

תנאים סביבתיים

המושג "תנאים סביבתיים" מתייחס למכלול התנאים הפיזיקליים בסביבת העובד, בתחנת העבודה שלו ובשטח המפעל. לתנאים הסביבתיים יש השפעה כללית על העובד, לעתים פגיעתם רעה ונדרשים אמצעי בטיחות למנוע אותה או טיפול לשיפורם.

רעש

רעש הוא תופעה פיזיקלית אשר עלולה לגרום לפגיעה במערכת השמיעה, עד כדי חירשות. רעש הוא גל קול. כמו את כל ה"גלים" - ניתן לבטא גם את תכונותיו של גל קול ע"י עוצמה ותדירות. עוצמות הגל נמדדת ביחידות לוגריתמיות הנקראות דציבל והתדירות - בהרץ (Hz). באופן גרפי ניתן לתאר את הרעש כגל כדורי המתפשט מהמוקד אל הסביבה. גובה הגל נקרא משרעת (אמפליטודה) והתדירות מונה את מספר הפעמים שהגל חוזר על עצמו בשנייה אחת. המושג "רעש", בהקשר לתחומי הבטיחות והגיהות, מבטא מכלול של קולות בלתי רצויים שאליהם נחשף העובד. חשיפה לעוצמת "רעש" גבוהה גורמת, עם הזמן, לפגיעה במערכת השמיעה, לירידה בכושר השמיעה ועד לחירשות. אולם, מסתבר שהרעש גורם גם לכשלים בריאותיים נוספים: עלייה בקצב פעימות הלב, עלייה בלחץ הדם ותגובות אופייניות של אי נוחות, עייפות ועצבנות. הקשר בין מיפלס הרעש ומשך החשיפה - כאשר מדובר בתופעות הללו - איננו ברור עדיין דיו. התקנות העוסקות ברעש אינן מפורטות ואינן מטפלות בכל ההיבטים. התקנות מגבילות את משך החשיפה לרעש קבוע של 85 דציבלים (dB) ל-8 שעות. ככל שעוצמת הרעש עולה מתקצר משך החשיפה המירבי המותר, עפ"י המידרג הבא:

עוצמת הרעש (דציבלים)	משך החשיפה
80	24 שעות
82	16 שעות
85	8 שעות
88	4 שעות
91	2 שעות
94	1 שעות
97	30 דקות
100	15 דקות
103	7.50 דקות
106	3.75 דקות
109	1.88 דקות
112	0.94 דקות
115	0.50 דקות

חשיפה לרעש בעוצמות גבוהות מ-115 דציבל אסורה למשך כל פרק זמן

שלושה הגורמים: איורור, תאורה ועומס חוס שייכים למערכת התנאים הסביבתיים השוררים בסביבת תחנת העבודה של העובד. בתקנות הבטיחות בעבודה קיימות דרישות בנוגע לתנאים הסביבתיים בתחנת העבודה של העובד, לגבי חלק מהגורמים ועדיין לא בכולם (בפרק הדן בגיהות התעסוקתית מוצגות בעיות שונות בתחומים אלה עם פתרונות מתאימים).
עדיין לא קיימת בחוק הגדרה לגבי איורור נאות, עומס חוס סביר, טמפ' ולחות, בהם יוכל העובד לעבוד בנוחות מירבית, ולגבי עוצמת התאורה הנדרשת והמתאימה בתחנת העבודה.

איורור

איורור נאות נדרש בתחנת העבודה מ-3 סיבות עיקריות:

- הרחקת חומרים מזיקים המרחפים באוויר, בסביבת העבודה. לכל חומר כימי המהווה סיכון נשימתי, יש ריכוז מירבי, אשר אליו מותר להיחשף מבלי שייגרם לגוף נזק בריאותי. איורור מתאים מאפשר הפחתה ברמות המזהמים בעמדות העבודה;
- הורדת הטמפרטורה במקומות בהם מתבצעים תהליכים חמים - כמו ליד תנורי אפייה, מכונות הפועלות באמצעות קיטור, תהליכים הדורשים חימום וכו';
- הספקת חמצן לנשימה - כאשר מדובר בחללים סגורים בהם ייתכן מצב של ירידה ברמות החמצן באוויר הננשם.

כאשר דנים באיורור נוהגים להשתמש במספר מושגים:

איורור טבעי: תנועה של רוח וזרימת אוויר דרך חלונות ופתחים, יוצרת תחלופה של אוויר בעמדות העבודה. האיורור הטבעי מושפע מתנאי מזג האוויר, מכיוון הרוח ומעוצמתה.

איורור כללי: סילוק האוויר המזהם ומהילת האוויר, ע"י הוספת אוויר נקי (אוויר משלים), בכמות המספיקה להוריד את ריכוזי המזהמים אל מתחת לערכים המותרים.

איורור מקומי: לכידת המזהם סמוך ככל שניתן למקום היווצרו, ומניעת פיזורו באוויר, בחלל תחנת העבודה - ע"י פליטתו החוצה.

איורור טבעי

ברוב המפעלים לא ניתן להסתמך רק על האיורור הטבעי. הוא מתאים רק למקומות עבודה בהם אין תהליכים הפולטים לסביבה חומרים ו/או חום.

איורור כללי

יעיל רק במקומות עבודה שבהם ריכוזי החומרים הנפלטים ורעילותם נמוכים; כאשר רמת הזיהום נמוכה ומקורות הזיהום מפוזרים בכל חלל אולם העבודה; או במצבים בהם יש צורך לסלק מחלל העבודה אוויר חם. איורור כללי מתאים גם למחסנים, שיש למנוע בהם הצטברות של מזהמים ושאיין בהם עמדות עבודה. איורור כללי מתאים גם כהשלמה לאיורור מקומי.

בתכנון מערכת איורור כללי יש לוודא את קיומם של מספר תנאים:

- המפוח היונק ימוקם קרוב ככל שניתן למקור הזיהום;
- העובדים לא יימצאו בין מקור הזיהום למפוח היונק;
- האוויר המשלים יעבור דרך האזור המזהם;

- תימנע אפשרות לקיומם של אזורים "מתים" (אזורים בהם לא מתחלף האוויר) בחלל המאוורר;
- המיתקן אשר מספק אוויר משלים ימוקם כך שלא ייווצר מצב שבו יישאב האוויר הנקי לפני שנמהל עם האוויר הכללי במקום;
- פתחי היציאה של מפוח פליטת האוויר יהיו רחוקים מפתחי הכניסה של האוויר המשלים, כדי למנוע השבת אוויר מזוהם שסולק;
- האוויר המשלים יישאב מאזור נקי;
- כמות האוויר המשלים תהיה שווה לכמות האוויר הנפלט.

איוורור מקומי

האיוורור המקומי הוא הנפוץ והמתאים ביותר לתהליכים הנפוצים בתעשייה, שבהם נפלטים מזהמים לחלל העבודה. האיוורור המקומי לוכד את המזהם סמוך למקור הפליטה, לפני שהוא מתפזר באוויר חלל העבודה ובטרם הגיעו לדרכי הנשימה של העובד. כדי להבטיח את יעילותה של מערכת היניקה המקומית, יש להקפיד על הכללים הבאים:

- סגירה, ככל שניתן, של אזור היווצרות המזהם;
- מיקום המינדף קרוב ככל האפשר למקור הזיהום;
- מיקום מיתקן היניקה כך שהעובד לא יימצא במסלול זרימת האוויר המזוהם;
- ניצול תנועתו הטבעית של המזהם;
- מהירות לכידה מספקת של האוויר לקליטת המזהם;
- הכנסת אוויר משלים;
- מניעת משבי רוח מקומיים אשר עלולים להטות את היניקה;
- הרחקת פתחי כניסת האוויר המשלים מאזור פליטת המזהמים;

האיוורור המקומי עדיף במרבית המקרים על איוורור כללי: הוא איננו מוהל את האוויר המזוהם אלא מסלק אותו מחלל העבודה. כמו כן, נדרשות כמויות אוויר קטנות יותר ומכאן שהוא חסכוני ויעיל.

חשוב להזכיר: מזגן מפוצל איננו מערכת איוורור. מזגן ממחזר את האוויר המזוהם שינק מחלל העבודה. גם מזגן חלון ממחזר את רוב האוויר (רק כ-15% מהאוויר המוחזר מגיע מבחוץ).

תאורה

בישראל עדיין לא קיימות תקנות לגבי תאורה נכונה. קיים תקן ישראלי: ת"י 8995 (שהוא אימוץ של תקן בינלאומי), אשר מפרט את עוצמת ההארה הנחוצה במקומות עבודה ובתהליכים שונים.

בתכנון מקום העבודה בארצות הברית, התאורה מהווה את אחד המרכיבים החשובים. הניסיון שנצבר במשך השנים הראה ששעות העבודה הרבות אותן מבלה העובד במקום העבודה, מצריכות תשומת לב לתנאים הסביבתיים השוררים בתחנת עבודה. התברר שתאורה טובה משפרת את מצב הרוח, מגבירה את פריון העבודה ומקטינה באופן ניכר את מספר המוצרים הפגומים ו/או את מספר הטעויות בייצור.

תאורה לקויה מקשה על הראייה וגורמת למאמץ וכתוצאה מכך לעייפות, לגירוי העיניים ולכאבי ראש. מימצאים אלה, בנוסף לעלות הזניחה הדרושה לשיפור התאורה - לעומת עלות החשמל הנדרשת להפעלת המכונות במפעל, הביאה לכך שבארה"ב נוהגים להגביר את רמת התאורה ב-50% יותר מהרמה המומלצת בתקנים שלהם. כך, לדוגמה, ניתן להשיג תאורה משרדית טובה כבר בעוצמת אור של 500 לוקסים. במשרדים אמריקאים ניתן למצוא תאורה של 750 לוקסים.

עוצמת ההארה במפעל צריכה להתאים לאופי העבודה. יש להתחשב בגודל הפרטים שאותם צריכים לראות, הניגוד בין צבע הפרטים לסביבה, הצורך באבחנה בין גוונים ועוד. עוצמת ההארה (כמות האור) איננה הגורם היחידי שיש לו השפעה - איכות התאורה, היא גורם לא פחות חשוב:

✓ חשוב להגביל את הסינוור הנובע ממקורות אור וממישטחים מחזירי אור;

✓ להגביל מצבי בוהק;

✓ להגביל הבהוב (האפקט הסטרובוסקופי);

✓ לוודא שאכן יש מסירה נכונה של צבעים;

✓ לשלב בין תאורה טבעית לבין תאורה מלאכותית. מחקרים מראים שתאורה טבעית תורמת להרגשה טובה ומגבירה את הפיריון בעבודה. מאחר ולא ניתן להסתמך רק על תאורה טבעית - השילוב הוא הפתרון הנכון ביותר;

✓ לשלב בין תאורה כללית לתאורה מקומית. תאורה כללית מתוכננת להאיר בצורה אחידה את כל שטח האולם. תאורה מקומית משמשת להגברת התאורה בעמדות עבודה בהן נדרשת עוצמת הארה גבוהה יותר.

עוצמת ההארה של גופי התאורה פוחתת עם הזמן, עקב הצטברות לכלוך על גופי התאורה ועל מישטחים מחזירי אור אחרים. עם הזמן, יורד שטף האור של המנורה (כפונקציה של הזמן). תחזוקה טובה, הכוללת החלפה תקופתית של מנורות ושמירה על ניקוי גופי התאורה והמישטחים, עוזרת לשמור על רמת ההארה הרצויה.

עומס חום

טמפרטורת הגוף של אדם בריא כמעט קבועה - 37°C ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$). כדי ליצור אנרגיה ולהשתמש בה, מתבצע בגופנו תהליך מטבולי שבו "נשרפים" חומרי המזון ונוצרת אנרגיה. כמו בכל תהליך שריפה - גם כאן נוצר חום. את החום הזה יש לפזר לסביבה.

פיזור החום מותנה, בנוסף למדדים האישיים של האדם, ב-3 גורמים סביבתיים: טמפרטורת הסביבה, הלחות ותנועת האוויר.

כדי שיהיה אפשר לפזר את החום לסביבה, צריכה טמפרטורת הסביבה להיות נמוכה יותר מטמפרטורת הגוף. היכולת של פיזור חום ע"י הגוף מוגבלת בטמפ' סביבתית גבוהה ובמאמץ עבודה מוגבר. השפעת החום על העובד נעה בין תופעות קלות והפיכות ועד לתופעות אקוטיות, אשר עלולות לסכן חיים.

חשיפה לעומס חום גבוה עלולה לגרום להופעת פריחה על העור, לתשישות כתוצאה מאיבוד נוזלים (בעבודה מאומצת בתנאי חום עלול העובד לאבד עד כ-10% ממשקל גופו כתוצאה מהזעה), ולהתעלפות כתוצאה מירידה בלחץ הדם. במקרים אלה חשוב להוציא מיד את העובד מהאזור החם, לאפשר לו מנוחה מוחלטת ולדאוג שישתה הרבה.

תופעה חמורה יותר של פגיעה מעומס חום היא מכת חום. במכת חום נפגע מנגנון ויסות החום וטמפרטורת הגוף עולה. תיתכן פגיעה במערכת העצבים, אשר עלולה להיות פטאלית. במקרים של מכת חום צריך להוריד מיד את טמפ' הגוף. השיטה היעילה ביותר היא הרטבת הגוף ברסס של מים.

הקטנה של עומס החום ניתן להשיג באמצעים הבאים:

- טיפול במקור החום - באמצעות בידוד המקור החם;
- איזורור - מיזוג אוויר והגברת תנועת האוויר בעמדת העבודה;
- איקלום - מעבר הדרגתי לטמפרטורות גבוהות מאפשר לגוף להסתגל לעבודה בטמפ' הגבוהות;
- אמצעים ניהוליים - פיקוח, הדרכת העובדים ועידוד שתייה מרובה של מים;
- ביגוד מגן אישי - חליפה המצוידת בהספקת אוויר חיצוני קר.

עדיין לא קיימות בארץ תקנות המגדירות את עומס החום הנדרש במקומות עבודה. הרמות המומלצות תהיינה, לפיכך, בהתאם לפרסום בחוברת של ה-ACGIH, שבה מפורטים נתוני WBGT (ערכים המבטאים ערכי חשיפה לעומס חום), המתייחסים לעומסי חום. עם התפתחות הטכנולוגיה כובש מזגן האוויר מקום נכבד ביותר מקומות עבודה, וסביבת עבודה ממוזגת איננה נחשבת כיום כמותרות אלא כצורך, ליצירת סביבת עבודה נוחה יותר ופורייה.

ק ר י נ ה

מתורת הגלים מוכרים כמה סוגי קרינה. היחידות המאפיינות קרינה כלשהי הן תדירות, אורך גל ועוצמה. התדירות ואורך הגל קשורות זו בזו בנוסחת מהירות האור.

אורך הגל של קרינת האור, שהיא קרינה אלקטרומגנטית הנקלטת ע"י עין האדם, משתנה בתחום שבין הסגול - 4000 אנגסטרם (400 ננומטר - 4×10^{-9} מ'), לבין האדום - 8000 אנגסטרם (800 ננומטר). התחום 4000-8000 אנגסטרם נקרא "תחום האור הנראה".

באורכי גל גדולים מ-8000 אנגסטרם נמצא תחום האור האינפרה-אדום ובערכים נמוכים מ-4000 נמצא תחום האור האולטרה-סגול. אורכי הגל המסוכנים במיוחד של קרינה אולטרה-סגולה הם בערכים שבין 2700 עד 2900 אנגסטרם. הקרינות האלקטרומגנטיות הבלתי נראות השונות עלולות להיות מזיקות מצד אחד, אך גם מועילות מאוד מאידך.

עיקר השימוש המועיל בקרינות האלקטרומגנטיות הוא במיכשור רפואי, בעיקר (סטריליזציה של אוויר או מים באמצעות הקרנה בגלי UV), בניתוחים שונים, בצילומי רנטגן ברפואה ובתעשייה ועוד. הגורם הקובע אם הקרינה תגרום לפגיעה באדם שנחשף אליה או תעזור לו תלויה, כמו בכל חשיפה לגורם פיזיקלי או כימי, במשך החשיפה ובעוצמת הקרינה.

ניתן למיין את סוגי הקרינה גם לפי תכונות אחרות שלהן. בסיווג כזה מבחינים בקרינה מייננת ובקרינה לא מייננת:

קרינה מייננת - קרינה אלקטרומגנטית הגורמת לשינוי במולקולות, ע"י הוצאת אלקטרון אחד (או יותר) מהאטום. כך הופכת מולקולה רגילה (שאיננה פעילה מבחינה כימית) למולקולה פעילה ("יון"). מקור הקרינה יכול להיות רדיואקטיבי (קרינת γ) או מכשיר רנטגן (X-Ray).

קרינה לא מייננת - קרינה אלקטרומגנטית הגורמת נזק לגוף, כגון פגיעה תרמית (מקרינה אינפרה-אדומה או לייזר), סיכון להתפתחות תאים סרטניים (חשיפה רבה לקרני UV).

קרינה מייננת

המקורות של הקרינה המייננת יכולים להיות חומרים ואיזוטופים רדיואקטיביים הפולטים קרינה מייננת מסוג גמא (γ). קרינות מסוג אלפא (α) וביתא (β) אינן קרינות אלקטרומגנטיות, אלא סוג של פליטת "חלקיקים", ופגיעתן קטנה (כושר חדירה של החלקיקים אל תוך ריקמות הגוף מצומצם מאוד). חשיפה לקרינה מייננת עלולה להוביל לפגיעה ברקמות הגוף, בעיקר במנגנוני השיחלוף (rearrangement recombination) של התאים, ולפגיעה במערכות אחרות.

לגבי נושא זה קיימות בארץ תקנות בטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העוסקים בקרינה מייננת), התשנ"ג-1992. התקנות האלה מחייבות את המעסיק לטפל במספר נושאים, שתכליתם הגנה על העובדים בסביבה בה קיימת קרינה מייננת. עיקרן של הדרישות:

- למסור למפקח עבודה תוכנית בטיחות עבור מקום העבודה, שנערכה ע"י מעבדה מוסמכת;
 - למנות ממונה על בטיחות הקרינה, ולספק לעובדים ציוד מגן מתאים;
 - לבצע מדידות סביבתיות במפעל, אחת לשנה;
 - לכייל מכשירים ולקבוע עבורם הוראות בטיחות והפעלה;
 - להדריך, בכתב ובעל פה, את העובדים בסביבת קרינה;
 - למסור לעובדים את התוצאות של מדידות שנערכו במפעל;
 - למסור לכל עובד את התוצאות של הבדיקות האישיות שלו.
- גם בתקנה זו (כמו בכל תקנות הבטיחות לעבודה) מופנות דרישות רבות אל המעסיק, אך גם על העובד חלות דרישות מחייבות:
- ✓ העובד חייב למלא את הוראות הבטיחות;
 - ✓ העובד לא יאכל, לא ישתה ולא יעשן במקום שמצויים בו חומרים רדיואקטיביים (פתוחים או חתומים);
 - ✓ העובד חייב להתייצב במועד לבדיקות הרפואיות שהוא נדרש לעבור עפ"י התקנות;



- ✓ העובד חייב להודיע למעסיק על כל תקרית, תקלה או סיכון בנושא קרינה שאיתר בעבודתו.

בתקנות כלולות גם 7 תוספות. חשיבות מיוחדת יש לתוספת השניה, הקובעת את רמת החשיפה המותרת (ביחידות "רם"), לכל הגוף או לחלקי גוף והנחיות לגבי שיקלול החשיפות של אברים שונים, למנות קרינה שאליהן נחשף העובד לאורך יום עבודה. השילוט (בינלאומי) בו יש לשלט כל מקום שבו קיימת קרינה מוכר לכל מי שביקר במכון רנטגן:

קרינה לא מייננת

קרינה אינפרה-אדומה - IR - Infra-Red

קרינה אינפרה-אדומה גורמת לחימום. שהייה קרוב למקור הקרינה עלולה להביא לחימום יתר של רקמות בגוף ולגרום פגיעות בעיניים, בעור ועוד. ההגנה המקובלת מפני קרינה אינפרה-אדומה היא באמצעים הסופגים בד"כ קרינת חום, כגון:

- מסכי-מים;
 - דפנות כפולות עם בידוד תרמי ביניהן (עקרון התרמוס);
 - הגבלת זמן החשיפה (בהתאם לעוצמת הקרינה וכדומה);
- במקרה של פגיעה:** יש להשלים את כמויות הנזלים והמלחים בגוף. לאחר השקיית הנפגע, מומלץ להעביר אותו בהקדם לטיפול רפואי מוסמך.

קרינה אולטרה-סגולה - UV - Ultra-Violet

החשיפה לקרינה אולטרה-סגולה יכולה להיות תעסוקתית (מכשירים לעיקור האוויר בחדרי ניתוח אורטופדיים פועלים באמצעות קרינת UV), אבל עיקר החשיפה לקרינה זו הוא קרינת השמש. פגיעה של קרינת UV בעובדים באתרי בנייה, לדוגמה, היא תוצאה של חשיפה תעסוקתית. פגיעת הקרינה בנופשים על שפת הים איננה קשורה כמובן לתעסוקה.

קשה לקבוע את משך הזמן המותר לחשיפה לקרינת ה-UV, מכיוון שעוצמת קרינת השמש משתנה מ-0 (לפני הזריחה) ועד למירב העוצמה בצהרי היום. לדוגמה: רמת הסיכון בארץ נמוכה בשעות הבוקר עד השעה 10⁰⁰, ובשעות אחה"צ מהשעה 16⁰⁰; וגם בשטח הגוף שנחשף: אדם בבגד-ים אשר שוכב ומשתזף בשעה 12⁰⁰, חשוף לקרינה ולסיכונה פי 20 יותר מחברו המשתזף באותה עת, לידו, בעמידה (בשכיבה נחשף לשמש שטח גוף גדול יותר). אם החבר העומד גם חובש כובע - השוכב יהיה חשוף לקרינה פי 100 יותר מהעומד.

העוצמה תלויה גם בתחום קו הרוחב הגיאוגרפי שבו נמצא האדם שנחשף. למרות הקושי לקבוע מדדים לחשיפה לשמש - ניתן למדוד את רמות החשיפה במקומות העבודה ע"י מדידת אורך הגל שמייצר מחולל קרינת ה-UV, ומדידת עוצמת הקרינה. בחוברת של ה-ACGIH קיימות טבלאות של עוצמת הקרינה. כדי לדעת מהי מיכסת הזמן המותרת לחשיפה לקרינת ה-UV משווים את הנתונים שנמדדו עם הנתונים שבטבלה.

אמצעי ההגנה המקובלים נגד קרינת UV הם:

- מיסוך מקור הקרינה;
 - שימוש בזכוכית "ירוקה" למיסוך כללי ו/או במשקפי שמש בולעי קרינה;
 - כיסוי הגוף (שרוולים, מכנסיים ארוכים) ו/או מריחת הגוף במשחת שיזוף;
 - שילוט אזהרה מתאים במקום העבודה.
- הכרת הסיכונים של הקרינה האולטרה-סגולה והאמצעים להגנה מפניה מאפשרים לעבוד בסביבת הקרינה, ולהתמודד עם הסיכונים מבלי להיפגע.

קרינה אלקטרו-מגנטית

מכשירים רבים פולטים בעת פעולתם קרינה אלקטרו-מגנטית (א"מ), בתדירויות ובעוצמות שונות. קרינה אלקטרו-מגנטית פועלת, באופן כללי לחימום, ומביאה להשפעות תרמיות על גוף חי. ההשפעה תלויה בתדירות, בעוצמת הקרינה הפוגעת/הנקלטת ובמשך זמן החשיפה. קיימים חילוקי דעות לגבי פגיעתה של קרינה זו, במיוחד כאשר מדובר במכשירי טלפון סלולריים. במסגרת חוברת זו לא נתיימר לפסוק בסוגייה.

המיגון המקובל בפני קרינות אלקטרומגנטיות הוא מעטה מתכת (אפילו רשת), המקיף את שדה הקרינה וכולא אותה בו ("כלוב פארדי"). קרינת א"מ קיימת במכשירים כגון מיקרוגל. במכשירי המיקרוגל קיימת הגנה בפני זליגת קרינה. בדיקת תקינותו של המכשיר (2 מפסקי גבול) פשוטה: אם ניתן להפעילו כשהדלתית פתוחה - המכשיר מקולקל, אם פעולתו נפסקת עם פתיחת הדלת - הוא תקין.

קרינת לייזר

המושג "לייזר" ("LASER") הוא קיצור שמה של תופעה הידועה בשם: "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation" - התרגום לעברית הוא "הגברת אור באמצעות פליטה מאולצת של קרינה". ההבדל הבולט בין קרן לייזר למרבית מקורות הקרינה האחרים הוא אופי הקרינה. קרינת הלייזר מאופיינת בתכונות הבאות: מופע (פאזה) אחיד (קוהרנטיות), קרן כמעט מקבילה, קרינה בתחום אורכי גל צר ומונוכרומטיות. אופיה של קרינת הלייזר (בהשוואה לקרינה הנפלטת ממקורות קרינה אחרים) מאפשרת שמירה על עוצמתה הגבוהה לאורך מרחק גדול. בנוסף, לייזר "פולסים" (pulse, פעימות) מאפשר שטף אנרגיה גבוה מאד בפרקי זמן קצרים. תכונות אלה מקנות לקרן-הלייזר את פוטנציאל הסיכון שלה. הלייזרים נקראים בד"כ על שם התווך בו נוצרת קרן הלייזר (תווך ה"לזירה") לדוגמה: לייזר רובי, לייזר הליום-ניאון, וכו'. את קרינת הלייזר מחלקים למספר תחומים שונים של אורכי גל. לכל תחום של אורכי גל קיימים יישומים אופייניים וסיכונים אופייניים.

החלוקה הראשונית מבחינה בתחומים הבאים:

- קרינה בתחום האולטרה-סגול מתחת ל- 400 nm
 - קרינה בתחום הנראה 400-700 nm
 - קרינה בתחום האינפרא אדום מעל ל- 700 nm
- (1 mm = 10⁶ nm)

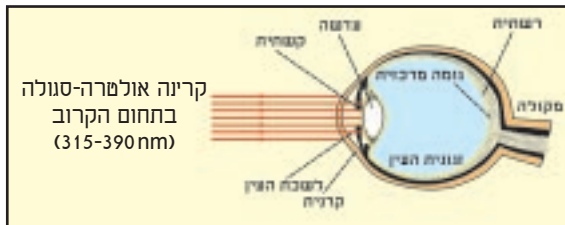
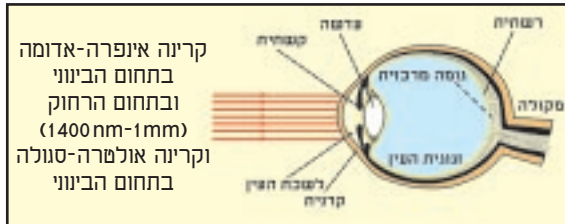
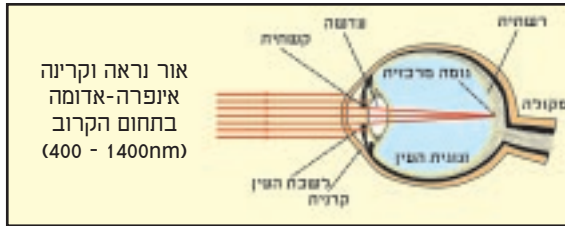
קרן הלייזר עוברת במסלולים אופטיים שונים, המשפיעים באופן שונה על עוצמתה. עוצמת הקרן או עוצמת שטף הקרינה לאורך מסלול הקרן, תלוי בתכונות התווך, במסלול ובתכונות האופטיות של העצמים בהם פוגעת קרן הלייזר.

מיגון ישומי לייזר

לקרינת הלייזר קיימים מספר רב של יישומים והשימוש בו גדל ומתרחב עם הזמן. הלייזר משמש, בין היתר, למדידה; חיתוך; קידוח; ריתוך; טיפולים תרמיים; סימון; תצוגה; קריאת נתונים; אבחונים רפואיים; ניתוחים וטיפולים רפואיים שונים; תקשורת; הדפסה; מופעי ראוור וכו'.

סיכוני אלומת הלייזר

הלייזר יוצר סיכונים לעיניים ולעור. הסיכונים תלויים באורך הגל, בעוצמת הקרינה ובמשך הקרינה. מכיוון שקרן הלייזר היא בעלת שטף אנרגיה וריכוז גבוה - הלייזר משמש כמקור אור נקודתי חזק, שלגביו העין היא האיבר הפגיע ביותר. קרן לייזר יוצרת צפיפות הספק הגבוהה במספר סדרי גודל ממקורות אור רגילים. אלומת לייזר הפוגעת בעין מתמקדת על הרשתית ויוצרת צפיפות הספק הגבוהה מאוד מזו הנוצרת מקרינה ישירה של השמש. התוצאה של פגיעה מקרינות כאלה היא עיוורון בלתי הפיך, חלקי או מלא.



אזור רשתית העין פגיע במיוחד לקרינת לייזר ישירה. בתוך אזור הרשתית, פגיעה ב"מקולה" (Macula) תגרום נזק להבחנה בין הצבעים ולחדות הראייה. תכונות הבליעה של העין תלויות באורכי הגל של הקרינה האלקטרומגנטית. הפגיעות הביולוגיות תלויות ברקמות אליהן הגיעה הקרינה. אורכי הגל המסוכנים ביותר לעין, גם ברמות קרינה נמוכות, הם 400-1400 ננומטר, וביחסי הגומלין בין סוגי הרקמות לסוג הקרינה.

סיווג מכשירי לייזר לקבוצות סיכונים מספק למפעילי מכשירי הלייזר מידע לגבי האמצעים והנהלים הנדרשים לשמירת הבטיחות בתפעול הלייזר. החלוקה ל-4 קבוצות סיכונים פותחה בארה"ב ואומצה ע"י התקינה האמריקאית, האירופאית והבינלאומית, וגם ע"י התקינה המקומית (מכון התקנים אימץ את התקן של הנציבות הבינלאומית לאלקטרו-טכניקה IEC 825-1993). קיימים מספר הבדלים לא משמעותיים בין התקנים השונים.

ל-4 דרגות סיכון העיקריות נקבעו הגבלות מוגדרות של עוצמת הקרינה הנפלטת (AEL - Accessible Emission Limit) להלן דרגות הסיכון:

דרגה 1 - לייזר שאין בו סיכון בכל מצב אפשרי (ערכיו הנגשיים קטנים מערכי MPE לעיניים), כולל מצבים של שימוש במיכשור אופטי להסתכלות ישירה באלומת הלייזר;

לדוגמה: לייזרים רציפים בתחום הנראה שתפוקתם עד 0.4mW שייכים לקבוצה זו.

דרגה 1M - לייזר בתחום אורכי הגל $4000\text{-}302.5\text{nm}$ שאין בו סיכון בכל מצב אפשרי, אבל עלול להיות מסוכן אם המשתמש יוסיף רכיבים אופטיים במהלך אלומתו.

דרגה 2 - לייזר בתחום הנראה ($700\text{-}400\text{nm}$) שרפלקס המצמוץ בלבד (תוך 0.25 שניות) מספק הגנה למשתמש בכל מצב אפשרי, כולל מצבים של שימוש במיכשור אופטי להסתכלות ישירה באלומת הלייזר;

לדוגמה: לייזרים רציפים בתחום הנראה שתפוקתם בתחום $1\text{-}0.4\text{mW}$ שייכים לקבוצה זאת.

דרגה 2M - לייזר בתחום הנראה (400-700nm) שרפלקס המצמוץ בלבד מספק הגנה למשתמש בכל מצב אפשרי, אבל הגנה זו עלולה שלא להספיק אם המשתמש יוסיף רכיבים אופטיים במהלך אלומתו.

דרגה 3R - לייזר בתחום אורכי הגל 302.5-10⁶nm, שבאלומתו הישירה יש סיכוני עיניים מופחתים בהשוואה לסיכונים של דרגה 3B.

לדוגמה: לייזרים רציפים בתחום הנראה שתפוקתם בתחום 1-5mW שייכים לקבוצה זו.

דרגה 3B - לייזר שאלומתו הישירה מסוכנת לעיניים אבל לא אלומתו המפוזרת; לדוגמה: לייזרים רציפים בתחום הנראה שתפוקתם בתחום 5-500mW שייכים לקבוצה זו.

דרגה 4 - לייזר שאלומתו הישירה מסוכנת לעור ומסוגלת להצית חומרים דליקים, ואפילו אלומתו המפוזרת מסוכנת לעיניים;

לדוגמה: לייזרים רציפים בתחום הנראה שתפוקתם גדולה מ-500mW שייכים לקבוצה זו.

קיימים שלטים תקינים לשילוט לייזרים עפ"י דרגת הסיכון:



דוגמה לשילוט אזהרה מסיכונים של דרגה 4

סיכונים			אורכי גל				דרגה
אש	קרן מוחזרת או מפוזרת	קרן ישירה	IR אינפרה אדום	NIR אינפרה אדום קרוב	VIS אור נראה	UV אולטרה סגול	
אין	אין	אין	x	x	x	x	1,1M
אין	אין	רק אחרי חשיפה של 0.25 שניות	-	-	x	-	2,2M
אין	אין	לעיניים	x	x	x	x	3R
אין	אין	לעיניים (לעור רק בקרינות קרובות לגבול העליון 0.5w)	x	x	x	x	3B
יש	יש	יש	x	x	x	x	4

סיכונים ביולוגיים וסיכוני אש של דרגות הסיכון השונות

גורמים כימיים

סיכונים כימיים במפעל שאיננו מפעל כימי

לא קיים כיום מפעל שאין בו חומרים כימיים, אשר עלולים להיות רעילים או מסוכנים לגוף האדם או לרכושו או לסביבה. סיכונים כאלה מצויים אפילו בבית הפרטי (גז הבישול; חומרי ניקוי; ממיסים אורגניים; חומרי הדברה שרוססו על הירקות והפירות שאנו קונים; ועוד).

ההבדל העיקרי בין הסיכונים במפעל שאיננו כימי לסיכונים במפעל כימי הוא הימצאותם של אנשי מקצוע בתחום הכימיה, ומודעות גבוהה יותר לנושא הבטיחות העוסקת בחומ"ס, במפעלים הכימיים. כאן יש את מי לשאול לגבי הסיכונים שבחומרים - מצב שכמעט איננו קיים במפעלים לעיבוד עץ, לדוגמה, למרות שגם בהם נעשה שימוש בממיסים אורגניים, או בחומרים המכילים ממיסים, או בחומרים כימיים אחרים.

חלק גדול מהחומרים הכימיים הנמצאים בשימוש בתהליכים תעשייתיים, כוללים רמה מסוימת של סיכונים לבריאות העובדים הנחשפים אליהם. כדי לדעת מהי רמת הסיכון - יש להסתייע בנתונים על מידת רעילותם של החומרים. את המידע אפשר לקבל מספק החומרים או מהיצרן. תקנות הבטיחות בעבודה (גליון בטיחות, סיווג, אריזה, תיווי וסימון של אריזות), התשנ"ח-1998 מחייבות את היצרן/סוכן/משווק/יבואן - למסור ללקוח יחד עם החומר המסוכן גם את כל המידע לגבי הסיכונים הקיימים בו בכל שימוש, כולל אחסנתו. החומר צריך להיות ארוז ומסומן עפ"י דרישות התקן הישראלי - ת"י 2302 (סיווג אריזה תיווי וסימון של חומרים מסוכנים).

היצרן מספק את המידע בכתב, במתכונת הנקראת "גליון בטיחות" (SDS = Safety Data Sheet). גליון הבטיחות כולל פרטים לגבי הסיכונים שבחומר ודרכי ההתמודדות בהם, עפ"י 16 סעיפים קבועים (מוכתבים עפ"י אמנה בינלאומית במיירב מדינות העולם בהן מיוצרים חומרים כימיים לתעשייה, ובארץ - בתקנות בדבר גליון הבטיחות). בגליון הבטיחות כלולים נתונים כלליים על הסיכונים שבחומר; רמת רעילותו של החומר; הכמות המירבית אליה מותר להיחשף במשך 8 שעות מבלי להיפגע; איברי המטרה בגוף האדם שבהם החומר עלול לפגוע; איך צריך להתמודד עם הסיכון; מהו ציוד המגן הנדרש (אישי וכללי) למניעת הפגיעה; מידע על סיכונים לסביבה ועוד. אי אפשר לצפות שמישהו יזכור בע"פ מהי רמת החשיפה המותרת לכל אחד מעשרות אלפי החומרים הכימיים, עימם אנחנו עשויים/עלולים לבוא במגע במסגרת עבודתנו. אך, כאשר ידועה רמת החשיפה המותרת - ניתן להפעיל את הכלל שאותו ניתן לזכור, לגבי סדרי הגודל של מספר החלקיקים המירבי למיליון (חל"מ = ppm), שאליו מותר להיחשף בחשיפה נשימתית למשך 8 שעות עבודה ביום (מספר החל"מ הוא הקריטריון לרעילות בחשיפה נשימתית):

- אם מספר החל"מ המירבי הוא בין 1 ל-10 - החומר נחשב מסוכן מאוד;
- אם מספר החל"מ המירבי הוא בין 10 ל-100 - החומר רעיל פחות, אך עדיין מסוכן;
- אם מספר החל"מ המירבי הוא בין 100 ל-1000 - רעילות החומר מוערכת כנמוכה או בינונית;
- אם מספר החל"מ המירבי עולה על 1000 - ניתן לומר שהחומר איננו רעיל.

שימוש בטוח בחומרים כימיים אנאורגניים

חומרים כימיים אנאורגניים משתתפים בתהליכי ייצור רבים. בסיסים וחומצות כגון: בסיס הנתרן (סודה קאוסטית - NaOH) או חומצה גופרתית (H_2SO_4) שכיחים בשימוש בתעשיית הטקסטיל, במיוחד בתהליכי צביעה והלבנה של הבדים. ערבוב של חומצה ובסיס מביא, בד"כ, לתגובה אקזותרמית (פולטת חום) ומתקבל תוצר הנקרא מלח, שהוא, לרוב, חומר מסוכן הרבה פחות ממרכיביו.

שימוש לא נכון בחומצות ובסיסים עלול להוות סיכון לעובדים, ולגרום לכוויות (כוויות כימיות שהשפעותיהן דומות לכוויות רגילות), הרעלות, התפוצצויות וכו'. כדי להימנע מהסיכונים האלה - כל מי שעובד עם חומצות ו/או בסיסים חייב לקבל הדרכה לגבי החומרים המסוכנים שהוא נחשף אליהם, כדי לדעת איך להימנע מפריצת הסיכון מהכוח אל הפועל.

לפניהם רשימת תכונות של אחדים מהחומרים הנפוצים ביותר בתעשייה:

בסיס הנתרן (סודה קאוסטית) - NaOH

החומר מופיע כפתיתים לבנים במצב מוצק, או כנוזל המובל במיכליות. במגע עם החומר יש הרגשה "שומנית" או של "סבון". בצורתו הנוזלית הוא משמש



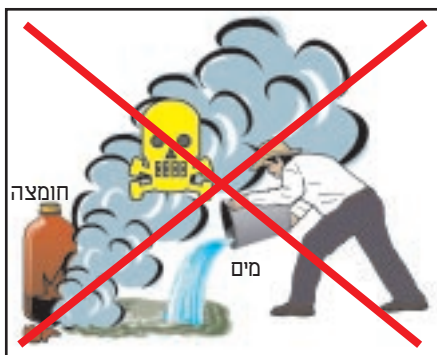
כמסיר צבעים מעולה. החומר מסוכן לעור ולעיניים. התזה על העור גורמת - אם לא שוטפים מיד - להסרת השיער ולכוויות בעור. כפעולת עזרה ראשונה, הניתנת במפעל ע"י גורמים שאינם מוסמכים ברפואה, מומלצת שטיפה מיידית כאשר ניתן בסיס הנתרן על עובד. את השטיפה במים יש להמשיך עד שנעלמת ההרגשה של "סבון" כאשר נוגעים במקום הפגוע.

חומצה גופרתית - H_2SO_4

מהילת החומצה במים יוצרת ריאקציה אקזותרמית. אם שופכים מים לתוך החומצה, המים הופכים לקיטור, ונוצרת "מזרקה" של חומצה הניתנת לסביבה ויוצרת סיכונים לפגיעה בנמצאים. לכן, מהילה נכונה של חומצה נעשית ע"י מזיגת החומצה למים בצורה איטית ומבוקרת, תוך כדי בחישה.

אדי החומצה מסוכנים למערכת הנשימה. מגע ישיר עם האדים מסוכן גם לעור. במקרה של התזת חומצה על הגוף - יש לשטוף מיד את המקום בכמויות של מים, כדי למנוע כוויות. צמצום משך החשיפה למינימום תמזער גם את הפגיעות בעקבותיה.

במקרה של חשיפה לבסיס יש לפשוט במהירות את הבגדים, כדי להרחיק מהגוף את החומר, ולשטוף מיד את הגוף - עד שנעלמת ההרגשה השמנונית של החומר על העור



בשום אופן אין לשפוך מים לחומצה.
במקרה של שפך חומצה על הרצפה
יש לאסוף ולספוג אותה בעזרת חומרים
מתאימים ורק אז לשטוף את הרצפה
בכמויות גדולות של מים

חומצה חנקתית - HNO_3

גם מיהול החומצה הזאת במים יוצר
ריאקציה המשחררת חום רב. מגע עם
אוויר רטוב או לח יוצר אדים חמים.
שאיפת האדים פוגעת (צורבת) בדרכי
הנשימה. חומרים אורגניים עימם באים
האדים במגע עלולים להתלקח.
החומצה המרוכזת יכולה להגיב
באופן אגרסיבי עם מספר חומרים,
ובהם ממיסים אורגניים המשמשים
בעבודות שונות בתעשייה (לדוגמה:
אלכוהול או טרפנטין) ועלולה להתקבל
תערובת נפיצה.

חומצת מלח (חומצה כלורית = מימן

כלורי = 'מי אש') - HCl

החומר מופיע בצורה גזית, כתוצר של תהליכים רבים. בהתמוססות הגז במים
הוא יוצר את החומצה שהיא חומר צורב מאוד. החומצה כלולה בחומרי ניקוי
רבים, והיא עלולה לגרום לכוויות בעור במגע איתה. אדי החומצה מסוכנים
לדרכי הנשימה.

חומצה פלואורית - HF

החומצה שייכת למשפחת החומצות ההלוגניות, והיא תוקפת את הגוף כמו
חומצת מלח. למשפחה זו שייכים גם היוד והברום, היוצרים חומצות בעלות מבנה
דומה (HI , HBr). החומצה הפלואורית היא חומר אגרסיבי במיוחד, ותוקפת גם
כלי זכוכית. לפיכך, מאחסנים אותה בכלים מיוחדים מפלסטיק או מעופרת.

מניעת נזקים למשתמשים בבסיסים וחומצות

- ✓ יש להשתמש בחומרים בהתאם להוראות העבודה והבטיחות;
- ✓ יש להשתמש בצידוד מגן אישי (הכולל משקפי מגן מסוג אטום);
- ✓ בכל טיפול בחומרים המסוכנים יש להקפיד על שימוש בכלים מחומרים עמידים;
- ✓ יש להימנע מנשימת האדים. יש להרחיקם ע"י איזורור מאולץ של מקום העבודה;
- ✓ יש לבצע את התהליכים השונים בתוך כלים ובמיתקנים שימנעו השפעה של החומרים על סביבתם (לדוגמה: מינדפים);
- ✓ שפך של חומצה מנטרלים בעזרת בסיס חלש (כגון: בי-קרבונט);
- ✓ שפך של בסיס מנטרלים בעזרת חומצה חלשה (כגון: חומצה פחמתית);

הערה: החומרים לניטרול - חומצה או בסיס - צריכים להיות חלשים כדי
להקטין ככל האפשר את חום הראקציה המשתחרר. והטוב ביותר - הרבה מים.

אל תתבייש - שאל

עובדים נמנעים לעתים מלשאל שאלות חיוניות, בגלל החשש שהשאלות תעוררנה תמיהות מהסוג "כל כך הרבה זמן אתה עובד כאן ועדיין אינך יודע?". זהו משגה חמור מאוד! נושאי בטיחות, בריאות וגיהות, וכל מה שנוגע לשימוש ולטיפול בחומרים מסוכנים, הם נושאים חיוניים לשמירה על החיים ועל הבריאות, ובשום מקרה אסור שיהיו חלק מהשמירה על הכבוד האישי.

אין להתבייש לשאל את כל הדברים שאיננו יודעים או ששכחנו. התקנות בדבר מסירת מידע לעובדים (תקנות הבטיחות בעבודה - מסירת מידע והדרכת עובדים, התשנ"ט-1999), מחייבות את המעביד להדריך את העובד לגבי הסיכונים הקיימים בתחנת העבודה, ולמסור לו, בשפה המובנת לו, את המידע, על הסיכונים הללו ואחרים. המעסיק חייב למסור לעובד את המידע לגבי הסיכונים שמסביבו ולהנחות אותו כיצד ניתן להתגונן מפניהם. קבלת המידע הזה היא זכות בסיסית של העובד. לחומרים הכימיים המשמשים כיום בעבודה מצורפים, כאמור, דפי מידע (גליונות בטיחות), הכוללים פירוט על מידת רעילותם של החומרים ועל הסיכונים - אם קיימים - בחומר עצמו, או בשימוש בו. העובד חייב לבקש מהמעסיק את המסמך הזה עבור כל חומר חדש שאיננו מוכר לו, שהוכנס לתהליך.

אם אינך יודע - אל תתבייש - שאל!

שימוש בממיסים אורגניים לצורך ניקוי חלקים

לפני או אחרי טיפולי תחזוקה במכונות, נוהגים אנשי התחזוקה לנקות את החלקים משמנים ומגריז באמצעות ממיסים אורגניים. הניקוי נעשה ע"י ריסוס החלק; או טבילתו באמבט המכיל את הממיס; או ניגוב החלק במטלית ספוגה בממיס וכו'. שיטת הניקוי תלויה בגודל החלק ובאמצעים הקיימים במקום. חשיפת העובד לממיסים תלויה בסוג הממיס שבשימוש ובשיטת הניקוי. את הקבוצה הגדולה של הממיסים האורגניים מסווגים עפ"י קבוצות מבנה משותפות: פחמימנים אליפטיים; פחמימנים אליפטיים ציקליים; פחמימנים הלוגניים; ניטרו-פחמימנים; פחמימנים ארומטיים; כהלים וגליקולים; אתרים אלדהידים; קטונים; אסטרים ועוד.

הממיסים האורגניים הם חומרים נדיפים. החשיפה לממיסים היא דרך מערכת הנשימה אך, בנוסף, מרבית הממיסים יכולים לחדור בקלות גם דרך העור - כך שמגע עורי עם הממיסים, מגביר את החשיפה. הממיסים שחדרו לגוף והגיעו למערכת הדם עלולים לפגוע במערכות רבות: הם פוגעים במערכת העצבים המרכזית; במערכת הדם; בריאות; בכבד; בכליות; ובמערכת העיכול. במגע עם העור הממיסים גורמים להתייבשות, לגירוי, ולהתפתחות של דלקות עור (דרמטיטיס). פגיעתם של הממיסים עלולה להיות אקוטית או כרונית, תלוי בריכוזים ובמשך החשיפה.



בשימוש בממיסים לניקוי חלקים נדרש ציוד להגנה מפני פגיעה בעור

- בין תקנות הבטיחות בעבודה קיימות 2 תקנות המתייחסות לממיסים אורגניים:
- תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים **בממיסים פחמימניים הלוגניים מסוימים**), התשנ"א-1990;
 - תקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים **בממיסים פחמימניים ארומטיים מסוימים**), התשנ"ג-1993.
- התקנות מגדירות את רמות החשיפה המותרות לקבוצה של הממיסים האלה ואת הדרישות הנוספות המחייבות את המעסיק, כדי למנוע את הפגיעה בעובד, כולל דרישות לניטור סביבתי וביולוגי של עובד הנחשב כ"עובד בחומר" - החל מריכוז השווה לרמת הפעולה (= מחצית מרמת ה-TLV-TWA) של החומר ומעלה.
- התקנות דורשות מהמעסיק למלא אחר הדרישות הבאות:
- ✓ לערוך בדיקות סביבתיות;
 - ✓ לדאוג לאמצעי ניקת אוויר, כדי שריכוז החומרים באוויר לא יעלה על המותר;
 - ✓ לדאוג לאיסוף הפסולת;
 - ✓ להתקין מלתחות מתאימות (כפולות - לבגדי עבודה ולביגוד הפרטי);
 - ✓ לדאוג לסידורים מיוחדים למצבי חירום, כולל מקלחות חירום;
 - ✓ לספק לעובדים ציוד מגן אישי אם יש בכך צורך (במצב של חשיפה חריגה);
 - ✓ להדריך את העובדים ולתלות שלטי אזהרה, לגבי טיפול ראשוני בשאיפת אדים ובאירועי שריפה;
 - ✓ לשלוח את העובדים לבדיקות רפואיות, לנהל פנקס בריאות, ועוד.

אמצעים למניעת הרעלה

- מכיוון שהממיסים הם חומרים נדיפים, הפעולות העיקריות למניעת הרעלה מאדיהם מבוססות על:
- עבודה במערכות סגורות;
 - איזורור מאולץ של חדר העבודה (איזורור הסעה או "מהילה");
 - אחסון מוגבל של "כמות יומית" בלבד בחדר העבודה, ורק בכלים סגורים;
 - שימוש בציוד מגן מתאים, למניעת חשיפה עורית וחשיפה נשימתית (מסיכת מגן עם מסנן, כפפות, סינר, משקפיים וכו').

אמצעים למניעת דליקות או התפוצצות

- כאשר ריכוז האדים הדליקים בחדר העבודה עלול להיות בתחום ההתפוצצות - הציוד שיוקן בו יהיה רק מסוג "מוגן התפוצצות" (explosion proof) ומוארק. כל כלי העבודה יהיו מסוג שאיננו יוצר ניצוצות (לדוגמה: מיוצרים מבריליום). עבודות ריתוך ועבודות בהן נעשה שימוש באש גלויה תבוצענה במקום כזה רק עפ"י "היתר עבודה באש" מטעם ממונה הבטיחות או מהאחראי לבטיחות במקום. גם איזורור נאות ו/או עבודה תחת מינדף מונעת ריכוזי אדים דליקים, ברמת הנפיצות ו/או הדליקות.

אחסון חומרי הניקוי האורגניים במחסנים

- ✓ התאורה במחסן תהיה "מוגנת התפוצצות" בלבד (explosion proof = EX);
- ✓ המחסן יהיה מאוורר ומשולט כהלכה;
- ✓ חביות ריקות יאוחסנו מחוץ למחסן. **זכור:** בתוך חביות ריקות מצויים אדי הנוזל שאוחסן בהן.

טיפול בשפכי תהליכים

אחת הבעיות החמורות במפעלים שיש בהם שימוש בכימיקלים היא בעיית השפכים - מה לעשות עם השפכים הנוצרים בתהליכי העבודה?

במפעלים רבים "חוסכים" את ההשקעה הנדרשת בטיפול בשפכים ובטיהורם, לפני שהם נשלחים אל מחוץ לתחום המפעל (בד"כ למערכת הביוב העירונית או לוואדי הקרוב המוליך לנחל השופך אותם לים). כך זוהמו נחלים לא מעטים במדינה: נחל הירקון במרכז הארץ, נחל הקישון במפרץ חיפה, נחל הגעתון בנהריה (שכבר איננו מוביל מי שתייה זכים), נחל חדרה ועוד.



אתר לטיפול בשפכים תעשייתיים במפעל, והגידור הנדרש לנוכח הסיכונים (דוגמה)

בארץ מדברים הרבה על איכות הסביבה אך עושים מעט מדי. בארצות "מערביות", מתקדמות ומתקנות, בונים במפעלים מיתקנים לטיהור שפכים; מודדים את החומציות/ בסיסיות של השפכים; מזרימים למיתקן הטיהור כמות מבוקרת של חומרים מנטרלים כדי לקבל בוצה של החומרים הרעילים (הבוצה שוקעת והמים מטהרים); המים המטוהרים מוזרמים לביוב, לים, לנהר וכו'.

את הבוצה אוספים במיכלים במפעל כדי להוביל אותה לאתר איסוף פסולת רעילה (בארץ מפנים לאתר הפסולת ברמת-חובב). התארגנות של מספר מפעלים לפינוי משותף יכולה להוזיל את עלויות הפינוי. מכל מקום, השמירה על מי תהום טהורים, במיוחד בארצנו, מצדיקה את ההוצאה הכרוכה בהובלת הפסולת לרמת-חובב. אין ספק שלשמירה על איכות הסביבה, בריאות העובדים ובריאות בעלי החיים והצמחייה, בסביבת מסלולי פינוי השפכים וגם על הים - יש מחיר כלכלי, שאותו ניתן להכליל, באופן חלקי או אחר, במחיר המוצר של המפעל.

קיימות גם שיטות אחרות לטיהור שפכים, כגון: אגני חימצון. אגני חמצון, כיום, מיועדים לשפכים ביולוגיים, שחימצונם מאפשר שימוש במים להשקיה. יתכן שבעתיד ישתמשו בארץ בשיטה שתאפשר שימוש במים האלה גם לשתיה. לדוגמה: שיטה כזאת, פעילה ויעילה, קיימת כבר בעיר דיסלדורף בגרמניה. מכון המים העירוני שואב מים מקידוח הנמצא במרחק של כ-500 מ' מנהר הריין ובעומק של 50 מ'. קיר האדמה שרוחבו 500 מ' משמש כמסנן ראשוני, לסיון שמנים ומוצקים אחרים מהמים. המים הנשאבים מועברים דרך מכשירים המקרינים עליהם אור אולטרה-סגול לניקוי בקטריוLOGI/ביולוגי של המים. לבסוף המים מוזרמים דרך מסננים עדינים. בסוף התהליך מקבלים מים נקיים וטעימים באיכות של מים מינרלים. אגני החימצון של היום אינם פותרים את בעיית הכימיקלים המרעילים את מי התהום.

בארץ קיימות דרישות של איכות הסביבה לגבי סילוק שפכים וטיהור מים ויש למלא אחריהן בקפדנות

סיכוני חשמל

החשמל החל להוות מרכיב בחיי היומיום במחצית השנייה של המאה ה-19, וגרם כבר אז למקרי המוות הראשונים מהתחשמלות. התפתחות מערכות החשמל, בכל שטחי הפעילות האנושית, הגבירה את הסיכונים להתחשמלות.

הסיכונים שבחשמל

תאונות מחישמול נגרמות בגלל מגע מיקרי במוליכי חשמל חשופים (ללא בידוד) ומליקויים בציוד, במכשירים ובמיתקני חשמל. זרם חשמל שיעבור, כתוצאה מחישמול, דרך גוף האדם - יגרום להשפעות פיזיולוגיות ופיזיות על הגוף:

- התכווצות שרירים;
- זעזועים עצביים;
- פרפורים בחדרי הלב ושינויים בקצב הלב;
- דום לב;
- סינוור מקשת חשמלית;
- כוויות מקשת חשמלית ו/או בנקודות כניסת הזרם;
- כוויות פנימיות.



פגיעה בכבל חשמל תת-קרקעי בעת חציבה

מדי יום מתרחשות בתעשייה תאונות חשמל שחלקן קטלניות. תאונות נגרמות לעובדים שאינם חשמלאים - אשר משתמשים בציוד ובמיכשור חשמלי לקוי, ללא הארקה או הגנה אחרת (מפסק מגן); היעדר כיסוי על חלקים חיים (נמצאים תחת מתח); עובדים באזורים בהם נמצאים מיתקני חשמל לקויים, או פוגעים במיתקני חשמל תקינים (לדוגמה: פגיעה בכבל תת-קרקעי ע"י כלי חפירה); תאונות נגרמות גם לחשמלאים, בעלי מקצוע, במסגרת עבודתם המקצועית.

ניתן למנות 5 סיבות לתאונות חשמל:

- התחשמלות;
- קשת חשמלית;
- שריפה;
- התפוצצות;
- נפילה מגובה בגלל התחשמלות ואובדן שיווי משקל.

מבחינים ב-2 סוגים עיקריים של תאונות:

קצר והיווצרות קשת חשמלית. הקשת החשמלית דומה לקשת של ריתוך חשמלי, ונגרמת בגלל מגע ישיר של כלי עבודה חשמלי (כגון: מקדחה, מברגה וכו') במוליך הנמצא תחת מתח (חישמול); או מגע בין 2 מוליכים חשופים בגלל ליקוי בבידוד (קצר). קשת חשמלית וקצר יוצרים סיכון של ממש לפריצת שריפות.

מעבר זרם חשמלי (חישמול) דרך הגוף, בגלל מגע במוליכי חשמל של רשת החשמל, יגרום לנזקים פנימיים בגוף האדם - עקב השפעות על הזרמים החשמליים הפנימיים, ועד לדום לב. נזקי התחשמלות תלויים, בעיקר, בעוצמת הזרם אשר יעבור דרך גוף האדם הנפגע. השפעת הזרם החשמלי על בני אדם איננה זהה. ההשפעה תלויה בהתנגדות החשמלית הפנימית של גוף האדם, שהיא שונה בין אנשים שונים ותלויה בגורמים רבים:

- מבנה הגוף (גוף שרירי, אברים כבדים או גוף דק וכו');
• תכונות העור (עבה, דק, לח, קשה, יבש, סדוק, שלם וכו');
• משך זרימת זרם החשמל דרך הגוף;
• שטח המגע של הגוף עם מוליך החשמל;
• עוצמת לחץ המגע של מוליך החשמל על הגוף;
• רמת הלחות באוויר;
• סוג הזרם (זרם ישר או זרם חילופין).

ניתן למנוע תאונות חשמל ע"י הקפדה על ביצוע עבודות החשמל רק בידי בעלי מקצוע מורשים והתקנת אמצעי בטיחות שונים.

דרכים למניעת התחשמלות

הגישה לנושא מניעת תאונות החשמל לצרכני החשמל - עובדי תעשייה שאינם חשמלאים - שונה מההתייחסות למניעת התחשמלות אצל בעלי מקצוע בתחום החשמל.

כללי בטיחות למניעת התחשמלות של עובדי התעשייה שאינם חשמלאים:

- ✓ נדרשת הדרכה והגברה של המודעות לשימוש נכון בחשמל ושיטות לעבודה בטוחה;
- ✓ שימוש בציוד חשמל תקין ובפתילי חשמל תקינים, כנדרש. אין להשתמש בציוד ובכבלי חשמל פגומים;
- ✓ קיום הגנות קבועות תקינות למיתקן החשמל ולציוד, כגון: הארקות, בידוד, בידוד כפול, שימוש במתח נמוך מאוד ועוד;
- ✓ הזנת מכשירי חשמל דרך מערכות הגנה כגון: מפסקי מגן (מימסרי זרם פחת) למכשירים מיטלטלים, מפסקים אוטומטיים שונים לציוד החשמלי, הזנה דרך שנאי מבדל ועוד;
- ✓ סימון ושילוט אזורים מסוכנים, תאורה רגילה ותאורת חירום תקינות, מעברים פנויים;
- ✓ אסור לבצע חפירות באזורים שיש חשש שחורים בהם סימונים לנוכחות קווי חשמל תת-קרקעיים, מחשש לפגיעה בכבלים הקבורים בקרקע;
- ✓ הכנת נהלים והוראות בטיחות להפעלה והפסקה של ציוד; לדוגמה: אין לשלוף תקע מבית התקע (שקע) במשיכה. יש להחזיק את מכסה השקע ביד אחת ואת גוף התקע בשניה, ולהוציא אותו בזהירות;

- ✓ יש ללמוד על מיקומם של מפסקי החירום ומפסקי החשמל הראשיים, לצורך הפסקת הספקת החשמל במקרי חירום;
- ✓ הפעלת מכשירי חשמל תתבצע רק כשהם יבשים ונקיים, ידי המפעיל יבשות, רגליו נעולות בנעליים והמקום עליו ניצב העובד יבש;
- ✓ להודיע לחשמלאי המפעל על כל תקלה במכשיר חשמלי ולהימנע מנסיונות לתקנו;
- ✓ לשנן ולתרגל את כללי העזרה הראשונה להצלת נפגעים מחשמל;
- ✓ רתכים בריתוך חשמלי יעבדו עם ציוד תקין; עם הארקות תקינות ומבודדות; עם ציוד מגן אישי שלם, אשר מכסה את אברי הגוף החשופים להגנה מקרינה ומגיצים; יעבדו במקום יבש וידאגו לבטיחותם של העוזרים לרתך והעוברים בסביבה.

כללי בטיחות לבעלי מקצוע בחשמל:

- ✓ יש לעבוד לפי נוהל השבתת ציוד, הכולל: ניתוק מקור החשמל ע"י בעל מקצוע מוסמך בחשמל; הצבת שילוט אזהרה; בדיקת היעדר מתח ונעילת המפסק הראשי במפתח שיישמר בכיסו של המנתק; קבלת אישור בכתב לטיפול במכונה;
- ✓ יש להשתמש בציוד המגן האישי הדרוש, המתאים לסוג העבודה כולל: נעליים מתאימות, משקפיים, כפפות וכו';
- ✓ יש להקפיד על בדיקה - ע"י גוף מוסמך - של ציוד העבודה, ציוד המגן האישי, ציוד המדידה וציוד העזר במועדים הנדרשים;
- ✓ באזורים בהם קיימים מוליכים תחת מתח, תוגדר הסביבה כ"שטח חשמל חיי" (אזור בסיכון). יש לנקוט בכל האמצעים הנדרשים לגבי שטח כזה בחוק החשמל;
- ✓ מגע רופף בציוד חשמלי יוצר סכנת התלקחות. יש לבדוק את המגעים מעת לעת ובזמן המתאים;
- ✓ על תעמים על מוליכי החשמל מעל לעומס המתוכנן.

מניעת סיכוני חשמל סטטי

- חשמל סטטי** נוצר על גבי מישטחים וגופים מחומרים מבדדים, כתוצאה ממגע בין גופים/חומרים מבדדים ותנועה שלהם, זה ביחס לזה. מיטעני החשמל הסטטי (חיוביים ושליליים) נוצרים על פני גופים שקיימת בהם רגישות לנושא. החשמל הסטטי גורם לסיכונים של פריצת ניצוצות בין הגופים, אשר ביניהם קיים הפרש פוטנציאלים מספיק. הסיכון שיוצר החשמל הסטטי נובע מ-3 גורמים עיקריים:
- **ניצוץ** אשר עלול לנחות על חומרים/אדים דליקים, להצית אותם ולגרום לשריפה;
 - **משיכה חשמלית** הקיימת בין גופים הטעונים במיטענים חשמליים הפוכי סימן, עלולה לגרום לשיבוש במהלכם התקין של תהליכים שונים במפעל;
 - **ברקים** הם מקור רציני לחשמל סטטי. למרות שהנושא איננו מגיע כמעט לידיעת הציבור, נרשמו במקומות רגישים בארץ מקרים לא מעטים של פגיעות מברקים (בתקן הישראלי: ת"י 1173 - מערכות הגנה מפני פגיעות ברק למבנים ולמתקנים, קיים תרשים ובו מסומנים המקומות בארץ שבהם שכיחה תופעת הברקים). יש לתת את הדעת לנושא פגיעות הברקים ולמצוא, באמצעות אנשים מיומנים בתחום, פתרונות מתאימים.

ניתן למנוע את סיכוני החשמל הסטטי באמצעות 2 שיטות עיקריות: מניעה והארקה.

מניעת היווצרות מיטענים סטטיים

אחד מהגורמים להיווצרות מיטען חשמל סטטי הוא חיכוך הנוצר בתנועה של אנשים הנועלים נעליים מבודדות מחשמל (סוליות גומי) ולבושים בביגוד מחומרים סינטטיים, אשר עליהם נוצרים מיטענים סטטיים בהשפעת משבי רוח הזורמים עליהם. האנשים הלבושים בבגדים האלה אוצרים את המיטענים הנוצרים, כאשר הם הולכים או מתנועעים על מישטח לא מוארק. גופם יכול להיות טעון במתח גבוה מאוד, אשר עלול ליצור ניצוץ, שיגרום להצתה כשהוא ניפרק.

מומלץ שעובדים בסביבת צנרת המוליכה נוזלים דליקים, או בסביבת מצבורי חומרים הניצתים בקלות, לא ינעלו נעליים בעלות סוליות גומי רגילות אלא נעליים אנטי-סטטיות, שסוליותן עשויה מגומי מיוחד (בעל דרגת מוליכות מתאימה). בנוסף, ניתן וצריך לצמצם את הסיכונים מהיווצרות של חשמל סטטי עקב זרימת נוזל בתוך צנרת (מחומר מבודד), ע"י אפשרות פריקה מתאימה. גם האטת מהירות הזרימה של החומרים הדליקים בצנרת מקטינה מאוד את היווצרות החשמל הסטטי.

בנוסף לזרימת נוזל מבדד (כגון דלק) דרך צנרת מבדדת - קיימים תהליכים נוספים היוצרים חשמל סטטי, אותם צריך למנוע באמצעים הנדסיים. לדוגמה: זרם של נוזל מבדד הנשפך מתוך פייה העשויה מחומר מבדד, דרך תווך האוויר לתוך מיכל. התנועה היחסית של הנוזל באוויר עלולה להספיק כדי ליצור מיטען מסוכן של חשמל סטטי.

הארקה מתאימה

ניתן להתקין הארקה חיצונית, ע"י חיבור תיל נחושת לצנרת (כגון קו דלק) במספר מקומות. תיל הנחושת יוליד את החשמל הסטטי להארקה מתאימה - רצויה אלקטרודה מיוחדת להארקה סטטית, בנפרד מהארקת קווי המתח החשמלי.

שיטות נוספות למניעת סיכוני חשמל סטטי הן:

- ריסוס האוויר במים - כדי להגביר את הלחות במקום (לחות יחסית של 60% ויותר) ולגרום לפריקה עצמית לאוויר של החשמל הסטטי שכבר נוצר, לפני שהוא מגיע לערכים גבוהים הגורמים לניצוץ בעת ההתפרקות.
- יוניזציה של האוויר - טיפול כזה באוויר מגדיל את המוליכות ובכך מגביר את הפריקה של מיטעני החשמל הסטטי לאוויר.

ברקים ונחשולי מתח

נחשולי מתח הם תנודות מתח בעלות עוצמה גבוהה ומשך זמן קצר, הנישאות על גל מתח מקורי (סינשוואידלי). תנודות אלה נובעות בעיקר משחרור מהיר של אנרגיה, שנאגרה בדרך "השראה" במערכת החשמל או בענן טעון (ברק), בכמות התלויה בקיבול של המערכת. תנודות המתח קטלניות לתעשייה ולמשקי הבית. לדוגמה: גל המתח המקורי, במתח של 400 וולט, קולט עליו גל נוסף של פריקת ברק או נחשול אחר במתח של 500 וולט. המתח הכולל הוא כעת 900 וולט. עוצמות כאלה עלולות להגיע אפילו לאלפי וולטים* בכל מחזור של 20 מילי-שניות ויותר.

* נוראני שגיב "נחשולי מתח...", פאזה אחרת 78.



כל המכשירים בדרכו של נחשול המתח עלולים להיפגע

נחשולי המתח נוצרים:

- מפעולות "מיתוג" כמו קצר לאדמה; מיתוג מנועים במפעל; הפסקת פעולת מזגן או מכונת כביסה בבית (הגורמים למתח וזרם יתר) וכו';

נחשולי מתח, נכנסים למבנה דרך מוליך חשמל, קו טלפון, תקשורת מחשבים, אנטנות טלוויזיה או רדיו וצנרת מים, אשר מהווים נתיב התפשטות לזרם היתר שעלול לגרום לשריפה. כל המכשירים בדרכו של "נחשול המתח" עלולים להיפגע. מבדיקות שנערכו בארה"ב מתברר, כי יותר מ-80% מנחשולי המתח "ההרסניים", מקורם במיתוג של מיתקן פרטי של צרכן.

• מהתפרקות ברקים ומיטענים אלקטרו-סטטיים:

- נחשולי מתח עקב התפרקות ברקים: ניתן להגדיר את הברק כתופעה אטמוספרית שבה נוצרים במהירות ריכוזי מיטעני חשמל סטטי בעננים, המתפרקים דרך האוויר. התפרקות זו מפיקה זרם חשמלי במתח גבוה מאוד, עם מסלול התפרקות ארוך. המיטענים יוצרים מתח של מיליוני וולטים וזרם עד 80,000 אמפר, מהענן אל גופים בולטים על פני האדמה, או להיפך - מהאדמה לבסיס הענן.



מסלולי זרם החשמל מהעננים לאדמה ומהאדמה לעננים

היות ומשך העלייה בעוצמת של הזרם קצרה מאוד (70 אמפר לשנייה) - הוא יוצר קרינה חזקה מאוד, שהשפעתה מורגשת גם במרחק של קילומטרים. תופעת הברקים בארץ איננה שכיחה (4-30 פעמים בשנה) והיא מתרחשת בתדירויות שונות באזורים השונים. בארץ דווח על נזקים במיתקני דלק, בניינים ובתי מגורים. הברק מסוכן לבעלי חיים, במיוחד להולכים "על ארבע". פגיעת הברק באדמה מעלה את המתח החשמלי באדמה ויוצרת מפל מתח לאורך קו, באופן שהמתח בין רגלי בעלי חיים ("מתח הצעד") - שהמרחק ביניהן הוא כ-1 מ' - יכול להגיע למאות וולטים, אפילו במרחק של 100 מ' מנקודת פגיעתו של הברק.

■ **נחשולי מתח עקב התפרקות מטענים אלקטרוסטטיים:** בסביבה יבשה מצטברים מיטענים חשמליים, היוצרים שדה חשמלי אלקטרוסטטי חזק מאוד. לדוגמה: תוף מסתובב ועליו בד, סרט בד או סרט גומי, גורם לחיכוך עם אוויר יבש, ונטען במיטענים חשמליים למתח של מאות וולטים; גם גופו של אדם, הצועד בנעליים בעלות סוליות מבודדות על שטיח, נטען במיטענים חשמליים של מספר אלפי וולטים.



גופו של אדם, הצועד בנעליים בעלות סוליות מבודדות על שטיח, נטען במיטענים חשמליים של מספר אלפי וולטים

כל נגיעה בבד או בגומי (במקרה הראשון) או במכשירים אלקטרוניים (במקרה השני), תגרום לפריקת המיטענים ונזק לגוף האדם ו/או למיכשור אלקטרוני רגיש.

תופעות דומות קיימות בעת שפיכה של נוזלים או אבקות דרך משפך או צינור פלסטי. בתעשיות הכימיות, בתעשיות המזון (בהן משתמשים בקמח, בסוכר ובתערובות יבשות של מזון), בתעשיות הדלק, בעבודות חקלאיות הכרוכות בטיפול באבק חקלאי ואחרים, נוצרות תופעות של פריצת ניצוץ חשמלי, עד לפיצוץ. לדוגמה: מקרי התפוצצויות רבים של אבק חקלאי במכוני תערובת ובממגורות אשר גבו כבר מספר רב של הרוגים. בארה"ב בלבד התרחשו בשנים 1997-1990 יותר מ-213 מקרים של פיצוץ אבק חקלאי, שגבו מספר רב של הרוגים. גם בארץ נרשמו מקרי פיצוץ מהגורם הזה.

אמצעי הגנה בפני נחשולי מתח

קיימים סוגים שונים של התקני הגנה בפני נחשולי מתח, בהתאם לאופי ההגנה הדרוש לפריקת מיטענים או להחלשתם - ע"י מניעת תנודות ועליות מתח, הנצבר ממיטענים סטטיים:

- הגברת הלחות באולמות הייצור בתעשיית הטקסטיל;
- התקנת הארקה לאנטנות ולגופים מתכתיים;
- מילוי מיכלי דלק בשפיכה אל התחתית, ולא דרך חלל המיכל;
- הרכבת התקן הגנה אלקטרוני בלוח חשמל או בכניסה למיתקן החשמל;
- חיבור מכשירים רגישים בבית לבתי תקע או למעגלי חשמל שאינם מזינים ציוד הכולל מנוע כגון: מזגן, מכונת כביסה, מקרר, מדיח כלים וכו';
- ניתוק מכשירים רגישים מתקע החשמל, בתנאי מזג אוויר סוער (ברקים, סופות וגשמים עזים).

סיכוני אש ממערכות חשמליות

התחממות, עפ"י נוסחת החימום החשמלי, היא פונקציה של עוצמת הזרם בריבוע ותלויה גם בהתנגדות. לכן, הטמפרטורה שתתפתח במוליך תלויה באופן משמעותי בעוצמת הזרם העובר במוליך ובהתנגדותו (המוליכות שלו). המתח בלבד איננו קריטריון מספיק לצורך מסקנות (קיימים מיתקנים אשר המתח מגיע בהם ל-160KV אך עוצמת הזרם נמוכה מאוד ונמדדת במיליאמפרים). מכל מקום, במקרה הגרוע ביותר - שבו גם עוצמת הזרם היא משמעותית (אמפרים אחדים ויותר) עלול חימום במערכת החשמל לגרום לפריצת להבה. הלהבה עלולה להתפתח מהתלקחות חומרים המצויים בקירבת מערכת החשמל החמה, וגם מחומרי מבנה של המערכת, אם אינם תקינים ואינם מתאימים לעמידה בחום. הבידוד של הכבלים החשמליים נמס במקרים רבים, וכך - בנוסף לסיכון ההתלקחות, נוצרים קצרים במערכת בגלל המגע בין המוליכים הגלויים, וקיימת גם סכנת התחשמלות.

כיבוי אש במערכת חשמל יהיה ידני או אוטומטי, באמצעות גז הלון או פחמן דו-חמצני. אם פעולת הכיבוי מתארכות - קיימת סכנה של התפרקות גז ההלון למרכיביו. הכיבוי בגזים מוגבל לחללים סגורים, ולכן עלול להיווצר סיכון נוסף בחלל הבעור: גז מסוכן - פוסגן, שפגיעתו באדם מסוכנת. לכן, אם משתמשים לכיבוי בגז הלון, מומלץ שהוא יהיה מסוג 1301 (ללא כלור) ולא, לדוגמה, מסוג 1211 ואחרים (המכילים כלור). הלון המכיל כלור יוצר בהתפרקותו את גז הפוסגן (כמו בבעירת PVC). לגובה המתח החשמלי במיתקנים חיים אין השפעה על איכות הכבוי של הגזים הלון ו/או CO₂.

בתכנון נכון של מיתקן החשמל והתאמה בין רכיבי מערכת החשמל לבין הצרכים, ניתן להשיג תפעול נכון ובטוח בחשמל, ללא התחממות מסוכנת של המוליכים וחימום הסביבה. ולמרות זאת - העובדים כולם צריכים להיות ערים לסיכון ולתת את דעתם, מעת לעת, למצב בו המוליכים מתחממים. חיבור של מספר מכונות ו/או מכשירים לשקע בודד עלול לגרום להתחממות המוליכים, שאינם מתוכננים לעומס שהוטל עליהם. מכאן ועד להמסת הבידוד המוביל לקצר וממנו להתלקחות - הדרך אינה ארוכה.

כמו במצבים רבים של סיכוני בטיחות - מניעה טובה מטיפול