

# חקירה בטיחותית - של על פי מודל של ח



**חקירה בטיחותית מיועדת לבחון שיטות ודרכים למניעת תאונות דומות בעתיד. מומלץ לאמץ את הגישה כדי להוסיף היבטי בטיחות בחקירת תאונות הדרכים בארץ, ולהרחיב את חקירת תאונות העבודה - כדי לאתר נקודות תורפה מערכתיות ואנושיות**

מאת אינג' אמיר פרי

## **ועדת החקירה הבטיחותית לאירועי אוויר ואוויר הכשרת חוקרים**

ועדת החקירה הבטיחותית לאירועי אוויר מורכבת מצוות מומחים, מתחומים שונים, בהתאם לסוג התאונה. החקירה מוגדרת, כאמור, כחקירה בטיחותית שמטרתה: איתור הסיבות והנסיבות לתאונה ומניעת אירועים דומים בעתיד. לכן, ועדת חקירה כזאת איננה מחפשת אשמים לתאונה, איננה מצביעה עליהם, איננה שופטת אותם וכמובן שאיננה מענישה אותם או יוצאת עם המלצות אישיות כנגד מי מהמעורבים בתאונה.

הוועדה מובלת ומונחת מבחינה מקצועית ע"י חוקר מקצועי, המוסמך לחקירת תאונות אוויר. הכשרתו המקצועית של חוקר כזה נעשית בארה"ב, בסידרת קורסים (בסיסיים ומתקדמים) המתקיימים באוניברסיטת USC (University of Southern California), או ב-SCSI (Southern California Safety Institute).

## **מודל חקירת תאונות אוויר**

ניסיונות לחקור תאונות עבודה ותאונות דרכים על פי מודל חקירה בטיחותית של תאונות אוויר, העלו כי היבטי החקירה הבטיחותית של תאונות אוויר מתאימים לחקירת 2 סוגי התאונות הנ"ל. על פי תפישה זו - התאונה היא רצף של כשלים מערכתיים שבסופם מתרחשת התאונה.

המודל הבסיסי, המקובל בחקירת תאונות אוויר, הוא מודל "חמשת ה-M" ("5 M's"): אדם (Man); מכונה (Machine); סביבה (Media); משימה (Mission) וניהול (Management).

מטרתה העיקרית של חקירה משטרתית לאחר תאונת דרכים - ובדגש, לאחר תאונה קטלנית - היא לבחון האם מישוה מהמעורבים בתאונה עבר על החוק, כדי להעמידו לדין בשל אי-ציות לחוק. חקירה כזאת היא במהותה חקירה משפטית, המתמקדת באיסוף ראיות ואיננה מתייחסת, בד"כ, לכשלי בטיחות שקדמו להתרחשות התאונה.

מלבד "חקירה משפטית" כזאת קיימת גם "חקירה בטיחותית". חקירה בטיחותית, לדוגמה, נערכת על ידי החוקר הראשי של תאונות אוויר במשרד התחבורה. לאחר כל תאונה אווירית מוקמת ועדת חקירה, המתמקדת בהיבטי הבטיחות של התאונה. דוח החקירה הבטיחותית כולל מימצאים, מסקנות והמלצות. החקירה כוללת שיחזור של תרחיש התאונה, במטרה להבין את הגורמים לאירוע והסקת מסקנות - כדי להמליץ על פעולות למניעת תאונות דומות בעתיד.

גם לאחר תאונות עבודה - מטרת מערך הבטיחות בארגון היא למנוע הישנות תאונות דומות בעתיד, כשהיבטי האחריות לתאונה ומציאת האשמים מוטלת על נציגי החוק (המשטרה, אגף הפיקוח על העבודה, הפרקליטות וכו').

כך ניתן למתוח קו מקביל בין מטרותיה של חקירה בטיחותית בנושאי התחבורה, לבין חקירת תאונות עבודה בנושאי בטיחות וגיהות (פגיעה ומחלות מקצוע). שאלות לא מעטות העולות על הפרק בנושאי התחבורה מקבילות לשאלות הנשאלות במפעלי התעשייה.

**הכותב הוא מרצה וחוקר במחלקה להנדסת תעשייה וניהול באוניברסיטת בן-גוריון, לשעבר ראש היחידה לניהול והנדסת בטיחות שם.**

התאונה נבחנת עפ"י כל אחד מהגורמים האלה, בתחילה בנפרד, ולאחר מכן נבדקים הקשרים בין כל אחד ממרכיבי המודל למרכיבים האחרים.

בסיום החקירה כותב כל אחד מחברי ועדת החקירה "דוח מומחה" בתחומו. החוקר המקצועי, המנחה את ועדת החקירה, בונה מכל הדוחות האלה דוח אחד, משולב, שהוא דוח הוועדה. כאשר קיימים חילוקי דעות בין חברי הוועדה - נערכת הצבעה דמוקרטית, ודעת הרוב היא הקובעת.

# תאונות עבודה ודרכים - קירת תאונות אוויר

הדרישה הקיימת ברשיון הנהיגה להרכיב במהלך הנהיגה משקפיים או עדשות מגע. שוטר העוצר נהג לבדיקה שגרתית מתקשה לזהות האם הנהג אכן מרכיב עדשות מגע. בנוסף, במקרים מסוימים, כאשר נהג ממושקף זקוק לעדשות "צילינדר" - הצילינדר נדרש גם בעדשות המגע. דרישה כזאת מייקרת את מחיר עדשות המגע עד פי 3 לערך. נהג שמצבו הכלכלי איננו שפיר ירכוש, ככל הנראה, עדשות מגע ללא צילינדר וכך נפגם בידועין כושר הראייה שלו.

## סיכונים בעקיפת החוק לליווי נהגים חדשים

מחקירה בטיחותית של השילוב בין הגורם האנושי בתאונות דרכים (Man) והגורם הניהולי (Management) עלה כי, ניתן לעקוף את דרישת החוק בישראל, המחייבת נהג חדש לנהוג במשך 3 החודשים הראשונים לאחר קבלת הרישיון המעשי רק בליווי נהג מנוסה. נהג חדש שלא ייקח את ההגה לידיים במשך תקופה זו, מכיוון שהתקשה למצוא לעצמו נהג מלווה, יעלה על הכביש בתום התקופה האמורה ללא ניסיון מעשי ויתכן שאף ישכח ו/או יאבד במשך החודשים של אי-נהיגה את המיומנויות שרכש במהלך לימודי הנהיגה שעבר.

## חתימה על תדריך מקצועי שאיננו בשפה המובנת לנהג

תדריך בעל פה שניתן לנהג מקצועי לפני נסיעה, חייב לכלול את יעד הנסיעה ומטרתה, תיאור מסלול הנהיגה וכללי זהירות. בסיום התדריך מומלץ לתת לנהג תדריך בטיחות מודפס, ולהחתים אותו על אישור שאכן קיבל את התדריך. התדריך אמור להיות כתוב בשפה הידועה ומובנת לנהג. בחקירה בטיחותית של השילוב בין הגורם האנושי בתאונות דרכים (Man) והגורם הניהולי (Management) נמצא כי קיימים מצבים שבהם הנהג מתבקש לחתום על תדריך הכתוב בשפה שאינה מובנת לו.

## השפעת אווירת צוות על הבטיחות

מחקירה בטיחותית של השילוב בין הגורם האנושי בתאונות דרכים (Man) והגורם הניהולי (Management) מתבררת החשיבות שבאופן צוות הנהגים היוצאים לביצוע משימת נהיגה, בדיוק באותה גישה הנהוגה במהלך הצוות למשימת תעופה. לאווירה הקיימת בתא הנהג כמו לאווירה בתא הטייס נודעת חשיבות רבה לגבי ההצלחה בביצוע המשימות בצורה בטוחה.

## דוגמאות למימצאי חקירות בטיחותיות בתאונות דרכים קטלניות על פי מודל "חמשת ה-M"

### כשל בתהליך איתור נהגים המתאימים להיות נהגים מקצועיים

מחקירה בטיחותית של הגורם הניהולי (Management) בתאונות דרכים עלה כי, קיים כשל בתהליך איתור נהגים המתאימים להיות נהגים מקצועיים במדינת ישראל, ומכאן - כשל באיתור נהגים מקצועיים לצה"ל (רוב הנהגים המקצועיים בארץ הועסקו כנהגים בזמן שירותם הצבאי). כדי לתת מענה לבעיה פותחה (באוסטריה) מערכת מיון ממוחשבת לבדיקת כישורי התאמה קוגניטיביים (תפיסתיים) של נהגים. הנהג המיועד לשמש כנהג מקצועי, נדרש לבצע 9 מבחנים שונים במשך כשעה. תוצאת המיפוי, המתקבלת במבחני המיון הללו, משמשת ב-11 מדינות באירופה, לפני מתן אישור לנהג לשמש כנהג מקצועי על אוטובוס, מוניית או משאית.



מערכת ממוחשבת לבדיקת  
כישורי נהיגה קוגניטיביים

מערכת המיון מאפשרת לקבל נתונים על הנהג הנבדק בתחומים הבאים: מהירות התפשישה, מהירות התגובה, הערכת מהירות, הערכת מרחק, עמידה בלחצים, התנהגות במצבי לחץ, זיכרון לטווח קצר, קליטת המידע המוצג, ביצוע מוטורי של שתי משימות בו-זמנית, יכולת ריכוז בפעולות ומצבים החוזרים על עצמם (מונוטוניות) וכדומה.

### כושר ראייה לקוי ואכיפת דרישות החוק

מחקירה בטיחותית של השילוב בין הגורם האנושי בתאונות דרכים (Man) והגורם הניהולי (Management) עלה כי, קיים קושי לאכוף את



חבר ועדת החקירה המתנגד לאופן הצגת נושא מסוים בדוח המסכם, נדרש להגיש מסמך הסתייגות המוצג ביחד עם דוח הוועדה. דוח ועדת החקירה כולל מימצאים, מסקנות והמלצות. המימצאים הם המידע והנתונים שאספה ועדת החקירה לגבי רצף ההתרחשויות שהוביל לתאונה. בין המימצאים קיימים "מימצאים סיבתיים", הכוללים מימצאים שאילו היו מוציאים אותם מהרצף הכרונולוגי של ההתרחשויות - רצף האירועים היה נקטע והתאונה הייתה נמנעת.



הסתרות אופייניות בצומת

במעבדות ניתן לבחון את סיבות הכשל של חומרים, הרכבים של חומרים, רמת הזיהום בדלק/שמן וכד'. לדוגמה: ניתן לענות ברמת ודאות טובה על השאלה "האם הפנסים דלקו בעת התאונה?" עפ"י בדיקת חוט הלהט של נורה שהתרסקה בתאונה במיקרוסקופ אלקטרוני סורק.

בנורת הפנס הקדמי של כלי הרכב מצויים שני חוטי להט: אחד עבור "אור הדרך" והשני של "האור הגבוה". בחינת חוטי הלהט של נורת רכב שהתרסקה, באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני סורק, מאפשרת לדעת איזה אור היה בשימוש: אור דרך או אור גבוה. כאשר הנורה דולקת חוט הלהט מתלהט ומתרכך (מצבו דומה ל"בדק"). כאשר הפנס נפגע ואגס הזכוכית של הנורה מתרסק - ניתן למצוא, לעתים, רסיסי זכוכית ממנו על חוט הלהט. הימצאות שרידי אגס הזכוכית על חוט הלהט מעידה שהנורה דלקה (החוט להט והיה במצב "בצק"). צורתו וכיוונו של חוט הלהט (ביחס למיקומו בנורה השלמה) שהתקרר והתמצק לאחר שהנורה כבתה (נפגעה במהלך ההתנגשות) - מצביע על כיוון תנועת הרכב בשעת התאונה.



בחינת חוט הלהט של נורת רכב שהתרסקה בתאונה

באמצעות מדידת העיוות (דפורמציה) של מבנה כלי הרכב לאחר התאונה, והשוואתו למבנה רכב תקין, ניתן לחשב מה היתה המהירות היעוברת לתאונה" (בשניות שלפני האירוע) של כל אחד מכלי הרכב המעורבים. התהליך דורש מיומנות, מקצועיות ושימוש בתוכנת מחשב כדוגמת תוכנת "Crash", המשמשת בחקירת תאונת דרכים במעבדה להנדסת רכב בטכניון, חיפה.



מדידת הדפורמציה של רכב לאחר תאונה

בחינת סיבות לכשל בבדיקות מעבדה, שימוש בבדיקות מעבדה לחקר הכשל, כחלק מתהליך החקירה, הוא תחום המסייע מאוד בחקירת תאונות אוויר.

## משמעותה וחשיבותה של

### "נקודת התערבות" למניעת טעויות

מחקירת הגורם האנושי (Man), עלה גם כי להימצאותם של נהג נוסף או נוסע, היושבים ליד הנהג, יש חשיבות מכרעת בבטיחות הנסיעה - ע"י מתן התרעות לנהג על אופן נהיגתו ו/או על חריגה ממסלול הנסיעה. התערבות כזאת המוגדרת כ"נקודת התערבות" צריכה להיות מוקדמת, ככל האפשר, כדי לאפשר לנהג להימנע מביצוע טעויות. "נקודת ההתערבות" חיונית הן בתחום הטייס והן בנהיגה בדרכים.

### סיכונים באובדן תחושת כיוון

מחקירת הגורם האנושי (Man), התברר כי חלק מהתופעות שחווה נהג במהלך הנהיגה דומות לתופעות שחווה טייס. לדוגמה: אובדן ההתמצאות המרחבית של טייס (Situational Awareness) קיימת גם בנהיגה והיא נקראת אובדן תחושת הכיוון (Directional Awareness). התחושה הבסיסית היא חוסר אוריינטציה לגבי המיקום ולגבי כיוון הנסיעה, לחץ נפשי ובלבול הפוגמים ביכולתו של הנהג לקבל החלטות.

### צמצום שדה הראייה

#### עקב ליקויים בתכנון הרכב

מחקירה בטיחותית של המכונה (Machine) על פי מודל "חמשת ה-M" ניתן לראות כי בכל כלי רכב קיימים פגמים בתכנון, המצמצמים ו/או מסתירים את שדה הראייה. לדוגמה: מיקום קורת הדלת או מיקום המראות הצדדיות וגודלן.

על פי הגישה הבטיחותית הפרו-אקטיבית, יש להעדיף אמצעים טכנולוגיים על פני הישענות על כישוריו של הנהג. כאשר קיימת אפשרות לטעות אנוש בשל ליקוי תכנון - היא תתממש במקדם או במאוחר. כך שיש לדאוג להתקנתו של רכיב באופן שיפתור את בעיית השטח המוסתר לדוגמה: הקטנת גודל המראה הצדדית ו/או שינוי מיקומה.

### ליקוי תכנון בצמתים

#### המסתירים את שדה הראייה

מחקירה בטיחותית של גורמי הסיבה בתאונה (Media) ניתן ללמוד כי בצמתים בארץ קיימים ליקויי תכנון וליקויי בטיחות אשר גורמים להסתרת שדה הראייה של הנהג. חלק מהליקויים הללו ידועים לגורמים האחראים לטיפול בהם, אך הם אינם מטופלים, בד"כ, בשל בעיות תקציב.

הנהג צריך להיות מיומן מספיק כדי לדעת כיצד להתגבר על הסתרות כאלה - סטטיות (תמרורים, שלטי הכוונה, עמודי תאורה, תחנות אוטובוס וכיו'), או דינאמיות (חלקים מכלי הרכב: מראה צידית, קורת דלת או נוסע היושב ליד הנהג).

### שיחזור תאונה ככלי עזר להבנת האירוע

כלי עזר רב ערך בחקירה הבטיחותית הוא שיחזור התאונה. השיחזור מסייע לחוקר להבין את פרטי מהלך האירועים.

## סיכום

החקירה הבטיחותית איננה תחליף לחקירה המשפטית שאותה מקיימת המשטרה במקרה של תאונות דרכים ותאונות עבודה. תפקידה של החקירה המשטרתית היא לקבוע האם המעורבים בתאונה נהגו או לא נהגו על פי החוק. בחקירת תאונות עבודה מסתפקים החוקרים, בד"כ, באישוש/שלילת רשלנות, ובחינת היבטי החוק מוטלת על אנשי אגף הפיקוח על העבודה.

החקירה הבטיחותית של תאונה מיועדת לבחון שיטות ודרכים למניעת תאונות דומות בעתיד. מומלץ לאמץ את הגישה של חקירה בטיחותית בתאונות דרכים (קטלניות ואחרות), כדי להוסיף את היבט הבטיחות בחקירת תאונות הדרכים בישראל. החקירה צריכה לעזור בפעולות למניעת תאונות דרכים קטלניות וחמורות על ידי שיפורים בתהליכי מיון הנהגים, מערכי לימוד הנהיגה, מערכות המיגון בכלי הרכב ושיפור תשתית הכבישים. וכך - להביא לשיפור הבטיחות בכבישי הארץ.

באותה דרך, לפחות, ראוי להרחיב את חקירת תאונות העבודה - כדי לאתר נקודות תורפה במערך המיכון והציוד התעשייתי (תהליכים, מכונות, ציוד וכד'), האיתור, הרכישה וההתקנה שלהם במקומות העבודה; וגם בתהליך שיבוץ עובדים לתפקידיהם השונים, עפ"י מאפייני אישיות, שיוביל להתאמה טובה יותר של עובד למטלות ולדרישות הזהירות ושיקול הדעת הנדרשים ממנו במהלך העבודה. ■



חוט להט של נורת רכב בהגדלה של מיקרוסקופ אלקטרוני סורק. על החוט נראים שברי אגס הזכוכית ששקעו בחוט הלהט ברגע ההתרסקות.

על השאלה האם הנהג ונוסעי הרכב חגרו חגורות בטיחות בעת התאונה, ניתן ללמוד על פי מימצאים המתגלים על גבי חגורות הבטיחות, האבזמים והמותחנים. מהספרות וממחקרים ידוע כי הפגיעות במקרה של תאונת דרכים חמורות יותר אצל מי שלא היו חגורים בחגורת הבטיחות. כריות האוויר אינן מהוות תחליף למיגון שמעניקות חגורות בטיחות.

## תקינות מערכות הבטיחות וההצלה

בחקירת תאונות אוויר, ובמיוחד הקטלניות, נבדקות מערכות הבטיחות וההצלה, המיועדות להצלת חיי הטייסים, כדי להפיק לקחים ולשפר את המערכות מבחינה הנדסית, כשנדרש.

גם בחקירת תאונות דרכים יש לבחון את מערכות הבטיחות וההצלה ולבדוק האם שיעור, ועד כמה, בשמירת חיי של הנהג.

## המוסד לבטיחות ולגיהות

### קורסים וימי עיון בסניף חיפה והצפון לחודשים ינואר, פברואר, מרץ, אפריל 2006 הקורסים וימי העיון יתקיימו במלון הר-הכרמל בחיפה

#### ינואר

קורס נאמני בטיחות (בסיסי)	11.1-9.1	לעובדים, מנהלי עבודה ואחרים
קורס הובלת חומ"ס (בסיסי)	6.1-5.1	למובילי חומ"ס
קורס הובלת חומ"ס (רענון)	27.1; 13.1	למובילי חומ"ס
יום עיון: בטיחות בעבודות חשמל	16.1	לחשמלאים ועובדי תחזוקה

#### פברואר

קורס מומים על הבטיחות בעבודה. 36 ימי לימוד במתכונת יום בשבוע	פתיחה: 14.2	לטכנאים; הנדסאים; בעלי תואר I במדעי החיים
קורס נאמני בטיחות (בסיסי)	22.2-20.2; 8.2-6.2	לעובדים, מנהלי עבודה ואחרים
קורס הובלת חומ"ס (בסיסי)	3.2-2.2	למובילי חומ"ס
קורס הובלת חומ"ס (רענון)	24.2; 10.2	למובילי חומ"ס

#### הרצאות בודדות (בהיקף 2-4 שעות הדרכה, בתיאום עם המזמין ולפי צרכיו)

- בטיחות כללית
- ציוד מגן אישי
- הגנת מכונות
- סיכוני חשמל
- סיכונים עם חומרים כימיים
- בטיחות בעבודה עם כלי עבודה ידניים
- ארגונומיה ומניעת כאבי גב תחתון
- הגורם האנושי בתאונות עבודה
- גיהות תעסוקתית
- עזרה ראשונה
- תנאים סביבתיים (רעש, אבק, תאורה)
- חקירת תאונות עבודה
- בטיחות בהפעלת מלגזה
- בטיחות בעבודות בנייה
- חוקים ותקנות (חוק ארגון הפיקוח ופקודת הבטיחות בעבודה)
- אחריות משפטית
- בטיחות בעבודות ריתוך
- בטיחות אש
- עזרה-ראשונה
- החלקות, מעידות ונפילות
- בטיחות בהפעלת עגורן
- בטיחות בעבודות תחזוקה

לפרטים נוספים: סניף חיפה והצפון  
טל': 04-8218890-4, פקס: 04-8218895