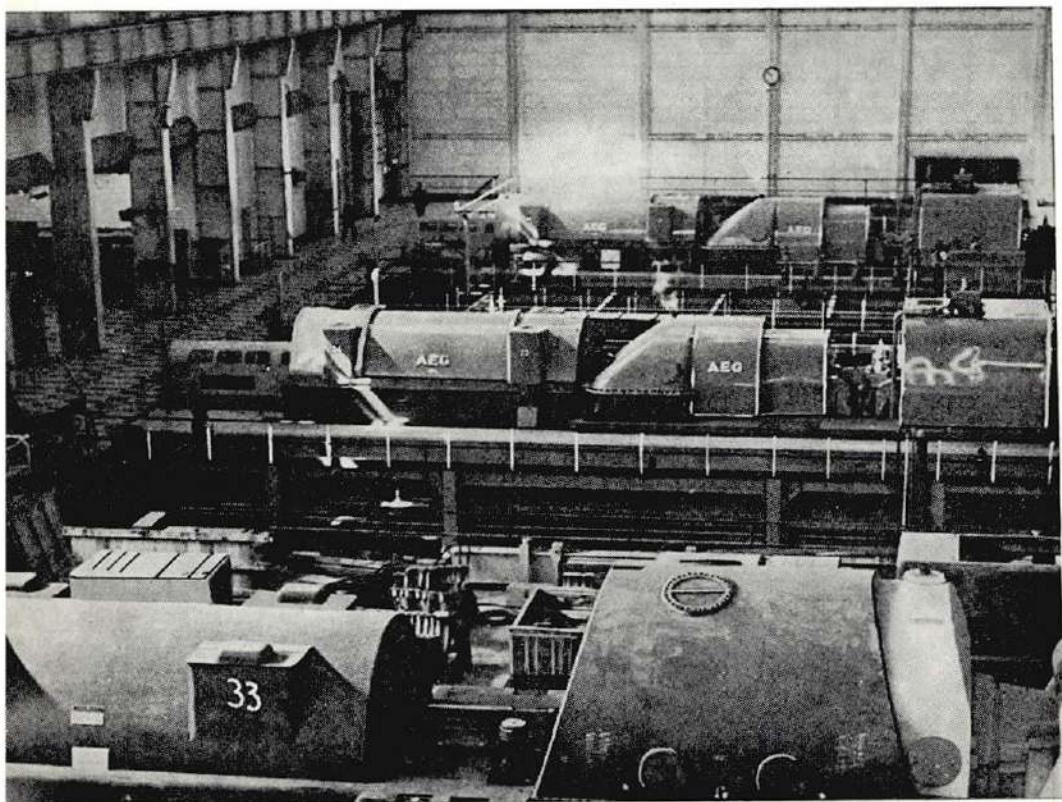


מערכת "התקע-המצדיע"

# התקע המצדיע



ע ל ו ן ל ח ש מ ל א י ם  
בהוצאת חברת החשמל לישראל בע"מ



אולם  
הטורבינות  
בתחנת  
הכח  
חיפה ב':  
בחזית,  
היחידה  
החדשה.  
ברקע,  
2 היחידות  
הראשונות.

# העורכים: החקע - המצדיק

## תוכן הענינים

|    |                                 |
|----|---------------------------------|
| 3  | דבר המערכת                      |
| 4  | מכתבים למערכת                   |
| 6  | בקיזור                          |
| 7  | מה חדש בחברת החשמל              |
| 8  | עברית כהלכה                     |
| 9  | תחנת הכח ומיתקן ההתפלה באילת    |
| 11 | הארקה עדיין קיימת או נעלמה?     |
| 12 | נורות חשמל רגילות המיוצרות בארץ |
| 15 | נורת הטונגסטן-הלוגן             |
| 19 | מונחי יסוד בהנדסת המאור         |
| 20 | משק החשמל והחימום האוגר         |
| 25 | האחריות המשפטית של חשמלאי       |
| 26 | עבודה במיתקן חי                 |
| 27 | תאונת חשמל ולקחה                |
| 29 | בדיקות מערכת ההארקה             |
| 33 | חידון בקיאות בתקנות החשמל       |

העורכים האחראים:

פאול שפר  
יעקב טראוב

מזכיר המערכת:  
אורי לייטנר

כתובת המערכת:  
חברת החשמל לישראל בע"מ, המשרד הראשי,  
ת.ד. 10, חיפה.

תסדיר וביצוע:  
אורי אבנת

הדפסה:  
דפוס קואופ' "אחדות" בע"מ

# דבר המערכת

עם צאתו לאור של „התקע המצדיע“ מספר 3 אפשר לציין בסיפוק שהעלון הפך לשם דבר בחוגים המקצועיים העוסקים במקצוע החשמל שהרגישו זה מכבר את חסרונו של עלון מקצועי בשפה העברית.

מתוך התגובות שהגיעונו בכתב ובעל־פה התרשמנו שישנם כאלה השוב־רים שהחומר אשר נכלל בעלון עומד על רמה נמוכה מדי ומבקשים שנרבה במאמרים „רציניים יותר“. מאידך ישנם כאלה הנמצאים בדעה שחלק מהמאמרים הם עיוניים גרידא ואינם מועילים לחשמלאי בעבודתו המעשית היומיומית.

מסתבר שאנו, המערכת, נמצאים בין הפטיש והסדן. אך הדבר לא הפתיע אותנו כיון שהיה ברור לנו מראש שלא נוכל לספק את הצמאון לידע של ציבור רחב ומגוון הכולל מהנדסי חשמל ומתכננים בכירים, טכנאים, חשמלאי אחזקה במפעלי תעשיה וחשמלאים המבצעים מיתקני חשמל תעשייתיים וביתיים.

לשם הבהרה נאמר שהעלון מיועד בעיקרו לחשמלאים העוסקים בביצוע מיתקנים ובאחזקתם, אשר אין באפשרותם לנצל את הספרות המקצועית הלוועית. אין זאת אומרת שמהנדסי החשמל לא ימצאו ענין בחומר הכלול בעלון ובצורת הגשתו.

בעלון הנוכחי הוקדש חלק ניכר לנושא המאור שהוא בדרך כלל די זר לחשמלאים, שאמנם מבצעים את מיתקני החשמל המזינים את מקורות האור אולם אינם נכנסים לעובי הקורה של מה שקרוי „המאור הטוב“. אנו מתכוונים להעלות, מדי פעם, נושאים נוספים בשטח המאור על מנת לאפשר לחשמלאים לבצע את מיתקן התאורה, לפחות — הביתי, ברמה סבירה.

המאמר על החימום האוור הוא הראשון בסידרת מאמרים שיופיעו בע־תיד בנושא פיתוח צריכת החשמל, אשר אחד מכיווני פעולתו העיקריים הוא עידוד השימוש ב„זרם לילה“.

בעמודים 11, 29 נזכרת שוב בעית ההארקה שהיא הנקודה החשובה בכל מיתקן חשמלי ונידונה כבר בחוברות הקודמות.

כפי שנוכחנו, חידון הבקאות בתקנות החשמל הוא אחד המדורים הפופולריים בעלון. החל מחוברת זו נכניס שינוי עקרוני בחלוקת הפר־סים: יותר פרסים, וכולם שווי ערך.

לסיום הרינו להפנות את תשומת לב הקוראים לרשימה אודות האח־ריות המשפטית של החשמלאי, אשר תוכנה — רצוי שיהיה נהיר לכולם.



# מכתבים / מערכת

אני חשמלאי עובד צה"ל ומעוניין לספר על מקרה אופייני: מאחר ובכל מחנה (ובצורה דומה בכל קבוץ) קיימת מר"כזיית חשמל אשר בה נמצאים המנתקים והמבטחים הראשיים. באחד הימים יצאנו לעבודת תיקון וכמובן שלנו אתנו את הנתיכים על מנת שהרשת תישאר ללא מתח. במקרה נכנס חייל למרכזיה ובראותו שאין נתיכים במבטחים פתר את הבעיה בהכניסו נתיכים אחרים שמצא במחנה. אחד החשמלאים שעבד על עמוד קבל מכת חשמל ובנס לא קרה אסון גדול יותר. לכן, אני מציע לחייב את החשמלאים לקבוע שלט אזהרה ליד הלוח במרכזיה: "סכנה, לא לחבר, עובדים בקו", וכן לחייב תליית מקלות קצר.

יעקב קסגל (גבעת שמואל)

## תשובה:

ראשית ברור כי בכל מיתקן חשמל חייבות להיות הוראות קבע הכוללות גם הוראות על חובת שילוט אזהרה ותליית מקלות קצר. קיימים גם ראשים מיוחדים לנתיכים מהטיפוס המתוברג הניתנים לנעילה על ידי הכנסתם לבסיס (בלי הפקק כמובן) ושליפתם אפשרית אז רק באמצעות מפתח מיוחד. כן אפשר להוסיף שבמקרה של אחזקת מיתקנים בשיטת העבודה במיתקן חי, לא קיימת כלל הבעיה הנזכרת כיוון שהחשמלאי איננו שולף את הפקקים אלא עובד בידיעה ברורה שהמיתקן חי, תוך נקיטת אמצעי הזהירות ההולמים.

שמתי לב שבחנויות מוכרים בשביל 15 אמפר חוטי נתיך בעובי שונה וברצוני לדעת באיזה חוט להשתמש.

אריה אמיתי (אמירים)

בזמן האחרון קם תואר חדש – "הנדסאי". עד היום אין ציבור החשמלאים יודע את זכויותיו של הנדסאי החשמל, מהו סוג הרשיון שיכול לקבל הנדסאי בגמר לימודיו ובמה הוא נבדל מיתר בוגרי הקורסים הטכניים למיניהם, בתיספר תלת שנתיים, ארבע שנתיים? וולפה ישראל (גבעתיים)

## תשובה:

להלן תשובתו של אינג' א. מ. רקובר, מנהל ענייני החשמל במשרד הפיתוח: — — — בהסתמך על הידע המקצועי שמקנים לבוגרים בעלי התואר הנדסאי-חשמל הוחלט שסוג הרשיון שהם רשאים לקבל הוא חשמלאי בכיר. אולם זה כפוף גם למספר שנות הנסיון במקצוע כפי שפורט בתקנות החשמל (רשיונות).

לדעתי תפקידו של העלון הוא גם לחזק את מעמדם של החשמלאים ולתת להם צביון של פועלי וטכנאי חשמל ולא פועלי מתכת.

לאחר ארגון נכון ושמיעת הבעיות המציקות לכל השכבות החל מחשמלאי הבנין וכלה במהנדסי החשמל אפשר יהיה להתוות דרך בקשר לתעריפים עבור עבודות שונות הן בהתקנות והן בתקונים והדבר ימנע תחרות לא הוגנת בין בעלי מקצוע החשמל וכן למעמדם בציבור. י. רוט (קרית חיים)

## תשובה:

תפקידו של העלון להעלות את רמתו המקצועית של החשמלאי. בעיות אירגוניות של ציבור החשמלאים חורגות ממסגרת פעולתו של העלון, אולם במידה שתידרש עזרה באירגון הרצאות או השתלמויות תשמח מערכת התקע המצדיע לתרום מנסיונה.

## תשובה:

התקן הישראלי מספר 537 (נתיכים בעלי אלמנט נידח חליף; אלמנט נידח מנחשת) מגדיר במפורש את קוטר התייל המשמש כאלמנט נידח, אשר חייב להיות עשוי מנחשת אלקטרונית המכילה 99,9% נחושת. כן חייב התייל להיות מצופה ציפוי בדיל או כסף אחיד וחלק.

להלן הטבלה המופיעה בתקן:

| קוטר התייל (מ"מ) | זרם נומינלי (אמפר) |
|------------------|--------------------|
| $0,25 \pm 0,005$ | 6                  |
| $0,34 \pm 0,007$ | 10                 |
| $0,44 \pm 0,009$ | 15                 |
| $0,53 \pm 0,009$ | 20                 |
| $0,62 \pm 0,009$ | 25                 |
| $0,75 \pm 0,012$ | 35                 |
| $0,95 \pm 0,012$ | 50                 |
| $1,10 \pm 0,016$ | 60                 |

האם מחייב החוק התקנת מנגנון להגנה בפני זרם יתר למנוע או שהדבר נתון לשיקול דעתו של החשמלאי המתקין ואפשר להסתפק בנתיך?

י. שפירא (תל-אביב)

## תשובה:

חוק החשמל עדיין לא נגע בשאלה זו אולם יש להניח שהיא תבוא על פתרונה בתקנות בדבר התקנת מעגלים סופיים הנמצאות כעת בדיון. לפי שעה יש להסתמך בענין זה על תקן 108 הקובע במפורש: (סעיף 503.3.1/2) „כל מנוע בין תלת פזי בין חד פזי יוגן בפני עומס יתר על ידי מפסק אוטומטי". אולם סעיף 503.3.1/4 מביא הסתייגות כדלקמן:

## הודעה

„התקע המצדיע" מס. 2 נשלח, חניס, רק אל אותם חשמלאים, מפעלים ומוסדות ששלחו אלינו בחזרה את הגלויה שהיתה מודפסת על העמוד האחרון של העלון מספר 1, וציינו בה שהם מעוניינים לקבל את העלוניו בקביעות. אלה שמסיבות שונות לא החזירו אלינו בשעתו את הגלויה ומעוניינים בכל זאת לקבל להבא את החוברת מתבקשים להודיע על כך למערכת „התקע המצדיע".

(א) „על אף האמור בסעיף 503.3.1/2 מותר להגן על ידי נתיכים בלבד אם הספק המנוע קטן מ- $\frac{1}{2}$  כ"ס בין אם המנוע עומד תחת השגחה בין אם אין הוא עומד תחת השגחה. או אם הספק המנוע החד פזי קטן מ-1 כ"ס והמנוע עומד תחת השגחה בשעת פעולתו. או אם הספק המנוע התלת פזי קטן מ-10 כ"ס והמנוע עומד תחת השגחה בשעת פעולתו.

(ב) מותר להגן על קבוצת מנועים חד פזיים שהספקו של כל אחד מהם אינו עולה על  $\frac{1}{2}$  כ"ס והנמצאים תחת השגחה בשעת הפעולה, באמצעות נתיך משותף בתנאי שמספר המנועים לא יעלה על 5 ושעוצמת הזרם הנומינלית של הנתיך לא תעלה על 10 אמפר".

כיצד יש לסמן בתרשים מתנע כוכב משולש הכולל בתוכו הגנה בפני זרם יתר וכיצד להבדיל בינו לבין מתנע מכני שאיננו כולל הגנה כזו?

י. שפירא (תל-אביב)

## תשובה:

הצעה לסימון הכללי של מתנע כוכב משולש הובאה ב„תקע המצדיע" מס' 2 במסגרת מאמרו של אינג' ז. דוניבסקי.

לגבי פרטים נוספים של סוג המתנע, רצוי לפרט אותם במילים ליד הסמל הגרפי.

# זקיק צור

## מזז"ים

לבדוק את המובילים, הכבלים ואבזריהם ולרשום את תוצאות הבדיקה;  
העתק מרישומים אלה יש להגיש לבדוק המיתקן (דהיינו — לחברת החשמל בשעת הזמנת הבדיקה לפני נתינת האספקה!).

## רכישת התקנות ות"י 108

מכירת התקנות ותקן 108 עליה הודענו בעלון מס. 2, נמצאת בעיצומה. אפשר לרכוש את מערכת החבורות במלואה או בחלקה במשרדים המחוזיים של חברת החשמל בירושלים, חיפה, ותל-אביב, וכן במשרדים האזוריים באילת, אשקלון, באר-שבע, חדרה, טבריה, נהריה, נתניה, עפולה, פתח-תקוה, צפת, ראשון לציון, רחובות, רמלה, ורעננה.

## קורסים לחשמלאים

עקב מיעוט הנרשמים נדחתה פתיחת הקורסים לחשמלאים שנועדה לינואר 1967 ואשר עליה הודענו בעלון מספר 2. הקורסים מיועדים להכין את המועמדים לקבלת רישונות חשמלאי מוסמך, לקראת הבחינות הרשמיות.

## בחינות לקבלת רישונות

מועד הבחינות הבא הוא קיץ 1967 ועל התאריך המדויק תתפרסם הודעה בעתונות. בטבלה הבאה מובא סיכום סטטיסטי של תוצאות הבחינות שנערכו ב-10 השנים האחרונות.

סכום סטטיסטי של תוצאות הבחינות שנערכו על ידי ועדת הבחינות שליד אגף החשמל במשרד הפיתוח

| שנה  | בחינה לסוג חשמלאי מוסמך |        |          | בחינה לסוג חשמלאי ראשי |        |          | בחינה לסוג חשמלאי בכיר |        |          | סה"כ  |        |          |
|------|-------------------------|--------|----------|------------------------|--------|----------|------------------------|--------|----------|-------|--------|----------|
|      | נבחני                   | בהצלחה | ההצלחה % | נבחני                  | בהצלחה | ההצלחה % | נבחני                  | בהצלחה | ההצלחה % | נבחני | בהצלחה | ההצלחה % |
| 1957 | 3                       | 2      | 67       | 17                     | 7      | 41       | —                      | —      | —        | 20    | 9      | 45       |
| 1958 | 8                       | 4      | 50       | 7                      | 2      | 29       | —                      | —      | —        | 15    | 6      | 40       |
| 1959 | 21                      | 7      | 33       | 16                     | 3      | 19       | —                      | —      | —        | 37    | 10     | 27       |
| 1960 | 52                      | 15     | 29       | 27                     | 7      | 26       | —                      | —      | —        | 79    | 22     | 28       |
| 1961 | 29                      | 15     | 52       | 8                      | 1      | 12       | —                      | —      | —        | 37    | 22     | 28       |
| 1962 | 74                      | 15     | 20       | 25                     | 6      | 24       | —                      | —      | —        | 99    | 21     | 21       |
| 1963 | 70                      | 12     | 17       | 20                     | 8      | 40       | —                      | —      | —        | 90    | 20     | 24       |
| 1964 | 67                      | 12     | 18       | 36                     | 7      | 19       | 0                      | 0      | 3        | 106   | 19     | 18       |
| 1965 | 112                     | 18     | 16       | 28                     | 3      | 11       | 0                      | 0      | 2        | 142   | 21     | 15       |
| 1966 | 86                      | 8      | 9        | 20                     | 3      | 15       | 30                     | 3      | 10       | 116   | 14     | 12       |

בהמשך למאמר על „מזזים" ללוחות ביתיים אשר התפרסם בעלון מס. 2 וזכה לתגובות והדים, הרינו להוסיף על עוד 2 מפעלים ישראליים העוסקים בייצור והרכבת מזז"ים.

א. הקואופרטיב למוצרי חשמל „עודאון", המייצר מזז"ים חד-קוטביים, דו-קוטביים ותלת-קוטביים בגדלים נקובים מ-0,25 אמפר עד 20 אמפר.  
ב. „אשר פויכטוונגר" בע"מ — הנדסה חשמלית, המייצרת לוחות חשמל הכוללים מזז"ים מתוצרת „קרבר" (אנגליה).

נסיף עוד, שכל המזז"ים המיובאים מחו"ל בהתאם לרשיון יבוא, אושרו על ידי מכון התקנים הישראלי כמותאימים לתקן הקיים בארץ ייצורם.

## כניסה לתוקף של תקנות „מובילים" ו„כבלים"

הרינו להפנות את תשומת לבם של החשמלאים לכך שתקנות החשמל (התקנת מובילים) אשר פורסמו בנבמבר 1965 נכנסו לתוקף 6 חודשים לאחר מכן, כלומר — במאי 1966 ואילו תקנות החשמל (התקנת כבלים) אשר פורסמו בספטמבר 1966 נכנסו לתוקף 3 חודשים לאחר מכן, כלומר בדצמבר 1966, התקנות מחייבות את החשמלאי מתקין המיתקן





ה-13 לפברואר 1967 עמד בסימן של 2 אירועים רבי חשיבות לחברת החשמל ולמשק החשמל בארץ בכלל: ביום זה חוברה למערכת הארצית טורבינה נוספת שהגדילה את יכולת האספקה ב-20% בקירוב, וברשת המתח הנמוך בוצעה לראשונה עבודה ללא הפסקתה כלומר, עבודה במיתקן חי. להלן מרחשי ליבם של 2 מהנדסים, שהיו קשורים באירועים אלה, כפי שנכתבו אז.

### הסיבוב הראשון

„פני העובדים דרוכים, וחגיגיים, קשה לפנות לאדם, כל אחד עסוק, הזמן קצוב.

בין עובדי הביצוע, עובדי ההחזקה, עובדי התפעול על כל מחלקותיהם; מכונאים, חשמלאים, אלקטרוניאים, מכשורנים — מורגשת פעילות קדחתנית. האווירה דומה לזו של חדר יולדות ואמנם משהו עומד להיולד — יחידה מס' 3, יחידה בעלת הספק של 141 מגוואט, הדוד נמצא תחת לחץ, זה כבר, בעוד שעה קלה עומדים להתניע את הטורבינה, הגנרטור יקבל עירור לשם בדיקות סופיות ולאחר זה: חיבור היחידה למערכת בשעה טובה.”

(אינ' י. סטיקובסקי)

### מההלכה למעשה

„היה משהו מחגיגות חלוציות, כשהעובדים ה„מורשים“ לבשו — בנוסף לחגורה ולמטפטים — את מערכת כפפות הבדוד, שרווליי הבידוד וקסדת המגן האדומה עם מגן הפנים, עלו על העמוד והחלו בכיסי כל המוליכים הנמצאים על העמוד מבלי להפסיק את המתח עליו ועל שורה של עמודים שכנים כפי שנהוג היה עד כה. לא היתה ניכרת דריכות אצל העובדים — ולא אצל המשקיפים — רק התרכזות ורצון לבצע את המלאכה על הצד הכי טוב, לפי ההדרכה שקיבלו. העבודה בוצעה בהתאם לכללי הוראות הבטיחות והוראות העבודה.

וברדת ה„מורשים“ מהעמוד ניכר על פניהם הסיפוק העצמי מהעבודה שאמנם העבודה הזאת היא בתביצוע והם החלוצים בע. מ. ח. (עבודה במיתקנים חיים).”

(אינ' י. ברק)

כיום אפשר לציין בסיפוק שהיחידה החדשה עברה כבר את תקופת ההרצה ונכנסה לפעולה סדירה ושיגרתית וברשת המתח הנמוך בוצעו כבר בהצלחה מלאה עשרות עבודות במיתקן חי אשר מנעו את הפסקת האספקה מאלפי צרכנים.

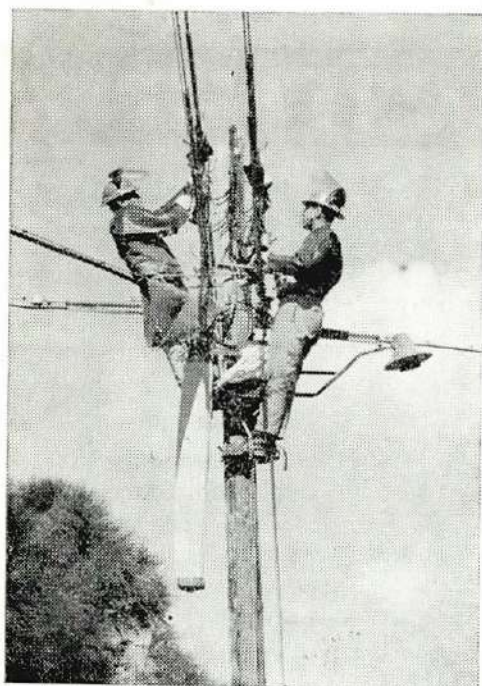
### בתי הספר המקצועיים

חברת החשמל הקימה בשיתוף עם עיריות חיפה ותל-אביב בתי ספר תיכוניים-מקצועיים תלת שנתיים הנימצאים בפיקוח משרד החינוך ואשר מטרתם להכשיר עובדים מקצועיים מעולים לעבודות רשת (מיתקני חוץ ופנים) ולאחזקה מכונית וחשמלית של תחנות כח.

בית הספר החיפאי ששמו „נהרים“ (על שם תחנת הכח שהוקמה על שפך הירדן בשנת 1931 על-ידי מייסד חברת החשמל פנחס רוטנברג ז"ל ונפלה לידי הירדנים במלחמת השחרור) שוכן במיבנים חדשים שהוקמו לא הרחק מתחנת הכח שבחיפה. השנה לומדים בו 125 תלמידים ובשנה הבאה יגיע מספרם, לפי המתוכנן, ל-200. חלקם בנים לעובדי חברת החשמל ויתרם באים מכל קצווי העיר וסביבתה.

בית הספר התל אביבי שוכן, זמנית, ברחוב שמעון התרסי, אולם כבר הושלם תכנון המיבנים החדשים עבורו אשר יוקמו באיזור התעשייה ליד רמת החייל. לומדים בו כיום 122 תלמידים ובשנה הבאה יגיע מספרם לפי המתוכנן ל-200. 30% מהתלמידים הם בנים לעובדי חברת החשמל.

בשני בתי הספר תתחיל בקרוב הרשמת תלמידים חדשים לשנת הלימודים הבאה. יכולים להרשם בוגרי בתי ספר עממיים.  
חברת החשמל מתעתדת לקלוט, לפי צרכיה, את הבוגרים המתאימים, לאחר שיחזרו משירותם בצה"ל ורואה בהם עתודה בריאה ומאומנת בענפי העבודה שלקראתם הוכשרו.



עבודה ברשת בלתי מופסקת (ע. מ. ח.)

## הגברת השימוש במוליכי אלומיניום

לנוכח העליה התלולה במחיר הנחושת הולכת וגוברת הנטייה להשתמש במוליכי אלומיניום. למעשה מותקנים כבר מזה כ-15 מוליכי אלומיניום — פלדה בקווי המתח העליון (110,66, ו-161 ק"ו) וב-5 השנים האחרונות הוכנסו מוליכים אלה לשימוש גם בקווי המתח הגבוה (22 ו-33 ק"ו). אולם מהנדסי חברת החשמל התלבטו רבות ביחס לשימוש בכבלים תת-קרקעיים ואויריים למתח נמוך עם מוליכי אלומיניום ללא פלדה (אשר תפקידה העיקרי במוליכים חשופים לתת חוזק מכני). הדבר נבע בעיקר בגלל מחירים היקר של אבזרי החיבור והקשיים בהתאמתם הטכנית.

בשנים האחרונות נמצאים יצרני אבזרי החיבור בכל העולם במאמץ מתמיד של שיפור האבזרים וייעול שיטת החיבור על מנת להוזיל את המחיר ולהפכו לכדאי יותר.

לאחרונה הוזמנה אצל היצרנים המקומיים כמות ראשונה של כבלים תת-קרקעיים משוריינים וכן של כבלים אויריים למיתקני המתח הנמוך של החברה עם מוליכי אלומיניום ויחד עם זאת הוזמנו אבזרי חיבור ומכשירי חיבור חדישים מחו"ל.

ניתן להניח שגם החשמלאים מתקני המיתקנים הפריים, בעיקר בתעשייה, במסחר ובבניינים רב-קומות, יהנו מהנסיון שירכש על ידי חברת החשמל ויעברו בהדרגה לשימוש במוליכי אלומיניום.

# עִבְרִית בַּהֲלָכָה

בצרפתית

ballast

starter

condensateur

facteur de puissance

couilles

lampes tubulaires

à fluorescence

באנגלית

ballast

starter

capacitor

power factor

lampholder

tubular Fluorescent

lamp

הכנוי המקובל

צ'וק

סטרטר

קונדנסטור

קונסינוס-פי

בעברית

נָטֵל

מְדַלֵּק

קֶבֶל

מְקַדֵּם הַסָּפֶק

בֵּית נֹרָה

שפופרת פלואורסצנטית



# תחנת הכח ומיתקן ההתפלה באילת

אינג' נ. צוקרמן

## מבוא

כדי לספק חשמל ומים לאילת המתפתחת, שעדיין לא מחוברת למערכת החשמל הארצית, הרכיבה חברת החשמל, בשיתוף עם חברת מקורות, תחנת כח המשולבת עם מיתקן להתפלת מי-ים.

כיום מספקת התחנה את כל צרכי החשמל של העיר אילת, ומתקן ההתפלה מספק באופן רצוף מעל ל-4000 מ"מ<sup>3</sup> מים מזוקקים ליום. תפוקה זו היא ב-10% גבוהה מהתפוקה הנקובה של המיתקן.

בעית אספקת חשמל ומים לאילת נחקרה עלידי חברת החשמל לישראל החל משנת 1958. בשנת 1959 נוסדה הועדה הממשלתית להתפלת מי-ים אשר המשיכה במחקר. לפי המלצות ועדה זו אישרה ביוני 1961, ועדת השרים הכלכליים תכנית להקמת התחנה המשולבת. האחריות לביצוע התכנית והפעלת התחנה הוטלה על חברת החשמל, ואילו חלוקת המים מהתחנה לאוכלוסיה נמסרה לחברת מקורות. ב-1962 הוחל בתכנון ובהכנת המפרטים. התכנון בוצע ברובו ע"י החברה האמריקאית A.E.P.\* וחלקים מסוימים בוצעו על-ידי מהנדסי חברת החשמל. במאי 1963 הוחל בעבודות הכשרת הקרקע, באפריל 1964 — בעבודות הבניה, וביוני 1964 — בעבודות ההרכבה. עיקר עבודות הבניה וההרכבה הסתיימו באפריל 1965 והתחנה הוכנסה לפעולה באפריל 1965.

## תיאור תחנת-הכח

תחנת-הכח והדיזלים שהוקמו אתה, ספקו חשמל לאילת באופן סדיר מאז 1964. כשיגיע קו המתח-גבוה החדש לאילת בסוף שנה זו, יספק הוא את צרכי הפתוח של אילת, ותחנת-הכח תשמש להבטחת אספקת חשמל ומים בכל עת לעיר רחוקה זו. התחנה מורכבת מטורבינה אחת ביכולת של 6700 קו"ט ומשני דודים המספקים קיטור בלחץ 43 אטמוספרות ובטמפרטורה של 402° צלזיוס. הקיטור בפליטת הטורבינה, במקום להתעבות בואקום עמוק במעבה, כמו ביתר תחנות-הכח, משמש לחימום מי-ים עבור מיתקן ההתפלה.

צורה זו של שילוב מביאה לחסכון גדול בצריכת הדלק בהשוואה למיתקנים נפרדים, אחד לייצור חשמל והשני להתפלת מי-ים.

הגנרטור הוא בעל הספק של 7.5 מו"א (מגה-וולט — אמפר) במתח 6.6 ק"ו. פסי הצבירה ביציאה מהתחנה הם במתח גבוה 33 ק"ו. מפסי צבירה אלה יוצאים 2 קווים: האחד מזין את טרנספורמטורי החלוקה (33/0.4 ק"ו) לנמל ולאיזור הדרומי, והשני מזין את טרנספורמטורי החלוקה באיזור המגורים הצפוני וכן את מפעל הנחושת בתמנע.

## תיאור מיתקן ההתפלה

מיתקן התפלה בשיטת הפריצה הוא מתקן בעל 30 דרגות פריצה, תוצרת B.L.H. המתקן מתוכנן לספק 158 מטר מעוקב לשעה, או 3790 מטר מעוקב ליום (מיליון גלון ליום), במליחות שאינה עולה על 25 מיליגרם מלחים לליטר מים. תצרוכת הקיטור הנפלט מהטורבינה ומזין את מחמם התמלחת צריכה להיות לא יותר מטונה אחת לכל 8 מטר מעוקב מים מזוקקים. תצרוכת החשמל למיתקן מתוכננת ל-563 קילוואט. אופן מניעת אבנית שהיה לפי תכנון ראשוני על ידי תוספת „הגואף" (מוצר פוליפוספטי), הוחלף אחר-כך לתוספת חומצה.

## הפעלת המיתקן

עם הפעלת מיתקן ההתפלה ב-20 באפריל 1965, לא היתה אפשרות להעלות את תפוקתו מעל ל-60% מיכולתו הנקובה. היה צורך להכניס שינויי מבנה מתאימים באורזים ולשנות את התוספות הכימיות לפני שהצלחנו להביא את המיתקן לפעולה מלאה במצב נקי. לאחר ביצוע שינויים אלה, עוד סבל המיתקן מעליה מהירה של צריכת הקיטור שלו לרגל

American Electric Power Co. — אחת מ-2 חברות החשמל הגדולות בארה"ב.

היווצרות משקעים בצינורות. היה צורך בניקוי כימי בחומצה כל 4–5 שבועות. מכיון שתנאי פעולת המתקן האלה היו מתחת לדרישות כתב-האחריות, החליט היצרן לשנות על חשבונו את המיתקן על ידי הוספת מערכת להזרקת חומצה במקום הזרקת הפוליפוספטים שהיתה נהוגה עד אז למניעת אבנית.

לאחר הרכבת המערכת להזרקת החומצה, אשר רוב חלקיה יוצרו בארץ, הותנע המיתקן בסוף דצמבר 1965. כל עוד כמות החומצה המוזרקת היתה בגבולות המקובלים, נמשכה עלית הצריכה הספציפית של הקיטור, אמנם בקצב הרבה יותר אטי מאשר לפני הזרקת החומצה, אך מעל לגבולות המתאימים לכתב-האחריות.

הניסוי הראה שאפשר למנוע כליל את יצירת המשקעים על-ידי הגדלת כמות החומצה המוזרקת. אך מדידות מדויקות הראו שבתנאים אלה מידת הקורוזיה מסוכנת, ועלולה היתה לגרום להקטנה ניכרת באורך החיים של המיתקן.

עובדינו המשיכו בניסויים והצליחו לפתח שיטה, על-ידי הגדלת מהירות זרימת המים בצנורות, בה נמנעה הווצרות משקעים בצנורות, למרות הזרקת חומצה מוקטנת. בשיטה זו הוקטנה כמוח הקורוזיה באופן ניכר, ותפוקת המיתקן גדלה בכ-10% מעל לנקודה בעבודה רצופה.

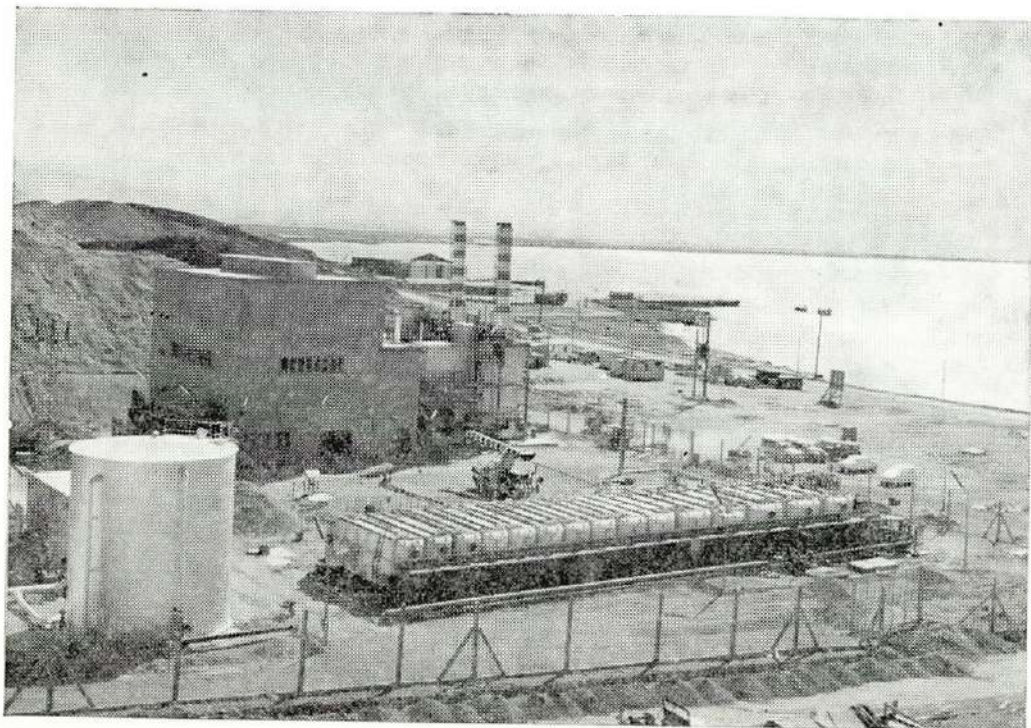
כעת עורכים עוד ניסויים להקטנה נוספת של הקורוזיה מבלי להפריע לעבודתו הסדירה של המיתקן.

### סיכום

המים המותפלים כוללים כעת פחות מ-5 מיליגרם מלחים לליטר ולפני אספקתם הם נמהלים עם מי הבארות של הערבה הדרומית. תושבי אילת שהורגלו להשתמש לשתיה ולרחצה במים שכללו כ-2000 מיליגרם מלחים לליטר, מקבלים כיום את המים הטובים ביותר במדינה (המים בתל-אביב, למשל, כוללים כ-500 מיליגרם מלחים לליטר).

המיתקן המשולב משמש, בנוסף לפתרון בעית המים באילת, כשדה ניסיונות ואימון למהנדסי חברת החשמל בשטח טכנולוגי צעיר וחדש בעולם. פותחו באילת שיטות פעולה ונערכו ניסויים העשויים לתרום תרומה מקורית לסך הידע הקיים, וכן ישמש הידע שנרכש כעזר לקראת הקמת המיתקנים המשולבים הגדולים המתוכננים במדינתנו.

הפעלת התחנה המשולבת ואחזקתה בוצעו על-ידי צוות שרוכז מבין עובדי חברת החשמל מכל הארץ, רובם צעירים ובעלי ניסיון קצר בתפעול. הצוות הושלם על-ידי תושבי אילת. הצלחת הרכבת המיתקן והפעלתו התאפשרה הודות לעבודה המסורה של כל העובדים אשר הוכיחו התמדה, חריצות וכשרון בתנאים חדשים וקשים.



# הארקה - עדיין קיימת או נעלמה ?

כידוע מוגן רובם המכריע של מיתקני החשמל (הביתיים המסחריים והתעשייתיים) בארץ בפני זרמי פחת לאדמה באמצעות הארקה הגנה כשבתור אלקטרודת ההארקה משתמשת מערכת הצינורות של אספקת המים. לאחרונה עדים אנו לתופעה של החלפת הצינורות ואבזריהם המתכתיים בכאלה העשויים מחומרים שאינם מוליכים זרם חשמל (כגון: אסבסט-צמנט, פלסטי, בטון) כן הוכנסו לשימוש אמצעי אטימה וחיבור בין הצינורות המתכתיים מחומרים לא מתכתיים אשר מנתקים את רציפות החשמלית בין קטעי הצינורות.

בעקבות השינויים האלה אין מערכת צינורות מים כזאת ממלאת עוד את התנאים המוגדרים בתקנות החשמל (הארקות או הגנות אחרות): „מערכת צינורות מתכת לאספקת מים יכולה לשמש כאלקטרודה טבעית אם היא רצופה מבחינה חשמלית, טמונה ברובה באדמה, ונרחבת במידה מספקת כדי לקיים את מטרות ההארקה“.

אותן תקנות קובעות עוד:

„לפני פירוק חלקים (לשם תיקון, למשל) ממערכת הצינורות, יותקנו גישורים מתכתיים זמניים ומתאימים לשם הבטחת הרציפות החשמלית של מערכת ההארקה“.

לדעתנו חייבים החשמלאים, בתוקף אחריותם המקצועית והציבורית ולאור הבנתם את חשיבות השלמות של אלקטרודת ההארקה והסכנה לנפש ולרכוש הנובעת משיבושה, לעמוד על המשמר ולהתריע על כל מקרה הנגלה לעיניהם, אפילו באקראי! המדובר הוא בשיבוש שמקורו בהחלפת צינורות, בהכנסת אטמים מבדדים ובהעדר גשר מתכתי למד המים.

אנו מציעים לחשמלאים להפנות את תשומת לב הצרכנים לקיום הסכנה וכאשר השיבוש אינו נוגע לצרכן בודד או איננו ניתן לתיקון מידי רצוי שיודיעו על כך גם למחלקת הצרכנים הטכנית המחוזית של חברת החשמל.



# נורות חשמל רגילות המיוצרות בארץ

אינג' א. טמיר

## א. נורות ליבון

נורות אלה מבוססות בפעולתן על העיקרון הידוע לפיו כל גוף מתכתי המתחמם לטמפרטורה גבוהה מתלבן ופולט בצורת קרינה חלק מהאנרגיה המושקעת בו. חלק מהקרינה נמצא בתחום הספקטרום הנראה לעין אדם ומתבטא באור.

נורות הליבון מיוצרות בדרך כלל למתח סטנדרטי של 230 וולט אולם מיוצרות גם נורות למתחים אחרים כגון: 24 וולט, 110 וולט, 250 וולט וכו' אשר משמשות למטרות ושימושים מיוחדים.

הספק הנורות נע בין 15 וט ל-1500 וט והן מיוצרות כאמור לפי התקן הישראלי 246 שהוא תקן רשמי הזהה בדרישותיו עם התקן הבינלאומי.

האגס החיצוני הוא בדרך כלל בהיר או אטום ("מט").

טבלה מס' 1 מסכמת באופן השוואתי את תכונות נורות הליבון השונות המיועדות לעבוד במתח זינה נקוב של 230 וולט, בו אורך החיים הממוצע הוא 1000 שעות.

נורות החשמל המיוצרות בארץ (בבתי החרושת "יד רום" ו"פלאור") חייבות להתאים לדרישות התקנים הישראליים:

ת"י 246 — נורות ליבון.

ת"י 520 — שופרות פלאורסצנטיות.

היצרנים נותנים אחריית מלאה על הנורות וכל נורה פגומה בגלל ייצור לקוי, המוחרזת ליצרן מוחלפת באחרת.

הנורות מיוצרות בהשגחת המבדקה לחשמל שליד מוסד הטכניון למחקר ופיתוח.

במאמר זה נעמוד על תכונותיהן הפיזיות והחשמליות, שטף האור המופק, יעילותן, אורך חייהן ומטרות השימוש של הנורות הרגילות המיוצרות בארץ. לא נכלול בסקירה נורות מיוחדות כגון נורות ניאון, נורות סימון צבעוניות, נורות למכוניות וכו' המיוצרות גם הן בארץ.

אפשר לחלק את הנורות הרגילות ל-3 סוגים:

א. נורות ליבון.

ב. שופרות פלאורסצנטיות.

ג. נורות כספית.

2 הסוגים האחרונים ניכללים בסוג נורות הפריקה.

## טבלה מס' 1

| הספק<br>נקוב<br>(וט) | קוטר<br>הגולה<br>(מ"מ) | אורך<br>מוקסימלי<br>(מ"מ) | טיפוס<br>הכיפה | שטף<br>האור<br>(לומן) | נצילות<br>אורית<br>(לומן)<br>(וט) |
|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 15                   | 55—60                  | 113,5                     | E-27           | 102                   | 6,8                               |
| 25                   | 55—60                  | 113,5                     | E-27           | 220                   | 8,8                               |
| 40                   | 60                     | 113,5                     | E-27           | 345                   | 8,6                               |
| 60                   | 60                     | 113,5                     | E-27           | 620                   | 10,4                              |
| 75                   | 60—68                  | 128,5                     | E-27           | 840                   | 11,2                              |
| 100                  | 60—68                  | 128,5                     | E-27           | 1240                  | 12,4                              |
| 150                  | 68                     | 128,5                     | E-27           | 2070                  | 13,8                              |
| 200                  | 80                     | 175,5                     | E-27           | 2900                  | 14,5                              |
| 300                  | 110                    | 240                       | E-27           | 4850                  | 16,2                              |
|                      |                        |                           | E-40           |                       |                                   |
| 500                  | 130                    | 275                       | E-40           | 8250                  | 16,5                              |
| 1000                 | 150                    | 309                       | E-40           | 18500                 | 18,5                              |
| 1500                 | 170                    | 344                       | E-40           | 28800                 | 19,2                              |

עצמה או שלפחות יוקטנו ויבלעו על ידי התקנים מיוחדים.

## ב. שפופרות פלואורסצנטיות

נורות אלה מבוססות בפעולתן על קשת חשמלית המועברת מצד אחד לצד השני של שפופרת בה שוררת אורירה הרוויה באדי כספית וגז אינרטי (אציל). הקשת מפרקת את הגז ליונים והפריקה מפיקה אנרגיה קרינתית באורך גל בתחום הכחול-סגול של הספקטרום אשר נקרא התחום הבלתי נראה לעין. הפיכת הקרינה הבלתי נראית לקרינה נראית נעשית במעבר דרך דפנות השפופרת המצופות בצידן הפנימי בחומרים פלואורסצנטים מיוחדים. צבע האור המתקבל תלוי בהרכב האבקות הפלואורסצנטיות המצפות.

הנורות הפלואורסצנטיות הסטנדרטיות מיוצרות בדרך כלל ב-3 צבעים עיקריים המוגדרים בהתאם לטמפרטורת הצבע שלהם (אשר איננה שווה לטמפרטורת החום שלהם): כדלקמן:

|                               |                      |
|-------------------------------|----------------------|
| 1. אור יום (Daylight)         | — טמפרטורת הצבע 6500 |
| 2. לבן או לבן קר (Cool White) | — טמפרטורת הצבע 4500 |
| 3. לבן חם (Warm White)        | — טמפרטורת הצבע 3500 |

החסרון העיקרי של נורות הפריקה נעוץ בעובדה שלשם הפעלתן דרושים אבזרי עזר, כגון המשנק והמתנע. לאבזרי העזר השפעה רבה על פעולתה התקינה של הנורה, אורך חייה, ההצתה, תפוקת האור וכדומה.

לכן מומלץ להשתמש באבזרים מטיפוס מעולה. טבלה מס' 2 מסכמת באופן השוואתי את תכונותיהן של הנורות הפלואורסצנטיות.

השפעת מתח הזינה:  
הטבלה הנ"ל מתייחסת למתח זינה של 230 וולט כאן יש להדגיש שנורות הליבון רגישות מאוד לסטיות מהמתח הנקוב.

הזנת הנורה במתח העולה על הנקוב תגרום לקיצור חיי הנורה. לעומת זאת הזנת הנורה במתח ירוד תאריך אומנם את חייה, אולם תגרום להקטנה ניכרת בשטף האור.

תנודות ורעידות מכניות:

הסלילים העשויים בדרך כלל מחוט טונגסטן הנם בעלי דרגת קושי גבוהה אך יחד עם זאת בעלי גמישות נמוכה בעיקר אחרי בערה של כמה מאות שעות. לכן יהיו הסלילים רגישים מאוד לזעזועים מכניים ולרעידות העלולים לגרום לקריעתם. יש להתחשב בתופעה זו בעיקר בתאורת רחובות, תאורת חוץ תאורה מעל למכוניות וכדומה.

במקומות אלה יש להשתמש בנורות מיוחדות הבנויות לעמידה בפני זעזועים או להתקין את כל גופי התאורה בצורה שהזעזועים לא יגיעו אל הנורה.

לנורות הפלואורסצנטיות המיוצרות בדרך כלל בצורת שפופרות מאורכות יש מספר תכונות חשובות:

1. מקור אור בעל מימדים גדולים.
2. בהיקות נמוכה.
3. נצילות אורית גבוהה.
4. אורך חיים גבוה.
5. הנורה לא מגיעה לטמפרטורה גבוהה.

## טבלה מס' 2

| הספק נקוב (וט) | אורך (מ"מ) | קוטר (מ"מ) | המתח בין הדקי הנורה (וולט) |     |      | זרם חום (אמפר) | זרם עבודה (אמפר) | שטף אור (לומן) |       |       | נצילות אורית (לומן/וט) |       |       |
|----------------|------------|------------|----------------------------|-----|------|----------------|------------------|----------------|-------|-------|------------------------|-------|-------|
|                |            |            | ממוצע                      | מלי | מכסי | מלי            | מכסי             | ז' א'          | ז' ב' | ז' ג' | ז' א'                  | ז' ב' | ז' ג' |
| 15             | 440        | 38         | 46                         | 54  | 38   | 0.55           | 0.33             | 570            | 650   | 680   | 38                     | 43.4  | 45.4  |
| 20             | 590        | 38         | 57                         | 64  | 50   | 0.55           | 0.37             | 820            | 935   | 975   | 41                     | 46.8  | 48.7  |
| 30             | 900        | 38         | 96                         | 106 | 86   | 0.55           | 0.37             | 1430           | 1640  | 1700  | 47.6                   | 54.6  | 56.6  |
| 30             | 970        | 38         | 80                         | 93  | 73   | 0.62           | 0.40             | 1450           | 1660  | 1720  | 48.4                   | 55.4  | 57.4  |
| 40             | 1200       | 38         | 103                        | 113 | 93   | 0.65           | 0.43             | 2100           | 2400  | 2500  | 52.5                   | 60    | 62.5  |

### ג. נורות כספית

נורות הכספית גם הן נורות פריקה הדומות בעיקר פעולתן לנורות הפלואורסצנטיות פרט לעובדה שהקשת החשמלית בהן מתרכזת בתוך מבער עשוי מזכוכית קוורץ אשר בו נוצר לחץ גבוה בהרבה מזה שבנורות הפלואורסצנטיות.

בגלל השוני בלחץ מתקבלת אנרגיה בתחום ספקטרום שונה אך גם כאן משתמשים בציפוי פלואורסצנטי מיוחד לשם שיפור צבע האור והטיתו מהתחום הירוק-כחול יותר ויותר לתחום הצהוב-אדום. נורות אלה נקראות נורות בעלות צבע משופר (Colour corrected) וצבען נוח יותר לעין. השימוש העיקרי בנורות אלה הוא לתאורות רחובות, במות, מגרשי ספורט, מגרשי חניה, אולמות תעשייה גבוהים וכדומה. יתרונן של נורות הכספית הוא במימדיהן המצומצמים ובצורתם הנוחה לשליטה אופטית רחבה. אורך חייהן גבוה ואחזקתן זולה. נצילותן האורית נמוכה במעט מזו של הנורות הפלורסצנטיות, אך גדולה בהרבה מזו של נורות הליבון. חסרונן בדומה לזה של הנורות הפלואורסצנטיות הוא שוב בעובדה שהן דורשות אבזרי עזר וכן השהיית ההדלקה — מרגע ההפעלה עוברות מספר דקות עד כניסתן לעבודה רגילה בתפוקת אור מלאה.

לכן אפילו הפסקת חשמל רגעית תכבה אותן ותדרשנה כ-5 עד 8 דקות להפעלתן מחדש. תופעה זו נובעת מהלחץ הפנימי הגבוה במבער ומהחום הרב הנוצר בו.

טבלה מס' 3 מסכמת באופן השוואתי את תכונותיהן של נורות הכספית.

שטף האור המצוין בטבלה מתייחס לטמפרטורה סביבה של 25 מעלות צלזיוס.

בנצילות האורית לא נלקחו בחשבון ההפסדים שבאבזרי העזר המקטינים, כמובן, במעט את הנצילות.

משך חיי הנורה הפלואורסצנטית תלוי במספר גורימים כמו מתח הזינה, טיב אבזרי העזר, מספר ההדלקות, רעידות וזעזועים.

השפעת מתח הזינה:

שינוי מתח בשני הכוונים הן במתח שמעל לנקוב והן במתח שמתחת לנקוב, גורמים להקטנת אורך חיי הנורה.

מספר ההדלקות:

כל הדלקה (הצתה) של נורת פריקה מקצרת את חייה במספר שעות. נוטים להניח שכל הדלקה מקטינה את אורך חיי הנורה ב-2.5 עד 5 שעות. לכן רצוי להמנע ככל האפשר מכיבויים והדלקות ובאם עוזבים חדר לזמן קצר, כדאי להשאיר את הנורות דלוקות.

אפשר לומר, שבתנאי עבודה נאותים אורך חיי הנורה הפלואורסצנטית הוא כ-6000 שעות בעירה. יש שהנורות מגיעות אפילו ל-12000 שעות בעירה אלא שאז תהיה נצילותן נמוכה ביותר וכדאיות השימוש מוטלת בספק מבחינה כלכלית.

כידוע יורדת הנצילות האורית של כל הנורות במשך חייהן ועלולה להגיע ל-75—70 אחוזים.

טבלה מס' 3

| הספק נקוב (וט) | כפה | קוטר האגס (מ"מ) | אורך מכסימלי (מ"מ) | שטף אור (לומן) | נצילות אורית חשמלית (לומן/וט) |
|----------------|-----|-----------------|--------------------|----------------|-------------------------------|
| 80             | 37  | 70              | 155                | 2900           | 36.3                          |
| 125            | 37  | 75              | 165                | 4900           | 39.2                          |
| 250            | 40  | 90              | 225                | 11500          | 41                            |
| 400            | 40  | 120             | 300                | 20000          | 50                            |

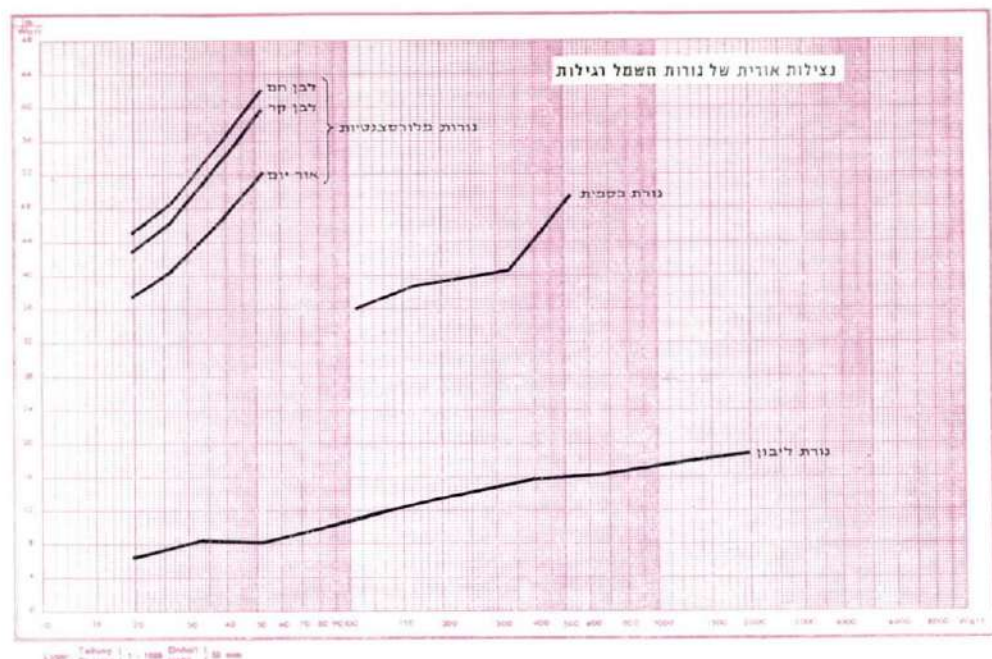
הרגילות. נורות אלה מיוצרות בהספקים נקובים 160 ו-250 וט.

יוצא שמחיר הנורות המיוחדות נמוך יותר (נחסך מחיר אבזרי העזר), אולם השימוש בהן יקר יותר כי צריכת החשמל שלהן, על מנת לקבל שטף אור מסוים, גדולה בהרבה מזו של הרגילות.

אורך החיים של נורת הכספית נע בתחום שבין 6000 ל-12000 שעות והוא מושפע על ידי מספר גורמים בדומה לאלה שהוזכרו בפרק על השופרת הפלואורסצנטית.

קיימות נורות כספית הפועלות ללא משנק חיצוני ואפשר לחברן ישירות לזינה אולם נצילותן ואורך חייהן מגיעות למחצית אלה של נורות הכספית





עקומה השוואתית: הנצילות האורית של 3 סוגי הנורות (ליבון, כספית, פלואורסצנט)

## נורת הטונגסטון - הלוגן

אינג' א. נאמן, M.Sc.

החלפת תיל-הפחם בתיל-הטונגסטון, ניתן היה להעלות את טמפרטורת התייל ולשפר את שטף האור. בשלב זה התגלה כי בתנאי הריק ששררו בתוך האגס היו תופעות-לוואי שליליות לטמפרטורת התייל הגבוהה. הדבר גרם לעליית הלחץ של אדי הטונגסטון, שהתרחקו מן התייל בקצב מוגבר. הואיל ולחץ זה פוחד והולך ככל שמתרחקים מן התייל החם, נגרמת, "נדידה" של אטומי הטונגסטון בכיוון האגס ו,"התישבותם" על הדופן הפנימית. תהליך זה מביא להשחרת הזכוכית, ולהקטנה בשטף האור. בשנות השלושים שוכללו נורות הליבון על-ידי כמה שיפורים בבנייתן. אגס הנורה מולא בגז ובכך הוקטנה, במידה מסוימת, התאידות התייל, תוך הגדלת-מה בהפסדי החום. זו נבעה מן העובדה שהגז מוליך חום מן התייל המלוכלך אל האגס וממנו לסביבה. כדי להקטין את הפסדי החום, הומצא תייל העשוי מסליל-מסולל (coiled coil) אשר בעז-

נורת הליבון עם תוספת יוד נקראת בארצות השונות בשם נורת קוורץ-יוד או נורת-הלוגן. הנורה עצמה פועלת על-ידי ליבון תיל הטונגסטון, בדומה לנורת הליבון הרגילה, אלא שתוספת זעירה של יוד או הלוגן אחר לגז המילוי משפרת את תכונותיה. באחרונה התגבשה הסכמה בין-לאומית לכוונת נורות אלו בשם, "נורות טונגסטון הלוגן". שם זה מוצע גם במילון התאורה הבין-לאומי, שעומד להתפרסם בקרוב ע"י הוועדה הבינלאומית למאור.

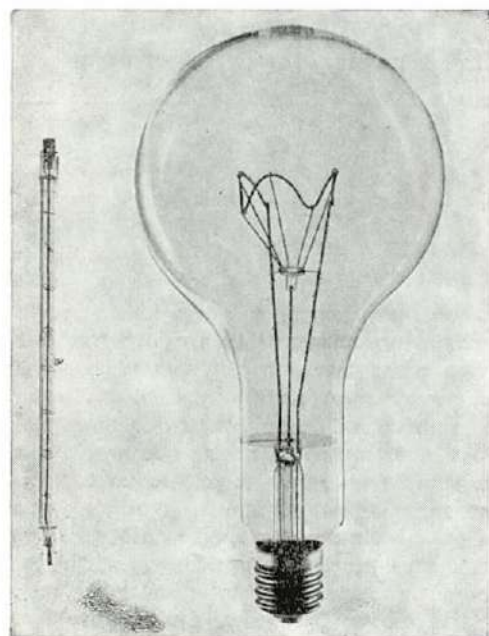
נורה הליבון, שהומצאה על-ידי אדיסון, בשנת 1880 עברה תהליך מתמיד של שכלול והתפתחות. מצויים כיום כאלף טיפוסים שונים של נורות-ליבון, המותאמים לשימושים מיוחדים. גודלן של הנורות הקטנות ביותר הוא כראשי-סיכה והגדולות בהן מגיעות לקוטר של 50 ס"מ. הנצילות האורית של הנורות הראשונות, שפעולתן התאפשרה הודות להוצאת האוויר מתוך אגס הנורה, היתה 1.5–2 לומנים לוט. עם

ואמנם, ייצור הנורות התחלק בין נורות לשימוש רגיל, באורך חיים נקוב של 1000 שעות ונצילות אורית של 10-15 לומנים לווט ובין נורות לתפ-קידים מיוחדים, בעיקר לצרכי צילום והסרטה. נורות כאלה מיוצרות למשך-חיים קצר, של שעות ספורות בלבד, אולם נצילותן האורית מגיעה ל-25-30 לומנים לווט. הטמפרטורה של תיל-הטונגסטן נעה בין 2600 מעלות-קלווין \* בנורת הריק, לבין 3300 מעלות קלווין בנורות קצרות חיים.

### תהליך הרגנרציה בעזרת הלוגנים

כבר לפני שנים לא מעטות גילו החוקרים כי בעזרת תהליך כימי מתאים אפשר להחזיר את אטומי הטונגסטן מן האגס בחזרה אל התיל. לשם כך אפשר להעזר בהלוגנים כמו: כלור, ברום, יוד ועוד. מכל החומרים הללו נמצא היוד המתאים ביותר לייצור, ואמנם נורת הטונגסטן-יוד היא הראשונה שהוחל בייצורה בקנה מידה המוני. תהליך הרגנרציה פתח אפשרויות חדשות להעלאת טמפרטורת התיל, מבלי

\* הטמפרטורה לפי מעלות-קלווין מתקבלת ע"י הוספת 273 מעלות לטמפרטורה, לפי צלזיוס (מ"צ).



ציור מס' 3

השוואה בין נורת-ליבון רגילה (ימין) לנורת טונגסטן-הלוגן  
שתי הנורות בעלות הספק של 1500 ואט



ציור מס' 1

נורת טונגסטן-יוד עם שני המגעים בקצה אחד

רתו, מוקטן השטח האפקטיבי הפולט את החום. עם הכנסת השיכלולים הללו, נדמה היה כי נורת הליבון הגיעה לקצה גבול התפתחותה. כיום אפשר להיווכח, כי דעה זו לא התאמתה ושכלולים אחרים, שנעשו באחרונה, הגדילו את יעילותה בשיעור ניכר. כידוע, קיים קשר הדוק בין שטף האור של נורת הליבון ואורך-החיים שלה. בהתאם לדרישה, ניתן לתכנן נורה שתפעל זמן רב, אולם שטף האור שלה יהיה ירוד. מאידך גיסא ניתן לתכנן נורה בעלת שטף אור גבוה אולם אורך החיים שלה יתקצר בצורה נמרצת. יחד-עם-זאת קיים גבול עליון להגדלת שטף האור של נורת הליבון. שטף האור תלוי בטמפרטורת התתיל. טמפרטורה זו חייבת להי שר מתחת לערך בו מתחיל תיל-הטונגסטן להתרכך ולאבד מחוזקו המכני.



ציור מס' 2

נורת טונגסטן-יוד עם מגעים בשני קצוות הנורה

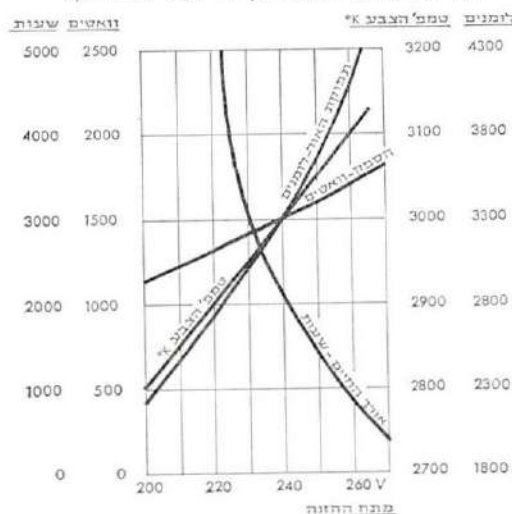
עים ל-22 לומנים לווט ולמשך חיים של 2000 שעות.

ב. הודות לטמפרטורות התייל הגבוהה מתקבל אור בעל גוון לבן יותר מזה המתקבל מנורת ליבון הרגילה.

ג. אין השחרה של מעטה הזכוכית ולכן תפוקת האור וכן צבעו יציבים עד לסוף חייה של הנורה. תכונות אלה חשובות באולפני-צילום הסרטה וטלוויזיה, ובמיוחד לצרכי צילום צבעוני.

ד. ממזדים קטנים המאפשרים להקטין במידה ניכרת את האבזרים ובכך נחסך מקום. השוואה בין גודלה של נורת-ליבון רגילה ונורת טונגסטניום נתונה בציור 3.

לעומת זאת יש להזהר בטמפרטורות הגבוהות יותר של נורת הטונגסטניום ושל אביזריה.



ציור מס' 4

נתוני נורת טונגסטניום-הלוגן (טונגסטניום) הספק של 1500 ואט ובנויה למחצת נקוב של 240 וולט — כחלות במחצת ההזנה (לפי חברת אטלס אנגליה)

לשם הבטחת התהליך בצורה אחידה לאורך השפך פרת, יש להתקין את הנורות המוארכות במצב אופקי. רוב היצרנים מגבילים את הטיית הנורה ל-4—5 מעלות ביחס לקו האפקי, ויש להקפיד בקיום הוראה זו.

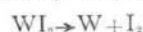
מקובל לחשוב כי בהפעלתן של נורות הטונגסטניום-הלוגן יש לשמור בקפדנות על המתח הנקוב, ואין להפעילן במתח נמוך יותר כי בכך מופסק תהליך הרגנרציה. למעשה, תהליך זה פועל בתחום רחב למדי של טמפרטורות, ואין כל סכנה לפעולת הנורה גם אם היא תופעל במתח נמוך יותר.

לקצר את חיי הנורה. עקב העובדה שנורות המכילות יוד הן הנפוצות ביותר כיום, נתאר להלן את תהליך פעולתן.

עיקרו של התהליך מתואר להלן ( $W$  — מסמנת את מתכת הטונגסטן,  $I$  — את היוד): ליד זכוכית האגס, מעל ל-250 מ"מ, חל חיבור:



ליד התייל, מעל ל-2000 מ"מ, חל פירוק:



בטמפרטורה שמעל ל-250 מ"מ, מתרכב היוד הנמצא בחלל הנורה עם הטונגסטן, ונוצרת פרודה של יודיד-הטונגסטן. לעומת זאת, בטמפרטורה גבוהה יותר, מ-2000 מ"מ ומעלה, קיימת נטיה הפוכה — להפרדה בין פרודות שני החומרים. כדי לנצל תהליך זה בנורת הליבון היה צורך לשנות את המיבנה שלה ולהתאימו לקבלת הטמפרטורות המתאימות, במקומות הנכונים (ראה ציורים 1 ו-2).

אנו הרי מעוניינים להחזיר אל התייל את פרודות הטונגסטן שהתאדמו ממנו והתישבו על אגס הנורה. לשם-כך צריך היוד להתחבר עם פרודות אלה. מתכננים את מעטה הזכוכית כך שיתחמם יותר מן המקובל באגס של נורת הליבון הרגילה. מסיבה זו עשוי המעטה בנורת היוד מזכוכית מיוחדת — זכוכית קוורץ, שהינה קשת חיתוך ומסוגלת לעמוד בטמפרטורות גבוהות. עם השגת טמפרטורת רות מתאימות במעטה זה, חלה התרכבות של פרודות הטונגסטן, שנדבקו קודם לזכוכית, עם פרודות היוד, והן תחלנה לנוע בחלל הנורה כפרודה אחת. תוך כדי תנועה זו, תתקרבה הפרודות המחוברות אל התייל החם. כאמור לעיל, בטמפרטורה הגבוהה של התייל חלה הפרדה בין שתי הפרודות, ופרודות הטונגסטן מוחזרות מחדש אל התייל. מובן שאין כל אפשרות להחזיר את הפרודה בדיוק למקום המקורי שלה, אולם כדי שהחזרת החומר תהיה אחידה, במידת האפשר, בונים את הנורה בצורת צינורית דקה, בעלת קוטר אחיד (ראה ציורים 1 ו-2). מיבנה כזה דרוש גם כדי שפילוג הטמפרטורות, החיוני לתהליך הרגנרציה, יהיה אחיד ככל האפשר. קוטר צינור הזכוכית הוא 10—16 מ"מ.

תכונות נורת הטונגסטניום-הלוגן

הודות לתהליך הרגנרציה, המקטין את התייידות תיל-הטונגסטן והאפשרות להעלות את הטמפרטורה שלו עד ל-3200—3400 מעלות-קלוין, משיגים בנורות הטונגסטניום-הלוגן את התכונות הבאות:

א. שטף-אור גבוה ומשך-חיים מוגדל. בנורות לצרכי צילום והסרטה מגיעים ל-36 לומנים לוט ולמשך חיים של 12 שעות.

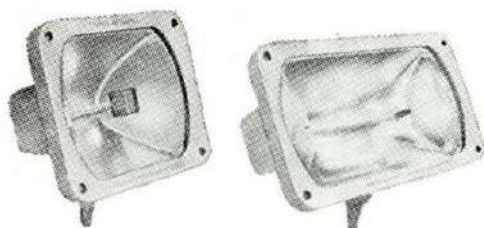
בנורות לצרכי שטף אור (Floodlighting) מגי-



ותגרום להקטנת שקיפותה. עקב הריכוז הרב של אנרגיה הנקרה דרך הצינור הדק, תביא כל נקודה קטנה בשקיפות, לבליעה מוגברת של חום במקום הפגוע ולהתחממותה ובכך מתערער פיזור החום האחד לאורך הנורה, והתוצאה היא כי חיי הנורה יתקצרו מאוד והיא תשרף הרבה לפני מועד הנקוב. אינלאות אין לזלזל בדרישה שלא לגעת בנורה בידיים. יש להתחזק את הנורה במטלית נקיה או בכפפה.

### האביזר

כבר הזכרנו כי יש לנהוג זהירות באבזרים לנורות הטונגסטן-הלוגן עקב טמפרטורות העבודה הגבוהות. ואמנם מצד אחד יש להבטיח אטימות מספקת, כך שטמפרטורת צינור הנורה תישמר בסביבה 500—600 מ"צ, ומצד שני יש לדאוג לכך שטמפרטורת המגעים לא תעלה מעל 250—300 מ"צ. המגעים עים המשמשים לחיזוק הנורה חייבים להיות מאיכות מעולה, ויש להקפיד על מצבם התקין ועל נקינות המוחלט. באם מתגלה פגם במגעים, מוטב להחליפם מאשר לנסות לשפצם.



ציור מס' 6

אביזר לנורת טונגסטן-הלוגן

רוב האבזרים לנורות טונגסטן-הלוגן עשויים מיציקת אלומיניום ומכוסים בזכוכית קשת היחוד (ראה ציור מס' 6).

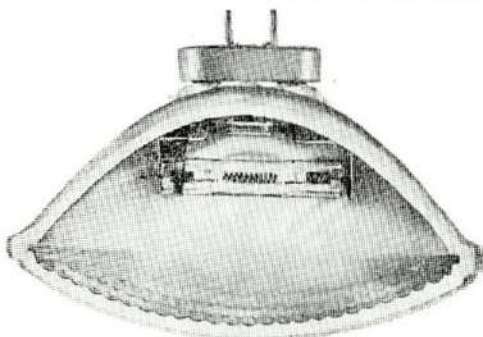
קיימים 3 טיפוסים של אבזרים הנבדלים זה מזה בזווית הפיזור האנכית של הקרן:

1. קרן צרה — זווית של 5 עד 15 מעלות
  2. קרן בינונית — זווית של 30 עד 40 מעלות
  3. קרן רחבה — זווית של 60 עד 100 מעלות
- על המזמין אבזרים אלה, לציין את הסוג הדרוש כדי להשיג את פיזור האור הנכון. כדי למנוע סינוור בכוונים רצויים, ניתן להשיג רפרפים מיוחדים או תריסים המגבילים את פיזור האור.
- לסיכום אפשר לומר כי נורות הטונגסטן-הלוגן מאפשרות לבנות מיתקני תאורה בעלי רמה גבוהה, אולם בתנאי שתכונותיהן המיוחדות של הנורות תובאנה בחשבון, וינקטו כל האמצעים הדרושים למניעת סינוור.

מאמר זה מבוסס בחלקו על המאמר "חידושים במקורות אור חשמליים" שהופיע בעתון "מדע" (כרך י"א).

בציור מספר 4 נתונות העקומות האופייניות עבור נורת-טונגסטן-הלוגן, בעלת הספק של 1500 וט הבנויה במתח נקוב של 240 וולט.

אנו רואים כי בהורדת מתח ההזנה מתחת למתח הנקוב, מוקטנים אומנם במידת מה שטף האור וטמפרטורת הצבע, אך אורך החיים עולה במידה ניכרת מאוד. חישוב קל מראה כי אם נוזן את הנורה במתח של 225 וולט, הרי שהנצילות האורית תרד ל-19.2 לומן לוט, שטף האור יפחת ב-13%, אך אורך החיים יוכפל ויגיע ל-4000 שעות. במקרים מסוימים יכול סידור כזה לתת יתרונות כלכליים בלתי מבוטלים.



ציור מס' 5

נורת טונגסטן-הלוגן בתוך רפלקטור פרבולי אטום

### טיפוסי נורות טונגסטן-הלוגן

למרות גילן הצעיר של נורות אלה, קיים כבר מבחר גדול למדי של נורות כאלה המותאמות לשימושים שונים. כיום ניתן להשיג נורות למתחים החל מ-12 וולט והספק של 50 וט. ההספקים המקובלים עולים עד 1500 וט ו-2000 וט, אך קיימות נורות של 5000 וט, ובקטלוג של חברת פיליפס. אפשר למצוא אפילו נורה של 10,000 וט (אורכה 650 מ"מ).

קיימות נורות לאבזרי תאורה ומכשירי הקרנה, היכולות להחליף את נורות ליבון הקיימות ומאפשרות להגדיל בכך את עוצמת התאורה במתקנים קיימים. טיפוס נוסף הוא זה של נורות הרפלקטור (ראה ציור 5) בדומה לנורות הרפלקטור הרגילות, מוכנסת נורת טונגסטן-הלוגן במרכז המערכת האופטית של נורת הרפלקטור. בצורה זו מתקבל מקור אור בעל יעילות גבוהה, אשר אינו מושפע מן התנאים החיצוניים.

### אין לגעת בנורה בידיים

מעטה הנורה העשוי מזכוכית קוורץ, רגיש לחומצות המצויות בויעה. נגיעה ביד בעיקר — יד לא נקיה, תביא להתקפה כימית על זכוכית הקוורץ

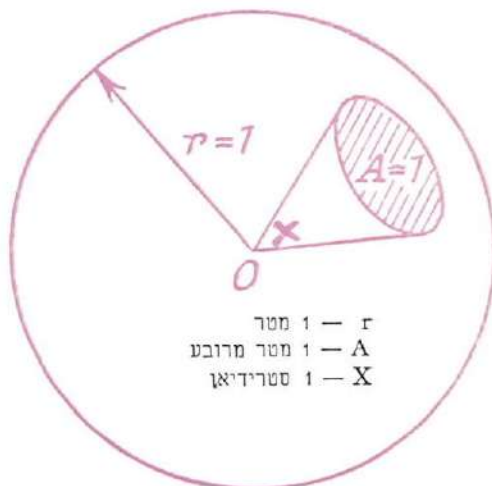
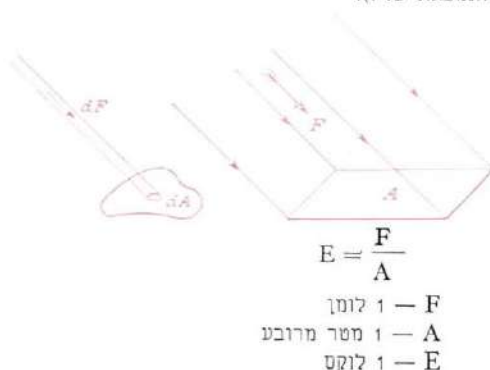
# מונחי יסוד בהנדסת המאור

ש ט פ א ו ר — כמות האור הנפלטת ממקור האור במשך שניה.

היחידה בה מודדים את שטף האור היא — לומן.

הלומן היא יחידת שטף האור השווה לשטף המוקרן לתוך זווית מרחבית של סטרידיאן אחד על ידי מקור אור נקודתי שעוצמתו קנדלה (נר) אחת הקנדלה היא יחידת עוצמת האור המוגדרת כך שהבהיקות של גוף קורן אינטגרלי בטמפרטורת ההתמצקות של הפלטינה שזה ל-60 קנדלות לסנטימטר מרובע.

(סטרידיאן היא הזווית המרחבית בה רואים ממרכז הכדור שרדיוסו 1 מטר, כפה כדורית ששטחה 1 מ"ר, הנמצאת עליו).



נ צ י ל ו ת א ו ר י ת של נורה — היחס בין שטף האור הנפלט מהנורה

לבין ההספק החשמלי של הנורה.

(נצילות אורית של שפופרות פלואורסצנטיות ונורות כספית תלויה גם בהספק ההולד לאיבוד באבזרי העזר שלהם.

למשל — שטף האור של שפופרת פלואורסצנטית בת 40 וט הוא כ-2000 לומן. האיבודים באבזר העזר הם כ-10 וט. הנצילות האורית תהיה

$$\text{לכן: } \frac{2000}{50} = 40 \frac{\text{לומן}}{\text{וט}}$$

נ צ י ל ו ת ג ו פ ת א ו ר ה — היחס בין שטף האור הנפלט מגוף

התאורה לבין שטף האור של המקור המותקן בו.

ע ו צ מ ת ה מ א ו ר — שטף האור הנופל על יחידת שטח.

היחידה בה מודדים את עוצמת המאור היא לוקס. שטף אור של לומן הנופל על שטח של מטר מרובע יוצר עוצמת מאור של לוקס אחד.

מ ק ד מ ה ה ח ז ר ה ש ל מ ש ט ח — היחס בין שטף האור המוחזר

זר מהמשטח לבין שטף האור הפוגע בו.

ב ה י ק ו ת — כמות האור המוחזרת מהשטח לעין.

כלומר, האור שבו חשה העין. הבהיקות שווה לעוצמת המאור כפול מקדם ההחזרה.

# משק החשמל והחימום האוגר

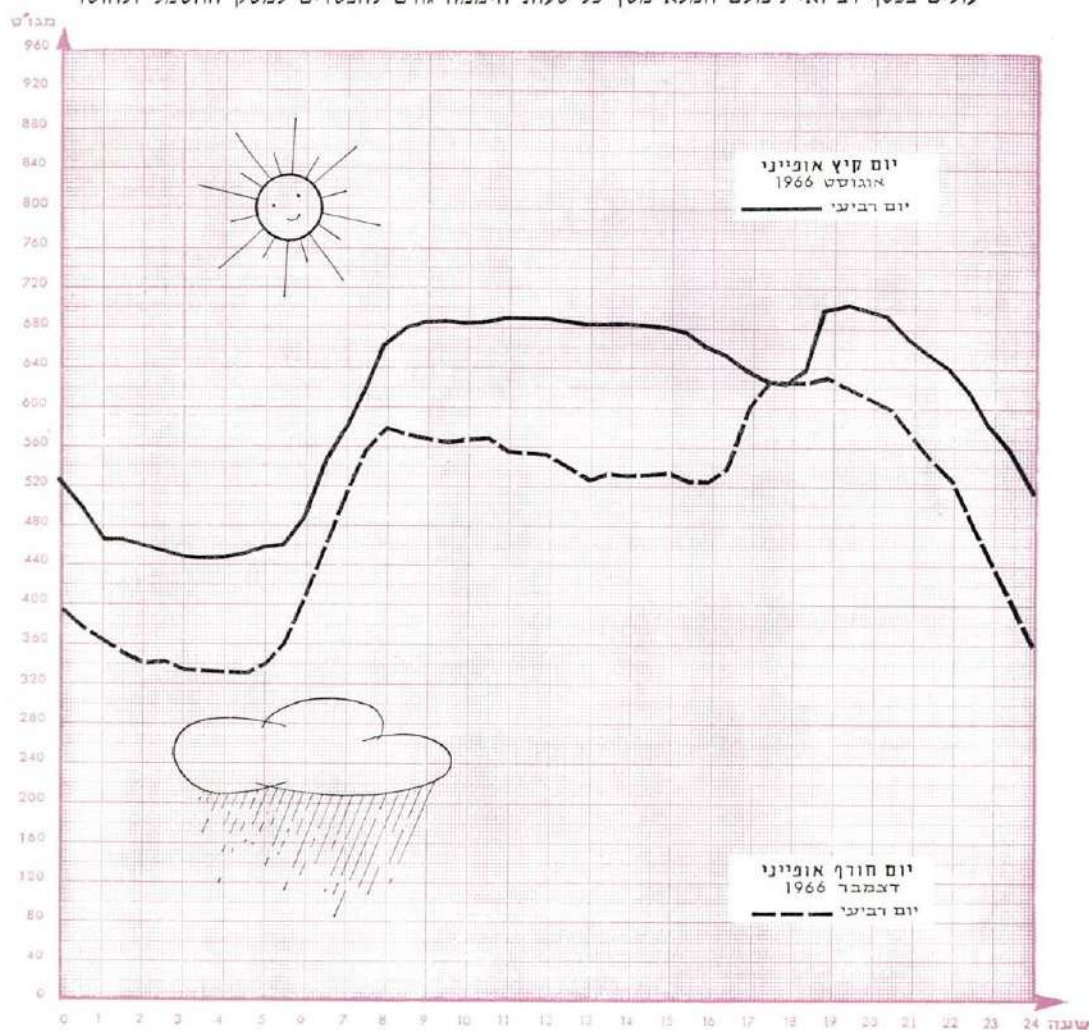
אינג' י. טראוב

מבוא

אחת מתכונותיו העיקריות של החשמל מתבטאת בעובדה הידועה שחשמל לא ניתן לאגירה ולאחסון אלא יש להשתמש בו ברגע שהוא נוצר, זאת אומרת שייצור חשמל צריך להיות מקביל לביקוש. מכיון שהביקוש משתנה חליפות משך שעות היממה ויש לו שעות שיא ושעות שפל, הרי שגם לייצור חשמל יש שעות שיא ושעות שפל.

תכונה זו יש לה השפעה מכרעת על משק החשמל והיא מכתיבה לא במעט את מדיניות תעריפי החשמל.

תחנות הכוח ומיתקני הובלת החשמל וחלוקתו צריכים לספק את דרישות השיא. מיתקנים אלה עולים בכסף רב ואי ניצולם המלא משך כל שעות היממה גורם להפסדים למשק החשמל ולחוסר



עקומות אופייניות של מהלך העומס הארצי היומי



יעילות של ניצול ההשקעות בו, ולכן משתדלות כל חברות החשמל בעולם לעודד את השימוש בחשמל בשעות שפל הביקוש בתחנות הכוח. בישראל תקופת השפל היא בשעות הלילה בעיקר, וכן משך 2–3 שעות אחה"צ. (ראה ציור). בעד הצריכה בשעות אלה מחייבים על פי תעריפים זולים בהרבה מאלו שבעד צריכה בשעות שיא, כיוון שייצור החשמל וחלוקתו בשעות שמוחץ לשיא זולים יותר מייצורו וחלוקתו בשעות השיא. הקושי העיקרי בו נתקלים בפיתוח צריכת החשמל בלילה טמון בכך, שרוב רובם של הצרכנים אינו נזקק לאנרגיה חשמלית בתקופה זו של היממה. הפתרון הוא לאגור את האנרגיה הזולה המיוצרת בלילה ולנצל לאחר מכן, בשעות הצורך. כיוון שאי אפשר לאגור את האנרגיה בצורתה החשמלית הגיעו חברות החשמל למסקנה שיש לאגור אותה באמצעות מדיום אחר. הזולה והפשוטה ביותר היא אנרגיה בצורת חום, אותה ניתן לאגור בקלות ונוחיות סבירות.

### חשיבותו של זרם לילה במשק החשמל בישראל

במשק החשמל שלנו יש זרם לילה תפקיד מיוחד. כידוע מוכתבים מחירי החשמל שלנו לאו דוקא על פי שיקול כלכלי-חשמלי טהור, אלא על פי מדיניות ממשלתית כוללת. כתוצאה מכך אין תמיד יחס ישיר בין הוצאות הייצור ומחיר החשמל, ודווקא כמה סוגי צריכה שהוצאות ייצורם גבוהות נמכרים במחירים נמוכים, כגון צריכת החשמל לתעשייה ולהשקיה. לעומת זאת תעריף החשמל לזרם לילה למטרות ביתיות ומסחריות גבוה יחסית להוצאות ייצורו. דבר זה בא בעיקרו לשפר את מאזן משק החשמל ולהרשות קביעת מחירים נמוכים ככל האפשר לתעשייה ולהשקיה חקלאית. מן הראוי לציין כי גם בארצות אחרות — בהן מחירו של זרם לילה נמוך בדרך כלל מהמחיר בארץ ולעומת זאת סוגי צריכה הגורמים לשיאים, כגון תעשייה, גבוהים הרבה יותר — נעשים מאמצים גדולים לעודד את השמוש בזרם לילה ולעזור בכך באזון משק החשמל. צריכתו המוגברת של זרם לילה תשפיע לטובה על תעריפי החשמל ותאפשר להוזיל עוד יותר את מחירי החשמל למטרות חיוניות.

### זרם לילה לחימום מים

כל אחד מאתנו מכיר את „הדוד" לזרם לילה: מיכל מבודד בידוד תרמי בן 120 ליטרים לרוב, המתחמם בשעות הלילה והשומר על חום המים שבתוכו, המגיע לסביבות 80 מעלות צלסיוס, משך כל היממה. 3 שעות אספקת חשמל נוספות אחרי הצהריים לרוב בין 14.00–17.00 משלמות את החסר אם הוצאו כמויות מים גדולות מדי בשעות שלפני הצהריים. „הדוד" לחימום מים הוא כיום „הצרכן" הגדול ביותר בארץ של זרם לילה: מאות אלפי דוודים כאלה, רובם בעלי גוף חימום של 1500 וט, מספקים מים חמים לחדר האמבטיה, למטבח ולכביסה. הדוד לזרם לילה נפוץ בכל העולם ויש להניח, שעוד שנים רבות ימשיך לשמש כלי לניצול תחנות הכח ורשתות החשמל בשעות שמוחץ לשיא. גם בארצנו משמש הדוד האינדיבידואלי לזרם לילה המכשיר הנפוץ ביותר לחימום מים, אף כי במשך 15 השנים האחרונות עברו עליו כמה משברים: א) בבתי פאר השתרשה האופנה של חמום מים מרכזי בדלק נוזלי (סולר, מזוט), אף כי הדוד החשמלי חסכוני יותר הן למשק המדינה והן לצרכן. ב) במקומות רבים, ובעיקר במעונות עולים חדשים ואצל אנשים תמימים אחרים, הותקנו דודי שמש, למרות שאין הם נותנים את השרות המצופה ולמרות שמבחינה משקית אין להם כל הצדקה לעומת הדוד החשמלי. ג) כתוצאה מתחרות קשה בין יצרני הדוודים והנטיה בקרב רוב בוני הבתים לקנות את הדוד הזול ביותר ולא דוקא הטוב ביותר — הוצף השוק בדוודים בעלי טיב מפוקפק. מספר המאוכלסים מפועלת של דודי חשמל כאלה גדל והלך והביא לפנינו עורך לדוד החשמלי. לאחרונה חל מפנה בנטיית הקהל: מעדיפים דוד אינדיבידואלי על „קומונה" בשטח של הספקת מים חמים באמצעות חמום מרכזי, ומעדיפים דוד הניתן לרכישה במחיר סביר שנותן מים חמים גם בימים מעוננים וימי חורף על הדוד היקר הממלא את תפקידו רק כאשר השמש לוחטת. כן חל מפנה בטיב הדוודים: כתוצאה מפעולה משולבת של חברתנו וכמה יצרנים חל שיפור ניכר בנדון זה וכיום משווקים כבר ע"י מספר יצרני דוודים מעולים, בעלי הגנה יעילה נגד קורוזיה, בעלי בידוד תרמי החוסך חשמל, ומיוצרים תחת השגחה מלאה של מכון התקנים או הטכניון ובפיקוח חברת החשמל. לדוודים אלה

ניתנת אחריות של 6 שנים לפנימי ושל 3 שנים לגוף החימום והטרמוסטט. כן מובטח לקוני דודים אלה שרות מידי וסדיר בבית הצרכן. הופעתו של הדוד המעולה מחזירה לחשמל את המקום הראשון בענף חימום המים במשק הבית.

יש לציין כי הדוד המקובל למים חמים אינו מוגבל לצרכן הבודד דווקא: ניתן לבנות דוד בעל קבולת של 1000 ליטר או יותר ולספק באמצעותו מים חמים בזרם לילה למספר דירות ואפילו לעשרות דירות. דוד כזה יפעל על בסיס דומה לזה של דוד רגיל לזרם לילה, דהיינו דוד לחץ עם הגנה נגד קורוזיה, בידוד טרמי, גוף חימום, טרמוסטט, שסתום אל-חוזר, שסתום בטחון פרסוסטט וכו'. דוד כזה יכול למלא בהצלחה את מקומו של דוד הדלק הישן שיצא משימוש, וכמובן שאפשר להתקינו גם בכל בית חדש במידה ובעל הבית או הקבלן מעדיפים חמום מים מרכזי על הדוד האינדיבידואלי ועם זאת — נקיון והפעלה אוטומטית לעומת ארובה, עשן, פיח, לכלוך וגזים מרעילים שהם תופעת לוואי רגילה לשריפת דלק.

כן מן הראוי להוסיף כי לאחרונה פותחה בארץ שיטת חמום מים מרכזית בחשמל בשילוב עם הסקה מרכזית בחשמל, על בסיס אגירה, כפי שיוסבר להלן, וכמה מיתקנים כאלה אף הופעלו בהצלחה.

### זרם לילה לחימום חדרים

ענף צריכה חשוב וגדול, שהיה עד כה סגור כמעט לחלוטין לשימוש בזרם לילה הוא חימום חדרים בזרם לילה בשיטת אגירה. זהו פוטנציאל רציני לספיגת אנרגיה, שהוצאות ייצורה נמוכות כאמור, ומכירתה טובה למשק החשמל ולמדינה.

יתרון נוסף בעל משקל רציני לאגירת חשמל בלילה למטרת חמום חדרים טמון בכך, שבשנים האחרונות נשתרשה בציבור נטיה חזקה לקניית מכשירי חשמל מכל הסוגים לחמום מידי וישיר כגון רדיאטורים ותנורי אינפרא. נטיה זו גרמה כבר בשנתיים האחרונות להופעת שיאי ביקוש קצרים בימות החורף, אשר עלו על השיאים הקיצוניים שהיו עד כה קבע בארץ ושעליהם נקבע עד כה הספק התחנות.

תופעה זו אינה אופיינית לישראל דווקא; יש לה מהלכים במקומות רבים בעולם כולו. באנגליה, צרפת, גרמניה ובארצות אחרות נעשים הן ע"י חברות החשמל והן ע"י השלטונות מאמצים לעודד את חמום החדרים בחורף בשיטת אגירה במידה רבה גם כדי לבלום את השימוש ברדיאטורים ובמכשירי חימום בשעות השיא.

קיימות שלוש שיטות עיקריות של חמום חדרים בחשמל בזרם לילה בשיטת אגירה: הסקה מרכזית, חמום רצפות ותנורים אוגרים. שתי השיטות הראשונות מוגבלות לבניינים חדשים בלבד, וניתן להתקין רק תוך כדי הקמת הבנין, בעוד שהתנור האוגר טוב לכל סוגי הבתים החשישים וכן — וכאן בעיקר חשיבותו — לכל דירה, חנות, משרד או מוסד בבית ישן.

### הסקה מרכזית בשיטת אגירה

כמדידים לאגירת חום משמשים מים. מחממים את המים בשעות הלילה (וכן משך 3 שעות אחר הצהרים) בדוד לחץ ובטמפרטורות הגבוהות מ-100 מעלות צלסיוס, דבר המאפשר להקטין את נפח מיכל האגירה. טמפרטורות האגירה המקובלות נעות בין 120 ל-180 מעלות צלסיוס.

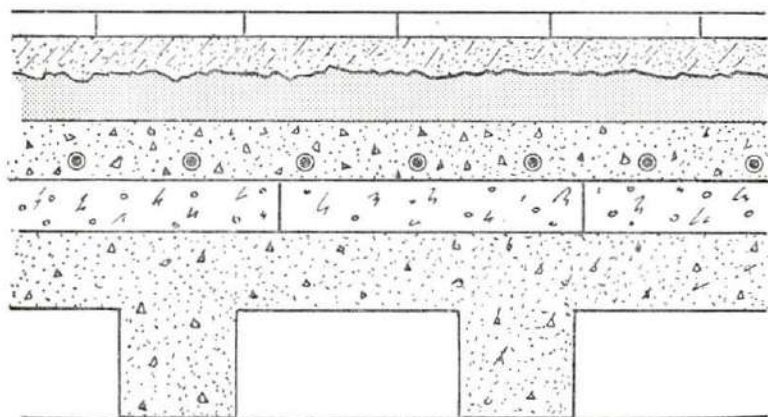
מיתקן ההסקה המרכזית הטיפוסי מורכב ממיכל אגירה עשוי פח פלדה בעובי 6—12 מ"מ, מבודד בידוד טרמי משובח. נפחו כ-500 ליטר לכל דירה. המים מתחממים באמצעות גופי חימום קונבנציונליים (צנוריות או קרמיקה) שהספקם כ-4 קילוואט לדירה בת 3 חדרים. נפח דוד האגירה והספק גופי החימום תלויים, כמובן, בטמפרטורות האגירה, שעות הפעלת החימום, התכונות התרמיות של המבנים והטמפרטורות הנדרשות בתוך הדירות. המים החמים מוזרמים באמצעות משאבה, המופעלת לפי רצון הצרכן, (ביד, או בדרך אוטומטית) אל תוך רדיאטורי מים רגילים, ומוחזרים שוב אל דוד האגירה במעגל סגור כדי להתחמם מחדש ולמסור שוב מחום לרדיאטורים. ברז ערבוב אוטומטי שומר על טמפרטורת זרימה מתאימה וקבועה.

דוד האגירה יכול לשמש גם לחמום מים לצרכי האמבטיה והמטבח. למטרה זו מתקנים דוד מעבר קטן, אליו נכנסים מים מרשת המים העירונית, מתחממים באמצעות מחליף חום הניזון מדוד האגירה להסקה ומוזרמים לחדרי האמבטיה והמטבחיים.

שני מיתקנים כאלה, שכל אחד מהם מכיל דוד אגירה של 40 מטר מעוקבים עם גוף חימום בהספק של 405 קילוואט מותקנים בשכון „רמון" של חברת אפריקה — ארץ ישראל להשקעות, ליד סביון.

## חימום רצפות

שיטה זו נפוצה ביותר באנגליה, בה היא משמשת לחימום מאות אלפי בתים. אצלנו פועלת השיטה בהצלחה במאות דירות, משרדים ומוסדות בכל חלקי הארץ. העקרון הוא פשוט: מעל לקרקע או לבטון הקונסטרוקטיבי של המיבנה מתקינים בידוד תרמי שימנע בעד העברת החום בכיוון למטה. מעל לשכבת הבידוד התרמי מותחים תילי חשמל מבודדים ויוצקים עליהם שכבה של בטון בעובי כמה סנטימטרים, כך, שתילי החשמל יהיו מכוסים בבטון זה כליל. מעל לבטון זה באה רשת הארקה, ואח"כ חול ורצוף רגיל. תילי החשמל מתחממים בשעות המוגבלות (9 שעות בלילה, ו-3 שעות אחרי הצהריים) ע"י הזרמת חשמל במתח רגיל (230 וולט) או מתח נמוך (24 וולט). החום נאגר בשכבות הבטון, החול והרצוף שמעל התילים ומוקרן באופן איטי משך כל שעות היממה. שיטה זו אידיאלית למי שרוצה בחום שווה משך 24 שעות ביממה. ההתקנה זולה מכל שיטת חימום מודרנית אחרת, אך כיון שהחימום ניתן 24 שעות ביממה ללא הפסקה — טבעי, שההוצאות לחשמל גבוהות מאלו, שבשיטה המאפשרת את הפסקת החימום למשך שעות רבות.



מצב מוליכי החימום בתוך הרצפה

ריצוף

טיט

חול

בטון עם

מוליכי חום

בידוד תרמי

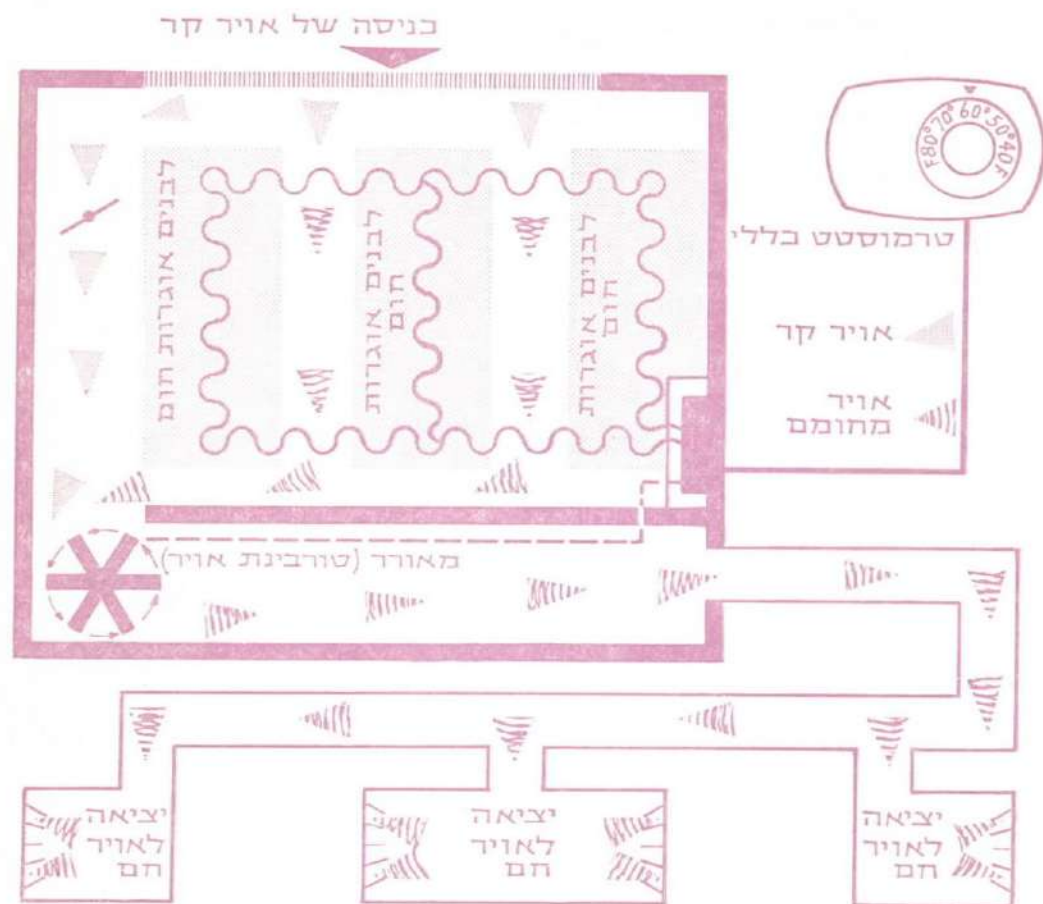
תקרת הקומה

התחתונה

## התנור האוגר (תנורוגר)

שתי שיטות הסקת החדרים שהוזכרו לעיל ניתנות להפעלה רק בבתים חדשים. בבתים ישנים — וכמובן גם בחדשים — מופעלת עתה שיטה נוספת, הכובשת בסערה את אירופה, ובעיקר את אנגליה, והיא שיטת ההסקה בתנורוגר. העומס המותקן של התנורוגרים באנגליה עלה מ-750,000 קו"ט בשנת 1959 ל-3,000,000 קו"ט ויותר בשנת 1964, דהיינו גידול פי 4 במשך 5 שנים. צריכת החשמל שם לפי תעריפי שעות שפל עלתה מ-400 מיליון קו"ט"ש בקירוב ל-2,600 מיליון קו"ט"ש באותה תקופה. רשות החשמל באנגליה מקוה שבחורף זה יימכרו שם כמיליון תנורים אוגרים. העומס המחובר שלהם יגיע, יחד עם קרוב למיליון התנורים שחוברו עד כה, ל-10 מיליון קו"ט"ש לפחות והצריכה ל-10,000 מיליון (עשרה מיליארדים!) קו"ט"ש. להתפתחות דומה אפשר לצפות בגרמניה, צרפת וארצות אירופה אחרות. עשרות רבות של מפעלי תעשייה עובדים באירופה בקצב מלא על ייצור מאות דגמים ביתיים, מסחריים ותעשייתיים של תנורים אוגרים. התנור האוגר הפך להיות שם לגורם רציני בתעשיית מכשירי חשמל, במכירת זרם לילה ובהסקת דירות, משרדים, בתי-ספר, מוסדות, אולמות תעשייה וכיוצא באלה. עקרונית בנוי התנור מגוש אוגר חום, המתחמם בשעות הלילה ואצלנו — גם במשך 3 שעות אחה"צ, על ידי גופי חימום חשמליים, לטמפרטורות גבוהות (700 — 900 מעלות צלזיוס). הגוש האוגר עשוי מחומרים אוגרי-חום משובחים, כבדי משקל ובעלי חום סגולי גבוה. הוא מורכב מבלוק אחד או מבלוקים אחדים דמויי לבנים. הגוש מבודד בידוד תרמי משובח. גופי החימום עשויים תילי כרום-ניקל או קנטל והם נתונים בין חלקי הגוש האוגר. תרמוסטט





פנימי מפסיק את החשמל כאשר הטמפרטורה בגוש האוגר מגיעה לדרגה המסכנת אותו או את גוף החימום.

בין חלקיו של הגוש האוגר משאירים חללי-אוויר. האוויר הקר בה מלמטה, חודר בדרך טבעית לחללי האוויר האלה, מתחמם, מתרומם ונפלט החוצה אל חלל החדר, מתערבב עם אויר החדר וחוזר חלילה. כדי שקרינת החום מהגוש האוגר תהיה איטית וכדי שהחום יישמר בתנור זמן רב מתקינים כאמור סביב הגוש האוגר בידוד תרמי משובח.

בתנורוגורים החדשים מוחדר האוויר בחוזקה ובכמויות גדולות ומוצא החוצה בצורה מאולצת ע"י מאורר או טורבינת אויר קטנה. מאורר זה (או טורבינת האוויר) מופעל בעזרת תרמוסטט המותקן בחדר ובדרך זו ניתן לשמור בו על טמפרטורה קבועה: כאשר הטמפרטורה בחדר מגיעה לזו שנקבעה מראש בעזרת התרמוסטט — נפסקת פעולת המאורר באופן אוטומטי והיא מתחילה מחדש אוטומטית כאשר הטמפרטורה ירדה מתחת למכוון. קיים גם מפסק זרם להפעלה ביד, המוציא מכלל שימוש את המאורר בהתאם לרצון הצרכן.

עומס התנורוגורים המשמשים חדר אחד נע בין 2 — 6 קו"ט וכושר האגירה שלהם 20 — 60 קו"ש.

# האחריות המשפטית של חשמלאי לגבי מיתקן חשמל שבוצע על ידו

עו"ד מ. קפלן

חוק החשמל (משנת תשי"ד — 1954) קובע בין היתר כי שר הפיתוח רשאי להתקין תקנות בכל ענין הנוגע לביצועו של החוק לרבות תקנות הקובעות כללים לביצוע עבודות חשמל. לפי סמכויותיו הנ"ל פרסם כידוע השר שורה של תקנות הנוגעות לביצוע עבודות חשמל המטילות, בנסיבות מסוימות, אחריות פלילית על החשמלאי המתקין והמתקן מיתקן הצורך חשמל.

למשל, תקנות החשמל (הארקות או הגנות אחרות) קובעות שמיתקן חשמלי יצויד במערכת הארקה או הגנה אחרת לפי הוראות התקנות, ותקנה 110 קובעת שחובה המוטלת לפי התקנות יראו אותה כמוטלת בין היתר על מתקין המיתקן.

הוראה דומה מופיעה גם בתקנות החשמל החדשות שפורסמו לאחרונה (התקנת כבלים, והתקנת מובילים).

נשאלת השאלה איזה עונש יחול על אדם המפר את החובה הנ"ל? על כך נמצא תשובה בחוק החשמל עצמו האומר שהעובר על הוראה מהוראותיו של החוק, לרבות התקנות שהותקנו לפיו, דינו מאסר שנה אחת או קנס — 1,000 ל"י או שני העונשים כאחד.

נוסף לאחריות הפלילית שהוזכרה לעיל, הרי ישנה גם אחריות אזרחית לפי פקודת הנזיקין האזרחית 1944 החלה בין היתר על בעל מקצוע.

מהי האחריות האזרחית של החשמלאי לגבי תקלות שעלולות להופיע במיתקן החשמלי שבוצע או תוקן על ידו, עקב ליקויים הנובעים מביצוע שלא בהתאם להוראות החוק ותקנותיו או מעבודה מרושלת ובלתי מקצועית?

חובת אדם לא להתרשל ועל ידי כך לגרום נזק, "לרעהו" נקבעה בסעיף 50 של הפקודה הנ"ל. סעיף זה, המגדיר את המושג, "רשלנות", קובע כי רשלנות היא בין היתר:

"אי שימוש באותה מומחיות או אי שמירה על אותה זהירות בשעת שימוש במקצוע, מלאכה או משלוח יד אשר אדם סביר ומיושב בדעתו המוסמך לשמש באותם מקצוע, מלאכה או משלוח יד היה משתמש בה או שומר עליה בנסיבות הנידונות, ביחס לאדם אחר שלו חייב האדם (הנ"ל)... לא לחדול מהשתמש באותה מומחיות או לשמור על אותה זהירות".

המושג, "רע" שהוזכר לעיל נזכר בפסיקה ענפה הקובעת ש"רע" או "שכן" הוא כל אדם שניתן לשער שיכול להיות נפגע על ידי רשלנות של בעל מקצוע. ברור שנכללים במושג זה כל אלה המשתמשים במיתקן או עשויים לבוא במגע אתו.

קיימת גישה מוטעית מצד חשמלאים מסוימים המתקנים מיתקני חשמל לפיה אחריותם הפלילית והאזרחית פגה אחרי שהמיתקן נבדק ע"י בודקי חברת החשמל ועוברת לחול על החברה. טעות גדולה מזו לא יכולה להיות!

פסק דין מאלף שניתן לפני מספר שנים על ידי זקן השופטים באנגליה דן בתביעה שהוגשה על ידי הורי ילד שנפגע מחשמל, נגד ספק החשמל. הילד נגע בתנור חימום חשמלי שהיה כאילו מנותק, ונכווה. המקרה אירע זמן קצר אחרי שבקר במקום עובד מטעם חברת החשמל לשם בדיקת המיתקן. בית המשפט שחרר את החברה מאחריות לנזק שנגרם, בנימוק שמיתקן החשמל בבית בוצע כ-20 שנה קודם לכן על ידי חשמלאי מוסמך. כנראה שהחשמלאי בתקון שעשה במועד מאוחר יותר החליף בטעות את חיבורי המוליכים כך שהתנור נשאר תחת מתח למרות שמפסקו נמצא במצב מנותק.

באותו משפט, בו נדחתה כאמור התביעה נגד חברת החשמל נקבע שאין זה מחובת החברה לבדוק את המיתקן כך שיגלה את כל התקלות והליקויים הקיימים או עלולים להתהוות בו. האחריות לגבי אלה מוטלת ונשארת על מבצע המיתקן, דהיינו — החשמלאי.

לסיכום, נראה מתוך החוקים שהזכרנו שעל החשמלאי לבצע את התקנת מיתקן החשמל או את תקונו, בהתאם לכל כללי המקצוע ולנקוט בכל אמצעי הזהירות. ואל לו לסמוך על בדיקת חברת החשמל שלעיתים אינה יכולה לגלות את כל הליקויים הקיימים או העלולים להתהוות עקב ביצוע רשלני.

# עבודה במיתקן חי

אינג' פ. שפר

במקרה זה חלה החמרה נוספת — הרשיון חייב להיות לפחות מסוג מוסמך. לחשמלאי עוזר אסור לבצע עבודה במיתקן חי. הלימוד המיוחד ייעשה בהדרכתו ובפיקוחו של מהנדס חשמל. יוצא מכאן שחשמלאי הקיבוץ או בית-החרושת אפילו אם הוא בעל רשיון חשמלאי בכיר, רשאי לעבוד במיתקן חי רק לאחר הלימוד המיוחד!

ג. אמצעי הבטיחות כגון כפפות, מלבושים, כיסויי הבידוד וכדומה, יתאימו לשימוש לעבודה במיתקן חיים החיים רק באם ימלאו 2 תנאים חשובים:

1. הם במצב תקין.
2. הם מתאימים לצורך העבודה המסויימת ולתנאי המקום.

סימן ההיכר העיקרי של העובדים במיתקנים חיים הן כפפות הבידוד.

יש להקפיד על כך שבכל מקרה ישתמש העובד בכפפות גומי מתאימות ורצוי שהאצבעות תהיינה גמישות וכפופות ושרוולו יהיה באורך של 25—30 ס"מ שיספיק לפחות כדי להגן על כל כף היד. ועל חלק של הזרוע. הכפפות למתח נמוך נבדקות במתח בדיקה של 5000 וולט. רצוי לבצע את

כל חשמלאי יודע שמיתקן חשמלי יכול להמצא באחד מ-2 מצבים:

- א. חי — מחובר למקור של מתח חשמלי באופן גלוני או השראתי או כשהוא טעון חשמל.
- ב. מת — דהיינו, מנותק מכל מקור של מתח חשמלי וחפשי מכל טעינה חשמלית.

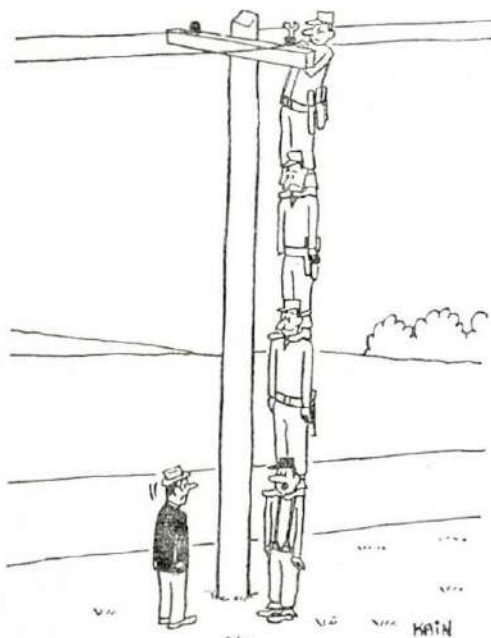
ישנו הבדל עקרוני מהותי בין ביצוע עבודות חשמל במיתקן מת לבין ביצוע עבודות דומות במיתקן חי. כפי שכבר הוזכר ב"תקע המצדיע" מס. 2 פרסמו לאחרונה תקנות בדבר עבודה במיתקנים חשמליים חיים במתח נמוך (קובץ התקנות 1949) שמטרתן להגדיר ולהסדיר את נוהלי ונוהגי עבודת החשמלאי שענה שהוא מבצעה במיתקן חי.

יודעים אנו כולנו, שמאז ומתמיד עבדו החשמלאים, במקרים רבים, במיתקנים חיים מסיבות שונות: לפעמים לא נוח היה לנתק את המיתקן מהזינה ולפעמים פשוט התעצלו לעשות זאת. במידה והצלילו לסיים את העבודה ללא תקלות מה טוב, אולם במידה ואירעו תקלות או תאונות לא היתה בכך משום עבירה על החוק. כיום, לאחר פרסום התקנות החדשות יש בכך משום עבירה על חוק החשמל כך שבמקרה שאדם אחר או החשמלאי עצמו יפגעו עקב ביצוע העבודה במיתקן החי ייתבע החשמלאי לדין על הפרת חוק החשמל בנוסף לתביעה אפשרית בגין נזיקין. לאור זאת כדאי לחשמלאים בכלל, ולאלה שנהגו לעתים, עקב ההכרח, לעבוד במיתקנים חיים, לפעמים תוך זלזול בכללי הבטיחות, לדעת את תוכן התקנות החדשות ולנהוג בהתאם.

נעמוד להלן על מספר נקודות חשובות המופיעות בתקנות:

- א. תקנה 2 קובעת שמותר לבצע עבודה במיתקן חי רק כשהדבר הכרחי. הכוונה היא בעיקר לעבודות חשמל ברשתות מסועפות אשר מחוברים אליהן צרכנים רבים, או במפעלי תעשייה, בתי חולים וכדומה, בהם יכולה להגרם הפרעה רצינית בתהליכי ייצור מיוחדים או בשרותים ויוגיים. לדוגמא — בלוח הראשי של בית חוג נ"י היה זה סביר לבצע, לעתים, את העבודה כווימיתקן כא מנותק. אולם אם יש לבצע תיקון ומשרד בית החולים אפשר לנתק את מעגל ומשרד וכבצע את העבודה במיתקן מת.

- ב. כלל בל יעבור הוא שהעבודה תבוצע על ידי 2 אנשים לפחות, ושניהם למדו במיוחד את שיטת העבודה במיתקן חי. כמו כל עבודה במיתקן חשמלי תבוצע גם העבודה במיתקן החי אך ורק על ידי חשמלאים בעלי רשיון מתאים, אולם



כן אדוני, אבל לצביקה יש כפפות בנרתיק...



הפזות בשעת חיבור 2 רשתות ואיך יעשה הדבר, באיזה כיוונים יש להשתמש לשם בידוד המיתקן החי בפני נגיעה וכדומה.

התקנות כוללות גם פרטים על תנאי תאורה, ההכרחיים בשעת העבודה, גידור שטח העבודה, עקרונות אחזקת הצידוד, מזג אוויר וכדומה, אשר אינם דורשים הסברים נוספים.

לסיכום אפשר לומר שעבודות חשמל במיתקנים חיים תבוצענה בעתיד אך ורק במקרים מסויימים ומוגדרים, ואז — רק על ידי חשמלאים שלמדו במיוחד את שיטת העבודה וקיבלו בכתב הוראות עבודה מפורטות. אשר לעבודות שבוצעו בעבר, ללא ניתוק המיתקן מהמתח, פשוט כיון שהחש-מלאי רצה לחסוך לעצמו טירחה, וזאת למרות שידע שהוא מבצע את העבודה במקרים רבים על סף הבטיחות או אפילו מעבר לו — מוטב שתפסקנה.

בדיקת המתח מספר פעמים בשנה. (לפחות כל 6 חודשים) ולפני כל שימוש לבדקן באופן חזותי. בארצות הברית שם מפותחת העבודה במיתקן חי, פיתחו כפפות נוחות לעבודה ובעלות מבנה המבטיח רמת בטיחות גבוהה. לעומת זאת הכפפות המיוצרות באירופה הן בדרך כלל עבות וקשיחות יותר, דבר שמעייף יותר את אצבעות העובד. על כפפות הגומי רצוי להלביש כפפות עור דקות לשם הגנה מכנית (במיוחד כאשר עובדים על עמודים, בשוחות כבלים וכדומה).

ד. התקנות דורשות שהעבודה במיתקן חי תבוצע בהתאם להוראות בכתב של מהנדס חשמל. אין הכוונה להוראות בנוסח "לך ועשה", אלא להוראה שתכלול פירוט מלא של הפעולות שיש לבצע, לרבות אופן הביצוע וסדר הפעולות. לדוגמא, יש לפרט במפורש באיזה מוליך מתחילים בעבודה ובאיזה מסיימים, מתי בודקים התאמת

## תאנת השמל ולקחה

סיפור המקרה המתואר להלן הוא סיפור אמיתי שאירע לא מכבר באחד מכפרי המיעוטים במשולש:

השעה היתה שעת בוקר מוקדמת ובחוץ ירד גשם שוטף כשהילדה פטמה (השם בדוי מסיבות מובנות) בת ה-13 נשלחה על-ידי אמה להוריד את הכבסים שהיו תלויים על תייל מתכתי בחצר הבית. ברגע שנגעה הילדה בתייל קבלה חבטת חשמל קשה ונשארה עומדת במקום מבלי יכולת להשתחרר מהתייל המחושמל.

אחותה בת ה-20 שראתה את המחזה המחריד מבעד לחלון מהרה לחדר ותפסה את הנפגעת במטרה לחלצה ואז קבלה אף היא חבטת חשמל שגרמה לכוויות בכף ידה אולם היא הצליחה להשתחרר מהחשמול בכוחות עצמה. למשמע צעקותיה מהר אחד מהגברים ושלף את 2 הנתני-כים בלוח החשמל. כאשר הגיע אל הנפגעת הצעירה היתה היא כבר ללא רוח חיים. ולא הועילו גם הנסיונות להצלתה בהנשמה מלאכותית.

לבדוק חברת החשמל שיצא לברר את פרטי המקרה ונגלתה התמונה הבאה: הבית שלידו אירע החשמול הקטלני הוא בית בן 2 קומות, הקומה השניה נבנתה בשלב מאוחר יותר ומיתקן החשמל שלה בוצע ברמה נמוכה ולא בהתאם לתקנות ולכללי המקצוע. כדי לחסוך לעצמו טרחה, ואי נעימויות לא הזמין מתקין המיתקן, כנדרש, את בודק חברת החשמל לבדיקת המיתקן לפני חיבורו לאספקה אלא חיברו ללוח הקיים בקומה הראשונה באמצעות 2 תילים שזורים (פזה ואפס) בעלי חתך של 0,4 ממ"ר, שנקבעו לקיר החיצוני של הבנין בעזרת מסמרים מכופפים. אחד המסמרים שמש גם וו לחיבור התייל לתלית הכביסה...

אין קושי להסביר את סיבת החישמול: בידוד מוליך הפזה (הבלתי תקני) נפגם ליד המסמר „הדו־תכליתי” וכך הפך המסמר לחי דהיינו — נמצא תחת מתח.

זרם הפחת לאדמה זרם תחילה במסלול שכלל את הנתיד, מוליך הפזה, המסמר „הדו־תכליתי” והמיתקן לתליית הכביסה. הזרם היה נמוך מכדי להפעיל את הנתיד. אולם ברגע שנכנסו 2 האחיות למעגל-הפחת (עקב מגען במיתקן לתליית הכביסה) זרם דרך גופן זרם לאדמה אשר הספיק לגרום למותה של האחת ולפגיעתה החמורה של השניה.

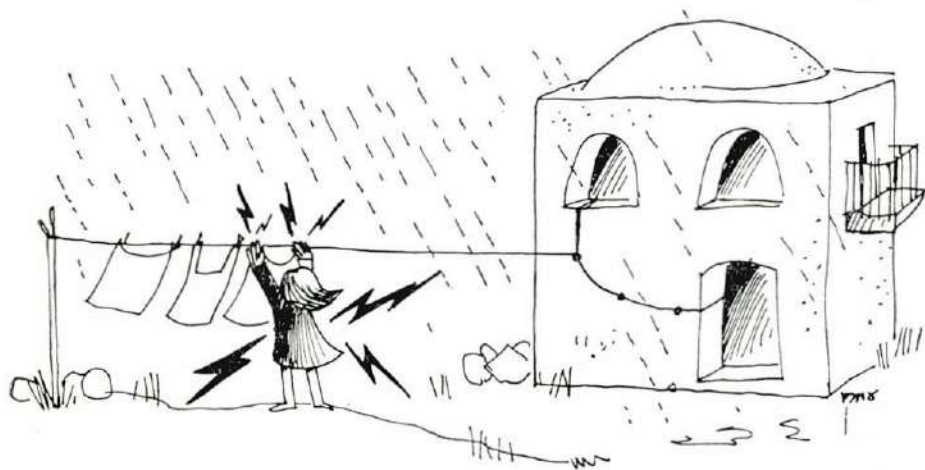
הלקח מתאונה זו הוא כפול:

(א) לא כל אדם רשאי לטפל במיתקן חשמל להרחיבו או לבצע בו תיקון-נים, כשם שלא כל אדם רשאי לטפל בחולים...

(ב) ברור שחשמלאי בעל רשיון שעבר בחינות מתאימות לא היה מבצע את המיתקן על כל הלקויים שתוארו לעיל ולא עוד אלא שאילו נהג בהתאם לכללים המקובלים היה אף מזמין את בודקי חברת החשמל לפני הפעלת המיתקן ואז — ודאי שלא היתה מתרחשת התאונה הקטלנית.

אחד מתפקידיהם של החשמלאים הוא לשמש מסבירים בקרב הציבור הרחב בדבר הסכנות הכרוכות בביצוע מיתקן חשמל או תיקונו שלא על ידי חשמלאים בעלי רשיון.

יש להוסיף שגם אם נניח שהמיתקן היה מצוייד בהארקה, מתאימה, ספק הוא אם מגע המסמר המחושמל בקיר היה מאפשר פתוח זרם מספיק על מנת להפעיל את הנתיד. מאידך, ממסר רגיש לזרם פחת היה פועל — או בזמן התפתחות הלקוי בבידוד (אם זרם הפחת היה מגיע ל-30 מילי אמפר בקרוב) או לפחות בעת נגיעת הילדה בתיל המחושמל. יש לעודד את השימוש בממסרים לזרם פחת הפועלים בזרמים זעירים, ובפרקי זמן של עד 30 מילי שניות, כקו הגנה נוסף להארקות, שלא תמיד מספיקות להציל חיי בני אדם.



# בדיקות מערכת ההארקה

אינג' נ. פלג

## מבוא

בבואנו לדון במעגלי הארקה במיתקנים ביתיים ותעשייתיים נתבונן ראשית בעקרונות הטמונים מאחרי הדרישה עצמה.

למעגל ההארקה תפקיד אחד ויחיד — להגן על חיי המשתמש בחשמל או הנמצא בסביבת המיתקן החשמלי וכן להגן על המיתקן וסביבתו. ההארקה, כאמצעי מגן זה, היא למעשה השיטה הותיקה והמנוסה ביותר ורק לאחרונה החלו להופיע שיטות הגנה אחרות המבוססות גם הן, חלקית, על הארקה מסוימת.

תפקיד ההארקה להבטיח כי במקרי תקלה בבידוד מכשיר חשמלי, תקלה העלולה לסכן חיי אדם הנוגע בגוף המכשיר, לא יעלה מתח המגע על ערך מסוים (בארץ — 65 וולט), ועם זאת יפעל הנתיד או מפסק הזרם האוטומטי של אותו מעגל וינתקו. ברור שעוצמת הזרם אשר תתפתח במקום התקלה תלויה בהתנגדות המעגל שתחילתו בשנאי (טרנספורמטור) המזין את המערכת, נמשך לאורך מוליך הפזה עד למקום התקלה ומשם, דרך מוליכי ההארקה שבתוך הדירה (או המפעל) לצנרת המים (או אלקטרודת הארקה מלאכותית) חזרה לנקודת האפס של השנאי, דרך האדמה. אחריות כבדה ביותר מוטלת על החשמלאי, לדאוג לאמינות ההארקה. כידוע מתגלית תקלה במעגל הזינה (פזה או אפס) באופן כמעט אוטומטי — פשוט אין מתח, או שמכשיר חדל מלפעול. לעומת זאת פסק, חבור לא תקין או עליה בערכה של התנגדות מעגל ההארקה מתגלים רק ע"י בדיקה או — כתוצאה מתאונה (ואז מאוחר מדי...). באופן רגיל לא יקבל החשמלאי או מפעיל המיתקן התראה מוקדמת כל שהיא שקיים מצב מסוכן כתוצאה מליקוי במערכת ההארקה.

## חלקי מערכת ההארקה

מערכת ההארקה מורכבת מ-3 חלקים:

א) מוליכי ההארקה מהמכשירים או בתי התקע עד לנקודת ההארקה שעל הלוח הראשי.  
ב) החבור שבין נקודת הארקה מרכזית זאת לצנרת המים (כולל הגשר מעל מדי-המים) או לאלקטרודות הארקה.

ג) האלקטרודה: טבעית — צנרת המים עצמה, או מלאכותית.  
יש לבדוק כל חלק וחלק בפני עצמו ובסיום — הבדיקה הסופית והמכרעת, לוודא שהמערכת כולה תמלא את יעודה. כמרכון, מחייב החוק לבצע בדיקות תקופתיות ולדאוג שמערכת ההארקה תמצא תמיד במצב תקין ויעיל, כי בנפשו הדבר.

על החשמלאי להיות תמיד ער לשינויים שנעשו בצנרת המים וזאת בגלל הופעתם בשוק של אבזרי מים וחומרי אטימה הגורמים לפסק ברציפות החשמלית (למשל: התקני אטימה פלסטיים בחבורי צנורות, סרטי טפולן להברגות וכו'). על החשמלאי לפקוח עין לכל מקרה של טיפול בצנרת המים ולודא תמיד שלא חלה הרעה במערכת ההארקה.

## בדיקת רציפות מעגל ההארקה (בתוך המיתקן).

על החשמלאי לבדוק את רציפות ההארקה בין כל מיגעת הארקה שבמיתקן (הן בבתי תקע והן במכשירים המחוברים דרך קבע) לבין נקודת ההארקה הראשית. בדיקה זו ניתנת לבצע בעזרת מכשיר המוכר, ללא כל ספק, לכל חשמלאי, והוא האוהמטר. ברור מאליו שיש לבחור את שקלת המכשיר המתאימה בהתאם לערכים שיש לקבל, כך שאפשר יהיה לקרוא באופן ברור ערכים בסדר גודל של 1 אוהם ופחות. אין לבצע בדיקה זו בעזרת „מגרי“ (אינדוקטור) כיון שמכשיר זה מיועד לבדוק התנגדויות בסדר גודל של מגה-אוהמים (מיליוני אוהמים).

הבדיקה פשוטה ביותר לביצוע, אך יש להקפיד על ביצועה היסודי — אין לדלוג על אף מיגעת הארקה אחת.

הנסיון מלמד שלתקלות יש „נטיה“ להופיע דוקא במקומות שמשום מה לא נבדקו... תקנות ההארקות קובעות במפורש, שההתנגדות החשמלית בין נקודת החיבור של מוליך ההארקה לאלקטרודה לבין כל נקודה אחרת של אותה מערכת הארקה במיתקני צריכה במתח נמוך לא תעלה על 1 אוהם.



אולם חובה להוסיף שכל זאת רק בתנאי שתוצאות הבדיקה המסכמת של נאותות ההארכה המתוארת להלן תהייה גם הן במסגרת המותרת.

## בקורת חזותית

בדיקת הרציפות כוללת גם ביקורת חזותית חשובה שמטרתה לודא שהחיבור בין מוליך ההארכה הראשי המגיע ללוח, לבין צינור המים יהיה יציב מבחינה מכנית דהיינו — הברגים מובטחים נגד פתיחה מקרית וסגורים בכוח הדרוש, שנקודת החיבור איננה במקום בו אפשרי טיפול בלתי מוסמך וכן שקיימים הגשרים במקומות הנכונים (מעל למדי מים, דודים לאגירת מים וכדומה). יש להקפיד על חיבור מוליך ההארכה לצינור הקשור ישירות למערכת אספקת המים הציבורית ולא לצינור חוזר כלשהו!

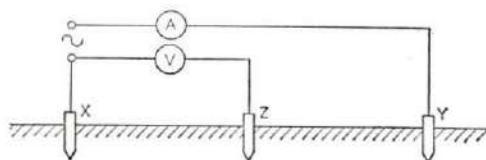
## בדיקת אלקטרודות מלאכותיות

נושא זה רחב מאוד ובמסגרת הנוכחית נשתדל רק להבהיר מספר נקודות עקרוניות. ישנן כמה שיטות להתקנת אלקטרודות (החדרת מוטות מתכת אנכיים, הנחת רשת מתכתית בעומק קטן מתחת לפני הקרקע ועוד). בכל מקרה ומקרה יש לחקור היטב מה אופי הקרקע הן מבחינת המוליכות החשמלית הסגולית וכן מבחינת התכונות הפיזיקליות האחרות (לחות, סלעים וכו'), כיון שעלולים לחול שינויים בטיב האלקטרודה בהתאם לשוני בתכונות הקרקע.

שיטת הבדיקה, מבוססת עקרונית, על חוק אוהם ומנצלת מדידה משולבת של זרם ומפל מתח אשר היחס ביניהם נותן את ההתנגדות. בבדיקות כאלה אין להשתמש בזרם ישר כיון שהוא גורם לקיטוב (פולריזציה) — התהלת גזים סביב האלקטרודות כתוצאה מתהליך אלקטרוכימי העלול לסלף את תוצאות המדידה. נוח ביותר להשתמש במכשיר מסוג מגר אדמה.

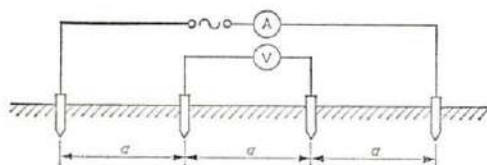
סכמת הבדיקה העקרונית מתוארת בציור מס' 1.

- A — אמפרמטר
- V — וולטמטר
- X — אלקטרודה ראשית
- Y — אלקטרודות עזר לזרם
- Z — אלקטרודות עזר למתח



ה ע ר ה : יש לדאוג להפרדה מוחלטת בין מעגל המדידה ורשת האספקה!

אלקטרודות העזר Z Y הן למעשה יתדות ברזל בקוטר של 1/2 אינץ', בערך, המונסות לאדמה לעומק של 1 מ' בקירוב. המרחק בין אלקטרודות X ו-Y הוא כ-30 מטר. יש לבצע סדרת מדידות תוך הזזת האלקטרודה Z בהפרשי מרחק של כ-6 מטר בכוון X- ואחר ל-Y. כאשר ההפרשים בין הקריאות של הוולטמטר בזרם קבוע אינם גדולים ניקח את הממוצע ונוכל לחשב את התנגדות ההארכה. שיטה זו אינה יעילה ומדויקת, כאשר התנגדות האלקטרודה הראשית נמוכה (סדר גודל של 1 אוהם ופחות) או כאשר התנגדות אלקטרודות הזרם Y גבוהה. במקרה שהתנגדות האלקטרודה נמוכה מ-1 אוהם ויש צורך לקבוע בדיוק את הערך הזה ניתן הדבר לביצוע בשיטה המתוארת בציור 2.



במידה וערך ההתנגדות נמוך יותר, נדרשת הגדלה נוספת של המרחק בין האלקטרודות. גם במקרה זה יש לבצע מספר בדיקות ולחשב את הממוצע. אגב, במכשירים מסוג „מגר אדמה“ אין משתמשים באמפרמטר ווולטמטר אלא במכשיר מדידה בעל שני סלילים הנותן מיד את ערך ההתנגדות.

תקנות ההארכות מפרטות את הדרישות המינימליות לגבי מבנה אלקטרודות ההארכה והתקנתן ומגדירות במפורש את ההתנגדות בין אלקטרודות ההארכה לבין המסה הכללית של האדמה.

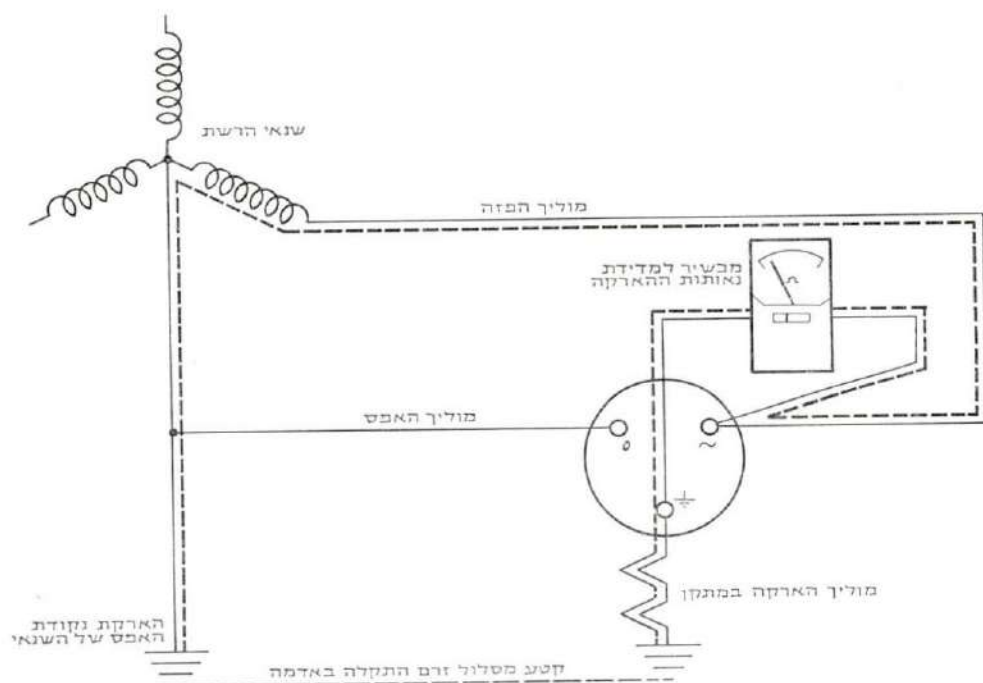
במיתקנים למתח נמוך לכל היותר — 10 אוהם, וכאשר מותקנות מספר אלקטרודות, ההתנגדות השקולה לכל היותר — 5 אוהם.

במיתקנים למתח גבוה לכל היותר — 20 אוהם. אולם שוב יש להדגיש שהערכים הנ"ל הם רק בתנאי שתקיים הדרישה של נאותות ההארקה!

### בדיקה מסכמת של מאותות ההארקה

עד עתה טיפלנו בחלקי מערכת ההארקה באופן נפרד אך למעשה מעניינת אותנו התוצאה הסופית אשר רק היא תוכל לענות לנו על השאלה אם ההארקה תמלא את ייעודה או לא.

תקנות ההארקות קבועות שבנוסף לדרישות לגבי רציפות מעגל ההארקה ולגבי אלקטרודות ההארקה שהזכרנו לעיל חייב האימפדנס של מעגל ההארקה במיתקנים למתח נמוך לאפשר פיתוח זרם לאדמה פי



2,5 לפחות מהזרם הנומינלי של נתיך המעגל או פי 1,5 לפחות מזרם ההכוונה של המפסק האוטומטי של המעגל!

זרם התקלה תלוי ב-2 גורמים:

(א) מתח הרשת.

(ב) אימפדנס מסלול זרם התקלה (המתואר במקווקו בציור מס' 3).

ברור שאם ידועים מתח הרשת ואימפדנס כלל מסלול זרם התקלה לאדמה נוכל לחשב את ערך הזרם שיתפתח במקרה של קצר לגוף.

נמצאים בשוק מספר מכשירים המיועדים למדידת אימפדנס המסלול או שהוראתם נותנת ישירות את גודל המבטח המכסימלי שמותר להתקין במעגל הנבדק.

מכשירים אלו מבוססים על עקרון של יצירת מצב קצר מבוקר בין פזה והארקה ובהתאם לעוצמת הזרם נקבע אימפדנס המסלול.

בהסתמך על דרישות תקנות הארקות עובדה הטבלה הבאה הנותנת את ערכי האימפדנס המירביים (המכסימיים) המותרים עבור נתיכים או מפסקי זרם אוטומטיים בגדלים שונים.

| התנגדות מירבית של מסלול זרם התקלה<br>(אוהמים) |                              | זרם נקוב<br>(אמפרים) |
|-----------------------------------------------|------------------------------|----------------------|
| במקרה של נתיך                                 | במקרה של מפסק<br>זרם אוטומטי |                      |
| 9.2                                           | 15.3                         | 10                   |
| 6.1                                           | 10.2                         | 15                   |
| 4.6                                           | 7.7                          | 20                   |
| 3.7                                           | 6.1                          | 25                   |
| 3.1                                           | 5.1                          | 30                   |
| 1.5                                           | 2.6                          | 60                   |
| 0.9                                           | 1.5                          | 100                  |
| 0.7                                           | 1.2                          | 125                  |
| 0.6                                           | 1.0                          | 160                  |
| 0.5                                           | 0.8                          | 200                  |

הערה: הטבלה מחושבת למתח רשת (בין פזה ואפס) 230 וולט.

## לסיכום

על מנת שהחשמלאי יוכל לבדוק כהלכה את הארכת המיתקן על כל חלקיה חייבים להיות ברשותו 2 מכשירים חשובים:

(א) אוהמטר לבדיקת רציפות מוליכי ההארקה.

(ב) מכשיר למדידת נאותות ההארקה.

באם עליו לבדוק גם את התנגדות של אלקטרודה מלאכותית חייב להיות ברשותו גם מכשיר מטיפוס „מגראדמה“.

נוסיף עוד שקיימת האפשרות שהמדידה תוכיח שנאותות ההארקה איננה תקינה, דהיינו — לא מתמלאת הדרישה המפורטת בטבלה, אז יש להתקין אמצעי הגנה אחרים כדוגמת מפסקי המגן הפועלים בזרם פחת.

## החימום האוור — המשך מעמד 24

תנורוגר חדיש פולט ע"י קרינה לא יותר מ-1% — 2% לשעה מהחום שנאגר בו; את יתר החום הוא פולט בהתאם למידת הפעלת המאורר.

רוב התנורוגרים אינם גבוהים מ-75 ס"מ ואינם רחבים מ-45 ס"מ. אורכם תלוי בהספק: הטפוס המקובל לחמום חדר נורמלי אורכו כ-100 ס"מ. מבחוץ הם נראים כארגזים או מזנונים והם משתלבים יפה בריהוט הדירה או המשרד. בדרך כלל ניתן להשיגם בגוונים שונים ובעיצוב החל מדמוי תנור-הסקה מימי סבתא — עם „קכלות“ ועד לרהיט מודרני עם ציפוי דמוי עץ-טיק.

משקלם של התנורוגרים הקונבנציונליים — 150 עד 400 ק"ג.

תנורוגר שנעמיד בהול ונפעיל כהלכה את המאורר שלו — יפזר חום, דרך דלתות ופתחים, לחדרים שמסביב, אם רק יהיה בעל הספק וכושר אנירה מתאימים.

לאחרונה מייצרים תנורוגרים בעלי 2 יציאות ויותר לפליטת אויר, עם מאורר משותף או מאורר נפרד לכל פתח פליטה, המבוקר ע"י תרמוסטט נפרד. תנורוגר כזה יכול לספק חום קומפורטי (נוח) לדירה שלמה ואפילו למספר רב של דירות. שיטת חימום זו באמצעות תנורוגר אחד נקראת באנגליה electricair והיא נוחלת שם הצלחה בלתי רגילה.

מאמר זה בא לתאר באופן כללי את השימושים העיקריים של החימום האוור. בגלינונות הבאים של „התקע המצדיע“ נביא קוראים פרוט יתר של השיטות המתוארות כאן, תוך שימת הדגש על האספקטים המעניינים את החשמלאי.



# הידען

## בקיאות בתקנות החשמל

1. צבע הבידוד של מוליך ההארקה בכבל תת-קרקעי חייב להיות:
  - א. לבן;
  - ב. צהוב-ירוק;
  - ג. שחור.
2. אימפדנס מעגל ההארקה במיתקן המוזן במתח של 230 וולט הוא 4.5 אוהם. הבטחת המעגל מותרת על ידי:
  - א. מז"ז של 25 אמפר;
  - ב. נתיך מתוברג של 25 אמפר;
  - ג. נתיך בעל אלמנט נתיך חליף של 25 אמפר.
3. מפקק על הלוח יותקן באופן ש —:
  - א. חלקיו הנעים לא יימצאו עד כמה שאפשר תחת מתח כשהמפ"ס נמצא במצב מופסק;
  - ב. חלקיו הנעים ימצאו תמיד בצד הזינה;
  - ג. חלקיו הנעים לא ימצאו אף פעם בצד הזינה.
4. בצינור פלסטי שקוטרו 16 מ"מ, המותקן בהתקנה גלויה, מושחלים 4 מוליכים מבודדים ב-P.V.C. בעלי חתך של 4 ממ"ר. (קוטרו החיצוני 4,5 מ"מ). דרוש להוסיף למעגל, מוליך נוסף בעל חתך של 4 ממ"ר מבודד אף הוא ב-P.V.C. לשם כך:
  - א. הכרחי להחליף את הצינור הקיים, לצינור שקוטרו 23 מ"מ;
  - ב. במיתקן תעשיתי אפשר להשחיל את המוליך הנוסף לתוך הצינור הקיים;
  - ג. מותר להשחיל את המוליך הנוסף לתוך הצינור הקיים.
5. כל עבודה במיתקן חי דהיינו — במוליכים חיים חשופים או מבודדים או במוליכים העלולים ליהפך לחיים בשעת ביצוע העבודה במיתקן, לרבות כל עבודה במרחק קטן מ-40 ס"מ ממוליכים חיים חשופים במתח נמוך ולמעט ביצוע מדידה חשמלית במיתקן מותרת לבצוע על ידי:
  - א. קבוצה של לא פחות מ-2 חשמלאים שהוכשרו במיוחד לעבודה בפיקוחו של בעל רשיון מסוג חשמלאי-מהנדס;
  - ב. על ידי חשמלאי מוסמך יחיד שקבל אימון מתאים;
  - ג. רק על ידי עובדי חברת החשמל.
6. התקנת כבלים ישירות מתחת לטיח:
  - א. אסורה בהחלט;
  - ב. מותרת רק במיתקנים ביתיים;
  - ג. מותרת רק במיתקנים תעשייתיים.

סמן בעיגול את התשובה הנכונה, כתוב מעבר לדף את שמך וכתובתך.  
גזור ושלח לפי כתובת המערכת.

תשובות תתקבלנה עד יום 15.5.1966

שאלה 1 : שאלה 2 : שאלה 3 : שאלה 4 : שאלה 5 : שאלה 6 :

|   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| א | א | א | א | א | א |
| ב | ב | ב | ב | ב | ב |
| ג | ג | ג | ג | ג | ג |

\* בין הפותרים נכונה את החידון מס. 3 יוגרלו 10 פרסי ספרים העוסקים בנושא החשמל.

\* כן החליטה המערכת להעניק פרס לכל אחד מהפותרים נכונה את כל החידונים שיופיעו בשנת 1967.

## סיכום החידון מס' 2

אל המערכת הגיעו 278 פתרונות.

כל הפתרונות נבדקו וב-141 מהם היו התשובות לכל 5 השאלות הנכונות. מחוסר מקום לא נפרט את התשובות הנכונות אלא נסתפק רק בציון התקנה עליה מתבססת התשובה.

רבים מבין הפותרים העירו את תשומת לבנו לעובדה שבשאלה 6 לא הוגדר בפירוט מספיק מקום התקנת הצינור: אם הותקן באדמה המכוסה באריחים מרצפות או אבנים שטוחות, העומק המינימלי 40 ס"מ ואם הותקן במקום שהקרקע היא אדמה או חול בלתי מכוסים העומק המינימלי 80 ס"מ.

לכן קבלנו כפתרון נכון גם את תשובה א' דהיינו — שהעומק המינימלי 70 ס"מ, וגם את תשובה ג' דהיינו — שהעומק המינימלי 40 ס"מ.

לעומת זאת ברור מעל לכל ספק שתשובה ב' דהיינו — שהעומק המינימלי 20 ס"מ, איננה נכונה בכל מקרה.

הפתרון הנכון הוא לפיכך:

- שאלה 1: (ב) ראה תקנות „כבלים” — תקנה מס' 1.  
ראה תקנות „מובילים” — תקנה מס' 1.  
שאלה 2: (א) ראה תקנות „הארקות” — תקנה מס' 29.  
שאלה 3: (ב) ראה תקנות „רשיונות” (תשכ"ד 1963) — תקנה מס' 11.  
שאלה 4: (א) ראה תקנות „מובילים” — תקנה מס' 67.  
שאלה 5: (ב) ראה תקנות „לוחות” — תקנה מס' 31.  
שאלה 6: (ג) או (א) ראה תקנות „מובילים” — תקנה מס' 73.  
ביום 10.2.67 נערכה הגרלת הפרסים בנוכחות עו"ד מ. קפלן היועץ המשפטי של חב' החשמל, מר י. טראוב ומר פ. שפר העורכים האחראים ומר א. לייטנר מזכיר המערכת.

הפרס הראשון (אמפר-מטר, צבת הכולל סדור למדידת מתח), נפל בגורלו של שמעון בן-עמי, שכוון ד' 305/16 באר שבע.

הפרס השני (מקדחות יד) נפל בחלקו של ישראל וולפה, רח' המאבק 43 ב', גבעתיים.

הפרס השלישי (הספר בעיות לחשמלאים) נפל בגורלו של אליעזר שלומי, כפר גנות, דואר בית-דגון.

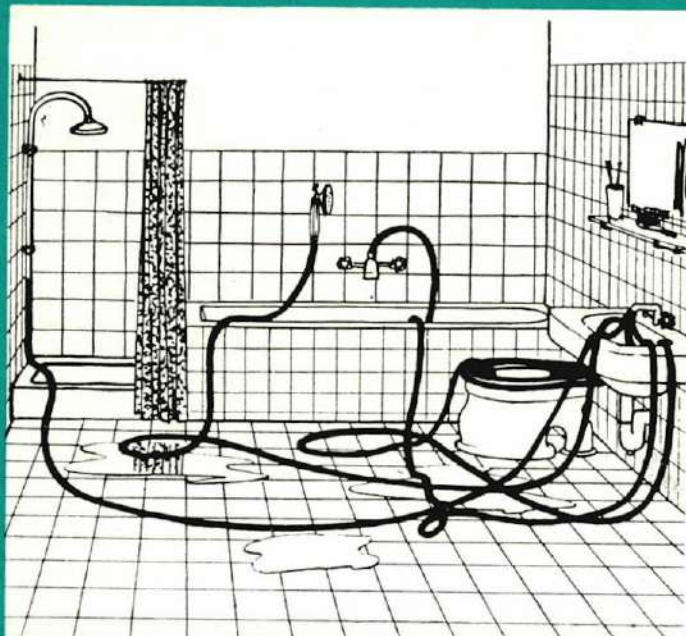
שם החשמלאי

כתובתו

## להלן שמות כל הפותרים נכונה את החידון מס. 2 :

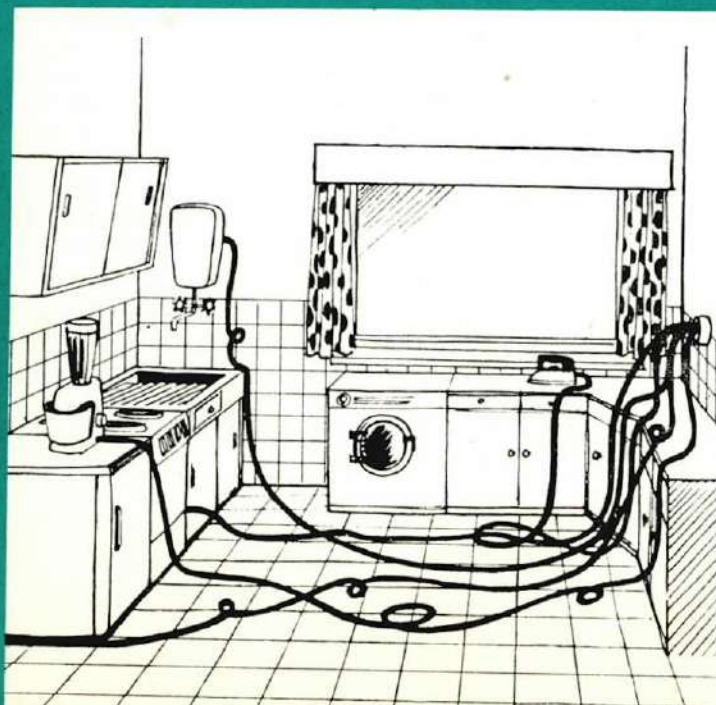
- אופקים — טויוזר שמעון.  
אילת — גלצמן אברהם.  
אלומות — ברק בנימין.  
אפיקים — בחנוף נתן.  
אשדוד — איוניר משה, אריאן משה, רם אמנון.  
באר-שבע — בן עמי שמעון, גאן פייר, גולד, כהן פליקס, ממון אלברט.  
בית דגן — לוי יצחק.  
בית זרע — אדית יעקב.  
בית לחם הגלילית — סטראקוש משה.  
בית קמה — אברהמי אפרים.  
בית שמש — אזולאי דוד.  
בני-ברק — איזנברג מתי, בילניקוב דוד, מוגהן משה, קצין שמואל, רחמים צבי.  
בת-ים — אשכנזי יצחק, יפניק יעקב.  
גבעתיים — אינגר משה, וולקוב רון, וולפה אברהם, ירושלמי אברהם.  
גבעת שאול — קסטל יעקב.  
גונן — עמלי ארנון.  
גן שמואל — רו שלמה.  
געש — רייזנמן שאול.  
הרצליה — תירס משולם.  
חדרה — גרינבלט יעקב.  
חולון — אלברט בנימין, בנדל יעקב, ברטוב עדי, קטוב שלמה.  
חולתא — פינטרמולי אברהם.  
חיפה — ארטן עוזיה, בורוב בנימין, ברגר פנחס, גליקר אלי, גרינבלט טוביה, דביר עודד, ונגרקו אריה, וינסטון משה, חדד כמאל, יריב מרדכי, מנדלסון אברהם, סונטון פ., ענב יעקב, קסטן עובדיה, שטיין יהודה.  
חמדיה — שחם יורם.  
חפץ-חיים — מרקוס שמשון.  
חקוק — אליאש משה.  
יהוד — אויגור ראובן.  
יקום — צורקין יגאל.  
ירושלים — זונפלד משה, ויאטר חיים, קראוס מנחם.  
כברי — גינת אליעזר, לינדמן דן.  
כפר גנות — שלומי אליעזר.  
כפר הנגיד — כלב יצחק.  
כפר ידידיה — חרמון גד.  
כפר-יונה — סימן טוב רחמים.  
כפר מימון — זלינגר רפאל.  
להב — קטלן רפי, רונן גבי.  
מגל — דגן יורם, יודקביץ שמעון, מנדלר מיכאל, סופר אברהם.  
מרחביה — זית ארי.  
משאבי שדה — בן זאב יואל, שביט מ.  
משואות יצחק — ספיץ שמעון.  
נתניה — בלשניקוב ברוך, כרמי עורף, קסלר, קסלר יעקב, קלמן יוסף.  
נוה שאנן — הרבסט נח.  
נוף ים — מאיר אריה.  
נצרת עילית — אביקרט שלמה, מאיר ברוך.  
סעד — איתאל יורי.  
עין-גב — אילן משה.  
עין דוד — סמו יצחק.  
עין החורש — ברלב דן, מוסרי יצחק.  
עין הכרמל — הרפז משה.  
עין-חרוד — כהן יעקב.  
פרדס כץ — שפירא משה.  
פרוד — בוכוולד ברוך.  
פתח-תקוה — אברהמי שלום, ארליך דוד, ביגי עמרם, גבאי אמנון, חזני אליהו, מייזנר צבי, שמעון אלק.  
צאלים — חיא אברהם.  
צרעה — קליין יעקב.  
צפת — ויגורוביץ בצלאל.  
קוממיות — טלוביץ משה.  
קרית אתא — לוי שלום.  
קרית-ים — סימיגרין בן-ציון.  
קרית מוצקין — רוזנבלום חיים.  
קרית שמריהו — איזיק יצחק.  
ראש-ל"צ — הורנקו, ליקוברניק אליהו, צוקרברג חיים, קאפח אברהם, שלג צבי, תורגמן אדמונד.  
רחובות — בקלש קרול, גוז יעקב, שוירמן יוסף.  
רמלה — בוכמן מרדכי.  
רמת-גן — אלסטר אריה, לוי משה, מרקוביץ משה, רפאלי יעקב.  
רמת השופט — דנגור יחזקאל.  
רעננה — גרין יוסף.  
תל-אביב — אורן אברהם, אינשטיין צבי, טל יעקב, יבלון אהרון, מליכי ששון, מרקל יעקב, נוביקוב מנחם, רחלזון דוד, שפירא אברהם, ששון רחמים.  
תל-יוסף — בורשטיין אבשלום.





### זה מול זה

כך היה נראה מיתקן המים  
בחדר השרותים אילו היה בנוי  
לפי הנוהג המקובל לגבי...



...מיתקן החשמל במטבח :  
בית תקע אחד לכל המכשיר  
רים —  
הפתרון :  
יותר בתי תקע במטבח ובדירה  
בכלל !