



# **היבטי בטיחות וגיהות בתהליכי טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות**

מוגש ע"י: מרכז המידע של המוסד לבטיחות ולגיהות

מחבר: ד"ר ליביו פלדמן

עריכה מקצועית: ד"ר אשר פרדו

במימון הפעולה המונעת ומחקר בבריאות ובבטיחות בעבודה

משרד התעשייה המסחר והתעסוקה

---

ינואר 2007

<u>מספר העמוד</u>	<u>הנושא</u>
3	הקדמה
5	<b>פרק ראשון</b> – המתכות ותרבותיהן
21	<b>פרק שני</b> – חומרים משתכים (קורוזיביים)
30	<b>פרק שלישי</b> - התהליכים וההרכבים הכימיים של התמיסות המשמשות לטיפול בפני שטח של מתכות
30	1. טיפול מקדים להכנת פני השטח של המתכות לקראת ציפוי וצביעה
	1.1 ניקוי פני שטח של מתכות בתמיסות מימיות ללא אלקטרוליזה
	1.2 ניקוי פני שטח של מתכות בתמיסות מימיות באמצעות אלקטרוליזה
	1.3 ניקוי פני שטח של מתכות בממיסים אורגניים
	1.4 שיטות חלופיות לניקוי פני שטח של מתכות
44	2. ההרכב הכימי של התמיסות המשמשות לציפוי מתכות באלקטרוליזה
	2.1 ציפוי באלקטרוליזה בתמיסות מימיות המכילות מלחי ציאניד
	2.2 ציפוי באלקטרוליזה בתמיסות מימיות נטולות מלחי ציאניד
54	3. ההרכב הכימי של התמיסות המשמשות לציפוי פני שטח של מתכות
56	בשיטות כימיות ללא אלקטרוליזה
57	4. ההרכב הכימי של התמיסות המשמשות להסרת ציפויים
57	5. ההרכב הכימי של התמיסות המשמשות להסרת צבץ
59	6. שיטות ציפוי אלטרנטיביות
	7. ההרכב הכימי של התמיסות המשמשות לטיפול בפני שטח של מתכות - סיכום
61	<b>פרק רביעי</b> – היבטי איכות סביבה
61	1. אמצעים לצמצום כמויות הפסולת הרעילה הנוצרת כתוצאה מטיפול פני שטח של מתכות בשיטות כימיות
65	2. טיפול בשפכים הנוצרים עקב ביצוע טיפול כימי בפני שטח של מתכות
70	3. פליטות לאוויר
74	<b>פרק חמישי</b> – תקנות וחוקים הנוגעים לטיפול פני שטח של מתכות בשיטות כימיות
82	<b>פרק שישי</b> – תכנון תשתיות לביצוע תהליכים כימיים בפני שטח של מתכות
92	<b>פרק שביעי</b> – פעילות התעשייה האווירית לצמצום סיכוני פגיעה בעובדים ובסביבה
131	<b>פרק שמיני</b> - עריכת בדיקות סביבתיות בתהליכי עבודה של טיפול פני שטח של מתכות בשיטות כימיות
136	<b>פרק תשיעי</b> – השוואה בין אמצעי הבטיחות בארץ לבין אלה הננקטים במדינות אחרות בנושא טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות
	<b>נספחים</b>
141	נספח 1 – כרטיס בטיחות לחומצה גופרתית
143	נספח 2 – כרטיס בטיחות לחומצה חנקתית
145	נספח 3 – כרטיס בטיחות לחומצה זרחתית
147	נספח 4 – כרטיס בטיחות לתלת תחמוצת הכרום
149	נספח 5 – כרטיס בטיחות להידרוקסיד הנתרן
151	נספח 6 – כרטיס בטיחות לכלוריד הקובלט
153	נספח 7 – כרטיס בטיחות לכלוריד הקדמיום
155	נספח 8 – כרטיס בטיחות לאצטון
157	נספח 9 – כרטיס בטיחות לממיס סטודרט או ספירט לבן
159	נספח 10 – כרטיס בטיחות לכלורט הבריום
161	נספח 11 – כרטיס בטיחות לאנטימון תלת-כלור
163	נספח 12 – כרטיס בטיחות לפלואוריד האלומיניום
165	נספח 13 – כרטיס בטיחות לניטרט הכסף
167	נספח 14 – מי הוא עובד ציפוי – גיליון מידע על סיכונים תעסוקתיים
172	נספח 15 - אגרון מונחים בנושא טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות

## הקדמה

הטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות הינו נושא מורכב ביותר, המשתרע על תחומים רבים ומגוונים. בין אלה ניקוי המתכות באמצעות ממיסים אורגניים בטבילה, בריסוס ובאדים, או באמצעות תמיסות מימיות חומציות, בסיסיות, ציאנידיות ועוד, כהכנה לקראת ציפוי בשיטות כימיות ואלקטרוכימיות, צביעתן, הברקתן ועוד. אלה רק כמה מהתהליכים הנפוצים, הקשורים באומנות ובמדע המכונה "גימור מתכות". כאן המקום להדגיש כי גימור מתכות מתבצע גם באמצעות תהליכים פיסיקליים שאינם מעניינה של חוברת זו.

המגוון הרחב מאוד של הכימיקלים לסוגיהם וכמויותיהם, הנדרשים לביצוע תהליכי הטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות, מהווה פוטנציאל לסיכון בריאותי וסביבתי גם יחד. די להזכיר את החומצות, הבסיסים, הציאנידים, המסיסים האורגניים, הרעלים והדלקים, את המזרזים והצבעים ואת המתכות המצופות והמצפות ותרכובותיהן שבחלקן מסרטנות, הנמצאים בצוותא תחת קורת גג אחת, על מנת להיווכח ולהתרשם במה מדובר. ביצוע מכלול פעולות שיש בהן סיכון בטיחותי ובריאותי ובכללן חימום, ריסוס, ערבוב, שטיפה, טבילה, ציפוי, הסרת צבע וציפוי פגום, צביעה ועוד, יחד עם סוגי החומרים המסוכנים שהוזכרו לעיל, נובעת מהכרח להקנות למתכות המטופלות מראה יפה ואסתטי, גוון דקורטיבי, עמידות בשחיקה, בקורוזיה ובתנאי אקלים קשים, לגרום לשינויים בהולכה ובהתנגדות החשמלית שלהן, לאפשר יכולת צביעה, הדבקה, והלחמה נוחה על פני שטחן, ולחזק אותן על מנת לעמוד במאמצים מכניים ותרמיים, או לטייב את עמידותן בפני תקיפת כימיקלים.

על מנת להבין טוב יותר את הסיכונים הכרוכים בביצוע התהליכים הפיזיקו-כימיים המופעלים כדי לקבל בתמורה את התכונות והשיפורים הנ"ל, חובה להכיר תחילה את התכונות והמגבלות של החומרים הכימיים המעורבים (המונחים הרבים המוצגים בראשי תיבות בעבודה זאת מפורטים ב"אגרון מונחים בנושא טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות" נספח 15). הפרק הראשון והשני בחוברת זאת דנים במתכות, בתרכובותיהן ובחומרים המשתכים המעורבים בהכנת התמיסות המשמשות לטיפול בפני השטח של המתכות בשיטות כימיות. הפרק השלישי עוסק בתיאור התהליכים הכימיים המופעלים על מנת להכין את המתכות לקראת הציפוי, בשיטות הציפוי ובפירוט תהליכי הניקוי והציפוי באמצעות ממיסים אורגניים ובתמיסות אנאורגניות המכילות מלחי ציאניד לעומת תמיסות נטולות מלחי ציאניד.

התהליכים הכימיים המופעלים לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות יוצרים כמויות אדירות של פסולת מסוכנת. הפרק הרביעי מתאר את הדרכים להקטנת כמות הפסולת, את הטיפול בשפכים ואת ההיבטים הסביבתיים של הגזים והאדים העלולים

להשתחרר דרך פתחי הפליטה של מערכות היניקה שהותקנו על מנת למנוע חשיפת העובדים העוסקים ישירות בביצוע תהליכים אלה.

בעוד שהפרק החמישי דן בתקנות ובחוקים הנוגעים להיבטי הבטיחות ואיכות הסביבה, הפרק השישי מתאר את אופן תכנון התשתיות הדרושות על מנת לעמוד בחוקים אלה במפעלים העוסקים בטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות.

הפרק התשיעי מתאר בהרחבה את אמצעי הבטיחות ואיכות הסביבה הננקטים במפעלי התעשייה האווירית כמודל השוואתי לאותם האמצעים הננקטים במדינות נאורות אחרות. על סמך נתונים אלה אפשר היה להסיק בפרק השמיני כי המפעלים בארץ, המתיחסים ברצינות לנושאי הבטיחות ואיכות הסביבה, אינם נופלים ברמתם הבטיחותית והסביבתית לעומת מפעלים במדינות אחרות.

**לקבלת מידע נוסף העמקה והבהרות בתחומים בהם**

**עוסקת חוברת זו וכן בנושאים נוספים בתחום**

**הבטיחות והגיהות בתעסוקה, ניתן לפנות למרכז**

**המידע של המוסד לבטיחות ולגיהות:**

**טלפון: 03-5255455 פקס: 03-5266456**

**e-mail: [info@osh.org.il](mailto:info@osh.org.il)**

## פרק ראשון: המתכות ותרכובותיהן

בפרק זה מושוים סיכונים תעסוקתיים של מתכות כאבקות ובתרכובות כימיות, על-ידי הצגת השפעותיהן הבריאותיות, התכונות הכימיות והפיסיקליות שלהן וערכי החשיפה המרבית המותרת שנקבעו עבור החומרים המשתייכים לקבוצות הנ"ל.

המתכות מהוות כשלושה רבעים מכלל היסודות המוכרים על פני כדור הארץ והן מאופיינות בקשיחות, בחוזק, בברק או עמימות, בהולכה תרמית וחשמלית טובה, בנקודות התכה ורתיחה גבוהות, בצפיפות גבוהה, בכושר ריקוע וביכולת לעבור עיבודים מכניים נוחים ומתיחה לחוטים. תכונות אלו משתנות ממתכת למתכת. כך למשל, הכרום הוא מתכת קשה ביותר המשמשת לחיזוק מתכות אחרות בעוד הצסיום הוא מתכת רכה הניתנת לחיתוך בסכין. באופן דומה, הזהב, הכסף והנחושת מאפשרים עיבודים מכניים נוחים ומתיחה לחוטים, בניגוד גמור לטונגסטן. המתכות יוצרות סגסוגות בעלות תכונות משותפות למרכיביהן.

אחת התכונות האופייניות למתכות היא יכולתן לתרום אלקטרונים בתהליכי חמצון-חיזור: כאשר אטום של מתכת תורם אלקטרונים הוא מתחמצן, בעוד שהיסוד המקבל אותם עובר חיזור. דוגמה הנפוצה ביותר לתהליך חמצון-חיזור היא יצירת החלודה.

היסודות בעלי תכונות חלקיות משותפות למתכות ולא-מתכות מכונים מטלואידים.

בעוד שהמתכות מהוות כרבע מהמשקל הכולל של כדור הארץ, נוכחותן בקרום כדור הארץ דלה יותר, כפי שאפשר להיווכח מהנתונים שבטבלה 1. המתכות נוכחות כעקבות במי הים, בגרגירי האבק המרחפים באוויר, בגופם של בעלי חיים ובני האדם (טבלה 1). לחלק מהמתכות תפקיד חיוני ביותר בגוף החי ובכללן אפשר למנות את הקובלט, הכרום, הברזל, המנגן, המוליבדן, הניקל, הסלניום, הבדיל, הסידן, הוונאדיום והאבץ. מתכות אלו מכונות גם מתכות קורט.

למופע הכימי של המתכת השפעה רבה על גוף החי. כך למשל, בעוד שלעקבות כרום תלת-ערכי תפקיד הכרחי לאיזון הסוכר במערכת הדם, הכרום השש-ערכי מהווה גורם מסרטן. קיימות גם מתכות חסרות תפקיד מטבולי בגוף החי, כגון קדמיום, עופרת וכספית. מתכות אלו רעילות וכך גם מתכות הקורט שנמנו לעיל, המסוגלות לגרום לנזק כאשר הן מצטברות בריכוזים גבוהים מהנדרש לקיום תהליך מטבולי סדיר.

על אף שמבחינה כימית מתכת כבדה היא מתכת בעלת משקל אטומי גבוה, נהוג להשתמש במושג "מתכות כבדות" כאשר רוצים לתאר השפעה מזיקה של יסוד מתכתי מסוים על האדם או הסביבה. עקב כך, למרות שהמתכות הכבדות הוגדרו כבעלות משקל סגולי העולה על 5 גרם לסמ"ק, צורפו לקבוצה זאת גם מתכות רעילות בעלות משקל סגולי נמוך מ-5, כגון בריליום, וגם מטלואידים, כמו ארסן וסלניום.

למתכות הקורט במינון הנכון תפקידים בעלי חשיבות עליונה לקיום החיים, כמו למשל הסידן כחומר הבונה את העצמות. מתכות אחרות, כגון אבץ, מייצבות את החלבונים. למגנזיום תפקיד חיוני באיזון הפוספטים המשמשים לבניית מולקולות ה-DNA וה-RNA.

התכונה המבדילה בין חיוניותה של מתכת לתפקוד הנורמלי של הגוף לבין יכולתה לשבש תפקוד זה היא כמותה במרכיב או תווך נתון בגוף. לדוגמה, למתכות מסוימות חשיבות כימית כחלק ממרכיבי האנזימים. המטלו-אנזימים מעורבים בסנתזה, בתיקון ובפירוק של מולקולות ביולוגיות ולמעברם של אלקטרונים ומולקולות קטנות בתהליכי פוטוסינתזה והולכת חמצן לנשימה. כך למשל, ההמוגלובין האחראי למעבר החמצן במערכת הדם מכיל אטום ברזל. מאידך, ההשפעה השלילית של המתכות באה לידי ביטוי ביכולתן להפריע לתפקודן התקין של מולקולות ביולוגיות כגון חלבונים, אנזימים DNA ועוד.

במקרים מסוימים מחליפות המתכות הרעילות את מקומן של המתכות החיוניות במערכות הביולוגיות האחראיות על גידול, תיקון והתרבות תאים. למולקולות הביולוגיות מרכיבי מבנה ייעודיים לתפקודן. כך למשל, חלבון בנוי משרשרת מיוחדת של חומצות אמינו בעלות מבנה תלת ממדי מיוחד. אם מבנה זה עובר שינוי או חלק מהמבנה נפגע, החלבון הפגום איננו מסוגל יותר למלא את תפקידו החיוני: אם מתכת רעילה מתחברת לחומצת האמינו המרכיבה את החלבון, הקומפלקס הנוצר, מתכת-חלבון, מאבד את הפעילות הביולוגית המקורית.

אנזימים מסוימים מכילים חומצות אמינו בעלות אטום גופרית, החיוני לפעילותו התקינה של האנזים. למתכות רעילות מסוימות זיקה גבוהה לגופרית ועקב כך הן מתחברות אליו. הקומפלקס הנוצר איננו מאפשר יותר את הפעילות הביולוגית התקינה של האנזים. מתכות רעילות מסוגלות להחליף מתכות חיוניות באתרים שלהן, כגון החלפת האבץ בקדמיום או הסידן שבעצמות בעופרת.

היונים החיוביים של המתכות הרעילות מסוגלים לחלץ אלקטרונים מחומצות האמינו המרכיבות את החלבונים או ממולקולות ה-DNA. הנזק המצטבר מתהליכי חמצון אלה עלול להוביל למוטציות מחוללות סרטן.

הטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות פיזיקליות היוצרות אבק, כגון שיוף וליטוש, גורם לחדירת המתכות לגוף דרך מערכות הנשימה והעיכול. הטיפול בפני השטח של המתכות בשיטות כימיות עלול לגרום לחדירת חומר בדרכים נוספות, כגון דרך פצע פתוח בעור כאשר מדובר בתרכובת קורוזיבית של מתכת כמו למשל חומצה כרומית, או בפיעפוע דרך העור כאשר מדובר בשימוש בתרכובות אורגניות של מתכות. חדירתן של המתכות לגוף העובד גורמת לאפקטים בריאותיים שליליים, כגון פגיעה במערכת הנשימה, עיכוב אנזימים, תופעות סרטניות, דלקות עור, נזקים במערכת העיכול, פגיעה במערכת הדם, פגיעה במערכת העצבים, קדחת נדפי המתכת, פגיעה בעובר ועוד.

ההתייחסות המשותפת בחוברת זאת לסיכוני המתכות ובעיקר לתרכובותיהן נובעת מהעובדה, שהטיפול בפני שטח בשיטות כימיות מתרחש לרוב באמבטי תהליך, המכילים, בנוסף למתכת עצמה, גם אחד או יותר ממלחיה. כך למשל, לתמיסה המימית של אמבט המכיל ניקל מתכתי,

המשמש לציפוי פני השטח של מתכת אחרת, מוסיפים גם כלוריד הניקל או סולפט הניקל, ומלחים אלה רעילים אף יותר מהניקל עצמו.

בעוד שתהליכי הגימור המכניים המופעלים להכנת פני השטח של המתכות יוצרים אבק של מתכות רעילות, החדרתן של המתכות המטופלות לאמבט התהליך מבטלת אפשרות זאת ויוצרת סיכונים אחרים. כך למשל, ההשפעה הקריטית של אבק הניקל כמתכת טהורה היא מחלת ריאות לייפתית, אך ההשפעה הקריטית של ניקל בתרכובות מסיסות במים מתבטאת במערכת העצבים המרכזית ובעור. בעוד שאבק מתכת הניקל או של סגסוגות ניקל מסווג על-ידי IARC כמסרטן אפשרי בבני אדם, תרכובות ניקל בלתי מסיסות מסווגות כמסרטנות ודאיות בבני אדם. זאת גם הסיבה שהתקנה הישראלית ו-ACGIH קבעו ערכי סף נמוכים יותר למלחי ניקל בלתי מסיסים מאשר למתכת הניקל. כמו כן, אם נשווה את ערכי החשיפה המותרים על-ידי NIOSH לעוסקים בעיבוד שבבי של פלטינה ( $TWA=1\text{mg}/\text{m}^3$ ) עם אלה שנקבעו לחשיפת העובדים העוסקים בציפוי מתכות מסוימות בפלטינה, על-ידי שימוש במלחים מסיסים של פלטינה ( $TWA=0.002\text{mg}/\text{m}^3$ ), נגיע למסקנה דומה.

**טבלה 1: שכיחות המתכות בקרום כדור הארץ ובגוף האדם**

**והמנה היומית הנקלטת על-ידי בני אדם**

שכיחות המתכת בקרום כדור הארץ (חלקים למיליון)	הכמות היומית החודרת לגוף (מיליגרם)	כמות המתכת בגוף האדם (מיליגרם ל-70 ק"ג)	המתכת
81,300	36	100	אלומיניום
0.2	-	פחות מ-90	אנטומון
2	0.7	פחות מ-100	ארסן
400	16	16	בריום
36,300	0.02	30	קדמיום
200	0.06	פחות מ-6	כרום
23	0.3	1	קובלט
45	3.2	100	נחושת
50,000	15	4,100	ברזל
15	0.3	120	עופרת
80	0.45	פחות מ-10	ניקל
2.1	-	פחות מ-1	כסף
3	17	30	בדיל
440	0.3	פחות מ-15	טיטאניום
110	2.5	30	ואנדיום
65	12	2300	אבץ
70	-	4	זירקניום



## טבלה 2: השפעות בריאותיות של אבק מתכות

חשיפה כרונית לטווח ארוך	חשיפה חריפה	דרכי חשיפה	מתכת
* לייפת ריאתית (pulmonary fibrosis) * פגיעה במערכת העצבים, הגורמת לתנועות לא מבוקרות (חשוד כמחולל אלצהיימר) * גירויים, דלקות.	* גירוי בדרכי הנשימה העליונות	* דרכי הנשימה * דרכי העיכול	חמרן (אלומיניום)
* דלקות עור * פגיעה בעיניים * פגיעה בדרכי הנשימה * Pneumoconiosis (אבקת הריאות)	* גירויים בדרכי העיכול * שאיפת אבק בריכוזים גבוהים עלולה לגרום למוות	* דרכי העיכול * עור * דרכי הנשימה	אנטימון
* דלקות עור * פגיעה ברקמות ריריות * פגיעה במערכת העצבים * פגיעה בכבד * פגיעה במערכת הדם * חומר מסרטן בבני אדם * פוגע בהתפתחות. * פגיעה במערכת הקרדיו-וסקולרית (CVS)	* גירוי עיניים, עור, דרכי הנשימה * פגיעה בלב, במערכת העצבים המרכזית ובכליות	* עור * עיניים * דרכי העיכול * דרכי הנשימה	ארסן
* גירויים ודלקות * פגיעה בשרירים * פגיעה בדרכי העיכול		* דרכי העיכול * דרכי הנשימה	בריום
* סנסיטיזציה של העור * פגיעה בריאות גרימת למחלת ה-berylliosis * החומר מסרטן בבני אדם	* שאיפת אווירוסול גורמת לגירוי בדרכי הנשימה. שאיפה של נדפים ואבק גורמת ל Chemical Pneumonitis. (דלקת ריאות כימית) * שאיפת יתר עלולה לגרום למוות	* דרכי הנשימה * דרכי העיכול	בריליום
* פגיעה בריאות * פגיעה בכליות * החומר חשוד כמסרטן בבני אדם	* גירוי בעיניים ובדרכי הנשימה * קדחת נדפי המתכות * Pulmonary Edema (בצקת ריאות)	* דרכי הנשימה * דרכי העיכול	קדמיום
* גירוי כרוני של האף והושט * אבקת הכרום המתכתי איננה מסווגת כמסרטנת בבני אדם	שאיפת האבק גורמת לגירויים מכניים בדרכי הנשימה העליונות	* דרכי העיכול * דרכי הנשימה	כרום

חשיפה כרונית לטווח ארוך	חשיפה חריפה	דרכי חשיפה	מתכת
* סנסיטיזציה של העור * אסטמה * פגיעה בריאות * הוכח כמסרטן בחיות * פגיעה במערכת הקרדיו-זסקולרית (CVS)	גירוי מכני של דרכי הנשימה.	דרכי הנשימה	קובלט
* סנסיטיזציה של העור, גירויים. * קדחת נדפי המתכות * פגיעה במערכת העיכול	* קדחת נדפי המתכות * גירוי מכני במערכת העיכול	דרכי הנשימה דרכי העיכול	נחושת
* פגיעה בכליות * בצקת בריאות (Pulmonary Edema) * פגיעה בעצמות. * פגיעה במערכת העיכול.	* החומר גורם לגירויים בעיניים ובדרכי הנשימה * בצקת בריאות	דרכי הנשימה דרכי העיכול עיניים	אינדיום
השפעות שליליות על מערכת הדם, העצמות, מערכת העצבים המרכזית, כליות, מערכת הרבייה וההתפתחות. הוכח כמסרטן בחיות	גירוי במערכת הנשימה	דרכי הנשימה דרכי העיכול	עופרת
* פגיעה בריאות, מערכת העצבים המרכזית, הגדלת הרגישות למחלות ראייה ועצבים (Manganism). * פגיעה במערכת הרבייה וההתפתחות	גירוי במערכת הנשימה	דרכי הנשימה דרכי העיכול	מנגן
* נשימת האבק והנדפים גורמת לאסטמה * סנסיטיזציה של העור * פגיעה בריאות * אבקת הניקל איננו חומר מסרטן	* שאיפת אבק גורמת לגירוי מכני בדרכי הנשימה * שאיפת נדפים גורמת ל-Pneumonitis (דלקת ריאות)	דרכי הנשימה דרך העור	ניקל
סנסיטיזציה של העור, גירויים	גירויים מכניים בעיניים ובדרכי הנשימה	דרכי הנשימה דרך העיניים	פלטינה
לא ידועים	גירויים מכניים	דרכי הנשימה	רודיום
קבלת צבע אפור בהיר בעיניים, באף, בעור ובגרון (מחלת ה-Argyrosis)	בצקת בריאות (Pulmonary Edema)	דרכי הנשימה דרכי העיכול	כסף
השפעה שלילית על הריאות – פניאמוקוניוזה שפירה (Pneumoconiosis), (Stannosis)	גירויים מכניים בדרכי הנשימה	דרכי הנשימה	בדיל
חומר אינרטי מבחינה טוקסיקולוגית	גירויים מכניים בדרכי הנשימה, עור ועיניים	דרכי הנשימה	טונגסטן
דלקות עור	קדחת נדפי המתכות	דרכי הנשימה דרכי העיכול	אבץ
פגיעה בריאות עקב חשיפה לחלקיקי אבק.	גירויים מכניים בעיניים	דרכי הנשימה העיניים	צירקוניום

**טבלה 3: סיכונים פיזיקליים וכימיים של אבק מתכות**

מתכת	מראה	סיכונים פיזיקליים	סיכונים כימיים
חמרן (אלומיניום)	אבקה לבנה עם גוון אפור	אבק אלומיניום יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	* מגיב באופן מתון עם מים וכהלים, תוך יצירת מימן גזי נפיץ * מגיב בחוזקה עם חומצות ובסיסים * מגיב בחוזקה עם פחמימנים מוכלרים
אנטימון	מתכת כסופה ומבריקה. לאבקת האנטימון גוון אפור כהה	אבק האנטימון יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	* בשריפה נוצרים נדפים רעילים של תחמוצת האנטימון. * מגיב בחוזקה עם מחמצנים כמו הלוגנים, ניטרטים ופרמנגנטים. * במגע עם חומצות נוצר גז סטיבין רעיל מאד
ארסן	גבישים בעלי מראה מתכתי בגוון אפור	החומר בעיר. האבקה אינה נפיצה בתערובת עם האוויר	* בעת שריפה נוצרים נדפים רעילים. * מגיב בחוזקה עם מחמצנים והלוגנים. * במגע עם חומצות נוצר גז ארסין רעיל.
בריום	מוצק בעל צבע צהבהב מבריק	* החומר בעיר. * אבק הבריום יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	* האבקה נדלקת במגע עם האוויר. * הבריום הינו מחזור חזק ומגיב בחוזקה עם מחמצנים וחומצות. * מגיב עם מים ויוצר גז מימן נפיץ
בריליום	אבקה לבנה בגוון אפור	* האבקה בעירה. * אבק הבריליום יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	* מגיב עם חומצות ובסיסים, תוך יצירת מימן גזי נפיץ. * יוצר תערובות רגישות למכה עם ממיסים מוכלרים
קדמיום	אבקה אפורה	* אבק הקדמיום יוצר תערובת נפיצה עם האוויר. * האבקה בעירה	* מגיב עם חומצות, תוך היווצרות מימן גזי נפיץ. * מגיב עם מחמצנים ועם אבקות של מתכות אחרות
כרום	אבקה אפורה	אבק הכרום יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	הכרום הינו חומר קטליטי ומגיב בחוזקה עם חומרים אורגניים ואנורגניים, תוך יצירת סיכון התפוצצות.
קובלט	אבקה כסופה אפורה	אבק הקובלט יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	* אבקה עדינה של קובלט נדלקת מעצמה במגע עם אוויר או אצטילן. * מגיב עם מחמצנים חזקים, תוך יצירת סיכון התפוצצות

מתכת	מראה	סיכונים פיסיקליים	סיכונים כימיים
נחושת	אבקה אדמדמה	אבק הנחושת יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	* יוצר תערובות רגישות למכה עם אצטילן. * מגיב בחוזקה עם מחמצנים, כגון כלורטים ברומטים ויודטים
אינדיום	המתכת כסופה, האבקה שחורה	אבק האינדיום יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	מגיב בחוזקה עם חומצות חזקות, מחמצנים חזקים וגופרית, ויוצר סיכון של התפוצצות
עופרת	מתכת או אבקה בצבע אפור	* אבק העופרת יוצר תערובת נפיצה עם האוויר * המתכת אינה בעירה	* בחימום נוצרים נדפים בעירים. * מגיב עם חומרים מחמצנים. * מגיב עם חומצות חמות.
מנגן	אבקה אפורה-לבנה	* המתכת בעירה. * אבק המנגן יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	מגיב עם קיטור וחומצות ויוצר מימן גזי נפיץ
ניקל	מתכת כסופה	* האבקה דליקה. * אבק הניקל יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	* מגיב בחוזקה עם אבקת טיטניום, פרכלורט האשלגן ומחמצנים. * מגיב בחוזקה במגע עם חומצות. * בשריפה נוצר ניקל קרבוניל
פלטינה	אבקה שחורה	חומר לא בעיר	הפלטינה הינה חומר קטליטי ומגיבה בחוזקה במגע עם חומרים אורגניים ואנאורגניים
רודיום	אבקה אפורה-שחורה	חומר לא בעיר	* מגיב בחוזקה עם הלוגנים. * הרודיום הינו חומר קטליטי ומגיב בחוזקה עם חומרים אורגניים ואנאורגניים
כסף	מתכת לבנה	חומר לא בעיר	* יוצר תרכובות רגישות במגע עם אצטילן. * מגיב עם חומצות. * במגע עם אמוניה נוצרים חומרים רגישים למכה
בדיל	אבקה גבישית לבנה	החומר בעיר	מגיב עם מחמצנים חזקים.
טונגסטן	אבקה אפורה לבנה	האבקה בעירה	* האבקה עלולה להידלק במגע עם האוויר. * מגיב בחוזקה עם חומרים מחמצנים. * מגיב בחוזקה עם חומצות חזקות
אבץ	אבקה אפורה כחלחלה	* האבקה דליקה * האבקה נטענת בחשמל סטטי בחיכוך	* בעת חימום נוצרים נדפים רעילים. * החומר הינו מחזר חזק ומגיב בחוזקה עם חומרים מחמצנים. * מגיב עם מים, חומצות ובסיסים, תוך יצירת מימן
צירקוניום	אבקה אפורה אמורפית	הצירקוניום יוצר תערובת נפיצה עם האוויר	* מגיב בחוזקה בעת חימום עם פחמן טרה-כלורי. * מתפוצץ בחימום משותף עם הידרוקסידים.

**טבלה 4: ערכי חשיפה למתכות ותרבותיהן**

(מיליגרם למטר מעוקב אוויר)

NIOSH IDLH	התקן הישראלי	DEG MEK TWA	NIOSH REL TWA	OSHA PEL TWA	ACGIH TLV	חומר
-	-	1.5, 4	5 <sup>N</sup> , 10 <sup>P</sup>	5 <sup>N</sup> , 10 <sup>P</sup>	10	אלומיניום, מתכת
-	-	-	5	5	5	אלומיניום, אבקות pyro
-	-	1.5, 4	5	5	5	אלומיניום, נדיפי ריתוך
-	-	1.5, 4	-	5 <sup>N</sup> , 15 <sup>P</sup>	10	אלומיניום, תחמוצת
-	-	-	-2	2	2	תרבות אלומיניום מסיסות במים
-	-	-	2	2	2	אלומיניום, תרבות אלקיליות
50	-	0.5	0.5	0.5	0.5	אנטימוני, מתכת ותרבותיו
5	-	-	0.1	0.1	0.1	אנטימוני הידריד SbH <sub>3</sub> (סטיבין)
5	0.01	Ca	0.0002Ca	0.01	0.01	ארסן ותרבות האנאורגניות
3	0.05	Ca	-	0.2	0.05	ארסן הידריד (ארסין)
50	-	0.5	0.5	0.5	0.5	בריום ותרבותיו
-	-	1.5, 4	5 <sup>N</sup> , 10 <sup>P</sup>	5 <sup>N</sup> , 15 <sup>P</sup>	10	בריום סולפט
4	0.002	Ca	0.0005 (C)	0.002 0.005 (C) 0.025 (ST)	0.002	בריליום ותרבותיו
9	0.010	Ca	Ca	0.005	0.002 <sup>N</sup> 0.010 <sup>P</sup>	קדמיום ותרבותיו
250	0.5	Ca	0.5	1.0	0.5	כרום מתכת
250	0.5	Ca	0.5	0.5	0.5	תרבות כרום דו-ערכי
25	0.5	Ca	0.5	0.5	0.5	תרבות כרום תלת-ערכי
15	0.05	Ca	0.001 (Ca)	0.1 (C)	0.05	תרבות כרום שש-ערכי מסיסות
15	0.01	Ca	0.001 (Ca)	0.1 (C)	0.01	תרבות כרום שש-ערכי לא מסיסות
-	0.01	Ca	0.001 (Ca)	-	0.01	כרום האבץ
15	0.012	Ca	0.001 (Ca)	-	0.012	כרום העופרת
15	0.001	Ca	0.001 (Ca)	-	0.001	כרום הסידן
15	0.0005	Ca	0.001 (Ca)	-	0.0005	כרום הסטרונציום
20	0.02	Ca, Sah	0.05	0.10	0.02	קובלט ותרבותיו האנאורגניות
-	0.10	-	0.10	-	0.1	קובלט קרבוניל
100	-	1.0	0.1	0.1	1.0	אבקת נחושת

NIOSH IDLH	התקן הישראלי	DEG MEK TWA	NIOSH REL TWA	OSHA PEL TWA	ACGIH TLV	חומר
100	-	0.1	0.1	0.1	0.2	נחושת, עשן ונדיפים
-	-	-	0.1	-	0.1	אינדיום ותרבותיו
100	0.10 0.05 (נשים)	0.1	0.05	0.05	0.05	עופרת מתכת ותרבות אנאורגניות
500		0.5	1, 3 (ST)	5 (C)	0.2	מעגן ותרבות אנאורגניות
10	0.05	Ca	0.015 (Ca)	1.0	1.5	ניקל מתכת
10	0.05	Sah	0.015 (Ca)	1.0	0.1	ניקל, תרבות אנאורגניות מסיסות
10	0.05	Ca	0.015 (Ca)	1.0	0.2	ניקל, תרבות אנאורגניות בלתי מסיסות
-	-	-	1.0	-	1.0	פלטינה, מתכת
4	-	Sah	0.002	0.002	0.002	פלטינה, תרבות מסיסות
100	-	-	0.1	0.1	1.0	רודיום מתכת ותרבות בלתי מסיסות
2	-	-	0.001	0.001	0.01	רודיום, תרבות מסיסות
10	-	0.1	0.01	0.01	0.1	כסף, מתכת
10		0.01	0.01	0.01	0.01	כסף, תרבות מסיסות
-	-	-	2.0	2.0	2.0	בדיל, מתכת ותרבות אנאורגניות
25	-	-	0.1	0.1	0.1	בדיל, תרבות אורגניות
-	5.0	-	5.0	-	5.0 10.0 (ST)	טונגסטן, מתכת ותרבות בלתי מסיסות
-	1.0	-	1, 3 (ST)	-	1.0 3.0 (ST)	טונגסטן, תרבות מסיסות
500	-	1.0	5,10 (ST) 15 (C)	5 <sup>N</sup> 15 <sup>2</sup>	2.0 10 (ST)	אבץ, תחמוצת
50		-	1.0 2.0 (ST)	1.0	1.0 2.0 (ST)	כלוריד האבץ
50		1.0	5.0 10 (ST)	5.0	5.0 10 (ST)	צירקוניום ותרבותיו
35		0.05	0.05 (C)	0.5 (C)	0.05	ואנאדיום, תחמוצת

א - חלקיקים ברי נשימה  
 ב - כלל אבק מרחף  
 Ca - חומר מסרטן  
 C - Ceiling  
 Sah - סכנה לסנסיטיזציה של דרכי הנשימה והעור  
 STEL - ST

**טבלה 5: תכונות מסרטנות של המתכות ותרבותיהן**

EPA	NIOSH	OSHA	NTP	IARC	ACGIH	החומר
	-	-	-	-	A4	תחמוצת אלומיניום
-	-	-	-	2B	A2	תלת תחמוצת האנטימוני
A	+	+	K	1	A1	ארסן ותרבות אנאורגניות
LH	+	-	K	1	A1	בריליום ותרבותיו
B1	+	-	K	1	A2	קדמיום ותרבותיו
-	-	-	-	2B	A3	קובלט ותרבות אנאורגניות
CH	+	-	K	1	A1	תרבות כרום שש-ערכי בלתי מסיס
B2	-	+	-	2B	A3	עופרת ותרבות אנאורגניות
A	+	-	P	2B	A5	ניקל מתכת וסגסוגות ניקל
A	+	-	K	1	A1 <sup>*</sup> A4 <sup>†</sup>	תרבות ניקל
-	+	-	-	-	A4	דו-תחמוצת הטיטניום

A1 ACGIH - מסרטן בבני אדם  
 A2 ACGIH - חשוד כמסרטן בבני אדם  
 A3 ACGIH - מסרטן בבעלי חיים בריכוזים שאינם רלוונטיים לחשיפה תעסוקתית  
 A4 ACGIH - לא מסווג כמסרטן בבני אדם  
 A5 ACGIH - לא חשוד כמסרטן בבני אדם

1 IARC - מסרטן בבני אדם

2B IARC - מסרטן אפשרי בבני אדם

K NTP - ידועים כמסרטנים בבני אדם

P NTP - חשודים כמסרטנים בבני אדם

A EPA (1986) - מסרטן בבני אדם  
 B1 EPA (1986) – קרוב לודאי מסרטן, ראיות מוגבלות בבני אדם, ראיות מספיקות  
 בבעלי חיים.  
 B2 EPA (1986) - כנראה מסרטן, בבעלי חיים נמצאו ראיות בכמויות שלא תמיד  
 רלוונטיות לחשיפה אנושית.  
 CH EPA (1999) - מסרטן בבני אדם.  
 LH EPA (1999) - כנראה מסרטן בבני אדם  
 א - תרבות אנאורגניות בלתי מסיסות  
 ב - תרבות אנאורגניות מסיסות

**טבלה 6: השוואת הסיכונים של מלחי האבץ**

שם החומר	מס' או"מ	קבוצות סיכון	סימון אריזות	ערכי חשיפה ACGIH	סיכוני התלקחות	השפעות בריאותיות
אבקת אבץ מתכתי Zn	1436	4.3 ראשית 4.2 משנית	סימול: F R: 15-17 S: (2-)7/8-43	לא נקבע	* אבקה דליקה. * מגיבה בחוזה עם חומרים רבים ויוצרת סיכונים אש והתפוצצות.	שאיפת נדפי המתכת עלולה לגרום לקדחת המתכת. גורם לגירויים בעור.
כלוריד האבץ ZnCl <sub>2</sub>	2331	8	סימול: C סימול: N R: 22-34-50/53 S: (1/2-)26-36/37/39-45-60-61 הערה: E	TWA: 1 מ"ג/מ"ק STEL: 2 מ"ג/מ"ק	לא בעיר. משחרר גז כלור פשריפה.	החומר קורוזיבי לעיניים ולעור. האווירוסול מגרה את דרכי הנשימה. קורוזיבי למערכת העיכול. שאיפת החומר גורמת לבצקת בריאות. במקרה של בליעה נפגע הבלב. שאיפת כמויות גדולות גורמת למוות.
ניטרט האבץ Zn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	1514	5.1	אין נתונים	לא נקבע	לא בעיר, חומר מחמצן. מגביר סיכונים אש והתפוצצות. מגיב בחוזה עם חומרים מחזרים	גירויים בעיניים, בעור ובדרכי הנשימה.
תחמוצת אבץ ZnO	אין	אין	סימול: N R: 50/53 S: 60-61	2 מ"ג/מ"ק	חומר לא בעיר. מגיב בחוזה עם אבקות אלומיניום ומגנזיום	שאיפת נדיפים של תחמוצת האבץ גורמת לקדחת נדיפי המתכת. החומר גורם גירויים בדרכי הנשימה. התופעה עלולה להתגלות מספר שעות לאחר החשיפה
כרומט האבץ ZnCrO <sub>4</sub>	3288	6.1	סימול: T סימול: N R: 45-22-43-50/53 הערות: A, E	0.01 מ"ג/מ"ק	חומר לא בעיר	החומר גורם לסרטן בבני אדם. נשיפת האבק גורמת לגירויים בדרכי הנשימה. גורם לאסטמה. סנסיטיזציה של העור. גורם לניקוב במחיצות האף
סולפט האבץ ZnSO <sub>4</sub>	אין	אין	סימול: X סימול: N R: 22-41-50/53 S: (2-)22-26-39-46-60-61	לא נקבע	חומר לא בעיר	החומר גורם לגירויים בעיניים, בעור ובדרכי הנשימה.
פוספיד האבץ Zn <sub>3</sub> P <sub>3</sub>	1714	4.3 ראשית 6.1 משנית	סימול: F סימול: T סימול: N R: 15/29-28-32-50/53	לא נקבע	חומר לא בעיר, היוצר גזים דליקים במגע עם מים	גורם לגירויים בדרכי הנשימה, פוגע בכבד, כליות, לב ומערכת העצבים. חשיפת יתר עלולה לגרום למוות. עלול לגרום לבצקת בריאות
דימתיל דיתיוקרמט האבץ (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> NCS-SZn	2771	6.1	סימול: Xn R: 22-36/37/30-40	לא נקבע	חומר בעיר, המשחרר גזים רעילים בשריפה	החומר מגרה את העיניים, העור ואת דרכי הנשימה. החומר פוגע במערכת העצבים המרכזית



סימול C - חומרים מאכלים (קורוזיביים).  
 סימול T - חומרים רעילים. סימול T+ - חומרים רעילים מאד.  
 סימול Xi - חומרים מגרים.  
 סימול O - חומרים מחמצנים.  
 סימול N - חומרים מסוכנים לסביבה.  
 סימול F - חומרים מתלקחים.  
 ההערה B למשפטי הסיכון R - חובה לרשום את ריכוז החומר המסוכן בתמיסה.  
 לגבי פירושם של משפטי הסיכון R ומשפטי הבטיחות S ראה התקן הישראלי ת"י 2302  
 חלק 1 סיוון התשס"ד – יוני 2004.

אם נתייחס לנתונים המוצגים בטבלאות 2-6, נגיע למסקנות אלו:

1. בטמפרטורת החדר המתכות לסוגיהן אינן מהוות כל סיכון, כל אימת שלא מעבדים אותן עיבוד שבבי, לא מרתכים אותן או באמצעותן, לא מחממים ולא שורפים אותן. טבלה 2 מסכמת תמציתית את סיכוני הבריאות של אבקות ושבבים עדינים מאד של מתכות, ומתאימה בעיקר לאלה העוסקים בעיבודים מכניים של המתכות.
2. אבקות רוב המתכות בעירות ואף יוצרות תערובות נפיצות עם האוויר, כמסוכס בטבלה 3, המתייחסת גם היא לאבקות ולנדפי מתכת.
3. האבקות ונדפי המתכות נוצרים בזמן שפני שטחן של המתכות עוברים עיבודים בשיטות פיזיקליות קרות וחמות - שיוף, ריתוך, הברקה, השחזה, ניסור, ניקוי חול, התזת אבקות מתכת על מתכות אחרות ועוד. דרגת הרעילות של האבקות והנדפים משתנה כתלות בסוג המתכות או הסגסוגות המעובדות. טבלה 4 מסכמת את ערכי החשיפה המרבית המותרת שנקבעו למתכות ותרכובותיהן על-ידי מחוקקים וארגונים שונים. בטבלה 5 מופיעה רשימת המתכות ותרכובותיהן המסרטנות או החשודות כמסרטנות בחיות ובבני אדם.
4. חלקן הגדול של המתכות במצב גושי מגיבות באופן מתון, אם בכלל, עם חומצות, בסיסים ועם ממיסים אורגניים מסוימים, בעוד שאבקותיהן עלולות לגרום לתגובה חריפה במגע עם חומרים אלה. תמצית הסיכונים של אבקות המתכות מרוכזת בטבלה 3.
5. הטיפול בפני שטחן של המתכות וסגסוגותיהן בשיטות כימיות אינו יוצר כמובן אבקות מתכת, אלא שהנזק העלול להיגרם תלוי בתכונות הרעילות והסיכונים של מלחיהן ותרכובותיהן המומסים בתווך הנוזלי שבאמבט התהליך. מכיוון שבהרבה מקרים הנזק הבריאותי לטווח הארוך הנגרם על-ידי התרכובות הכימיות של המתכות רב מזה של אבק המתכות הטהורות, נקבעו עבור חלק מהתרכובות הכימיות ערכי סף נמוכים יותר, כפי שאפשר להיווכח מהנתונים הרשומים בטבלה 4. כמו כן, קיימים מקרים בהם

התרכובות הכימיות של המתכות מחוללות סרטן בבני אדם בסבירות גבוהה מזו של המתכות הטהורות עצמן, ראה למשל ההתייחסות לניקל ותרכובותיו השונות בטבלה 5. בנוסף לנזק הבריאותי המצטבר לטווח הארוך הן של אבקות המתכות והן של תרכובותיהן ומלחיהן, עלולות תרכובות המתכות להיות מסוכנות יותר גם לטווח הקצר, השווה למשל בין הנתונים שבטבלה 6, מהם אפשר ללמוד כי אבקת האבץ אינה קורוזיבית, לעומת המלח כלוריד האבץ, שהינו קורוזיבי.

6. הכנסתן של המתכות אל אמבטי התהליכים נעשית במטרה לגרום לריאקציות כימיות ואלקטרוכימיות שונות בין המתכות המטופלות לבין מרכיבי האמבט. תולדות הריאקציות הן תרכובותיהן של אותן המתכות המטופלות, והרכבן הכימי תלוי כמובן בפורמולציית התמיסה/האלקטרוליט שבאמבט. כך למשל, ההגבה בין הברזל שבפלדות והחומצות השונות שבאמבטי התהליך תוליד מלחים מסיסים של ברזל, לגביהם נקבע ערך סף של 1.0 מ"ג/מ"ק אוויר לעומת הערך 5.0 מ"ג/מ"ק אוויר, המתייחס לאבקת תחמוצת הברזל, הנוצרת בזמן טיפול פיזיקלי בברזל, כגון ריתוך.

7. להרכב התמיסות שבאמבטי התהליך חשיבות רבה לגבי אופי הסיכון של התרכובות הנוצרות בתגובה בין המתכות המטופלות לבין מרכיבי האמבט. מהערכים הרשומים בטבלה 6 אפשר להסיק, כי כלוריד האבץ, הנוצר כאשר טובלים אבץ באמבט המכיל חומצה מלחית, מוגדר כחומר קורוזיבי (קבוצת סיכון 8), בעוד שהטיפול באבץ באמבט המכיל חומצה חנקתית יוצר ניטרט האבץ, המוגדר כחומר מחמצן (קבוצת סיכון 5.1). טבלה 6 מלמדת כי אבקת האבץ משתייכת לקבוצת סיכון 4.3 (פולט גז דליק בהרטבה) ו-4.2 (מתלקח מאליו) בעוד שכרומט האבץ משתייך לקבוצת סיכון 6.1 (חומר רעיל). טבלה 6 מצביעה גם על הבדלים מהותיים בהשפעות הבריאותיות של תרכובותיה השונות של אותה המתכת (אבץ).

8. הכנסת חלקי המתכת לאמבטי התהליך, העברתם מאמבט לאמבט, הרעדת החלקים הרטובים מעל האמבט או בתוך האמבט וערבוב התמיסה שבאמבט הינם תהליכי עבודה בהם קיים פוטנציאל חשיפה בעת טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות. כמו כן, אם נאפשר לשפך נוזלי להתייבש על רצפת אולם התהליכים, נגרום לכך שמלחי המתכת, שנוצרו בריאקציה בין מרכיבי האמבט והמתכת המטופלת והתגבשו מחדש, יתעופפו לכל עבר בהשפעת תנועות האוויר או הרוחות. לדוגמה, חלק עשוי בריליום שלמעשה אינו מזיק כל אימת שלא מעבדים אותו עבוד שבבי, יוצר מלחי בריליום כאשר הוא מוכנס לאמבט התהליך. גם במקרה זה, אם נאפשר את התייבשות הנוזל שטיפטף על הרצפה נגרום לכך שבמחלקת הציפוי יתעופפו גרגירי אבק של מלחי בריליום.

9. מקור החשיפה העיקרי בעת טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות תלוי באופי התהליך. כך למשל, הטיפול באמבט מחומם גורם לאידוי מוגבר של הנוזל באמבט, תוך שחרור אדים הסוחפים איתם אווירוסול טיפתי של מלחי מתכות, בנוסף לאדים ותרסיס של חומצות, חומרים אלקליים, מלחי ציאניד, חומרים פעילי שטח ועוד. בעת ציפוי באלקטרוליזה, המתקיים גם בטמפרטורת החדר, המזהמים הנ"ל משתחררים לאוויר עקב בעבועי חמצן ומימן דרך שטח פני התמיסה באמבט, תוך סחיפה של טיפות זעירות של אלקטרוליט אל האוויר בחלל העבודה.

10. מבחינה בריאותית, ניתן בהחלט לסווג את התכונות המסוכנות של המתכות ותרבותיהן הכימיות על פי ערכי החשיפה המרבית המותרת שבטבלה 4 ולקבוע, כי ערך נמוך יותר מצביע על סיכון בריאותי גבוה יותר. שיקול זה מבוסס על העובדה שהמתכות ותרבותיהן אינן נדיפות, להבדיל מהממיסים האורגניים, עבורם ערך TLV גבוה איננו מבטיח בהכרח סיכון בריאותי נמוך יותר: ממיס בעל ערך TLV גבוה, המתנדף בקלות, עלול להיות מסוכן בהשוואה לממיס בעל ערך TLV נמוך שאינו נדיף.

### מקורות מידע לפרק הראשון

1. Robert P. Beliles, "The Metals", Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Fourth Edition, Vol.2 Part C, John Wiley & Sons Inc.' New York 1994.
2. Dartmouth Toxic Metal Research Program,  
<http://www.dartmouth.edu/~toxmetal/TX.shtml> (Accessed 22 June 2005).
3. Niosh Pocket Guide to Chemical Hazards,  
<http://www.cdc.gov/niosh/npg/> (accessed: 23 June 2005)
4. U.S. Department of Labour, NIOSH/OSHA/DOE Health Guidelines,  
<http://www.osha.gov/SLTC/healthguidelines> (Accessed: 12 July 2005)
5. SCORECARD, The Pollution Information Site, Health Effects, Carcinogens,  
<http://www.scorecard.org/health-effects/> (Accessed: 23 Aug. 2005)
6. NIOSH Carcinogens List,  
<http://www.cdc.gov/niosh/npotocca.html> (Accessed 22 June 2005).

7. המשרד לאיכות הסביבה, רשימת חומרים מסרטנים, תאריך עדכון 17.02.2005, טבלאות החומרים המסרטנים, מוטגניים וטרטוגניים, (מבוסס על IARC),

<http://www.sviva.gov.il/> (Accessed 11 May 2005).

8. National Toxicology Program (NTP), U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, National Toxicology Program, 11<sup>th</sup> Report on Carcinogens, <http://ntp-server.niehs.nih.gov/ntp/roc/toc.11.html> (Accessed 11 May 2005).
9. NIOSH: Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH), <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/idlh-1.html> (Accessed 11 May 2005).
10. ACGIH, Threshold Limit Values for Chemicals Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices 2005.
11. OSHA Table Z-1 Limits for Air Contaminants. – 1910.1000 Table Z-1 [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.document?table=STANDARDS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.document?table=STANDARDS&p_id=9992) (Accessed 14 May 2005).
12. OSHA Table Z-2 - 1910.1000 Table Z-2 [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document?table+STANDARDS&p\\_id=9993](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?table+STANDARDS&p_id=9993) (accessed 14 May 2005).
13. National Safety Council NSC Org., Chemical Backgrounders <http://www.nsc.org/library/chemical/index.htm>
14. Richard J. Lewis, SR., Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials, Ninth Edition, 1995.
15. Material Safety Data Sheets Collection, Genium Publishing Corporation, One Genium Plaza, Schenectady, NY

16. ד"ר ליאון-יהודה נעים MD, MPH : בדיקות רפואיות תקופתיות תעסוקתיות, המוסד לבטיחות ולגהות, מחלקת הוצאה לאור, תשנ"ו – 1996.

17. ד"ר אשר פרדו, "גיהות תעסוקתית" חלק ב' כרך 1 (1983) וכרך 2 (1984), המוסד לבטיחות ולגהות, מחלקת הוצאה לאור.

18. International Labour Organization, International Chemical Safety Cards (ICSCs), <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/> (Accessed: 18 June 2005).

## פרק שני: חומרים משתכים (קורוזיביים)

בפרק זה מרוכזות התכונות המסוכנות של החומרים המשתכים, אפשרויות הקומפטיביליות שלהם עם חומרים אחרים והשפעתם על חומרי בינוי ואריזות אחסון.

החומרים המשתכים גורמים לנזקים חמורים במגע עם רקמות החי עקב פעילות כימית של חמצון וחיזור ודהידרטציה (הוצאת מים מהתא). הנזקים עלולים להיות בלתי הפיכים. החומרים המשתכים במצב מוצק (למשל גרגירי הידרוקסיד הנתרן), נוזלי (למשל החומצות למיניהן) וגזי (למשל גז כלור) מסוגלים להרוס באופן מיידי את הרקמות ולגרום לכוויות, פצעים והרעלה. ההשפעה לטווח הארוך מתבטאת בגרימת דלקות עור, דלקות בעיניים דלקות בסימפונות ועוד.

בנוסף לסיכון השיתוך, לחלק מהחומרים המשתייכים לקבוצה זאת סיכונים נוספים: הם מחמצנים (למשל החומצה החנקתית והכרומית), רעילים (למשל הפנול והחומצה ההידרופלואורית), ריאקטיביים (למשל החומצה הפרכלורית) ודליקים (למשל חומצות אורגניות מסוימות). תרכובות אלו תוקפות חומרים אחרים ומגיבות בחוזקה בינן לבין עצמן או במגע עם כימיקלים שונים. אפשר לשייך את החומרים המשתכים לקבוצות עיקריות אלו:

- החומצות והאנהידרידים שלהן (למשל חומצת חומץ Acetic Acid והאנהידריד שלה Acetic Anhydride).
- חומרים בסיסיים (למשל הידרוקסיד הנתרן, המכונה גם "סודה קאוסטית" או אמינים אורגניים, כגון אתנולאמין).
- תרכובות מתכתיות הלוגניות או מלחים הלוגניים (לדוגמה ברזל תלת כלורי).
- חומרים קורוזיביים אחרים, כגון פראוקסידים, פוליסולפיד האמוניה, הידרזין ועוד רבים.

חוזקם של הבסיסים והחומצות נקבע על פי דרגת היוניזציה שלהם בתמיסה מימית. עקב כך החומצות המינרליות (למשל חומצה מלחית) הינן חומצות חזקות, בעוד שהחומצות האורגניות (למשל חומצת חומץ) הינן חלשות. באופן דומה, הידרוקסיד הנתרן או האשלגן הינם בסיסים חזקים, לעומת הידרוקסיד האמוניה, הנחשב כבסיס חלש עקב דרגת היוניזציה הנמוכה שלו בתמיסה מימית. כושר השיתוך של החומצות והבסיסים תלוי בחוזקם ובריכוזם בתמיסה המימית.

כושר השיתוך הרב של החומצה הגופרתית, ההידרוקסידים של נתרן ואשלגן, תחמוצת הסידן (סיד) וחומצת החומץ המרוכזת נובע מהמשיכה הרבה שלהם כלפי המים, עמם הם מגיבים תוך כדי יצירת חום רב. זאת גם הסיבה שהוראות הבטיחות מחייבות להוסיפם באיטיות למים ואוסרות הזרמת מים מעל תרכובות אלו.

הערכים הנמוכים מאד המסוכמים בטבלה 1, שנקבעו עבור החשיפה הנשימתית המותרת לחומרים משתכים שונים, מדגישים את חומרת הסיכון הכרוך בשימוש הלא נכון בתרכובות אלו, כפי שיבוא לידי ביטוי בהמשך העבודה. אפשר לגלות כבר בשלב זה כי מי החמצן

(מימן פראוקסיד), המתחרה עם הפנול ועם החומצה הפורמית על התפקיד של חומר פעיל להסרת צבעים מעל פני המתכות, הינו חסר ריח. תכונה זאת משלה את המשתמש העלול להתפתות לוותר על המסיכה, תוך הסתכנות בחשיפה לחומר בעל ערך סף של 1 חל"מ, לעומת הפנול, בעל הריח החריף וערך הסף של 5 חל"מ.

הנספחים 1-11 מסכמים את הסיכונים העיקריים של חלק מהחומרים הקורוזיביים המשמשים לטיפול בפני השטח של המתכות. נוכחותם המסיבית של החומרים הקורוזיביים בבתי המלאכה המטפלים בפי השטח של המתכות מחייבת התייחסות מיוחדת בכל הקשור לנושאים אלה:

1. מיכלי האחסון של החומרים הקורוזיביים יתאימו לסוגי החומרים שאותם הם מכילים בהתייחס לעמידותם הפנימית והחיצונית בפני קורוזיה. טבלה 2 מסכמת את אפשרויות השימוש בחומרים פלסטיים לבניית מיכלים האמורים להכליל בתוכם חומרים קורוזיביים לסוגיהם. טבלה 3 מתייחסת לאפשרויות אחסונם של החומרים הקורוזיביים במיכלים עשויים פלדה אל-חלד. מהטבלה ניתן להסיק לגבי אפשרויות השימוש בפלדות שונות לבניית אבזרים וציוד הבא במגע עם כימיקלים קורוזיביים בבתי מלאכה לטיפול בפני שטח של המתכות.

2. הבטון המשמש לבניית רצפות ומאצרות קבועות מתחת לאמבטי התהליך לקליטת שפך כימיקלים בחירום או לבניית מתקני ניטרול, עלול להיפגע עקב ההשפעה הקורוזיבית של החומרים הבאים במגע עמו, כמסוכם בטבלה 4 (המעוניינים להתעמק בנושא התאמת חומרי הבינוי לחומרים הקורוזיביים המשמשים לטיפול בפני שטח של המתכות יכולים לעיין במקור ספרותי מס' 9).

3. בטבלה 5 מוצגות דוגמאות של חומרים קורוזיביים וסיווגם באיחוד האירופי (יש לעיין גם בתקן הישראלי 2302, מקור ספרותי מס' 8).

4. החומרים הקורוזיביים עלולים להגיב בחוזה בינם לבין עצמם ועם חומרים אחרים, כמסוכם בטבלה 6. טבלה זאת יכולה לשמש כלי עזר לקביעת אפשרויות של אחסון משותף עבור סוגי כימיקלים שונים, בנוסף לנתוני ה-MSDS עבור כל חומר וחומר, אשר הם הקובעים העיקריים לקבלת ההחלטות בעניין זה.

5. ערבובם, הכנסתם לאמבטי התהליך, אחסונם וניטרולם של החומרים הקורוזיביים ייעשו על פי מפרטי תהליך מדויקים.

**טבלה 1: ערכי חשיפה מותרת לחומצות, בסיסים, חומרים קורוזיביים אחרים  
וציאנידים**

חומר	ACGIH TLV	OSHA PEL TWA	NIOSH REL TWA	IDLH (NIOSH)
חומצה אצטית (חומץ)	10 חל"מ STEL 15 חל"מ	10 חל"מ	10 חל"מ 15 חל"מ ST	50 חל"מ
אנהידריד אצטית	5 חל"מ	5 חל"מ	5 חל"מ	200 חל"מ
חומצה הידרוכלורית (חומצת מלח)	2 חל"מ C	5 חל"מ C	5 חל"מ C	50 חל"מ
חומצה הידרופלואורית (כ-פלואור)	0.5 חל"מ 2 חל"מ C	2 מ"ג/מ"ק	3 חל"מ 6 חל"מ C	30 חל"מ
חומצה פורמית	5 חל"מ 10 חל"מ STEL	5 חל"מ	5 חל"מ	30 חל"מ
חומצה חנקתית	2 חל"מ 4 חל"מ STEL	2 חל"מ	2 חל"מ 4 חל"מ ST	25 חל"מ
חומצה זרחתית	1 מ"ג/מ"ק 3 מ"ג/מ"ק STEL	1 מ"ג/מ"ק	1 מ"ג/מ"ק 3 מ"ג/מ"ק	1,000 מ"ג/מ"ק
חומצה גופרתית (ראה הערה)	0.2 מ"ג/מ"ק (מקטע חזה)	1 מ"ג/מ"ק	1 מ"ג/מ"ק	15 מ"ג/מ"ק
הידרוקסיד הנתרן	2 מ"ג/מ"ק C	2 מ"ג/מ"ק	2 מ"ג/מ"ק C	10 מ"ג/מ"ק
הידרוקסיד האשלגן	2 מ"ג/מ"ק C	-	2 מ"ג/מ"ק C	-
מלחי ציאניד (כ-CN)	5 מ"ג/מ"ק C	5 מ"ג/מ"ק	5 מ"ג/מ"ק C	25 חל"מ
פנול	5 חל"מ	5 חל"מ	5 חל"מ	250 חל"מ
מימן פראוקסיד	1 חל"מ	1 חל"מ	1 חל"מ	75 חל"מ

**הערה:** ערפילים של חומצה אנאורגנית חזקה, המכילים חומצה גופרתית, נחשבים כמסרטנים ודאים בבני אדם על פי IARC.  
(Ceiling – C).

טבלה 2: אפשרויות השימוש בחומרים פלסטיים לבניית ציוד לטיפול כימי

**בפני השטח של מתכות**

שימושים	טמפרטורה מרבית (°C)	הרכב החומר הפלסטי של הכלי
מיכלי אחסון וצנרת עבור חומצה גופרתית, חומצה חנקתית, חומצת מלח וחומצה הידרופלואורית	90	פוליווינילידן פלואוריד
מתקני אידוי	85	
מגדלי שטיפה (סקראברים*) לטיפול באדים וערפילים של חומרים קורוזיביים.	70	
אמבטי אלקטרוליזה	95	טפלון
צנרת	120	
ציוד למיחזור חומצה גופרתית	90	
מיכלים לאחסון כלור גזי	90	
צנרת להולכת כלור גזי	100	
צנרת להולכת חומצה גופרתית, חומצה מלחית וחומצה הידרופלואורית	80	פוליפרופילן
מפרידי טיפות של חומצה גופרתית, חומצה זרחתית וחומצה הידרופלואורית	80	
צנרת להולכת חומצה גופרתית, דו תחמוצת ותלת תחמוצת הגופרית.	70	
סקראברים לחומצה גופרתית וזרחתית	80	
אמבטי תהליך וצנרת	50	פוליוניל כלוריד
מפרידי טיפול של חומצה גופרתית וחומצה כרומית	50	
מיכלי אחסון עבור חומצה מלחית	30	
צנרת למערכות יניקה	40	

\* סקראבר פירושו מגדל שטיפה לניקוי האוויר מאדים וגזים רעילים לפני פליטתם לאטמוספירה



טבלה 3 : אפשרויות השימוש בפלדות אל-חלד לבניית ציוד לטיפול כימי בפני השטח

של מתכות בטמפרטורת החדר.

פלדת אל חלד Cr20%, Ni25% Ma4.5%, Ce1.5%	פלדת אל חלד Cr17%, Ni12% Ma25%	פלדת אל חלד Cr18%, Ni9%	פלדות Fe 37, Fe 44 Fe 52	ריסוז במים (%)	סוג החומר הקורוזיבי
+	+	+	+/-	10	חומצת חומץ
+	+	+	-	50	
+	+	+	-	100	
+	+	+	+	כל הריכוזים	אמוניה
+	+	+	-	5	חומצה פורמית
+	+	+	-	50	
+	+	+	+/-	100	
+	+	+/-	-	1	חומצת מלח
-	-	-	-	5	
-	-	-	-	37	
-	-	-	-	10	חומצה הידרופלואורית
+/-	+/-	+/-	+	100	
+	+	+	-	5	חומצה חנקתית
+	+	+	-	50	
+	+	+	-	90	
+	+	+	-	5	חומצה זרחתית
+	+	+	-	50	
+	+	+	-	85	
+	+	+	+	10	הידרוקסיד הנתרן
+	+	+	+/-	50	
+	+	+	-	1	חומצה גופרתית
+	-	-	-	50	
+	+	+	+	96	

+ מסמל עמידות טובה בפני קורוזיה (עיכול של פחות מ-0.1 מילימטר לשנה).

+/- מסמל עמידות בינונית בפני קורוזיה (עיכול של 0.1-1.0 מילימטר בשנה).

- מסמל עמידות גרועה בפני קורוזיה (עיכול של יותר מ-1 מילימטר בשנה).

טבלה 4: השפעת החומרים הקורוזיביים על הבטון

השפעה על הבטון	ריכוז במים (%)	החומר הקורוזיבי
פירוק איטי	10	חומצת חומץ
פירוק איטי	30	חומצת חומץ
פירוק איטי	מרוכזת	אנהידריד חומצת חומץ
לא משפיע	כל הריכוזים	הידרוקסיד האמוניה
לא משפיע	כל הריכוזים	הדרוקסיד הבריום
זניח	כל הריכוזים	חומצה בורית
לא משפיע	כל הריכוזים	הידרוקסיד הסידן
עלולה לתקוף את הפלדה שבשריון	5-50	חומצה כרומית
פירוק איטי	10-30	חומצה פורמית
פירוק מהיר, כולל התקפת השריון	10-37	חומצת מלח
פירוק מהיר, כולל התקפת השריון	10-75	חומצה הידרופלואורית
פירוק מהיר, כולל התקפת השריון	10-30	חומצה חנקתית
פירוק איטי	10-85	חומצה זרחתית
לא משפיע	5	הידרוקסיד האשלגן
גורם לקורוזיה	25-95	הידרוקסיד האשלגן
לא משפיע	1-10	הידרוקסיד הנתרן
גורם לקורוזיה	20-40	הידרוקסיד הנתרן
פירוק מהיר	10-50	חומצה גופרתית

**טבלה 5 : דוגמאות של חומרים קורוזיביים המשמשים לטיפול בפני שטח של מתכות**

**וסיווגם באיחוד האירופי**

הערות	משפטי בטיחות S	משפטי סיכון R	סימול	החומר
B	(1/2-) 23-26-45	10-35	C	חומצת חומץ
B	(1/2-) 23-26-45	בריכוז גבוה מ-10% 35	C	חומצה פורמית
B	(1/2-) 26-27-45	34	C	חומצה פלואורוסיילצית
B	(1/2-) 26-45	בריכוז גבוה מ-25% 34-37	C	חומצת מלח
B	(1/2-) 7/9-26-36/37-45	26/27/28-35	C, T+	חומצה הידרופלואורית
B	(1/2-) 23-26-36-45	8-35	O,C	חומצה חנקתית
B	(1/2-) 26-45	34	C	חומצה זרחתית
B	(1/2-) 26-30-45	35	C	חומצה גופרתית
	(2-) 26	36/38	Xi	דיאתנולאמן
B	(1/2-) 26-36/37/39-45-61	בריכוז גבוה מ-25% 34-50	C, N	אמוניה
	(1/2-) 26-37/39-45	בריכוז גבוה מ-5% 35	C	הידרוקסיד הנתרן או האשלגן
	(1/2-) 7/8-28-45	34	C	אלומיניום תלת-כלורי
	(1/2-) 22-26-37-45	25-34	T,C	ביפולואוריד האמוניה
B	(1/2-) 28-45-50	31-34	C	היפוכלוריט הנתרן
	(1/2-) 22-26-37-45	25-34	T,C	ביפולואוריד הנתרן או האשלגן
	(1/2-) 7/8-28-45	34	C	כלוריד האבץ
B	(1/2-) 3-28-36/39-45	8-34	O,C	פאראוקסיד המימן
		בריכוז גבוה מ-5% 24/25	T	פנול
	(1/2-) 26-45	34	C	ניטרט הכסף

סימול C - חומרים מאכלים (קורוזיביים).

סימול T - חומרים רעילים. סימול T+ - חומרים רעילים מאד.

סימול Xi - חומרים מגרים.

סימול O - חומרים מחמצנים.

סימול N - חומרים מסוכנים לסביבה.

סימול F - חומרים מתלקחים.

ההערה B למשפטי הסיכון R - חובה לרשום את ריכוז החומר המסוכן בתמיסה.

לגבי פירושים של משפטי הסיכון R ומשפטי הבטיחות S- ראה התקן הישראלי ת"י 2302 חלק 1 סיוון התשס"ד

– יוני 2004.



1. International Programme on Chemical Safety (IPCS), Chemical Safety Training Modules, Part 8: Corrosive Materials, <http://www.itcilo.it/english/actrv/telearn/osh/kemi/ctm8> (Accessed 02. Aug. 2005).
2. Niosh Pocket Guide to Chemical Hazards, <http://www.cdc.gov/niosh/npg/> (accessed: 23 June 2005)
3. OSHA Table Z-1 Limits for Air Contaminants. – 1910.1000 Table Z-1 [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.document? table=STANDARDS&p\\_id=9992](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.document? table=STANDARDS&p_id=9992) (Accessed 14 May 2005).
4. OSHA Table Z-2 - 1910.1000 Table Z-2 [http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show\\_document? table+STANDARDS&p\\_id=9993](http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document? table+STANDARDS&p_id=9993) (accessed 14 May 2005).
5. NIOSH: Documentation for Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations (IDLH), <http://www.cdc.gov/niosh/idlh/idlh-1.html> (Accessed 11 May 2005).
6. ACGIH, Threshold Limit Values for Chemicals Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices 2005.
7. EPA's Chemical Compatibility Chart, [http://www.uos.harvard.edu/ehs/enviro/EPA\\_Chemical\\_Compatibility\\_Chart.pdf](http://www.uos.harvard.edu/ehs/enviro/EPA_Chemical_Compatibility_Chart.pdf)
8. תקן ישראלי ת"י 2302 חלק 1 "חומרים ותכשירים מסוכנים: סיווג, אריזה, תיווי וסימון".
9. Metal Finishing Guidebook & Directory, Spring 2004, Elsevier Inc., 360 Park Avenue South, NY.

## **פרק שלישי: התהליכים והרכבים הכימיים של התמיסות המשמשות לטיפול בפני שטח של מתכות**

הכרת ההרכב הכימי של התמיסות המשמשות לטיפול בפני שטח של מתכות הכרחית למתן הוראות הבטיחות ואיכות הסביבה לעובדים, לאנשי אחזקה ולאלה שמתפקידם להכין את התשתיות עבורם.

עריכת התהליכים לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות היא מדע ואומנות גם יחד. התהליכים והרכבים הכימיים של אמבטי תהליך המוצגים בפרק זה באים להמחיש בעיקר את הסיכונים הכרוכים בביצועים, ולא על מנת ללמד לגבי המדע ואומנויות הציפוי. מתוך ה-MSDS של יצרני התערובות המסחריות אפשר ללמוד הרבה לגבי הסיכונים והאמצעים שיש לנקוט על מנת להתגונן בפניהם, אולם הריכוזים של המרכיבים מוצגים על ידם בטווחי ריכוז רחבים, באופן שהסוד המסחרי נשמר. אם נעייין ברשומות של החומרים המוגדרים כרעילים בחקיקה ובתקנות הישראלית או ברשימות דומות שפורסמו בארה"ב (למשל רשימות ה-TSCA ו-EPCRA שפורסמו על-ידי EPA), נגלה בהן את הרוב המכריע של החומרים לסוגיהם: המתכות המצפות והמצופות כחומרים טהורים, תרכובות שלהן המופיעות כמלחים מומסים באמבטי תהליך שונים בצוותא עם חומצות, בסיסים, ציאנידים, חומרי קומפלקסציה, חומרי קלציה ואמולסיפיקציה, חומרים פעילי שטח, חומרי גיוון ועוד רבים אחרים.

המקור הספרותי מס' 1 (ראה רשימת מקורות מידע בסוף הפרק) הינו המקור העיקרי שממנו נלקחו ההרכבים של אמבטי תהליך המוצגים בהמשך. גם מקור זה אינו מתנדב להציג את ההרכבים המדויקים של אמבטי תהליך, אולם הוא המקור הספרותי האולטימטיבי לכל אלה העוסקים במלאכת הטיפול בפני שטח של מתכות.

ההיבטים הבטיחותיים והסביבתיים המוזכרים בפרק זה מתבססים בעיקר על הניסיון והידע של מחבר העבודה בתחומים אלה. כך למשל ההרכבים והתהליכים מוצגים על פי קבוצות פורמולציות המכילות מלחי ציאניד ונטולות מלחי ציאניד. כמו כן, נושא השימוש במסירי שומנים (דגריזרים) לניקוי פני שטח של מתכות הורחב במיוחד, בגלל הסיכונים הכרוכים בהפעלתם באמצעות פחמימנים מוכלרים.

### **1. טיפול מקדים להכנת המתכות לקראת ציפוי וצביעה**

לפעולות קדם טיפול להכנת פני שטח של מתכות לקראת הציפוי חשיבות מכרעת להשגת הדבקה טובה של חומרי הציפוי על פני שטחן של המתכות המצופות. לטיפול מקדים זה חשיבות נוספת למראה האסתטי הסופי של החלק המעובד. אפשר לסווג את פעולות הקדם-טיפול בפני שטח של מתכות לפעולות מכניות ולפעולות כימיות.

הטיפול המכני כרוך בניקוי פני השטח של המתכות בתהליכי הברקה, שיוף, השחזה, ניקוי חול, ריסוס גרגירי מתכת, זכוכית או קרח יבש והתזת כדורים קרמיים ופלסטיים. ההשפעות הבריאותיות והסיכונים הפיזיקליים והכימיים של אבקות המתכות, הנוצרות כתוצאה מביצוע התהליכים המכניים הנ"ל, סוכמו בטבלאות 2 ו-3 בפרק הקודם. חוברת זאת מתמקדת בפעולות קדם-טיפול כימיות.

בחירתה של השיטה הכימית המועדפת לניקוי פני שטח של המתכות המעובדות תלויה בהיבטים אלה:

**א. התכונות הפיזיקליות והכימיות של המתכת המצופה.** יש לבחור בחומרי ניקוי שאינם פוגעים ואינם מגיבים באופן לא רצוי עם המתכת, ויש לבצע את תהליך הניקוי בטמפרטורה שתמנע עיוותים.

**ב. תהליך הניקוי הנבחר תלוי בדרגת הניקיון הדרושה בהמשך.** כך למשל, חלק שמיועד לעבור לאחר ביצוע פעולת הניקוי ציפוי בתמיסה ציאנידית, דורש ניקוי מקדים פחות יסודי מאשר חלק אחר, המיועד לעבור תהליך של ציפוי באמבט נטול ציאנידים. הסיבה נעוצה בעובדה כי בעת הציפוי עצמו מבצע מלח הציאניד פעולת ניקוי על פני השטח של המתכת המעובדת בו-זמנית עם פעולת הציפוי. לדוגמה, במקרה של ציפוי חלקים בניקל באמבט נטול ציאנידים אין להרכב האמבט תרומה לפעולת הניקוי, ועקב כך דרגת הניקיון הנדרשת עבור החלקים המיועדים לציפוי בשיטה זאת גבוהה יותר.

**ג. סוג המזהם שיש לנקות:** המזהמים הנפוצים המכסים את פני המתכות הם חלודה, שאריות חומרי הלחמה וריתוך, תחמוצות, טביעות אצבעות, שמני חיתוך, חומרי אחסון המונעים חלודה בתקופת האחסון, אבק שהתיישב על המתכת ועוד. אפשר לחלק את המזהמים הנ"ל לאורגניים ואנאורגניים, ובהתאם לכך לבחור את החומרים ואת שיטות הניקוי:

- חומרים אורגניים הניתנים לניקוי בסבונים, כגון שמנים מן החי והצומח (הסבוניפיקציה מוגדרת ריאקציה בין הידרוקסיד הנתרן או האשלגן עם שומנים ושמן, תוך יצירת "סבונים" מסיסים במים. ראה גם "אגרון מונחים" בנספח).

- מזהמים אורגניים, שאינם עוברים סבוניפיקציה, כגון שמנים מינרליים, וקס ושעווה.

- מזהמים אנאורגניים, כגון תחמוצות מתכת, חלודה, גרגירים וקשקשים שנתרו לאחר ביצוע פעולות ניקוי מכניות, עקבות של חומרי הלחמה, שאריות ריתוך ועוד.

ד. קשיחות המים משפיעה על פעולת הניקוי בכך שהמינרלים הנמצאים במים עלולים להגיב עם חלק מהחומרים הפעילים המרכיבים את תמיסת הניקוי.

## **1.1 ניקוי פני שטח של מתכות בתמיסות מימיות ללא אלקטרוליזה**

התמיסות המימיות המשמשות לניקוי חלקי המתכת מורכבות מסוגי חומרים שונים:

- א. תמיסות ניקוי אלקליות, המכילות הידרוקסידים של נתרן ואשלגן, סיליקטים של נתרן ותמיסות סבוניות.
- ב. תמיסות ניקוי חומציות, המכילות חומצות מינרליות (חומצה גופרתית, חומצה מלחית, חומצה זרחתית, חומצה חנקתית ולעתים חומצה הידרופלואורית).

לתמיסות הניקוי המימיות נהוג להוסיף אחת או יותר מהתוספות האלו:

- אינהיביטורים, שתפקידם למתן פעולה חריפה מדי של הבסיסים או החומצות על המתכות. כמו כן, לאינהיביטורים חשיבות למניעת חלודה והתחמצנות לאחר סיום תהליך הניקוי, כאשר החלקים המנוקים ממתנים לטיפול כימיים אחרים. האינהיביטורים הנפוצים הם הידרוקסידים, כרומטים וסולפטים של נתרן.
- גורמי קלציה. אלה חומרים שמתפקידם למנוע שיקוע של יוני המתכת מתוך התמיסה אל תחתית אמבט התהליך. למעשה הקלט הוא קומפלקס מסיס במים, הנוצר בהתחברות בין יון מתכתי לחומר קומפלקסנטי. הקלטורים הנפוצים הם EDTA, טריאתנולאמין, חומצת הלימון, חומצה אוקסלית, חומצה סליצילית וחומצה מלאית (כפי שנראה בפרק הדין בטיפול בשפכים, יצירתם של הקומפלקסים גורמת לבעיות בתהליכי הניטרול של התמיסות המרוכזות שבאמבטי התהליך ושל מי השטיפה).
- לוכדי יונים של מגנזיום וסידן, הגורמים לקשיות המים ולהפרעות בפעילות חומרי הניקוי. הלוכדים הנפוצים הם פוספטים, אורטופוספטים ואורטוסיליקטים.
- חומרי הרטבה פעילי שטח, שמתפקידם להקל ולזרז את זרימת הנוזל על פני השטח של המתכת על-ידי הקטנת מתח הפנים של תמיסת הניקוי כלפי פני השטח של המתכת המעובדת. החומרים פעילי השטח יכולים להיות אניונים (למשל נתרן דודציל סולפונט), קטיונים (למשל הקסאדציל אמוניום ברומיד), נוניונים (למשל אוקטיל גלוקוסיד) ואמפוטרים (למשל דודציל דימתילאמין אוקסיד).



בטבלאות להלן הרכבים לדוגמה של אמבטי תהליך לניקוי חלקים בטבילה והרכב התמיסה  
 כתלות בסוג המתכת המעובדת.

**טבלה 1: הרכב אמבט תהליך לניקוי אלקלי של פלדה, ארד, נחושת ואבץ בטבילה ובערבוב.**  
 (כל הריכוזים ביחידות של גרם לליטר מים).

המתכות	הידרוקסיד הנתרן	סיליקט הנתרן	גלוקונט הנתרן	פוספט הנתרן	בורטים	פעילי שטח
פלדה	17-14	20-11	24-1	16-3	-	6-3
ארד	0-6	30-15	24-1	12-6	6-0	6-3
נחושת	24-12	18-9	24-1	12-6	6-0	6-3
אבץ	-	12-6	24-1	10-9	-	6-3

**טבלה 2: תנאי עבודה באמבט חומצי לניקוי פלדה, ארד, נחושת ואבץ בטבילה ובערבוב**

המתכת	טמפרטורה התמיסה C°	זמן שהיה (דקות)	סוג החומצה
פלדה	35-24	3-1	חומצת מלח חומצה גופרתית
ארד	29-24	4-2	חומצה גופרתית חומצה סולפמית
נחושת	29-24	4-2	חומצה גופרתית
אבץ	29-24	4-1	חומצה גופרתית חומצה סולפמית

שיטות הניקוי בתמיסות מימיות מסתכמות בטבילת חלקי המתכת באמבטי תהליך לפרק  
 זמן מסוים או הכנסתם למכונות ניקוי בהתזה ובריסוס. ערבוב תמיסות הניקוי באמבט  
 נעשה במערבל מכני, באמצעות בעבוע של אוויר דחוס, על-ידי הזרמת התמיסה במעגל סגור  
 או אולטראסוני.

א. ניקוי בהרשה ובניגוב - העובד מנקה באופן ידני, בהרשה ובניגוב, את החלק המעובד  
 בתוך אמבט או מעל מגש.

ב. ניקוי בטבילה באמבט תהליך - העובד מעביר סל מחורר שבתוכו החלקים המעובדים אל  
 אמבט התהליך המכיל את חומרי הניקוי. לאחר שהייה וערבוב התמיסה, החלקים  
 מועברים להמשך שלבי הציפוי באמבטים אחרים.

- ג. ניקוי במכונה סגורה, אליה מוכנסים החלקים כדי לעבור ניקוי בהתזה בלחץ גבוה של מים מכילי חומרי ניקוי. התהליך סגור ומאפשר השבה של תמיסת הניקוי.
- ד. ניקוי בשרשרת תאי ניקוי, שבהם החלקים עוברים ניקוי בהתזה. ככל שהחלקים מתקדמים מתא לתא דרגת הניקיון עולה, כך שבתא האחרון החלקים עוברים ריסוס במים נקיים בלבד. שינוע החלקים מתא לתא מול המרססים נעשה באופן אוטומטי.
- ה. ניקוי חלקים באמבטי תהליך אלקליים או חומציים, כאשר החלקים הטבולים מורעדים או מטולטלים אופקית, אנכית או סיבובית באמצעות זרועות טלטול.
- ו. ניקוי באמבט תהליך בסיסי או חומצי, על-ידי ערבוב התמיסה באופן מכני או באמצעות אוויר דחוס.
- ז. ניקוי חלקים באמבט תהליך, כאשר החלקים מוכנסים לתוך תוף מחורר, המסתובב בהיותו טבול באמבט התהליך.
- ח. ניקוי אוטומטי של חלקים קטנים באמצעות בורג לולייני, המסיע את החלקים המלוכלכים אל מספר תאי ריסוס עוקבים. המסוע מטלטל את החלקים תוך כדי התקדמותם בשרשרת תאי הניקוי.
- ט. ניקוי במתקן אולטראסוני, שבו החלקים נמצאים בתמיסה מחוממת, דרכה מועברים גלי קול בתדירות גבוהה בתחום של 20-80 קילוהרץ (גלים אולטראסוניים). אנרגיית הקול גורמת לתנודות חזקות של מולקולות המים שמקלות את הסרת הלכלוך משטח פני המתכת.

## **1.2 ניקוי פני שטח של מתכות בתמיסות מימיות באמצעות אלקטרוליזה**

### **1.2.1 ניקוי אלקטרוליטי בתמיסות מימיות אלקליות**

כאשר מפעילים זרם חשמלי בתמיסה אלקלית, מתרחשים תהליכים אלה:



בעקבות התהליך האלקטרוכימי הנ"ל נוצרת בקתודה כמות כפולה של גז מימן, לעומת הכמות של גז החמצן, הנוצר באנודה. בדרכם אל מחוץ לאמבט, גזי המימן והחמצן המשתחררים באנודה ובקתודה סוחפים איתם טיפות זעירות של אלקטרוליט בצורת ערפילים, הנושאים בתוכם את מרכיבי האמבט. ההכרח בהתקנת מערכות יניקה בשפת אמבטי התהליך נובע גם בגלל האפקט הנ"ל.

א. הניקוי האנודי

החלק המתכתי המעובד מחובר לאנודה ונטען במטען חיובי (תהליך זה הינו היפוכו של תהליך הציפוי, שבו הקוטביות הפוכה). הפעלת הזרם החשמלי גורמת להיווצרות מולקולות של גז חמצן, המבעבות על פני השטח של המתכת המעובדת וגורמות בדרך זאת לניקויה. השיטה אינה ישימה עבור ניקוי אלומיניום, בדיל, עופרת או מתכות אחרות הנוטות להתמוסס בחומרים אלקליים.

ב. הניקוי הקתודי

החלק המעובד מחובר לקתודה ונטען שלילית בעת העברת הזרם החשמלי (שיטה זאת מכונה גם "ניקוי אלקטרוליטי ישר", מפני שכיוון הזרם דומה לתהליך הציפוי עצמו, בו החלק המעובד מחובר לקתודה). כפי שראינו, בקתודה נוצרת כמות כפולה של גז מימן (לעומת החמצן הנוצר באנודה). בדרכו אל מחוץ לאמבט, גז המימן מבעבע על פני המתכת וגורם לניקויה. השיטה ישימה לניקוי כרום, ארד, עופרת, בדיל, מגנזיום ואלומיניום.

ג. ניקוי קתודי-אנודי

על-ידי שינוי קוטביות הזרמת הזרם באמצעות מישר זרם מתאים, אפשר לבצע על אותו חלק ובאותו אמבט ניקוי קתודי וניקוי אנודי לסירוגין. החומרים המשמשים לניקוי האנודי והקתודי הם אותם החומרים המשמשים את תהליכי הניקוי בטבילה בתמיסות אלקליות מימיות ללא אלקטרוליזה. מהנתונים שבטבלה 3 ניתן להתרשם לגבי השוני בריכוז החומר הפעיל (הידרוקסיד הנתרן), זמן השהייה והטמפרטורה, כתלות בסוג המתכת המעובדת.

טבלה 3 : תנאי העבודה באמבט אלקלי המשמש לניקוי פלדה, נחושת, ארז, אבץ וסגסוגת ניקל-כרום

באלקטרוליזה

הפרמטר הנבדק	פלדה ונחושת	ארז	אבץ	סגסוגת ניקל-כרום
ריכוז הידרוקסיד הנתרן (גרם לליטר)	100-50	20-15	20-15	60-30
טמפרטורת האמבט (מעלות צלסיוס)	90-60	70-50	70-50	80-50
זמן שהיה (דקות)	5-1	3-1	3-1	5-1

**1.2.2 ניקוי אלקטרוליטי בתמיסות מימיות חומציות**

פעולת הניקוי של פני שטח של מתכת בתמיסות מימיות חומציות מכונה "החמצה", או Pickling. הניקוי בתמיסות חומציות גורם להרחקת תחמוצות וזיהומים שונים אחרים מעל פני השטח של המתכת ולניטרול עקבות בסיס שנתרו מתהליכים קודמים. הטיפול האלקטרוכימי בטוח מהטיפול בחומצות ללא הפעלת זרם חשמלי (כלומר בטבילה בלבד), עקב ריכוז חומצות וטמפרטורות עבודה נמוכות יותר. אפשר להיווכח בכך על ידי השוואת הנתונים בטבלאות 4 ו-5 :

טבלה 4 : ניקוי פלדות באמצעות חומצות שונות בטבילה, ללא אלקטרוליזה

סוג החומצה	% החומצה בתמיסה	טמפרטורת האמבט (C°)	פלאורידים (גרם לליטר)	פעילי שטח (גרם ליטר)	אינהיביטורים (גרם לליטר)
חומצת מלח	50-20	50-27	36-22	0.3-0.1	0.030-0.015
חומצה גופרתית	40-20	65-32	22-12	0.3-0.1	0.030-0.015
חומצה זרחתית	45-25	65-32	15-4	0.3-0.1	0.030-0.015

טבלה 5 : תנאי עבודה והרכב אמבט ניקוי קטודי של פלדות בתמיסה מימית של חומצה גופרתית

אחוז החומצה	טמפרטורת עבודה (C°)	פלאורידים (גרם לליטר)	כלורידים (גרם לליטר)	פעילי שטח (גרם ליטר)
10-5	50-32	22-12	30-22	0.2-0.1

בדומה לטיפול האלקרוליטי בתמיסות אלקליות, גם ההחמצה (Pickling) בתמיסה חומצית יכולה להיות קתודית ואנודית, כתלות בכיוון הקוטביות של מיישר הזרם. שיטת טיפול מיוחדת בפני שטח של מתכות בתמיסות חומציות היא "הליטוש האלקטרוכימי" (Electropolishing). בשיטה זו המתכת ה"מלוטשת" מחוברת לאנודה חיובית, בעוד שלקתודה השלילית מחובר מוט נחושת או פלדת אל-חלד. התמיסה מורכבת מחומצות אנאורגניות כגון חומצה מלחית, גופרתית, פלואבורית או גופרתית, בתוספת חומרים אורגניים כגון גליקולים, שמתפקידם לשפר את התהליך. להלן הרכבים לדוגמה לליטוש סגסוגות נחושת וניקל:

- א. הרכב תמיסה לליטוש אלקטרוכימי של נחושת, ביחידות של חלקי משקל:  
12.5 חומצה כרומית, 37.5 דיכרומט הנתרן, 12.5 חומצת חומץ, 10 חומצה גופרתית, מים עד 100.
- ב. הרכב תמיסה לליטוש אלקטרוכימי של ניקל:  
240 גרם לליטר סולפט הניקל, 45 גרם לליטר סולפט האמוניה, 35 גרם לליטר כלוריד האשלגן, 15-70% חומצה אורתופוספורית ו-15-60% חומצה גופרתית.

### **1.3 ניקוי פני שטח של מתכות בממיסים אורגניים**

#### **1.3.1 ניקוי מתכות באדים בדגריזר פתוח**

**כללי:** השימוש בדגריזר באמצעות פראון-113 ו-1,1,1 טריכלורואתן (מתיל כלורופורם או ג'נקלין) היה בעבר השיטה הטכנית הטובה ביותר לניקוי מתכות באדים. איסור השימוש בחומרים אלה, בגלל תכונתם לפגוע בשכבת האוזון, גרם להחלפתם בממיסים אורגניים מוכלרים שאינם פוגעים באוזון, אך בעלי פוטנציאל גבוה יותר לפגוע בעובד ובסביבת עבודתו. המחליפים של המתיל-כלורופורם (המכונה גם "ג'נקלין") הם מתיץ-כלוריד, טריכלורואתילן ופרכלורואתילן, הרעילים ממנו. סוגי המזהמים הניתנים לניקוי בדגריזר באמצעות האדים של הפחמימנים המוכלרים לעיל הינם שמנים, וקסים, גריז, שומנים, תזקי נפט ועוד. זמן הייבוש הינו אפסי, אולם יתרון טכני זה גורם להתאדות הממיסים לסביבה. התכונות השונות של הממיסים, המעניינות מההיבט הבטיחותי-סביבתי, מסוכמות בטבלה 6.

טבלה 6 : תכונות פיסיקליות, ערכי חשיפה ופליטות מותרות לאוויר עבור הפחמימנים המוכלים

המשמשים לניקוי חלקים בדגריזר

פרכלוראתילן	טריכלוראתילן	מתילן כלוריד	החומר
			הפרמטר
CCl <sub>2</sub> - CCl <sub>2</sub>	CHCl-CCl <sub>3</sub>	CH <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	הנוסחה הכימית
121.0	86.9	39.8	נקודת רתיחה (C°)
1.613	1.459	1.316	משקל סגולי (גרם לסמ"ק)
אין	8.0	14.8	גבול התלקחות תחתון (%)
אין	10.5	25.0	גבול התלקחות עליון (%)
25	50	50	ACGIH - TLV (חל"מ)
2	2	3	קצב פליטה מותרת לאוויר החיצוני (ק"ג/שעה)
100	100	150	ריכוז פליטה מותר לאוויר החיצוני (מ"ג/מ"ק)

**עקרון הפעולה:** הדגריזר הפשוט ביותר בנוי מאמבט מצויד במערכת חימום תחתית (חשמלית או באדים חמים) ובמערכת קירור המורכבת בחלקו העליון של חלל האמבט (נחשון ממתכת, שדרכו עוברים מים קרים). האדים הנוצרים על-ידי חימום הממיס עולים אל החלק המתכתי הקר, התלוי בחלל האמבט, מתעבים עליו ומנקים אותו, בשעה שהטיפות הנושאות איתן את הלכלוך מטפטפות חזרה אל החלק התחתון של האמבט. כאשר טמפרטורת החלק המעובד משתווה לטמפרטורת האדים פעולת הניקוי מסתיימת והחלק (או סל החלקים) מועבר לטיפול אחר. לשיפור דרגת הניקוי, נהוג לרסס את החלקים המעובדים בנוזל המשמש את הדגריזר. אקדח הריסוס בנוזל מופעל ידנית על-ידי העובד. על מנת להגיע לדרגות ניקיון גבוהות יותר, שופרו הדגריזרים ה"פשוטים" על-ידי הוספת תא טבילה, המאפשר שטיפת החלקים המעובדים בנוזל החם שבו קודם הבאתם לאזור הרווי באדים של הדגריזר. האמבט או תא הטבילה ממוקם בחלק התחתון של חלל הדגריזר. לרוב, הנוזל החם שבו טובלים את החלקים הינו אותו הנוזל המשמש ליצירת האדים. שכלול נוסף הוא הוספת מחולל גלי קול אולטראסוניים לתא הטבילה הנ"ל, המאפשר שטיפה של חלקי המתכת במתקן אולטראסוני לפני הטיפול באדים או אחריו.

### דרישות בטיחות ואיכות סביבה בסיסיות:

- א. על מנת למנוע מזרמי אוויר אקראיים לסחוף אדים מתוך חלל הדגריזר אל אולם העבודה, יש למקם את נחשון הקירור בעומק השווה לרוחב הדגריזר.
- ב. פני השטח של החלק המעובד הגדול ביותר יהיה לכל היותר כמחצית פני השטח של הדגריזר, וזאת על מנת למנוע את "אפקט הבוכנה" (החדרת חלק גדול, השווה בגודלו לפני השטח של הדגריזר, תגרום לסילוק האדים אל אולם העבודה).
- ג. יש להבטיח כי גובה הנוזל שבמיכל האגירה של הדגריזר לא ירד למפלס נמוך מדי, דבר המאפשר גילוי גופי החימום הטבולים. אפשרות כזאת תגרום לחימום יתר של גופי החימום ושל הנוזל ואף לפירוקו של הנוזל לתולדות רעילות מאד. ההבטחה תיעשה על-ידי הרכבת מד גובה נוזל שינתק את הזנת החשמל לגופי החימום אם מפלס הנוזל יורד מתחת לסף שנקבע מראש. כמו כן יושבת אקדח הריסוס בנוזל.
- ד. חובה להרכיב מד זרימה של נוזל קירור, שמתפקידו להפסיק את פעולת גופי החימום אם קצב זרימת המים בנחשון הקירור קטן או נפסק.
- ה. יש להרכיב תרמוסטט במיכל האגירה של הנוזל, הגורם להפסקת הפעולה של הדגריזר בעת חימום יתר של הנוזל.
- ו. על גוף החימום יותקן תרמוסטט, שיפסיק את פעולתו כאשר החום מעל פני המעטפת יעלה מעל ערך שנקבע מראש.
- ז. יש להרכיב תרמוסטט נוסף, שמתפקידו לגלות את עליית מפלס האדים החמים מעל נחשון הקירור. במקרה כזה ינתק התרמוסטט את הזנת החשמל לגופי החימום.
- ח. הדגריזר יצויד במפריד טיפות מים, הנוצרים כתוצאה מעיבוי אדי המים שבאוויר הבאים במגע עם נחשון הקירור של הדגריזר. המים פוגעים בטיב המוצר, גורמים לקורוזיה ומאיצים את התפרקות נוזלי הניקוי.
- ט. חומרי הבניה של הדגריזר וחלקיו יהיו עמידים בפני הממיסים המשמשים אותם. אין להשתמש באלומיניום כחומר בנייה לדגריזרים המופעלים באמצעות פחמימנים מוכלרים.
- י. יש לכסות את פני הדגריזר במכסה המבטיח סגירה טובה לזמן ממושך ככל האפשר.
- יא. ריסוס החלקים באמצעות אקדח הריסוס ייעשה כאשר החלקים ממוקמים עמוק ככל האפשר בחלל הדגריזר.
- יב. הוצאת החלקים מתוך חלל הדגריזר תיעשה במהירות נמוכה ככל האפשר (3 מטר לדקה לכל היותר).
- יג. יש לנער את החלקים לפני הוצאתם, על מנת להזרים חזרה לדגריזר ממיס לכוד בחללים הקיימים בחלקים המעובדים.
- יד. יש למקם את הדגריזר הרחק ממקורות חום ומאתרים שבהם משתמשים באש גלויה, על מנת למנוע התפרקות הפחמימנים המוכלרים לגז רעיל מאד (פוסגן).

טו. כאשר ריכוזו של הלכלוך שהצטבר בנוזל הניקוי מגיע ל-25% לכל היותר, חובה להחליף/לזקק את הנוזל. ככל שריכוז המזהמים המצטברים בנוזל הניקוי עולה, יעילות הניקוי יורדת, תוך הגברת קצב איבוד הנוזלים באיזוי לסביבה. התרמוסטט השולט על הטמפרטורה במיכל האגירה יכוון ל-91°C אם הדגריזר מופעל בטריכלורואתילן ול-124°C במקרה של הפרכלורואתילן, וזאת במטרה למנוע התלקחות המזהמים השומנים הדליקים במקרה של טמפרטורת יתר בגלל גילוי גופי החימום.

טז. מערכת הנייקה המותקנת בשפת הדגריזר או בהיקפו תבטיח בזמנית חשיפת העובד לרמות נמוכות ממחצית ערך ה-TLV המתאים לנוזל הניקוי ולפליטה מרבית דרך ארובת הדגריזר כנדרש בתקנות (ראה טבלה 6). אוורור יעיל מדי יבטיח אומנם ריכוז מזהם נמוך מאד באזור הימצאות הדגריזר, אולם קצב פליטת החומר הרעיל דרך ארובת הדגריזר יהיה חריג. מערכות הנייקה המותקנות בדגריזרים המשוכללים ביותר מצוידות במסננים על בסיס פחם פעיל, הקולטים את אדי הפחמימנים המוכלרים ומונעים בדרך זאת את זיהום הסביבה. לאחר שמסנן הפחם הפעיל מגיע לרוויה, חומרי הניקוי הספוגים מורחקים באמצעות קיטור. מתקן מיוחד דואג בהמשך להפרדה בין המים ונוזל הניקוי, המוחזר לתהליך לאחר זיקוקו.

יז. הימנעות מקיום אחת או יותר מההוראות הנ"ל עלולה לגרום לחשיפת העובד באזור עבודתו לריכוזים גבוהים של ממיס אורגני.

### **הפעלת הדגריזר: יש להפעיל את הדגריזר על פי סדר הפעולות להלן:**

1. הפעל את מערכת הנייקה.
2. פתח את ברזי מי הקירור ומערכות הקירור של המים.
3. הפעל את אבזרי הבקרה וודא את תקינותם על פי הסדר הבא:
  - 3.1 התרמוסטט המבקר את הטמפרטורה מעל אזור העיבוי.
  - 3.2 התרמוסטט הבודק את הטמפרטורה על פני גופי החימום.
  - 3.3 התרמוסטט השולט על הטמפרטורה במיכל האגירה של הנוזל.
4. הוסף ממיס חסר במידת הצורך.
5. ודא תקינות מכסה הדגריזר ואטימותו.
6. הפעל את גופי החימום.
7. בדוק כי ערכי הטמפרטורה המוצגים בתרמומטרים מתאימים לאלה שבהוראות ההפעלה.
8. ודא כי גובה האדים לא עובר את נחשון העיבוי.



## **הפסקת פעולת הדגריזר: הפסקת פעולת הדגריזר תיעשה על פי הסדר להלן:**

1. הפסק את פעולת גופי החימום.
2. המתן עד שגובה האדים נסוג עד לתחתית הדגריזר.
3. הפסק את הזרמת מי הקירור.
4. הפסק את מערכות הבקרה והאבטחה על-ידי ניתוק המפסק הראשי.
5. סגור את מערכת היניקה.

**איתור תקלות**: עליה בצריכת הממיס או הרגשת הריח של הממיס המשמש את הדגריזר מצביעים על תקלות בתפקודו התקין של הדגריזר. תקלות אלו גורמות לחשיפה מיותרת של העובד ופגיעה באיכות האוויר הנפלט דרך ארובת הדגריזר. להלן הסיבות האפשריות ודרכי הטיפול בליקויים:

1. **טפטוף נוזל על הרצפה**: רוקן אל תוך חלל הדגריזר את הנוזל הנותר בגומחות ובחללים ריקים בחלק המעובד.
2. **מפלס האדים גבוה מדי ומתקרב לשפת הדגריזר**: בדוק את כיווני הטמפרטורות בתרמוסטטים השולטים על טמפרטורת הנוזל באמבט החימום ובאזור האדים.
3. **הכנסתם והוצאתם של החלקים במהירות גבוהה מדי**: הקפד על הכנסה והוצאה איטית של החלקים.
4. **החלק גדול מדי וכמעט נוגע בקירות הדגריזר**: נוצר אפקט הבוכנה. יש להתאים את החלקים המעובדים לממדי הדגריזר.
5. **פיזור נוזל הריסוס אל מחוץ לדגריזר**: החדר את החלק עמוק אל תוך חלל הדגריזר ובצע את הריסוס באמצעות אקדח הריסוס במקום זה.
6. **רוח פרצים באזור הדגריזר**: סגור חלונות ודלתות. האוורור חייב להתבצע על-ידי מערכת היניקה הייעודית של הדגריזר.
7. **המכסה פתוח**: סגור את המכסה כאשר הדגריזר אינו בשימוש. סגור את המכסה לאחר הכנסת החלקים.
8. **נזילות**: גלה נזילות בחיבורי הברזים והמשאבות ותקן אותן.
9. **קצב עיבוי נמוך**: בדוק את מערכות קירור המים.
10. **ירידה פתאומית של מפלס האדים, תוך יצירת תערובת של אדים ואוויר הדולפת אל מחוץ לדגריזר**: עומס יתר על הדגריזר. אין להכניס חלקים כבדים מדי, הגורמים לקירור פתאומי.
11. **הוצאה מוקדמת מדי של החלק מהדגריזר**: המתן עד להפסקת העיבוי על החלק.
12. **נוכחות אדי מים מעורבבים באדי הממיס**: לתערובת זאת נקודת רתיחה נמוכה לעומת זאת של הממיס הנקי: בדוק את מפריד טיפות המים.

על מנת להימנע ככל האפשר מהצורך להשתמש בדגריזר המופעל באדים של פחמימנים מוכלרים רעילים, מומלץ ליישם את השיטות המסוכמות בטבלה 7.

**טבלה 7: שיטות חלופיות מומלצות להקטנת הצורך בשימוש בדגריזר**

השיטה החלופית	המזהם שיש לנקות
יש להשתמש בחומרים מונעי קורוזיה המתמוססים באלקלים * אריזת החלקים ביריעות פלסטיק ובוואקום, דבר המאפשר להימנע * משימוש בחומרים מונעי קורוזיה.	חומרים מונעי קורוזיה
ניקוי ידני בניגוב; * ניקוי בתמיסות אלקליות.	שמנים ושומנים
שימוש בכפפות בעת שינוע החלקים; * ניגוב הידיים בסבונים אלקליים בטוחים	טביעות אצבעות
יש להשתמש בדיו ובחומרי סימון המתמוססים במים; * שימוש בשילוט הנתלה על החלק במקום סימונו בדיו או בנוזל סימון	דיו ונוזלי סימון
שימוש בשמני חיתוך המתמוססים במים בעת העיבוד השבבי	שומני חיתוך מעיבוד שבבי
שימוש בחומרי הברקה מסיסים במים; * ניקוי החלק בניגוב בתחנות ההברקה.	חומרי הברקה

**1.3.2 ניקוי מתכות בממיסים אורגניים קרים או חמים**

המתקנים המשמשים לניקוי חלקי מתכת בממיסים אורגניים קרים הינם פשוטים למדי :

2.1 אמבט ממוקם בתוך תא יניקה. ניקוי החלקים מתבצע בהברשה ידנית. כנוזלים לניקוי משמשים ממיסים אורגניים בעירים ודליקים (אצטון, נפט, ספירט לבן, ממיס סטודרט, מתיל אתיל קטון, טולואן ועוד) או אותם הפחמימנים המוכלרים המשמשים את הדגריזרים. כאשר נוזל הניקוי מתלכלך מחליפים אותו בנקי. את הממיס המשמש מפנים כפסולת רעילה.

2.2 אמבט הניקוי ממוקם בתוך תא יניקה. תחתית האמבט מתנקזת אל חבית המכילה את אחד הממיסים שהוזכר בסעיף הקודם. משאבה מופעלת באוויר דחוס יונקת את הנוזל מחבית האגירה אל אקדח הריסוס, המופעל ידנית על-ידי העובד. התרסיס הנושא את הלכלוך המוסר מהחלק מתנקז חזרה אל חבית הקליטה. כאשר הממיס מזוהם למדי, מחליפים את החבית באחרת, המכילה ממיס נקי.

2.3 אמבט הניקוי, המכיל את אחד הממיסים המוזכר בסעיף 2.1 והמצויד במערכת יניקה היקפית ובמכסה, משמש לטבילת חלקי מתכת. לאחר השריה וניקוי בריסוס

באמצעות אקדח ריסוס, מורס החלק מעל פני הנוזל באמצעות מתקן הרמה. פעולת הניקוי מסתיימת לאחר ייבוש החלק בתוך חלל האמבט. אם המשקל הסגולי של הממיס גדול מזה של המים, נהוג לפעמים "לכסות" את פני הממיס הנדיף בשכבה של מים.

2.4 המתקנים הפשוטים, המוזכרים בסעיפים 2.1 - 2.3 לעיל, מופעלים בטמפרטורת החדר. המתקנים המשמשים לניקוי חלקי מתכת בממיסים אורגניים חמים הם אמבטי ניקוי המכילים ממיס מחומם מתחת לטמפרטורת הרתיחה. השימוש בממיסים בעירים ודליקים מהווה סיכון רציני ועקב כך נהוג לחמם את הממיסים לטמפרטורה נמוכה מנקודת ההצתה, או להשתמש בממיסים שאינם בעירים. שיטות המיגון הבטיחותיות-סביבתיות של מתקנים אלה דומות לאמצעים המותקנים עבור הדגריזרים לניקוי באדים:

- תרמוסטט המפסיק את פעלת גוף החימום כאשר טמפרטורת הנוזל מגיע לערך המתאים.
- תרמוסטט המותקן על גוף החימום, המפסיק את פעולתו במקרה של חימום יתר.
- שימוש בגופי חימום בעלי דופן כפולה, למניעת חדירה של הנוזל אל החלקים הלוחטים.
- מד גובה נוזל, המנתק את הזנת החשמל לגופי החימום אם וכאשר מפלס הנוזל באמבט יורד מתחת לסף שנקבע מראש.
- התקנת מערכות יניקה ומכסים.

#### **1.4 שיטות חלופיות לניקוי פני שטח של מתכות**

על מנת להפחית ככל הניתן את השימוש בחומרים כימיים רעילים, פותחו וממשיכים לפתח שיטות ותהליכי ניקוי אלטרנטיביים ידידותיים לסביבה ובטוחים יותר:

1.4.1. ניקוי בהתזת עמילן וביקרבונט הנתרן. בנוסף לשיטות הניקוי המסורתיות באמצעות התזת גרגירים בעלי קשיחות גבוהה – חול, זכוכית, מתכות, פלסטיק - אפשר לנקות את החלודה והקשקשים מעל פני שטחן של המתכות באמצעות התזת עמילן או ביקרבונט הנתרן רטובים.

1.4.2. התזה של קרח יבש (פחמן דו חמצני) בחוזקה באמצעות אוויר או גזים אחרים בלחץ גבוה, במטרה להסיר צבעים, גריז, שומנים, ואקס ושמינים. היתרון הגדול של השיטה נובע מסובלימציה גרגירי הקרח היבש, כך שהפסולת היחידה הנוותרת בסיום התהליך מורכבת מהחומרים שהוסרו מעל פני השטח של המתכות המעובדות. חובה לקחת בחשבון היבטים אלה:

- פחמן דו חמצני עלול להחליף את האוויר לנשימה ולגרום לחוסר חמצן. עקב כך חובה לבצע את התהליך במקום פתוח.

- יש לוודא כי החלקים המעובדים אינם רגישים לשינויים תרמיים קיצוניים כתוצאה מהמגע עם הקרח היבש.
  - שימוש רב בפחמן דו חמצני מעלה את ריכוזו באטמוספירה ותורם ל"אפקט החממה" ולחימום כדור הארץ.
- 1.4.3. ריסוס עדין באמצעות שלג של קרח יבש. השיטה יישומית לניקוי חלקיקי זיהום מעל פני חלקים עדינים, כגון רכיבים אופטיים, גירוסקופים, מראות עדינות עשויות ממתכת ועוד.
- 1.4.4. ריסוס מים נקיים או מים המכילים סבון בלחץ גבוה של 500 psi או יותר. אפשר לבצע את הריסוס בתוך תא כפפות או בחלל סגור אחר, באופן ידני או אוטומטי.
- 1.4.5. שימוש בקרני לייזר לאידוי המזהם מעל פני שטחן של מתכות, תוך נקיטת אמצעי הבטיחות המתחייבים. הפסולת הרעילה היחידה הנוצרת לאחר פעולת הניקוי מורכבת מהלכלוך שהוסר ומהאדים הנוצרים עקב שרפה חלקית של המזהמים על-ידי קרן הלייזר.
- 1.4.6. ניקוי מגאסוני באמצעות מחולל גלי קול מגאסוניים בתדירויות גבוהות שבין 700 ל-1,000 קילוהרץ בתוך תמיסת הניקוי. שיטה זאת פחות תוקפנית בהשוואה לשיטת הניקוי האולטראסונית, המתרחשת בתדירויות שבין 20-80 קילוהרץ ומחליפה אותה באותם המקרים שהניקוי האולטראסוני גורם נזקים לחלקים המעובדים. בעוד שהגלים האולטראסוניים גורמים לניקויו של החלק המעובד על כל צדדיו ופיתוליו, הגלים המגאסוניים משפיעים רק של אותו צד של החלק המכוון כלפי מחולל הגלים.
- 1.4.7. כאשר תערובת של יונים חיוביים, יונים שליליים ואלקטרונים, הנוצרים בשדה אלקטרוסטטי או אלקטרומגנטי פוגעת במתכת המעובדת, היא גורמת להרחקת חלקיקי הלכלוך עקב ההתנגשות עמם או על-ידי תגובה כימית עמם. במקרה זה המזהם מתפרק למים, דו תחמוצת הפחמן ולמולקולות נדיפות קטנות. שיטת ניקוי זאת מכונה "ניקוי פלסמה".

## **2. ההרכב הכימי של התמיסות המשמשות לציפוי מתכות באלקטרוליזה**

מהיבט של בריאות ובטיחות סביבתית ותעסוקתית אפשר לחלק את הרכבי האמבטים המשמשים לציפוי למכילי מלחי ציאניד ולנטולי מלחי ציאניד. אחד הסיכונים הרציניים ביותר בבתי המלאכה לציפויים, הינו נוכחותם של מלחי הציאניד, העלולים לסכן באופן מיידי את חיי העובד או את האזור כולו, בעקבות אירוע של ערבוב חומרים אסורים למגע ביניהם או שריפה. נעשו ונעשים ניסיונות, בחלקם מוצלחים, לחיפוש ולגילוי הרכבים של אמבטי תהליך נטולי מלחי ציאניד, שיחליפו את התהליך המסוכן. להלן מספר סיבות המקשות ישום קל של החלפת ההרכב הציאנידי באחר:

- יתכן מצב שבמקום אמבט ציאניד אחד יהיה צורך להשתמש בכמה אמבטי תהליך נטולי ציאניד.
- דרגת הניקיון הדרושה מהתמיסות עבור ביצוע תהליכי ציפוי בהיעדר מלחי ציאניד גבוהה יותר (שיטות הציפוי בתמיסות ציאנידיות אינן רגישות במיוחד לנוכחות לכלוכים שונים באמבט).
- יעילות הציפוי בתמיסות ציאנידיות הינה גבוהה והציפוי מגיע לאזורים בעייתיים של החלקים העוברים ציפוי ביתר קלות כאשר התהליך מתבצע בתמיסה ציאנידית.
- מלחי הציאניד יוצרים קומפלקסים עם זיהומים של מתכות מסוימות ומונעים מהמתכות המזהמות "להתיישב" על המתכת המצופה במקום המתכת המצפה. עקב כך, בהיעדר מלחי ציאניד, נוצר הצורך לנקות את התמיסה מכלוכים מתכתיים (למשל ברזל). בנוסף, ויתור על הציאניד מחייב הרכבת מסננים והעברת תמיסת האמבט דרכם לעתים קרובות.
- הגוונים המתקבלים כאשר מצפים בכרום מתכת מסוימת, שצופתה באופן ראשוני במתכת אחרת בהיעדר ציאניד, נחותים לעומת אלה המתקבלים כאשר מצפים את המתכת באופן ראשוני בתמיסה ציאנידית.
- חלק מתהליכי הציפוי המתבצעים בהיעדר ציאניד יוצרים מוצר בעל שכבת ציפוי פריכה, העלולה להתפורר בטמפרטורות גבוהות.
- התוספות האורגניות המוכנסות לתמיסות הציפוי נטולות ציאניד, במטרה לשפר את הברק והמראה של החלק המוגמר, עלולות להפריע להמשך התהליכים, כגון ציפוי שכבה שנייה של כרום.

## **2.1 ציפוי באלקטרוליזה בתמיסות מימיות המכילות מלחי ציאניד**

- 2.1.1 **ציפוי בארד וברונזה:** ציפויי הארד והברונזה נעשים בעיקר לצורכי הגנה בפני קורוזיה ושיפור המראה של החלקים המצופים. בנוסף, ציפויים אלה מאפשרים הדבקה טובה של חומרים פלסטיים ושל גומי אל פני השטח של המתכת המצופה. מנצלים תכונה זאת ליצור חוטי חשמל מפלדה מצופה בארד, שעליהם יש צורך להדביק את החומר המבודד (גומי או פלסטיק). על מנת למנוע השחרתם של החלקים המצופים עם הזמן, נהוג לכסותם בשכבת לקה שקופה. להלן הרכב אופייני של אמבט המשמש לציפוי ארד בטמפרטורת החדר: ציאניד הנחושת (32 גרם לליטר), ציאניד האבץ (10 גרם לליטר), ציאניד הנתרן (10 גרם לליטר), ביקרבונט הנתרן (10 גרם לליטר), אמוניה (10 מיליליטר לליטר). האנודות עשויות מ-70% נחושת ו-30% אבץ.
- נעשו ניסיונות להכין פורמולציות לציפוי ארד בתמיסות נטולות ציאנידים, אולם המראה החיצוני והגימור אינם משתווים לרמת הציפוי בתמיסה הציאנידית.

2.1.2 **ציפוי בקדמיום:** הקדמיום הינה מתכת רעילה מאד, ובנוסף תהליכי הציפוי כרוכים בשימוש במלחי ציאניד. עקב הסיכונים הנ"ל, נעשו ונעשים ניסיונות להחליף את התמיסות הציאנידיות באחרות ואף להחליף את הקדמיום במתכות אחרות. להלן הרכב אמבט קדמיום-ציאניד טיפוסי: אנודה-כדורי קדמיום. תחמוצת קדמיום (22 גרם לליטר), ציאניד הנתרן (78 גרם לליטר), הידרוקסיד הנתרן (14 גרם לליטר), קרבונט הנתרן (30-75 גרם לליטר). טמפרטורת האמבט  $24^{\circ}\text{C}$ - $32^{\circ}\text{C}$ . צפיפות הזרם: 2.2 אמפר לדצימטר ריבוע.

נעשו ניסיונות מוצלחים לבצע ציפוי קדמיום ללא שימוש במלחי ציאניד. להלן הרכב כימי של אמבט לציפוי קדמיום נטול מלחי ציאניד: אנודה - כדורי קדמיום. תחמוצת קדמיום (11-21 גרם לליטר), כלוריד האשלגן (225 גרם לליטר), חומרי הברקה (4-6% נפחי). נמצאו יישומים שבהם אפשר להשתמש בציפוי אבץ במקום בציפוי קדמיום בתמיסה נטולת ציאנידים. להלן דוגמה של הרכב כזה: אנודה-אבץ טהור. מלחי אבץ (30 גרם לליטר), כלוריד האשלגן (180 גרם לליטר), כלוריד האמוניה (45 גרם לליטר), מלחי קובלט (1.9-3.8 גרם לליטר), חומצה בורית (15-25 גרם לליטר).

2.1.3 **ציפוי בנחושת:** הנחושת הינה מתכת רכה בצבע אדמדם, בעלת תכונות טובות של הולכת חום וחשמל. הנחושת מאפשרת הלחמה קלה של סגסוגות אחרות על פניה. ציפויי הנחושת נוטים להשחיר ועקב כך, כאשר ציפוי הנחושת מהווה את השכבה האחרונה, נהוג לכסותו בלכה. השיטה הנפוצה לעריכת ציפויי נחושת כרוכה בשימוש בתמיסות ציאנידיות, הן במטרה ליצור מוצר מצופה בנחושת והן על מנת לתמוך בציפוי הראשוני של הנחושת על-ידי שכבת ציפוי שנייה. הסיבות לריבוי השימושים בציפוי נחושת נובעות מתכונות חיוביות אלו:

- הציפוי הראשוני בנחושת כשכבה תחתונה מכסה ליקויים שנותרו על פני השטח של המתכת המצופה. לאחר ציפוי ראשוני זה אפשר להבריך את החלק בשיטות מכניות, ולצפותו בשכבה שנייה של מתכת אחרת, כגון ניקל.
- השפעת הנחושת על הסביבה ופגיעתה בעובד תמורה פחות ביחס למתכות אחרות, כגון כרום, ניקל וקדמיום.
- נחושת מוליכה חשמל ומשמשת לייצור מעגלים אלקטרוניים ולציפוי חוטי חשמל עשויים פלדה.
- יעילות הציפוי בנחושת גבוהה ושכבת הציפוי מגיעה אל אזורים מוסתרים בחלקים בעלי גיאומטריה מורכבת.

להלן דוגמה להרכב אמבט לציפוי בנחושת, המכיל מלח ציאנידי:  
ציאניד הנחושת (30 גרם לליטר), ציאניד האשלגן (55.8 גרם לליטר), הידוקסיד  
האשלגן (3.75-7.50 גרם לליטר), Rochelle salt (30 גרם לליטר) (מלח 'רושל' הינו  
המלח הכפול של טרטאראט הנתרן ואשלגן).

גם במקרה של הנחושת נמצאו חלופות נטולות מלחי ציאניד. להלן דוגמה אחת:  
פירופוספט הנחושת (25-30 גרם לליטר), פירופוספט האשלגן (95.7-176.0 גרם  
לליטר), ניטרט האשלגן (1.5-3.0 גרם לליטר), הידוקסיד האמוניה (0.5-1.0  
מיליליטר לליטר). יישום תהליכי הציפוי בנחושת בהיעדר מלחי ציאניד מחייב  
בדיקות אנליטיות תכופות יותר של הרכב האמבט, כיוון שהציאנידים מרחיקים  
מזהמים וחוסרם מעלה את רגישות התהליך לנוכחות זיהומים.

2.1.4. **ציפוי בזהב**: רוב שיטות הציפוי בזהב מחייבות שימוש במלחי ציאניד. להלן דוגמה  
אחת של תמיסת ציפוי מתוך רבות: מלח של ציאניד הזהב-אשלגן (6 גרם לליטר),  
הידרוקסיד הנתרן (15 גרם לליטר), קרבונט הנתרן (30 גרם לליטר), ציאניד הנתרן (4  
גרם לליטר). טמפרטורת האמבט:  $75^{\circ}\text{C}$ .

הציפוי בפלאדיום הינו אלטרנטיבה משתלמת לציפויי הזהב כאשר השימוש הוא  
למטרות תעשייתיות, בעיקר בתחומי האלקטרוניקה. העלות נמוכה יותר והפורמולציות  
נטולות מלחי ציאניד. להלן דוגמה אחת של אמבט ציפוי בפלאדיום נטול מלחי ציאניד,  
כאלטרנטיבה לציפוי בזהב:

פלאדוסאמין כלוריד  $\text{Pd}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2$  (10-20 גרם לליטר), כלוריד האמוניה (60-90 גרם  
לליטר). יש להוסיף הידרוקסיד האמוניה לתיקון ערך ה-pH ל-8.0-9.5.

2.1.5. **ציפוי בכסף**: הציפוי בכסף מקנה לחלק המצופה מראה משופר, גמישות ובעיקר  
הולכה תרמית וחשמלית גבוהה. ציפוי הכסף מאפשר הלחמה קלה. כמו כן, הציפוי אינו  
מתפורר או נסדק כאשר על החלק המצופה מופעלים מאמצים מכניים וכיפופים.  
לכסף שימושים רבים בתעשיית האלקטרוניקה וביצור תכשיטים. רוב הציפויים בכסף  
נערכים באמבטי תהליך בנוכחות מלחי ציאניד. להלן דוגמה אחת מתוך רבות: ציאניד  
האשלגן-כסף  $\text{KAg}(\text{CN})_2$  (15-40 גרם לליטר), ציאניד האשלגן (12-120 גרם לליטר),  
קרבונט האשלגן (15 גרם לליטר).

התמיסות נטולות הציאניד לציפוי בכסף נדירות ויקרות יותר. להלן דוגמה של תמיסה  
לציפוי בכסף נטולת מלחי ציאניד: יודיד הכסף (20-45 גרם לליטר), יודיד האשלגן  
(300-600 גרם לליטר), גליצרין (1-4 גרם לליטר).

2.1.6. **ציפוי באבץ**: הציפוי באבץ הינו רך, מוליך חום, מאפשר הלחמה ויפה למראה.  
להבדיל משאר המתכות, הציפוי המגן של האבץ מתבזבז בקורוזיה במקום המתכת

שאותה הוא מצפה. "הקרבת" האבץ מאפשרת אף שריטות ופגמים בשכבת הציפוי שמעל המתכת. על מנת להגדיל את עמידות שכבת האבץ בפני קורוזיה, נהוג לצפותה בציפוי דק נוסף של מתכות אחרות.

התמיסות הציאנידיות לציפוי באבץ מכילות ציאניד הנתרן, ציאניד האבץ או תחמוצות האבץ והידרוקסיד הנתרן. הפורמולציות החלופות נטולות הציאניד מכילות כלוריד האמוניה, כלוריד האבץ וכלוריד האשלגן.

החיפוש אחר שיטות ציפוי חלופיות לציפויי הקדמיום הוליך לגילוי פורמולציות נטולות קדמיום וציאניד, המבוססות על ציפוי בסגסוגות אבץ. להלן דוגמאות של תמיסות כאלו, המשמשות לציפוי באמצעות סגסוגת אבץ-ניקל באמבט חומצי ובאמבט אלקלי.

טבלה 8: הרכב כימי של אמבטי ציפוי בסגסוגת אבץ-ניקל בתמיסה חומצית

החלקים נמצאים במתקן תלייה ומוכנסים לאמבט	החלקים נמצאים בתוך מסתובב בתוך האמבט	הפרמטר
130 גרם לליטר	120 גרם לליטר	כלוריד אבץ
130 גרם לליטר	110 גרם לליטר	כלוריד הניקל
230 גרם לליטר	-	כלוריד האשלגן
30-24	40-35	טמפרטורת האמבט (°C)
0.4-0.1 אמפר לדצימטר ריבוע	0.5-0.3 אמפר לדצימטר מרובע	צפיפות זרם קתודי (°C)
אבץ וניקל בנפרד	אבץ וניקל בנפרד	הרכב האנודות

טבלה 9: הרכב כימי של אמבטי ציפוי בסגסוגת אבץ-קובלט בתמיסה אלקלית

כמויות	הפרמטר
9-6 גרם לליטר	אבץ מתכת
105-75 גרם לליטר	הידרוקסיד הנתרן
50-30 גרם לליטר	קובלט מתכת
32-21	טמפרטורה (°C)
4.0-2.0 אמפר לדצימטר מרובע	צפיפות זרם קתודי
פלדה	הרכב האנודות

**2.1.7. ציפוי באינדיום** גם במקרה של האינדיום נעשו ניסיונות מוצלחים לעבור משיטת הציפוי בתמיסה ציאנידית לפורמולציות נטולות ציאניד. בטבלאות 10 ו-11 דוגמאות להרכבים משני הסוגים.



**טבלה 10 : ההרכב הכימי של אמבט ציפוי באינדיום בתמיסה ציאנידית**

הרכב	הפרמטר
33 גרם לליטר	אינדיום מחושב כאינדיום מתכתי
33 גרם לליטר	דקסטרזזה
96 גרם לליטר	ציאניד האשלגן
64 גרם לליטר	הידרוקסיד האשלגן
טמפרטורת החדר	טמפרטורת העבודה
פלדה	הרכב האנודה
2.2-1.6 אמפר לדצימטר מרובע	צפיפות הזרם

**הערות:**

- הכנת האינדיום נעשה על-ידי הגבה בין כלוריד האינדיום עם הידרוקסיד הנתרן, הגורמת להיווצרות הידרוקסיד האינדיום המוכנס לאמבט התהליך.
- תשומת לב מופנית למתכת אינדיום ומלחיה, עבורם הרמה המרבית המותרת לחשיפה נשימתית היא 0.1 מ"ג/מ"ק.

**טבלה 11 : ההרכב הכימי של אמבט הציפוי באינדיום בתמיסה נטולת ציאניד**

הרכב	הפרמטר
105 גרם לליטר	אינדיום סולפמט
150 גרם לליטר	סולפמט הנתרן
26.4 גרם לליטר	חומצה סולפמית
45.9 גרם לליטר	כלוריד הנתרן
8.0 גרם לליטר	דקסטרזזה
2.3 גרם לליטר	טריאתנולאמין
אינדיום	אנודה
2.16-1.08 אמפר לדצימטר מרובע	צפיפות הזרם
טמפרטורת החדר	טמפרטורה

**2.2. ציפוי באלקטרוליזה בתמיסות מימיות נטולות מלחי ציאניד**

- 2.2.1. **ציפוי בפלטינה:** ציפויי הפלטינה נחוצים לרוב לייצור תכשיטים ולהכנת אנודות של טיטניום מצופות בפלטינה. ההרכב הכימי הינו פשוט, כפי שאפשר לראות בדוגמאות שבטבלאות 12 ו-13:

**טבלה 12: הרכב האמבט להכנת אלקטרודות טיטאניום מצופות בפלטינה:**

הרכב	הפרמטר
5 גרם לליטר	פלטינה (*)
להוסיף עד שה pH יורד ל-2	חומצה גופרתית
40	טמפרטורת האמבט (°C)
1.0-0.1 אמפר לדצימטר מרובע	צפיפות הזרם
פלטינה	האנודה

(\*) תורם הפלטינה הינו המלח דיניטרופלטינית סולפט  $H_2Pt(NO_2)_2SO_4$ .

**טבלה 13: הרכב אמבט לציפוי סגסוגות ניקל בפלטינה**

הרכב	הפרמטר
10 גרם לליטר	פלטינה (*)
60 גרם לליטר	פוספט האמוניה
7.5-9.0 גרם לליטר	הידרוקסיד האמוניה
75-65	טמפרטורה (°C)
1.0-0.1 אמפר לדצימטר מרובע	צפיפות הזרם
טיטניום מצופה בפלטינה	האנודה

(\*) תורם הפלטינה הינו החומצה הכלרופלטינית  $H_2PtCl_6$ .

2.2.2. **ציפוי ברודיום:** בדומה לציפוי בפלטינה, ציפויי הרודיום משמשים בתעשיית התכשיטים.

ציפויי רודיום בעובי של 0.000050 עד 0.000127 מילימטר מתבצעים במתח של 6 וולט במשך 20-60 שניות, באמבט בעל ההרכב שבטבלה 14.

**טבלה 14: הרכב אמבט לציפוי תכשיטים ברודיום**

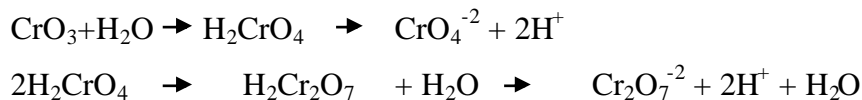
הרכב	הפרמטר
2 גרם לליטר	רודיום (*)
80-40 מיליליטר לליטר	חומצה גופרתית 85%
50-40	טמפרטורה (°C)
פלטינה	אנודה
10-2 אמפר לדצימטר ריבוע	צפיפות הזרם

(\*) תורם הרודיום הינו המלח פוספט הרודיום.

2.2.3. **ציפוי בכרום:** הציפוי בכרום נעשה על מנת להקנות למתכת המצופה את התכונות החיוביות של הכרום עצמו - עמידות בפני קורוזיה, שחיקה, תנאי מזג אוויר קשים, עמידות בפני שריטות והשחרה. לציפויי הכרום ברק ומראה יפה. הציפוי בכרום נעשה לרוב מעל שכבת ציפוי ראשוני של ניקל, כיוון שהניקל מתיישב ביתר קלות על פלדות, אלומיניום, סגסוגת נחושת וחומרים פלסטיים. במקרים מסוימים אפשר לצפות ישירות את הפלדות בכרום. מקור שכבת הכרום הינו הכרום השש-ערכי. עקב התכונות הרעילות והמסרטנות של הכרום השש-ערכי, פותחו תהליכי ציפוי המבוססים על כרום תלת-ערכי.

התמיסה המיועדת לציפוי בכרום מכילה את מקור הכרום (תלת תחמוצת הכרום  $CrO_3$ , המכונה גם "חומצה כרומית") וקטליזטור אחד (סולפט) או יותר (למשל סולפט ופלואוריד). הכרום השש-ערכי "מתבזבז" כחומר מצפה של מתכת (האנודה עשויה מעופרת ולא מכרום). על מנת להבין מדוע אמבטי כרום שש-ערכי יוצרים גז מימן וערפילים (mist), יש לעיין בריאקציות הבאות:

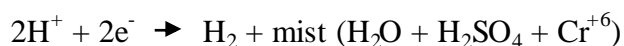
א. תלת-תחמוצת הכרום יוצר חומצה כרומית בעת המסתו במים:



ב. ריאקציית הציפוי:



ג. הריאקציה הצדדית מבזבזת כ-80% מהכוח החשמלי ויוצרת מימן גזי וערפילים (טיפות תמיסה של חומצה גופרתית, מים וכרום-שש-ערכי):



דוגמה של הרכב האמבט לציפוי בכרום שש-ערכי: תלת תחמוצת הכרום (250 גרם לליטר), סולפט (2.5 גרם לליטר), פלואורידים וסיליקון-פלואורידים. טמפרטורת האמבט  $0-45^{\circ}\text{C}$ . הרכב האנודה 93% עופרת ו-7% בדיל.

דוגמה של הרכב של אמבטי הציפוי בכרום תלת-ערכי: כלוריד הכרום או סולפט הכרום (25-4 גרם לליטר ככרום), פלואורוסילקט (5 גרם לליטר), טמפרטורת האמבט  $20-45^{\circ}\text{C}$ . הרכב האנודה: פחם נקי או עופרת 93%, בדיל 7%.

בטבלה 15 דוגמה של הרכב כימי ליצירת ציפוי מגן דקורטיבי של כרום בצבע שחור.

**טבלה 15: פורמולציות של אמבטי כרום שש-ערכי ליצירת ציפוי כרום שחור:**

הרכב	הרכב	הרכב	הפרמטר
250	340	250	תלת-חומצת הכרום (גרם לליטר)
0.25	0.34	-	חומצה פלואוסיליצית (גרם לליטר)
-	-	216	חומצת חומץ (גרם לליטר)
-	11	7.6	אצטט הבריום (גרם לליטר)
32	21	38	טמפרטורה ( $^{\circ}\text{C}$ )
48-16	21	10-4	ציפיות זרם אנודי (אמפר לדצימטר מרובע)

2.2.4. **ציפוי בניקל:** ציפוי הניקל הינו צהבהב-לבן, קשה ומבריק. הציפוי בניקל גורם לעמידות בפני שחיקה, מקנה אפשרות הלחמה על פניו ומאפשר תיקון הממדים של חלקים שעברו שחיקה.

כיפוף חלקים מצופים בניקל עלול לגרום לשבירת שכבת הציפוי הקשה. נהוג לצפות בניקל חלקים שצופו בשכבה ראשונה של נחושת. כמו כן, נהוג לצפות חלקים בניקל ומעליו ציפוי נוסף של כרום.

הרכבים כימיים לדוגמה של התמיסות לציפוי בניקל ותנאי העבודה של אמבטי הציפוי מוצגים בטבלה 16.

**טבלה 16: הרכבים כימיים של תמיסות לציפוי בניקל ותנאי העבודה של אמבטי הציפוי**

אפשרות ג	אפשרות ב	אפשרות א	הפרמטר
-	-	225	ניקל גופרתי $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
650-500	450-315	-	ניקל אמון גופריתי $\text{Ni}(\text{SO}_3\text{NH}_2) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
15-5	22-0	53-37	ניקל כלוריד $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
45-30	45-30	45-30	חומצה בורית $\text{H}_3\text{BO}_3$
70-60	60-32	46-44	טמפרטורה ( $^{\circ}\text{C}$ )
עד 90	32-0.5	11-3	צפיפות זרם (אמפר לדצימטר מרובע)
ניקל	ניקל	ניקל	הרכב האנודה

2.2.5. **אנודיזציה:** אנודיזציה של מתכות הינו תהליך אלקטרוכימי, הגורם לכיסוי פני השטח של המתכת בשכבת תחמוצת של אותה המתכת. השיטה מיושמת בעיקר על אלומיניום וסגסוגותיו ומקנה לחלק המעובד קשיחות ועמידות בפני קורוזיה. בזמן העברת הזרם החשמלי דרך התמיסה מתקיימים שני תהליכים מתחרים: באנודה נוצר חמצן, המגיב עם המתכת המחוברת אליה ויוצר שכבת תחמוצת מעל פני שטחה. בו זמנית, החומצה שבאלקטרוליט ממיסה את התחמוצת אל תוך התמיסה. כאשר שני התהליכים הנ"ל מגיעים לשיווי משקל, לא ניתן להגדיל יותר את עובי שכבת התחמוצת המצפה את פני השטח של המתכת. שיטה ציפוי זאת מקובלת כאמור בעיקר עבור אלומיניום, אולם אפשר להשתמש בה גם לאנודיזציה של מגנזיום או טיטניום. החומצה הנפוצה ביותר המשמשת לאנודיזציה היא החומצה הגופרתית. לעתים אפשר להשתמש גם בחומצה כרומית, אוקסלית או זרחתית.

להלן הרכב טיפוסי של תמיסה המשמשת לאנודיזציית אלומיניום למטרות דקורציה: חומצה גופרתית (165-180 גרם לליטר). טמפרטורת האמבט  $15-25^{\circ}\text{C}$ , צפיפות הזרם 1.0-1.6 אמפר לדצימטר מרובע. להשגת שכבה צפופה יותר של תחמוצת יש לקרר את התמיסה, על מנת לדכא את תהליך ההמסה של שכבת התחמוצת על-ידי החומצה. כמו כן יש להגדיל את צפיפות הזרם החשמלי.

### 3. הרכב הכימי של התמיסות המשמשות לציפוי פני שטח של מתכות בשיטות

#### כימיות ללא אלקטרוליזה

שיטות הציפוי הכימיות אינן צורכות מקור חיצוני של אנרגיה חשמלית לצורך הנעת התהליך.

#### 3.1 ציפוי בטבילה (Immersion Plating)

הציפוי שבטבילה מתרחש כאשר המתכת המיועדת לציפוי מוכנסת לאמבט שבו נמצאת תמיסה מימית המכילה יונים של המתכת המצפה. פוטנציאל החמצון של יוני המתכת שאותה מצפים גבוה לעומת פוטנציאל החמצון של יוני המתכת המצפה.

שיטת הציפוי בטבילה נבדלת משיטת הציפוי הכימית האוטוקטליטית (Electroless Plating), המוצגת בהמשך, בכך שהתהליך במקרה הנוכחי מתרחש ללא תוספת של חומרים הגורמים לחיזור יוני המתכת המצפה. בשיטת הציפוי בטבילה, המתכת אותה מצפים מהווה גורם מחזר. לדוגמה, כאשר טובלים חלק עשוי פלדה לתמיסה מימית המכילה סולפט הנחושת, הברזל מתמוסס בתמיסה והנחושת מצפה את הפלדה:



בדרך זאת מתקבלת שכבת ציפוי דקה מאד, כיוון שבהיעדר מקור אנרגיה חשמלי הריאקציה נפסקת כאשר כל פני השטח של החלק המעובד מתכסה במתכת המצפה. שיטה זאת מאפשרת ציפוי אחיד של חלקים בעלי גיאומטריה מורכבת.

בדומה לציפוי האלקטרוכימי, אפשר לסווג את תמיסות הציפוי בטבילה לציאנידיות ולתמיסות נטולות מלחי ציאניד. המתכות הניתנות לציפוי בטבילה הן אלומיניום, פלדה, סגסוגות נחושת, אבץ, פלדיום, ניקל וזהב. המתכות המצפות הן ארד, ברונזה, בדיל, קדמיום, נחושת, עופרת, פלדיום, רודיום, רוטניום וכסף.

הרכבים לדוגמה של אמבטי ציפוי בטבילה של מתכות בתמיסות ציאנידיות ובתמיסות נטולות מלחי ציאניד מוצגים בטבלאות 17 ו-18.

#### טבלה 17: הרכב אמבטי ציפוי בטבילה של סגסוגות נחושת בקדמיום ובכסף, בתמיסות ציאנידיות

המתכת המצפה את סגסוגת הנחושת	הרכב האמבט	טמפרטורת האמבט (°C)
קדמיום	א. תחמוצת קדמיום, 10.5 גרם לליטר; ב. ציאניד הנתרן, 90.0 גרם לליטר	70-40
כסף	א. ציאניד הכסף, 7.5 גרם לליטר; ב. ציאניד הנתרן, 15.0 גרם לליטר	טמפרטורת החדר

**טבלה 18: הרכב אמבטי ציפוי בטבילה של אלומיניום בקדמיום ובנחושת, בתמיסות נטולות מלחי ציאניד**

המתכת המצפה את סגסוגת האלומיניום	הרכב האמבט	טמפ' האמבט
קדמיום	א. סולפט הקדמיום, 3.8 גרם לליטר; ב. חומצה הידרופלואורית מרוכזת (70%), 70 גרם לליטר	טמפרטורת החדר
נחושת	א. סולפט הנחושת, 100 גרם לליטר; ב. אתילן דיאמין, 100 גרם לליטר	טמפרטורת החדר

**3.2. ציפוי אוטוקליטי (Electroless Plating)**

בתהליך הציפוי האוטוקליטי, החיזור הכימי של המתכת המצפה מתבצע ללא התערבות מקור אנרגיה חשמלית חיצונית. בציפוי האוטוקליטי לחלק המצופה תכונות קטליטיות, המעודדות שיקוע המתכת המצפה על פניו. גם שיטה זאת מאפשרת ציפוי אחיד על פניה של המתכת המעובדת. אמבט הציפוי מורכב מתמיסה מימית של מלחי המתכת המצפה, חומרי חיזור, חומרים יוצרי קומפלקסים ומייצבים. כמו כן ניתן להפעיל את תהליך הציפוי בתמיסות ציאנידיות ובתמיסות נטולות ציאניד. בטבלאות 19 ו-20 הרכבים לדוגמה לציפוי בשיטה האוטוקליטית (Electroless).

**טבלה 19: תנאי עבודה והרכבים לדוגמה של אמבטי ציפוי בזהב בשיטה אוטוקליטית בנוכחות מלחי ציאניד**

מלחי הזהב	חומרי חיזור	חומרים יוצרי קומפלקסים	מייצבים	חומר לתיקון pH	ערך pH	טמפ'
ציאניד הזהב כלוריד הזהב	היפופוספיט הנתון בורהידריד האשלגן	פוספט הנתון בורט הנתון	ציאניד הנתון אצטילאצטון	הידרוקסיד האשלגן	13-10	60-85°C

**טבלה 20: תנאי עבודה והרכבים לדוגמה של אמבטי ציפוי בניקל בשיטה אוטוקטליטית בתמיסות נטולות מלחי ציאניד.**

מלחי הניקל	חומרי חיזור	חומרים יוצרי קומפלקסים	מייצבים	חומר לתיקון pH	ערך pH	טמפ' (°C)
סולפט הניקל כלוריד הניקל	היפופוספיט הנתרן דימתילאמין בורן	חומצת לימון אצטט הנתרן חומצה סוקצינית חומצה גליקולית	מלחי פלאוריד תיואוריאה מלחים של מתכות כבדות	חומצה גופרתית הידרוקסיד האמוניה	-5.2 4.4	93-77

**4. ההרכב הכימי של התמיסות המשמשות להסרת ציפויים**

הצורך בהסרת ציפויים מתעורר כתוצאה מביצוע ציפוי לא מוצלח: עובי ציפוי בלתי אחיד, הדבקה לקויה של הציפוי על פני המתכת, גוון וצבע לא אחידים ועוד. בדומה לתהליכים המקובלים ליצירת שכבת הציפוי, שיטות הסרת הציפויים מתחלקות לאלקטרוכימיות וכימיות. כמו כן, גם במקרה הנוכחי הפורמולציות המקובלות להסרת הציפויים בשיטות הנ"ל מתחלקות למכילות מלחי ציאניד ולנטולות מלחי ציאניד. בטבלאות 21 ו-22 הרכבים לדוגמה להסרת ציפויים:

**טבלה 21: הרכבים של אמבטי תהליך להסרת ציפויים בשיטות כימיות**

שיש להסיר	המתכת המצופה	מרכיבי האמבט	טמפרטורה (°C)
קדמיום	ארד, נחושת, פלדה	ניטרט האמוניה, 120 גרם לליטר	חדר
בדיל-עופרת	אלומיניום	חומצה חנקתית מרוכזת	חדר
בדיל-עופרת	נחושת	פלאוריד האמוניה, 300 גרם לליטר מימן פראוקסיד, 125 גרם לליטר	30-35

**טבלה 22: הרכבים של אמבטי תהליך להסרת ציפויים בשיטות אלקטרוכימיות**

המתכת המצופה שיש להסיר	המתכת המצופה	מרכיבי האמבט	טמפ' (°C)	הקתודה	האנודה
ארד	ניקל, פלדה	ציאניד הנתרן, 90 גרם לליטר הידרוקסיד הנתרן, 15 גרם לליטר	חדר	פלדה	החלק המעובד
זהב	סגסוגות נחושת	ציאניד האשלגן, 15 גרם לליטר קרבוט האשלגן, 9.8 גרם לליטר	50	פלדה	החלק המעובד
ניקל	אבץ	חומצה גופרתית, 312 מיליליטר לליטר חומצה זרחתית, 156 מיליליטר לליטר חומצה כרומית, 68 גרם לליטר	80	עופרת	החלק המעובד



## 5. ההרכב הכימי של התמיסות המשמשות להסרת צבע

הסרת שכבות צבע ישן מעל פני השטח של מתכות בשיטות כימיות מתבצעת באמצעות תערובות של חומרים רעילים, משתכים ומחמצנים. בעוד שמרכיבי תערובות הכימיקלים שבאמצעותן יש לבצע את תהליכי הסרת הצבע אמורות לתקוף את שכבת הצבע מבלי להשפיע על המתכת, לא נתגלתה עד כה פורמולציה "ירוקה" שאיננה פוגעת בעובד ובסביבה. להלן מספר פורמולציות אפשריות, כאשר בסוגריים רשומים ערכי הסף לחשיפה נשימתית:

א. תערובת של מתילן כלוריד (50 חל"מ), פנול (5 חל"מ), הידרוקסיד הנתרן (2 חל"מ C), כרומט הנתרן (0.05 מ"ג/מ"ק) ובנזותיאזול-2-תיוול (לא נקבע).

ב. תערובת של חומצה פורמית (5 חל"מ, 10 חל"מ C) כהל בנוזילי (לא נקבע) ופורמט בנוזילי (לא נקבע).

ג. תערובת של פראוקסיד המימן, המכונה גם מי חמצן (1 חל"מ), דיאתנולאמין בורט (לא נקבע) וכהל בנוזילי (לא נקבע).

כל הפורמולציות הנ"ל מהוות סיכון בטיחותי, בריאותי וסביבתי עקב אפשרויות הפגיעה בעובד (בדרכי נשימה, בעור, בעיניים) ובסביבה (החומרים הנ"ל אסורים להזרמה לסביבה ללא טיפול וניטרול מתאים, מה עוד שהקולחים מכילים גם את הצבע הישן שהוסר מעל פני השטח של המתכות). בנוסף, פראוקסיד המימן עלול לגרום לריאקציות חריפות ולהתנפחות האריזות המכילות את הצבע המקולף. סיכון חשוב נוסף נובע מהעובדה כי עוצמת גירוי הריח של הפורמולציה על בסיס פראוקסיד המימן נמוכה לעומת שאר האפשרויות, ותכונה זאת עלולה להשלות את המשתמש כי החומר אינו מסוכן.

## 6. שיטות ציפוי אלטרנטיביות

כתוצאה מהשימוש הנרחב במאות סוגי כימיקלים מסוכנים בתעשיית גימור המתכות, נוצר מגוון רחב של סיכונים בריאותיים, בטיחותיים וסביבתיים. על מנת להימנע מהצורך להשתמש בתמיסות רעילות ומסוכנות של חומצות, אלדהידים, בסיסים, ציאנידים, כרומטים, מלחי מתכות, חומרים פעילי שטח, פראוקסידים ועוד, פותחו שיטות ציפוי אלטרנטיביות, המבוססות על התזת אבקות של מתכת חמה על מתכת בסיס אחרת. מכיוון שההיבטים הבטיחותיים, הבריאותיים והסביבתיים הקשורים בתמיסות הרעילות והקורוזיביות הנ"ל נחשבים בהיעדרותם, הסיכונים הנותרים עקב יישום שיטות אלו נובעים מנוכחותן של המתכות המטופלות או המצפות והגזים הדחוסים המשמשים ליצירת הענן המתכתי המצפה. ענן המתכת המותז על החלק המצופה נוצר בחימום אבקות מתכת או חוטי מתכת לטמפרטורות גבוהות של מאות ועד אלפי מעלות צלסיוס באמצעות להבה, בקשת חשמלית

או על ידי יצירת פלסמה. תהליכים פיזיקליים אלה מחייבים שימוש בגזים דחוסים ודליקים, גורמים להיווצרות מפלסי רעש גבוהים ופסולת של מתכות רעילות. במקרים רבים אחרים, יישום השיטות הפיזיקליות הנ"ל מתחייב מעצם העובדה של העידר תהליכים כימיים המסוגלים ליצור את עובי הציפוי הנדרש למילוי החסר בחלקים מתכתיים שעברו שחיקה עמוקה, ולא מהנטייה להימנע משימוש בכימיקלים מסוכנים. יישום התהליכים הפיזיקליים הנ"ל מחייב נקיטת אמצעי בטיחות למניעת הסיכונים הנובעים מאפשרות חשיפת העובדים וסביבתם לאבקות של מתכות רעילות, מפלסי רעש גבוהים, סנוור, חשיפה לחום גבוה ושימוש בגזים דחוסים ובחלקים דליקים. להלן אמצעי בטיחות עיקריים שיש לנקוט:

- א. התזת המתכת המצפה על המתכת המצופה תיעשה בתא סגור בעל בידוד אקוסטי מהסביבה.
- ב. פתיחת דלת התא תגרום להפסקת פעולת ריסוס הציפוי.
- ג. חלונות התא יהיו כהים, על מנת למנוע סנוור.
- ד. בתוך התא תותקן מערכת ליניקת אבק ונדפי מתכת. הפריט המצופה ימוקם בין אקדח התזת המתכת ומערכת היניקה, כך שמעוף עודפי האבק והנדפים יהיה לכיוון מערכת היניקה.
- ה. שקילת אבקות המתכת המיועדות למילוי מחסניות מערכת הריסוס תיעשה במנדף מצויד במערכת יניקה.
- ו. מסנני מערכות היניקה יהיו חסיני אש ויבטיחו מניעת פליטה של אבקות ונדפי מתכת אל הסביבה (כאן המקום לציין כי הערכים המותרים לפליטה דרך ארובת מערכת היניקה נמוכים ביותר: לדוגמה, אין לפלוט לסביבה נדפי קובלט או ניקל בריכוז העולה על 1 מ"ג/מ"ק אוויר ובכמות העולה על 5 גרם בשעה).
- ז. מיכלי הגזים (חמצן, מימן, אצטילן, חנקן, הליום או ארגון) ימוקמו מחוץ למחלקה. צנרת אספקת הגזים תהיה קשיחה ותצויד בשסתומי אל-חוזר.
- ח. השימוש בגז מימן מחייב התקנת גלאי מימן בתוך תא הריסוס.
- ט. חובה לרחוץ את רצפות תאי הריסוס פעמיים ביום ולהעביר את השפכים אל אתר פסולת מורשה.
- י. התהליך יתוכנן באופן שבעת הריסוס יימצא העובד מחוץ לתא הריסוס.
- יא. אם קיים הכרח להיכנס לתא במטרה לבצע ריסוס ידני, העובד יצויד במערכת נשימה עם אספקת אוויר חיצוני, בגדי עבודה חסיני אש, אוזניות מגן ומשקפי מגן בפני אבק וסנוור.
- יב. חובה לאסור אכילה ושתייה בכל תחום בית המלאכה בו ממוקמים תאי הריסוס.

## ההרכב הכימי של התמיסות המשמשות לטיפול בפני שטח של מתכות - סיכום

מתוך עיון במגוון הרחב מאד של החומרים המשמשים לטיפול בפני שטחן של מתכות בשיטות כימיות, אפשר להסיק כי לתהליכי ניקוי המתכות בשיטות כימיות ואלקטרוכימיות לקראת הציפוי ולתהליכי הציפוי בשיטות כימיות ואלקטרוכימיות, גורמי סיכון דומים, המחייבים נקיטת אמצעי בטיחות משותפים:

א. ברוב התהליכים פגשנו את אותן החומצות, הבסיסים, מלחי הציאניד, הכרומטים, פעילי השטח, האינהיביטורים וחומרים אחרים העלולים להשתחרר אל אוויר המחלקה ולחדור לדרכי הנשימה של העובד, או לפגוע מיידית בעובד על-ידי בליעה או מגע עם. כך למשל, אמצעי הבטיחות שיש לנקוט על מנת להתגונן בפני מלחי הציאניד כאשר מלחי הציאניד משמשים לניקוי מקדים של המתכות או לציפוי המתכות בשיטות כימיות או אלקטרוכימיות, זהים: שימוש בצידוד מגן אישי, התקנת אמצעי אוורור וניקה של מזהמים, הקפדה על היגיינה אישית ונקיטת אמצעי בטיחות נוספים, שיפורטו בפרקי ההמשך. כנ"ל לגבי החומצות: ממונה הבטיחות לא תמיד חייב לקחת בחשבון את ייעוד החומצה, העלולה לשמש פעם לניקוי המתכת, פעם לציפוי המתכת ופעם להסרת הציפוי מהמתכת. הרי אין זה משנה אם המתכת עוברת ניקוי אלקטרוליטי או ציפוי אלקטרוליטי, כיוון שבשני המקרים האלקטרוליטים ישתחררו לאוויר בגלל בעוועי המימן והחמצן באנודה ובקתודה. הוראות הבטיחות ואמצעי המגן האישיים וההנדסיים זהים ונובעים מעצם ההכרח להשתמש בחומצות לשם ביצוע התהליכים השונים הנ"ל.

ב. הפגיעה בעובד ובסביבה תלויה בעיקר ברעילות ובקורוזיביות של האלקטרוליט ובדרגת הרעילות של המתכות ותרבותיהן הכימיות ופחות בתהליך המתבצע: עובד המפר את הוראות הבטיחות בעת הסרת ציפוי קדמיום מחלקי מתכת ייפגע מהקדמיום באופן דומה לאופן בו ייפגע אם יפר את הוראות הבטיחות בעת ציפוי מחדש של אותו החלק בקדמיום בשיטה אלקטרוכימית או כימית.

ג. להכרת ההרכב המדויק של מרכיבי אמבט התהליך חשיבות רבה עבור הגהותן והרופא התעסוקתי. כך למשל, הגיהותן יהיה מעוניין לדעת האם בציפויים מסוימים של קדמיום, אבץ, בדיל, נחושת, עופרת או ניקל משתמשים גם בפלואורבורטים על מנת לבדוק גם את החשיפה לפלואוריד (חשיפה מותרת: TLV = 2.5 מ"ג/מ"ק אוויר, כפלואור) וגם החשיפה לבורט (חשיפה מותרת: TWA = 2.0 מ"ג/מ"ק אוויר, STEL = 6.0 מ"ג/מ"ק אוויר).

ד. המתכות המצפות והמתכות המצופות אינן מתכות טהורות, ולהרכב המטלורגי של סגסוגותיהן חשיבות רבה: כאשר מצפים ניקל 200, ניקל 201 או מסג מונל 400 עלולים להיחשף גם למנגן, ברזל ונחושת. כאשר מצפים ארד, עלולים להיחשף גם לבדיל ולעופרת. הטיפול בפלדה אל-חלד 201 או 301 עלול לגרום לחשיפה למנגן, בריום וניקל, בעוד שהפלדות אל-חלד 403 ו-405 מכילות כרום ומנגן.

ה. לחלק ממרכיבי אמבט התהליך לא נקבעו ערכי חשיפה מותרים בהיותם בעלי תכונות סיכון נמוך. חומרי ההרטבה מהווים דוגמה לכך: לא ידועים ערכי חשיפה מותרת עבור חומרים כמו נתרן דודציל סולפט, הקסאדציל טרימתיל אמוניום ברומיד, דודציל דימתילאמין אוקסיד או אוקטיל גלוקוסיד.

#### מקורות מידע לפרק השלישי

1. Metal Finishing, 2005 Guidebook & Directory, Elsevier Inc., 360 Park Avenue South, New York 10010, Tel. (212)-633-3100, Fax (212)-633-3140.
2. Illinois Waste Management and Research Center, Metal Finishing Industry, [http://www.wmrc.uiuc.edu/main\\_sections/info\\_services/library\\_docs/manuals/finishing/toc1.htm](http://www.wmrc.uiuc.edu/main_sections/info_services/library_docs/manuals/finishing/toc1.htm) (Accessed: May 15, 2005).
3. Federal Facilities Environmental Standardship & Compliance Assistance Center, [http://www.fedcenter.gov/\\_kd/go.cfm?destination=page&dialog=0&pge\\_id=1771](http://www.fedcenter.gov/_kd/go.cfm?destination=page&dialog=0&pge_id=1771) (Accessed: Nov. 2005).
4. Research Triangle Institute, Solvent Alternative Guide, <http://sage.rti.org/altern.cfm> (Accessed: 02 Aug. 2005).

## פרק רביעי: היבטי איכות סביבה

הפרק דן בסוגי החומרים העלולים להיפלט כפסולת כימיקלים לקרקע, למקורות המים וכמזהמי אוויר, וכן בשיטות מניעה, צמצום וניטרול של הזיהום.

### 1. אמצעים לצמצום כמויות הפסולת הרעילה הנוצרת כתוצאה מטיפול פני שטח של מתכות בשיטות כימיות

מאות סוגי הכימיקלים המשמשים לטיפול בפני שטח של המתכות מופיעים בסביבה כחומרים חיוניים, המצפים את פני השטח של המתכות המעובדות, או כפסולות של חומרים שאינם מסוגלים להמשיך ולשמש יותר בתהליכים הכימיים, בגלל זיהומם או התפרקותם. להבדיל מתעשיות כימיות אחרות, הטיפול בפני שטח של מתכות משאיר כחומר חיוני כמות מזערית מהכימיקלים שנרכשו לביצוע התהליכים. אם נשווה, למשל, בין משקל הקדמיום המצפה את המוצר המוגמר (פריט מצופה בקדמיום) עם כמויות הפסולת שיוצר תהליך הציפוי בקדמיום, נגיע למסקנה כי אין שום פרופורציה בין כמות החומר החיוני (מספר הגרמים של הקדמיום המצפים את החלק המתכתי) לבין כמות הפסולת הרעילה הנוצרת. בעוד שחלק מתכתי מוגמר מהווה בעיה גיהותית וסביבתית עתידית כאשר יהיה צורך לשייפו או כאשר יוכנס לאמבט תהליך במטרה להסיר ממנו את שכבת הציפוי הבלויה, הרי שהתמיסות המרוכזות באמבטי התהליך ומי השטיפה מהווים בעיה בטיחותית, גיהותית וסביבתית יום יומית באתר העבודה. העברת החלקים המעובדים בין אמבטי התהליך גורמת לזיהומן של התמיסות המרוכזות ושל מי השטיפה המשמשים לרחיצתם. פסילת אמבט תהליך בגלל חדירת מזהמים המועברים מאמבט אחר, בעל אופי כימי שונה, באמצעות פריט מלוכלך, פירושה העברת התמיסה המרוכזת המשומשת לאתר מורשה לטיפול בפסולת כימיקלים (למשל לאתר ברמת חובב או למתקן הניטרול המפעלי). הטיפול באמבט הפסול כרוך בסיכון ובהוספת כימיקלים רעילים נוספים, המשמשים כחומרי ניטרול. החומרים הרעילים יכולים להיפלט לסביבה גם באמצעות המים המשמשים לניקוי החלקים לפני העברתם מאמבט לאמבט. מקור זיהום אחר הוא הטפטופים והנזילות על הרצפה. על מנת לצמצם ככל האפשר את כמויות הפסולת הנפלטות לסביבה, במטרה למנוע את זיהומה ואת הסיכון הבטיחותי הנובע מעצם הצורך לשנע את הפסולת אל אתר הניטרול ולטפל בה על-ידי עריכת תהליכי ניטרול מסוכנים, יש לתת את הדעת להיבטים אלה:

א. כיצד להאריך את החיים של אמבטי תהליך המכילים תמיסות מרוכזות של חומרים מסוכנים.

ב. כיצד להקטין את הריכוז של המזהמים במי השטיפה ובעיקר איך לצמצם את כמויות מי השטיפה המוזרמים לסביבה. יש להבין כי מפעל המזרים לסביבה 10 מ"ק קולחים ביום, המכילים 0.4 מג"ל כלל כרום, מזהם פחות את הסביבה בהשוואה למפעל אחר,

המזרים 100 מ"ק קולחים ביום, המכילים רק 0.1 מג"ל כלל כרום (ריכוז הסף של כלל הכרום נקבע ל-0.6 מג"ל, ומכאן שמבחינת הריכוז המותר להזרמה שני המפעלים עונים על דרישות החוק).

יישום השיטות והטכנולוגיות הפשוטות להלן מהווה מענה למניעת היווצרות פסולת רעילה מיותרת:

#### 1. הקפדה על סדר, ניקיון ומשק בית

- סדר, ניקיון ואכפתיות מצד העובדים במקום העבודה מונעים זיהום מיותר של הרצפה, של אמבטי תהליך ושל מי השטיפה:
- טפטופים, שפך תמיסות ומי שטיפה על הרצפה גורמים להיווצרות שפכים מן הסוג שלא ניתן להשיב אותם לתהליך. שפכים שכאלה מהווים מעמסה על מתקן הניטרול ומגדילים את כמויות הבוצה.
  - פריט שנפל בטעות לאמבט תהליך יחולץ בהקדם האפשרי. חלק שכזה נושא זיהומים מאמבט אחר והוא עלול להיאכל על-ידי התמיסה הקורוזיבית שבאמבט, דבר הגורם להעשרת התמיסה ביונים לא רצויים של מתכת זרה.
  - אמצעי ההרמה והמנשאות המשמשים להכנסת הפריטים אל תוך אמבטי התהליך והשטיפה יהיו נקיים ובעלי צורה חלקה, ללא שקעים ו"כיסים".
  - אמבטי התהליך ייבנו מחומרים שאינם מגיבים עם התמיסות הבאות במגע עמם.
  - האוויר המשמש לערבוב התמיסה יסונן.
  - השימוש באלקטרודות (אנודות) בעלות דרגת ניקיון גבוהה ימנע זיהום אמבט התהליך.
  - השימוש במים נטולי יונים של סידן, של ברזל ושל מגנזיום ונקיים מכלורידים, קרבונטים ופוספטים יאריך את תקופת השימוש של התמיסה ויקטין את הסחף.
  - יש להדריך את העובדים לאפשר טפטוף נוזלים בחזרה אל אמבט התהליך, לפני העברת החלקים המעובדים לשטיפה או לאמבט אחר.
  - אפשר לייעל את תהליך הטפטוף על-ידי שטיפת הפריטים בהתזת אוויר, הרעדת המנשאים מעל האמבט ותליית החלקים על המנשא באופן המאפשר הזרמה נוחה של הנוזל מהפריט אל האמבט.

#### 2. בקרה על ריכוז החומרים באמבטי התהליך וביצוע התהליכים על פי מפרט מדויק

- יש לקבוע את הריכוזים האופטימליים של הריאגנטים המשמשים את התהליך.
- הקפדה על ביצוע התהליך בטמפרטורה אופטימלית. ככל שהתמיסה חמה יותר, הסמיכות שלה קטנה והנוזל יעזוב את פני הפריט המטופל ביתר קלות, כך שכמות הזיהום המועבר באמצעות הפריט המוטבל לאמבט הבא בשלב הציפוי קטנה יותר. מאידך, חימום יתר יגרום לפירוק ריאגנטים, ייבוש האמבט וזירוז התגובה בין

הפחמן הדו-חמצני שבאוויר ומלחי הציאניד החיוניים לביצוע התהליך. היתרונות בעליית הטמפרטורה הם הקטנת הסחף ואפשרות השימוש בריכוזים נמוכים יותר של ריאגנטים. החסרונות הם ההשקעה באנרגיה הנדרשת לחימום האמבט והגברת קצב האידוי, העלולים לגרום לעלייה בריכוז המזהמים באוויר.

- קביעת מפרט לביצוע התהליכים בריכוזים נמוכים ככל האפשר תגרום להקטנת כמויות הסחף, לירידה בעלויות ולהקטנת כמויות הבוצה הנוצרת בתהליכי הניטרול. חסרון השיטה נעוץ בהקטנת סובלנות התמיסה לנוכחות מזהמים, העלולים להפריע לתהליך.

### 3. שליטה ובקרה על התוספות לאמבטי התהליך

- הוספתם של חומרים פעילי שטח או חומרי הרטבה גורמת לכך שהנוזל מעל פני השטח של הפריט המעובד יזרום ביתר קלות בחזרה אל אמבט התהליך, דבר המקטין באופן משמעותי את הסחף ומעלה את אורך החיים של התמיסות שבאמבטי התהליך. יתרון נוסף הוא שיפור בטיב המוצר. חסרונם של חומרי ההרטבה ופעילי השטח מתבטא בגרימת הקצפה ובהפרעות אפשריות בתהליכי הניטרול של תכולת האמבט ומי השטיפה.

- השימוש בחומרי קומפלקסציה ובקלטורים מתחייב מהצורך לגרום להתמוססות טובה יותר של יוני המתכות הכבדות המשמשים את תהליכי הטיפול בפני שטח של מתכות. בעוד שחומרי הקומפלקסציה והקלטורים גורמים לשיפור בטיב המוצר ומאריכים את חיי אמבט התהליך, הם מפריעים באופן ניכר לתהליכי הניטרול ומחייבים ביצוע שלב נוסף של שבירת קומפלקסים בשרשרת הארוכה של תהליכי הטיפול בשפכים. הימנעות מהשימוש בקלטורים ובחומרי קומפלקסציה מחייבת העברה רציפה של התמיסה שבאמבט התהליך דרך מסננים, שמתפקידם להסיר מתוכה את החלקיקים המיקרוניים של המוצקים שלא התמוססו בגלל היעדר הקלטור או הקומפלקסנט.

### 4. החלפת חומרים מסוכנים

בפרק הדין בשיטות טיפול בפני שטח של מתכות הוצגו דוגמאות של הרכבי תחליפים לתמיסות הציאנידיות ואפשרויות החלפת ציפויי הקדמיום במתכות פחות מסוכנות.

### 5. שימוש חוזר בחומרים מסוכנים

- פותחו שיטות להחזרת חומצות משומשות לתהליך על-ידי ניקוין באמצעות זיקוק, ספיחה, אלקטרוליזה, העברה דרך ממברנות, גיבוש ודיאליזה.
- שימוש בחומצה משומשת לביצוע תהליכי ניטרול של תמיסות בסיסיות ולהפך.
- שימוש במי שטיפה בעלי אופי חומצי לניקוי חלקים מזוהמים בחומרים אלקליים.
- שימוש בחומצות משומשות להורדת ערך ההגבה של תמיסות כרומטיות לפני חיזורן.

- שימוש בתמיסות אלקליות משומשות להעלאת ערך ההגבה של שפכים ציאנידיים לפני חמצונם.

#### 6. שימוש יעיל במי השטיפה

תקנות המים (מניעת זיהום מים) (מתכות ומזהמים אחרים), התשס"א-2000 קובעות, כי שטיפת מוצר לאחר טיפול פני שטח תבוצע במערכת שטיפה, שהיא אחת מאלו:

א. מערכת שטיפה נגדית המורכבת משלושה שלבי שטיפה נפרדים.

ב. מערכת שטיפה נגדית המורכבת משני שלבי שטיפה נפרדים לפחות ושלב שטיפה נוסף שבו ימוחזרו מי השטיפה.

התקנה מחייבת חלוקת השטיפה לכמה שלבים, כאשר מי השטיפה של השלב האחרון, שהם נקיים יותר, מהווים את המקור למי השטיפה בשלב מוקדם יותר. אמבט השטיפה השלישי הוא זה שמקבל את המים ממקור מים נקיים, האמבט השני מקבל את המים מהאמבט השלישי והאמבט הראשון מקבל את אספקת המים מהאמבט השני. האמבט הראשון הוא האמבט המזוהם ביותר, כיוון שבתוכו נטבלים הפריטים המוצאים מאמבט התהליך המרוכז, לכן השפכים המוזרמים על ידו חייבים במיחזור או בניטרול. אחד הרעיונות לצמצום כמויות מי השטיפה גורס התקנת אמבט שטיפה עם מים עומדים, לתוכו טובלים את הפריטים המזוהמים בתמיסה המרוכזת לאחר הוצאתם מאמבטי התהליך. התמיסה שבאמבט העומד מתעשרת בחומרי גלם והיא משמשת להשלמת מפלס המים באמבט התהליך. רעיון זה מיושם בעיקר באמבטי תהליך המופעלים בטמפרטורה גבוהה, הגורמת לאידוי מוגבר של המים. במקרים מסוימים אפשר להשתמש במאייד לאידוי חלק מהמים שבאמבט העומד. לגבי החיסכון המשמעותי במי השטיפה אפשר להתרשם מטבלה 1, שפורסמה על-ידי המשרד לאיכות הסביבה:

**טבלה 1 - צריכת מי שטיפה ביחידות של 1 ליטר מים למטר רבוע של פני שטח**

שטח הפעולה בתמיסה המרוכזת באמבט	שטיפה באמבט אחד	שטיפה דו-שלבית באמבטיות עוקבות	שטיפה נגדית דו-שלבית	שטיפה נגדית תלת-שלבית
ניקוי אלקלי	1,504	236	67	29
ציפוי ניקל	323	89	27	7
ציפוי אבץ	237	34	22	8

הערה: שטיפה דו-שלבית באמבטיות עוקבות פירושה שטיפה בשתי אמבטיות בעלות אספקה נפרדת של מים נקיים.



## 7. איסוף ושיקוע מתכות באלקטרוליזה

שיטה נוספת לצמצום כמויות הפסולת מבוססת על הפרדת מתכות כבדות משפכים על-ידי אלקטרוליזה של התמיסות המזוהמות במתכות אלו. איסוף מתכות יקרות מתבצע על-ידי אלקטרוליזה השפכים באמצעות אנודה מפלטינה. כאשר האלקטרודות עשויות ברזל או אלומיניום, יוני הברזל או האלומיניום וההידרוקסידים שלהם, הנוצרים באלקטרוליזה, מגיבים עם המתכות הכבדות, תוך יצירת הידרוקסידים קשי תמס של מתכות כבדות. יעילות השיטה תלויה בתכונות ההסעה של היונים הנמצאים בשפכים, במרחק בין האלקטרודות ובריכוז המזהמים בשפכים המטופלים. שיטה זאת אינה צורכת כימיקלים, למעט אלה המשמשים להתאמת ערך ההגבה לפני תחילת הטיפול. כמו כן נוצרות תרכובות של ברזל ואלומיניום, הנחשבות כרעילות פחות לעומת המתכות הכבדות המסולקות בשיטת האלקטרוליזה.

## 2. טיפול בשפכים הנוצרים עקב ביצוע טיפול כימי בפני השטח של מתכות

תהליכי הטיפול בפני השטח של מתכות בשיטות שתוארו בפרקים הקודמים - ציפוי באלקטרוליזה, ציפוי כימי, אנודיזציה, ציפוי המרה, ניקוי פני שטח של מתכות בממיסים אורגניים, בבסיסים ובחומצות - גורמים להיווצרות שלושה סוגים של פסולת נוזלית:

- א. תמיסות מרוכזות באמבט תהליך בדרגת זיהום שאינה מאפשרת המשך השימוש בהן.
- ב. מי שטיפה, המכילים חומרים מהולים במים המשמשים לשיטת חלקי המתכת לפני העברתם מאמבט אחד לשני.
- ג. טפטופים ונזילות על הרצפה.

בעוד שהטיפול בתכולה המרוכזת של אמבטי התהליך נמצא בשליטה המלאה של המפעל, היכול לבחור בין העברת התמיסה המרוכזת לרמת חובב, או למפעל מיחזור פסולת מאושר על-ידי המשרד לאיכות הסביבה, או לניטרול ומיחזור הפסולת בתחומי המפעל, הרי שהטיפול במי השטיפה מורכב בהרבה. הסיבה לכך נעוצה בכמויות הגדולות של המים הנדרשים לשיטת ופאשרות הערבוב בין סוגי כימיקלים שונים תוך כדי ביצוע פעולות השטיפה. מכיוון שמבחינה כימית קשה ואף בלתי אפשרי לטפל בערבוביה של מגוון רחב מאד של כימיקלים, ועקב פוטנציאל הסיכון הטמון בערבוב בלתי מבוקר של סוגים שונים של כימיקלים, תהליכי הניטרול והטיפול במי השטיפה מחייבים הפרדתם לזרמים הניתנים לטיפול בשיטות ייעודיות לסוגי המזהמים השונים.

המשרד לאיכות הסביבה מציע להפריד את זרמי השפכים לסוגים אלה:

1. זרמים המכילים חומצות או בסיסים ומתכות כבדות, למעט קדמיום, ציאנידים, כרום טיט וקומפלקסים. זרמים אלה מיועדים לעבור ריאקציות סתירה בסיס-חומצה, והתמיסות המנוטרלות, המכילות עדיין מתכות כבדות, יועברו להמשך תהליכי השיקוע של מתכות אלו כמלחים קשי-תמס.
2. זרמים המכילים מלחי ציאניד ומתכות כבדות. השלב הראשון בטיפול בזרמים אלה יהיה חמצון מלחי הציאניד באחת מהשיטות להלן:
  - 2.1. חמצון מלחי הציאנידים באמצעות תרכובות כלור (כלור גזי או היפוכלורית הנתרן, הבטוח יותר לשימוש) והפיכתם לגז חנקן, מלח ביסולומים.
  - 2.2. חמצון מלחי הציאניד באמצעות תרכובות מחמצנות, כגון מי חמצן, פורמאלדהיד או אוזון.
  - 2.3. חמצון הציאנידים בתהליך משולב של שימוש באוזון וקרינה אולטרא-סגולה.
  - 2.4. חמצון באלקטרוליזה של תמיסות מימיות מהולות, המכילות מלחי ציאניד.לאחר חמצון הציאנידים באחת מהשיטות הנ"ל, תועבר התמיסה המימית, המכילה עדיין מתכות כבדות, לתהליכי השיקוע של המתכות.
3. זרמים המכילים כרום שש-ערכי ומתכות כבדות אחרות. השלב הראשון בטיפול בזרמים המכילים מלחי כרום שש-ערכי המסיסים במים (למשל חומצה כרומית או כרום הנתרן) כרוך בחיזורם והפיכתם למלחי כרום תלת-ערכי, שאינם מתמוססים במים, באחת מהשיטות להלן:
  - 3.1. חיזור מלחי כרום שש-ערכי למלחי כרום תלת ערכי באמצעות תרכובות גופרית (גופרית דו חמצנית גזית או מטאביסולפיט הנתרן) בסביבה חומצית.
  - 3.2. חיזור מלחי הכרום השש-ערכי למלחי כרום תלת ערכי באמצעות מלחי ברזל דו-ערכי.
  - 3.3. חיזור מלחי הכרום טיט באלקטרוליזה למלחי כרום תלת-ערכי.לאחר חיזור מלחי הכרום טיט באחת מהשיטות הנ"ל והפיכתם למלחי כרום תלת-ערכי קשי תמס, התמיסה המימית מועברת לשיקוע הכרום ומתכות כבדות אחרות.
4. זרמים המכילים מתכות כבדות הקשורות בקומפלקס עם חומרים אורגניים. היצירה המכוונת של התרכובות הקומפלקסיות בין מלחי המתכות המשמשות לציפוי לבין חומרים אורגניים נובעת מהצורך לגרום להתמוססותם המשופרת של המלחים בתמיסה המימית של אמבטי התהליך. חומרי הקומפלקסציה שהוזכרו בפרק הדן בשיטות הציפוי של המתכות, כגון EDTA, אתילן דיאמין, חומצת לימון, גלוקונט הנתרן, החומצה המלאית ועוד, גורמים לשיפור כושר הציפוי בתהליכי הייצור, אך מפריעים לתהליכי הטיפול בשפכים, בגלל הקושי שבפירוק הקשר בין מלחי המתכות הכבדות והקומפלקסנטים. לאחר פירוק הקומפלקס, כושר ההתמוססות של מלחי המתכות בתמיסה המימית יורד, דבר המאפשר שיקוע שלהן כמלחים או כהידרוקסידיים קשי תמס.

להלן מספר שיטות לטיפול בקומפלקסים :

- 4.1. העלאה ניכרת בערך האלקליות של התמיסה המימית, על מנת לגרום לפירוק הקומפלקס ושקיעת המתכת כהידרוקסיד קשה תמס.
  - 4.2. הורדת ערך ההגבה של התמיסה, על מנת לגרום לפירוקו של הקומפלקס.
  - 4.3. שיקוע באמצעות סולפט הברזל.
  - 4.4. העברת השפכים מכילי הקומפלקסים דרך ממברנות.
  - 4.5. לכידת הקומפלקסים בקולונות מחליפי יונים.
  - 4.6. שבירת הקומפלקס באמצעות אוזון.
5. זרמים המכילים מתכות כבדות הדורשות התייחסות סביבתית מיוחדת, כדוגמת קדמיום ובריליום. הטיפול בשפכים המכילים את המתכות הנ"ל ייעשה במעגל סגור, על-ידי העברת מי השטיפה דרך מחליפי יונים ושימוש חוזר במי השטיפה או על-ידי אידוי התמיסה. יישום שיטות אלה מבטיח אפס פליטה לסביבה (הערה: הטיפול המיוחד בבריליום מומלץ עקב הרגישות הציבורית ולא בגלל דרישת חוק).
6. זרמים המכילים שמנים ומוצרי נפט הצפים מעל פני המים. זרמים אלה יטופלו במפרידי שמנים הפועלים על עיקרון הפרדת הפאזות שמן-מים. נוכחותם של שמנים ומוצרי נפט במתקנים המטפלים בניטרול ציאנידים, כרומטים, קומפלקסים ושיקוע מתכות כבדות עלולה לגרום לשיבוש בתפקודן של האלקטרודות הפוקדות על תהליכים אלה, מכאן נובעת החשיבות הרבה בהפרדת זרם זה משאר הזרמים. לאחר סילוק השמנים ומוצרי נפט אחרים אפשר להזרים את התמיסה המימית נטולת השמנים להמשך טיפולי שיקוע של מתכות כבדות.
7. זרמים המכילים ממיסים אורגניים מסוכנים יטופלו במטרה לסלק מזהמים אלה לפני ערבובם עם שאר הזרמים. להלן מספר שיטות לטיפול בממיסים אורגניים מסוכנים:
- 7.1. מניעת הגעתם של הממיסים האורגניים אל הזרמים המימיים, שהוזכרו לעיל. זיהום השפכים המימיים בממיסים אורגניים מחייב טיפול יקר מאוד לסילוקם. בדומה לשמנים, גם הממיסים האורגניים גורמים לשיבוש תהליכי הטיפול בזרמים מימיים.
  - 7.2. ספיחת ממיסים אורגניים באמצעות מסננים של פחם פעיל.
  - 7.3. חמצון ממיסים וחומרים אורגניים והפיכתם לחומרים שוקעים.
- לאחר הטיפול הנפרד בשפכים המכילים ציאנידים, כרום שש-ערכי, קומפלקסים, שמנים וממיסים אורגניים וסילוק המרכיבים הנ"ל, אפשר לערבב בין הזרמים המכילים עדיין מתכות כבדות, במטרה לשקען. שיקוע המתכות הכבדות נעשה באמצעות יצירת הידרוקסידים בתגובה עם הידרוקסיד הנתרן או כסולפידים, בתגובה עם מימן גופריתי או עם סולפיד הברזל.

אפשר היה לצפות כי ביצוע מכלול כה רחב של תהליכים פיזיקו-כימיים יוליך לקבלת שפכים באיכות המאפשרת הזרמתם לביוב, אולם אין הדבר כך. היווצרותם של תרחיפים קולואידיים של מתכות כבדות, הנסחפים עם זרם השפכים, גורמת לחריגות בריכוזים המזעריים המותרים לפליטה על פי תקנות המים (מניעת זיהום מים) (מתכות ומזהמים אחרים) התשס"א-2000, כמפורט בטבלה 2.

**טבלה 2: ריכוזים מרביים של מזהמים במי שפכים על פי תקנות המים**

**(מתכות ומזהמים אחרים), התשס"א-2000**

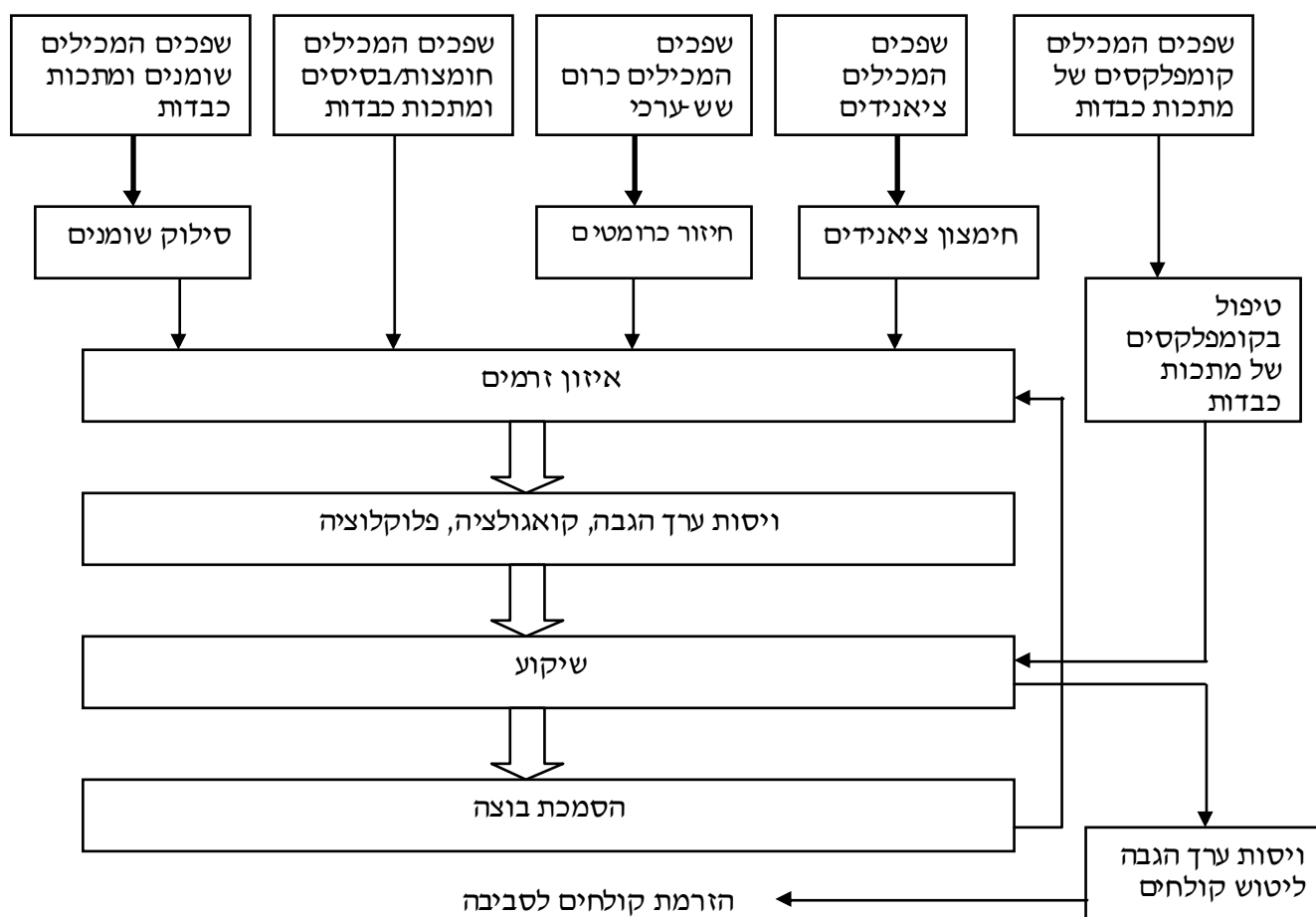
ריכוז (מיליגרם לליטר)	מזהם
0.1	ארסן
3.0 או הריכוז במים המסופקים למפעל בתוספת 3.0 מיליגרם לליטר, לפי הגבוה מבין השניים	אבץ
2.0	בדיל
25.0	חמרן (אלומיניום)
0.1	כסף
0.05	כספית
0.5	כרום שלוש-ערכי
0.1	כרום שש-ערכי
0.5	ניקל
0.15	מוליבדן
0.5	עופרת
0.1	קדמיום
1.0	קובלט
30	מוצקים מרחפים
20	שמן מינרלי
1	כלל פחמימנים הלוגניים מומסים (DOX), מבוטא ככלורידים
0.5	כלל ציאנידים
0.5	כלור חופשי
1.0 או ריכוז במים המסופקים למפעל בתוספת 1.0, לפי הגבוה מבין השניים	נחושת
1.0 או ריכוז במים המסופקים למפעל בתוספת 0.5, לפי הגבוה מבין השניים	מנגן

עקב כך, השלב הסופי בשרשרת הטיפוליים המקדמים שתוארו לעיל כרוך בתוספת חומרי קואגולציה ופלוקולציה (פיתות) לעידוד שיקועם של הקולואאידים, ובהמשך ליטוש הקולחים על-ידי העברתם דרך מסנני חול, דרך ממברנות או דרך קולונות המכילות שרפים מחליפי יונים.

הבוצה הנוצרת כתוצאה משרשרת תהליכי השיקוע מכילה מים רבים. על מנת לחסוך בעלויות הכרוכות בפינוי הבוצה לאתר מורשה, נהוג להעבירה דרך מסנן לחץ, כך שהנפח והמשקל של הבוצה קטן. התסנין מוזרם לביצוע תהליכי ניטרול חוזרים וה"עוגות" מפונות לרמת חובב.

### הטיפול בשפכים

(תרשים זרימה, המשרד לאיכות הסביבה)



### 3. פליטות לאוויר

התפקיד של מערכות היניקה המותקנות בשפת אמבטי התהליך, בתאי הצבע ובדגריזרים הוא למנוע מהאוויר המזוהם באדים, בערפילים ובחלקיקים רעילים, הנפלטים ממקורות אלה, מלהגיע אל העובדים וסביבת עבודתם הקרובה. האוויר המזוהם במלחי מתכות כבדות, בכרומטים, במלחי ציאניד, בחומצות, בבסיסים ובממיסים אורגניים מסולק דרך הארובות אל האטמוספירה, באמצעות מפוחי מערכות היניקה והצנרת המוליכה את האוויר המזוהם אליהן. על מנת למנוע את זיהום הסביבה, מערכות סינון האוויר מתוכננות להבטיח פליטות נמוכות מהערכים שנקבעו באמנה ליישום תקנים בדבר פליטת מזהמים לאוויר, שנחתמה בין המשרד לאיכות הסביבה והתאחדות התעשיינים בישראל. הערכים שבאמנה מתבססים על התקן הגרמני 86Ta-luft. המזהמים מחולקים לארבעה סוגים, על פי התכונות הכימיות והפיזיקליות שלהם: 1. חומרים אורגניים נדיפים, 2. חומרים אנאורגניים גזיים, 3. חומרים אנאורגניים בצורת חלקיקים, 4. חומרים מסרטנים. ככל שהמזהמים הנפלטים דרך הארובות לאטמוספירה רעילים יותר, הערכים המותרים לפליטה נמוכים יותר. עקב כך החומרים מסווגים בקבוצות א', ב', ג' ו-ד', כאשר בקבוצה א' החומרים הרעילים ביותר. הערכים הנמדדים והקובעים הם קצב הפליטה של המזהם (משקל בקילוגרם או בגרם של מזהם הנפלט במשך שעה אחת דרך ארובת מערכת היניקה) והריכוז של אותו המזהם באוויר הנפלט (המבוטא ביחידות של מיליגרם מזהם ליחידת נפח של מטר מעוקב).

בטבלאות 3-6 דוגמאות של חומרים העלולים להיפלט דרך ארובות מערכות היניקה לאחר שימוש בתעשיית הטיפול בפני שטח של מתכת בשיטות כימיות, הערכים המותרים לפליטה שנקבעו באמנה.

**טבלה 3: דוגמאות של תקני פליטה מותרת עבור חומרים מסרטנים**

שם החומר	קבוצת סיווג	קצב פליטה מותר (גרם/שעה)	ריכוז מותר באוויר הנפלט (מ"ג/מ"ק)
בריליום ותרכובות בריליום, מחושב כ-Be	א	0.5	0.1
ארסן תלת-חמצני, ארסן חמש-חמצני, חומצה תת-ארסנית ומלחיה, חומצה ארסנית ומלחיה, במקטע ננשם, מחושב כ-As	ב	5	1
תרכובות כרום שש-ערכי במקטע בר נשימה, לרבות סידן כרומטי, סטרונציום כרומטי ואבץ כרומטי, מחושב כ-Cr	ב	5	1
קובלט בצורת חלקיקים ברי נשימה, אווירוסולים של קובלט מתכתי ומלחי קובלט קשי תמס, מחושב כ-Co	ב	5	1
ניקל בצורת חלקיקים ברי נשימה, אווירוסולים של ניקל מתכתי, ניקל גופרי ועפרות פיריות, ניקל ארבע-קרבוניל, מחושב כ-Ni.	ב	5	1
אפיכלורוהידרין (משמש כמרכיב בצבעים ובשרפים אפוקסיים)	ג	25	5

**טבלה 4: דוגמאות של תקני פליטה מותרת עבור חלקיקים אנאורגניים מסוכנים**

ריכוז מותר באוויר הנפלט (מ"ג/מ"ק)	קצב פליטה מותר (גרם/שעה)	קבוצת סיווג	שם החומר
0.2	1	א	קדמיום ותרבות קדמיום, מחושב כ-Cd
1	5	ב	ארסן ותרבות ארסן, פרט לתרכובות הארסן שצוינו כמסרטנות בטבלה 1, מחושב כ-As.
1	5	ב	קובלט ותרבות קובלט, פרט לתרכובות הקובלט שצוינו כמסרטנות בטבלה 1
1	5	ב	ניקל ותרבות ניקל, פרט לתרכובות ניקל שצוינו כמסרטנות בטבלה 1, מחושב כ-Ni
5	25	ג	כרום ותרבות כרום, פרט לתרכובות הכרום שצוינו כמסרטנות בטבלה 1, מחושב כ-Cr.
5	25	ג	נחושת ותרבות נחושת, מחושב כ-Cu
5	25	ג	עופרת ותרבות עופרת, מחושב כ-Pb
5	25	ג	מנגן ותרבות מנגן, מחושב כ-Mn
5	25	ג	פלטינה ותרבות פלטינה, מחושב כ-Pt
5	25	ג	רודיום ותרבות רודיום, מחושב כ-Rh
5	25	ג	בדיל ותרבות בדיל, מחושב כ-Sn
5	25	ג	ואנאדיום ותרבות ואנאדיום, מחושב כ-V

**טבלה 5: דוגמאות של תקני פליטה מותרת עבור חומרים אנאורגניים גזיים**

ריכוז מותר באוויר הנפלט (מ"ג/מ"ק)	קצב פליטה מותר (גרם/שעה)	קבוצת סיכון	שם החומר
1	10	א	פוסגן (עלול להיווצר כתוצאה מחימום יתר של הפחמימנים המוכלרים בדגריזר)
5	50	ב	חומצה הידרופלואורית
5	50	ב	חומצה הידרוציאנית
5	50	ב	כלור גזי
30	300	ג	חומצת מלח ותרבות כלור, מחושב כ-HCl
30	300	ג	אמוניה
500	5000	ד	תחמוצות חנקן, מחושב כ-NO <sub>2</sub>
500	5000	ד	תחמוצות גופרית, מחושב כ-SO <sub>2</sub>

**טבלה 6 : דוגמאות של תקני פליטה מותרת עבור ממיסים אורגניים נדיפים**

שם החומר	קבוצת סיווג	קצב פליטה מותר (גרם/שעה)	ריכוז מותר באוויר הנפלט (מ"ג/מ"ק)	שימושים
כלורופורם	א	100	20	ניקוי חלקים עדינים
קרזולים	א	100	20	הסרת צבע
חומצה פורמית	א	100	20	הסרת צבע
מתיל כלורופורם (גינקלין)	ב	2,000	100	ניקוי מתכות (אסור לשימוש עקב פגיעתו בשכבת האוזון)
טולואן	ב	2,000	100	ניקוי מתכות, מדלל צבע
קסילנים	ב	2,000	100	ניקוי מתכות, מדלל צבע
טריכלוראתילן	ב	2,000	100	דגריזרים
פרכלוראתילן	ב	2,000	100	דגריזרים
אצטון	ג	3,000	150	ניקוי מתכות, מדלל צבע
כהלים אלקיליים	ג	3,000	150	ניקוי מתכות
אתיל אצטט	ג	3,000	150	מדלל צבע
מתיל-אתיל-קטון	ג	3,000	150	ניקוי מתכות
מתילן כלוריד	ג	3,000	150	דגריזרים



## מקורות מידע לפרק הרביעי

1. צמצום מפגעים סביבתיים מתעשיית ציפוי מתכות, הטיפול בתהליך הייצור, האגף למים ולנחלים, המשרד לאיכות הסביבה, ירושלים, תשנ"ח-1998.
2. צמצום מפגעים סביבתיים מתעשיית ציפוי מתכות, הטיפול בשפכים, האגף למים ולנחלים, המשרד לאיכות הסביבה, ירושלים, תשנ"ה - 1995.
3. Illinois Waste Management and Research Center, Metal Finishing Industry,  
[http://www.wmrc.uiuc.edu/main\\_sections/info\\_services/library\\_docs/manuals/finishing/toc1.htm](http://www.wmrc.uiuc.edu/main_sections/info_services/library_docs/manuals/finishing/toc1.htm) (Accessed: May 15, 2005)
4. <http://www.svi.va.gov.il> (Accessed Sept. 2005).
5. Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice, 25<sup>th</sup> Edition, 2004, ACGIH Worldwide, Signature Publication, <http://www.acgih.org>

## **פרק חמישי: תקנות וחוקים הנוגעים לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות**

בפרק זה הסברים קצרים על עיקרי הדרישות שבתקנות ובחוקים הישראליים הנוגעים לטיפול בפני שטח של מתכות.

1. תקנות הבטיחות בעבודה בישראל מתייחסות באופן ישיר למספר כימיקלים המשמשים בתהליכי הטיפול בפני השטח של המתכות:

- א. עופרת מתכתית, תרכובות עופרת אנאורגניות (ותרכובות עופרת אורגניות - טטרה אתיל עופרת וטטרה מתיל עופרת, אשר אינן משמשות לטיפול בפני שטח של מתכות).
  - ב. כספית מתכתית, תרכובות אנאורגניות של כספית (ותרכובות אורגניות של כספית - תרכובות אלקיל ואריל של כספית, שאינן משמשות לטיפול בפני שטח של מתכות).
  - ג. תרכובות אורגניות ואנאורגניות של ארסן (זרניך) וארסין גזי (שאינו משמש לטיפול בפני שטח של מתכות).
  - ד. קדמיום ותרבותיו.
  - ה. כרום תלת-ערכי ותרבותיו האנאורגניות, תרכובות של כרום שש-ערכי מסיסות ובלתי מסיסות במים, כרוםט האבץ, כרוםט העופרת, כרוםט הסידן וכרוםט הסטרונציום.
  - ו. ניקל מתכתי ותרבותיו המסיסות והבלתי מסיסות במים (וקרבוניל הניקל, שאינו משמש לטיפול בפני שטח של מתכות).
  - ז. קובלט ותרבותיו האנאורגניות וקרבוניל הקובלט, (שאינו משמש לטיפול בפני שטח של מתכות).
  - ח. בריליום ותרבותיו.
  - ט. מתכות קשות (קובלט, ניקל וטונגסטן).
  - י. טולואן, קסילן וסטירן (הטולואן והקסילן משמשים כחומרים לניקוי מתכות או כמדללים בצבעי מתכות).
  - יא. ממיסים פחמימניים הלוגניים.
- טריכלורואתילן ופרכלורואתילן, המשמשים כחומרי ניקוי של מתכות בדגריזרים.  
- 1,1,1 טריכלורואתן (המכונה גם ג'נקלין), ששימש בעבר כחומר ניקוי מתכות בדגריזר. השימוש בחומר זה נאסר בגלל פגיעתו בשכבת האוזון.  
יב. איזוציאנטים (משמשים כמרכיבים בצבעים ובשרפים פוליאוריטניים).

תקנות אלו קובעות מה הם תנאי העיסוק על מנת להגדיר עובד כעובד בחומר מסוים לצורך פיקוח (רמת החשיפה, תקופת העסקה שנתית, ביצוע תהליכים מיוחדים ועוד),

ערכי חשיפה מרבית מותרת, היקף בדיקות רפואיות, הגבלות רפואיות ותנאי בטיחות וגיהות. רמות חשיפה מרביות ותכונות מסרטנות של חלק מהחומרים לעיל ושל חומרים נוספים הוצגו בטבלאות 4 ו-5 בפרק "המתכות ותרבותיהן", תוך השוואתם לערכים שנקבעו על-ידי ארגונים ורשויות במדינות אחרות.

2. תקנות ארגון הפיקוח על העבודה (מסירת מידע והדרכת עובדים), התשנ"ט-1999 מחייבות הדרכת העובדים בנוגע לסיכוני הכימיקלים והתהליכים המתבצעים באמצעותם, הצגת התוצאות של הבדיקות הסביבתיות-תעסוקתיות והבדיקות הרפואיות בפני העובדים, שילוט אתר העבודה בשלטי אזהרה ועוד.

3. תקנות הבטיחות בעבודה (גיליון בטיחות), התשנ"ח - 1998. תקנות אלו, שנחתמו על-ידי שר העבודה והרווחה והשר לאיכות הסביבה, מחייבות כל יצרן, יבואן, סוכן או משווק של חומר מסוכן לצרף אליו גיליון בטיחות, וכל מחזיק במקום עבודה מחויב להחזיק ברשותו גיליון בטיחות של חומר מסוכן שמקום העבודה עוסק בו, ולהדריך את העובדים לגבי תוכנו של הגיליון. גיליון הבטיחות מכיל מידע בדבר זיהוי החומר, מרכיביו והסיכונים הנובעים ממנו, הוראות עזרה ראשונה, נהלי כיבוי אש, אמצעי זהירות שיש לנקוט בטיפול בו, דרכים נכונות לטיפול ואחסנה, אמצעים לצמצום חשיפה ומיגון אישי, מידע בדבר תכונותיו של החומר, התנהגותו בסביבה, דרכי שינועו ודרכי סילוקו, מידע בענייני חקיקה ותקינה רלוונטיים ומידע רלוונטי נוסף, אם קיים.

4. חוק החומרים המסוכנים, התשנ"ג-1993. בתוספת הראשונה של חוק זה רשומות רוב המתכות הרעילות המשמשות לציפוי או העוברות טיפולי פני שטח בשיטות כימיות: אלומיניום, כרום, קובלט, נחושת, זהב, אינדיום, מנגן, מוליבדן, ניקל, פאלאדיום, פלטינה, רודיום, כסף, בדיל, טיטניום, טונגסטן, אבץ וצירקוניום. בתוספת השנייה רשומות התרכובות הכימיות של המתכות לעיל, ובנוסף הבריליום ותרבותיו, הקדמיום ותרבותיו, העופרת ותרבותיה, המגן ותרבותיו, תרכובות מוליבדן, תרכובות ניקל, תרכובות צירקוניום ואבקת מתכות. בתוספת השנייה רשומים גם שאר הכימיקלים המשמשים את התהליכים לטיפול בפני שטח של מתכות: הציאנידים, החומצות, הבסיסים, הממיסים האורגניים המשמשים לניקוי פני השטח של המתכות והצבעים. חוק החומרים המסוכנים מגדיר כ"חומר מסוכן" כל רעל או כימיקל מזיק. בעוד שמתכות רבות מוגדרות כ"כימיקל מזיק", התרכובות הכימיות שלהן והאבקות של כל המתכות מוגדרות כ"רעל".

חוק החומרים המסוכנים מחייב קבלת היתר רעלים בעבור כל החומרים המשמשים לטיפול בפני שטח של מתכות.

5. תקנות החומרים המסוכנים (אמות מידה לקביעת תוקף ההיתר), התשס"ג-2003. מטרתן של תקנות אלו לקבוע אמות מידה למשך תוקפם של ההיתרים. תוקף היתר הרעלים נקבע לשנה, לשנתיים או לשלוש שנים ויותר, על פי דרגת הסיכון שנקבעה בקבוצות החומרים המסוכנים. קבוצות החומרים המסוכנים נקבעו בפרסום של ארגון האומות המאוחדות, הידוע גם כ"הספר הכתום".
6. תקנות החומרים המסוכנים (יישום פרוטוקול מונטריאול בעניין חומרים הפוגעים בשכבת האוזון), התשס"ד-2004. מטרת תקנות אלו ליישם את הוראות פרוטוקול מונטריאול, שישראל צד לו, על ידי הגבלות הייצור, הצריכה, היבוא והיצוא של חומרים מפוקחים בשל הפגיעה שהם גורמים לשכבת האוזון הסטרטוספירית. מהתקנות ניתן לקבוע באיזה חומרי ניקוי אפשר עדיין להשתמש לניקוי פני שטח של מתכות ועד מתני. השימוש ב-1,1,1-טריכלורואתן, המכונה גם ג'ינקלין, אסור על פי תקנה זאת.
7. צו החומרים המסוכנים (איגרת היתר רעלים), התשנ"ז 1997. הצו קובע את עלות האגרה להיתר הרעלים שתוקפו שנה, שנתיים או שלוש. צו זה הוזכר על מנת להדגיש את המורכבות בריבוי התקנות והחוקים הנוגעים לחומרים מסוכנים.
8. חוק ההתגוננות האזרחית, התשי"א-1951 ותקנות ההתגוננות האזרחית (חומרים מסוכנים), התשנ"ב-1991. על מנת לקבל הנחיות מפקוד העורף לגבי הטיפול במלאי החומרים המסוכנים בעת הכרזה על מצב הכן, בשעת התקפה ובתקופת קרבות, המפעלים העוסקים בטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות חייבים לדווח לרשות זאת פרטים על החומרים ועל אמצעי האחסון במפעל. הטפסים עם רשימות הכימיקלים הנמסרים למשרד לאיכות הסביבה על מנת לקבל היתר רעלים מקובלים גם על-ידי פיקוד העורף כטפסים שבאמצעותם אפשר לערוך את הדיווח השנתי.
9. תקנות המים (מניעת זיהום מים) (איסור הזרמת תמלחת למקורות מים), התשנ"ח-1998. התקנות מתייחסות לתמלחות שמקורן ברענון מחליפי יונים או בתהליכי ייצור בתעשיית מזון, בורסקאות וטקסטיל. המפעלים העוסקים בטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות יוצרים תמלחת עקב הפעלתן של המערכות להכנת מים נטולי יונים ("דיונים"). התקנות מחייבות הפרדה בין הזרמים של שפכי המפעל באופן המבודד את התמלחות משאר השפכים והן אוסרות הזרמת תמלחות לסביבה או למערכות הביוב שאינן מזרימות שפכים או קולחים לים. השפכים שמקורם ברענון מחליפי יונים מוגדרים "תמלחת" כאשר כמותם עולה על 3 טונות כלורידים או 2 טונות נתרן לשנה למתקן. הפתרון לסילוק תמלחות על פי התקנות הוא הזרמתן ישירות לים או למערכת ביוב המסלקת שפכים לים.

10. תקנות רישוי עסקים (ריכוזי מלחים בשפכים תעשייתיים), התשס"ג-2003.  
תקנות אלו מגבילות את הריכוזים של הכלורידים (430 מג"ל), הנתרן (230 מג"ל) הפלואורידים (6 מג"ל) והבורון (1.5 מג"ל), על מנת לאפשר שימוש בקולחים של מתקני טיפול להשקיה חקלאית או להחדרה תת-קרקעית. מפעל המטפל בפני שטח של מתכות נדרש לעמוד בערכים אלה, אולם אם קיימת סכנה ממשית לזיהום מקורות המים באזור הימצאות המפעל, התקנה מחמירה כלהלן:  
- כלורידים: 100 מג"ל מעל ריכוז הכלורידים במים המסופקים למפעל.  
- נתרן: 65 מג"ל מעל ריכוז הנתרן במים המסופקים למפעל.  
- פלואורידים: 3 מג"ל.  
- בורון: 0.75 מג"ל.

11. תקנות רישוי עסקים (סילוק פסולת חומרים מסוכנים), התשנ"א-1990. התקנות מגדירות כחומר מסוכן חומר בעל מספר או"מ כמפורט ב"ספר הכתום", ומחייבות סילוק פסולת חומרים מסוכנים בהקדם האפשרי ולא יותר מתום שישה חודשים ממועד היווצרותה. סילוק הפסולת ייעשה לאתר אחסון או מיחזור מורשה על-ידי הרשויות.

12. תקנות רישוי עסקים (מפעלים מסוכנים), התשנ"ג-1993. התקנה מגדירה "חומר מסוכן" חומר בכל מצב צבירה, שהוא בעל מספר או"מ, כמפורט ב"הספר הכתום". כמפעל מסוכן נחשב עסק טעון רישוי כמשמעותו בחוק, שבו מאחסנים, מעבדים או מייצרים חומרים מסוכנים או פסולת של חומרים כאלה. חוק זה מתאים גם למפעלים העוסקים בטיפול בפני שטח של מתכות ומחייב נקיטת כל האמצעים הדרושים לטיפול בחומרים מסוכנים, לפי מיטב הידע והטכנולוגיות המקובלות ובכפוף להוראות היצרן, לרבות אמצעים למניעת תקריות ולטיפול בהן. "תקרית" לענין מפעל מסוכן כוללת דליפה, שפך, פיזור או דליקה של חומר מסוכן שלא בתהליך הייצור או העיבוד הרגילים. המפעלים העוסקים בטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות מחויבים על פי תקנה זאת להכין ולהחזיק תיק מפעל לטיפול במקרי תקלות ותקריות העלולות להתרחש עקב תפעול המפעל והעלולות להוות סכנה לבני אדם ולסביבה.

13. "תקנות המים (מניעת זיהום מים) (ערכי הגבה של שפכי תעשייה) התשס"ד-2003". מטרתן של תקנות אלה להבטיח איכות נאותה של הסביבה ומניעת זיהום מקורות מים כתוצאה מהשפעות מאכלות (קורוזיות) של שפכי תעשייה, וזאת על ידי קביעת ערכי ההגבה שלהם (ערך הגבה - מדד לריכוז יוני המימן בתמיסה, pH). התקנות קובעות, כי המפעלים המטפלים בפני שטח של מתכות באמצעות חומצות ובסיסים לא יזרימו לביוב שפכים שערך ההגבה שלהם נמוך מ-6.0 או גבוה מ-10.0.

14. תקנות המים (מניעת זיהום מים) (מתכות ומזהמים אחרים), התשס"א-2000. תקנה זאת מתייחסת באופן ישיר וקולע להיבטים הסביבתיים בתעשיית הטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות.

14.1. מטרת התקנה להגן על מקורות המים ממתכות וממזהמים אחרים, זאת על-ידי צמצום כמויות השפכים המוזרמים והגבלת ריכוז המזהמים בהם. יש להבין כי הקמת מתקן ניטרול המצליח להזרים שפכים מטופלים באיכות טובה אל הסביבה פותר את בעיית זיהום מקורות המים באופן חלקי בלבד, אם לא נעשים במקביל מאמצים נוספים לצמצום בנפח ובכמות השפכים הנושאים את המזהמים הללו. מפעל שלא מסוגל להאריך את חיי התמיסות המרוכזות באמבטי התהליך יגרום להצפת האתר ברמת חובב בפסולת רעילה ויחייב את האתר לרכוש חומרים רעילים נוספים, הנחוצים לניטרול הפסולת הרעילה המקורית.

14.2. המפעלים שאליהם מתייחסת התקנה הם אותם המפעלים המבצעים את

התהליכים הכימיים באמצעות החומרים המסוכנים המוזכרים בעבודה זאת:

- ניקוי פני שטח של מוצר, תוך גרימת היווצרות שפכים המכילים חומצות, חומרים אלקליים, דטרגנטים, מלחי ציאניד ומתכות כבדות.

- ציפוי פני שטח של מתכות באופן כימי ואלקטרוכימי.

- טיפול למניעת קורוזיה של מוצר בין אם הוא מתכתי ובין אם לא, והקניית גוון על גבי שטח פנים של מוצר.

- ייצור מעגלים מודפסים.

- צביעה, ציפוי בלכה וציפוי באמאיל.

14.3. התקנה מגדירה "מאצרה" כאמצעי קיבול שמוצב בתוכו מיכל למניעת דליפות

ממנו (מיכל – לענייננו אמבט תהליך).

14.4. מתקן קדם - טיפול מוגדר "מתקן", על כל מרכיביו השונים, שבו מטופלים שפכי מפעל לפני סילוקם ממנו, כולל מתקן לטיפול בבוצה. על מנת להבין את דרישות התקנה המפורטות בהמשך, להלן עיקרון בסיסי על פיו פועל מתקן קדם-טיפול או מתקן ניטרול טיפוסי:

א. למתקן תאי ניטרול של שפכים המכילים מלחי ציאניד. השפכים (מי השטיפה של

החלקים שהוצאו מתוך תמיסות של מלחי ציאניד מרוכז) מנותבים אל תא שבו

מעלים את ערך ההגבה לכ-11 pH בפיקוח של אלקטרודת הגבה ולאחר מכן לחמצון

מלחי הציאנידים לציאנטים בפיקוח אלקטרודת חמצון-חיזור. אלקטרודות אלו

פוקדות על משאבות המינור להזרמת הידרוקסיד הנתרן הנחוץ לתיקון ערך ה-pH

והיפוכלורית הנתרן לחמצון הציאניד. תהליך החמצון מסתיים בתא נוסף, בו מלחי

הציאנט מפורקים לכלוריד הנתרן וגזי חנקן ודו תחמוצת הפחמן ב-0.5-8.0 pH.

ב. תא ניטרול של שפכים המכילים כרום שש-ערכי. גם במקרה זה יש צורך להוריד את ערך ההגבה באמצעות חומצה בפיקוד אלקטרודת הגבה ולאחר מכן לחזר את הכרום השש-ערכי לתלת ערכי באמצעות ביסולפיט הנתרן בפיקוד אלקטרודת חמצון-חיזור. גם במקרה זה הזרמת הריאגנטים נעשית באמצעות משאבות מינון.

ג. לאחר חמצון הציאנידים וחיזור הכרומטים מוזרמים השפכים לתא שיקוע, שם פוגשים שפכים נוספים המכילים מתכות כבדות. השיקוע מתאפשר על-ידי תיקון ערך ההגבה בתא השיקוע בפיקוד אלקטרודת הגבה.

ד. מסנן לחץ, שדרכו מעבירים את המשקעים ששקעו בתא השיקוע במטרה להקטין את נפחם. ה"עוגות" מועברות לרמת חובב והתסנין לניטרול חוזר.

ה. מהאמור לעיל אפשר להסיק, כי במתקן ניטרול קיימים אבזרים חיוניים להפעלתו, כגון אלקטרודות הגבה, אלקטרודות חמצון-חיזור, משאבות מינון ריאגנטים המופעלות בפיקוח האלקטרודות הנ"ל ומשאבות להעברת השפכים אל תאי הניטרול ומתא לתא.

14.5. התקנה אוסרת מיהול השפכים בשפכים אחרים או במים, במטרה להקטין את ריכוז המזהמים בשפכים ומחייבת נקיטת כל האמצעים להפחתת כמויות השפכים והסחף (אם נערבב מטר מעוקב של שפכים המכילים 1.2 מג"ל כרום כללי עם מטר מעוקב של שפכים המכילים 1.0 מג"ל ניקל, נקבל 2 מטר מעוקב של תמיסה, המכילה 0.6 מג"ל כרום ו-0.5 מג"ל ניקל, והריכוזים הנ"ל נחשבים כתקינים! וזאת בדיוק מה שהתקנה אוסרת!). כתוצאה מהקטנת כמויות הסחף נחסכים חומרי גלם, מי שטיפה, עומסים על מתקני הניטרול וכמויות הבוצה הרעילה הנוצרת במתקנים אלה.

14.6. התשתיות שהתקנה מחייבת אמורות להבטיח שיפורים סביבתיים ובטיחותיים גם יחד: א. קווי הייצור ומתקני הניטרול ימוקמו במבנים מקורים. קיום דרישה זו מבטיח: - מניעת שטיפתם של המשטחים המזוהמים בכימיקלים על-ידי מי הגשמים. - מניעת התבלות מהירה של ציוד המכיל כימיקלים מסוכנים בהשפעת קרני השמש. - תנאי עבודה נוחים לעובדים.

- מניעת הפרעה של רוחות חיצוניות למערכות היניקה והאוורור.

ב. אמבטי התהליך המכילים תמיסות מרוכזות ימוקמו מעל מאצרות בעלות נפח העולה ב-10% על נפח האמבט הממוקם מעליה.

ג. המאצרות והרצפות יצופו בחומרים עמידים בפני הכימיקלים המשמשים את תהליכי הייצור, על מנת למנוע קורוזיה וחלחול לקרקע.

ד. אין למקם במשותף מעל אותה מאצרה אמבטי תהליך המכילים תמיסות אסורות למגע ביניהן, כגון תמיסות חומציות עם תמיסות ציאנידיות או תמיסות חומציות עם

תמיסות אלקליות. לדרישה זאת היבט בטיחותי מובהק.

ה. אמבטי התהליך יהיו מוגבהים באופן המאפשר מעקב אחר דליפות, היווצרות

סדקים, חורים וטפטופים. גילוי מוקדם של תקלות מהסוג הנ"ל יאפשר ביצוע תחזוקה

מונעת מבעוד מועד וימנע תקריות חמורות בעתיד.

ו. רצפת אולם הייצור תהיה עמידה בפני קורוזיה ואטומה לחלחול. שיפועי הרצפה יבטיחו הפרדה בין טפטופים ושפך חומצי לבין טפטופים ושפך של תמיסות המכילות מלחי ציאניד. ניתוב התעלות הקולטות את טפטופי הרצפה אל מתקן הניטרול יהיה על פי אופי המזהמים, כך ששפכים המכילים ציאנידים לא יוזרמו מהרצפה אל התא במתקן הניטרול המטפל בכרומטים או בתא המטפל בתיקון ערכי הגבה. לדרישה זאת השלכה בטיחותית וסביבתית חשובה מאוד: הגעת התכולה של אמבט המכיל ציאניד מרוכז דרך שיפועי הרצפה לתא המטפל בכרומטים או בתיקון ערכי ההגבה עלולה להביא לסיכון חמור, כיוון שהיא תגרום לאלקטרודות ההגבה לפקוד על הזרמת חומצה מעל התמיסה הציאנידית, משום שרוב התמיסות הציאנידיות הן בעלות אופי בסיסי.

ז. הצינורות המוליכים את השפכים אל התאים השונים במתקן הניטרול יהיו קבועים ועמידים בפני קורוזיה. הצנרת תהיה עילית או תונח בתעלת בטון מצופה בחומר עמיד בפני קורוזיה או בתוך צינור המאפשר מעקב לגילוי דליפות (הערה: מומלץ כי כל הצנרת תשולט בהתאם לסוג הנוזל המועבר דרכה וכיוון זרימתו).

ח. בין אמבטי התהליך בקו הייצור יותקנו אמצעים למניעת טפטוף נוזלים בעת העברת החלקים מאמבט לאמבט. לדרישה זאת חשיבות להקטנת הסחף מאמבט אחד לשני או מהאמבט אל הרצפה.

14.7. מערכות שטיפה. כאמור, אין די בטיפול בשפכים ובהבאתם לטיב המאפשר הזרמתם לסביבה על סמך ריכוז המזהמים בלבד. יש לצמצם ככל האפשר את כמויות מי השטיפה המוזרמים אל מתקן ניטרול.

בתהליך השטיפה מסולקים המזהמים מפני השטח של החלקים על-ידי טבילתם באמבטי שטיפה או באמצעות ריסוס החלקים במים מעל או בתוך אמבט השטיפה. על מנת לצמצם את הסחף של חומרי הגלם מומלץ לאפשר טפטוף חומרי הגלם בחזרה לאמבט התהליך, על-ידי השארת החלקים תלויים מעליו זמן ממושך יותר. בשיטה אחרת משתמשים בריסוס אוויר מעל פני החלקים המזוהמים ואיסוף הטיפות באמבט שמעליו מתבצעת התזת האוויר.

התקנה מחייבת שטיפת חלקי המתכת לאחר טיפול פני שטח באמבט מרוכז באחת מהשיטות להלן:

א. מערכת שטיפה נגדית המורכבת משלושה שלבי שטיפה נפרדים. תהליך השטיפה הנגדית ("קסקדית") מתבצע בכמה שלבים, שבהם עוברים החלקים הנשטפים מאמבט שטיפה אחד לאמבט שטיפה אחר, כאשר מי השטיפה מוזרמים בכיוון ההפוך לכיוון העברת החלקים.

ב. מערכת שטיפה נגדית המורכבת משני שלבי שטיפה נפרדים ועוד שלב שטיפה נוסף, שבו ימוחזרו מי השטיפה.



- 14.8. התקנות מחייבות התקנת מערכות בקרה לכמויות המים המשמשים לשיטה באמצעות מערכת פיקוד המתואמת לכמות הייצור או כמות המים הנצרכת לשיטה. על מנת לחסוך במים, נהוג להרכיב מדי זרימת מים ומדי מוליכות, המפסיקים את הזרמת המים כאשר ריכוז המלחים במי השיטה שבאמבט נמוך, או ברזי חיסכון המאפשרים הזרמת מים רק כאשר המפעיל לוחץ על הברז.
- 14.9. על מנת להבטיח שימוש ממושך ככל האפשר בתמיסות המרוכזות שבאמבטי התהליך, מחייבת התקנה התקנת מערכות סינון, מערכות להפרדת שמנים או כל אמצעי סביר אחר להארכת החיים של התמיסות המרוכזות.
- 14.10. התקנה מחייבת הפרדת הזרמים של השפכים המכילים ציאנידים, כרום שש-ערכי, שמן מינרלי וקומפלקסים מתכתיים וטיפול בנפרד בהם.
- 14.11. הטיפול בשפכים המכילים קדמיום ייעשה בנפרד. לאחר הטיפול יכילו השפכים העוזבים את המתקן הייעודי המטפל בקדמיום פחות מ-0.1 מג"ל קדמיום.
- 14.12. על מנת לאפשר המשך ביצוע התהליכים בעת תקלה במתקן הניטרול, מחייבת התקנה מחייבת הצטיידות מבעוד מועד בחלקי חילוף מתאימים.
- משאבות מינון לכימיקלים המשמשים לניטרול.
  - אלקטרודות הגבה ואלקטרודות חמצון-חיזור.
  - משאבות מן הסוג הדרוש להעברת התמיסות בין תאי המתקן או אל המתקן.
- 14.13. על מנת לקיים בקרה על איכות הקולחים המטופלים במתקן, מחייבת התקנה התקנת מדי הגבה בתא השיקוע של המתכות הכבדות וביציאה הסופית של המתקן. אם כמות הקולחים עולה על 2 מטר מעוקב בשעה כלשהי, מחייבת התקנה גם התקנת רשמים רציפים של ערכי ההגבה. אם המתקן מטפל גם במלחי ציאניד ובכרום שש-ערכי, מחייבת התקנה התקנת רשמים של פוטנציאל חמצון-חיזור בתאי המתקן שבהם נערכים התהליכים של חמצון ציאנידים ושל חיזור כרומטים.
- 14.14. התקנה מחייבת דגימת שפכים באמצעות מעבדה מוסמכת פעמיים בשנה לפחות. ריכוזי המזהמים לא יעברו את הערכים המפורטים בטבלה 2 שבפרק הקודם - "היבטי איכות סביבה".

#### מקורות מידע לפרק החמישי

1. <http://www.sviva.gov.il> (Accessed Sept. 2005).

2. ד"ר ליאון-יהודה נעים, בדיקות רפואיות תקופתיות תעסוקתיות, המוסד לבטיחות ולגיהות, המחלקת להוצאה לאור, תשנ"ו - 1996.

## פרק שישי: תכנון תשתיות לביצוע תהליכים כימיים לטיפול בפני שטח של

### מתכות

הפרק דן בתכנון התשתיות המבטיחות תנאי בטיחות ואיכות סביבה נאותים. פרק זה מבוסס על הידע האישי והניסיון של מחבר החוברת. המתעניין בסוגי החומרים המומלצים לבינוי האבזרים הבאים במגע עם החומרים הקורוזיביים המשמשים לטיפול בפני שטח של מתכות יעיין בטבלאות 2, 3 ו-4 בפרק "חומרים משתכים (קורוזיביים)".

### 1. מיקום אתרי העבודה

- 1.1. אתרי העבודה יורחקו ככל האפשר ממשרדים וממבנים מאוכלסים בצפיפות, על מנת למנוע מהעובדים שאינם עוסקים בתהליכים כימיים מלהיות חשופים או לחשוש שהם חשופים למטרדים של חומרים מסוכנים.
- 1.2. דרכי הגישה יאפשרו תנועת רכב וציוד הצלה ופינוי נוח של מאכלסי המבנה בעת חירום.
- 1.3. אין למקם מחלקות ציפוי בסמיכות לאתרי עבודה עם חומרים דליקים או בקרבת מחסנים של חומרים דליקים. אם וכורח המציאות מחייב זאת יש לוודא מניעת התפשטות האש אל מחלקות הציפויים באמצעות קירות מעכבי אש ואמצעים מתאימים לגילוי וכיבוי אש.

### 2. בינוי

המבנים שבהם ממוקמות מחלקות הציפוי ייענו לדרישות "חוק התכנון והבנייה, תשכ"ה-1965" ולתקן הישראלי ת"י 413 של עמידות מבנים ברעידות אדמה.

### 3. מיקום אמבטי תהליך

- 3.1. אמבטי התהליך ימוקמו במאצרות נפרדות על פי אופי הכימיקלים המשמשים את קו התהליך. לא ימוקמו על מאצרה משותפת אמבטי תהליך המכילים חומצות ואמבטי תהליך המכילים בסיסים או ציאנידים. כמו כן, לא ימוקמו על מאצרה משותפת אמבטי תהליך המכילים סולפיד הנתרן ואמבטי תהליך חומציים. איסורים אלה אמורים למנוע אפשרות היווצרות החומצה מימן ציאני (HCN) או מימן גופרי ( $H_2S$ ), שהינם גזים קטלניים.
- 3.2. יש להימנע מלמקם במחלקת הציפויים אמבטי תהליך המכילים חומרים דליקים. במידת ההכרח יש להפריד בינם לבין שאר אמבטי התהליך באמצעות קירות הפרדה, המונעים התפשטות האש למשך שעותיים (אזהרה: מגע בין חומרים דליקים וחומרים מחמצנים, כגון כרומטים, עלול לגרום להתלקחות ספונטנית).

- המכסים של אמבטי התהליך המכילים חומרים דליקים יצוידו במנגנון מיוחד, שיגרום להם להיסגר מעצמם אם וכאשר החום בקרבנם עולה מעל סף שנקבע מראש.
- 3.3. דגריזרים המכילים פחמימנים מוכלרים ימוקמו במאצרה נפרדת.
- 3.4. אין למקם אמבטי תהליך במקומות שבהם מערבולות אוויר ורוחות עלולות להפריע לפעולה תקינה של מערכות היניקה.

#### 4. מאצרות

- 4.1. המאצרות ייבנו מבטון מצופה חומר עמיד בפני חלחול כימיקלים המשמשים את התהליכים. אם נפח אמבטי התהליך קטן, אפשר למקמם מעל מגשים מפלסטיק (או מפת, כאשר מדובר בחומרים דליקים), שימשו כמאצרה.
- 4.2. נפח המאצרה יהיה גדול ב-10% מנפח האמבט הגדול ביותר הממוקם במאצרה.
- 4.3. יש לקחת בחשבון אפשרות ניקוז המאצרות אל התאים המתאימים במתקן הניטרול המשרת את מחלקת הציפויים, באמצעות צנרת וברזים, על מנת להקל את תהליך הטיפול במקרה של תקלה או כאשר נוצר הצורך בשיטפת המאצרות. כך למשל, אפשר לנקז את המאצרה שמעליה ממוקמים אמבטי התהליך המכילים כרומטים וחומצות אל תא הניטרול של הכרומטים במתקן הניטרול. העברת תכולת המאצרה אל התא המתאים במתקן הניטרול תתאפשר על-ידי פתיחת ברז.
- 4.4. אין למקם דגריזרים המכילים פחמימנים מוכלרים במאצרה משותפת עם אמבטי תהליך אחרים. אין לנקז את מאצרת הדגריזרים אל תאי מתקן הניטרול.
- 4.5. יש לשקול התקנת גלאי נוזלים בתוך המאצרות, שיתריעו אל יחידת הכיבוי המפעלית ולטלפונים הניידים של בעלי התפקידים במקרה שגובה הנוזל במאצרה עולה מעל מפלס שנקבע מראש. כיוון שהמאצרות עלולות להתמלא במים הגולשים מאמבטי השטיפה, הגלאי יגרום גם לסגירת הברז הראשי של קו המים המספק מי שטיפה לאמבטי השטיפה.

#### 5. רצפת מחלקת הציפויים

- 5.1. רצפת מחלקת הציפויים תצופה בחומר המונע חלחולם לקרקע של החומרים המשמשים בתהליכים.
- 5.2. מכיוון שאמבטי התהליך ממוקמים מעל מאצרות נפרדות, על פי אופי החומרים המותרים למגע ביניהם, אין אפשרות שבמאצרה מסוימת או על הרצפה ייפגשו שפכים האסורים למגע ביניהם. עקב כך אפשרי לנקז את נוזלי הרצפה אל בור איסוף יחיד. השפכים הנוצרים בעת שטיפת הרצפה ייאספו בבור זה ויפונו כפסולת רגילה או רעילה, על פי תוצאות האנליזה שתבצע במעבדה הכימית המשרתת את מחלקת הציפויים.

- 5.3. יש לתכנן את גיאומטרית אמבטי התהליך והמאצרות באופן המאפשר לטפטופים הנוצרים בעת העברת החלקים מאמבט לאמבט לזרום בחזרה אל אמבט התהליך או אל המאצרה, אולם לא על רצפת מחלקת הציפויים.
- 5.4. יש למנוע החלקת עובדים על-ידי התקנת משטחי דריכה או הדבקת סרטים מונעי החלקה. חספוס משטח הרצפה עלול לגרום להצטברות זיהומים ומשום כך שיטה זאת אינה מומלצת כפתרון למניעת החלקת עובדים (ככל שהרצפה חלקה יותר כך נוח יותר לנקותה).

## 6. מילוי וריקון אמבטי תהליך

- 6.1. יש להתקין צנרת וברזים מתאימים למילוי או לריקון אמבטי התהליך.
- 6.2. הצנרת תהיה קשוחה, קבועה וגלויה באופן המאפשר בדיקתה ותחזוקתה.
- 6.3. הברזים והצנרת יסומנו בהתייחס לסוג הנוזל וכיוון זרימתו.
- 6.4. ריקון אמבטי התהליך ייעשה אל מיכלי אגירה הממוקמים מחוץ למחלקה. צנרת הריקון תהיה קבועה, קשיחה וגלויה באופן המאפשר את בדיקתה ותחזוקתה. ריקון אמבט התהליך יתאפשר על-ידי פתיחת שני ברזים. יש לברר אפשרות העברת התמיסות המשומשות ישירות ובאופן מבוקר אל התאים המתאימים במתקן הניטרול המחלקתי.
- 6.5. המשאבות המשמשות לריקון ולמילוי יהיו מתאימות לסוג התמיסה. שימוש במשאבה בה עקבות תמיסה אסורה למגע עם התמיסה המועברת, עלול לגרום לתקרית חמורה.
- 6.6. אין למלא את אמבטי התהליך יתר על המידה, על מנת למנוע שפך נוזלים בעת הכנסת החלקים.

## 7. מיקום מכלי אגירה

- 7.1. אם לא קיימת אפשרות להזרים את השפכים של אמבטי התהליך ישירות למתקן הניטרול, יש להתקין מערכת צינורות וברזים לריקון אמבטי התהליך אל מכלי אגירה הממוקמים מחוץ למחלקה ומתאימים לסוג התמיסות המוזרמות אליהם. אפשרות אחרת היא התקנת ברזים וצנרת אליה תתחבר מיכלית שתשנע את הפסולת הנוזלית לאתר פסולת מורשה או למתקן מרוחק של טיפול בשפכים.
- 7.2. מיכלי האגירה יהיו בסככה מקורה מחוץ למחלקת הציפויים וימוקמו מעל מאצרות על פי קבוצות ההתאמה.
- 7.3. מותר למקם באותה סככה מיכלים המיועדים לאגירת פסולת כימיקלים ומכלים המכילים חומרי גלם מאותו סוג.
- 7.4. במידה ויש הכרח לאגור או לאחסן חומרים דליקים ופסולת של חומרים דליקים, יש למקם את סככת מכלי האגירה הרחק מכימיקלים אחרים, תוך נקיטת אמצעי

גילוי וכיבוי אש מתאימים. כמו כן יש לוודא כי המיכלים המכילים חומרים דליקים אינם ממוקמים ליד חלונות ופתחים המאפשרים חדירת האש אל בנין התהליכים במקרה של שריפה.

### 8. התקנת מערכות יניקה

הטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות מחייב שימוש במאות סוגים של כימיקלים העלולים להגיע לדרכי הנשימה של העובדים בצורת גזים, אדים ואווירוסולים טיפתיים. מערכות היניקה המותקנות בשפת אמבטי התהליך, בדגריזרים ובתאי הצבע אמורות לסלק את החומרים הרעילים ממוקד היווצרותם אל מחוץ לאולם העבודה ולהבטיח ריכוז מזהמים באוויר מתחת לרמת הפעולה (מחצית ערך ה-TLW-TLV). כאשר מדובר גם בחומרים דליקים, מתפקידן של מערכות היניקה למנוע מריכוז האדים הדליקים מלהגיע ל-10% מערך גבול הנפיצות התחתון (LEL). ככל שהחומרים המסולקים באמצעות מערכת היניקה מסוכנים יותר, כך קצבי היניקה הנדרשים על מנת שהמערכות יעמדו במשימות הנ"ל גבוהים יותר. קצבי היניקה הנדרשים תלויים במשתנים אלה:

א. תכונות הרעילות וההתלקחות של המזהמים אותם יש לסלק באמצעות מערכות היניקה, כמפורט בטבלה 1.

טבלה 1:

**פוטנציאל הסיכון כתלות בתכונות הרעילות וההתלקחות של החומרים המסולקים באמצעות מערכות יניקה:**

פוטנציאל הסיכון	תחומי TLV-TWA עבור אדים וגזים (חל"מ)	תחומי TLV-TWA עבור אבק או אווירוסול טיפתי (מ"ג/מ"ק)	תחומי נקודת הצתה (C <sup>0</sup> )
גבוה מאוד	0-10	0-0.1	-
גבוה	11-100	0.11-1.0	פחות מ-36
בינוני	101-500	10-1.1	בין 36 ל-93
נמוך	מעל 500	מעל 10	מעל 93

על פי טבלה זאת, לאדי הבנון או ההידרוזין פוטנציאל סיכון גבוה מאד, כיוון שערכי ה-TLV שלהם נמוכים מ-10 חל"מ. כנ"ל לגבי האווירוסול הטיפתי הנפלט מאמבטי תהליך המכילים מלחי קדמיום או מלחי כרום שש-ערכי, בעלי ערכי TLV נמוכים מ-0.1 מ"ג/מ"ק. חומרים בעלי פוטנציאל סיכון גבוה הם, לדוגמה, אדים של טולואן ופרכלורואתילן (ערכי TLV בין 11 ל-100 חל"מ) או אווירוסול טיפתי של תרכובות מסיסות של מנגן וטונגסטן (ערכי TLV בין 1.0-0.11 מ"ג/מ"ק). דוגמאות לחומרים בעלי פוטנציאל סיכון בריאותי בינוני הם האדים של

מתיל-אתיל-קטון או האיזופרופנול, בעלי ערך TLV שבין 101-500 חל"מ, או אווירוסולים המכילים תרכובות של אלומיניום או צירקוניום, בעלי ערך TLV של 1.1-10 מ"ג/מ"ק אוויר. מכיוון שנקודות ההצתה של מתיל-אתיל-קטון ( $9^{\circ}\text{C}$ ) ושל איזופרופנול ( $12^{\circ}\text{C}$ ) נמוכות, יש לתכנן עבורם מערכות יניקה מתאימות לחומרים בעלי פוטנציאל סיכון גבוה, על אף שמבחינת תכונות הסיכון הבריאותי ממיסים אלה נחשבים כבעלי פוטנציאל סיכון בינוני. ב. קצב הפליטה של החומרים כתלות בטמפרטורת האמבט, נקודת הרתיחה של הנוזל ותכונות ההתאדות שלו. ככל שתהליכי הטיפול בפני שטח של מתכות יעשו בטמפרטורה גבוהה יותר, כמויות המזהמים המשתחררים מאמבטי התהליך יהיו גבוהות יותר. ככל שטמפרטורת העבודה קרובה יותר לטמפרטורת הרתיחה של הנוזל, קצב ההתאדות גבוה יותר ומערכות היניקה חייבות להיות חזקות יותר. בטבלה 2 דוגמאות ליחס בין קצב האידוי של מספר חומרים לעומת קצב האידוי של האתר-האתילי, שנקבע באופן יחסי ל-1 (יחס האידוי הוא היחס בין הזמן הדרוש לנידוף כמות נתונה של חומר לבין הזמן הדרוש לנידוף כמות זהה של אתר).

טבלה 2:

**נקודות הרתיחה הזמני ייבוש/אידוי יחסיים עבור מספר ממיסים אורגניים בהשוואה לאתר-אתילי.**

הממיס	יחס אידוי בהשוואה לאתר האתילי	נקודת רתיחה ( $^{\circ}\text{C}$ )
אתר אתילי	1.0	35
אצטון	2.0	56
טריכלורואתילן	2.5	87
מתיל-אתיל-קטון	2.7	80
מתנול	5.0	65
טולואן	5.0	110
פרכלורואתילן	6.0	121
אתנול	7.7	78
כוהל איזופרפיל	8.6	80
מים מזוקקים	60.0	100

מטבלה 2 ניתן להסיק כי האצטון מתאדה במהירות גבוהה מהפרכלורואתילן, ועקב כך מערכות היניקה באתרי העבודה בניקוי פני השטח של מתכות באמצעות אצטון חייבות להיות בעלות קצבי ספיקה גבוהים יותר מהמערכות המותקנות בתהליכי העבודה בפרכלורואתילן. כמו כן, אין קשר ישיר בין קצב האידוי של ממיס מסוים ונקודת הרתיחה שלו. למשל, נקודת הרתיחה של הטריכלורואתילן גבוהה מזאת של האתנול ועל אף זאת הטריכלורואתילן מתאדה מהר מהאתנול.

ג. התכונות הכימיות והפיזיקליות של המזהמים הנפלטים מתוך אמבטי התהליך אל אזור העבודה ואל האטמוספירה. בטבלה 3 דוגמאות של תהליכים לטיפול בפני שטח של מתכות וסוג המזהמים העלולים להיפלט.

**טבלה 3: תהליכים לטיפול בפני שטח של מתכות וסוגי מזהמים הנפלטים**

סוג התהליך	המתכת המעורבת בתהליך	החומרים שבאמבט התהליך	סוגי המזהמים העלולים להיפלט לאוויר מאמבט התהליך	טמפ' אמבטי התהליך (מעלות צלסיוס)
הכנת פני שטח של אלומיניום באנודיזציה	אלומיניום	תערובת של חומצה כרומית וגופרתית	אווירוסול טיפתי של חומצה כרומית	35
החמצה (Pickling)	פלדה אל-חלד	תערובת של חומצה חנקתית והידרופלואורית	תחמוצות חנקן, חומצה הידרופלואורית גזית	82-52
החמצה (Pickling)	נחושת	חומצה גופרתית	אווירוסול טיפתי של חומצה גופרתית	80-52
ניקוי מתכות	כל המתכות	ניקוי בתמיסות אלקליות	אווירוסול טיפתי אלקלי	89-71
ניקוי מתכות בדגריזר	כל המתכות	פרכלוראטילן, טריכלורואטילן	אדים של פרכלוראטילן, טריכלורואטילן	121-86
הברקה אלקטרוליטית (Electropolishing)	ברזל	תערובת של חומצות גופרתית, מלחית ופרכלורית	אווירוסול טיפתי של החומצות וכלור גזי	80-20
צריבה	נחושת או כסף	מלחי ציאניד	אווירוסול טיפתי של מלחי ציאניד	חדר
אלקטרוליזה בתמיסות של מלחי ציאניד	אבץ, נחושת, אינדיום	מלחי ציאניד, הידרוקסיד הנתרן	אווירוסול טיפתי של מלחי ציאניד והידרוקסיד הנתרן	50-25
אלקטרוליזה בתמיסות פלואורבורטיות	עופרת	פלואורבורט העופרת, חומצה פלואורבורית	מימן פלואורי גזי ואווירוסול טיפתי של החומצה פלואורבורית	חדר
אלקטרוליזה בתמיסות חומציות	ניקל	פלואוריד האמוניה, חומצה הידרופלואורית	אווירוסול טיפתי של חומצה הידרופלואורית	38
ציפוי כימי (Electroless)	נחושת	פורמאלדהיד	פורמאלדהיד גזי	חדר

להלן כללים להתקנת מערכות יניקה:

- 8.1. יש למקם את מערכות היניקה מול עמדת הימצאות העובד המפעיל את אמבטי התהליך.
- 8.2. פתחי היניקה יהיו קרובים ככל האפשר למקור היווצרות ושחרור הגזים, האדים והאווירוסול הטיפתי הרעילים. אם אמבטי התהליך מצוידים במכסה, פתחי היניקה יהיה מחוץ למכסה, ולא מתחתיו.
- 8.3. מערכות היניקה דרכן עוברים אדים המכילים מלחי ציאניד יהיו נפרדות משאר המערכות. כנ"ל לגבי מערכות היניקה דרכן עוברים אדים דליקים.
- 8.4. מערכות היניקה של הדגריזרים יהיו נפרדות משאר מערכות היניקה.
- 8.5. הצנרת, התעלות, המפוחים והארובות של מערכות היניקה יותאמו לסוג האדים העוברים דרכם. כך למשל, אדים של חומרים דליקים יועברו דרך מערכות בנויות ממתכת, ומערכות היניקה המותקנות באמבטי התהליך המכילים חומרים קורוזיביים ייבנו מחומרים פלסטיים. מערכות היניקה של החומרים הדליקים יהיו נפרדות משאר המערכות.
- 8.6. ארובות מערכות היניקה יבלטו 3 מטר לפחות מעל גג המבנה.
- 8.7. אין למקם את ארובות מערכות היניקה ליד מערכות מיזוג אוויר, על מנת למנוע חדירה חוזרת של האדים הרעילים הנפלטים מהארובות אל אולמות העבודה.
- 8.8. יש להכין פתחי ניטור תקינים בארובות הפליטה, על מנת לאפשר ניטור החומרים הנפלטים דרכן.
- 8.9. המפוחים המשמשים את מערכות היניקה המותקנות באמבטי תהליך המכילים חומרים דליקים יהיו מוגנים בפני היווצרות ניצוצות.
- 8.10. כל המנועים והמפוחים ימוקמו מחוץ למחלקה על מנת להימנע ממטרד הרעש הנוצר עקב הפעלתם.
- 8.11. הצינורות של מערכות היניקה לא יחדרו דרך קירות בטון המיועדים למנוע התפשטות שריפות.
- 8.12. מערכות היניקה ימוקמו באופן המאפשר גישה נוחה לתחזוקתן ולעריכת דגימות פליטה.
- 8.13. פתחי הכנסת האוויר הצח למחלקה ימוקמו הרחק מארובות הפליטה של החומרים הרעילים.
- 8.14. תנועת האוויר הצח המוזרם למחלקה במקום האוויר המסולק על-ידי מערכות היניקה לא תפריע למערכות היניקה.
- 8.15. אין למחזר את האוויר המסולק באמצעות מערכות היניקה.
- 8.16. תעלות האוויר יהיו ישירות ככל האפשר ומבודדות אקוסטית בפני הרעש הנוצר עקב רעידות.



8.17. יש להבטיח, באמצעות מפרידי טיפות ומערכות סינון, כי הריכוזים וקצבי הפליטה של המזהמים הנפלטים דרך הארובות יענו לדרישות התקנות (על מנת למנוע את זיהום הסביבה, מערכות סינון האוויר יתוכננו באופן המבטיח פליטות נמוכות מהערכים שנקבעו באמנה ליישום תקנים בדבר פליטת מזהמים לאוויר, שנחתמה בין המשרד לאיכות הסביבה והתאחדות התעשיינים בישראל).

8.18. חל איסור מוחלט לתכנן מערכות יניקה משותפות לתהליכי טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות פיזיקליות ובשיטות כימיות. חדירת כימיקלים למערכות סינון האבק המשמשות את מערכות השיוף עלולה לגרום לפיצוץ ולהתלקחות בגלל היווצרות מימן גזי במגע בין אבקות מתכת וחומצות, או כתוצאה מהספגת אבקות בעלות שטח פנים גדול בחומרים דליקים. באופן דומה, ביצוע עבודות שיוף וליטוש מול מערכות היניקה המיועדות לעבודות בחומרים דליקים, כמו למשל תאי צביעה, יגרום לסתימת המסננים, להתלקחות ולפיצוץ.

## 9. תאורה

9.1. עוצמת התאורה תאפשר ראות טובה על מנת להבטיח את טיב העבודה וכדי למנוע תאונות.

9.2. התאורה וארונות החשמל ימוקמו באופן המונע הרטבתם.

9.3. התאורה והציוד החשמלי ברדיוס של 6 מטר מאמבטי התהליך המכילים חומרים דליקים יהיו מוגנים בפני התפוצצות.

## 10. חימום אמבטי תהליך

בכל אמבט מחומם באמצעות גוף חימום חשמלי יותקן מד גובה נוזל, המפסיק את הזנת החשמל אליו במקרה שמפלס הנוזל באמבט יורד מתחת למפלס שנקבע מראש, וזאת בנוסף לתרמוסטטים השולטים על חום התמיסה שבאמבט. יש להתקין מנורת ביקורת, המצביעה על כך שגוף החימום בפעולה. הרמה נוחה של מד הגובה תאפשר למפעיל בדיקה יום יומית של תקינותו (הרמת אביזר זה יגרום להפסקת הזנת החשמל לגופי החימום וכיבוי מנורת הביקורת).

## 11. מקלחת חירום / מתקן לשטיפת עיניים

במחלקת הציפויים יותקנו מקלחת חירום ומתקן לשטיפת עיניים.

## 12. מיגור נזקים כתוצאה מרעידת אדמה

האמצעים הננקטים למניעת נזקים כתוצאה מקריסתם של מיכלי האגירה או אמבטי התהליך שתוארו בסעיפים הקודמים, אינם מספיקים במקרה של התרחשות רעידת אדמה בעוצמה המסוגלת למוטט את אמבטי התהליך, מיכלי האגירה והמאצרות עליהן הם ממוקמים. בעוד שקריסת אמבטי יחיד שלא כתוצאה מרעידת אדמה תגרום לשפך התכולה לתוך המאצרה שמתפקידה לקלוט את השפך ולאפשר המשך טיפול מסודר באירוע, קריסתם בו זמנית של מספר אמבטי תהליך ומאצרות עלולה לגרום לריאקציות חריפות, פיצוץ, חדירת השפכים למקורות המים ולהיווצרות ענן רעיל המסוגל להתפשט למרחקים. על מנת למגר את הנזק כתוצאה מתרחישים כנ"ל, מומלץ לתכנן מבעוד מועד תשתיות מתאימות:

- 12.1. פריסת יריעות פלסטיות מתחת ליסודות בזמן בניית מחלקת הציפויים.
- 12.2. הרחקת קווי הציפוי בעלי אופי חומצי מקווי הציפוי בעלי אופי בסיסי ומכילי ציאנידים. כך למשל, אפשר למקם קו ציפוי בעל אופי בסיסי נטול ציאניד בין קו הציפוי הכרומטי לבין קו הציפוי בקדמיום המכיל תמיסה של מלחי ציאניד. במקרה של קריסה משותפת יתרחש הרע במיעוטו - החומצה שבקו הכרומטי תגיב עם הבסיס נטול הציאנידי לפני שיפגוש את השפך הציאנידי.
- 12.3. מיכלי האגירה של החומצות והבסיסים שמחוץ למחלקה יאוחסנו בסככות ממוקמות בצדדים מנוגדים, כך שבעת קריסה בו זמנית לא יתאפשר ערבוב.
- 12.4. מיכלי הריאגנטים הממוקמים ליד מתקני הניטרול והאסורים למגע ביניהם יוצבו הרחק אחד מהשני ובאופן שהשפך יתנקז אל בריכת הניטרול אליה המיכל מנותב בעת ביצוע תהליך הניטרול הרגיל.
- 12.5. הצנרת תחובר ככל האפשר לחלק העליון של המיכלים, כך שבעת ניתוק מהמיכל עקב הרעידות יהיה הפתח שנוצר בחלקו העליון של המיכל ולא בתחתית המיכל.

### מקורות מידע לפרק השישי

- א. Donald J. Kossler and Walter Lee Sheppard, Jr. "Acid-Resistant Floor Construction", Metal Finishing Guidebook & Directory, Spring 2004, Elsevier Inc., 360 Park Avenue South, NY.
- ב. C. E. Zarnitz, "Chemical-Resistant Tank and Linings", Metal Finishing Guidebook & Directory, Spring 2004, Elsevier Inc., 360 Park Avenue South, NY.
- ג. Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice, 25th Edition, 2004, ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), <http://www.acgih.org>



התעשייה האווירית הוא ארגון הלומד ומאמץ בהתמדה שיטות ניהול מתקדמות המקובלות בעולם התעשייתי. בהתאם לכך החליטה הנהלת התעשייה האווירית לאמץ את מודל ניהול האיכות, הבטיחות ואיכות הסביבה המוכתב על ידי התקנים ISO 9001 – תקן ניהול האיכות, OHSAS 18001 - תקן ניהול הבטיחות ו- ISO 14001 - תקן ניהול איכות הסביבה. תקנים אלה קובעים שיטות לבחינה מדוקדקת של כל ההשפעות והסיכונים הסביבתיים של הארגון ובניית כלים לצמצום ומניעה של מפגעי בטיחות ופגיעות בסביבה.

הפעילות של התעשייה האווירית מתמקדת במספר מישורים:

- ❖ סקר בטיחותי-סביבתי של פעילויות ותשתיות וקביעת סדרי עדיפויות לשיפורים.
- ❖ פעילות שיטתית של לימוד טכנולוגיות לטיפול בפליטות ויישומן באתרי התעשייה האווירית. כך שופרו בשנים האחרונות מתקני היניקה והאורור ומתקני הטיפול בשפכים תעשייתיים עם דגש על מתקני הציפוי.
- ❖ עירוב המומחים הסביבתיים בשלבי התכנון הראשוניים של תשתיות חדשות. דוגמה לגישה זו הוא בית המלאכה החדש לציפויים של מפעל שה"ל, הפועל בשיטה של מערכות סגורות של מתקני שטיפה ומערכות מתקדמות ליניקת מזהמים ולטיפול באוויר. התוצאה היא נתק בין מערכות השפכים לבין מערכת הביוב ובכך מזעור הסיכון לפגיעה במערכת הטיפול בשפכים ומערכות הביוב, צמצום צריכת המים ומיחזור כימיקלים.
- ❖ זיהוי חומרי גלם ידידותיים לסביבה והוצאה הדרגתית של חומרים מסוכנים מהשירות. בפעילות זו מוגבלת התעשייה האווירית על ידי דרישות תעופתיות ודרישות לקוח, אולם למרות זאת הצליח הארגון להקטין בשנים האחרונות בצורה משמעותית את השימוש בחומרים רעילים כמו כרומטים וממיסים רעילים.
- ❖ מעבר לניהול חומרים בשיטת Just In Time, בה החומרים נרכשים לפי צריכה. הדבר התבטא בהקטנה דרסטית של כמויות החומרים המסוכנים המאוחסנים בתחומי המפעלים.
- ❖ הדרכת עובדים בנושאי בטיחות ואיכות סביבה. תכניות ההדרכה מיועדות ליצור מוטיבציה להשתתף במאמץ של התעשייה האווירית לשיפור הבטיחות ואיכות הסביבה, מפרטות את כללי ההתנהגות התקינה ומסבירות את התוצאות השליליות העלולות להיווצר מהתנהגות לא נאותה. בנוסף למפגשי ההדרכה הוקם אתר אינטראנט (פנימי) המספק מידע רב על נושאי בטיחות ואיכות סביבה בעולם, בארץ ובתעשייה האווירית.
- ❖ עריכת בדיקות סביבתיות בכל אתרי העבודה בחומרים מסוכנים, כולל אסבסט סביבתי, חומרים רדיואקטיביים, קרינה מייננת, בדיקות ראדון ודיגום פליטות מעשרות הארובות הממוקמות במפעלי התע"א.
- ❖ לאלפי הסוגים של החומרים המסוכנים הנכנסים לשימוש בתע"א קוד אקולוגי ו-MSDS צמוד.
- ❖ פעילות מערכות הבטיחות האיכות והסביבה מנוהלת על-ידי ועדות על של התעשייה האווירית. בתוך המפעלים הוקמו ועדות המנוהלות על ידי נציג ההנהלה והן פועלות בקביעות לזיהוי סיכונים אפשריים ולמיזעורם.

באוגדן הנהלים והוראות הבטיחות ואיכות הסביבה של התעשייה האווירית יותר מ-120 הוראות ונהלי בטיחות, שלרובן התייחסות חלקית או כוללת לחומרים המסוכנים המשמשים לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות. היבטי הבטיחות ואיכות הסביבה הנובעים מההכרח להשתמש בכימיקלים נלקחים בחשבון גם כאשר לכאורה ועל פי שם ההוראה אין קשר בין התהליך או העיסוק לבין חומרים מסוכנים. כך למשל, בעוד שהוראת הבטיחות "עבודה בקדמיום ובסגסוגות קדמיום" מתייחסת בכללותה ישירות אך ורק למתכת המסוכנת, ההוראה "עובדי מטבחים וחדרי אוכל" דנה ברובה בסיכונים שאינם קשורים כלל לכימיקלים, אולם מכילה פרק לגבי החומרים המסוכנים המשמשים לניקוי פני השטח של סירי ענק שבתוכם מכינים את המזון. כנ"ל לגבי ההוראה "ניקוי חלקים בממיסים אורגניים", העוסקת בכללותה בהיבטי הבטיחות הקשורים ישירות לכימיקלים המסוכנים המשמשים את תהליכי הניקוי, לעומת ההוראה "עובדי ניקיון", שבה פרק המנחה על שימוש בטוח בכימיקלים המרכיבים את חומרי הניקוי, ופרק אחר המתייחס להיבטי הבטיחות ואיכות הסביבה כאשר מדובר בביצוע עבודות ניקיון במקומות עבודה בהם משתמשים בכימיקלים לטיפול בפני שטח של מתכות (הוראות הבטיחות לפועלי הניקיון במשרדים שונות בתכלית מהוראות עבור פועלי הניקיון במחלקות הציפוי). שאר פרקי ההוראה "עובדי ניקיון" דנים בהיבטי בטיחות שאינם נוגעים כלל לחומרים מסוכנים. רשימת הוראות הבטיחות המתייחסות בעקיפין או ישירות להיבטי הבטיחות ואיכות הסביבה בנושא שימוש בכימיקלים לטיפול בפני שטח של מתכות, מוצגת בטבלה 1. בטבלה זאת גם הסברים קצרים על הקשר בין החומרים המסוכנים לבין ההוראה.

טבלה 1:

**רשימת הוראות הבטיחות המתייחסות ישירות או בעקיפין לשימוש בכימיקלים בתע"א.**

שם הוראת הבטיחות	הקשר בין ההוראה לבין סיכוני הכימיקלים המשמשים לטיפול בפני שטח של מתכות
הוראות כלליות לבטיחות ואיכות הסביבה	חלק מסעיפי ההוראה נוגעים להיבטי בטיחות ואיכות הסביבה בהתייחס לכימיקלים המשמשים לטיפול בפני שטח של מתכות
הדרכה ומסירת מידע בנושאי בטיחות ואיכות הסביבה לעובדי החברה.	הדרכת העובדים המשתמשים בחומרים מסוכנים על פי ה-MSDS והוראות הבטיחות האופייניות לתהליך
אחריות מנהל העבודה בנושאי בטיחות וגיהות.	מנהלי העבודה אחראים לישום הוראות הבטיחות ואיכות הסביבה על ידי העובדים הכפופים אליהם, כולל היבטים כימיים
הוראות בטיחות לביצוע עבודות לא שגרתיות.	הוראות להכנת ניסויים ותהליכים זמניים או חד-פעמיים באמצעות חומרים כימיים בעלי סיכון מיוחד
בטיחות בעבודת קבלנים.	שיטות ההדרכה וההשגחה על הקבלנים המבצעים עבודות בשטח החברה באמצעות כימיקלים ובקרבת מקומות בהם נוכחים כימיקלים
בטיחות גופי חימום.	חימום אמבטי תהליך באמצעות גופי חימום מחייב נקיטת אמצעי בטיחות מיוחדים, כולל התקנת מד גובה נוזל, המפסיק את החשמל כאשר מפלס הנוזל באמבט התהליך יורד אל מתחת לסף שנקבע מראש
התקנה, תיקון ובדיקות של מערכות חשמל או מערכות אלקטרוניות.	התייחסות לאמצעי הבטיחות שיש לנקוט בעת הצורך להתקין מערכות חשמל בקרבת כימיקלים רעילים ודליקים
שימוש באבזרי הרמה	אבזרי ההרמה משמשים, בין היתר, להכנסת החלקים המעובדים לאמבטי התהליך
הפעלת עגורן	העגורנים משמשים בין היתר לשינוע החלקים המעובדים בין אמבטי התהליך
עבודה במקום מוקף	הוראות הבטיחות מתייחסות לכניסה לזגריזרים ואמבטי תהליך, לביצוע עבודות ניקוי, תיקון ואחזקה
עבודה במוסך/בפתי מלאכה לכלי טיס	הוראות בטיחות לניקוי חלקי תעופה בממיסים אורגניים, צביעת חלקים במוסכים ואיסוף הפסולת הרעילה הנוצרת עקב ביצוע הפעולות הנ"ל
תאורה ניידת	אפיון תאורה ניידת המשמשת בעת עבודה בחומרים דליקים, כגון צביעה או ניקוי

הכנה לחיתוך ו/או לריתוך של מכלים מתסתיים שהכילו חומרים דליקים	הוראות בטיחות שיש לנקוט אם לאחר ניקוי מכלים מתסתיים בחומרים דליקים ורעילים נוצר הצורך בחיתוך או בריתוך אותם המיכלים
שימוש באש גלויה	הוראת בטיחות לביצוע עבודות השחזה, ריתוך ושיוף בקרבת מקום הימצאות כימיקלים רעילים ודליקים
עבודה בקדמיום ובסגסוגות קדמיום	קשר מובן מאליו
הפעלת רובטים	אם הרובוט משמש לריתוך או חיתוך חלקים מצופים וצבועים בחומרים רעילים, יש להתקין מערכת יניקה לסילוק הגזים
עבודה בפנולים וקרזולים	הפנולים והקרזולים משמשים להסרת צבע מחלקים תעופתיים וממטוסים
עבודה בחומרים בסיסיים מאכלים (קאוסטיים)	קשר מובן מאליו
העברת נוזלים דליקים ממיכל למיכל	הוראות למניעת התלקחות הנוזלים עקב היווצרות חשמל סטטי
שינוע מטענים בידיים	העברת אריזות כימיקלים בעלי משקל סביר, המאפשר שינוע ידני
עובדי ניקיון	שימוש בטוח בחומרי ניקוי רעילים ומאכלים. ביצוע עבודות ניקיון במחלקות ציפוי
עובדי מטבחים וחדרי אוכל	שימוש בטוח בחומרי ניקוי רעילים ומאכלים המשמשים לניקוי סירים ותנורים
עבודה בשרפים ודבקים	הדבקת מתכות וחלקי פלסטיק
ניקוי חלקים בממיסים אורגניים	ניקוי פני שטח של מתכות בממיסים אורגניים בניגוב, בהברשה ובדגריזר
בדיקת סדקים ללא הרס בשיטת "זיגלוי"	בדיקת סדקים על פני שטח של חלקי מתכת באמצעות כימיקלים זוהרים באור אולטרה-סגול
הסרת צבע וניקוי בכימיקלים של כלי טיס וגופים שונים	קשר מובן מאליו
ציפוי וטיפול כימי במתכות	קשר מובן מאליו
עבודה במעבדה לכימיה	במעבדות לכימיה נבדקים הרכוזים האופטימליים של הכימיקלים באמבטי התהליך
עבודה בחומצה כרומית	קשר מובן מאליו
מלחי כרומטים ודיכרומטים	קשר מובן מאליו
עבודות צביעה	קשר מובן מאליו
מתקני קדם טיפול	הוראות בטיחות להפעלה ותחזוקה של מתקני ניטרול המותקנים בקרבת מחלקות הציפוי
מניעת הזרמה של שמנים, שומנים ודלקים לרשות הרבים	שימוש במפרידי שמנים במחלקות בהן מנקים פני שטח של מתכות משמנים

ציוד מגן אישי - הוראות כלליות	חובת העובד להשתמש בציוד מגן אישי.
ציוד מגן אישי - הגנה על הראש	פירוט הציוד המגן על הראש בעת ביצוע עבודות בכימיקלים
הגנה על העיניים והפנים	פירוט הציוד המגן על העיניים והפנים בעת שימוש בכימיקלים
הגנה על הרגליים והברכיים	מפרט את ציוד המגן על רגלי העובדים בכימיקלים
הגנה על הידיים	פירוט סוגי כפפות המגן בפני כימיקלים שונים
הגנה על דרכי הנשימה	פירוט סוגי המסכות והמסננים המתאימים לסוגי כימיקלים שונים
כללי בטיחות להפעלת מלגזה	אמצעי הבטיחות שיש לנקוט כאשר המלגזה משמשת לשינוע אריזות כימיקלים
הפעלת מלגזת יד חשמלית	כני"ל
טיפול תרמי באמבטי מלחים מותכים	טבילת חלקי מתכת במלחים מותכים במטרה לחשלם
עבודה בשמני חיתוך וקירור	השמנים המשמשים את המכונות לעיבוד שבבי נחשבים כחומרים רעילים והשימוש בהם נעשה על פי הוראת בטיחות ואיכות סביבה
סמכויותיה וסדרי העבודה של ועדת הבטיחות	קשר מובן מאליו
היערכות החברה לרעידת אדמה	מיקום אמבטי תהליך ומיכלי כימיקלים באופן שימנע ערבוב חומרים אסורים במגע ביניהם וחדירתם לקרקע בעת קריסה בו זמנית של מספר מכלים או אמבטי תהליך
המערך הארגוני של איכות הסביבה בחברה	קשר מובן מאליו
מערך פעיל בטיחות ואיכות הסביבה בחברה, הגדרת תפקידים	קשר מובן מאליו
אירוע בהיקף נרחב	סדרי הפעולות שיש לנקוט במקרה שאירוע במעורבות כימיקלים עלול להתפשט למרחקים גדולים
תחרות בטיחות בחברה וחלוקת שי	בתחרות משתתפים גם המטפלים בפני שטח של מתכות
תיכון, רכישה, תפעול של מתקנים - דרישות בטיחות ותחזוקה	כל ציוד חדש חייב לקבל אישור בטיחות ואיכות הסביבה קודם רכישתו, כולל כמובן ציוד המיועד לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות
הובלת חומרים מסוכנים	הובלת חומרים מסוכנים בכבישי ישראל
שילוב אמצעי בטיחות, גיהות ואיכות הסביבה בתיכון תהליכים כימיים והפעלתם	כל תהליך חייב להתבצע על פי הוראות בטיחות ואיכות הסביבה שנקבעים מראש במפרט התהליך



קבלת היתרים לעבודה באש גלויה	סדרי הפעולות שיש לנקוט לפני ביצוע עבודות באש גלויה בקרבת חומרים מסוכנים, כגון ריתוך, השחזה, שיוף או כל תהליך היוצר ניצוצות, מחייב אישור מראש לפני הביצוע. הנהל אינו מתייחס לעמדות קבועות לעריכת התהליכים הנ"ל
תוכנית בטיחות	ציון אתרי העבודה בחומרים מסוכנים
טיפול בתקריות בהן מעורבים חומרים מסוכנים	התארגנות מבעוד מועד לטיפול בתקריות, כולל עריכת תרגולים של טיפול בשפך כימיקלים והתלקחות כימיקלים
אספקת ציוד מגן אישי	נוהל המחייב אספקת ציוד מגן אישי מאושר על-ידי מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה. ציוד המגן הינו יחיד עבור כל מפעילי החברה
טיפול בפסולת ובאריזות ריקות של חומרים מסוכנים ופינוץ	נוהל המחייב טיפול בפסולת כימיקלים ובאריזות ריקות שהכילו כימיקלים על פי הוראות בטיחות ואיכות הסביבה שנקבעו מראש. פסולת הכימיקלים נחשבת כמסוכנת יותר מחומרי הגלם המקוריים
טיפול בשפכים תעשייתיים	נוהל המחייב טיפול בשפכים על פי חוקי המשרד לאיכות הסביבה
שירותי כבאות אש ומניעת שריפות בחברה	הנוהל קובע את האמצעים שיש לנקוט במחסני כימיקלים ובאולמות תהליכים באמצעות כימיקלים על מנת למנוע התלקחות, ואמצעי הכיבוי והגילוי שיש להתקין במקום
מערכת ניהול הסביבה, מבנה והגדרות תפקידים	ארגון עשרות בעלי התפקידים בנושא איכות הסביבה
עריכת סקרים של היבטים סביבתיים בחברה	מעקב מתמיד אחר היבטים סביבתיים לאורך זמן
זיהוי דרישות איכות הסביבה	חיפוש אחר אתרי עבודה שעדיין לא עונים לדרישות איכות הסביבה וישומם במקום
קביעת מדיניות סביבה, מטרות ויעדים סביבתיים	הטיפול המתמיד לשיפור ההיבטים הסביבתיים לאורך זמן
הדרכה, מודעות וכשירות בנושא איכות הסביבה	מובן מאליו
טיפול באי התאמות בנושא איכות הסביבה	התאמת דרישות התקנים ISO 14,001 ו-ISO 18001 לאתרי העבודה בכימיקלים.

בנוסף להוראות הבטיחות הנוגעות לכימיקלים שבטבלה 2, בתיא קיימות הוראות בטיחות לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות פיזיקליות, ואלו הן:

- עבודה בכלי יד
- עבודה בכלי יד פנאומטיים
- ריתוך אוטוגני
- ריתוך חשמלי
- עבודה במכונות לעיבוד שבבי
- עיבוד שבבי של סגסוגת בריליום
- עיבוד שבבי של מגנזיום וסגסוגות מגנזיום
- עיבוד שבבי של טיטניום וסגסוגות טיטניום
- טיפול במתכות על-ידי התזת חול, כדורי פלדה וזכוכית בלחץ גבוה.

בטבלה 2 מוצגת הוראת הבטיחות "אחסון ושינוע של כימיקלים", ובה הסברים ופירושים לגבי כל סעיף וסעיף בהתייחס לשיקולים שנקחו בחשבון בעת כתיבתה.

טבלה 2: הוראות בטיחות לאחסון ושינוע של כימיקלים

הסברים	ההנחיה	
הסעיף דן בהוראות כלליות הנוגעות ישירות או בעקיפין לאחסון ושינוע פנים-מפעלי של כימיקלים	כללי	1.
יעוד ההוראה על פי עיסוק העובדים.	הוראה זו דנה בכללי בטיחות לעובדים העוסקים באחסון, שינוע, העמסה ופריקה של כימיקלים	1.1.
הנחיות ההובלה והשינוע הפנימיות שונות מהוראות שב-"תקנות שירותי הובלה, התשס"א-2001"	הוראה זאת אינה דנה בשינוע כימיקלים בכבישים בין-עירוניים. שינוע כימיקלים כנ"ל ייעשה על פי נוהל החברה מס' 541.01.02 "הובלת חומרים מסוכנים"	1.2.
תוכניות הבינוי של מחסני הכימיקלים מאופיינים על-ידי מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה ויחידת הכיבוי. אתר האחסון מאושר על-ידי הגופים הנ"ל תוך התחשבות בבניינים השכנים והתהליכים המתבצעים בהם	הכימיקלים יאוחסנו באתרי אחסון ובמחסנים שאופיינו ונבנו בהנחיה ואישור של מנהל הבטיחות ואיכות הסביבה ויחידת כיבוי אש.	1.3.
הנחיות כלליות אלו יפורטו בהרחבה בהמשך ההוראות	שמירה על סדר וניקיון, הפרדה בין חומרים כימיים בהתאם לקבוצות הסיכון, שימוש בכלי עבודה מתאימים ונקיים, ערנות מתמדת ונקיטת אמצעי בטיחות, מהווים ערובה למניעת תאונות העלולות להסתיים באסון	1.4.
כל העיסוקים הקשורים בחומרים מסוכנים מכוסים על-ידי הוראות בטיחות ואיכות סביבה ייעודיות לעיסוק או לתהליך	הוראות בטיחות אלו באות בנוסף להוראות הבטיחות הייעודיות למקצועות ולעיסוקים השונים בחברה, המרוכזות באוגדן הוראות הבטיחות.	1.5.
האריזות ריקות של הכימיקלים מסוכנות ולפעמים אף מסוכנות יותר מאשר האריזות המקוריות, לדוגמה: חבית ריקה של דלק מכילה תערובת של אדי דלק ואוויר והיא מסוכנת יותר מחבית מלאה של דלק. הטיפול בפסולת רעילה יעשה על פי הנחיות מחמירות וללא פשרות	הטיפול בפסולת ובאריזות ריקות/פגומות של כימיקלים ייעשה בהתאם לאמור בנהל החברה "פינוי אריזות ופסולת רעלים" מס' 544.01.04	1.6.
אחסונם של הגזים הדחוסים נעשה על פי הוראות בטיחות ייעודיות	אחסון ושינוע גלילי גז דחוס ייעשו בהתאם להוראת בטיחות מס' 41.09.01 - "כללי בטיחות לאחזקה ושימוש במיכלי גז גליליים ומערכות גזים דחוסים"	1.7.
העברת נוזלים דליקים ממיכל למיכל מתבצעת על פי הוראת בטיחות ייעודית, המבוססת על פרסום המוסד לבטיחות ולגיהות	העברת נוזלים דליקים ממיכל למיכל תיעשה כמפורט בהוראת הבטיחות מס' 41.15.20	1.8.
עדכון הוראות הבטיחות בתע"א נעשה באופן שוטף	הוראה זו מחליפה הוראות בטיחות בעלת אותו שם ומספר, מתאריך 11.1.2001	1.9.

2.	מטרה - מטרת הוראה זו להנחות את מנהלי העבודה והעובדים בכללי בטיחות ובאמצעים אותם יש לקוט בעת אחסון, שינוע, העמסה ופריקה של כימיקלים ובעת הטיפול בתקלות הכרוכות בכימיקלים	הצגת מטרותיה של הוראת הבטיחות
3.	הגדרות	הגדרת המונחים בהוראת הבטיחות
3.1.	מנהל עבודה - עובד חברה המבצע עבודה באמצעות צוות עובדים (עובד אחד או יותר) וממונה עליהם בתוקף תפקידו	אחריות יישום הוראות הבטיחות בתע"א מוטלת על מנהל העבודה ועקב כך הגדרה זאת מוצגת בכל הוראות הבטיחות בחברה
3.2.	כימיקלים - כל החומרים הכימיים (נוזלים, מוצקים וגזים) המשמשים בתהליכי העבודה השונים בחברה, לרבות פסולת של החומרים הנ"ל. הערה: כל הכימיקלים מקודדים במספרים קטלוגיים, כמוגדר בנספח 1 בנוהל החברה מס' 948.01.01 - "פיקוח והזמנת חומרים רעילים"	כל הכימיקלים בתע"א מקוטלגים על פי מספירים קטלוגיים בעלי קוד של חומר מסוכן
3.3.	גיליון בטיחות - גיליון המכיל מידע לגבי חומר מסוכן, תכונותיו והשפעתו, הסיכונים הנובעים ממנו ודרכי מניעתם (SDS - Safety Data Sheet)	לא ניתן להכניס חומר לתע"א ללא ליווי SDS (או ה-MSDS) שלו
3.4.	מאצרה קבועה - חדר/תא המשמש לאחסון כימיקלים, המותרים לאחסון משותף, הבנוי באופן המונע התפשטות שפך של כימיקלים אל מחוצה לו	מחסני הכימיקלים בתע"א מתוכננים באופן המבטיח כי הרצפה בכל תא אחסון מנוקזת אל תעלת איסוף שפך בעלת נפח גדול ב-10% מהארזיה הגדולה ביותר
3.5.	מאצרה ניידת - מיכל שנועד לקלוט שפך של כימיקלים מהאריות המוצבות עליו	המאצרה הניידת הינה אביזר בטיחות נפוץ בתע"א לקליטת שפך כימיקלים
4.	סיכונים	בסעיף זה מפורטים הסיכונים הנובעים עקב אחסון ושינוע כימיקלים
4.1.	סיכוני בריאות	הסיכונים העלולים להשפיע על בריאות העובד
4.1.1.	רוב הכימיקלים הינם רעילים. הם עלולים לחזור לגוף האדם בדרכי הנשימה, העור או העיכול ולגרום לנזק בריאותי	פירוט דרכי החזרה של הכימיקלים לגוף העובד
4.1.2.	אדי רוב הכימיקלים כבדים מהאוויר ולכן הם נוטים להתרכז במפלסים נמוכים ולגרום להיווצרות אווירה דלת חמצן, שעלולה להיות גם רעילה ואו דליקה	סיכון בעל משמעות חמורה. תכונה זאת עלולה לגרום לסיכונים רציניים במקומות מוקפים
4.1.3.	כימיקלים מסוימים עלולים להתפרק בהשפעת חום (כמו חום הנוצר בעת ביצוע עבודות ריתוך או חום של סיגריה בוערת) או דליקה ולשחרר גזים ואדים רעילים מאד	תכונה המלמדת על הסיכונים הנובעים עקב הפרות משמעת - עישון, שימוש באש גלויה ללא אישור, גרימת שריפות
4.1.4.	שתייה בשוגג של כימיקלים או אכילה/שתייה בכלי שהכיל כימיקלים, עלולים להיות קטלניים	אזהרה המלמדת על הסיכונים הנובעים מהפרות משמעת, מקלות דעת ומחוסר מודעות
4.2.	סיכוני אש	הסיכונים הנובעים מהתלקחות חומרים כימיים
4.2.1.	בנוסף לתכונות הרעילות, חלק מהכימיקלים הינם דליקים, כגון: MEK דלק, ספירט לבן, אצטון, טולואן, קסילן, מטנול, איזופרפנול, צבעים ומדללי צבע ועוד רבים אחרים	חלק מהכימיקלים דליקים, בנוסף לעובדה שהם רעילים. בסעיף זה דוגמאות של חומרים דליקים (ורעילים) המשמשים לניקוי פני שטח של מתכות וליצור צבעים

4.2.2	כימיקלים מסוימים עלולים להגיב בעוצמה בבואם במגע עם חומרים אחרים, דבר שעלול לגרום להתפוצצות ו/או להתלקחות (לדוגמה: מגע בין MEK שהינו דליק, לבין כרומט, שהינו מחמצן, גורם להצתה ספונטנית)	אפשר לגרום להתלקחות על-ידי ערבוב בין כימיקלים אסורים למגע ביניהם, על פי הדוגמה שבהוראה
4.2.3	פתיחה פזיזה ובלתי זהירה של פחים ואריזות מתכת של כימיקלים דליקים בכלים שאינם מוגנים ניצוצות, עלולה לגרום להתלקחות	הכלים המשמשים לפתיחת אריזות של כימיקלים דליקים הנם מוגנים בפני ניצוצות. כלים כאלה בנויים מסגסוגת נחושת-בריליום או פלסטיק
4.2.4	אי ביצוע הארקה בעת העברת חומרים דליקים ממיכל למיכל עלולה לגרום להתלקחות	אזהרה המתייחסת לסיכוני התלקחות חומרים דליקים כתוצאה מהיווצרות חשמל סטטי
4.3	סיכוני איכות הסביבה	הסבר על הסיכונים הנובעים מהזרמת כימיקלים לרשות הרבים
4.3.1	הזרמת כימיקלים לרשות הרבים, לקרקע, לתעלות פתוחות, למערכת ניקוז מי גשם, לביוב או לשירותים, הנה בניגוד לחוק	הסבר על חומרת המעשה של השלכת כימיקלים לרשות הרבים
4.3.2	חדידת כימיקלים לקרקע ולמי התהום עלולה לגרום להרעלתם	הסבר מדוע החוק אוסר הזרמת הכימיקלים לרשות הרבים
4.3.3	שפכי כימיקלים, כגון מים ששימשו לניקוי אריזות של כימיקלים, הנם רעילים. כמו כן, הם עלולים לגרום למטרד של יתושים וחרקים למיניהם. אין להשליך שפכים אלה לרשות הרבים	גם מים המכילים מעט כימיקלים נחשבים כפסולת כימיקלים. השלכת מים "כמעט נקיים" לרשות הרבים גורמת למטרדים שונים, כולל יתושים וחרקים
4.4	סיכונים כלליים	סיכונים נוספים לסיכונים שהוזכרו לעיל
4.4.1	פתיחת מכסים או פקקים של אריזות כימיקלים עלולה לגרום להתזת החומר על חלקי הגוף, עקב הצטברות לחץ אדים בתוך האריזות	סיכון הנובע מפתיחה חפוזה של אריזות כימיקלים
4.4.2	נפילת אריזה של כימיקלים עלולה לגרום להתזת החומר על חלקי הגוף של הנמצאים בסביבה	אין צורך בהסבר
4.4.3	אחסון וטיפול בכימיקלים בלתי מזהים (ללא תווית מזהה על האריזה) עלולים להיות מסוכנים מאוד	סיכון חמור מאוד
4.4.4	אבקות של מתכות המאוחסנות במחסני כימיקלים מהוות סיכון של רעילות, דליקות או נפיצות ובבואן במגע עם כימיקלים מסוימים, עלולה להיגרם ריאקציה חריפה ומסוכנת	לא כולם ערים לעובדה כי אבקות המתכות הרבה יותר מסוכנות מהמתכות עצמן, בגלל שטח הפנים הגדול שלהן
4.4.5	כימיקלים אחדים עלולים להגיב בחוזקה במגע עם מים, תוך שחרור אדים רעילים וחום רב	לא כולם ערים לסיכונים הנובעים מהמגע בין מי שתייה וכימיקלים מסוימים, כגון אבקות מתכת
4.4.6	מגע בין כימיקלים מקבוצות סיכון שונות עלול ליצור ריאקציה חריפה כגון: התלקחות, התפוצצות ושחרור גזים רעילים מאד	הסיכונים החמורים הנובעים עקב מגע בין כימיקלים האסורים במגע ביניהם
4.4.7	שימוש בכלי עבודה (מאזניים, משקולות, כפפות, מטאטא, יעה, מיכל אשפה, שקיות פוליאטילן, משאבה וכד') בהם נעזרו לעבודה בחומר מקבוצת סיכון אחת, לעבודה עם חומר מקבוצת סיכון אחרת, עלול לגרום לריאקציה מסוכנת (לדוגמה: אין להשתמש בכלים ששימשו לעבודה בציאנידים, לעבודה בחומרים אחרים!)	לא כולם חושבים או ערים לסיכונים אלה
4.4.8	כימיקלים שונים עלולים לאכל את האריזה ולגרום לתקרית של שפך כימיקלים. למשל, אחסון חומצות במיכל העשוי ממתכת	סיכון חשוב מאד, שיש לתת עליו את הדעת כאשר מעבירים חומר מהאריזה המקורית לאריזה אחרת

5.	אחריות	האחריות מוטלת על מנהלי העבודה
5.1.	מנהל העבודה אחראי ליישם הוראות בטיחות אלו ביחידות	ראה גם הגדרת "מנהל עבודה"
5.2.	לוודא כי העובדים הכפופים לו מכירים היטב את הוראות הבטיחות הנוגעות לאחסון, שינוע, פריקה וטעינה של כימיקלים ואת כל הוראות הבטיחות הייעודיות האחרות הנוגעות לעבודתם.	פיקוח מתמיד והדרכה צמודה לגבי הסיכונים, דרכי מניעתם וההתגוננות בפניהם
5.3.	להבטיח שהעובדים הכפופים לו יעברו הדרכה בנושאי בטיחות, גהות ואיכות הסביבה בעבודתם, כמפורט בהוראת בטיחות מס' 40.01.06 - "הדרכת בטיחות ומסירת מידע לעובדי החברה"	חובת ההדרכה ואופן ההדרכה בנושאי בטיחות, גיהות ואיכות הסביבה בתע"א מוגנת בהוראות ייעודיות
6.	הוראות בטיחות	
6.1.	מבנה מחסן הכימיקלים ושיטות אחסון	כל מחסני הכימיקלים מאופיינים על-ידי מנהל הבטיחות ואיכות הסביבה ויחידת הכיבוי של התע"א בהתאם לסוגי הכימיקלים המאוחסנים במקום
6.1.1.	המחסן יחולק לתאי אחסון, לפי קבוצות הסיכון הבאות: 6.1.1.1. חומרים דליקים 6.1.1.2. חומרים קורוזיביים שונים 6.1.1.3. חומרים חומציים 6.1.1.4. חומרים בסיסיים 6.1.1.5. חומרים אורגניים 6.1.1.6. חומרים מחמצנים 6.1.1.7. חומרים רעילים 6.1.1.8. חומרים אחרים 6.1.1.9. ארזיות ריקות	אלו קבוצות הסיכון הנפוצות בתע"א. לפני איכלוס המחסן, סוגי החומרים המיועדים לכל תא ותא נבדקים אישית על-ידי כימאי. הארזיות הריקות מאוחסנות לזמן קצר על פי קבוצות הסיכון ומועברות בהמשך לשטח ההנצלה או לתא ייעודי לארזיות ריקות של חומרים מותרים למגע ביניהם
6.1.2.	כימיקלים ופסולת כימיקלים יאוחסנו אך ורק בתאי אחסון, עפ"י קבוצות הסיכון שלהם וכל תא ישולט בהתאם. הערה: כל אחד מתאי האחסון משמש גם כמאצרה קבועה והוא בנוי באופן שימנע משפך המתרחש בתא מסוים לעבור לתא אחר.	לשילוט תאי האחסון חשיבות עליונה. אפיון תאי האחסון מבטיח כי שפך בתא מסוים לא יתערבב עם שפך מתא אחר.
6.1.3.	רצפת התאים תהיה בשיפוע לעבר הקיר המוצב מול דלת הכניסה למחסן. בקצה השיפוע תהיה תעלה שתשמש לקליטת שפך כימיקלים במקרה של תקלה. נפח התעלה יהיה גדול ב-10% לפחות מנפח הארזיה הגדולה ביותר במחסן.	מההנחיה ניתן להבין כי התא כולו מהווה מאצרה אחת גדולה.
6.1.4.	התעלה לקליטת שפך כימיקלים תכוסה ברשת, למניעת מעידה של עובדים בתוך התעלה. יהיו מחיצות, שימנעו מגע וערבוב בין שפכי הכימיקלים המאוחסנים בתאים השונים. אזהרה: מגע בין כימיקלים מחמצנים לכימיקלים דליקים עלול לגרום להתלקחות.	התעלה מחולקת באופן המונע הגעת השפכים מתא מסוים לתא אחר. ההנחיה חוזרת, עקב חשיבותה.
6.1.5.	החומרים הדליקים יאוחסנו בתא נפרד. קירות ההפרדה בין התא של החומרים הדליקים לבין יתר התאים יהיו מחומר העמיד בפני אש למשך שעתיים לפחות.	הנחיה בעלת חשיבות עליונה. התלקחות בתא החומרים הדליקים חייבת להסתיים בשריפת החומרים הדליקים בלבד. חימום חומרים שכנים בלתי דליקים עלול לגרום לפירוקם ולהיווצרות גזים ואדים רעילים אף יותר מהחומר המקורי.
6.1.6.	כימיקלים דליקים יאוחסנו על מדפים ממתכת וכימיקלים מאכלים (קורוזיביים) יאוחסנו על מדפים העשויים מחומרים העמידים בפני חומרים אלה.	אין צורך בחסבר.
6.2.	אחסון חומצות	קבוצת החומצות נפוצה מאד.

החומצות למיניהן משמשות לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות		
בכל מחסני הכימיקלים בתע"א בהם מאחסנים חומצות נבנה תא ייעודי לחומצות בלבד	אחסון החומצות יהיה בנפרד ובמרוחק מחומרים בסיסיים, ציאנידים וממיסים אחרים	6.2.1
אסור לאחסן חומצות שונות על מאצרה או משטח משותף	החומצות ימוינו לפי סוגיהן ויאוחסנו במשטחים נפרדים	6.2.2
המשטחים מוגבהים על מנת להבחין בנוזלות ודליפות	החומצות יוצבו על משטחים העמידים בפני חומצות והמוגבהים בכ-20 ס"מ מעל הרצפה	6.2.3
כמויות הציאנידים צומצמו באופן ניכר בתע"א, עקב יישום שיטות ציפוי ללא ציאנידים	אחסון ציאנידים	6.3
בתע"א ניתן לפגוש את הציאנידים אך ורק באמבט התהליך או במחסן ייעודי לציאנידים ולפסולת ציאנידים	אסור לאחסן ציאנידים במחלקה או בכל מקום אחר, פרט למחסן המיועד לכך	6.3.1
האזהרה חוזרת על עצמה עקב חשיבותה	אריזות ציאנידים יאוחסנו במחסן בתא נפרד ומבודד משאר החומרים. יש להקפיד שהתא יהיה נעול. אזהרות: - מגע בין מלחי ציאנידים לבין חומצות גורם לשחרור גז קטלני! - חדירת ציאנידים לגוף האדם, בליעתם, נשימתם או מגעם בפצע פתוח הינם קטלניים	6.3.2
ההוראה באה למנוע שינוע פנים מפעלי של ציאנידים ביחד עם חומרים אחרים	אין לנפק ציאנידים יחד עם חומרים אחרים ונפרט עם חומצות	6.3.3
הנחיה חשובה מאד ולא תמיד מובנת מאליה על-ידי העובד הפשוט. ההנחיה חוזרת עקב חשיבותה.	אין להשתמש בכלים או באבזרים שבאו במגע עם ציאנידים (כגון: מאזניים, משקולות, מטאטא, יעה, מיכל אשפה, שקיות פוליאיתילן, משאבות, כפפות וכד') לעבודה בחומרים אחרים	6.3.4
במפעלים בהם יש מרפאה האנטידוטים מאוחסנים במרפאה. במפעלים בהם אין מרפאה האנטידוטים מאוחסנים בשאר המפעל או באמבולנס. הטיפול באנטידוטים נעשה על-ידי גורמים רפואיים בלבד	בקרבת מחסן בו מאוחסנים ציאנידים, יוצב שילוט המצביע על מקום הימצאות האנטידוטים לציאנידים, לטיפול בנפגעים. יש ליידע את העובדים לגבי מקום הימצאות האנטידוטים	6.3.5

<p>שילוט מוחסן הכימיקלים</p>	<p>6.4</p>	<p>לשילוט חשיבות למניעת תקלות ולמתן מענה מהיר ומדויק במקרה חירום</p>
<p>השילוט חייב להיות בולט לעין עוד לפני שנכנסים למחסן, על מנת להכיר את הסיכונים של החומרים שבתוכו. אין צורך בהסבר אין צורך בהסבר אין צורך בהסבר אין צורך בהסבר</p> <p>"השפה המובנת" על-ידי אנשי כיבוי והצלה. בכל מפעל בתע"א צוות לטיפול במצבי חירום על פי "תיק מפעל"</p>	<p>6.4.1</p> <p>בכניסה למחסן יוצב השילוט הבא: 6.4.1.1. שילוט לזיהוי לחצן החירום, המשמש לניתוק מפסק הזרם הראשי של המבנה. 6.4.1.2. שלטי האזהרה שלהלן: 6.4.1.2.1. "מחסן כימיקלים" 6.4.1.2.2. "אסור לעשן או להשתמש באש גלויה במקום!" 6.4.1.2.3. "אסור לאכול, לשתות או להכניס דברי אוכל/שתייה למחסן!" 6.4.1.2.4. הסימון הבינ"ל של קבוצות סיכון של הכימיקלים המאוחסנים במחסן (כגון: לחומרים דליקים - להבה, לחומרים קורוזיביים - יד אכולה, לחומרים רעילים - גולגולת). 6.4.1.2.5. מס' או"מ וקוד החירום של החומר הכימי המסוכן ביותר המאוחסן במחסן. 6.4.1.2.6. רשימת חברי הצוות לטיפול במצבי חירום, וכן מספרי הטלפון של הצוות לטיפול במצבי חירום, מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה, המרפאה ויח' כיבוי אש</p>	<p>השילוט מיועד בעיקר לאלה הנכנסים למחסן בתוקף תפקידם. חשוב מאד להציב את החומר מול השילוט המתאים, על מנת למנוע הטעייה ובעקבותיה אסון מן הסוג של הכנסת חומר לא מתאים לאמבט תהליך לא מתאים.</p>
<p>בתוך המחסן יוצג שילוט כמפורט להלן: ליד כל סוג של אריזות כימיקלים יוצב שילוט המזהה את תכולת האריזות. השילוט יכלול את המידע הבא: שם החומר, מס' החומר (CAS), קבוצות סיכון, מס' אום וקוד החירום. אזהרה: אסור להציב אריזות ליד שילוט בלתי מתאים, עקב החשש להטעיית העובדים או גורמי ההצלה, במקרי חירום. דוגמה לשילוט תקין: CAS 79-01-6-Thiichloroethylene-טריכלורואתילן UN 1710 (מס' או"מ) קבוצת סיכון 6.1 - רעל קוד חירום (Z)2</p>	<p>6.4.2</p>	<p>נכונות השילוט כה חשובה, שהנוסח נבדק פעמיים: על-ידי אנשי המפעל ועל ידי מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה</p>
<p>הוראות כלליות לאחסון כימיקלים</p>	<p>6.5</p>	<p>הוראות שונות להבטחת אחסון בטוח של כימיקלים</p>
<p>מסביב לשטח המחסן לא יימצאו חומרים דליקים או בעירים, כולל עשבים וקוצים</p>	<p>6.5.1</p>	<p>שריפות בקרבת המקום עלולות להתפשט אל הכימיקלים</p>

<p>אין צורך בהסבר</p> <p>ציוד בהישג יד לטיפול במצבי חירום</p> <p>הכרחי לנתק את החשמל לפני שמתזים מים בעת חירום</p> <p>בתע"א הגיליון נמצא באתר העבודה, במחסן ובמחשב הכללי בחברה</p>	<p>6.5.2 בקרבת מחסן הכימיקלים יוצבו, במקום בולט וידוע לעובדים, הפריטים הבאים:</p> <p>6.5.2.1. מקלחת חירום ומתקן לשטיפת עיניים תקינים, שעוברים ביקורת תקופתית, כנדרש.</p> <p>6.5.2.2. ציוד מגן לשימוש במקרי חירום הכולל: שתי מסכות על כל הפנים, ארבעה מסננים מסוג A2B2E2K2-P3, סינר, כפפות מגן ומגפיים העמידים בפני כימיקלים.</p> <p>6.5.2.3. לחצן חירום, שינתק את מפסק הזרם הראשי של המבנה. ליד הלחצן יהיה שילוט מזהה. אחת לשלושה חודשים תבוצע ביקורת תקופתית של הלחצן, על-מנת להבטיח תקינותו ותודבק במקום תווית שמישות.</p> <p>6.5.2.4. גיליונות הבטיחות של החומרים הרעילים המאוחסנים במחסן ( Safety Data Sheet -SDS).</p>	<p>6.5.2</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>המדפים במחסן יהיו מחומר העמיד בפני הכימיקלים המאוחסנים עליהם. יש לוודא שהמדפים יהיו יציבים ומאובטחים מפני התהפכות</p>	<p>6.5.3</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>הגובה בין המדפים יהיה לפחות 30 ס"מ, כדי לאפשר אוורור טבעי</p>	<p>6.5.4</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>כימיקלים המאוחסנים בגובה יהיו יציבים ומאובטחים מפני נפילה</p>	<p>6.5.5</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>הכימיקלים יאוחסנו בארון שתוויות הזיהוי על גבי האריזות בו יהיו גלויות לעין</p>	<p>6.5.6</p>
<p>הנחיה חשובה מאד. יש להדריך עובדים שלא תמיד ערים לסיכון הנובע מערבוב כימיקלים</p>	<p>אין לערבב בין כלים ששימשו לעבודה בחומר מקבוצת סיכון מסוימת עם כלים מקבוצה אחרת</p>	<p>6.5.7</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>המעברים במחסן יהיו נקיים ופנויים מכל מכשול</p>	<p>6.5.8</p>
<p>הנחיות אלו מוגדרות בשלבי התכנון והבינוי של המחסנים, תוך שיתוף פעולה בין מנהל הבטיחות ואיכות הסביבה ויחידת הכיבוי של תע"א.</p>	<p>המחסן יצויד במערכת גילוי אש, שתתריע ביחידת כיבוי אש במקרה של דליקה. תא אחסון החומרים הדליקים יצויד בנוסף, במערכת כיבוי אוטומטית. התקנת אמצעי הגילוי והכיבוי יתואמו עם יחידת כבוי אש, בהתאם לתכונות החומרים המאוחסנים במחסן</p>	<p>6.5.9</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>אין להשאיר מחסן כימיקלים פתוחים ללא השגחה. באין השגחה, המחסן יהיה נעול והמפתח יימצא רק בידי המתסנאי או ממלא מקומו</p>	<p>6.5.10</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>על דלת הכניסה למחסן יהיה רישום של שם המחסנאי או ממלא מקומו ומספרי הטלפון שלהם</p>	<p>6.5.11</p>
<p>הנחיה חשובה מאד. התערבות מהירה עשויה להקטין את הנזק בעת תקלה</p>	<p>סמוך לדלת הכניסה למחסן הכימיקלים יימצא מפתח כניסה נוסף למחסן, בתוך תא זכוכית סגור, שישמש אך ורק למקרי חירום. סמוך לתא הזכוכית יוצב פטיש שישמש לשבירת זכוכית התא. הזכוכית תהיה מסוג הניתן לשבירה בקלות</p>	<p>6.5.12</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>הכניסה למחסן תוגבל אך ורק לעובדים בתפקיד</p>	<p>6.5.13</p>
<p>הנחיה חשובה מאד</p>	<p>אין להשאיר עובד בודד לביצוע עבודות אחסון, פריקה העמסה ושינוע של כימיקלים</p>	<p>6.5.14</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>אסור לעשן ואו להשתמש באש גלויה במחסן</p>	<p>6.5.15</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>עקב הרעילות של הכימיקלים, אין להכניס למחסן דברי אוכל או שתייה וכן אסור לאכול או לשתות במקום</p>	<p>6.5.16</p>



6.5.17	אסור לאחסן כימיקלים בבקבוקי שתייה או באריזות מזון. אזרה: שתייה בשוגג של כימיקלים עלולה להיות קטלנית	על אף שההנחיה מובנת, יש להקפיד על ביצועה
6.5.18	לפני אכילה, שתייה, עישון, או לפני היציאה להפסקה וכן בסיום יום העבודה, על המחסנאי לרחוץ היטב את הידיים במים זורמים ובסבון.	אין צורך בהסבר.
6.5.19	הנפקת הכימיקלים תיעשה באריזות המקוריות בלבד. אין להעביר כימיקלים מכלי לכלי או מאריזה לאריזה, אלא במקרה של אריזה פגומה	בתע"א מנפיקים אריזות שלמות בלבד. מותר לטפל אך ורק באריזות פגומות
6.5.20	בכל מקרה של תקלה יש לדווח מיידית לממונה על הבטיחות המפעלי, או לפעיל הרעלים ואו למנהל הבטיחות ואיכות הסביבה. אזרות: - יש להתייחס לאריזות המכילות פסולת כימיקלים כמסוכנות יותר מאריזות כימיקלים! - מחסני פסולת כימיקלים מסוכנים יופרדו ממחסני כימיקלים!	חשוב מאוד ללמוד את הלקחים, על מנת למנוע תקלות דומות בעתיד. פסולת הכימיקלים מסוכנת יותר מהכימיקל המקורי, כיוון שהפסולת איננה חומר טהור ומכיוון שהאריזה אינה בטיב האריזה המקורית
6.6	קבלת/הוצאת כימיקלים מהמחסן	הנחיות למחסנאי
6.6.1	לפני קבלת/הוצאת כימיקלים מהמחסן, יודא המחסנאי כי: 6.6.1.1 אריזות הכימיקלים שלמות וסגורות היטב. אין להכניס למחסן אריזות פגומות מסוג כל שהו. 6.6.1.2 על כל אריזה כתובת ברורה הכוללת את הפרטים הבאים: 6.6.1.2.1 שם החומר 6.6.1.2.2 סימון הסיכון הבטיחותי, כגון: קורוזיבי, רעיל או שילוב של כמה סימונים 6.6.1.3 מנהל המחסן יתייק בתיק מיוחד את כל האישורים של תנועות הכימיקלים, לרבות שטרי המטען החתומים על-ידי מנהל שטח ההנצלה, המאשרים כי הכימיקלים נתקבלו לשטח ההנצלה.	אריזות פגומות מוחזרות לספק מיד עם קבלתן אין צורך בהסבר הנחיה בעלת חשיבות רבה. "שטח הנצלה" בתע"א פירושו שטח לאחסון פסולת כימיקלים.
6.6.2	הממונה על המחסן יערוך רישום של כל תנועות הכימיקלים במחסן, לרבות הפסולת המועברת לשטח ההנצלה. הרישום יכלול: פירוט סוג הכימיקלים המתקבלים/נשלחים, כמות ותאריך המשלוח/הקבלה.	ההנחיה מתבצעת בתע"א באופן ממוחשב
6.6.3	מנהל המחסן יתייק בתיק מיוחד את כל האישורים של תנועות הכימיקלים, לרבות את שטרי המטען החתומים על-ידי מנהל שטח ההנצלה, המאשרים כי הכימיקלים נתקבלו לשטח ההנצלה	הנחיה חשובה מאד, לתיעד התנועה של הפסולת הרעילה מהמחסן אל שטח האחסון של הפסולת הרעילה, המכונה בתע"א "שטח הנצלה"
6.7	פינות יחידתיות לאחסון כימיקלים. הפינות היחידתיות לאחסון כימיקלים יאופיינו כלהלן:	מדובר באזור אחסון כימיקלים לצריכה שבועית
6.7.1	מיקום הפינות ייעשה בתיאום ובאישור בכתב של מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה ויחידת כיבוי אש, כאשר יושם דגש על אזור המוגן מפני התפשטות אש לעבר מבנים או אתרים אחרים בסביבה, במקרה שתפרוץ שריפה בפינת אחסון הכימיקלים	יש לוודא כי במקרה של תקלה הנזק לא מתפשט אל אזורים מאוכלסים או אתרי עבודה בהם נמצא ציוד יקר
6.7.2	כמות הכימיקלים שתאוחסן במקום תהיה לצריכה שבועית בלבד	על מנת להקטין את הנזק בעת תקרית
6.7.3	הפינות יהיו מקורות ומוגנות הן מפני גשם והן מפני שמש	על מנת למנוע התנפחות אריזות ופיזור חומר מסוכן
6.7.4	בפינות בהן קיימת תעלה לאיסוף שפך, יש להציב מתחת לברזי חביות/מכלי הכימיקלים שוקת לאיסוף טפטופים	בדומה למחסנים הגדולים, גם פינות האחסון נבנו באופן שהרצפה מהווה מאצרה בעלת תעלת איסוף שפך. תפקידה של השוקת למנוע טפטופים על הרצפה

6.7.5.	בפינות בהן לא קיימת תעלה לאיסוף שפך, יש להציב את החביות/המיכלים על מאצרות ניידות שישמשו לאיסוף שפך וטפטופים. נפח המאצרה הניידת יהיה גדול ב-10% מנפח החביות/המכל המוצב עליו	במידה והרצפה איננה מנוקזת אל תעלת איסוף, יש לאחסן האריזות מעל מאצרות
6.7.6.	אסור למקם באותה פינה כימיקלים האסורים במגע ביניהם	הנחיה חוזרת
6.7.7.	יש לשלט את מכלי/חביות הכימיקלים לגבי תכולתם	החביות ממוקמות לפעמים במצב אופקי, כך שהשילוט שעל גופן מוסתר
6.8.	העמסה/פריקה ושינוע של כימיקלים בשטח החברה	הנחיות לשינוע פנים מפעלי למרחקים של עשרות ואף מאות מטרים
6.8.1.	האחריות להעמסה/פריקה ושינוע של כימיקלים בשטחי החברה חלה על מנהל העבודה של היחידה המשגרת את המטען	רק היחידה המשלחת מכירה את מהות הסיכונים של החומרים או של הפסולת
6.8.2.	הובלת כימיקלים או פסולת של כימיקלים לשטח ההנצלה או לגורם אחר בחברה תיעשה לאחר שמנהל העבודה ביחידה המשלחת את הכימיקלים תיאם מראש את המשלוח עם הגורם המקבל	יש לוודא מראש כי יש מי שיקבל ויקלוט את הכימיקלים ביחידה המקבלת
6.8.3.	לפני ההובלה יצייד מנהל העבודה את הנהג ב"שטר מטען להובלת חומ"ס" – טופס מס' 8164-5-000. עם גמר ההובלה, יחתים הנהג את הגורם המקבל על הטופס הני"ל המאשר כי קיבל את הכימיקלים ויחזיר את העותק החתום לגורם המשלח	מטרת ההנחיה היא תיעוד ההובלה ומניעת "קיצורי דרך"
6.8.4.	הנהג המוביל את הכימיקלים יהיה בעל הרשאה לנהיגה פנימית המתאימה לסוג הרכב בו הוא אמור להוביל את הכימיקלים	לא כל אחד רשאי לנהוג בכלי רכב או במלגזה לשינוע כימיקלים. הרשיון מונפק על ידי קצין בטיחות בתעבורה וכוחו יפה לנהיגה בשטח המפעלי התע"א בלבד
6.8.5.	לפני ההובלה, יודא הנהג, שההובלה אכן תואמה מראש עם הגורם האמור לקבל את המשלוח	הבטחה נוספת כי בצד השני הגורם המקבל אכן ממתין לקליטת החומר
6.8.6.	הובלת הכימיקלים תיעשה תוך כדי נהיגה זהירה, בכפוף להוראות שקיבל הנהג ממנהל היחידה המשגרת	אין צורך בהסבר
6.8.7.	בכל מקרה של ספק/חשש לגבי הובלת הכימיקלים, יש לפנות למנהל הבטיחות ואיכות הסביבה לשם קבלת ייעוץ/הנחיות	אין צורך בהסבר
6.8.8.	אין לשנע יחד כימיקלים בעלי תכונות כימיות שונות, העלולים לגרום לריאקציה המלווה בהתפוצצות, שריפה או פליטת גזים רעילים (למשל, אין להעמיס/לפרוק: ציאנידים עם חומצות, חומצות עם בסיסים, וכן כרומטים עם ממיסים דליקים וכד')	ההנחיה מוזכרת מספר פעמים עקב חשיבותה הרבה
6.8.9.	הרמה/הורדה אריזות כימיקלים במשקל העולה על 10 ק"ג תיעשה באמצעות שני עובדים. אריזות בעלות משקל העולה על 30 ק"ג יועמסו/יפורקו באמצעות מתקני הרמה, בעלי משטח הרמה מתאים	על אף שההנחיה מובנת מאליה, היא חשובה מאד למניעת תאונות שכיחות של תפיסת גב ופגיעה עקב נפילת אריזות כבדות
6.8.10.	בקבוקי זכוכית או פלסטיק (עד תכולה של 2 ליטר) יועמסו/יפורקו אך ורק אם הם ארוזים בארגזי עץ/פלסטיק או קרטון, המיועדים למטרה זו	אין צורך בהסבר
6.8.11.	בעת שינוע באמצעות עגלה נגררת, אין לרתום יותר מעגלה אחת לרכב הגורר	שינוע כימיקלים בעגלות בשיטת ה"רכבת" מסוכן מאד

<p>מדובר בשינוע פנים מפעלי למרחקים קצרים. עקב היציבות הפחות טובה של המלגה לעומת כלי שינוע אחר. הנחיה קשורה לשינוי המשקל של האריזות על המלגה</p> <p>על מנת למנוע קורוזיה אין צורך בהסבר</p> <p>הנחיה חשובה מאוד</p> <p>כאמור, המלגון בעל רשיון פנימי לנהוג מלגה ובנוסף רשיון פנימי לשינוע חומרים מסוכנים</p> <p>הנחיות נהיגה כתלות בתנאי השטח</p>	<p>ניתן לשנע כימיקלים באמצעות מלגה, בהתאם לאמור לעיל, בתנאים הבאים:</p> <p>6.8.12.1. ההובלה תיעשה בתוך כלוב מיוחד, שייבנה בהנחיית קצין בטיחות בתעבורה.</p> <p>6.8.12.2. מידות הכלוב יאפשרו להוביל בבטחה בעת ובעונה אחת עד ארבע חביות של כימיקלים</p> <p><u>הערה</u>: שינוע של פחות מארבע חביות ייעשה כאשר החביות רתומות היטב לכלוב, באופן שימנע את טלטולן בעת השינוע</p> <p>6.8.12.3. משטח הכלוב יתאים לסוג החומר המובל.</p> <p>6.8.12.4. לפני ההובלה, יש לרתום היטב את הכלוב למלגה ולרתום היטב את החביות אחת לשנייה, באופן שימנע טלטולן בעת השינוע</p> <p>6.8.12.5. על המלגון להקפיד שלא להעמיס כימיקלים במשקל העולה על העומס המותר של המלגה, בהתחשב במסלול ובתנאי ההובלה</p> <p>6.8.12.6. המלגון אחראי להובלה בטוחה של המטען, בהתאם להנחיות מנהל העבודה ביחידה המשגרת את המטען ובהתאם להוראות הבטיחות, לרבות הוראה מס' 44.01.03 - "כללי בטיחות להפעלת מלגה"</p> <p>6.8.12.7. בעת הובלת כימיקלים במלגה בשטח משופע, יקפיד הנהג על יישום הפעולות הבאות:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- המטען מוצב במעלה השיפוע.</li> <li>- המטען יחד עם הקלשוניים קרובים, ככל האפשר, לפני הקרקע.</li> <li>- התורן נטוי לאחור</li> </ul>	<p>6.8.12</p>
<p>טיפול באריזות פגומות</p>	<p>טיפול בתקלות ובאריזות/מכלים פגומים או רטובים</p>	<p>6.9</p>
<p>חשוב מאד להכין אריזות מתאימות לקליטת שפך כימיקלים כתלות בתכונות הקרוזיביות של הכימיקלים. חשוב גם הסימון הנכון של האריזות אליהן מתעבר הכימיקל</p>	<p>נמצאה אריזה פגומה (חור בחבית, זכוכית סדוקה, סגירה לא טובה), יש להעביר תכולת האריזה הפגומה לאריזה תקינה, המתאימה לסוג החומר שיועבר אליה. על האריזה החדשה תודבק תווית בולטת המציינת את תכולת החומר שבאריזה. הטיפול בתקלות מסוג זה ייעשה על-ידי שני עובדים לפחות</p>	<p>6.9.1</p>
<p>השימוש בצידוד מגן אישי לטיפול בתקלות הינו חובה. העברת חומרים דליקים תיעשה תוך התחשבות בחשמל סטטי</p>	<p>העברת כימיקלים מאריזה אחת לאחרת תיעשה תוך כדי שימוש בצידוד מגן, כמפורט בסעיף 6.11 להלן.</p> <p><u>אזהרה</u>: העברת חומרים דליקים ממכל למיכל תיעשה כמפורט בהוראת בטיחות מס' 41.15.20, לאחר הארקה סטטית של המיכלים</p>	<p>6.9.2</p>
<p>חבית פלסטיק מתאימה לקליטה ראשונית של רוב סוגי הכימיקלים המשמשים לטיפול בפני שטח של מתכות. המצאות חומרי הספיגה באתר אחסון כימיקלים נוזלים הינה חובה</p>	<p>במחסן תוצב חבית מפלסטיק, שתשמש לקליטת פסולת כימיקלים, במקרה של שפך או תקלה. החבית תשולט בנוסח: "פסולת כימיקלים". בתוך החבית יימצאו חומרי ספיגה</p>	<p>6.9.3</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>במקרה של שפך נוזלי של כימיקלים, יש לספוג את השפך באמצעות החומר הסופג ולהשליך את החומר לחבית הפסולת</p>	<p>6.9.4</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>במקרה של פיזור פסולת מוצקה, יש לאספה באמצעות מברשת או מטאטא ויעה ולשפכה לתוך החבית</p>	<p>6.9.5</p>
<p>לשילוט הזיהוי חשיבות רבה. יש להעביר את הפסולת שנאספה עקב תקרית לאתר האחסון של הפסולת המסוכנת בהקדם האפשרי</p>	<p>לאחר גמר הטיפול בשפך/תקלה, תועבר החבית עם הפסולת וחומרי הספיגה לשטח ההנצלה (גם אם החבית מלאה חלקית). על החבית תצוין בצורה ברורה מהות הפסולת שבתכולתה</p>	<p>6.9.6</p>
<p>אין צורך בהסבר</p>	<p>לאחר העברת החבית לשטח ההנצלה יש להצטייד מחדש בחבית פסולת ובחומרי ספיגה</p>	<p>6.9.7</p>

הנחיה חשובה מאוד. ראה גם "דרישות מיוחדות ממשאבות המיועדות להעברת נוזלים דליקים"	העברת כימיקלים נוזליים ממיכל פגום למיכל תקין, תיעשה אך ורק באמצעות משאבה נקייה, כדי למנוע ריאקציה חריפה ומסוכנת, העלולה להיגרם עקב מגע בין סוגים שונים של כימיקלים האסורים במגע ביניהם. הערות: - כימיקלים מסוימים עלולים לתקוף את החומר ממנו עשויה המשאבה. במקרה של ספק באשר לסוג המשאבה המתאימה, יש להתייעץ עם מפקח הרעלים המפעלי או עם מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה. - העברת כימיקלים דליקים תיעשה אך ורק באמצעות אחד מסוגי המשאבות הבאות: משאבה ידנית, משאבה המופעלת באוויר דחוס או משאבה המוגנת בפני התפוצצות	6.9.8
ההנחיה חשובה פי כמה וכמה כאשר מדובר באריזה נוזלת ופגומה	פתיחת אריזות מתכתיות של חומרים דליקים תעשה באמצעות כלים מוגני ניצוצות	6.9.9
ההנחיה חוזרת על עצמה, עקב חשיבותה	יש להתאים את סוג האריזה לסוג הכימיקלים המועברים אליה, כדי למנוע איכול האריזה על-ידי הכימיקלים או ריאקציה בין הכימיקלים לשאריות חומר העלולות להימצא בתוך האריזה (לדוגמה: אין להכניס חומצות לתוך מכלים העשויים פח)	6.9.10
אין צורך בהסבר	מתגלה אריזה רטובה, יש לבדוק הסיבות לרטיבות, במקרה שהרטיבות נובעת משפך של אריזה פגומה, יש לפעול כאמור בסעיפים 6.9.4 או 6.9.5 לעיל	6.9.11
ההנחיה חוזרת על עצמה עקב חשיבותה	כלי עבודה (כגון: מאזניים, משקולות, כפפות, מטאטא, יעה, מיכל אשפה, שקיות פוליאתילן, משאבה וכד') ששימשו לעבודה עם חומר מקבוצת סיכון מסוימת עלולים לגרום לריאקציה מסוכנת כאשר משתמשים בהם עם חומרים אחרים. למשל, אסור להשתמש בכלים ששימשו לעבודה עם ציאנידים לעבודה בחומרים אחרים!	6.9.12
נושא חשוב מאד	ניקיון אישי וגיהות	6.10
אין צורך בהסבר	עובד בכימיקלים ילבש בגדי עבודה נקיים ושלמים, למניעת זיהום הגוף בכימיקלים	6.10.1
אין צורך בהסבר	במקרה שבגדי העבודה זוהמו בכימיקלים, יש להחליפם מייד בבגדי עבודה נקיים	6.10.2
ההנחיה חוזרת על עצמה, עקב חשיבותה	אין להחזיק מזון, שתייה כלי אוכל, גומי לעיסה או סיגריות במקום האחסון והשינוע של כימיקלים	6.10.3
ההנחיה חוזרת על עצמה, עקב חשיבותה	אסור לאכול, לשתות, ללעוס גומי לעיסה או לעשן במקום בו נמצאים כימיקלים	6.10.4
מובן מאליו	לפני אכילה, שתייה או עישון וכן לפני יציאה להפסקה או בגמר העבודה, על העובד בכימיקלים לרחוץ היטב את ידיו ופניו במים זורמים ובסבון	6.10.5
ההנחיה חוזרת על עצמה עקב חשיבותה	אין לאחסן כימיקלים באריזות מזון, בבקבוקי שתייה או בכלים בלתי מזהמים אחרים	6.10.6
התאמת ציוד מגן לסוג העבודה.	ביגוד וציוד מגן בעת אחסון/העמסה/פריקה של כימיקלים ילבש העובד את הבגדים שלהלן וישתמש בציוד המגן הבא:	6.11
אין צורך בהסבר	ילבש חולצה בעלת צווארון ושרוולים ארוכים ומכופתרים ומכנסיים ארוכים. מעל בגדי העבודה יחגור תעובד סינר עשוי גומי	6.11.1
אין צורך בהסבר	יכבש כובע עשוי מחומר העמיד בפני כימיקלים	6.11.2
התאמת נעלי הבטיחות לסוג העיסוק מפורטת ב"הוראות בטיחות ייעודיות"	ינעל נעלי בטיחות בהתאם להוראות הבטיחות "הגנה על הרגליים" - מס' 43.01.04	6.11.3

6.11.4	בעבודה שגרתית במחסן ישתמש העובד בציוד מגן אישי בהתאם לאופי העבודה, הכולל כפפות מגן לכימיקלים, סינר פלסטיק וכד'. הערה: בכל מקרה של ספק בנוגע לציוד המגן הנדרש, יש להתייעץ עם מנהל הבטיחות ואיכות הסביבה	אין צורך בהסבר. חשוב מאוד לחנך את העובדים לשאול שאלות בכל מקרה של ספק
6.11.5	בעת הטיפול בתקלות הכרוכות בכימיקלים, כגון: בעת העברת כימיקלים מכלי לכלי, בעת איסוף שפך או בעת טיפול במצב חירום, ישתמש העובד במסכה על כל הפנים, כפפות לעבודה בכימיקלים וכן יחגור סינר וינעל מגפיים העמידים בפני כימיקלים	הטיפול בתקלות מחייב שימוש בציוד מגן אישי
6.12	עזרה ראשונה	הוראות עזרה ראשונה
6.12.1	במקרה של התזת חומר כימי על גוף העובד, יסיר העובד מעליו את הבגדים הספוגים בחומר הכימי, ישטוף היטב את חלקי הגוף שנפגעו במים זורמים ובסבון ויחליף בגדים. במקרה הצורך, תוגש לנפגע עזרה ראשונה או שהוא יופנה לטיפול רפואי, בצירוף גיליון הבטיחות של החומר ממנו נפגע	חשוב מאד שגיליון הבטיחות (SDS) יימצא בהישג יד
6.12.2	במקרה של תחושת סחרחורת, כאבי ראש או בחילות, יש להעביר את הנפגע לאוויר צח, במקום מוצל, ולהזעיק עזרה רפואית	בחלק ממפעלי בתע"א ממוקמות מרפואות תעסוקתיות
6.12.3	במקרה של עילפון יש להעביר את הנפגע לאוויר צח ולהשכיבו במקום מוצל. אם הנפגע אינו נושם, יש להנשימו מפה לפה. במקביל, יש להזעיק עזרה רפואית	ראה 6.12.2
6.12.4	הטיפול בעובד שנפגע מכימיקלים, ייעשה בהתאם למפורט בגיליון הבטיחות של החומר ממנו נפגע (SDS)	הגיליון SDS מוזכר מספר פעמים, עקב חשיבותו הרבה.

בטבלה 3 מוצגים המזהמים הנבדקים בעת ביצוע בדיקות סביבתיות באתרי העבודה בתע"א כתלות באופי העיסוק וסוגי החומרים המשמשים את התהליכים השונים.  
סוגי החומרים הנבדקים ותדירות הביצוע של הבדיקות הסביבתיות עולים מעבר לנדרש בתקנות מהשיקולים שלהלן:

- א. הוכחת יעילות מערכות היניקה לאחר התקנתן או לאחר תיקונן.
- ב. הפעלת שיקול דעת בקבלת החלטות לגבי הצורך בהתקנת מערכות יניקה.
- ג. הכנסתם לשימוש של חומרים ותהליכים חדשים.
- ד. חיוב או שחרור העובד מהצורך להשתמש בציוד מגן אישי להגנה על דרכי הנשימה.
- ה. הסרת דאגה מלבם של העובדים החוששים שהם חשופים כביכול לחומרים מסוכנים.
- ו. דגימה מיוחדת על פי בקשת הרופא התעסוקתי.
- ז. חזרה על דגימות חריגות לפני מועד הביצוע החוקי של דגימה.

**טבלה 3 : סוגי הבדיקות הסביבתיות כתלות באופי העיסוק או התהליך המתבצע בתע"א**

הערות	הכימיקלים או החומרים הנבדקים	העיסוק של העובדים הנבדקים	התהליך
עובדי האחזקה מבצעים בנוסף עבודות אחזקה שאינן קשורות בכימיקלים.	פחמימנים מוכלרים, כגון טריכלורואתילן ופרכלורואתילן.	העובדים בדגריזר ועובדי אחזקה	עבודה בדגריזר ועבודות אחזקה של דגריזרים
עובדי האחזקה מבצעים לרוב עבודות אחזקה שאינן קשורות בכימיקלים. עבודות האחזקה מתבצעות בהשגחה צמודה של עובדי מחלקת הציפוי, הבקיאים בסיכונים.	כרומטים, ניקל קדמיום, נחושת, כסף, חומצות, ציאנידים, חומרים אלקליים וכו' כתלות בהרכב האמבט	עובדי ציפוי עובדי אחזקה	עבודה באמבטי תהליך ועבודות אחזקה של אמבטי תהליך
כני"ל	אבקות של המתכות כרום, ניקל, קדמיום תחמוצות אלומיניום, טיטניום, קובלט ועוד, אבקת זכוכית, קוורץ, עץ, פלסטיק, פחם וכו'	עובדי אחזקה	תחזוקת מסנני אוויר, תאי צבע, ציקלונים, קולטי אבק, תאי חול, שולחנות שיוף, מערכות יניקה ברתכויות וכו'
מכיוון שבמחסן אסור להעביר כימיקלים מכלי לכלי, אלא לנפק אריזות מקוריות בלבד, אין המחסן חשוף לכימיקלים. הבדיקות נערכות לעתים רחוקות מאד בעקבות אירוע שפך	הדגימה מתבצעת כתלות בחומר המעורב באירוע אם מתרחשת תקרית של שבר אריזות במחסן	עובדי מחסן כימיקלים	אחסון כימיקלים
ניטורי הסביבה מתבצעים בהסתמך על ההרכב המטלורגי של המתכות על פי MSDS של האלקטרודות או של המתכות המרותכות	נדפי המתכות המרכיבות את האלקטרודות הריתוך או החלק המרותך (נדפי כרום, ניקל, קדמיום, עופרת, נחושת, מוליבדן, קובלט, אלומיניום ועוד)	רתכים	ריתוך מתכות
ההוראה היא להשתמש כמה שאפשר בעץ רך, הפחות מסוכן	עץ רך או עץ קשה	נגרים	עיבוד שבבי של עץ
עקרונית אין עובדים בכספית במפעלי התע"א. השימוש היחיד בכספית נעשה במכשירי מדידה (מנומטרים). נעשה מאמץ מתמיד לעבור למכשור אלקטרוני	כספית	מכשירנים	עריכת בדיקות לרץ
הריאקציה הכימית ליצירת הפוליאוריטנים המוקצפים כה מהירה, שהאיזוציאנט מגיב עם חומרים אחרים והופך לתרכובת כימית אחרת	איזוציאנטים	העובדים ממלאים חלקי תעופה בקצף פוליאוריטני. העובדים אורזים חלקים עדינים לשינוע	ייצור פוליאוריטן מוקצף

עבודות ניקוי מתכות וכלי תעופה בכימיקלים	עובדי ניקוי	ממיסים אורגניים, כגון טולואן, אצטון, מתיל-אתיל-קטון, נפט	עובדי הניקוי עוסקים לפעמים גם בעבודות הסרת צבע. הניטור מתבצע בהתבסס על נתוני ה-MSDS
הסרת צבע ממתכות ומכלי תעופה	עובדי ניקוי	פנולים, קרזולים, מתילן כלוריד, כהלים, ממיסים אורגניים אחרים, מוצרי נפט	העובדים המסירים צבע עוסקים גם בניקוי מתכות. יש להתחשב בנתוני ה-MSDS
עיבוד שבבי של מתכות	חרטים, עובדי שיוף, השחזה וקידוח, כרסום	עיבוד שבבי יבש: אלומיניום, טיטניום, כרום, ניקל, מגנזיום, ואטדיום, קובלט, בריליום ועוד. עיבוד שבבי רטוב: אדים של תרסיס שמן מינרלי (נוזל קירור).	הניטור מתבצע על פי נתוני ה-MSDS של המתכות המעובדות והשמן המינרלי המשמש בתהליך
עבודות בעופרת	מלחימות	עופרת, קולופוני, שרף, על פי הרכב השרף שב-MSDS.	ככלל, העבודות בעופרת אסורות בתע"א, פרט לעבודות הלחמה ושימוש במכונות "הלחמת גלי" סגורות
צביעה בריסוס, בהברשה ובשיטה אלקטרוסטטית	צבעים	כרומטים, איזוציאנטים, אפיכלורוהידרין, ממיסים אורגניים על פי ה-MSDS של הצבעים.	כרומטים בצבעי יסוד. איזוציאנטים בצבעי פוליאוריתן. אפיכלורוהידרין בצבעי אפוקסי
ביצוע עבודות ניקיון	עובדי ניקיון	על פי הרכב החומרים הכימיים המרכיבים את חומרי הניקוי (בסיסים וחומצות).	עבודות הניקיון במחלקות הציפוי מתבצעות בהשגחה צמודה של עובדי המחלקה, המונעים מעובדי הניקיון מלהתקרב לאמבטי התהליך
עבודות במטבח	עובדי מטבח	על פי הרכב החומרים המרכיבים את חומרי הניקוי של הסירים.	הבדיקות הסביבתיות במטבחים מתבצעות בתדירות נמוכה
עבודה בדבקים ובשרפים	עובדים בחומרים מרוכבים	מרכיבי השרף, כגון אפיכלורוהידרין, בוטיל-גליצידיל-אתר. חומרי ניקוי כגון אצטון. עיבוד שבבי – אבקת זכוכית, פחם, קוורץ ועוד.	על פי נתוני ה-MSDS. יש לקחת בחשבון גם חשיפה עורית
בדיקות סדקים בשיטת "זייגלוי"	עובדי "זייגלוי"	מוצרי נפט, טלק, תחמוצות אלומיניום.	התהליך בו החלקים נטבלים בתערובת של חומרים זוהרים ומוצרי נפט במטרה לגלות סדקים נסתרים באמצעות אור אולטרה-סגול מכונה בתע"א תהליך "זייגלוי"

תדלוק רכבים ומטוסים	עובדי תחנת דלק ועובדי תדלוק מטוסים	בנוזין, דס"ל (דס"ל – דלק סילוני).	הניטור מתבצע בעת מילוי מיכלים תת-קרקעיים בדלק ובעת תדלוק
עבודות אטימה של מכלי דלק בכלי טיס	עובדי אחזקה של כלי טיס	דס"ל וחומרי אטימה	על פי נתוני ה-MSDS של חומרי האטימה
"ניקוי חול"	עובדים בניקוי פני שטח של מתכות באמצעות התזת גרגירים של חומרים שונים	תחמוצת אלומיניום והמתכות המוסרות מהחלק המנוקה (כרום, ניקל, קדמיום ועוד)	המונח "ניקוי חול" השתרש עם הזמן. ברור שחל איסור מוחלט לבצע ניקוי חול באמצעות סיליקה גבישית
עבודות במעבדה לכימיה	עובדי מעבדה	על פי הכימיקלים המשמשים לאנליזה.	המעבדות משמשות לבדיקת ההרכבים של אמבטי התהליך
עבודות אטימה של מיכלי דלק במטוסים	עובדי איטום	על פי ה-MSDS של חומר האטימה. דס"ל (דלק סילוני).	על פי נתוני ה-MSDS של חומרי האיטום והממיסים האורגניים המשמשים לניקוי פני השטח לפני יישום חומרי האיטום
עבודות מיוחדות ומזדמנות	עובדים שונים	על פי החומר המשמש לביצוע עבודות חד פעמיות או על פי החומר שדלף וטופל בחירום	בדיקות חד פעמיות לבדיקת תהליך מיוחד או לאחר שפך כימיקלים, על מנת להוכיח מצב תקין

### דוגמה לעריכת הוראת בטיחות

הוראת הבטיחות של התע"א "עבודות צביעה" מוצגת בשלמותה כדוגמה לאופן שבו עורכים את הנחיות הבטיחות בחברה וכדי להבליט את הקשר המסופף בינה לבין הוראות ונהלי בטיחות אחרים (היבטי בטיחות וגהות נוספים בתחום זה ניתן למצוא בספר שפורסם על-ידי המוסד לבטיחות ולגיהות "צביעה בריסוס, היבט גיהותי" מאת גברת רינה קנוביץ, מחלקת הוצאה לאור, 1996).

### עבודות צביעה

#### 1. כללי

- 1.1. הוראה זו דנה בכללי בטיחות בעת ביצוע עבודות צביעה של חלקים וגופים שונים, לרבות כלי טיס וחלקיהם.
- 1.2. ההוראה מתייחסת לשיטות שונות של צביעה, לרבות צביעה בריסוס, בהברשה, בטבילה ובשיטה אלקטרוסטטית.
- 1.3. ככלל, בכל המקומות בהם מבוצעות עבודות צביעה או במקומות בהם מאוחסנים צבעים או מדללים, יש לתאם התקנת אמצעי גילוי וכיבוי אש עם נציגי כיבוי אש בחברה.
- 1.4. עבודות הצביעה כרוכות בסיכוני עבודה שונים, כמפורט בפרק 4 להלן.



- 1.5. כללי הבטיחות המפורטים בהוראה זו באים להשלים את הוראות הבטיחות ייעודיות למקצועות ולעיסוקים השונים בחברה
- 1.6. עבודה במקומות סגורים או מוקפים תיעשה כאמור בהוראת הבטיחות מס' 40.01.04.
- 1.7. עבודה במוסך/בית-מלאכה לכלי טיס תיעשה בהתאם לאמור בהוראת בטיחות מס' 41.05.08
- 1.8. העברת נוזלים דליקים ממיכל למיכל תיעשה בהתאם להוראת בטיחות מס' 41.15.20 - "העברת נוזלים דליקים ממיכל למיכל".
- 1.9. עבודה בגובה תיעשה כנדרש בהוראות הבטיחות הבאות:  
- הוראה מס' 41.05.04 - שימוש בסולמות ובימות עבודה".  
- הוראה מס' 43.01.08 – "חגורות בטיחות".
- 1.10. פינוי פסולת רעילה או אריזות של פסולת רעילה ייעשה כאמור בנוהל החברה מס' 544.01.04.
- 1.11. הוראה זו מחליפה הוראת בטיחות בעלת אותו שם ומספר, מתאריך 16.5.2001.

## 2. מטרה

- 2.1. ההוראה באה להנחות את מנהלי העבודה והעובדים בכללי בטיחות ובאמצעים אותם יש לנקוט בעת ביצוע עבודות צבע במצבעות, במוסכים, בבתי מלאכה או במקום מוקף.

## 3. הגדרות

- 3.1. מנהל עבודה - עובד חברה המבצע עבודה באמצעות צוות עובדים (עובד אחד או יותר) וממונה או מפקח עליהם בתוקף תפקידו, לרבות על עובדי קבלן.
- 3.2. תא צביעה - תא המיועד לביצוע עבודות צביעה. התא מצויד במערכת ליניקה ולסינון אדים ורסיסי צבע ולהרחקת האוויר המסונן אל מחוץ לתא.
- 3.3. צביעה - אולם עבודה שיש בו לפחות תא צביעה אחד.
- 3.4. מוסך צבע - מוסך המצויד במערכת יניקה אנכית, המיועד לצביעת כלי טיס וחלקים בעלי ממדים גדולים.
- 3.5. גיליון בטיחות - כרטיס הרעלים של החומר (Safety Data Sheet).
- 3.6. אש גלויה - להבה, גץ, ניצוץ חשמלי, קשת חשמלית וכן תהליכים היוצרים אש גלויה, כגון: ריתוך, חיתוך והשחזת מתכות, או כל מקור כלשהו בעל אנרגיה מספקת לגרום להתלקחות.

#### 4. סיכונים

##### 4.1. סיכוני בריאות

- 4.1.1. עבודות צביעה כרוכות בסיכוני הרעלה מאדי צבע וממדללים, העלולים לחדור לגוף בדרכי הנשימה, העיכול ו/או העור ולגרום להרעלה.
- 4.1.2. עבודה בצבע או במדללי צבע בתאים או בחללים סגורים (מקום מוקף) עלולה לגרום להרעלה, עקב הצטברות מהירה של גזים רעילים באוויר בריכוז גבוה. כמו כן, קיימת במקומות אלה סכנת חנק, עקב מחסור בחמצן לנשימה.
- 4.1.3. חומרים כימיים מסוכנים עלולים לפגוע בעור או לחדור לגוף דרך נקבוביות העור או דרך פצע פתוח.
- 4.1.4. בעת ביצוע עבודות צביעה, בעיקר צביעה בריסוס, עלולים לחדור לעיניים רסיסי צבע או מדלל ולגרום נזק לראייה.
- 4.1.5. תרסיסי הצבע המשתחררים מאקדח הצבע בלחץ גבוה עלולים לגרום לפגיעה פיזית בעובד.
- 4.16. צנרת האוויר הדחוס, המחוברת למערכות ולאקדח הצבע, נמצאת בלחץ גבוה ועלולה לפגוע בעובד.

##### 4.2. סיכוני התחשמלות ואש

- 4.2.1. הפעלת מערכות צביעה אלקטרוסטטיות בניגוד להוראות היצרן עלולה לגרום להתחשמלות ו/או להתלקחות.  
אדי הצבעים והמדללים עלולים לגרום להתפוצצות או לשריפה.
- 4.2.2. צביעת רכיבים אלקטרוניים או אביזרים חשמליים "חיים", המחוברים למתח, מהווה סיכון התחשמלות, שריפה והתפוצצות.
- 4.2.3. ערבוב צבעים האסורים במגע ביניהם עלול לגרום לריאקציה חריפה או להתלקחות.
- הערה:** צביעת סוגי צבעים שונים בשכבות עלולה לגרום לריאקציה חריפה בין הצבעים או להתלקחות.

##### 4.3. סיכוני איכות הסביבה

- 4.3.1. הזרמת פסולת של צבעים או מדללים או מים מזוהמים בצבע לקרקע, לתעלות פתוחות, למערכת ניקוז מי גשם, לביוב או לרשות הרבים, אסורה על-פי החוק והיא עלולה לזהם את הקרקע או את מי התהום.
- 4.3.2. ריסוס צבע או אדי צבע מתוך תאי הצבע אל האטמוספירה, ללא סינון, מזהם את האוויר.
- 4.3.3. צביעה במקום פתוח גורמת לזיהום האוויר.

## 5. אחריות

5.1 מנהל העבודה אחראי ליישום הוראות הבטיחות ביחידתו.

## 6. הוראות בטיחות כלליות

6.1 ככלל, עבודות צביעה יבוצעו אך ורק בצבעיות שיועדו לכך ואושרו על-ידי מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה. הצבעיות יצוידו במנדפי צבע בעלי מערכות יניקה תקינות, העוברות תחזוקה תקופתית לפחות אחת לשנה, או כאשר מד הלחץ סוטה מתחום הלחץ התקין של 30-40 מ"מ מים.

### אזהרות:

- א. חל איסור מוחלט לבצע עבודות צביעה ללא הפעלת המנדף!
- ב. לפני תחילת העבודה, על העובד לבדוק את תקינות המסנן על-ידי בדיקה הסתכלותית על מד הלחץ ולוודא שהלחץ נמצא בתחום המותר (30-40 מ"מ מים).
- 6.2 במקרים בהם אילוצי העבודה מחייבים לצבוע גוף או כלי טיס בתוך מוסך שאינו מוסך צבע, ישלח מנהל העבודה לראש המינהל הנוגע טופס בקשה לקבלת אישור חריג לבצע צביעה במוסך זה (ראה דוגמת טופס בנספח). העבודה תתבצע רק לאחר שראש המינהל אישר העבודה וחתם על גבי הטופס הנ"ל. בכל מקרה תבוצע הצביעה בהתאם להנחיות שבפרק 8.7 להלן.
- 6.3 כל הציוד החשמלי במקומות בהם מבצעים עבודות צביעה יהיה מסוג מוגן התפוצצות.
- 6.4 כלי העבודה בהם משתמשים העובדים יהיו מסוג המונע ניצוצות.
- 6.5 במקרה הצורך להשתמש במוסך הצבע בבמת הרמה חשמלית, יש להתקין על הבמה גלאי גזים נפיצים. הגלאי יכול באופן שינתק את מתח החשמל של הבמה כאשר ריכוז האדים הנפיצים באוויר יגיע ל-20% מערך ה-LEL של החומר בעל ערך ה-LEL הנמוך ביותר הנמצא בשימוש במוסך.
- 6.6 אין לצבוע רכיבים אלקטרוניים או אבזרי חשמל בהיותם מחוברים לזרם החשמל.
- 6.7 העובדים העוסקים בהכנת הצבע ובצביעה וכן העובדים בסביבה יצוידו בציוד מגן אישי להגנה על דרכי הנשימה, הידיים, העיניים והגוף, כמפורט להלן.
- 6.8 אין לאחסן בצבעיות או במוסך הצבע חומרים בעירים כלשהם, כגון: עצים, ניירת, קרטונים וכד', ואין להכניס למקומות אלה כימיקלים שאינם שייכים לתהליך הצביעה.
- 6.9 צבעים ומדללים יאוחסנו בצבעיה או במוסך הצבע בארונות המיועדים לכך והמאושרים על-ידי איגוד הכבאות של ארה"ב (NFPA). כמות הצבעים והמדללים יספיקו לשבוע עבודה אחד בלבד.

- 6.10. צביעה בשכבות של סוגי צבעים שונים עלולה לגרום לריאקציה חריפה בין הצבעים או להתלקחות. עקב כך, חובה להקפיד על עבודה בהתאם למפרט התהליך.
- 6.11. מגע בין צבע ו/או מדלל צבע דליק לבין חומרים מחמצנים עלול לגרום להתלקחות (לדוגמה: מגע בין צבע או מדלל צבע למלחי כרומטים גורם להתלקחות).
- 6.12. בעת הטיפול בסתימה הנוצרת בפייט אקדח הריסוס, או כאשר צריך להחליף את הפיה, על העובד לנתק תחילה את האקדח מאספקת האוויר, על-מנת למנוע אפשרות של התזת צבע בשגגה לעבר עובדים בסביבה או לעבר העובד עצמו.  
**אזהרה:** חדירת צבע בלחץ לגוף ובעיקר לעיניים, מסוכנת!
- 6.13. מילוי או ריקון מיכל צבע ייעשה במינדף פועל.
- 6.14. בעת ניסוי אקדח הריסוס, על העובד לכוון את התרסיס לכוון פנים המינדף. יש להיזהר מהתזת צבע לעיניים, לפנים או לגוף. אין לכוון אקדח צבע לעבר אנשים והסביבה.
- 6.15. תחזוקת אקדחי הצבע או מערכות הצבע, כולל מערכות צבע אלקטרוסטטיות, תיעשה כנדרש בהוראות היצרן.
- 6.16. מסננים משומשים של תאי צבע יוכנסו למיכלי פסולת מיוחדים המיועדים לפסולת דליקה ויורטבו בתוך החבית במים רבים. בשום מקרה אין לפנות מסננים משומשים לרשות הרבים.
- 6.17. המים המשמשים לסינון בתאי צבע "רטובים" יפוננו לטיהור או לרמת חובב, בהתאם לאמור בנוהל החברה מס' 544.01.01.
- 6.18. אין לפנות לביוב או לרשות הרבים עודפי צבע ומדללים, פסולת של צבע או של מדללים, מסננים משומשים של מסיכות מגן וכן מים ממיסך המים של מינדף הצבע. פסולת כנ"ל תוכנס למיכל מתכת מתאים, כאמור בסעיף 7.1.14 להלן.
- 6.19. אין לשפוך לביוב או לרשות הרבים את המים ששימשו לניקוי הרצפות באתרי הצביעה. מים אלה ייאספו במיכלים/חביות ויפוננו כפסולת רעילה, בהתאם לאמור בנוהל החברה מס' 544.01.01.

## 7. הוראות בטיחות למנהל העבודה

- 7.1. מנהל העבודה אחראי:
- 7.1.1. להפיץ הוראות בטיחות אלו בקרב העובדים הכפופים לו ולוודא כי העובדים ישננו, לפחות אחת לשנה, את ההוראות ויעבדו על-פיהן.

7.1.2. לוודא כי עבודות צביעה יבוצעו בצבעיה, במוסך צבע או בתאי צביעה המיועדים לכך. עבודות שלא ניתן לבצע במקומות המיועדים לכך, יבוצעו כאמור בפרק 8.7 להלן.

7.1.3. לוודא, כי בכל תא צבע יותקן מד לחץ, שמתפקידו להצביע על סתימת המסנן ולהנחות את העובדים לערוך בדיקת המסנן לפני תחילת העבודה בתא הצבע.

7.1.4. לפקח על תקינות פעולות מערכות האורור, היניקה ומסנני תא הצבע ותחזוקתם התקופתית, בהתאם להוראות היצרן.

7.1.5. לוודא הימצאות מקלחת חירום ומיתקן לשטיפת עיניים בקרבת מקום העבודה להקפיד על גישה פנויה אליהם ולהבטיח תחזוקתם התקופתית על-ידי גורם מוסמך.

7.1.6. לוודא הימצאות אמצעי כיבוי אש מתאימים באזור הצביעה.

7.1.7. להבטיח כי מערכות החשמל, הציוד החשמלי והתאורה במקום הם מסוג מוגן התפוצצות ומוארקים.

7.1.8. להבטיח כי כלי העבודה בהם משתמשים העובדים הם מסוג המונע ניצוצות.

7.1.9. להתקין שילוט מאיר עיניים במצבעה בנוסח:

"זהירות, חומרים רעילים הגורמים לנזקי בריאות: טולואן, קסילן, מ.א.ק.,

פחמימנים מוכלרים, אפיכלורוהידרין, כרומטים, איזוציאניטים ועוד!

- אסור לעשן או להשתמש באש גלויה!

- מגע, בליעה או נשימת האדים מסכנת את הבריאות!

- חובה לנקוט אמצעי בטיחות וגיהות מתאימים!

- יש לוודא אורור יעיל במקום העבודה".

7.1.10. להקפיד כי לפני ביצוע עבודות צביעה יופעלו מערכת האורור והיניקה במקום.

7.1.11. לא להשאיר עובד בודד לביצוע עבודות צביעה. ראה גם הוראת בטיחות בנדון מס' 40.01.01.

7.1.12. להבטיח כי בקרבת מקום העבודה ובהישג יד יימצאו גיליונות הבטיחות של החומרים שבשימוש.

7.1.13. לצייד את העובדים בציוד מגן אישי, כמפורט בפרק 8.9 להלן, ולפקח שהעובדים אכן ישתמשו בציוד מגן זה.

7.1.14. לפני תחילת עבודות הצביעה להרחיק מהמקום את העובדים שאינם בתפקיד ואת כל העובדים הבלתי מוגנים בציוד מגן אישי.

7.1.15. להציב במקום הצביעה שני מיכלי פסולת ממתכת; מיכל אחד עבור פסולת נוזלית (מדללי צבע וצבע) ומיכל שני עבור פסולת מוצקה (סמרטוטים, מברשות, פחי צבע, מסננים משומשים של מסיכות מגן וכד'). המיכלים יהיו סגורים היטב.

על המכלים יירשם באופן בולט: "זהירות - פסולת דליקה". פינוי המיכלים ייעשה בהתאם לאמור בנוהל החברה מס' 544.01.04 – "טיפול בפסולת ובאריזות ריקות של חומרים מסוכנים ופינוין".

7.1.16. לאסור אכילה, שתייה, עישון או לעיסת גומי לעיסה באתר הצביעה וכן לאסור אחזקת דברי אוכל או שתייה במקום.

7.1.17. לאסור אחסון צבעים או מדללים באריזות מזון או בבקבוקי שתייה.

7.1.18. לפקח שהעובדים יקיימו את הוראות הבטיחות שבהוראה זאת.

7.1.19. בהתאם לצורך, להורות על הסרת שכבות הצבע היבש המצטבר על רצפת תא הצביעה וקירותיו באמצעות כלים שאינם יוצרי ניצוצות.

## 8. הוראות בטיחות ייעודיות

8.1. אחסון צבעים ומדללים בצבעיה/מוסך צבע

8.1.1. ככלל, צבעים או מדללים יאוחסנו במחסנים המיועדים לכך, שאושרו על-ידי מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה.

8.1.2. באזור הצביעה יאוחסנו צבעים ומדללים בארונות המיועדים לכך, שאושרו על-ידי איגוד הכבאות של ארה"ב (N.F.P.A.), בכמות המספיקה לצריכה שבועית בלבד.

8.1.3. הצבעים והמדללים יוחזקו באזור הצביעה באריזותיהם המקוריות או במכלי מתכת המיועדים לכך.

8.1.4. על כל אריזה/מיכל תהיה תווית המזהה את תכולת החומר.

8.1.5. בכל עת שאין משתמשים בצבעים ובמדללים, יוחזקו אלה במיכלים סגורים, בתוך ארון מתכת נעול. הארון ישולט בשלט בולט בנוסח: "זהירות – צבעים ומדללים רעילים ודליקים".

8.1.6. אין לאחסן בצבעיה או במוסך הצבע חומרים בעירים כלשהם (כגון: עצים, ניירת, קרטונים וכד') ואין להכניס למקום כימיקלים אשר אינם קשורים לתהליך הצביעה.

## 8.2. הכנת הצבע ועבודות הצביעה

8.2.1. הכנת הצבע תיעשה בתא המיועד לשקילה ולערבוב, כאשר במקום פועלת מערכת יניקה תקינה.

8.2.2. אין לפתוח מיכלים/אריזות של צבע או של מדלל צבע באמצעות כלי מתכת, העלולים לגרום לניצוצות. פתיחת מיכלים/אריזות אלו תיעשה אך ורק באמצעות כלים העשויים פלסטיק, עץ או מתכת מסוג שאינו יוצר ניצוצות (PROOF SPARK).

8.2.3. העברת נוזלים דליקים מכלי לכלי תיעשה בהתאם להוראות בטיחות מס' 41.15.20.

8.2.4. לפני פעולות צביעה, יש להפעיל את מערכת היניקה שתפעל בכל משך העבודה ועשר דקות נוספות לאחר גמר הצביעה.

8.2.5. יש להקפיד שכל הציוד החשמלי יהיה מוארק.

- 8.2.6. החלק הנצבע ימוקס עמוק, ככל הניתן, בתוך תא הצבע.
- 8.2.7. חל איסור מוחלט שהצבע יעמוד כשגבו מופנה לעבר תא הצבע ופניו כלפי החלק הנצבע.

### **8.3 עבודה במוסך צבע**

- 8.3.1. לפני הצביעה יש להפעיל את מערכת האוורור במקום.
- 8.3.2. יש להקפיד שפתחי האוורור יהיו נקיים ולא תהיה עליהם כל פסולת, חומרים או גופים, העלולים להפריע לזרימה חופשית של אוויר.
- 8.3.3. כלי טיס הנמצא במוסך יהיה מוארק לנקודת הארקה תקנית.
- 8.3.4. הצביעה תבצע קרוב ככל האפשר לפתח האוורור שברצפת המוסך.
- 8.3.5. לאחר הצביעה יש לרכז את הפסולת, לרבות מטליות ונייר משומשים הספוגים בצבע או במדלל, לתוך מיכל מתכת מכוסה שיועד לכך, כאמור בסעיף 7.1.14 לעיל.

### **8.4 צביעה בטבילה**

- 8.4.1. אמבט התהליך של צביעה בטבילה ימוקס בחדר שיועד לכך ואושר על-ידי מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה.
- 8.4.2. מערכת האוורור של אמבט התהליך תופעל כל משך השימוש בו.
- 8.4.3. בגמר השימוש באמבט יש לכסותו במכסה ממתכת.
- 8.4.4. לפני הטבילה יש לבדוק את תקינות מערכת השינוע מבחינה מכנית. יש לתחזק את המערכת בהתאם להנחיות היצרן.
- 8.4.5. את הצבע יש להכניס לאמבט, לפני הכנסת המדללים. הוספת המדללים תבצע בצורה איטית, תוך כדי מהילה ובקרה.
- 8.4.6. לאחר הוצאת החלק הטבול מהאמבט, יש להשאירו מעל האמבט למספר דקות, כדי ששאריות הצבע יטפטפו לתוכו.

### **8.5 ייבוש חלקים צבועים**

- 8.5.1. ייבוש חלקים צבועים ייעשה באחת מהשיטות הבאות:
- השארת החלק הצבוע בתוך מינדף פועל, עד לייבוש.
  - העברת החלק לתא מאוורר, עד לייבוש.

#### **הערות:**

- ייבוש חלקים בתנורי ייבוש ייעשה רק לאחר שהצבע התייבש כמעט לחלוטין במינדף או בתא המאוורר!
  - ייבוש מטוס ייעשה בשטח פתוח או במוסך אשר פונה מעובדים!
- 8.5.2 אין להשתמש במנורות ליבון לייבוש חלקים בתוך מוסך הצבע.

## 8.6 צביעה בתוך מכלים או בחללים מוקפים/סגורים

8.6.1 צביעה בתוך מיכלים או בחללים מוקפים/סגורים תיעשה על-פי האמור בהוראת בטיחות מס' 40.01.04 – "עבודה במקום מוקף".

8.6.2 אין להיכנס למיכל או לחלל סגור ללא אישור בכתב ממנהל העבודה.

8.6.3 מנהל העבודה יאשר כניסת עובדים למיכל או לחלל סגור רק לאחר שבדק ומצא כי ננקטו כל אמצעי הבטיחות הדרושים.

8.6.4 בכל מקרה של ספק לגבי שיטת העבודה במקום סגור/מוקף, על מנהל העבודה להתייעץ עם מפקח הרעלים של החברה.

8.6.5 עבודה במכלי דלק של כלי טיס תיעשה בהתאם לאמור בהוראת בטיחות 45.01.06.

8.6.6 צביעת מכלי דלק פנימית של כלי טיס תיעשה כאמור בהוראת בטיחות מס' 45.06.01 – "עבודה במכלי דלק של כלי טיס".

8.6.7 לפני כניסת עובד לתוך מיכל או לחלל סגור יש לפעול כלהלן:

8.6.7.1 לנתק את המיכל/החלל הסגור מכל המערכות אליהן הוא מחובר, למעט

מערכת אספקת האוויר וממערכת תאורה במתח הנמוך מ- 24 וולט.

8.6.7.2 לחבר את המיכל להארקה.

8.6.7.3 לכוון את מערכת האוורור כך שפליטת האוויר מהמיכל תהיה רחוקה ככל

הניתן מהעובדים בצביעה ומעובדים אחרים בסביבה.

8.6.7.4 עובד הצובע בתוך מיכל או חלל סגור יירתם בחבל, כאשר קצה החבל

יוחזק בידי עובד אחר, שיעמוד מחוץ למקום הצביעה ויהיה בקשר ראייה/שמיעה

עם העובד הצובע.

## 8.7 צביעה במוסך שאיננו מוסך צבע

8.7.1 במקרים חריגים, כאשר אילוצי העבודה אינם מאפשרים לבצע עבודות צביעה בתוך

מוסך צבע, ניתן לקבל מראש המינהל הנוגע אישור חריג וחד-פעמי בכתב לביצוע

עבודות אלו בתוך מוסך שאינו מוסך צבע, על גבי טופס "אישור חריג לביצוע

עבודות צביעה במוסך שאינו מוסך צבע" (ראה דוגמת טופס בנספח). האישור יינתן

רק לאחר שראש המינהל וידא שננקטו כל אמצעי הבטיחות שבהוראה ובתנאים הבאים:

8.7.1.1 עבודות הצביעה יבוצעו מחוץ לשעות העבודה הרגילות, כאשר במוסך

נמצאים אך ורק העובדים העוסקים בצביעה.

8.7.1.2 אם חובה לבצע את העבודה בשעות העבודה הרגילות, יש לפנות מהמוסך

את כל העובדים שאינם עוסקים בצביעה.

8.7.1.3 כל העובדים שיימצאו במוסך יהיו מוגנים בצידוד המגן האישי הנדרש.

לאחר גמר הצביעה ימשיכו העובדים להשתמש בצידוד המגן לפחות חצי שעה נוספת.

8.7.1.4 באזור הצביעה יוצב שילוט אזהרה מתאים בנוסח:

"זהירות- אדים וחומרים דליקים/רעילים - חובה להשתמש בצידוד מגן אישי!"



- 8.7.1.5. לפני הצביעה ינותקו כל מערכות החשמל שכלי הטיס או הגוף הנצבע מחוברים אליהן ואלה הפועלות בקרבתו, למעט מערכות האוורור. פעולת המערכות תחודש חצי שעה לפחות לאחר גמר הצביעה.
- 8.7.1.6. מקורות חשמל ותאורה, ברדיוס של 20 מטר לפחות מכלי הטיס או מהגוף הנצבע, יהיו מסוג "מוגן התפוצצות".
- 8.7.1.7. יש להקפיד לחבר את כלי הטיס הנצבע או את הגוף הנצבע ומערכת הריסוס לנקודת הארקה סטטית זהה ולוודא כי החיבור תקין.
- 8.7.1.8. משני צדי כלי הטיס או הגוף הנצבע, ברדיוס הקטן מ-15 מטר, יוצבו לפחות 2 מטפי כיבוי, מסוג אבקה, במשקל של כ-50 ק"ג כל אחד.
- 8.7.1.9. במהלך הצביעה לא תבוצע כל עבודה אחרת על כלי הטיס או הגוף הנצבע וברדיוס של לפחות 20 מטר ממנו. אם קיים הכרח לבצע עבודה נוספת על הגוף הנצבע, יש לקבל על כך אישור מראש **בכתב** מממונה הבטיחות המפעלי או ממינהל הבטיחות ואיכות הסביבה.
- 8.7.1.10. צביעה המתבצעת בתוך כלי טיס או בחלל סגור נחשבת לעבודה במקום מוקף ויש לעבוד גם על-פי האמור בהוראת בטיחות מס' 40.01.04.
- 8.7.1.11. לאחר סיום פעולות הצביעה יש לאוורר את המוסך. העובדים יחזרו לעבודה מחצית השעה לפחות לאחר סיום הצביעה.
- 8.7.1.12. במקרים בהם תהליך הצביעה מחייב להשתמש במוסך הצבע בבמת הרמה חשמלית, יותקן על מכונת ההרמה גלאי גזים נפיצים. הגלאי יכיל באופן שינתק את מתח החשמל של הבמה כאשר ריכוז האדים הנפיצים באוויר יגיע ל-20% מערך ה-LEL של החומר בעל ערך ה-LEL הנמוך ביותר הנמצא בשימוש במוסך.

## 8.8. ניקיון וגיחות אישיים

- 8.8.1. העובד ילבש בגדי עבודה נקיים ורכוסים. בגדי עבודה הספוגים בצבע או במדלל יוחלפו בבגדים נקיים.
- 8.8.2. בגדיו הפרטיים של העובד יאוחסנו במקום נפרד מבגדי העבודה.
- 8.8.3. בסיום יום העבודה על העובד להתקלח ולהחליף בגדים.
- 8.8.4. בגדי העבודה יאוחסנו בארון שיימצא מחוץ לאזור הצביעה. בשום מקרה אין להוציא הביתה בגדי עבודה ואין לכבסם בבית.
- 8.8.5. בחדר הצביעה אין להחזיק דברי אוכל או משקאות ואין לאכול, לשתות, לעשן או ללעוס גומי לעיסה במקום.
- 8.8.6. לפני אכילה, שתייה או עישון יש לרחוץ היטב את הידיים במים וסבון.
- 8.8.7. צבע שניתז על הגוף יוסר בעזרת סבון מיוחד שאושר על ידי מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה.
- 8.8.8. יש לנקות מיד שלוליות של צבעים ומדללים.

## 8.9 ציוד מגן אישי

בעת הכנת הצבע, ניקוי ציוד הצביעה או בעת הצביעה ישתמש העובד בציוד המגן הבא:

8.9.1. יגן על דרכי הנשימה באמצעות מסיכת אף/פה אישית, בעלת מסנן A1B1E1K1-P3 או באמצעות מסיכה בעלת אספקת אוויר לנשימה ממקור חיצוני. זאת בנוסף לציוד המגן ההנדסי הנדרש.

### אזהרות:

- הרחת ריח של צבע מבעד למסיכה מצביעה על פריצת המסנן!

- קושי בנשימה מצביע על סתימת המסנן!

במקרים אלה, על העובד לעזוב מיד את האזור ולהחליף את המסנן הפרוץ במסנן חדש!

8.9.2. בעת צביעה בצבע יסוד המכיל כרומטים, ישתמש במסיכה עם אספקת אוויר חיצוני.

8.9.3. ילבש בגדי עבודה הכוללים מכנסיים וחולצה בעלי שרוולים ארוכים ומכפתרים וכן יחבוש כובע. בגדי העבודה והכובע יהיו עשויים כותנה או אריג שאינו יוצר חשמל סטטי.

8.9.4. ינעל נעלי עבודה שאין בהן חלקי מתכת גלויים, העלולים ליצור ניצוצות בעת חיכוך.

8.9.5. ירכיב משקפי מגן לעבודה בכימיקלים או מגן פנים פנורמי, שאושרו על-ידי מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה.

8.9.6. להגנה על הידיים ישתמש העובד בכפפות העמידות בפני כימיקלים.

8.9.7. בעבודות בהן קיימת סכנה של נפילה מגובה, ישתמש בסולם או בבימת עבודה תקינים או יירתם לרתמה/חגורת בטיחות.

8.9.8. בעבודות צביעה באזור בו קיים רעש מזיק או בעבודות הגורמות לרעש מזיק, הנובע מאקדח ריסוס, ממערכות עזר לצביעה וכד', יגן העובד על אברי השמיעה באמצעות פקקי מגן או אוזניות מגן.

8.9.9. עבודה במקום מוקף תיעשה בהתאם להוראת בטיחות מס' 40.01.04.

## 8.10 מניעת סיכוני אש

8.10.1. אין לעשן או להשתמש באש גלויה במקום הצביעה או במקום אחסון הצבעים והמדללים.

8.10.2. באתר הצביעה תופעל אך ורק תאורה המוגנת בפני התפוצצות או סוג אחר שאושר על ידי מינהל הבטיחות ואיכות הסביבה.

8.10.3. כלי הטיס וכל הציוד החשמלי יהיו מוארקים.

8.10.4. העובדים באזור הצביעה לא ינעלו נעלים בעלות סוליות מסומרות או נעליים עם חלקי מתכת גלויים, העלולים ליצור ניצוצות בעת חיכוך.

8.10.5. בגדי העובדים יהיו עשויים כותנה או אריג שאינו יוצר חשמל סטטי.  
8.10.6. פרצה דליקה - ככל שהדבר מעשי, יש להפסיק מיד את פעולת האוורור, לנתק מקורות חשמל, להפעיל את אמצעי כיבוי האש, לפנות מהמקום צבעים וחומרים דליקים ובמקביל להזעיק את יחידת כיבוי האש בחברה.

## **9. עזרה ראשונה**

- 9.1. במקרה של התזת צבע או מדלל לעיניים, על העובד לשטוף את העיניים מיידית במתקן לשטיפת עיניים במשך 15 דקות, תוך הרמת העפעפיים ומבלי לשפשף.
- 9.2. ניתז צבע או מדלל על גוף העובד – יפשוט העובד בגדיו, ישטוף את המקום שניתז עליו הצבע וילבש בגדים נקיים.
- 9.3. מנהל עבודה יפנה למרפאה עובד שיש לו פצע פתוח, לקבלת טיפול ואישור להמשך העבודה.
- 9.4. נתקף עובד בסחרחורת, בטשטוש ראייה או בתחושה רעה, יפנה אותו מנהל העבודה מיידית למרפאה בליווי עובד אחר. בכל מקרה יש להביא למרפאה את גיליון הבטיחות של החומר ממנו נפגע העובד.

## **10. בדיקות רפואיות**

- 10.1. אין להעסיק עובדים בצביעה מבלי שנבדקו מראש ואושרו לעבודה על-ידי הרופא התעסוקתי.
- 10.2. מנהל העבודה יקפיד כי העובדים בצביעה יעברו בדיקות רפואיות תקופתיות, כפי שייקבע על-ידי הרופא התעסוקתי.

**אישור חריג לביצוע עבודות צביעה במוסך שאינו מוסך צבע**

אל: \_\_\_\_\_  
מאת: ראש מינהל \_\_\_\_\_ - מפעל \_\_\_\_\_

הנני מאשר בזאת, באופן חד-פעמי, לבצע עבודות צביעה במוסך \_\_\_\_\_.  
הצביעה תתבצע בהתאם לדרישות שבהוראת הבטיחות 41.20.01 – "עבודות צביעה", ובכפוף לתנאים המפורטים בסעיף 8.7 שבהוראה הנ"ל.

\_\_\_\_\_  
חתימת ראש המינהל

\_\_\_\_\_  
תאריך מתן האישור

העתק:

מנהל מפעל \_\_\_\_\_  
ממונה בטיחות מפעל \_\_\_\_\_  
יח' כיבוי אש

05/01

828-5-5243

## תמונות מפעילות התע"א לצמצום סיכוני פגיעה בעובד ובסביבה

### 1. טיפול בפני שטח של אלומיניום בשיטת המיסוך ("מסקנט")

שיטה המיסוך מבוססת על תהליך כימי חכם, המאפשר לחרוט שקע דק בעל צורה גיאומטרית מוגדרת על פני שטח של חלק תעופתי עשוי מאלומיניום. להלן תאור שלבי השיטה:

- א. כיסוי כל פני השטח של החלק המעובד בשכבה עבה מאד של צבע.
- ב. שרטוט ידני או באמצעות קרן לייזר מעל פני שכבת הצבע של הצורה הגיאומטרית שיש לחרוט לעומקו של החלק המעובד.
- ג. קילוף שכבת הצבע המסומן מעל פני השטח של החלק המעובד.
- ד. הכנסת החלק לצריבה באמבט אלקלי על בסיס סודה קאוסטית. עובי השקע הנחרט בצריבה לעומק פני השטח החשוף נקבע כתלות במשך החשיפה לתמיסה האלקלית בעלת ריכוז וטמפרטורה שנקבעו מראש.

השיטה הכימית המהירה שתוארה לעיל מהווה תחליף מוצלח לעיבודים מכניים מסורבלים, ממושכים, פחות מדויקים וכמובן יקרים יותר.

במטרה למנוע חשיפת העובדים לתרסיסי צבע ושחרור כמויות גדולות של ממיסים אורגניים לאטמוספירה בעת צביעת שכבות עבות מאד של צבע מעל פני משטחים גדולים מאד של אביזרי תעופה, החליטה התע"א לבצע את תהליך המיסוך בתוך חדר אטום. תהליך המיסוך מתבצע על ידי טבילת החלקים באמבט המכיל צבע מומס בממיס לא דליק, הממוקם בתוך חדר סגור לחלוטין. חלל החדר מחומם במטרה לייבש במהירות את החלקים ועקב כך חלל זה נחשב כמקום מוקף ורווי בממיס רעיל. הממיס שבאוויר חלל החדר המיסוך מסונן באופן רציף דרך מסנן פחם פעיל, העובר רענון בפרקי זמן קצובים, תוך החזרת הממיס האורגני לתהליך. ביצוע התהליך במתכונת זאת איננו חושף את העובדים לאדים רעילים, אינו גורם לשחרור נדיפים רעילים לאטמוספירה ומחזיר את הממיס להמשך התהליך.

תמונה א': חדר מיסוך

1. חלון שקוף, המאפשר מעקב אחר התקדמות התהליך על-ידי העובדים הנמצאים מחוץ לחדר המיסוך;
2. אמבט המכיל צבע מומס בממיס אורגני לא דליק, לתוכו טובלים את החלקים הנצבעים;
3. חלק מעובד, הממתין לייבוש בתוך חלל חדר המיסוך.



## 2. בניית קווי ציפוי

אמצעי הבטיחות ואיכות הסביבה המאפיינים את קו הציפוי האלקטרוכימי מחמירים לעומת הדרישות הבסיסיות שבתקנות המים (מניעת זיהום מים) (מתכות ומזהמים אחרים), התשס"א - 2000 ואלה עיקריהם:

- א. התקנת מערכות יניקה נפרדות על פי אופי התהליך, כולל מפרידי טיפות.
  - ב. התקנת אמבטי שטיפה נגדית ("קסקדות") ואמבטיות "עומדות".
  - ג. צמצום הנפחים של השפכים באמצעות מאיידים ייעודיים על פי אופי התמיסות המטופלות, המאפשר טיפול בשפכים במעגל סגור עם אפס פליטה של שפכים לסביבה וכולל אפשרות של השבת חומרי גלם לתהליך.
  - ד. העמדה של אמבטי תהליך מעל מאצרות ייעודיות על פי אופי התמיסות, כולל התקנת רגשים למתן התראה וניתוק אספקת המים במקרה של נזילה הגורמת למילוי המאצרה מעל מפלס מסוים.
  - ה. שילוט אמבטי תהליך בהתייחס לתכולה על פי השם המדעי של מרכיבי האמבט, מספרי האו"ם, מספרי CAS וקוד חירום.
- תמונה ב': מחלקת הציפויים, מפעל שה"ל, תע"א.

1. מפריד טיפות;
2. תעלות יניקת מזהמים מהיקף אמבטי התהליך;
3. שילוט אמבטי תהליך.



### 3 . מאייד (מערכת אידוי שפכים)

המערכת מנדפת עודפי מי שטיפה המצטברים באמבטי השטיפה הראשונה (אמבטי שטיפה "עומדים") ומצמצמת על ידי כך נפחים נכבדים של שפכים החייבים בפינוי לאתר מורשה.

תמונה ג'

מאייד המטפל בצמצום נפח השפכים במפעל שה"ל, תע"א





#### 4. מתקן מרכזי לטיפול בשפכים

היעוד העיקרי של המתקן (בהרצה) שבתמונה די הוא לטפל בשפכי חטיבת "בדק מטוסים". למתקן שלוש מערכות עיקריות:

- א. מאגר שפכים.
- ב. מערכת פיזיקו-כימית לחיזור כרום שש-ערכי ולשיקוע מתכות.
- ג. מערכת לפירוק ביולוגי של חומרים אורגניים.

תמונה ד: מתקן לטיפול בשפכים, חטיבת בדק, תע"א.

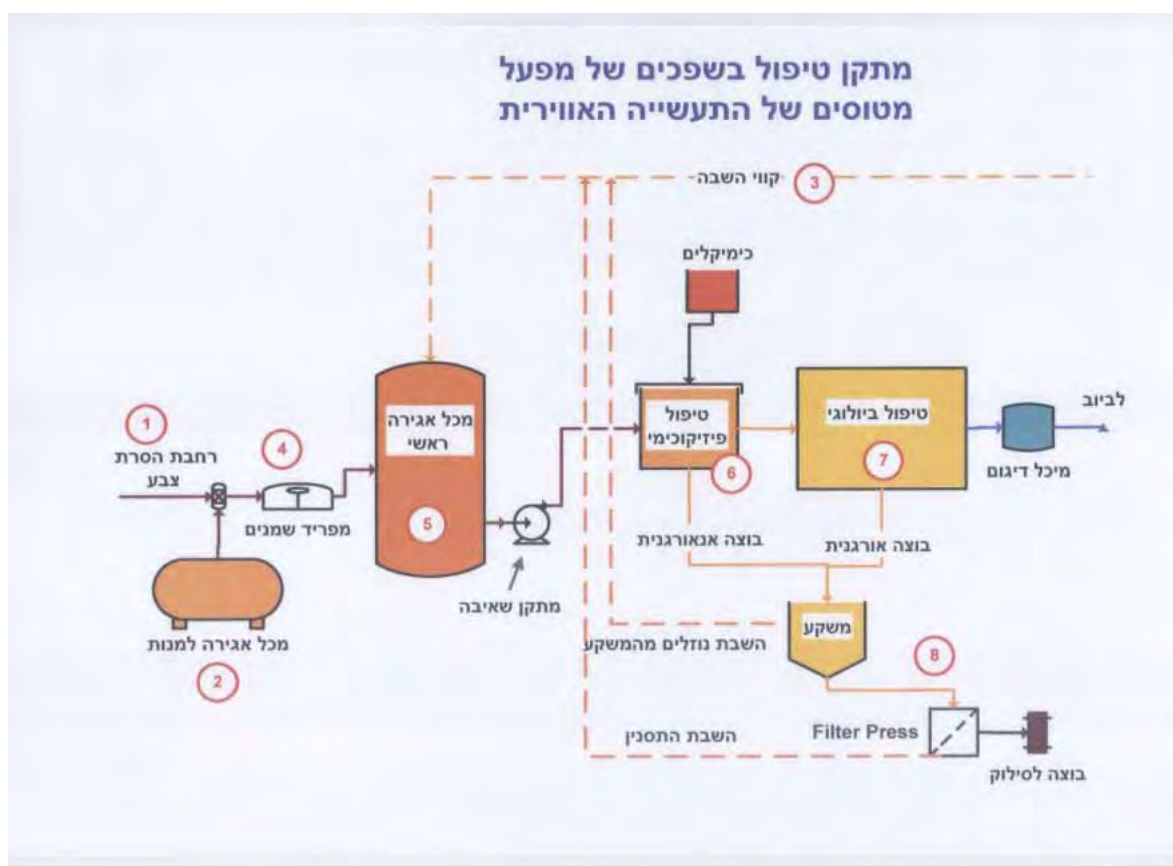


להלן תרשים הזרימה המוצג בתמונה ה':

1. השפכים הנוצרים ברחבת הסרה של הצבע ממטוסים מכילים חומרים אורגניים ששימשו להסרת הצבע, מתכות כבדות, כרומטים, צבע מקולף, שמנים ועקבות דלק סילוני.
2. מיכל המשמש לאגירה מנתית של השפכים הנ"ל ושפכים נוספים, ממקורות אחרים בתחומי התע"א.
3. קווי השבה לתהליך הניטרול של שפכים הנוצרים במסנן הלחץ, במשקע ומטפטופים שונים במשטח עליו ממוקם מתקן הניטרול על חלקו ומרכיביו.
4. לפני העברת השפכים ממיכל האגירה המנתי 2 אל מיכל האגירה הראשי 5, יש להפריד בין השפכים המימיים לבין השמנים, הדלקים והמוצקים (צבע מקולף) באמצעות מפריד השמנים.
5. מיכל האגירה הראשי (המשמש גם לאגירת שפכים בעת תקלה במתקן).

6. השפכים ממיכל האגירה הראשי 5 מועברים באופן מבוקר אל מתקן 6 לטיפול פיזיקו-כימי, בו הכרומטים השש-ערכיים מחוזרים לכרום תלת ערכי, השוקע יחד עם מתכות כבדות אחרות.
7. החומרים האורגניים הנותרים בשפכים מועברים לטיפול ביולוגי במערכת הביולוגית 7.
8. הבוצה האנאורגנית השוקעת במתקן לטיפול הפיזיקו-כימי והבוצה האורגנית השוקעת במתקן הביולוגי מועברות למשקע ומשם אל מסנן הלחץ 8, במטרה לצמצם נפחים. כאמור, הנוזל מהמשקע והתסנין ממיסן הלחץ מועברים בחזרה להתחלת התהליך (אל מיכל 5).

**תמונה ה: תרשים הזרימה של התהליך לטיפול בשפכים במתקן של חטיבת בדיק, תע"א.**



## **פרק שמיני: עריכת בדיקות סביבתיות בתהליכי עבודה של טיפול פני שטח של מתכות בשיטות כימיות**

בפרק הקודם הוצגו הוראות הבטיחות המתאימות לביצוע מגוון רחב מאד של תהליכים הקשורים ישירות או בעקיפין לטיפול בפני שטח של מתכות בכל מפעלי התעשייה האווירית. טבלה 3 באותו פרק מסכמת את כל סוגי הבדיקות הסביבתיות הנערכות במפעלים אלה כתלות באופי העיסוק או התהליך המתבצע (טיפול בפני שטח של מתכות ותהליכים אחרים, כגון עבודות נגרות, שאינם קשורים לנושא זה). טבלה 1 להלן מסכמת את הבדיקות הסביבתיות הנערכות כתוצאה ישירה מטיפול בפני שטח של מתכות. הפרק הנוכחי יעסוק בשיקולים העומדים מאחורי ההחלטות לפיהן נקבעים סוגי הבדיקות הסביבתיות והתוצאות הצפויות, תוך התבססות על הניסיון שצבר מחבר החוברת מניתוח תוצאות דגימה במשך כ-20 שנה.

### **טבלה 1: סוגי הבדיקות הסביבתיות כתלות באופי העיסוק או התהליך המתבצע לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות פיסיקליות או כימיות**

תוצאות ניטור צפויות	הכימיקלים או החומרים הנבדקים	העיסוק של העובדים הנבדקים	התהליך
תוצאות תקינות עקב הפעלת מערכת יניקה והוצאת החלקים באיטיות	פחמימנים מוכלרים, כגון טריכלורואתילן ופרכלורואתילן	עובדים בדגריזר ועובדי אחזקה	עבודה בדגריזר
תוצאות תקינות עקב הפעלת מערכות יניקה	כרומטים, ניקל, קדמיום, נחושת, כסף, חומצות, ציאנידים, חומרים אלקליים וכו' כתלות בהרכב האמבט	עובדי ציפוי עובדי אחזקה	עבודה באמבטי תהליך ועבודות אחזקה של אמבטי תהליך
תוצאות חורגות. חובה לבצע עבודות אלה כאשר העובד משתמש בציוד מגן אישי	אבקות של המתכות כרום, ניקל, קדמיום תחמוצות אלומיניום, טיטניום, קובלט ועוד, אבקת זכוכית, קוורץ, עץ, פלסטיק, פחם וכו'	עובדי אחזקה	תחזוקת מסנני אוויר, תאי צבע, ציקלונים, קולטי אבק, תאי חול, שולחנות שיוף, מערכות יניקה ברתכיות וכו'
תוצאות תקינות לאחר ניקוי החומר שדלף. אירועי השפך הנם נדירים מאד	הדגימה מתבצעת כתלות בחומר המעורב באירוע אם מתרחשת תקרית של שבר אריזות במחסן	עובדי מחסן כימיקלים	אחסון כימיקלים
תוצאות תקינות כיוון שהריתוך מתבצע מול מערכת יניקה. השימוש באלקטרודות מכילות קדמיום או עופרת נאסר. מאידך, יש להתחשב גם בחלק המרותך.	נדפי המתכות המרכיבות את האלקטרודות הריתוך או החלק המרותך (נדפי כרום, ניקל, קדמיום, עופרת, נחושת, מוליבדן, קובלט, אלומיניום ועוד)	רתכים	ריתוך מתכות

עבודות ניקוי מתכות וכלי תעופה בכימיקלים	עובדי ניקוי	ממיסים אורגניים, כגון טולואן, אצטון, מתיל-אתיל-קטון, נפט	תוצאות תקינות עקב ביצוע העבודות מול מערכות יניקה. ניקוי כלי תעופה גדולים, עבורם לא ניתן להתקין מערכות יניקה, מחייב שימוש בציוד מגן נשימתי עקב חריגות אפשריות בערכי החשיפה.
הסרת צבע ממתכות ומכלי תעופה בשיטות כימיות	עובדי ניקוי	פנולים, קרזולים, מתילן כלוריד, כהלים, ממיסים אורגניים אחרים, מוצרי נפט	גודל החלקים המעובדים איננו מאפשר התקנת מערכות יניקה. יש לצפות לתוצאות חריגות. חובה להשתמש בציוד מגן אישי
עיבוד שבבי של מתכות	חרטים, עובדי שיוף, השחזה וקידוח, כרסום	עיבוד שבבי יבש: אלומיניום, טיטניום, כרום, ניקל, מגנזיום, ואטאדיום, קובלט, בריליום ועוד. עיבוד שבבי רטוב: אדים של תרסיס שמן מינרלי (נוזל קירור).	תוצאות תקינות עקב הפעלת מערכות יניקה של אבק. כל התוצאות בהתייחס לחשיפה לשמן מינרלי תקינות.
צביעה בריסוס, בהברשה ובשיטה אלקטרוסטטית	צבעים	כרומטים, איזוציאנטים, אפיכלורוהידרין, ממיסים אורגניים על פי ה-MSDS של הצבעים.	עקב ביצוע הצביעה בתוך תאי צבע וערכי החשיפה המותרת הגבוהים שנקבעו לממסים אורגניים התוצאות תקינות. בגלל הערך המזערי שנקבע לכרומט הסטרונציום (ולכרומטים אחרים) יש חריגות בתוצאות הניטור לגבי מזהם זה
"ניקוי חול"	עובדים בניקוי פני שטח של מתכות באמצעות התזת גרגירים של חומרים שונים	תחמוצת אלומיניום והמתכות המוסרות מהחלק המנוקה (כרום, ניקל, קדמיום ועוד)	תוצאות תקינות, עקב ביצוע התהליך בתאי כפפות.

#### 1. טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות פיסיקליות

על אף שהחוברת איננה עוסקת בתהליכים פיסיקליים, אפשרויות החשיפה לחומרים מזיקים כה גבוהה בעת ביצועם, שלא ניתן לדלג עליהן. רמת הסיכון עולה ככל שגודל החלקיק הנוצר קטן יותר. כך למשל, הסיכוי למדוד חשיפה חריגה לאבקות מתכת הוא נמוך מאד בעת עריכת ניטורי סביבה לעובד הקודח חלקי מתכת תוך שימוש בשמן חיתוך, לעומת הסיכוי הגבוה ליד עובד המשייף גוף מתכתי לקראת הכנתו לציפוי עתידי באמבט תהליך. רמת הסיכון עולה עוד יותר כאשר מדובר בשיוף חלק מתכתי שנצבע בעבר בצבע יסוד המכיל כרומט הסטרונציום, ובמקרה זה יש לצפות לחשיפה חריגה כמעט וודאית למזהם זה הן של העובד והן של סביבת עבודתו הקרובה.

להלן הפרמטרים שיש לנטר בעת עריכת טיפול שטח בשיטות פיסיקליות והתוצאות הצפויות:

א. השחזה עדינה ושיוף פני שטח של מתכות: הפרמטרים שיש למדוד תלויים בהרכב המטלורגי של המתכת המעובדת, תוך דגש על כרום, ניקל, קובלט ומתכות ציפוי כגון קדמיום. הפעלת מערכות היניקה של האבק הנוצר אינן מבטיחות תוצאות תקינות, פרט למקרים של השחזת מתכות בעלות ערך חשיפה גבוה, כגון אלומיניום. במקרים רבים יש לקחת בחשבון גם את הרכבה של אבן ההשחזה, התורמת גם היא להיווצרות ענן האבק.

ב. התזת מתכת חמה או אבקות מתכות על מתכות אחרות (למשל תהליכי פלסמה). הפרמטרים הנמדדים תלויים בהרכב המתכות המותזות. עריכת התהליך ללא מערכת יניקה ובידוד התהליך בתא סגור פירושו חשיפה וודאית. הימנעות משטיפה יום יומית של רצפת המחלקה ורחיצה שנתית של הקירות מעלה את הסיכוי לגלות נוכחות חריגה של נדפי מתכת גם מחוץ לתאי העבודה.

ג. "ניקוי חולי" של מתכות. המונח "ניקוי חולי" השתרש עם הזמן. למעשה מדובר לרוב בניקוי באמצעות התזת תחמוצת אלומיניום על המתכת המנוקה בתוך תא כפפות. עם הזמן, תחמוצת האלומיניום מזדהמת במתכות או בציפוי המוסר מהמתכות המטופלות. עקב כך, הפרמטרים הנמדדים הם האבקות של כרום, ניקל, קובלט וקדמיום, בנוסף לתחמוצת האלומיניום. הסיכוי לגלות חשיפה חריגה נמוך, עקב הביצוע בתוך תאי כפפות.

## 2. טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות

כפי שהוסבר בהרחבה בסיכומו של הפרק השלישי, ההרכבים של אמבטי התהליך המשמשים לניקוי פני השטח של המתכות לקראת הציפוי דומים לאלה המשמשים לציפוי עצמו. עקב כך, אמצעי הבטיחות הננקטים (למשל התקנת מערכת יניקה) דומים, כפי שדומים החומרים הנבדקים בהתייחס לנוכחותם באוויר הננשם ע"י מפעילי קו התהליכים.

א. נוכחותן של אדי החומצות למיניהן באוויר שבקרבת אמבט התהליך או במחלקה נמנעת ע"י מערכות היניקה, מה עוד שהחומצות אינן נדיפות במיוחד (נקודת הרתיחה של החומצה הגופרתית הנה כ-270 מעלות צלסיוס). הסיכוי לגלות חשיפה חריגה לחומצות נמוך מאד.

ב. האווירוסול הטיפתי העלול להשתחרר מאמבטי האלקטרוליזה נינק ע"י מערכות היניקה ומכאן שהסבירות נמוכה לגלות כרומטים, מלחי ציאניד או מלחי קדמיום מומסים באווירוסול הנ"ל באזור המצאות המפעיל.

ג. אמבטי התהליך המכילים בסיסים, מלחי ציאנידים וקדמיום אינם פולטים לסביבה את המזהמים הנ"ל עקב נוכחות מערכת היניקה. כמו כן, חומרים אלה אינם נדיפים כאשר הם בתמיסה.

ד. הקלטורים, האינהיביטורים, התוספות למניעת הקצפה והחומרים "הסודיים" שהיצרן איננו מוכן לספק עליהם מידע לא נבדקים הן בגלל שלא נקבעה עבורם רמה מרבית מותרת, הן בגלל שלא נקבעה שיטה אנליטית לבדיקתם והן בגלל שרעילותם של חומרים אלה והסיכוי לחשיפה נשימתית אליהם נמוכים ביחס לשאר מרכיבים באמבט.

ה. לחומרים האורגניים המשמשים לניקוי פני השטח של המתכות לפני הציפוי פוטנציאל גבוה להופיע בריכוזים חריגים בסביבת העבודה. אדי הטריכלורואתילן והפרכלורואתילן עלולים להשתחרר בקלות אל אוויר אולם העבודה, בהיותם נדיפים. על אף מערכת היניקה בה מצויד הדגריזר, ריכוזם של הפחמימנים המוכלרים עלול לעבור את רמת הפעולה ואף את ערך ה-TLV אם העובד ימהר להוציא את החלק מתוך חלל הדגריזר מבלי לאפשר אידוי שאריות חומר לכוד בקיפולי החלק ממול שפת היניקה. ניקוי חלקים בממיסים אורגניים כגון אצטון, ללא שימוש במערכת יניקה, עלול לגרום לחשיפת העובד, על אף ערך ה-TLV הגבוה שנקבע לאצטון.

ו. צביעת חלקים מתכתיים בתוך תאי הצביעה מבטיח העדר נוכחות אדים של ממיסים אורגניים מחוץ לתא, בתנאי שהעובד נימנע מלסובב את אקדח הריסוס לכיוון אולם העבודה. מאידך, בעוד שמערכת האוורור של התא מצליחה למנוע את פיזור אדי המדללים, ריסוס צבע יסוד המכיל כרומטים ובעיקר כרומט הסטרונציום יגרום לחשיפה כמעט וודאית של העובד. במידה והעובד נמנע מלהפעיל את מערכת היניקה או באם המימדים של הגופים הנצבעים גדולים מתא הצבע, נוכחותו של הכרומט מורגשת בכל אזור העבודה שמחוץ לתא הצבע.

ז. הסרת צבע באמצעות ממיסים אורגניים: החומרים הפעילים הנפוצים להסרת צבע מעל פני שטח של מתכות הנם פטולים וקרזולים, מתילן כלוריד, חומצה פורמית ומי חמצן. אם תהליך ההסרה מתבצע בטבילה באמבט תהליך, יש לצפות לחריגות אפשריות של מתילן כלוריד כאשר מערכת היניקה איננה תקינה. שאר המרכיבים אינם נדיפים וסיכויים להתגלות באוויר המחלקה נמוך. כאשר הסרת הצבע מתבצעת בריסוס החומר המסיר מעל פני השטח של המתכת, קיים סיכוי סביר לגלות באוויר את החומרים הפעילים שהוזכרו לעיל בריכוזים חריגים.

## **סיכום**

1. על אף החשיבות המכרעת לעריכת ניטורי סביבה במקומות העבודה, עלינו לזכור כי החומרים שהוזכרו בפרק וזה ורבים אחרים חודרים גם דרך העור. חשיפה נשימתית תקינה איננה בהכרח מדד בלעדי להחלטה על עריכה או אי עריכה של בדיקות רפואיות ולקבלת תוצאות בדיקות רפואיות תקינות. על העובד לקיים את כל הוראות הבטיחות, בנוסף לחובת המעביד להתקין את מערכות הבקרה ההנדסית.

2. בפרק זה הוצגו מקרים בהם הסיכוי לגלות חומרים רעילים מסוימים בריכוז חריג בעת עריכת ניטור סביבתי הינו נמוך. אין להסיק מכאן שאפשר לוותר על עריכת הבדיקה הסביבתית. בנוסף לחובה החוקתית, לעריכת הבדיקות יתרוות רבים:

א. גילוי תקלה ביעילות מערכת היניקה. היו מקרים שלאחר קבלת תוצאות תקינות במשך שנים רבות התגלתה חריגה בריכוז הכרום. לאחר בירור נמצא כי מערכת היניקה איננה יעילה וגובה הנוזל באמבט קרוב מדי לשפת האמבט.

ב. במקרים רבים התוצאות התקינות שהתקבלו הרגיעו את העובדים המודאגים בדבר חשיפה כביכול לחומרים מסוכנים.

ג. התקנת מערכות יניקה כרוכה בהוצאות כבדות. עריכת ניטור סביבתי עלולה להכריע לגבי חיוניות ההשקעה או עלולה לדחות אותה, בהתאם לתוצאות המתקבלות.

4. קיימים מקרים בהם אין צורך לבצע ניטור סביבתי, כיוון שהתוצאות צפויות מראש:

א. כניסה לדגריזר למטרות אחזקה: על אף האווורור הממושך של הדגריזר לפני כניסת העובד נמדדו לסרוגין תוצאות תקינות וחריגות באמצעות מכשור ניטור נייד (ניטור במיכשור זה אינו נחשב כניטור סביבתי מספיק לצורך הערכה מלאה ועמידה בדרישות החוק). עקב כך, הכניסה לחלל הדגריזר נחשבת כמסוכנת והכנסת העובד לחלל מחייבת שימוש בציוד מגן מיוחד.

ב. כניסה לאמבטי תהליך למטרות אחזקה: שטיפה ממושכת של האמבט ובדיקת הנוזל הנותר באמצעות נייר אינדיקטור אינם ערובה לאווירה נקיה. הכניסה מחייבת שימוש בציוד מגן מיוחד.

ג. עבודה במחסני כימיקלים: מכיוון שהוראות הבטיחות אוסרות פתיחת האריזות ומחייבות ניפוק אריזות שלמות, אין צורך לערוך ניטור סביבה במקומות אלה. במקרים נדירים של שפך רציני, ניקוי השטח מתבצע תוך שימוש בציוד מגן נשימתי. העדר עקבות של החומר המעורב בתרחיש מוכח באמצעות ניטור סביבתי חד-פעמי.

ד. ניטור סביבתי בתוך תאי התזת אבקת מתכת בשיטת פלסמה: מכיוון שריסוס אבקת המתכת מתבצע כאשר העובד מחוץ לתא, הניטור הסביבתי לגילוי נוכחות אבק מתכות מתבצע מחוץ לתא בלבד. נערכו מספר ניטורים סביבתיים ניסיוניים בתוך תאי הריסוס בפלסמה, על מנת להתרשם מרמת החשיפה בחלל התא. התוצאות שנמדדו בניסויים אלה היו בחלקן חריגות ובחלקן תקינות, כתוצאה מהפעלת מערכות יניקה מיוחדות בתוך התאים.

ה. שימוש בחומרים עבורם לא נקבע ערך TLV ושיטה אנליטית לבדיקה מעבדתית. אפשר לפגוש מקרים רבים בהם בפורמולציית המוצר (מתוך ה-MSDS) מצויינים מרכיבים שלא ניתן לבדוק. במקרים אלה הניטור הסביבתי מסתכם באנליזת המרכיבים המאפשרים מדידה ובהערכה מקצועית לגבי החשיפה הפוטנציאלית לשאר המרכיבים.

## **פרק תשיעי: השואה בין אמצעי הבטיחות בארץ לבין אלה הננקטים במדינות**

### **אחרות בנושא טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות**

הפרקים הקודמים מכסים חלק נכבד מתחומי הבטיחות, הגיהות ואיכות הסביבה בכל הקשור לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות. לאחר עיון בפרק העוסק בפעילות מפעלי התעשייה האווירית לצמצום סיכוני פגיעה בעובדים ובסביבה, המהווה למעשה בעצמו דוגמה ומנחה לתחומי הבטיחות והגיהות למקומות העבודה העוסקים בטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות, חובה לציין ולהדגיש את העובדות הבאות:

1. מפעלים רבים בישראל אינם מפגרים לעומת מפעלים במדינות מתקדמות אחרות בכל הקשור ליישום תקנות וחוקים הקשורים בהיבטי הגיהות והבטיחות בעבודה בחומרים מסוכנים. יתר על כן, כל מפעל העומד בהצלחה ביישום וקיום התקנות וחוקי הבטיחות והגיהות של מדינת ישראל נמצא בשורה הראשונה בעולם בתחומים אלה. ההתייחסות לנושא איכות הסביבה הינה זהה: מפעלים רבים מקיימים את התקנות והחוקים ומונעים עקב כך את זיהום האוויר, הקרקע ומקורות המים הדלים.

2. כל מפעל המעוניין בהדרכת עובדיו ובלימוד נושאי הבטיחות בכל התחומים ימצא בארגונים, בועדות ובמוסדות מתאימים, שחלקם שייך למשרדי הממשלה (למשל משרד התמ"ת), פרסומים, עלונים, ספרים ומאמרים ברמה בינלאומית. גופים אלה מארגנים ימי עיון, הדרכות והסמכות בנושאים רבים ומגוונים.

3. מכון התקנים הישראלי מפרסם תקנים רבים בתחום הבטיחות, הגיהות ואיכות הסביבה, כגון תקן ת"י 1112 המתייחס לנעלי בטיחות, תקן ת"י 1286, המתייחס לעמידות בגדי המגן ונעלי המגן בפני חדירת כימיקלים, תקן ת"י 266, העוסק בציפויים אלקטרוליטיים של קדמיום על מתכות ברזליות, תקן ת"י 1937, המנחה לגבי שימוש בצבעים על בסיס מים שפגיעתם בסביבה פחותה (מוצרים "ירוקים"), תקן ת"י 2302, המנחה לגבי סיווג, אריזה, תיווי וסימול חומרים ותכשירים מסוכנים, ועוד תקנים רבים אחרים.

4. אם נעיין ברשימות החומרים המוגדרים כרעילים בחקיקה ובתקנות הישראלית (חוק החומרים המסוכנים, התשנ"ג 1993) ונעיין ברשימות דומות שפורסמו בארה"ב (כגון רשימות ה-TSCA ו-EPCRA שפורסמו על-ידי EPA), נגלה דמיון בתכולת הרוב המכריע של כל מגוון החומרים לסוגיהם: המתכות המצפות והמצופות, תרכובותיהן הכימיות, אותן פגשנו כמלחים מומסים באמבטי תהליך שונים בצוותא עם חומצות, בסיסים, ציאנידים, חומרי קומפלקסציה, קלציה, אמולסיפיקציה, פעילי שטח, חומרי גיוון ועוד רבים אחרים.



5. אם נשווה בין הערכים הרשומים בטבלה 1- "ערכי חשיפה למתכות ותרכובותיהן", נגלה כי ערכי הסף המקובלים בישראל זהים או דומים לאלה של ארגונים מכובדים כמו NIOSH, ACGIH או OSHA. רוב הרמות המרביות המותרות לחשיפת עובדים לחומרים מסוכנים על פי התקנות הישראליות מבוססות על הרמות המרביות המותרות שקבע ACGIH. בהיעדר תקנה ישראלית ייעודית, ערכי ACGIH הם הקובעים. החלטת המחוקק במדינת ישראל לאימוץ ערכי ACGIH. כמנחים לתקנות בארץ הינה נכונה מאד, בעיקר מפני שהערכים מתעדכנים בהתמדה (להבדיל מערכי NIOSH או OSHA). טבלה 2 משווה בין ערכי TWA בארץ לעומת הערכים שנקבעו במדינות אחרות עבור מספר חומרים מסוכנים, המשמשים לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות.

6. גיליון המידע הבין לאומי שבנספח 14 - "מי הוא עובד ציפוי", מתייחס תמציתית לסיכונים התעסוקתיים להם חשופים העובדים העוסקים בציפוי פני שטח של מתכות ומציג אמצעי בטיחות פשטניים להגנה בפניהם. גיליון זה מתאים גם לעיסוקים דומים אחרים, כגון ניקוי פני שטח של מתכות בשיטות כימיות ואלקטרוכימיות. אפשר להיווכח כי הוראות הבטיחות הרשומות בטבלה 2 בפרק 7 "רשימת הוראות הבטיחות המתייחסות ישירות או בעקיפין לשימוש בכימיקלים בתע"א", מקיפות מעל ומעבר את כל מגוון הסיכונים המוזכרים בגיליון הנ"ל.

7. בדומה למפעלים מתקדמים בעולם הנאור, אמצעי הגיהות והבטיחות ההנדסיים הננקטים במפעלי התעשייה האווירית ובמפעלים מתקדמים אחרים בישראל מבוססים על התקנת מערכות אוורור ויניקה על פי המומלץ בספר

Industrial Ventilation, A Manual of Recommended Practice, 25<sup>th</sup> Edition, 2004, ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), <http://www.acgih.org>

כמו כן, גם האמצעים ההנדסיים לניקוי, להפרדה ולסינון, שמתפקדים להבטיח כי הגזים והאדים הרעילים המסולקים מאזורי העבודה באמצעות מערכות האוורור והיניקה לא יזהמו את הסביבה, מבוססים על המקור הספרותי הנ"ל. מובן שבישראל, כמו גם במדינות אחרות, הרמה והמגוון של אמצעים בטיחותיים, גיהותיים וסביבתיים הננקטים לטיפול בפני שטח של מתכות תלויה גם במשאבים כלכליים העומדים לרשות מקום העבודה.

לסיכום, מפעלים רבים בישראל אינם מפגרים לעומת מפעלים במדינות מתקדמות אחרות בכל הקשור ליישום תקנות וחוקים הקשורים בהיבטי הגיהות, הבטיחות ואיכות הסביבה בעבודה בחומרים המסוכנים המשמשים לטיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות.

**טבלה 1: ערכי חשיפה למתכות ותרכובותיהן**  
(מיליגרם למטר מעוקב אוויר)

NIOSH IDLH	התקן הישראלי	DEG MEK TWA	NIOSH REL TWA	OSHA PEL TWA	ACGIH TLV	החומר
-	-	1.5, 4	5 <sup>N</sup> , 10 <sup>3</sup>	5 <sup>N</sup> , 10 <sup>3</sup>	10	אלומיניום, מתכת
-	-	-	5	5	5	אלומיניום, אבקות pyro
-	-	1.5, 4	5	5	5	אלומיניום, דיפי ריתוך
-	-	1.5, 4	-	5 <sup>N</sup> , 15 <sup>3</sup>	10	אלומיניום, תחמוצת
-	-	-	-2	2	2	תרכובות אלומיניום מסיסות במים
-	-	-	2	2	2	אלומיניום, תרכובות אלקיליות
50	-	0.5	0.5	0.5	0.5	אנטימוני, מתכת ותרכובותיו
5	-	-	0.1	0.1	0.1	אנטימוני הידריד (SbH <sub>3</sub> ) (סטיבין)
5	0.01	Ca	0.0002Ca	0.01	0.01	ארסן ותרכובות אנאורגניות
3	0.05	Ca	-	0.2	0.05	ארסן הידריד (ארסין)
50	-	0.5	0.5	0.5	0.5	בריום ותרכובותיו
-	-	1.5, 4	5 <sup>N</sup> , 10 <sup>3</sup>	5 <sup>N</sup> , 15 <sup>3</sup>	10	בריום סולפט
4	0.002	Ca	0.0005(C)	0.002 0.005(C) 0.025(ST)	0.002	בריליום ותרכובותיו
9	0.010	Ca	Ca	0.005	0.002 <sup>N</sup> 0.010 <sup>3</sup>	קדמיום ותרכובותיו
250	0.5	Ca	0.5	1.0	0.5	כרום מתכת
250	0.5	Ca	0.5	0.5	0.5	תרכובות כרום דו-ערכי
25	0.5	Ca	0.5	0.5	0.5	תרכובות כרום תלת-ערכי
15	0.05	Ca	0.001(Ca)	0.1(C)	0.05	תרכובות כרום שש-ערכי מסיסות
15	0.01	Ca	0.001(Ca)	0.1(C)	0.01	תרכובות כרום שש-ערכי לא מסיסות
-	0.01	Ca	0.001(Ca)	-	0.01	כרוםט האבץ
15	0.012	Ca	0.001(Ca)	-	0.012	כרוםט העופרת
15	0.001	Ca	0.001(Ca)	-	0.001	כרוםט הסידן
15	0.0005	Ca	0.001(Ca)	-	0.0005	כרוםט הסטרונציום
20	0.02	Ca, Sah	0.05	0.10	0.02	קובלט ותרכובותיו האנאורגניות
-	0.10	-	0.10	-	0.1	קובלט קרבוניל
100	-	1.0	0.1	0.1	1.0	אבקת נחושת

NIOSH IDLH	התקן השראלי	DEG MEK TWA	NIOSH REL TWA	OSHA PEL TWA	ACGIH TLV	החומר
100	-	0.1	0.1	0.1	0.2	נחושת, עשן ונדיפים
-	-	-	0.1	-	0.1	אינדיום ותרבותיו
100	0.10 0.05(נשים)	0.1	0.05	0.05	0.05	עופרת מתכת ותרבות אנאורגניות
500		0.5	1,3(ST)	5(C)	0.2	מנגן ותרבות אנאורגניות
10	0.05	Ca	0.015(Ca)	1.0	1.5	ניקל מתכת
10	0.05	Sah	0.015(Ca)	1.0	0.1	ניקל, תרבות אנאורגניות מסיות
10	0.05	Ca	0.015(Ca)	1.0	0.2	ניקל, תרבות אנאורגניות בלתי מסיות
-	-	-	1.0	-	1.0	פלטינה, מתכת
4	-	Sah	0.002	0.002	0.002	פלטינה, תרבות מסיות
100	-	-	0.1	0.1	1.0	רודיום מתכת ותרבות בלתי מסיות
2	-	-	0.001	0.001	0.01	רודיום, תרבות מסיות
10	-	0.1	0.01	0.01	0.1	כסף, מתכת
10		0.01	0.01	0.01	0.01	כסף, תרבות מסיות
-	-	-	2.0	2.0	2.0	בדיל, מתכת ותרבות אנאורגניות
25	-	-	0.1	0.1	0.1	בדיל, תרבות אורגניות
-	5.0	-	5.0	-	5.0 10.0(ST)	טונגסטן, מתכת ותרבות בלתי מסיות
-	1.0	-	1, 3 (ST)	-	1.0 3.0(ST)	טונגסטן, תרבות מסיות
500	-	1.0	5,10 (ST) 15 (C)	5 <sup>x</sup> 15 <sup>3</sup>	2.0א 10(ST)	אבץ, תחמוצת
50		-	1.0 2.0(ST)	1.0	1.0 2.0(ST)	כלוריד האבץ
50		1.0	5.0 10(ST)	5.0	5.0 10(ST)	צירקוניום ותרבותיו
35		0.05	0.05 (C)	0.5(C)	0.05	ואנאדיום, תחמוצת

א - חלקיקים ברי נשימה  
ב - כלל אבק מרחף  
Ca - חומר מסרטן  
Ceilling- C  
Sah - סכנה לסנסיטיזציה של דרכי הנשימה והעור.  
STEL - ST

טבלה 2: השוואת ערכי TWA של מספר חומרים במדינות שונות

קטיגורי חלימי	פרכלורואתילן חלימי	ציאניד האשלגן מ"ג/מ"ק <sup>3</sup> m g/m	חומצה זרחית מ"ג/מ"ק <sup>3</sup> m g/m	תחמוצת ואדיום מ"ג/מ"ק	קובלט מ"ג/מ"ק	כרום, מתכת מ"ג/מ"ק	כרוםסטרונציום מ"ג/מ"ק	כרוםט האפי מ"ג/מ"ק	תחמוצת עופרת מ"ג/מ"ק <sup>3</sup> m g/m	עופרת מ"ג/מ"ק	כלוריד הארסן מ"ג/מ"ק	מדינה או ארגון
100	25	5.0	1.0	0.05	0.02	0.5	0.0005	0.01	0.05	0.05	0.01	ACGH
ACGH	25	ACGH	ACGIH	0.05	0.02	0.5	0.0005	0.01	0.05	0.05	0.01	ישראל
100	100	-	1.0	0.50	0.10	0.5	0.50	-	-	0.15	0.50	OSHA
-	5	-	1.0	-	0.10	0.05	0.50	-	0.05	-	0.20	מצרים
-	50	5.0	1.0	-	מסרטן	-	מסרטן	מסרטן	0.10	0.10	0.05	אוסטריה
100	50	5.0	1.0	0.05	0.05	0.05	0.50	0.01	0.15	-	-	אוסטרליה
-	50	-	1.0	-	0.05	0.5	0.50	0.01	-	-	0.20	בלגיה
35	10	5.0	1.0	0.03	0.05	0.5	0.001	0.02	0.10	0.10	0.05	דנמרק
-	50	-	1.0	-	0.05	0.01	0.50	-	0.10	-	-	פינלנד
100	50	5.0	1.0	-	-	0.5	0.05	0.05	0.15	-	0.20	צרפת
-	50	5.0	-	-	מסרטן	-	מסרטן	מסרטן	0.10	0.10	-	גרמניה
-	50	-	-	-	0.10	-	-	-	0.04	-	0.50	הונגריה
100	50	-	1.0	0.50	0.05	0.5	0.01	0.05	0.10	0.10	-	יפן
50	35	-	1.0	-	0.05	0.5	0.025	0.01	0.10	-	-	הולנד
-	20	-	-	-	0.05	0.5	0.02	0.02	0.05	0.05	0.01	נורווגיה
-	100	-	-	-	0.10	1.0	0.50	-	0.15	-	0.50	הפיליפינים
-	10	0.3	1.0	0.05	0.05	0.5	0.50	0.10	0.05	0.05	0.01	פולין
-	10	-	1.0	-	0.05	0.5	0.02	0.02	0.05	0.05	0.03	שבדיה
100	50	5.0	1.0	-	0.10	-	0.05	0.01	0.10	0.10	0.10	שוויץ
-	50	-	-	-	0.50	-	-	-	0.01	-	-	רוסיה
-	100	-	1.0	-	-	-	1.0	-	0.20	-	0.50	תאילנד
-	50	-	1.0	-	0.10	0.5	0.5	-	0.15	-	0.20	אנגליה
-	ACGH	ACGH	ACGIH	-	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	-	ACGH	ארגנטינה
-	ACGH	ACGH	ACGIH	-	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	-	ACGH	קולומביה
-	ACGH	ACGH	ACGIH	-	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	-	ACGH	בולגריה
-	ACGH	ACGH	ACGIH	-	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	-	ACGH	ירדן
-	ACGH	ACGH	ACGIH	-	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	-	ACGH	קוריאה
-	ACGH	ACGH	ACGIH	-	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	-	ACGH	ניו זילנד
-	ACGH	ACGH	ACGIH	-	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	-	ACGH	סינגפור
-	ACGH	ACGH	ACGIH	-	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	ACGH	-	ACGH	ויאטם

הנתונים בטבלה 2 נאספו ממקור המידע: <http://www.cdc.gov/niosh/rtecs/default.html> (ACGIH) - איגוד הגיהותנים הממשלתיים האמריקאים. התקנים המומלצים של גוף זה אומצו במדינות רבות).

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
אין להשתמש במים. שריפות באזור המצאות החומר יכובו באבקת כיבוי, קצף ופחמן דו חמצני	איסור מגע עם חומרים דליקים ובעירים	חומר לא בעיר. מגיב בחוזקה עם חומרים רבים ויוצר סיכון התלקחות. משחרר גזים רעילים בשריפה	התלקחות
בעת שריפה קרר אריות סגורות במים		סיכוי התפוצצות במגע עם בסיסים, חומרים בעירים, מחמצנים, מחזרים ומים	התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא הנפגע לאוויר הצח. - פלג גוף עליון מוטה קדימה. - הנשמה מלאכותית. - להגיש טיפול רפואי	- אוורור - מערכות יניקה - ציוד מגן על דרכי הנשימה	החומר קורוזיבי. הרגשה של צריבה. קוצר נשימה. התסמין עלול להופיע זמן מה לאחר הפגיעה	נשימה
- להסיר ביגוד מזהם - לרחוץ המקום הנגוע במים - להגיש טיפול רפואי	- כפפות מגן - ביגוד מגן	החומר קורוזיבי לעור. אדמומיות. כאבים. כוויות ובועות. צריבות עמוקות בעור	עור
- להסיר עדשות מגע - לשטוף במים רבים - להגיש טיפול רפואי	- משקפי מגן - מגן פנים - מסיכת מגן על כל הפנים	החומר קורוזיבי לעיניים. אדמומיות. כאבים. צריבות חמורות עמוקות	עיניים
- לשטוף את הפה - אין לגרום להקאות - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה	החומר קורוזיבי לדרכי העיכול. כאבי בטן. הלם. התמוטטות	בליעה
		1. לפנות את אזור האירוע 2. לאסוף בשאיבה 3. לכסות בחול. אין לכסות בחומר סופג בעיר 4. לאחר הספיגה לשטוף את המקום במים רבים	טיפול בשפך
		סימול: C R: 35 S: (1/2)-26-30-45 הערה: B קוד סיכון: 8 קבוצת אריזה: II - לאחסן באריות בלתי שבירות - להכניס אריות שבירות לתוך אריות בלתי שבירות - אין לשנע ביחד עם דברי מאכל ומזון לחיות	אריזה וסימון
		בעת הובלה יש להשתמש בכרטיס הדרכה 137 של המדריך לפעולות חירום, תקנות החומרים המסוכנים של נציבות כבאות והצלה, משרד הפנים סימול: NFPA: H-3; F-0; R-2; W	פעולות חירום
		לאחסן הרחק מחומרים בעירים, חומרים מחזרים, בסיסים, דברי מאכל ומזון חיות	אחסון

<b>מידע חשוב</b>	
<b>מצב צבירה</b>	נוזל שמנוני ללא צבע וללא ריח. החומצה המרוכזת הינה היגרוסקופית.
<b>דרכי חשיפה</b>	החומר חודר לגוף האדם בנשימה ובבליעה
<b>סיכונים כימיים</b>	החומר הינו מחמצן חזק ומגיב בחוזקה עם חומרים מחזרים בהיותו חומצה חזקה מאד, מגיב בחוזקה עם בסיסים החומצה קורוזיבית לרוב המתכות ומגיבה עמן, תוך יצירת מימן גזי נפיץ מגיב בחוזקה עם מים ועם חומרים אורגניים. בחימום משתחררים תחמוצות גופרית רעילות
<b>סיכוני נשימה</b>	החומר איננו נדיף בטמפרטורת החדר בעת ריסוס החומר נוצרת אוירה מזוהמת באדי חומצה ובאווירוסול טיפתי שלה
<b>השפעות חריפות</b>	החומצה קורוזיבית מאוד לעיניים, לעור, לדרכי הנשימה ולדרכי העיכול נשיפת אווירוסול החומר עלולה לגרום לבצקת ראות
<b>השפעה לטווח הארוך</b>	פוגע בריאות לאחר חשיפה ממושכת לאווירוסול החומר. פוגע בשיניים. הערפילים של החומר נחשבים כמסרטנים בבני אדם
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 0.2 מ"ג/מ"ק (מקטע חזה) (ACGIH 2005)

<b>תכונות פיזיקליות</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- תחום רתיחה: 340°C</li> <li>- נקודת קיפאון: 10°C</li> <li>- צפיפות: 1.8 לסמ"ק</li> <li>- מתמוסס היטב במים</li> <li>- צפיפות אדים יחסית: 3.4 (אוויר = 1)</li> </ul>

<b>השפעות סביבתיות</b>
החומר פוגע ביצורים החיים במים. אין לאפשר לחומר לחדור למקורות המים.

<b>הערות</b>
תסמין הבצקת בריאות עלול להופיע באיחור של מספר שעות לאחר החשיפה. התסמין מחמיר עקב מאמץ פיזי. חל איסור מוחלט להוסיף מים לחומצה.

**נספח 2**

**חומצה חנקתית 70% HNO<sub>3</sub> NITRIC ACID**

משקל מולקולרי 63.0

מס' CAS : 2-37-7697  
 מס' RTECS : QU5775000  
 מס' או"מ 2031  
 קוד חירום 2PE  
 מס' EC : 1-00-004-007

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
במקרה של אש בסביבה אין לכבות בקצף	אסור למגע עם חומרים דליקים, בעירים ועם חומרים אורגניים	אינו בעיר, אולם מגביר בעירה של חומרים אחרים. משחרר גזים רעילים בשריפה	התלקחות
בעת שריפה יש לקרר את האריזות במים		סיכון אש והתפוצצות במגע עם חומרים אורגניים	התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא את הנפגע לאוויר הצח - הנשמה מלאכותית - טיפול רפואי	1. התקנת מערכת יניקה 2. שימוש בציוד מגן נשימתי	הרגשת צריבה בדרכי הנשימה. שיעול. קושי בנשימה. התופעות עלולות להופיע זמן מה לאחר החשיפה	נשימה
- הסר בגדים מזוהמים - יש לרחוץ במים זורמים - להגיש טיפול רפואי	שימוש בביגוד מגן כולל כפפות מגן	החומר קורוזיבי וגורם לפצעים עמוקים בעור. כאבים עזים. העור נצבע לצהבהב.	עור
- שטוף במים רבים - הסר עדשות מגע - טיפול רפואי	משקפי מגן. מגן פנים. מסיכה להגנת דרכי הנשימה	קורוזיבי. עיניים אדומות. כאבים. פצעים עמוקים חמורים	עיניים
- אין לגרום להקאה. - תן לשתות מים רבים. - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה	קורוזיבי. כאבי בטן. זעזוע. הרגשת שריפה בדרכי העיכול	בליעה
טיפול בשפך	פינוי עובדים מאזור. אוורור המקום. יש לאסוף את השפך לתוך כלים סגורים. יש לנטרל עקבות עם נתרן פחמתי. לאחר מכן יש לשטוף במים רבים. אין לספוג בחומרי ספיגה בעירים. שימוש בציוד מגן מלא		
סימון אריזות	יש להשתמש באריזות בלתי שבירות או להכניס אריזות שבירות לאריזות בלתי שבירות. אין להוביל יחד עם דברי מאכל. סימול: O סימול: C הערת: R : B R: 9-35 S: 1/2-23-26-36-45 מס' או"מ 2031 קוד סיכון: 8, חומר קורוזיבי		

<b>מידע חשוב</b>	
<b>הוראות אחסון</b>	יש לאחסן בנפרד מחומרים בעירים ומחזרים, בסיסים וכימיקלים אורגניים. יש לאחסן במקום קריר, יבש ומאוורר היטב
<b>השפעות חריפות</b>	החומר הינו קורוזיבי מאד לעיניים, עור, לדרכי הנשימה ולדרכי העיכול. נשימת החומר עלולה לגרום לבצקת ריאות
<b>השפעות לטווח האורך</b>	ראה השפעה חריפה
<b>מצב צבירה</b>	נוזל צהבהב עם ריח חריף
<b>תכונות פיזיקליות</b>	נקודות התיחה : 121°C נקודת קיפאון -41.6°C צפיפות יחסית : 1.4 (מים=1) מתמוסס במים.
<b>סיכונים כימיים</b>	החומר מתפרק בהשפעת חום ויוצר תחמוצות חנקן רעילות. החומר הינו מחמצן חזק ומגיב בחוזקה עם חומרים בעירים ומחזרים. החומר מגיב בחוזקה עם בסיסים ותוקף מתכות. מגיב בחוזקה גם עם אצטון וחומצת חומץ ויוצר סיכון התלקחות והתפוצצות
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 2 חל"מ, STEL : 4 חל"מ (ACGIH 2005)
<b>השפעות סביבתיות</b>	יש לנטרל לפני העברה לביוב



**חומצה זרחתית  $H_3PO_4$  Phosphoric ACID**  
משקל מולקולרי 98.0

מס' CAS 7664-38-2  
מס' RTECS TB6300000-  
מס' או"מ 1805  
קוד חירום 2R  
מס' EC 015-011-00-6

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
במקרה של שריפה בקרבת מקום מותרים כל אמצעי הכיבוי		חומר לא בעיר, משחרר גזים ונדיפים רעילים בשריפה	התלקחות
			התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא את הנפגע לאוויר צח. - להגיש טיפול רפואי	אוורור	הרגשה של צריבה. שיעול. קוצר נשימה. כאב גרון	נשימה
- להסיר ביגוד מזוהם. - לרחוץ המקום הנגוע במים רבים. - להגיש טיפול רפואי	- כפפות מגן - בגדי מגן	אדמומיות. כאב. פצעים.	עור
- להסיר עדשות מגע. - לשטוף במים רבים. - להגיש טיפול רפואי	- משקפי מגן - מגן פנים - מסיכה מלאה	כאב. אדמומיות. צריבות עמוקות חמורות	עיניים
- לשטוף את הפה. - לתת לשתות מים רבים. - אין לגרום להקאות. - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה	כאבי בטן. הרגשה של צריבה הלם. התמוטטות	בליעה
			טיפול בשפך
			אריזה וסימון
			פעולות חירום

<b>מידע חשוב</b>	
<b>מצב צבירה</b>	גבישים היגרוסקופיים ללא צבע
<b>דרכי חשיפה</b>	החומר נספג בנשימה של אווירוסולים ובבליעה
<b>סיכונים כימיים</b>	החומר מתפלמר בהשפעת אפוקסידים ותרבות אזור. בשריפה משחרר תחמוצות רעילות של זרחן. החומר מגיב בחוזקה עם כהלים, אלדהידים, ציאנידים, קטונים, פנולים, אסטרים, סולפידים וממיסים אורגניים מוכלרים. החומר מגיב בחוזקה במגע עם בסיסים.
<b>סיכוני נשימה</b>	החומר אינו מתנדף בקלות בטמפרטורת החדר.
<b>הוראות אחסון</b>	לאחסן בנפרד מדברי מאכל.
<b>השפעות חריפות</b>	החומר קורוזיבי לעיניים, לעור, לדרכי הנשימה ולדרכי העיכול.
<b>השפעה לטווח הארוך</b>	
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 1 מ"ג/מ"ק (ACGIH 2005) STEL : 3 מ"ג/מ"ק (ACGIH 2005)

<b>תכונות פיזיקליות</b>
- מתפרק ב-213°C - נקודת היתוך : 43°C - משקל סגולי : 1.9 מ"ג/סמ"ק

<b>השפעות סביבתיות</b>

<b>הערות</b>
אסור להזרים מים מעל החומר. יש להוסיף את החומר למים באטיות

**תלת תחמוצת הכרום CHROMIUM (VI) OXIDE CrO<sub>3</sub>**  
משקל מולקולרי 100.0

מס' CAS 1333-82-0  
מס' RTECS GB6650000-  
מס' או"מ 1463  
קוד חירום 2W  
מס' EC 024-001-00-0

שטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
אין להרטיב במים. בעת כיבוי שריפות יש להשתמש בחומר כיבוי המתאים לחומר הבוער.	מניעת מגע עם חומרים בעירים ומחזרים.	החומר אינו בעיר. בהיותו חומר מחמצן, מגביר סיכוני אש ובעירה.	התלקחות
			התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא את הנפגע לאוויר הצח. - להגיש טיפול רפואי. - הנשמה מלאכותית	- ביצוע תהליכים במערכות סגורות. - התקנת מערכת יניקה ואוורור	שיעול. קוצר נשימה. כאב גרון. הרגשה של צריבה. התסמין עלול להתפרץ באיחור	נשימה
- להסיר בגדי עבודה מזהמים. - לשטוף במים רבים	- שימוש בכפפות מגן. - שימוש בבגדי מגן	אדמומיות, כאבים, פצעים בעור	עור
- להסיר עדשות מגע. - לשטוף במים רבים. - להגיש טיפול רפואי	- משקפי מגן - מגן פנים - מסיכה להגנת דרכי הנשימה	אדמומיות. כאבים. צריבות עמוקות.	עיניים
- לשטוף את הפה. - אין לגרום להקאות. - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה	כאבי בטן, הרגשה של שריפה וצריבה, הלם, התמוטטות.	בליעה
			טיפול בשפך
			אריזה וסימון
			פעולות חירום
			אחסון

### מידע חשוב

<b>מצב צבירה</b>	גבישים בצבע אדום כהה
<b>דרכי חשיפה</b>	החומר נספג בנשימה, דרך העור ובבליעה
<b>סיכונים כימיים</b>	החומר מתפרק מעל 250°C לתחמוצת כרום (Cr II) ולחמצן, המגביר את סיכוני ההתלקחות וההתפוצצות. החומר מחמצן חזק ומגיב בחוזקה עם חומרים בעירים ומחזרים, תוך גרימת שריפות והתפוצצויות. התמיסה המימית הנה חומצית וקורוזיבית מאד.
<b>סיכוני נשימה</b>	החומר אינו מתנדף בטמפרטורת החדר. פיזור האבקה לאוויר גורם להעשרת האוויר בחומר רעיל.
<b>השפעות חריפות</b>	החומר הינו קורוזיבי לעור, לעיניים, למערכות העיכול והנשימה.
<b>השפעה לטווח הארוך</b>	גורם לדלקות עור חמורות. תמיסה חומצית עלולה לגרום לכיבים בעור. חשיפה ממושכת גורמת לאסטמה. החומר פוגע בדרכי הנשימה ובכליות. החומר מסרטן בבני אדם, פוגע במערכת התורשתית, הפוריות והרבייה.
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 0.05 מ"ג/מ"ק (ACGIH 2005) TWA : 0.05 מ"ג/מ"ק (תקן ישראלי).

### תכונות פיזיקליות

<ul style="list-style-type: none"> <li>- מתפרק מעל 250°C</li> <li>- נקודת היתוך : 197°C</li> <li>- משקל סגולי : 2.7 גרם/סמ"ק</li> <li>- מתמוסס היטב במים</li> </ul>
---

### השפעות סביבתיות

<p>החומר פוגע ביצורים ימיים.</p> <p>החומר מזוהם את הסביבה, הקרקע ואת מקורות המים</p>
--

### הערות

<ul style="list-style-type: none"> <li>- בגדים מזוהמים בחומר עלולים להתלקח. עקב כך, יש לרחוץ בגדים מזוהמים במים רבים.</li> <li>- תסמין האסטמה עלול להתגלות מספר שעות לאחר החשיפה ומחמיר במאמץ פיזי</li> </ul>
---

**SODIUM HYDROXIDE NaOH** הידרוקסיד הנתרן  
משקל מולקולרי 40.0

מס' CAS 1310-73-2  
מס' RTECS – WB4900000  
מס' א״מ: 1823  
קוד חירום: 2X  
מס' EC 6-00-002-011

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
בעת שריפה ניתן להשתמש בכל הסוגים של חומרי כיבוי		החומר אינו דליק. המגע בין גבישי החומר עם מים יוצר חום רב	התלקחות
			התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא את הנפגע לאוויר הצח. - פלג גוף עליון מוטה קדימה. - להגיש טיפול רפואי	- מערכת יניקה. - הגנה על דרכי הנשימה	החומר קורוזיבי וצורב. כיבים בגרון. קוצר נשימה. התופעות עלולות להופיע זמן מה לאחר החשיפה	נשימה
- להסיר בגדי עבודה מזהמים. - לשטוף במים רבים. - להגיש טיפול רפואי	- שימוש בכפפות מגן. - שימוש בבגדי מגן	החומר קורוזיבי. אדמומיות. כאב. צריבות עמוקות בעור. שלפוחיות וכוויות בעור	עור
- להסיר עדשות מגע. - לשטוף במים רבים. - להגיש טיפול רפואי	- משקפי מגן. - מגן פנים. - הגנה על דרכי הנשימה	החומר קורוזיבי. אדמומיות. כאב בעיניים. ראייה מטושטשת. צריבות עמוקות	עיניים
- לשטוף את הפה. - אין לגרום להקאות. - לתת לשתות הרבה. - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה	החומר קורוזיבי וצורב. כאבי בטן. הלם. התמוטטות	בליעה
			טיפול בשפך
		1. יש לטאטא את האבקה ולאסוף אותה במיכלים סגורים. 2. לשטוף את המקום במים רבים. 3. השתמש בציוד מגן אישי	אריזה וסימון
		סימול C 35 R: 35 S(1/2)-26-37/39-45 קבוצת סיכון 8 – חומר קורוזיבי. קבוצת אריזה: II - להשתמש באריזה בלתי שבירה. - להכניס אריזות שבירות לתוך אריזות בלתי שבירות. - אין לשנע יחד עם דברי מאכל ומזון לחיות	פעולות חירום
		בעת הובלה יש להשתמש בכרטיס הדרכה 154 של המדריך לפעולות חירום, תקנות החומרים המסוכנים של נציבות כבאות והצלה, משרד הפנים.	אחסון
		להפריד מחומצות חזקות, דברי מאכל ומזון לבעלי חיים. לשמור במקום קריר. לשמור באריזות סגורות היטב. הרצפה תהיה עמידה בפני חומרים קורוזיביים. סימול NFPA: 1=R, 0=F, 3=H	

### מידע חשוב

<b>מצב צבירה</b>	גבישים לבנים היגרוסקופיים, טולי ריח.
<b>דרכי חשיפה</b>	החומר חודר לגוף על-ידי משימת אווירוסולים או על-ידי בליעה.
<b>סיכונים פיזיקליים</b>	מגע בין הגבישים והמים יוצר חום רב, העלול לגרום להתלקחות חומרים דליקים.
<b>סיכונים כימיים</b>	החומר הינו בסיס חזק מאוד, המגיב בחוזקה עם חומצות. החומר תוקף מתכות כגון אבץ, אלומיניום, בדיל ועופרת, תוך יצירת גז מימן פני. תוקף גומי וחומרים פלסטיים.
<b>סיכוני נשימה</b>	החומר איננו מתנדף בטמפרטורת החדר. האבקה עלולה להתפזר לאוויר.
<b>השפעות חריפות</b>	החומר קורוזיבי לדרכי הנשימה, העיכול והעור. קורוזיבי בבליעה. נשימת האבק העלולה לגרום לבצקת בראות.
<b>השפעה לטווח ארוך</b>	מגע ממושך עם העור גורם לדלקות העור.
<b>ערכי חשיפה</b>	TLV Ceiling : 2 מ"ג/מ"ק (ACGIH 2005)

### תכונות פיזיקליות

- נקודת התיחה : 1390°C
- נקודת היתוך : 318°C
- צפיפות : 2.1 גרם/סמ"ק
- התמוססות במים : 109 גרם ל-100 מיליליטר מים בטמפרטורת החדר

### השפעות סביבתיות

החומר פוגע ביצורים ימיים. החומר פוגע בסביבה
---

### הערות

אין לחרוג מערך הסף (TLV Ceiling) של 2 מ"ג/מ"ק אוויר. התסמין של בצקת בריאות עלול להופיע זמן מה לאחר החשיפה. מאמץ פיזי גורם להחמרה. חל איסור מוחלט להזרים מים על הידרוקסיד הנתרן מוצק. יש להוסיף את הגבישים לתוך מים. מספר האו"מ המתאים לתמיסה מימית של הידרוקסיד הנתרן: UN 1824, קוד סיכון 8, נוזל קורוזיבי
--

**כלוריד הקובלט COBALT (II) CHLORIDE  $CoCl_2$**   
 מספר מולקולרי 129.8

מס' CAS 7646-79-9  
 מס' RTECS GF9800000-  
 מס' או"מ 3288  
 קוד חירום 2X  
 מס' EC 5-00-004-027  
 משקל מולקולרי 129.8

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
יש לכבות שריפות אזוריות באמצעי כיבוי מתאימים לחומרים הבוערים		החומר אינו בעיר. בשריפה משחרר גזים ונדיפים רעילים.	התלקחות
			התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא את הנפגע לאוויר הצח. - להגיש טיפול רפואי	- ציוד מגן על דרכי הנשימה - התקנת מערכת יניקה	שיעול. קוצר נשימה	נשימה
- להסיר בגדי עבודה מזהמים. - לשטוף במים רבים	- שימוש בכפפות מגן. - שימוש בבגדי מגן.	גירוי קל.	עור
- להסיר עדשות מגע - לשטוף במים רבים - להגיש טיפול רפואי	- משקפי מגן - מגן פנים	אדמומיות. כאב	עיניים
- לשטוף את הפה. - לתת לשתות מים רבים. - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה	כאבי בטן. שלשולים. בחילה. הקאות	בליעה
		1. יש לאסוף את החומר לתוך אריזה סגורה היטב. 2. הרטב מעט את האבקה על מנת למנוע פיזור. 3. יש למנוע חדירת החומר לקרקע ולמי תהום. 4. יש להשתמש בצידוד מגן נשימתי (מסנן P-3).	טיפול בשפך
		סימול: T סימול: N R: 49-22-42/43-50/53 הערת R: E-1 S: (2)-22-53-45-60-61 קבוצת סיכון 6.1 - חומר רעיל קבוצת אריזה III אין להוביל יחד עם דברי מאכל ומזון לחיות	אריזה וסימון
		בעת הובלה יש להשתמש בכרטיס הדרכה 151 של המדריך לפעולות חירום, תקנות החומרים המסוכנים של נציבות כבאות והצלה, משרד הפנים	פעולות חירום
		לאחסן במקום יבש והרחק מחומרים מתמצנים	אחסון

### מידע חשוב

<b>מצב צבירה</b>	אבקה היגרסקופית בצבע כחול. ספיגת רטיבות גורמת לשינוי הצבע לאדום
<b>דרכי חשיפה</b>	החומר נספג בגוף על-ידי נשימת האווירוסול או בבליעה
<b>סיכונים כימיים</b>	מגיב עם חומרים מחמצנים תוך יצירת סיכוני אש והתפוצצות
<b>סיכוני נשימה</b>	פיזור האבקה לאוויר גורם להעשרת האוויר באבק רעיל בריכוז מסוכן
<b>השפעות חריפות</b>	החומר גורם לגירוי בעיניים
<b>השפעה לטווח ארוך</b>	גורם לרגישות אלרגית בעור. גורם לאסטמה. החומר משפיע על תפקוד הלב, על בלוטת התריס ומח העצמות. החומר הוא מסרטן אפשרי בבני אדם. עלול להשפיע על רבייה
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 0.02 מ"ג/מ"ק (ACGIH 2005) TWA : 0.02 מ"ג/מ"ק (תקן ישראל)

### תכונות פיזיקליות

- נקודת התיחה : 1049°C
- נקודת היתוך : 735°C
- צפיפות : 3.4 גרם/סמ"ק
- מסיסות במים בטמפרטורת החדר : 53 גרם ל100 מ"ל מים

### השפעות סביבתיות

החומר רעיל ליצורים ימיים
--------------------------

### הערות

התסמין של האסטמה עלול להתפרץ מספר שעות לאחר החשיפה. התסמין מחמיר בהשפעת מאמץ גופני
--



**CADMIUM CHLORIDE CdCl<sub>2</sub> כלוריד הקדמיום**  
משקל מולקולרי 183.3

מס' CAS 10108-64-2  
מס' RTECS EV017500-  
מס' אוי"מ 2570  
קוד חירום - לא נקבע  
מס' EC 3-00-008-048

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
במקרה של שריפה בקרבת מקום מותרות כל שיטות הכיבוי		החומר איננו בעיר. משחרר גזים ועשן רעיל בעת שריפה	התלקחות
			התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא את הנפגע לאוויר הצח. - פלג גוף עליון מוטה קדימה. - להגיש טיפול רפואי	- ביצוע תהליכים יוצרי אבק בתא סגור. - התקנת מערכת יניקה ואוורור.	שיעול. קוצר נשימה. התסמינים עלולים להתגלות באיחור	נשימה
- להסיר בגדי עבודה מזהמים. - לשטוף במים רבים	- שימוש בכפפות מגן. - שימוש בבגדי מגן	אדמומיות.	עור
- להסיר עדשות מגע. - לשטוף במים רבים. - להגיש טיפול רפואי	- משקפי מגן. - מגן פנים. - מסיכה להגנה בפני אבק	אדמומיות. כאבים עיניים.	עיניים
- לשטוף את הפה. - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה.	כאבי בטן. הרגשה של בעירה פנימית. שלשולים. בחילה. הקאות	בליעה
		1. אין להפנות את החומר למערכת הביוב. 2. יש לאסוף את האבקה בשואב אבק. 3. אין להשתמש באוויר דחוס לניקוי השטח. 4. לשטוף עקבות במים רבים. 5. השתמש בציוד מגן אישי.	טיפול בשפך
		סימול: T: הערה: E: R: 45-48/23/25 S: 53-45 קבוצת סיכון 6.1 - רעל. - להשתמש באריזה בלתי שבירה. - להכניס אריזות שבירות לתוך אריזות בלתי שבירות. - אין לשנע יחד עם דברי מאכל ומזון לחיות	אריזה וסימון
		בעת הובלה יש להשתמש בכרטיס הדרכה 154 של המדריך לפעולות חירום, תקנות החומרים המסוכנים של נציבות כבאות והצלה, משרד הפנים	פעולות חירום
		להפריד מחומרים מתמצנים חזקים, דברי מאכל ומזון לבעלי חיים. לשמור במקום קריר. לשמור באריזות סגורות היטב	אחסון

<b>מידע חשוב</b>	
<b>מצב צבירה</b>	גבישים לבנים היגרסקופיים, טולי ריח
<b>דרכי חשיפה</b>	החומר חודר לגוף על-ידי נשימת אווירוסולים או על-ידי בליעה
<b>סיכונים כימיים</b>	החומר מתפרק בחום ומשחרר עשן וגזים רעילים מאד של כלור וקדמיום . החומר מגיב בחוזקה עם מחמצנים חזקים
<b>סיכוני נשימה</b>	החומר אינו מתנדף בטמפרטורת החדר. יצירת ענן אבק גורמת לחדירת חומר רעיל מאד לדרכי הנשימה
<b>השפעות חריפות</b>	החומר גורם לגירוי חמור במערכת העיכול ובדרכי הנשימה. נשימת האבק גורמת לבצקת בריאות. נשימה של כמויות גדולות עלולה לגרום למוות. ההשפעות השליליות עלולות להתגלות באיחור
<b>השפעה לטווח ארוך</b>	החומר משפיע על הכליות והריאות וגורם לליקויים בתפקודם. החומר חשוד כמסרטן בבני אדם. החומר עלול להשפיע על מערכת הרבייה.
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 0.01 מ"ג/מ"ק (ACGIH 2005) TWA : 0.01 מ"ג/מ"ק (תקן ישראל)

<b>תכונות פיזיקליות</b>
- נקודת התיחה : 960°C - נקודת היתוך : 568°C - משקל סגולי : 4.1 גרם/סמ"ק - התמוססות במים : טובה

<b>השפעות סביבתיות</b>
החומר פוגע ביצורים ימיים. החומר מצטבר בצמחים. החומר מזהם את הסביבה לזמן ממושך. קשה לנקות את האזור המזוהם

<b>הערות</b>
התסמין של בצקת בריאות עלול להתגלות זמן מה לאחר החשיפה. מאמץ פיזי מחמיר את בצקת הראות. יש להביא את הנפגע לטיפול רפואי

**ACETONE CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub> אצטון**  
משקל מולקולרי: 58.1

מס' CAS 67-64-1  
מס' RTECS AL3150000-  
מס' אוי"מ 1090  
קוד חירום 2(Y)E  
מס' EC 8-00-001-606

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
אבקות כיבוי. קצף כוחלי. מים בכמויות גדולות. פחמן דו חמצני	איסור עישון. מניעת ניצוצות. איסור שימוש באש גלויה.	נוזל דליק מאוד	התלקחות
במקרה של שריפה, קרר אריזות במים רבים	ציוד תשמלי מוגן התפוצצות. איסור שימוש באוויר דחוס למטרות מילוי, העברה וריקון. אורור	תערובת אדים אווירה פיצה	התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא את הנפגע לאוויר הצח. - להגיש טיפול רפואי.	- אורור כללי. - התקנת מערכת יניקה. - ציוד מגן על דרכי נשימה.	פצעים בגרון. שיעול. כאבי ראש. עילפון חושים. סחרחורת. נמנום. איבוד הכרה.	נשימה
- להסיר בגדי עבודה מזהמים. - לשטוף במים רבים.	שימוש בכפפות מגן.	ייבוש העור.	עור
- לשטוף במים רבים. - להגיש טיפול רפואי.	- משקפי מגן. - מגן פנים. - איסור שימוש בעדשות מגע.	אדמומיות. כאב עיניים. ראייה מטושטשת. פגיעה בקרנית	עיניים
- לשטוף את הפה. - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה	בחילה. הקאות. אבוד הכרה.	אכילה
		1. אורור את המקום. 2. ספוג את הנוזל בחול או בחומר ספיגה לא בעיר. 3. אסוף את החומר הספוג באריזות סגורות. 4. אין להפנות את השפך לביוב. 5. בגמר האיסוף שטוף את המקום במים רבים.	טיפול בשפך
		סימול: F: R: 11 S: 2-9-16-23-33 קבוצת סיכון 3 – חומר דליק קבוצת אריזה: II	אריזה וסימון
		בעת הובלה יש להשתמש בכרטיס הדרכה מס' 127 של המדריך לפעולות חירום, תקנות החומרים המסוכנים של נציבות כבאות והצלה, משרד הפנים. סיווג NFPA: H=1, F=3, R=0	פעולות חירום
		- אחסן בתא בנוי מחומרים מעכבי התפשטות אש. - אחסן הרחק מחומרים מחמצנים	אחסון

<b>מידע חשוב</b>	
<b>מצב צבירה</b>	נוזל שקוף ללא צבע, בעל ריח אופייני
<b>דרכי חשיפה</b>	החומר חודר לגוף בנשימה ודרך העור
<b>סיכונים פיזיקליים</b>	- האדים כבדים מהאוויר ומתישבים במפלסים נמוכים. - האדים נוזלים למרחקים ומהווים סיכון התלקחות
<b>סיכונים כימיים</b>	החומר יוצר פראוקסידים נפיצים במגע עם חומרים מחמצנים, כגון חומצת חומץ, חומצה חנקתית ופראוקסיד המימן. מגיב עם כלורופורם. תוקף חומרים פלסטיים
<b>סיכוני נשימה</b>	החומר מתאדה בקלות בטמפרטורת החדר ומעשיר את האוויר באדים רעילים
<b>השפעות חריפות</b>	האדים גורמים לגירוי בעיניים ובדרכי הנשימה. החומר פוגע במערכת העצבים המרכזית, בכבד, בכליות ובדרכי העיכול
<b>השפעה לטווח ארוך</b>	דלקות עור, משפיע על מערכת הדם ומח העצמות
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 500 חל"מ (ACGIH 2005) STEL : 750 חל"מ (ACGIH 2005)

<b>תכונות פיזיקליות</b>	
- נקודת התיחה : 56°C	נקודת הצתה : -18°C
- נקודת התכה : -94°C	נקודת הצתה עצמית : 465°C
- צפיפות : 0.8 גרם/סמ"ק	תחומי נפיצות (% האדים באויר) : 2.2-13
- התמוססות במים : טובה	
- צפיפות אדים יחסית לאוויר : 2.0 (אוויר = 1)	

<b>השפעות סביבתיות</b>

<b>הערות</b>
השימוש במשקאות אלכוהול מגביר את השפעות השליליות של החומר

ממיס סטודרד או ספירט לבן STODDARD SOLVENT, WHITE SPIRIT

מס' CAS : 3-41-8052  
 מס' RTECS - WJ8925000  
 מס' אוי"מ 1268  
 קוד חירום לא נקבע  
 מס' EC : 4-00-345-649

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
- אבקות כיבוי. - פחמן דו חמצני. - קצף.	- איסור עישון. - אין לגרום לניצוצות. - איסור שימוש באש גלויה	נוזל דליק	התלקחות
בעת שריפה יש לקרר את האריזות במים רבים	- שימוש בצידוד חשמלי מוגן התפוצצות. - אוורור	יוצר תערובת נפיצה עם האוויר בטמפרטורת החדר	התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא את הנפגע לאוויר הצח. - הנשמה מלאכותית. - להגיש טיפול רפואי	- אוורור. - התקנת מערכת יניקה. - צידוד מגן על דרכי נשימה	שיעול. כאבי גרון. כאב ראש. בחילה. סחרחורת. אבוד הכרה.	נשימה
- להסיר בגדי עבודה מזהמים. - לשטוף במים רבים	- כפפות מגן. - ביגוד מגן	אדמומיות. ייבוש העור	עור
- להסיר עדשות מגע. - לשטוף במים רבים. - להגיש טיפול רפואי	משקפי מגן	אדמומיות. כאב	עיניים
- אין לגרום להקאות. - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה	בחילה. הקאות. כאב בטן. שלשולים	בליעה
1. הרחק את מקורות אש. 2. אסוף השפך בתוך כלים סגורים היטב. 3. ספוג עקבות בחול או חומר ספיגה לא בעיר. 4. שטוף את השטח במים רבים			טיפול בשפך
סימול: T: 45-65 R: 45-65 S: 53-45 הערות: H, P: קבוצת סיכון: 3 קבוצת אריזה: III			אריזה וסימון
בעת הובלה יש להשתמש בכרטיס הדרכה 128 של המדריך לפעולות חירום, תקנות החומרים המסוכנים של נציבות כבאות והצלה, משרד הפנים. סימול NFPA: 0=R, 4=F, 1=H			פעולות חירום
לאחסן במקום מוגן בפני התפשטות אש. להפריד מחומרים מחמצנים			אחסון

### מידע חשוב

<b>מצב צבירה</b>	נוזל שקוף ללא צבע, בעל ריח אופייני
<b>דרכי חשיפה</b>	החומר נספג לגוף בנשיפת האדים, דרך העור ובבליעה
<b>סיכונים כימיים</b>	מגיב בחוזקה עם מחמצנים חזקים, תוך יצירת סיכונים התלקחות והתפוצצות. תוקף חלקי גומי, צבעים ופלסטיק
<b>סיכוני נשימה</b>	החומר מתאדה בטמפרטורת החדר ויוצר אוויר מזהמת
<b>השפעות חריפות</b>	החומר מגרה את העיניים, העור ודרכי הנשימה. בליעה של החומר עלולה לגרום לחדירת החומר לריאות, תוך גרימת דלקת ריאות כימית. החומר פוגע במערכת העצבים המרכזית. חשיפה לריכוזים גבוהים עלולה לגרום לאבוד ההכרה
<b>השפעה לטווח ארוך</b>	- החומר משפיע על מערכת העצבים המרכזית. - ייבוש העור. - פגיעה בכליות
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 100 חל"מ (ACGIH 2005)

### תכונות פיזיקליות

- תחום רתיחה: 130-230°C
- משקל סגולי: 0.77-0.80 גרם/סמ"ק
- צפיפות אדים של התערובת אדים/אוויר: 1.01 (אוויר נקי = 1)
- נקודת הצתה: 21°C התלקחות עצמית: 230-240°C
- תחומי נפיצות (% האדים באוויר): 0.6-0.8.

### השפעות סביבתיות

--

### הערות

החומר הינו תערובת של פחמימנים אליפטיים ואליציקליים (C7-C12) ופחמימנים ארומטיים (C7-C12). יש לוודא כי החומר אינו מכיל בנזן. התסמין של דלקת ריאות כימית עלול להופיע מספר שעות לאחר החשיפה. התסמין מחמיר עקב מאמץ פיזי
---

כלורט הבריום  $\text{Ba}(\text{ClO}_3)_2$  Barium Chlorate

מס' CAS 13477-00-4  
 מס' RTECS : FN9770000  
 מס' או"מ 1445  
 קוד חירום 2YE  
 מס' EC : 8-00-003-017

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
כבה שרפות בחומרי כיבוי מתאימים לחומרים הבעורים בסביבה	אין לאפשר מגע עם חומרים בעירים. אין לאפשר מגע עם חומרים אורגניים. אבקת מתכות, מלחי אמוניום וחומרים מחזרים	החומר אינו בעיר, אולם מגביר בעירה של חומרים אחרים. החומר מחמצן וגורם לריאקציות המסתיימות בהתלקחות או בפיצוץ	התלקחות
רסס מים על האריזות, על מנת למנוע התפוצצותן	אין לגרום לחיכוך ומכה. מנע הצטברות שכבת אבק במקום העבודה. ציוד חשמלי מוגן בפני חדירת אבק דליק	גורם לפיצוץ במגע עם סיכוני אש והתפוצצות עם : ראה בסעיף "סיכונים כימיים"	התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להביא את הנפגע לאוויר הצח. - הנשמה מלאכותית. - להגיש טיפול רפואי	1. התקנת מערכת יניקה. 2. שימוש בציוד מגן נשימתי	שיעול. כאבי בטן. השפתיים והציפורניים מכחילות. ערפול חושים. שלשולים. כאבי ראש. בחילות. סחרחורות. איבוד הכרה. הקאות. חולשות	נשימה
- שטוף במים רבים. - הסר בגדים מזוהמים. - להגיש טיפול רפואי	כפפות מגן	עור אדום	עור
- שטוף עיניים במים זורמים. - הסר עדשות מגע. - הגש טיפול רפואי.	משקפי מגן. מגן פנים. מסיכה להגנת דרכי נשימה	כאבים, עיניים אדומות	עיניים
- שטוף את הפה. - גרום להקאות. - מנוחה. - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה	כאבי בטן. השפתיים והציפורניים מכחילות. ערפול חושים. שלשולים. כאבי ראש. בחילה. סחרחורות. איבוד הכרה. הקאות. חולשה	בליעה
טיפול בשפך	אסוף את השפך במיכלים סגורים. הרטב במים למניעת ריחוף אבק. שטוף עקבות במים רבים. אין לאסוף לתוך חומר סופג בעיר. מנע הגעת החומר למקורות מים		
סימון אריזות	סימול: O סימול: Xn סימול: N R: 9-20/22-51/53 S: (2-)13-27-61 מס' או"מ 1445 קב' סיכון ראשית: 5.1, חומר מחמצן. קבוצת סיכון משנית: 6.1, חומר רעיל. קב' אריזה: II		

<b>מידע חשוב</b>	
<b>הוראות אחסון</b>	יש לאחסן בנפרד מחומרים בעירים ומחזרים, אבקות מתכת, תרכובות אמוניה ודברי מאכל
<b>השפעות חריפות</b>	החומר מגרה את העיניים, העור ודרכי הנשימה. החומר משפיע על מערכת העצבים והדם וגורם לשינוי בהמוגלובין (חימצון הברזל). החומר משפיע על מערכת הלב והשרירים. האפקטים עלולים להתגלות לאחר מספר שעות. חשיפה חריפה עלולה לגרום למוות
<b>השפעה לטווח ארוך</b>	ראה השפעה לטווח קצר
<b>מצב צבירה</b>	אבקה גבישית חסרת צבע.
<b>תכונות פיזיקליות</b>	מתפרק לפני נקודת ההיתוך, ב-250°C צפיפות: 3.2 גרם לסמ"ק. התמוססות במים: 27.4 גרם ל100 מ"ל מים.
<b>סיכונים כימיים</b>	התערבות עם חומרים אורגניים, חומרים מחזרים, תרכובות אמוניה ואבקות מתכות רגישות לחיכוך ומכה ועלולות להתפוצץ. החומר מתפרק בחימום ומשחרר נדיפים רעילים וחמצן, תוך יצירת סיכון התפוצצות. החומר הינו מחמצן חזק ומגיב בחוזקה עם חומרים בעירים ומחזרים
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 0.5 מ"ג/מ"ק כאריום (ACGIH 2005)
<b>השפעות סביבתיות</b>	החומר רעיל עבור יצורים החיים במים



אנטימון תלת- כלורי  $SbCl_3$

מס' CAS : 9-91-10025  
 מס' RTECS : CC4900000  
 מס' או"מ 1733  
 קוד חירום : 4WE  
 מס' EC : 8-00-001-051

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
אין להשתמש במים לכיבוי		אינו בעיר. בשריפה משחרר גזים רעילים ומגרים.	התלקחות
			התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להביא את הנפגע לאוויר צח. - הנשמה. - להגיש טיפול רפואי	1. התקנת מערכת אוורור. 2. הגנה על דרכי הנשימה	כאבי גרון. שיעול. הרגשה של שריפה בדרכי הנשימה. קוצר נשימה. כאבי בטן	נשימה
- הרחק בגדים מזוהמים. - שטוף במים רבים. - להגיש טיפול רפואי	כפפות ובגדי מגן	כאבים. עור אדום. פצעים עמוקים בעור	עור
- שטוף בהרבה מים. - הרחק עדשות מגע. - להגיש טיפול רפואי	ציוד מגן על העיניים. ציוד מגן על הפנים ציוד מגן על דרכי הנשימה	כאבים, עיניים אדומות, פצעים עמוקים בעיניים.	עיניים
- יש לשטוף את הפה. - אין לגרום להקאה. - לשתות הרבה מים. - להגיש טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה.	הרגשה של שריפה בדרכי העיכול. כאבי בטן חזקים, בחילה	בליעה
		אסוף את השפך לתוך מיכל סגור. שטוף עקבות במים רבים. מנע כניסת השפך לקרקע או למקורות מים. הטיפול ייעשה תוך שימוש בביגוד מגן מלא	טיפול בשפך
		סימול : C סימול : N R: 34-51/53 S: (1/2)26-45-61 מס' או"מ : 1733 קוד סיכון : 8, חומר קורוזיבי קבוצת אריזה : II	סימון אריזות

<b>מידע חשוב</b>	
<b>הוראות אחסון</b>	אחסן במקום יבש. אריזות אטומות. לא לאחסן יחד עם דברי מאכל
<b>השפעות חריפות</b>	החומר קורוזיבי לעיניים, לעור, לדרכי העיכול, לדרכי הנשימה. נשימת החומר עלולה לגרום לבצקת ריאות. האפקט עלול להופיע לאחר מספר שעות
<b>השפעה לטווח הארוך</b>	החומר עלול להשפיע על המערכת הקרדיו-ואסקולרית (מערכת הלב ומערכת הולכת הדם)
<b>מצב צבירה</b>	גבישים היגרוסקופיים ללא צבע, בעלי ריח חריף
<b>תכונות פיזיקליות</b>	נקודת התכה: 73°C נקודת היתוך: 223°C צפיפות: 3.14 גרם לסמ"ק. התמוססות במים: 10 גרם ל-100 גרם ב-25°C
<b>סיכונים כימיים</b>	בחימום משתחררים גזים ונדיפים רעילים: כלור ותחמוצות אנטימון. בתגובה עם מים משתחררת חומצת מלח גזי, אוקסי-כלוריד-האנטימון וחום. תוקף מתכות בנוכחות רטיבות ומים
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 0.5 מ"ג/מ"ק כאנטימון (ACGIH 2005)
<b>השפעות סביבתיות</b>	החומר רעיל מאוד עבור יצורים החיים במים.

פלואוריד האלומיניום  $AlF_3$  Aluminum Fluoride

מס' CAS 7784-18-1

מס' RTECS : BD0725000

מס' או"מ 1759

קוד חירום 2X

EC : אין

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
מותרים כל חומרי הכיבוי	הרחק מחומרים דליקים	1. החומר אינו בעיר. 2. משחרר גזים רעילים בשריפה	התלקחות
			התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא את הנפגע לאוויר צח. - להגיש טיפול רפואי	1. התקנת מערכות אוורור. 2. שימוש בציוד מגן נשימתי	שיעול. קוצר נשימה. כאבי גרון	נשימה
שטוף במים רבים	כפפות מגן	כאב. עור אדום	עור
- שטיפה במים. - הסר עדשות מגע. - להגיש טיפול רפואי	משקפי בטיחות	עיניים אדומות. כאבים בעיניים	עיניים
- לשטוף את הפה. - גורם להקאות. - תן לשתות הרבה מים. - להגיש טיפול רפואי.	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה.		בליעה
		1. אסוף את החומר לתוך כלי סגור. 2. השתמש במסיכה להגנה מפני אבק עם מסן P-3	טיפול בשפך
		קב' סיכון : 8, חומר קורוזיבי מס' או"מ : 1759. קבוצת ארצה : II	סימון אריות

<b>מידע חשוב</b>	
<b>הוראות אחסון</b>	לשמור הרחק מדברי מאכל. לאחסן במקום יבש, באריזות סגורות היטב
<b>השפעות חריפות</b>	האבק גורם לגירוי בעיניים, עור ודרכי הנשימה
<b>השפעה לטווח הארוך</b>	1. עלול לגרום לאסתמה. 2. פוגע במערכת העצבים ובעצמות (Fluorosis)
<b>מצב צבירה</b>	גבישים לבנים או שקופים, היגרוסקופיים
<b>תכונות פיזיקליות</b>	משקל סגולי : 2.9 גרם לסמ"ק. בהתמוססות במים : 0.5 גרם ל-100 מיליטר מים בטמפרטורת החדר
<b>סיכונים כימיים</b>	בעת חימום יתר לטמפרטורות גבוהות משתחררים גזים רעילים מאד של פלואור
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 2.0 מ"ג/מ"ק כאלומיניום (ACGIH 2005). TWA : 2.5 מ"ג/מ"ק כפלואור (ACGIH 2005)
<b>השפעות סביבתיות</b>	אין להפנות למערכת הביוב

ניטרט הכסף Silver Nitrate AgNO<sub>3</sub>

מס' CAS 8-88-7761  
 מס' RTECS : VW4725000  
 מס' או"מ 1493  
 קוד חירום 2X  
 EC : 2-00-001-047

שיטות כיבוי	מניעה	השפעה מיידיית	סוג הסיכון
שימוש במים רבים.	אין לאפשר מגע עם חומרים דליקים, כגון אצטילן, חומרים אלקליים ותרכובות הלוגניות	1. החומר אינו בעיר. 2. משחרר גזים רעילים בשריפה.	התלקחות
יש לקרר את האריזות במים, כדי למנוע פיצוץ			התפוצצות
עזרה ראשונה	מניעה	השפעה ותופעות	דרכי החשיפה
- להוציא את הנפגע לאויר צח. - מנוחה. - להגיש טיפול רפואי	1. התקנת מערכות אוורור. 2. שימוש בצידוד מגן נשימתי	כאבי גרון. שיעול. צריבה. קוצר נשימה. העור, העיניים והציפורניים מכחילים. סחרחורת, כאבי ראש, איבוד הכרה	נשימה
- שטוף במים רבים. - הסר בגדים מזוהמים. - להגיש טיפול רפואי	שימוש בכפפות ובבגדי מגן	כוויות בעור. היווצרות שלפוחיות, כאבים, נפיחות	עור
1. שטיפה במים. 2. הסר עדשות מגע. 3. טיפול רפואי	1. שימוש במשקפי בטיחות. 2. שימוש במגן פנים. 3. אם נוצר אבק יש להשתמש גם במסיכה	כוויות עמוקות. איבוד ראייה. כאבים	עיניים
1. לשטוף את הפה. 2. אין לגרום להקאות. 3. טיפול רפואי	- אין לאכול, לשתות או לעשן במקום העבודה. - יש לרחוץ ידיים לפני עישון ואכילה	כאבי בטן, צריבה בדרכי העיכול, התמוטטות	בליעה
1. אסוף את החומר לתוך כלי סגור. 2. רסס במעט מים, למניעת היווצרות אבק. 3. שטוף את השטח במים רבים. 4. אין להשתמש בחומרי ספיגה בעירים. 5. מנע פגיעה בסביבה. 6. שימוש בצידוד מגן מלא			טיפול בשפך
סימול: C : סימול: N R: 34-50/53 S: (1/2)26-45-60-61 מס' או"מ: 1493 קב' סיכון: 5.1, חומר מחמצן			סימון אריזות

<b>מידע חשוב</b>	
<b>הוראות אחסון</b>	אין לאחסן עם חומרים בעירים או מחזרים. ראה "סיכונים כימיים".
<b>השפעות חריפות</b>	1. החומר מאכל את רקמות עיניים, העור, דרכי הנשימה ודרכי העיכול. 2. משפיעה על מערכת הדם יוצר המוגלובין מחומצן. האפקט עלול להופיע זמן מה לאחר החשיפה.
<b>השפעה לטווח הארוך</b>	1. השפעה על מערכת הדם (Methaemoglobin) 2. נשימה או אכילה גורמות ל-Argy ria, קבלת צבע אפור בעיניים, עור וציפורניים
<b>מצב צבירה</b>	גבישים ללא צבע או ריח
<b>תכונות פיזיקליות</b>	נקודת היתוך: 212°C. מתפרק ב-444°C. מתמוסס היטב במים
<b>סיכונים כימיים</b>	1. מתפרק בחימום, תוך יצירת תחמוצות חנקן רעילות. 2. החומר מחמצן חזק ומגיב בחוזקה עם חומרים בעירים ומחזרים, תוך יצירת סיכונים אש והתפוצצות. 3. מגיב בחוזקה עם אצטילן, בסיסים, פחמימנים מוכלרים 4. תוקף גומי, חומרים פלסטיים וצבעים
<b>ערכי חשיפה</b>	TWA : 0.01 מ"ג/מ"ק כ-כסף (ACGIH 2005)
<b>השפעות סביבתיות</b>	החומר רעיל מאוד ליצורים החיים במים

## **מי הוא עובד ציפוי – גיליון מידע על סיכונים תעסוקתיים**

מהו גיליון מידע על סיכונים תעסוקתיים?

גיליון מידע זה הוא אחד מתוך סדרה של גיליונות מידע בינלאומיים המתייחסים לסיכונים תעסוקתיים במקצועות שונים. הוא מיועד לכל אלה הקשורים מקצועית בשמירת הבטיחות והבריאות בעבודה: רופאים ואחיות תעסוקתיים, גיהותנים, ממונים וקציני בטיחות, מפקחי עבודה, נציגי עובדים ועובדים מיומנים אחרים.

גיליון מידע זה מפרט, בסדר תקני מוגדר, את הסיכונים השונים שעובד ציפוי עלול להיות חשוף אליהם במהלך עבודתו הרגילה. גיליון מידע זה אינו מיועד לספק עצות, אלא מהווה מקור מידע בלבד. הידע אודות מה שגורם לפציעות ולמחלות תעסוקתיות מאפשר לתכנן וליישם אמצעי מגן מתאימים כנגד סיכונים אלה.

גיליון מידע זה מכיל ארבעה עמודים:

בעמוד הראשון מצוי מידע על הסיכונים המשמעותיים ביותר לגבי עבודתו של עובד ציפוי. עמודים 2 ו-3 מכילים מידע מפורט ושיטתי יותר בנוגע לסוגים השונים של הסיכונים, לעתים יחד עם הצעות לגבי אופן מניעתם (הם מסומנים כ-1) וכו' וההסבר להם ניתן בסוף עמוד 3). עמוד 4 מיועד עבור מידע ספציפי, לו ערך במיוחד עבור מומחים בתחום הבטיחות והגיהות והוא כולל את תיאור המקצוע, פירוט המטלות של העובד, הערות, מראי מקום וכדומה.

### **מי הוא עובד ציפוי?**

עובד מוסמך, העוסק בעבודות גימור פני שטח של מתכות באמצעות אלקטרוליזה, או שיטות כימיות למטרות הגנה דקורטיביות או הנדסיות.

### **מה הם הסיכונים העיקריים של עיסוק זה?**

עובד הציפוי באלקטרוליזה חשוף למספר גדול מאד של חומרים כימיים מסוכנים, העלולים לגרום להרעלה, תופעות כרוניות, כוויות כימיות, נזקים במערכת הנשימה, רגישויות יתר ועוד. עובד הציפוי עלול להיפצע על-ידי נפילה על רצפה רטובה וחלקה, יכול להיפגע מחתך ודקירה מאבזרים חדים או לקבל כוויות עקב מגע עם תמיסות חמות. סיכונים נפוצים אחרים הם מכת חשמל, שריפות והתפוצצויות, חבלות מחלקים נופלים, פגיעה בעיניים מחלקיקים עפים, לכידת חלקי גוף או לבוש במכונות נעות, רמות רעש גבוהות ועוד.

## סיכונים תעסוקתיים

### סיכוני תאונות

- נפילה על רצפה והחלקה, עקב הרטבתה בנוזלים או ממיסים (1).
- חבלה מחלקים כבדים, המוסעים מעל הראש על-ידי מסוע (1).
- התחשמלות עקב מגע עם ציוד חשמלי לקוי וחוטים גלויים (2).
- כוויות מהתזת תכולה חמה מאמבטי תהליך, ממיסים ונוזלים חמים אחרים, קיטור, אדים, מגע עם משטחים חמים (למשל תנורי חיטול או טיפול תרמי אחר) (3, 4).
- חתכים ודקירות מכלים ומחלקים חדים.
- פציעות, בעיקר בעיניים, עקב התעופפות החלקיקים הנוצרים בעת עבודה במכונות השחזה, הברשה הברקה ועוד (5).
- התלקחות והתפוצצות עקב נוכחותם של מדללים דליקים, המשמשים לניקוי פני השטח של המתכות, אבקות עדינות של מתכות או היווצרות מימן באמבטי התהליך.
- ריאקציות כימיות חריפות עקב ערבוב לא מבוקר של חומרים (למשל הזרמת מים מעל חומצה גופריתית) (4).
- הרעלה מיידי על-ידי הכימיקלים המשמשים לטיפול בפני השטח של המתכות (ראה דוגמאות ברישומים שבסוף המסמך). אפשרות שחרור גז מימן ציאני על-ידי ערבוב בשוגג בין החומצות למיניהן לבין מלחי ציאניד מהווה סיכון אופייני ומיוחד במחלקות לציפויים, עקב תכונותיו הקטלניות של גז זה (4, 6).
- הרעלה על-ידי פוסגן, הנוצר במגע בין פחמימנים מוכלרים וגופים חמים או להבות, או על-ידי העברתם דרך סיגריה בוערת (6).
- כוויות כימיות על-ידי חומרים קורוזיביים (4).
- פגיעה בעיניים מהתזות נוזלים כתוצאה מנפילת חלקי מתכת אל אמבט התהליך (5).

### סיכונים פיסיקליים

- חשיפה לרעש ברמות גבוהות כתוצאה מהפעלת ציוד מכני והתזת נוזלי ניקוי בלחץ מוגבר (7).
- חשיפה לתנאים סביבתיים קשים (טמפרטורה ולחות גבוהות).
- חשיפה לקרינה אינפרא-אדומה

### סיכונים כימיים

- חשיפה לנוזלים ולאדי ממיסים נדיפים, המשמשים לפעולות ניקוי (6).
- חשיפה לאבקות מתכתיות, הנוצרות עקב ביצוע עיבודים שבביים או לגזים ואווירוסול טיפתי הנפלטים מאמבטי התהליך (6).
- פגיעה כרונית ואקוטית כתוצאה מחדירת הכימיקלים הנוכחיים במחלקת הציפויים אל הגוף, בדרכי הנשימה והעיכול (8).
- מחלות עור עקב מגע עור עם ממיסים אורגניים, חומצות, בסיסים, חומרי ניקוי ועוד (8).
- גירוי קרומיות ריריות (בעיקר אל שבדרכי הנשימה) על-ידי אדים של חומצות, בסיסים, אווירוסולים וכימיקלים אחרים.
- פיתוח רגישות יתר ללטקס, עקב שימוש ממושך בכפפות לטקס (9).

### סיכונים ביולוגיים

- לא נצפו סיכונים ביולוגיים לעוסקים בציפוי מתכות.

### סיכונים ארגונומיים, פסיכולוגיים וחברתיים

- נזקי שלד ושרירים כתוצאה מתנוחות עבודה לא נוחות (כולל תנוחות כפיפה רבות להכנסה והוצאה של חלקים מתוך אמבטי תהליך).
- מאמץ פיסי מופרז בעת שינוע חלקים כבדים, כגון חלקים לציפוי, אריזות כימיקלים, חביות ועוד (10).
- אי נוחות ובעיות פסיכולוגיות הקשורות בשימוש ממושך בבגדי מגן (כולל מגפיים, נעלי עבודה, סינר וציוד בלתי חדיר אחר) ובחששות והדאגות הקיימות עקב המודעות להיבטי הסיכון בעבודה.



## רשימת הוראות לשימוש באמצעי מניעה ובקרה

1. השתמש בנעלי בטיחות עם סוליות שאינן מחליקות וקסדת בטיחות.
2. בדוק ציוד חשמלי לפני השימוש. העבר ציוד חשמלי פגום או חשוד כמקולקל לבדיקה אצל חשמלאי מוסמך.
3. לבש ציוד מגן ובגדים, לרבות כפפות, עמידים בפני כימיקלים על מנת למנוע חשיפת העור והעיניים למוצקים, לנוזלים, לגזים ולאדים קורוזיביים.
4. ציית להוראות הבטיחות בהתייחס לאחסון, שינוע, טיפול ומזיגה של כימיקלים או פינוי תכולת בלאי ופסולת מאמבטי תהליך. חל איסור מוחלט לערבב כימיקלים שונים ללא השגחה צמודה של כימאי מוסמך או איש בטיחות.
5. לבש משקפי מגן בפני כימיקלים בכל מקרה שבו העיניים עלולות להיחשף לאבק, חלקיקים עפים או התזת נוזלים מסוכנים.
6. השתמש במסיכה מתאימה כאשר קיימת סכנת חשיפה לאווירוסולים, אבק, גזים ואדים מסוכנים.
7. יש להשתמש בציוד מגן אישי להגנת האוזניים, כגון פקקי אוזניים או אוזניות.
8. הייה זהיר מאד בעת טיפול בנוזלים קורוזיביים, כגון חומצה הידרופלואורית, כרומית, חנקתית, גופרתית וכו'. במידת האפשר יש להשתמש בתחלופות בטוחות יותר.
9. אין להשתמש בכפפות לטקס אם נתגלתה רגישות לחומר זה.
10. למד להשתמש באמצעי הרמה ושינוע מכניים עבור חלקים כבדים.

## **מידע מקצועי נוסף**

### **שמות נרדפים (חליפיים)**

מצפה, מצפה מתכת, מצפה מתכת באלקטרוליזה, עובד ציפוי, עובד כיסוי במתכת, מבצע גיליון, מפעיל אמבט ציפוי.

### **הגדרה ותאור העיסוק**

מפעיל ומפקח על ציוד תפקידו לצפות חלקים מתכתיים בכרום, נחושת, קדמיום ומתכות אחרות בשיטה של אלקטרוליזה, במטרה להעניק להם מראה דקורטיבי ומיגון, או על מנת לבנות על משטחים בלויים שכבת כיסוי, על פי מפרט התהליך: קורא פקודות עבודה על מנת להחליט לגבי הממדים והרכב החלקים המיועדים לציפוי, רושם את הריכוז והטמפרטורה של תמיסת הציפוי, רושם את סוגה ועוביה של המתכת המצפה, את עוצמת הזרם החשמלי ומשך הפעלתו להשלמת משימת הציפוי. טובל חלקים באמבטי שטיפה. תולה חלקים לקוטב הקתודי וטובל אותם בתמיסת הציפוי. תולה מוטות או חלקים מיועדים לציפוי באנודה וטובל אותם בתמיסת הציפוי. מזיז את כפתורי הכיוון בשנאי, על מנת לכוון את עוצמת הזרם העובר דרך תמיסת הציפוי מהאנודה אל הקתודה, על מנת לאפשר שיקוע המתכת המצפה על פני שטחו של החלק המצופה. שולף חלקים מאמבט התהליך בפרקי זמן קבועים ובדק אותם חזותית על מנת לוודא התאמה למפרטים. מתקן ערכי המתח והזרם על פי הבדיקה שביצע. בוחן חזותית את החלקים בגמר תהליך הציפוי על מנת לקבוע את עובי הציפוי או מודד את עובי הציפוי באמצעות מכשור מדידה, כגון מיקרומטר. משחזי ומבריק או שוטף את החלק במים, על מנת לשמור על פני שטח נקיים וחלקים. יכול לערבב ולבדוק את חוזקה של תמיסת הציפוי על-ידי שימוש במכשור ובדיקות כימיות. יכול למדוד, לסמן ולהשוות משטחים שאינם מיועדים לציפוי. יכול לצפות חלקים קטנים, כגון אומים וברגים, על-ידי ציפוי בתוף מסתובב. יכול להדריך עובדים אחרים לבצע תפקידים שונים, כגון סידור חלקים על מתקני הטבילה, ניקוי או ציפוי חלקים. יכול להפעיל ציוד אלקטרוליזה בקוטביות הפוכה להסרת ציפוי. ניתן לכנות את עובד הציפוי גם על פי המתכת המשמשת לציפוי: מצפה ארד, מצפה קדמיום, מצפה כרום, מצפה נחושת, מצפה זהב, מצפה ניקל, מצפה פלסטיק, מצפה בדיל.

### **תעסוקות דומות וספציפיות**

מצפה בכימיקלים. שוליה/חניך של עובד ציפוי. עוזר עובד ציפוי. עובד ציפוי מומחה. מנקה מתכות. עוסק בגימור מתכות. מבריק מתכות. מטפל בגימור פני שטח של מתכות. מצפה באמצעות תוף. מצפה בכרום. מצפה בזהב. מצפה באבץ, מצפה בניקל וכו'.

### **מטלות**

מכוון (זרם, מתח), מנקה, מכסה, מפקח, קובע, מכוון, מייבש, מוודא, בודק, משחזי, מודד, מערבב, מפעיל מתגים (בקורות), צופה, מבצע, מצפה, מבריק, תולה חלקים על מתקני טבילה, קורא (מפרט תהליך), שוטף, מתקין, מסיר, תולה, מנסה.

### **ציוד עיקרי הנמצא בשימוש**

מחשבים, ציוד להזרמת כימיקלים, מכשירים למדידת עובי הציפוי, אמבטי תהליך, מנדפי יניקה, תופים וקולבים לציפוי, מערבלים, חביות, מיישרי זרם, מכשור להכנת פני השטח (אבני הברקה והשחזה, מברשות מסתובבות, מבריקים מכניים וכו'), מתקנים לשחרור מאמצים (תנורי חיטוי), מכשירים לבדיקת טיב פני השטח, מכשור שקילה.

### **מקומות עבודה בהם העיסוק שכיח**

מחלקות ציפויים בתעשיית המתכת והחשמל, בתי מלאכה ייעודיים לציפויים, תעשיית התכשיטים והאלקטרניקה (ציפוי זהב).

### **הערות**

1. להלן דוגמאות של כימיקלים שכיחים במחלקות הציפוי:  
**חומצות:** גופריתית, מלחית, הידרופלורית, חנקתית, פורמית, כרומית (תלת-תחמוצת הכרום).  
**חומרים אלקליים (בסיסים):** הידרוקסיד הנתרן והאשלגן, אמוניה.  
**ממיסים:** טריכלוראתילן, טריכלורואתן, אצטון, פחמן טטראכלורי, מתיל איזובוטיל קטון, קרוסן.  
**מלחים אנאורגניים:** ציאנידים, מלחי קדמיום, זהב, כרום, נחושת, אבץ, ניקל.  
**תוספות אורגניות:** מעכבים (אינהיביטורים), חומרי הברקה.  
**חומרים מונעי הקצפה שונים:** סבונים ודטרגנטים, מחמצנים, מרככי מים.
2. כל העובדים חייבים בפיקוח רפואי על-ידי רופא תעסוקתי, לגילוי סימני נזקים כרוניים ואלרגיות.

1. ILO Encyclopedia of Occupational Health and Safety, 3th Edition. Parmeggiani, L, Editor. Vol. 1 pp. 744-5 (1983)
2. ILO Encyclopedia of Occupational Health and Safety, 4<sup>th</sup> Edition, Stellman, J. Manager, Editor, Vol. 2, pp.55.29-32, 35-39 (1988).
3. DOT (Dictionary of occupational titles), 4<sup>th</sup> Edition, U.S. Department of Labor, 2 vol., (1991).
4. Occupational Diseases – A Guide to their Recognition. DHEW (NIOSH) publication No. 77-181, 1977, 609 PP, Multiple pagination – see entries “Sewage-treaters” or “Sewage treatment” in index.
5. International Labour Organization,  
<http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/hdo/htm/electroplater.htm> (Accessed: 29 May 2005).

## אגרון מונחים בנושא טיפול בפני שטח של מתכות בשיטות כימיות

תהליך הסרת תחמוצות, בליטות וקשקשים מעל פני השטח של המתכות בתמיסה חומצית	מירוט חומצי	Acid Descaling
תהליך הסרת עקבות של תחמוצות מעל פני השטח של המתכת ושכבה דקה מאד מהמתכת עצמה, על מנת להבטיח כי פני שטחה פעיל אלקטרוכימי ומוכן לקראת הציפוי העומד להתבצע תוך זמן קצר	שפעול	Activation
"רמת הפעולה" - רמה של מחצית החשיפה המשוקלת המרבית המותרת לגורמים כימיים שממנה ומעלה יש לערוך בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות במקום עבודה בגורמים מזיקים	רמת פעולה סביבתית-תעסוקתית	Action Level (AL)
תהליך הסרת תחמוצות, בליטות וקשקשים מעל פני השטח של המתכת באמצעות תמיסה מימית של סודה קאוסטית	מירוט בסיסי	Alkaline Descaling
האלקטרודה החיובית בתהליך אלקטרוליטי, עליה מתפרקים יונים שליליים או חיוביים, על פניה נוצרים יונים חיוביים או מתרחשים ריאקציות חמצון שונות.	אנודה	Anode
שיטה של עיכול אלקטרוכימי, בה המתכת שפני שטחה עובר ניקוי מחוברת לאנודה במעגל האלקטרוליטי	צריבה אנודית, איכול או חריטה אנודית	Anodic Etching
תהליך אלקטרוכימי המופעל בעיקר על אלומיניום וסגסוגותיו, כדי ליצור על פניו שכבת תחמוצת, המקנה לחלק המעובד קשיחות ועמידות בפני קורוזיה	אנודיזציה	Anodizing
שיטה לניקוי פני השטח של מתכות באמצעות תמיסה מימית ובה תרחיף של חומר שוחק. התזת התרחיף המימי בלחץ גבוה דרך נחירי הריסוס בלחץ גבוה גורמת לניקוי אפקטיבי של החלק	ניקוי בהתזת תרחיף מים בלחץ גבוה	Aquablast
ציפוי או ניקוי של חלקים קטנים רבים, הנמצאים בצוותא בתוף מחורר, המסתובב בתמיסת הציפוי או הניקוי	ציפו או ניקוי בתוף	Barrel Plating or Cleaning
ציפוי כרום דקורטיבי המצופה ישירות על ציפוי קודם של ניקל	ציפוי כרומטי מבריק	Bright Chrome Plating
תהליך אלקטרוליטי ליצירת ציפוי זוהר	ציפוי מבריק	Bright Plating
תוספת כימית להדגשת הברק של הציפוי	נותן ברק	Brightener
תהליך כימי המשמש להקנות לפלדות מראה כביכול של ברונזה. לשכבת ציפוי ה"ברונזה" עמידות נחותה בפני קורוזיה לעומת הברונזה האמיתית	הדמיית ברונזה	Bronzing
שיטת ציפוי ובה מברישים באמצעות מברשת שנטבלה בתמיסת ציפוי את החלק המתכתי המצופה, המחובר לקתודה. המברשת מחוברת לאנודה.	ציפוי בהברשה	Brush Plating

שכבת ציפוי אלקטרוליטי עבה, שתפקידה הרחבת הממדים של החלק המצופה	הרחבה נפחית (עיבוי)	Building up
יסוד או יון, המעודד התרחשות ריאקציה כימית מבלי להשתנות	קטליזטור (זרז)	Catalyst
יון טעון במטען חיובי.	קטיון	Cation
האלקטרודה השלילית באלקטרוליזה, עליה מנוטרלים יונים חיוביים, נוצרים יונים שליליים או מתרחשים ריאקציות חיזור אחרות.	קתודה	Cathode
שיטה מקובלת בעיקר עבור ניקוי פלדות לפני ציפוי. בשיטה זאת החלק המעובד מהווה קתודה בתא אלקטרוליטי שבה החומצה הגופרתית הינה האלקטרוליט והאנודה בנויה מעופרת או פלדה. העברת הזרם החשמלי גורמת להיווצרות גז מימן על פני הקתודה ועקב כך שכבת התחמוצת המכסה את הפלדה מתחזרת	צריבה קתודית	Cathode Etching
כיסוי הפלדה במתכות אנודיות כלפיו, כגון אבץ, מגנזיום ואלומיניום. הלחות שבאוויר יוצרת תא גילוני שבו המתכת הנאכלת היא מתכת המיגון.	הגנה קתודית	Cathode Protection
חומרים המעודדים התמוססות מלחים בתמיסת אמבט התהליך. דוגמאות: DTA, NTA.	קלטורים	Chelating Agents
הסרת שכבת מתכת באמצעות תמיסה מאכלת	צריבה, איכול, חריטה כימית	Chemical Etching
תהליך המופעל עבור חלקי פלדות ואלומיניום, שבו תמיסות מיוחדות מאכלות פינות ובליטות באופן מועדף לעומת האזורים הקמורים שעל פני החלק. בדרך זאת מתקבל משטח חלק יותר	ליטוש כימי	Chemical Polishing
שיטת מיגון בפני קורוזיה, המקובלת עבור חלקי אלומיניום, מגנזיום, אבץ ופלדות. בשיטה זאת יוצרים מעל פני השטח של הפריט שכבת תחמוצת, המגיבה בהמשך עם תמיסות המכילות כרומטים, תוך כיסוי פני השטח של המתכת המוגנת בשכבה של כרומט המתכת	הגנה כרומטית	Chromate Coating (Chromating)
ציפוי אלקטרוליטי של כרום, במטרה להקנות לחלק המצופה מראה יפה ("ציפוי כרום מבריק" ראה Bright Chromium), או משטח קשה (ראה בהמשך Hard Chromium) עבור חלקים המיועדים לתעשייה. לרוב ציפוי הכרום מיושם מעל ציפוי מקדים של ניקל	ציפוי כרום	Chromium Plating

התהליך מקובל עבור חלקי אלומיניום, העובר קודם תהליך של אנודיזציה (ראה Anodizing), תוך יצירת משטח מכוסה בתחמוצת נקבובית, המסוגל לספוג צבע. מיד לאחר אנודיזציה החלק מוחדר אל תוך תמיסה המכילה צבע מיוחד. בהמשך החלק נשטף ומוכנס לתוך אמבט מים חמים, הגורם להדבקתו הסופית של הצבע בתוך הנקבוביות	צביעה אנודית	<b>Color Anodizing</b>
יון מורכב משנים או יותר יונים או רדיקלים, המקנה תכונות התמוססות טובה של מרכיבי התמיסה האלקטרוליטית	יון קומפלקס	<b>Complex Ion</b>
תרכובת המתחברת ליונים מתכתיים, תוך המסתם בתמיסה	חומר יוצר קומפלקסים	<b>Complexing Agent</b>
ציפוי כימי או אלקטרוכימי על פני שטח של מתכת, בו נוצרת שכבה דקה של ציפוי, המכילה תרכובת של אותה המתכת. דוגמאות: ציפוי כרום מעל אבץ או מעל קדמיום, או יצירת שכבה דקה של תחמוצת המתכת, המכסה את פני השטח של אותה מתכת.	ציפוי המרה	<b>Conversion Coating</b>
הנחושת משמשת חומר ציפוי בתעשיית האלקטרוניקה ולמטרות דקורציה. התמיסות המשמשות לציפוי נחושת מכונות "סולפט הנחושת", "ציאניד הנחושת", "פוליפוספט הנחושת" ו"פלואורבורט הנחושת".	ציפוי נחושת	<b>Copper Plating</b>
תהליך הקורוזיה עלול להתרחש בכל המתכות באחד או יותר מתהליכים אלה: א. התחמצנות הברזל והפלדות בטמפרטורת החדר. התהליך מוגבר בנוכחות כמויות מזעריות של מזהמים מן הסוג של יוני כלור, פלואור וסולפט; ב. חימום המתכות לטמפרטורות גבוהות גורם ברוב המקרים להתחמצנותן; ג. קורוזיה כימית מתרחשת כאשר בסיסים או חומצות תוקפים את פני המתכת; ד. הקורוזיה האלקטרוליטית מתרחשת כאשר שתי מתכות בעלות פוטנציאל חמצון שונה באות במגע אחת עם השניה	קורוזיה	<b>Corrosion</b>
היכולת של התמיסה האלקטרוליטית לבנות שכבת ציפוי בתוך גומות וחורים נסתרים שבחלק המעובד	כושר כיסוי	<b>Covering Power</b>
זרם ליחידת שטח, ביחידות של אמפר לדצימטר ריבוע או אמפר לרגל ריבוע	צפיפות הזרם	<b>Current Density</b>

שיטת ניקוי מתכות משומנים וגריז באמצעות פחמימנים מוכלרים	הסרת גריז, שמנים ושומנים	<b>Degreasing</b>
ערכי חשיפה מרביים, שנקבעו על-ידי ארגון המחקר הגרמני	Deutsche Forschungsgemeinschaft	<b>DFG MAK</b>
הסחף הוא כמות חומר הגלם הכלול בנוזל המרטיב את פני השטח של המתכת המעובדת בעת העברתה מאמבט לאמבט	סחף	<b>Drag Out</b>
קלטור המעודד התמוססות מלחים ומתכות בתמיסת אמבט התהליך. החומר גורם לבעיות בעת הצורך לנטרל את התמיסה או את מי השטיפה	אי-די-טי-אי	<b>EDTA - Ethylene Diamine Tetracetic Acid</b>
טיפול אלקטרוכימי הגורם לשיפור כושר החזרת קרני האור על-ידי משטח מתכתי	הברקה אלקטרוכימית	<b>Electrochemical Brightening</b>
תהליך ניקוי אלקטרוכימי, שבו החלק המעובד מחובר לקתודה בתא אלקטרוליטי. מעבר הזרם גורם להיווצרות גז מימן כתוצאה מאלקטרוליזה המים, שמבעבע מעל פני השטח של המתכת ומנקה אותה. בהמשך, הפיכת הקוטביות גורמת לשחרור גז חמצן על פני שטחה של המתכת, המהווה הפעם את האנודה, עקב שינוי כיוון זרימת החשמל	ניקוי אלקטרוליטי	<b>Electrocleaning</b>
תהליך ציפוי בתמיסה מימית, שבו חיזורו של יון המתכת המצפה נעשה בהשפעת קטליזטור וללא התערבות מקור זרם חשמלי	ציפוי ללא מקור חשמלי	<b>Electroless Plating</b>
ציפוי שכבות מתכת דקה על מתכת אחרת בתוך תמיסת אלקטרוליט, על-ידי שימוש במקור חשמלי לחיזור קטיון המתכת המצפה.	ציפוי אלקטרוליטי	<b>Electroplating</b>
ליטוש שטח הפנים של המתכות על-ידי חיבורן לאנודה בתמיסה אלקטרוליטית מתאימה.	ליטוש אלקטרוליטי	<b>Electropolishing</b>
שיטת ניקוי פני שטח של מתכות על-ידי אמולסיפיקציית המזהמים המכסים אותו. האמולסיות הינן תערובות של שני נוזלים, כאשר הראשון הוא מים והשני נוזל בלתי פולארי. הנוזל חסר הפולריות ממיס את המזהם השומני מעל פני השטח של המתכת אל תוך האמולסיה המימית.	ניקוי באמולסיה (תחליב)	<b>Emulsion Cleaning</b>
הכנת פני שטח לפני ציפוי על-ידי הסרת שכבה בחלק מפני השטח או חריטה בשטח באמצעות חומצות.	צריבה, חריטה	<b>Etching</b>
הסוכנות להגנת איכות הסביבה בארה"ב	US Environmental Protection Agency	<b>EPA</b>

פקודה שפורסמה על-ידי EPA ובה רשימת החומרים המסוכנים, עבורם חלה על מחזיק המפעל החובה לתכנן מבעוד מועד נקיטת פעולות לטיפול בתקלות וליידע את הקהילה בדבר הסיכונים הנובעים עקב הימצאות החומר והשימוש בחומר (ארה"ב)	Emergency Planning & Community Right to Know Act	<b>EPCRA</b>
התחברות חלקיקים קולואידליים לפתיתים בעלי שיקוע	פיתות (פלוקולציה)	<b>Flocculation</b>
כיסוי מתכת מסוימת בשכבת ציפוי של מתכת אחרת. בדרך כלל, שכבת האבץ מגינה על הפלדה אותה היא מכסה	הגנה גלוואנית	<b>Galvanic Protection</b>
ציפוי שכבת כרום למטרות הנדסיות. אין זה בהכרח כי ציפוי זה חזק יותר מאשר ציפוי הכרום הנעשה למטרות דקורציה, אולם עובי הציפוי למטרות הנדסיות גדול יותר	ציפוי כרום קשה	<b>Hard Chromium</b>
גודלם הקטן והריאקטיביות הגדולה של אטומי המימן הנוצרים ליד הקתודה מאפשרים את חדירתם בחריצים המזעריים, הקיימים על פני שטחה של המתכת. אטומי המימן מתחברים ביניהם ויוצרים מולקולות מימן גדולות יותר, המפעילות לחץ פנימי, תוך גרימת פריכות במקום הצטברותם	פריכות מימנית	<b>Hydrogen Embrittlement</b>
הסוכנות הבינלאומית לחקר הסרטן	International Agency for Research on Cancer	<b>IARC</b>
המועצה הבינלאומית של איגודי הכימיה	International Council of Chemical Associations	<b>ICCA</b>
כרטיסי בטיחות בינלאומיים	International Chemical Safety Cards	<b>ICSC</b>
הריכוז המרבי של חומר רעיל באוויר, שלא יגרום לנזק בריאותי בלתי הפיך בעת שהייה של עד 30 דקות באווירה זאת	Immediately Dangerous to Life and Health Concentrations	<b>IDLH</b>
ארגון העבודה הבינלאומי	International Labour Organization	<b>ILO</b>
שיטת ציפוי ללא חשמל, שבה מלח של מתכת אלקטרו-חיובית לעומת המתכת אותה מצפים מומס בתמיסה שבה טבול הפריט המתכתי אותו מצפים. לאחר שכל פני השטח של המתכת מתכסה בשכבת ציפוי דקה, התהליך נפסק	ציפוי בטבילה	<b>Immersion Plating</b>
עקב עמידותו המיוחדת של האינדיום בפני חיכוך, משמשת מתכת זאת לציפוי מיסבים	ציפוי באינדיום	<b>Indium Plating</b>
חומר מונע או מדכא תהליך או שינוי כימי בלתי רצוי	מעכב ריאקציה כימית	<b>Inhibitor</b>



תוכנית בינלאומית לבטיחות כימית	International Programme on Chemical Safety	<b>IPCS</b>
ציפוי לוחות פלדה בשכבת עופרת, ליצירת פלטות למצברים. ציפוי בעופרת כשכבת ציפוי תחתונה, מעליה יוצרים ציפוי אינדיום	ציפוי בעופרת	<b>Lead Plating</b>
גיליון בטיחות לחומרים מסוכנים	Material Safety Data Sheet	<b>SDS או MSDS</b>
הרשות לבטיחות ולבריאות של המכרות (ארה"ב)	Mine Safety and Health Administration	<b>MSHA</b>
המכון הלאומי לבטיחות ולבריאות תעסוקתית (ארה"ב)	National Institute for Occupational Safety and Health	<b>NIOSH</b>
האיגוד הלאומי להגנה בפני אש של ארה"ב	National Fire Protection Association	<b>NFPA</b>
קלטור המעודד התמוססות מלחים בתמיסת אמבט התהליך. החומר גורם לבעיות בעת הצורך לנטרל את התמיסה או את מי השטיפה	טריאצטט ניטרילי	<b>NTA – Nitriolo Triacetate</b>
הרשות לבטיחות ולבריאות של ארה"ב	Occupational Safety and Health Administration	<b>OSHA</b>
שטיפת הפלדות בחומצה חנקתית, במטרה להסיר פחם ומזהמים אחרים מעל פני שטחן	פסיבציה (אידוש)	<b>Passivation</b>
תהליך שבו גורמים לכיסוי פני השטח של הפלדות בשכבה דקה של פוספט הברזל	פוספטיזציה	<b>Phosphating</b>
הסרת תחמוצות וקשקשים מעל פני השטח של המתכת באמצעות טבילה בחומצה גופרתית, הידרוכלורית או הידרופלואורית, בתהליך כימי או אלקטרוכימי	צריבה, "החמצה"	<b>Pickling</b>
מתלה מוליך חשמל, עליו מחברים את החלקים הנטבלים באמבט הציפוי	ציפוי במתלה	<b>Rack Plating</b>
חומר הגורם לחיזור חומרים אחרים על-ידי התחמצנותו	גורם מחזר	<b>Reducing Agent</b>
רשימת ההשפעות הרעילות של החומרים הכימיים, המתייחסת לאפקטים ראשוניים, השפעה מוטגנית, השפעה על פוריות, השפעה על גידולים, הרעלה חריפה מיידית והשפעות רעילות אחרות כתלות במנה	Registry of Toxic Effects of Chemical Substances	<b>RTECS</b>
שיטת הגנה מפני קורוזיה, כאשר מכסים את המתכת המוגנת בשכבה של מתכת אחרת, בעלת פוטנציאל אלקטרודי נמוך יותר. בנוכחות רטיבות קורוזיבית נוצרת אלקטרוליטי שבו המתכת המגינה היא האנודה והמתכת המוגנת היא הקתודה.	הגנה בהקרבה	<b>Sacrificial Protection</b>

ריאקציה בין חומר אלקלי, כגון הידרוקסיד הנתרן או האשלגן, לבין שומנים ושמיים, ליצירת "סבון". מבחינה כימית מדובר בהידרוליזת אסטרים בתמיסה אלקלית, תוך יצירת כוהל ומלח נתרן או אשלגן של החומצה	סיבון	Saponification
גיליון בטיחות לחומר רעיל	Material Safety Data Sheets	SDS או MSDS
ציפוי דקורטיבי לכלי בית ותכשיטים או מעל חלקי נחושת בתעשיית האלקטרוניקה	ציפוי בכסף	Silver Plating
חומרי ההרטבה מעודדים את הנוזלים להיפרד ביתר קלות מעל פני החלק המעובד ולזרום בחזרה אל אמבט התהליך	חומרים פעילי שטח או חומרי הרטבה	Surfactants
ציפוי בדיל-נחושת, המאפשר ביצוע הלחמות נוחות של רכיבים אלקטרוניים	ציפוי הלחמה	Soldering Plating
הרמה הממוצעת המשוקללת המרבית של גורמים כימיים ופיסיקליים באזור עבודתו של העובד, שעד אליה מותרת חשיפה במשך יום עבודה של 8 שעות מתוך יממה	חשיפה משוקללת מרבית מותרת	Threshold Limit Value- Time Weighted Average (TLV-TWA)
הרמה הממוצעת והמשוקללת המרבית לפרק זמן של 15 דקות לגורמים כימיים ופיסיקליים באזור עבודתו של העובד, שאסור לחרוג מעליה בכל זמן במשך יום העבודה גם אם רמת החשיפה הממוצעת והמשוקללת על פני יום העבודה נמוכה מהרמה המרבית המשוקללת המותרת ל-8 שעות עבודה (TLV-TWA). הרמה המרבית לזמן קצר (STEL) היא רמה המאפשרת חריגות מהרמה הממוצעת והמשוקללת ואינה גבול חשיפה נפרד. היא מיושמת לגבי מצב בו החשיפה המשוקללת, שערכה נע בתחום שבין TLV-TWA לבין STEL, אינה אורכת למעלה מ-15 דקות, אינה מתרחשת יותר מארבע פעמים ביום עבודה, קיים מרווח של 60 דקות לפחות בין אירוע חשיפה אחד למשנהו, ובתנאי ורמת החשיפה המשוקללת ל-8 שעות עבודה נמוכה מרמת החשיפה המשוקללת המרבית (TLV-TWA).	חשיפה מרבית מותרת לזמן קצר.	Threshold Limit Value- Short Term Exposure Limit (TLV-Stel)
הרמה המרבית של גורמים כימיים ופיסיקליים באזור עבודתו של העובד שמעליה אסורות חריגות כלשהן בכל פרק זמן שהוא במשך יום עבודה	תקרת חשיפה מותרת	Threshold Limit Value – Ceiling (TLV-C)
פקודה שפורסמה על-ידי EPA ובה רשימת החומרים המוגדרים כרעילים (ארה"ב)	Toxic Substances Control Act	TSCA
תוכנית איכות הסביבה של האו"ם	United Nations Environment Programme	UNEP
ארגון הבריאות הבינלאומית	World Health Organization	WHO
חומרי הגורם להקטנת מתח הפנים של הנוזלים כך שזרימתם מעל פני המתכת תהיה טובה	חומר הרטבה	Wetting Agent