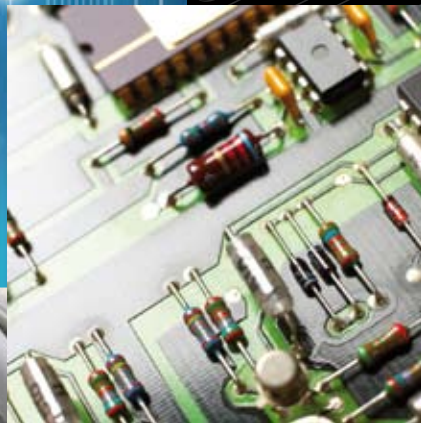
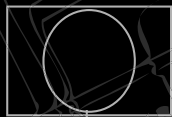


המוסד לבטיחות ולגיהות



בטיחות חשמל בעבודות אלקטרוניקה



בטיחות חשמל בעבודות אלקטרוניקה

מאת ד"ר אלכס טורצקי



המוסד לבטיחות ולגיהות

הוצאה לאור

ינואר 2010

© כל הזכויות שמורות למוסד לבטיחות ולגיהות - הוצאה לאור
אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט
בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני אחר - כל חלק שהוא מהחומר שבחברת
זו, אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.
המידע בחוברת זו עדכני ליום הדפסתה
החוברת נועדה למסור מידע לקורא בתחומים שבהם עוסק הפרסום,
ואיננה תחליף לחוות דעת מקצועית לגבי מקרים פרטיים. כל בעיה או שאלה מקצועית,
הקשורות במקרה פרטי - יש לבחון, לגופו של עניין, עם מומחה בתחום.

ISBN-965-490-046-7

תוכן העניינים

6	הקדמה: מטרת החוברת ותחולתה-----
7	פרק ראשון: סיכונים בציוד אלקטרוני-----
8	סיכוני החשמל-----
10	סיכונים נוספים-----
11	פרק שני: סיכוני האנרגיה החשמלית-----
11	השפעת הזרם החשמלי על גוף האדם-----
14	סיכוני קשת חשמלית-----
15	חשמל סטטי-----
16	אנרגיה בקבל-----
17	קרינה אלקטרומגנטית מציוד ורכיבים אלקטרוניים-----
23	קרינה אולטרה-סגולה-----
24	פרק שלישי: בטיחות כבר בשלב התכנון-----
24	הדרישות והבסיס בתחיקה ובתקינה-----
26	הגנה מחישמול בעבודה עם ציוד אלקטרוני במתח נמוך וגבוה-----
31	מפסק חירום-----
35	פרק רביעי: נוהל בטיחות חשמל בעבודות אלקטרוניקה-----
35	מטרת הנוהל-----
35	הגדרות-----
38	שיטה להפעלת הנוהל-----
38	היקף העוסקים ותחולה-----
39	הרשאה של חשמלאי מסווג לביצוע עבודות חשמל במיתקן חי-----
39	הרשאות והוראות לעבודה ולבטיחות-----
40	קריטריונים לבחירת אזור מסוכן-----
40	סוגי עבודות חשמל ודרכי הפעולה המתאימות-----
42	הוראות למצבי חירום בחשמל-----
43	אחריות-----
43	שיטת ביצוע העבודה (יישום הנוהל)-----
43	ביקורת טרם ביצוע העבודה-----
44	פיקוח וביקורת במהלך ביצוע העבודה-----

66 ----- **פרק חמישי: שימוש באביזרים - תקעים, בתי תקע ומה שביניהם**
 66 ----- בתי תקע ותקעים לפי תקנים ישראלים
 67 ----- פתילי זינה וכבלים מאריכים
 69 ----- השימוש בבתי תקע ותקעים רגילים (תקעים ביתיים)
 50 ----- ציוד בדיקה (צב"ד)
 53 ----- ציוד עזר נוסף

54 ----- **פרק ששי: מניעת חשמל סטטי ופריקתו**
 55 ----- שימוש באביזרים למניעת חשמל סטטי

57 ----- **פרק שביעי: עבודות הלחמה ידנית**
 57 ----- סיכונים בעבודות הלחמה
 57 ----- בדיקות תקינות מערכת המלחם למניעת חי שמול
 58 ----- גיהות בהלחמה ידנית

63 ----- **פרק שמיני: תכנון ויישום הדרכה**

נספחים

66 ----- **נספח 1: הרשאת בטיחות לעבודות אלקטרוניקה - דוגמת טופס**

67 ----- **נספח 2: נוהל חירום - חשמל**
 67 ----- כללי
 69 ----- הפסקת זינה במצבי חירום
 70 ----- תאורת חירום

71 ----- **נספח 3: חילוץ ועזרה ראשונה לנפגעים בעבודות חשמל**
 71 ----- עיקרי עזרה ראשונה לאחר מכת חשמל (חי שמול)
 72 ----- עיקרי עזרה ראשונה לאחר כוויה מזרם חשמלי
 72 ----- עיקרי עזרה ראשונה לאחר נפילה מגובה בעקבות חי שמול
 72 ----- התייחסות לפגיעה בעיניים
 73 ----- שחרור ממתח חשמלי
 74 ----- הפעלת מכשיר החיאה - דפיברילטור
 75 ----- ציוד הצלה ועזרה ראשונה
 75 ----- שילוט
 75 ----- הדרכה ורענון

76	-----	נספח 4: הוראות בטיחות לעבודות חשמל שאינן מחייבות רישיון חשמלאי
76	-----	אחריות
76	-----	הפעולות שמותר לבצע ללא רישיון חשמלאי, כולל בדיקות ומדידות
77	-----	הוראות בטיחות כלליות
78	-----	מכשירי חשמל מיטלטלים
80	-----	עבודות חשמל במקום מוקף
81	-----	עבודה באזור עם אווירה נפיצה
81	-----	ניתוק/חיבור מכונות וציוד המופעלים באנרגיה חשמלית
82	-----	ציוד מגן אישי
82	-----	הנחיות לביצוע עבודות ע"י קבלן
83	-----	נספח 5: מקורות

הקדמה

מטרת החוברת ותחולתה

החוברת מיועדת לקבוע דפוסים שיאפשרו תיאום מוקדם בין גורמים שונים הנוגעים בייצור, טיפול ותפעול ציוד אלקטרוני, לצורך ביצוע עבודות שגרתיות ולא שגרתיות, הנושאות אופי מסוכן או מתבצעות במקומות או בתנאים מסוכנים. וכן, להבטיח קיום תנאי בטיחות נאותים בביצוע עבודות חשמל בציוד אלקטרוני ולמנוע תאונות עבודה. כתיבת החוברת החלה לאחר ביקורים רבים של הכותב במפעלים העוסקים בפיתוח ובייצור ציוד ומכלולים אלקטרוניים.

כיועץ ומדריך בטיחות בתחום החשמל שמתי לב שעבודות שונות במעבדות של ציוד אלקטרוני כרוכות בטיפול במכשירים גלויים עם מגעים חשופים של רכיבים חשמליים, בעודם נושאים מתח חי. בשטח עדיין אין מודעות מספקת לסיכונים המתחים המסוכנים שקיימים במיכלולי הציוד האלקטרוני בקרב אנשי האלקטרוניקה וגם - עדיין נמנעים משימוש בשיטות הגנה ובציוד מגן אישי.

לפיכך, הוגדרו בחוברת הקריטריונים לאיתור "אזור מסוכן" ולהגדרתו, בהתאם לסיכונים המבוססים על גבולות הסף של סיכונים החשמל והשפעתם על גוף האדם. הוגדרו גם סיכונים המרכיבים השונים של הציוד והמיכשור האלקטרוני ובהתאם - שיטות העבודה הבטוחות.

בחוברת מוצגות שיטות כלליות להגברת הבטיחות בעת ביצוע עבודות חשמל בציוד אלקטרוני. תהליך ביצוע העבודות כולל הגדרה של אחריות מנהלים ועובדים, תהליכי ביקורת על ביצוע עבודות והרשאות בטיחות, היכן שצריך.

בחוברת מוצג נוהל שהוכן לתחום זה - "בטיחות חשמל בעבודות אלקטרוניקה". הנוהל מתייחס לבטיחות בתהליכי פיתוח, ייצור, תיפעול ותחזוקה של ציוד אלקטרוני, כולל הרשאות עבודה ואחריות של כל הגורמים העוסקים בעבודות: הארגון; כל עובד העוסק במיכשור ובציוד המוזן ממתח חשמלי, לרבות עובדי קבלן ועובדי חברות כוח-אדם; העוסקים בעבודות עם ציוד ומיכשור אלקטרוני במפעל, במעבדה או בכל מקום אחר; מפקחים ובודקים של ציוד אלקטרוני, כולל מכשירנים ועובדי בקרה בתעשייה.

ד"ר אלכס טורצקי

פרק ראשון: סיכונים בצידוד אלקטרוני

עד לפני כ-40 שנה שלטו בתחום החשמל 2 מגמות נפרדות:

- חשמל "זרם חזק" - שעסק בייצור חשמל, בהולכתו ובהנעת ציוד ומכונות. בתחום זה פותחו נורמות וחוקי בטיחות הנדרשים למניעת הסיכונים הקיימים בנושא.
- חשמל "זרם חלש" - שכונה "אלקטרוניקה", ועסק בתחומי הרדיו, הטלוויזיה והטלפון, תחומים עם סיכוני חשמל רבים. בתחום זה לא פותחו עדיין מספיק תקנים ותקנות לצורך מיסוד הגנת העוסקים בתחום זה.

היום מתפתח תחום נוסף המקשר בין שני התחומים הללו: "אלקטרוניקת הֶסְפֵּק", העוסק בעיקר בתחום ייצור ספקי כוח וממירי אנרגיה שונים - כגון מערכות אל-פסק (UPS) לזרמי AC ו-DC. גם בתחום זה דרושה הגברה של נורמות וחוקי בטיחות בחשמל, בגלל קיומם של מתחים וזרמים חשמליים גבוהים: עבודות שונות במעבדות של ציוד

אלקטרוני כרוכות בטיפול במכשירים גלויים עם מגעים חשופים של רכיבים חשמליים בעודם נושאים מתח חי. בקרב אנשי האלקטרוניקה עדיין אין מודעות מספקת לסיכוני המתחים המסוכנים שקיימים במיכלולי הציוד האלקטרוני, והעוסקים בתחום עדיין לא עוברים הכשרה בנושא "בטיחות חשמל" ונמנעים משימוש בשיטות הגנה ובציוד מגן אישי (איור 1-1).



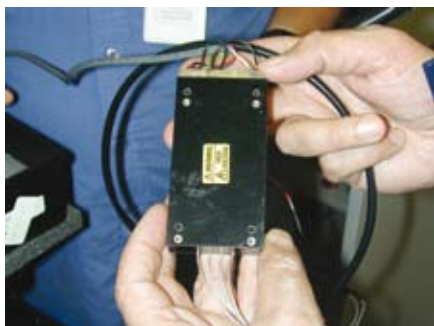
איור 1-1: עמדת עבודה ובדיקה של ציוד אלקטרוני (אזורים מסוכנים חשופים)

מפעלי היי-טק המפתחים ציוד אלקטרוני ליישומים שונים מעסיקים כוח אדם רב בפיתוח, אך גם בייצור. ברמות המתחים

ובעוצמות האנרגיה המעורבות בפעולת הציוד האלקטרוני המשולב של היום, הבטיחות מקבלת חשיבות מחודשת.

מביקורים רבים במפעלי תעשייה, במעבדות לאלקטרוניקה ובארגונים שונים העוסקים בעבודות עם ציוד אלקטרוני עולה כי העובדים שם אכן חשופים למתחים גבוהים ולזרמים מסוכנים בעת עבודתם. הם מבצעים עבודות תחת מתח מסוכן ללא אישורים, ללא הגנות מתאימות וללא רישיונות חשמל הולמים.

העובדים בונים ציוד עזר חשמלי מאולתר שלא תמיד עומד בדרישות הבטיחות (איור 1-2), משתמשים בציוד מיטלטל ללא בידוד כפול (איור 1-3), ובכלל - נמצא שחסרים נהלים והוראות בטיחות בנושא.



איור 3-1: ציוד עזר וציוד מדידה ללא בידוד כפול



איור 2-1: ציוד מאולתר עם מגעים חשופים



איור 4-1: שנאי מתאם מיטלטל לזרם חילופין, שהוא מסוג "בידוד כפול"

העובדים מדווחים על מקרי חישמול לא מעטים, ביניהם מקרי חישמול קשים ממחתי AC ו-DC. ידועים מקרים של דום לב במספר תאונות החישמול שהתרחשו בעת בדיקות וניסויים בציוד אלקטרוני. במקרים רבים חסרים מפסקי מגן מפני חישמול; חסרות הארקות הגנה מחישמול; לעתים, בתהליכי פיתוח אך גם בתהליכי הייצור - בשעת ביצוע הרכבות ובדיקות - מזינים ציוד אלקטרוני באמצעות "שנאי מבדל" אך מחברים אליו יותר ממכשיר

אחד. היחס לזרמים ולמתחים המתקיימים בציוד אלקטרוני הוא כאילו הם אינם מסוכנים, ולכן - כפועל יוצא - לא דורשים לנקוט בכללי בטיחות המחויבים בעבודות חשמל אחרות, שיש בהן זרמים מסוכנים. כל כך, למרות שציוד אלקטרוני מכיל רכיבים ומעגלים עם מתחים נמוכים אך גם גבוהים, שהוגדרו בחוק ובתקנות החשמל כמסוכנים לגוף האדם, ונדרשת הכשרה מתאימה לתכנון ולביצוע עבודות בהם.

יש להגדיר את הסיכונים בציוד כבר בשלבי הפיתוח ותכנון המוצר, ולציין בפני העוסקים המטפלים והמתפעלים ציוד, אזורים ורכיבים, את הסיכונים שבפניהם הם עומדים. גם בשלבי ניסוי ע"י אנשי פיתוח קיים חוסר בהגנות. כיום סיכונים שונים בשימוש ברכיבים מגבירי מתח, פריקת אנרגיה ברמות מסוכנות ועוד, לא נלקחים בחשבון בשלבי הפיתוח, התכנון, וגם לא בתהליכי עבודה שונים, לצורך תכנון הבטיחות, השימוש, הטיפול, והתחזוקה של המוצר.

סיכוני החשמל

המתחים המשמשים בציוד אלקטרוני, בתדרים שונים - כולל נמוכים וגבוהים - מציבים סכנות שונות לגרימת נזקי התחשמלות לגוף האדם. ציוד אלקטרוני הוא בדרך כלל ציוד חשמלי "דל הספק", המאופיין במתחים גבוהים ובזרמים נמוכים עם זמני פריקה קצרים, אבל אלה עלולים להיות גם קטלניים לעיתים. לדוגמה: חיבורים עם מגעים זמניים, לחיבור הציוד, המותקנים בצורה גלויה ("קרקודילים"). צורת חיבור כזאת מאפשרת מגע מקרי מסוכן (איורים 1-5, 1-6).



איור 1-6: התקן חיבור הזנה לציוד ע"י מגעים חשופים



איור 1-5: התקן חיבור הזנה לציוד ע"י מגעים חשופים

לספקי כוח, ציוד לייזר, ועוד, יש עוצמות אנרגיה מספיק גבוהות, אשר עלולות לגרום נזקים לגוף האדם. גם טיפול בציוד כמו מחשבים, מדפסות, צורבים וצגי מחשב מסכן את העובד. המסוכן ביותר לטיפול הוא צג מסוג CRT שיש בו קיבול חשמלי מסוכן בעת פריקתו, ועלול לגרום לחימום.

חימום - העברת זרם חשמלי דרך גוף האדם עקב המגע עם מעגלים, רכיבים או חוטים גלויים הנמצאים תחת מתח מסוכן.

גורמים נוספים החושפים את העובדים לסיכונים: בניית ציוד עזר מאולתר שאיננו עומד בדרישות הבטיחות (איור 1-7); ספק כוח במתח 230 וולט ורכיבים חשופים (איור 1-8); חוטי חשמל בלויים או פגומים (איור 1-9); לוחות להספקת חשמל שאינם עומדים בדרישות הבטיחות (איור 1-10); סוגי ציוד/ מיכשור במפעל: כמו צבדי"ם, סימולטורים, מיתקני בדיקה (איור 1-11); כרטיסים תחת מתח (איור 1-12) שלא תמיד מצוידים בהגנות בטוחות, מתאימות.



איור 1-9: כבלי חשמל פגומים הם סיכון בטיחותי



איור 1-8: ספק כוח במתח 230 וולט ורכיבים מסוכנים חשופים



איור 1-7: חיבורים מאולתרים לציוד, עם מגעים חשופים



איור 1-12: מעגלים חשופים של ציוד אלקטרוני



איור 1-11: במיתקני בדיקת ציוד אלקטרוני המגעים לא תמיד מוגנים מנגיעה מקרית



איור 1-10: לוח חשמל מאולתר להספקת חשמל לציוד

בעת הטיפול ובביצוע הרכבות ובדיקות שונות, פותחים ומסירים לעתים קרובות את המכסים או את תיבות ההגנה של הציוד/המיכשור. אז נחשף העובד למגעים הנמצאים תחת מתח (איור 7-1). אלה הם מצבים הדורשים בחירה וקביעה של קריטריונים שונים שיעניקו הגנה הולמת לבני אדם.

במקרים רבים ההגנה מפני התחשמלות, מהזנת הזרם לציוד, לא מתאימה לדרישות של התקנות וכתוצאה מכך העובד החשוף איננו מוגן כראוי ומסתכן בנפשו.

מאפיין נוסף, המביא לחשיפה לסיכונים, נובע ממאפייני כוח האדם המועסק בתחום: בדרך כלל מועסקים בענף עובדים שהתמחותם היא בתחום האלקטרוניקה, אך אין להם רישיונות לביצוע עבודות חשמל, עפ"י הדרישות החוקיות.

סיכונים נוספים

עבודות אלקטרוניקה מתבצעות בסביבת עבודה שקיימים בה מיגוון סיכונים אופייניים נוספים. הסיכונים נובעים מאופי העבודה ומסוגי הציוד המשמש בה. להלן עיקר הנושאים המצריכים התייחסות:

- התפוצצות רכיבים - רכיבים כמו קבלים עלולים להתפוצץ בגלל עומס יתר; קבלים אלקטרוליטיים עלולים להתפוצץ גם במקרה שהם מחוברים בצורה לא נכונה.
- כוויות - כוויות קלות ולעיתים אף קשות עלולות לנבוע מפגיעת קשת חשמלית הנוצרת בעקבות קצר חשמלי בין המגעים ו/או מפריקת קבלים; כוויות עלולות להיגרם גם ממגע בחלקים חמים או בציוד לוהט ומתהליכי הלחמה היוצרים מישטחים חמים, מתכות מותכות או תלחים (flux); ועוד.
- חשיפה לחומרים מסוכנים בעת ביצוע עבודות הלחמה - נדפי עופרת, קדמיום, תלחים (flux); ניקוי חלקים ורכיבים בחומרים כימיים שונים; הדבקות עם דבקים שונים, ממיסים, ועוד. כל אלה עלולים לגרום לפגיעה בעור, בעיניים, במערכת הנשימה וכו'.
- פציעות מכניות - הנגרמות מחלקים חדים בתוך מכשיר או בציוד או מחלקים מסתובבים; פגיעה בעיניים על ידי חלקיקי מתכות ו/או תלחים שעלולים לעוף בסביבת העבודה; דקירות וחתכים הנגרמים על ידי כלי עבודה חדים; ועוד.
- פגיעות שלד-שריר - כתוצאה משיבה ממושכת בצורה לא נכונה. העובדים מבצעים את עבודתם, בדרך כלל, בישיבה, לעיתים במשך שעות ארוכות ובתנחות לא נוחות. מצבים אלה גורמים לכאבי גב ולפגיעה בעמוד השדרה, בזרועות, בכפות הידיים ואף ברגליים. התוצאה הכללית היא עייפות מוגזמת של הגוף וכאבי גב.
- פגיעות גופניות שונות - כתוצאה משינוע וטלטול ידני של פריטים המשמשים בעבודה, כולל המיכשור והציוד שעליו עובדים. ההעמסה על גוף העובד עלולה לגרום לפגיעות גופניות שונות במיוחד אצל אלה שאינם מרבים להפעיל את הגוף במהלך העבודה, או שמבצעים את המטלות שלא עפ"י כללים ארגונומיים.
- מאמץ העיניים ועייפות המוח - הטיפול ברכיבים קטנים ורבים בתהליכי הרכבה ופירוק של מכשירים וציוד, יוצר עומס ועייפות על עיני העובד ומשליך גם על מאמץ המוח ועייפות המוח.
- חשיפה לקרינה אלקטרומגנטית - שדות חשמליים הנוצרים בעת הפעלת ציוד בתדר נמוך (ELF), ופעולות הלחמה שונות, וגלי RF של ציוד שידור וקליטה פוגעים בעובדים, לעיתים תוך גרימת נזקים לגופם.

פרק שני: האנרגיה החשמלית

השפעת הזרם החשמלי על גוף האדם

זרם חשמלי העובר דרך גוף האדם יכול לגרום להלם, להפעלה לא רצונית של שרירים, לשיתוק של שרירים, לכוויה של רקמות ושל איברי גוף פנימיים ועלול לגרום אפילו למוות.

תקן בין-לאומי (IEC-479) מגדיר את תחומי הסיכון בפני חישמול לאדם בוגר, וקושר את עוצמת הזרם העובר דרך גוף האדם ואת זמן החישמול עם הנזק הגופני הצפוי (ראו טבלה 1 ואיורים 1-1 ו-2-2).

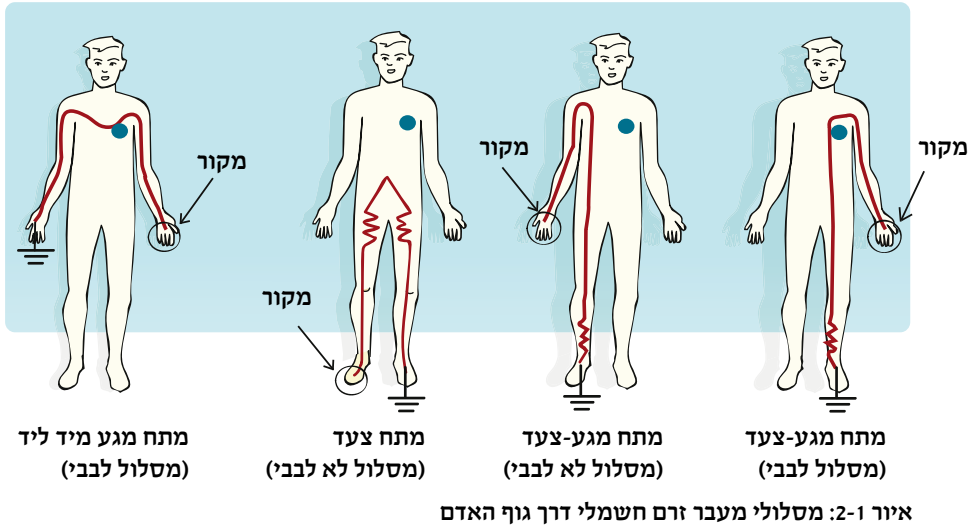
עוצמת זרם החישמול תלויה במתח המגע ובהתנגדות גוף האדם. התנגדות גוף האדם איננה קבועה והיא משתנה בתלות במספר משתנים, בהם: מתח המגע ומצב הגוף. לחישמול בעוצמה שאיננה גורמת עדיין נזק גופני, אבל היא מספיקה לגרום למיטרד - ונמצאת על סף גרימת הנזק - יש השפעה על הנפגע. כך, עוצמת חישמול הגורמת להלם חשמלי, המתחיל בדגדוגים בגוף. העוצמה שונה מאדם אחד לאחר, ותלויה בסוג הזרם, גובה המתח ועוצמת הזרם, מסלול המעבר בגוף האדם, התדר וכד'. לדוגמה: זרם חילופין (AC) בתדר 50 הרץ המועבר מיד אחת ליד השניה דרך גוף האדם, מתחיל להשפיע ברמה מכאיבה מעוצמה של 6-9 מיליאמפר.

זרם ישר (DC) מתחיל להשפיע ברמה מכאיבה מעוצמה של 40-60 מיליאמפר (ראו טבלה 2). עוצמת החישמול יורדת עם עליית תדר החשמל, ונעלמת בסופו של דבר בתדרים של כ-15 עד 20 קילוהרץ.

נזקים פיזיולוגיים

תוצאות של התחשמלות מסוגי זרם החשמל: AC ו-DC בתדרים שונים יכולות לגרום לנזקים גופניים שונים:

- כוויות פנימיות וחיצוניות בגוף או בתאי הגוף;
- הפרעות בקצב הלב ו"פרפור חדרים";
- פגיעה במערכת העצבים;
- פגיעה בכלי הדם;
- ירידה מסוכנת בקצב זרימת הדם;
- דופק מהיר וחלש;
- ירידה בשליטה בשרירים;
- עור חיוור;
- גוף קר ומזיע;
- נשימה לא סדירה;
- אישונים מוגדלים.



טבלה 1: ניתוח סף הפגיעה על ידי זרם חשמלי בגוף האדם

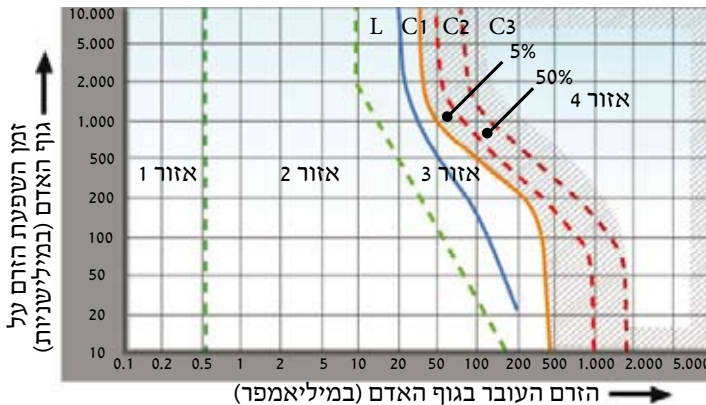
הנתונים שבטבלה התקבלו בעקבות ניסוי של Charles Dalziel (1896-1904) בגברים ובנשים במצב בריאות תקינה - ¹The Electric Shock Questions Effects and Symptoms

עוצמת הזרם החשמלי (מגע במשך 1 שנייה)	אפקט פיזיולוגי	המתח הנדרש לייצור הזרם בהתנגדויות שונות של הגוף	
		100,000 Ω	1,000 Ω
1 mA	סף התחושה; תחושת דגדוג	100 Volt	1 Volt
5 mA	מקובל כזרם מרבי שעדיין אינו מזיק	500 Volt	5 Volt
10-20 mA	תחילת התכווצות שרירים (זרם של "לא ניתן לעזוב")	1000 Volt	10 Volt
100-300 mA	פרפור חדרי לב; קטלני אם נמשך בהפרעות למערכת הנשימה	10,000 Volt	100 Volt
6 Amperes	התכווצויות ופרפור חדרי הלב לסירוגין והפרעות נשימה מתמשכות עד כדי מוות	600,000 Volt	6000 Volt

טבלה 2: מהות הפגיעה בגברים/נשים בתלות בעוצמת זרם החישמו

השפעה	עוצמת הזרם (מיליאמפר)					
	זרם ישר - DC		זרם חילופין - AC			
			Hz 60		kHz 10	
	גברים	נשים	גברים	נשים	גברים	נשים
סף התחושה; תחושת דגדוג	1	0.6	0.4	0.3	7	5
סף ההשפעה - מחצית האוכלוסייה	5.2	3.5	1.1	0.7	12	8
מכת חשמל (הלם חשמלי); עדיין ללא אבדן השליטה בשרירים	9	6	1.8	1.2	17	11
הלם חשמלי מכאיב; אצל 0.5% מהאוכלוסייה: אבדן השליטה בשרירים	62	41	9	6	55	37
הלם חשמלי מכאיב; תחילת התכווצות שרירים (זרם של "לא ניתן לעזוב")	76	51	16	10.5	75	50
שוק חשמלי חמור; קשיי נשימה; אצל 95.5% מהאוכלוסייה: אבדן השליטה בשרירים	90	60	23	15	94	63
אפשרות לפרפור חדרי הלב						
שוק חשמלי של 3 שניות	500	500	100	100		
שוק חשמלי של T שניות			$165/\sqrt{T}$	$165/\sqrt{T}$		

Evan Mayerhoff, High Voltage Connection, Inc



איור 2-2: השפעת חשמל על גוף האדם על ידי זרם חילופין במתח נמוך, בתדר 50 הרץ ולפי זמן עפ"י תקן IEC-479

L (על הקו הכחול): אין סיכוי לפרפור חדריים
 C1: הסיכוי לפרפור חדריים נמוך מ-0.14%
 C2: הסיכוי לפרפור חדריים גבוה מ-5%
 C3: הסיכוי לפרפור חדריים גבוה מ-50%

מקרא:
 אזור 1: אין סכנה
 אזור 2: יש הרגשת אי-נוחות ניכרת
 אזור 3: התכווצות שרירים
 אזור 4: הסיכון לפרפור חדרי הלב גבוה מ-50%

טבלה 3: הבדלים במודל ההלם החשמלי בין תקנים IEEE-80 ו- IEC-479/1

הנושא המשווה	לפי: IEEE - 80	לפי: IEC 479-1
התנגדות גוף האדם	1000 אוהם	תלוי במתח ובמסלול הזרם
התנגדות מגע שוות-ערך	למתח מגע: $A = 1.5 \times c \times \rho$ כאשר: $A =$ מתח מגע; $\rho =$ התנגדות סגולית של האדמה; $c =$ מקדם לאדמה אחידה	אין הנחיות
מתח מגע שווה-ערך	לפי משוואות שבתקן	אין הנחיות
הזרם המותר דרך גוף האדם	לאדם במשקל 70 ק"ג $0.157A/\sqrt{t}$ כאשר: $A =$ מתח מגע; $t =$ זמן מעבר הזרם	לפי העקומות שבאיור 2-2 אין תלות בגודל האדם

סיכוי קשת חשמלית

כוויות מקשת חשמלית הן מסוכנות מאוד. טמפרטורת הקשת מגיע עד לכ- 20,000°C והיא מלווה בעוצמת רעש עד כדי 140dB. הקשת עלולה לחמם את כל מרכיבי גוף האדם - הפנימיים והחיצוניים - ולאייד אותם, וגם לגרום להצתת בגדי העובד ולשרוף חלקי גוף במרחק ממנה. המרחק תלוי באנרגיית הקשת - Parc התלויה בזרם: I, המתח: U וזמן הפריקה: t_p , ועשוי להגיע אפילו למספר מטרים. משך זמן התפרקות הקשת יכול להיות 5 עד 15 מילישניות.

$$Parc = \frac{1}{t_p} \int_0^{t_p} U \times I dt$$

טבלה 4: מרחק השפעת הניצוץ כאשר האוויר משמש כבידוד²

מתח פריצת הניצוץ - Volt	מרחק השפעה - ס"מ
< 300	0.07
750 - 300	0.18
2.000 - 750	0.48
15.000 - 2.000	3.81
36.000 - 15.000	16.00
48.300 - 36.000	25.40

Commercially operated website. "Electric Shock Symptoms".
URL: <http://www.emedicinehealth.com/articles/6142-3.asp>

חשמל סטטי

פריקה של חשמל סטטי עלולה לגרום להלם. ניצוץ, עקב פריקת מיטען חשמלי סטטי באווירה דליקה, יכול לגרום לדליקה או לפיצוץ. גם קבל בפריקה גורם לשחרור מיטען סטטי³.

כשידועה הקיבולת הפנימית בין שתי האלקטרודות - C והפרש הפוטנציאלים ביניהן - V, אפשר לחשב את אנרגיית פריקת החשמל הסטטי - W, לפי:

$$W = \frac{1}{2} CV^2$$

הארקה קבועה לגוף טעון בחשמל סטטי מאפשרת פריקה רציפה של מיטעני חשמל סטטי, במקביל עם הצטברותם. לעומת זאת, הארקה ע"י מגע מתכתי רגעי היא אסורה - בגלל סכנת "פריקה מהירה", בעוצמה גבוהה = "פריקה סוערת". במקרה זה יש לבצע "פריקה מבוקרת" על ידי הארקה עם "מוליך למחצה" בעל התנגדות 5×10^5 עד 10^7 אוהם באמצעות נגד פחמי 0.5-2.0 ואט.

טבלה 5: התנגדות אוהמית של קבוצות חומרים שונים

החומר	כתיבה מדעית	כתיבה טכנית	אוהמים	מאפייני מוליכות
מתכות	$10^1 \Omega$	10 Ω	10	מוליך
	$10^2 \Omega$	100 Ω	100	
	$10^3 \Omega$	1 k Ω	1	
	$10^4 \Omega$	10 k Ω	10	
מים מזוקקים	$10^5 \Omega$	100 k Ω	100	מוליך למחצה
	$10^6 \Omega$	1 M Ω	1,000,000	
	$10^7 \Omega$	10 M Ω	10,000,000	
חומרים פלסטיים	$10^8 \Omega$	100 M Ω	100,000,000	אנטיסטטי
	$10^9 \Omega$	1,000 M Ω	1,000,000,000	
	$10^{10} \Omega$	10,000 M Ω	10,000,000,000	
חומרים קרמיים	$10^{11} \Omega$	100,000 M Ω	100,000,000,000	מבודד
	$10^{12} \Omega$	1,000,000 M Ω	1,000,000,000,000	
	$10^{13} \Omega$	10,000,000 M Ω	10,000,000,000,000	
	$10^{14} \Omega$	100,000,000 M Ω	100,000,000,000,000	

Luttgens G, Wilson N.: Electrostatic Hazards. Elsevier. 1997.3
 URL:http://www.knovel.com/web/portal/basic_search/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=494

אנרגיה בקבל

תפקיד הקבל במעגל חשמלי הוא לאגור **מיטען חשמלי** עודף ולפרוק אותו לתוך המעגל בשעת הצורך.



איור 2-3: שרטוט סכמתי של מבנה הקבל

המיטען שמצטבר בתוך הקבל גורם להפרשי פוטנציאלים (מתח) בין לוחותיו (ראו איור 2-3). כלומר, ככל שהמיטען בקבל גדול יותר, עולה גם המתח בין הדקי הקבל. ולהיפך - ככל שהמתח שנייטש על לוחות הקבל יהיה גדול יותר, המיטען שיצטבר עליהם יהיה גדול יותר. היחס בין המיטען המצטבר למתח הוא קבוע ונקרא קיבול המבוטא ביחידות פאראד.

תהליך הטעינה נמשך עד שהמתח על לוחות הקבל משתווה למתח של מקור המתח. הזרם יזרום במעגל החשמלי רק בפרק הזמן שבו הלוחות נטענים. על גוף הקבל רשומים, בדרך כלל, נתוני הקיבול C והמתח V שלו. כאשר מנתקים את מעגל הטעינה של הקבל, המיטען נשאר עדיין על לוחותיו והמתח ביניהם מתקיים ברציפות.



איור 2-4: קבלים מסוכנים

האנרגיה U האגורה בקבל: $U = \frac{1}{2} CV^2$ (ג'אול) $C = \frac{q}{v}$ (פאראד)

לדוגמה: פריקת מיטען המשחררת אנרגיה של 10 ג'אולים (= 10 watt-sec) דרך גוף האדם יכולה לגרום למוות. 10 ג'אולים אפשר לקבל בפריקה של קבל קטן (שקיבולו 0.2 מיקרו-פאראד שנטען ל-10 kV). בטבלה הבאה מוצגים, לדוגמה, נתוני קבלים ומתחי טעינתם, שאנרגיית הפריקה שלהם 10 ג'אול והיא מסוכנת.

טבלה 6 - נתוני קבלים שאנרגיית פריקתם היא 10 ג'אול

3000	320	80	20	0.2	קיבולת (מיקרו-פאראד)
0.1	0.25	0.5	1	10	מתח טעינה (קילו-וולט)

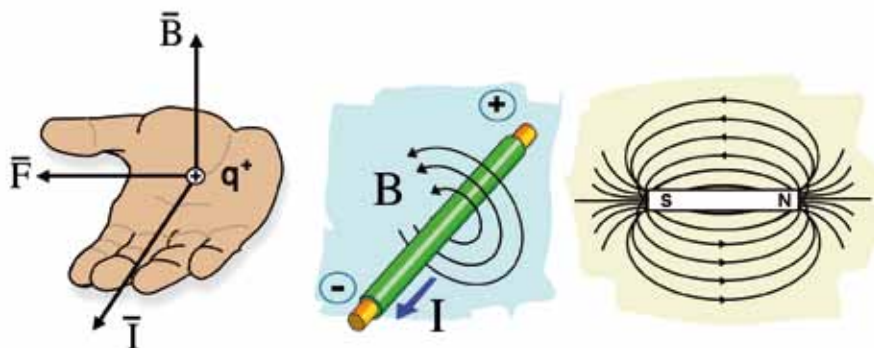
יש להכין מראש את אמצעי הפריקה של הקבלים, ולהתאימם לפריקת מיטעני הקבלים, עפ"י גודלם. אמצעי הפריקה יבטיחו כי דקה אחת, לכל היותר, לאחר ניתוקו של הקבל מהזינה, לא יישאר בין הדקיו מתח העולה על 50 וולט ("מתח נמוך מאוד" עפ"י "תקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים ממתח עד 1000 וולט), התשמ"ה-1984" - תקנה 47).

סיכוני קבלים אלקטרוליטיים

קבלים אלקטרוליטיים עובדים במתחים המגיעים עד 500 וולט ומתאימים לזרם ישר בלבד. יש להקפיד לחבר אותם בקוטביות הנכונה במעגל. אם מחברים קבל מסוג זה במעגל של זרם חילופין, החומר הדיאלקטרי נהרס ונפרץ. כמו כן, אם מחברים את הקבל האלקטרוליטי בקוטביות הפוכה, במעגלי זרם ישר, עלולה להיגרם פריצה של הקבל. סיכונים אלה קיימים גם בקבלים מסוג טנטלום.

קרינה אלקטרומגנטית מצידוד ורכיבים אלקטרוניים

קרינה אלקטרומגנטית (אלמ"ג) היא קרינת אנרגיה שנוצרת כתוצאה משינויים של מיטען חשמלי המייצרים שדה חשמלי ושדה מגנטי, אשר מתפשטים במרחב בצורת קרינה, במהירות האור. הקרינה משמשת להעברת אינפורמציה ואנרגיה ממקום למקום. שדות מגנטיים נוצרים עקב תנועת מיטענים חשמליים (תנועת אלקטרונים) המייצרים זרם חשמלי. עוצמתו של שדה זה נמדדת ביחידות: [אמפר למטר] (A/m). שטף השדה המגנטי B שנוצר נמדד ביחידות: [טסלה] (Tesla=T). בחלק מהמדינות משתמשים לציון מידות השטף המגנטי ביחידות: [גאוס] (Gauss =G) כאשר: $1\mu T = 10mG$; $1mT = 10G$; $1T = 10,000G$



איור 2-5: כיוון השדה עפ"י כיוון הזרם (כלל היד הימנית). מימין: קווי השטף המגנטי; במרכז: קווי השטף המגנטי (B) סביב מוליך הנושא זרם (I); משמאל: כלל היד הימנית: כיוון קווי השטף המגנטי (B). כיוון האצבעות = כיוון תנועת המיטעון (+q) במהירות v. כיוון האגודל = כיוון הכוח (F) של השדה

שדות אלקטרומגנטיים נוצרים על ידי גלים חשמליים (E) ומגנטיים (H) הנעים יחד. שדות חשמליים נוצרים עקב מיטענים חשמליים, והם קובעים את תנועת המיטענים הנוספים הנמצאים בהם. עוצמתם נמדדת ביחידות של וולט למטר [V/m] (ראו איור 2-5). כאשר מיטענים חשמליים מצטברים בחומר מוליך חשמל, הם גורמים למיטענים דומים להם להידחות מהם, ולמיטענים הפוכים להם להימשך אליהם. העוצמה של נטייה זו היא עוצמת מתח (voltage), הנמדדת ביחידות של [וולט] (V = volt). כל מכשיר חשמלי המחובר לרשת החשמל, גם כשאינו מופעל, מחולל סביבו שדה חשמלי שעוצמתו נמצאת ביחס ישר למתח הרשת. עוצמתו של השדה החשמלי היא מרבית בסמוך לציוד, והולכת ונחלשת ככל שמתרחקים ממנו. מחסום או כיסוי של הציוד באמצעות חומר מתכתי מסוגלים להקטין את עוצמת השדה.

זרם חשמלי מתחיל לנוע מרגע הפעלתו של כל מכשיר או ציוד חשמלי ומייצר שדה מגנטי שעוצמתו נמצאת ביחס ישר לעוצמת הזרם החשמלי המחולל אותו. עוצמת השטף המגנטי תהיה מרבית בסמוך לציוד החשמלי, והיא הולכת ונחלשת ככל שמתרחקים ממנו. שדות מגנטיים אינם נחסמים על ידי רוב החומרים הרגילים ועוברים דרכם בקלות. מחמת סיכונים (אף שנכון להיום הם טרם הוגדרו סופית) נחקק במדינת ישראל חוק הקרינה הבלתי מייננת, התשס"ה-2006, אשר מיועד להגן על הציבור מפני השפעות של חשיפה לקרינה בלתי מייננת ולהסדיר את העיסוק במקורות קרינה, הקמתם והפעלתם, ובמתן שירות למדידת קרינה, בין השאר על ידי קביעת איסורים וחובות בהתאם לעקרונות הזהירות המונעת.

מקורות אלקטרומגנטיים

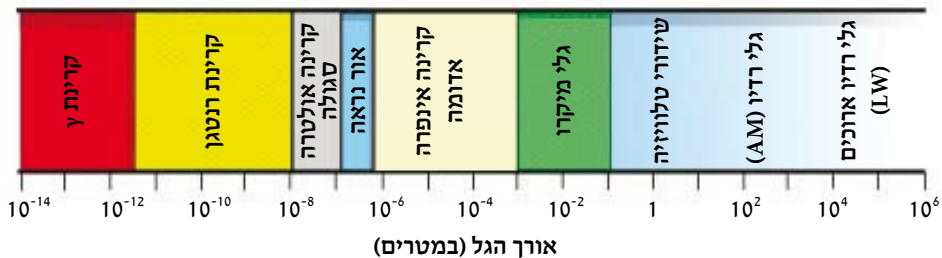
מקורות אלקטרומגנטיים הם, בראש ובראשונה, קווי חשמל הנושאים מתחים גבוהים ונמוכים, גנרטורים, שנאים, ציוד ריתוך, ציוד אלקטרוני בתעשייה, תחבורה עירונית ובינעירונית, מיתקני רדיו בעלי עוצמה גבוהה בתעשייה, בבית וברכב, מכשירים חשמליים בבית ועוד.

המקורות האלה גורמים גם לזיהום חשמל - "חשמל מלוכלך" (dirty electricity), שמועבר ע"י מערכת הספקת החשמל והציוד החשמלי.

ספקטרום הקרינה האלקטרומגנטית מכיל את כל תחום אורכי הגל, בין אם הם מתגלים לעינינו (אור בתחום הנראה) או שהם נפלטים ממכשירים שונים. בחוברת זו נדון בתחום גלי הרדיו אשר מהווים את הרוב המוחלט של הקרינה, מעשה ידי אדם (ראו איור 2-6 וטבלה 7).

אורך גל (ננומטרים)

400	450	500	550	600	700
סגול	כחול	ירוק	צהוב	כתום	אדום



1 ננומטר 1 מיקרומטר 1 ס"מ 1 ק"מ

איור 2-6: ספקטרום הקרינה האלקטרומגנטית (כללי)

טבלה 7: מאפייני קרינות אלקטרומגנטיות מסוגים שונים

אנרגיה	אורכי הגל	תדירויות אופיינית	סוג הקרינה
124 keV - 1.24MeV 12.4 - 124 keV 124eV - 12.4 keV	10 - 1pm 100 - 10pm 10nm - 100pm	30 - 300 EHz 3 - 30 EHz 30 PHz - 3EHz	קרינה מייננת y = Gamma rays HX = Hard X-rays SX = Soft X-Rays
124 - 12.4 eV 1.24 - 12.4eV	100 - 10 nm 1µm - 100 nm	3 - 30 PHz 300 THz - 3 PHz	אור אולטרה סגול: EUV = Extreme Ultraviolet NUV = Near Ultraviolet
124 meV=1.24 eV 12.4 - 124 meV 1.24 - 12.4 meV	10 - 1 µm 100 - 10 µm 1mm - 100 µm	30 - 300 THz 3 - 30 THz 300 GHz - 3 THz	אינפרה אדום: NIR = Near Infrared MIR = Moderate Infrared FIR = Far Infrared
124 µeV - 1.24 meV 12.4 - 124 µeV 1.24 - 12.4 µeV 124 neV - 1.24 µeV 12.4 - 124 NeV 1.24 - 12.4 neV 124 peV - 1.24 neV 12.4 - 124 peV 1.24 - 12.4 peV 124 feV - 1.24 peV	1 cm - 1 mm 1 dm - 1cm 1m - 1dM 1 dam - 1m 1 hm - 1 dam 1 km - 1hm 10 - 1 km 100 - 10 km 1 Mm - 100 km 10 - 1 Mm	30 - 300 GHz 3 - 30 GHz 300 MHz - 3 GHz 30 - 300 MHz 3 - 30 MHz 300 kHz - 3 MHz 30 - 300 kHz 3 - 30 kHz 300 Hz - 3 kHz 30 - 300 Hz	גלי רדיו EHF = Extremely High Frequency (Microwaves) SHF = Super High Frequency (Microwaves) UHF = Ultrahigh Frequency VHF = Very High Frequency HF = High Frequency MF = Medium Frequency LF = Low Frequency VLF = Very Low Frequency VF = Voice Frequency ELF = Extremely Low Frequency

קיצורים:

Hertz - Hz

1•10³ Hz - KiloHertz - kHz

1•10⁶ Hz - Megahertz - MHz

1•10⁹ Hz - Gigahertz - GHz

1•10¹² Hz - TetraHertz - THz

1•10¹⁵ Hz - Pentahertz - PHz

1•10¹⁸ Hz - Exahertz - EHz

קרינה אלקטרומגנטית מצידו אלקטרוני נובעת בעיקר מ:

- רכיבים אלקטרוניים המשמשים במקורות אור שונים כגון מכונות צילום, משדרי אור (לייזרים וכד'), צגי מחשב - בעיקר בתדרי NIR, MIR, FIR.
- מחוללים ומשני מתח וזרם שונים, כגון מחוללי שידור, מגברים וכד', המייצרים שדות אלקטרו-מגנטיים (EMF).
- ציוד תקשורת אלקטרוני כגון משדרים, ציוד לקידוד, להמרה ולפענוח אותות, בתחום תדרים שונים כגון תדר נמוך מאוד (VLF), תדרי רדיו ומיקרוגל (RF) (MW).
- רכיבים המעבירים ומזינים אנרגיה חשמלית כגון כבלי חשמל, ספקי כוח, בעיקר בתדר נמוך ביותר (ELF). בחוברת זו אנו מתייחסים להשפעה מחדרי ELF.

השפעה ביולוגית של קרינה אלקטרומגנטית על גוף האדם

ההשפעות הביולוגיות האפשריות על גוף האדם הן: חימום רקמות בגלל ספיגת אנרגיה; שברים ב-DNA; יצירת מוטאציות גנטיות; השפעה על מנגנונים בתוך התא; שינויים בחדירת סידן לתאים; ועוד.

המערכות הכי רגישות של גוף האדם הן מערכות העצבים, המערכת החיסונית ומערכות המין. ילדים ונשים הרות מצויים בסיכון המרבי, משום שהאורגניזם שלהם מצוי בתהליכי השתנות רצופים (עדיין לא מעוצב באופן מוחלט), והוא מגלה רגישות מוגברת לשדות האלמ"ג שאנו עוסקים בהם. קבוצה נוספת שהיא רגישה במיוחד לפעילות שדות האלמ"ג היא אנשים עם מחלות עצביות, הורמונליות, מחלות לב, אלרגיות ואנשים בעלי מערכת חיסונית חלשה.

בעולם המדעי אין כיום הסכמה לגבי סוג ההשפעה ומידת ההשפעה הביולוגית וכמות המחקרים אינה גדולה מספיק להסקת מסקנות משמעותיות.

חשיפה תעסוקתית לקרינה אלקטרומגנטית (Occupational Exposure)

התחיקה לגבי רמות החשיפה המרביות לקרינה אלקטרומגנטית מעוגנת ב"תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (ניטור סביבתי וניטור ביולוגי של עובדים בגורמים מזיקים), התשנ"א-1990".

בתקנות אלה יש הפניה אל ערכי ה-TLV וה-BEI של חשיפה לגורמים כימיים ופיזיקליים, לרבות קרינה אלקטרומגנטית, של ה-ACGIH (ארגון הגיהותנים הממשלתיים בארה"ב). בעמודים הבאים מובאים ערכי החשיפה המשוקללת המירבית (TLVs) מתוך החוברת האחרונה של ה-ACGIH הנ"ל⁴, מותאמים לזמן חשיפה ממוצע ביום עבודה רגיל של 8 שעות, ועד 40 שעות עבודה בשבוע:

4. המהדורה האחרונה ביום הדפסת החוברת - 2009

טבלה 8: רמות מרביות-מותרות בחשיפה תעסוקתית לשדה מגנטי

TLV Ceiling (תקרה)	TLV		
שדה מגנטי של זרם ישר - שדה קבוע			
2 T		הגוף כולו	
20 T		גפיים	
0.5 mT		משתמשי ציוד רפואי אישי	
שדה מגנטי של זרם חילופין - שדה משתנה (f = התדירות ב-Hz)			
-	60/f mT	הגוף כולו	תדירות: 300Hz-1Hz
-	300/f mT	זרועות ורגליים	
-	600/f mT	כפות ידיים וכפות רגליים	
-	0.2 mT	הגוף כולו או חלקו	תדירות: 30kHz - 300 Hz
עלולה להיות פריקת מיטען שנוצר על גופים בלתי מוארקים בזרם שאינו עולה על 1.0 mA - ללא משמעות בטיחותית			תדירות: 30kHz - 1Hz

טבלה 9: רמות מירביות-מותרות בחשיפה תעסוקתית לשדה חשמלי

TLV	תדירות
Ceiling value - באוויר 25,000 V/m	100Hz - 0Hz
$2.5 \times 10^6 / f$ - באוויר (f=התדירות ב-Hz) Ceiling	4kHz - 100Hz
Ceiling - באוויר 625 V/m	30 kHz - 4 kHz
עלולה להיות פריקת מיטען שנוצר על גופים בלתי מוארקים בזרם שאינו עולה על 1.0 mA - ללא משמעות בטיחותית	תדירות: 30kHz - 0Hz

הנחיות האיגוד הבינלאומי להגנה מפני קרינה (IRPA) בשיתוף ארגון הבריאות העולמי (WHO) משנת 1998 קובעות ערכי סף המותרים לחשיפה של כלל האוכלוסייה⁵ הם:

טבלה 10: רמות ערכי סף מותרים לחשיפה (כלל האוכלוסייה)

שדה מגנטי	שדה חשמלי*	ערכי סף מותרים לחשיפה (כלל האוכלוסייה)
mT 0.1	kV/m 5	שהייה ממושכת (זמן בלתי מוגבל)
mT 0.14	kV/m 7	שהייה רגעית

*בתדר ELF (ראו טבלה 7).

המשרד להגנת הסביבה החמיר את המלצות הארגונים הבינלאומיים:

- הסף עבור שדה מגנטי בסביבה, באופן כללי, הוא 10 mG;
- הסף לחשיפה ללא סיכון בריאותי: 2 mG.

קרינה אולטרה-סגולה (UV)

קרינה אולטרה-סגולה (קרינת UV - Ultra-Violet) היא קרינה אלקטרומגנטית בעלת אורך גל קצר מזה של אור נראה (ראו איור 6-2 וטבלה 7), אולם ארוך מזה של קרינת רנטגן רכה. פירושו השם "אולטרה-סגול" הוא "מעבר לסגול" ("ultra" בלטינית = "מֵעֵבֶר"); סגול הוא הצבע בעל אורך הגל הקצר ביותר בטווח אורכי הגל של האור הנראה. חלק מאורכי הגל התת-סגולים נקראו בעבר "אור שחור", משום שאינם נראים לעין האנושית. קרינת תת-סגול נחלקת לתת-סגול קרוב (אורך גל של 200 עד 380 ננומטר), ולתת-סגול קיצוני (10 עד 200 ננומטר). כשדנים בהשפעת הקרינה התת-סגולה על בריאות האדם ועל הסביבה - טווח אורכי הגל שלה מחולק לעתים קרובות ל-UV-A (באורך גל של 315 עד 380 ננומטר, הנקראת, כאמור, גם "אור שחור" או UV גל ארוך); UV-B (באורך גל של 280 עד 315 ננומטר, הנקראת גם UV גל בינוני), ו-UV-C (באורך גל מ-10 עד 280 ננומטר, הנקראת גם UV גל קצר או "קוטל חיידקים").

זכוכית רגילה היא שקופה לקרינת UV-A אולם אטומה לאורכי גל קצרים יותר. זכוכית קווארץ, תלוי באיכותה, עשויה להיות שקופה אפילו לאולטרה סגול קיצוני. ההשפעה החיובית של אור תת-סגול על הגוף היא ייצור של ויטמין D בגוף. קיימת טענה כי מקרי מוות רבים מסרטן נגרמים בשל מחסור בוויטמין D הנובע מחשיפה לא מספיקה לקרינת UV-B. כאשר קרינת UV-B פוגעת בעור היא הופכת את הכולסטרול שבעור לוויטמין D₃. לא ניתן לקבל ויטמין D₃ באמצעות בליעה או בזריקה כיון שהחומר אינו יציב.

5. משה נצר: "חשיפה לשדות מגנטיים בתדר 50 Hz - תקנים ותקנות בארץ ובעולם" חוברות 312, 313 של "בטיחות", בטאון המוסד לבטיחות וגיהות, 2008

פרק שלישי: בטיחות, כבר בשלב התכנון

תכנון נכון של מערך בטיחות החשמל, בעבודה עם ציוד אלקטרוני, מתחיל כבר בשלבי פיתוח הציוד והוא צריך לכלול דרכי הגנה מקובלות כגון:

1. בידוד אזורים ורכיבים מסוכנים - לקיים מצב שבו כל החלקים הנגישים אינם "חיים" (לא נמצאים תחת מתח חשמלי).
2. ציון אזורים מסוכנים (בתכנית המוצר) - מתוך התייחסות לניסויים, בדיקות, הרכבות, פירוק וכו'.
3. תכנון הגישה המרחבית לאזורים מסוכנים - כדי להקל על הגישה ולהבטיח פעולה ללא סיכונים.
4. תכנון ובניית הציוד ומעגלי העזר - לפי הדרישות וכללי הבטיחות השונים.
5. תכנון כלי עבודה בטוחים.
6. שימוש בציוד מגן אישי.
7. שימוש בשיטות הגנה נגד התחשמלות. בהן:
 - הארקות הגנה IT ושיטת האיפוס.
 - הזנה דרך מפסק מגן.
 - הזנה דרך הפרד מגן.
 - בידוד כפול.
 - העברה למתח נמוך מאוד.

הדרישות והבסיס בתחיקה ובתקינה

דרישות התחיקה בתחום הבטיחות בעבודה עם ציוד חשמלי/אלקטרוני מסוכן, מתייחסות לחובות המעסיקים והעובדים, לאחריותם בקשר לרמת הבטיחות בסביבת העובד ולדרישות הזיהוי וההגנה מסיכונים. בנוסף, המחזיק/המנהל במקום העבודה חייב למסור לעובד תמצית מידע - בכתב - בנוגע לסיכונים בעמדת העבודה ובתהליך העבודה, לסמן ולשלט אזורים מסוכנים, ולהדריך את העובד בקשר לשימוש בציוד מגן אישי.

הדרישות נובעות ממקורות חוק: חוק ארגון הפיקוח על העבודה, תשי"ד-1954 ותקנותיו; חוק החשמל, תשי"ד-1954 ותקנותיו; תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן-1990; תקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז-1997.

להלן עיקר דרישות התחיקה בנושא:

- לפי "פקודת הבטיחות בעבודה [נוסח חדש], תש"ל-1970": סעיף 202, איסור מעשה העלול לסכן:

"עובד לא יעשה במזיד ובלי סיבה סבירה דבר העלול לסכן את עצמו או את זולתו".

- לפי "תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), התשנ"ט-1999": תקנה 2, מסירת מידע בדבר סיכונים:

"מחזיק במקום עבודה ימסור לעובד במקום העבודה מידע עדכני בדבר סיכונים במקום, ובפרט בדבר הסיכונים הקיימים בתחנת העבודה שבה מועסק העובד, וכן ימסור לו הוראות עדכניות לשימוש, להפעלה ולתחזוקה בטוחים של ציוד, של חומר ושל תהליכי עבודה במקום".

- לפי "תקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1000 וולט), התשמ"ה-1984": תקנה 6, הגנה בפני נגיעה מקרית:
"ציוד חשמלי של מעגל סופי יותקן באופן המונע נגיעה מקרית בחלקים חיים."
 - תקנות החשמל (עבודה במיתקן חי או בקרבתו), התשס"ט-2008.
התקנות פורסמו לצורך הסדרת עבודה במגע עם מתח חי או בסמיכות אליו.
 - לפי "תקנות הבטיחות בעבודה (חשמל), התש"ן-1990":
תקנה 2, מוליכי חשמל על-קרקעיים:
"א) לא יימצאו במפעל מוליכי חשמל חשופים חיים (תחת מתח)."
"ב) ... לא יותקן מוליך חשוף בהתקנה גלויה אלא שהגישה אליו היא לחשמלאי בלבד, וגישה באקראי אליו או נגיעה בו בלתי אפשריים."
תקנה 4, לוח חשמל קבוע:
"ד) חלקים חשופים חיים של הלוח יהיו מוגנים מפני נגיעה מקרית."
תקנה 9, ביצוע עבודות תיקון ותחזוקה:
"א) בכל מקרה של עבודות תיקון ותחזוקה ינותק ציוד ממקור אנרגיה חשמלית; ..."
 - לפי "תקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ג-1997":
תקנה 3, חובות המעביד:
"מעביד יספק ציוד מגן אישי תקין ובאיכות נאותה ומתאים לעבודות ותהליכים" עבודות ותהליכים בתקנה זו כוללים: פיתוח, ניסויים, ייצור ובדיקת ציוד אלקטרוני/ חשמלי המתבצעים על ידי עובדים ברמות שונות. זה כולל גם ביצוע עבודות חשמל במתח נמוך וגבוה, על ידי מי שאינם חשמלאים מורשים בתנאים מוגדרים מאוד, עפ"י תקנות החשמל (עבודה במיתקן חי ובקרבתו), התשס"ט-2008. הכוונה היא להגיע לביצוע עבודות אלה ללא תקלות ותאונות.
- בנוסף לחקיקה, קיימת תקינה ישראלית ובינלאומית המכתיבה סטנדרטים של בטיחות בעבודה עם מקורות חשמליים מסוכנים:
- תקן ישראלי: ת"י 205 - "ציוד אלקטרוני המופעל מרשת החשמל והמיועד לשימוש בית ולשימוש כללי דומה: דרישות בטיחות". התקן מכיל גם רשימת תקנים נלווים.
- NFPA 70 Standards
 - OSHA Standards
 - IEC Standards

הגנה מחישמול בעבודה עם ציוד אלקטרוני במתח נמוך וגבוה

דרישות להארקה כאמצעי הגנה מחישמול

- ✓ כל החלקים החיצוניים המתכתיים של ציוד/מיכשור, הכוללים מיטחי מתכת, כיסויים, תיבות תמסורת, מגירות, שולחנות, וחלקי מתכת נגישים אחרים (פרט לאנטנות), חייבים בהארקה (ראו איורים 1-3-1 ו-3-4).
- ✓ יש לבדוק את רציפות ההארקה.
- ✓ חיבורי הארקה לציוד ולגופים, קבועים ונייחים, יבוצעו מפס ההארקות שבאלם הייצור. במקרים אלה חל איסור להתחבר להארקת בית התקע. לעומת זאת, מכשירים ניידיים הניזונים באמצעות פתיל זינה ניתן לחבר להארקה דרך פתיל הזינה.
- ✓ התנגדות ההארקה לא תהיה גדולה בשום מקרה מהערכים הבאים (הנמדדים בין פס ההארקות ובין נקודה מוארקת על גוף המכשיר):
 - 0.1 אוהם, כשהמכשיר ניזון באמצעות תקע ובית תקע או לוח הדקים.
 - 0.2 אוהם, כשהמכשיר ניזון באמצעות פתיל זינה שלא ניתן להפרידו מהמכשיר.
- ✓ מוליך ההארקה החיצוני חייב להיות לפחות בעובי של מוליך המופע. הוא יהיה עשוי מנחושת שזורה, גמישה, ושטח החתך שלו לא יפחת מ-0.75 ממ"ר.
- ✓ חיבור ההארקה יבוצע על ידי הברגה.
- ✓ על מנת להבטיח הגנה בפני הלם חשמלי - התנגדות החיבור בין ההדק/מגע ההארקה ובין חלקים שצריכים להתחבר אליה לא תהיה גדולה מ-0.1 אוהם.
- ✓ גופי ארונות ושולחנות העבודה העשויים ממתכת או מחומר מוליך אחר, או מצופים בחומר מוליך - חייבים בחיבור הארקה נפרד, עם שטח חתך שלא יפחת מערך חתך מוליך המופע שמזין את המכשירים הנמצאים על שולחן העבודה.



איור 3-2: הארקה הגנה לגוף הציוד ולעמדת העבודה על ידי הארקה ישירה + הארקה אנטיסטטית למעגלים



איור 3-1: הארקה הגנה לגוף עמדת העבודה



איור 3-4: הארקת הגנה בעמדת העבודה



איור 3-3: הארקת הגנה למישטח עמדת העבודה

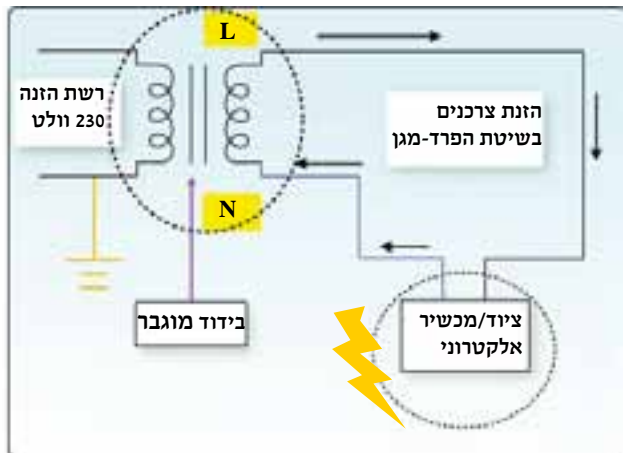
דרישות להגנה דרך "הפרד מגן"

עבודות עם ציוד אלקטרוני מתבצעות לעיתים קרובות תחת מתח חשמלי, מצב בו נדרשות הגנות נגד חישמול לטובת העובד. ההגנה נגד חישמול, ע"י הארקה ו"מפסק מגן", בעת ביצוע עבודות חשמל בציוד אלקטרוני פוגעת באמינות ההספקה של זרם החשמל, ועלולה גם לגרום לנזקים בציוד. שיטה יעילה ואמינה, שאיננה גורמת להפסקת פעולת הציוד בעת התקלה, היא שיטת ההגנה באמצעות "הפרד מגן" (שנאי מבדל). זה תואם את דרישות החוק ו"תקנות החשמל (הארקה ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט), התשנ"א-1991". כאשר יש צורך להגן על מספר מכשירים מחוברים אפשר להשתמש בשיטה המוגדרת כ"זינה צפה" באמצעות הפרד מגן ומשגוח.

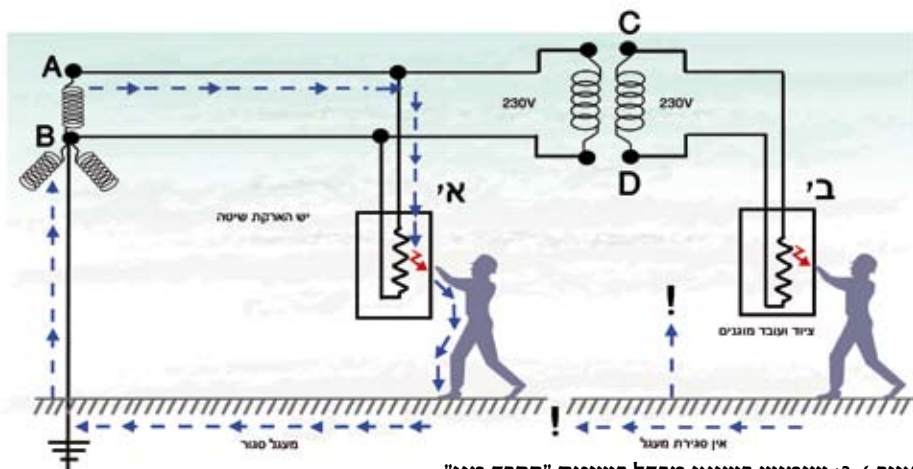
בשימוש בהפרד מגן, הזרם הקיבולי שנוצר בין מקור הזינה והפרד המגן או האדמה לא יעלה על 30 מיליאמפר, כדי לא לגרום להלם חשמלי מסוכן. ובכל מקרה (עפ"י תקנות החשמל הנ"ל, סימן ד', תקנה 53) - המרחק בין מקור הזינה והפרד המגן או האדמה לא יהיה ארוך מ- 500 מטר.

הפרד מגן (שנאי-מבדל)

שנאי-מבדל (Isolation Transformer) משמש להזנת ציוד אלקטרוני כדי למנוע חישמול של העובד בעת ביצוע עבודות או מדידות תחת מתח חשמלי. במקרים אלה שנאי-מבדל יהיה, בדרך כלל, חד-פאזי עם יחס סלילים: ראשוני ושני - 1:1. שיטת ההזנה וההגנה מוצגות באיור 3-6.



איור 3-5: תרשים מערכת הגנה על ידי "הפרד מגן"



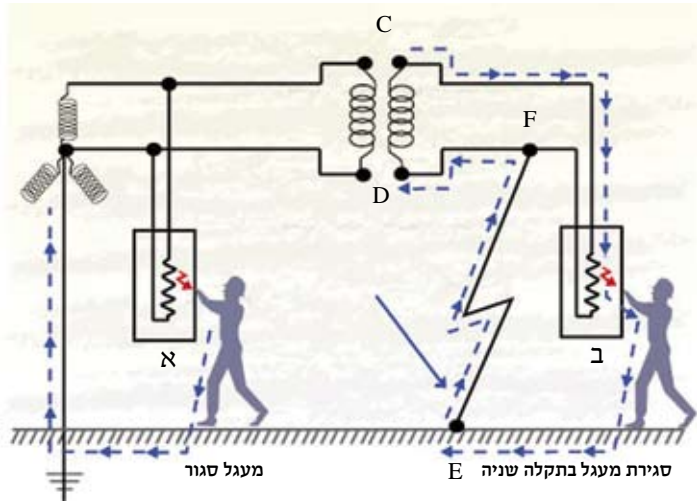
איור 3-6: שימוש בשנאי מבדל בשיטת "הפרדת מגן"

במקרה של תקלה באזור "ב", אדם שנוגע בגוף המוליך או בציוד המחובר דרך נקודה "C", לא יסגור מעגל חשמלי; הוא גם לא יסגור מעגל בנקודה "D" אשר אליה הזרם שואף להגיע, מאחר שאין הארכת שיטה אל נקודה זאת. התוצאה: אין סגירת מעגל חשמלי, אין חישמול וגם אין הפסקה בהספקת החשמל. מצב זה יתקיים גם כאשר אדם יגע ישירות במוליך חי אחד בלבד.

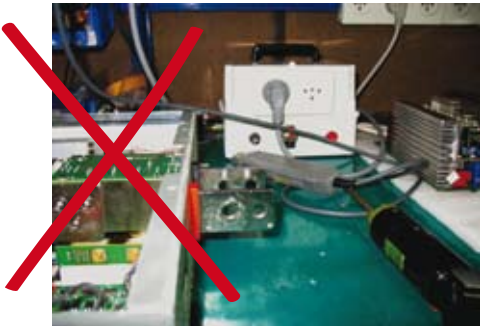
בשיטה זאת מתבצעת הפרדה בין רשת ההזנה החשמלית המחוברת להארכת שיטה, כשהציוד המוזן ממנה הוא נטול הארקה, כדי למנוע סגירת מעגל והעברת מתח לגוף האדם בעת תקלה בציוד. העברת המתח מרשת ההזנה אל הצרכן (המכשיר, הציוד) נוצרת ע"י שדה מגנטי (שנאי-מבדל). קיים הבדל בין שנאי רגיל לשנאי-מבדל בטיב הבידוד בין הסלילים. בשנאי-מבדל הבידוד מוגבר כדי למנוע פריצת מתח בין 2 הסלילים בעת תקלה.

כאמור, הגנה מחישמול בשיטת "הפרדת-מגן" מבוססת על שימוש בשנאי המיועד להפרדה בין 2 מעגלי ההזנה. המעגל הראשוני "א" באיור 3-6 מוזן דרך רשת הספקה AB והמעגל השני "ב" מוזן באמצעות סליל שני של השנאי "CD". אזי מתאפשרת יצירת מקור מתח ללא הארכת שיטה במעגל "ב". מצב זה יוצר מערכת צפה ללא הארכת שיטה, המונעת סגירת מעגל חשמלי בזמן נגיעה במוליך חשמלי חי - מה שמונע התחשמלות אדם. להזכירכם: נגיעה ב- 2 מוליכים: פאזה ו-"0" ב-2 הידיים תגרום להתחשמלות. הפרדת-מגן מונע התחשמלות רק כאשר הנגיעה נעשית בין פאזה או "0" (Natural) וגוף או חלק מתכתי של הציוד.

להלן תיאור סכמטי (איור 3-6) של מקרה בו אירעו 2 תקלות במיכשור המוזן דרך הפרדת-מגן (ראו איור 3-7):



איור 7-3: "הפרד מגן" - שתי תקלות בו זמנית. במקרה של תקלה ראשונה במכשיר "ב" ובו זמנית תקלה שניה בלתי מתוכננת "EF", נוצר מעגל חשמלי "EFDC" שיעבור ממכשיר "ב" לאדמה, והאדם יתחשמל. לפיכך, שיטת הפרד-מגן מעניקה הגנה רק כאשר קיימת תקלה אחת בלבד.



איור 9-3: מצב אסור. הזנת ציוד דרך שנאי-מבדל המצויד ב-2 שקעים - אסורה. כמו כן: אין לבצע זינה מבית תקע שיש לו מקום לפין הארקה



איור 8-3: שנאי-מבדל מיטלטל (דורש בדיקה תקופתית). שימו לב: הזנת יציאה מבית תקע דו-פניי. קיים אישור לבדיקה תקופתית

הפרד-מגן מותר לשימוש במיתקן רק כאשר הזרם הקיבולי שלו כלפי האדמה ו/או כלפי מקור הזינה יהיה, כאמור, פחות מ-30 מיליאמפר - כדי שהקיבוליות של המעגל לא תעלה על המותר מטעמי בטיחות. נדרש שהאורך L (במטרים) של מעגל לא יעלה על 500 (מטרים) והמתח המירבי V בין המוליכים (כלשהם) במעגל לא יאפשר את המכפלה: $L \times V \leq 100,000$. דרישות אלה אמורות להגביל את הקיבולת בין מוליכי הרשת לאדמה ואת זרם החישמול הקיבולי הנוצר עקב כך, במקרה של ליקוי בבידוד. קיום תנאים אלה מגביל את זרם החישמול לרמות לא מסוכנות לבני אדם.

בשימוש בשנאי-מבדל יש לשמור על הכללים הבאים, בהתאם לדרישות ב"תקנות החשמל (הארקה ואמצעי הגנה בפני חישמול במתח עד 1000 וולט), התשנ"א-1991":

- המתח הראשוני לא יעלה על מתח נמוך.
- שנאי מיטלטל יהיה מסוג II.
- המתח בין מוליכי הציוד המוגן דרך השנאי לא יעלה על 500 וולט.
- בציוד המוגן ע"י הפרד-מגן לא תותקן הארקה שיטה או הארקה הגנה וגם לא בפתיל הזינה.
- אם המכשיר הוא מסוג I, פתיל הזינה של הציוד יצויד במוליך הארקה.
- במיתקן המופרד על ידי שנאי-מבדל - פתיל זינה זה לא יחובר להארקה.
- שנאי-מבדל יזין רק מכשיר אחד. לא יותקן יותר מבית-תקע אחד במערך הזנת ציוד דרך הפרד-מגן (ראו איורים 3-8, 3-9).
- אם קיימת בבית-תקע בורג הארקה, לא יחובר אליו מוליך כלשהו וליד בית-תקע יותקן שלט: "זהירות אסור לחבר הארקה".
- הבידוד של ציוד המוגן דרך הפרד מגן יוחזק תקין בכל עת. אין להשתמש בציוד עם בידוד פגום.

הזנת מספר מכשירים ורכיבים

למרות הנאמר - מותר להגן בשיטת "הפרד-מגן" על מערך ציוד שכולל מספר מכשירים, לדוגמה ציוד בדיקה (צב"ד), כאשר כל הרכיבים שלו מורכבים במסד מתכתי אחד ו/או כלולים במעטה רציף אחד, וגופי המכשירים שבו מסוג I והם מגושים ביניהם באופן גלווני. אם המכשיר או הרכיבים הם מסוג II (במעטפת עם בידוד כפול) - כל אחד מהם מחייב הזנה נפרדת דרך שנאי מבדל.

מקור זינה

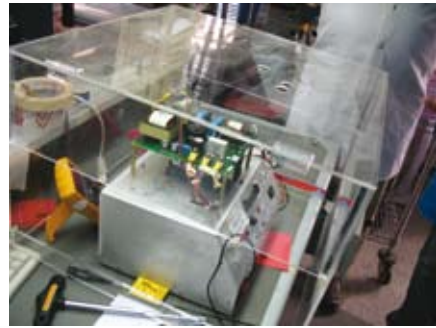
מקור ראשוני לזינה של ציוד אלקטרוני, המוגן דרך הפרד מגן, יכול להיות מצבר, גנרטור, או מקור משני כמו שנאי או ממיר. כאשר משתמשים בשנאי, הוא חייב להיות מסוג "מבדל". אם משתמשים בשנאי מיטלטל, הוא צריך להיות, בנוסף, מסוג II (בעל בידוד כפול). אסור שהמתח בין מוליכי המיתקן המופרד יעלה על 500 וולט.

דרכי הגנה נוספות

- ✓ לבידוד מגעים או מוליכים הנמצאים תחת מתח מסוכן נדרש שימוש באמצעי בידוד בעלי עמידה דיאלקטרית שתתאים למתחים המירביים אשר עשויים להימצא בציוד/במיכשור.
- ✓ נדרשת הצבת מחיצות/מכסים - להפרדה ולמניעת הגעה ומגע באזורים מסוכנים. כמו כן, יש לכסות אזורים מסוכנים באמצעות מכסים מבדדים (איור 3-10).
- ✓ מומלץ לסדר גישה דרך חורים/פתחים במחיצה/מיכסה, כדי לאפשר הכנסת מגעי מדידה (probes) עד לנגיעה בנקודות המדידה (ראו איור 3-11).



איור 11-3: כיסוי אזורים מסוכנים



איור 10-3: עמדת בדיקה מוגנת ע"י כיסויים שקופים היקפיים

- ✓ נדרשות שיטות להקטנת מתח עד לרמה לא מסוכנת.
- ✓ המתכנן/ מפתח חייבים להגדיר ולסמן אזורים ומגעים מסוכנים, כבר בשלב התכנון.
- ✓ בכניסה לאזור עבודה מסוכן יוצבו שלטי אזהרה ודגלונים לסימון מתחים, זרמים מסוכנים וסוגי העבודה.
- ✓ צריך להוריד את זמן החישמול (העברת הזרם) או פריקת המתח החשמלי עד לרמות לא מסוכנות (איור 2-2).
- ✓ יש להשתמש בצידוד מגן אישי להגנה מחישמול ומקשת חשמלית, כגון: משקפי מגן, כפפות מגן וכו'.
- ✓ הזנת הציוד/ המיכשור תהיה דרך "מפסק מגן לזרם דלף" (מימסר פחת) ברגישות 0.03 אמפר או בשיטת "הפרד מגן" (שנאי מבדל), לפי כללי הבטיחות הנדרשים במסמכי תחיקה ותקנים ובהתאם לכללי המקצוע הטובים.
- ✓ כל החלקים החיצוניים, המתכתיים, כולל מישטחי עבודה, כיסויים וחלקים מתכתיים נגישים אחרים (פרט לאנטנות), חייבים בהארקת הגנה TD'.
- ✓ בכל מחלקה צריך להימצא נוהל כללי. בנוסף לנוהל - יש להוסיף שיטות ייחודיות להגנה לפי המוצר ותנאי עבודה.

מפסק חירום

- במקומות עבודה שונים פועלים מיתקנים אלקטרוניים שמאפייניהם הם זרמים ומתחים ברמות מסוכנות.
- לצורך שליטה במצבי חירום, צריך שיהיה מפסק מיוחד, שיאפשר לנתק את אספקת החשמל בשעת שריפה, התחשמלות או אירועי אסון אחרים מסביב למיתקנים, ובכך יסולק פוטנציאל הסיכון החשמלי.
- תכנון אמצעי ניתוק (מפסקים) לחשמל באירועי חירום מתבסס על ניתוח תרחישים אפשריים בעקבות ניתוק החשמל.

1. משה נצר: "חשיפה לשדות מגנטיים בתדר Hz50 - תקנים ותקנות בארץ ובעולם" חוברות 312, 313 של "בטיחות", בטאון המוסד לבטיחות ולגיהות, 2008

כתוצאה מהניתוח הזה תיקבע חלוקת המיתקנים החשמליים במפעל לאזורי ניתוק נפרדים ובהתאם, ייקבע מספר המפסקים ומיקומם. פריסת מפסקי החירום, המיועדים להצלה במקרי התחשמלות, תתוכנן על ידי הממונה על הבטיחות ביחד עם החשמלאי של המפעל. פתרונות לניתוק חשמל במקרי שריפה יסוכמו עם רשות הכבאות המקומית. לרשות זו יש סמכות להציב דרישות משלה גם לגבי התקנת מפסקים לניתוק חשמל בחירום מסוג אחר.

התקנת מספר מפסקי חירום, זה לצד זה, עלולה לגרום לבלבול ולאי-ודאות אשר עלולה להוביל להפעלת מפסק חירום לא נכון. לפיכך, מומלץ להתקין מפסקי חירום בהפרדה זה מזה, ולשלט אותם באופן בולט וברור.

היישום הפיזי של אמצעי הניתוק ייעשה לפי תכנית של מהנדס חשמל, בשילוב עם תכנון התגובה למצבי חירום עם חשמל (ראו נספח 2).

הדרישה למפסקי חשמל לניתוק האספקה בשעת חירום מעוגנת בחקיקות שונות. להלן מספר מקורות חקיקה העוסקים בנושא.

- עפ"י פקודת הבטיחות בעבודה, [נוסח חדש], תש"ל-1970:

סעיף 39, התקני בטיחות אוטומטיים

"חלק מסוכן במכונות ... שמחמת מהות הפעולה אין להשיג את בטיחותו באמצעות מגן קבוע, ידאו כאילו נתמלאו דרישות סעיף 37 (חלקים הטעונים גידור) אם הותקן התקן המונע באופן אוטומטי את המפעיל מלבוא במגע עם אותו חלק." ונוסיף ונאמר: או העוצר מכונה מיד במקרה של סכנה;

סעיף 41, הסדרי בטיחות נוספים

"(א) בכל חדר או מקום שנעשית בהם עבודה יש לספק ולקיים התקנים יעילים שבהם אפשר לנתק מיד את הכוח מן הממסרת שבחדר או במקום."

- ב"תקנות הבטיחות בעבודה (בטיחות וגיהות בעבודה עם גורמים מסוכנים במעבדות רפואיות, כימיות וביולוגיות), התשס"א-2001 נדרש תכנון אמצעי בטיחות וגיהות תעסוקתיים כלליים במעבדה, כלהלן:

תקנה 4, אמצעי בטיחות וגיהות תעסוקתיים כלליים במעבדה

"מחזיק מעבדה ינקוט במעבדה אמצעי בטיחות וגיהות אלה:

- (5) יתקין אמצעי בטיחות מיוחדים להגנת העובדים, לרבות התקנת שילובים (אינטרלוקים) על מכשירים עם מתח חשמלי גבוה (220 וולט או יותר) או על מכשירים עם מערכות מכניות מסוכנות, וכן יתקין לחצן "פטריה" לניתוק חירום של מערכות חשמליות, מפסק ברז גז ראשי וממסר פחת."

הערות:

- ♦ לגבי מפסקי חירום מסוג לחצן "פטריה" נציין כי במרכז המידע של המוסד לבטיחות ולגיהות קיים דף מידע (דף מידע מס' 31) העוסק במפסקי חירום למעגלי חשמל מסוג fail-safe. ניתן לקבלו על ידי פנייה.
- ♦ התקנה עוסקת במעבדות רפואיות, כימיות וביולוגיות אך אין שום מניעה לאמץ את הכלל הזה גם במעבדות העוסקות בנושאי חשמל ואלקטרוניקה.

- ב"תקנות החשמל (התקנת גנרטורים למתח נמוך), התשמ"ז-1983" קיימת דרישה להתקנת מתג להפסקת פעולת גנרטורים המיועדים לשעת חירום במקום נוח לגישה?
תקנה 12, התקן להדממת הגנרטור
"בכל מבנה בו קיים גנרטור לאספקה חלופית יותקן התקן להדממת הגנרטור; ההתקן יימצא במקום נוח לגישה שאישרה רשות הכבאות המקומית";
- בנושא התקנת אמצעי ניתוק חשמל בחירום מוצע להיות בקשר עם שירותי הכבאות המקומיים. להלן 2 דוגמאות לדרישה הנוגעת לניתוק חשמל בחירום, מתוך הוראות נציבות הכבאות וההצלה:
 - ♦ בהוראה מס' 505: "סידורי בטיחות אש בבתי חולים ומוסדות בריאות":
1.1.4.ה', מערכות אנרגיה "לפרט את מיקומן של מערכות החשמל, ... ואת האפשרות לנתק, לבודד ולשלוט עליהן".
 - ♦ בהוראה מס' 506: "אמצעי כיבוי בתחנות תדלוק":
8. אמצעי כיבוי בתחנות תדלוק "בכל תחנת תדלוק, יותקן מפסק חשמל חירום ראשי לתחנה. המפסק יותקן במקום בולט שהגישה אליו נוחה ופנויה".
 - ♦ בהוראה מס' 510: "סידורי בטיחות אש ומניעת דליקות בבתי מלון":
14.5.2. יותקן מתג במקום נוח לגישה להפסקת הגנרטור בשעת חירום."

מפסק חשמל ראשי לחירום - תחזוקה



איור 12-3: מפסק חירום אזורי מסומן בשלב

מפסק ראשי יותקן גם בכל לוח משנה, ויהיה קשר עין בין המפסק שבלוח המשנה לבין המפסק בלוח הזן אותו. אם קיים מעבר חופשי בין הלוחות, שאורכו אינו עולה על 3.0 מטרים, ניתן לוותר על מפסק כאמור. לפי תקנה 23 בתקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט), התשנ"א-1991:
"א) מפסק ינתק לפחות את כל המופעים;
ב) מפסק המותקן בזינה צפה (IT) ינתק את כל מוליכי המעגל למעט מוליכי ההגנה" (מוליכים המחוברים בין גופי מתכת של ציוד המוגן בשיטת זינה צפה).

קיים תקן ישראלי: ת"י 60497 חלק 3: ציוד מיתוג ובקרה למתח נמוך: מפסקים, מנתקים, מפסקים-מנתקים ויחידות משולבות נתיך, שאותו ניתן להשיג בספריית מכון התקנים.

להלן דרישות נוספות:

- "תקנות החשמל (מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1000 וולט), התשמ"ה-1984":
 - תקנה 31, התקנת מפסק למכשיר קבוע או נייד
 - "(א) למכשיר חשמלי קבוע או נייד יותקן מפסק קבוע אשר יתאים לזרם הנקוב של המכשיר;
 - (ב) המפסק יהיה נפרד מהמכשיר ויותקן בטווח ראייה ממנו אלא אם כן ניתן המפסק לנעילה במצב מופסק";
 - תקנה 32, זינה ע"י תקע ובית תקע
 - "(א) על אף האמור בתקנה 31 מותר להזין מכשיר באמצעות -
 - (1) תקע ובית-תקע במקום מפסק, כאשר הזרם הנקוב של בית-התקע אינו עולה על 25 אמפר;
 - (2) חיבור בר שליפה מפסי צבירה ללא הגבלת הזרם שלו, בתנאי שקיים מפסק על גוף המכשיר";
- יש לתחזק את אמצעי הניתוק לחירום בהתאם לכללי התחזוקה של מיתקני חשמל, וזאת בהתאם לדרישות התקנות, התקנים והוראות רשויות הכיבוי הרלוונטיות.
- לפי "תקנות החשמל (התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט), התשנ"א-1991":
 - תקנה 22, מפסק ראשי ומבטח ראשי
 - (א) כל לוח ראשי יצויד במפסק ראשי ובמבטח ראשי לכל סוג אספקה.
 - (ב) בכל מקום בו דרושים מפסק ראשי ומבטח ראשי מותר להשתמש במפסק אוטומטי, במפסק אוטומטי זעיר או במפסק ונתיכים;
 - המפסק יהיה:
 - (1) תלת קטבי או ארבע קטבי בזינה תלת-מופעית;
 - (2) חד-קטבי או דו-קטבי בזינה חד-מופעית."



איור 13-3: שורת מפסקי חירום אזוריים בסמיכות יתירה עלולה להטעות את העובדים בשעת חירום

פרק רביעי: נוהל בטיחות חשמל בעבודות אלקטרוניקה

מטרת הנוהל

הנוהל מיועד לקבוע כללים לרמת בטיחות נאותה במהלך עבודות עם ציוד אלקטרוני. הוראות הנוהל מיועדות לעובדים העוסקים בעבודות עם ציוד אלקטרוני, בעלי כישורים מתאימים בנושא זה, לרבות מהנדסים, הנדסאים וטכנאים או עובדים אחרים. ההוראות מתייחסות למיגון העיסוקים המבוצעים בעת טיפול וטיפול מכשירים וציוד אלקטרוני וחשמלי. מדובר במתחים ובאזורים מסוכנים שבהם חשופים העובדים לסיכונים בטיחות חשמליים שונים, כגון: חישמול באופן גלוני, השראתי או קיבולי; במישרין או כתוצאה של עמידות דיאלקטרית לקויה של המיתקנים או הסביבה; פריצת ניצוץ (קשת חשמלית); קרינות למיניהן; וגם, פגיעות על ידי חומרים כגון, חומרי הלחמה, דבקים ועוד; לרבות יצירת מצבים מסוכנים לעובדים הסובבים את אזור העבודה.

הגדרות

אדם כשיר (עובד מורשה לעבודות חשמל) - אדם המתייג, נועל, או מי שהוכשר לעבוד תחת אנרגיה חשמלית לפי נוהל עבודה במיתקן חי, כולל מדידות ובדיקה חזותית, ללא מגע מיקרי.

אזור מסוכן - אזור או סביבת עבודה שבהם עלול להיגרם נזק לגוף האדם אם תשתחרר אנרגיה מסוכנת בצורה לא מבוקרת. במסגרת חוברת זו - הכוונה לאנרגיה חשמלית שמקורה במוליך חשוף, מקור אנרגיה חשוף, מהשראה, מפריקת קיבול וכד'. אזור מסוכן כולל אזור המאפשר מגע עם מוליך או רכיב חשמלי חשוף.

אלקטרוניקה - ענף בפזיקה העוסק בחקר תופעות חשמליות הקשורות בהתנהגות אלקטרונים בריק ובגז, ובטכנולוגיות מתפתחות המנצלות תופעות אלה, בהן: תקשורת, מיחשוב, מכשירי מדידה ועוד.

אנרגיה (חשמלית) מסוכנת - אנרגיה שבמצב בלתי מבוקר יכולה להוות פוטנציאל לפגיעה בגוף האדם. האנרגיה מתבטאת במתח, בזרם, בקרינה אלקטרומגנטית, בקרינת לייזר, בקבל (טעון או נפרק), סוללה חשמלית במתח שאינו נמוך מאוד וכד'.

בטיחות חשמל (Electrical Safety) - שליטה בסיכונים וצמצום (הפחתה) של סיכונים בציוד חשמלי או בתהליכי עבודות בחשמל.

גורם סיכון (Hazard, Risk Factor) - מצב או פעולה אשר יכולים לגרום נזק לגוף האדם, לרכוש או לסביבה. כל מיתקן חשמלי יכול להיחשב כגורם סיכון.

הארקת הגנה - (TT) - אמצעי הגנה בפני חישמול המאופיין בחיבור מוליכי ההארקה של המיתקן או חלקים מתכתיים של הציוד אל מערכת ההארקה של המבנה.

הגנה מחישמול - שיטות ניתוק ממקור האנרגיה, הגנה על ידי מיגון חשמלי, הורדת מימדי האנרגיה (החשמלית) המסוכנת עד למימדים שלא יגרמו להלם חשמלי (חישמול) או קשת חשמלית (א.ט).

התקן חיבור - לפי תקן ישראלי: ת"י 250 - חלק של מכשיר או ציוד שבאמצעותו נעשה חיבור למוליכים חיצוניים או למכשירים אחרים

חומרת הסיכון - שילוב של ההסתברות שתתרחש תאונה או ייגרם נזק לבריאות, עם גודל הנזק הצפוי (בד"כ מכפלה), אם תתרחש תאונה.

"חי" - מצב של מוליך או אביזר, לרבות מוליך אפס, כאשר מגע בו עלול לגרום לחישמול. חלק הנושא עליו מיטען ההופך לנגיש עקב הסרת מכסים (ללא שימוש בכלים) - מכסי מגן או חלקים המכסים את החלק או מונעים גישה אליו, ייחשב כחלק חי.

חישמול - הופעת מתח חשמלי על גוף מתכת עקב תקלה.

חשוף - מצב של גוף שמעביר זרם חשמלי, כשהוא נטול בידוד או מעטה.

חשמלאי - אדם בעל רישיון תקף לעסוק בביצוע עבודות חשמל לפי חוק החשמל ותקנותיו.

חשמלאי מסוייג - אדם בעל רישיון "חשמלאי מסוייג", כמוגדר בתקנות החשמל (רישיונות). חשמלאי זה מורשה לבצע סוג מסוים של עבודות חשמל כפי שמצוין ברישיון ובמסגרת מקום העבודה שלו בלבד. לגביו קיימת חובה שיוכשר ויוסמך לבצע את העבודות הנ"ל ע"י מהנדס החשמל של מקום העבודה.

כבל מאריך (פתיל הארכה) - מערכת המורכבת מכבל חשמלי תקע ובית תקע - יחיד או רב יציאות - מיטלטל, המיועד לחיבור שני פתילים לפחות ללא עזרת כלים.

מבודד - גוף/חומר המופרד באופן גליוני על ידי חומר בידוד.

מוליך - גוף המיועד להעביר דרכו זרם/מתח חשמלי.

מוליך הארקה - מוליך המחבר גופים מתכתיים החייבים בהארקה למערכת ההארקה של המבנה. לדוגמה: פס השוואת פוטנציאלים, אלקטרודת הארקה וכד'.

מיגון חשמלי - הגנה מפני אזור מסוכן. ההגנה מתבטאת בחסימת האזור המסוכן על ידי מחיצות, מכסים מעטה וכד' מחומר מבודד (א.ט.).

מעגל - מוליכים אחדים, המותקנים יחד ומוגנים על ידי מבטח משותף, כמוגדר בתקנות.

מעגל סופי - מעגל חשמלי שתחילתו במבטח הקרוב ביותר למכשיר חשמלי או לבית תקע במעגל, וסיומו במכשיר או בבית התקע, כמוגדר בתקנות.

"מת" - מצב של מוליך כשהוא מנותק מכל מקור של מתח חשמלי, וחופשי מכל טעינה חשמלית, כמוגדר בתקנות.

מתח גבוה - מתח חשמלי בין מוליכים, בתעשייה ובשירותים, ששיעורו עולה על 1,000 וולט AC או 1500 וולט DC.

מתח מסוכן - מתח חשמלי שנוצר בין מגעים או נקודות שונות במיתקן/ציוד שעולה על 50 וולט בזרם חילופין, או 120 וולט בזרם ישר במיתקנים תעשייתיים (א.ט.).

מתח נמוך - מתח חשמלי בין מוליכים, בתעשייה ובשירותים -
- ששיעורו עולה על 50 וולט AC אולם אינו עולה על 1,000 וולט AC;
- ששיעורו עולה על 120 וולט DC אולם אינו עולה על 1,500 וולט DC.

מתח נמוך מאוד - מתח חשמלי בין מוליכים, בתעשייה ושירותים ששיעורו אינו עולה על 50 וולט AC או 120 וולט DC.

סיכון (risk) - אפשרות של פגיעה גופנית, אבדן חיים או נזק.

ספק כוח - לפי תקן ישראלי: ת"י 250 - מכשיר המקבל אנרגיה, ממערכת הזינה והזן מכשיר אחד או יותר.

עבודה במיתקן חי - כל עבודה במוליכים חיים חשופים או מבודדים, או במוליכים העלולים להיפך לחיים בשעת ביצוע עבודה בציוד, למעט ביצוע מדידות חשמליות בציוד.

עבודות חשמל ("עבודה") - התקנה, בדיקה, שינוי, תיקון או פירוק של מיתקן לרבות השגחה על ביצוע עבודה כאמור ועריכת תכניות טכניות לביצועה.

עובד מושפע - עובד הנמצא בסביבת ציוד או מיכשור אשר עלולים לשחרר אנרגיה מסוכנת (א.ט.).

פתיל זינה (פתיל הזנה של ספק כוח/מכשיר) - פתיל המצויד בקצהו האחד בבית תקע המתאים לתקן ישראלי: ת"י 32, ובקצהו השני, במחבר, המתאים לתקן ישראלי: ת"י 1110 או בתקע למכשיר, המתאים לתקן ישראלי: ת"י 105.

ציוד אלקטרוני (Electronic Equipments) - מכשיר, מיתקן, מערכת ואביזריהם הכוללים רכיבים ומעגלי אלקטרוניקה ומוזנים ממתח חשמלי, המיועד להמרת אנרגיה חשמלית, לאנרגיה מסוג אחר או בצורה אחרת (א.ט.).

ציוד חשמלי - מכשיר, מיתקן, מערכת ואביזריהם המיועדים לצריכה, צבירה ולהמרה במתכוון של אנרגיה חשמלית לאנרגיה חשמלית אחרת או לאנרגיה מסוג אחר.

ציוד מגן אישי - לפי התקנות: ציוד שנועד לשימושו האישי של אדם בעבודה, בדרך של לבישה, הרכבה, חבישה או נשיאה ושתוכנן במיוחד להגנתו מפני סיכון אשר עלול לפגוע בבטיחותו או בבריאותו.

קבל - (Capacitor) - רכיב חשמלי בעל יכולת לאגור מיטען חשמלי.

קשת חשמלית - לפי התקנות החדשות בדבר עבודה במיתקן חי או בקרבתו: פריצת אנרגיה הנוצרת מצבירת גזים יוניים, שנהפכת לפלזמה בין מוליכי חיבור חשמלי קיים או בין שתי אלקטרודות עם פוטנציאלים שונים. קשת חשמלית בעבודות חשמל היא תוצאה של כשל טכני או של טעות אנוש הנגרמים בטיפעול הציוד במערכת החשמל.

שיטה להפעלת הנוהל

מותר לבצע עבודות לפי כללים שהוגדרו בנוהל ועל ידי עובדים שהוכשרו וקיבלו הרשאות והוראות לביצוע עבודות. ההכשרה מותנית בקיום תעודות על לימודים והשתלמויות מקצועיות וכן, רישיונות מקצועיים בתחום ביצוע עבודות חשמל בציוד אלקטרוני. מלכתחילה, יש לוודא קיום ותקינות מערך עזרה ראשונה והוראות להגשתה. הנוהל יחול על כל עובדי המפעל לרבות עובדי קבלן המועסקים בתחום זה.

היקף העוסקים ותחולה

הרשאות בטיחות והרשאות עבודה מבוססות על מערך ניהול הבטיחות של הארגון. הן חלות על כל עובד, מיכשור וציוד המוזן ממתח חשמלי. במושג "עובדים" כלולים מפקחים ובודקי ציוד ומיכשור כנ"ל. הנושא חל, כמוכן, גם על עובדי קבלן וכוח-אדם העוסקים בעבודות עם ציוד ומיכשור כזה במפעל.

הרשאה של חשמלאי מסויג לביצוע עבודות חשמל במיתקן חי

כדי לבצע עבודות ובדיקות במיתקן חי - קיימת דרישה בתקנה 14 לתקנות החשמל (עבודה במיתקן חי או בקרבתו), התשס"ט- 2008, לרישיון חשמלאי ברמה מתאימה לנתוני המיתקן.

כאשר מדובר בצידוד אלקטרוני שיש בו מתחים מסוכנים (ראו הגדרה) - נדרש שהעובד יהיה בעל רישיון חשמלאי מתאים או לחילופין - בעל רישיון חשמלאי מסויג (הדרישות לנ"ל מפורטות בתקנה 28 של תקנות החשמל (רישיונות), התשמ"ה-1985). כך, עפ"י התקנות והחלטת ועדת משנה לפירושים של מינהל החשמל, במשרד התשתיות הלאומיות.

הרשאות והוראות לעבודה ולבטיחות

הרשאת עבודה - היא אישור לביצוע עבודות שינתן על ידי מנהל היחידה בה מתבצעת העבודה. הרשאת העבודה מהווה מסמך מחייב. הרשאת עבודה תינתן בכתב.

הרשאת בטיחות (ראו דוגמה בנספח 1) - נדרשת בנוסף ל"הרשאת עבודה" לביצוע עבודה מסוכנת. ההרשאה תינתן על ידי מנהל, או עובד שהוסמך מטעמו. הרשאת בטיחות תינתן לכל סוג עבודה או תהליך חדש, לכל מיתקן, לצידוד/מכשיר חדש, ותכלול הוראות בטיחות רלוונטיות.

הרשאת הבטיחות היא מסמך מחייב.

מילוי הדרישות המפורטות בהרשאת הבטיחות, הוא תנאי הכרחי לפני חתימה על הרשאת העבודה ולפני תחילת ביצוע העבודה הרשומה בה.

הוראות הבטיחות כוללות התייחסות לנושאים הבאים:

- קריטריונים להגדרת אזור מסוכן.
- רמת ההכשרה הנדרשת מהעובד לצורך הפעלת התהליך המצוין.
- פירוט הסיכונים המתקיימים במהלך תהליכי העבודה, הבדיקה, הפירוק וההרכבה, המדידה, החיבור לצידוד/מיכשור אחר. במקביל יפורט צידוד מגן אישי המתאים לכל סוג עבודה.
- שיטות למיגון חשמלי במסגרת תהליך העבודה.
- הנחיות לעבודה ב"אזור מסוכן" (כולל שימוש בחומרים מסוכנים ונפיצים), לדוגמה: לפי תקן ישראלי: ת"י 60079 - "צידוד חשמלי לשימוש באטמוספירות נפיצות", אם זהו המקרה.
- הנחיות לעבודה בסביבת קרינה אלקטרומגנטית (מיגון וסיכון).
- הנחיות לעבודה עם צידוד לקרינת לייזר (סיכונים והגנה).
- הגנה מחשמל סטטי (שימוש באמצעי מניעה ושליטה בפא"ס - ElectroStatic ESD Discharge).

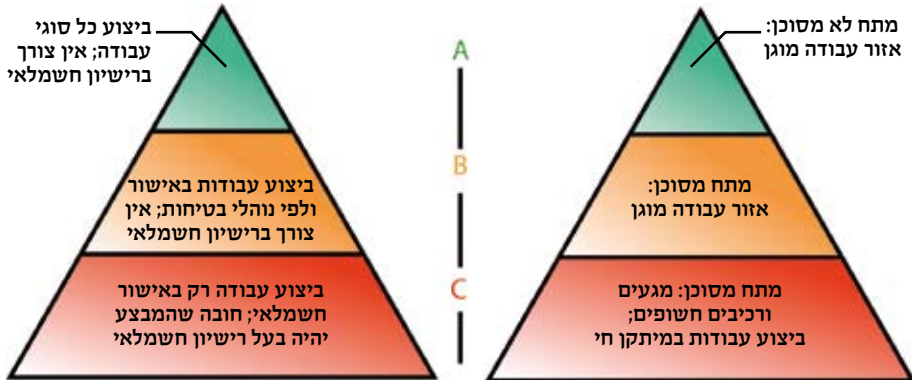
- דרישות הגנה משימוש כללי, הכוללות הגנת כל עמדת עבודה דרך מפסק מגן, הארכת הגנה וכו'.
- כללי התנהגות במצב חירום (הוראות חירום).

קריטריונים לבחירת אזור מסוכן

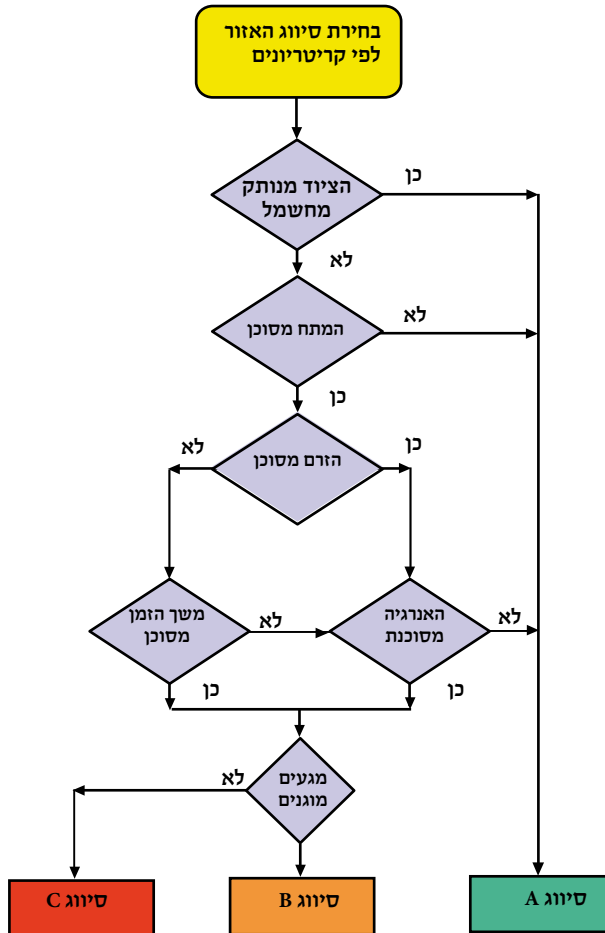
- קריטריונים להגדרת אזור מסוכן בצידוד אלקטרוני, לפי השלבים 1-4 להלן, לביצוע עבודות מסוג B ומסוג C (ראו גם תרשימים 1-1 ו-2):
1. לפי מתח מגע "חשמלי מסוכן", כולל סוג המתח והתדר. לדוגמה: האזור ייחשב כמסוכן אם המתח הוא מעל 50 וולט AC בתדר של 50 הרץ, או מתח מעל 120 וולט DC.
 2. אם קיים מתח מגע חשמלי מסוכן, עוברים לבחירת סף הזרם אשר מסכן את גוף האדם, כולל מסלול מעבר הזרם המסוכן ביותר דרך גוף האדם (ראו טבלאות 1, 2, ואיורים 2-1, 2-2).
 3. אם המתח והזרם מסוכנים, עוברים לבחירת סף משך הזמן של העברת זרם חשמלי דרך גוף האדם - לפי תקנות ומחקרים (ראו איור 2-2).
 4. בנוסף, יש לקחת בחשבון אנרגיה חשמלית מסוכנת, כולל קשת חשמלית (ראו טבלה אם כל השלבים המסוכנים מוגנים מנגיעה מקרית או מוגנים בפני פגיעה אחרת, ניתן להגדיר את סוג העבודה באזור כ-B (ראו תרשימים 1-1 ו-2).
- לפיכך אם כל השלבים הם מסוכנים ולא מוגנים, יש להגדיר את העבודה באזור כ-C ולהגדיר את תהליך העבודה כתהליך מסוכן ולנקוט צעדים עפ"י: ביצוע עבודה בצידוד אלקטרוני "חי" לפי דרישות "תקנות החשמל (עבודה במיתקן חי או בקרבתו), התשס"ט-2008".

סוגי עבודות חשמל ודרכי הפעולה המתאימות

להלן - "משולשי סיכונים" ותרשים זרימה, להתווית הדרך הנכונה לביצוע העבודות. לצורך בחירת דרך בטיחותית לביצוע עבודות חשמל בצידוד אלקטרוני, ניתן לחלק את מיגוון העבודות ל-3 סוגים: A, B, C, כשלכל סוג מגדירים קיום סיכון, רמת הסיכון, או אי קיום סיכון. מכאן, בוחרים תהליך בטוח לביצוע, שיכלול בדיקה אשר תוודא היעדר סיכון או תדרוש נקיטת כל אמצעי הבטיחות הנדרשים, כולל אישורים ופיקוח, בטרם תחילת העבודה. בהמשך יצינו קריטריונים אשר מאפשרים לבחור את סוג העבודה המתאים לפי הסיכונים הכרוכים בצידוד שבו מבצעים את העבודות.



תרשים 1: "משולשי סיכונים" לסיווג בטיחות עבודות חשמל בציוד אלקטרוני



תרשים 2: תרשים זרימה עקרוני לבחירת סיווג העבודה

נוהל עבודה - ריכוז דרישות לביצוע עפ"י סיווג האזור

(יש לסמן X במשבצות הרלוונטיות - לביצוע)

אזור בסיווג A:

- עבודות בציוד אלקטרוני שאינו תחת מתח או באזור לא מסוכן (לפי הגדרה):
- על הציוד להיות מנותק ממקור הזרם.
 - יש לפרוק מתח מכל רכיב קיבולי.
 - יש לוודא היעדר מתח בכל הרכיבים של המערכת, הציוד ובמכשירים עם השראה סביבתית.
 - יש לתת אישור עבודה במיתקן חשמלי "מת".

אזור בסיווג B:

- עבודות בציוד אלקטרוני הפועל באזור מסוכן, מוגן:
- אזור העבודה מוגן ואינו חשוף למגע מקרי.
 - ביצוע בדיקה חזותית בלבד.
 - יש לתת אישור עבודה בציוד אלקטרוני "מת" יחד עם הרשאת בטיחות במיתקן מנותק מחשמל.
 - ביצוע מדידות בלבד - העובד יהיה בעל רישיון חשמלאי, לאחר הכשרה והרשאה לעבודה.

אזור בסיווג C:

- אזור עבודה מסוכן. קיימת אפשרות למגע מקרי באופן ישיר או בלתי ישיר עם מתח מסוכן ורכיבים מסוכנים:
- אזור/מגע מסוכן לפי הקריטריונים המוגדרים.
 - יש לתת אישור עבודה בציוד אלקטרוני "חי" יחד עם הרשאת בטיחות.
 - יש לעבוד לפי הגדרות "ביצוע עבודה במיתקן חשמלי חי או בקירבתו".
 - העובד יהיה אדם כשיר (בעל רישיון חשמלאי, לאחר הכשרה והרשאה לעבודה).

הוראות למצבי חירום בחשמל

- בכל מקום עבודה בחשמל עם ציוד אלקטרוני צריכות להימצא:
- הוראות התנהגות במצב חירום כללי שיכללו: הוראות ניתוק/חיבור מיתקן חשמלי במהלך אירוע חירום (ראו נספח 2)
 - הוראות עזרה ראשונה כלליות, ובמיוחד לנפגעי נפילה מגובה, מאחר שעבודות חשמל רבות מבוצעות במיקומים גבוהים היוצרים סיכוני עבודה בגובה.
 - הוראות לשיחורר מחישמול ולהגשת עזרה ראשונה למי שהתחשמל (ראו נספח 3).
 - דרכי הזמנת טיפול רפואי מתאים.

אחריות

האחריות לביצוע נוהל זה חלה על כל המנהלים, העובדים והממונים על הבטיחות - כל אחד בתחמומו.

שיטת ביצוע העבודה (יישום הנוהל)

ביקורת טרם ביצוע עבודה

✓ המבצע לא יתחיל בעבודה, כולל הכנסת ציוד/מיכשור, ציוד בדיקה (צבד"ים) וחומרים, ללא קבלת הרשאת עבודה והרשאת בטיחות מהמנהל במקום העבודה או מהאחראי מטעמו. ההרשאות תכלולנה הגדרת סוג העבודה, הגדרת סוג עבודות החשמל, אישורי בטיחות לעבודות בחשמל, אישורים על בדיקות כלים וצב"דים, וכד'.



איור 1-4: לפני תחילת עבודה במיתקן חי - יש להסיר מהידיים טבעות, צמידים, שעונים

✓ המנהל במקום העבודה או האחראי מטעמו יוודאו את קיום כל התנאים הנדרשים לקיום בטיחות בחשמל במקום העבודה, קיום ותקינות ההגנות מחישמול, כולל שימוש בציוד המגן האישי שנדרש.

✓ המבצע יוודא שקיים סימון (על ידי סרט, דגל או צבע בולט) של האזורים המסוכנים, המוגנים או החשופים, על גבי הציוד/המיכשור שמבצעים בו עבודות ו/או על גבי תרשימי המעגלים החשמליים והאלקטרוניים.

✓ הארגון אחראי לתקינות ציוד/מיכשור, צב"דים, כלי עזר, ציוד מגן אישי, שישתמשו בהם לביצוע העבודות, כולל תעודות ו/או אישורי בדיקה בתוקף של ציוד הטעון בדיקה תקופתית (רשימה של ציוד כזה תופיע בהוראות הבטיחות הכלליות שבאולם העבודה).

✓ המנהל במקום העבודה או האחראי מטעמו אחראים להנחות את העובדים המבצעים את העבודה לגבי הסיכונים בעבודה, דרישות הבטיחות והשימוש בציוד מגן אישי.

✓ בכל אולם או חדר עבודה יימצא אוגדן עם הוראות הבטיחות לביצוע עבודות חשמל בציוד/מיכשור המטופל, כאשר הם מאושרים על ידי מנהל היחידה.

פיקוח וביקורת במהלך ביצוע העבודה

- ✓ מנהל הארגון/היחידה או עובד מטעמו יעקבו אחר יישום דרישות הבטיחות לביצוע העבודה, כמפורט בהוראות ובהוראות העבודה.
- ✓ נוכחות של מבקר כנ"ל מותרת ורצויה - בידיעה ובאישור של האחראים במקום.
- ✓ המבקר ידווח על סיכונים ועל אי-ציות לכללי הבטיחות במקום למנהל היחידה או הארגון.
- ✓ מותר, ובהתאם לסיכונים - נחוץ, להציב צופה צמוד במקום ביצוע העבודות, לזמן הנדרש.
- ✓ כללי "עשה" בהקשר לעבודה:
 - לפני ביצוע העבודה:
 - ◆ לוודא שאין "הזנה חשמלית כפולה" לציוד/ מיכשור.
 - ◆ לוודא שפתילי הזינה והכבלים המאריכים מתאימים לציוד/מיכשור ולשימוש בהם, ושהם תקינים (ראו סעיף "שימוש באביזרים").
 - ◆ לוודא שהקבלים הקיימים במערכות המטופלות לא יהיו בסיכון לפריקה דרך גוף האדם או דרך הציוד, ולא יהיו בסיכון להתפוצצות במהלך ביצוע העבודות.
 - ◆ לנתק את מתג הזינה החשמלית לפני פתיחת כל מכסה של ציוד/מיכשור.
 - ◆ לבצע בדיקות תקינות של ציוד/ מיכשור, כלי עבודה חשמליים ומכשירי מדידה, כולל צב"דים.
 - ◆ לוודא שהתקני החיבור תקינים ומצוידים בהתקני הגנה כגון: בידוד, הארקה, לבעלי בידוד כפול - הזנה דרך מפסקי מגן, כנדרש בתקנות החשמל.
 - ◆ לוודא קיום מפסק חירום להפסקת הזרם במעגלי העבודה.
 - ◆ מיכשור וציוד מדידה ובדיקה חייב להתאים לסוגי המתח ולייעודה של העבודה המבוצעת באמצעותו.
 - ◆ אין לאלתר אמצעים להולכת מתח או ליצירת מעגלים עוקפים ללא אישור הממונה/האחראי על העבודה.
 - ◆ אין לאלתר אמצעים להולכת מתח או ליצירת מעגלים עוקפים על ידי חוטים בלויים ובלתי מתאימים.
 - ◆ יש למנוע מגע בין ציוד/מיכשור לבין חומרים כימיים, שמנים, או חלקים חדים או חמים. מגע כזה עלול לפגוע בשלמות חוטים ו/או פריטים אלקטרוניים רגישים ולהפוך אותם למוקדי סיכון.
 - ◆ יש להשתמש בציוד מגן אישי ובלבוש מתאים, תקני ותקין לביצוע העבודות.
 - ◆ לוודא קיום ותקינות ציוד לעזרה ראשונה באזור העבודה.
 - ◆ יש לדווח מיד למנהל על כל סיכון או אי התאמה של ציוד ותנאי עבודה לכללי העבודה ולהוראות הבטיחות.
 - ◆ אישור לביצוע העבודה יינתן לפי הגדרות סוג העבודה.

• בגמר ביצוע העבודה:

- ◆ בגמר העבודה, המבצע חייב לנתק ולבדוק ניתוק של ציוד/מיכשור, צב"דים וכו' ממקורות מתח.
- ◆ לפרוק מחשמל כל אביזר שמכיל קיבול חשמלי או שעשוי להוות מקור להשראה חשמלית.
- ◆ רק לאחר השלמת הנ"ל - אפשר להסיר את המיגונים מחישמול שהותקנו, ולסגור מכסים פתוחים; יש להסיר גם סימונים ושלטי אזהרה שסיימו את תפקידם.
- ◆ יש לנקות את מקום העבודה.

בסוף יום העבודה - יש לנתק את מפסק הזנת החשמל לעמדת העבודה.

פרק חמישי: שימוש באביזרים - תקעים, שקעים ומה שביניהם

בתי תקע ותקעים לפי תקנים ישראליים

בשוק המוצרים בארץ נתקלים בשימוש בתקעים ובבתי-תקע (שקעים) שונים שמקורם במדינות שונות, שאינם עומדים בדרישות התקן הישראלי. שימוש כזה עלול לגרום לכך שהמכשיר המחובר לתקע והמשתמשים בו יהיו ללא הגנה מחישמול (ראו איור 5-1). הדרישות בנוגע לתקעים ולשקעים (בתי תקע) הוגדרו בתקן: ת"י 32. חלק 1.1 של התקן מתייחס לתקעים ולבתי תקע לזרמים חד-מופעיים עד 16 אמפר, וחלק 2.1 חל על תקעים ובתי תקע לזרמים תלת-מופעיים עד 32 אמפר.

התקן חל על תקעים ובתי תקע קבועים או מיטלטלים לזרם חילופין בלבד, הכוללים או שאינם כוללים מגעת (פין) הארקה, אשר המתח הנקוב שלהם גדול מ-50 וולט ואינו גדול מ-250 וולט. השימוש באביזרים אלה מותר בתוך מבנה או מחוצה לו. תקן זה חל גם על פתילי זינה של כבלים מאריכים שאורכם עד 100 מטרים.

מיום פרסום רויזיה של התקן הזה (נובמבר 2007) - תקעים בעלי פינים שטוחים לא מתאימים יותר לדרישות התקן הישראלי. פני התקעים הנדרשים בתקן הם פינים עגולים בקוטר שצוין בתקן - מצב המגדיל את שטחי המגע ואת חוזק המגע.

בתעשייה משתמשים גם בבתי - תקע ותקעים משוקעים, לפי ת"י 1109. ת"י 1109 חל על תקעים, בתי-תקע, ומערכות החיבור אליהם (להלן: "אביזרים") לשימוש בתעשייה. האביזרים שתקן זה חל עליהם, מיועדים לשימוש במתח עבודה נומינלי שאינו גבוה מ-690 וולט בזרם ישר או חילופין, בתדר שאינו גבוה מ-500 הרץ בזרם חילופין ובזרם נומינלי שאינו גדול מ-250 אמפר.

האביזרים שתקן זה חל עליהם מיועדים לשימוש בתוך מבנים או מחוץ להם. רשימת הערכים הנומינליים העדיפים אינה מיועדת לפסול ערכים נומינליים



איור 5-1: תקע התואם לתקן אירופי אך אסור לשימוש בישראל בגלל אי התאמה לתקנים המקומיים. מיקום החיבור להארקה על צידו של גוף התקע יותיר את התקע ללא חיבור להארקה בבית תקע רגיל בישראל בנוסף: גם חיבור הפתיל אל התקע איננו תקין



איור 5-2: דוגמת מתאם בין בית-תקע רגיל (ת"י 32) לתקע משוקע עפ"י ת"י 1109

אחרים שבשימוש, ושנשקלת האפשרות לקבוע דרישות לגביהם. תקן זה חל על אביזרים לשימוש בטמפרטורה אופפת של 25°C - 40°C . התקן חל על אביזרים המיועדים להתחבר לכבלים העשויים נחושת או סגסוגת נחושת בלבד. האביזרים שתקן זה חל עליהם מותרים לשימוש גם באתרי בנייה ולשימוש חקלאי, מסחרי וביתי. התקן חל גם על בתי-תקע או על בתי-מחבר הכלולים בצידוד חשמלי או המותקנים בו. תקן זה חל גם על אביזרים



איור 3-5: המיתקן מאולתר אך התקע מתאים לתקן הישראלי: ת"י 1109

המיועדים לשימוש במיתקני מתח נמוך מאוד. תקן זה אינו חל על אביזרים המיועדים בעיקר לשימוש ביתי ולשימוש כללי דומה. במקומות ששוררים בהם תנאים מיוחדים, כגון באניות או באטמוספירות נפיצות, ייתכן שהאביזרים יידרשו לעמוד בדרישות נוספות (עפ"י תקנים רלוונטיים). ריבוי בתי תקע וחיבור מכשירים בצורה לא מבוקרת למקור זינה אחד (ראו איור 5-5) עלולים לגרום לעומס יתר, שריפות והפרעות לצידוד. אביזרי חיבור לא תקינים ופגומים: מכסים חסרים מסכנים את העובדים.

פתילי זינה וכבלים מאריכים

סיכונים

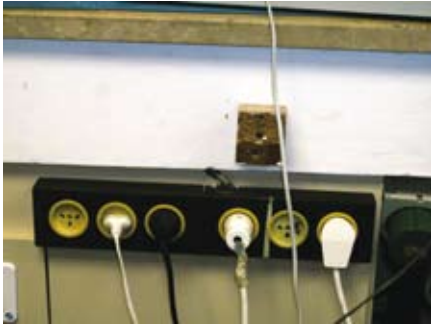
פתילי זינה וכבלים מאריכים משמשים במערכות העבודה לצורך הזנת מתח חשמלי לפריטי צידוד שונים. אביזרים אלה משמשים בכל מקום, וכל אדם - גם מי שאינו בעל מקצוע בחשמל - מרשה לעצמו לטפל בהם. חוסר מודעות והתייחסות לא רצינית לסיכונים הטמונים בפתילי זינה ובכבלים מאריכים גורמים לתאונות רבות שבהן מעורבים האביזרים האלה.

מנתוני תאונות המוות מחישמול בעבודה של אגף הפיקוח על העבודה שבמשרד התמ"ת מתברר כי כ- 31% מתאונות המוות בעבודה מחישמול, מקורן בפתילי זינה ובכבלים מאריכים שהיו לא תקינים או פגומים¹.

חתכים ונתונים של פתילי זינה

- בית תקע מיטלטל חד-מוצאי או רב-מוצאי, המחובר לתקע בעל מגע הארקה יהיה מצויד בפתיל אשר חתך הגידים שלו יהיה לפחות 1.5 מ"מ².
- בית-תקע מיטלטל חד-מוצאי או רב-מוצאי, המחובר לתקע ללא מגע הארקה, יהיה מצויד בפתיל בעל שטח חתך של 0.75 או 1.0 או 1.5 מ"מ, בהתאם לייעודו והספקו.
- פתיל זינה לצידוד/ מכשיר עם בידוד כפול יהיה בעל שני פינים. אין להשתמש בהתקני חיבור עם מגעים חשופים (ראו איור 1-5, 1-6, 1-7, 1-8).

1. ראו: "מוות מחישמול בעבודה בישראל", אינג' פיטר מגנוס וד"ר אלכס טורצקי, ביטאון המוסד לבטיחות ולגיהות, גיליון 294, פברואר 2005
2. ראו: "כבלים מאריכים ופתילי זינה להזנת מכשירי חשמל, דרישות והוראות בטיחות". ד"ר אלכס טורצקי
ב- http://www.osh.org.il/uploadfiles/d_1604_hashmal_kabel-maarih.pdf



איור 5-5: שורת בתי תקע עם סימני חריכה ופתיל פגום שגם מותקן באופן לקוי



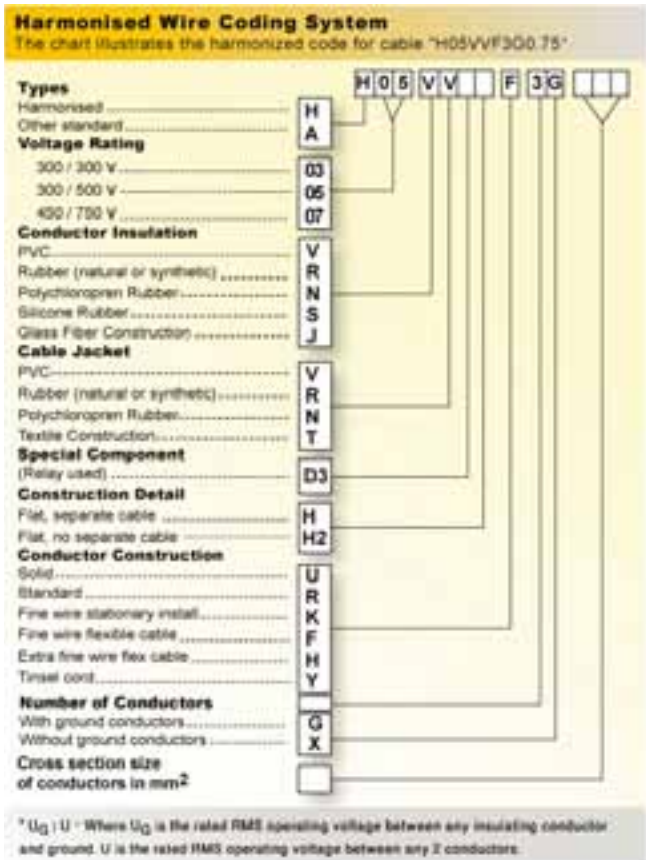
איור 5-4: תקעים למתחים שונים בצורות שונות

דרישות לכבלים מאריכים

- כבל מאריך חייב להיות שלם לכל אורכו ומצויד בבתי תקע ותקע מתאימים. כבל מאריך עם בידוד פגום ייפסל.
- תיקון פריטי כבל מאריך שלא על ידי חשמלאי מורשה אסור בהחלט.

סוגי כבלים מאריכים:

- ◆ PVC - פוליווינילכלוריד - בידוד חיצוני רגיל או דומה המקובל עבור כבלים מאריכים ופתילי זינה בתנאי עבודה קלים.
- ◆ XLPE - פוליאית'לן מוצלב או סוגים של בידוד נטול הלוגן - מקובל בתנאי עבודה קשים - לעמידה בחום, בפגיעות ובפני חומרים שונים.



איור 5-6: סימון כבלים מאריכים ופתילי זינה

טבלה 11: התחממות מותרת של כבלים

XLPE	PVC	הטמפרטורה האופפת באוויר	חומר בידוד חיצוני
90°C	70°C	35°C	טמפרטורה מרבית מותרת בזרם מתמיד, מרבי, במוליך
250°C	160°C	35°C	טמפרטורת עמידות מרבית

דרישות לתופי כבלים

תופי הכבלים יעמדו בדרישות התקן ת"י 4185: תופי כבלים לשימוש תעשייתי, אדר תשנ"ח - מרץ 1998 (תקן רשמי).

הדרישות לתופי כבלים לשימוש תעשייתי לפי התקן הנ"ל:

- התקן חל על תופי כבלים לשימוש במתח ישר או חילופין עד 690 וולט, תדר 500 הרץ וזרם עד 63 אמפר.
- תוף כבל יכול לבית תקע משוקע (לפי ת"י 1109), אחד לפחות, ומותר לאבזר גם עם בית תקע רגיל (לפי ת"י 32).
- סימון על התוף: סוג המתח, מתח נומינלי, דרגות הגנה, עומס מרבי מותר כשהכבל מגולגל כולו וכשהוא פרוס לגמרי. לדוגמה:
- 400 וולט, 1000 ואט כשהכבל מגולגל כולו;
- 499 וולט, 3500 ואט כשהכבל פרוס כולו.
- ציון דגם התוף וסימון UV על תוף המיועד לשימוש מחוץ למבנים.
- התוף יהיה שלם וחלק, כדי שהכבל החשמלי הנגלל עליו לא ייפגם.
- הקוטר המיזערי של התוף יהיה לפחות 8 פעמים הקוטר המרבי של הכבל הנגלל עליו.
- התוף יהיה עשוי מחומר מבודד.
- בתי התקע המחוברים לגוף התוף יעמדו בדרישות התקן: ת"י 32, או ת"י 1109.

השימוש בבתי תקע ותקעים רגילים (תקעים ביתיים)

אביזרים אלה מיועדים להפעלה במתח שמעל 50 וולט ועד 250 וולט, אשר הזרם הנקוב עליהם מגיע עד 16 אמפר. תחומי השימוש בבתי התקע הרגילים, בד"כ, בבית במשרד ובתעשייה - באזורים שבהם אין אפשרות לפגיעה מכנית באביזרים.

- לבתי תקע מיטלטלים חד מוצאיים ורב מוצאיים, בעלי פתיל המחובר לתקע בעל פין ("מגעת") הארקה, יהיה פתיל ששטח חתך הגידים שלו הוא 1.5 ממ"ר לפחות.
- לבתי תקע מיטלטלים חד מוצאיים ורב מוצאיים, בעלי פתיל המחובר לתקע ללא מגעת הארקה, יהיה פתיל ששטח חתך הגידים שלו הוא 0.75, 1.0 או 1.5 ממ"ר, בהתאם לייעודו.

הסימון על גבי בתי תקע ותקעים

- פין (מגעת) הפאזה יסומן באות "L" בלבד.
 - פין (מגעת) האפס יסומן באות "N" בלבד (ולא בסימן "0").
- אם בבית התקע ישנם חלקים העשויים מאלומיניום או מסגסוגת אלומיניום - לא יהיה מגע ישיר בין האלומיניום או סגסוגת האלומיניום לבין מוליך הארקה העשוי נחושת.

הזנה ממתח, זרם או תדר שונים

אם הותקנו באותו מיתקן מעגלים סופיים הניזונים מסוגי זרם או מתח או בתדרים שונים אלה מאלה - יהיו לכל סוג זרם, מתח, או לכל תדר בתי תקע בעלי צורה שונה (ראו איור 5-4); המבנה של בית התקע צריך להבטיח שלא יהיה ניתן לחבר אליו תקע מסוג אחר.

הוראות שימוש

- ✓ ודאו שהתקעים והכבלים החשמליים המחוברים אליהם יהיו שלמים.
- ✓ ודאו שהשקעים (בתי התקע) מחוברים היטב לקיר והמכסה/המסגרת שלהם שלמים.
- ✓ השתמשו אך ורק בתקעים ובבתי-תקעים המתאימים לתקן הישראלי.
- ✓ בתקע דו-פיני מותר להשתמש אך ורק במכשירים בעלי בידוד כפול. אל תשתמשו בתקעים ללא פין הארקה תיקני למכשיר שאיננו מסומן כבעל בידוד כפול.
- ✓ כאשר שולפים את התקע מהשקע - הדקו את כיסוי השקע ביד אחת, כדי שלא יישלף מהקיר, ומישכו את התקע ביד השניה, כאשר אתם אווזים בגוף התקע (ולא בפתיל הזינה).
- ✓ אל תמשכו בפתיל הזינה כדי לשלוף את התקע מהשקע.
- ✓ אל תשתמשו בתקע או בשקע שבורים או חרוכים.
- ✓ אל תשתמשו בתקע שאיננו מתאים לשקע.
- ✓ אל תשתמשו בבית תקע שאינו מקובע היטב לקיר.

ציוד בדיקה (צב"ד)

ציוד בדיקה (צב"ד) או בשמו המלא: ציוד מדידה, בדיקה ואימות, הוא חלק ממערכת בדיקת מערכות אלקטרוניקה וחומרה בסוגי ציוד שונים: מיתקנים, מכונות, מכלולים ומוצרים קטנים שונים, ועד למערכות תקשורת מורכבות (איור 5-7).



איור 5-7: דוגמאות לצב"דים

כלרכיב, מכלול, מכשיר ומערכת אלקטרונית זקוקים לציוד בדיקה ספציפי במהלך שלבי הפיתוח, הייצור והתחזוקה שלהם. בדיקות אוטומטיות בעזרת צב"ד מחייבות ציוד ייעודי ומורכב. צב"דים שונים מיוצרים

לצורכי יצרני המוצרים אך חלקם הגדול מצוי בשימוש פנים מפעלי. בציוד בדיקה תעשייתי מתייחסים, עפ"י הרוב, לתהליכי החיבור והשימוש כתהליכים משניים, שגרתיים, ללא נקיטת צעדים עפ"י כללי הבטיחות הנדרשים וללא התאמת הוראות שימוש ובטיחות לעבודה במפעל, וכך נוצר סיכון בטיחותי בהפעלתם.

הסיכונים העיקריים בשימוש בצב"דים:

חיבורים לא תקינים ומסוכנים, כמו כבלים, פתילי זינה, חיבורי בית תקע - תקע (איורים 5-8, 5-9, 5-10, 5-11, 5-12, 5-15, 5-16, 5-17). במקרים רבים מסתפקים בספקי כוח חשופים (איורים 5-9, 5-10, 5-17).



איור 9-5: חיבורים לא תקינים מסוכנים



איור 8-5: חיבורים לא תקינים מסוכנים



איור 11-5: חיבורים לא תקינים מסוכנים



איור 10-5: חיבורים לא תקינים מסוכנים

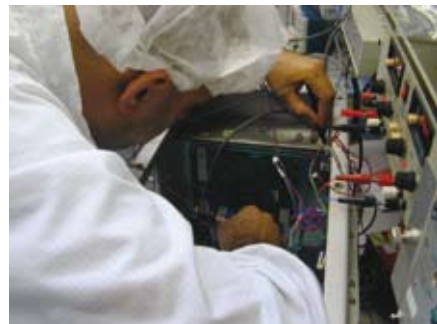


איור 13-5: מגעים וחיבורים חשופים לנגיעה מקרית



איור 12-5: חיבורים לא תקינים מסוכנים

- מתחים וזרמים ברמות שונות ובתדרים שונים, עם סיכונים שונים, שבדרך כלל לא מודגשים בהוראות העבודה והבטיחות הנוגעים לציוד.
- שימוש בסוללות ובקבלים עם סיכוני נפיצות ניכרים (איורים 10-5, 15-5).
- קיים חוסר בהארקות הגנה או שהארקות אינן תקינות.



איור 14-5: מצב שאינו מאפשר גישה נוחה ובטוחה

- הגישה לנקודות הבדיקה והמדדה אינה נוחה, במקרים רבים, וגורמת לבעיות ארגונומיות (איור 14-5).
- המגעים החשופים במקומות שונים של הציוד והמיכשור נמצאים תחת מתח חשמלי מסוכן (איורים 13-5, 16-5).
- לא הוכנו הוראות בטיחות לשימוש בצב"דים, ולכן לא נוקטים בצעדי הגנה בטיחותיים.



איור 16-5: מסד של ציוד בדיקה עם מגעים חשופים. בנוסף, הציוד מוצב במסלול מעבר



איור 15-5: מגעים ורכיבים חשופים לנגיעה מקרית



איור 17-5: מגעים חשופים במהלך עבודת הרכבה

- המערכות לא קבועות והן משתנות מעבודה לעבודה, מה שמוביל לאיתור אמצעי בטיחות, אם בכלל טורחים להתקינם.
- עמדות מדידה לא מסודרות (ראו איור 10-5).
- במהלך השימוש בצב"דים מתקיימים סיכונים גיהות, כמו קרינה מסוגים שונים, סיכונים מאביזרים אופטיים כמו לייזר, שדות אלקטרומגנטיים, פליטת גזים, חום וכד'. במקרים רבים לא משקיעים תכנון ואמצעים להצבת מיגון מתאים בתחנות העבודה.
- נגרמות הרבה פגיעות מכניות מחלקים נעים וחדים.
- קיימים סיכונים נפיצות ושריפות בציוד ובתהליכי הבדיקה, במיוחד כאשר מאותרות תקלות.

ציוד עזר נוסף



במעבדות לעבודות על ציוד ומיכשור אלקטרוני משתמשים בציוד עזר חשמלי מסוגים שונים. הציוד הזה, מיטלטל ומוחזק ביד בשעת השימוש בו, חייב להיות מסוג "בידוד כפול" - כולל הזנה מתקע דו-פיני, ללא פין הארקה (איורים 5-18, 5-19, 5-20).

איור 5-18: מכשיר לחימום שרוולי בידוד. המכשיר מוזן בפתיל דו-גידי אך חסר עליו סימון "בידוד כפול"



איור 5-20: מכשיר לחימום שרוולי בידוד. המכשיר אינו מתאים ליעודו: איננו מסוג בידוד כפול ובעל גיד הארקה בתקע שלו



איור 5-19: מכשיר הדבקה חשמלי אוניברסלי. מוזן בפתיל דו גידי אך חסר עליו סימון "בידוד כפול"

פרק ששי: מניעת חשמל סטטי ופריקתו

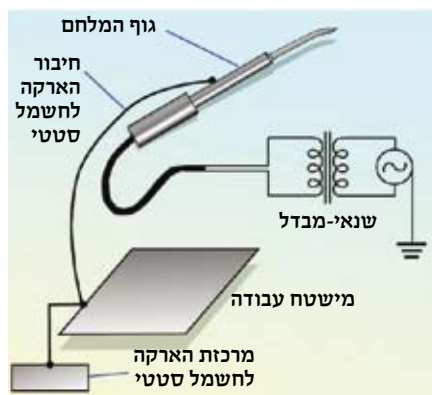
חשמל סטטי אשר מצטבר על גוף העובד, על הביגוד שלו, על המלחם, על המעגלים האלקטרוניים שעליהם מבוצעות עבודות ההלחמה וכו', מעלה את הפוטנציאל החשמלי שלהם לערכים של אלפי ועשרות אלפי וולטים. מיטען כזה יכול להתפרק בניצוץ אם וכאשר יתקרב לרכיבים אלה גוף שיש לו פוטנציאל אפסי או נמוך דיו. הניצוץ עלול לפגום במעגל האלקטרוני וגם לגרום לדליקה ולפיצוץ בסביבה ובאווירה דליקה/נפיצה. דליקה איננה סכנה שכיחה בעיקר בגלל כמויות מיזעריות של חומרים דליקים המשמשים על שולחן העבודה או מתנדפים לאוויר. פוטנציאל הסיכון העיקרי לפיצוץ מתייחס לרכיבים אלקטרוניים רגישים שפריקה בניצוץ תגרום להם נזק ממשי.

עפ"י תקני ANSI/ESD, לצורך מניעת עליית הפוטנציאל של גופים הנטענים בחשמל סטטי - יש לדאוג לפריקה רצופה של החשמל הסטטי (פא"ס = פריקה אלקטרוסטטית), הנוצר ע"י הארקה מיוחדת לפא"ס. הארקה זו מתקיימת מחוץ ובמקביל להארקת הרשת שההתנגדות שלה איננה גבוהה מ-1 אוהם.

למניעת פא"ס של העובד דרך מערכות העבודה צריך להאריק את ידיו של העובד וגם את שולחן העבודה בהארקה לחשמל סטטי, לצורך השוואת הפוטנציאל שלהם. באופן זה תימנע פריצת ניצוצות פא"ס במהלך העבודה.



איור 2-6: עמדת עבודה לבדיקת פריטים אלקטרוניים, מצוידת באביזרי הגנה מפריקה אלקטרוסטטית



איור 1-6: מבנה עקרוני של המלחם, למניעת נוכחות של חשמל סטטי עליו

שימוש באביזרים למניעת פריקת חשמל סטטי

אביזרים למניעת סיכוני פא"ס מאופיינים (עפ"י תקני ANSI/ESD) בהתנגדות של 0.5 מגאוהם עד 100 מגאוהם אשר מונעת את תופעת הפריקה בניצוץ, שהוא בעצם הסיכון הכרוך בפריקת החשמל הסטטי.

✓ בכדי לשמור על כללי פא"ס (ESD) באולם הייצור, כל עובד צריך ללבוש חלוק עבודה אנטיסטטי.

✓ על כל שולחן עבודה יונח מישטח עבודה אנטיסטטי ("שטיח"), מוארק עפ"י כללי הארקה אנטיסטטית.

◆ יש לשמור על רציפות התנגדות השטיח: התנגדות בין הקצוות - בין 1 מגאוהם ל- 1,000 מגאוהם (ראו איור 3-6).

◆ יש לשמור על רציפות החיבור בין השטיח לבין ההארקה.

✓ שמירה על מוליכות הציוד: פריטי ציוד המשמשים בעמדת העבודה, כמו המלחם, יהיו מוארקים, עם רציפות הולכה בין ההארקה לבין הציוד. ההתנגדות לא תעלה על 10Ω.

✓ לכל מישטח אנטיסטטי תחובר רצועת יד (וולוסטט) (ראו איור 2-6), אליה יחבר העובד את ידו כאשר הוא עובד עם מעגלים ומיכללים המכילים רכיבים (רגישים) של מעגלים מודפסים. אם צריך - עקב ניידות העובד - תחובר גם רצועת רגל (לגוסטט) (ראו איור 2-6). את רצועות היד והרגל יש לבדוק בכל בוקר עם תחילת העבודה, בעזרת מכשיר (טסטור) לבדיקת רצועות. יש לחתום בטופס על אישור בדיקת הרצועות.

✓ יש להימנע משימוש בחומרים מבודדים, כגון פוליאית'לן ופולסטיק מסוגים אחרים, בסביבת עבודה רגישה לחשמל סטטי. כמו כן, יש לוודא שכרטיסים ומעגלים אלקטרוניים הנשלחים ללקוח יהיו עטופים בשקיות אנטיסטטיות.

✓ למניעת הצטברות של מיטענים סטטיים על מישטחים ואביזרים באזור העבודה ניתן להשתמש במיתקני יוניציה אשר משחררים יונים טעונים המנטרלים את מיטעני החשמל הסטטי.

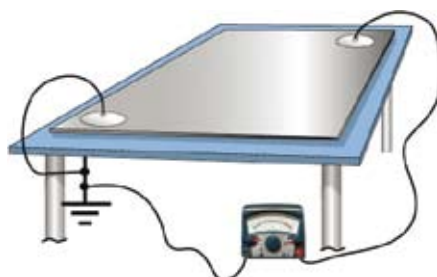
✓ ניקוי מישטחי שולחן אנטיסטטיים, מדפים, מסכי מחשב, ריהוט משרדי וכד', יתבצע בעזרת חומרים מתאימים, כגון: קצף או תרסיס אנטיסטטי ומטליות.

✓ שטיפת אולם הייצור תתבצע בעזרת חומרים מתאימים, המשאירים שרידי התנגדות מתאימה על מישטח הריצפה, לשיפור התכונות האנטיסטטיות של הריצפה - אשר צריכה להיות מצופה בווקס אנטיסטטי בעל התנגדות הולמת, כנ"ל.

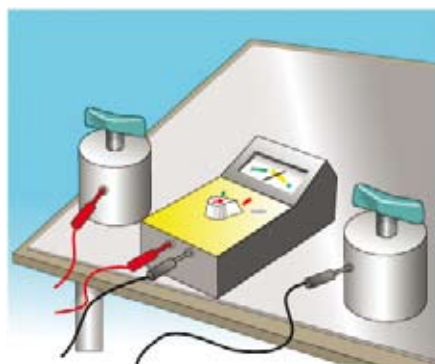
✓ בדיקת תקינות מישטחי שולחן וחיבורי מלחמים תתבצע אחת לשנה. המעקב על בדיקת התקינות יבוצע על גבי טופס, באחריות המנהל.



איור 5-6: עמדת בדיקה - לפני העבודה - לתקינות פא"ס דרך גוף העובד



איור 3-6: שטיח אנטיסטטי על שולחן עבודה - בדיקת התנגדות



איור 4-6: אביזרים למדידת התנגדות של משטח עבודה עם סיכוני פא"ס

פרק שביעי: עבודות הלחמה ידנית

סיכונים בעבודות הלחמה

בתהליך הלחמה ידנית (soldering) קיימים מספר סוגי סיכונים:

- סיכוני התחשמלות וחשיפה לסיכוני התחשמלות בעמדת ההלחמה בעת תקלה במערכת המלחם (שנאי, פתיל זינה, גוף המלחם) (ראו איורים 7-1, 7-2, 7-3, 7-4)
- סיכוני בריאות הכוללים סיכוני חשיפה לעופרת, לבדיל ולחומרים אחרים בעת ביצוע עבודות הלחמה.

בדיקת תקינות מערכת המלחם למניעת התחשמלות

כיול המלחם ובדיקות לגבי תקינותו יבוצעו פעם בחצי שנה. תוצאות הבדיקות תירשמונה בטופס בדיקה. הבדיקות תכלולנה:

- בדיקות לגבי שלמות הכלי (איתור שברים, סדקים, מגעים רופפים, שלמות בית המלחם);
- בדיקות הפתיל ("חוט החשמל") - יש לוודא שהבידוד נטול פגמים לכל אורכו ושהתקע שלם.
- שנאי המלחם - בדיקת סימון בידוד כפול על שנאי המלחם, שלמות הגוף, העדר פין שלישי בתקע של המכשיר (ללא הארקה).
- בדיקת הארקה של מתח הרשת של מלחם. להלן דרך הבדיקה המומלצת: בידקו את רציפות המעגל בין פין ההארקה (לפא"ס) בתקע של המלחם לבין ראש המלחם בעזרת מכשיר מדידה מתאים.

- א. האם ההתנגדות הנמדדת קטנה מ-1 אוהם?
- ב. במידה וההתנגדות אינה קטנה מ-1 אוהם, יש לבצע את הפעולות הבאות:
 - (1) לנקות את ראש המלחם, את חיבורי ראש המלחם, את הברגות, ולבדוק שוב.
 - (2) להחליף את ראש המלחם ולמדוד שוב.
 - (3) לתקן את המלחם ולמדוד שוב.
 - (4) כאשר ההתנגדות יורדת מתחת ל-1 אוהם - המלחם מתאים לשימוש.
- ג. את הבדיקה הזו יש לחזור ולבצע לפחות פעם בחצי שנה.



איור 7-1: עמדת הלחמה (Soldering Station) אופיינית מסוג Weller



איור 3-7: מלחם עם תקע תלת-פיני - איננו מתאים לדרישות עבור ציוד מסוג "בידוד כפול"



איור 2-7: שנאי למלחם עם תקע דו-פיני המתאים לדרישות עבור ציוד מסוג "בידוד כפול"

גיהות בהלחמה ידנית

בתהליך ההלחמה הידנית קיימות בעיות גיהות: המתכות בחוט ההלחמה מותכות ומשמשות לחיבור מישטחים מתכתיים; הפלקס משמש בתהליך למניעת חימצון, להרחקת תחמוצות מפני השטח ולשיפור הזרימה של המתכות המותכות באזור ההלחמה.

תהליך הלחמה ידנית עם חוט בדיל-עופרת עלול לחשוף את העובדים לנדפי מתכות שהרעילה ביניהם היא העופרת, ולפלקס, כולל תוצרי הפירוק שלו.



איור 4-7: סימון "בידוד כפול" על שנאי מלחם

חשיפה לעופרת

העופרת חודרת לגוף דרך מערכת הנשימה ודרך מערכת העיכול. עופרת אורגנית חודרת גם דרך העור. בצורת העבודה בהלחמות - החדירה העיקרית של עופרת היא דרך הנשימה. חלקיקי או נדפי עופרת המגיעים לאזור שיחלוף הגזים של הריאות (אזור האלויאולות שבתוכן), מגיעים משם למחזור הדם ומשם לאיברים שונים בגוף. העופרת פוגעת במערכת העיכול וגורמת להתכווצויות חזקות של המעיין ולעצירות; העופרת פוגעת במערכת הדם ומעכבת ייצור של המוגלובין, דבר הגורם להתפתחות של אנמיה (חוסר בכדוריות אדומות/ המוגלובין). הגורמת, בין השאר, לאיבוד המחזור החודשי באישה בגיל הפוריות (עמדות הלחמה רבות במפעלים מאוישות ע"י נשים); העופרת חודרת דרך השיליה בזמן ההיריון ודרך החלב בהנקה. העופרת פוגעת גם במערכת העצבים המרכזית ובתיפקודי הכליות. בכל זאת, הטמפרטורות בתהליך ההלחמה נמוכות יחסית (200°C - 450°C) ולפיכך נפלטים לאוויר ריכוזים נמוכים של עופרת והחשיפה הנשימתית נמוכה.

תקני חשיפה לעופרת

החשיפה המשוקלת המירבית המותרת (TLV-TWA) בתקנות הישראליות היא 0.1 מ"ג/מ"ק עבור גברים ונשים מעל גיל 45, ו-0.05 מ"ג/מ"ק עבור נשים עד גיל 45. תקן החשיפה הנמוך יותר אצל נשים בגיל הפוריות נובע מ-2 סיבות:

- העופרת גורמת לאנמיה. אישה בגיל הפוריות מאבדת דם במחזור החודשי.
- העופרת עוברת לעובר דרך השלייה בזמן ההיריון, ודרך החלב בהנקה.

תקני ה-ACGIH (ארה"ב) הורידו כבר מזה מספר שנים את תקן החשיפה (TLV-TWA), לכלל העובדים, ל-0.05 מ"ג/מ"ק.

הערכים הנמדדים באוויר בעת עבודות הלחמה נמוכים, בד"כ, בסדרי גודל מתקן החשיפה המותרת לעופרת. לכן, תקנות הבטיחות בעבודה - גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בעופרת - אינן חלות, בד"כ, על עובדים בהלחמה (התקנות אינן חלות על תהליכי עבודה שבהם ריכוזי העופרת נמוכים ממחצית החשיפה המירבית המשוקלת המותרת).

בהלחמה ידנית עם בדיל-עופרת (60% בדיל ו-40% עופרת) החשיפה העיקרית לעופרת איננה חשיפה נשימתית. החשיפה לעופרת תיתכן בחזירת החומר בדרך של בליעה, כתוצאה מהיגיינה אישית לקויה. הדבר עלול להתרחש עקב שתייה ואכילה בעמדת ההלחמה, אשר עלולות לגרום לזיהום האוכל והידיים בעופרת, והמגע בהם מחדיר את העופרת למערכת העיכול. עישון בעמדת העבודה בידיים מזוהמות בעופרת מגביר אף הוא את כמות העופרת החודרת דרך הריאות ובבליעה.

תחליף לעופרת

עד לתקופה האחרונה, היה חוט ההלחמה הנפוץ ביותר עשוי מסגסוגת: בדיל (60%) + עופרת (40%) כאשר בליבת החוט יש פלקס מסוג רוזין. בשנים האחרונות, כתוצאה מהדירקטיבה האירופאית: ROHS (Restriction of Hazardous Substances) שהגבילה את השימוש בעופרת בציוד חשמלי ואלקטרוני, יש מעבר לשימוש בחוטי הלחמה שאינם מכילים עופרת. חוטים אלה מורכבים מבדיל (90%) והשאר כסף ו/או נחושת. חוטי הלחמה נוספים הקיימים בשוק, מורכבים מבדיל ותוספות של אנטימון, ביסמוט ואבץ.

נקודת ההתכה של חוטי ההלחמה שאינם מכילים עופרת גבוהה במעט, מעל 220°C. לעומת נקודת התכה של ההלחמה בחוטי בדיל-עופרת: 180°C. עובדה זאת מחייבת העלאה של טמפרטורת ההלחמה ומשפיעה על כלל המיכשור הרלוונטי (תנורים, מסלולי קירור, מלחמים וכד').

החוטים החליפיים אינם מתאימים לכל התעשיות. לחלקן ניתן אישור להמשיך עוד מספר שנים בשימוש בחוטי הלחמה המכילים עופרת - עד למציאת תחליף נאות.

חשיפה לפלקס - קולופוני

"עשן ההלחמה" מכיל תערובת של חומצות "פלקס", נדפי עופרת ועוד. הפלקס הנפוץ ביותר בהלחמות הוא רוזין. מקורו בשרף טבעי המופק מעצי אורן. הרוזינים מורכבים מחומצות רזיניות שונות השייכות ל- 4 קבוצות עיקריות: abietane, pimarane, isopimarane ו-labdane. קיימים 3 סוגי רוזינים השונים זה מזה בשיטת ההפקה והייצור שלהם: gum rosin, wood rosin, tall oil rosin-1, gum rosin-1. ה- gum rosin משמש כפלקס בהלחמות בדיל-עופרת וידוע בשם קולופוני.

הפלקס יכול להופיע בתהליך כחלק אינטגרלי של חוט ההלחמה כשהוא מצוי (בד"כ) בליבת החוט ומוקף בסגסוגת של המתכות, לעיתים מופיע הפלקס כמשחה או כנוזל שמיישמים אותו בתהליך באמצעות בקבוקון.

מידת החשיפה לפלקס ולתוצרי הפירוק שלו תלויה במספר גורמים, אך בראש ובראשונה בסוג ההלחמה. בהלחמה ידנית קיימת חשיפה לתוצרי הפירוק של הפלקס כיוון שאזור הנשימה של המלחים נמצא קרוב מאד ל"עשן ההלחמה".

בתהליך ההלחמה עם פלקס-רוזין נפלט "עשן הלחמה" המורכב מפרקציה של חלקיקים ופרקציה של גזים. הפרקציה החלקיקית מהווה 90% מעשן ההלחמה ומורכבת מהחומצות הרזיניות. החלק הגזי כולל: אצטון, מתיל אלכוהול, אלדהידים אליפטיים, הידרוקרבוניס וכו'.

כמות המזהמים הנפלטת במהלך ההלחמה והרכבם המדויק תלוי בעובי חוט ההלחמה; ביחס בין המתכות והפלקס (בד"כ מרכיב הפלקס הינו 2%-3%); בהרכבו המדויק של הפלקס (המשתנה בתלות בסוג העץ, במקום הגידול ובשיטת הכנת הפלקס); בטמפרטורת ההלחמה (ככל שהטמפרטורה עולה, כמות המזהמים הנפלטת גדלה). בטמפרטורה של 400°C נפלטת כמות נדפים גדולה פי 3 מהכמות הנפלטת כאשר הטמפרטורה היא 250°C.

תקן חשיפה לקולופוני

תקן החשיפה של ACGIH

משנת 1993 אין ערך מספרי. קיימת הערה שהחשיפה צריכה להיות נמוכה ככל שניתן (as low as possible). בין השנים 1972-1993 התקן היה 0.1 מ"ג/מ"ק כפורמאלדהיד.

תקן החשיפה הבריטי

עד שנת 1997 התייחס תקן החשיפה הבריטי לפורמאלדהיד כמדד לחשיפה. בשנת 1997 פורסמה השיטה: MDHS 83 הבודקת בעשן ההלחמה את כלל החומצות הרזיניות כמדד לחשיפה. מדד זה מבטא נכון יותר את החשיפה, מכיוון שעשן ההלחמה מכיל כ- 90% חומצות רזיניות לעומת אחוזים בודדים בלבד של אלדהידים. רמת התקן לקולופוני, בחשיפה במשך 8 שעות, נקבעה כ-0.05 מ"ג/מ"ק; ובחשיפה לזמן קצר (15 דקות) - 0.15 מ"ג/מ"ק.

סיכונים לבריאות מחשיפה לפלקס

"עשן ההלחמה" מכיל תערובת של חומרים (חומצות רזיניות) הידועות כגורמות לאסתמה תעסוקתית ולדרמטיטיס אלרגי.

חשיפה אקוטית עלולה לגרום לגירוי של האף, העיניים ומערכת הנשימה העליונה ולהופעת פריחה בעור. התופעות הראשוניות תהיינה עיניים דומעות, כאבי גרון, שיעול צפצפני וקשיי נשימה. התופעות עלולות להופיע לאחר דקות ספורות של חשיפה או לאחר מספר שעות.

גם חשיפה כרונית עלולה לגרום להתפתחות של אסתמה (או להחמרה של המחלה, אם קיימת) ולדרמטיטיס.

כאשר מופיעות התופעות האסתמטיות יש לשחרר את העובד/ת מעבודת הלחמה, מכיוון שאפילו חשיפה לרמות נמוכות של "עשן ההלחמה" עלולה לגרום להתקפים אסתמטיים.

דרמטיטיס ייגרם כתוצאה ממגע עם הפלקס בעצמו ועם תוצרי הפירוק שלו. הפגיעה בעור מופיעה בעיקר בידיים כתוצאה מזיהום של מיטחי העבודה. עשן ההלחמה גורם לפגיעה המתבטאת בעיקר בפנים ובצוואר.

תחליף לפלקס

הפלקס הנפוץ ביותר הוא: פלקס רוזין (קולופוני). קיימים בשוק גם פלקסים שאינם מורכבים מרוזין והם נקראים: Rosin Free Fluxes. פלקסים חליפיים אלה כמעט אינם בשימוש. היצרנים מעדיפים להמשיך ולהשתמש בפלקס שאיתו הם עובדים שנים. הרכבם של הפלקסים החליפיים לא לגמרי ברור.

במרבית דפי ה- MSDS אין פירוט של המרכיבים, אך בבדיקה של מרכיבי הפלקסים האלה התברר שחלק מהחומרים הם מגרים ואלרגנים, כך שיש צורך להתייחס ל"עשן ההלחמה" כאל גורם לפגיעה נשימתית פוטנציאלית, ועדיין מומלץ להמשיך ולהשתמש ביניקת "עשן ההלחמה".

קיימים חוטי הלחמה שמרכיב הקולופוני בהם קטן מ-3% ונע בין 0.5% ל-1.5%. במקרים אלה כמות המזהמים שתפלט תהיה נמוכה יותר אך תיתכן גם פגיעה באיכות ההלחמה.

מניעת חשיפה נשימתית

את מניעת חשיפת העובד בתהליך ההלחמה הידנית ניתן להשיג במספר דרכים: בידוד העובד מהתהליך, הפעלת מערכות יניקה מקומיות ושמירה על היגיינה אישית נאותה.

בידוד העובד מהתהליך

הרחקת העובד מאזור "עשן ההלחמה" ע"י שימוש בהלחמות אוטומטיות.

אמצעים הנדסיים - מערכות ניקה

בחירת מערכת ניקה שתאים להלחמה ידנית תלויה בתהליך עצמו, בגודל ובצורת החלקים המולחמים, בתדירות ובמשך ההלחמה, בטמפרטורת ההלחמה, בעמדת העבודה ובתנוחת העבודה של העובד המלחים. בד"כ, אזור הנשימה של המלחים בהלחמה ידנית ממוקם קרוב מאד לאזור פליטת העשן ונדרש פתרון ע"י איורור יעיל. קיימות מערכות ליניקה מקומית בצורת שרול ניקה גמיש; צינור ניקה המחובר ישירות למלחם עצמו; תא מינדף שההלחמה מתבצעת בתוכו ויונקים שולחניים.

- **שרול ניקה גמיש** - זהו שרול בודד או מספר שרולים המחוברים למפוח אחד. היתרון של שרול הניקה הגמיש הוא באפשרות התאמתו לעבודות הלחמה שנקודות ההלחמה בהן משתנות. ניתן להזיז את הצינור בהתאם. הבעיה באמצעי זה היא הצורך למקם נכון את פתח הניקה. אם פתח הניקה ממוקם רחוק מדי מאזור פליטת העשן - יורדת יעילות הניקה.
- **צינור ניקה המחובר למלחם עצמו (tip extraction)** - זהו צינור דק שקוטרו נע בין 4 ל-12 מ"מ, העשוי מפלדת אל-חלד ומחובר במקביל למלחם, באופן שפתח הצינור מקביל לקצה המלחם, במרחק של 5 מ"מ ממנו. מיקום זה מאפשר ניקה מירבית של מזהמים ללא הפרעה לתהליך ההלחמה. אחת הבעיות של שיטה זו היא סתימה תכופה של צינור הניקה הדק.
- **תא מינדף** - תא הפתוח בצידו האחד ומחובר ליניקה בצידו האחר. התא מתאים להלחמה של חלקים קטנים.
- **יונקים שולחניים** - מכשירים נפוצים מאד בהלחמות אלקטרוניקה ידניות. זהו בעצם מפוח ניקה שולחני עם מסנן. יעילותם של מכשירים אלה נמוכה ויש להשתמש בהם רק כאשר כמות ההלחמה קטנה ואולם העבודה מאורר היטב. לעיתים המסננים של היונקים השולחניים אינם מתאימים לקליטה של חלקיקים אלא לספיחה של גזים בלבד.

מניעת חשיפה לא נשימתית

- התקנת מערכות ניקה בעמדות ההלחמה מקטינה את החשיפה הנשימתית אך עדיין יש צורך לטפל בבעיות של חשיפה לא נשימתית. לשם כך יש לשמור על היגינה אישית נאותה:
- ✓ יש לאסור אכילה/שתייה ועישון בעמדות ההלחמה.
 - ✓ לפני כל הפסקת אכילה, שתייה ועישון - יש ליטול ידיים היטב, במים ובסבון.
 - ✓ יש להקפיד ולעבוד עם חלוקים רכוסים.
 - ✓ בהפסקות - יש להשאיר את החלוקים בעמדות העבודה.
 - ✓ מומלץ לבצע כביסה מרוכזת במפעל. אין לקחת את החלוקים לכביסה בבית.
 - ✓ בעת ביצוע עבודות אשר עלולות לגרום לחשיפה - לדוגמה: לעופרת - כגון: תחזוקה וניקיון של מערכות הניקה, החלפת פילטרים וכו' (עם סיכון למגע בעופרת), יש להצטייד בחלוק, בכפפות ואף במסיכת נשימה, בהתאם לצורך.

פרק שמיני: תכנון ויישום הדרכה

ההדרכה היא תהליך הסברה ולימוד, הנדרש עפ"י חוק ארגון הפיקוח על העבודה ותקנותיו וגם ע"י תקנות החשמל בדבר רשיונות, והוא חלק בלתי נפרד ממערך הבטיחות במקום העבודה.

תקנה 2 של תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), התשנ"ט-1999 קובעת: "מחזיק במקום עבודה ימסור לעובד במקום העבודה מידע עדכני בדבר הסיכונים במקום, ובפרט בדבר הסיכונים הקיימים בתחנת העבודה שבה מועסק העובד, וכן ימסור לו הוראות עדכניות לשימוש, להפעלה ולתחזוקה בטוחים של ציוד, של חומר ושל תהליכי עבודה במקום".

וכן, בתקנה 3(א): "מחזיק במקום עבודה יקיים הדרכה בדבר מניעת סיכונים והגנה מפניהם (להלן - הדרכה), באמצעות בעל מקצוע מתאים. ... מחזיק במקום עבודה יחזור ויקיים הדרכה כאמור בהתאם לצורכי העובדים ולפחות פעם בשנה". מצפים שההדרכה תישא פירות במספר תחומים:

- הגברת המודעות של העובדים לסיכונים בעבודתם ולחובתם לעבודה בבטיחות, כפי שלמדו.
- שיפור רמת הבטיחות ותנאי הסביבה במקום העבודה בעקבות דיווחי העובדים על סיכונים ומיפגעים שבהם הם נתקלים במהלך העבודה.
- שיפור ברמת התיפקוד בעקבות עבודה נטולת תקלות ואירועי בטיחות ועוד.

הניסיון בשטח מלמד ששאלות הבטיחות מקבלות טיפול יותר נמרץ ויותר נכון בעקבות הדרכות. מנהלים מודעים יותר לאחריותם והעובדים מצייתים יותר לדרישות ולהנחיות הבטיחות. כל אלה מביאים לירידה ברמת הסיכונים ובמספרם במקום העבודה. אחת משיטות ההכנה לצורכי תכנון הדרכה היא רישום תצפיות על סיכוני בטיחות בעבודה, בשיטות ה-JSA (Job Safety Analysis). ניתוח JSA מאפשר לצפות את נקודות התורפה הביטבי הבטיחות ולנקוט לגביהן פעולות של מניעה וצמצום, וגם - תכנון וביצוע הדרכה והנחייה בנוגע למניעת הסיכונים לעובדים ולסביבה.

תהליך הניתוח כולל שלבים, לדוגמה:

1. צפייה בביצוע העבודה;
2. שיחה עם העובד על מנת לפרט את התהליכים, הכלים, שיטות העבודה וכללי הבטיחות שהוא מכיר ומיישם.
3. שיחה עם המנהל כדי לעמוד על השקפתו לגבי המטלות של העובד, ההכשרות וההוראות העומדות לרשותו ומיגוון דרישות הבטיחות הקיימות.
4. פירוק הפעילויות השונות לשלבי העשייה.
5. איתור גורמי סיכון הניתנים לזיהוי, לדוגמה: תהליך מדידת פרמטרים ביצועיים של הציוד:

- הורדת מכסים ומעטפות של הציוד.
- כיסוי אזורים מסוכנים (ספקי כוח, קבלים, וכד').
- חיבור ציוד ומיכשור המדידה.
- חיבור ציוד הגנה מחישמול (הארקות, שנאי מבדל, וכד').

- חיבור פתיל זינה למקור מתח.
 - הפעלת מתג להפעלת הזרם.
 - ביצוע המדידות באמצעות הצב"ד (ציוד בדיקה) ושימוש בגשושים למדידות בנקודות מסוימות, תחת מתח.
6. התייחסות לסיכונים נוספים: תנאי סביבה מסוכנים כגון: צפיפות בעמדת העבודה; תאורה לא מספקת באזור הנבדק; שולחן עבודה לא מוארק; וכו'.

טבלה 12: JSA לאיתור סיכונים בבדיקת ציוד אלקטרוני

מטלה	פעולה	סיכוני הבטיחות והבריאות		
		בתהליך העבודה	בציוד	בצב"ד
ביצוע JSA	צפייה	גילוי סיכונים בתהליך ביצוע העבודה	גילוי אי תקינות בציוד, ברכיבים, במגעים	גילוי אי תקינות בציוד, בחיבורים, במגעים
	שיחה עם מבצע העבודה	איסוף מידע וחוות דעת מהעובדים	איסוף מידע וחוות דעת מהעובדים	איסוף מידע וחוות דעת מהעובדים
	פירוק התהליך לשלבים	רישום עפ"י הממצאים	לפי סוגים וחיבורים	לפי מכשירים וחיבורים
	איתור והגדרת גורמי סיכון	גיבוש הגדרות עפ"י הממצאים בצפייה ובשיחה		
בדיקת המוצר תחת מתח	חיבור לרשת החשמל	חיבורים וציוד עם פגמים; חוסר בהגנות מפני חישה או להתלקחות	אי-התאמה לרשת החשמל; מוצר בסיכון לחישה או להתלקחות	בדיקת התאמת הצב"ד למוצר ולרשת החשמל
	הפעלת המוצר	חישמול, נפיצות	התפוצצות קבלים; קשת חשמלית	שריפה; רעידות; חישמול; רעש
תהליך המדידה	הסרת מכסים וחשיפת מגעים הנושאים מתח	התחשמלות; קשת חשמלית	התחשמלות; קשת חשמלית	התחשמלות; נפיצות; רעש

ניתוח הסיכונים כולל: הערכת רמת הסיכון ("קביל"/"בלתי קביל"), קביעת חיוניות מניעת הסיכון ודרכי הפעולה האפשריות. לאחר איסוף המידע הדרוש, מחליטים על נושאי ההדרכה, תדירותה ותחילת יישומה בקרב העובדים, עפ"י נוהלי הארגון.

יישום ההדרכה

- המנהל ייזום הדרכה בנושאי בטיחות הביצוע של העבודות הקשורות לחשמל.
- ההדרכה במקום העבודה תיערך לפני ביצוע העבודה עם אותו ציוד/ מכשיר, ע"י גורם מקצועי.
- במסגרת ההדרכה יטופלו הנושאים הבאים:
 - ◆ הסיכונים בעבודה.
 - ◆ הגדרות "אזור מסוכן" מבחינה חשמלית, עפ"י הנוהל.
 - ◆ נוהלי בטיחות בעבודות חשמל.
 - ◆ ציוד המגן האישי הדרוש כדי לצמצם פגיעות או להימנע מהן.
 - ◆ זיהוי חלקים חיים של ציוד/ מכשיר, שילוט וסימון אזורים מסוכנים.
 - ◆ שימוש בציוד מדידה, כלי עבודה וצב"דים.
 - ◆ ביצוע חיבורים וכד' להרכבות ולמדידות.
 - ◆ סיכוני קבלים, ספקי כוח וכד'.
 - ◆ סיכונים בעבודות או בסביבה של חומרים מסוכנים ועבודות הלחמה.
 - ◆ ההגנות הקיימות והנדרשות מפני חשמול, כגון מפסקי מגן והארקות - לציוד ולעמדות העבודה.
 - ◆ עזרה ראשונה במקרים של פגיעה או חשמול.
 - ◆ התנהגות במקרי חירום, כולל תרגול.
- הדרכה כללית תועבר אחת לשנה (לפחות) לכל העובדים הנוגעים בנושא.

נספח 1: טופס הרשאת בטיחות חשמל לעבודות אלקטרוניקה (דוגמה)

הרשאת בטיחות חשמל לעבודות אלקטרוניקה

פרויקט/ תהליך: _____ מס' _____
 הרשאה: _____
 שם מחלקה/יחידה: _____
 תוקף ההרשאה: מתאריך _____ משעה: _____ עד תאריך: _____ עד שעה _____
 פריט: ציוד (☐), מכשיר (☐), רכיב (☐) צב"ד (☐), אחר (☐)
 שם הפריט: _____ מס' הפריט: _____

תיאור העבודה (כולל כלי עבודה וצב"ד):

הגבלות:

- ניתוק מקור מתח, מעגל מס' _____
- ליווי צמוד (שם המלווה) _____
- סוג הגנה מחישמול: _____
- ניתוק (☐), מתח נמוך מאוד (☐), מכסה כללי (☐),
 כיסוי מקומי (☐), מחיצה (☐), אחר (☐).
- סוג עבודה: _____
- בדיקה חזותית (☐), מדידה (☐), תפעול (☐)
 סוג עבודות חשמל: _____
- סוג A (☐), סוג B (☐), סוג C (☐),
 נדרש: _____
- אישור בטיחות (☐), רישיון חשמלאי (☐), הכשרה מקומית (☐),
 אחר (☐): _____
- ציוד מגן אישי: _____
- משקפי מגן (☐), כפפות (☐), שטיח מבודד (☐), אחר (☐): _____
- סימון אזורים מסוכנים (כן או לא): _____
- שילוט (סוג שילוט ומיקום): _____
- בדיקת כלי עבודה: תאריך בדיקה _____
- בדיקת צב"ד: תאריך בדיקה _____
- הדרכת בטיחות: תאריך ההדרכה: _____ נושא ההדרכה: _____

אישורים וחתימות

מנהל מחלקה: _____ שם _____ תאריך _____

אחראי על העבודה: _____ שם _____ תאריך _____

אחראי על הבטיחות: _____ שם _____ תאריך _____

נספח 2: נוהל חירום - חשמל

כללי

"נוהל חירום - חשמל" הוא חלק בלתי נפרד מנוהל חירום מפעלי. הנוהל נועד להסדיר טיפול במערכות החשמל במצב חירום. כמו כן, נוהל החירום נועד לתת מענה להתפתחות מצבים בלתי שגורתיים הגורמים ללחץ ולהתנהגות לא צפויה של העובדים בעקבות מצבי חירום בחשמל.

מצב חירום יכול להיווצר כתוצאה משריפה, דליפת חומרים מסוכנים, פגיעה במבנה, בציוד, בתהליך עבודה או באזור העבודה, סיכון לא צפוי לבריאות, וכל חריגה אחרת מהשיגרה.

מצב חירום חשמל, במסגרת מצבי חירום מפעליים, חייב לקבל מענה תוך שליטה בטיפול בנפגעים, טיפול נאות במניעת הנזקים ותוך כדי הפחתת נזק לציוד ולסביבה.

בסיס לדרישות הוגדר ב"תקנות רישוי עסקים (מפעלים מסוכנים), התשנ"ג-1993". לפי תקנה 4 - תיק המפעל יכיל את המידע והפרטים של הגדרת תקלות ותקורות אפשריות, אשר עלולות לקרות; תכנית היערכות של המפעל לטיפול בתקלות ובתקרות; אמצעי בטיחות בתחום המפעל; קשרים עם מפעלים ואתרים אחרים בסביבת המפעל וכו'.

נוהל החירום כולל רשימת פעולות הנותנות מענה למצבים חריגים שנוצרו, בהם: שריפה; אירוע חומרים מסוכנים; אסון טבע; קריסת מבנה; התפוצצות או קריסת מיתקן; הפסקת חשמל לא מתוכננת; התנהגות במקרה תאונת עבודה, כמו התפוסות במכונה או חישמול. נוהל החירום חייב לתת פיתרון ל-3 בעיות מרכזיות:

- פיתרון מעשי, זמין ונוח להפעלה בעת היווצרות מצב חירום.
- מסגרת מקצועית להערכות מצב בשעת חירום.
- הכשרה ותרגול צוותים ובעלי תפקידים אשר אמורים לתת מענה בשעת חירום.

נוהל החירום יכיל, בין השאר, את הנתונים הבאים:

1. אחריות וסמכות להפעלת הנוהל.
2. שיטות הפעולה - סדר הפעולות העיקרי מרגע קבלת הודעה על מצב חירום מוגדר ועד להשתלטות על האירוע.
3. שלבי פירוט שיטות הפעולה:
 - ◆ התגובה המיידית.
 - ◆ המענה הראשוני.
 - ◆ המענה המשלים.
4. תפקידי מינהלה - האמצעים הדרושים לטיפול במצב החירום בתחומי כוח-אדם, ציוד, חומרי ניטרול, רכב, אמצעים טכניים אחרים.
5. שליטה - אמצעי שליטה במוקד האירוע, כמו קשר, אזורי סימון וכו'.
6. רשימת שמות בעלי תפקידים, כתובות, מספרי טלפון של צוותי חירום מפעליים וגורמי חירום חיצוניים רלוונטיים.

נוהל חירום-חשמל הוא אחד מנוהלי החירום המפעליים המיועד לספק, או להפסיק את הספקת החשמל, לפי צורכי אירוע החירום שהתרחש, תוך מיזעור נזקים לייצור ולסביבה.

לצורך הספקת חשמל במצב חירום, שהוגדר בחוקים ובהגדרות המפעל, יש לערוך הגדרות של "שדה חיוני/חירום" לאזורים כמו: חדרי ניתוח והרדמה, תהליכי ייצור מסוימים, מערכות כיבוי אש, תאורת חירום, גיבוי חשמל למערכות תקשורת ומחשבים, מערכות חירום ציבוריות וכד'.

השלבים להפעלת נוהל חירום המומלצים כראשי פרקים (כוללים נושאים הקשורים להכנת הנוהל ולהכשרת המפעל להפעלתו) הם כדלקמן:

1. קביעת אחריות:

- ◆ בעלי תפקידים מסוימים שיהיו אחראים על הניתוק במצב החירום. או:
- ◆ כל אחד רשאי.

2. גורמים חיצוניים:

- ◆ לשלט ולהגדיר אפשרות להפסקת חשמל על ידי גורמי חוץ, כמו מכבי אש או גורם אחר.

3. הדרכות ותרגילים:

- ◆ טופס תיוג לביצוע שלבי ניתוק במצבים שונים, כולל מי רשאי לנתק מה.
- ◆ רישום ביצוע עבודות ופעולות לניתוק הספקת החשמל במצב חירום.
- ◆ הצבת שילוט נדרש.
- ◆ תיאום ותרגול הפעלת מצב חירום חשמל יחד עם גורמי חוץ.

4. בדיקות תקופתיות:

- ◆ בדיקות תקינות מפסקי חירום.
- ◆ בדיקות תקופתיות של תאורת חירום, כולל תקינות סוללות וזמן פריקה.
- ◆ האמצעים יהיו במקומות שנקבעו מראש עפ"י תכנית היערכות מפעלית.

5. אישור הפסקת הספקת החשמל:

- ◆ קבלת אישור לביצוע הפסקת הספקת החשמל מגורמים מינהליים באמצעות טלפון/ מערכת קשר - בעל פה, או בתקשורת כתובה (פקס, דוא"ל וכד'), או במקביל, בדרך משולבת.

6. שלבי ניתוק חשמל מיידי:

- ◆ הפסקה באמצעות המפסק הראשי של המפעל.
- ◆ הפסקת הזנה לאזור שבסיכון.
- ◆ הפסקת חלק מהספקת חשמל באזור, לחלקים לא חיוניים.
- ◆ מקרים שבהם אסור בכלל להפסיק את הספקת החשמל.
- ◆ הפעלת מערכות אזהרה בלבד.

7. סימון ושילוט אזורים ומפסקים - במסגרת פעולות הכנה ותוך כדי האירוע:

- ◆ סימון מפסקים ראשיים ומפסקי חירום שהופעלו בלוחות החשמל.
- ◆ סימון מפסקי חירום שהם נפרדים ממפסקים ראשיים (במסגרת הכנות מקדימות).

- ◆ הפעלת מפסקי חירום מקומיים (באולמות, כניסות למעבדות כימיות, עמדות שונות).
 - ◆ סימון ושילוט אזוריים לאחר ניתוק חשמל כללי או אזורים במצב חירום.
8. הפעלת גנרטורים לחירום ומערכות UPS (מצברים):
- ◆ העברת הספקת החשמל לגנרטורים שיופעלו בחירום באופן חלקי או כללי.
 - ◆ העברת הזנת חשמל לציוד למערכות UPS.
 - ◆ הציוד שיופעל יהיה קבוע מראש עפ"י תכנון במפעל.
9. מתח גבוה:
- ◆ הפסקת מתח גבוה.
 - ◆ ניתוק חיבור לשנאים.
10. שלב החזרת מתח אחרי סיום מצב חירום:
- ◆ החזרת מתח בשלבים, עפ"י תכנית מוכנה מראש.
 - ◆ החזרת מתח כללי למפעל כולו.

הפסקת זינה במצבי חירום

ההנחיות להפסקת זינה במצבי חירום מצויות בתקנות החשמל:

- "מיתקני חשמל באתרים רפואיים במתח עד 1000 וולט, התשנ"ה-1994" - תקנה 16א'.
- "התקנת לוחות במתח עד 1000 וולט, התשנ"א-1991" - תקנות 23 ו-24 ד.
- "מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1000 וולט, התשמ"ה-1984" - תקנות 22 (א) ו-31.

מעגל המיועד לבצע הפסקת זינה במצבי חירום על ידי הפעלת סליל שימוט (Trip Coil) במפסק זרם ראשי נכלל בהגדרה של "מעגל פיקוד שהפסקתו כרוכה בסכנה", לפי תקנה 16א' - בתקנות מיתקני חשמל באתרים רפואיים. הגנה על בתי תקע המזונים בשיטת זינה צפה (IT) תהיה על כל מוליכי המעגל, למעט מוליכי הארקה והגנה, ובאמצעות מפסקים אוטומטיים זעירים בלבד; בעת "שימוט" (trip) של הגנת מוליך כלשהו, יותקו יחדיו כל מוליכי אותו מעגל מהזינה; מוליכי הארקה או הגנה לא יוגנו ולא ינתקו. לפי תקנה 23 (א) בהתקנת לוחות במתח עד 1,000 וולט - המפסק ינתק את כל המופעים, ולפי (ב) באותה תקנה - מפסק המותקן במעגל עם זינה צפה (IT) ינתק את כל המוליכים למעט מוליכי ההגנה.

בנוסף לכך, לפי תקנה 24(ד) בתקנות הנ"ל - "במוליך האפס לא יותקן נתיך או מפסק, המאפשר את ניתוקו בלי לנתק את מוליכי המופע" ובתקנה 22(א) בתקנות מעגלים סופיים הניזונים במתח עד 1,000 וולט - צוין: "מפסק חד-קוטבי במעגל חד-מופעי ינתק את מוליך המופע".

לפי תקנה 31. התקנת מפסק למכשיר קבוע או נייד

"(א) למכשיר חשמלי קבוע או נייד יותקן מפסק קבוע אשר יתאים לזרם הנקוב של המכשיר.

(ב) המפסק יהיה נפרד מהמכשיר ויותקן בטווח ראייה ממנו, אלא אם כן ניתן המפסק לנעילה במצב מופסק.

(ג) המפסק יהיה דו-קוטבי למכשיר חד-מופעי ובעל שלושה או ארבעה קטבים למכשיר תלת מופעי."

מפסק חירום

מפסק חירום הוא התקן מיתוג המיועד לגרום להפסקה מיידית של הספקת החשמל למיתקן/ציוד המוגן על ידו במקרה של תקלה או תאונה במיתקן או בציוד. לפי דרישות "פקודת הבטיחות בעבודה, [נוסח חדש], תש"ל-1970" סעיפים 39-41, מהעוסקים בהתקני בטיחות נדרש, בין השאר, כי "בכל חדר או מקום שנעשית בהם עבודה יש לספק ולקיים התקנים יעילים שבהם אפשר לנתק מייד את הכוח מן הממסרת..." במקרה של ציוד חשמלי/אלקטרוני יש לנתק ממקור המתח את כל המיתקן. יש לסמן את מפסק החירום בשילוט בולט כדי לזהותו מרחוק.

תאורת חירום

כאשר הספקת החשמל הסדירה נפסקת תיכנס לפעולה תאורת חירום תקן ישראלי. ת"י 1838 - "יישומי תאורה - תאורת חירום" מפרט את דרישות התאורה למערכת תאורת חירום המותקנת בחצרים או במקומות שנדרשות בהם מערכות תאורה כאלה. התקן מאפשר ליישם דרישות תקן ישראלי רשמי ת"י 20 חלק 2.22, מדצמבר 2001, אשר מגדיר דרישות למנורות לשעת חירום.

עפ"י הנחיות לתכנון ולבנייה חובה להתקין מערכות לתאורת חירום בכל מבנה ציבורי. תקן ישראלי ת"י 1838 נותן כלים ליישום דרישות תאורת חירום בנתיבי מילוט, באזורים פתוחים, באזורים בעלי סיכון גבוה, תאורת כוננות (standby) ושילוט בטיחות. הגדרות לתאורת חירום לפי ת"י 20 חלק 2.22:

1. **תאורה לשעת חירום** - תאורה המיועדת לשימוש במקרה של תקלה בזינה לתאורה רגילה. תאורה לשעת חירום כוללת תאורת מילוט ותאורת גיבוי.
2. **תאורת מילוט** - החלק של תאורת חירום המבטיח שאמצעי המילוט מזוהים בצורה יעילה ובטוחים לשימוש כאשר נדרשת תאורה רגילה או תאורת חירום. תאורת מילוט מוגדרת גם כתאורת התמצאות.
3. **תאורת גיבוי** - חלק של תאורת חירום המבטיח המשך פעילות רגילה או סיום פעילות באופן בטיחותי.

גופי תאורת החירום יתאימו לדרישות ת"י 20 חלק 2.22. בין הדרישות: הכיתוב בשלט יהיה בצבע לבן על רקע ירוק.

תחזוקת תאורת החירום תתבסס על מערכות תאורה לחירום הקיימות, שתקינותן ניתנת לבדיקה אוטומטית (בהתאם לתקן IEC-62034). כמו כן, קיימות היום מערכות לחירום המשולבות בלדים ועוד - עפ"י הצרכים החיוניים במפעל, בשעת חירום.

המפעל צריך להחליט על הפסקת הספקת החשמל במצב חירום לפי הגדרות הקבועות מראש. לדוגמה: אפשר להחליט על ביצוע הפסקת חשמל כללית, מיידית, ללא נזקים - במקרה שלא קיים סיכון לבני אדם, לסביבה, לתהליך ייצור ולמערכות אחרות. במקרה שהפסקת החשמל עלולה לגרום לנזקים כלשהם, חייבים להגדיר את סדרי הפסקת החשמל לפי אזורים, מיתקנים ושולבים. בכל שלב יש לבחור נתיב פעולה שיתאים למאפייני המפעל.

נספח 3: חילוץ ועזרה ראשונה לנפגעים בעבודות חשמל

תאונות החשמל הן בחלקן קטלניות ופגיעתן ברוב במקרים היא מיידית. מכת חשמל שאדם מקבל דרך איברי גופו, הופכת אותו להיות חלק ממעגל חשמלי ונגרמים לו נזקים פיזיולוגיים חמורים. השפעות החישמול מגוונות, החל מדגדוג, "הידבקות" (התכווצות שרירים), כוויות תרמיות חיצוניות ופנימיות, שטפי דם פנימיים ועד למוות. תגובות רפלקסיביות לא-רצוניות של השרירים יכולות לגרום לתזוזה, לפילה ולסיכונים אחרים הנובעים מאבדן היציבות ושיווי המשקל. גם נפילה מגובה 1.5 מטר עלולה לגרום לשברים ולחבלות חמורות בגוף, ולכן מומלץ לא להגביל את ההגנה לגובה 2 מ' ומעלה, כנדרש בתקנות שונות, אלא להתייחס גם לגבהים נמוכים מכך.

הטיפול בנפגעים בעבודות חשמל, מתח נמוך, תלוי בסוג הפגיעה ובחומרתה. ניתן לציין 3 סיבות עיקריות שגורמות לחומרת הפגיעות מתאונות בעבודות חשמל:

- חישמול.
- שריפה וכוויות מקשת חשמלית.
- נפילה מגובה.

לפני שניגשים להעניק עזרה ראשונה לאדם בעקבות אירוע שהחשמל מעורב בו - יש לבצע, תמיד, הפסקה של הספקת החשמל והפסקת השפעתו על גוף הנפגע על ידי מפסק חירום או מפסק הזרם, שלפית התקע מבית התקע (עדיף) או חיתוך זריז של כבל הזינה (ושוב, זהירות מפני חישמול). מהירות מתן העזרה היא שקובעת את סיכויי הנפגע להתאושש. לפיכך, יש להדריך את כל העובדים בנוגע למיקומם של מפסקים ושיטות להפסקת החשמל באזורים שונים. בנושא זה - הפרדה ממקור מתח - נרחיב בהמשך הנספח.

אם כך: הוראות הטיפול בנפגעי חישמול דורשות, כדבר ראשוני, ניתוק מקור המתח החשמלי או הרחקת הנפגע ממקור המתח. אין לזנק לעבר הנפגע. יש להישאר שקולים אך נמרצים, להזעיק עזרה ולהודיע לממונים. פעולות החייאה יש לבצע לפי נוהל עזרה ראשונה. לממונים מומלץ להזמין ניידת "טיפול נמרץ" של כוחות עזר רפואיים.

להלן יובאו עיקרי עקרונות הגשת העזרה הראשונה המתבקשת. לצורך הרחבת ידע והסמכה בנושא מומלץ לקבל הדרכה מקצועית ע"י גורמים מוסמכים.

עיקרי עזרה ראשונה לאחר מכת חשמל (חישמול)

- תגובה מיידית להצלת הנפגע - שיחרור מהשפעת מתח חשמלי.
- בדיקת פגיעות אחרות: שברים, פציעות וכד'.
- ABCs - עזרה ראשונה אחרי שחרור ממתח (החייאה):
 - ♦ Airway - בדיקת הנפגע - פתיחת נתיבי אוויר.
 - ♦ Breathing - בדיקת קיום נשימה.
 - ♦ Circulation - בדיקת דופק.
- doctor - ביצוע החייאה והזמנת סיוע רפואי ופינוי.

עזרה ראשונה לאחר כווייה מקשת חשמלית

- כוויית חשמל עלולה לפגוע באופן פנימי וגם באופן חיצוני. כווייה חיצונית נוצרת על ידי קשת חשמלית או ברקים. תגובת ההצלה חייבת להיות מהירה מאוד עפ"י השלבים המומלצים הבאים:
1. תגובה מיידית להצלת הנפגע - שיחרור ממתח חשמלי.
 2. כיבוי האש על גוף בוער וטיפול, על ידי:
 - ♦ גלגול הנפגע הבווער על הרצפה ושימוש ב"שמיכת כיבוי". במקרה שאין שמיכת כיבוי במקום אפשר להשתמש לכיבוי במעיל.
 - ♦ שימוש במים לכיבוי/קירור חלקי הגוף השרופים/כוויים. המים הם חומר טוב ביותר וזמין. יש להחזיק את אזורי הפגיעה כ-10 עד 15 דקות תחת זרם המים. חובה לוודא את ניתוק זרם החשמל לאזור.
 - ♦ להסיר את הבגדים מהחלקים הפגועים. הסרת הבגדים - רק אם אינם דבוקים לגוף.
 - ♦ אם הנפגע חסר הכרה - אסור להשקות אותו במים. אסור להשתמש באלכוהול בכל מצב.

עזרה ראשונה לאחר נפילה מגובה בעקבות חישמול

1. בדיקת הנפגע לאיתור ראשוני של פגיעות.
2. טיפול בשברים - אם יש.
3. טיפול בכלי דם ופצעים מדממים - אם יש.
4. שינוע הנפגע להמשך טיפול רפואי - בהתאם לצורך.

התייחסות לפגיעה בעיניים

לפגיעות מחשמל עשויה להילוות קשת חשמלית. בעקבות הקשת החשמלית קיימות במקרים רבים פגיעות בעיניים (נזקי קרינה וכוויות). עקב ההתרחשויות הדינמיות בפגיעות חשמל עלולות להיגרם פגיעות בעיניים מחפצים וחלקיקים מתעופפים. העזרה הראשונה: סילוק רסיסים וחלקיקים מתוך העין (אם ניתן), הנחת רטייה רטובה על העין הפגועה והפניה לטיפול רפואי מוסמך.

שחרור ממתח חשמלי

עיקר הבעיה בטיפול בנפגעי חשמל עלול להיות הגישה אל הנפגע: כל עוד קיימים מוקדי "חשמל חי" - עלול המציל להיפגע מחישמול והנפגע ימשיך להימצא במצב של היפגעות.

הפרדת נפגע ממגע ישיר עם מתח חשמלי נמוך, ללא נקיטת אמצעי בטיחות, היא פעולה מסוכנת; במצבי מתח גבוה - גם התקרבות אל האזור עלולה להיות מסוכנת.

✓ כל עובד חייב להכיר את נוהלי החירום המתאימים למקום עבודתו ועליו לפעול בהתאם.

✓ במקרים קיצוניים ניתן להפסיק את זרם החשמל גם על ידי קצר במיתקן החשמלי - ע"י השלכת חפץ מתכתי על מוליכים גלויים.

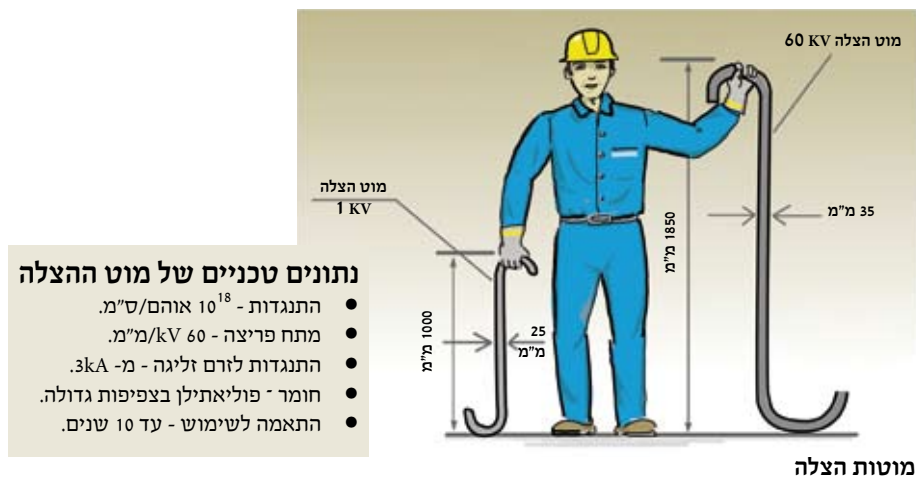
✓ אם אין גישה מהירה לאמצעי הניתוק ממתח (מפסקים וכד'), יש לשחרר את הנפגע מהחשמל על ידי הפרדה פיזית ממוליך החשמל תוך כדי דחיפת הגוף, משיכתו או נקיטה בשיטות הפרדה אחרות:

◆ במקרה של דחיפת נפגע שחושמל - יש להשתמש לצורך כך בחפץ מחומר בלתי מוליך (כמו לוח עץ יבש, לוח PVC וכד').

◆ בדרכי שחרור אחרות יש להבטיח שהמציל יעמוד על בסיס מחומר בלתי מוליך (לוח עץ יבש ללא מסמרים, ערימת ספרים, שמיכה יבשה, מזרון יבש), בלי לגעת בחלקי גוף חשופים של הנפגע.

✓ ציוד עזרה ראשונה והצלה (כמפורט בהמשך) יהיה במצב תקין ומוכן לשימוש בכל עת. הציוד אמור להימצא במרפאת המפעל או בארון של עזרה ראשונה מפעלית. החשמלאי האחראי על אמצעי החירום ידווח למחזיק מקום העבודה או למנהל על כל פריט חסר בציוד.

ניתן לשחרר את הנפגע המחושמל מחישמול, במיתקן חשמלי מסודר, באמצעות מוט הצלה, אשר חייב להימצא בארון ציוד העזרה הראשונה או להיות תלוי על הקיר.



דרכי שחרור (הפרדה) הנפגע מחישמול בתנאים מאולתרים

באירועי חישמול במתח נמוך: אם אין אפשרות לנתק את הזרם במהירות ואין אמצעים תיקניים - כמו מוט הצלה - להפרדת הנפגע מהמתח, יש להפריד את המגע בין הנפגע לבין המיתקן החי.

לצורך זה המציל חייב לבדוד את עצמו מהקרקע, או להשתמש בגופים מבודדים לשחרור הנפגע מהמתח. המציל חייב להיזהר מלבוא במגע ישיר עם חלקים הנמצאים תחת מתח. אפשר לשחרר את הנפגע מהמתח על ידי הרחקת הגוף המחשמל מהנפגע, ע"י הרחקת הנפגע מהגוף המחשמל, או על ידי בידוד הנפגע מהקרקע, כגון גלגולו לשטח מבדד.

אם פעולת בידוד הנפגע מהקרקע אינה משחררת אותו מהמתח, כמו במקרה שהוא מחבר בגופו את הגוף המחשמל עם צינור מים, או כשהוא נוגע בשני מוליכים בבת אחד, יש לעשות את פעולת ההפרדה תוך הקפדה שהמציל לא יכניס את עצמו למעגל הזרם. עליו לבדוד את עצמו מהקרקע ולפעול באמצעות גופים מבדדים.

במקרה שהקרקע או הרצפה שיש לעבור מחושמלים (קיים מתח צעד, א. ט.), יש להתקדם בקפיצות בלבד כשהרגליים צמודות זו לזו, או ברגליים פשוקות כך שלאף רגע לא תהיינה שתיהן במגע עם הקרקע או הרצפה בעת ובעונה אחת.

לבידוד מהקרקע יכולים לשמש: נעליים עם סוליות המבודדות חשמל, לוח עץ יבש ללא מסמרים וחלקי מתכת, ספרים, שמיכה יבשה, מזרון יבש וכד'. כגופים מבדדים לדחיפה יכולים לשמש: כפפות, בגדים יבשים ללא אבזרי מתכת, יריעות גומי או פלסטיק, מוט עץ יבש וכד'.

הפעלת מכשיר החיאה - דפיברילטור

חישמול עלול לגרום לנפגע לדום לב. זמן הגעה ממוצע של אמבולנס בארץ הוא 9 דקות ויותר, מרגע הקריאה. פעולה מיידיית של עוברי אורח מכפילה ואף משלשת את סיכויי ההישרדות של נפגע הסובל מדום לב.

הטיפול הנכון בדום לב הוא מתן שוק חשמלי באמצעות מכשיר דפיברילטור אוטומטי. אם השוק החשמלי ניתן לנפגע ברגע שליבו נעצר - סיכויי ההצלה שלו הוא 90%. בכל דקה שחולפת מרגע דום הלב הסיכוי הזה פוחת ב- 10%-15%. לכן, תוך 10 דקות עלול הסיכוי להצלה לשאוף לאפס.

במהלך 10 הדקות הקריטיות האלה הישרדות הנפגע תלויה בעוברי אורח, ובמפעל - העובדים בסביבה, אשר יכולים להשתלב בשלושת השלבים הראשונים של שרשרת ההישרדות:

1. זיהוי מוקדם של קיום מצב חירום וקריאה לסיוע מקצועי (מוקד מד"א - 101);
2. החיאה מוקדמת על ידי עוברי אורח;
3. שוק חשמלי בהקדם.

לאחר החיאה מתקדמת ראשונית זו יבוצע מעבר לשלב תומך שלאחר החיאה והמתנה לסיוע מקצועי.

ציוד הצלה ועזרה ראשונה

בכל מיתקן חשמלי מסודר מומלץ שיהיו הפריטים הבאים:

- מוט הצלה למיתקן מתח נמוך/גבוה
- ערכת החייאה הכוללת:
 - ◆ מפוח הנשמה למבוגר כולל מסיכה ושקית העשרה.
 - ◆ מסיכת כיס להנשמה.
 - ◆ מכשיר החייאה - דפיברילטור (מומלץ).
 - ◆ מכשיר קשר.

שילוט

בכניסה לחדר חשמל יוצבו הוראות למצילים לביצוע הצלה ועזרה ראשונה למי שחושמל. ארון ציוד בטיחות ועזרה ראשונה יסומן באמצעות שלט שיוצב בחזית הארון ורשימת הציוד הקיים בארון.

הדרכה ורענון

חשמלאים יעברו הדרכה ורענון בתחום הצלה וההחייאה.

נספח 4: הוראות בטיחות לעבודות חשמל שאינן מחייבות רישיון חשמלאי

הנחיות הבטיחות הבאות נועדו ללוות ביצוע עבודות חשמל שאינן מחייבות רישיון חשמלאי¹.

מומלץ להשתמש בהן כדי להבטיח את עצמכם מסיכון חשמלי וכדי לסייע בהגנה על מערכת החשמל ועל סביבת העבודה מפני נזק אפשרי.

מטרתן של הוראות בטיחות לעבודה עם ציוד/מיכשור חשמלי, היא למנוע פגיעה במהלך שימוש או בתפעול לא נכון של מיתקנים חשמליים. ההוראות מיועדות לעבודה עם ציוד וכלים חשמליים ומיתקנים המוזנים ממקור אנרגיה חשמלית במתח נמוך. ההוראות מיועדות לעובדים שאין להם רישיון חשמלאי.

ההוראות מגדירות תנאי שימוש ותנאי סביבה בטוחים להפעלת ציוד/מיכשור חשמלי. הנושאים הנכללים בהוראות: אחריותם של האחראים; פעילות שמותר לבצע על עובד ללא רישיון חשמלאי (כולל בדיקות/מדידות); הוראות בטיחות כלליות; שימוש במכשירי חשמל מיטלטלים; עבודות חשמל במקום מוקף; עבודות באווירה נפיצה; ניתוק/חיבור מכונה/ציוד המופעלים באנרגיה חשמלית; עבודות חשמל בגובה; עבודות ריתוך בקשת חשמלית; התנהגות במקרה של התחשמלות העובד; ציוד מגן אישי; הנחיות לביצוע עבודות על ידי קבלן.

הוראות הבטיחות שלהלן אינן באות לגרוע מהוראות כל דין, כמו לדוגמה: בנוגע לעבודות חשמל המשולבות לעיתים בסיכונים אחרים: עבודה בגובה; ריתוך חשמלי; עבודה באזור דליק; עבודה במקום מוקף; עבודה עם ציוד הרמה וכו'. לכן, במקרים כאלה יש לנהוג גם עפ"י הוראות הבטיחות הרלוונטיות לסיכון הנוסף.

אחריות

- ✓ המעביד אחראי ליישומן של הוראות הבטיחות האלה.
- ✓ מנהל היחידה אחראי על תקינות המכשירים/ הציוד החשמלי הנמצאים ביחידתו.

הפעולות שמותר לבצע ללא רישיון חשמלאי, כולל בדיקות ומדידות

- הפעלת ציוד/מיכשור חשמלי המוגן בפני נגיעה מקרית בחלקים הנמצאים תחת מתח.
- הפעלת לחצנים מבודדים, של גופי ציוד/מיכשור מבודדים.
- החלפת נורות בגופי תאורה, ללא שימוש בכלים, כולל נורות פלואורסצנט, נורות המוזנות דרך עמעם (dimmer).
- החלפת נתיך מתח נמוך מתוברג או נתיך בעל אלמנט ניתך חליף ("נתיך אנגלי"), המיועדים להחלפה ללא שימוש בכלים, בציוד/מכשיר מנותק מאנרגיה חשמלית.

¹ פורסם באתר האינטרנט ב: http://www.osh.org.il/uploadfiles/d_1880_hashmal_rishayon.pdf

- החלפת מדליק (starter) לשפופרת פלואורנית (נורת פלואורסצנט), ללא שימוש בכלים וללא פירוק תא האביזרים (אם המדליק נמצא בתוך התא), והנורה מנותקת מאנרגיה חשמלית.
- הפעלת מתגים וכיוצא באלה, אינן נחשבות ל"עבודת חשמל", כולל הפעלת מפסקים מבודדים במיתקן חשמלי:
 - ◆ הפעלת מפסקים של כל מעגל חשמלי סופי, כמו: מעגלים עם מפסקי חילוף (הפעלה ממקומות שונים); מעגלים עם מפסק מדגם sensor המופעלים על ידי נגיעה קלה, ועוד.
 - ◆ הפעלת מפסק חירום אחרי קבלת הדרכה.
- הפעלת מכונה או ציוד מלוח חשמל לפי אישור חשמלאי ואחראי על הבטיחות (בתנאי שאין מגעים חשופים בלוח ובחדר חשמל).
- במקרה של נפילת מפסק מכונה/ציוד - מותר להפעילו רק פעם אחת. במקרה של הפסקה חוזרת יש לפנות לחשמלאי.
- מותר לבצע בדיקות/מדידות חשמליות בציוד המחובר למקור אנרגיה חשמלית רק בתנאי שאין מגעים/אביזרים חשמליים חשופים, כלומר: הציוד מחובר למכשיר או לציוד הבדיקה (צב"ד), או שהוא מחובר באמצעות כבל בדיקה עם מגעי בדיקה (פרובים) מבודדים בצורה בטוחה.

הוראות בטיחות כלליות

- ✓ לפני תחילת השימוש בציוד/מיכשור חשמלי - יש לעיין היטב בהוראות השימוש של כל מכשיר.
- ✓ אין לבצע תיקון, בדיקה, התקנה, שינוי, פירוק או תחזוקה כלשהי במיתקן חשמלי ע"י מי שאינו חשמלאי, כנדרש בתקנות החשמל (רישיונות).
- ✓ עבודות חשמל יבוצעו אך ורק ע"י אדם אשר בידו רישיון בר-תוקף המתיר לו לעסוק בעבודות חשמל ובהתאם לתנאי הרישיון שלו.
- ✓ במקום העבודה לא יימצאו מוליכים חשופים תחת מתח.
- ✓ אין לפתוח או להסיר כיסויים מעל אזוריים הכוללים חיבורים חשמליים גלויים או קופסאות חיבור (מיתוג).
- ✓ לפני כל שימוש בציוד/מכשיר חשמלי יש לוודא את תקינותו. יש לבדוק: שלמות הבידוד החשמלי, יציבות פינים, ברגים וחיבורי הכבל למכשיר ולתקע, שלמות פתיל הזינה.
- ✓ אם התגלה ליקוי בבידוד המכשיר, באביזר או בפתיל - אין להשתמש בו עד לבדיקתו ותיקונו ע"י חשמלאי.
- ✓ יש להשתמש רק במתגי ההפעלה החיצוניים המיועדים לשימוש ע"י המפעיל.
- ✓ אין להשתמש במפצל או ב"רב שקעים" ללא אישור חשמלאי.
- ✓ אסור להתחבר לבית תקע רופף או שבור.
- ✓ אין להוציא את התקע מהשקע במשיכת פתיל הזינה שלו.
- ✓ אסור להשתמש במכשירי חשמל רטובים. אין לטפל בציוד/מכשיר חשמלי כאשר הידיים או הגוף רטובים או ברגליים יחפות.
- ✓ אין להשתמש במכשירים או בציוד חשמליים אשר אינם נושאים תו תקן ישראלי או בינלאומי מתאים.

- ✓ מנורות חשמל ואביזריהן יותקנו, בד"כ, בגובה של 2 מטרים לפחות מעל פני הרצפה.
- ✓ מנורות חשמל המותקנות בגובה פחות משני מטר מהרצפה יוזנו דרך מפסק מגן ברגישות 00.3A.
- ✓ מנורות חשמל וכבלי חשמל לא יהוו מכשול, לא יונחו בתוך נוזלים וימוגנו באמצעי הגנה נאותים במקומות שקיימת סכנת פגיעה בהם.
- ✓ יש להימנע מהעמסת יתר (חיבור מופרז של צרכנים) בנקודות ההתחברות לחשמל.
- ✓ השימוש בכבל מאריך אינו מומלץ ואינו מיועד להזנת מכשירי חשמל ניידים וקבועים.
- ✓ אין לאחסן חפצים בארונות חשמל או בחדרי חשמל.
- ✓ יש להבטיח מעבר ברוחב של לא פחות ממטר אחד לפני לוח חשמל.
- ✓ יש למנוע כניסת אנשים בלתי מורשים למיתקנים ולחדרי חשמל.
- ✓ במקרה של שריפה - אין להתזיז מים על לוחות חשמל או על מיתקנים/ציוד חשמלי.
- ✓ אם הרגשתם חישמול קל מציוד/מכשיר - יש לנתק את הספקת החשמל אליו ולהודיע מיידית למנהל.

מכשירי חשמל מיטלטלים

כללי

- הוראות הבטיחות לכלי עבודה (מכשירים/ציוד) מיטלטלים חשמליים המוחזקים ביד, נועדו למנוע פגיעה בעקבות שימוש לא נכון.
- ✓ לא יופעל ציוד/ מכשיר חשמלי מיטלטל ע"י עובד שלא קיבל הדרכה ע"י אחראי או חשמלאי.
- ✓ בעת עבודה עם כלי חשמלי יש לשמור עליו נקי ויבש, לשמור על ידיים יבשות, להקפיד על עמידה יציבה במשך העבודה עם הכלי, ולהשתמש בציוד מגן אישי על פי הצורך.
- ✓ אם התקע של המכשיר איננו מהסוג התקני הנדרש בארץ - חייבים להחליפו בתקע תקני. החלפת התקע - רק ע"י חשמלאי מורשה.
- ✓ כל כלי חשמלי מיטלטל המופעל ביד (דיסק, מקדחה וכד'), יהיה בעל בידוד כפול, שסימנו: □
- ✓ בתקע של ציוד/מכשיר חשמלי מסוג "בידוד כפול" אסור שיהיה פין שלישי (פין הארקה).
- ✓ מנורות חשמל מיטלטלות המוחזקות ביד יוזנו ממתח נמוך מאוד שלא יעלה על 50 וולט.
- ✓ יש לוודא שמכשירים פולטי חום, כגון מלחמים, לא יגרמו לחימום פתיל הזינה ולהמסת הבידוד. יש להניחם על מיתקנים או על מישטחים המיועדים לכך, למניעת שריפה.
- ✓ אין להניח כלי חשמל מיטלטלים על הרצפה. יש להניחם על גבי שולחן או התקן המיועדים לכך.
- ✓ אין להשתמש בכפפות בעת עבודה עם כלי חשמלי בעל חלקים נעים.
- ✓ במקרה של תקלה או פגם בציוד/מכשיר חשמליים - יש לנתק את הכלי מיד מזרם החשמל, לסמן אותו כלא תקין ולהעבירו לבדיקה אצל חשמלאי מורשה.

- ✓ בכל עבודת תיקון ותחזוקה של הציוד/המכשיר - יש לנתקו ממקור האנרגיה החשמלית.
- ✓ אין להשאיר ללא השגחה מכשיר חשמלי המחובר לזרם החשמל.

שימוש בכבל מאריך

- כבל מאריך מיועד לעבודות חד-פעמיות. בשום אופן אין להשתמש בכבל כזה כתחליף לתשתית קבועה.
- בעת שימוש בכבל מאריך יש להקפיד על הכללים הבאים (ראו דרישות בפרק 5):
- ✓ לפני כל שימוש בכבל מאריך - העובד יבדוק את שלמות הכבל בבדיקה ויזואלית, ויוודא שהכבל שלם לכל אורכו, ללא פגמים בבידוד, ושאינו נפוח או סדוק.
- ✓ התקע ובית התקע של הכבל המאריך ותוף הכבל שלו יהיו מוגנים נגד פגיעות מכניות.
- ✓ לעבודות באתר בנייה או באזורים שבהם קיימת סכנת פגיעה בחיבורי כבלים - סוגי בתי התקע והתקע שלהם יהיו מתאימים לדרישות ת"י 1109 (צורת שפופרת) או ת"י 32.
- ✓ חתך המוליכים בפתיל זינה לא יפחת מ-1.5 מ"מ נחושת או 6.0 מ"מ אלומיניום.
- ✓ אם הכבל מלופף על תוף, יש לפרוש את הכבל לכל אורכו במהלך השימוש בו. ניתן להשאירו מגולגל רק לפי ההוראות הרשומות על מדבקה שעל גוף התוף.
- ✓ יש להימנע מלהניח כבלים כך שיהוו מכשול. בנוסף, יש להגן על כבלים בפני פגיעה בהם.
- ✓ בכל שימוש בכבל מאריך - יש לחברו תחילה אל המכשיר ורק לאחר מכן אל רשת החשמל.
- ✓ אין להניח כבל מאריך בתוך שלולית מים או נוזל אחר.
- ✓ כבלים ופתילי זינה, המיועדים להזנת מכשירי חשמל מיטלטלים המוחזקים ביד, יחוברו לרשת דרך מפסק מגן ברגישות 0.03A, או לחליפין - למקור זינה במתח נמוך מאוד.
- ✓ אסור להשתמש בכבלי חשמל מאריכים אשר עלולים לגרום למכשול לעובד או לציוד בסביבה. אין למתוח, או לקפל כבלים מאריכים ופתילי זינה ואין להציב עליהם משקל.
- ✓ אין להעביר כבל מאריך או פתילי זינה מעל כבלי/קווי חשמל אחרים.
- ✓ בסביבה של מיתקן או קווי חשמל חיים - יש לקשור ציוד מיטלטל למניעת נפילתו.

תאורה מיטלטלת המוחזקת ביד

- ✓ לפני חיבור גוף התאורה למקור הזינה, על העובד לבדוק ולאמת כי:
- ◆ כל הפינים בתקע שלמים ואינם רופפים/מתנדנדים.
- ◆ כל הברגים בתקע/בית התקע מוברגים ומהודקים.
- ◆ כל חיבורי הכבל לגוף התאורה ולתקע תקינים ואין בהם גידים חשופים.
- ◆ אין סימני התנפחות וסדקים בכבל.
- ✓ אין להשאיר תאורה דולקת ומחוברת למקור חשמל ללא השגחה.
- ✓ בגמר השימוש בגוף התאורה - יש להוציא את התקע מבית התקע ע"י אחיזה בתקע ומשיכתו החוצה. יש לתמוך בבית התקע בעזרת היד השניה כדי למנוע שליפתו ממקומו. אין לשלוף את התקע על-ידי משיכה בכבל.

- ✓ גופי התאורה הניידת יצוידו בכבל זינה מסוג מאושר, המוגן בפני פגיעות מכניות.
- ✓ נקודת ההתחברות אל מקור החשמל תהיה מוגנת ע"י מפסק מגן לזרם דלף (מימסר זרם פחת) ברגישות של 30 מיליאמפר.
- ✓ מנורה מיטלטלת תוזן באמצעות פתיל שלם לכל אורכו, ללא חיבור ביניים, שהוא גלוי לעין לכל אורכו; אין להעביר את הפתיל דרך חורים שנקדחו בקירות או במחיצות. במקרים מסוימים מותר להתקין - באישור מהנדס חשמל - תקע ובית תקע מיטלטלים בפתיל זינה של מנורה מיטלטלת.

בדיקות של כלי עבודה מיטלטלים חשמליים

- ✓ העובד יבדוק את המכשיר לפני כל שימוש, כשהוא מנותק מחשמל: יודא שהוא שלם בבדיקה ויזואלית; יודא שהמכשיר נושא סימון של בידוד כפול; יבדוק את התאמת המכשיר למתח העבודה המתוכנן; יבדוק שהכלי יבש ונקי מאבק ולכלוך; יבדוק באופן ידני שהחלקים הנעים נעים באופן חופשי.
- ✓ לפני הבדיקה יש לפרוס במלואו את פתיל ההזנה של הכלי. אין להשאיר את הפתיל מגולגל.
- ✓ במקרה שנתגלה פגם או ליקוי כלשהו בכלי העבודה או בציוד החשמלי - יש לחדול מיד מהשימוש בו ולהעבירו לתיקון או להשמידו.
- ✓ במקרה של תקלה או נפילה של מכשיר חשמלי, יש להפסיק את השימוש בו. חידוש השימוש במכשיר מותר רק לאחר בדיקה יסודית על ידי חשמלאי ותיקונו (אם צריך).
- ✓ בדיקה תקופתית של כלי חשמל מיטלטלים תבוצע ע"י חשמלאי מורשה. מומלץ לבצע את הבדיקה פעם ב-6 חודשים. פירוט הבדיקה מצוי בתקן הישראלי: ת"י 757.

תחזוקה של מכשירים מיטלטלים חשמליים

- ✓ מכשירים מיטלטלים ופתילי הזינה שלהם יתוחזקו ויישמרו במצב תקין ומתאים לפעולה.
- ✓ יש לאחסן מכשירי חשמל מיטלטלים במקום מוצל ומוגן מפני רטיבות ואבק.
- ✓ מומלץ לערוך בדיקה ורישום באופן תקופתי, ע"י חשמלאי מורשה, פעם ב- 6 חודשים.
- ✓ המכשיר יופעל ויתוחזק עפ"י הוראות היצרן ודרישות תקנות החשמל.

עבודות חשמל במקום מוקף

- ✓ תאורה מיטלטלת המוחזקת ביד תוזן ממתח נמוך מאוד (50 וולט בתעשייה; 24 וולט בבנייה, בחקלאות ובחצרים רפואיים).
- ✓ הזנת ציוד חשמלי מיטלטל תבוצע דרך מפסק מגן ברגישות 0.03A.
- ✓ ציוד לריתוך חשמלי יוזן דרך שנאי מבדל.
- ✓ יש להתקין הארקה וגישור בין מכשיר חשמלי מסוג I (ציוד עם מעטפת מתכתית) לבין מישטח עמידה מתכתי.
- ✓ מקור הזינה ימוקם מחוץ למקום הסכנה המוגברת (מקום מוקף).

- ✓ יש להקפיד על איורור ותאורה נאותה באזור העבודה.
- ✓ יש לקיים את כל הוראות הבטיחות הקשורות למקום מוקף מבחינת: בדיקת איכות האוויר; תיאומים; השגחה ופיקוח חיצוני; כוננות של אמצעי חירום לסיוע; וכו'.

עבודות באזור עם אווירה נפיצה

- התחממות הציוד או פליטת ניצוצות עלולים לגרום לשריפה או לפיצוץ באזורים עם אווירה נפיצה.
- ✓ לפני הפעלת הציוד/המכשיר יש להדריך את העובד על אופן הפעלתו וסיכוני הבטיחות הכרוכים בו.
- ✓ יש לוודא שהציוד החשמלי יתאים לתנאים הקיימים במקום השימוש, כגון: סכנה של פגיעה מכנית; רטיבות; אש; התפוצצות; השפעות כימיות; הצטברות אבק או לכלוך וכד'.
- ✓ הציוד ותהליך העבודה יתאימו לדרישות הבטיחות ויאושרו על ידי האחראי.
- ✓ יש להקפיד על איורור ותאורה נאותים באזור העבודה.
- ✓ עבודות חשמל שאסור לבצען באזורים עם סיכוני התפוצצות:
 - ◆ תחזוקת ציוד הנמצא תחת מתח.
 - ◆ תפעול ציוד עם הארקות לא תקינות (הארקת הגנה והארקה נגד חשמל סטטי).
 - ◆ הפעלת ציוד אשר מתנתק באופן אוטומטי, ללא בירור הסיבות להתנתקותו עוד לפני ההפעלה.
 - ◆ החלפת נורות בגופי תאורה בסוגי נורות שאינם מתאימים לסביבה נפיצה.
 - ◆ הפעלת ציוד וכלי עבודה לא מתאימים לאזור וללא אישור האחראי באזור הסביבה הנפיצה.

ניתוק/חיבור מכוונות וציוד המופעלים באנרגיה חשמלית

- ✓ עובד רשאי להפעיל או לנתק מכוונה וציוד בתנאי שהמפסק מבודד ותקין.
- ✓ במקרה שהופסקה מכוונה/ציוד בצורה אוטומטית, מותר להרים את מפסק ההפעלה פעם אחת בלבד. במקרה של נפילה חוזרת - אין לנסות להרים אותו ויש לפנות לחשמלאי.
- ✓ ניתוק/חיבור של מיתקן חשמלי יבוצעו אך ורק בידיעתו ובהסכמתו של מנהל היחידה או האחראי על התחזוקה במקום.
- ✓ ניתוק/חיבור של מפסק בלוח החשמל הראשי או המשני יבוצע על פי אישור חשמלאי ובהדרכתו. הלוח יהיה במצב בטוח ומוגן נגד חישמול עובדים שאינם חשמלאים אשר ניגשים אליו.
- ✓ בכל מקרה של עבודות תיקון ותחזוקה בציוד או במיתקן חשמלי - יש לנתקו תחילה ממקור האנרגיה החשמלית.
- ✓ אין לגעת במפסק שלצידו מוצב שלט אזהרה, כמו "אסור להפעיל", "אין להפעיל" - המכוונה בטיפול" או "אסור לחבר".

- ✓ ושוב, ובהדגשה: עבודות חשמל שאסור לבצען:
- ◆ הפעלה ידנית של ציוד אשר התנתק באופן אוטומטי בלי בירור הסיבות להתנתקותו.
- ◆ תחזוקת ציוד הנמצא תחת מתח.

ציוד מגן אישי

- ✓ יש ללבוש חולצה עם שרוולים צמודים מכופתרים ומכנסיים ארוכים. הבגדים צריכים להיות מכותנה או מחומר דומה לה.
- ✓ יש להרכיב משקפי מגן במהלך השימוש וביצוע עבודות מיתוג ציוד/מיכשור.
- ✓ עבודה בגובה תבוצע עפ"י "תקנות הבטיחות בעבודה (עבודה בגובה), התשס"ז-2007", כולל ציוד המגן האישי המתאים.
- ✓ לעבודות ריתוך ולעבודות מיוחדות אחרות יש להקפיד על שימוש בכל הציוד הייעודי הנדרש.

הנחיות לביצוע עבודות על ידי קבלן

- ✓ הקבלן חייב למלא אחר כל הוראות הבטיחות הקיימות במקום העבודה ועפ"י כל דין.
- ✓ לפני תחילת העבודה יחתום הקבלן על הצהרות הבטיחות המקובלות במקום העבודה/במפעל.
- ✓ הקבלן אחראי לכך שכל עובדיו יקיימו את הוראות הבטיחות.
- ✓ בסמכות מנהל המפעל/הארגון או נציגו להפסיק כל עבודה של קבלן במקרה של חריגה או אי הקפדה על כללי הבטיחות הנדרשים.
- ✓ הממונה על הבטיחות של המפעל/ארגון או נציג מטעמו רשאי לבדוק את הציוד והמכשיר של הקבלן בכל עת. אם ימצאו ליקויים או חוסר בציוד הבטיחות הנדרש - לא תאושר עבודתו של הקבלן או שעבודתו תופסק.
- ✓ כאשר קבלן מבצע עבודות בשטח מוגדר, חובתו לסמן ולשלט את השטח וכל אזור שבו קיימים סיכונים בטיחות.
- ✓ יש לפנות אל הממונה על הבטיחות או אל נציגו במפעל/ארגון, בכל שאלה או בעיה המתעוררת בקשר ליישום הוראות הבטיחות.

נספח 5: מקורות

1. Carl R. Nave & Brenda C. Nave: "**Physics For the Health Sciences**".
3rd Ed, E.B. Saunders, 1985
2. Chien-Hsing LEE & A.P. Sakis Meliopoulos: "**A Compression of IEC 479-1 and IEEE Std 80 on Grounding Safety Criteria**". 1999.
URL: <http://nr.stic.gov.tw/ejournal/ProceedingA/v23n5/612-621.pdf#search=%22IEC-479-1%22>
3. Commercially operated website. "**Electric Shock Symptoms**".
URL: <http://www.emedicinehealth.com/articles/6142-3asp>
4. Environment, Health and safety (EH&S) Division of Lawrence Berkeley National Laboratory, Operated by the University of California for the U.S. Department of Energy: "**Health and Safety Manual, LBNL/PUB-3000**".
URL: <http://www.lbl.gov/ehs/pub3000/CH08.html>
5. Evan Mayerhoff. "**The Electric Shock Questions Effects and Symptoms**".
URL: <http://www.highvoltageconnection.com/articles/electricschockquestion.htm>
6. **Georgia State University Website.**
URL: <http://hyperphysics.phyastr.gsr.edu/hbase/electric/shock.html#cl>
7. Luttgens G.& Wilson N.: **Electrostatic Hazards**. Elsevier, 1997.
URL: http://www.knovel.com/web/portal/basic_search/display?_EXT_KNOVEL_DISPLAY_bookid=494
8. Medline Plus – a service of the U.S. National Library of Medicine and the National Institute of Health: "**Electrical Injury**".
URL: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/000053.htm#top>
9. Presented at a meeting of experts on electrical accident and related matters.
Sponsored by the International Labour Office; World Health Office and International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, October 23-31, 1961. Charles F. Dalziel: "**Deleterious. Effects of Electric shock**".page.24.
URL: http://www.llnl.gov/es_and_h/sourcematerial/earm_1961.pdf

10. אליהו ברזלי: "בטיחות בשימוש ובעבודות חשמל".
חוברת ח-026, נובמבר 2001
11. ד"ר אלכס טורצקי: "כבל מאריך ופתילי זינה להזנת מכשירי חשמל, דרישות והוראות בטיחות".
בכתובת: http://www.osh.org.il/uploadfiles/d_1604_hashmal_kabel-maarih.pdf
12. ד"ר אלכס טורצקי: "גנרטורים - בטיחות בתחזוקה ובתפעול".
חוברת ח-099, מאי 2006
13. ד"ר אלכס טורצקי: "דרישות בטיחות למתקנים אלקטרוניים במפעל היי-טק".
בכתובת: http://www.osh.org.il/uploadfiles/d_154_hitech.pdf
14. ד"ר אלכס טורצקי: "הארקה - שיטות ומושגי יסוד".
בכתובות: http://osh.org.il/uploadfiles/turetsky_haerka_1.pdf;
http://osh.org.il/uploadfiles/turetsky_haerka_2.pdf
15. ד"ר אלכס טורצקי: "תחזוקת מתקני חשמל - היבט הבטיחות".
תקציר ת-125, יוני 2003
16. אינג' פיטר מגנוס וד"ר אלכס טורצקי: "מוות מחישמול בעבודה בישראל".
ביטאון המוסד לבטיחות ולגיהות, גיליון 294, פברואר 2005
17. משה נצר: "חשיפה לשדות מגנטיים בתדר 50 Hz - תקנים ותקנות בארץ ובעולם".
חוברות 312, 313 של "בטיחות", בטאון המוסד לבטיחות ולגיהות, 2008
18. רינה קנוביץ: "גיהות בהלחמה ידנית".
בכתובת: http://www.osh.org.il/uploadfiles/d_1751_halhama.pdf



המוסד לבטיחות ולגיהות
בטיחות ובריאות בעבודה - זה אנחנו.

המוסד לבטיחות ולגיהות
www.osh.org.il

המרכז

תל-אביב, רח' מזא"ה 22, ת.ד. 1122, מיקוד 61010
אגף הנדסה תורת בטיחות ומיחשוב: טל': (03)5266439, פקס': (03)6204320
תחום הנדסה ותורת בטיחות: טל': (03)5266439, פקס': (03)6204320
תחום גיהות ובדיקות סביבתיות: טל': (03)5266438, פקס': (03)6204320
מרכז מידע: טל': (03)5266455, פקס': (03)5266456, חיוג מקוצר: *9394
יחידת אינטרנט: טל': (03)5266492, פקס': (03)6208596
תחום הסברה, פרסום והוצאה לאור: טל': (03)5266476, פקס': (03)6208232
תחום פרויקטים ופיתוח תשתיות: טל': (03)5266481, פקס': (03)6208230

תחום הכשרה והדרכה:

בת-ים, מגדלי הים התיכון, רח' הים 2, מיקוד 59303
טל': 5553071, 5553070, (03)5553003, פקס': (03)6593449, חיוג מקוצר: *9293
דוא"ל: training@osh.org.il

מחלקת משק הפצה ואחסון:

בת-ים, מגדלי הים התיכון, רח' הים 2, מיקוד 59303
טל': (03)6575147, פקס': (03)6575148
דוא"ל: hizki@osh.org.il

מחוזות:

מחוז ירושלים והשפלה: דרך בית לחם 118/ב', ת.ד. 10524, מיקוד 91022
טל': 6732880, (02)6723110, טל/פקס': (02)6732880
דוא"ל: jerusalem@osh.org.il

מחוז תל-אביב והמרכז: רח' מזא"ה 22, ת.ד. 1122, מיקוד 61010
טל': 5266465, (03)5266471, פקס': (03)6208596

דוא"ל: tel-aviv@osh.org.il

מחוז חיפה והצפון: "בית עופר", דרך ישראל בר-יהודה 52 ת.ד. 386, נשר, מיקוד 20300
טל': 04-8218890-4, פקס': 04-8218895

דוא"ל: haifa@osh.org.il

מחוז באר-שבע והדרום: "מגדל הרכבת", רח' בן-צבי 10, ת.ד. 637, באר-שבע, מיקוד 84896
טל': 6276389, (08) 6288112, פקס': (08)6275129

דוא"ל: beersheva@osh.org.il

