

טעויות רבות הובילו לדליפת ודליקת מימן

ספטמבר 2025



איור 1. מיליו נגרר צילינדרים של מימן



איור 2. נזק לגורר והנגרר

Ref: Hydrogen Safety Panel
Report PNNL-31015-1

התרחשה דליפה של מימן בלחץ גבוה במתקן להעברת/מילוי נגררי מימן בסנטה קלרה, קליפורניה, ב-1 ביוני 2019.

נהג ומתלמד מילאו נגרר צילינדרים ממכל מימן סמוך. כאשר המודולים של הנגרר היו כמעט מלאים (כ-95%), הבחין המתלמד בדליפת מימן סמוך לשסתום הבידוד הידני של קו המילוי, ודיווח על כך לנהג. הנהג הורה למתלמד להפסיק את פעולת המילוי. המתלמד אכן הפסיק את המילוי עבור שני המודולים, אך לא ניתק את הנגרר ממערכת צנרת המילוי (ראו איור 1). הנהג סגר את השסתום הידני (החץ באיור) כדי לבדוק את המודול הקדמי מהאספקה, שחרר לחץ מהמערכת והסיר מקטע צנרת כדי לתקן את הדליפה. לא היו לנהג החלקים הדרושים להשלמת התיקון, והוא הורה למתלמד לסגור את אספקת המימן.

המתלמד, בטעות, הפעיל מחדש את תהליך המילוי בלחיצה על כפתור שליטה שגוי. פעולה זו פתחה שסתומים פנאומטיים בנגרר, ואפשרה זרימה חזקה של מימן גזי דרך הצנרת המפורקת. תערובת המימן-אוויר התלקחה, התרחשה התפוצצות מסוג דפלגרציה של מימן-אוויר ולאחר מכן פרצה אש סילונית.

האש והפיצוץ גרמו לנזק לצנרת (ראו איור 2) והפעילו את מנגנוני שחרור הלחץ-טמפרטורה של המימן, מה שהוסיף דלק לאירוע. האש התפשטה לחומרים נוספים ברכבים סמוכים.

במהלך האירוע שוחררו כ-250 ק"ג של מימן. לא היו פציעות חמורות.

האם ידעת?

- המימן הוא המולקולה הקטנה ביותר ויכול לדלוף מבעד לפתחים קטנים ביותר.
- אנרגיית ההצתה של מימן היא 0.02 מילי-ג'ול. לשם השוואה, אנרגיית ההצתה של גז טבעי היא 0.29 מילי-ג'ול.
- מערכות צנרת עלולות להיות מורכבות ויש צורך בתרשים ונהלים מתאימים כדי לבצע בידוד נכון.
- תיקונים יש לבצע רק כאשר הציוד מבודד בראוי מהסכנות, ורק על ידי אנשי מקצוע מוסמכים.
- תיקון של צנרת לחומרים מסוכנים חייב להיעשות בהתאם לנהלים ושיטות מאושרות.
- סמכות להפסיק עבודה (Stop Work Authority) מאפשרת לעובדים לעצור משימה אם אין להם את ההכשרה או הנהלים הדרושים לביצועה בצורה בטוחה.

מה תוכל לעשות?

- השתמש בנהלי בידוד או "נעילה-תיג" (Lockout-Tagout, LOTO) עבור הציוד.
- לפני פתיחת חיבורים כלשהם, בדוק את הצנרת ולוודא שכל השסתומים במצב הנכון.
- כאשר מתרחשת דליפה, פעל לפי נוהל הדליפה של החברה. אם ניתן, בודד את הדליפה בצורה בטוחה ודווח לגורמים המוסמכים.
- מערכות הבקרה צריכות להיות מובנות וברורות. אם סימונים או כיתובים לא מובנים – בקש הסבר.
- בצע תיקונים בציוד תהליכי רק אם קיבלת הכשרה ואישור לכך.
- בעת עבודה עם עובד חדש, ספק הנחיות ברורות לביצוע המשימות. עדיף להראות כיצד לבצע פעולה בצורה נכונה מאשר רק להסביר במילים.

כאשר דליפות מתרחשות, פעל לפי נהלים ובקש עזרה.