

הכנס השלישי לטכנולוגיות מקדמות בטיחות

המוסד לבטיחות ולגיהות ממשיך במסורת שיתוף הפעולה עם הטכניון, ובחודש יוני התקיים הכנס ה-3 לטכנולוגיות מקדמות בטיחות בפקולטה להנדסת מכונות. בכנס השתתפו כ-300 איש, העוסקים בבטיחות בעבודה: מהנדסים, יועצים וחוקרים מהטכניון, וממונים על הבטיחות

מאת מיכאל לרר ושושי סטולרז'

המוסד לבטיחות ולגיהות
צילום: המוסד לבטיחות ולגיהות

כל הטכנולוגיות הלבטיות שבנמצא, התורמות לקידום הבטיחות בעבודה, כגון זיהוי מצבי לחץ אצל העובד ושימוש באמצעים שונים להפחתת הלחץ. בהרצאתה, נתנה ד"ר רז מקום של כבוד למיזם "קו החיים" של המוסד לבטיחות ולגיהות - מוקד לאומי למניעת תאונות עבודה - המאפשר לכל אדם לדווח באמצעות הטלפון הנייד או האינטרנט על מפגעים באתרי בנייה, ובכך, למנוע פגיעות בנפש. המיזם נמשך בהצלחה רבה, מאז שהושק לראשונה, לפני חודשים מספר, ועד כה התקבלו בו מאות פניות, אשר דווחו למדריכי הבטיחות של המוסד ולמפקחי העבודה וטפלו. עוד הדגישה ד"ר רז את חשיבות שיתוף הפעולה בין כל הגורמים העוסקים בבטיחות בעבודה, כדי לעורר מודעות גוברת לסדר היום הלאומי בתחום זה (עמ' 4 לעיל).

טכנולוגיות מקדמות בטיחות באש והצלה

רב-טפסר דדי שמחי, נציב הרשות הארצית

לכבאות והצלה, אמר כי הקים ועדה מייעצת בטכניון לקידום נושא הכבאות לעוד שנים רבות קדימה. הייעוד - הצלת חיים ושמירת רכוש, וקידום סביבה בטוחה. לדבריו, כל צבאות ערב וחילותיהם בכל שנות המדינה לא הצליחו לגרום את הנזק שגרם גל השרפות של שנת 2016. כ-600 בתים נשרפו כליל בשרפות שהיו בשנים האחרונות בישראל ועוד כ-1,000 ניזוקו. נזקי הרכוש ואובדן חיי אדם בעולם, כתוצאה משרפות, הם אדירים. בשרפה בקליפורניה לפני כשנה עלו באש קרוב ל-18,000 מבנים ו-100 איש קיפחו את חייהם. בישראל, מקפחים את חייהם - בממוצע, בכל שנה - 20 בני אדם בשרפות. לדבריו, הגורם העיקרי לפרוץ שרפה הוא הגורם האנושי, והסיבות העיקריות הן רשלנות וחוסר תשומת לב. אש אינה פורצת יש מאין. הגורם השני בחשיבותו לפרוץ שרפה הוא כשל חשמלי. בכל חומר קיימת טמפרטורת התלקחות, וכדי שחומר יבער, לא חייבת להיות אש. כשחומר מתחמם מספיק הוא מגיע לטמפרטורת התלקחות ואז פורצת אש.

עבודה באש גלויה: אירועי שרפה רבים התרחשו עקב תקלה בציד לגילוי או לכיבוי אש, או כאשר מסיבה כלשהי אנשים סגרו את



פרופ' פרץ לביא, נשיא הטכניון, פתח ואמר

כי הפעילות בתחום הבטיחות בעבודה החלה עוד בראשית דרכו של הטכניון. הוא ציין כי בשנת 1954, במסגרת עבודת הדוקטורט הראשונה שנכתבה בטכניון, בבית הספר לאווירונאוטיקה שבפקולטה להנדסה, בדק עוזיה גליל - מי שעתיד לימים להיות מאבות הסטארט-אפ בארץ - פיתוח טכנולוגיות לזיהוי גז הראדון (חומר רדיואקטיבי) במי חמי טבריה. פרופ' לביא הוסיף כי בשנות השמונים הוא עצמו עמד בראש מעבדה שעסקה בפרויקטים בתחום הבטיחות, ובהם הפרעות שינה והשפעתן על תאונות עבודה. מאז, נעשתה בישראל פריצת דרך טכנולוגית במגוון רחב של נושאים, ולכן, לדבריו, הגיע הזמן להשתמש בפיתוח טכנולוגי, כדי להגביר את הבטיחות בעבודה בארץ, שההתנהלות במסגרתה כיום היא "מערב פרוץ". עוד הוסיף כי ישנו רעיון להקים בטכניון מרכז ידע לאומי לקידום הבטיחות, אשר יוביל לפיתוח של טכנולוגיות בתחום זה. השימוש בטכנולוגיה לקידום הבטיחות יוביל לפריצת דרך בתחום הבטיחות, כפי שהטכנולוגיה הובילה לדברים דמיוניים בעולם הרפואה ובעולמות אחרים. בכינוס שנערך בתחום הרפואה הוצגו התקן לביש בעל חיישנים המנטרים לחץ דם, דופק והזעה. גם פותחה מדבקה לניטור הדבקה בשחפת. באופן דומה, מסכם פרופ' לביא, אפשר לפתח חיישנים שינטרו סביבות עבודה מסוכנות, חומרים מסוכנים בסביבת העובד וכד'.



אינטראקציה בין העובד לטכנולוגיה חכמה

ד"ר אורנית רז, מנכ"ל המוסד, דיברה על

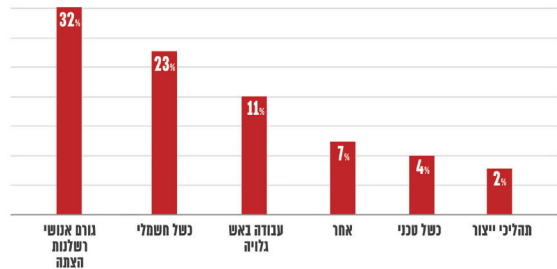
הצורך ללמוד ולהבין את האינטראקציה שבין ההתנהגות האנושית לשימוש בטכנולוגיות חכמות כדי לפתח את היכולת לקידום הבטיחות בעבודה. בין השאר, ציינה ד"ר רז את הטלפון החכם, את טכנולוגיית התלת-ממד, את הטכנולוגיה הלבטית ואת השימוש ברחפנים ובכלי טיס בלתי מאוישים (כטב"ם). כמו כן, סיפרה על עבודה שנעשתה באחת האוניברסיטאות באירופה, שסקרה את



האש ברמה המקצועית הגבוהה ביותר. כמו כן, צריך להפיץ ידע לפעולה נכונה בשעת שרפה בקרב העוסקים בתחום הבטיחות ולתרגל את נושא הכיבוי. למשל, בחדר שפורצת בו אש ואין בתוכו אנשים, יש להחזיק את הדלת סגורה. לשרפה נחוצים שלושה מרכיבים: חומר, גורם הצתה וחמצן. כיוון שכך, אם הדלת סגורה ואין אספקת חמצן, האש תדעך לבדה.

בתי מגורים מסוכנים יותר ממבנים ציבוריים, כיוון שלאזרח הפשוט אין מודעות ואין יכולת לתחזוקה שוטפת. אין רגולציה המחייבת בתים פרטיים, ואין דרישה כי תהיה. לעומת זאת, בישראל, מספר לוחמי האש ל-1,000 איש קטן בצורה משמעותית לעומת העולם המערבי.

המערכות. למשל, דליפת אמוניה גדולה התרחשה בישראל בשעה שנטרלו את מערכת גילוי דליפת הגז לצורך טיפול בתקלה אחרת. לנציב הכבאות יש הוראות ברורות אילו פעולות לנקוט כאשר באים לתקן מערכות מורכבות.



////// טכנולוגיות מקדמות בטיחות באש ובהצלה | הרצאת נציג כבאות והצלה רדי שמחי, רב טכסר

לדברי שמחי, צריך לקדם את תרבות הבטיחות למניעת שרפות. האמצעים לכך פשוטים. למשל, התקנת גלאי עשן. גלאי עשן עולה 40 שקל והסוללה שלו עמידה ל-10 שנים. מכשיר זה יכול להציל חיים רבים, כיוון שברוב המקרים הלכודים נחנקים קודם כל מהעשן, ולאחר מכן נהרגים בשרפה. גם "פרפר" במנעול הדלת, לפתיחתה מבפנים, יסייע במקרה של לכודים הנעולים מבחוץ.

בחודשים האחרונים פועלת במסגרת לוחמי האש (כבאות והצלה) מחלקת מחקר ופיתוח, שאמורה לעסוק בטכנולוגיות לגילוי ומניעת אש, לפיתוח חומרים שיהיו תוספים למים במכליות ואשר יעצימו את יכולת המים לכיבוי האש. כמו כן, שוקדים במחלקת המחקר על פיתוח אמצעים לכיבוי אש, כגון רחפנים, רובוטי כיבוי ואפליקציות, זאת, מתוך ההבנה שיש לטפל בכיבוי האש מהר ככל האפשר, כיוון שככל שהיא בוערת זמן רב יותר, גם טמפרטורות הלהבה עולה מאוד, עד אשר אפילו העשן בוער, ואז נגרמים נזקים משניים.

במטרה לשפר את יכולות הלחימה באש, מספר שמחי, פועלים
בנציבות הכבאות וההצלה גם לשיפור מערך כוח האדם.
בראשון לציון נבנית מכללה לאומית, שתעסוק בהכשרת לוחמי

שמחי מוסיף כי צריך לשנות את החשיבה האסטרטגית לפעולה בשעת שרפה. יש לבנות מעליות עמידות בפני אש, ואשר אפשר להשתמש בהן לחילוץ בשעת שרפה. חילוץ אנשים ממבנים רבי-קומות במעליות מהיר לאין ערוך מפניו במדרגות. לכן, יש לשנות את התפיסה שעל פיה אין להשתמש במעליות בשעת חירום.

"שיתוף פעולה בין כל העוסקים בבטיחות"

אלון פל, סמנכ"ל המוסד לבטיחות ולגיהות, אמר כי תרבות הבטיחות מושתתת על חלקים רבים שמרכיבים את פאזל הבטיחות. בין השאר, הוא ציין את מערכת הרגולציה הקובעת את החוקים והתקנות, את מערכת האכיפה, את האקדמיה שתורמת ידע ומחקר, את



גופי ההכשרה השונים, את הממונים על הבטיחות, שעוסקים הלכה למעשה בבטיחות, את המהנדסים והמפקחים, וגופים נוספים, וכמובן, את אנשי המוסד לבטיחות ולגיהות שעוסקים בהסברה ובהדרכה באלפי אתרים בכל רחבי הארץ. כל אחד מהחלקים הוא חשוב להבנה ולהרכבה של תמונת הבטיחות השלמה.

הוא הוסיף: "כדי לקדם את הגישה הכוללת בבטיחות בעבודה, הקים המוסד לבטיחות ולגיהות צוות אסטרטגי המורכב משלושה גופים: המוס"ל עצמו, המוסד לביטוח לאומי והרגולטור. המטרה בכך הייתה לייצר גוף שיגבש מטרות ודרכים לקידום הבטיחות, הלכה למעשה".



מדע ואימוץ טכנולוגיות

פרופ' איילת צברי-ברעם, מהפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה בטכניון, עסקה בהרצאתה בעיקר בשאלה מדוע אנשים בוחרים לא להשתמש בטכנולוגיה מקדמת בטיחות זמינה, בטוחה ויעילה, שעשויה להציל את חיי ילדיהם.



הטכנולוגיה המדוברת היא חיסונים. בהרצאה הועלו סיבות להססנות כלפי טכנולוגיות מקדמות בטיחות, אשר אחת מהן הצביעה על כך שהססנות הורים כלפי חיסונים משקפת במידה רבה חוסר אמון של הציבור ברשויות.

כדי להצליח להעביר מסר, יש לשכנע במהימנותו. רוב האנשים מקבלים החלטות על פי מי שהחליטו להאמין להם. מקבל המסר צריך להיות משוכנע בכמה פרמטרים כדי שיוכל לקבל את דברי הצד המעביר:

- תום לב. לצד השני אין אינטרס סמוי בהעברת המסר.
- האינפורמציה שנמסרת מבוססת על אמת, והמוסר מזדהה עם המקבל.
- המוסר "יודע על מה הוא מדבר". הוא מומחה בתחום שבו הוא עוסק, ולכן, יש סיבה טובה להאמין לדבריו (עמ' 13).

כסף, טכנולוגיות ותאונות עבודה

פרופ' עדו ערב, מהפקולטה להנדסת תעשייה וניהול בטכניון, אומר כי מחקר מנסה להבהיר את המצבים שבהם ניתן להשתמש בכסף, בתגמולים או בעונשים, כדי לשפר בטיחות. לדבריו, יש מצבים שבהם כסף מזין רוע, אך מצד שני,



במקרים אחרים השפעת הכסף היא חיובית. בשימוש בכסף לצורך פתרון בעיות קיימים גם קשיים.

בעבודת מחקר שבוצעה בטכניון, הוא אומר, בדקו באילו מצבים פסיכולוגיים אפשר להשתמש בכסף ככלי לקידום בטיחות בעל השפעה על שינוי בהתנהגות. הממצאים הראו כי אנשים מגיבים לתגמולים כאשר הבחירה הכדאית (שמשאיה את תוחלת הרווח שלהם) ברורה, גם כאשר מסתמכים על מדגם קטן. הסתמכות על מדגמים קטנים גורמת להתנהגות מהסוג של "לי זה לא יקרה", אשר מובילה לתאונות. השאה של תוחלת רווח אישית אינה תמיד טובה לכלל. למשל, במשחק דילמת האסיר, אנשים לומדים להתנהג באופן רציונלי, ולמידה זו פוגעת ברווחים. ממצאים אלו מראים שכדי לצמצם בעיות חברתיות חשוב לוודא שלהתנהגות הרצויה לכלל יהיו שני מאפיינים:

- תהיה טובה גם לפרטים (תשיא את תוחלת הרווח של הפרטים).
 - יהיה קל לזהות אותה גם על בסיס מדגם קטן (כשהתוצאה הממוצעת תואמת לתוצאה השכיחה).
- הבנה של תופעה זו יכולה לסייע בשימוש בכסף לשיפור היעילות של מערכות טכנולוגיות.

אלגוריתמים לניטור בריאות של מבנים

פרופ' יורם הלוי, מהפקולטה להנדסת מכונות בטכניון, הרצה על טכנולוגיות מתקדמות העושות שימוש באלגוריתם Structures Health Monitoring (ניטור בריאות מבנים).



ניטור בריאות מבנים הוא תחום המנסה לתת מידע על מצבה של מערכת הנדסית בכל רגע נתון, כדי לתת אזהרה במקרים שבהם המערכת לא יכולה לשמש עוד לייעודה הנדסי. המערכת היא, במקרה זה, מבנה, בניין, גשר, מעקה וכד'. המטרה היא לזהות נזקים המתפתחים במבנה בשלב מוקדם ככל האפשר, כיוון שהם בדרך כלל הולכים וגדלים עד למצב שבו קיים כשל, וקריסה במקרה הקיצוני. המשמעותיות הבטיחותיות ברורות לחלוטין. הנושא התפתח מאוד בשנים האחרונות, עקב ההכרה בצורך, מחד גיסא, וההתפתחויות הטכנולוגיות בתחום החישה ועיבוד הנתונים, מאידך גיסא.

הגישה שהוצגה מבוססת על מדידות של אופי התנודות במבנה והשוואתן למודל של מבנה "בריא". המטרה היא יצירת מדד כמותי לנזק, אשר יענה על השאלות הבאות: האם בכלל קיים נזק? אם כן, מה עוצמתו? באיזה מקום הוא מתרחש? הגישה שנבחרה היא עיבוד נתונים של המדידות לקבלת ספקטרום של תדירויות התנודה והאופי המרחבי שלה (אופני תנודה). האלגוריתם מאפשר זיהוי גם במקרה שבו מספר המדידות הוא מוגבל והן אינן מדויקות לחלוטין.

קרינה בלתי מייננת בתחום תדרי הביניים

ד"ר אמנון דובדבני, ראש תחום קרינה בלתי מייננת במוסד לבטיחות ולגיהות, הסביר כי קרינה אלקטרומגנטית בלתי מייננת בתחום תדרי הביניים משתרעת בתחום התדרים בין 300 Hz עד 10 MHz. בתחום התדרים קיימות חשיפות של



האדם לקרינה ולשדות ממקורות שונים - חשיפה למסכי מחשב וטלוויזיה, גלאי מתכות, כיריים אינדוקציה (השראותיות) ועוד. בתעסוקה ובתעשייה קיימות חשיפות בתחום תדרים זה לחימום אינדוקציה, לצידוד ריתוך ולמכשור רפואי מסוגים שונים.

לקרינה ולשדות בתחום תדרי הביניים קיימות השפעות ידועות ומוכחות על בריאות האדם, המתקיימות כבר בחשיפות לזמן קצר וברמות חשיפות גבוהות מאוד. מקומות עבודה עשויים להיות בלתי מודעים לקיום חשיפות העובדים לשדות מגנטיים בקרבת מערכות חימום, הפועלות על פי עקרון האינדוקציה (ההשראה).

קיים צורך להגביל את החשיפות ולעמוד במגבלות של תקנים וקווים מנחים לשדות מגנטיים, בתהליכים בתעשייה. המוס"ל ערך לאחרונה מדידות של שדות מגנטיים בתחום תדרי הביניים בקרבת מערכות אינדוקציה במפעל, ומצא צורך בהגדרת העובדים כעובדים בתעסוקה ובמתן מגבלות מרחק שהיה והנחיות בטיחות, כדי להבטיח עמידה בתקני החשיפה לקרינה ולשדות (עמ' 11).

חידושים ארגונומיים בחברות בין-לאומיות

אווה הנימן, יו"ר האגודה הישראלית לארגונומיה, הציגה את גורמי הסיכון הארגונומיים בעבודה ב"חדרים נקיים", הכוללים, בין השאר, עבודה בתנחות לקויות, עבודה ממושכת על הברכיים, הרמת ציוד כבד וכיו"ב - תנחות הגורמות



לפגיעות שריר-שלד.

מטרת התכנון הארגונומי של המוצר הוא ייצור סביבת עבודה ללא סיכונים ארגונומיים לעובדים (עובדי ייצור, רכב, תחזוקה ועובדי קצה), כמו גם מניעת טעויות אנוש ונזק למכונה בהרכבה, בהפעלה ובתחזוקה. כמו כן, מניעת נזקים היא גם תוצאה של התאמה ותכנון המכונה על פי המידות האנתרופומטריות של העובדים (מידות הגוף) והתאמה לתקנים הנדרשים, כולל תקנים ארגונומיים. לא תמיד יש תקנים ליישום כללים ארגונומיים, אך יש חברות שמיישמות תקני ארגונומיה הנהוגים בחו"ל. חברת אינטל, לדוגמה, עוברת ביקורת של התאמת תהליכי הייצור לתקנים של עבודת הייצור, כנהוג באירופה. נציגים של חברות יצרניות בתחום המוליכים למחצה מגיעים לארץ ובוחנים את תהליכי הייצור באינטל כדי להתאימם לסטנדרד המקובל באירופה.

תכנון נכון חשוב מאוד לבריאותם של המשתמשים, למשל, בכלי משורייני שפותח עבור הצבא, אשר החיילים בו סבלו מכאבי גב, על אף שנסעו במהירות נמוכה יחסית, וזאת, בשל זעזועים וקפיצות במהלך הנסיעה. לאחר ששופר נושא מניעת הטלטולים והזעזועים, שופר מצבם של החיילים (עמ' 12).

עוברים לפיגום בטוח

ערן סיב, יו"ר התאחדות קבלני השיפוצים, דיבר בהרצאתו בעיקר על היחס של המדינה אל ענף השיפוצים ואל קבלני השיפוצים.



לדבריו, על פי הנהלים של רשות האוכלוסין וההגירה, לא ניתנו הקצאות של עובדים זרים ופלטסינים לעבודות שיפוצים והקצאות אלה ניתנו רק לקבלנים המחזיקים ברישיון מטעם משרד הבינוי והשיכון. אי לכך, הוחלט להתארגן ולמסד את קבלני השיפוצים בעמותה, כדי לפעול באופן מוסדר מול הרשויות.

השלב הבא היה פנייה לבית המשפט העליון בעתירה להוספת סיווג של קבלני שיפוצים בפנקס הקבלנים, שעד אז לא היה קיים, ברשם הקבלנים. הבקשה התקבלה. כעבור שנים ספורות, נוצרו גם מבחני קבלה, אשר מהווים עד היום את הבסיס לרישום בענף השיפוצים בפנקס הקבלנים.

עד להסדרת הנושא באופן חוקי נקראו העוסקים בענף "שיפוצניקים" או "חאפרים". כיום, הענף ממוסד על ידי הכשרות, לימודים ותעודות, ו"השיפוצניקים" נקראים קבלני שיפוצים.

בהתאחדות קבלני השיפוצים רשומים כ-1,100 חברים המשלמים דמי חבר. כל עבודת שיפוץ בסכום העולה על 43 אלף שקל מחייבת הימצאות קבלן שיפוצים שרשום בפנקס הקבלנים. כיום, קבלני שיפוצים, אשר הסדירו את מעמדם כקבלנים רשומים בפנקס הקבלנים, רשאים לגשת למכרזים, לקבל עובדים פלטסינים ועוד. כמעט 60% מהתאונות הקטלניות בענף הבנייה נובעים משימוש

בפיגומים לא תקינים או מהרכבה לקויה, שימוש בחלקי פיגומים לא תקינים, שילוב חלקים לא מתאימים, התקנה לא נכונה ועוד. בישראל אין תקן לפיגומים, לכן מייבאים אותם מטורקיה, אלא שאז הם לא עוברים במכון התקנים. לפיכך, נולדה הדרישה לאמץ הלכה למעשה את התקן האירופי לפיגומים (עמ' 13).

דורון ערוסי, מנכ"ל חברת אקובילד סיסטם,

הציג את טכנולוגיית Insulated – ICF Concrete Form, שהובאה מצפון אמריקה והפכה לתחליף מקובל בבניית בנייני דירות ובתים פרטיים.



יתרונותיה: **בטיחות מעל הכול** - המבנים

שנבנו בשיטת ICF חזקים ועמידים פי כמה בפגעי מזג אוויר, ברעידות אדמה או בפני ירי טילים מהמבנים המוקמים בשיטת הבנייה הקונבנציונלית-מסורתית.

חיסכון בזמן (מהירות) - טכנולוגיית ה-ICF מאפשרת בניית שכונות שלמות במהירות, וללא ויתור על כל היתרונות, כגון בטיחות, חוזק, בידוד תרמי, אקוסטי ועוד. זמן הבנייה עומד על שליש מזמן הבנייה בשיטה הישנה והמוכרת.

שיטת בנייה ירוקה ומתחשבת בסביבה - מוצרי הבנייה האקולוגיים מבוססים על טכנולוגיות מתועשות. זוהי לא "בנייה קלה", אלא בנייה סופר-קונבנציונלית, מתקדמת וירוקה. חומרי הבנייה ממוחזרים, ולכן פוחתת צריכת האנרגיה בהם.

עמידות - לפי התקן הישראלי, המבנים צריכים לעמוד ברוחות במהירות של 105 קמ"ש, המוצר הוכח כעמיד בפני רוחות שמהירותן 402 קמ"ש - כמעט פי ארבעה מהדרישה הישראלית.

חיסכון בצריכת חשמל - הבניינים שנבנו עם מוצרי החברה הוכיחו את עצמם במבחנים שונים כמבנים מאופסי אנרגיה (מבנים אשר צריכת האנרגיה השנתית בהם היא מינימלית), שעוזרים לחסוך עד 70% בצריכת החשמל הנדרשת. (עמ' 14).

בטיחות בין רובוטים לקובוטים

יואל הכט, מנכ"ל חברת איי קובוטס, דיבר

על שילוב רובוטים בעבודה אל מול שילוב קובוטים, המוגדרים כרובוטים שיתופיים, בהיבט השמירה על בטיחות העובדים הנמצאים בקרבתם. בעוד שבהפעלת הרובוטים נדרשת זהירות מרבית ומניעת



גישה של העובד, עבודת הקובוט נעשית באינטראקציה פיזית עם העובד. מרחב הפעילות שבין העובד לרובוט צריך להיות תחום ומגודר באמצעות גדר, וילון אופטי, חיישני לחץ, שטיח דריכה וכד'. כאשר עובד נכנס לתחום פעולת הרובוט, עבודת הרובוט נעצרת. בעבודה עם קובוטים מניעת הפגיעה בעובדים נעשית באמצעות שימוש בחיישנים המצויים על זרועות הקובוט. הקובוט יודע להתריע או לעצור את מי שמתקרב וכך נמנעת פגיעה. עוצמת הפגיעה היא גם פונקציה של מהירות התנועה ואורך הזרוע של הרובוט, ולכן, שימוש בקובוטים, שהם בעלי זרוע קצרה יותר ומהירות תנועה אטית יותר, יאפשר עבודה בטוחה בקרבת עובדים.

(עמ' 16).