בטיחות במתקן התפלת מים

מאת **מיכאל לרר**

חשיבות נושא השמירה על איכות הסביבה, בעולם, גדלה בשנים האחרונות, עם ההבנה שהנזקים שהאדם גורם: כריתת יערות, זיהום אוויר מתעשייה וכלי רכב, פגיעה במקורת מים, פגיעה בבעלי חיים, שימוש לא מושכל בחומרי הדברה, עלייה בצריכת דלקים פוסיליים בתעשייה ועוד, פוגעים בסופו של דבר גם בתושבי כדור הארץ.

כדי למזער את הנזק לסביבה ולאדם משמשת מגמה למציאת תחליפים ידידותיים. כך לדוגמה, במקום להשתמש באנרגיה פוסילית - עדיף לנצל את אנרגיית השמש או את אנרגיית הרוח; במקום להשתמש במשאב המים של נחלים ומעינות – אפשר להתפיל מי ים. במקום לפזר חומרי הדברה הפוגעים בסביבה מומלץ להשתמש בחומרי הדברה שאינם פוגעים בסביבה, במקום לכרות עוד ועוד יערות ניתן למחזר נייר וקרטון. כדי לצמצם את כמויות פסולת הפלסטיק – אפשר למחזר בקבוקי פלסטיק וכדומה.

אחד המשאבים שהמחסור בהם בעולם המערבי, כמו גם בישראל, רק הולך וגדל הוא משאב המים שיש שמכנים אותו הנפט של המאה הבאה.
כדי שנוכל לספק את המחסור במים ולהקטין את הנזק לסביבה כתוצאה משאיבת יתר של מי מעינות ונחלים אישרה המדינה, בשנים האחרונות, בנייה של מיתקני התפלה בהיקף שנתי של מאות מיליוני קו"ב.
בניית מיתקני ההתפלה כמו גם בניית מיתקנים אחרים, לדוגמה: מיתקנים פוטו- ולטאיים או תחנות כוח סולריות, מיתקנים למיחזור נייר וקרטון, מיחזור פלסטיק, ייצור חומרי הדברה ידידותיים לסביבה ועוד מביאים לצמיחה של תעשיות ועיסוקים רבים חדשים, אשר מחייבם את העוסקים בבטיחות בעבודה לבחון את הסכנות הפוטנציאליות במיתקני הייצור החדשים שעדין אין בהם ניסיון רב שנים, מסורות של עשה ואל תעשה ומסורת של חוקים, תקנות ותקנים שפותחו עבורם. יחד עם זאת הולכים ומתפתחים גם חוקים סביבתיים בנושא, כמו חוק למניעת מיפגעי אסבסט ואבק מזיק התשע"א- 2011. תקנות הבטיחות בעבודה, ניטור סביבתי וניטור ביולוגי של עובדים בגורמים מזיקים התשע"א- 2011, ועוד.

תעשיית ההתפלה

מפעל ההתפלה של חברת **"דרך הים התפלה בע"מ"** (ויה-מאריס בלטינית) הממוקם על חוף הים ב"פלמחים" בואכה ראשון לציון, נמצא בתנופת הגדלה של כושר הייצור. כיום מתפיל המיתקן כ-45 מיליון מטר מעוקב (מ"ק) מים לשנה. עם סיום עבודות הבנייה יוכפל כושר הייצור, ואף יותר, והוא יעמוד על כ-105 מיליון מ"ק מים בשנה.

הרחבת כושר הייצור של המפעל תוך כדי העבודה השוטפת מעמידה אתגר לא פשוט **לאבנר חרמוני** מנהל חברת התפעול ול**אילן סימן טוב**, מנהל הבטיחות של דרך הים. שניהם צריכים להבטיח שלא רק העבודה השוטפת במיתקן ההתפלה תתנהל בצורה בטוחה, אלה שגם הרחבת המיתקן לא תפגע בבטיחות העובדים. כאשר מדברים על עובדים מתכוונים הן לעובדים במיתקן ההתפלה של חברת דרך הים, כ- 30 במספר המועסקים ב- 3 משמרות 7 ימים בשבוע, והן לעובדי הקבלן המועסקים בהרחבת המיתקן, שבשיא העבודה צפויים למנות כ-60 עובדים. מיתקן דרך הים נמצא כיום בבעלות מלאה של חברת GES השייכת לחברת גרנית הכרמל, מקבוצת עזריאלי.

קליטת המים במיתקן ההתפלה

במיתקן ההתפלה קיימים לא מעט סיכונים הנובעים מהתשתיות לקליטת המים ומתהליך הטיפול בהם. התהליך כולל שימוש במשאבות ובצנרת בלחץ גבוה, חשיפה לרעש בעוצמות גבוהות, עבודות חשמל בהספק ובמתח גבוהים ועבודה במיתקני לחץ של עשרות אטמוספרות בתוך תאי הלחץ (קולונות) בהם נעשה הסינון בשיטת האוסמוזה ההפוכה, עבודות תחזוקה ימיות ועוד.

קליטת המים נעשית באמצעות צינור בקוטר של 2.2 מטר הטמון בקרקעית הים התיכון ומוביל את המים ממרחק של כ-1.4 ק"מ בים עד לקו החוף. משם מועברים המים עד ללב מיתקן ההתפלה בצינור יבשתי שאורכו כ-500 מטר. המים מגיעים מהים אל המיתקן בגרוויטציה ולכן הצינור בחלק היבשתי נמצא בעומק של כ-9 מטר מתחת פני הים עד שהוא מגיע אל תוך מיתקן ההתפלה.

על מנת למנוע כניסת לכלוך גס אל המים המגיעים למיתקן ההתפלה מותן מסנן בפתח הצינור בלב ים. למרות הסינון הראשוני לא מעט יצורים ימיים חודרים דרך המסנן והם "מתיישבים" על הדופן הפנימית של הצינור ומקטינים בהדרגה את נפחו. הקטנת הנפח גורמת להקטנת נפח הספיקה של המים למיתקן. לכן בכל כמה חודשים יש "לגלח" את

הרכיכות ושאר בעלי החיים הימיים שנדבקו לצנרת. פעולות התחזוקה במוצא הימי נעשות על ידי צוללנים.

העבודה בסביבת בעלי החיים הימיים והשהייה במי ים לא נקיים מחייבות זהירות בכל הקשור לבליעה ומגע עם מי הים ובעלי החיים והאצות שבמים.

לאחרונה הוציא משרד התמ"ת נוהל בטיחות בעבודות צלילה.

המשך עבודות הניקוי במיקטע הימי נעשות על ידי ציוד מיוחד, ללא מגע יד אדם.

פעולות הניקוי בצינור היבשתי מתבצעות על ידי צוותים שיורדים אל תוך הצנרת כאשר היא ריקה ממים. סגירת מגוף מונעת ממי הים להיכנס לתוך המיקטע היבשתי.

פעולת הניקוי היא עיסוק לא פשוט. מדובר על מיקטע רציף באורך של 500 מטר ללא פתחי מילוט. מדובר בעבודה ב"מקום מוקף" לכל דבר. לכן עבודות התחזוקה של הצנרת מאופיינות בעבודה בצוותים, המצוידים במערכות נשימה, חבלים לחילוץ, תאורה ותאורת חירום כפי שנדרש בעבודה במקום מוקף. העובדים בניקוי החלק הפנימי של הצנרת מצוידים בסכין לקילוף הקונכיות והיצורים הימיים שנצמדים אל הדופן הפנימית של הצינור ובכפפות להגנה על כפות הידיים מפני פציעות במהלך העבודה.

מערכת סינון ראשונית בבריכות פתוחות

המים נשאבים באמצעות 4 משאבות מנקודת ההגעה להמשך תהליך ההתפלה. מי שנכנס לעבוד במתחם המשאבות חייב להצטייד באוזניות שכן המקום מאופיין ברעש חזק. עוצמת הרעש שנמדדה היא כ-85 דציבל.

המשאבות מעלות את המים אל 16 בריכות מים נפרדות זו מזו, כל בריכה בנויה מכמה שכבות של מצעים המשמשים פילטרים לסינון מי הים.

בריכות הסינון הללו נמצאות בחלק העליון של המיתקן. מי שמסתובב בין הברכות ומבצע עבודות תחזוקה שונות, עלול ליפול לתוך הבריכה. לכן סביב כל בריכה מותקן מעקה בגובה של כ-90-1.15 מ' ומעקה ביניים, בגובה של כ-50 סנטימטר (מקביל ל"אזן תיכון" בפיגומים).

לאחר הסינון הגרוויטציוני בבריכות המים המים עוברים אל מבנה אחר שבו מתבצע תהליך סינון בלחץ להוצאת המלחים מן המים בתהליך שנקרא אוסמוזה הפוכה (ראו מסגרת).

מאות ואלפי תאי הלחץ ("קולונות") בהם מתבצע תהליך האוסמוזה ההפוכה נמצאים במצב שכיבה. תהליך האוסמוזה ההפוכה דורש הפעלת לחץ גבוה במערכת סגורה (הקולונה). מנגד זהו גם תהליך מסוכן, שכן תקלה בקולונה יכולה להוביל לפריצת הלחץ ולהעיף את החלקים הפנימיים לעבר מי שנמצא במיתקן (ראו דבריו של רן גרישפלד בהמשך).

המים שעוברים סינון בקולונה חשופים ללחצים משתנים בהתאם לתהליך. יש קולונות שבהן הלחץ בתהליך הוא 70 בר- בטיפול במי הים, וישנן קולונות שבהן הלחץ הוא 12-37 בר - בטיפול משלים במים המותפלים.

אחת התקלות שעלולות להתרחש בקולונה היא פריצת לחץ והעפת הקולנה/ הפילטרים מהקולונה אל הסביבה בדומה לירי של טיל. על מנת למנוע אפשרות של פגיעה בעובדים כתוצאה מתקלה במיתקן, בו מצויים מאות ואלפי תאי לחץ, החליטו למגן את הקולונות באמצעות מעמד מתכת בגובה של כ- 1.8 מטר שהוצב בקרבת הקולנות כך שהעובדים יוכלו לעבור בבטחה.

חדר חשמל

צריכת החשמל של המפעל היא כ- 20 מגוואט/שעה. למפעל תחנת משנה (תחמ"ש) פרטית המקבלת מתח עליון של 161 קילוואט ומנחיתה אותו ל-6.6 קילוואט שהוא מתח העבודה במפעל. המפעל מעסיק מהנדס חשמל בעל כישורי בודק בדרגה 3 בהתאם לחוק החשמל.
בנוסף למתח גבוה ישנם במיתקן שנאים וחשמל במתח נמוך, ארונות חשמל, תשתיות, כבלים הפרוסים על פני מאות מטרים ועוד. הכבלים עוברים בתוך תעלות תת קרקעיות או על גשרים עיליים בגובה משתנה שבין 8-12 מטרים כדי לא להפריע לתנועה מתחת. כל הגשרים העיליים מצוידים במישטח עבודה הכולל מעקה תיקני כך שהעובדים לאורך הגשר יכולים לעבוד בביטחה.

בנוסף למהנדס החשמל מועסקים גם 4 הנדסאים בעבודות התחזוקה של מערכות החשמל.
מערכות החשמל הן קריטיות להפעלה תקינה של המיתקן.
ניתן דגש מיוחד לעבודה בטוחה בתשתיות ובמערכות החשמל שכן מערכות החשמל ותשתיות החשמל פועלות בסביבה רטובה ובסביבה קורוזיבית עם מלחי הים.

עבודה עם כימיקלים מסוכנים

בתהליך התפלת מים, נדרש להשתמש גם בחומרים מסוכנים (חומ"ס). החומרים העיקריים הם: חומצה גופריתנית 98%, נתרן הידרוקסיד 48%, ברזל כלוריד ועוד. עיקר החשיפה של העובדים נובעת מהצורך לבצע עבודות תחזוקה מונעת או תחזוקת שבר.

ככלל, ביצוע עבודה עם חומרים מסוכנים מחייב את העובדים בהוצאת היתר ביצוע לפעילות. מנהל תפעול או סגנו מוציאים היתר כזה לעבודה לאחר ביצוע הערכת סיכונים. נקבעת פעילות הכנה (כגון ניתוק החשמל, ניקוז, שטיפה וכדומה), ונקבעים אמצעים להגנה העובדים. בעבודה עם כימיקלים מסוכנים משתמשים בחליפת מגן, מנשמים וכפפות (ראו תמונה 2).

תמונה 2

תמונה 1

בנוסף, בסמוך לכל מאצרת חומ"ס קיימת מקלחת חירום (ראו תמונה 1).
בהשפעת המליחות הגבוהה, נוצרו בעיות קשות של החלדת הצנרת והאביזרים. אלה הוחלפו בשנה האחרונה, במקלחות מנירוסטה שנרכשו בבריטניה בעלות של אלפי ₪. בנוסף, כל הפעילות במאצרות נעשית כאשר העובדים מצוידים בחומרים לעזרה ראשונה במקרה של פגיעה.(ראו תמונה 3).

תמונה 3

מי בודק את תאי הלחץ במיתקני התפלה

מאת **רן גרשפלד**

הכותב הינו יו"ר ומנכ"ל של קבוצת בל העוסקת ביצור מיכלי לחץ, ויו"ר התאחדות התעשיינים בדרום.

לפני מספר שנים, במהלך סוף השבוע, נמנע אסון כבד במיתקן התפלה בדרום הארץ. אחד מתאי הלחץ המותקנים במיתקן ההתפלה כשל והתבקע תחת לחץ של קרוב ל- 50 בר. לתדהמת העובדים שהוזעקו למקום, התגלה נזק כבד לדלת הפלדה במיתקן שספגה את עוצמת פגיעה של קטע התא ש"נורה" לעברה כתוצאה מהכשל. בדרך נס לא נפגע אף עובד מתוך עשרות העובדים שמאיישים את מיתקן ההתפלה שכן האירוע התרחש בסוף השבוע ולא במהלך שבוע העבודה.

תהליך ההתפלה עצמו מבוצע בתוך תאי לחץ (Pressure Vessels) המיוצרים מחומרים מרוכבים כאשר חלק מהאביזרים המשמשים לחיבורי הצנרת הם מפלדה שבאה במגע עם מי הים.

תאי הלחץ חשופים אם כן הן לקורוזיה והן ללחץ מים. לחץ העבודה בתוך התאים בתהליך ההתפלה של המים מגיע עד ל- 80 בר (כ- 1,200 psi) בתנאי תפעול שוטפים. גם בחירה בפלדות בעלות עמידות גבוהה למי ים לא מונעת היוצרות קורוזיה לאורך השנים.

תאי הלחץ מיוצרים בהתאם לתקינה אמריקאית (ASME Sec. X) ועוזבים את מפעל היצרן לאחר סדרת בדיקות מקיפה, כולל בדיקה בלחץ.

באופן טבעי, בעיקר לאחר שימוש מתמשך ורציף בתאי הלחץ, שנוי תכוף בעוצמת הלחצים, חשיפה למים מליחים שמביא לאיכול (Corrosion) של חלקי הפלדה, יכולה להיות ירידה ביכולת העמידה של הציוד לאורך זמן.

היווצרות בלאי מהותי בציוד ללא טיפול נאות ובזמן, יגרום לכשל אשר עלול לגרום לפגיעה בחיי אדם ובציוד סובב.

בדיקה תקופתית מאפשרת בדיקת הציוד על מרכיביו, הנחייה להחלפת חלקים בלויים והבטחת המשך שימוש בטוח לאורך זמן.

פקודת הבטיחות בעבודה (סימן י': דודי קיטור. סימן יא: קולטי קיטור. סימן יב: מכלי קיטור. סימן י"ג: קולטי אויר) מחייבת פיקוח בכל הקשור להתקנה ולתפעול של שלושה סוגי מיתקני לחץ: דוד קיטור, קולטי קיטור, קולטי אוויר.

יחד עם זאת, באופן פרדוקסאלי ובשונה מהמקובל בתחום של מיכלי לחץ מפלדה, אין כל דרישת תקן או הוראה מחייבת של הרשויות (מכון התקנים, משרד העבודה, המפקח על העבודה וכדומה), לבדיקות תקופתיות של תאי הלחץ - הן במערכות התפלת מים והן במערכות אחרות כמו דוודים שמכילים חומרים כימיים או קורוזיביים בתעשיות כימיה, פרמצבטיקה ועוד.

דוד זיו ממרכז המידע של המוסד לבטיחות ולגיהות מוסיף כי למדינות החברות באיחוד האירופאי (CE) ישנה הנחייה {דירקטיבה) המתייחסת לנושא. הדירקטיבה :

.Pressure Equipemnt Directive {PED} 97/23/EC

בבריטניה קיימות התקנות הבאות:

.The Pressure Systems Safety Regulations 2000

(פורסם בגיליון בטיחות מספר 337 בהוצאת המוסד לבטיחות ולגיהות)

אוסמוזה הפוכה (פעפוע הפוך) מתארת תהליך של מעבר תמיסה דרך מסנן הלוכד את המומס בצד אחד ומאפשר מעבר של ממס טהור לצד השני. ליתר דיוק, זהו תהליך של הנעת ממס מתמיסה בעלת ריכוז מומסים גבוה לתמיסה בעלת ריכוז מומסים נמוך, על ידי הפעלת לחץ נגדי ללחץ האוסמוטי. זהו תהליך הפוך לאוסמוזה רגילה, שבמהלכה קיימת תנועה טבעית של ממס דרך ממברנה - מתמיסה בעלת ריכוז מומסים נמוך לתמיסה בעלת ריכוז מומסים גבוה - ללא הפעלת כוח חיצוני. הממברנה המשמשת לתהליך היא ממברנה חדירה למחצה, כלומר היא מאפשרת מעבר ממס ולא מומס.
ממברנה המשמשת לאוסמוזה הפוכה אינה נקבובית. הסינון נעשה בשכבה בעלת עובי מיקרוסקופי של פולימר דחוס. במרבית המקרים בנויה הממברנה כך שרק מים יעברו דרכה. המים מצטרפים לפולימר הממברנה ועוברים בדיפוזיה לצידה השני. התהליך דורש הפעלת לחץ גבוה על התמיסה בעלת ריכוז המומסים הגבוה, בדרך כלל 2-14 בר למים מתוקים ומים בעלי מליחות ביניים ולחץ של 40-70 בר למי ים.
מתוך ויקיפדיה

עבודות בנייה ובנייה הנדסית

אז כיצד מפעל נערך ומבצע הכפלת כושר הייצור, באותו תא שטח, שמשמעה תוספת מבנים, הרחבת חדרי חשמל, הוספת בריכות מים וכד'. וכיצד מנהלים את הרחבת המפעל ומבצעים בנייה הנדסית בטוחה בתוך מפעל שמייצר 24/7 מבלי לפגוע בעבודה השוטפת. **אילן סימן טוב** מסביר את הפילוסופיה של הבטיחות הכפולה:
אנחנו יצאנו מתוך הנחה ששתי המטלות, ההתפלה מחד והרחבה מאידך נעשות בנפרד ומנגד הן נעשות ביחד, על אותו תא השטח.
חברת האם, חברת GES, הגדירה את היעד כ-0 תאונות עבודה כי במהלך עבודות ההקמה שאמורות להתנהל עד סוף השנה האזרחית יהיה מיקוד מיוחד לתחום הבטיחות. לצורך הפעילות פעלנו על פי פקודת הבטיחות סעיף 7 (א) – פיצול ואיחוד מפעלים. כך, "המפקח הראשי רשאי לאשר בכתב שיראו חלק ממפעל כמפעל נפרד,ומפעלים אחדים - כמפעל אחד."

למעשה יצרנו טריטוריות לקבלן המבצע שלקח את האחריות לגבי הפעילות בשטח. בנוסף, נקבע מקום שבו יספק הקבלן את שירותי הרווחה לעובדים כמו מקום לאכול, שירותים וכו'.

קבלן ההנדסה האזרחית מינה מנהל עבודה מטעמו שעליו מוטלת האחריות, מבחינת הבטיחות בתחום הבנייה המתבצעת.
יחד עם זאת בשל העובדה שישנם באתר קבלני משנה, אנחנו הופכים למעשה לקבלן הראשי - קרי: האחריות מבחינת הבטיחות חלה עלינו. ההערכה היא שבשיא יועסקו כ- 60 עד 70 פועלים בשטח בהרחבת המיתקן. כלים וציוד ואלמנטים של בנייה יצטרכו לעבור דרך מיתקן ההתפלה ולכן גם לא נוכל להימנע מכך שיסתובבו בשטח עובדי קבלן לביצוע עבודות ההרחבה. נקודות השקה יוצרות חיכוכים בין המפעל הקיים לבין פרויקט ההרחבה. לדוגמה: כל החיבור של הצנרת, תחנת חשמל במתח גבוה, בנייה הנדסית וכו' המבוצעת הלכה למעשה בשטח .

חיבור התשתיות שנעשה בחלקו על ידי עובדי הקבלן וחלקו על ידי קבלני חוץ אחרים מגביר עוד יותר את הבעייתיות בשמירה על ניהול הבטיחות.
על מנת לנהל נכון את בטיחות הנכנסים לאתר הוכנסה לעמדת הכניסה מערכת בקרת כניסה שבודקת את הרשאות הבטיחות של הקבלנים הנכנסים ומספקת אישור כניסה למיתקן.

הבטיחות בעבודת הקבלנים בזמן ההרחבה מפוקחת בצורה מלאה על ידי הממונה על הבטיחות וממונה נוסף שנמצא במקום ונותן מענה להיבטי הבטיחות בעבודה.

בתמונות:

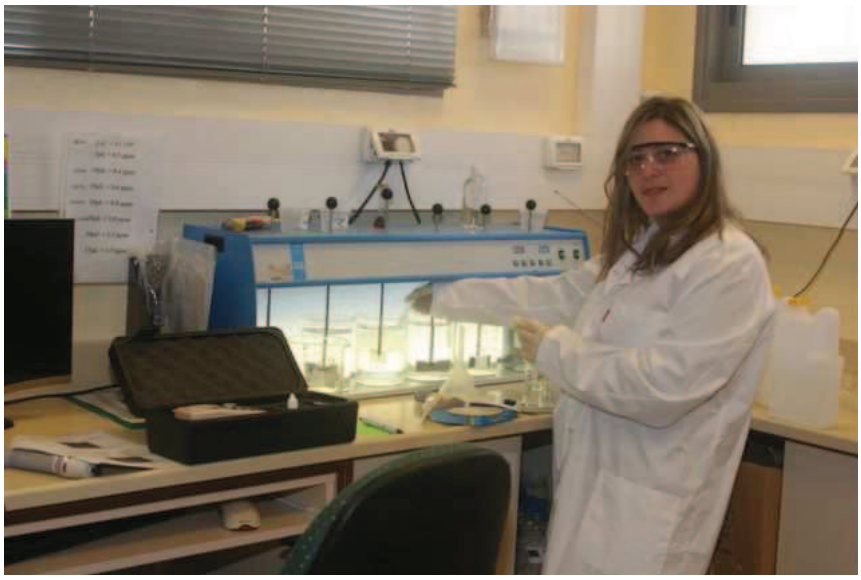
תמונה 1- קיימת מקלחת חירום.

תמונה 2- עובדים עם מיגון במתקן. - עובדי צוות אחזקה בפעילות אחזקה בתוך מאצרת חומצה גופרתית.(ציוד מגן אישי מלא) יחידות ההתפלה.

תמונה 3- בכול עבודה במאצרת חומרים מסוכנים, העובדים מצוידים בדיפוטרין.(דיפוטרין הינו נוזל שטיפה אמפוטרי,המונע כוויות כימיות ע"י ספיחה ונטרול של החומר המסוכן שחדר לרקמות העור והעין. הדיפוטרין מנטרל יותר מ-700 סוגי כימיקלים הכוללים: חומצות, בסיסים, מחמצנים, מחזרים וממיסים)

תמונה 4- הגנה מסביב לבריכות סינון מוקדם - ברכות סינון מוקדם פתוחות ללא קירוי, גודרו באמצעות מעקה למניעת נפילה. (בנקודות מרכזיות, מותקנים גלגלי הצלה).

תמונה 5- במעבדה - מרינה לחמן, מנהלת המעבד. מבקרת את איכות המים עד ליציאתו למתקן מקורות.



תמונה 6 - ירון יוסף, מפעיל בכיר בחדר בקרה.

תמונה 7- ירידה למשאבות - ירידה לאינטק (בור קבלה) כניסה למפעל.

תמונה 8- מעבר חשמל - גשר כבלי חשמל מתחמ"ש למבנה חשמל באמצעות גשר שנבנה עם משטח עבודה וגידור קבוע לתחזוקה ובקרה.

תמונה 9- לוסיה מציגה - ממברנה-פילטר למיכל לחץ.(אוסמוזה הפוכה).

תמונה 10- התחלת הרחבת מפעל ההתפלה.

תמונה 11- קולונות במתקן ההתפלה.

תמונה 12- מימין לשמאל: אילן סימן טוב מנכ"ל בר יועצי בטיחות וממנה הבטיחות של המתקן בפלמחים, לוסיה איגליניק מדריכה, ודב דביר מנהל מחוז מרכז של המוסד לבטיחות ולגיהות בביקור במתקן ההתפלה.