

### 3. חשיפה תעסוקתית לארסן (זרניך) – As

**הארסן (הזרניך) [As]** היה ידוע כבר בעבר הרחוק כרעל חזק, הפועל באופן מצטבר על גוף האדם ויכול לבסוף לגרום למותו של האדם. הארסן חודר לגוף דרך דרכי העיכול באופן מקרי (תאונה), או באופן מכוון (הרעלה זדונית), וגורם להרעלה גם אם לאדם שהורעל לא היה כל קשר תעסוקתי עם הארסן. בפרק הזה נעסוק רק בהיבט התעסוקתי-מקצועי של החשיפה לארסן.

הארסן (הזרניך) התעסוקתי הוא **גורם רעיל מאד, מוטאגני** (גורם לפגיעה בכרומוזומים), **טראטוגני** (עלול לגרום למומים קשים בעוברים), **וקרצינוגני** (מסרטן) אשר יכול לגרום **לסרטן הריאות, העור והכבד**. מחקרים שבוצעו בעובדים בארסן הצביעו על שעורי תחלואה גבוהים גם בסוגי סרטן נוספים.

**"הרעלת ארסן (זרניך) ותרכובותיו**, כתוצאה מעבודה הכרוכה בחשיפה לארסן ותרכובותיו" מוכרת בתקנות הביטוח הלאומי (תיקון, 1985, ק"ת 4876), כמחלת מקצוע (מתוך 54 מחלות מקצוע מוכרות), לצורך תשלום דמי פגיעה וקביעת נכות בגין "פגיעה בעבודה" לעובד שנפגע. **התקנות של משרד העבודה והרווחה - פקודת התאונות ומחלות משלח-היד (הודעה), 1945** - מחייבות לשלוח הודעה למפקח עבודה אזורי על כל מקרה של **"הרעלה על ידי זרניך (Arsenic) ותרכובותיו"** (מתוך רשימה של 79 מחלות מקצוע).

### השימוש התעסוקתי בארסן ותרכובותיו

הארסן מצוי בשפע בצורת עופרה סולפידית - **ארסנופריט (FeAsS)** - אשר ממנה מפיקים את **הארסן התלת-חמצני (As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)**, שהוא החומר הבסיסי לכל התרכובות הארסניות. הייצור העולמי השנתי הוא כ-30,000 טונות.

**הארסן (הזרניך) הוא יסוד כימי שסימנו As**, בעל מספר אטומי 33, משקל אטומי 74.9, משקל סגולי 5.7 וערכיות (ולנטיות) של 3 ו-5.

**הארסן קיים בצורות שונות**, שהחשובה מביניהן היא **צורתו המתכתית** בעלת ברק אפור-כסף. הארסן הוא מוליך טוב של חשמל וחום. בצורתו המתכתית משתמשים בו בתוך נתיכים - להגברת הקשיות וההתנגדות לחום. לדוגמה: הוספת ארסן לעופרת בייצור תחמושת לירי ובייצור לוחות עופרת למצברים; הוספת ארסן לסגסוגות של מתכות, ובייחוד לנחושת.

**הארסן מופיע בעיקר בצורת תרכובות אשר ידועות כרעילות מאד!**

### תרכובות אנאורגניות של ארסן

#### 1. טריוולנטיות, כגון:

- (א) As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = Arsenic Trioxide**, אבקה לבנה, ללא ריח, נמסה במים.  
- זהו חומר בסיסי לכל התרכובות הארסניות;  
- ידוע כגורם מסרטן, מוטאגני וטראטוגני;  
- משמש בייצור זכוכית ובייצור חומרי הדברה לחרקים ולמכרסמים.

**(ב)**  $PbAs_2O_4 = \text{Lead Arsenit}$ , אבקה לבנה, לא נמסה במים, בחימום יוצרת עשן רעיל מאד.

**(ג)**  $Cu(AsO_2)_2 \cdot H_2O = \text{Cupric Arsenit}$ , אבקה צהובה-ירוקה, לא נמסה במים, משמשת לשימור ולחיסון עצים ולייצור חומרים קוטלי חרקים, פטריות ונברנים.

**(ד)**  $\text{Cupric Aceto Arsenit}$  = אבקה גבישית ירוקה, לא נמסה במים, משמשת כפיגמנט לייצור צבע אנטי-פאולינג לספינות, לשימור ולחיסון עצים ולייצור חומרים קוטלי חרקים.

**(ה)**  $\text{Gallium Arsenit}$  = גבישי, חומר רעיל ומסרטן, משמש בתעשיית המוליכים למחצה (semiconductors). החשיפה לחלקיקי החומר נעשית במהלך ביצוע עבודות ליטוש וטחינה.

## 2. פנטאוולנטיות, כגון:

**(א)**  $As_2O_5 = \text{Arsenic Pentoxide}$  = אבקה לבנה אמורפית. החומר ידוע כגורם מסרטן, מוטאגני וטראטוגני;

**(ב)**  $Ca_3(AsO_4)_2 = \text{Calcium Arsenate}$  = אבקה לבנה אמורפית, לא נמסה במים.

**(ג)**  $\text{Lead Arsenate}$ .

## תרכובות אורגניות של ארסן

$(CH_3)_2AsOOH = \text{Cacodylic Acid}$ , גבישים חסרי צבע, היגרסקופיים, משמשים לייצור חומר קוטל עשבים ומשיר עלים וכן להסרת שיער מעורות (בבורסקאות).

**ארסין** ( $AsH_3 = \text{Arsine}$ ) = **גז, ללא צבע, בעל ריח של שום הזוכה להתייחסות מיוחדת:**

- רעיל מאד, גורם להמוליזה בדם;

- משמש בתעשיית המוליכים למחצה (Semi-Conductors);

- יכול להיווצר מפעולה חומצית על מתכת המכילה ארסן, וכן מפעולת הידרוליזה על ארסנידים מתכתיים.

**בתקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בזרניך (ארסן), התשמ"ה-1985 (ק"ת 4746, מיום 15.1.1985) נקבעו ההגדרות הבאות:**

**"זרניך" (ארסן) -** לרבות תרכובותיו האורגניות והאנאורגניות, וכן תערובות המכילות זרניך או תרכובות זרניך בכל צורה שהיא;"

**"עובד זרניך" -** כל אדם החשוף לריכוז של זרניך באוויר העולה על מחצית החשיפה המשוקלת המירבית המותרת (= רמת הפעולה - Action Level), או העובד בזרניך בעבודה או בתהליך עבודה מן הנקובים בתוספת הראשונה (כפי שיצוין להלן), והוא עובד עבודה חלקית או מלאה (ביום העבודה) **שני חודשים בשנה לפחות** (מצטברים בשנה קלנדרית), אלא אם קבע מפקח עבודה אזורי תקופה קצרה ממנה;" (יש כוונה לשנות בעתיד את תקופת החשיפה המינימלית ל-200 שעות בשנה).

התוספת הראשונה (תיקון, ק"ת 5958 מיום 8.3.1999):

**"מקומות עבודה ותהליכי עבודה שתקנות אלה חלות עליהם גם אם ריכוז הזרניך באויר נמוך ממחצית החשיפה המשוקללת המירבית המותרת (AL):**

- (1) ייצור חמרי הדברה על בסיס זרניך (כגון: במפעל 'פמולי' בערד);
- (2) שימור וחיסון עצים בחמרים המכילים זרניך (כגון: במפעל 'פרמוטי' בעתלית);
- (3) ייצור זכוכית וקרמיקה שמשמשים בו בחמרים המכילים זרניך (כגון במפעלי 'פניציה' בציפורי ובירוחם).

## טוקסיקולוגיה של חשיפה תעסוקתית לארסן

להלן נדון בחשיפה התעסוקתית הממושכת (הכרונית) לארסן, ובמיוחד לתרכובותיו האנאורגניות, (לא נדון בחשיפה אקוטית-תאונתית).

### דרכי החדירה של הארסן לגוף

- קיימות 3 דרכי חדירה של הארסן לגוף:
- דרכי העיכול (בעיקר באירוע "תאונתי");
  - דרכי הנשימה (דרך החדירה העיקרית);
  - דרך העור (גורמת בעיקר לדרמטיטיס).

### חדירה דרך דרכי העיכול

חדירת ארסן דרך דרכי העיכול (אוכל, מי שתייה, תרופות) נדירה מאד מהבחינה התעסוקתית (פרט לתנאי גיהות אישיים לקויים). בליעת החומר גורמת להרעלה חדה המתבטאת ב: בחילות, הקאות ושלשולים (לפעמים גם לעצירות). כמו כן יכולים להופיע שינויים בעור (בעיקר על הבטן): אודם, היפרפיגמנטציה והיפרקראטוזה;

### חדירה דרך העור

החדירה דרך העור שכיחה יותר מהחדירה דרך מערכת העיכול ופחות מהחדירה דרך מערכת הנשימה. החדירה מתרחשת לאחר מגע וחשיפה לריכוזים של החומר במשך זמן ארוך. החדירה נעשית, בדרך כלל, דרך עור פצוע אך חומצות ארסניות יכולות לחדור גם דרך עור שלם. החדירה דרך העור גורמת לתופעות שונות בעור:

- **דרמטיטיס** - בצורת אקזמה (עם אודם, נפיחות, פאפולות ווסיקולות), או בצורת דלקת עור פוליקולרית. המיקום של דלקת העור הזאת הוא בעיקר על שטח העור החשוף ביותר (פנים, עורף, אמות הידיים, שורש כף היד וכפות הידיים).

- **היפרפיגמנטציה ומלאנוזיס** - מופיעות על העפעפיים, סביב הרקות, על הצוואר, בקפל בית השחי ומסביב לפטמות השדיים.
- **דפיגמנטציה (לויקודרמה)** - יכולה להתפתח באזורי הפיגמנטציה (Raindrop Pigmentation), זמן רב לאחר הפסקת החשיפה לארסן. כמו כן יכולים להופיע חריצים רוחביים על הציפורניים.
- **היפרקראטוזיס ויבלות** - יכולות להופיע במקרים קשים על עור כפות הידיים והרגליים, על הבטן, על בית החזה, על הגב, ועל שק האשכים. ההיפרקראטוזיס עלולה להתפתח לסרטן העור!

## חדירה דרך דרכי הנשימה

**החדירה דרך דרכי הנשימה היא העיקרית והשכיחה ביותר.** חלקיקי האבק והנדפים של הארסן גדולים יחסית, ולכן הם מצטברים בדרכי הנשימה העליונות (מהאף ועד לסימפונות); החלקיקים הקטנים יותר חודרים פנימה - לאזורים התחתונים של הריאות ומשם הם נספגים במחזור הדם. חלק מהחלקיקים הגדולים המצטברים בדרכי הנשימה העליונות מוצא את דרכו אל דרכי העיכול לאחר שחדר לחלל הפה ונבלע.

### חשיפה תעסוקתית ממושכת לארסן יכולה לגרום ל:

1. **גירוי חזק ופגיעה בריריות של האף** (עם אפשרות לפרפורציה של מחיצת האף), **של הלארינקס, של הטראכיא** (קנה הנשימה) ושל ה**סימפונות**. כתוצאה מכך יכולה להתפתח ברונכיטיס כרונית וכן פיברוזיס בבסיסי הריאות.
2. **לאחר תקופת חביון של 15-30 שנה יכול להתפתח סרטן הריאות ודרכי הנשימה.**
3. **גירוי הרירית עלול לפגוע גם בעיניים ולגרום לקראטוקונג'וניקטיביטיס.**
4. **נוירופאטיה היקפית - תחושתית יותר מאשר מוטורית:**
  - במקרים הקשים: פגיעות מוטוריות; פאראסטזיות;
  - במקרים הקלים: פגיעה תחושתית עצבית חד-צדדית (בגפיים התחתונות יותר מאשר בעליונות).
5. **בזמן ההחלמה מהרעלת ארסן יכולים להופיע חריצים רוחביים על הציפורניים** (Mees Lines).
6. **הפרעות בלב:** קיימים דיווחים על מקרים של מחלת לב איסכמית ואי-ספיקת לב.
7. **נזק לכבד:** הפאטיטיס; שחמת; הנזק הזה יכול להתפתח לאנגיוסרקומה של הכבד בטווח הארוך.
8. **הכליות:** הפגיעה בהן נדירה.

9. פגיעה ושינויים במערכת ההמאטופוייטית: אנמיה נורמוכרומית; נויטרופניה; טרומבוציטופניה.

10. שינויים ואסקולריים (של כלי הדם) עם אפשרות להופעת גנגרנה היקפית (Black Foot Disease). יש לציין כי מחלה זו לא דווחה בנסיבות תעסוקתיות אלא רק בהקשר לחשיפה סביבתית למים מזוהמים.

## הפרשת הארסן מהגוף

רוב הארסן שחדר לגוף יוצא דרך השתן ומיעוטו גם דרך הצואה. ההפרשה בשתן היא בצורה של חומצה דימתיל ארסינית (DMA) או מונומתיל ארסינית (MMA). תרכובות ארסן אורגניות מופרשות בשתן ללא שינוי. ההפרשה המירבית נעשית ב-6 השעות הראשונות לאחר החשיפה. למעשה - 25% מהארסן שחדר מופרש מהגוף תוך 24 שעות, ו-70% מהארסן שחדר מופרש תוך 7 ימים ממועד החשיפה.

## החשיפה לגז ארסין ( $AsH_3$ )

החשיפה לגז זה גורמת לפגיעות בבריאות העובדים השונות מהפגיעות האופייניות לארסן ולתרכובותיו האנאורגניות שהזכרנו. **החזירה של הארסין היא דרך מערכת הנשימה.**

התופעות האופייניות הן:

1. הפרעות בדרכי העיכול: בחילות, הקאות, התכווצויות וכאבים בבטן;
2. המוליזה חזקה של הדם: אנמיה המוליטית, המוגלובינוריה (שתן אדום כהה), צהבת;
3. נירופטיה היקפית: יכולה להתפתח כסימן מאוחר.

ה-TLV-TWA של הארסין בישראל הוא, כאמור, 0.05 מ"ג/מ"ק (או 0.0125 חל"מ); אך, החל מחשיפה ל-10 חל"מ קיימת אפשרות למוות (בחשיפה ל-25-50 חל"מ: מוות לאחר 30 דקות; ובחשיפה ל-250 חל"מ - המוות מיידי).

ה-ACGIH קבע לארסין (נכון לשנת 2007) תקן TLV-TWA של 0.005 חל"מ.

מכיוון שקיימת כאן גם אפשרות לפגיעה המונית במצבי חירום מסוימים - נקבע שה-IDLH לארסין יהיה 6 חל"מ. בזמנו, מסיבות של בטיחות סביבתית נסגר המפעל היחיד בארץ שייצר ארסין.

## ארסן – בריאות הציבור

בשנת 1998 זוהתה הרעלה המונית של ארסן בבנגלדש, שנגרמה מארסן, שהתגלה במימיהן של 4 מיליון בארות מי השתייה שבמדינה. כ-18 מיליון בני אדם הורעלו באיטיות מארסן, שנמצא ברמות מסוכנות במי התהום, לאחר ששתו ממי הבארות - שהן למעשה צינורות שהוחדרו לאדמה. מערכת הבארות העניפה היתה קיימת במדינת בנגלדש מזה 10-20 שנה. תקן הבטיחות של ארגון הבריאות העולמי (WHO) לארסן במים הוא 0.01 מ"ג/ליטר. אולם מדינות מסוימות, לרבות בנגלדש והודו, מתייחסות לכמויות גדולות, גם פי 5, כנסבלות. מכל מקום, בדגימות ראשוניות מבארות המים בבנגלדש, נמצאה רמה גבוהה של ארסן ב-43 מבין 64 המחוזות של המדינה.

ארסן במי השתייה ידוע כסיכון החמור ביותר לסרטן שהתגלה אי פעם. להערכתם של אנשי WHO (ארגון הבריאות העולמי) שחקרו את המקרה בבנגלדש - מתוך כמה מיליוני בני אדם שנחשפו לרעל הארסן, היו עד 1998 (השנה בה התגלתה המגיפה) כמה מאות אלפים מקרי מוות.

### רמת ריכוזי הארסן בגוף האדם באוכלוסייה הכללית:

- **בדם: ארסן כללי -** עד  $200\mu\text{g/L}$ ;
- **בסרום: ארסן -** עד  $15\mu\text{g/L}$ ;
- **בשתן: ארסן כללי -** עד  $40\mu\text{g/G Creatinine}$ ;
- **ארסן אנאורגני (מונו + דימתיל) -** עד  $20\mu\text{g/G Creatinine}$ .

## תקני חשיפה ובדיקות סביבתיות-תעסוקתיות

### תקני חשיפה לארסן

הרעילות הגבוהה של הארסן והפוטנציאל המסרטן של רוב תרכובותיו גורמים לכך שאין בעולם המערבי דעה אחידה לגבי הריכוזים המותרים שלו.

התקנות הישראליות (ק"ת 4746) אימצו למעשה את התקן האמריקאי של ה-ACGIH, וקבעו שרמת החשיפה המשוקללת המירבית המותרת (TLV-TWA) ל-8 שעות עבודה ביממה, תהיה 0.2 מ"ג/מ"ק.

התקן הישראלי לגבי רמת חשיפה המשוקללת המירבית המותרת (TLV-TWA) שונה, והוא הוחמר בשנת 1989 (ק"ת 5173, 26.3.1989) כדלקמן:

- תרכובות אורגניות של ארסן 0.200 מ"ג/מ"ק;
- תרכובות אנאורגניות של ארסן 0.010 מ"ג/מ"ק;
- ארסין (גז)  $\text{AsH}_3$  0.050 מ"ג/מ"ק.

ה-ACGIH שינה בשנת 2007 את התקן של הארסין ל-0.005 חל"מ (במקום 0.050 חל"מ שהיה קיים ב-ACGIH עד כה). התקן הקיים היום בישראל הוא 0.050 מ"ג/מ"ק.

## בדיקות סביבתיות-תעסוקתיות

בתקנות הבטיחות בעבודה (גיהות תעסוקתית ובריאות העובדים בזרניך (ארסן), התשמ"ה-1985 (ק"י 4746), נקבע ש"במפעל או במקום עבודה שבו עובדים בזרניך, ערוך המעביד, בדיקות סביבתיות תעסוקתיות תקופתיות של ריכוזי זרניך באויר, סמוך לאיזור הנשימה של העובדים, על ידי בודק מעבדתי מוסמך (העובד במעבדה מוסמכת), בתכיפות של **אחת לששה חודשים לפחות**". "המעביד יפרסם בתחנות העבודה השונות את תוצאות הבדיקות הסביבתיות-תעסוקתיות המתייחסות לאותו מקום עבודה, כדי שיובאו לידיעת כל העובדים".

בכל מקרה שבו הבדיקות והמדידות הסביבתיות יראו ערכים גבוהים **מרמת החשיפה המשוקללת המירבית המותרת** (שצוינה לעיל) - יהיה צורך לפעול באופן טכני-הנדסי כדי להוריד את הערכים אל מתחת לרמה המירבית המותרת. עד לתיקון המצב, העובדים צריכים להשתמש **בציוד מגן אישי** הכולל:

"(1) **מסיכת מגן לפנים**, עם כיסוי שרוול בד במקומות המגע עם עור הפנים, המצויידת במסנן מתאים לתרכובות זרניך; המסנן יוחלף במסנן חדש בתכיפות הנדרשת לפי הוראות היצרן או מפקח עבודה אזורי; מסיכה כאמור מיועדת לשימוש כאשר העובד ייחשף לזרניך במשך פרקי זמן קצרים, או יימצא בעמדות עבודה בהן ניידות העובד גדולה; בכל מקרה אחר יש להשתמש במסיכה דומה, עם אספקת אוויר דחוס ומסונן באמצעות קווי אספקה או מיכל מיוחד המיועד לה;

(2) **גוד מגן** - כפי שיוורה מפקח עבודה אזורי."

מכל מקום, "אין באספקת ציוד המגן האישי לעובדים כדי לשחרר את המעביד מן החובה לתקן תנאים סביבתיים במפעל ולהקטין את רמת הזרניך באוויר אל מתחת לרמת החשיפה המשוקללת המירבית המותרת."

## אמצעי גיהות סביבתיים ואישיים

תקנות הגיהות התעסוקתית בעבודה בזרניך קובעות סדרה של אמצעי גיהות סביבתיים ואישיים כדלהלן:

### אמצעי גיהות סביבתיים (תקנה 4)

"במפעל או במקום עבודה שבו עובדים בזרניך, על המעביד לנקוט אמצעי גיהות אלה:

(1) להתקין ולקיים אמצעי יניקה, ניקוז ופליטה טובים ויעילים, או כל שיטה יעילה אחרת, בכל מקומות העבודה, באופן שריכוז הזרניך באוויר יהיה נמוך מהחשיפה המשוקללת המירבית המותרת, ובצורה שלא תזיק לבריאות העובד או לבריאות הציבור;

(2) להתקין ולקיים מינדפים מתאימים ויעילים, בעלי כוח יניקה מספיק, בזמן העבודה בשקילה או בבדיקה של אבקות או נוזלים המכילים זרניך, לרבות במעבדות;

(3) לדאוג לאיסוף וסילוק מידי של פסולת המכילה זרניך, מתחנת העבודה באופן שלא תגרום למטרד או נזק לבריאות העובד או לבריאות הציבור;

(4) לספק לכל עובד בזרניך בגדי עבודה מתאימים, כולל נעליים וגרביים המיועדים אך ורק לעבודה;

(5) לדאוג לכביסה וניקוי יומיים של בגדי עבודה במרוכז במפעל או במקום אחר שהוא לידיעתו של מפקח עבודה אזורי;

(6) להתקין מלתחות כפולות לכל עובד, אחת לבגדי עבודה ואחת לבגדים נקיים, וכן מקלחות עם מים חמים, סבון ומגבות אישיות במספר נאות; המלתחות והמקלחות ימוקמו קרוב ככל האפשר לאזור הכניסה למפעל;

(7) לקבוע חדרים מיוחדים לאכילה ושתייה, לעישון ולמנוחת העובדים;

(8) לדאוג לסידורים מיוחדים למצבי חירום, כולל דרכי מילוט, חילוץ ופינוי של עובדים;

(9) לספק לכל עובד בזרניך מברשת שיניים ומשחת שיניים לצחצוח השיניים, וכן מברשת וסבון לניקוי הידיים והציפורניים.

### חובת שילוט (תקנה 8)

"(א) המעביד ידאג לשילוט מתאים ובולט לעין בכל אולם, מקום או עמדת עבודה שבהם עובדים בזרניך, בנוסח הבא:

**זהירות! - אזור עבודה בזרניך (ארסן)  
חובה לנקוט אמצעי בטיחות וגיהות מתאימים!**

(ב) כלי קיבול ואריזות של חמרי גלם, חמרי ביניים ומוצרים מוגמרים המכילים זרניך יסומנו בשילוט מתאים בנוסח הבא:

**רעל - מכיל זרניך (ארסן)  
מוגע, בליעה או נשימה של זרניך מסכנים את הבריאות!**



## אמצעי גיהות אישיים (תקנה 7)

"(א) לא יאכל עובד, לא ישתה ולא יעשן במקום שבו עובדים בזרניך, אלא בחדרים המיועדים שהתקין לענין זה המעביד.

(ב) בתום יום העבודה יסיר עובד בזרניך את בגדי העבודה וישאירם במלתחות המיועדות להם במפעל, וכן יתקלח לפני לבישת הבגדים הנקיים.

(ג) עובד בזרניך יצחצח את שיניו במברשת שיניים וינקה את ידיו ואת ציפורניו, בסבון ובמים, בגמר העבודה ולפני שהוא אוכל או שותה."

## מניעת הנזק הבריאותי הנובע מחשיפה לארסן

### הארסן מוכר בחוק כגורם למחלת מקצוע:

1. פקודת התאונות ומחלות מקצוע (הודעה), 1945, מחייבת הודעה למפקח עבודה אזורי על כל מקרה של הרעלת ארסן. חובה זו מוטלת הן על הרופאים והן על המעבידים.

2. תקנות הביטוח לאומי (ביטוח מפני פגיעה בעבודה), 1985 (ק"ת 4876), מכירות ב"הרעלת ארסן (זרניך) ותרכובותיו" כבמחלת מקצוע וכפגיעה בעבודה, כבר מ-2.4.1954.

### כיצד למנוע את הנזק הבריאותי הנובע מעבודה בחשיפה לארסן?!

מאחר שהארסן ידוע כגורם מסרטן, מוטאגני וטראטוגני, יש צורך לחפש תחליפים שימלאו את מקומו בתהליכי העבודה השונים ובייצור מוצרים שונים, ביחוד כשמדובר בתרכובות האנאורגניות של הארסן.

יש לערוך מיון קפדני, על ידי רופאי תעסוקה מומחים, של העובדים המיועדים לעבוד בחשיפה לארסן ולתרכובותיו האנאורגניות והאורגניות וכן בחשיפה לארסין. יש לפסול לעבודה בארסן כל אדם אשר יכולה להופיע אצלו, בבדיקות הרפואיות המדוקדקות והייחודיות המוקדמות, אי-התאמה כלשהי, הידועה כסיבה לפסילה מלעבוד עם ארסן ותרכובותיו. כאמור, נקבע בתקנות שבדיקות כאלה ("בדיקה ראשונית") ייערכו תוך חודש לפני תחילת העבודה.

מועד הבדיקה החוזרת הראשונה נקבע ל-3 חודשים לאחר הבדיקה הראשונית, גם היא במטרה למצוא, מוקדם ככל האפשר, עובדים הרגישים לעבודה בחשיפה לארסן מיד לאחר שהתחילו לעבוד בארסן - ולהפסיק את עבודתם.

## חובת בדיקות רפואיות (תקנה 9)

"(א) לא יועבד אדם כעובד בזרניך, אלא אם כן עבר **בדיקה רפואית ראשונית תוך החודש שלפני תחילת העבודה**, בידי רופא מורשה, שיקבע את התאמתו, או אי-התאמתו, להתחיל לעבוד בזרניך;

(ב) לא יועבד עובד בזרניך, אלא אם כן עבר **בדיקה רפואית חוזרת**, בידי רופא מורשה, שיקבע את המשך התאמתו לעבוד בזרניך; **בדיקה רפואית חוזרת, תבוצע לראשונה שלושה חודשים לאחר הבדיקה הראשונית ולאחריה מדי שנה**;

(ג) עובד בזרניך שנעדר מעבודתו, בשל התערבות כירורגית גדולה או בשל מחלה ממושכת, מעל לחדשיים, לא יועבד בזרניך אלא אם כן עבר **בדיקה רפואית נוספת**, בידי רופא מורשה, שיקבע את המשך התאמתו לעבוד בזרניך;

(ד) רופא מורשה ומפקח עבודה רשאים להורות על ביצוע הבדיקות הרפואיות, כאמור, בתאריכים מוקדמים מן האמור בתקנת משנה (ב) וכן להחיל את ביצוע הבדיקות הרפואיות גם לגבי עובד שאינו עובד בזרניך כהגדרתו בתקנה 1."

## היקף הבדיקות הרפואיות (תקנה 10)

"**בדיקה רפואית ראשונית, חוזרת או נוספת, תכלול לפחות:**

- (1) אנמניה רפואית כללית ותעסוקתית;
- (2) בדיקה קלינית כללית;
- (3) תמונת דם כללית;
- (4) בדיקות כימיות בדם לתפקודי כבד וכליות;
- (5) בדיקת שתן כללית;
- (6) בדיקת שתן לקביעת רמת הזרניך בשתן;
- (7) אלקטרוקרדיוגרם (א.ק.ג.);
- (8) צילום חזה בגודל של 35x45 ס"מ לפחות, בבדיקה הראשונית ואחת לחמש שנים בבדיקה חוזרת."

## אי-התאמה לעבוד בזרניך (ארסן)

**יראו עובד כמי שאינו מתאים להיות עובד בזרניך אם נמצא אצלו אחד מאלה:**

- (1) הרעלת זרניך חדה או כרונית;
- (2) רמה של 35 מיקרוגרם ויותר של זרניך לליטר של שתן, במקרה של חשיפה תעסוקתית לתרכובות אנאורגניות של ארסן (זרניך);
- (3) אנמיה;
- (4) מחלת עור כרונית;
- (5) תולדות של מחלות אלרגיות (קבוצה אטופית);

- (6) מחלת ריאה בהווה;
- (7) ליקוי בתיפקודי הכבד;
- (8) ליקוי בתיפקודי הכליות;
- (9) מחלות העורקים בהווה או בעבר;
- (10) מחלת נפש שאיבחן רופא פסיכיאטר;
- (11) היא אשה הרה או מניקה לפי תקנות עבודת נשים (עבודות אסורות, עבודות מוגבלות, ועבודות מסוכנות), התשס"א-2001 לגבי זרניך (ארסן) ונגזרותיו האנאורגניות;
- (12) טרם מלאו לו 18 שנים;
- (13) אי-התאמה אחרת לדעת הרופא המורשה הבודק.

**ערך ה-BEI לחשיפה תעסוקתית לארסן ולתרכובותיו המסיסות, לרבות ארסן, המקובלים ב-ACGIH ובישראל בשנת 2007 הוא  $35\mu\text{g As/L}$  בשתן.**

## הארסן כגורם מסרטן

למעשה, רק התרכובות האנאורגניות של הארסן עלולות לגרום לסרטן (של הריאות, של העור, של הכבד או הקיבה).

רוב המדינות - במערב ובמזרח - כללו את הארסן ברשימותיהם כגורם מסרטן ודאי לבני-אדם. ה-ACGIH סיווג אותו כ-A1. גם במדינת ישראל מופיעים הארסן ותרכובותיו האנאורגניות, כבר משנת 1982, ברשימת הוועדה הבינמשרדית לחומרים מסרטנים מוטאגנים, וטראטוגנים - **ברשימה א1 של "גורמים כימיים המוכרים כמסרטנים לבני-אדם": "ארסן; ארסן תלת חמצני; ארסן חמש חמצני; חומצות המכילות ארסן; חומצה ארסנית ומלחיה."**

המגמה, בכל מקרה של גורם מסרטן, היא לחפש חומרים חלופיים, וכאשר ההחלפה איננה אפשרית - שואפים להתקרב ככל האפשר לאפס חשיפה. כלומר: לשמור על רמת TLV הנמוכה ביותר שסביר להשיג (ALARA).

**תקנות הבטיחות בעבודה (איסור עבודה בחומרים מסרטנים מסוימים) התשמ"ה-1984, תוקנו ע"י משרד העבודה והרווחה (כיום התמי"ת) בשנת 2002 (24.4.2002, ק"ת 6162) ובשנת 2005 (17.1.2005, ק"ת 6361), באופן שלרשימה המקורית של 8 החומרים האסורים נוספו 8 חומרים אסורים חדשים, וביניהם: "כל תכשיר לשימור או לחיסון עץ, המכיל זרניך (ארסן) אנאורגני או כרום שש ערכי או שניהם, וכל עץ ששומר או חוסן בתכשיר כאמור."**

## **סוגי הסרטן אשר עשויים להופיע לאחר חשיפה תעסוקתית ממושכת לארסן הם:**

- א. סרטן הריאות ודרכי הנשימה** (דווח על הופעתו לאחר תקופת חביון של 15-30 שנה). קיים סינרגיזם עם טבק ועישון!
- דווח על הופעתו אצל עובדים בייצור חומרי הדברה (החשופים לארסנאת העופרת והקלציום);
- דווח על הופעתו אצל מגדלי גפנים (המרססים עם תרכובות אנאורגניות של נחושת וארסן);
- דווח על הופעתו אצל עובדי התכה וצורפים (החשופים לתרכובות אנאורגניות של ארסן ומתכות אחרות).
- ב. סרטן העור (אפיתליומה)** - דווח על הופעתו לאחר חשיפה ממושכת מאד. מבחינה אפידמיולוגית - קיימת עלייה בשיעור התחלואה בסרטן העור בקרב אוכלוסייה שצרכה מי שתייה שהכילו ריכוזים גבוהים של ארסן.
- ג. סרטן הכבד (אנגיוסארקומה) וסרטן הקיבה** - דווח על הופעתם אצל עובדי יקבים בעקבות שתיית יין מזוהם בארסן (מחומר הריסוס לגפנים).
- ד. כמו כן דווח על קשר בין חשיפה לארסן לבין סוגי סרטן נוספים:** במערכת העיכול, בכליות, בשלפוחית השתן ובמערכת ההמאטופוייטית.

## **הארסן כגורם מוטאגני וטראטוגני**

מנות גבוהות של **תרכובות ארסן אנאורגני טריוואלנטי** גרמו להתפתחות מומים בעוברים של אוגרים.

אצל בני אדם אין הוכחה חותכת להשפעות כאלה של הארסן, אך פורסמו מספר עבודות המעידות על קשר בין חשיפה בעבודה לארסן (לדוגמה: אצל עובדי התכה) לבין לידות של יילודים בעלי מומים.

בגלל החשש לנזק פוטנציאלי אשר עלול להיגרם לעובר, אומצה בישראל, **בתקנות עבודת נשים (עבודות אסורות, עבודות מוגבלות ועבודות מסוכנות), התשס"א-2000** (ק"ת 6095), הגישה המחמירה. התקנות אוסרות על אשה הנמצאת בהריון או המניקה את תינוקה לעסוק בעבודה שבה היא עלולה להיות חשופה לארסן ולתרכובותיו.