

תקציר

---

# ארגונומיה הנדסת אנוש

---

מאת

יהושע נוי-מן M.Sc ,M.P.H ,M.Occ.H

ראשי פרקים עיקריים

- מבוא
- כללי
- חלוקה פונקציונלית של המטלות
- ניתוח המשימה
- תכנון התצוגות
- תכנון הבקורות
- תכנון תחנת העבודה
- תכנון עבור תחזוקה נאותה
- ארגון העבודה
- סביבת העבודה הפיזית
- אקלים סביבת העבודה
- איכות האוויר
- תאורה
- קרינות מסוגים שונים
- רעש
- תוכן העבודה
- התאמת העובד לעבודה
- סיכום

## מבוא

הארגונומיה - אשר משמעות שמה: מחקר/מדידה/ארגון העבודה - עוסקת בשיפור פעילויותיו הרצוניות/המיכניות של האדם. רוב הפעילויות ניתנות לסיווג כ"עבודה", אולם כלולים בשטח זה גם נושאים שאינם עבודה "טהורה", כגון: "ארגונומיה של ספורט" או "ארגונומיה של רהיטי מגורים", וגם "ארגונומיה של מושב נהג ברכב", וכו'.

## כללי

ברוב ארצות העולם כוללת הארגונומיה גם את התחום הנקרא "הנדסת אנוש" או "הנדסת גורמי אנוש", והכוונה היא ליישום מידע אודות תכונות האדם, יכולתו ומגבלותיו, בזמן תכנון מכונות, תכנון מערכות מיכניות או בתכנון סביבת העבודה, בצורה שתאפשר לאנשים לחיות ולעבוד תוך בטיחות, נוחות ויעילות. אם היינו רוצים לתחום הפרדה בין שני ההיבטים הללו, אפשר היה לומר שב"ארגונומיה" נקודת המוקד להתייחסות היא האדם, באשר הוא מצוי ביחסי גומלין עם סביבתו ההנדסית; ב"הנדסת גורמי אנוש" מרכז הכובד נמצא במגמה להגברת היעילות של האדם המפעיל את המכונה, הגברת התפוקה של מערכות תעשייתיות, הקטנת המאמץ הנדרש ממפעיל המכונה, והגברת נוחיותו של האדם במערכות אדם-מכונה. ברם, ברוב המקרים אפשר לומר כי התחומים חופפים במידה כה רבה עד שאפשר לדון בהם ביחד.

האדם המיוסר... כי מענים אותו במקום העבודה.

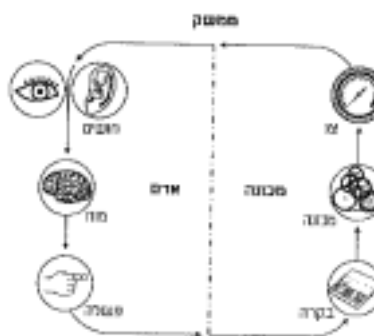


\*

הוא סובל מתנאים לקויים השוררים בתחנת העבודה שלו. הזרועות והכתפיים סובלות מעוית, הצוואר והגב סובלים מעומס יתר, הבטן והרגליים אינן מקבלות את זרימת הדם הדרושה להן. הגוף כולו סובל מעומס יתר

הארגונומיה רואה את האדם ואת המכונה שהוא מפעיל, כחלקים של מערכת כוללת, הפועלים במשולב.

ניתן לתאר את יחסי הגומלין הבסיסיים שבין האדם לבין המכונה על ידי מודל פשוט:



\*

- \* אינפורמציה הנמסרת לאדם להפעלת המכונה;
  - \* המידע הזה נקלט בחושיו השונים של האדם;
  - \* המידע מועבר אל המוח לשם עיבוד, חשיבה וקבלת החלטה;
  - \* ההחלטה נשלחת אל השלד והשרירים בכדי להפעיל כוח;
  - \* הכוח מופעל על בקרי המכונה, אשר משנים את פעילותה;
- השינוי מוצג דרך צגי המכונה ומועבר אל חושי המפעיל וחוזר חלילה.

תוך כדי פעילותם המשותפת, מצויים האדם והמכונה בתוך סביבת העבודה. המושג **"סביבת עבודה"** במשמעותו הצרה, מביע את כלל הנתונים הפיזיקליים והכימיים השוררים סביב האדם והמכונה והאופפים אותם: רטט (וויברציה), רעש, גזים רעילים ולא רעילים, לחות, חום, תאוצה, תאורה ועוד רבים אחרים. במובנו הרחב כולל המושג "סביבת העבודה" גם את **"סביבת יחסי העבודה"**, דהיינו: יחסים בין העובד לבין הממונה עליו, מנהל המפעל, האיגוד המקצועי, חבריו לעבודה, לחצים ומתחים נפשיים ועוד. בהיבטים הללו עוסקים המקצועות הפסיכו-חברתיים.

כדי לפעול באופן נכון במטרה לשפר את התפקוד שבין האדם למכונה, שואפת הארגונומיה לאסוף מידע ולדעת ככל שניתן אודות המרכיבים השונים של המערכת המורכבת הזאת. לכן הארגונומיה היא תחום אינטרדיסציפלינרי, הממזג מדעי יסוד רבים ומגוונים.

מהאנטומיה ומהפיסיולוגיה לומדים את מבנה הגוף ואבריו, ואת תפקוד מערכתיו בסביבת התעסוקתית. האנתרופומטריה מספקת מידע על מידות הגוף ואיבריו כדי לשלבם בתכנון סביבתו המיידית של האדם ובממשק (Interface) עם המכונה. הפיזיו-פסיכולוגיה מספקת נתונים על תפקוד המוח ומערכת העצבים בקליטת מידע מן החושים, בעיבודו ובדרכי קבלת ההחלטות והפעלת התגובות המתאימות. הפסיכולוגיה הניסויית מלמדת על מאפייני ההתנהגות ועל דרכי הלמידה וההסתגלות. הפיזיקה וההנדסה משמשות להכרת תהליכי הייצור ולתכנון הפעלתם. הרפואה התעסוקתית מטפלת במכלול התעסוקות והמצבים שבהם קיימים סיכונים לפגיעות תאונתיות ולמחלות מקצועיות, וגם בדרכים למניעתן. ועוד מקצועות רבים אחרים.

המודל הפשוט שהוצג כאן נותן מסגרת לכמה מן המשימות הניצבות לפני הארגונומיה בניסיונה לתכנן ולשפר את המכלול **"אדם-מכונה"**. בין הנושאים החשובים המטופלים על ידי הארגונומיה נמצא את: חלוקת המטלות בין האדם לבין המכונה בהתחשב ביתרונות שיש לכל אחד מהם על פני השני; ניתוח המשימה הכוללת; תכנון מפורט של תצוגות המידע שמפיקה המכונה; תכנון הבקורות שמפעיל האדם; תכנון תחנת העבודה (או, בהקשר אחר, מושבי

נוסעים במכוניות); תכנון לביצוע תחזוקת המערכת; תכנון לבקרה ולשליטה בתנאים הסביבתיים של מקום העבודה - לטובת האדם ולטובת המכונה.

## חלוקה פונקציונלית של המטלות

הארגונומיה נקראת לסייע בתהליך אנליטי לפירוק המשימה למטלות ובהחלטה על מי שיבצע כל מטלה. זה מציב שתי שאלות חשובות בפנינו: אילו סוגי פעולות מסוגל האדם לבצע ומה כדאי שיתבצע בתוך המערכת "אדם-מכונה"? החלטות מסוג זה מתקבלות לאחר שיקול קפדני של יתרונות האדם לעומת יתרונות המכונה.

האדם מוצלח הרבה יותר מן המכונה בגמישותו: הוא מסוגל להתמודד עם מצבים בלתי צפויים שהסבירות להופעתם הינה נמוכה ביותר. לאדם יש את יכולות ההכללה וההפשטה, והוא מסוגל למיין אירועים ומידע תוך התעלמות ממידע שאינו רלוונטי למצב שנוצר. לעומתו, המכונה מסוגלת לקלוט אך ורק פורמטים פיזיים התואמים את התכנון שלה באופן מוחלט.

לאדם יש כושר למידה והוא מסוגל להתאים את התנהגותו על פי צרכי הרגע, דבר שאינו אפשרי במכונה, אלא לאחר השקעת שינויים בסיסיים ויקרים בציד. האדם מסוגל לקלוט טווח רחב של סוגי גירויים, וזה בדרך כלל, ברמות של רגישויות-סף נמוכות ביותר; הוא יכול לקלוט מספר גירויים בעת ובעונה אחת ולפרש אותם ביחד ולחוד, בעוד שהמכונה מגיבה אך ורק לגירויים המוגדרים לה. מחירו של האדם אינו גבוה במיוחד, זמינותו בהספקה הינה כמעט בלתי מוגבלת, אולם הכשרתו נעשית מורכבת ויקרה ככל שהמשימה נעשית סבוכה יותר; עלותה של מכונה עולה בצורה תלולה ביותר עם מורכבות המשימה.

לעומת זאת, האדם אינו מצטיין בתפקידי פיקוח ומעקב ובמיוחד אם הם משעממים ואינם דורשים פעילות למשכי זמן ארוכים. המכונה אינה שוגה, אמינותה גבוהה, אך פוחתת והולכת ככל שמתרבים הרכיבים של המערכות האוטומטיות הכלולות בה. האדם מתאפיין במיגוון של איכויות בביצועים, בעוד שלמכונה יש, באופן יחסי, פיזור קטן מאד של איכויות בביצועיות. זמן התגובה של המכונה מהיר ביותר, הכוח הפיזי שלה הוא כמעט בלתי מוגבל.

תנאי הסביבה הנאותים לאדם הם צרים ביותר, בעוד שמכונות ניתנות לתכנון ולהתאמה כמעט לכל תנאי הסביבה. כושר החישוב של האדם מוגבל ואיטי בעוד שהמכונות מצטיינות בקצב ביצוע פעולות מהיר יותר. איחסון מידע בזיכרון של האדם הינו גרוע למדי לטווח הקצר, אבל טוב מאד לטווח הארוך, בעוד שמכונות מצטיינות בתכונות הזיכרון, אם כי הן עלולות להימצא יקרות מאד בטווח הארוך; עם זאת אמינותן של המכונות גבוהה תמיד. וזו רשימה חלקית בלבד של ההבדלים בין הביצועים של האדם לעומת הביצועים של המכונה.

## ניתוח המשימה

נושא זה מצריך התוויה בפירוט רב מאוד של מיכלול התפקודים שייעשו על ידי האנשים במסגרת המערכת הכללית. הניתוח הזה מספק נתונים חיוניים אודות סטנדרטים למיין ולבחירת המפעילים: מה יהיו עומסי העבודה; כמה עובדים יידרשו למערכת; מה יהיו הכלים והציוד שיייעו למפעיל בעבודתו וכו'. האמצעי לקבלת הנתונים הוא הפרופסיוגרמה, אשר מהווה ניתוח הנדסת אנוש של העיסוק.

לשם כך יש להתבונן בעובד תוך כדי עיסוקו האופייני ולרכז תיאורים של סביבת העבודה ושל הדרישות הפסיכו-פיזיולוגיות. פירוט של תנאי סביבת העבודה יובא בהמשך.

לצורך הערכת מערכת הדרישות הפיזיות והפסיכולוגיות צריך לפרט:

\* תיאור של הפעילות ושל האחריות;

\* ציון מהירות התגובה הנדרשת בתנאים שונים;

- \* האם נדרשת חשיבה יוצרת או קבלת החלטות בלתי שגרתיות, ובאיזה קצב;
  - \* תאור של התנוחה הפיסית האופיינית לעיסוק: האם בישיבה, בעמידה, בקריסה, בזחילה וכו';
  - \* כמה מעמס של משא מחייב העיסוק וכמה תנועה של מערכת השלד והשרירים;
  - \* כמה חשובה חדות-הראייה למקצוע הנבחן והאם המשימה סובלת הרכבת משקפיים או עדשות-מגע;
  - \* האם הבחנת-צבע מושלמת הינה הכרחית בעבודה? אלקטרוני חייב להבחין בצבעי החוטים השונים, אצל מלצר אין זה הכרחי.
- כמו כן, יש לאסוף מידע אודות תנאי-השמיעה, צריכת הקלוריות, העומס הפיזיולוגי ועוד.

## תכנון התצוגות

- תצוגות הן האמצעי המקשר בין המכונה לבין האדם, דרכן יוצא המידע הדרוש למפעיל. הבעיה הראשונה בתכנון תצוגות היא בחירת מסלול החישה שדרכו יזרם המידע. אפשר להציג את המידע באחת הדרכים הבאות:
- \* באופן חזותי (ויזואלי): על ידי מחוון, על ידי מסך וידאו או על ידי תדפיס על נייר;
  - \* באופן שמיעתי (אודיו): על ידי זמזם, פעמון, גונג או דיבור;
  - \* באפיקי חישה אחרים, כגון תחושת המגע של ידית בקרה.
- סוגי אינפורמציה מסוימים יעילים יותר בהעברה למודעות העובד באמצעות חוש מסוים, בעוד שלאחרים יש עדיפות להגעה באפיק חישה אחר.

לאחר שהוחלט באיזה חוש תוצג האינפורמציה, צריך לגשת לתכנון התצוגה עצמה. כאן צריך לקחת בחשבון גורמי תכנון רבים, וביניהם: גודל, צורה, צבע, בהירות, סימונים ותאורה עבור התווים של התצוגות החזותיות. במקרה של בחירה בתצוגות שמע, תיבחן: תדירותם, עוצמתם ומשך הצגתם של הסיגנלים (האותות), וכן גם היחס שבין עוצמת האות לבין רעש הרקע. מצבור ידע גדול כבר נצבר בנושא של תכנון התצוגות, וישנן המלצות מדויקות אודות האפיון של תצוגות שונות. לדוגמה: ברור לחלוטין כי עדיף להציג נתונים כמותיים מדויקים על ידי מונה סיפרתי (דיגיטלי) ולא על ידי מחוג על סקלה אנלוגית. לעומת זאת נוח ונכון יותר להציג נתונים המשמשים לעקיבה אחרי התקדמות תהליך כלשהו, על ידי מחוג ולא על ידי מונה ספרתי.

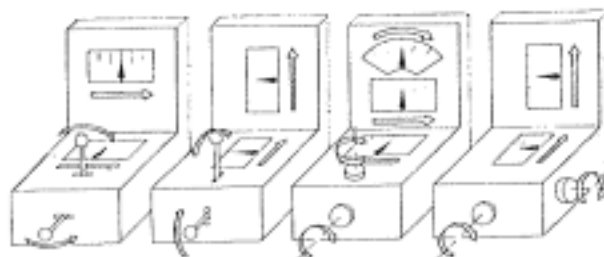
דוגמה אחרת היא סידורם המרחבי של מחוונים אנלוגיים על לוח בקרה שבו יש "שעונים" רבים. אם מסדרים את כל המחוונים באופן שכולם יצביעו כלפי מעלה כשהם מראים מצב "תקין", ייקל לעין של האדם להבחין במחוג החריג, כי הוא לא יהיה מקביל לכל היתר, ויבלוט בחריגותו.

## תכנון הבקורות

- הבקורות הן האמצעים שמאפשרים לאדם לשדר למכונות מידע ולהעביר למכונה הוראות לשינוי פעילותה. יש לתכנן את הבקורות כך שיתאימו הן לתנועות האדם והן לתפקודים הנדרשים מן המכונה. בין הגורמים שיש להתחשב בהם כדאי להזכיר:
- \* היחס שבין כמות הבקרה לבין כמות התצוגה;
  - \* בטחונות כנגד הפעלה מקרית ובלתי רצונית;
  - \* אמצעי הסימון והאבחנה שבין הבקורות השונות;

גם אודות נושא זה נצבר הרבה ידע וקיימות הנחיות טובות לגבי הרצוי בתכנון בקורות. לדוגמה: מתג בעל שני מצבים "מעלה ומטה", כשהוא במצב "מעלה", רצוי שמשמעות מצב זה תהיה "מעלה" או "פעל" או "הגבר"; ספק רב אם כדאי שמשמעותו תהיה "קדימה". ברור לחלוטין שאסור שמשמעותו תהיה "ימינה" או "בכוון השעון". אם רוצים להציב מתג

בעל שני מצבים "ימינה ושמאלה", אפשר שהמצב לימין יביע "ימינה" או "פעל" או "הגבר". לעומת זאת, בזמין לנו צרות וטעויות אם נקבע לו משמעות של "מעלה" או "קדימה".



צורת סיקוד הניווט



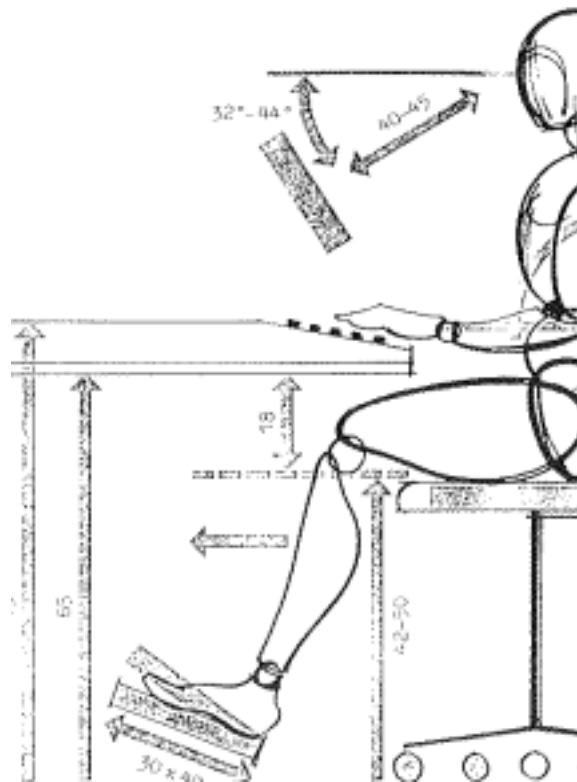
התאמת חתכייה לרדיוסות הסיקוד

\*

## תכנון תחנת העבודה

המימדים של תחנת העבודה מהווים גורם חשוב לתכנון, ואליהם מצטרפים נתונים חשובים אודות מיקומם האופטימלי של הבקורות והתצוגות; מיקום המושב; איפיוני לוח הבקרה; תכנון פתחי תחנת העבודה לכניסה, ליציאה ולבטיחות (מילוט, מרחב); אמצעי מגן; חגורות בטחון; משקפי מגן או גם ציוד עזר אחר שעשוי להידרש במצבים מסוימים. כאן נכנסת תרומה מכרעת של האנתרופומטריה הפונקציונלית באספקת נתונים אודות ממדי גופם של המפעילים ואודות הכוחות שהם מסוגלים להפעיל תוך כדי הפעילות. ברור לכל, אפילו באופן אינטואיטיבי, כי תכנון תחנת העבודה עבור אוכלוסייה של יפנים חייבת להיות שונה מאשר עבור סקנדינבים; עבור נוער - אחרת מאשר עבור בוגרים; עבור נשים - אחרת מאשר עבור גברים.

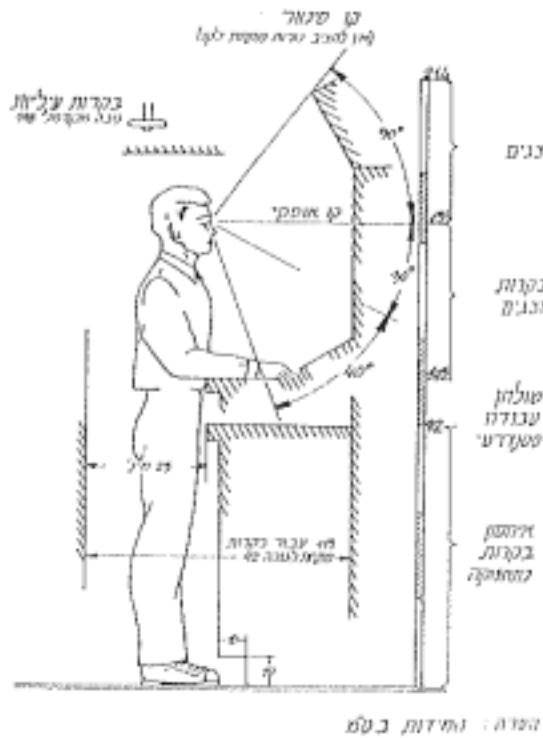
מקובל לתכנן עבור 90% מן האוכלוסייה, מהאחוזון ה-5 ועד האחוזון ה-95. לדוגמה: העובדה שקיימים באוכלוסייה אנשים שגובהם עולה על 2 מטרים, עדיין אינה מצדיקה לייצר באופן סטנדרטי דלתות גבוהות מ-2 מטרים, מאידך, פתחי-חירום חייבים לאפשר מילוט מהיר ונוח עבור כל האוכלוסייה, ולכן מעברי מילוט יתוכננו עבור ממדים אנתרופומטריים גדולים יותר.



גובה משטח העבודה וגובה הישיבה צריכים להיות מתואמים. גובה שולחן הכתיבה צריך להיות 75 ס"מ, תחתית גובה המקלדת - 65 ס"מ. הכיסא צריך להיות מתכוון בגובה. זאת הדרך למנוע פגיעה בעמוד השדרה. כן מסמך המקור צריך להיות בקו עם המקלדת. זווית הראייה צריכה להיות לא גדולה מדי ולא קטנה ( $32^{\circ}$ - $44^{\circ}$ ) מתחת לקו האופקי. בין העין והמסמך צריך להיות מרחק אופטימלי של 40-45 ס"מ. בכך יימנע עומס יתר על שרירי הצוואר והגב.

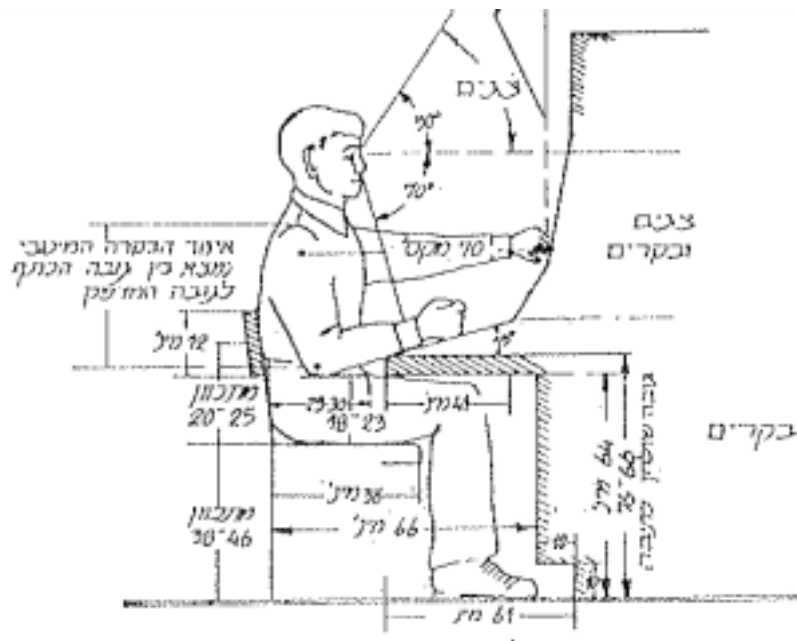
חשוב מאד להגדיר את הוואריאביליות של האוכלוסיה עבורה מתוכננת תחנת העבודה. מקובל להשתמש בנתוני אחוזונים או מאונים (Percentile). ה"אחוזון ה-5" לגבי נתון מסוים, אומר כי באוכלוסיה המתוארת 5% הם קטנים מן הנתון בעוד ש95%- מן הקבוצה יותר גבוהים. בהתאם לכך: אם נאמר "האחוזון ה-95", משמעותו כי במידת הגוף הנקובה, 95% מן האוכלוסייה קטנים מהמידה שצוינה ורק 5% מן האוכלוסייה גדולים ממנה. זה לא יהיה מעשי לתכנן עבור כלל האוכלוסייה, מאחר שתמיד יימצאו בה אחדים גדולים מאוד ואחרים קטנים מאד.

**מאפיינים מוצעים לעמדת עבודה בעמידה**



\*

דוגמה שאינה מתחום העבודה הטהור היא הנדסת-אנוש המושקעת בתהליך תכנון מכונה כשהיא נתפסת כ"תחנת עבודה". אין זה סביר שמיקום העובד והבקריות אותן הוא מפעיל יתוכננו עבור ילדים. האוכלוסייה המיועדת לתפקוד במקום כזה הינה אוכלוסייה בוגרת, ולפיכך התכנון צריך להביא בחשבון ממדי גוף אופייניים לאוכלוסייה זו, שעבורה מתכננים את תחנת העבודה.



\*

**מאפיינים מוצעים לעמדת עבודה בישיבה**



השאפה היא להביא את מרבית הבקורות המופעלות בידיים למיקום כזה שיאפשר את הפעלתן הבטוחה ללא מאמץ יתר של השרירים

עבור הטווח הסביר של המשתמשים החזויים, יש לאפשר כיוון של המושב קדימה ואחורה; גובה המושב צריך לאפשר שדה ראייה נאות; הכוחות הנדרשים לשם הפעלת הבקורות חייבים להתאים הן לנשים והן לגברים; הבקורות המופעלות על-ידי הנהג חייבות להימצא בטווח ההגעה שלו;

### **תכנון עבור תחזוקה נאותה**

עם הגידול במורכבותן של המכונות ושל מערכות ההפעלה, עולה חשיבותן של בעיות התיקונים והתחזוקה. הנדסת אנוש טובה לנושא התחזוקה לוקחת בחשבון בנתוני התכנון את הצורך בנגישות טובה לחלקים הטעונים טיפולי תחזוקה, שיטות יעילות לאיתור תקלות, תכנון כלי עזר וציוד, בחינה והפקה מושכלת של ספרי הדרכה שיהיו פשוטים וקלים להבנה ולהפעלה על ידי העובד הממוצע.

### **ארגון העבודה**

קצב העבודה של מכונה אינו משתנה במשך כל זמן פעילותה כל עוד היא תקינה; המכונה אינה "מתעייפת". לא כך הדבר לגבי האדם העובד באינטראקציה עם המכונה. קצב העבודה הטבעי שונה בין אדם לאדם, ואפילו אותו עובד אינו פועל בקצב טבעי אחיד לאורך שעות פעילות ממושכות. הקצב מוכתב על ידי גורמים רבים, כגון: תחושה כללית, עייפות, זמן פעילות על פני מחזור שעות היממה, ועוד.

עייפות יכולה להיות פיזית, כתוצאה מעבודה קשה או ממושכת, והיא יכולה להיות מנטלית, כתוצאה מריכוז נפשי רב. שיקול ארגונומי נכון יאפשר לעובד לעבוד בקצב הטבעי שלו, מאחר ש"קצב מוכתב" מביא להפחתה ביעילות ובבטיחות, בין אם קשה לעובד להדביק את קצב המכונה ובין אם קצב המכונה איטי עבורו והוא נאלץ לרסן את תנועותיו.

לכל תפקוד מפעילויות הגוף יש "קצב יממתי" (Circadian Rhythm). דוגמה ידועה לכל היא טמפרטורת הגוף, שהינה נמוכה בשעות הבוקר המוקדמות, עולה לשיא במשך היום ויורדת לאחר מכן. כך גם כושר הריכוז, הכושר להפעיל כוח, היכולת לחשוב וכדומה. לא כל התפקודים נמצאים במיטבם באותה שעת יממה, ותכנון נכון יביא גם נושא זה בחשבון - הכל לפי אופי העיסוק. כדאי להזכיר בהקשר זה את הבעייתיות המיוחדת של עבודה לא שגרתית, כגון עבודה במשמרות.

### **סביבת העבודה הפיזית**

אחדים מן הגורמים המשפיעים על סביבת העבודה ואשר נחקרים ומיושמים על ידי הארגונומיה הם: תאורה, רעש, רטט (וויברציה), תאוצה, חוסר משקל (בחלל), טמפרטורה, לחות, לחץ ברומטרי, גזים רעילים ומזהמים אחרים, קרינה ועוד. השפעותיהם הפיזיולוגיות במנות שונות בכל הטווחים והשפעות לטווח הקצר ולטווח הארוך הם גורמים חשובים שבהם נדרש שיתוף פעולה הדוק בין "הנדסת אנוש" לבין "רפואה תעסוקתית".

### **אקלים סביבת העבודה**

כדי שאדם יתפקד במיטבו, עליו לשמור על איזון של משק חום הגוף ושל משק המים בגופו. אם חלה הפרה במאזן הזה, מופיעות תופעות המשפיעות הן על התפקודים המוטוריים והן על התפקודים השכליים. ההשפעות הללו עלולות להיות שליליות הן ליעילות הביצוע והן לבטיחות. מכאן החשיבות לתכנון אקלים נכון לסביבת העבודה.

גוף האדם מפיק חום תוך כדי חילוף החומרים, והוא מאבד חום אל הסביבה תוך כדי שהייתו בסביבה קרה. הפקת החום בתהליך המטבולי תלויה בהספק העבודה: ככל שהעבודה קשה יותר, מפיקים השרירים יותר חום. איבוד החום תלוי בטמפרטורת הסביבה, וגם בתנועת האוויר שסביב האדם - ברוח. ככל שהסביבה קרה יותר, יפלוט האדם לסביבתו חום רב יותר. ניתן לצמצם אובדן חום אל הסביבה על ידי ביגוד והרגלי לבוש מתאימים, אולם בד בבד אנו מאבדים את גמישות התנועה בשל הסרבול הנובע מריבוי פריטי לבוש. קל להבין מכך כי חשוב למצוא את האיזון הנכון תוך התחשבות במכלול הצרכים: קצב העבודה, עוצמת המאמץ, ציוד מגן שחייבים ללבוש ועוד. בנוסף על כל אלה, צריך לתכנן גם את התזונה שממנה באה האנרגיה לעבודה ולחימום.

גם בסביבה חמה הבעיות אינן פשוטות: בנוסף על החום הנובע מחילוף החומרים, קולט העובד מסביבתו חום רב ואין באפשרותו להיפטר מעודפי חום אלא על ידי הזעה ונידוף המים שבזיעה. כאן מסייעת תנועת האוויר, שחשוב שלא יהיה לח מדי. כמו כן, יש לתכנן שתייה מספקת של מים לשמירה על מאזן הנוזלים בגוף.

## איכות האוויר

כל פעולות החיים של גוף העובד דורשות אנרגיה, הן לגבי הפעילויות הבסיסיות, כגון: עבודת הלב, פעולות החושים, העיכול, פעולת המוח, והן לגבי הפעולות המוטוריות, כגון: פעולות השרירים העושים "עבודה". האנרגיה נוצרת בגוף כתוצאה של פירוק חומרי המזון, תוך צריכה של חמצן. החמצן מגיע אל הגוף בתהליך הנשימה, ומקורו באוויר האופף את העובד במקום עבודתו.

מכאן החשיבות הכרוכה בתכנון נאות של איכות האוויר בסביבת העבודה. כאשר עובדים בחדר קטן הרבה אנשים, נצרך החמצן במהירות וריכוזו באוויר הנשימה הולך ויורד. ריכוז החמצן עלול לרדת גם כתוצאה מצריכתו על ידי תהליכים כימיים כמו בעירת תנור (נפט, גז, וכד'). הריכוז עלול לרדת גם אם "נדחף" לחדר גז - אפילו לא מזיק - שדוחק את החמצן ותופס את מקומו.

אם ריכוז החמצן נמוך, יורד כושרו של האדם לבצע פעילויות מוטוריות וגם תפקודים שכליים, יעילות עבודתו נפגעת וסיכון מעורבותו בתאונות עולה.

הנשימה היא תהליך חיוני שלא ניתן להפסיקו לזמן ממושך. לכן, יחד עם האוויר הנחוץ לגוף שואפות הריאות גם את יתר החומרים המצויים באוויר. אם האוויר מכיל מזהמים וחומרים מזיקים, גם הם מוצאים את דרכם אל הריאות, אל הדם ואל כל רקמות הגוף.

שאיפת התכנון הנכון היא למנוע את חדירת המזהמים אל גוף העובד. אם אפשר לבנות את התהליך התעשייתי כך שלא יפלוט את החומרים המזיקים לאוויר החופשי באיזור העבודה - מוטב. אם לא, ניתן לתכנן סילוק הגורמים המזיקים, הטייתם מן העובד או תכנון מיגון אישי לעובד.

המטלות במשימה זו ודרכי המיגון מזהומים - גם הן משיקולי התכנון הארגונומי.

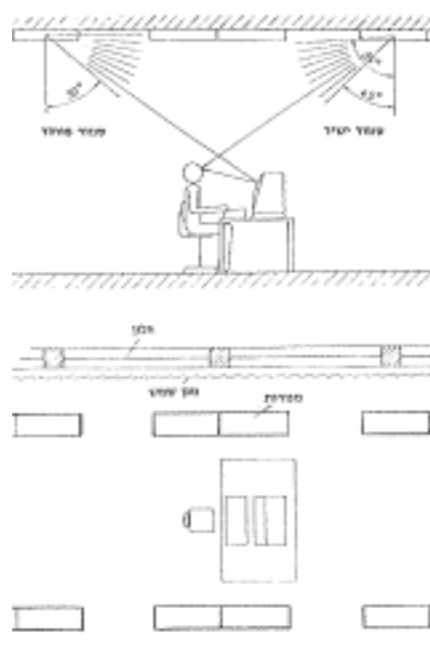
## תאורה

החוש החשוב ביותר שבשימוש האדם הוא חוש הראייה, ולצורך ראייה דרושה תאורה. עוצמת התאורה הנדרשת משתנה לפי הצרכים בעבודה. להתמצאות כללית מספיקה תאורה קלושה ולטיפול בפריטים קטנים או בעצמים שחשוב להבחין בהם, נדרשת תאורה בעוצמה גבוהה. קשה לתפקד כאשר התאורה חלשה מדי - המאמץ הפיזי עולה, והעובד מתעייף מהר יותר. מאידך, תאורה חזקה מדי מפריעה היא, ובייחוד אם מדובר בסינוור.

### מיקום נכון של גוף התאורה מונע סינוור



או מתחת לקו 1 או מעל לקו 2, מחוץ לשדה הראייה של העובד



צימום, סינוור וסידור נכון למקום עבודה ליד צג (מרקע)

תכנון ארגונומי נכון מביא את התאורה הנכונה אל המקום הנדרש, מונע סינוור ממקורות אור ישירים או עקיפים, מטפל בצורה נכונה בהחזרי אור ממשטחים, יוצר יחס נכון בין התאורה הסביבתית-כללית לבין התאורה המקומית-יעודית של עמדת העבודה.

גם הרכב הצבעים בתאורה מהווה נושא רב חשיבות לצורך הבחנה נכונה של הפרטים. בעבודות מסוימות חשוב לקבל הרכב תאורה "טבעי" כדי שלא יעוות את הצבעים של הפרטים הנראים. כך הוא ברפואה, בעבודות אופנה, באלקטרוניקה, בתעשיית המזון, ועוד. אין זה חשוב במידה כה רבה בעבודות כמו חריטה, אפילו שהן דורשות דיוק רב. גיל העובד משנה מאוד את הדרישות מהתאורה. ככל שהעובד מתבגר הצרכים שלו לתאורה חזקה עולים. מוטב שהתכנון הטוב יתחשב גם בזה.

## קרינות מסוגים שונים

אור וחום הם קרינות מסוג "אלקטרומגנטיות". ההבדלים ביניהם מצויים באורכי הגל ובעוצמות/שטף וכו'. את האור אנו תופשים בעזרת חוש הראייה (קרינה בתחום הנראה), בעוד שחום הוא קרינה מסוג אחר שהאדם מסוגל לחוש אותה בחושים אחרים. עם זאת יש סוגים רבים של קרינות שאין לאדם חושים אשר יכולים לספק לו מידע על קיום הקרינה המסוימת בסביבתו בכלל, ואם כן, באיזו עוצמה. לכל קרינה יש תחום שבו אין לקרינה השפעה מזיקה, אבל יש גם תחומים (על פי נתוני הקרינה) שבהם היא עלולה להזיק. מאחר שאין חושי העובד מתאימים כדי לשמש לו לאתרעה לצורך מיגון, חשוב לתכנן את העיסוקים, אשר קרינה מעורבת בהם, בצורה שלא ייגרם נזק לעובד, ושאפשר יהיה למדוד את הופעתה בצורה נוחה, תוך כדי העבודה.

### הצגה גרפית (סכמטית) של יחידות המדידה העיקריות בתאורה



\*



## רעש

סביבת העבודה והפעילות הכרוכה מסביבה יוצרות רעש אשר בתנאים מסוימים עלול להזיק. הרעש עלול לגרום לנזקים במערכת חוש השמיעה, אבל אין זה הנזק היחיד. הרעש גורם לסיכון רב בשל ההפרעה שהוא גורם לתקשורת של העובד. הוא גורם גם לעצבנות ולחץ (Stress), הוא מביא לעייפות ולירידה בריכוז ולשורה ארוכה של בעיות נוספות. לכן, גם בנושא זה מקבל התכנון הארגונומי הנכון משנה תוקף.

## תוכן העבודה

כאשר העיסוק מעניין, אפשר להרבות בעבודה והעייפות מאחרת לבוא. כאשר הוא משעמם, העייפות משתלטת על העובד, הריכוז יורד, היעילות פוחתת וסיכוני התאונות עולה. כבר הזכרנו כי האדם אינו מצטיין בכישורי עקיבה ובריכוז תשומת לב למשך זמן רב אם אין אירועים מיוחדים במשך המשמרת. מוח האדם חייב לקבל כמות מסוימת של גירויים וצריך להיות מועסק. אם רמת הגירויים החיצוניים שהוא מקבל נמוכה מדי, הוא מייצר לעצמו תעסוקה על ידי מיחזור של פרטים שאוכסנו אצלו בזיכרון.

בחיי היום יום אנו מכנים זאת הרהורים, מחשבות צדדיות, חלום בהקיץ, הזיות, וכד'. לכן, התכנון חייב להביא בחשבון שעיסוק חד גוני יגרום במהלך הזמן לירידה בערנות, לשגיאות ולתאונות. מאידך, עיסוק עמוס הדורש פעילות מתמדת, מכיל הרבה גירויים לחושים ודורש

החלטות רבות ותגובות מגוונות, ועלול לגרום לעובדים מסוימים "עומס יתר", אובדן יכולת ההתמודדות עם המצבים המתחלפים מהר מדי, וגם כאן התוצאה היא שגיאות ואולי אפילו תאונות.

### **התאמת העובד לעבודה**

ככל שהמורכבות של העיסוקים מתגברת והולכת, עם ההתפתחות הטכנולוגית, יש צורך בפיתוח שיטות להגדרה נכונה של העיסוק, למצוא שיטות לבחירת האדם הנכון לתפקיד הנכון, ולפיתוח דרכים ושיטות להכשרה יעילה של האדם לעבודתו. גם זה תחום פעילות של הארגונומיה.

לאדם יש יכולת למידה והסתגלות, ולכל אדם צרכים ודגשים שונים, על פי מאפייני האישיות הפרטיים שלו. פיתוח שיטות הוראה והדרכה, תוכניות לרענון ידע ולשימור ידע, מבלי לגזול זמן ייצור יקר, ניזונות גם הן מתרומות הידע הארגונומי.

### **סיכום**

בעבר, כאשר ההתפתחות הטכנולוגית לא היתה כל כך מהירה, אפשר היה לשפר כלים, שיטות ייצור וצורות עבודה, בצורה הדרגתית ומסורתית. היה מספיק זמן להתפתחות איטית וללמידה מטעויות. אפילו כך, המחיר בחיי אדם, ביעילות נמוכה ובחוסר סיפוק בעבודה היה כנראה כבד למדי אך, איך שהוא - נסבל.

ההתפתחות הטכנולוגית המהירה, בד בבד עם מורכבות העיסוקים ומערכות הייצור וגם עלותן הגדולה, אינן משאירות זמן לשגיאות ולהפסדים. לכן, נדרשת תרומת הידע הארגונומי כבר בשלבי התכנון, ולאחר מכן, ידע זה נדרש בליווי המערכת המורכבת "אדם - מכונה - סביבה" דרך כל שלבי חייה.

מעט מן הגישות והשיטות של הארגונומיה הוצגו בתקציר זה.