



20 יוני, 2020

מהנדס הבטיחות בישראל¹

נייר עמדה מטעם האיגוד הישראלי להנדסת בטיחות בלשכת המהנדסים.
חיבר: מהנדס בטיחות יורם אלעזרי, יו"ר האיגוד.

רקע

1. בישראל, החקיקה הקיימת כיום בתחום הבטיחות אינה מגדירה את מהנדס הבטיחות ואין כל התייחסות לתפקיד זה. בחוק מוגדר תפקיד "ממונה על הבטיחות" שהוא עובד בעל השכלה ברמת טכנאות ומעלה, אשר הוכשר בקורס בהיקף של כ- 320 שעות לימוד.
2. בעולם יש מספר תכניות לימוד אקדמיות להכשרת מהנדס בטיחות. ישנם מקומות שבהם התואר הנו תואר מיוחד לבטיחות. להלן מספר דוגמות לתארים שהוצגו בפני הוועדה:
Safety Eng; Safety Technology; Fire Safety Eng (FSE); Fire Protection Eng (FPE);
Safety and Health Eng; Environmental Health and Safety Eng.

ודוגמות לאוניברסיטאות המקיימות מסלולי הכשרה למהנדסי בטיחות:

Maryland U- USA; New Haven U-USA; Indiana U-USA; Texas A&M-USA; Lund U-Sweden; Edinburgh U-UK; U. of Greenwich-UK.

3. אוניברסיטת בן גוריון בנגב הקימה בשנת 1996 את היחידה להנדסת בטיחות בפקולטה למדעי ההנדסה, במחלקה להנדסת תעשייה וניהול. מטרת תכנית הלימודים בהנדסת בטיחות הינה, הכשרת מהנדסים בעלי ידע ורקע רב תחומי להתמודדות עם בעיות מורכבות של הקמת מערך בטיחות מתקדם וניהולו. התכנית מעניקה תואר שני ב"ניהול והנדסת בטיחות" (M.Sc). מסיימי התכנית בהצלחה, המהנדסים, רשאים להירשם ברשם המהנדסים במדור הנדסת בטיחות. תכנית הלימודים כוללת מגוון של קורסים שמרביתם בעלי אוריינטציה של ניהול בטיחות. כיום לומדים בתכנית לתואר שני כ 50 סטודנטים. סגל ההוראה משלב אנשי אקדמיה עם אנשי תעשייה. בעבר, הבוגרים היו זכאים לקבל אישור כ "ממונה על הבטיחות" אך לאחרונה ניטלה זכאות זו ע"י ס' מפקח העבודה הראשי.

מצ"ב קישור לעמוד היחידה לניהול והנדסת בטיחות באוניברסיטת בן גוריון:

<https://in.bgu.ac.il/engn/mse/Pages/About.aspx>

4. בעבר הוגשה תכנית לתואר ראשון הנדסת בטיחות (B.Sc) על ידי אוניברסיטת בן גוריון לאישור המל"ג, אולם התכנית נדחתה. כנ"ל מוכר ניסיון כושל של אוניברסיטת אריאל.
5. רישום מהנדסי בטיחות על-ידי רשם המהנדסים: כיום יכול להירשם כמהנדס בטיחות אדם שהוא בוגר תואר ראשון בהנדסה, במוסד אקדמי מוכר, אשר רכש תואר שני בהנדסת בטיחות במוסד אקדמי מוכר (כיום רק באוניברסיטת בן-גוריון), או מהנדס בטיחות בוגר תואר ראשון בהנדסת בטיחות במוסד אקדמי מוכר מחו"ל.

עיקרי הבעיות והפערים

1. בישראל קיימים ניצנים של יישור הקו עם הנעשה בעולם למשל: מפעלים כמו "אינטל", "טבע", "נילית" ואחרים, פועלים ברמת בטיחות גבוהה, אבל מפעלי תעשייה רבים, ענפי הבניין והחקלאות עדיין נמצאים ברמה נמוכה. האבדות בנפש, הנוקים וההשלכות ההרסניות של חוסר מקצועיות ומומחיות, באות לידי ביטוי בתאונות ובנפגעים כמו גם באסונות הזכורים לנו כגון: גשר המכביה, גשר שפירים, אסון ורסאי, אסון פסטיבל ערד, אסון רמת החייל, נפילות של עגורנים ועוד.

¹ מחבר המסמך ריכז בזמנו את עבודת ועדת אדם, לרבות גיבוש המסקנות, כתיבת הדו"ח והמלצותיו. כך, ניתוח הדברים המובאים במסמך זה, דומה מאוד למפורט בדו"ח אדם. עם זאת, בחלוף השנים, על סמך הניסיון הנוסף שהצטבר ומתצפיות על הנעשה במשק, עולה מסקנה שונה מהדו"ח לגבי מסלול הכשרתו של מהנדס הבטיחות, וכיום אנו סבורים כי מסלול לתואר שני בהנדסה, הינו מעשי ובר ביצוע יותר מאשר מסלול הכשרה במסגרת התואר הראשון בהנדסה.



מסקנות ועדת זיילר

2. תאר את המצב בארץ השופט זיילר אשר בדו"ח של הוועדה לבדיקת אסון ורסאי כתב: "העובדה שתפקיד יועץ בטיחות אינו מוסדר בחוק, הביאה למצב שבו כל דכפין ייתן ויכנס לתחום זה. היו בפנינו לא מעט תיאורים פלסטיים הודות היות חלק מהמתיימרים להסתפח לתפקיד זה "שרלטנים", "שלט בלבד", "מאכרים" שיש להם מהלכים אצל רשויות שונות, חסרי הכשרה, חסרי ידע וכל כיוצא באלו". ועדה ממשלתית ליישום המלצות זיילר קבעה, בין השאר, את הצורך במיסוד תכנית לימודים בהנדסת בטיחות במסגרת לימודי תואר ראשון באחת האוניברסיטאות בארץ. הממשלה, בישיבתה ב-12 בחודש דצמבר 2006, אישרה המלצה זו. חיזוק למסקנה זו נמצא בהחלטת המועצה להנדסה ולאדריכלות (2007) אשר שיבחה את אוניברסיטת בן גוריון על יוזמתה להגיש תכנית לימודים לתואר ראשון ב "הנדסת בטיחות".

מסקנות ועדת אדם ואקדמיזציה של נושא הבטיחות

3. גם ועדת אדם, הועדה הציבורית לקידום הבטיחות והבריאות התעסוקתית במדינת ישראל, שהגישה את המלצותיה לשר הכלכלה בשנת 2014, הגיעה למסקנה כי כדי לקדם את הידע ואת המומחיות בתחום הבטיחות נדרש לערוך רויזיה בהכשרה, לפעול לאקדמיזציה של נושא הבטיחות ושל העוסקים בבטיחות, בדומה למקצועות אחרים שהתפתחו בדרך זו (לדוגמה, אחיות). כיום, חסרים תקנים אקדמיים לקליטת חוקרים ומרצים בהנדסת בטיחות. כמו כן, לא מתבצעים מחקרים אקדמיים בכמות מספקת לקידום תחום הבטיחות בישראל.

התפתחות טכנולוגיות ומגמות במשק

4. העולם התעשייתי צועד בצעדי ענק לעבר עידן Industry 4.0, סביבה בה מתקיימת עבודה משותפת לאנשים עם מכונות ורובוטים, המכונות והמערכות הטכנולוגיות מקיימות ביניהן תקשורת עצמאית בסביבה מרושתת. זאת ועוד, ההתפתחות הטכנולוגית מובילה בהתמדה לשימוש גובר בציד ובתהליכי עבודה מורכבים ועתירי אנרגיה, וכתוצאה מכך לעלייה ברמות הסיכון בסוגי עיסוקים שונים. להלן מספר דוגמאות:

- א. גידול באלפי אחוזים של הבנייה במדינה בכלל והבנייה לגובה בפרט, מוביל לגידול בשימוש במנופים ובעגורנים, לשימוש רב יותר בפיגומים רגילים וממוכנים, לשימוש תכוף במעליות ולחשיפה יתרה לחומרים. כמחצית ממספר ההרוגים בתאונות עבודה הם בענף הבנייה. כשליש מההרוגים כתוצאה מנפילות מגובה.
- ב. מהפכה בתחום מחשוב ומערכות מקוונות, מכשור ואוטומציה, מערכות חשמל ואלקטרוניקה, מערכות בקרה עתירות מחשוב ותקשורת, יוצרת את הצורך במומחים בעלי הכשרה הנדסית.
- ג. הרחבת השימוש בחומרים ובתהליכים כימיים והתגברות המודעות לחומרים מסרטנים. לאור המצב התרחבו דרישות החקיקה, הוחמרו הסטנדרטים התעסוקתיים, ונדרש ידע בניהול סיכונים ויישום פתרונות מניעה.
- ד. הרחבת השימוש בקרינה מייננת וקרינות אחרות, לדוגמה: כניסת מכשירי דימות בתחום הרפואה, כניסת מכשירי שיקוף לצרכים ביטחוניים, ביצוע אנליזות לא הורסות למבנים ולמתקנים ועוד. כתוצאה מכך אלפי עובדים (ואזרחים) נמצאים בסכנת חשיפה. לצורך מניעה נדרש לנהל את סיכוני הקרינה, לבצע מעקב וניטור חשיפות, לתכנן בקורות והגנות יעילות, ליישמן ולאכוף הגבלות לנשים בגיל הפוריות ועוד.
- ה. כניסת מערכות לייזר לתעשייה חושפת עובדים לפגיעות עיניים ולכוויות.
- ו. הכנסת טכנולוגיות חדשות ננוטכנולוגיה, ביוטכנולוגיה ובהן סיכונים חדשים, שחלקם אף טרם הוערכו באופן מלא.
- ז. כניסת ענפי תעשייה ופעילות חדשים – אסדות קידוח גז ונפט, מכרה, מנהור ועוד.



נורמות בינלאומיות

5. במקומות רבים בעולם המערבי נדרש אישור מהנדס בטיחות כתנאי לביצוע פרויקטים בתחומי הבנייה, התעשייה, תקשורת, תחבורה, ניסויים, מחקר ועוד. התפתחות הסחר הגלובאלי מחייבת חברות ומפעלים ישראליים בבואם לחתום חוזים עם חברות בחו"ל, להוכיח שהם מציבים את נושא הבטיחות בעדיפות עליונה וברמת יישום גבוהה.

דילמות

6. הצורך באקדמיזציה של נושא הבטיחות והפיכתו לתואר הנדסי מובהק אינו מוטל בספק. עם זאת קיימת דילמה אם נכון לקיים את לימודי הנדסת בטיחות במסלול תואר ראשון בהנדסה או במסלול תואר שני. התשובה לכך תלויה בהגדרת תפקידו של מהנדס הבטיחות בשטח כפי שיפורט בהמלצות.

7. השוואה בין יתרונות וחסרונות המסלולים:

א. מסלול תואר ראשון בהנדסת בטיחות:

היתרון העיקרי בלימודי תואר ראשון בהנדסת בטיחות הינו משך לימודים ארוך (4 שנים) המאפשר חשיפת הבוגר למגוון רחב של נושאים והתעמקות בחלק מהם. החיסרון העיקרי טמון בכך שבוגר התואר הראשון חסר ניסיון והבנה מעשית בתעשייה ובתהליכים הנדסיים ותעשייתיים. נסביר מדוע חיסרון זה הוא קריטי כל כך. מהנדסים בדיסציפלינות שונות כגון כימיה, חשמל, מכונות, אזרחי וכיו"ב, נחנכים במקום העבודה על ידי מהנדסים ותיקים לאורך תקופה ארוכה, קידומם הוא הדרגתי ומותנה בניסיון ובהוכחת כישורים מקצועיים וניהוליים. לעומתם מהנדס הבטיחות כבר ביומו הראשון הוא יחיד מסוגו במקום העבודה, בד"כ אין מי שיחנך אותו ואין לו עם מי להתייעץ בתחומו. מהנדס הבטיחות מהווה במקום עבודתו סמכות מקצועית עליונה בתחומו, והחלטותיו משלבות החלטות מקצועיות וניהוליות הכוללות היבטים משפטיים. יתר על כן, מרבית היבטי הבטיחות מושגתים על הבנה הנדסית בתחומים ספציפיים כגון – כימיה, קונסטרוקציה, חשמל, קרינה וכיו"ב. מהנדס בטיחות בוגר תואר ראשון חסר את הידע והניסיון המעשי ולכן נופל במקצועות בתחומים אלה למול מהנדסים אחרים וותיקים במקום עבודתו. לפיכך יתקשה לשמש סמכות מקצועית אמיתית בשטח (חרף סמכותו הפורמאלית) הדבר עלול להגיע לידי קונפליקטים במקום העבודה וחוסר הרמוניה בעבודה שעשויה להכשיל את מהנדס הבטיחות בתפקידו ואף להוביל לתקלות בטיחותיות.

ב. מסלול תואר שני בהנדסת בטיחות:

היתרון העיקרי בלימודי תואר שני טמון בכך שבוגר המסלול הינו ברמת בבגרות ובשלות מקצועית-הנדסית גבוהה, בעל ידע, הבנה וניסיון שטח. מכאן שיש לו מסוגלות גבוהה להתמודד עם כלל החסרונות שצוינו בסעיף א' הקודם. החיסרון העיקרי במסלול זה הינו משך הלימודים הקצר יחסית (36 נק"ז במשך כשנתיים) משך זה מציב אתגר בשילוב לימודי ליבה בתחום הנדסת הבטיחות יחד עם התמחויות מקצועיות בתחומי הנדסה ייעודיים כגון בטיחות בניה וקונסטרוקציה, בטיחות בתהליכים כימיים, בטיחות במערכות חשמל ובקרה, בטיחות קרינה ועוד. עם זאת, נציין כי לאור הרקע ההנדסי מתואר ראשון שעמו מתקבלים הסטודנטים, ניתן למקד את הלימודים במקצועות ליבת הנדסת הבטיחות ללא צורך להשקיע זמן בלימודי בסיס כגון מתמטיקה, פיסיקה, סטטיסטיקה וכיו"ב לימודים המחייבים במסלול תואר ראשון.

8. דילמה מקצועית:

מזווית אחרת, עולה השאלה מה מעשי יותר? לקחת איש בטיחות וללמד אותו כימיה (או מקצוע אחר כגון חשמל, בניה, מכונות וכיו"ב), או לחילופין לקחת איש כימיה (או מקצוע אחר כמפורט לעיל) ולהכשיר אותו בבטיחות. הניסיון לאורך השנים, מראה, כי קל ואפקטיבי יותר להכשיר ולהסב מהנדס כימיה למהנדס בטיחות מאשר ללמד איש בטיחות את רזי הכימיה (ובדומה לכך מקצועות הנדסיים אחרים).



המלצות

בטיחות היא תורה הנדסית המבוססת על ניסיון ועל ידע מצטבר שנאגרו מהפרט אל הכלל ואשר גובשו לכללים שיטתיים. בעולם, הנדסת הבטיחות הנה תחום הנדסי ומקצוע מוכר, וראוי שכך יהיה גם בישראל.

9. להשקפתנו, מהנדס הבטיחות צריך להיות חלק בלתי נפרד מכל צוות הנדסי, ומעורב באופן מלא בשלבי התכנון, ההקמה, התפעול, האחזקה והגריטה של תהליך תעשייתי, פרויקט בינוי וכיו"ב תהליכי עבודה הכוללים סיכונים. מהנדסים מהדיסציפלינות השונות (מכונות, כימיה, חשמל וכיו"ב) נוהגים בדרך כלל לתכנן תהליך בר ביצוע ויעיל, אך לא תמיד בקיאים בהיבטים הבטיחותיים. מהנדס בטיחות בעל השכלה מתאימה מסוגל לדבר עם הצוות בשפתו כשווה בין שווים, להשפיע על התכנון ההנדסי ולספק פתרונות ולא רק להציב מגבלות.

10. בחלוף השנים, על סמך הניסיון הנוסף שהצטבר ומתצפיות על הנעשה במשק, עולה מסקנה שונה מדו"ח ועדת אדם לגבי מסלול הכשרתו של מהנדס הבטיחות, וכיום אנו סבורים כי מסלול לתואר שני בהנדסה, הינו מעשי ובר ביצוע יותר מאשר מסלול הכשרה במסגרת התואר הראשון בהנדסה.

הכשרת מהנדס בטיחות במסלול תואר שני בהנדסה M.Sc.

11. האיגוד הישראלי להנדסת בטיחות, ממליץ לאוניברסיטת בן גוריון להתאים את תכנית הלימודים הקיימת על מנת שתכשיר ביעילות מהנדסי בטיחות בעלי ידע ומומחיות הנדרשים על פי השקפתנו, כמפורט בסעיפים הבאים. עוד ממליץ האיגוד למועצת ההנדסה והאדריכלות ולמועצה להשכלה גבוהה, לקדם את פתיחתו של מסלול לתואר שני בהנדסת בטיחות במוסדות אקדמיים נוספים, בהתאם לצרכי המשק.

12. האיגוד ממליץ כי מהנדס בטיחות יהיה בעל מומחיות הנדסית ב:

- א. ניהול סיכונים בטיחותיים.
- ב. תכנון תהליכים חסיני כשל בטיחותי.
- ג. תכנון ואישור הבטיחות והבריאות התעסוקתית: בייצור, בבנייה, בהתקנה ובפירוק לרבות הקמה והריסה של קוים ומתקנים.
- ד. תכנון סביבת עבודה בטיחותית ובריאה.
- ה. תכנון התקנים ואביזרי בטיחות, תכנון מערכות מיגון, התראה ובקרה בטיחותית.
- ו. חקר כשל ותאונות.

13. האיגוד ממליץ כי מהנדס הבטיחות ישתלב בתהליכי התכנון יחד עם מהנדסים מדיסציפלינות אחרות, יתמודד במנהלים ובמקבלי החלטות ויסייע להם להחליט האם רמת הסיכונים מאפשרת ביצועה של משימה נתונה.

14. האיגוד ממליץ כי בוגר המסלול לתואר שני בהנדסת בטיחות ילמד ויתמחה בנושאים הבאים:

א. בתחום ניהול הסיכונים:

- (1) ילמד שיטות אנליטיות, כמותיות ואחרות לאיתור סיכונים להערכתם ולחישובם באמצעות שיטות שונות הקיימות כיום.
- (2) ילמד ויכיר שימוש באלגוריתמים, בתוכנות ובמערכות מחשוב שיעודן ניהול סיכונים.
- (3) ילמד להתאים כלים, שיטות ומתודות להערכת הסיכונים כנגזר מאופי הפעילות/המשימה/המתקן/התהליך/המפעל וכיו"ב.
- (4) יוסמך לחשב ולהעריך את הסיכונים בצורה כמותית ומדויקת. יוסמך לחשב ולהעריך את הסיכון השיורי לאחר נקיטת אמצעי מניעה ובקרה. ילמד לחשב ולהעריך השפעתם של שינויים על רמת הסיכונים (Change impact analysis).
- (5) יוסמך להוביל צוות ניהול סיכונים ותהליכי ניהול סיכונים בארגון.



ב. בתחום התכנון ההנדסי:

- 1) ילמד עקרונות לתכנון סביבת עבודה בטוחה ובריאה לרבות מילוי צרכי העובד בתחומי גהות, ארגונומיה והנדסת אנוש.
- 2) ילמד עקרונות לתכנון פתרונות בטיחות: אביזרים, התקנים, מערכות בקרה, התראה, הגנות ומיגונים, לרבות מערכות תגובה בחירום ואמצעים למזעור נזקים.
- 3) ילמד את עקרונות תכנון הבטיחות והבריאות התעסוקתית בתחומים כגון: יצור, בנייה, התקנה ופירוק (לרבות הקמה של קווים ומתקנים והריסתם). יוכשר לתכנן תהליכים חסיני כשל.

ג. בתחום חקר הכשל וחקירת תאונות:

- 1) ילמד עקרונות ושיטות לחקר כשלים, שימוש בטכנולוגיות ובאנליזות.
- 2) ילמד עקרונות ושיטות לחקירת תאונות, אירועי בטיחות ותחלואה תעסוקתית, איסוף ממצאים, הסקת מסקנות, שחזור תרחיש, הפקת לקחים, היבטים משפטיים.
- 3) ילמד לתרגם לקחים לפעולות מתקנות ולגבש פתרונות תהליכיים והנדסיים לכשלים.

15. עוד אנו ממליצים שהתואר השני בהנדסת בטיחות יספק גם מסגרת מחקרית אשר תרחיב את הבסיס המדעי של הנדסת הבטיחות, ותהווה תשתית לתואר שלישי.

16. התמחות מקצועית, לימודי המשך ורכישת הסמכות:

- א. בהמשך לעקרונות המקצועיים הכלליים הנלמדים במסגרת התואר השני, יתמחה מהנדס הבטיחות במסגרת מערך ההכשרות וההסמכות של לשכת המהנדסים האדריכלים והאקדמאים במקצועות הטכנולוגיים.
- ב. לשכת המהנדסים האדריכלים והאקדמאים במקצועות הטכנולוגיים תנהל מערך לימודים, הכשרות והשתלמויות לצורך התמחות ספציפית והקניית הסמכה מקצועית בבטיחות, בתחומים כגון: מכונות, כימיה, חומרים וקורוזיה, חשמל, אקוסטיקה, בנייה, קרינות (מייננות, לא מייננות, לייזר, אלמ"ג), גז, גרעין, ביולוגיה, אש, תעופה, הסעת המונים, אירועים המוניים ועוד.
- ג. לימודים כאמור, יהיו ברמה אקדמית המותאמת למהנדסים ויושם דגש על שילוב מרצים מבכירי המומחים בתעשייה ובמשק, שיתחו סוגיות ובעיות מעשיות. הלימודים ישלבו סיורים מקצועיים בתעשייה. בקורסים מסוימים ההסמכות יותנו בביצוע פרויקטי גמר המבוססים על צרכים אמיתיים בתעשייה.
- ד. מהנדס הבטיחות יהיה זכאי לבחור בכל עת, בהתאם למסלול התפתחותו ועל פי צרכיו, הכשרה או הסמכה בתחום אחד או יותר מבין אלה המפורטים לעיל.
- ה. הסמכת מהנדס הבטיחות לממונה על הבטיחות – מהנדסי בטיחות אשר יחפצו בכך, יוכלו לרכוש הסמכה כממונים על הבטיחות בהתאם לחוק ארגון הפיקוח על העבודה, במסגרת תכנית לימודי השלמה המותאמת למהנדסי בטיחות, שתגבש לשכת המהנדסים, בכפוף לאישור מפקח העבודה הראשי.

דרישות חוק להעסקת מהנדס בטיחות

17. האיגוד ממליץ למועצת ההנדסה והאדריכלות בשילוב משרד העבודה, לקדם חקיקה המציבה דרישות ברורות למקומות העבודה, סביבות עבודה ו/או תהליכי עבודה בישראל שבהם תהיה חובה להעסיק מהנדס בטיחות מוסמך בהתאם לשני תבחינים עיקריים:

- א. **מאפייני הפעילות** – לפי ענפים, תשתיות, ציוד, חומרים, תהליכים, מפעל מסוכן כהגדרתו בחוק, פוטנציאל לאסון המוני, לנזקי סביבה וכיו"ב.
- ב. **היקפי פעילות** – מספר מועסקים, משמרות, היקפי שעות מושקעות, היקפי יצור פריסה גיאוגרפית וכיו"ב.

18. לגבי נושאים שבהם הסיכון הפוטנציאלי גבוה במיוחד ניתן לשקול ייחוד פעולות למהנדס בטיחות בהתאם לסמכותו של שר העבודה/הכלכלה בחוק המהנדסים והאדריכלים.



תואר אקדמי בניהול בטיחות

19. במקביל ובנוסף לתכנית להכשרת מהנדסי בטיחות המפורטת מעלה, האיגוד ממליץ להקים מסלול תואר שני ב"ניהול בטיחות" במסגרת הפקולטות לניהול באוניברסיטאות ובמוסדות אקדמיים (בדומה לתואר שני במינהל עסקים).

20. בנוסף, אנו ממליצים לקדם אקדמיזציה של המקצוע "ממונה על הבטיחות" ע"י הקמת מסלול לתואר ראשון בניהול בטיחות במסגרתו ישולבו תכני קורס ממונים בנוסף לקורסי ניהול.

בכבוד רב,

יורם אלעזרי - יו"ר האיגוד