-דיוק ורמת אמינות.

**הנוסחאות המשמשות לחישוב חקר זמן מוחזרי משמשות גם לחישוב חקר זמן לא מוחזרי.**

לצורך אישור הנתונים משתמשים בטופס גיליון חקר זמן לעבודה בלתי מוחזרית:

גיליון חקר זמן לעבודה בלתי מוחזרית						
תאריך:	דף מס' :	הארגון:				
מთוך						
תחנת עבודה:		מחלקה:				
<input type="radio"/> אלפא <input checked="" type="radio"/> העובד הנחקר, שם העובד: <input type="radio"/> מאומן <input type="radio"/> אישה <input type="radio"/> גבר <input type="radio"/> מתחילה		התהיליך הנחקר:				
התחלת החקירה:		שם החוקר:				
מצב גופו: עומד <input type="radio"/> יושב <input checked="" type="radio"/> לא טבעי		תנאי העבודה:				
מס'	תקציב (בחזויות)	זמן מודוד (בדיקות)	זמן רציף (בדיקות)	תדירות	תיאור האלמנט	

**ב**

חלק א', כוורת התרשימים - פרטי החקר.

חלק ב', תאור תהיליך העבודה כולל זמני ביצוע, הערכת קצב ותדרות הביצוע.

## תרגיל - חקר זמן לא מחזורי



בבית החולים "בריא וטוב לי" נערך חקר זמן מחזורי על עבודה רופאת עיניים בשעת ביצוע ניתוח מיקוד רשתית העין (לשיפור הראייה), תהליך העבודה מתואר בטבלה:

תאריך: 24.11.2004		גיליון חקר זמן לעובדה בלתי מחזورية				
הארగון: ניר חוויל - "בריא וטוב לי"		דף מס' 1 מתוך 5				
תחנת עבודה: חגי זיוה אקלטאג'לעיג'					המחלקה: פיניים	
העובד הנחקר, שם העובד: פלאטסרג אלים אלטן גבר <input type="radio"/> אישה <input checked="" type="checkbox"/> מאומן <input checked="" type="checkbox"/> מתחילה					התהיליך הנחקר: זיהוי פרטיים גנטיים	
התחלת החקירה: פין נאי		שם החוקר: אובי פלן				
מצב גוף: עומד <input checked="" type="checkbox"/> יושב <input type="radio"/> לא טבעי					תנאי העבודה: צווגייניק חובי זיהוי	
מספר	תיאור האלמנט	תדירות (בדיקות)	זמן רציף (בדיקות)	זמן מידוד (בדיקות)	קצב (באחיזים)	מס'.
1	פין נאי פלאטסרג סל החזקה	0.4	1:1	-	-	
2	זיהוי פרטיים גנטיים נטה	1	1:1	-	-	
3	זיהוי פרטיים החואל אונסן	2	1:1	110	-	
4	פינט זיהוי פרטיים חואל גנטאף	2.5	1:1	90	-	
5	פינט זיהוי פרטיים נטה אנטיבי	2.9	1:1	90	-	
6	גנטז זיהוי פרטיים חואל גנטאף	3.9	1:1	-	-	
7	פינט זיהוי פרטיים נטה אנטיבי	4.7	1:1	110	-	
8	פינט זיהוי פרטיים נטה אנטיבי דיאט	5.2	1:1	90	-	
9	פינט זיהוי פרטיים גנטז	6.2	1:1	120	-	
10	זיהוי פרטיים גנטז אנטיבי גנטז גנטז	7.2	1:1	-	-	
11	פינט זיהוי פרטיים גנטז	8.4	1:1	90	-	
12	פינט זיהוי פרטיים גנטז גנטז	9.2	1:1	100	-	
13	חילוף חומר גנטז גנטז גנטז	10.6	1:1	90	-	
14	האטפר חואל גנטאף	11.1	1:1	90	-	
15	אנטז זיהוי גנטז גנטז אנטיבי	12	1:1	100	-	

תאריך: 24.11.2004		גיליון חקר זמן לעבודה בלתי מחייבת				
דף מס' 9 מתוך 9		הארגון: פיא חומי - "מרכז אומס ג'", המחלקה: פירעום				
תחנת עבודה: חכר זיוה איכטאג פירעום						
העובד הנחקר, שם העובד: פלאפנסט איזק אלטן גבר <input type="radio"/> אישה <input checked="" type="radio"/> מאומן <input checked="" type="radio"/> מתחילה						
שם החוקר: אורן גולדמן מספר החקירה: פיקא גלן		התחלת החקירה: סיום היום				
מצב גוף: עומדים <input checked="" type="radio"/> יושבים <input type="radio"/> לא טבעי <input type="radio"/> תנאי העבודה: אולפיין זמינה חכר זיוה						
מספר	תיאור האלמנטים	תדירות	זמן רציף (בדיקות)	זמן מודוד (בדיקות)	קצב (בأחוזים)	
16	סיום גלן מטבח אכטיג	1:1	12.3		100	
17	הטהרנהה אכטיג גלן	1:1	13		80	
18	הטהרנאלת גלן	1:1	13.2		100	
19	הטהרנאלת קומפֿיינְג גלן	1:1	13.9		100	
20	פריחת ריקאף אוילטיג קומפֿיינְג	1:1	15.2		100	
21	זילאה ראייז אטיג	1:1	15.6		90	
22	הטליג אכטיג גויניג	1:1	15.8		110	
23	טראם גומפֿיינְג מטבח גויניג	1:1	17.3		100	
24	המלחא ריקאף	1:1	19.3		100	
25	האטנא גטפלאל, גנטהא אכטיג גומפֿיינְג	1:1	20		110	
26	וילאך פלאט נאיך גומפֿאנו	1:1	21		100	

נתונים נוספים: תדירות האלמנטים 1:1, תוספות המנוחה 15%, תוספות אישיות 5%.

הנץ נדרש לחשב זמן מוקצב לביצוע ניתוח מיקוד רשתית העין בבית החולים "בריא וטוב לי".

## פתרונות תרגיל חקר זמן לא מחזורי



נחשב תחילה את הזמן המדוע לכל אלמנט, חישוב הזמן המדוע מוצע ע"י הפחיתה הזמן הרציף של האלמנט בזמן הרציף של האלמנט שמצוע לפניו לדוגמה אלמנט 4 "טפטוף חומר הרדמה" - נפחית את הזמן הרציף המופיע באלמנט 4 (טפטוף חומר הרדמה) מהזמן הרציף המופיע באלמנט 3 (ניקוי העין בחומר מחתא) ונמצא את הזמן המדוע לאלמנט 4:  $2.5 - 2 = 0.5$ , מכאן שהזמן המדוע לטפטוף חומר הרדמה הינו 0.5 דקות.

בדרכ זו נחשב את הזמן המדוע לכל אחד מהאלמנטים בתהליך העמודה. נשלים את התוצאות בטופס המצורף:

גיליון חקר זמן לעובדה בלתי מ חוזרת					
תאריך: 24.11.2004			הארגון: פיאט אוטומובילס - פראט וו ג'י		
תחנת עבודה: חניון זיהוי אקלטאמט ליריאן			מחלקה: פיקיון		
העובד הנחקר, שם העובד: פלאטסאר אילן אלטן גבר ○ אישה ✕ מאומן ✕ מתחילה ○			התהיליך הנחקר: זיהוי זיהוי גלגולאי		
שם החוקר: אילן פראי התחלת החקירה: פראי פראי			מצב גוף: עומד ✕ יושב ○ לא טבעי ○ תנאי העבודה: עליה עמידה חניה זיהוי		
מספר מס'	תיאור האלמנט	תדירות (בדיקות)	זמן רציף (בדיקות)	זמן מודוד (בדיקות)	קצב (באחיזות)
1	זיהוי גלגולאי על הוחזק	1:1	0.4	0.4	-
2	זיהוג פס נטה	1:1	0.6	1	-
3	זיהוי גלגולאי נחואן נטה	1:1	1.0	2	90
4	זיהוג חואן גלגולאי	1:1	0.5	2.5	90
5	פיסוק גלגולאי נקייה אכטיג	1:1	0.4	2.9	90
6	פאגה גלגולאי חואן גלגולאי	1:1	1	3.9	-
7	פינפל גלגולאי נקייה אכטיג	1:1	0.8	4.7	110
8	פינפל גלגולאי זיהוי דיפאום	1:1	0.5	5.9	90
9	הזיהוג נקייה גלגולאי	1:1	1	6.9	120
10	זיהוג פס נטה אסימטריה גלגולאי גטפה	1:1	1	7.9	-
11	זיהוי גלגולאי קון גלגולאי	1:1	1.9	8.4	90
12	זיהוי גלגולאי גלגולאי גזירה	1:1	0.8	9.9	100

תאריך: 24.11.2004		גיליון חקר זמן לעבודה בלתי מוחזרת				
דף מס' 9 מתוך 9		הארגון: פיא חומי - "מכירנו אתם ג'", המחלקה: פיזיון				
תחנת עבודה: חצר זיהוי אינטראקטיבית		המחלקה: פיזיון				
העובד הנחקר, שם העובד: פילופסואן אירין אליסן גבר <input type="radio"/> אישה <input checked="" type="radio"/> מאומן <input checked="" type="checkbox"/> מתחילה		התהיליך הנחקר: זיהוי חיוב אבטחה				
שם החוקר: אורן גולדמן מספר החקירה: פיקא גפן						
מצב גוף: עומדים <input checked="" type="checkbox"/> יושבים <input type="radio"/> לא טבאי		תנאי העבודה: אולפניים זמינים בחצר זיהוי				
מספר	קצב (בأחוזים)	זמן מודוד (בדיקות)	זמן רציף (בדיקות)	תדירות	תיאור האלמנט	
13	90	1.4	10.6	1:1	חילה זומיינית באנטיגרין גויאר	
14	90	0.5	11.1	1:1	גנטפר חואל גראב	
15	100	0.9	12	1:1	אנטיגר זמיינית גראזיר אנטיגרין	
16	100	0.3	12.3	1:1	סיאון גפן אנטיגרין אנטיגרין	
17	80	0.7	13	1:1	גנטפר נאנטיגרין גפן	
18	100	0.2	13.2	1:1	גנטפר נאנטיגרין גראב	
19	100	0.7	13.9	1:1	גנטיגר אנטיגרין קירז'ני גראזיר נאנטיגרין	
20	100	1.3	15.2	1:1	פאיום זקנאג אנטיגרין גראזיר	
21	90	0.4	15.6	1:1	זילאמ זאדי זטיגר	
22	110	0.2	15.8	1:1	גנטיגר אנטיגרין גויאר	
23	100	1.5	17.3	1:1	טילוגר גראזיר אנטיגרין גויאר	
24	100	2	19.3	1:1	גנטיגר גראב	
25	110	0.7	20	1:1	גנטפר גנטפר, גנטיגר אנטיגרין גנטיגר	
26	100	1	21	1:1	ויליאם פלוריאן גראק גראטאלן	

לאחר חישוב הזמן המדווד נמיין את האלמנטים לקבוצות:

מספרי האלמנטים	סוג האלמנט
3,4,5,7,8,9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25	אלמנטים ישירים
26	אלמנטים עקיפים עם קצב
1,2,6	(تب"ן) / אלמנטים עקיפים ללא קצב
10	אלמנטים נמנעים

נשميיט מהמידה את האלמנטים הנמנעים (אלמנט מס' 10).  
נחשב את סה"כ זמן היסוד לפעולות הבלתי נמנעות (تب"ן) בעזרת האלמנטים העקיפים ללא קצב.

זמן יסוד	אלמנט
0.4	1
0.6	2
1	6
2 דקות	סה"כ

מכאן זמן היסוד לפעולות תב"ן הוא 2 דקות.

**הערה:** כאשר תדיירות האלמנטים היא 1:1 וכאשר אין קצב לאלמנט, זמן היסוד שווה לזמן המדווד.

נחשב את זמני היסוד של האלמנטים הישירים והעקיפים עם קצב בעזרת הנוסחה:

$$j_i = t_{mi} \cdot R_i \cdot F_i$$

נדגים את החישוב עבור אלמנט 3 - "ניקוי העין בחומר מחתא":

$$J_3 = t_{m_3} \cdot R_3 \cdot F_3 = 1 \cdot 1.1 \cdot (1:1) = 1.1 \text{ דקות}$$

נחשב באופן דומה את זמן היסוד לכל אחד מהאלמנטים הישירים והעקיפים עם קצב.

סיכום חישוב זמני היסוד לאלמנטים הישירים והעקיפים עם קצב:

זמן יסוד (בדיקות)	תדרות האלמנט	קצב (בשער עשרוני)	זמן מדויד (בדיקות)	אלמנט / נתון
1.1	1:1	1.1	1	3
0.45	1:1	0.9	0.5	4
0.36	1:1	0.9	0.4	5
0.88	1:1	1.1	0.8	7
0.27	1:1	0.9	0.3	8
0.6	1:1	1.2	0.5	9
1.08	1:1	0.9	1.2	11
0.8	1:1	1	0.8	12
1.26	1:1	0.9	1.4	13
0.45	1:1	0.9	0.5	14
0.9	1:1	1	0.9	15
0.3	1:1	1	0.3	16
0.56	1:1	0.8	0.7	17
0.2	1:1	1	0.2	18
0.7	1:1	1	0.7	19
1.3	1:1	1	1.3	20
0.36	1:1	0.9	0.4	21
0.22	1:1	1.1	0.2	22
1.5	1:1	1	1.5	23
2	1:1	1	2	24
0.77	1:1	1.1	0.7	25
1	1:1	1	1	26
<b>17.06</b>		<b>סה"כ</b>		

מכאן - זמן היסוד לביצוע הניתוח הינו **17.06** דקות.

$$a_1 = \frac{2}{17.06} = 0.117 \approx 0.12 \quad \text{חישוב אחוז התב"נ:}$$

$$0.12 + 0.05 + 0.15 = 0.32 \quad \text{סה"כ תוספות אי הרציפות (a+b)}$$

נחשב את הזמן המוקצב לביצוע הניתוח:

$$Z = J \cdot (1+a+b) = 17.06 \cdot 1.32 \approx 22.52 \quad \text{דקות}$$

מכאן נובע כי הזמן המוקצב לביצוע הניתוח **22.52** דקות.

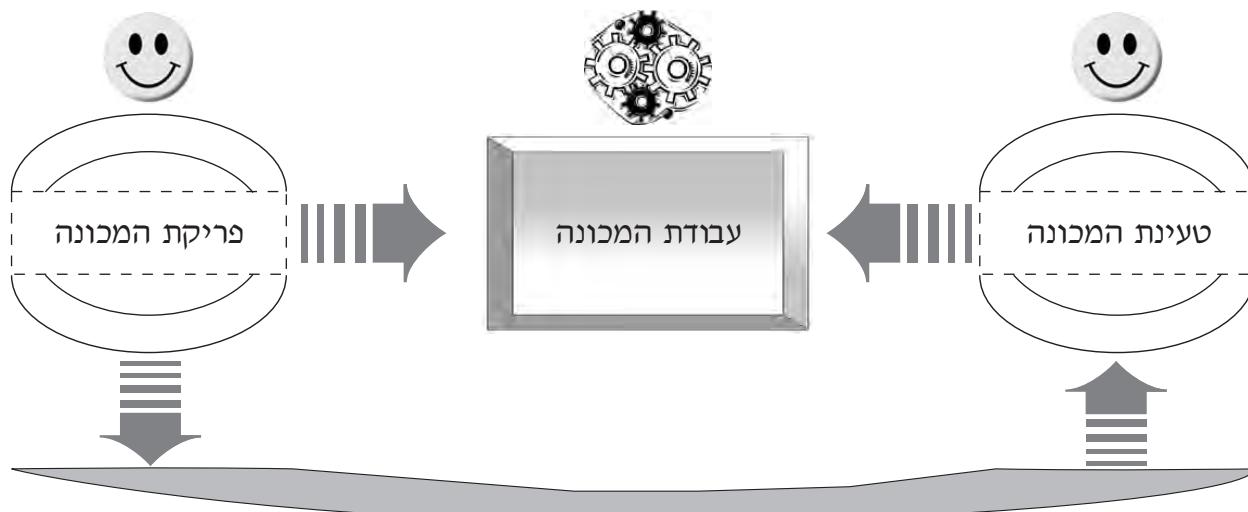
### 3.4 חקר זמן לעובד מפעיל מכונה

סמלים ומושגים המופיעים בפרק:

הסמל (הצפוי)	הסמל (רגיל)	המשתנה	הסמל (הצפוי)	הסמל (רגיל)	המשתנה
	$\alpha$	תוספת תהליך		tm	זמן מדוד
	Ke	רמת עידוד (קבוע מפעלי)		t <sub>tm</sub>	זמן מדוד פנימי
	a	אישיות + TAB		t <sub>tm</sub>	זמן מדוד חיצוני
	b	מנוחה		t <sub>tm</sub>	זמן ריק (מדוד)
	T	זמן המכונה		L	זמן מתוקן
	F	תדירות		J	זמן יסוד
	R	קצב		F <sub>J</sub>	זמן יסוד פנימי
E <sub>ex</sub>	E	יעילות		J <sub>h</sub>	זמן יסוד חיצוני
H <sub>ex</sub>	H	זמן מהזור		Z	זמן מוקצב לעבודת עובד
Q <sub>ex</sub>	Q	תפוקה		F <sub>Z</sub>	זמן מוקצב פנימי
B <sub>ex</sub>	B	עומס העובד		Z <sub>h</sub>	זמן מוקצב חיצוני
N <sub>ex</sub>	N	כמות מוצרים המיוצרים במהзор עבודה	$\mu_{ex}$	$\mu$	נצילות המכונה
	C <sub>w</sub>	עלות שעת עובד	T.C.U <sub>ex</sub>	T.C.U	עלות יצור מוצר
	C <sub>m</sub>	עלות שעת מכונה		P	אחוז החיסכון
	Z <sub>T</sub>	זמן מוקצב לעבודת עובד + מכונה		S	זמן הספיגה
	Z <sub>T</sub> *	זמן מוקצב לאחר ספיגה	t		זמן צפוי לעבודת עובד
	Z <sub>u</sub>	זמן מוקצב ליחידה	t <sub>h</sub>		זמן צפוי לפעולות חיצונית
			t <sub>u</sub>		זמן צפוי לפעולות פנימיות

**עובד מפעיל מכונה** - חקר זמן לעובד מפעיל מכונה מתאפיין בשילוב עבודת עובד עם מכונה או מכונות במהלך תהליך העבודה, השילוב בין הגורם האנושי לבין המכונה מוליד יתרונות רבים ( מהירות ביצוע, דיקוק וכו') מול חסכנות (בטיחות עבודה, השהיota, בטלת עובדים וכו'), קביעת תקן זמן לעובד מפעיל מכונה מתמקד בפעולות העובד לפני במהלך ולאחר עבודת המכונה.

המשמעות לכל תהליכי העבודה של עובד ומכונה הן הפעולות:



דוגמאות לפעולות העובד במערכת עובד ומכונה:

לאחר סיום (פריקת המכונה)	עבודת המכונה	לפני הפעלה (טיענת המכונה)
כיבוי / עצירת המכונה	בקשה על המערכת	ביצוע set (הכנה לפועלה)
הוצאת החלקים מהמכונה	בקרת איכות העבודה	כוונון המכונה
אריזה או העברת החלקים	שמירת בטיחות העבודה	הכנסתת החלקים למכונה
	כיוון / שינוי החלקים במכונה	מיקום החלקים במכונה
	ביצוע פעולה אחרת	קיוב החלקים למכונה
		הפעלת המכונה

**סוגי הזמןים בעבודת עובד ומכונה:**

**זמן חיצוני** - משך זמן הביצוע של הפעולות החיצונית, **פעולות חיצונית** הן כל הפעולות המבוצעות ע"י העובד לפני או אחרי עבודת המכונה. משך הזמן שבו מבוצעות הפעולות החיצונית נקרא זמן חיצוני. במהלך ביצוע פעולות חיצונית המכמה **暂停**.

**פעולות פנימיות** - משך זמן הביצוע של הפעולות הפנימיות. **פעולות פנימיות** הן פעולות המבוצעות ע"י העובד במהלך עבודת המכונה (**זמן שהמכונה עובדת**).

**זמן מכונה** - משך הזמן שבו המכונה עובדת. אלו מתייחסים לזמן העבודה המכונה כזמן קבע תלוי בהוראות היצרן, בוטתק המכונה, באופן אחזקתה או באילוצים אחרים.

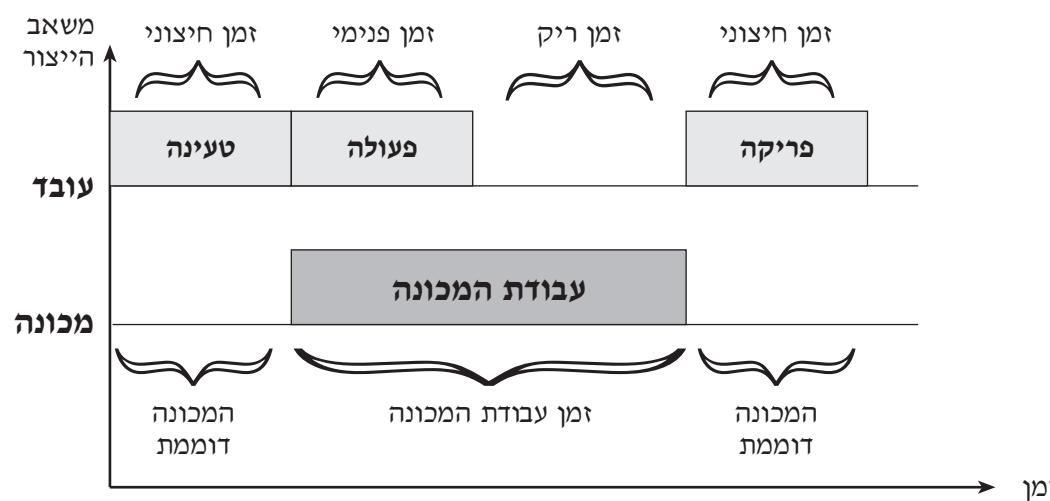
**זמן ריק** - זמן שבו העובד ממتنן לסיום העבודה בשילוב המשיך ביצוע תהליך העבודה, במהלך הזמן הריק לא מקבל העובד את תוספות המנוחה.

**פעולות בלתי תקינה** - כאשר העובד והמכונה לא עובדים מתרחשת פעילות לא תקינה בתהליך העבודה שנדרש לטפל בה בדחיפות.

**זהוי סוג זמני העבודה של העובד:**

		העובד	
		"לא עובד"	"עובד"
מכונה	לא עובדת	פעולות בלתי תקינה	זמן חיצוני
	עובדת	זמן ריק	זמן פנימי
		זמן מכונה	

**תאור סוגים זמני העבודה בתרשים אדם ומכונה:**



חישוב זמן מוקצב לפעולות חיצוניתות ופנימיות מבוצע בעזרת הנוסחאות של חקר זמן מחזורי.

**חישוב זמן מוקצב לפעולות חיצוניתות ופנימיות:**

חישוב הזמן המוקצב לפעולות חיצונית ימוצע ע"י חישוב זמן מוקצב לכל אחת מהפעולות החיצוניתות בתהליך העבודה וסיכון לסה"כ זמן מוקצב לביצוע פעולות חיצונית, בדומה לחושמו הזמינים לגבי הפעולות הפנימיות.

סמלים מקובלים - מקובל להשתמש בסמלים דומים לחקר זמן מחזורי בתוספת האות - ח' עברו פעולות חיצונית ובתוספת האות - פ', עברו פעולות פנימיות.  
לדוגמה: חוויט - יהיה זמן מודוד לפעולה חיצונית, פז - יהיה זמן יסוד לפעולה פנימית וכו'.

#### **чисוב זמן יסוד לפעולות חיצונית ופנימיות:**

$$j_n = tm \cdot R \cdot n \cdot F = L \cdot n \cdot F \quad \text{чисוב זמן יסוד לפעולות חיצונית:}$$

$$j_p = tm \cdot F \cdot p \cdot R = L \cdot F \cdot p \quad \text{чисוב זמן יסוד לפעולות פנימיות:}$$

סיכום זמני היסוד לפעולות החיצונית או הפנימיות יהווה את זמן היסוד לפעולות החיצונית או הפנימיות בהתאם.

#### **чисוב זמן מוקצב לכל אחת מהפעולות החיצונית/פנימיות המבצעות ע"י העובד:**

$$Zn = j \cdot (1 + a + b) \quad \text{чисוב זמן מוקצב לפעולות חיצונית:}$$

$$Zp = j \cdot (1 + a + b) \quad \text{чисוב זמן מוקצב לפעולות פנימיות:}$$

סימונים:

(a+b) - תוספות اي רציפות

L - זמן מתוקן

R - קבוע

j - זמן יסוד

Z - זמן מוקצב לפעולה

чисוב סה"כ זמנים מוקצבים לפעולות חיצונית ופנימיות:

הזמן המוקצב לפעולות החיצונית יהיה סיכום הזמנים המוקצבים של כל הפעולות החיצונית, בדומה דומה נחשב את הזמן המוקצב לביצוע הפעולות הפנימיות.

$$\text{סה"כ זמן מוקצב לפעולות חיצונית: } Zn = \sum z_n \quad \text{סה"כ זמן מוקצב לפעולות חיצונית: } Z = \sum Zn$$

סה"כ זמן מוקצב לפעולות חיצונית, פZ - יהיה סה"כ הזמן המוקצב לפעולות הפנימיות.

#### **чисוב זמן צפוי לעבודות החיצונית והפנימיות:**

הזמן הצפוי הוא הזמן המוקצב לביצוע פעולות הייצור בעילותם עטידה עתידית צפואה, בדרך כלל הפעלת הציוד הטכנולוגי גבוהה במידה רבה מעליות השכר של העובדים ולכן מטרת הארגון לנצל ככל האפשר את המשאבים הטכנולוגיים שבידיו, לצורך ניצול המשאבים הטכנולוגיים בצורה אופטימאלית דרוש שיתוף פעולה של העובדים (הגברתיעילותם) המושג בעזרת שיטות שכר העידוד.

מטרת חישוב הזמן הצפוי הינו חיזוי הזמן המוקצבים בתהליכי עמدة שבהם עובד הארגון לפי שיטות שכבר ידוע על מנת שהארגון יוכל לנצל בצורה טובה יותר את המשאבים הטכנולוגיים שברשותו ולשפר את מידת הדיק של תכנון העבודה.

חישוב הזמן הצפוי מוצע בעורת הנוסחה:

$$t = \frac{Z}{E_{ex}}$$

$$\text{זמן צפוי לפעולות חיצונית: } t = \frac{Z}{E_{ex}} \quad \text{זמן צפוי לפעולות פנימיות: } t = \frac{\tau}{E_{ex}}$$

$\tau$  - הזמן הצפוי לפעולות החיצונית,  $Z$  - הזמן הצפוי לפעולות הפנימיות  
 $E_{ex}$  - הזמן המוקצב לפעולות החיצונית,  $Z$  - הזמן המוקצב לפעולות הפנימיות  
 $E_{ex}$  - יעילותו הצפואה של העובד

נוסחאות נוספות:

הבהרות	הנוסחה	הגורם המחשב
	$t = T$	זמן ריק צפוי
זמן המחזור שווה לזמן הצפוי החיצוני ועוד הגביה מבין הזמנים - הפנימי או זמן המכונה	$H_{ex} = t + \max(t, T)$	זמן המחזור הצפוי
זמן המחזור בדקות (במקרה אחר נדרש להתאים את המונח)	$Q_{ex} = \frac{60}{H_{ex}}$	תפוקה צפואה לשעה
העומס של העובד במהלך מהלך מחזור העבודה (התוצאה באחוזים)	$B = \frac{t + \tau}{H_{ex}} \cdot 100$	עומס העובד (הצפוי)
העומס של העובד במהלך מהלך עבודה המכונה (התוצאה באחוזים)	$B = \frac{\tau}{T} \cdot 100$	עומס פנימי של העובד (הצפוי)
נצילות המכונה במהלך מהלך מחזור העבודה (התוצאה באחוזים)	$B = \frac{T}{H_{ex}} \cdot 100$	נצילות המכונה (הצפואה)
זמן המחזור בדקות (במקרה אחר נדרש להתאים את המכונה)	$T.C.U = \frac{H_{ex}}{60} \cdot (C_w + C_m)$	עלות יצור מוצר (הצפואה)

**גורם המשפיעים על חישוב זמן מוקצב לעבודת המכונה:**

**תוספת תחיליך (א)** - תוספת לזמן העבודה המכונה לצורך עידוד העובד להגברת יעילותו במהלך ביצוע הפעולות החיצונית, תוספת התהיליך נעה בין 25%-33%, בארץ נהוגה תוספת תhilיך של 25%.

**רמת עידוד (Ke)** - קבוע מפעלי בין 35%-40%, מהזמן הפנימי, שמטרתו לעודד את העובד לבצע עבודה פנימית. רמת העידוד מעניקה לעבוד חלק מהחיסכון המושג כתוצאה מהגדלת ניצולות הציוד והמכונות - רמת העידוד הינה תוספת זמן עבור עבודות פנימיות (נהוג להשתמש ברמת עידוד של 35% מהזמן הפנימי).

#### חישוב זמן מוקצב לעובד המפעיל מכונה

nbchin בשני מצבים:

a. חישוב זמן מוקצב לעובד מפעיל מכונה כאשר **אין פעולות פנימיות**:

$$Z_T = Z_n + \alpha T (1+a)$$

b. חישוב זמן מוקצב לעובד מפעיל מכונה כאשר **מבצעות פעולות פנימיות**:

$$Z_r = Z_n + \max \left\{ \begin{array}{l} Z_f \\ [K_e \cdot J_f + \alpha (T - J_f)] (1+a) \end{array} \right\}$$

נהוג שתוספת התהיליך הינה  $\alpha = 25\%$  ורמת העידוד  $K_e = 35\%$ , لكن ניתן לרשום:

$$Z_r = Z_n + \max \left\{ \begin{array}{l} Z_f \\ [1.35 \cdot J_f + 1.25 (T - J_f)] (1+a) \end{array} \right\}$$

\* בנוסחאות החישוב לא מופיעה תוספת המנוחה  $\delta$  מפני שעבור זמן שעבודת המכונה לא נדרש לתת לעובד תוספת עبور מנוחה.

## גיליון חקר זמן לעובד מפעיל מכונה

דוגמיה לגיליון ביצוע חקר זמן לעובד המפעיל מכונה:

תאריך:	<b>גיליון חקר זמן לעובד מפעיל מכונה</b>				
דף מס' מtower	<b>א</b>				
		הארಗון:			
		תחנת העבודה / המכונה:			המחלקה:
		<input type="checkbox"/> העובד הנחקר: גבר <input type="checkbox"/> אישה			התהיליך הנחקר:
		גמר החקירה:		התחלת החקירה:	שם החוקר:
		<input type="checkbox"/> זמן פנימי: יש <input type="checkbox"/> אין		<input type="checkbox"/> לא טבעי	מצב גוף: עומדים <input type="checkbox"/> יושב
מספר מס' המכונה	זמן מודוד	קצב	תאור האלמנט	זמן מודוד	קצב
			<b>ב</b>		
					1
					2
					3
					4
					5

**חלק ראשון (א)** - כוורתת ופרטי החקירה: ירשמו: תאריך ביצוע החקירה, הארגון שבו בווצע, מספר הדף, המחלקה, תחנת העבודה, התהיליך, העובד, תחילת התהיליך וסיומו, מצב גוף העובד, האם יש זמן פנימי (העובד עבד במהלך העבודה המכונה).

**בחלק השני (ב) - תאור התהיליך** - ירשמו: מספר האלמנט, תאור הפעולה המבוצע, הזמן המודוד, הערכת הקצב ומצב המנוחה.

### ספיגת תוספות מנוחה

בתהליכי עבודה רבים שבהם מועסקים עובדים המפעילים מכונות נוצרים זמני ההשאה, כתוצאה מהמתנתה העובד לסיום ביצוע פעולה ע"י מכונה. המתנה זו מיקרת את עלות הייצור. במצב זה ניתן להפחית חלק מתוספת המנוחה המגיעה לעובד על חשבן זמני ההשאה, הפחתה זו נקראת **ספיגת תוספות מנוחה**.

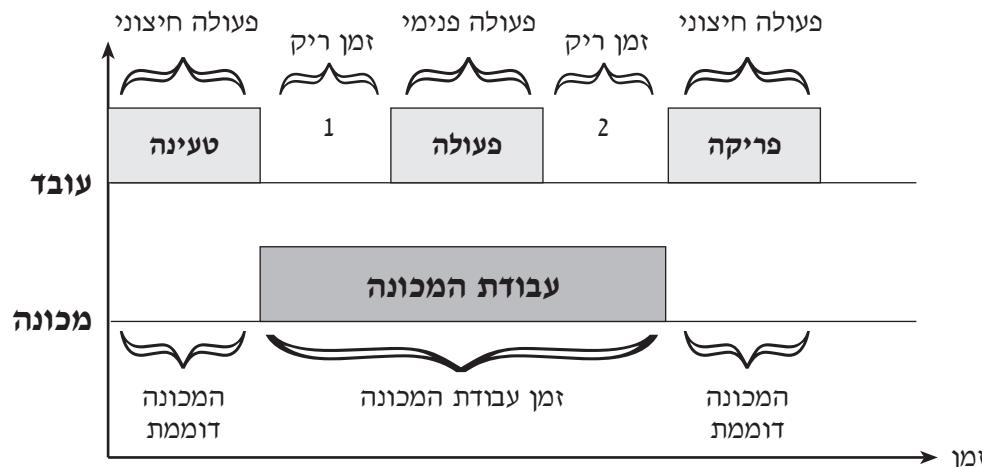
**ספיגת תוספות מנוחה** היא שיטה לקיזוז זמני המנוחה (כפי שהושם בתוספת המנוחה - b) בזמן הנטנות במהלך התהיליך העבודה. זמני הנטנות מתרחשים כאשר המכונה עובדת והעובד ממתיין - המתנה זו היא כמנוחה לעובד ולכן ניתן לקזוז חלק זמן המנוחה בתוספות אי הרציפות.

ספיגת תוספות המנוחה מבוצעת מהזמן המוקצב לביצוען של הפעולות החיצונית.

### מציאת מס' ההפניות במהלך עבודה המכונה:

D - מס' ההפניות במהלך עבודה המכונה. כפי שאנו רואים בתרשים אדם ומכונה המתוואר, קיימות שתי ההפניות במהלך זמן העבודה המכונה (שני זמנים ריקים) ולכן  $2 \cdot D$ .

כל שמספר ההפניות גבוהה יותר כך זוכה העובד למנוחה קטנה יותר ופחות עיליה, ולכן תוספת המנוחה המגיעה לעבוד תהיה גדולה יותר.



**חישוב זמן הספיגה** - זמן הספיגה יהיה הגבוה מ בין שלושת הגורמים הבאים:

1. שווי המנוחה בזמן הריק, נבחן בשני מקדים:

$$s_1 = [T - t_f - 0.1D] \cdot 0.9$$

א. כאשר הפעולות הפנימיות ידועות וצפויות מראש:

$$s_1 = [T - t_f - 0.2D] \cdot 0.9$$

ב. כאשר הפעולות הפנימיות אקרואיות (לא צפויות):

$$s_2 = \sum J_i \cdot b_i$$

2. זמן שמקצב למנוחה לעבודה ידיים חיצונית:

$$s_3 = 30D$$

3. שלושים דקות לכל ההפנה:

\* הנוסחאות מתיחסות לזמן **בודקות בלבד**.

הזמן הנספוג יהיה הזמן המינימלי מ בין 3 אפשרויות הספיגה (לצורך הקטנת הפגיעה בעובד):

$$S = \min(s_1, s_2, s_3)$$

S - הזמן הנספוג (זמן שמיופחת מהזמן המוקצב עבור ספיגת תוספת המנוחה).

$s_1, s_2, s_3$  - אפשרויות הספigung.

**чисוב הזמן המוקצב לאחר ספיגת תוספות המנוחה:**

$$Z_T^* = Z_T - S$$

- זמן מוקצב לאחר ספיגת תוספת המנוחה.  $Z_T^*$

- זמן מוקצב לפני הספיגה  $Z_T$

- הזמן הנضاف  $S$

**чисוב אחוז החיסכון הנובע מספיגת תוספות המנוחה:**

$$P = \frac{S}{Z_T} \cdot 100$$

$P$  - אחוז החיסכון ;  $S$  - זמן הספינה ;  $Z_T$  - הזמן המוקצב לפני ספיגת תוספות המנוחה.

(P) - אחוז החיסכון - מבטא את אחוז הזמן שנחסך לארגון כתוצאה מספיגת תוספות המנוחה.

## תרגיל - עובד מפעיל מכונה



במפעל "מתקנות נוי" להכנת חומרי גלם תעשייתיים למתכת נערך חקר עובד ומכונה על עבודת העובד המפעיל את מכונת הח:right:

תאור תהליך העבודה ונתוני הבדיקה נתונים בטבלה:

תאריך: २५.१२.०५			גיליון חקר זמן לעובד מפעיל מכונה		
הארגון: אפלט אסנארה			דף מס' 1 מתוך 1	המחלקה: ארכ'ריה חילוף	
תחנת העבודה / המכונה: אכאריה חילוף			התפקיד הנבדק: חילוף חואל לין		
העובד הנבדק: יוקה פולו <input checked="" type="checkbox"/> גבר <input type="checkbox"/> אישה			שם החוקר: ג'יימס אנטון <input checked="" type="checkbox"/>	התחלת הבדיקה: ג'יימס אנטון <input checked="" type="checkbox"/>	שם החוקר: ג'יימס אנטון <input checked="" type="checkbox"/>
זמן פנים: <input type="checkbox"/> עומד <input checked="" type="checkbox"/> יושב <input type="checkbox"/> לא טבעי <input type="checkbox"/>					
מצב המכונה	קצב (ב אחוזים)	זמן מודוד (בשניות)	תאור האלמנט		
טונר	110	15	ג'יימס אנטון מפעיל ג'יימס אנטון		
טונר	100	24	פוקה חילוף ארכ'ריה חילוף		
טונר	90	22	ג'יימס פוקה ארכ'ריה חילוף		
טונר	100	8	ג'יימס ארכ'ריה חילוף		
טונר	-	245	טונר ארכ'ריה ג'יימס אנטון		
טונר	110	25	טונר ארכ'ריה ג'יימס אנטון ג'יימס אנטון		
טונר	100	14	פוקה חילוף ארכ'ריה ג'יימס אנטון ג'יימס אנטון		
טונר	110	34	פוקה חילוף		
טונר	100	16	ג'יימס פוקה ג'יימס		

\* סה"כ זמן עבודה המכונה קבועה והוא 300 דקות.

נתוניים נוספים:

תוספת המנוחה 10%, תוספת לתבזבז ואישיות 8%, תוספת התהילה 25%, רמת העידוד 35%, עלות שעת עבודה 50 ₪, עלות שעת מכונה 130 ₪, עלות העבודה הצפואה 130%.

**שאלות:**

- א. חשב את הזמן החיצוני הצפוי. חשב את הזמן הפנימי הצפוי. מהו זמן המכונה?
- ב. חשב את הזמן הריק הצפוי (בזמןנים מוקצבים).
- ג. חשב את זמן המחזור הצפוי בדקות.
- ד. חשב את עומס העובד ואת נצילות המכונה.
- ה. חשב את הזמן המוקצב לייצור מוצר, לפני ספיגת תוספות המנוחה (בדיקות).
- ו. חשב את הזמן המוקצב לייצור מוצר לאחר ספיגת תוספות המנוחה (בדיקות).
- ז. מהו אחוז החיסכון שהושג מספיגת תוספות המנוחה?

**פתרון תרגיל - עוגן מפעיל מכונה**



- א. נחלק את הפעולות לפעולות **חיצונית**, **פנימית** ו**עובדת המכונה**.

**פעולות חיצונית:**

פעולות חיצונית: 1,2,3,4,6,7,8, נחשב עבורן זמן יסוד וזמן מוקצב חיצוני.

<b><math>z_n</math> (בשניות)</b>	<b>(1+a+b)</b>	<b><math>ch_j</math> (בשניות)</b>	<b>F</b>	<b>R</b> (בשער עשרוני)	<b><math>tm_n</math> (בשניות)</b>	<b>אלמנט</b>
19.47	1.18	16.5	1:1	1.1	15	1
31.86	1.18	27	1:1	1	27	2
23.36	1.18	19.8	1:1	0.9	22	3
9.44	1.18	8	1:1	1	8	4
20.06	1.18	17	1:1	1	17	6
48.03	1.18	40.7	1:1	1.1	37	7
18.88	1.18	16	1:1	1	16	8
<b><math>Zn=171.11</math></b>		<b><math>Jn=145</math></b>			<b>סה"כ</b>	

נחשב את הזמן **חיצוני הצפוי**:

$$שניות = \frac{Zn}{E_{ex}} = \frac{171.11}{1.3} = 131.62$$

הזמן הצפוי לביצוע הפעולות החיצונית הוא 131.62 שניות.

**פעולות פנימיות:**

פז (בשניות)	(1+a+b)	פז (בשניות)	F	R (בשבור עשרוני)	tm <sub>n</sub> (בשניות)	אלמנט
32.45	1.18	27.5	1:1	1.1	25	5
<b>Z<sub>a</sub>=32.45</b>		<b>J<sub>f</sub>=27.5</b>			<b>סה"כ</b>	

\* ישנה רק פעולה פנימית אחת - פעולה 5 (פעולה שבה העובד עובד במהלך העבודה המכוונה).

נחשב את הזמן הפנימי הצפוי:

$$\text{שניות} = \frac{Z_f}{E_{ex}} = \frac{32.45}{1.3} \approx 24.69$$

הזמן הצפוי לביצוע הפעולות הפנימיות הוא 24.69 שניות.

עבודת המכוונה: המכוונה עובדת במשך 300 שניות (זמן קבוע), מכאן T=300

זמן עבודה המכוונה הוא זמן מודוד קבוע השווה ל-300 שניות (זמן זה אינו תלוי ביעילות הביצוע של העובד).

**ב. חישוב הזמן ריק:**

$$\text{שניות} = T - t_f = 300 - 24.96 = 275.04$$

הזמן הריק הוא 275.04 שניות.

**ג. זמן המחזור הצפוי:**

$$H_{ex} = t_r + \max(t_f, T) = 131.62 + \max(24.96, 300) = 131.62 + 300 = 431.62$$

זמן המחזור הצפוי שווה לזמן החיצוני הצפוי (131.62) ועוד הגבורה מבין הזמנים הבאים: הזמן הפנימי הצפוי (24.96) או הזמן המכוונה (300) ולכן זמן המחזור שווה לזמן החיצוני הצפוי + זמן המכוונה.

נחשב את הזמן בדקות:

$$H_{ex} = \frac{431.62}{60} = 7.194 \approx 7.2$$

זמן המחזור הוא 7.2 דקות.

. ד. **עומס העובד:**

$$B = \frac{t_n + t_f}{H_{ex}} \cdot 100 = \frac{131.62 + 24.96}{431.62} \cdot 100 \approx 0.363 \cdot 100 = 36.3\%$$

עומס העובד הוא 36.3%.

**נצילות המכונה:**

$$\mu = \frac{T}{H_{ex}} \cdot 100 = \frac{300}{431.6} \cdot 100 = 69.5\%$$

המכונה מנצלת כ-69.5% מזמן המחוור.

. ה. **חישוב הזמן המוקצב:**

קיימות פעולות פנימיות لكن נשתמש בנוסחה:

$$Z_T = Zn + \max \{ Z_p, [K \cdot J_f + \alpha(T - J_f)(1+a)] \}$$

נחשב את הביטוי:

$$[K \cdot J_f + \alpha(T - J_f)(1+a)] = [1.35 \cdot 27.5 + 1.25 \cdot (300-27.5)] \cdot 1.08 \approx 407.97$$

**נציב בנוסחה:**

$$Z_T = 171.11 + \max \{ 32.45, 407.97 \} = 579.08$$

נחשב זמן מוקצב בדקות: דקוט 9.65

מכאן, הזמן המוקצב להכנת מוצר הינו 9.65 דקות.

. ו. **נוסחאות זמן הספיגה הן בדקות ולכן נמיר את הנתונים הדורשים לצורך החישוב לדקות:**

הנתון	סימן	זמן בשניות	זמן בדקות
זמן המכונה	T	300	300:60 = 5
זמן צפיי לעולות פנימיות	F <sub>f</sub>	24.96	0.416
זמן יסוד לפועלות חיצונית	J <sub>ch</sub>	145	2.417
זמן מוקצב	Z	579.08	9.65

סימן	ערך	התווים נוספים הדורשים לחישוב
b	0.1	תוספת המנוחה (בשער עשוני)
D	1	מספר המתנות

נחשב את שלושת אפשרויות הספינה:

(1) שווי המנוחה בזמן הריק:

במקרה זה הפעולות הפנימיות ידועות וצפויות מראש, לכן:

$$s_1 = [T - t - 0.1D] \cdot 0.9 = [5 - 0.416 - 0.1 \cdot 1] \cdot 0.9 \approx 4.036 \text{ דקות}$$

(2) זמן שמקורב מנוחה לעבודת ידים חיצונית:

$$s_2 = \sum J_h \cdot b = 2.417 \cdot 0.1 = 0.242 \text{ דקות}$$

\* במידה ותוספות המנוחה אין זהות עבר כל האלמנטים נדרש לחשב את מכפלת זמן היסוד בתוספות המנוחה עבר כל אלמנט בנפרד ולאחר מכן לבצע סיכום.

(3) שלושים דקות לכל המתנה:

$$s_3 = 30D = 30 \cdot 1 = 30 \text{ דקות}$$

זמן הספינה מחושב בעזרת הנוסחה:

$$S = \min(s_1, s_2, s_3) = \min(4.036, 0.242, 30) = 0.242 \text{ דקות}$$

זמן הספינה המינימלי הוא 0.242 דקות ולכן:

נחשב את הזמן המוקצב לאחר הספינה:

$$Z_T^* = Z_T - S = 9.65 - 0.242 \approx 9.41$$

הזמן המוקצב להכנת מזחיר לאחר ספיגת תוספות המנוחה הוא כ-9.41 דקות.

$$P = \frac{S}{Z_T} = \frac{0.242}{9.65} = 0.025 = 2.5\% \quad . \quad \text{אחוז הספינה הוא:}$$

אחוז הספינה הוא 2.5%, כלומר הארגון חסך 2.5% זמן המנוחה באמצעות ספיגת תוספות המנוחה.

## עובד מפעיל מספר מכונות זהות - מודל אשקרוף

**סמלים ומשתנים המופיעים בפרק:**

הסמל	המשתנה	הסמל	המשתנה
H	זמן המחזור	ח <sub>t</sub>	זמן צפוי לפעולות חיצונית
Hu	זמן מחזור ליחידה	פ <sub>t</sub>	זמן צפוי לפעולות פנימיות
B	עומס העובד	t <sub>ex</sub>	סה"כ זמן צפוי לעבודת העובד
μ	נצילות המכונה	t <sub>o</sub>	זמן החפיה
Cw	עלות שעת עבודה	T	זמן עבודה המכונה
Cm	עלות שעת מכונה	Kc	יחס המחזור
T.C.U	עלות ייצור יחידה	N	מספר המכונות המופעלות ע"י העובד
Ke	קבוע מפעלי	A	שעות עבודה מתකבות (אשקרוף)
Z	זמן מוקצב למחזור	a	תב"ז + אישיות
Zu	זמן מוקצב ליחידה	b	תוספת מנוחה

### עובד מפעיל מספר מכונות זהות

במצבים רבים בתעשייה וכן בעבודת העובד נموך בצורה משמעותית זמן עבודה המכונה. במצב זה ניתן לתכנן תהליך עבודה שבו העובד מפעיל מספר מכונות במקביל (שתי מכונות ומעלה). כМОון שמספר המכונות תלוי בזמן הדרוש לתפעולה של כל מכונה בידיו העובד כתוצאה לכך שהוא מפעיל מספר מכונות במקביל יותר זמן ריק בעבודת המכונה (כתוצאה מהמתנה המכונה להפעלה, לפריקה או לביצוע פעולה של העובד). זמן זה נקרא **זמן חפיה**.

#### **זמן חפיה**

זמן שמו מכונה ממתינה ותלויה בבחירה פעולה של העובד על מנת שתוכל המשיך לעבוד. בזמן זה המכונה בטלה מעמדת. ככל שזמן החפיה ארוך יותר נצלות המכונה קטנה יותר.

זמן החפיה מחושב בעזרת הנוסחה:  $t_0 = H - t_h - T$

#### **זמן צפוי לעבודת ידים**

זמן הצפוי הכלול לעבודת העובד בתהליך העבודה. זמן זה כולל את הזמן הצפוי עבור ביצוע הפעולות החיצונית והפנימיות יחד.

זמן צפוי לעבודת ידים (פעולות פנימיות + חיצונית) שווה לשא"כ הזמן הצפוי לביצוע פעולות ע"י העובד, בהפעלת מכונה אחת:  $t_{ex} = t_h + p_t$

### יחס המחזור ( $K_c$ )

יחס המחזור מבטא את היחס בין הזמן הצפוי לביצוע פעולות ע"י העובד לבין זמן העבודה המכוונה.

$$K_c = \frac{t_{ex}}{T} = \frac{t_e + t_u}{T}$$

תחום ערכי  $K_c$ :  $0 < K_c \leq 1$

כל שיחס המחזור קטן יותר קיימת אפשרות תאורטית לתפעול מספר גדול יותר של מכונות במקביל.  
כאשריחס המחזור גדול מ-1 ( $K_c > 1$ ) העובד יכול לפעול מכונה אחת בלבד.

### מודל אשקרוף:

מודל אשקרוף הוא מודל סטטיסטי המבוסס על ההנחה כי מופע התקנות הוא פואסוני ואילו זמן הטיפול בתקרה הוא קבוע, בעזרתו ניתן לחשב את מספר שעות עבודה המכונה המתקבלות בעבודת עובד המפעיל מספר מכונות זהות במקביל, מספר אשקרוף תלוי במספר המכונות שהעובד מפעיל וביחס המחזור.

**מספר אשקרוף** - מספר שעות עבודה המכונה המתקבלות בשעה אחת מסה"כ המכונות שנמסרו להשגתו של עובד אחד.



מציאת מספר אשקרוף המתאים לנהליך העבודה הנבדק מוצع בעזרת טבלאות אשקרוף (כפונקציה של מספר המכונות ויחס המחזור).

### דוגמה למציאת מספר אשקרוף בטבלה ( $A(K_c, N)$ ):

נבדוק מהן מספר שעות עבודה המכונה המתקבלות מהפעלת 3 מכונות ביחס מחזור של 0.2 (20%):  
נחפש בטבלה את  $A(0.2, 3)$

$K_c \backslash N$	2	3	4	5
<b>0.180</b>	1.67	2.48	3.22	3.90
<b>0.190</b>	1.66	2.44	3.17	3.83
<b>0.200</b>	1.64	<b>2.41</b>	3.12	3.75
<b>0.210</b>	1.62	2.38	3.08	3.63
<b>0.220</b>	1.61	2.35	3.03	3.61



מספר שעות המכונה המתקבלות מהפעלת 3 מכונות כאשר יחס המחזור 0.2 הוא 2.41 שעות עבודה,  
כלומר קיים הפסד של 0.59 שעות עבודה מכונה כתוצאה מהחפיפה ( $3 - 2.41 = 0.59$ )

**נוסחאות לחישוב משתנים בתהlixir של עובד המפעיל מספר מכונות זהות במקביל**

$$H = \frac{N \cdot T}{A} \quad \text{זמן המחוור - חישוב זמן המחוור לעובד המפעיל מספר מכונות זהות במקביל:}$$

**חישוב זמן מוקצב למחזור לעובד המפעיל מספר מכונות זהות במקביל:**

$$Z = [K_e \cdot N \cdot t_{ex} + 1.25 (H - N \cdot t_{ex})] \cdot (1+a)$$

חישוב זמן מוקצב ליחידה:

$$Z_u = \frac{Z}{N}$$

\* בתנאי שכל מכונה מייצרת מוצר אחד בלבד.

\* במידה ובמחזור עבדה במכונה מסוימת יותר ממוצר אחד, נדרש לחלק בסה"כ המוצרים המיוצרים ע"י המכונות.

$$B = A \cdot K_c = \frac{N \cdot t_{ex}}{H} \quad \text{עומס העובד:}$$

העומס מבטא את אחוז הזמן שבו העובד עבד מתוך זמן המחוור, לצורך חישוב עומס באחוזים נדרש לכפול את התוצאה ב-100.

$$\mu = \frac{A}{N} = \frac{T}{H} \quad \text{נצילות המכונה:}$$

הנצילות מבטאת את אחוז הזמן שבו המכונה עבדה מתוך זמן המחוור. לצורך חישוב עומס באחוזים נדרש לכפול את התוצאה ב-100.

$$Q = \frac{60}{H} \cdot N = \frac{60 \cdot A}{T} \quad \text{תפוקה לשעה:}$$

T.C.U	-	עלות יצור יחידה	$T.C.U = \frac{H}{60} \cdot \left( \frac{C_w}{N} + C_m \right)$
H	-	זמן המחוור	
C <sub>w</sub>	-	עלות שעת עובד	
C <sub>m</sub>	-	עלות שעת מכונה	
N	-	מספר המכונות הפועלות בתהlixir עבדה	

**הבהרה:**

\* הנוסחה מתיחסת לזמן המחוור (H) ולזמן המכונה (T) **בזקנות** (במידה והזמינים ביחידות אחרות נדרש להמירן לבדוק או לעדכן את הנוסחה בהתאם).

## טבלאות אשקרוף

טבלאות אשקרוף מסייעות לחישוב מספר שעות המכונה המתקבלות כתוצאה מהפעלת  $N$  מכונות ביחס מחזור נתון.

מצורפות שתי טבלאות אשקרוף:

**טבלה I** - טבלת מספרי אשקרוף עבור ערכי יחס מחזור נמוכים בין 0 ל-0.24:

**טבלה II** - טבלת מספר אשקרוף עבור תחום ערכי יחס מחזור שבין 0.25 ל-1:

טבלה I - טבלת מספרי אשקרוף עבור יחס מוחזר בין 0 ל-0.24

$K_c \setminus N$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
-	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	18.00	19.00	20.00
0.005	1.99	2.98	3.98	4.97	5.97	6.96	7.96	8.95	9.95	10.94	11.94	12.93	13.93	14.92	15.92	16.91	17.91	18.9	19.89
0.010	1.98	2.97	3.96	4.95	5.94	6.93	7.92	8.91	9.9	10.88	11.87	12.86	13.85	14.84	15.83	16.82	17.8	18.79	19.78
0.015	1.97	2.95	3.94	4.92	5.9	6.89	7.87	8.85	9.83	10.81	11.79	12.77	13.75	14.72	15.7	16.67	17.65	18.62	19.59
0.020	1.96	2.94	3.92	4.9	5.88	6.85	7.83	8.81	9.78	10.76	11.73	12.71	13.68	14.65	15.62	16.5	17.56	18.53	19.50
0.025	1.95	2.92	3.9	4.87	5.84	6.81	7.78	8.75	9.72	10.69	11.66	12.62	13.58	14.54	15.5	16.46	17.41	18.37	19.32
0.030	1.94	2.91	3.88	4.84	5.81	6.77	7.74	8.7	9.66	10.62	11.57	12.53	13.48	14.42	15.37	16.31	17.24	18.17	19.1
0.035	1.93	2.89	3.86	4.82	5.77	6.73	7.69	8.64	9.59	10.54	11.48	12.42	13.36	14.29	15.21	16.13	17.04	17.94	18.82
0.040	1.92	2.88	3.84	4.79	5.74	6.69	7.68	8.58	9.52	10.46	11.39	12.31	13.23	14.13	15.03	15.92	16.79	17.64	18.48
0.045	1.91	2.86	3.81	4.76	5.7	6.65	7.58	8.51	9.44	10.37	11.26	12.18	13.08	13.95	14.82	15.66	16.48	17.27	18.03
0.050	1.9	2.84	3.78	4.73	5.67	6.61	7.53	8.45	9.37	10.27	11.16	12.04	12.91	13.75	14.57	15.35	16.1	16.81	17.45
0.055	1.89	2.83	3.77	4.71	5.63	6.56	7.47	8.38	9.28	10.17	11.04	11.89	12.71	13.51	14.27	14.98	15.64	16.23	16.75
0.060	1.88	2.82	3.73	4.68	5.6	6.51	7.42	8.31	9.19	10.05	10.9	11.71	12.49	13.23	13.92	14.54	15.09	15.56	15.93
0.065	1.87	2.8	3.73	4.65	5.56	6.47	7.35	8.23	9.09	9.93	10.74	11.51	12.24	12.91	13.72	14.04	14.47	14.8	15.04
0.070	1.86	2.79	3.71	4.62	5.52	6.42	7.29	8.15	8.99	9.8	10.57	11.29	11.96	12.55	13.06	13.47	13.78	14	14.14
0.075	1.86	2.77	3.69	4.59	5.48	6.36	7.22	8.06	8.87	9.63	10.38	11.05	11.65	12.15	12.56	12.87	13.08	13.2	13.28
0.080	1.85	2.76	3.67	4.56	5.44	6.31	7.16	7.98	8.76	9.5	10.18	10.79	11.3	11.72	12.03	12.25	12.38	12.45	12.48
0.085	1.84	2.74	3.64	4.53	5.4	6.25	7.08	7.88	8.63	9.33	9.96	10.5	10.94	11.27	11.49	11.63	11.71	11.74	11.76
0.090	1.83	2.73	3.62	4.5	5.36	6.2	7.01	7.78	8.5	9.15	9.72	10.19	10.55	10.8	10.96	11.05	11	11.1	11.11
0.095	1.82	2.71	3.6	4.47	5.32	6.14	6.93	7.67	8.35	8.96	9.47	9.87	10.16	10.34	10.45	10.49	10.52	10.52	10.32
0.100	1.81	2.7	3.58	4.44	5.28	6.08	6.85	7.57	8.21	8.76	9.21	9.54	9.76	9.89	9.96	9.98	9.99	10	10
0.105	1.8	2.68	3.55	4.41	5.23	6.02	6.76	7.45	8.04	8.55	8.94	9.21	9.38	9.46	9.5	9.52	9.52	9.32	
0.110	1.79	2.67	3.53	4.38	5.19	5.96	6.68	7.33	7.89	8.34	8.67	8.88	9	9.06	9.08	9.09	9.09	9.09	
0.115	1.78	2.65	3.51	4.34	5.14	5.9	6.59	7.2	7.72	8.12	8.39	8.56	8.64	8.68	8.69	8.69	8.69	8.69	
0.120	1.77	2.64	3.49	4.31	5.1	5.83	6.5	7.08	7.55	7.89	8.12	8.24	8.3	8.32	8.33	8.33	8.33	8.33	
0.125	1.77	2.62	3.46	4.27	5.05	5.76	6.4	6.95	7.37	7.67	7.83	7.94	7.98	7.99	8	8	8	8	
0.130	1.76	2.61	3.44	4.24	5	5.69	6.31	6.81	7.19	7.44	7.59	7.63	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	7.69	
0.135	1.75	2.59	3.42	4.21	4.95	5.62	6.2	6.67	7.01	7.22	7.34	7.38	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41	7.41	
0.140	1.74	2.58	3.4	4.18	4.9	5.55	6.1	6.53	6.83	7.01	7.09	7.13	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	7.14	
0.145	1.73	2.56	3.37	4.14	4.85	5.47	6	6.39	6.65	6.8	6.86	6.89	6.89	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9	
0.15	1.72	2.55	3.35	4.11	4.8	5.4	5.9	6.25	6.48	6.59	6.64	6.66	6.66	6.67	6.67				
0.16	1.71	2.52	3.31	4.04	4.7	5.25	5.68	5.97	6.14	6.21	6.24	6.25	6.25	6.25	6.25				
0.17	1.69	2.5	3.26	3.97	4.59	5.1	5.47	5.7	5.82	5.86	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88				
0.18	1.67	2.48	3.22	3.9	4.48	4.94	5.26	5.44	5.52	5.55	5.55	5.55	5.55	5.55	5.55				
0.19	1.66	2.44	3.17	3.83	4.37	4.79	5.05	5.19	5.24	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26	5.26				
0.20	1.64	2.41	3.12	3.75	4.26	4.63	4.85	4.95	4.99	5	5	5	5	5	5				
0.21	1.62	2.38	3.08	3.63	4.15	4.48	4.66	4.73	4.75	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76	4.76				
0.22	1.61	2.35	3.03	3.61	4.04	4.33	4.47	4.53	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54	4.54				
0.23	1.59	2.33	2.98	3.53	3.94	4.18	4.3	4.34	4.34	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35	4.35				
0.24	1.58	2.3	2.94	3.46	3.83	4.04	4.13	4.16	4.16	4.17	4.17	4.17	4.17	4.17	4.17				

טבלה II - טבלת מספרי אשקروف עבור יחס מחזור בין  $\lambda = 0.25$

$K_C \setminus N$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0.25	1.56	2.27	2.89	3.39	3.72	3.9	3.98	4	4	4	4	4	4	4	4
0.26	1.55	2.24	2.85	3.31	3.62	3.77	3.83	3.84	3.84	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85	3.85
0.27	1.53	2.22	2.8	3.24	3.52	3.65	3.69	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
0.28	1.52	2.19	2.75	3.17	3.42	3.53	3.56	3.57	3.57						
0.29	1.51	2.16	2.71	3.1	3.33	3.42	3.44	3.45	3.45						
0.30	1.49	2.14	2.67	3.03	3.23	3.31	3.33	3.33	3.33						
0.31	1.48	2.11	2.62	2.97	3.14	3.21	3.22	3.22	3.22						
0.32	1.46	2.09	2.58	2.9	3.06	3.11	3.12	3.12	3.12						
0.33	1.45	2.06	2.53	2.84	2.98	3.02	3.03	3.03	3.03						
0.34	1.44	2.03	2.49	2.77	2.9	2.93	2.94	2.94	2.94						
0.35	1.42	2.01	2.45	2.71	2.82	2.85	2.86	2.86	2.86						
0.36	1.4	1.98	2.41	2.66	2.75	2.77	2.78	2.78	2.78						
0.37	1.39	1.96	2.37	2.6	2.56	2.7	2.7	2.7	2.7						
0.38	1.38	1.94	2.33	2.54	2.62	2.63	2.63	2.63	2.63						
0.39	1.37	1.91	2.29	2.48	2.55	2.56	2.56	2.56	2.56						
0.40	1.36	1.89	2.25	2.43	2.49	2.5	2.5	2.5	2.5						
0.41	1.35	1.86	2.21	2.38	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44						
0.42	1.34	1.84	2.17	2.33	2.39	2.38	2.38	2.38	2.38						
0.43	1.33	1.82	2.14	2.28	2.34	2.32	2.32	2.32	2.32						
0.44	1.32	1.8	2.1	2.23	2.28	2.27	2.27	2.27	2.27						
0.45	1.3	1.78	2.07	2.19	2.22	2.22	2.22	2.22	2.22						
0.46	1.29	1.75	2.03	2.14	2.16	2.17	2.17	2.17	2.17						
0.47	1.28	1.73	2	2.10	2.10	2.12	2.13	2.13	2.13						
0.48	1.27	1.71	1.96	2.06	2.07	2.08	2.08	2.08	2.08						
0.49	1.26	1.69	1.93	2.02	2.04	2.04	2.04	2.04	2.04						
0.50	1.24	1.67	1.9	1.98	2	2	2	2	2						
0.51	1.23	1.65	1.87	1.95	1.96	1.96	1.96	1.96	1.96						
0.52	1.22	1.63	1.84	1.93	1.93	1.92	1.92	1.92	1.92						
0.53	1.21	1.61	1.81	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89	1.89						
0.54	1.2	1.59	1.78	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85	1.85						
0.55	1.19	1.57	1.76	1.81	1.82										
0.60	1.14	1.48	1.63	1.66	1.67										
0.65	1.1	1.4	1.51	1.54	1.54										
0.70	1.05	1.32	1.41	1.43	1.43										
0.75	1.01	1.25	1.32	1.33	1.33										
0.80	0.97	1.19	1.24	1.25	1.25										
0.85	0.94	1.13	1.17	1.17	1.17										
0.90	0.91	1.07	1.11	1.11	1.11										
0.95	0.87	1.02	1.05	1.05	1.05										
1	0.84	0.98	1	1	1										



### תרגיל - עובד מפעיל מספר מכונות זהות

במפעל להכנת נסורת עץ ל תעשיית הרהיטים נערך חקר על עובד המפעיל מכונת חיתוך עץ.

#### הנתונים שנאספו:

העובד מפעיל 3 מכונות זהות במקביל, הזמן הצפוי לביצוע פעולות חיצונית הינו 3 דקות, הזמן הצפוי לביצוע פעולות פנימיות 0.5 דקות, זמן עבודה המכונה 5 דקות, תוספת המנוחה 12%, תוספת עברת תב"ן ואישיות 10%. עלות שעת עובד 45 ש"ח, עלות שעת מכונה 180 ש"ח.

- א. מהו זמן המחזור?
- ב. מהי תפוקת העובד לשעה?
- ג. מהי עלות יצור יחידה?
- ד. מהם עומס העובד ונצילות המכונות (באחוזים)?
- ה. מהו הזמן המוקצב למחזור?
- ו. מהו הזמן המוקצב ליחידה אחת?



### פתרון - עובד מפעיל מספר מכונות זהות

א. נתוניים:  $t_{ex}=0.6$ ,  $t_h=3$ ,  $T=5$ ,  $N=3$ , דקות = 5

#### מחשב תחילת את יחס המחזור:

$$K_c = \frac{t_{ex}}{T} = \frac{3 + 0.5}{5} = 0.7$$

יחס המחזור 0.7 (העובד עובד 70% מזמן עבודה המכונה).

נמצא את A (שעות המכונה המתקבלות מהפעלת 3 המכונות), ע"י חיפוש בטבלה (3, 5).

יחס המחזור הוא 0.7. הטבלה המתאימה ליחס מחזור זה היא טבלת אשקרוף II.

מחיפוש בטבלה מתקיים הערך: שעות 1.32 ⇒  $A = 1.32$

זמן עבודה המכונות המתתקבל מהפעלת 3 המכונות הוא 1.32 שעות עבודה (כ-1.68 שעות עבודה מבזזות).

$$H = \frac{N \cdot T}{A} = \frac{3 \cdot 5}{1.32} \approx 11.364 \quad \text{דקות}$$

זמן המחזור לעבודת העובד ושלוש המכונות הוא 11.364 דקות.

ב. **חישוב תפוקת העובד לשעת עבודה:**

$$Q = \frac{60 \cdot A}{T} = \frac{60 \cdot 1.32}{5} = 15.84 \text{ יחידות}$$

בכל שעה מיוצרים 15.84 מוצרים (15 מוצרים שלמים ו-84% מה מוצר ה-16).

ג. **חישוב עלות יצור יחידה:**

$$T.C.U = \frac{H}{60} \cdot \left( \frac{C}{N} + C_m \right) = \frac{11.364}{60} \cdot \left( \frac{45}{3} + 180 \right) = 36.93 \text{ ש"ח}$$

עלות יצור מוצר היא 36 שקלים ו-93 אגורות.

ד. **עומס העובד:**

$$B = A \cdot K = 1.32 \cdot 0.7 = 0.924$$

עומס העובד באחוזים הינו 92.4%.

ה. **זמן מוקצב למחזור:**

$$Z = [K_e \cdot N \cdot t_{ex} + 1.25 (H - N \cdot t_{ex})] \cdot (1+a) = [1.35 \cdot 3 \cdot 3.5 + 1.25 \cdot (11.364 - 3 \cdot 3.5)] \cdot 1.10 = 16.78$$

הזמן המוקצב לביצוע מחזור עבודה הוא 16.78 דקות.

ו. **הזמן המוקצב ליחידה:**

$$Z_u = \frac{Z}{N} = \frac{16.78}{3} = 5.6 \text{ דקות}$$

הזמן המוקצב לייצור יחידה אחת הוא 5.6 דקות.

## קביעת מספר המכונות בתהליך העבודה

סמלים ומשתנים המופיעים בפרק:

הסמל	המשתנה	הסמל	המשתנה
$t_{ex}$	סה"כ זמן צפוי לעבודה העובד	$\hat{B}$	עומס מתוכנן
$K_c$	יחס המחזור	$\hat{A}$	שעות עבודה מכונה מתוכננות
$N$	מספר המכונות בתהליך	$\tau$	זמן צפוי לפעולות חיצונית
$H$	זמן המחזור	$F$	זמן צפוי לפעולות פנימיות

קביעת מספר המכונות שיוופעלו בתהליך העבודה שבו עובד מפעיל מספר מכונות זהות חשובה מאוד לארגון.  
קביעה זו משפיעה על עלות ייצור המוצר, עומס העובד ונצלות המכונות.

כיצד נקבע מהו מספר המכונות שתהיינה שותפות בתהליך העבודה?

קייםות שתי גישות לקביעת מספר המכונות בהתאם לשני היבטים חשובים של תהליך העבודה עלות ייצור המוצר  
ועומס העובד.

### א. קביעת מספר המכונות בתהליך בהתאם לקביעת רמת עומס מתוכננת :

העומס האופטימלי על עובד הוא 85%, הענסה מעבר לעומס זה גוררת אחריה שחיקה מוגברת של העובד וכן  
תתכן פגעה בביטחונות העובדים ובאיכות המוצרים בתהליך.

כל ארגון רשאי לקבע את עומס העובד הרצוי בהתאם למורמים שונים כגון: תקנים מקובלים, אופי תהליך  
העבודה ומוגבלות כוח אדם.

העומס המתוכנן ע"י הארגון יהיה  $\hat{B}$ , קביעת העומס יכולה להתבסס על אחד מהאפשרויות:

- I. **עומס מותר** - מגבלת עומס שאסור בשום פנים ואופן לעבר אותה (עומס מרבי).
- II. **עומס רצוי** - קביעת עומס רצוי, הארגון ישאף לתכנון עומס הקרוב לעומס זה, תתכן סטייה מעלה או מטה  
אך לא במידה רבה.
- III. **עומס אופטימלי** - העומס האופטימלי, נקבע בהתאם לსפרות המקצועית, עומס של 85%.

**אופן חישוב מספר המכונות המתאים לעומס המתוכנן:**

1) קביעת עומס מתוכנן בהתאם למטרות הארגון - עומס אופטימלי, עומס רצוי או עומס מותר.

2) חישוביחס המחזור בעזרת הנוסחה:

$$K_c = \frac{t_{ex}}{T} = \frac{\tau + \hat{\tau}}{T}$$

- (3) חישוב מספר שעות המכונה המתוכננות להתקבל בהתאם לעומס המתוכנן וליחס המחזור.  
נוסחה לחישוב שעות העבודה המתוכננות בהתאם לעומס:

$$\hat{A} = \frac{\hat{B}}{K_c}$$

- (4) נבצע חישוב הפוך בטבלה למציאת מספר המכונות המתואימים ליחס המחזור ולשעות העבודה שחושו.

#### נדגים את התהיליך:

נתון כי הזמן הצפוי לביצוע פעולות חיצונית הוא 20 שניות, הזמן הצפוי לביצוע פעולות פנימיות 2.8 שניות, משך עבודה המכונה שתי דקotas, העומס המותר הוא 61%, מהי המלצותך למספר המכונות שנדרש להפעיל בתהיליך העבודה על מנת שעומס העובד לא יעלה על 61%?

#### פתרון:

$$K_c = \frac{t_f + t_i}{T} = \frac{20 + 2.8}{120} = 0.19$$

נחשב תחיליה את יחס המחזור:  
יחס המחזור שחוושב הוא 0.19.

נחשב את שעות המכונה שהתקבלו כתוצאה מעבודה ביחס מחזור של 0.19 בעומס מותר של 61%:

$$\hat{A} = \frac{\hat{B}}{K_c} = \frac{0.61}{0.19} = 3.21$$

קיבלונו 3.21 שעות מכונה. נבדוק בטבלה כמה מכונות נדרש להפעיל כדי לקבל 3.21 שעות עבודה מכונה בפועל, נבצע חישוב בטבלה I בשורה המתאימה ליחס המחזור ( $K_c=0.19$ ) עד למציאת הערך של שעות עבודה המכונה שחוושט או הערך הנמוך ממנו הקרוב לו ביותר, העומדה שבה נמצא שעות העבודה המתאימות תגדיר את מספר המכונות המתואימים עבור יחס המחזור ודרישות העומס של הארגון.

הערך הקרוב ביותר לערך 3.21 בטבלה (עבור יחס מחזור 0.19) הוא **3.17** (לא ניתן לבחור מספר שעות מכונה הגדול מהתוצאה החישוב מפני שהוגדר לנו **עומס מרבי**).

נדגים את קביעת מספר המכונות בעזרת טבלת אשקרוף.

$\frac{N}{K_c}$	2	3	4	5
<b>0.180</b>	1.67	2.48	3.22	3.90
<b>0.190</b>	1.66	2.44	<b>3.17</b>	3.83
<b>0.200</b>	1.64	2.41	3.12	3.75
<b>0.210</b>	1.62	2.38	3.08	3.63
<b>0.220</b>	1.61	2.35	3.03	3.61

**3.17** שעות מכונה (ביחס מחזור :0.19)

אנחנו מחפשים את הערך הקרוב ביותר ל-3.21 בשורה 0.19. הערך הקרוב ביותר הוא 3.17 ולכן ערך זה יהיה את מספר שעות המכונה המתאימות להתקבלות.

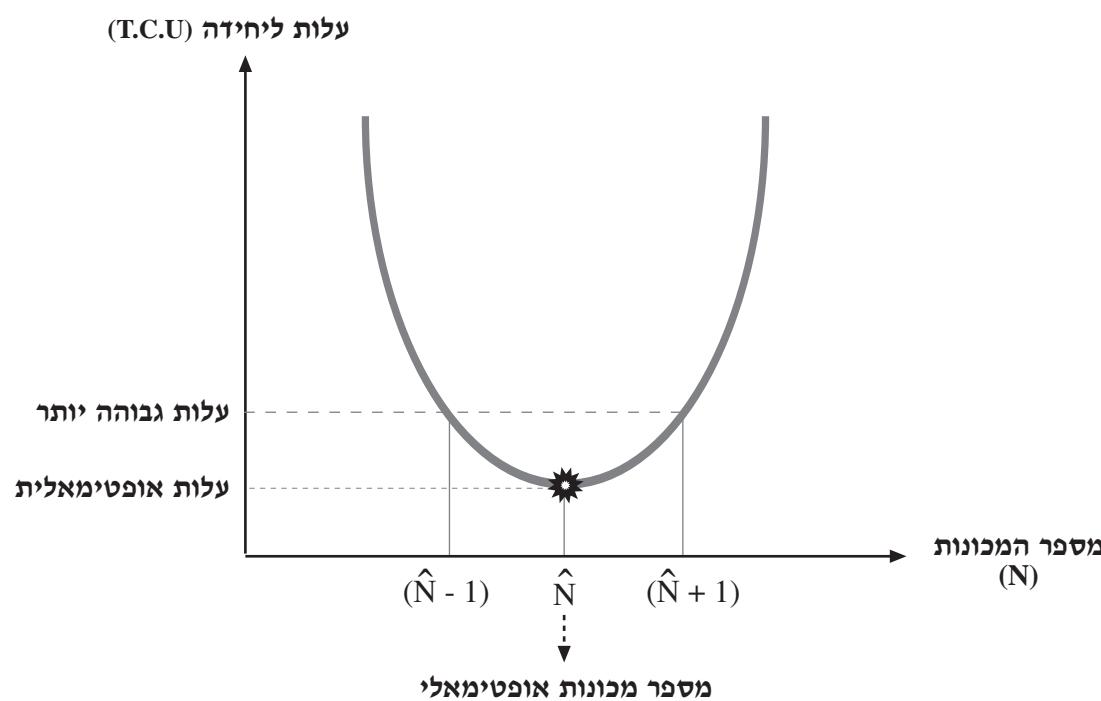
מבחן בטבלה אנו יכולים לראות שהערך המתאים ליחס מחזור ( $K_c=0.19$ ) ושעות מכונה מתකבות (17) הוא 4 מכונות, ולכן מספר המכונות שייבן 3.17 שעות עבודה ביחס מחזור של 19% הוא 4 מכונות.

#### **ב. קביעת מספר המכונות בהתאם לעלות יצור מוצר מינימאלית:**

קבעת מספר המכונות בהתאם למינימום עלות יצור מוצר נתמכת בשיטת ניסוי וטיעיה. בשיטה זו תחושב עלות יצור יחידה עבור תהליך המשלב עבודה עם מכונה אחת, תהליך המשלב עבודה עם שתי מכונות וכן הלאה, עד למציאת נקודת מינימום עלות יצור יחידה, שמננה העליות מדלות בכל שעולמים במספר המכונות המשולבות בתהליך העבודה. נקודת המינימום מהוות את מספר המכונות המביא למינימום את עלות יצור המוצר.

מספר המכונות שייבא למינימום את עלות יצור המוצר יבחר כמספר המכונות האופטימאלי.

**גרף עלות יצור יחידה, כפונקציה של מספר המכונות המופעלות ע"י העובד:**



\* נקודת שינוי המגמה ממוגמת ירידת למוגמת עלייה

הגרף מראה את השינוי בעלות יצור היחיד עבר הוספת מכונות. אנו רואים שעד לנקודת המינימום של הגраф, עלות היחידיה יורדת. מנוקודה זו עלות היחידיה מתחילה לעלות, מכאן שנקודת שינוי המגמה מבטאת את הנקודת הנמוכה ביותר בגרף (בפרבולה). מספר המכונות המתאים לנוקודה זו יהיה מספר המכונות האופטימאלי.

לצורך איתור נקודת שינוי המגמה וקבעת מספר המכונות המומלץ נבצע חישוב בשיטת ניסוי וטיעיה של עלויות יצור היחידיה עבר מספר מכונות הולך ועולה, עד למציאת נקודת שינוי המגמה (כאשר העלות ליחידה מתחילה לעלות), בנקודת מינימום עלות ליחידה נקבע את **מספר המכונות האופטימאלי**.

### דוגמת טבלה עזר כללית

N	K <sub>c</sub>	A	H	T.C.U
$\hat{N} - 1$				
$\hat{N}$	מספר המכונות המביא למינימום את עלות יצור יחידה			
$\hat{N} + 1$				

### הנחיות להשלמת טבלת העזר

הסבר	N	K <sub>c</sub>	A	H	T.C.U
במקרה זה מוזכר במודול עובד מפעיל מכונה, אין התייחסות ליחס המכוזר ולמספר אשקרוף.	1				זמן המכוזר ועלות יצור מוצר מוחשבים לפי מודול עובד מפעיל מכונה.
чисוב עלות יצור יחידה עבור מספר המכונות בכל שורה ומעקב אחר ירידת עלות היצור עד למינימום. נקודות המינימום מבטאת את מספר המכונות האופטימאלי.	2	чис חישובים			עליה תחול הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה
	3				תאזרחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה
	4				תאזרחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה
	5				תאזרחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה
	6				תאזרחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה
	$\hat{N}-1$				תאזרחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה
	$\hat{N}$				תאזרחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה
	$\hat{N}+1$				תאזרחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה הנחה

דוגמה לutable עזר למציאת מספר המכונות בשיטת מינימום עלות ליחידה:

N	K <sub>c</sub>	A	H	T.C.U
1	-	-	24	232
2	0.25	1.56	25.64	230.76
3		2.27	26.43	232.01

עלות ראשונית →  
העלות פוחתת →  
העלות עוברת →  
למעלה (היפוך מגמה)

מספר המכונות  
שمبיא למינימום  
את העלות ליחידה

ניתן לראות בטבלה את היפוך המגמה בעלות יצור המוצר (T.C.U) מגמת ירידת למוגמת עלייה, נקודת היפוך המגמה מרמזת על נקודת המינימום - בדוגמה שלנו נקודת המינימום הינה הפעלה 2 מכונות בעלות 230.76 ליחידה.

### סיכום הנוסחאות שבהם משתמשים להשלמת הטלבה:

N	K <sub>c</sub>	A	H	T.C.U
1	לא מחושב	לא מחושב	$H_{ex} = t_{ch} + \max(t_f, T)$	$T.C.U = \frac{H_{ex}}{60} \cdot (C_w + C_m)$
כאשר $N=1$ מדובר על עובד המפעיל מכונה אחת, פתרון התרגיל יבוצע בעזרת הנוסחאות המתאימות עבור עובד מפעיל מכונה.				
2 ומעלה	$K_c = \frac{t_{ex}}{T}$	$A(K_c, N)$ הטלילות	$H = \frac{N \cdot T}{A}$	$T.C.U = \frac{H}{60} \cdot \left( \frac{C_w}{N} + C_m \right)$ הבראה: זמן המחזור בדקה
כאשר $N > 1$ - מדובר בעובד המפעיל מספר מכונות זהות, הפתרון יבוצע בעזרת מודל אשקרוף.				

### תרגיל - קביעת מספר המכונות בתהליך העבודה



מפעיל ערך חקר עבודה על עובד המפעיל 3 מכונות זהות במקביל, להלן נתוני החקירה:  
הזמן הצפוי לפעולות החיצונית הוא 1 דקוט, הזמן הצפוי לביצוע פעולות פנימיות הוא 2 דקוט. זמן עבודה המכונה הינו 18 דקוט, תוספת מנוחה 12%, תב"נ + אישיות 8%, עלות שעת עובד 100 ₪, עלות שעת מכונה 300 ₪.

- א. מהו זמן המחזורי?
- ב. מהו הזמן המוקצב למחזורי?
- ג. מצא מספר המכונות שעלה הפועל להפעיל על מנת שעלות הייצור תהיה מינימלית.
- ד. מהו מספר המכונות שעלה הפועל להפעיל על מנת שעומס העובד לא יעלה על 90%?

### פתרון - קביעת מספר המכונות בתהליך העבודה



א. נתונים:  $t_f=2$ ,  $t_{ch}=1$ ,  $T=8$ ,  $N=3$ , דקוט 8.

מחשב תחיליה את יחס המחזורי:

$$K_c = \frac{t_{ex}}{T} = \frac{2+1}{18} = 0.166 \approx 0.17$$

יחס המחזורי  $(17\%)$  0.17.

נמצא את A (שעות המכונה המתקבלות מהפעלת 3 המכונות), ע"י חיפוש בטבלה (3, 0.17).

מחיפוש בטבלה מתකבל הערך: שעות  $A = 2.5$

זמן עבודה המכונות מהפעלת 3 המכונות הוא 2.5 שעות (כחצי שעת עבודה נוספת מבוצעת).

$$H = \frac{N \cdot T}{A} = \frac{3 \cdot 18}{2.5} \approx 21.6 \quad \text{דקות}$$

ב. **זמן מוקצב למחזור:**

**נתונים:**

$$K_e = 1.35$$

$$N = 3$$

$$t_{ex} = 1 + 2 = 3$$

$$\alpha = 1.25$$

$$H = 21.6$$

$$a = 8\%$$

$$Z = [K_e \cdot N \cdot t_{ex} + 1.25 (H - N \cdot t_{ex})] \cdot (1+a) = [1.35 \cdot 3 \cdot 3 + 1.25 \cdot (21.6 - 3 \cdot 3)] \cdot 1.08 \approx 30.13$$

הזמן המוקצב לביצוע מחזור עבודה הוא כ-30.13 דקות.

ג. **מספר מכונות המומלץ להפעלה על מנת שעלות הייצור תהיה מינימלית:**

N	K <sub>e</sub>	A (בשעות)	H (בדקות)	T.C.U (בש"ח)	מוגמה
1		לא מחושב	לא מחושב	126.67	чисוב ראשוני
2		1.69	21.302	124.26	מגמת ירידה ↓
3		2.5	21.6	120	מגמת ירידה ↓
4	<b>0.17</b>	<b>3.26</b>	<b>22.086</b>	<b>119.63</b>	<b>עלות מינימלית</b>
5		3.97	22.67	120.9	מגמת עלייה ↑

אנו רואים כי העלות המינימלית נמצאת בשורה של 4 מכונות ומכאן המלצתנו להפעיל את התהליך עם 4 מכונות לפי קритריון מינימום עלות יחידה.

**чисוב המשתנים עבור ערך מפעיל מכונה אחת (שורה ראשונה):**

$$H_{ex} = tn + \max(t_p, T) = 1 + \max(2, 18) = 1 + 18 = 19 \quad \text{דקות}$$

זמן המוחזר הצפוי הוא 19 דקות.

$$T.C.U = \frac{H_{ex}}{60} \cdot (C_w + C_m) = \frac{19}{60} \cdot (100 + 300) = 126.67 \quad \text{ש"ח}$$

עלות יצור יחידה 126.67 ₪.

**נדגים את החישובים עבור עובד המפעיל שתי מכונות זהות:**

יחס המחזור חושב בסעיפים הקודמים  $K_c = 0.17$ , נמצא את מספר שעות המכונה המתאימות לנוטונים:

$$A(0.17, 2) \Rightarrow 1.69 \text{ שעות מכונה}$$

$$H = \frac{N \cdot T}{A} = \frac{2 \cdot 18}{1.69} = 21.302 \text{ דקות}$$

זמן המחזור  $21.302$  דקות - דקות.

עלות יצור יחידה:

$$T.C.U = \frac{H}{60} \cdot \left( \frac{C_w}{N} + C_m \right) = \frac{21.302}{60} \cdot \left( \frac{100}{2} + 300 \right) \approx 124.26 \text{ ש"ח}$$

עלות יצור יחידה  $124.26$  ש"ח

\* באופן דומה חושבו המשתנים עבור עובד המפעיל שלישי, ארבע וחמש מכונות זהות.

#### סיכום

ונכל לראות כי עלות יצור מוצר פוחתת ככל שמוסיפים מכונות לתהליך העבודה עד שמנגעים עלות המינימלית (בהפעלת ארבע מכונות) ולאחר מכן מופיע מגמה ועלות יצור יחידה מתחלת עלות, ניתן לסכם כי הפעלת ארבע מכונות תביא עלות יצור יחידה הנמוכה ביותר ולכן מלאץ על תהליך עבודה שבו מושך עובד המפעיל ארבע מכונות (הוספה מכונה נוספת למכבב הקויים).

**ד. חישוב מספר המכונות המומלץ עפ"י קרייטריון עומס מותר:**

יחס המחזור של תהליך העבודה הוא  $0.17 \Leftarrow K_c = 0.17$

(חושב בסעיף א')

נחשב את מספר שעות המכונה המתאימות לדרישות השאלה בעזרת הנוסחה:

$$\hat{A} = \frac{\hat{B}}{K_c} = \frac{0.9}{0.17} = 5.294$$

$K_c \backslash N$	2	3	4	5	6	7	8
0.17	1.69	2.5	3.26	3.97	4.59	5.1	5.47

נבע חישוב הפוך בטבלת אשקרוף - טבלה I בשורה שליחס מחזור 0.17.

נחשף את הערך הקרוב ביותר ל- 5.294 (אך לא גמורה ממנו).

הערך הקרוב ביותר הוא 5.1, מספר המכונות המתאימים לערך זה הוא 7 מכונות.

מספר המכונות שיש לתת לעובד להפעיל על מנת שהעומס לא יעלה על 90% הוא 7 מכונות.

## פרק 4

### דגימת עבודה

#### משתנים המופיעים בפרק

הסמל (רגיל)	המשתנה	הסמל (רגיל)	המשתנה
Z	זמן מוקצב	P	אחזו תעסוקה / יחס מחזורי
K	רמת אמינות	n	מספר התוצאות שbowtow
Sp	אי דיק יחסית	T	זמן מושך
S	אי דיק מוחלט	R	קצב העבודה
N	מספר תוצאות נדרש	(a+b)	תוספות אי רציפות
m	מספר העובדים	Q	מספר המוצרים שיוצרו במהלך החקור
W	משקל היחסי של הקבוצה		

#### 4.1 דגימת עבודה / חקר רב תצפיתי

דגימת עבודה הינה טכניקה סטטיסטית לניטוח תהליכי עבודה לצורך קביעת תקני זמן. ניתוח תהליך העבודה מבוצע ע"י דוגמה סטטיסטית של פעילותות העבודה ובחינת התפלגותן. בשיטה זו נאוסף מידע על אופן ביצוע העבודה ועל העובדים המבצעים אותה. איסוף המידע מבוצע באמצעות מדגם המשקף את אופן ביצוע תהליך העבודה.

בשיטת דגימת עבודה מוחושבים תקni הזמן בהתאם להתפלגותם של מצביו העבודה בתהליך העבודה, ובוצעת ניתוח סטטיסטי של התפלגות מצביו העמدة. מניתוח סטטיסטי זה ניתן להסיק על הזמן שהושקע בכל פעילות.

##### המטרים שבהם משתמשים בדגימת עבודה:

1. במחקר זמן בעל תדריות נמכרות - מחקר זמן שבו יש חזרה מועטה על פעילותות.
2. כאשר יש צורך בחקירת מספר גדול של עובדים בו זמןית.
3. כאשר מעוניינים לדעת חשובי עומס עובדים ונכילות מוכנות בזמן קצר.
4. כאשר יש צורך דוחות בתיקן זמן או כאשר מעוניינים לחשב זמן מוקצב ואין יכולת כלכלית או ארגונית מספקת לביצוע מחקר הזמן.
5. במצבים שאין חשיבות לניטוח מדויק של האלמנטים - לא נדרש פרוטר רב על הפעולות אותן מבצע העובד.

## תכנון הדגימה

לצורך ביצוע חקר עבودה בשיטת דגימת עבודה אנו נדרשים לבצע תצפיות על תהליכי העבודה הנחקר כדי לבחון את התפלגות מצבים העובדה של העובד, לשם כך נדרש לתקן את ביצוע הדגימה, קיימות שתי שיטות דגימה:

- דגם מהזורת - הנתונים נאספים בדגימות בעלות סדר קבוע (הפרש הזמן בין דגם לא דגם קבוע).
- דגם לא מהזורת - הנתונים נאספים בדגימות אקראיות, הפרשי הזמן בין דגם לדגם אינם קבועים.

### התאמת שיטת הדגימה לתהליכי העבודה הנחקר

לצורך איסוף נתונים אמין נדרש לבצע התאמת בין שיטת הדגימה שבה יאספו הנתונים הסטטיסטיים לבין תהליכי ביצוע העובדה המבוצע בארגון.

בחירה שיטת הדגימה מוצעת בהתאם לתהליכי העבודה:

#### תהליכי עבודה מהזורי

בתהליכי עבודה מהזורי שבו הפעולות חוזרות על עצמן בסדר קבוע במהלך כל מהלך כל עבודה, נהוג לבצע דגם לא מהזורת בקרה אקראית כדי שנitin יהיה לאסוף נתונים מסוים מספר גובה ככל האפשר של מצבים עבודה מבלתי פגוע באמיןותה של הדגימה.

#### תהליכי עבודה לא מהזורי

בתהליכי עבודה לא מהזורי שבו הפעולות אינן חוזרות על עצמן בסדר קבוע וידוע מראש (בתהליכי מסווג זה סדר ואופן ביצוע הפעולות יכול להשנות מסווג עבודה אחד לסוג עבודה אחר) נהוג לבצע **דגם מהזורת** - דגם בפרק זמן קפואים אשר יסייעו בידנו לאסוף את הנתונים בקרה פשוטה ויעילה.

### יתרונות וחסרונות דגימת העבודה

חסרונות	יתרונות
קשה מאוד לבצע עיבודונים ושינויים בתיקן הזמן בעקבות שינויים בתהליכי העבודה.	עלות הפעלת השיטה נמוכה
זמן הביצוע קטן יחסית	זמן הביצוע קצר
דיוק תיקן הזמן נמוך יותר ממדיידה מהזורת	ניתן לבדוק מספר גדול של עובדים בו זמן
דרושים מספר תצפיות גדול לצורך קביעת תיקן הזמן	ניתן לקבוע תיקן זמן לעבודות לא מהзорיות
דרושים נתונים מדויקים על מספר שעות העבודה במהלך החקר, מספר העובדים ומספר המוצרים המוצרים במהלך החקר	לא דרוש חוקר זמן מקצועי לצורך איסוף נתונים תקפניים.
שיטת אינה מתאימה לתהליכי עבודה משתנה (אין גמישות לשינויים בתהליכי)	צמצום השפעת החוקר על המדידה
	תקן הזמן סטנדרטי ומומוצע
	ניתן לפתח מספר תקני זמן למגוון פעולות רחבות
	ניתן להשתמש בתקן הזמן בתהליכי עבודה שונים ומגוונים.

## **בחינת מצב העבודה של העובדים במהלך תהליכי העבודה**

חלוקת העבודה לאלמנטים או למצבי עבודה (כגון : עובד / לא עובד).

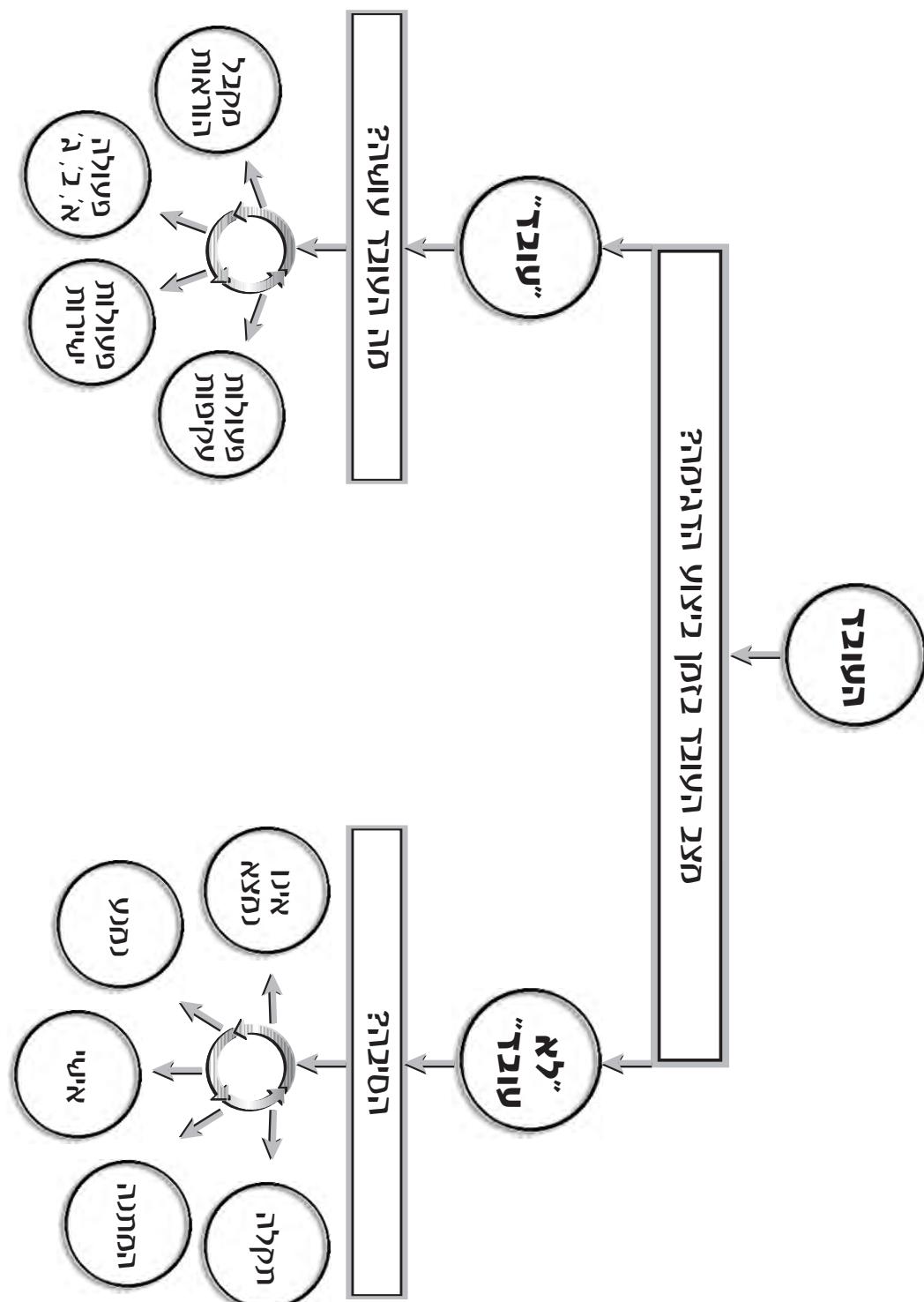
מידת הפroot של האלמנטים נקבעת בהתאם לתוכנית החקור, ככל שרמת הפroot של האלמנטים הנחקרים תהיה גבוהה יותר כך יוכל לנתח בצורה טובה יותר את תהליכי העבודה, להסיק מסקנות ולבצע שיפורים עתידיים בתקן הזמן.

דוגמת עבודה בוחנת את פעילות העובד בהתאם למצבי העבודה שבהם נמצא העובד בזמן הדגימה. מצבים נבדקים בכל דגימה שמבוצעת.

מצבים של עבודה נחלקים לשני מצבים עיקריים:

- א. העובד הנבדק "עובד" - מבצע פעולה יצרנית, מבצע פעולה עקיפה (פעולות עזר) או מקבל הוראה.
- ב. העובד הנבדק "לאעובד" - לא עובד מסיבות שאין תלויות בו: תקלת, ממතין לסיום עבודה המכונה וכו', או לא עובד מסיבות שכן תלויות בו - עסוק בנושא שאינו חלק מתהליכי העבודה, כגון: שיחות אישיות במכשיר הטלפון הנייד, קריאת עיתון וכו'.

## תרשים מצבי השובן במהלך החק



## שלבי ביצוע דגימות העבודה:

- א. לימוד תהליכי העבודה וחלוקת העבודה לאלמנטים.
- ב. תכנון הדגימה - קביעת סוג הדגימה: דגימה מוחזרית או דגימה לא מוחזרית ותכנון זמני ביצוע התצפיות.
- ג. ביצוע תצפית על העובדים ורישום הנתונים.
- ד. סיווג הנתונים לקבוצות - קבוצות האלמנטים היצרניים, תקלות בלתי נמנעות ופעולות נמנעות.
- ה. חישוב חלקו היחסי של הפעולות.
- ו. חישוב זמן מוקצב ופרמטרים סטטיסטיים.

לאחר שנאספו ומוננו התצפיות, אנו נדרשים להסיק מהתצפיות שבוצעו את אחוז הזמן שהשקייע העובד בכל אחד ממצבי העבודה שהוא בהם, ובכלל אחד מהאלמנטים הנחקרים.

**(P) אחוז תעסוקה** - אחוז התצפיות שבהם נראה העובדים מבצעים את הפעולה הנבדקת מתוך סה"כ התצפיות שבוצעו, אחוז התעסוקה מהוות את חלקה היחסית של הפעולה מתוך תהליכי העבודה.

חישוב אחוז התעסוקה מוצע בהתאם לנוסחה (לפתרון באחוזים נדרש כפול את התוצאה ב 100):

$$Pi = \frac{\text{תצפיות עובד}}{\text{סה"כ תצפיות}} \Rightarrow P = \frac{X}{n}$$

n - מספר התצפיות שבוצעו בכל הבדיקה.  
X - מספר התצפיות של מצב העבודה או הפעולות הנבדקה.  
ה-X מייצג במקרה זה את מספר התצפיות שבהם נראה העובד עסוק בפעילויות יצירנית (נחשב את מספר התצפיות "עובד" ע"י חיבור כל התצפיות שבו העובד מבצע פעולות ישירות לצורך ייצור המוצר או השירות).

## 4.2 חישוב מספר תצפיות חדש ורמת אמינות הדגימה

לગודל המדגם השפעה גדולה מאוד על אמינות הדגימה ככל שמספר התצפיות יהיה גבוהה יותר כך יוכל ללמידה יותר על זמן הביצוע הקרוב ביותר לזמן האמיטי", אנו נדרשים לקבוע מהו מספר התצפיות הדרוש על מנת שהמחקר יעמוד בדרישות לרמת אמינות ואי דיוק שנקבעו בשלב תכנון הבדיקה.

### רמת אמינות (K)

מדד המבטא את אמינות המדגם שביבצעו. רמת האמינות מבטא את החלק באוכלוסייה שהמדגם "מכסה", כלומר את מידת הקרבה בין התצפיות שבוצעו לבין ההתקפות האמיתית ואת יכולתה לתאר את המצב הקיים, נהוג להשתמש ברמת אמינות של 95% (1.96 סטיות תקן).

## אי הדיק

מידת הסטייה של התצפויות מהמצב הנוכחיים. אי הדיק מתייחס לסתיטה באחזים מהערך האמיטי. אי הדיק מבטא באחזים  $C-X\%$  מהזמן האמיטי.

**Sp - אי דיק יחסית** - מבטא את מידת אי הדיק יחסית ליחס המחזור (או לאחיזה התעסוקה), אי הדיק היחסית מקובל יותר לשימוש.

**S - אי דיק מוחלט** - מבטא את מידת אי הדיק באופן מוחלט ללא תלות ביחס המחזור (או לאחיזה התעסוקה).

### חישוב מספר תצפויות נדרש

**חישוב מספר התצפויות הנדרש לפי אי דיק יחסית:**

$$N = \left( \frac{K}{Sp} \right)^2 \cdot \left( \frac{1-p}{p} \right) \quad \text{או} \quad N = \frac{K^2 (1-P)}{Sp^2 \cdot P}$$

**חישוב מספר התצפויות הנדרש לפי אי דיק מוחלט:**

$$N = \left( \frac{K}{Sp} \right)^2 \cdot [p (1-p)] \quad \text{או} \quad N = \frac{K^2 \cdot P (1-P)}{S^2}$$

**N** - מספר התצפויות נדרש, מספר התצפויות הנדרש על מנת שהמחקר יעמוד בדרישות לרמת אמינות ואי דיק נתונות.  
**K** - רמת אמינות ; **S** - אי דיק מוחלט ; **Sp** - אי דיק יחסית ; **P** - אחיזה התעסוקה

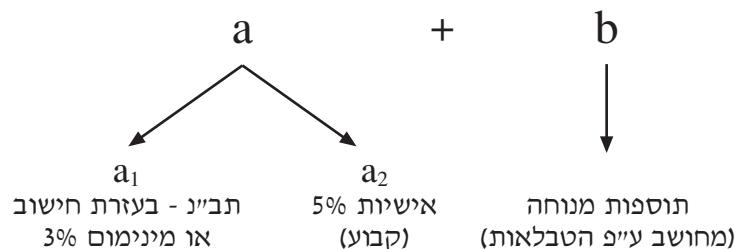
**חישוב פרמטרים של רמת אמינות ואי דיק, בהתאם למספר מדידות שבוצעו בפועל:**

הארות	לפי אי דיק מוחלט	לפי אי דיק יחסית	הגורם הנבדק
רמת אמינות המוצבת בנוסחה חיבת להיות בסטיות תקן	$Si = \pm \sqrt{\frac{K^2 \cdot (1-Pi) \cdot Pi}{n}}$	$S_{(pi)} = \pm \sqrt{\frac{K^2 \cdot (1-Pi)}{n \cdot Pi}}$	אי דיק (בשבר עשרוני)
תוצאת החישוב היא רמת אמינות בסטיות תקן	$K = Si \cdot \sqrt{\frac{n}{(1 - Pi) \cdot Pi}}$	$K = \sqrt{\frac{n \cdot S_{pi}^2 \cdot Pi}{(1 - Pi)}}$	רמת אמינות (בסטיות תקן)

\* הנוסחאות מתייחסות לשתי אפשרויות חישוב מקובלות, אחת לפי אי דיק יחסית והשנייה לפי אי דיק מוחלט.  
נדרש להתאים את הנוסחאות לדרישות המחקר.  
בדרך כלל נהוג להשתמש בנוסחאות לפי אי דיק יחסית.

## חישוב תוספות אי רציפות בדגימת עבודה

הרכיב תוספות אי הרציפות (התא"ר):



חישוב אחוז התקלות הבלתי נמנעות (תב''ן):

$$\text{תב''ן} = \frac{\text{מספר תצפיות תב''ן}}{\text{סה''כ תצפיות יסוד}}$$

תצפיות תב''ן - סה''כ התצפיות שבהם נראה העובד עוסק בפעולות תב''ן (פעילות לוואי)  
סה''כ תצפיות יסוד = תצפיות ישירות + עקיפות עם קצב

## 4.3 חישוב הזמן מוקצב

חישוב הזמן המוקצב בעזרת דגימת עבודה מבוצע בעזרת ניתוח התפלגות מצבים העבודה ובהתאם לאופן הביצוע, לכמות העובדים ולמספר סוגי המוצרים בתהליך.

**נבחין במספר מקרים:**

- עובד המיציר מוצר מסווג אחד.
- מספר עובדים המיצירים במקביל מוצר מסווג אחד.
- צוות עובדים המיציר יחד מוצר מסווג אחד.
- צוות עובדים המיציר יחד מספר סוגי מוצרים.

### a. עובד המיציר מוצר מסווג אחד

מתאים למקרים שבהם נחקור עובד יחיד המבצע תהליך עבודה שבו מבצע העובד סוג אחד של מוצר או שירות, לדוגמה: ביצוע עבודות תיקון, טיפול בלקוח וכו'.

אחוז התעסוקה של העובד מחושב בעזרת הנוסחה:

$$P_i = \frac{\text{תצפיות עובד}}{\text{סה''כ תצפיות}} \Rightarrow P = \frac{X}{n}$$

הזמן המוקצב מחושב בעזרת הנוסחה:

$$Z = \frac{T \cdot P \cdot R \cdot (1+a+b)}{Q}$$

המשתנים:

(T) זמן מושקע - מייצג את זמן העבודה הכלל של העובד/העובדים במהלך ביצוע הדגימה - הזמן שבו העובדים ביצעו את מלאכתם במהלך ביצוע הבדיקה.

(R) - קצב העבודה במהלך ביצוע הפעולה (בשבר עשרוני)

(P) - אחוז התעסוקה של העובד (בשבר עשרוני)

(a+b) - תוספות אי רציפות (תא"ר), תוספות עברו מנוראה אישות ותבין.

(Q) - מספר המוצרים המיוצרים במהלך הבדיקה (או מספר השירותים שסופקו במהלך הבדיקה)

(Z) - הזמן המוקצב להכנת יחידת תפוקה אחת ( מוצר או שירות)

ראוי לשים לב כי הביטוי  $T \cdot P \cdot R \cdot (1+a+b)$  מבטא את מה"כ הזמן המוקצב להכנת Q המוצרים.

**זמן היסוד לייצור מוצר:**

$$J = \frac{T \cdot P \cdot R}{Q}$$

### תרגיל - עובד המיצר מוצר מסווג אחד



במפעול גדול לייצור מערכות אלקטרוניות נערכה דוגמת עבודה על עובד המרכיב מערכות קולנוו ביתיות. הבדיקה בוצע - במשך 4 ימים, 8 שעות בכל יום, נתוני התוצאות שנמצאו בכל אחד מהימים מתוארים בטבלה:

תוצאות "לא עובד"	תוצאות "עובד"	יום
6	90	1
36	60	2
26	70	3
16	80	4

נתונים נוספים:

- קצב העובד הממוחע במהלך הבדיקה 90%
- תוספות אי הרציפות 20%
- במהלך הבדיקה הרכיב העובד 20 מערכות קולנוו ביתיות

הນך נדרש:

- מהו אחוז התעסוקה של העובד?
- מהו מה"כ הזמן המושקע בבדיקה?
- מהו הזמן המוקצב לביצוע הרכיבת מערכות קולנוו ביתיות?
- מהו מספר התוצאות הנדרש בהנחה ונדרשת רמת אמינות 95% ואירועי חיסוי 5%.

### פתרונות



א. נסכם תחיליה את נתוני התצפיות שנאספו:

סה"כ תצפיות	תצפיות "לא עובד"	תצפיות "עובד"	יום
96	6	90	1
96	36	60	2
96	26	70	3
96	16	80	4
<b>384</b>	<b>84</b>	<b>300</b>	<b>סה"כ</b>

אנו רואים כי נערךו סה"כ 384 תצפיות ( $X=384$ ), ב-300 מתוכם ( $n=300$ ) נראה העובד עובד וב-84 תצפיות נראה העובד "לא עובד".

מכאן: סה"כ התצפיות= $384=n$ , סה"כ תצפיות שבהם העובד עבד  $X=300$

נחשב תחיליה את אחוז הטעסוקה של העובד:

$$P = \frac{X}{n} \cdot 100 = \frac{300}{384} \cdot 100 \approx 78.13\%$$

ב-78.13% מהזמן נראה העובד "עובד" ומבצע את תפקידו.

ב. הזמן המושך בחקרי:

$$T = 4 \cdot 8 \cdot 60 = 1,920$$

הזמן המושך = 4 ימי עבודה . 8 שעות בכל יום . 60 דקות בכל שעה = סה"כ 1,920 דקות עבודה במהלך החקירה

משק הזמן שהושקע ביצירת דגימת העבודה הוא 1,920 דקות.

ג. חישוב הזמן המוקצב:

הנתונים הדרושים לחישוב הזמן המוקצב:

$T = 1920$	זמן מושקע (בדיקות)
$R = 0.9$	קצב ביצוע העבודה
$(a + b) = 0.2$	תוספות אי הרציפות
$Q = 20$	תפוקה במהלך הבדיקה

נחשב את הזמן המוקצב:

$$Z = \frac{T \cdot P \cdot R \cdot (1+a+b)}{N} = \frac{1920 \cdot 0.7813 \cdot 0.9 \cdot 1.2}{20} \approx 81 \text{ דקות}$$

הזמן המוקצב להרכבת מערכת קולנוו ביתית הוא 81 דקות.

ד. חישוב מספר התצפיות הנדרש לפי אי דיווק יחסיב:

נתונים:

אחוז תעסוקה	$P = 0.7813$	חוسب בסעיף א' -
אי דיווק יחסיב	$Sp = 5\% = 0.05$	נתון -
רמת אמינות	$K = 95\% = 1.96$	טטיות תקן באחוזים

נוסחת חישוב מספר התצפיות לפי אי דיווק יחסיב:

$$N = \frac{K^2 (1 - P)}{Sp^2 \cdot P}$$

נציב בנוסחה:

$$N = \frac{1.96^2 \cdot (1 - 0.7813)}{0.05 \cdot 0.7813}$$

↓

$$N = 430.13 \Rightarrow 431 \text{ תצפיות}$$

↓

נדרשות 431 תצפיות על מנת לעמוד בדרישות הבדיקה

(בהתאם לרמת האמינות ולאי הדיווק היחסיב)

## **ב. מספר עובדים המיצרים במקביל מוצר מסווג אחד**

תהליך עבודה שם עובדים מוצעת במקביל, לא קיימת תלות בין העובדים, כל אחד מהעובדים מבצע את כל הפעולות הדרושים להכנת מוצר (או שירות), לדוגמה: עבודה קופאיות ברשות שיווק, עבודה כספרים בנק וכו'.

**נוסחת הזמן המוקצב:**

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^m T_i \cdot P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i}{\sum_{i=1}^m Q_i}$$

m - מספר העובדים

אחוז התעסוקה ייחסב עבור כל אחד מהמעדים:

$$P_i = \frac{\text{תצלויות עובד}}{\text{סה"כ תצלויות}} \Rightarrow P = \frac{X}{n}$$

\* נוסחת הזמן המוקצב במקרה זה דומה לנוסחה שבה השתמשנו במקרה א'. במקרה זה המונה בנוסחה כוללת את כל הנתונים של כל העובדים המועסקים בתהליך.

### **תרגיל - מספר עובדים המיצרים במקביל מוצר מסווג אחד**



במרכז השירות הטלפוני של חברת "מייטר" המספקת שירותים מתקדמים, נרכשה דגימת עבודה על העובדן של שלוש עבודות מחלקת שירות הלקוחות.

כל אחת מהמעדות מבצעת לפחות כל הפעולות הדרישות לצורך טיפול בלקוחה.

המחקר בוצע במשך 8 שעות עבודה, עבור כל אחת מהמעדות נרשם קצב הביצוע, מספר הלקוחות שקיבלו שירות ומספר התצלויות שבוצעו בכל אחד משולשת מצביע עבידה: 1. מענה לפניה ללקוח (הכולל מרור פרטיים במחשב), 2. טיפול בפניה הלקוח, 3. לא עבודה (העובדת אינה מבצעת עבודה).

תוספות אי הרציפות שנקבעו הן 15%.

הנתונים שנאספו רוכזו בטבלה:

מספר הלקוחות שקיבלו שירות	קצב העבודה (ב אחוזים)	מספר התצלויות שהתקבלו			<b>עובדת / נתון</b>
		מענה לפניה ללקוח	טיפול בפניה	לא עבודה	
65	100%	200	600	400	챙ית
70	110%	150	800	250	מאייה
58	90%	280	780	140	אופיר

הנץ נדרש:

- א. מהו אחוז התעסוקה של כל אחת מהעובדות?  
ב. מהו הזמן המוקצב למתן שירות לקוחות במרכז השירות?

פתרונות:



ניתן לראות כי תהליך העבודה מתאר תהליך שבו מספר עבודות המיצירות במקביל מושג אחד - כל אחת מהעובדות מבצעות את כל הפעולות הדרשיות עבור טיפול פנימית לקוח, לא קיימת תלות בין עבודות העradorות. נחומר את מספר התוצאות שבהם נראה העבודות עובדות:

עובדות	מענה לפנימית לקוח	טיפול בפנימית	סה"כ תוצאות "עובדות"
חגי%	400	600	1,000
מай%	250	800	1,050
אופיר	140	780	920

א. נשלים בטבלה את הנתונים ונחשב את אחוז התעסוקה של כל אחת מהעובדות:

עובדות	"עובד"	תוצאות "לא עובד"	סה"כ תוצאות	pracownik	אחוז תעסוקה בארגוני
חגי%	1,000	200	1,200	p = $\frac{1,000}{1,200} = 0.833$	83.3%*
מай%	1,050	150	1,200	p = $\frac{1,050}{1,200} = 0.875$	87.5%
אופיר	920	280	1,200	p = $\frac{920}{1,200} = 0.766$	76.6%

\* העובדת חגי מתפלת בפנימות הלוקחות כ-83.3% זמן העבודה.

**אחוז התעסוקה חושב בעזרת הנוסחה:**

$$P_i = \frac{\text{תוצאות עובד}}{\text{סה"כ תוצאות}} \Rightarrow P = \frac{X}{n}$$

**ב. חישוב הזמן המוקצב למטען שירות ללקות:**

נחשב תחילה את הזמן המושקע במחקר:

$$\text{דקות} = 8 \cdot 60 = 480$$

המחקר בוצע במשך 480 דקות.

נבנה טבלת עזר לביצוע חישובי הבינאים:

יחידות השירות <b>Q</b>	זמן ביצוע משוקלל <b>T·P·R·(1+a+b)</b>	זמן התא"ר <b>(1+a+b)</b> (בשער עשרוני)	מקודם העבודה <b>R</b> (בשער עשרוני)	קצב העבודה <b>R</b> (בשער עשרוני)	אחוז תעסוקה <b>P</b> (בשער עשרוני)	זמן מושקע <b>T</b> (בדקות)	עובד/נתון
65	459.82 * <sup>1</sup>	1.15	1	0.833	480	חגית	
70	531.3	1.15	1.1	0.875	480	מאיה	
58	380.55	1.15	0.9	0.766	480	אופיר	
<b>193 *<sup>3</sup></b>	<b>1371.67 *<sup>2</sup></b>		<b>סה"כ</b>				

**הסברים לחישובים בטבלה:**

\*<sup>1</sup> חישוב מכפלת הערכיים בשורת הנתונים של העובדת חגית:

$$\text{דקות} = T \cdot P \cdot R \cdot (1+a+b) = 480 \cdot 0.833 \cdot 1 \cdot 1.15 = 459.82$$

\*<sup>2</sup> חישוב סכום כל הנתונים בעמודת זמן ביצוע משוקלל:

$$\sum_n T_i \cdot P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i = 459.82 + 531.3 + 380.55 = 1,371.67 \text{ דקות}$$

\*<sup>3</sup> חישוב סה"כ מספר הלקוחות שקיבלו שירות ע"י כל העובדות יחד:

$$\sum_n Q_i = 65 + 70 + 58 = 193 \text{ יחידות}$$

**נחשב את הזמן המוקצב לטיפול בלקות:**

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^m T_i \cdot P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i}{\sum_{i=1}^m Q_i} = \frac{1,371.67}{193} = 7.11 \text{ דקות}$$

← הזמן המוקצב למטען שירות ללקות במרכז השירות הינו 7.11 דקות.

#### ג. צוות עובדים המיציר יחד מוצר מסווג אחד (עובדת צוות)

בהתחלת עבודה זה כל העובדים יחד מייצרים את המוצר בהתאם לחלוקת עבודה פנימית בין חברי הצוות, כל אחד מהעובדים תורם את חלקו לתהיליך העבודה, קיימים יחסיו גומלין בין העובדים ונדרשת מידיה רבה של שיתוף פעולה לצורך ביצוע תהיליך העבודה (הכנת המוצר או השירות).

מקרה זה מתאים לביצוע דוגמה בתהיליך עבודה בקו יצור שבו כל עובד מבצע חלק מהתהיליך (עובד אי מבצע פעולה מעביר לעובד ב' וכו'), לדוגמה הרכבת מערכות אלקטרוניות ע"י צוות העובדים, יציקת עמוד בטון ע"י עובדי בניין.

בהתליכי عمודה מסווג זה נבצע חישוב שליחס המחזור עבור כל אחד ממצבי העבודה שנקבעו (כל אחד מהאלמנטים), נבדוק את יחסיה של הפעולות המבוצעות לתהיליך העמודה כולה ללא התיחסות לעובד או העובדים המבצעים את הפעולות.

סימנים מקובלים:

P - **חלקים היחסיים של התכפיות** שבוצעו עבור מצב עבודה נחקר מתוך סה"כ התכפיות שbow, במקרה זה אנו משתמשים ב-P לתיאור יחס המחזור ולא את אחוז התעסוקה.

Q - מספר המוצרים המיוצרים במהלך הבדיקה  
n - מספר הפעולות המבוצעות  
a - סה"כ התכפיות אי רציפות (תא"ר) ותוספות עבור מנוחה אישות ותב"ן  
b - קצב ביצוע העבודה  
R - מספר התכפיות של מצב העבודה או הפעולות הנבדקת  
T (T) זמן מושך - מייצג את זמן העבודה הכלול של העובדים במהלך הבדיקה  
m - מספר העובדים

חישוב יחס המחזור:

$$P = \frac{X}{n}$$

חישוב הזמן המוקצב להכנת מוצר או לביצוע יחידת שירות:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^m T_i \cdot \sum_{j=1}^u P_j \cdot R_j \cdot (1+a+b)_j}{\sum_{i=1}^m Q_i}$$

i , j - אינדקסים המשמשים לחישוב בנוסחה.

## תרגיל - צוות עובדים המייצר יחד מוצר מסווג אחד



בארגון גדול העוסק ביבוא והכנה למכירה של מחשבי כף יד נרכשה דגםת עבדה על צוות של שישה עובדים המכנינים יחד את הערכות למכירה (בדיקות הערך והוספה ציוד התאמה לאرض).

בטבלה מתוארים האלמנטים שנחקרו ומספר התוצאות שנמצאו עבור כל אלמנט:

מספר האלמנט	תיאור האלמנט המ被执行	מספר תוצאות	קצב הביצוע
1	פתרונות ערכה וביקורת תוכולה	360	100%
2	בדיקות תקינות החלקים	315	90%
3	הפקת מדבקות במחשב והכנסתם לערכה	45	100%
4	הוספה ציוד תאום לאرض	243	110%
5	אריזת הערכה	180	110%
6	העברת ערכה למשטח	270	100%
7	סידור עדמת העבודה	225	90%
8	תקלות בלתי נמנעות	72	-
9	לא עובדים	90	-

### נתונים נוספים:

המחקר בוצע במשך 3 ימי עבודה, 4 שעות בכל יום.

במהלך המחקר הכינו העובדים 2000 ערכות, תוספות המנוחה 9%, תוספות אישיות 5%.

### מהו הזמן המוקצב להכנה ערכה?

פתרונות:



מדובר במקרה שבו **צוות עובדים מייצר יחד מוצר מסווג אחד**.

נוסחת חישוב הזמן המוקצב המתאימה למקרה זה:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^m T_i \cdot \sum_{j=1}^u P_j \cdot R_j \cdot (1+a+b)_j}{\sum_{i=1}^m Q_i}$$

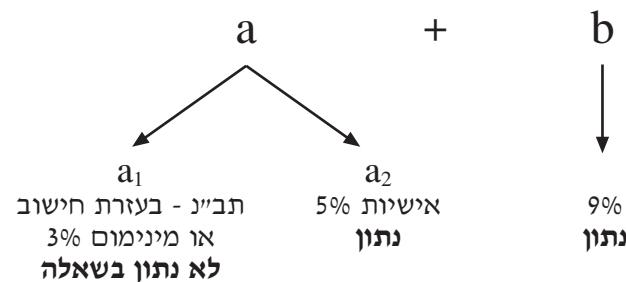
נחשב תחילה את יחס המחזור עבור כל אחד מהאלמנטים:

סוג האלמנט	יחס המחזור (P) (ב אחוזים)	יחס המחזור (P)	מספר תכפיות	מספר האלמנט
אלמנט יצרני	20%	$P_1 = \frac{360}{1,800} = 0.2$	360	1
אלמנט יצרני	17.5%	$P_2 = \frac{315}{1,800} = 0.175$	315	2
אלמנט יצרני	2.5%	$P_3 = \frac{45}{1,800} = 0.025$	45	3
אלמנט יצרני	135%	$P_4 = \frac{243}{1,800} \approx 0.135$	243	4
אלמנט יצרני	10%	$P_5 = \frac{180}{1,800} = 0.1$	80	5
אלמנט יצרני	15%	$P_6 = \frac{270}{1,800} = 0.15$	270	6
אלמנט יצרני	12.5%	$P_7 = \frac{225}{1,800} = 0.125$	225	7
תקלות בלתי נמנעות	4%	$P_8 = \frac{72}{1,800} = 0.04$	72	8
نمונעים	5%	$P_9 = \frac{90}{1,800} = 0.05$	90	9
	100%	1	1,800	סה"כ
<b>בדיקה: <math>P = 1 = 100\%</math></b>				

\* אלמנט 8 הוא אלמנט TAB'IN אשר בעזרתו נחשב את אחוז התב'ין של תהליך העבודה.

\* אלמנט 9 הוא אלמנט נמנע - לא תהיה התייחסות אליו בקביעת הזמן המוקצב.

הרכיב תוספות אי הרציפות (התא"ר):



תוספות המנוחה (9%) והאישיות (5%) נתונות. בתרגיל, אחוז התבין אינו נתון בשאלת ולבן נדרש לחשב אותו.

מחשב את אחוז התקלות הבלתי מנעות (تب"ן):

$$a_1 = \frac{P_8}{\left(\sum_{i=1}^9 P_i\right) - P_9 - P_8} = \frac{72}{1,800 - 90 - 72} = \frac{72}{1,638} \approx 0.044 \approx 5\%$$

אחוז התבון הינו 5% (בוצע עיגול כלפי מעלה בשיטה המחרימה).

מחשב את סה"כ תוספות אי הרציפות:

$$(a + b) = a_1 + a_2 + b = 5 + 5 + 9 = 19\%$$

מחשב, לאלמנטים **היצרניים בלבד**, את הסכום של:  $\sum_{j=1}^7 P_j \cdot R_j \cdot (1+a+b)_j$  בעזרת טבלת עזר:

$P_j \cdot R_j \cdot (1+a+b)_j$	(1+a+b) <sub>j</sub> מקדם התא"ר	$R_j$ קצב הביצוע (בשבר עשרוני)	$P_j$ יחס המחזור (בשבר עשרוני)	מספר האלמנט
0.238	1.19	1	0.2	1
0.187	1.19	0.9	0.175	2
0.03	1.19	1	0.025	3
0.177	1.19	1.1	0.135	4
0.131	1.19	1.1	0.1	5
0.179	1.19	1	0.15	6
0.134	1.19	0.9	0.125	7
$\sum_1^7 P_j \cdot R_j \cdot (1+a+b)_j = 1.076$				סה"כ:

\* פעולות 9, 8 אינן פעולות יצירניות ולבן אין חלק מהחישוב בטבלה.  
\* הגורם  $\sum P \cdot R \cdot (1+a+b)$  במקרה זה מבטא את יעילות ביצוע העבודה.

**הזמן המושקע במחקר:**

$$T = 6 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 60 = 4,320$$

דקות

זמן המושקע

=

6 עובדים

.

3 ימי עבודה

.

4 שעות בכל יום

.

60 דקות בכל שעה

=

סה"כ 4,320 דקות עבודה

הושקעו במהלך המחקר

במחקר נבחנו 4,320 דקות עבודה מושקעות (לכל העובדים יחד).

נסכם את הנתונים הנדרשים לחישוב הזמן המוקצב:

זמן מושקע (בדקות):  $T = 4,320$

יעילות הביצוע:  $\sum_{j=1}^7 P_j \cdot R_j \cdot (1+a+b)_j = 1.076$

התפוקה במהלך המחקר:  $Q = 2,000$

נחשב את הזמן המוקצב להכנת ערכה של מחשב כף יד:

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^6 T_i \cdot \sum_{j=1}^7 P_j \cdot R_j \cdot (1+a+b)_j}{\sum_{i=1}^6 Q_i} = \frac{4,320 \cdot 1.076}{2,000} = 2.32$$

דקות

הזמן המוקצב להכנת ערכה של מחשב כף יד למכירה בארץ הינו 2.32 דקות (הזמן שהארגון משלם בשכר עבודה עבור כל יחידת מוצר).

#### ד. חישוב זמן מוקצב לצוות העובדים המייצרים מספר סוגים מוצריים (עבודת צוות)

בתחילת העבודה מסווג זה כל העובדים יחד מייצרים מספר סוגים מוצריים בהתאם לחלוקת העבודה פנימית בין חברי הצוות, כל אחד מהעובדים תורם את חלקו לתחלת העבודה עבור אחד או יותר מסוגי המוצריים המייצרים. בתהיליך, לדוגמה: תחיליך בנית מגוון עצמאי ילדים במפעל בעזרת צוות המונה מספר עובדים.

במקרה זה נבדוק את יחס המופע של הפעולות המבוצעות בתהיליך העבודה נמיין את האלמנטים לקבוצות עבור כל סוג מוצר ולקבצת הפעולות המשותפות לכל המוצריים.

חישוב זמן מוקצב לצוות העובדים המייצרים יחד מספר סוגים מוצריים מתבצע ע"י חלוקת האלמנטים לקבוצות:  
א. קבצת האלמנטים המשותפים - בקבוצה זו יהיו כל האלמנטים המשותפים לכל תהליכי העבודה (לכל המוצריים).

ב. קבוצות ייחודיות - כל קבצת אלמנטים ייחודית למוצר תחשב כקבוצה.

בנוסף לקטגוריות אלו קיימים אלמנטים נוספים השייכים לחקר כולם - אלמנטים נמנעים ותב"ן.

#### סימונים מקובלים:

JS	- חלקו היחסית של הפעולות המשותפות	JI	- חלקו היחסית של הפעולות הייחודיות
$Q_g$	- מספר המוצרים מסווג g	$W_g$	- משקלה היחסית של מוצר g
m	- מספר העובדים	u	- מספר האלמנטים
T	- הזמן המושך במחקר	g	- קבועת המוצרים

#### נחשב עבור הקבוצות:

משקל היחסית של הקבוצה	חלקו היחסית של הזמן המוקצב	קבוצה / הגורם המוחשב
לא מוחשב	$JS = \sum_{i=1}^u P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i$	קבוצת האלמנטים המשותפים
$W_g = \frac{Q_g}{\sum_{i=1}^g Q_g}$	$JI_g = \sum_{i=1}^u P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i$	הקבוצות הייחודיות (הчисוב מבוצע עבור כל אחת מהקבוצות)

זמן המוקצב עבור כל אחד מהמוצרים יחושב בעזרת הנוסחה:

$$Z_g = \frac{T (JS \cdot W_g + JI_g)}{Q_g}$$

#### תרגיל - צוות העובדים המיצר מספר סוגים מוצרים



בסניף בנק נערכה דגימת עבודה על עבודות של ארבעה פקידים/ות המקבלים קהל לצורכי טיפול בלקוחות הבנק. הפעולות המוצעות ע"י הפקידים הנחקרים הם: הפקדת/משיכת כספים, הזנת פנקסי שקים.

#### נתונים:

תוספות אי רציפות 20%, החker נערך ביום א'-ד', בין השעות 08:00 - 12:30 ו- 16:00 - 18:30.  
במהלך הדגימה טיפולו העובדים ב- 1250 הזמנות וקיבלו פנקסי שקים ו- 2500 משיכות/הפקדות כספים.

**תוצאות הדגימה:**

מספר	אלמנט / נתון	מספר תצלויות	קצב העבודה
1	קבלת הלכוח וברור הפניה	80	100%
2	זיהוי הלכוח (בדיקה תעוזות זיהוי)	100	90%
3	ביצוע משיכת / הפקדת כספים	180	110%
4	ספרת הכסף בהפקדה/משיכת	200	100%
5	טיפול בהזמנה / קבלה של פנסיסי שקים	100	90%
6	חיפוש פנסיס השקים המתאים	50	110%
7	החתמת הלכוח על טופס אישור פעולה	50	100%
8	פועלות נמנעות	0	-
<b>סה"כ תצלויות</b>			<b>760</b>

מהו הזמן המוקצב לביצוע הפקודות / משיכות בחשבון ומהו הזמן המוקצב לביצוע הטיפול בפנסיסי שקים?



נחשב את יחס המחזור לכל הפעולות הייצרניות (משותפות וייחודיות), ללא הפעולות הנמנעות.

מספר	יחס המחזור (P)	מספר תצלויות	יחס המחזור (P)
1	0.105	80	0.105
2	0.132	100	0.132
3	0.237	180	0.237
4	0.263	200	0.263
5	0.132	100	0.132
6	0.066	50	0.066
7	0.066	50	0.066
<b>סה"כ (בדיקה)</b>			<b>760</b>

נחלק את האלמנטים לקבוצות:

- א. **קבוצת האלמנטים - משיכת/הפקדת כספים** - בקמוצה זו יופיעו כל האלמנטים המתייחסים להפקדות או משיכות כספים בלבד. בקבוצת זו נכללים האלמנטים: 4 , 3
- ב. **קבוצת האלמנטים - טיפול בפנסיסי שקים** - בקמוצה זו יופיעו כל האלמנטים המתייחסים לטיפול בנושא פנסיסי השקים בלבד. בקמוצה זו נכללים האלמנטים: 6 , 5

- ג. **קבוצת האלמנטים המשותפים** - בקבוצה זו יופיעו כל האלמנטים שמתבצעים עבור שני תהליכי העבודה (גם עבור נושא הטיפול בפנסים השקם וגם עבור משיכות והפקדות כספים). בקבוצה זו נכללים האלמנטים: 1, 2, 7.
- ד. **קבוצת האלמנטים הנמנעים** - בקבוצה זו יופיעו כל האלמנטים הנמנעים, האלמנטים לא יחוسبו כחלק מחקר הזמן, בקבוצה זו נכללים האלמנטים: אלמנט 8 - עבור אלמנט זה לא נמצא תוצאות.

#### הערה - קבוצת האלמנטים המשותפים:

בקבוצה זו נכללים האלמנטים המשתייכים לכל אחד מתהליכי העבודה. לדוגמה אלמנט קיבלת לקוח וברור פניה מתייחס לשני התהליכים הנבדקים (גם ביצוע משיכות/הפקדות וגם לטיפול בהזנת הפנסים).

**נחשב את חלקו היחסית של זמן המוקצב:**

**קבוצת האלמנטים המשותפים:**

האלמנטים	יחס המחזור	(P)	קצב (R)	מקדם התא"ר (1+a+b)	$\sum_{i=1}^u P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i$
1	0.105	1	1.2	0.126	
2	0.132	0.9	1.2	0.143	
7	0.066	1	1.2	0.079	
$JS = \sum_{i=1}^u P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i = 0.348$					

חלוקת היחסית של הפעולות המשותפות הוא:  $JS = 0.348$

#### קבוצה א' - קבוצת האלמנטים של תהליך משיכת / הפקדות:

האלמנטים	יחס המחזור	(P)	קצב (R)	מקדם התא"ר (1+a+b)	$\sum_{i=1}^u P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i$
3	0.237	1.1	1.2	0.313	
4	0.263	1	1.2	0.32	
$JL_N = \sum_{i=1}^u P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i = 0.633$					

חלוקת היחסית של הפעולות היחידות לקבוצה א' הוא:  $JL_N = 0.633$

**קבוצה ב' - קבוצת האלמנטים של טיפול בפנסים שקיים:**

$\sum_{i=1}^u P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i$	(1+a+b) מקדם התא"ר	(R) קצב יחס המחזור	(P)	האלמנטים
0.143	1.2	0.9	0.132	5
0.087	1.2	1.1	0.066	6
$JL_2 = \sum_{i=1}^u P_i \cdot R_i \cdot (1+a+b)_i \cong 0.23$				

חלוקת היחסים של הפעולות היחידות לקבוצה ב' הוא:  $JL_2 = 0.23$

**נחשב את המשקל היחסי של כל אחד מהשירותים:**

**קבוצה א'** - משקלה היחסי של קבוצת האלמנטים של הטיפול בהפקדות / משיכות:

$$W_n = \frac{Q_n}{\sum_{i=1}^2 Q_i} = \frac{2,500}{1,250+2,500} = 0.666$$

66.6% מהשירותים שננתנו במהלך החקירה היו טיפול בהפקדות ומשיכות כספים.

**קבוצה ב'** - משקלה היחסי של קבוצת האלמנטים של הטיפול בפנסים שהקיים:

$$W_2 = \frac{Q_2}{\sum_{i=1}^2 Q_i} = \frac{1,250}{1,250+2,500} = 0.333$$

33.3% מהשירותים שננתנו במהלך החקירה היו טיפול בפנסים שקיים.

**נחשב את סה"כ הזמן המושקע בתהליכי העבודה בחקר:**

$$T = 4 \cdot 4 \cdot 7 \cdot 60 = 6,720 \text{ דקות}$$

↓            ↓            ↓            ↓            ↓            ↓  
 הזמן        4          מי        7          כל יום      60          סה"כ 6,720 דקות עבודה  
 המושקע    עובדים    ימי     שעות    ימים      דקות בשעה    בשעה

סה"כ 6,720 דקות עבודה    =    השקו במהלך החקירה

בחקר נבחנו 6,720 דקות עבודה מושקעתה (לכל העובדים יחד).

**נחשב את הזמן המוקצב לכל אחת מהשירותים:**

הזמן המוקצב לטיפול בהפקדות / משיכות כספים:

$$Z_n = \frac{T (JS \cdot W_n + JL_n)}{Q_n} = \frac{6,720 \cdot (0.348 \cdot 0.666 + 0.633)}{2,500} \cong 2.32 \text{ דקות}$$

הזמן המוקצב לטיפול בהפקדות / משיכות כספים (מוצר א) הינו 2.32 דקות.

הזמן המוקצב לטיפול בפנקסי שקים:

$$Z_b = \frac{T (JS \cdot W_b + JL_b)}{Q_b} = \frac{6,720 \cdot (0.348 \cdot 0.333 + 0.23)}{1,250} \cong 1.86 \text{ דקות}$$

הזמן המוקצב לטיפול בפנקסי שקים (מוצר ב) הינו 1.86 דקות.

## 5.1 זמני תנועה קבועים מראש - זק"ם (Predetermined Time Schedules)

שיטות זמינים מוקצבים מראש פותחה ב-1912 ע"י פרנק גילברט. השיטה משמשת לקביעת זמני תקן וمتבססת על טבלאות זמינים של תנועות בסיסיות המרכיבות את הפעולה המבוצעת. ניתן לפרק כל פעולה לתת פעולות המרכיבות אותה, ובהתבסס על זמני היסוד הנתונים בטבלאות, לקבוע זמן תקן לביצוע הפעולה. זמני היסוד בטבלאות נקבעים ביחס לאימר המבצע, הכוח המופעל ולמරחך התנועה.

זמן היסוד לכל סוג של פעילות נמצאים בטבלת זמני יסוד קבועים, שנערכו מראש ובעזרת הרכבת התנועות הדרישות והוספת תוספות אי הרציפות. ניתן לקבוע זמני תקן לביצוע העבודות הנחקרות.

קיימים זמינים מוקצבים מראש לפחות פעילות יסוד - לתנועות בסיסיות, זמינים מוקצבים מראש לאלמנטים שלמים המתאימים לתחום מוצעוי מוגדר: קיימות טבלאות נפוצות המשמשות לתחומי תעשייה המתכת, הריתוך והאלקטرونיקה, זמינים מוכנים מראש ל"בלוקים" שלמים, "בלוקים" - קבוצת אלמנטים החוזרת על עצמה מספר רב של פעמים, דוגמאות בתעשייה ניתן למצוא בעבודות פקידות, תעשיית הביגוד, מוסכים וכו'.

דוגמאות לזמן מוקצבים לתנועות בסיסיות: אחיזת חוץ, שחרור חוץ, העברת חוץ, לכיחת חוץ.

דוגמאות לגורמים משתנים: רמת הדיקוק הדרוש למצוע הפעולה, משקל החוץ, אורך התנועה וכו'.

### שלבים בקביעת זמן התקן בהתבסס על זמינים מוקצבים:

1. חלוקת תהליך העבודה לאלמנטים (פעולות המרכיבות את התהליך).
2. חלוקת כל אלמנט לתת הפעולות הבסיסיות המרכיבות אותו.
3. מציאת משך הזמן הדרוש לביצוע כל תת פעולה בעזרת טבלאות זמינים (זמן היסוד).
4. חיבור כל תת הפעולות הבסיסיות המרכיבות את התהליך ומציאת זמן היסוד הדרוש לביצוע התהליך.
5. חישוב זמן מוקצב בהתבסס על זמן היסוד ובתוספת תוספות אי הרציפות.

### איסוף הנתונים על תהליך מבוצע בעזרת מספר שיטות:

- A. ניתוחן ורישומן של פעולות העבודה המבוצעות ע"י העובד במהלך עבודתו. מהחוקר במקרה זה דרושה מקצועיות גבוהה מאוד לצורך הבחנה בתנועות הקטנות ובמהירות הביצוע.
- B. מצלמות בעלות שעון זמן מובנה המתעדות את תהליך העבודה לצורך ניתוחו בשלב מאוחר יותר.
- C. שימוש בצד אלקטронני מתקדם (ציקלומטר) לצורך איסוף וניתוח הנתונים בעזרת מחשב.

**ציקלומטר** - מכשיר המשמש לסקירה ולרישום התנועות המבוצעות בתהליך העבודה בעזרת  
חישנים המוצמדים לעובד ומעבירים את המידע למחשב המנתה את הנתונים.



### **מטרות ה<sup>זק</sup>"מ:**

- .א. חישוב תקן הזמן לביצוע תהליך עבודה בהתאם על טבלאות נתונים מתאימות.
- .ב. ניתוח תהליכי עבודה של העובדים - פרוק תהליכי העבודה לתתי פעולות בסיסיות או לסדרת תתי פעולות.
- .ג. תכנון שיטת עמידה אופטימאלית בעזרת התאמת התנויות הדורשות לתהליכי העבודה.
- .ד. ניצול יעיל של פעולות העובדים, חיסכון באנרגיה ובעמם.

### **באיזה מקרים כדאי להשתמש בשיטת ה<sup>זק</sup>"מ:**

- .1. שיטת ה<sup>זק</sup>"מ שימושית בעיקר בתהליכי עבודה המורכבים מפעולות קצורות החוזרות על עצמן לעיתים קרובות.
- .2. תכנון תהליכי חדשים:

כאשר ארנון מעוניין להשתמש באחת משיטות הזמינים המוקצבים, נדרש לתכנן בשלב ראשון בוצרה ממוחשבת את טבלאות תקני הזמן המתאימות לו, או לחילופין להשתמש בטבלאות המתאימות בתחום העיסוק. בעזרת תכנון זה ניתן לדעת מראש מהן הזמינים המוקצבים לביצוע העבדות הצפויות ובהתאם לכך להיערך בהתאם מבחינת הרכש, תכנון העבודה, קיabilit משאבי הייצור, תכנון כ"א, חישובים כלכליים וכו'.

### **שלבי ביצוע תכנון זמינים מוקצבים מראש תהליכי עבודה חדש:**

- .א. ניתוח תהליכי העבודה במלואו - מתחילה התהילה ועד לסיומו רישום כל הנתונים הידועים וחיקירת הנתונים اللاידעומים.
- .ב. חלוקת התהילה לאלמנטים (לפעולות).
- .ג. חלוקת הפעולות לקטצת פעולות בעלות דמיון (חוזרות על עצמן) לפעולות שונות גובהה (פעולות חלק מהפרמטרים שלהם משתנים במהלך תהליכי העבודה).
- .ד. עבר הפעולות בעלות שונות גובהה - נדרש לרשום את האפשרויות השונות שיכולה להתארח במהלך תהליכי העבודה (סוג חומר הגלם, גודל החלק, צורה וכו').
- .ה. קביעת סמלים לאלמנטים - כל אחד מהאלמנטים יסומן בסמל שונה המבטא את האלמנט המסוים בלבד.
- .ו. קביעת זמן מוקצב לכל סמל (אלמנט או קבוצת אלמנטים).
- .ז. בניית טבלת זמינים מוקצבים.

### **חישוב זמן היסודות לביצוע תהליכי העבודה:**

חישוב זמן היסודות מבוצע ע"י מכפלת מספר הפעולות המבוצעות עבר כל סוג פעילות בזמן היסוד נדרש לביצוע הפעולה, בהתאם לנוסחה:

$$J = \sum_{i=1}^n j_i \cdot f_i$$

- ז - זמן יסוד למתפקיד פועלה בסיסית, נקבע בעזרת טבלאות לזמן מוקצבים מראש
- f - שכיחות תתי הפעולה הבסיסית בתהליכי העבודה (מספר הפעמים שהפעולה חוזרת בתהליכי העבודה)
- i - אינדקס עוזר לחישוב
- n - מספר תתי הפעולות בתהליכי העבודה
- J - זמן יסוד לביצוע תהליכי העבודה

### **חישוב הזמן המוקצב**

חישוב הזמן המוקצב יבוצע ע"י ביצוע הוספת תוספות אי הרציפות בזמן היסוד הדרוש לביצוע הפעולה.

נוסחת הזמן המוקצב:

$$Z = J \cdot (1+a+b)$$

- J - זמן יסוד לביצוע תהליך העבודה
- Z - זמן מוקצב לביצוע תהליך העבודה.
- (a+b) - תוספות אי הרציפות של תהליך העבודה.

### **סימון מקובל עבור תנויות היסוד בשיטות זק"מ:**

לצורך קיצור זמני הרישום בביצוע תקן זמן באמצעות שיטות זק"מ נהוג להתmesh בסימנים מקובלים לתיאור הפעולות השונות.

הסימנים המקובלים מתוארים בטבלה תנויות היסוד.

**טבלת תנועות היסודות בחקר זמינים מוקצבים מראש**

הتنועה	הסמל	שם התנועה
חישוף חלק בעורת הידיים או העיניים ובחירה מתוך מבחר עצמים.	SH ST	חפש (SEARCH) בחר (SELECT)
העברת היד אל החלק או ממנו, ללא אחיזה.	TE	העברה ריקה (TRANSPORT EMPTY)
תפיסת החלק ביד. הפעולה נשכחת עד שהיד אוחזת את החלק.	G	תפוס (GRAP)
העברת חלק למקום מסוים (לא מחייב אחיזת החלק ביד).	TL	העברה מלאה (TRANSPORT LOADED)
מקום הגוף כהכנה להמשך תהליך העבודה.	PP	מקום מוקדם (PREPOSITION)
מקום הגוף במקומות המיועד לביצוע לו.	P	מקום (POSITION)
החזקת החלק ללא תנועה.	H	החזק (HOLD)
בדיקות החלק (פעולות ביקורת המבוצעת בהתאם לפרמטרים מוגדרים).	I	בדוק (INSPECT)
שחרור החלק מהיד	RL	שחרר גוף (RELEASE LOAD)
פעולות חשיבה לצורך תכנון אופן הביצוע.	PN	תכנן (PLAN)
ביצוע פעולה בעזרת כללי עמודה או לטובת תהליכי העבודה.	U	פועל (USE)
הפסקת עבודה בשל אי רציפות התהליך. הגורמים: תקלות ההפרעות והמתנות בלתי נמנעות מהלך תהליכי העבודה.	UD	המתנה בלתי נמנעת (UNAVOIDABLE DELAY)
פרק חלק לרכיביו.	DA	פירוק (DISASSEMBLE)
הפסקת עבודה בהחלטת העובד, ללא תלות בתהליכי העבודה.	UD	המתנה נמנעת (AVOIDABLE DELAY)
הרכבת חלק מרכיביו.	A	הרכיב (ASSEMBLE)
הפסקת עבודה לצורך מנוחה בעקבות מאמצם יתר.	E	מנוחה (REST)

## יתרונות ומוגבלות שיטות הזק"מ

מוגבלות	יתרונות
לא תמיד הערכת הזמן בהתאם לטבלאות תהיה מדויקת - מתכן שונות גדולה בהערכת מוצרים דומים.	ניתן לבצע תקני זמן למוצרים הנמצאים בשלב התכנון.
דיקוק השיטה נפגע כאשר תהליך העבודה מבוצע בשילוב עם מכונות.	ניתן לתאר את תהליך העבודה בצורה מדויקת וmpsורה ולנתח את התהליך לטובות שיפורו
השיטה אינה מתאימה לעבודות הדורשות מקצועיות גבוהה של העובדים.	ניתן לתכנן את סביבת העבודה (הנדסת אנוש) בצורה אופטימאלית.
השיטה אינה מתאימה לעבודות בעלות שונות ביצוע גבוהה בין עובדים בעלי רקע וכיישורים דומים.	חישוב תקן הזמן מבוצע במעבדה.
קשה להבחין בתנועות קטנות המבוצעות בתהליך העבודה.	ניתן לתכנן כלים וצויד אשר יסייעו לביצוע העבודה ויקטינו את זמני הביצוע.
	קביעת תקן זמן מדויקת, קביעת התקן אינה תליה במספר המדידות או בהערכת קצב העבודה.
	ניתן לבצע את איסוף הנתונים בעוזרת מצלמות, ללא נוכחות חוקר הזמן.
	קביעת התקן בצורה זו מקובלת על ארגוני עובדים.

## 5.2 שיטת M.T.M (Methods-Time Measurement)

יחידות המדידה בטבלאות MTM הן U.M.T. אינט'ים וליבורט.

יחידת הזמן שמשתמשים בה בשיטות הזמנים המוקצבים היא TMU (Time Measurement Unit) Uracha של TMU: יחידת TMU.

שעה	דקה	שנייה	מאות הדקה	זמן ב-T.M.U
100,000 T.M.U	1666.67 T.M.U	27.78 T.M.U	16.67 T.M.U	T.M.U

**טבלת המרה מזמן ביחידות U.M.T לזמן שעון:**

שעות	דקות	שניות	מאות דקה	בשבר	יחידת T.M.U
$\frac{1}{100000}$	$\frac{6}{10000}$	$\frac{36}{100}$	$\frac{6}{100}$	$\frac{6}{100}$	
$1 \cdot 10^{-5} = 0.00001$	$6 \cdot 10^{-4} = 0.0006$	0.036	0.06	0.06	עשרוני

כדי לחשב את הזמן נדרש לכפול את הזמן ביחידות U.T.M. במקדם המתאים

**יחס ההמרה של יחידות האורך והמשקל לייחידות מקובלות מתואר בטבלה:**

1 סנטימטר (ס"מ) $\Leftarrow$ 0.0393 אינץ'	"1 אינץ' $\Leftarrow$ 2.54 סנטימטר
1 מטר $\Leftarrow$ 100 סנטימטר $\Leftarrow$ 3.28 רגל	1 רגל $\Leftarrow$ 0.3048 מטר
1 קילוגרם (ק"ג) $\Leftarrow$ 2.205 ליברות	1 ליברה $\Leftarrow$ 0.454 קילוגרם

**נדגים את אופן השימוש בטבלאות MTM בעזרת טבלה I טבלה REACH (טבלה מלאה ניתן לראות בעמוד 172):**



## דוגמה לטבלת MTM - טבלה I - טבלת R (REACH)

יד בתנועה		זמן ב-T.M.U				מרחק (באיינץ')
B	A	E	C&D	B	A	
1.6	1.6	2	2	2	2	3/4"
2.3	2.3	2.4	3.6	2.5	2.5	1"
2.7	3.5	3.8	5.9	4	4	2"
3.6	4.5	5.3	7.3	5.3	5.3	3"
4.3	4.9	6.8	8.4	6.4	6.1	4"
5	5.3	7.4	9.4	7.8	6.5	5"
5.7	5.7	8	10.1	8.6	7	6"
6.5	6.1	8.7	10.8	9.3	7.4	7"
7.2	6.5	9.3	11.5	10.1	7.9	8"
7.9	6.9	9.9	12.2	10.8	8.3	9"
8.6	7.3	10.5	12.9	11.5	8.7	10"
10.1	8.1	11.8	14.2	12.9	9.6	12"
11.5	8.9	13	15.6	14.4	10.5	14"
12.9	9.7	14.2	17	15.8	11.4	16"
14.4	10.5	15.5	18.4	17.2	12.3	18"
15.8	11.3	16.7	19.8	18.6	13.1	20"
17.3	12.1	18	21.2	20.1	14	22"
18.8	12.9	19.2	22.5	21.5	14.9	24"
20.2	13.7	20.4	23.9	22.9	15.8	26"
21.7	14.5	21.7	25.3	24.4	16.7	28"
23.2	15.3	22.9	26.7	25.8	17.5	30"
		0.6	0.7	0.7	0.4	מעל 30"

תאור המקרה	
	A - הושטת יד למקום קבוע (ידוע)
РЕАЧ - Таблица I	B - הושטת יד למקום משתנה (לא ידוע)
	C - הושטת יד מדויקת לחפש הנמצא בין חפצים אחרים
	D - הושטת יד לחפש הדורש תפיסה מדויקת או לחפש קטן
	E - הושטת יד למקום לא מוגדר מוחז לטוויה הפעולה או לאיזון הגוף
מרחק מעלה 30" - תוספת T.M.U לכל איינץ' מעלה 30"	

### תרגיל - איתור זמן היסוד בטבלאות MTM



- א. מהו זמן היסוד לפעולות הושטת יד לחפש קטן מאוד במרקח 4 אינץ' (כ-10 סנטימטרים)?  
ב. מהו הזמן המוקצב לביצוע הפעולה, אם ידוע כי תוספות אי הרציפות הן 15%?

### פתרון - איתור זמן היסוד בטבלאות MTM



- א. נחשב את זמן היסוד:

בשלב ראשון נמצאת תיאור המקורה המתאים בטבלה (צד ימין). מדובר במרקחה D - הושטת יד לחפש קטן מאוד ולכן נחפש בצדיה הימני של הטבלה במרקח 4 עמודה D.

נמצא כי זמן היסוד הדרוש לביצוע הפעולה הינו: 8.4 MTM

נמיר את הזמן לשניות:  $8.4 \cdot 0.036 = 0.3024$  שניות

מכאן שזמן היסוד הדרוש לביצוע הפעולה הוא **0.3024** שניות

- ב. הזמן המוקצב לביצוע הפעולה יהיה:

$$Z = J \cdot (1+a+b) = 0.3024 \cdot 1.15 = 0.348$$

מכאן נובע כי הזמן המוקצב לביצוע פעולה הושטת יד לחפש הינו כ-0.348 שניות.

## פרק 6

# עקומת לימוד

**סמלים ומשתנים המופיעים בפרק:**

הסמל (רגיל)	המשמעות
$\alpha$	הSHIPוע של עוקמת הלמידה
N	מספר היחידות המיצירות
T(N)	משך הזמן הצפוי ליצור יחידה N
A	זמן ייצור היחידה הראשונה
Q	תפקוה ליחידת זמן
X	מקדם חישוב בלמידה
M	קצב הלמידה (בהתאם לסקלה לוגריתמית)

### 6.1 עוקמת למידה (learning curve)

אחד ההבדלים החשובים בין בעלי חייםTabniniim ובראשם האדם לבין המחשבים הוא יכולת שלהם ללמידה ולשפר את יכולתם בכל חזרה על פעולה שביצעו בעבר.

כל עובד או ארגון מרגע היכרתו עם תהליך עבודה חדש ולא מוכר מתחילה ללמידה ורכוש ניסיון. ניסיון זה ישיע בידו בעtid לבצע את המשימה או משימות דומות בזמן קצר יותר ומימוננות גמה יותר. ככל שהיזור על פעילות מסוימת מסpter רב יותר של פעמים כך ירכוש לעצמו מיומנות וניסיון נוספים אשר ישיעו בידו לרכוש עוד ניסיון ועוד מיומנויות. וכך תהליך הלמידה חוזר בצורה מעגלית במשך כל תקופה ביצוע העבודה. כਮון שהSHIPור קטן ככל שגדל מספר הפעמים שהפעולה מוצעת (מחקרים מוכיחים כי גם לאחר ביצוע מספר גדול מאוד של פעמים עדין קיימים SHIPור).

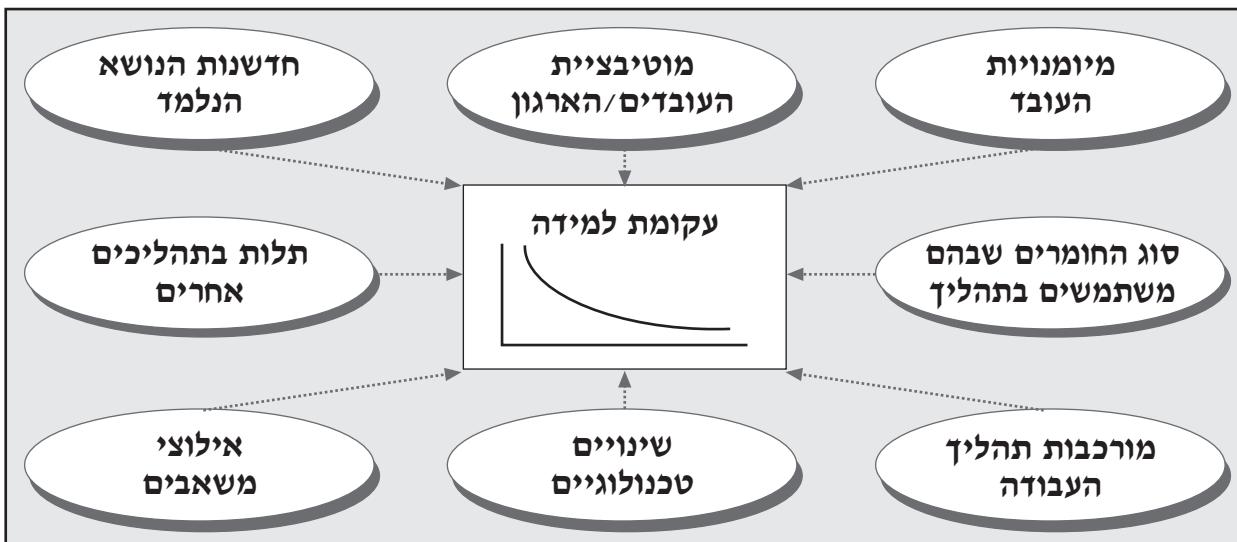
**נגזר מספר מושגים בסיסיים:**

**למידה** - תהליך שבו צובר העובד או הארגון ידע ומימוננות הדרושים לביצוע משימת עבודה.

**כטופעת הלמידה** - אלו מדירים את יכולתו של העובד ללמידה את תהליך עבודה ולהשתפר שוב ושוב בכל חזרה על פעולה שכביר ביצע בעבר.

**ניסיון** - הידע והמיומנות שצבר עובד או ארגון במהלך כל תקופה עבודה בתחום הנרכש.

## הגורמים המשפיעים על עקומת הלמידה בארגון:



**עקומת למידה** - גף המציג את רמת המיומנות ביצוע פועלה, כפונקציה של משך הנסיון ביצוע פועלה זו. עקומת הלמידה מראה תאור גרפי של הקשר בין רמת התפוקה או משך זמן המחוור כפונקציה של זמן תהליך הלמידה (בהתאם לזמן התרגול, ניסיון העובד, משך הלמידה).



עקומת למידה מטפלת במספר תהליכי:

- עובד חדש הנדרש ללמידה את מלאכת העבודה ולהפוך לעובד מן המניין.
- עובד קיים אשר נדרש ללמידה תהליך עבודה חדש או עיסוק נוסף.
- ארגון המעוניין ללמידה ולשפר ביצועיו.

בנייה עקומת הלמידה מוצעת בהתאם לניטונים בספרות המקצועית או בעזרת ביצוע חקר על עובדים (בעלי מקצוע או עובדים חדשים) או מיעוניים או עובדים חדשים).

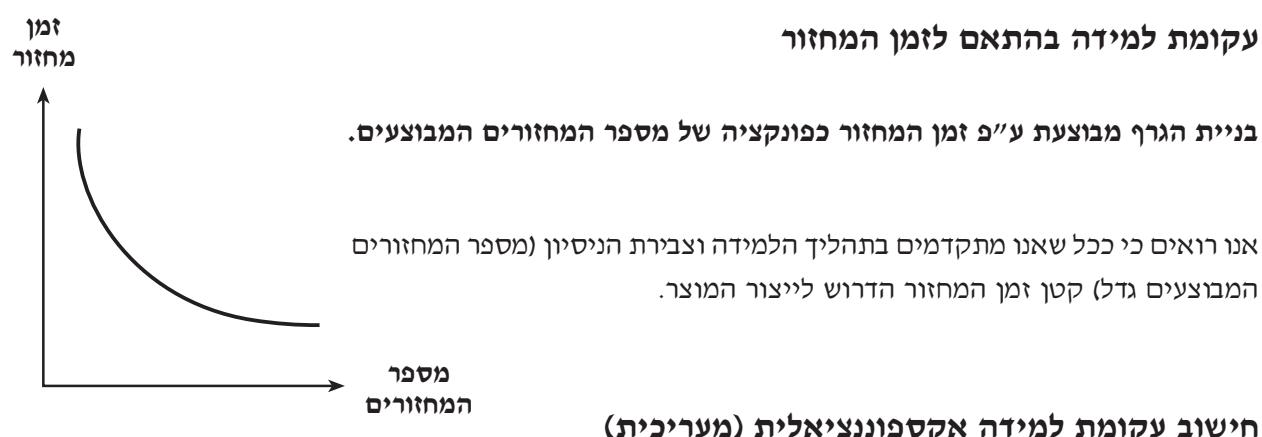
### עקומת למידה משמשת למספר רב של נושאים:

1. חיזוי הזמן הדרוש לביצוע תהליך ייצור (סדרת ייצור).
2. התאמת תקני הזמן הקיימים לרמת למידת תהליך העבודה של העובדים.
3. עדכון והפעלת שיטת שכר עידוד בהתאם לתהליכי הלמידה.
4. הערכת משך זמן תהליכי הלמידה של עובדים חדשים בארגון.
5. הערכת עלות הכשרת העובדים החדשניים.
6. בחינת התאמתם של עובדים לתפקידם.
7. הערכת תפוקת העובד במהלך תהליכי הלמידה.

8. הערכת ביצועי עובדים/הארגון.
9. תכנון מועד אספקה בהתאם לתהליך הלמידה של תהליכי העבודה המתוכנן.
10. תמחור מוצרים בהתאם לגודל הזמן דרוש ולזמן המושך ביצועה.
11. תכנון תקן כוח אדם.
12. תכנון חומרי גלם ומלאי.
13. איזון קווי יצור.

### **כיצד יכול הארגון לסייע לעובדים במשימת הלמידה:**

- א. ארגון סביבה לימודית המעודדת ומסייעת לתהליכי הלימוד.
- ב. הבחנה בין עיקר לטפל בתהליכי הלמידה.
- ג. יצירת תבנית עצמה הנינתנת לזכירה ולמעקב.
- ד. שימוש בצד ובחומר עוזר ללמידה (תרשימי זרימה וכו').
- ה. שימוש במידע ובניסיון המקצועי של הארגון ושל עובדים בארגון לצורך סיוע לעובדים או לתהליכי העבודה החדשניים.
- ו. יצירת אווירה נעימה ונוחה ללמידה.
- ז. שימוש בעובדים ותיקים בעלי ניסיון וותק לצורך סיוע בתהליכי הלמידה, בחלוקת מהמרקם נוהג הארגון לארגון צוותי עבודה מוגנים מבחינת הניסיון המקצועי, הכישורים והוותק על מנת לסייע בתהליכי הלמידה.



(X) מקדם חישוב הלמידה - מקדם המבטאת את היחס בין שני מחזורים שבהם מספר המחזורים של האחד גבוה פי שניים מאשר מספר המחזור של الآخر.

$$T(N) - \text{זמן הדרוש לביצוע מחזור } N$$

$$T\left(\frac{N}{2}\right) - \text{זמן הדרוש לביצוע מחזור } N$$

$$X = \frac{T(N)}{T\left(\frac{N}{2}\right)}$$

(כאשר  $N$  ו-  $\frac{N}{2}$  מחזורים שלמים)

$$\alpha = 2^{-x}$$

השיפוע של עקומת הלמידה -

### **עוקמה אקספוננציאלית (מעריכית)**



קצב הלמידה M - קצב השינוי שב קטון זמן הייצור ביחס למספר המוצרים שבוצעו. קצב הלמידה תלוי ביכולת העובד, סוג ורמת ההדריכה, סוג העבודה והניסיון המוצע של העובד והארגון בתחום הנחקר.  
בשימוש במודל זה ניתן לבצע טרנספורמציה ל囫ירתיתנית.

чисוב קצב הלמידה בהתאם לסקירה לוגריתמית:

$$M = -3.33 \log(X)$$

чисוב העוקמה הגיאומטרית:

$$T(N) = AN^{-M}$$

чисוב זמן ממוצע למוצר במהלך ייצור מספר מוצרים ראשונים נתון:

$$\bar{T} = \frac{(AN-M)}{(1-M)}$$

чисוב הזמן הדרוש לייצור N יחידות ראשונות:

$$\sum_{i=1}^N T_i = N\bar{T}$$

чисוב הזמן הדרוש לייצור Y יחידות לאחר N יחידות הראשונות:

$$\sum_{i=N}^{N+Y} T_i = \sum_{i=1}^{N+Y} T_i - \sum_{i=1}^N T_i$$

נדגים את נושא עוקמת הלמידה בעזרת תרגיל המסכם בתוכו מספר נושאים:

### **תרגיל - עוקמת למידה**



מבצע ייצור מעוניין למצוא עוקמת למידה לתהליך ייצור של אחד ממוצרייו החדשניים. המפעל חישב ומצא כי שיעור הלמידה בעקבות עוקמת למידה גיאומטרית הינו 80%, נתנו כי הערכת זמן ייצור היחידה הראשונה הוא 3 דקות.

- א. מהי נוסחת עוקמת הלמידה לתהליך העבודה המתואר בתרגיל?
- ב. שרטט גרף המתאר את עוקמות הלמידה של תהליך העבודה.
- ג. מהו זמן היצור הצפוי לייצור היחידה ה-5?

- ד. מהו זמן הייצור המומוצע ליחידה ביצור 100 היחידות הראשונות?  
 ה. מהו משך הזמן נדרש לייצור 100 היחידות הראשונות?  
 ו. מהו הזמן נדרש לייצור 50 היחידות הבאות (יחידות 101-150)?

**פתרונות:**



נסכם את הנתונים:

$$X = 80\% = 0.8 \quad \text{קצב הלמידה:}$$

$$A = 3 \quad \text{זמן ייצור היחידה הראשונה:}$$

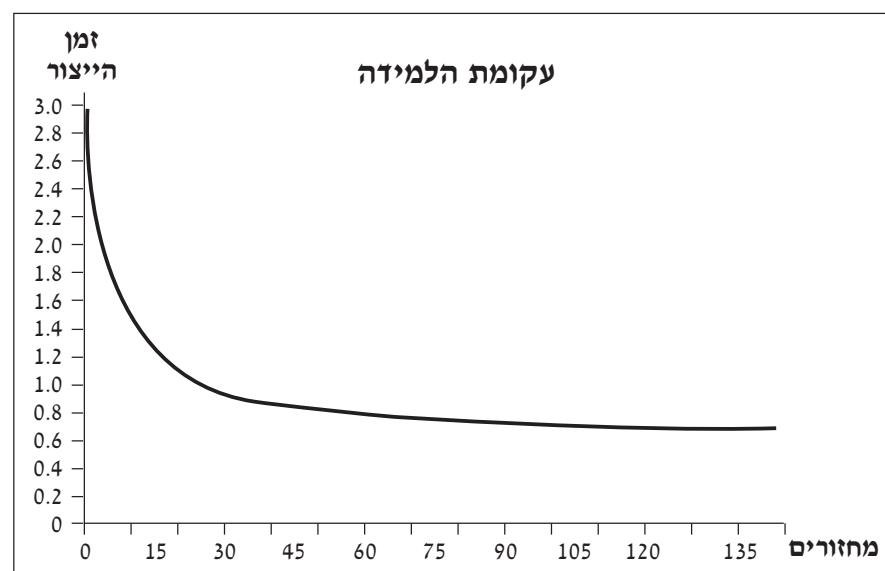
א. נחשב תחילה את קצב הלמידה בהתאם לסקירה לוגריתמית:

$$M = -3.33 \log(X) = -3.33 \log(0.8) = 0.323$$

נציב את מקדם הלמידה בנוסחת העקומה הגיאומטרית:

$$T(N) = AN^{-M} = 3N^{-0.323} \Rightarrow T(N) = 3N^{-0.323} \quad \text{נוסחת עקומת הלמידה:}$$

ב. גраф עקומת הלמידה:



\* הערה: בניית הגראף מבוצעת ע"י מחשבון מדעי או בתוכנת EXCEL.

$$\text{ג. נציב בנוסחה: } N = 5$$

$$T(N = 5) = 3 \cdot 5^{-0.323} \approx 1.784 \quad \text{דקות}$$

זמן הייצור הצפוי לייצור היחידה החמישית הינו 1.784 דקות.

ד. חישוב זמן ממוצע למוצר במהלך ייצור 100 המוצרים הראשונים:

$$\bar{T} = \frac{(AN^{-M})}{(1-M)} = \frac{(3 \cdot 100^{-0.323})}{(1 - 0.323)} \cong 1 \text{ דקה}$$

הזמן הממוצע ליחידה במשך ייצור 100 היחידות הראשונות הוא 1 דקה.

ה. הזמן הדרוש לייצור 100 היחידות הראשונות:

$$\sum_{i=1}^{100} Ti = N\bar{T} = 100 \cdot 1 = 100 \text{ דקות}$$

\* משך הזמן הממוצע למוצר במהלך ייצור 100 היחידות הראשונות חושב בסעיף ד'.

לכן, משך הזמן הדרוש לייצור 100 היחידות הראשונות הינו 100 דקות עבודה.

ג. הזמן הדרוש לייצור 50 היחידות הבאות:

$$\sum_{i=101}^{150} Ti = \sum_{i=1}^{150} Ti - \sum_{i=1}^{100} Ti$$

נחשב תחילה את זמן הייצור של 150 היחידות הראשונות:

$$\bar{T} = \frac{(AN^{-M})}{(1-M)} = \frac{(3 \cdot 150^{-0.323})}{(1 - 0.323)} \cong 0.878 \text{ דקה}$$

משמעות התוצאה - זמן הייצור הממוצע של כל אחת מ-150 היחידות הראשונות הוא 0.878 דקות למוצר.

נחשב את זמן הייצור של 150 היחידות הראשונות:

$$\sum_{i=1}^{150} Ti = N\bar{T} = 150 \cdot 0.878 = 131.7 \text{ דקות}$$

מכאן שלצורך ייצור 150 מוצרים דרושות לנו 131.7 שעות עבודה.

בסעיפים הקודמים חישבנו את זמן הייצור של 100 היחידות הראשונות (100 דקות) ולכן:

$$\sum_{i=101}^{150} Ti = \sum_{i=1}^{150} Ti - \sum_{i=1}^{100} Ti = 131.7 - 100 = 31.7 \text{ דקות}$$

מכאן שלצורך ייצור 50 המוצרים אחראים ידרשו לנו 31.7 דקות עבודה בלבד.

## הנעת עובדים

### 7.1 הנעת עובדים באמצעות מטרות הארגון

ארגון הדואג לתחזקה טובה ושימוש נאות במשאבים הטכנולוגיים שברשותו צפוי להפיק מהם תפוקה הולמת. אך מה בדבר המשאב האנושי?

בכל הנוגע למשאב האנושי מצטרף גורם חדש למשווה זו והוא הנעה (מוטיבציה).

כיצד משפיע הנעה (מוטיבציה) על העובדי הארגון?

בניגוד למשאבי הארגון הטכנולוגיים, המשאב האנושי תלוי במוטיבציה העובדים לתרום ולסייע לארגון להשיג את מטרותיו.

**עובדים בעלי מוטיבציה גבוהה מתאפיינים ב:**

מחויבות רבה לביצוע עבודות בהתאם למטרות הארגון, בדרך כלל בעלי "ראש גדול", בעלי נוכנות להשקעה מעבר לצפוי מהם, דורשים פיקוח נמוך, ניתן להאיץ עליהם סמכויות רמות, מסורים, אחראים, לויאלים, יעילים, מיומנים, בעלי רצון ללמידה ולהתמקצע, בעלי נוכחות גבוהה בעבודה, עובדים המבינים את מטרות הארגון ופועלים בהתאם.

#### הגורםים המשפיעים על מוטיבציית העובד



## תרשים מעגל ההנעה בארגון



מעגל ההנעה מתאר את מצב שבו מוטיבציית העובדים משפיעה על השגת מטרות הארגון ובצורה מעגלית השגת מטרות הארגון מחזקת את מוטיבציית העובדים.

כיצד משפיעה העסקת עובדים בעלי מוטיבציה נמוכה על הארגון שבו הם מועסקים?

### עובדים בעלי מוטיבציה נמוכה מתאפיינים ב:

משפיעים על ביצועי הארגון ע"י החלטת הנעטם של העובדים האחרים.

גורמים לפגיעה ביכולת השליטה והתאום של הארגון ויכולים לעורר התנגדות להנהלה ולפגוע בהשגת מטרות הארגון. מחלישים את העניין בפיתוח נאות של משימות. קוטלים יוזמות חדשות ומצמצמים את הסיכוי להתמודדות מיידית עם בעיות תפעול חדשות כאשר הן צפות וועלות.

עובדים בעלי מוטיבציה נמוכה (הנעה נמוכה) מתאפיינים ע"י: ייעילות נמוכה, עייפות, עצנות, אדישות, חוסר לויאליות, חוסר אחריות, נוכחות נמוכה בעבודה, "יראש קטן", ללא רצון ללמידה ולהתמקצע, דרישים פיקוח גבוה.

### הגורם לחוסר מוטיבציה אצל העובדים הם רבים ומגוונים. נזכיר כמה מהם:

**תנאי סביבה** - תנאי סביבה לא נוחים (כגון ריחות חזקים), סביבה עבודה מזנחת, חוסר הייגיינה.

**أوفي העבודה** - עבודה הדורשת ממך גופני או נפשי רב, עבודה מונוטונית (ביצוע פעולות קבועות החזרות על עצמו שוב ושוב).

**תנאי העבודה** - חוסר בתנאים סוציאליים, חוסר ביטחון תעסוקתי, גiros דרך חברה קבלנית, אפשרויות קידום מוגבלות.

**أوفي הארגון وأופן ניהולו** - מבנה ארגוני היררכי נוקשה, אי שיתוף בקבלת החלטות, מתן סמכויות נמוכות לעובדים, נוהלי עבודה מכבדים, חוסר בכליים להערכת עובדים.

**גורםים אישיים** - תגמול כספי נמוך, סכסיוכים אישיים בין העובדים, חוסר עניין ואתגר בעמדת, בעיות משפחתיות ובריאותיות, פער בין יכולות העובד לבין דרישות הארגון, אי התאמה בין אופן התגמול של הארגון לבין צרכיו ושאיופתו של העובד.

טיפול במשאבים האנושיים הינו אחד הנושאים החשובים ביותר בכל ארגון. משאב זה דורש תשומת לב והשקעה רבה על מנת שיוכל לתרום בצורה הטובה ביותר לפחות לקידום של מטרות הארגון.

**טבלת סיכום השוואת בין עובדיםם בעלי מוטיבציה גבוהה לעובדים בעלי מוטיבציה נמוכה**

נושא	מוטיבציה גבוהה	מוטיבציה נמוכה
מטרות הארגון	ambil את מטרות הארגון ופועל לפיהן	איןנו מביע עניין במטרות הארגון ואינו תורם לקידום
יעילות	עובד יעיל מקצועי ומומן	איןנו יעל, עצל, עייף
עניין בעבודה	בעל עניין רב בעבודה	חסר עניין בעבודה
פיקוח	מעוניין ביצוע העבודה בצורה טובה ולכן דורש פיקוח מועט	דרוש פיקוח רב לצורך עמידה בתוכניות הארגון
шибיעות רצון	שבע רצון ממקום העבודה	איןנו שבע רצון ממוקם העבודה
נוחות בעבודה	גובה - חיסורים רבים, אינם מעוניינים לתרום מזמנם מעבר לשעות נוספות העבודה	נוחה - חיסורים רבים, אינם מעוניינים לתרום מזמנם מעבר לשעות נוספת העבודה
עובדים אחרים	משתף פעולה עם העובדים האחרים	משתף פעולה רק עם בעלי בריתו
יחס להנהלה	מכבד את הממוניים וסומך על החלטותיהם, משתף פעולה פעיל	איןנו סומך על הממונייםعلיו, מגלה התנגדויות רבות, איןנו משתף פעולה באופן מלא
נאנות לארגון	נאמן	לא נאמן
סמכויות וקידום	מעוניין בקבלת סמכויות ובקידום מקצועי	איןנו מעוניין בסמכויות נוספות
הצעות שיפור	משתפים את הנהלה בדרכים אפשריות לשיפורים בארגון	אינם משתפים את הנהלה ברעיוןונויותיהם
שינויים בארגון	פתוחים לbijouterie שינויים, מודלים לתרום את חלקם לשינויים המוצעים	חוoshim משינויים, אינם משתפים פעולה עם שינויים.
התפתחות מקצועית	מעוניינים בהרחבת ידיעותיהם המקצועיות (לימודים, השרות)	אינם מעוניינים בהתפתחות מקצועית בתחום העבודה
שכר ותגמולים	שכרו הולם את ציפיותו	השכר אינו הולם את ציפיותו
פעילותות חברתית	משתתף בפעילויות חברתיות מעבר לשעות העבודה	איןנו משתתף בפעילויות חברתיות מעבר לשעות העבודה
סדר ומשמעות	העובד נקי מסודר ויתכו נuity משמעת	העובד נקי מסודר וממושמע

## 7.2 סוגים תגמולים המשפיעים על התנהגות העובדים בארגון

### תגמולים חומריים:

תגמולים חומריים הינם תגמולים הנחוצים בכיסף או שווה כסף במטרה להניע את העובד להגדיל את תרומתו לארגון. במקרה זה העובד מקבל תגמולים עבורי השקעת ממוצע מעבר לצפיי ממו, הארגון זוכה בתרומה גדולה המגבירת את יכולתו להשלים את מטרותיו ואף מעבר לכך. חלק מתרומה זו חוזרת בחזרה לעובד כתגמולים חומריים אחרים. תגמול חומריאי אפשרי רק במקרים שבהם מסוגל הארגון מבחינה כלכלית להעניקו לעובדים מבלי פגוע ביכולת ההישרדות והתחזותיות. עיקר ייעילותם של התגמולים החומריים מתרחשת אצל העובדים בעלי הכנסה ביןונית ונמוכה (אצל העובדים בעלי הכנסה הנמוכה יש סכנה כי התגמול לא יחשב כמשמעותי).

### קיימים מספר רב של תגמולים חומריים:

- א. **תוספות שכר** - תוספת שכר עbor עליה בדרגה או עbor הצעינות בעבודה מעודד את העובדים לחתור אחריות, להתמקצע ולהצטיין בעבודתם.
- ב. **שכר עידוד** - תוספת לשכרו של העובד עbor השקעה מעבר לצפיי ממו (מעל הנורמה). תגמול המעודד את העובדים לעבוד בייעילות גבוהה יותר.
- ג. **בונוסים** - השתתפות ברוחוי הארגון בתוצאה מגידול ברוחוי הארגון, תגמול המסייע להגדלת תחושת השתייכות לארגון ומחוייבות להצלהתו.
- ד. **הטבות** - הטבות בעליית ערך כלכלי המשפרות את איכות החיים של העובד, כגון: אחזקה רכב, רכב צמוד, מתן הל沃ות בריבית הנמוכה או ללא ריבית, מתנות לחגים ולאירועים מיוחדים, השתלמות מיוחדות, חופשות מאורגנות, השתתפות ועזרה למשפחה העובד, כגון: מלגת לימודים לילדים, החזר עbor נני ילדים/ משפחתיים.
- ה. **פרסים** - מתן פרסים לעובדים מצטיינים עbor יעול ושיפור תהליך העבודה או עbor הצעינות בביוצעה. תגמול המגביר את רצון העובדים להציג ולשפר את תהליכי העבודה.
- ו. **שיתוף ברוחים ע"י הענקת אחוז מרוחוי העסק** (או אחוז מעסקות חדשות).
- ז. **אופציות לרכישת מנויות בחברה.**
- ח. **חופשות מיוחדות על חשבן החברה.**
- ט. **חשבון לתשלום הוצאות**, כגון: מסעדות, ביגוד, ציוד אישי וכו'.
- י. **חופשות בחו"ל** בהתאם לצרכי הארגון או בשילוב עם חופשה משפחתית.
- יא. **יום פרויקט בנייה או שיפור המגורים לעובדים.**
- יב. **רכב צמוד.**
- יג. **bijוטים מנהליים.**
- יד. **קרןנות השתלמות ו קופות גמל.**
- טו. **תשולם משכורת 13.**
- טו. **ענקים מיוחדים.**
- יז. **מיון נופש בחו"ל.**

**תגמולים הדורשים השקעה כלכלית מועטה אך תורמים רבים לתוחשתו של העובד:**

- א. שיפור בתדמית העובד, כגון: העברתו למשרד יוקרתי.
- ב. סידור מקום חנייה לרכבו של העובד.
- ג. שיפור סביבת העבודה של העובד - תוספות ציוד משרדי, שיפורים טכנולוגיים בצד העבודה וכו'.
- ד. מתן פרס סמלי לאות הערצת תרומתו של העובד לארגון בנוכחות העובדים ובני משפחתו.
- ה. שליחת העובד לקורסים והכשרות מקצועיות (בהתאם לרצונו של העובד בהתאם וلدרישת הארגון).
- ו. שליחת העובד לנציג החברה במפגשים חמותיים וימי עיון מקצועיים.
- ז. שימוש במשאיות הארגון לטובת צרכיו האישיים של העובד.
- ח. קישור העובד לארגונים נוטני שירות במשק, כגון: משרד עורכי דין, רופאים ובעלי מקצוע העובדים עם הארגון בצורה מרכזית.

**תגמולים שאינם חומריים:**

- א. העשרה עסקיים - הוספת אחריות, אתגרים וגיוון לתפקידו של העובד, תגמול זה מגביר את שביעות רצונות של העובד ואת ההכרה בתרומתו לארגון.
- ב. הכשרה והדרכה - שליחת העובד לקורסים והכשרות במקצוע, תגמול זה מגדיל את יוקרתו וחשיבותו של העובד.
- ג. קידום מקצועי - קידום העובד לתפקיד מנהלי או הדרכתי. תגמול זה מגביר את ההכרה בתרומתו ובמקצועותו של העובד, וכן מספק לעובד אפשרות להוכיח את כישוריו.
- ד. תעוזות הצעיניות - מתן תעודה המאשר את הצעיניותו של העובד. תגמול זה מעודד את העובד ואת העובדים האחרים להצעין ולקבל הכרה בהצעיניותם.
- ה. פרסום פנים ארגוני - פרסום שמותיהם של עובדים מצטיינים או משביעים לטובה על הארגון כאות להערכת פעולתם. התגמול מעודד מעורבות בפעילויות הארגון ולמען העובדים המועסקים בו.
- ו. מתן קביעות - מתן קביעות לעובד או הכנסת העובד כעובד החברה (ולא דרך חברה חיצונית). תגמול זה הופך את העובד לעובד מן המניין בארגון ומבטיח לטוח זמן ארוך יותר את עתידו בארגון.
- ז. שיתוף העובד - הזמנתו לישיבות הנהלה, קבלת חוות דעת בענאים החשובים לארגון.
- ח. מכתבי הערכה - הענקת מכתבי הערכה לעובד עם העתקים לממוני עליו או לארגוני מקצועיים שאליהם הוא משתיך.
- ט. הזמנה לאיורים חברתיים של הנהלת הארגון.
- י. הענקת עצמאות בפיתוח מטלותיו.
- יא. נתינת איגרות ברכה לאיורים משפחתיים, ימי הולדת וכו'.
- יב. תמיכה וסייע לעובד בעוותיו האישיות והמקצועיות.

## **7.3 גישות שונות למתן תמריצים כלכליים**

### **א. סכום חד פעמי/ מענק חד פעמי**

מענק הניתן לעובדים באופן חד פעמי בעקבות החלטת הארגון בהשגת מטרותיו המתווכנות. המענק מחולק לעובדים בנסיבות זמן שונות (לא ידועות) בעקבות גורמים שונים כגון - סיום כל העבודות הממתיינות, חתימת חוזה גדול, סיום פרויקט, גידול בנתח השוק, פיתוח שוקים חדשים לארגון וכו'.

התמרץ חד פעמי יונפק לעובדים עבורי סיום פרויקט, שינוי תפקיד או עיסוק, שעות עבודה מעלה קבוע בחוזה, עבודה בתנאים קשים.

מטרתו של המענק - לעודד את העובדים לתמוך בהישגיהם של מטרות הארגון וחיזוק תחושת השיכנות של העובדים לארגון. חסרון השיטה - קשה לעובדים לקשר את המענקכספי לפעילויות היומיומיות.

### **ב. תמריצים כספיים תקופתיים**

תמריצים כספיים המשולמים אחת לתקופה זמן קבוע - כגון משכורת 13 - משכורת נוספת בכל שנה שבה הארגון מסוגל להעניק אותה. מטרתה לחזק את הקשר בין הארגון לעובדים להגדיל את שביעות רצוןם ואת ההכרה בתרומותם להצלחתו של הארגון. חסרון השיטה - ניתן כי במהלך הזמן העובדים יקבלו את התמרץ כМОבן מעליו (כחול בLATI נפרד משכרים ולא כתמרץ).

### **ג. מסלול קידום בשכר**

מסלול קידום בשכר מהויה אפשרות התפתחות של העובדים בתחום הארגון. במסלולי הקידום גדל שכרו של העובד בהתאם לדרגותו לניסינו ולהקשרתו. מטרת התמרץ ליצור שאיפות קידום לעובד ולעובדים האחרים ולאפשר הצבת ידי קידום בארגון. חסרון השיטה - עובדים שלא קודמו יכולים להתפרק וכתוצאה לכך תפגע המוטיבציה לביצוע עבודותם.

### **ד. חלוקה ברוחחים**

חלוקת הרוחחים מבססת על מדידת הביצועים של הארגון, יתרונות השיטה: השיטה מעודדת את העובדים להבחן במטרות הארגון ולשאו להשיגן וכן לנקיית אורך חשיבה בהתאם למטרות בעלי החמרה. חסרון השיטה נועץ בעובדה כי ניתן והעובדים לא יחושו את הקשר בין עבודותם לבין התשלום הנובע מחלוקת הרוחחים.

### **ה. חלוקת מנויות ואופציות**

חלוקת מנויות הופכת את העובדים לשותפים פעילים ברוחניות הארגון. העובדים מרגישים תחושת בעלות ושיכנות רבה לארגון, ווקבים אחרי התפתחות הארגון מתוך הארגון וגם מחוץ לו. הענקת מנויות או אופציות למנויות מקבלת תאוצה בשנים האחרונות. אם בעקבות זאת יהיה ניתן למנהלים בכירים ביום נתן למצוא חלוקת מענק זה גם בדרגים נמוכים יותר (בעיקר בתעשיות ההitech). חסרון השיטה - קיים סיכון של הפסד כלכלי (כתוצאה מירידת המניה) אשר יכול לגרום לירידה במוטיבציה.

אופציות למנויות - אופציות למנויות זהה היא אפשרות לרכוש את מנויות החברה במחיר קבוע מראש (ונמוך ממחיר השוק). כמוות האופציות, מחירן וລוח הזמנים להענקה ולפקיעה קבועים ע"י הארגון כתלות במספר האופציות המוחלקות לעובדים. הזכות ניתנת לעובד בהתאם להסכם שנחתם עם החברה.

## פרק 8

# שיטת שכר עידוד

### 8.1 מבוא לשיטות שכר עידוד

#### מושגי יסוד בנושא השכר

**משכורת (Salary)** - כלל התגמולים (כלכליים ולא כלכליים) הניתנים לעובד בתמורה לעובdotו בד"כ עבור תקופה זמן מוגדרת.

**שכר (Wages)** - התגמולים הכלכליים הניתנים לעובד בתמורה על ביצוע עבודה (או עבור הזמן שהוא משקיע בארגון).

**שכר ישיר (Direct Pay)** - השכר המשולם לעובד ישירות, بعد עובdotה בפועל שאotta ביצע העובד.

**שכר עקיף (Indirect Pay)** - תגמול הנadan לעובד בצורה עקיפה ( הפרשה לקרן פנסיה/השתלמות) או כתגמול שווה ערך כלכלי - ימי חופשה בתשלום.

**שכר בסיס/שכר יסוד (Base Wage)** - מרכיב השכר הבסיסי במשכורתו של העובד בהתאם לתפקיד אותו מלא העובד, לדירוג המקצוע, לדרגה, לוותק, להשכלתו ולהכשרתו של העובד. מרכיב שכר זה נקבע בהתאם לחוזה עבודה אישי או בהתאם להסכם קיבוציים (בין המאיסיק לבין ארגון העובדים).

#### תוספות שכר שונות

הסביר	התוספת
תוספות הניתנות לעובד בהתאם לחוקי העבודה, כגון: הפרשה לקרן פנסיה, ביטוח לאומי, קרן השתלמות וכו'.	תוספות סוציאליות
תוספת לשכו של העובד בהתאם למספר שנות העבודה, העובד מקבל אחוז מסוים תוספת עבור כל שנה ותק.	תוספת ותק
תוספת שכר לשכירים במשקל ש劭תלה לפצות עבור שחייב השכר כתוצאה מהאינפלציה במשקל.	תוספת יוקר
תוספת שכר הניתנת לעובד עבור ביצוע משמרות בשעות פחות נוחות כגון: משמרתليل, שבת וחג.	תוספת משמרות
תוספת תשולם הניתנת לעובד עבור כיסוי הוצאות משפחתיות כגון השתתפות בתשלום לשכר לימוד, משפחתיים וכו'.	תוספת משפחה
תוספת שכר הניתנת לעובד עבור ביצוע העבודה הכרוכה בסיכון או עבור עבודה במקום מסוכן או בחשיפה לחומרים מסוכנים, כגון: חבלן משטרת.	תוספת סיכון
תוספות הניתנות לעובד בהתאם להסכם מיוחדים, כגון: הוצאות החזקת רכב, טלפון וכו'.	תוספות מיוחדות

## 8.2 שיטות שכר בסיסיות

שיטות שכר בסיסיות הן שיטות לקביעת שכר העובדים בארגון, שיטת השכר נקבעת בהתאם לאופי הארגון, לאופן ביצוע העבודה ולחוזה ההתקשרות בין הארגון לעובדיו.

בין שיטות השכר הבסיסיות ניתן לכלול את:

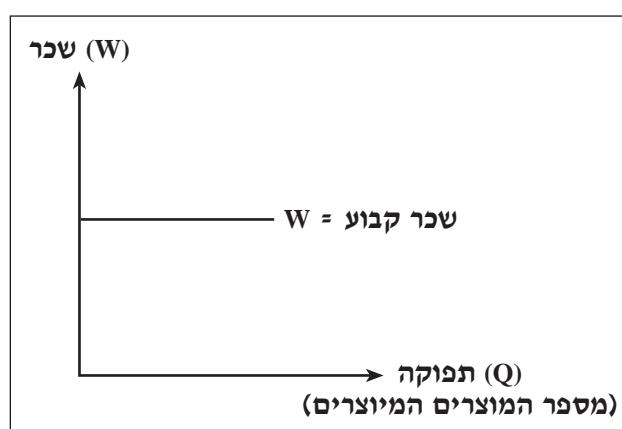
- א. שיטת השכר הקבוע
- ב. שיטת השכר לפי זמן
- ג. שיטת השכר הקבלנית
- ד. שיטת השכר הדיפרנציאלית

כמובן שנייה לשלב בין השיטות או להפעיל אחת מהשיטות במשך זמן מוגדר במקרים שבהם אחת השיטות יכולה לתרום לארגון להשיג את מטרותיו בצורה יעילה ומהירה, לדוגמה: כאשר מתקבלת הזמנה גדולה שהארגון לא יכול לבצע במשך הזמן הנוכחי בעזרת המשאבים שברשותו, ניתן לעודד את העובדים להגבר את יעילותם במהלך תקופה זמן מוגדרת במטרה לעמוד בהתחייבותו שננתנה החברה.

### הגדרת סימנים וסימונים - שיטות שכר בסיסיות:

W	שכרו של העובד (מטען בערכיים כלכליים או אחוז משכר הבסיס)
K	תשולם עבור יחידה אחת של מוצר או שירות שהעובד מבצע (בערכיים כלכליים)
N	מספר המוצרים או השירותים אותם מבצע העובד (ביחידות מוצר/שירות)
R	שכר קבוע לשעה (בערכיים כלכליים)
G	מספר שעות נוכחות שעבורן מקבל העובד שכר (ביחידות)
Q	תפוקה - כמות המוצרים (או השירותים) שהעובד מייצר

### א. שיטת השכר הקבוע (Constant Wage)



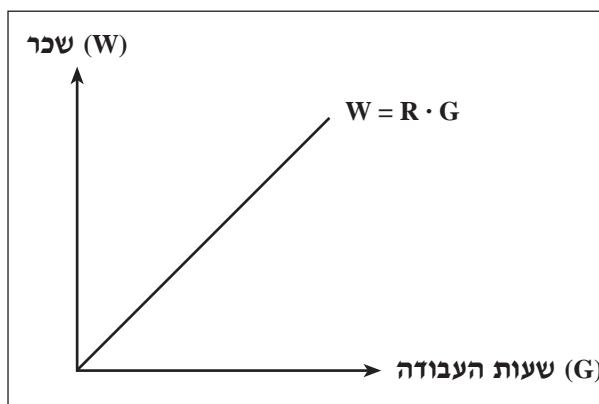
על פי שיטה זו שכרו של העובד קבוע ואינו תלוי בגורם אחר, כגון: תפוקה, ייעילות וכו'. בשיטה זו שכר העובד נקבע בהתאם להסכם העובודה וללא תלות באופן ביצוע העבודה.

\* השכר קבוע מראש בהתאם להסכם בין עובדים לבין הארגון, השכר קבוע במסגרת תחום שעות עבודה מקובלות על המאיסיק והמוסך.

יתרונות וחסרונות שיטת השכר הקבוע:

הגורם	יתרונות	חסרונות
הנהלה	פשוט לחישוב	אין תורם למוטיבציית העובדים לבצע את מלאכתם.
	ניהול מערכת שכר פשוטה	אין תMRIץ להגדלת התפוקה
		יכול לגרום לעיכובים או איחורים בתהליכי העבודה הארגון.
		ניצול מועט של משאבי הארגון
		אין מעודד תחרותיות בין העובדים
עובד	העובד רגוע, לא מופעלים על העובד לחצים פיזיים או נפשיים.	השיטה אינה מאפשרת לעובד להגדיל את שכרו
	מהויה ביטחון כלכלי לעובד במהלך הסכם העבודה (בתנאי שהזונה העבודה מבטיח תעסוקה לטוווח ארוך)	
	פשוט להבנה	

#### ב. שיטת השכר לפי זמן (Payment By Time) :



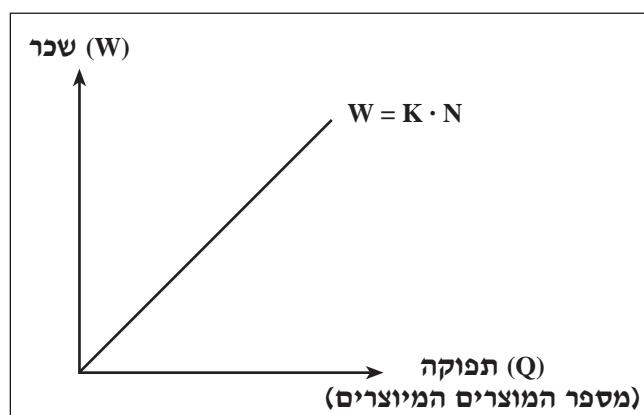
בשיטה זו שכוו של העובד נקבע בהתאם לזמן המושך בעבודה ללא תלות בתפוקה או באיכות העבודה. שיטה זו מתאימה לארגוני שירות או ארגונים תעשייתיים שבהם משולם שכר עבור כל יחידת זמן עבודה (יום, שעה). השכר מחושב לפי משווהה פשוטה: השכר = שכר ליחידת זמן כפול מספר יחידות הזמן אותן עבד העובד.

$$\text{משכואת השכר: } W = R \cdot G$$

יתרונות וחסרונות שיטת השכר לפי זמן:

הגורם	יתרונות	חסרונות
הנהלה	הקטנת זמני האיחורים והחיסורים - העובד ישאף להגדיל את זמן הנסיבות שלו במקום העבודה.	אין תמרץ להגדלת התפקיד
	השיטה קלה ו פשוטה לחישוב	איןנו מעודד תחרותיות בין העובדים
		יכול לגרום לעיכובים או איחורים בהתחייבותו הארגון
		ניצול מועט של משאבי הארגון
		הארכת זמני הביצוע - יתכן כי העובד יהיה מעוניין להאריך את משך ביצוע העבודה ככל האפשר
		אינה מעודדת הגברת יעילות הביצוע
		העבודה דורשת פיקוח רצוף ובחינת התקדמות העבודה
עובד	העובד יכול להגדיל את שכרו ע"י הוספת שעות עבודה	לא מקבל שכר על שעות שלא ביצע

#### ג. שיטת השכר הקבלנית (Piecework Rate)



בהתאם לשיטה הקבלנית משולם לעובד שכר רק בגין תפקוקה או לשירות אותו הוא מספק. השכר נקבע כפונקציה של התפקיד בפועל. השיטה טוביה למקרים שבהם ניתן למדוד את התפקיד בצורה סמותית וכאשר ניתן לדעת מהי תרומתו של העובד לביצוע העבודה.

$$\text{משוואת השכר: } W = K \cdot N$$

יתרונות וחסרונות השיטה הקבלנית:

הגורם	יתרונות	חסרונות
הנהלה	מוטיבציה גדולה לסיום העבודה בהקדם	קשה להעניק את זמני הביצוע וזמןי הסיום
	הקטנת עלות יצור יחידה	תיכון פגעה באיכות המוצרים או בבטיחות על חשבון הכמות
	פשוט להבנה ולהישוב	בלי ציוד וחומרים
		נדרש להפעיל שיטות מתקדמות להבטחת איכות המוצר.
		שחיקת העובד בטוחה הארוך
עובדים	ביצוע העבודה בהתאם לנוחיות העובד	אין ביחסון תעסוקתי לטוחה הארוך
	ההנחה כלכלית גבוהה בזמן קצר	שחיקה מוגברת של העובד

#### ד. שיטת שכר קבלנית דיפרנציאלית (Differential Piece Rate):

שיטה זו דומה לשיטת השכר הקבלני אך התמורה עברו ייחידת תפוקה איננה זהה לכל היחידות המיוצרות. ככל שגדל מספר היחידות המיוצרות כך גדלה התמורה הכלכלית מכל יחידת תוצר.

השימוש בשיטה הדיפרנציאלית מתאים מאד למצבים שבהם יש מצבור עבודה גדול הממתין לביצוע העבודה. שיטה זו מאייצה את תהליך העבודה ומעודדת את העובד להגבר את יעלות עבודתו.

##### סימנים מקובלים:

- A      תשלום עבור היחידה הראשונה - מבטא את האימר הריאון בסדרה ההנדסית
- W      שכרו של העובד (בערכים כלכליים או כ אחוז משכר הבסיס)
- N      מספר המוצרים או השירותים אותם מבצע העובד (ביחידות מוצר/שרות)
- $\alpha$       גורם הגדיל בשכר מبنיא באחוזים
- S      מקדם גידול השכר - מבטא את אחוז התוספת בשכר עבור כל יחידת מוצר נוספת

##### חישוב מקדם גידול השכר:

$$S = 1 + \frac{\alpha}{100}$$

הנוסחה מתיחסת ל- $\alpha$  באחוזים, עבור  $\alpha$  במס' עשרוני:  $S = 1 + \alpha$

שכרו של העובד עבור הcnt N מוצרים מחושב בהתאם לחישוב סכום של סידרה הנדסית.

**נוסחת חישוב שכר העובד בשיטה הדיפרנציאלית:**

$$W = \frac{A(1 - S^N)}{(1 - S)}$$

**סידרה הנדסית** - סדרת מספרים אשר בה המנה של כל שני מספרים עוקבים היא קבועה.



**יתרונות וחסרונות השיטה הדיפרנציאלית:**

הגורם	יתרונות	חסרונות
הנהלה	מוטיבציה גדולה לסיום העבודה בהקדם	קשה להעריך את זמני הביצוע וזמן הסיום
	עידוד גבוה להגברת התפוקה	תתכן ירידה באיכות המוצרים על חשבן הכמות
	קיזור זמן סיום ביצוע העבודה	תתכן ירידה ברמת בטיחות העובדים
		השיטה ניתנת ליישום לתקופות קצרות בלבד
עובדים	ביצוע העבודה בהתאם לנוחיות העובד לחץ נפשי ו chociażקה גוברת	
	רוחם כלכלי גבוה בזמן קצר	אין ביחסון תעסוקתי לטווח הארוך

## תרגול מסכם שיטות שכר בסיסיות

### שאלה 1



במחלקה יוצר במפעל "לי-אור" ממצעים פרויקט עבודה גדול ולשם כך שכרו עובדים זמניים רבים.

#### נתונים:

בחודש עבודה 180 שעות עבודה.

בחודש עבודה מייצר עובד בממוצע כ-400 יחידות מוצר.

המפעל שוקל מספר אלטרנטיבות לתגמול העובד:

I. שכר קבוע - תשלום שכר קבוע בסכום של 5000 ₪ לחודש.

II. שכר לפי זמן - תשלום שכר בהתאם לשעות עבודה של העובד, השכר לשעה הינו 24 ₪.

III. השיטה הקבלנית - תשלום שכר עבור תפוקת העובד, מוצר לשלם לעובד 12 ₪ עבור כל יחידה.

#### הנץ נדרש:

א. חשב לפי כל אחת מהשיטות את שכרו של העובד.

ב. מהי שיטת השכר המשתלבת ביותר לעבוד מבחינה כלכלית? ציין שני יתרונות של שיטה זו מבחינה העובד?

ג. מהי שיטת השכר המשתלבת ביותר לארגון מבחינה כלכלית? צין שתי מוגבלות של שיטה זו?

### שאלה 2



ארגון מעוניין לבחון שימוש בשיטת שכר דיפרנציאלית, השיטה המוצעת:

עובד ייצור היחידה הראשונה מקבל השכר של 5 ₪ ליחידה, עבור כל יחידה ראשונה מקבל

העובד 2% יותר (గורם גידול השכר 2%).

א. חשב את שכרו ליום עבודה של עובד המיציר 30 יחידות ביום עבודה?

ב. שרטט גרף המתאר את שכרו של העובד כפונקציה של מספר היחידות המיוצרות.

## פתרונות תרגיל מסכם - שיטות שכר עידוד בסיסיות

### פתרונות שאלה 1



א. נחשב את שכרו הצפוי של העובד לפי כל אחת משיטות השכר המוצעות:

השכר הצפוי	שיטת השכר
$W = 5,000$	I. שכר קבוע
$W = 180 \cdot 24 = 4,320$	II. שכר לפי זמן
$W = 12 \cdot 400 = 4,800$	III. שיטה הקבלנית

ב. שיטת השכר הקבוע היא שיטת השכר המשתלמת ביותר לעבוד. בשיטה זו מקבל העובד את השכר הגבוה ביותר מבין שיטות השכר המוצעות. יתרונוטיה של השיטה הונ: השיטה קלה להבנה ולחישוב, העומדה ללא לחץ נפשי או פיזי.

ג. שיטת השכר לפי זמן היא השיטה המשתלמת ביותר לארגון מבחינה כלכלית. בשיטה זו תשלום השכר הוא הנמוך ביותר מבין השיטות המוצעות, מוגבלות השיטה הונ: השיטה אינה מעודדת הגברת הייעילות, קיים ניצול מועט של משאבי הארגון.

### פתרונות שאלה 2



א. הנתונים הדרושים לפתרון התרגיל:

$N = 30$  - מספר היחידות המיוצרות ביום עבודה.

$A = 5$  - שכר עבור הכננת היחידה הראשונה.

$\alpha = 2\%$  - גורם ההגדול בשכר.

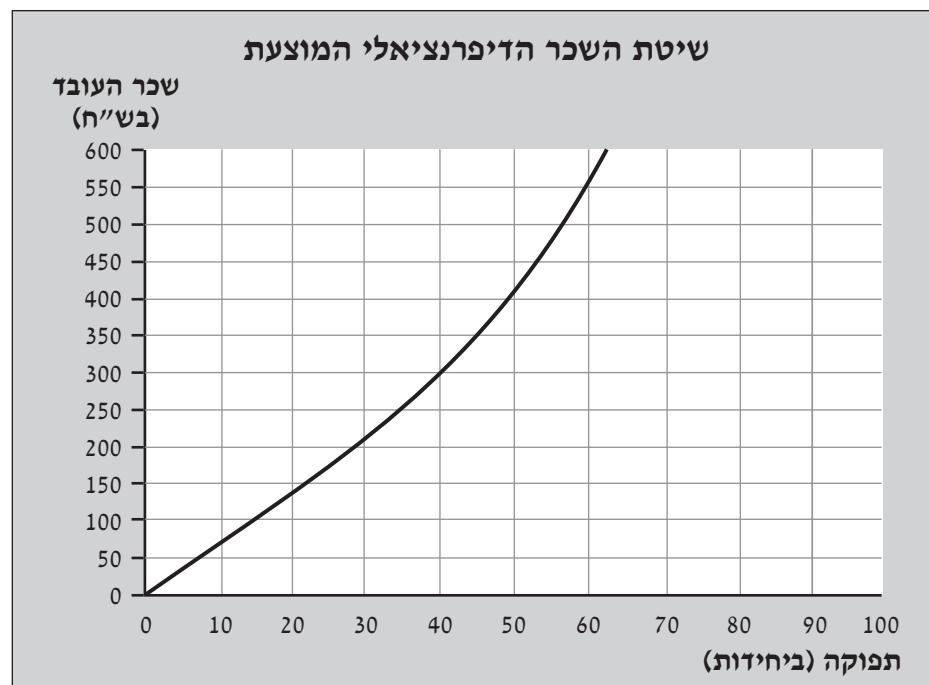
נחשב את מקדם ההגדול בשכר:

$$S = 1 + \frac{\alpha}{100} = 1 + \frac{2}{100} = 1.02$$

נחשב את שכרו היומי של העובד בהתאם למשוואת השכר למשוואת שכר הדיפרנציאלית:

$$W = \frac{A(1 - S^N)}{1 - S} = 5 \cdot \left( \frac{1 - 1.02^{30}}{1 - 1.02} \right) = 202.84 \text{ ₪}$$

ב. גראף המתאר את שיטת השכר הדיפרנציאלית:



### **8.3 שיטות שכר העידוד (Incentive Pay)**

שיטת שכר עידוד הן שיטות לקביעת התמرين הכלכלי שיקבל העובד עבור הגברת יעילותו.

שכר העידוד (פרמייה) הינו שכר נוסף שמקבל העובד מעבר לשכר הבסיסי ולתוספות השכר המגיעות לו. ייעילותו של העובד נמדחת יחסית לזמן התקון או לתקון התפוקה ליחידת זמן.

#### **התנאים להפעלת שיטת שכר העידוד**

1. יחסית עבודה תקינים בין העובדים (או ארגון העובדים) לבין הנהלת הארגון
2. אסור לפטר עובדים כתוצאה מהפעלת שיטת שכר עידוד
3. לא תהיה פגיעה בשכר במידה והעובד אינו מגיע למכסה הדרושה - שכר מינימום מובטח
4. זמני התקון יקבעו ע"י בעלי מקצוע מתחום הנדסת הייצור בעזרת שימוש בຄלים הנדרסים
5. לא תהיה פגיעה באיכות המוצרים המיוצרים
6. לא תהיה פגיעה ברמת הבטיחות הנהוגה בארגון
7. שיטת השכר צריכה להיות מובנת וברורה לעובדים
8. השיטה צריכה להיות גמישה לשינויים ושיפורים בצד הטכנולוגי ובתהליכי העבודה
9. הפעלת השיטה לא תפגע בתהליכי הייצור המתרחשים בארגון
10. שיטת שכר העידוד הנבחרת מקובלת על העובדים ועל הארגון
11. הרווח לארגון כתוצאה מהפעלת השיטה גובה מעלות הפעלת השיטה
12. התשלום לעובדים עבור שכר העידוד יבוצע בהקדם האפשרי.
13. העובד מבין את הקשר בין המאמץ שהוא משקיע לבין התמורה שאותה הוא מקבל

## יתרונות וחסרונות הפעלת שיטת שכר עידוד

יתרונות השימוש בשכר עידוד	מוגבלות השימוש בשכר עידוד
1. מעודד את העובדים להגדיל את התפוקה	יש צורך במערכות פיקוח אמינה על התקדמות העבודה
2. מגביר שיתוף פעולה בין העובדים לבין הארגון	כאשר אין עבודה, העובדים מת�ורמים ולא יכולים להעלות את שכרם
3. מסייע לארגון לנצל בצורה טובת יותר את המשאבים שברשותו	יכול להיחשב בעניין העובדים כשיטת מסובכת ליחסוב שכרם
4. מעלה את יעילות העבודה של העובדים	קיימים קשיים בשיפור או שינוי תהליכי העבודה
5. מוריד את הוצאות הייצור לייחิดת מוצר	ת騰ן הגדלת תפוקה על חשבון בטיחות העובדים
6. הגדלת פרוון הייצור	ת騰ן הגדלת תפוקה על חשבון פגעה בצד
7. שיפור כושר הייצור של הארגון	קיימת בעיה בבחינת התפוקה של חלק מהעובדים הלא ישירים או מנהלי העבודה
8. הגברת המוטיבציה של העובדים	קיימים קשיים לנידיע עובדים מתחנת עבודה אחת לאחרת
9. הקטנת הפיקוח על העובדים	סכוסכים על רקע שיטת שכר העידוד או אופן הפעלתה
10. מעודד את העובדים לדאוג לשלהמתה של תחנת העבודה והציג בה	העובדים מעוניינים בהגדלת התפוקה גם כאשר הדבר מנוגד לינטרס הארגון
11. מעודד את הגברת זמני הנוכחות של העובדים בארגון	בעבודה המשולבת עם מכונות פוחתת שליטה העבודה על התפוקה
12. עליית רמת החיים של העובדים כתוצאה מגידול בשכרם	קיימים קשיים לחשב את יעילות העובד
13. הגברת מחויבות העובד למקום העבודה (כתוצאה ממוקצועותו ועלייה רמת החיים)	עובדים המועסקים בארגון לא במסגרת שכר העידוד יכולים להיות ממורמרים ולא לסייע לעובדים המופעלים בשיטת שכר העידוד
14.	נדרש להשתמש בשיטות מתקדמות להבטחת אינכותם של המוציאים, ת騰ן הגדלת תפוקה על חשבון אינכות המוציאים
15.	הפעלת השיטה דורשת מארגון משאים רבים - כלכליים וארגוניים

## 8.4 שיטות שכר עידוד לעובדים ישירים

**נדיר מספר מושגים:**

**יעילות** - מדד עבור עובדים בארגון לשם בחינת תפקודם מול המצופה מהם. היעילות מבטא את היחס בין הזמן המוקצב לביצוע מטלה (בהתאם לקביעת הארגון) לבין זמן הביצוע בפועל של העובד.

**יעילות נורמאלית** - יעילות העבודה שבה העובד מבצע את תפקידו בדיקו לפיה התקן שנקבע לביצועה.

**יעילות אופטימאלית** - היעילות שבה העובד מבצע את עבודתו בצורה טובה יותר בכ- 1/3 מעל לתקן שנקבע. יעילות זו נקבעה כאופטימאלית מפני שכך מסייע לארגון את מטרתו להגברת יעילות העובד מבליל גורום לשחיקתו. עבודה לאורך זמן בייעילות הגבוהה מהיעילות האופטימאלית גורמת לשחיקה מהירה של העובד ובכך פוגעת במטרת הארגון להגבר את היעילות לאורך תקופת זמן ארוכה, כמו כן תיכון פגיעה ברמת הבטיחות והאיכות בתהליך העבודה.

**סימונים מקובלים לחישובי שכר עידוד :**

- |   |   |
|---|---|
| W | שכר כולל בתוכו את שכר הבסיס (שכר היסוד) ואת שכר העידוד. מבוטא כאחוז משכר הבסיס.           |
| P | שכר העידוד (פרימה) - השכר המגיע לעובד עבור יעילות העבודה מהנורמה. מבוטא כאחוז משכר הבסיס. |
| E | יעילות עבודתו של העובד.   |

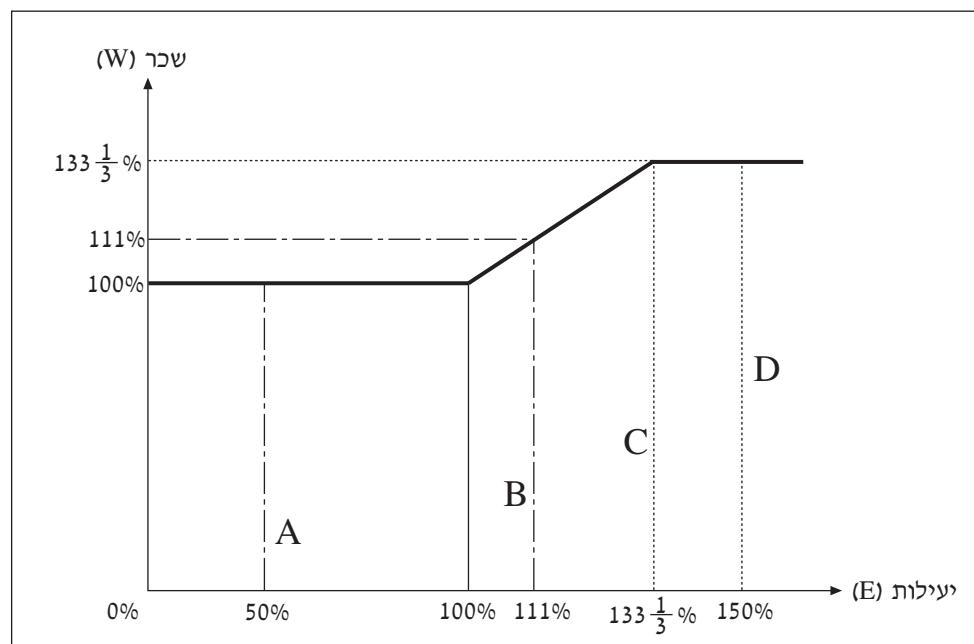
### שיטת אחוז מול אחוז (אם"א)

שםה של שיטת שכר העידוד ( אחוז מול אחוז ) החושף את מחות השיטה; הוספת אחוז לשכר העובד עבור כל אחוז בייעילות עבודתו מעבר ליעילות הנורמאלית. ככלMORE העובד מקבל תוספת לשכרו עבור השקעת מאמץ מעבר לממוצע הרגיל. התוספת לשכר תהיה תואמת להשקעה שהשקייע העובד.

תשולם שכר העידוד לפי שיטה זו מייעילות נורמאלית (100%) ועד ליעילות אופטימאלית (כ-133%), לצורך הגבלת יעילות העובד השכר עבור יעילות הגדולה מ-  $133\frac{1}{3}\%$  יהיה קבוע, כלומר  $133\frac{1}{3}\%$ , לעומת זאת גמזה יותר לא תזכה לתוספת שכר כך שלעובד לא משותלם להגבר את יעילותו מעבר לנקודת זו.

עבור יעילות הקטנה מ-100% לא יפגע שכרו הבסיסי של העובד. נקודת שכר המינימום במקרה זה עומדת של 100% שכר.

## הדגמת השימוש בגרף שכר עידוד לפי שיטת אחוז מול אחוז



עקומת השכר - מתאר את השכר של העובד כולל שכר העידוד עבור כל ייעילות נתונה.

**נקודה A** - מצינית עבודה ביעילות עבودה של 50%, אם נעה מנקודה זו בכו ישר עד לעקומה השכר נבחן כי השכר עבר ייעילות זו הינו 100% (שכר יסוד בלבד ללא שכר עידוד). נוכל להבחן כי כל תחומי היעילות בין 0% ועד ל100% מביא לתוצאה דומה.

**נקודה B** - מצינית עבודה ביעילות של 111%, אם נעה מנקודה זו בכו ישר עד לעקומה השכר נבחן כי השכר עבר ייעילות זו הינו 111% (שכר יסוד + 11% שכר עידוד). במקרה זה העובד עבד ביעילות של 11% מעל היעילות הנורמלית ולכן מקבל העובד תוספת של 11% לשכרו. נוכל להבחן כי כל תחומי היעילות בין 100% ועד ל- $133 \frac{1}{3}$ % מביא לתוצאה דומה בהתאם ליעילות הביצוע.

**נקודה C** - מצינית עבודה ביעילות של  $133 \frac{1}{3}$ % (יעילות אופטימאלית), אם נעה מנקודה זו בכו ישר עד לעקומה השכר נבחן כי השכר עבר ייעילות זו הינו  $133 \frac{1}{3}$ % (שכר יסוד +  $\frac{1}{3}$  שכר עידוד). במקרה זה העובד עבד ביעילות  $133 \frac{1}{3}$ % מעל היעילות הנורמלית ולכן מקבל העובד תוספת של  $\frac{1}{3}$  לשכרו.

**נקודה D** - מצינית עבודה ביעילות של 150% (יעילות החורג מהיעילות האופטימאלית), אם נעה מנקודה זו בכו ישר עד לעקומה השכר נבחן כי השכר עבר ייעילות זו הינו  $133 \frac{1}{3}$ % (שכר יסוד +  $\frac{1}{3}$  שכר עידוד). במקרה זה העובד עבד ביעילות של 50% מעל היעילות הנורמלית אך תוספת השכר אינה עולה על תוספת השכר עבור ייעילות אופטימאלית, ולכן מקבל העובד תוספת של  $\frac{1}{3}$  לשכרו בלבד. הסיבה לתוספת השכר הנמוכה מיעילות העובד נעוצה בעובדה כי הארגון אינו מעוניין שהעובדים יחרגו מהיעילות האופטימאלית ולכן הארגון מגביל את תוספת השכר בגבול עליון של  $133 \frac{1}{3}$ %.

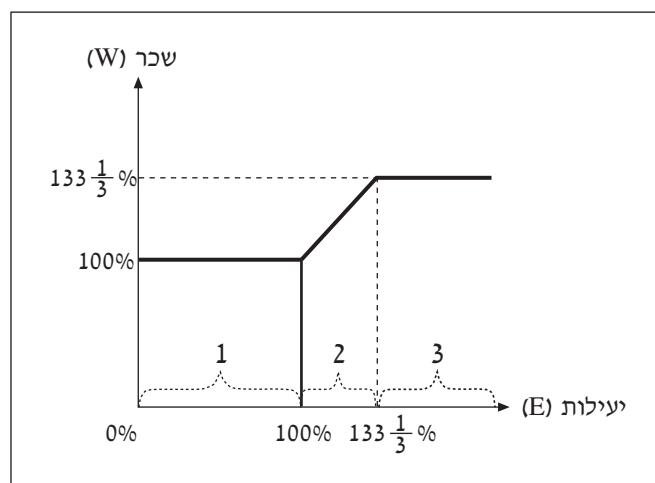
נסיק מספר מסקנות לגבי הגרף:

א. עבור עובדה ביעילות הנמוכה מ-100% (בין 0% ל-100%) מקבל העובד שכר בסיס (100%).  
נרשום באופן מתמטי עבור יעילות בתחום:  $E \leq 100\%$  שכרו של העובד  $W = E$ , השכר עבור שכר עידוד יהיה  $P = 0\%$  (העובד לא מקבל שכר עידוד במקרה זה).

ב. עבור יעילות שבין 100% ועד ליעילות של  $\frac{1}{3}133$  מקבל העובד תוספת של אחוז אחד לשכרו עבור כל אחוז נוסף ביעילות, נסח באופן מתמטי: עבור יעילות בתחום  $E \leq 133\frac{1}{3}\%$  מקבל העובד שכר בהתאם ליעילותו  $W = E - 100\%$ , אחוז שכר העידוד יהיה  $P = E - 100\%$ .

ג. עבור יעילות הגדולה מ- $\frac{1}{3}133$ , מקבל העובד שכר קבוע של  $133\frac{1}{3}\%$ , נסח באופן מתמטי:  
עבור יעילות בתחום  $E > 133\frac{1}{3}\%$  מקבל העובד שכר קבוע  $W = 133\frac{1}{3}\%$ , השכר עבור שכר עידוד יהיה  $P = 0\%$ .

#### סיכום שיטת אחוז מול אחוז:



טבלת תחומי ערכיהם לשיטת אחוז מול אחוז:

סה"כ שכר בסיס + עידוד (באחוזים)	שכר עידוד (באחוזים)	שכר הבסיס (באחוזים)	יעילות העבודה (באחוזים)	.
100%	$P = 0\%$	$W = 100\%$	$0\% \leq E \leq 100\%$	.1
$W = E$	$P = E - 100$ $P = W - 1$	$W = 100\%$	$100\% \leq E \leq 133\frac{1}{3}\%$	.2
$W = 133\frac{1}{3}\%$	$P = 33\frac{1}{3}\%$	$W = 100\%$	$E > 133\frac{1}{3}\%$	.3

**יתרונות השיטה** - ברורה לעובדים, קלה לחישוב, נטפחת כהונגת בעיני העובד.  
 **חסרונות השיטה** - רגישה לטעויות בקביעת זמן התקון, פחותה משתלמות כלכלית לארגון.

## שיטת שכר עידוד פרמיה מוגדלת ופרמיה מוקטנת

שיטת פרמיה מוגדלת ופרמיה מוקטנת שניהם שיטות שכר עידוד לפי קו ישר. תחילת תשלום שכר עידוד החל מ- 100% יעילותות.

בשיטת הפרמיה המוגדלת מקבל העובד עבור כל גידול של אחוזו ביעילות הביצוע יותר מאשר בשכר.

בשיטת הפרמיה המוקטנת מקבל העובד עבור כל גידול של אחוזו ביעילות הביצוע פחות מאשר בשכר.

שיטת הפרמיה המוגדלת שימושית לזמן קצר בהם הארכון מעוניין להשלים תפוקה גדולה בזמן קצר.

$$P = \alpha (E - 1)$$

שכר העידוד המשולם לעובד בהתאם לשיטות אלו:

$$W = 1 + \alpha (E - 1) = 1 + P$$

ולפיכך שכרו הכולל של העובד יחושב לפי הנוסחה:

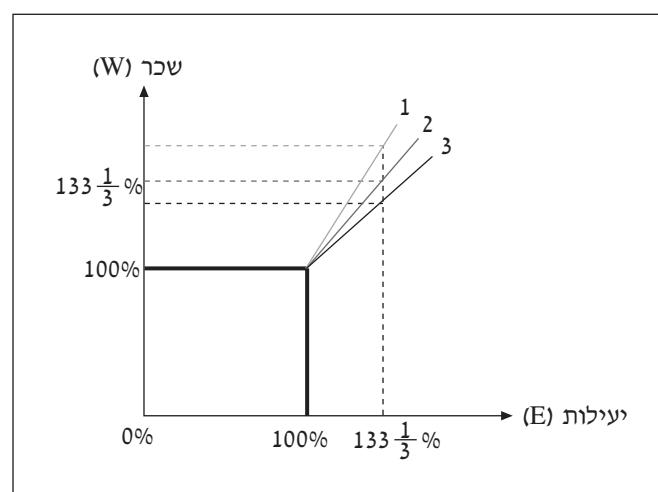
\* כאשר  $1 = \alpha$  מדובר בשיטת אחוז מול אחוז.

$\alpha$  - מהוות את שיעור התוספת או ההפחטה בשכר עבור כל אחוז ביעילות עבודתו של העובד (בגרף הוא מייצג את שיפוע קו התשלום).

**טבלת סיכום**

ישר	ערךו של $\alpha$	שיטת שכר העידוד	נוסחת חישוב השכר	נוסחת חישוב שכר העידוד
.1	$\alpha > 1$	<b>פרמיה מוגדלת</b>	$W = 1 + \alpha (E - 1) = 1 + P$	$P = \alpha (E - 1)$
..2	$\alpha = 1$	<b>אחוז מול אחוז</b>	$W = E$	$P = E - 1 = W - 1$
.3	$\alpha < 1$	<b>פרמיה מוקטנת</b>	$W = 1 + \alpha (E - 1) = 1 + P$	$P = \alpha (E - 1)$

המספרים 3, 2, 1 מתארים את הקווים היסרים בגרף.



**גרף שכר העידוד בהתאם לשיעור התוספת**

נוכל לראות כי שיפוע הגרף של הפרמיה המוגדלת גדול מהSHIPועים של שיטת אחוז מול אליג'ו ושל הפרמיה המוקטנת ומכך בחלוקת הפרמיה המוגדלת תמיד שכרו של העובד עבור יעילות נתונה יהיה גבוה משיטת אחוז מול אחוז ושתייהן יהיו גבהות משיטת הפרמיה המוקטנת.

## שיטות הלסி T.L - שיטות הקו הימש

שיטות הלסி T.L הין שיטות שכר עידוד המבוססות על משווהת הקו הימש, כאשר תחילת תשלום הפרמיה מתקבל עבור יעילות הקטנה מ-100%.

### **בנייה מודל שכר עידוד לפי שיטות הלסி T.L:**

כאשר אני מעוניינם לבנות שיטות שכר עידוד הבנوية על עיקרונו הלסி T.L אנו נדרשים לקבוע מספר נקודות לבניית השיטה:

- א. מהו אחוז העילות שמננו יתחל העובד לקבל שכר עידוד (יעילות הבסיס)?
- ב. מהו שכר העובד (באחוזים) עבור יעילות השונה מייעילות הבסיס (היעילות שנקבעה בסעיף א')?
- ג. האם קיבל העובד שכר עידוד עבור יעילות הגבוהה מהיעילות האופטימאלית?

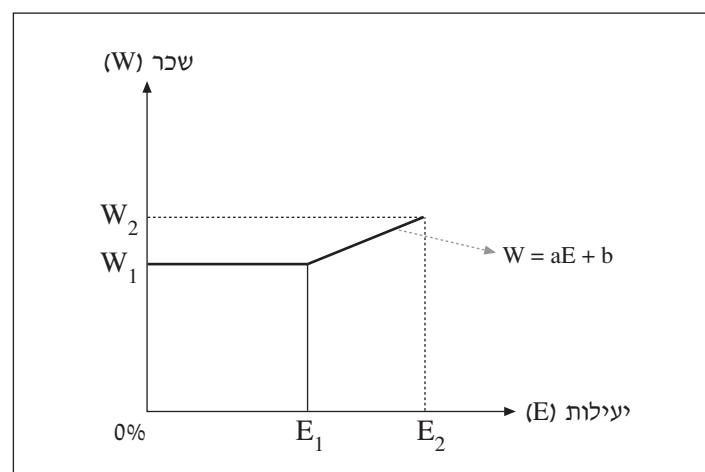
מהקביעות הנידונות נסיק שתי נקודות הנמצאות על קו הימש בגרף:

**נקודה 1** - נקודת תחילת תשלום הפרמיה (נקבע בסעיף א') - נרשם את היעילות ההתחלהית לתשלום שכר העידוד ואת השכר אשר קיבל העובד עבורה (בסיס + שכר עידוד).

**נקודה 2** - נקודת נוספת עבור יעילות שונה ואת השכר שהעובד קיבל עבורה (נקבע בסעיף ב').

שכר(W)	יעילות (E)	נקודות על הקו הימש
$W_1$	$E_1$	נקודת תחילת התשלום - נקודת 1
$W_2$	$E_2$	נקודת נוספת - נקודת 2

**נמchioש את הנקודות על גרף:**



$$\begin{array}{lll} \text{שיפוע הקו} - a & W = aE + b & \text{נוסחת הישר של הקו:} \\ \text{נקודות המפגש עם ציר השכט} - b & & \\ a = \frac{W_2 - W_1}{E_2 - E_1} & & \text{נוסחאות חישוב הקבוע } a: \\ b = W_2 - aE_2 \quad \text{או} \quad b = W_1 - aE_1 & & \text{נוסחאות חישוב הקבוע } b: \end{array}$$

### **נדגים את בניית משוואת שכר עידוד לקרה פרטי מוכך:**

نبנה שיטת הלסי T.L. עבור הנתונים הבאים:

תחילת תשלום שכר העידוד עבור ייעילות 80%, עבור עובדה בייעילות זו יקבל העובד שכר של 100%, עבור ייעילות אופטימאלית ( $133\frac{1}{3}\%$ ) קיבל העובד שכר השווה ל-  $133\frac{1}{3}\%$  (שכר עידוד  $33\frac{1}{3}\%$ ) מעבר ליעילות האופטימאלית לא עליה שכוו של העובד.

חישוב משוואת הלסי:  
نبנה טבלת ערכים לשני התנאים של שיטת שכר העידוד הנדרשת:

נקודות על הקו הפרבולי		
שכר (W)	יעילות (E)	
$W_1 = 100\%$	$E_1 = 80\%$	נקודה תחילת התשלום - נקודה 1
$W_2 = 133\frac{1}{3}\%$	$E_2 = 133\frac{1}{3}\%$	נקודה נוספת - נקודה 2

משוואת הקו הישר:  

$$W = aE + b$$

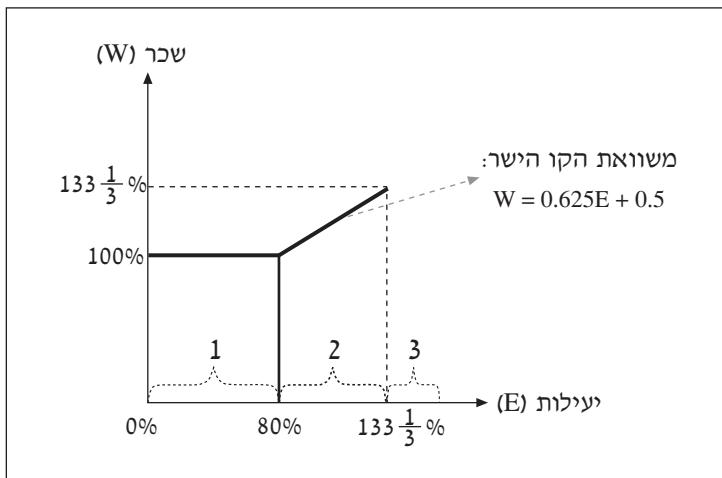
$$a = \frac{W_2 - W_1}{E_2 - E_1} = \frac{1.333 - 1}{1.333 - 0.8} \cong 0.625 \quad \text{חישוב הקבוע } a:$$

$$b = W_2 - aE_2 = 1.333 - 0.625 \cdot 1.333 \cong 0.5 \quad \text{חישוב הקבוע } b:$$

$$W = 0.625E + 0.5 \quad \text{ומכאן משוואת הקו הישר - כפונקציה של ייעילות העובד:}$$

ואכן זהה משוואת השכר במקרה פרטי מוכך של שיטת הלסי T.L., שיטה זו נקראת הלסי 80%.

### מקרה פרטי של שיטת הלסி T.L., שיטת הלסி 80:L.T:



#### שיטת הלסி 80%:

בשיטת זו תחילת תשלום הפרמייה מיעילות של כ-80%.

אנו רואים כי מעבר ליעילות של כ-80% תשלום השכר הופך לקו ישיר, חישוב נקודה על הקו ישיר מבוצע באמצעות הנוסחה:

$$W = 0.625E + 0.5$$

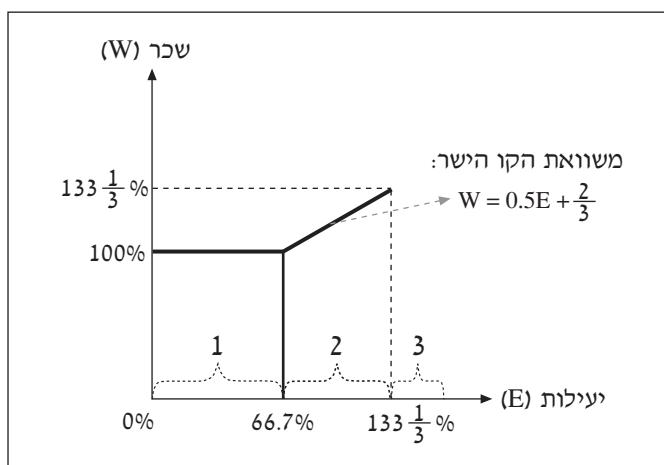
### נוסחאות חישוב בשיטת הלסி T.L. 80:

סה"כ שכר בסיס + עידוד (שבך עשרוני)	שכר עידוד (שבך עשרוני)	שכר הבסיס (שבך עשרוני)	יעילות העבודה (שבך עשרוני)	%
1	$P = 0$	1	$0 \leq E \leq 0.8$	.1
$W = 0.625E + 0.5$	$P = W - 1$ $P = 0.625E - 0.5$	1	$0.8 \leq E \leq 1.333$	.2
$W = 1.333$	$P = 0.333\%$	1	* מגבלת יעילות <sup>1</sup>	
$W = 0.625E + 0.5$	$P = W - 1$ $P = 0.625E - 0.5$	1	* אין מגבלי יעילות <sup>2</sup>	$E > 1.333$

\* מגבלת יעילות - כאשר הארגון אינו מעוניין שהעובדים יעבדו ביעילות גבוהה מהיעילות האופטימלית הארגון מגביל את שכרו של העובד עד היעילות האופטימלית.

\* כאשר הארגון אינו מעוניין להגביל את היעילות ב-  $\frac{1}{3} 133$  חישוב השכר מחושב כרגיל גם מעבר ליעילות זו.

### מקרה פרטי נוסף ומפורסם של שיטת הלסி L.T, שיטת הלסி $\frac{2}{3}$ (L.T 66.7):



**שיטת הלסி 2/3:**  
 בשיטה זו תחילת תשלום הפרמיה מייעילות של כ-67%.

אנו רואים כי מעבר לייעילות של כ-66.7% תשלום השכר הופך לקו ישר, חישוב נקודה על הקו הימני מבוצע באמצעות הנוסחה:

$$W = 0.5E + \frac{2}{3}$$

### נוסחאות חישוב בשיטת הלסி $\frac{2}{3}$ : L.T

סה"כ שכר בסיס + עידוד (בשערוני)	שכר עידוד (שער עשרוני)	שכר הבסיס (שער עשרוני)	יעילות העבודה (בשברים)	ט
1	$P = 0$	1	$0 \leq E \leq \frac{2}{3}$	.1
$W = 0.5E + \frac{2}{3}$	$P = 0.5E - \frac{1}{3}$ $P = W - 1$	1	$\frac{2}{3} \leq E \leq 1\frac{1}{3}$	.2
$W = 1.333$	$P = 0.333\%$	1	<sup>1</sup> גבולות יעילות *	
$W = 0.5E + \frac{2}{3}$	$P = 0.5E - \frac{1}{3}$ $P = W - 1$	1	<sup>2</sup> איון גבולות יעילות *	$E > 1\frac{1}{3}$

\*<sup>1</sup> גבולות יעילות - כאשר הארגון אינו מעוניין שהעובדים יעבדו ביעילות גבוהה מהתאפקIMALITY, ולכן מגביל את שכרו של העובד ביעילות התאפקIMALITY.

\*<sup>2</sup> כאשר הארגון אינו מעוניין להגביל את היעילות ב-  $133\frac{1}{3}\%$ , חישוב השכר יעשה כרגע גם מעבר לייעילות זו.

## שיטת רואן (ROWAN) / שיטת הקו העקום:

שיטת רואן נחלקת לשני סוגים:

שיטת רואן H.T (High Task) - תחילת תשלום שכר העידוד עברו יעילותות של 100%.

שיטת רואן L.T (Low Task) - תחילת תשלום שכר העידוד עברו יעילותות הנמוכה מ-100%.

### רואן רגיל / רואן 100

שיטת רואן הינה שיטת שכר עידוד שבה היחס בין יעילותות העובד לבין השכר אינו ליניארי, ולכן היא נקראת גם שיטת הקו העקום.

בשיטת זו תחילת תשלום הפרטיה מייעילות של 100%, אך התמורה על כל אחוז גידול בייעילות תהיה נמוכה יותר.

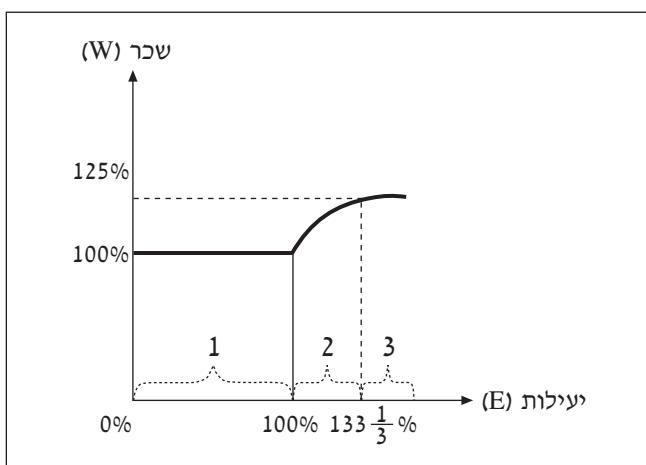
שיטת רואן 100 נחשבת כשית H.T (High Task) יעילות תחילת תשלום הפרטיה היא 100%.

#### תאור גרפי - שיטת רואן:

אנו רואים כי מעבר לייעילות של 100% תשלום השכר הופך לקו פרבולי. חישוב נקודת על הקו הפרבולי ממוצע בעזרת הנוסחה:

$$W = \left[ 2 - \left( \frac{1}{E} \right) \right] \cdot 100$$

\* כאשר מציבים את היעילות בנוסחה נדרש להציג יעילות בשבר עשרוני.



#### נוסחאות חישוב בשיטת רואן:

סה"כ שכר בסיס + עידוד (באחוזים)	שכר עידוד (באחוזים)	שכר הבסיס (באחוזים)	יעילות העבודה (באחוזים)	נ
100%	P = 0%	100%	$0\% \leq E \leq 100\%$	.1
$W = \left[ 2 - \left( \frac{1}{E} \right) \right] \cdot 100$	$P = W - 100$	100%	$100\% \leq E \leq 133 \frac{1}{3}\%$	.2
$W = 125\%$	P = 25%	100%	* מגבלת יעילות ** אין מגבלת יעילות	$E > 133 \frac{1}{3}\%$
$W = \left[ 2 - \left( \frac{1}{E} \right) \right] \cdot 100$	$P = W - 1$	100%		

\* מגבלת יעילות - כאשר הארגון אינו מעוניין שהעובדים יעבדו ביעילות גבוהה מהיעילות האופטימאלית, הארגון מגביל את שכרו של העובד.

\*\* כאשר הארגון אינו מעוניין להגביל את היעילות ב- $133 \frac{1}{3}\%$ , חישוב השכר מחושב כרגיל גם מעבר ליעילות האופטימאלית.

**חרוגנות השיטה** - השיטה מסובכת לחישוב ולהבנה. תוספת השכר קטנה ככל שיעילות העמודה עולה. יכול להקטין את מוטיבציית העובד לשפר את יעילותו.

**יתרונות השיטה** - חוסמת בנקודת מסויימת את הידול בתפקיד וכך מונעת עודפים ועליות הכרוכות בכך (עלויות אחיזת מלאי).

### שיטת רואן T (Low Task) L.T

בשיטת זו תחילת תשלום שכר העידוד מתחילה ביעילות הנמוכה מ-100%. השיטה מתאימה לארגוני שבהם יעילות העובדים נמוכה ומוטיבציית העובדים להגבר את יעילותם נמוכה.

במקרה שבו יעילות העובדים נמוכה במידה רבה מהיעילות הנורמלית, שיטות שכר העידוד שבהם תחילת תשלום השכר מוצע מיעילות נורמללית לא יהיו אפקטיביות, מפני שנדרש מהעובדים השקעת ממץ גדולה מאוד על מנת שיוכלו להתחליל לקבל את שכר העידוד.

#### שיטת רואן T.L מתאימה למקרים הבאים:

1. העובדים הם עובדים ותיקים שהורגלו זמן רב לעבודה ביעילות נמוכה.
2. עובדים מתלדים שקשה להם להגיע ליעילות נורמללית.
3. כאשר מדובר בעבודה קשה, הדורשת ממץ רב.
4. כאשר קיים מחסור במוטיבציה לשיפור היעילות.
5. כאשר קיים אי אמון במערכת שכר העידוד.
6. כאשר שיטת שכר עידוד אחרת לא אפקטיבית.

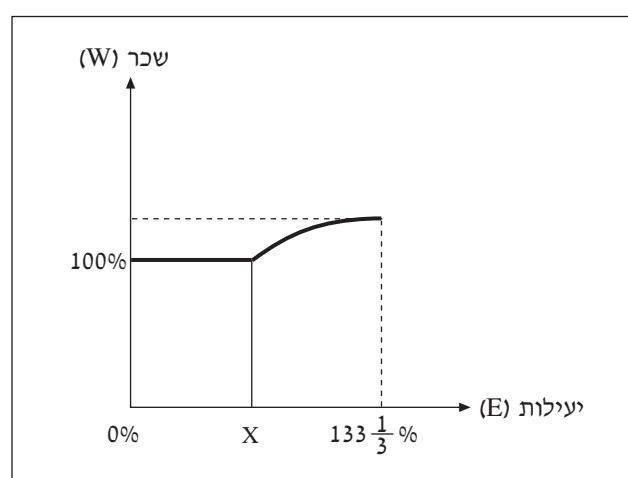
#### גרף שיטת שכר עידוד לפי שיטת רואן T.L:

נקודת X בגרף מתאר את נקודת תחילת תשלום שכר העידוד (הנמוכה מ-100%).

#### בנייה מודל שכר עידוד לפי שיטות רואן T.L:

כאשר אני מעוניינים לבנות שיטת שכר עידוד הבנויה על עיקרונו רואן T.L אנו צריכים לקבוע מספר נקודות לבניית השיטה:

- א. מהו אחוז היעילות שמןו יתחיל העובד לקבל שכר עידוד?
- ב. מהו שכר העובד (באחוזים) עבור יעילות השונה מיעילות בסיס (היעילות שנקבעה בסעיף א')?
- ג. האם קיבל העובד שכר עידוד עבור יעילות גבוהה מהיעילות האופטימאלית?



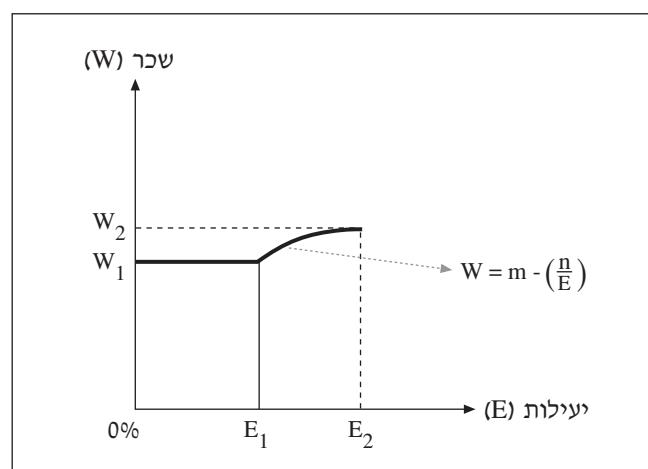
מהקבילות הנידונות נסיק שני נקודות הנמצאות על קו הפרבולי בגרף:

**נקודה 1** - נקודת תחילת תשלום הפרמיה (נקבע בסעיף א') - נרשם את היעילות ההתחלהית לתשלום שכר העידוד ואת השכר אשר קיבל העובד עבורה שכר הכלל של העובד בסיס + שכר עידוד (באחוזים).

**נקודה 2** - נקודת נוספת עבורה יעילות שונה ואת השכר שהעובד קיבל עבורה (נקבע בסעיף ב').

נקודות על הקו הפרבولي	יעילות (E)	שכר (W)
נקודות תחילת התשלום - נקודת 1	$E_1$	$W_1$
נקודה נוספת - נקודת 2	$E_2$	$W_2$

נממש את הנקודות על גרף:



נוסחת השכר של הקו הפרבולי:

$$W = m - \left( \frac{n}{E} \right)$$

חישוב המשתנים קבועים של הפונקציה:

$$n = \left( \frac{W_2 - W_1}{E_2 - E_1} \right) \cdot E_1 \cdot E_2$$

$$m = W_1 + \left( \frac{n}{E_1} \right) \quad \text{או} \quad m = W_2 + \left( \frac{n}{E_2} \right)$$

$m$  - מיקומו של העקום יחסית לציר השכר (שמאלה ימינה).

$n$  - צורת העקום ושיפועו (שיעור גדול יותר או קטן יותר).

## נדגים את בניית משווהת שכר עידוד לקרה פרטי מוכך:

نبנה שיטת רואן T.L עבור הנתונים הבאים:

תחילת תשלום שכר העידוד עבר ייעילות 88.9% (כ-89%), עבור עובדה בייעילות זו קיבל העובד שכר של 100%, עבור ייעילות אופטימאלית ( $\frac{1}{3} 133\frac{1}{3}$ %) קיבל העובד שכר השווה ל- $\frac{1}{3} 133\frac{1}{3}$  (שכר עידוד 33%).

מעורר ליעילות האופטימאלית לא יעלה שכרו של העובד.

### פתרונות:

نبנה טבלת נתונים לשני התנאים של שיטת שכר העידוד הנדרשת:

שכר (W)	יעילות (E)	נקודות על הקו הפרבולי
$W_1 = 100\%$	$E_1 = 88.9\%$	נקודה תחילת התשלום - נקודה 1
$W_2 = 133\frac{1}{3}\%$	$E_2 = 133\frac{1}{3}\%$	נקודה נוספת - נקודה 2

$$W = m - \left( \frac{n}{E} \right) \quad \text{משוואת הקו הפרבולי:}$$

### чисוב הקבוע m:

$$n = \left( \frac{W_2 - W_1}{E_2 - E_1} \right) \cdot E_1 \cdot E_2 = \left( \frac{1.333 - 1}{1.333 - 0.889} \right) \cdot 1.333 \cdot 0.889 = 0.889$$

### чисוב הקבוע m:

$$m = W_2 + \left( \frac{n}{E_2} \right) = 1.333 + \frac{0.889}{1.333} \approx 2$$

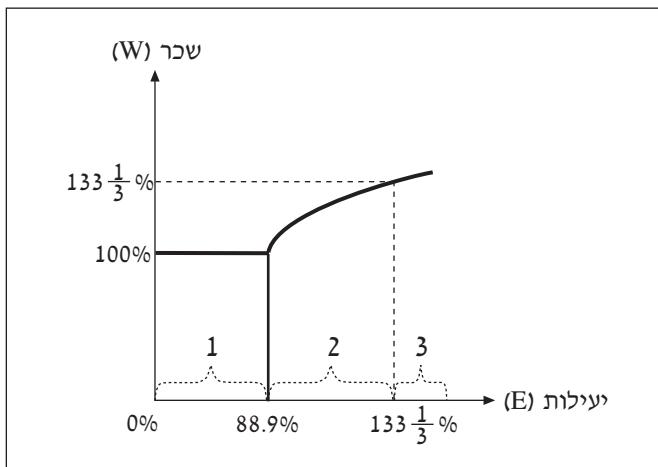
נציב את הקבועים במשוואת קו השכר הפרבולי:

$$W = m - \left( \frac{n}{E} \right) = 2 - \left( \frac{0.889}{E} \right)$$

$$W = 2 - \left( \frac{0.889}{E} \right) \Leftarrow \text{מכאן משוואת השכר כפונקציה של ייעילות עבודתו של העובד (בתחום הפרטלי)}$$

ואכן זהה משוואת השכר במקרה פרטי מוכך של שיטת רואן T.L, שיטה זו נקראת רואן 8/9 (או רואן 89%).

**מקרה פרטי של שיטת רואן T.L, שיטת רואן T.L. נפוצה נקראת רואן  $\frac{8}{9}$  (89%):**



**שיטת רואן  $\frac{8}{9}$  L.T (89%):**  
בשיטת זו תחילת תשלום הפרמייה מייעילות של כ-89% (8/9).

אננו רואים כי מעבר ליעילות של כ-89% תשלום השכר הופך לקו פרבולי, חישוב נקודה על הקו הפרבולי ממוצע באמצעות הנוסחה:

$$W = \left[ 2 - \left( \frac{0.89}{E} \right) \right]$$

**נוסחאות חישוב בשיטת רואן  $\frac{8}{9}$  T.L.**

סה"כ שכר בסיס + עידוד (באחוזים)	שכר עידוד (באחוזים)	שכר הבסיס (באחוזים)	יעילות העבודה (באחוזים)	ד
100%	P = 0%	100%	$0\% \leq E \leq 100\%$	.1
$W = \left[ 2 - \left( \frac{0.89}{E} \right) \right] \cdot 100$	$P = W - 100$	100%	$100\% \leq E \leq 133 \frac{1}{3}\%$	.2
$W = 133.3\%$	P = 33.3%	100%	* מגבלות יעילות	
$W = \left[ 2 - \left( \frac{0.89}{E} \right) \right] \cdot 100$	$P = W - 1$	100%	** אין מגבלות יעילות	.3

<sup>1</sup> \* מגבלות יעילות - כאשר הארגון אינו מעוניין שהעובדים יעבדו ביעילות גבוהה מהיעילות האופטימאלית, ולכן מגביל את שכרו של העובד.

<sup>2</sup> \* כאשר הארגון אינו מעוניין להגביל את היעילות ב-  $133 \frac{1}{3}\%$ , חישוב השכר מחושב כרגיל גם מעבר ליעילות זו.

## סיכום נוסחאות שיטות שכר עידוד מקובלות

הערות	שכר כולל (W)	שכר העידוד (P)	שיטת שכר העידוד
H.T שיטות תחילת תשלום הפרمية ביעילות 100%	$W = E$ $W = 1 + P$	$P = E - 1$ $P = W - 1$	אחוז מול אחוז
	$W = 1 + \alpha (E - 1)$ $W = 1 + P$	$P = \alpha (E - 1)$ $P = W - 1$	פרמייה מוגדלת
	$W = 1 + \alpha (E - 1)$ $W = 1 + P$	$P = \alpha (E - 1)$ $P = W - 1$	פרמייה מוקטנת
	$W = 2 - \left(\frac{1}{E}\right)$ $W = 1 + P$	$P = 1 - \left(\frac{1}{E}\right)$ $P = W - 1$	רואן 100
L.T שיטות תחילת תשלום הפרمية ביעילות הקטנה 100%-מ-	$W = 2 - \left(\frac{8}{9E}\right)$ $W = 1 + P$	$P = 1 - \left(\frac{8}{9E}\right)$ $P = W - 1$	רואן $\frac{8}{9}$
	$W = 0.5E + 0.666$ $W = 1 + P$	$P = 0.5E - 0.333$ $P = W - 1$	L.T $\frac{2}{3}$
	$W = 0.625E + 0.5$ $W = 1 + P$	$P = 0.625E - 0.5$ $P = W - 1$	הלסי 80%

\* כל הנתונים בנוסחאות בשבר עשרוני.

### תרגילים - שיטות שכר עידוד



במחלקת הייצור מוחנים את שכר העובדים כתוצאה שימוש בשיטות שכר עידוד, ידוע כי ייעילותו של משה (אחד מעובדי המחלקה) היא 120%, שכוו הממוצע לשעה (בסיס) 60 נט.

- חשב את אחוז שכר העידוד שיקבל בשיטת הפרמייה מוגדלת כאשר  $\alpha = 1.15$
- חשב מה תהיה הפרמייה (שכר העידוד) בשיטת הפרמייה המוקטנת כאשר  $\alpha = 0.85$
- חשב את שכרו של העובד באחוזים לפי שיטת אחוז מול אחוז.
- חשב את שכוו לשעה כולל פרמייה לפי שיטת רואן 100.
- חשב את הפרמייה של העובד בערכיים כלכליים, לפי שיטת הלסי 80.
- חשב את שכוו של העובד בערכיים כלכליים לפי שיטת הלסי 2/3.
- חשב את שכוו של יורם (עובד אחר במחלקה) אשר ייעילותו 80% בשיטת שכר העידוד פרמייה מואצת כאשר  $\alpha = 1.2$

## פתרונות - תרג'il שיטות שכר עידוד



א. נחשב את אחוז שכר העידוד:

$$P = \alpha(E - 1) = 1.15 \cdot (1.2 - 1) = 0.23 \Rightarrow 23\%$$

ב. נחשב את הפרמייה בשיטת הפרמייה המוקטנת:

$$P = \alpha(E - 1) = 0.8 \cdot (1.2 - 1) = 0.16 \Rightarrow 16\%$$

ג. נחשב את שכרו של העובד בשיטת אחוז מול אחוז:

$$W = E = 1.2 \Rightarrow 120\%$$

ד. שכר העובד לשעה כולל פרמייה:

$$W = 2 \cdot \left( \frac{1}{E} \right) = 2 \cdot \left( \frac{1}{1.2} \right) \approx 1.167 \Rightarrow 1.167 \cdot 60 = 70.02 \text{ ₪}$$

ה. הפרמייה בערכים כלכליים:

$$P = 0.625E - 0.5 = 0.625 \cdot 1.2 - 0.5 = 0.25 \Rightarrow 0.25 \cdot 60 = 15 \text{ ₪}$$

ו. שכרו של העובד בערכים כלכליים לפי שיטת הלסי 2/3:

$$W = 0.5E + 0.666 = 0.5 \cdot 1.2 + 0.666 = 1.266 \Rightarrow 1.266 \cdot 60 = 75.96 \text{ ₪}$$

ז. במקרה זה לא נדרש חישוב, יעילות העובד אינה מוגיעה ליעילות תחילת תשלום הפרמייה, ולכן שכרו של יורם איננו משתנה לפי שיטת הפרמייה המואצת, ומכאן שכרו יהיה 60 ₪ לשעה.

## 8.5 חלוקת רווחים ומניות

### חלוקת רווחים

חלוקת רווחים היא שיטת שכר עידוד המבוצעתחלוקת רווחי הארגון לעובדים בהתאם לקריטריונים שנקבעים בהסכמה בין העובדים (וודי העובדים) והנהלה.

חלוקת רווחים מתבצעת בהתאם לנקודות הבאות:



יתרונות ומוגבלות שיטת חלוקת הרווחים:

מוגבלות	יתרונות
קיימת זיקה נמוכה בין המאמץ לבין התשלום	שיטת פשוטה וקלת חישוב
יתכן פער שבר בין מקצועות דומים בארגונים מתחרים	יכולת לכלול את כל העובדים בכל תפקיד היביצוע או השירות
ڌ חיית התשלום מפחיתה את מוטיבציית העובד	הוצאות הפעלה זולות
בתקופות שלפ משכורת העובדים קטנה	הnettba משולמת מהכנסות הארגון
יתכן פגיעה בשכר היסוד של העובדים	מעודדת שיתוף פעולה בין העובדים לבין הנהלה ובינם לבין עצמם.
	מעודדת את העובדים לפעול בהתאם לינטרסים של הארגון
	שאייפה תמידית לשיפור ביצועי הארגון
	בתקופות שלפ קטנות הוצאות הארגון (הוצאות השכר)

### **أوپציות למניות:**

שיטת תגמול באמצעות מתן אוופציות למניות או מניות לעובדים. בשיטה זו מקבלים העובדים אוופציות למניות/מניות. במידה וערך האופציה/מניה עולה מרוחקים העובדים את אחזו הعليיה במניה. שיטה זו דומה בהשלכותיה לשיטת חלוקת הרוחקים (יתרונות וחסרונות דומים). השיטה שימושית בעיקר כהטבה לדרגות ניהול השונות.

أوپציות למניות - أوپציות למניות ذواقيات מאפשרות לרכוש את מניות החברה במחיר קבוע מראש (ونموذج ממחריר השוק). כמוות האופציות, מחירן ולוח הזמנים להענקה ולפקיעה נקבעים ע"י הארגון כתלות במספר האופציות המחולקות לעובדים. הזכות ניתנת לעובד בהתאם להסכם שנחתם עם החברה. הסכם הכלול:

א. תאריך הענקת האופציות - התאריך שבו מצטרף העובד לתוכנית מתן האופציות.

ב. תאריך יעד שבו האופציות יופשר והעובד יוכל למש את אותן (מחיר המימוש בד"כ שווה למחיר השוק).

ג. תאריך פקיעה - תאריך אחרון לימוש האופציות.

ארגוני רבים מונים לעצם תוכניות הטבה למנחים בכירים בהתאם לערכם ולתרומותם לארגון, ערך ההטבה נע בין 3%-20% מההכנסות נטו לפני מס ו/או קבלת מניות במתנה או במחיר נמוך ממחריר השוק.

### **لسيcomes:**

חלוקת רווחים ומניות הינה דרך טובה לשלב בין מטרות הארגון והעובדים וליצור מערכת יחסים עמוקה את ההזדהות העובדים עם היעדים הכלכליים של הארגון ואת רצונו של הארגון לתמוך בהגשמת מטרותיהם של עובדים.

התחרות הגדולה בין חברות מצלחות על גישו ושמירה על עובדים איקוטיים מגיבירה את השימוש בחלוקת רווחים ומניות, כמו כן חברות חדשות רבות בעלות משאבם כספיים מצומצמים מוחרות להעניק לעובדים חלק מהבעלות בחברה ע"י חלוקת מניות במטרה שלאחר שהחברה תצליח ותשגש העובדים ייהנו מפירות הצלחה (חברת מיקרוסופט התחילה בדרך דומה).

במידה והארגון מעוניין להימנע מוגבלות השיטה המתוארות בפרק ניתן לשלב את שיטות חלוקת הרוחקים יחד עם שיטות שכר עידוד בהתאם לתפקיד.

## ביבליוגרפיה

gil, יצחק (1986), **מדידת עבודה תדריך למנהל עבודה**, הוצאת המכון לפירון העבודה והייצור.

בר חיים, אביעד, מרדכי (1997), **לקט מאמרים, ניהול משאבי אנוש**, הוצאת האוניברסיטה הפתוחה.

גול, יצחק (1988), **מדידת עבודה - תדריך לחוקר עבודה**, הוצאת המכון לפירון העבודה והייצור.

גולברזון, אריה, גלוברזון, שלמה (1995), **ביקורת והערכת ארגונים**, הוצאת רמות.

גלוברזון, שלמה (2002), **ניהול התפעול ושיפור ביצועים**, הוצאת דיוון.

גלוברזון, שלמה (2002), **ניהול התפעול והיצור**, הוצאת ציריקובר.

הרן, מותתיהו (1990), **חקר עבודה ושיטות שכר עידוד**, הוצאת המחבר.

חדד, יוסי (1998), **הנדסת ייצור**, הוצאת לוגיק מערכות ייעוץ והדרכה.

טלמור, גדליהו (1977), **מ.ט.מ. 1**, הוצאת המכון לפירון העבודה והייצור.

יערי, אהרון (1980), **מדידת עבודה ב'**, הוצאת המכון לפירון העבודה והייצור.

יערי, אהרון (1981), **מדידת עבודה א'** - הוצאת המכון לפירון העבודה והייצור.

נייברג, אריה (1979), **הנדסת תעשייה דפי עזר**, הוצאת אורט.

קציר, יי (1973), **שיפור שיטות דפי עזר**, הוצאת המכון לפירון העבודה והייצור.

קרן, אמייתי (1987), **שיטות ארגון וניהול**, הוצאת כנרת.

Ralph M. Barnes (1980), **Motion and Time Study : Design and Measurement of Work**, Publisher Wiley Text Books.

Fred E. Meyers, James R. Stewart (2001), **Motion and Time Study for Lean Manufacturing**, Publisher Prentice Hall.

Harold B. Maynard , Kjell B. Zandin (2001), **Maynard's Industrial EngineeringHandbook**, Publisher McGraw-Hill Professional.