

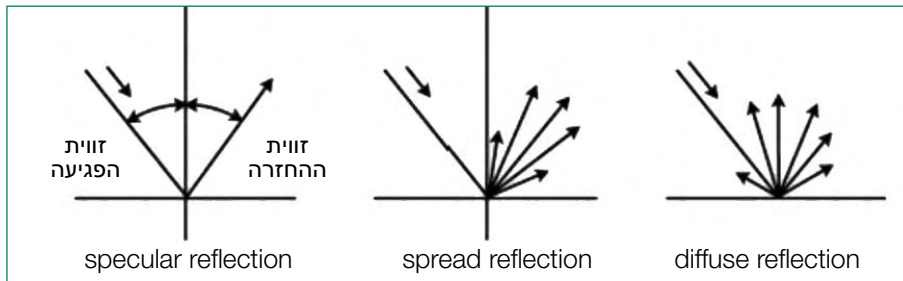
פרק רביעי

גופי תאורה

בקרה על האור

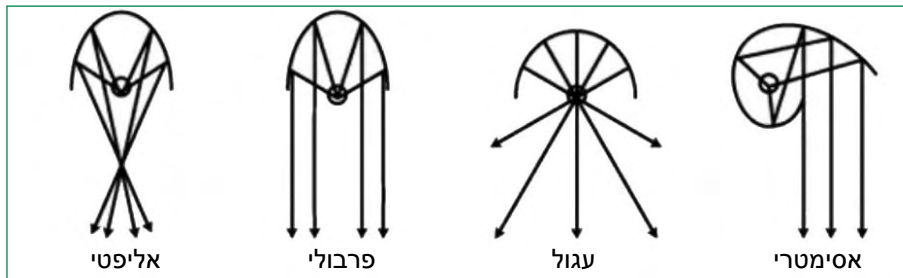
האור הנפלט ממקורות האור (נורות) איננו מכוון לאזור מסוים, אלא מתפזר בחלל. כדי לנצל טוב יותר את שטף האור ולכוונו בהתאם לצורכי המשתמש מתקנינים את הנורות בתוך גוף תאורה.

גוף תאורה הוא מכשיר אופטי הכולל מרכיבים מכניים, חשמליים ואופטיים. החלקים האופטיים העיקריים של גוף התאורה, המיועדים לבקרה על האור, הם הרפלקטורים (reflectors) והמפזרים (diffusers) רכיבים נוספים בחלק האופטי הם רפפות, עדשות ועוד, המיועדים, בעיקר, להקטין את רמת הסינוור והבוהק של מקור האור. מטרתו של הרפלקטור היא לפזר את האור ולכוונו לכיוון הרצוי לנו. הצורה המסוימת של כיוון האור והחזרתו תלויים במבנה הגיאומטרי של הרפלקטור ובסוג החומר שממנו עשויים הרפלקטור או הציפוי שלו (איור 44).



איור 44: פיזור האור ממקור אור (דוגמאות)

הכיוון שאליו מתפזר האור הנפלט מוגדר על ידי צורת הרפלקטור ומיקום הנורה ביחס אליו (איור 45). גם רכיבים נוספים של החלק האופטי: רפפות, עדשות וכי משפיעים על כיוון האור, עוצמת האור והבוהק של גופי התאורה.



איור 45: סוגי רפלקטורים שונים



גם רכיבים נוספים של החלק האופטי: רפפות, עדשות וכי' משפיעים על כיוון האור, עוצמת האור ורמת הסינוור והבהוק של גופי התאורה.

נצילות גוף תאורה ועקום פוטומטרי

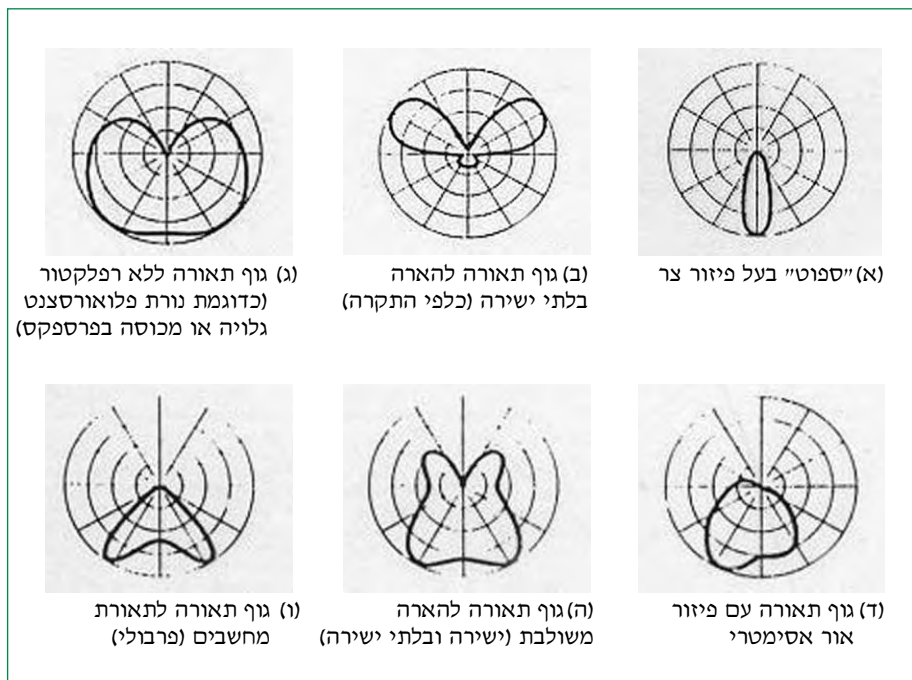
"נצילות" של גוף תאורה מוגדרת כיחס בין שטף האור המוקרן מגוף תאורה (Φ_2) לבין שטף האור הכולל הנפלט מהגוף (Φ_1) - כמות הלומנים הכללית הנפלטת מהנורות המותקנות בו: $\eta_L = \frac{\Phi_2}{\Phi_1}$.

נצילות גבוהה יותר מבטיחה גוף תאורה יעיל יותר. ישנם מקרים שבהם גוף תאורה בעל נצילות גבוהה יותר גם יסנוור יותר.

קיים תקן ישראלי: ת"י 5288, העוסק בנושא נצילות גופי התאורה.

בנוסף לנתון הנצילות האורית אנו זקוקים למידע נוסף: מידע על כיוון האור המופץ מגוף התאורה.

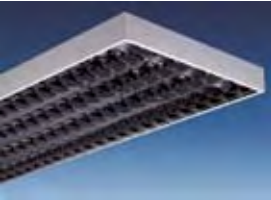
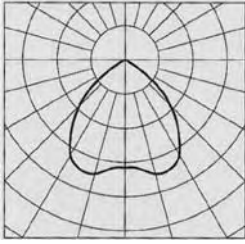

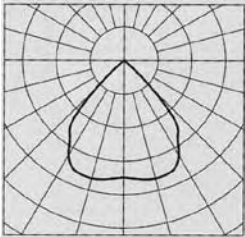

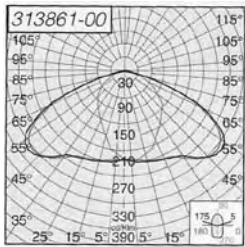

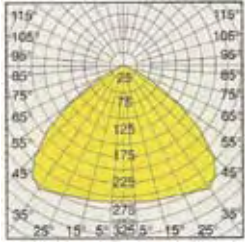

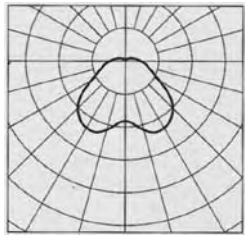
העקום הפוטומטרי הוא עקום **פולרי** המתאר את הפיזור (ההתפלגות) האורית של גוף התאורה. בתרשים (הסבר מפורט נמצא בפרק קודם) גוף התאורה ממוקם במרכז מערכת קואורדינטות והעקום מתאר כמה אור ולאן מכוון האור. ניתן למיין את מיגוון גופי התאורה במספר קבוצות שונות. החלוקה הברורה ביותר היא לפי כיוון הקרינה - למעלה או למטה או שילוב של הכיוונים (**איור 46**).



איור 46: עקום פוטומטרי (דוגמאות אופייניות)



בטבלה (איור 47) ניתן לראות מבחר גופי תאורה אופייניים עם עקום התפלגות אורית והנצילות שלהם.

סוג גוף התאורה	תמונת גוף התאורה	נצילות אופיינית	עקום פוטומטרי אופייני
א. גוף תאורה עם רפלקטור פרבולי		65%	
ב. גוף תאורה עגול עם נורת PL		60%	
ג. גוף תאורה לתאורת כבישים		75%	
ד. גוף תאורה תעשייתית		65%	
ה. גוף תאורה מכוסה במפזר (דפיוזר) פריזמטי		65%	

איור 47: טבלה: עקום פוטומטרי ונצילות אופיינית של מספר גופי תאורה



גופים לתאורה ישירה

בתאורה ישירה - כל שטף האור מוקרן כלפי מטה והמרחב אשר מעל לגוף התאורה נשאר כולו חשוך, או מואר ע"י אור המוחזר מהקירות ומהרצפה. באיור 46(ו) מוצג עקום פוטומטרי של גוף כזה. ניתן להתקין את גופי התאורה האלה ישירות על התקרה, או שקועים בתוכה, וגם לתלות אותם על זרוע. הגופים לתאורה ישירה יעילים באופן יחסי (נצילות אורית של 60%-70%) ומתאימים לכל מטרה. השימוש הגובר במחשבים הוביל לפיתוח רפלקטורים ורפפות מיוחדות (לוברים פרבוליים), המונעים (או לפחות מגבילים) השתקפויות, סינוור ובהיקות הקשורים לצג המחשב.

גופים לתאורה בלתי ישירה (up-light)

בגופים לתאורה לא ישירה כל שטף האור מוקרן כלפי מעלה ומוחזר מתקרת החדר וחלקם העליון של הקירות. באיור 46(ב) מוצג עקום פוטומטרי של גוף כזה. עקרון התאורה הלא ישירה מהווה פיתרון לרוב בעיות הסינוור. היא גם נעימה ונוחה לעיניים. הפיתרון הזה מושג על חשבון יעילות ההארה - הנמוכה יחסית בשיטה זו. גם במצב האופטימלי - כאשר התיקרה לבנה, בעלת מקדם החזרה גבוה של 70%, עם גוף תאורה בעל נצילות 60% - הממוקם בגובה אופטימלי (כ-2/3 מגובה החדר) - נקבל עבור נצילות המיתקן 40% בלבד! ברוב המקרים הנצילות לא תעלה על 30%.

תאורה משולבת

במקרים מסוימים, כאשר תנאי המקום - גובה החלל וכו' - מאפשרים זאת, מומלץ להשתמש בגופים לתאורה משולבת (איור 46ה).

רמת IP - דרגות הגנה בפני לחות ואבק

התקן הישראלי הרשמי ת"י 20 מחייב לסמן את כל גופי התאורה בסימון IPXX (IP) מייצג את הביטוי: International Protection ומימינו לפחות 2 ספרות). בעזרת הסימון הזה מגדירים את דרגת ההגנה (האטימות) של מעטפות גופי תאורה בפני חדירה של גופים מוצקים זרים כגון אבק (סיפרה ראשונה משמאל) ובפני חדירת לחות (סיפרה שניה משמאל).

תקן ישראלי ת"י 981 (לא רשמי) מפרט את הדרגות השונות של ההגנה, כפי שמציגות הטבלאות הבאות. 2 הספרות הראשונות משמאל מציינות כאמור הגנה/אטימות בפני אבק ולחות, והשלישית - את עוצמת הפגיעה. הסיפרה השלישית משמאל היא אופציונלית. בד"כ, בהתאם לצרכיו של מזמין הציוד, ומגדירה את עמידותו של הציוד בפני פגיעה מכנית.

כפי שניתן לראות מהטבלאות הבאות - גוף תאורה סטנדרטי לתאורת פנים מספיק שיהיה בעל IP20, כלומר: ללא הגנה בפני מים (0) אך מוצקים שקוטרם עולה על 12 מ"מ לא יחדרו פנימה (2). גוף תאורה לתאורת חוץ יהיה בעל IP44 לפחות, כלומר: מוגן בפני התזת מים (4) ומפני חדירת חלקיקים גדולים מ-1 מ"מ (4). גוף תאורה המיועד להתקנה בתוך מים יהיה בעל IP68, כלומר: אטום בפני מים (8) וחדירת אבק (6).



IP	הסבר
0X	היעדר הגנה בפני חדירת מוצקים
1X	הגנה בפני מוצקים שגודלם עולה על 50 מ"מ
2X	הגנה בפני מוצקים שגודלם עולה על 12 מ"מ
3X	הגנה בפני מוצקים שגודלם עולה על 2.5 מ"מ
4X	הגנה בפני מוצקים שגודלם עולה על 1 מ"מ
5X	הגנה בפני חדירת אבק והצטברותו
6X	אטימות לאבק
X0	היעדר הגנה בפני חדירת לחות
X1	הגנה בפני טפטוף אנכי
X2	הגנה בפני טפטוף במישור נטוי עד 15°
X3	הגנה בפני גשם
X4	הגנה בפני התזה
X5	הגנה בפני סילון מים
X6	הגנה בפני סילון מים או ים סוער
X7	הגנה בפני טבילה במים
X8	אטימות למים

IP	עמידות (בג'אולים)
XX0	היעדר מעטפת - אין הגנה
XX1	0.2
XX2	0.35
XX3	0.6
XX4	1.1
XX5	2
XX6	3.5
XX7	6
XX8	11
XX9	20

סימונים נוספים המקובלים בשימוש:



• סימון לבידוד כפול:



• גופים מיוחדים המיועדים

להתקנה על מישטחי עץ:



• הארקה:

גופים לתאורת פנים

ניתן למיין את גופי התאורה המשמשים בתאורת פנים בקבוצות רבות - על פי תכונות משותפות של סוגי הגופים השונים. לדוגמה:

- בהתאם ליעוד ולמטרה פונקציונליים ודקורטיביים. בין גופי התאורה הפונקציונליים ניתן למנות כאלה המשמשים לתאורת מחשבים, לתאורה תעשייתית, להארת קירות וכו'. לקבוצה של הגופים הדקורטיביים ישתייכו גופי תאורה המשמשים להדגשת אלמנטים עיצוביים, ליצירת צבע וליצירת אווירה.
- בהתאם לצורת ההתקנה: שקועים בתיקרה (או בקיר) מול חיצוניים ותלויים, או קבועים לעומת ניידים.

גופים לתאורת חוץ

בקבוצה זאת נכללים גופי תאורה בעלי מקדמי הגנה מתאימים (IP) לתנאי הסביבה שבה הם מיועדים להתקנה: גשם, אבק וכו'. קיימים גופי תאורה ייעודיים לתאורת רחובות שיתרונם בכך שהם מגבילים את הסינוור והבהיקות (cutoff או semi-cutoff) שיוצר מקור האור המותקן בהם.

בחירה של גוף תאורה

ההחלטה בבחירת סוג גופי התאורה נקבעת, בד"כ, על פי שיקולים פונקציונליים ועיצוביים במשולב. שיקולי העיצוב אינם ניתנים, כמובן, למדידה ולחישוב.



- השיקולים הפונקציונליים העיקריים בבחירת גוף תאורה הם:
- **ייעוד** - תאורת פנים או חוץ, מחסן, משרד, אולם עבודה וכו';
- **תכונות אופטיות** - נצילות, עקום פרטומטרי וכו';
- **סוג גוף התאורה** - לתאורה ישירה, עקיפה, אחידה, מקומית, או שילובים ביניהם;
- **איכות גוף התאורה** - התאמה לתנאי סביבה (לחות, חום, קורוזיה), תכונות פיזור חום (במקומות עם סכנת התפוצצות), אטימות למים (מטבחים, בריכות) וכו'.
- הגורמים האלה גם קובעים את מחיר גופי התאורה.
- **אפשרויות התחזוקה.**

תחזוקה של גופי תאורה

הצטברות של אבק או מזהמים אחרים על מקור האור וגוף התאורה מפחיתה את כמות האור הנפלט מגוף התאורה. לכן, בנוסף להחלפה שיגרתית של נורות בהתאם לאורך החיים הנומינלי שלהן, יש צורך לנקות את הכיסוי החיצוני ואת הרכיבים הפנימיים של גוף התאורה. תדירות פעולות הניקוי תלויה במקום שבו מותקן הגוף ומידת אטימותו (לגבי ניקוי החלקים הפנימיים). ברור שנוהלי התחזוקה של גוף תאורה המותקן במשרד ממוזג שונים מאלה הנחוצים לתחזוקת גוף תאורה המותקן באולם תעשייתי.

התחזוקה הנדרשת היא מ-2 סוגים: תחזוקה מונעת ותחזוקת שבר.

תחזוקה מונעת היא טיפול שוטף במיתקן: ניקוי הנורות, הגופים והרפלקטורים; החלפת נורות ורכיבים בהתאם לאורך חייהם הנומינלי, גם כאלה הפועלים עדיין. ניקוי הרכיבים ייעשה בהתאם להנחיות היצרן. אפשר ומומלץ לתכנן מראש את התחזוקה המונעת, בהתאם לנתונים הקטלוגיים של הרכיבים ובהתאם לשיגרת העבודה במקום. מומלץ לשלב את פעולות הניקוי עם החלפת הנורות.

תחזוקת שבר היא החלפת רכיבים שחדלו לפעול. אין אפשרות להיערך מראש לתחזוקת שבר, אך ניתן להכין מלאי רכיבים מתאים למקרה הצורך.

בדיקה של גופי תאורה תתבצע ע"י חשמלאי מורשה (בעל רשיון מתאים למיתקן), שיש לו ידע בסיסי במיתקני חשמל ומיתקני תאורה ומכיר היטב את מערכת התאורה שעליה הוא ממונה. הבדיקה תכלול בדיקה חשמלית, בדיקת המבנה והנורה, בדיקת הארקות המבנה, אטימותם וניקיונם של מרכיביו השונים של מיתקן התאורה:

- נורות;
 - גופי תאורה (בתי נורה, רפלקטורים, ציוד הדלקה, ציוד עזר, ציוד חשמלי, ציוד בקרה);
 - אביזרי התקנה (כבלים, זרועות, תמיכות, עמודים);
 - מערכת הזנה ופיקוד;
 - לוחות חלוקה וארונות חשמל ובקרה;
 - מערכת תאורת חירום - המכלול כולו.
- הבדיקה תתבצע תוך הקפדה על התאמה לתקנים הרלוונטיים לציוד החשמלי והקפדה על עבודה בטיחותית.

תחזוקה נכונה מתחילה עוד בשלב תכנון המיתקן.



פרק חמישי

תכנון תאורה

תכנון נכון של תאורה משלב התייחסות למטרות הפונקציונליות של המקום ולהיבטי העיצוב של החלל. מיתקני התאורה הם חלק בלתי נפרד מהמבנה. בתהליך תכנון התאורה יש לזכור תמיד שהתאורה מיועדת להעניק תנאי ראייה טובים ולמנוע התעייפות יתר של העיניים. בנוסף ל"כמות" התאורה - יש חשיבות רבה מאוד ל"איכות" התאורה. לא רק העוצמה אמורה להיות מותאמת למקום ולסוג העבודה המבוצעת בו. גם כיוון האור, אחידות האור וצבעו חשובים ביותר. התכנון צריך להביא בחשבון גורמים רבים, כגון: כיוון ההארה, הצללות, הרכב ספקטראלי של מקורות האור ובהיקות יחסית. בתהליך התכנון מחלקים את החלל לאזורים שונים בהתאם לדרישות הפונקציונליות של כל אזור (מישטחי עבודה, מסדרונות ומעברים, ספרייה, משרד וכו'). במהלך התכנון תהיה התייחסות נפרדת לכל אזור ולקשר ביניהם.

חוק ותקנות

תאורה טובה יוצרת "סביבה ראייתית" המאפשרת לאנשים להבחין, לנוע ולבצע משימות בצורה בטוחה, ביעילות ובאופן מדויק, מבלי לגרום לאי נוחות ולהתעייפות גדולה מדי של מערכת הראייה. הדרישות בחוק ובתקנות נועדו להבטיח:

- רמת תיפקוד אופטימלית של מערכת הראייה בהתאם לצורכי הפעילות;
- נוחות ראייה מירבית;
- בטיחות מירבית;
- חיסכון באנרגיה.

החוק בישראל עדיין לא מתייחס לנושאים הללו. ההתייחסות היחידה הקיימת היא בפקודת הבטיחות בעבודה [נוסח חדש], תש"ל-1970: פרק ב', סימן ג', סעיף 28: "...אמצעים יעילים יינקטו כדי להשיג ולקיים תאורה מספיקה ונאותה, טבעית

או מלאכותית, בכל חלק ממפעל שבני אדם עובדים או עוברים בו."

אמנם קיימת התייחסות גם במספר תקנות נוספות, ותיקות, אך נוסח הדרישות שבהן איננו משקף את ההתפתחות העצומה שחלה בתחום התאורה ב-30 שנים האחרונות:

- **תקנות רישוי עסקים 1972** (פרק ג', סעיף 27 - מפעלי מזון);
- **תקנות רישוי עסקים 1977** (פרק ג', סעיף 22 - מעבדות).
- **תקנות רישוי עסקים 1983** (פרק י', סעיף 32 - בתי אוכל);

בתקנות הבנייה החדשות, שכתבתן החלה בשנת 2000 תהיה התייחסות מיוחדת לנושא התאורה.



תקנים

התקנים בנושא התאורה מפרטים את הדרישות השונות הקשורות לנושא. תקנים נכתבים ע"י צוותי מומחים מתחומים שונים, והם מתייחסים למצב האופייני באותה מדינה שעבורה הם נכתבו. תקנים אלה מביאים בחשבון פרמטרים רבים המשפיעים על מיתקן התאורה הנדרש: מהירות הפעולה הנדרשת, משך הפעולה, בהיקות, גודל "מטרת הראייה" (האובייקט הנראה) ועוד. המצב הכללי והתקופה שבה נכתב התקן

עוצמות הארה בלוקסים		העבודה
שנת 2000	שנת 1900	
500 - 300	35 - 25	חנות
750 - 500	35 - 25	משרד
750 - 500	40 - 20	אודיטוריום
1000 - 750	50 - 40	בית דפוס

משפיעים מאוד על הדרישות וההמלצות של התקנים. הטבלה הבאה מדגימה את השינויים הקיצוניים בעוצמות ההארה במקומות עבודה ובחללים שונים שחלו במהלך המאה ה-20:

בארץ קיימים תקנים שונים המסדירים את נושא התאורה, אך רובם אינם רשמיים ולכן - לא מחייבים:

- **ת"י 1862** - "תאורת דרכים" - עוסק בנושאי מאור בכבישים;
- **ת"י 8995** - "תאורה למקומות עבודה שבתוך מבנים" - עוסק בשאלות תאורת פנים. התקן כתוב ברובו באנגלית (דוגמה ב**איור 48**) ומפורטים בו:
 - העוצמה הממוצעת המיזערית המומלצת הנמדדת (בלוקסים). הערכים הם בד"כ עבור מדידה על מישטח עבודה (בגובה 80 ס"מ מהרצפה) או על הקרקע;
 - דירוג אחיד של הסינוור המטריד (UGR – Unified Glare Rating);
 - מקדם מסירת צבע (General color rendering index - Ra)

28. Educational buildings				
Play school room	300	19	80	
Nursery class	300	19	80	
Nursery craft room	300	19	80	
Classrooms, tutorial rooms	300	19	80	Lighting should be controllable.
Classroom for evening classes and adults education	500	19	80	
Lecture hall	500	19	80	Lighting should be controllable.
Black board	500	19	80	Prevent specular reflections.
Demonstration table	500	19	80	In lecture halls 750 lux
Art and craft rooms	500	19	80	
Art rooms in art schools	750	19	90	$T_{cp} > 5000K$
Technical drawing rooms	750	16	80	
Practical rooms and laboratories	500	19	80	
Teaching workshop	500	19	80	
Music practice rooms	300	19	80	
Computer practice rooms	500	19	80	For VDT-work see clause 4.10.
Language laboratory	300	19	80	
Preparation rooms and workshops	500	22	80	
Student common rooms and assembly halls	200	22	80	
Teachers rooms	300	22	80	
Sports halls, gymnasiums and swimming pools	300	22	80	For public access facilities see CIE 58 - 1983 and CIE 62 - 1984.

איור 48: חלק מדף נתונים לדוגמה מתוך ת"י 8995 המתייחס למבני חינוך



במקרים שעבורם לא קיים עדיין תקן מפורט מספיק - נעזרים בתקנים של מדינות אחרות. בארץ מקובל לעבוד בנושאי תאורה על פי המלצות ארגון מהנדסי התאורה האירופאי (CIE).

בטבלה הבאה ריכזנו המלצות לנתונים של עוצמות הארה אופייניות. הערכים האלה הם ממוצעים, מינימליים והכרחיים. ההמלצות הן כלליות בלבד. מה שיקבע, כמובן, הוא התקן הרלוונטי:

עוצמת הארה ממוצעת [lx]	סוג האזור, המשימות והפעילויות
20	אזורי מעבר המיועדים לאנשים ולכלי רכב או לצורך שהיות קצרות
50	אזורי מעבר המיועדים לאנשים ולכלי רכב במקומות עם רמת סיכון מסוימת; מקומות שבעבודה בהם לא נדרשת הבחנה בפרטים (פסי ייצור אוטומטיים, הרכבות לא מדויקות, דרגנועים וכד')
100	מקומות שבעבודה בהם לא נדרשת התייחסות לפרטים מדויקים (מסדרונות וכד')
500	משרדים סטנדרטיים, חדרי לימוד, חדרי ישיבות
600	משרדים בשיטת "open space" עם תוספת של הארה לא ישירה
1000	חדרי בקרה לצבע, חדריים עם עבודות בעלות רמת דיוק גבוהה
300	אודיטוריום (להופעות. לא ללימודים)
500	חדרי הרצאות
200	חדרי המתנה
1000	משימות עם דרישות ראייה מיוחדות

כמו כן קיים תקן ישראלי ת"י 20 המפרט את המבנה והבטיחות של גופו התאורה (תקן רשמי ומחייב המתבסס על IEC 568), ותקן ישראלי 5288 הן בנצילותם האורית של הגופים (תקן לא מחייב).

להלן, רשימה חלקית של הפרמטרים שאליהם מתייחס ת"י 20 הרשמי. התקן מתייחס לקיומם של הפרמטרים וגם לאופן בדיקתם. כגון:

- סימון;
- מבנה, חיווט פנימי וחיצוני, התנגדות הבידוד וחוזק חשמלי, מבנה ההדקים;
- אמצעי הארקה והגנה מפני חישמול;
- אטימות לאבק וללחות;
- עמידה בחום ובאש, בדיקת קיום ובדיקת עליית טמפרטורה.



תכנון תאורה

תהליך תכנון מיתקני תאורה כולל התייחסות לשיקולים רבים: המטרות הפונקציונליות של המקום, אילוצים קונסטרוקטיביים, אלמנטים עיצוביים, השלכות כלכליות ועוד רבים אחרים. בפרק זה נתייחס לכמה מהשיקולים (הפרק איננו מתיימר לתת כלים לתכנון).

הסינוור הוא אחת הבעיות המרכזיות ברוב מיתקני התאורה. לכן לא משתמשים בנורות גלויות.

יש חשיבות להארה של המישטחים האנכיים (הארת מדפים במחסנים או פניו של מרצה), ולא רק של המישטחים האופקיים. ההארה הוורטיקלית מגדירה את האפקטיביות של ההארה מהיבט "תחושת העין" - עד כמה חדר נתון יהיה "רווי" באור.

חיסכון באנרגיה הוא פרמטר חשוב נוסף בתהליך התכנון יש לבחור במקורות אור ובגופי תאורה יעילים מבחינה אופטית עם נצילות גבוהה. כך לדוגמה, לתאורת כבישים מומלץ להשתמש בנורות נל"ג (נתרן לחץ גבוה) ולהארת משרדים - בגופי תאורה עם נורות פלואורסצנטיות.

פרמטרים נוספים, שאותם יש לקחת בחשבון בעת התכנון הם: מניעת הצללות, העברת צבעים נכונה, מניעת השתקפויות והחזרות.

בתכנון התאורה חייבים להתייחס למבנה ולעיצוב של החלל אשר עבורו מתוכנן המיתקן (מבנה התקרה, מערכי ריהוט וכו'); לאחר בחירת התקן הרלוונטי לדרישות המקום בוחרים את מקורות האור והגופים המתאימים למטרה. מיקומם של גופי התאורה ייקבע בהתאם לחישובים פוטומטריים. אחד השלבים החשובים בתכנון תאורה הוא השלב שבו משולבות יחד כל מערכות המבנה ונבדקת ההתאמה ביניהן. כתב כמויות מפורט ומדויק. מיפרטים מוגדרים הם מרכיב הכרחי בתכנון.

השיקול הכלכלי הוא אחד השיקולים החשובים בתכנון נכון של תאורה איכותית. הוא כולל מספר מרכיבים:

- ההשקעה הראשונית במיתקן;
- מחיר הציוד הנלווה והנורות;
- מחיר האנרגיה החשמלית (עומס על הרשת, שחרור חום לסביבה וכו');
- מחיר התחזוקה וההחלפה.

תכנון בהתייחסות לחוק ולתקנים

החוקים והתקנות המחייבים בעת תכנון מיתקן תאורה הם חוק החשמל ותקנותיו והתקן הישראלי המחייב למנורות: ת"י 20.

מומלץ להתאים את התכנון גם לדרישות של תקנים נוספים המקובלים בארץ ובאירופה: תקן IEC-61000 (מתייחס לאיכות הציוד); ת"י 8995, ת"י 1862, ת"י 5288 והמיפרט הכללי (הבין-משרדי) למיתקני חשמל - פרק 08.

כדי להצליח להגיע לתוצאות התואמות את התכנון - יש לבחור בגופי תאורה ובציוד שנבדקו במעבדה מוסמכת. חשוב שהציוד המסופק עם הגופים יהיה ציוד מקורי של יצרן הגופים ובאישורו.



לתוכנית תאורה יצורפו מיפרטי גופים מתוכננים הכוללים נתונים פוטומטריים, נתונים חשמליים, נתונים מכניים ונתונים ארכיטקטוניים של הגופים. בהתאם לנתונים המצורפים ניתן יהיה לבחון את ההצעות שוות הערך והאיכות על-פי הפרמטרים הבאים:

- עקומות פוטומטריות (פיזור האור והגבלת סינוור);
- נצילות;
- IP - מקדם הגנה;
- שיטת ההתקנה;
- מבנה מכני של הציוד ומיתקן התאורה;
- מבנה ארכיטקטוני של גוף התאורה.

מומלץ לצרף לתוכנית גם המלצות לתחזוקה נכונה והנחיות לבדיקות תקופתיות של הציוד.

תכנון תאורה נכון ומלא מסתמך על תוצאות של חישובים ממוחשבים. בנוסף, מומלץ להיעזר בתוכנות להדמיה מלאה של המיתקן המתוכנן.



פרק שישי

יישומים והתאמה למקומות עבודה שונים

דרישות כלליות

עבור כל אתר עבודה וכל סוג של עבודה ישנן דרישות מיוחדות בנוגע לראייה. ניתן לחלק כל חלל וכל מקום עבודה לאזורים שונים, בהתאם לדרישות הייחודיות המתאימות לו.

בפרק זה נכללות דרישות תאורה בסיסיות המאפיינות מקומות עבודה שונים ודרישות כלליות ממיתקני תאורה אופייניים. הפירוט הוא כללי (החוברת אינה מיועדת ללמד איך לתכנן מיתקן תאורה).

עוצמות ההארה הנדרשות מופיעות בתקן הישראלי ת"י 8995. במקרים שאין בתקן דרישות מיוחדות למקום מסוים - ניתן להיעזר בתקנים ובהמלצות אחרות, כולל ההמלצות של ארגון מתכנני התאורה האירופאי (CIE) או הארגון האמריקאי (IESNA). בארץ מקובלות ההמלצות האירופאיות של ה-CIE.

תחילה נסכם מספר הנחיות כלליות לתכנון ויישום מיתקני תאורה (ללא פירוט מיוחד וללא התאמה למקומות עבודה ספציפיים):

✓ יש לדאוג לבחירה נכונה של גופי התאורה מהיבטי הבטיחות ולהתקנתם בהתאם לנהלים. גופי תאורה בטיחותיים הם אלה העומדים בדרישות התקן הישראלי הרשמי והמחייב: ת"י 20 על כל חלקיו. במקומות שבהם קיימים אילוצים כמו אווירה נפיצה או שקיימת סכנת התלקחות (לדוגמה: תקרות עץ או תקרות מחופות במישטחי עץ) - גופי התאורה צריכים להתאים לסביבת ההתקנה.

✓ עוצמת ההארה ורמת הסינוור יותאמו למקום העבודה ולפעילויות המבוצעות בו, בהתאם לדרישות התקנים הרלוונטיים. בתכנון יש חשיבות רבה למיקומו של המישטח שאותו מאירים: אם העבודה מתבצעת על מישטח אופקי, לדוגמה: על שולחן - מתייחסים להארה אופקית. להארת ארונות ומדפים במחסנים - מתייחסים להארה אנכית.



✓ את עוצמות ההארה יש לתכנן כך שתתאמנה למעברים בין מקומות חשוכים לבין מקומות מוארים ולהיפך.

✓ נורות וגופי תאורה צריכים להתאים למטרה שהם אמורים לשרת. גופי התאורה, הנורות והציוד יתאימו לדרישות התקן הרלוונטי, וכמובן שלתקן ת"י 20. בבחירת הציוד - יש להתייחס גם לנושא רמת ההגנה למניעת חדירת אבק ולחות (דרגת IP), עפ"י ת"י 981.

✓ גופי התאורה והנורות יותקנו במקומות נגישים לצורכי תחזוקה שוטפת.

✓ התחזוקה המונעת תבוצע עפ"י נהלים נכונים. לדוגמה: החלפת נורות וניקוי גופי התאורה והמישטחים מחזירי האור תבוצע במועדים שנקבעו. בקביעת המועדים לתחזוקה יש להתחשב בתנאי ההפעלה ובאורך חיי הנורות.

✓ יש לתכנן את תאורת החירום ותאורת המילוט ולבצע אותן בהתאם; גופי התאורה צריכים להתאים לדרישות התקן (ת"י 20). יש לוודא שהמערכות תקינות - בבדיקה תקופתית של מערכת תאורת חירום במועדים שנקבעו.

✓ מיתקן התאורה כולו יהיה יעיל מהיבטי החסכון באנרגיה.



✓ חייבת להיות התייחסות מיוחדת לתאורה ב"אזורי סיכון", כמו: מדרגות, פתחי מעליות וכו'; אזורי הפעלת מכונות יהיו מוארים היטב, כדי למזער אפשרויות לתאונות.

✓ מומלץ שגוון התיקרה וחלקם העליון של הקירות יהיה בהיר ככל האפשר (החלל נראה מואר יותר). (איור 49).

איור 49: השוואה בין חלל עם תיקרה בהירה (מימין) לחלל שתיקרתו כהה

יש לזכור כי ההנחיות לתכנון הן כלליות ואינן מתייחסות לכל המדדים האפשריים. לדוגמה: כאשר מצוין שבתעשיית הדפוס יש חשיבות רבה להעברה נכונה של צבע - אין זה אומר ששאר המדדים חשובים פחות או שאין להתייחס אליהם. לעומת זאת, כאשר אנו מפרטים דרישות לתאורה ניידת עבור עבודות חפירה - אין זה אומר שההנחיות שייכות אך ורק לתחום הבנייה.

בהמשך הפרק נציג איפיונים המותאמים לסוגי מקומות העבודה.



תאורה במשרדים

ניתן לחלק את המשרדים למספר תת-קבוצות אופייניות, כשבכל אחת מהן יש כיום עמדת מחשב. משרדים יכולים להיות מסוגים שונים. לדוגמה חדר (גדול או קטן), חלל עבודה פתוח (open space), חדר ישיבות, ועוד. הדרישות האופייניות המתאימות למרבית ה"משרדים" הן:

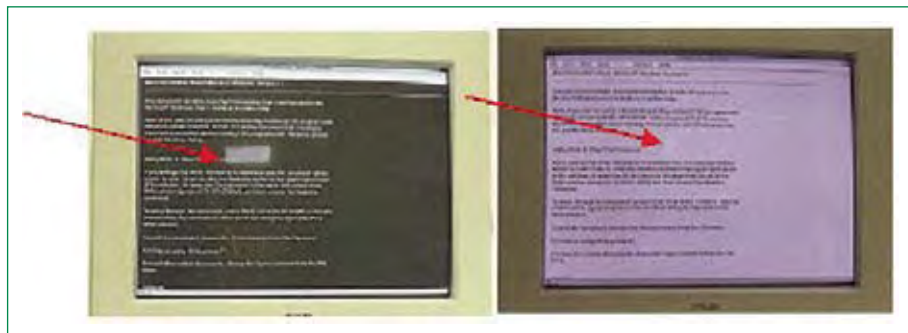
עמדת המחשב

רוב העבודה ב"משרד" כוללת כיום שימוש במחשב ובמסמכי נייר, בו זמנית. לקריאת מסמכי נייר נדרשת עוצמת הארה גבוהה יותר מזו הנדרשת להארת צג המחשב. לכן, גופי התאורה בחדר הכולל עמדות מחשב יהיו מסוג המפיק הארה אופקית חזקה יותר מהארה אנכית.

צג המחשב

צג המחשב הוא מקור של אור ואין צורך להאיר אותו. לא מומלץ לעבוד מול מחשב בחדר חשוך. על הצג עלול להיווצר בוהק כאשר הבהירות והניגודיות אינן מכוונות כראוי.

גם צגי מחשבים המתקדמים ביותר פועלים כמראה. השתקפויות של חפצים, קירות מבריקים וכל מקור אור (במיוחד חלונות ו/או תאורה עילית) גורמות לבוהק, אשר עלול לגרום לאי-נוחות לעיניים. בוהק של הצג מאלץ את המשתמשים במחשב לשבת בתנחות לא נכונות, בניסיונותיהם למנוע מעיניהם בוהק ישיר. תנחות כאלה גורמות למתחים ולכאבים בחלק העליון של הגוף ועלולות להגביר את המאמצים של העיניים. איכות התצוגה על הצג היא גורם משמעותי נוסף: קריאה ופענוח של אותיות מטושטשות, קטנות מדי או לא-קריאות מכל סיבה אחרת, לאורך שעות רבות, עלולים לגרום למאמץ יתר של עיני העובד. קיימת חשיבות גדולה לניגודיות הצג ובהיקותו. כך, לדוגמה, השתקפות של גוף תאורה בצג תהיה מורגשת פחות על צג בעל רקע בהיר מאשר בעל רקע כהה (איור 50).



איור 50: השתקפות בצג עם רקע כהה לעומת צג בעל רקע בהיר

שימוש בצג המונע השתקפויות: ככלל, כל מה שניצב בין המשתמש לבין צג המחשב גורע מאיכות התצוגה. עדיף לשלוט על רמת הבוהק באמצעות תכנון מתאים של מיקום הצג ושל התאורה, מאשר באמצעות מיתקן עזר "נגד בוהק". החזית של צגים רבים כיום היא בעלת תכונות השתקפות נמוכה.



חלונות

מומלץ שלא לשבת מול צג מחשב כאשר המבט מופנה לכיוון של חלון ללא הצללה (איורים 51, 52).



איור 52: עבודה מול חלון עם הצללה. המסך נראה בהיר יותר



איור 51: עבודה מול חלון ללא הצללה. המסך נראה חשוך והחלון "בוהק"



איור 53: עמדת מחשב טיפוסית. החלון וחלק מגופי התאורה משתקפים בצג



איור 55: שינוי בזווית הטיית המסך למניעת השתקפות



איור 54: עמדת מחשב ללא ההשתקפויות של החלון וגופי התאורה

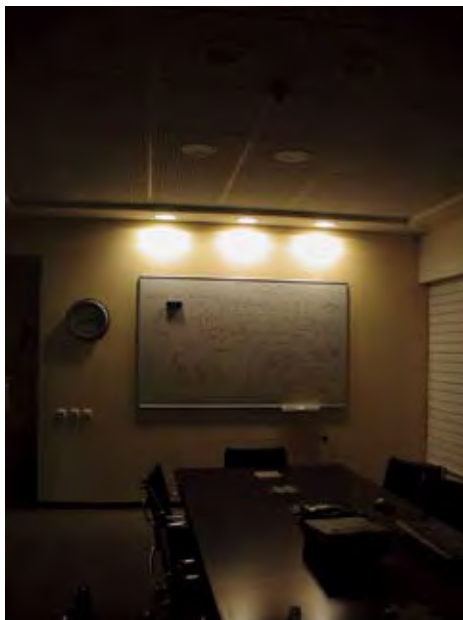
משרדים בשיטת החלל הפתוח (open space)

כל הכללים החלים על חדר משרד רגיל תקפים גם כאן. בנוסף, יש להביא בחשבון רמת השתקפויות גבוהה יותר, והצללות רבות של המחיצות, המקשות בצורה משמעותית על העבודה. (איורים 2 ו-3 בפרק הראשון).



במקרים מסוימים ניתן להתגבר על בעיית ההצללות בעזרת מנורות שולחן שאותן מוסיפים במקומות שבהם מתעוררת הבעיה.

חדרי ישיבות



ההתייחסות תהיה כמו אל משרד סטנדרטי, עם השקעת מחשבה נוספת בעיצוב התאורה שתהפוך אותו למקום ייצוגי. גם כאן יש לבדוק את רמת ההשתקפויות, הסינוור, עוצמת ההארה ושאר הפרמטרים החלים על חלל משרד רגיל.

בחדרי ישיבות יש חשיבות גדולה להארת לוחות ומסכים להקרנה, שעבורם נדרשת נדרשת הארה אחידה (איור 56).

ספריות

בספריות המיועדות לאחסון ספרים ולעבודה (על שולחנות הפזורים בחללים) יש חשיבות רבה למניעת סינוור ובוהק מהשולחנות ומהדפים של הספרים (נייר הכרומו עצמו

איור 56: הארת לוח לא אחידה ומטרידה

מבריק) ולהארה אחידה של ארונות הספרים, מלמעלה ועד למטה. יש לבחור בגופי תאורה המתאימים לכך (איור 57) ולהארת מישטחי השולחנות בתאורה המתאימה לחללי משרד רגיל.



איור 57: תאורה בספרייה ודוגמה לעקום פיזור האור של גוף תאורה להארה אנכית



מסדרונות ומעברים

מסדרונות אמנם נחשבים במקרים רבים כמקומות חשובים פחות מחדרי העבודה, אך יש חשיבות רבה ליחס הנכון בין עוצמות ההארה במסדרונות לזו של החדרים. מקובל לשמור על יחס של 5:1 בין עוצמת ההארה במסדרונות לעוצמות בחדרי העבודה הסמוכים. לדוגמה: כאשר עוצמת ההארה במשרד היא 500 לוקס לפחות (משרד סטנדרטי), עוצמת ההארה במסדרון העובר לידו לא תהיה נמוכה מ-100 לוקס. גם כאן יש למנוע בזהירות וסינוור מיותרים.

מפעלים ומבני תעשייה

התחום הרחב הזה כולל סוגים שונים של מפעלים, שלתאורת כל אחד מהם נדרשת התייחסות שונה לחלוטין. לא ניתן להשוות את התנאים המתקיימים בתעשייה הכבדה לאלה המתקיימים בתעשיית האלקטרוניקה, לדוגמה. בחלק מענפי התעשייה יש חשיבות רבה להעברת צבע נכונה (תעשיית תרופות, מזון, דפוס טקסטיל ועוד), ובחלקם - המאפיין החשוב ביותר הוא חיסכון באנרגיה. במקומות מסוימים הפרמטר החשוב הוא הגנת גופי התאורה בפני תנאי הסביבה (IP גבוה) או שימוש בגופים אנטי-ונדליים ואנטי-קורוזיביים. עוצמות ההארה בכל מפעל נקבעות בהתאם לסוג העבודה המבוצעת בו (ראו תקן ישראלי: ת"י 8995 - "תאורה למקומות עבודה שבתוך מבנים").

את החללים שבהם נדרשת הארה מחלקים - בכל מפעל - לאזורים, בהתאם לסוג הפעילויות המבוצעות בהם. בכל מפעל ישנם אולמות ייצור מחסנים, משרדים, מסדרונות, מעברים וכו'. עבור כל אחד מהאזורים השונים יש דרישות אופייניות. חלק מהדרישות נמצאות בת"י 8995 וחלקן נגזרות מאופי העבודה במקום ומותאמות אליה (לדוגמה: נוהלי עבודה בגובה).

בעיות אופייניות בתחומי עבודה שונים (דוגמאות):

קורוזיה, לחות ואבק

במפעלים רבים שוררים תנאים סביבתיים ייחודיים. לכן, יש לוודא שגופי התאורה המותקנים במקום יתאימו לבעיות הלחות והאבק (רמת IP מתאימה). ראו פירוט בפרק הרביעי). בחלק גדול מהמפעלים קיימת קורוזיה מואצת של גופי התאורה עקב חשיפה לאווירה קורוזיבית. יש לוודא שהגופים מתאימים לסוג האווירה בחלל שבו הם מותקנים.

אווירה נפיצה

זהו תחום רחב בפני עצמו. בתקן ישראלי ת"י 60079 מוגדרים אזורים בעלי רמות שונות של סכנת התפוצצות. רמת הסיכון תלויה, לדוגמה, בסוג החומר המאוחסן במקום, בריכוז האדים/הגז הנמצאים שם ועוד. לכן, בנוסף לעוצמות ההארה ולפיוור מתאים של האור יש לבחור לכל אזור גם את גופי התאורה המתאימים, בהתאם לסיווג האזור: סוג האווירה הנפיצה, אורך פרקי הזמן שבהם הגופים דולקים, רמת הטמפרטורה וכו'.



האפקט הסטרובוסקופי

בעיה בטיחותית ממדרגה ראשונה, אשר עלולה להתרחש כאשר משתמשים בנורות פריקה (הסבר מפורט בפרק השלישי).

התעשייה הכימית

בתעשייה הכימית יש חשיבות רבה במניעת התלקחות (קיימים גופי תאורה המיועדים להתקנה באווירה נפיצה, בהתאם לתקן הישראלי ת"י 60079). נדרש IP גבוה, המותאם לצורך.

תעשיות הדפוס, הצבע והאלקטרוניקה

בתעשיות הדפוס והצבע יש חשיבות גדולה במיוחד להעברת צבע נכונה ולמניעת השתקפויות. במקומות מיוחדים (לדוגמה: באזורי צביעה, במחסני צבע וחומרים כימיים, באזורי מינדפים, בתאי צביעה ועוד) יש לוודא שגופי התאורה הם מהסוג המתאים לעמידה באווירה אשר עלולה להיות קורוזיבית או נפיצה.

תעשיית העץ

יש חשיבות גדולה במניעת התלקחות (קיימים גופי תאורה המיועדים להתקנה על מישטחי עץ. ראו פרק רביעי). בחדרים שיש בהם אבק נדרשים גופי תאורה עם דרגת ההגנה IP 50 לפחות.

תעשיית המזון

בנוסף לדרישה להעברת צבע נכונה, הגופים צריכים להיות אטומים למים (כדי לאפשר שטיפה בתדירות הנדרשת לדרישות ההיגייניות הגבוהות). הנורות לא תהיינה גלויות. כל גופי התאורה חייבים להיות מכוסים כדי למנוע נפילת נורות או רסיסי זכוכית וכו'. דרגת IP-ה הנדרשת גם היא 40 לפחות, ובאזורים מסוימים - אפילו 54.

מחסנים

- בכל מפעל ובכל מבנה משרדים יש מחסן. קיימים סוגים שונים של מחסנים. את גופי התאורה יש לבחור בהתאם לסוג הפריטים המאוחסנים ולפי מאפייני המחסן: מוגני התפוצצות, מוגני מים, אטומים לחדירת אבק, עמידים בטמפרטורות נמוכות וכו'.
- במחסני תרופות ומזון, לדוגמה, יש חשיבות רבה לראייה נכונה של צבעים. גורמים נוספים, אופייניים למחסנים, המשפיעים על הדרישות מהתאורה:
- התייחסות מיוחדת לכניסה/יציאה. ההסתגלות (אדפטציה) של העין למעבר מחושך לאור ולהיפך אורכת פרק זמן מסוים (ראו הסבר בפרק הראשון).
 - במחסן הכולל מדפי אחסון נדרשת עוצמת הארה אנכית אחידה לכל גובה האחסון. קונטרסט נמוך בין המדפים והסביבה יכול להטעות את העין (**איור 58**). למטרה זו מתאימים גופי תאורה עם עקום פיזור אור המשמשים גם בספריות.
 - יש להתאים את גובה גופי התאורה לגובה מישטחי ההחסנה (**איור 59**). כאשר קיימים במקום עגורנים או מיתקני הרמה אחרים - יש להתאים את גובה הגופים כך שלא יפריעו לתנועת המיתקנים.
 - במקומות שבהם ישנו מלאי של חלקים/רכיבים קטנים, צורך בקריאה תכופה של שילוט על המדפים וכו' - נדרשת עוצמת הארה גבוהה יותר.





איור 58: במחסנים יש חשיבות רבה לעוצמת הארה אנכית מתאימה



איור 59: התאמה לגובה התקרה ולמיתקנים השונים

- לאזורים ייעודיים במחסנים, כמו: משרדים, שולחנות עבודה וכו', יש להתייחס בנפרד.
- במחסנים עם אווירה נפיצה (לדוגמה: מחסני צבעים), יש חשיבות רבה להתקנת גופים עמידים מתאימים.
- במחסני קירור - יש להקפיד שכל גופי תאורה ומקורות האור יתאימו לתיפקוד בטמפרטורות הנמוכות השוררות במקום ועקב האווירה הלחה, נדרש גם IP גבוה.

חקלאות

גופי התאורה צריכים להיות עמידים בפני קורוזיה, חדירת לחות ואבק. יש בד"כ דרישה ל-IP גבוה. בענפים מסוימים נדרשים מיתקנים במתח נמוך. במקומות שונים יש חשיבות רבה לספקטרום האור או לגופי תאורה אנטי-ונדליים.



חניונים, דרכים וכבישים פנימיים במפעלים, מיטחי פריקה וטעינה

הקו המנחה הוא בטיחות התנועה. מיתקן התאורה צריך להיות מתוכנן כך שיהיה ניתן להבחין בקלות בכל מכשול, כל מעבר חציה וכו'. בנוסף, יש להתייחס בצורה מיוחדת לתאורה של הכניסה והיציאה מחניון וממבנה: עוצמת ההארה במקומות האלה חייבת להיות גבוהה יותר מאשר באזורים אחרים של החניון. צריך להיות הבדל בין עוצמת ההארה של מסלולי הנסיעה לבין מקומות החניה. הפרמטרים החשובים הם:

- מניעת סינוור;
- התקנה בגובה מתאים;
- איזון בין חושך לאור במעברים;
- הכוונה וסימון מכשולים ומעברי חצייה;
- התאמה בין מיקום גופי התאורה לגובה הצפוי של האיחסון לאחר פריקה;
- מיקום הגופים במעברים.

בניין ועבודות חפירה

בכל אתר בנייה ובעבודות חפירה, יש חשיבות רבה לבטיחות העובדים והנמצאים. יש לתת פתרונות הולמים לבעיות כגון:

- הארת השטח (הארת הצפה תוך מניעת סינוור של העובדים והעוברים);
- הקפדה על מניעת סינוור הנהגים, כאשר אתרי העבודה נמצאים בקירבת כבישים;
- תאורה ניידת תהיה בהתאם לת"י 20. גופי התאורה הניידים יפעלו במתח נמוך. גוף התאורה צריך לעמוד בטמפרטורה פנימית מתאימה (כמפורט בתקן); בעל דרגת IP66 לפחות ועם בידוד כפול (חשמלי). גוף התאורה יהיה מחומר שיעמוד בפני קרינת UV ולא יתפרק בשמש, ויעמוד בדרישות של כיבוי עצמי.
- מומלץ להשתמש, ככל שניתן, במקורות אור שאינם רגישים לשינויים ברשת החשמל.

בריכות מים ובריכות שחייה

במקומות אלה מתעוררות בעיות בטיחות מיוחדות אשר עלולות להיות קריטיות - בגלל הקירבה למאגרי מים שהם מוליכי חשמל ובעלי פוטנציאל לפגיעה באדם במקרים של תקלות.

גופי התאורה בבריכות שחייה חייבים להיות אטומים למים, עמידים בטבילה במים (IP68), מותאמים מבחינה חשמלית (class III) ופועלים במתח נמוך מאוד (12V). פירוט בנושא זה קיים בתקן ישראלי: ת"י 20, פרק 2.18, ובחוק החשמל: תקנות החשמל (מיתקני חשמל בבריכה במתח שאינו עולה על מתח נמוך), התשס"ג-2003.

תאורת חירום ומילוט

תאורת חירום היא "תאורת גיבוי" המיועדת למקרים שבהם תאורה המוזנת ממקורות רשת החשמל איננה פועלת מסיבות שונות, בד"כ בגלל הפסקת חשמל או ירידה במתח ההספקה. תאורת חירום מאפשרת לאנשים להתמצא במקום שבו הם שוהים/עוברים ולהימלט בביטחה מהמקום במקרה חירום.



תקן רשמי: ת"י 20 - מנורות, מתייחס למבנה של גופי תאורה, וביניהם גם למבנה של גופי התאורה המשמשים בתאורת חירום.

נושא תאורת החירום בארץ עדיין איננו מוגדר. גם לא קיימות עדיין הנחיות מחייבות, אחידות, בנושא תאורת החירום. לפיכך, מובאות כאן המלצות של הוועדה הישראלית להנדסת המאור (CIE הישראלית) בהתאגדות מהנדסי החשמל בישראל. ההמלצות מתייחסות לעוצמות ההארה בדרכי המילוט ולגופי התאורה המותקנים בהם ("דרך מילוט" - דרך המובילה ליציאה מהמבנה, לרבות המעברים המובילים אליה, מכל חלקי הבניין וכן - דרך "המוצא הבטוח" כהגדרתה בת"י 921). להלן ההמלצות:

(א) תאורת חירום בדרך מוצא, תופעל מיידית בכל מקרה של כשל בהספקת החשמל (שמשמעותה הפסקת חשמל או נפילה במתח רשת החשמל כמפורט בת"י 20, חלק 2.22).

(ב) במעברים המשרתים מעל 6 אנשים או שאורכם מעל 15 מטרים, בפרוזדורים ובחדרי מדרגות, לאורך דרך מוצא, יותקנו גופי תאורת חירום שיאירו את נתיב המילוט בזמן הפסקת חשמל למשך שעה לפחות.

(ג) עוצמתה המינימלית של תאורת חירום בכל נקודה לאורך נתיב המילוט לא תפחת מ-1.5 לוקס למשך כל זמן ההארה המוצהר כמפורט בת"י 20 חלק 2.22.

(ד) היחס בין עוצמת ההארה המינימלית לא יעלה על 1:40.

(ה) תאורת חירום תתבסס על גופי תאורה עצמאיים הניזונים מסוללות נטענות הממוקמות בתוכם, ותופעל במקרה של הפסקת חשמל או כשל מכל סיבה שהיא, כמפורט בת"י 20 חלק 2.22. אם תתוכנן מערכת מרכזית - כל התשתיות תותאמה לכך.

(ו) גופי תאורת החירום יתאימו לתקן הישראלי ת"י 20 חלק 2.22.

לתחזוקה ולבדיקה שוטפת יש חשיבות רבה בשמירה על תקינותם ותיפקודם הנאות של מיתקני תאורת החירום והמילוט: יש לערוך ביקורות תקופתיות במערכות - כדי לוודא שהן תקינות ולצורך ביצוע פריקה מלאה של המצברים, בהתאם להנחיות היצרן ולהוראות התקן.



פרק שביעי

בדיקת התאמה של מיתקני תאורה לייעודם

תהליכי הבדיקות המפורטים כאן, של מיתקני תאורה קיימים במקומות העבודה, והתאמתם לייעודם בהיבטי בריאות העובדים - הם המלצה כללית שיש להתאים אותה לכל מקום עבודה בנפרד. במהלך הבדיקה יש לבדוק את התאמת הציוד הקיים לזה שתוכנן ולברר האם קיים דיווח על תלונות בנושא התאורה; את דיווחי התלונות יש לרכז ולמפות על פי אזורים במבנה ועל פי סוגי העבודות המתבצעות (התלונות בתחום התאורה אינן מוגדרות, בד"כ, בצורה מספקת. הסיבות לתלונות רבות ונובעות מגורמים שונים).

הבדיקה כוללת 2 סקרים:

1. סקר בסיסי - בדיקת סוג/טיב התלונות במקום;
2. סקר מפורט - התמקדות בפרמטרים השונים הכוללים בדיקת מיתקן התאורה.

חשוב לזכור:

- כל פעולה במיתקן חשמל תבוצע אך ורק ע"י איש מקצוע בעל רישיון חשמלאי מתאים.
- מומלץ להתייעץ עם מומחה לנושאי תאורה לגבי כל שינוי במיתקן התאורה. כל השינויים יתבצעו בהתאם לתקנים המתאימים.

הסקר הבסיסי

במסגרת ביצוע שלב זה יש לבדוק את השאלות הבאות:

- האם התלונה היא כללית - על התאורה בכלל - או שהיא מתייחסת לנושא מוגדר, כגון סינוור? האם התלונה מכוונת להרגשת אי-נוחות כללית או שמתייחסים למקום מסוים?



יש לרכז את התשובות בהתאם לאזורים שמהם הגיעו התלונות ובהתאם לתוכן התלונות.

- האם יש קשר בין התלונות לבין חלקי היממה - בבוקר או בערב?
אם רוב התלונות מתייחסות לשעות הבוקר, ובמקום קיימת תאורה טבעית (מחלונות או מפתחים אחרים) - נראה שקיימת בעיה נוספת אשר איננה קשורה בהכרח לתאורה חשמלית;
- כמה אנשים מתלוננים על אותו נושא?
מומלץ לזכור שתמיד יהיו מי שלא יהיו מרוצים מסיבות אישיות וללא שום קשר למיתקן תאורה!

בהתאם לתוצאות ניתן להסיק את המסקנות הכלליות הבאות:

- תלונות ממספר עובדים, המבצעים עבודה שונה באזורים שונים - קיימת בעייה כללית בתאורה;
- תלונות ממספר עובדים המבצעים עבודות שונות באזור מסוים - קיימת בעיית תאורה באותו אזור;
- תלונות ממספר עובדים המבצעים עבודה זהה באזורים שונים - קיים שימוש בתאורה שאיננה מתאימה לסוג הפעילות.

הסקר המפורט

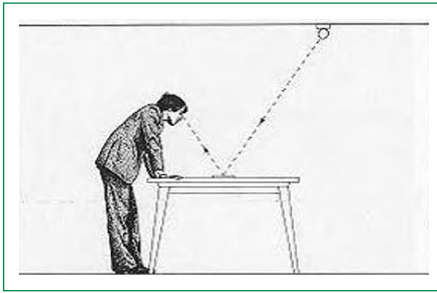
ביצוע בדיקה מפורטת יכלול את השלבים הבאים:

1. מדידות (אופן המדידה מתואר בפרק השמיני. יש לוודא את תקינות מכשירי המדידה וכיולם);
2. שיחה עם המתלוננים;
3. ביצוע המטלה במקום שאליו מתייחסת התלונה.

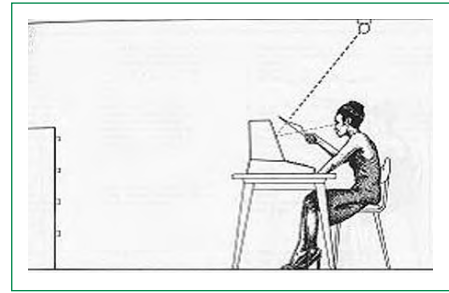
לפני ריכוז התוצאות יש לבצע את הבדיקות הבאות:

- האם עוצמות ההארה מתאימות לתקנים?
- האם קיימת הארה מתאימה של התיקרות וחלקי הקירות העליונים?
- האם קיימות השתקפויות או בוהק לאורך שדה הראייה? **(איורים 60-62)** מציגים דרך פשוטה לאיתור מקורות הבעיה)?
- האם קיימים מעברים תכופים, קיצוניים, בין אור לחושך ולהיפך?
- האם קיימים מקורות אור (נורות) גלויים?
- האם קיימים צללים או הצללות מטרידים **(איור 63)**.
- האם מצויים עצמים מבריקים בתוך שדה הראייה?
- האם התאורה המקומית (מנורות שולחן, לדוגמה) ממוקמת כראוי ואיננה מסנוורת?
- האם מותקנים על החלונות תריסים או וילונות (רצוי שיהיו בהירים)?
- במקומות שבהם קיימת עמדת מחשב: האם התצוגה על הצג ברורה וקריאה; האם בקרי הבהירות והניגודיות מכוונים היטב?
- האם גודל האותיות והניגודיות בחומרי קריאה מודפסים (hard copies) מספקים?

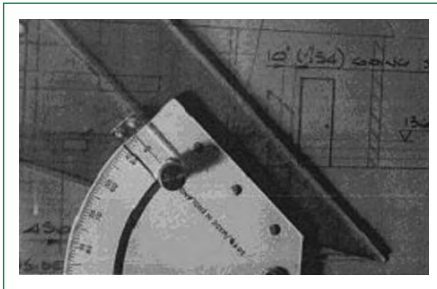




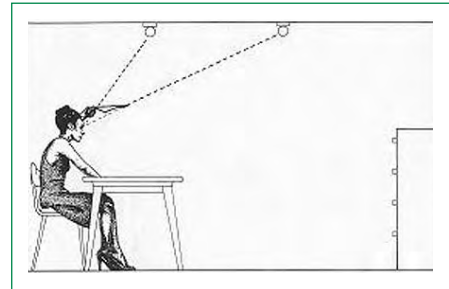
איור 61: איתור מקור ההשתקפות באמצעות מראה



איור 60: איתור מקור ההשתקפות בעזרת דף נייר המסתיר את ההשתקפות



איור 63: מישטח עבודה עם הצללות מטרידות



איור 62: איתור מקור הסינוור ע"י הסתרה של גופי התאורה

בטבלה הבאה מרוכזות תלונות אופייניות, הבדיקה הנדרשת ואמצעי תיקון אפשריים:

הערות	אמצעי תיקון אפשריים	הבדיקה
תלונה: עוצמת ההארה על מישטח העבודה אינה מספקת		
תוספת גופים או החלפת נורות ליעילות יותר עלולות ליצור עוצמות הארה מוגזמות	<ul style="list-style-type: none"> • ניקוי נורות וגופי תאורה. • החלפת נורות שאורך חייהן הסתיים. • החלפת נורות ליעילות יותר (לדוגמה: נורות פלואורסצנט 36 וואט, נורות פלואורסצנט משופרות במקום הנורות הישנות של 40 וואט). • יש לוודא התאמת הציוד! • הגדלת מקדמי ההחזרה של המישטחים השונים בחדר: שינוי צבעי המישטחים (קירות, תיקרה, רצפה, שולחנות, ארונות, וילונות וכו') לבהיר יותר. • הקטנת כמות המישטחים המצללים (גם צמח בעציץ עלול לגרום להצללה). • תוספת תאורה מקומית (מנורת שולחן). • הזזה/שינוי כיוון של מישטח העבודה. • הקטנת המרחק בין שורות הגופים (תוספת שורות) עפ"י חישוב ותכנון מתאימים. 	<ul style="list-style-type: none"> • מדידה של עוצמות ההארה על מישטח העבודה ובסביבת העבודה הקרובה • בדיקת השתקפויות (איורים 60, 61)



תלונה: יותר מדי אור על מישטח עבודה		
מתקשר בד"כ לתלונות על "בוהק" רב מדי. עלול להיגרם כתוצאה מסינוור	<ul style="list-style-type: none"> • הקטנת מקדמי החזרת האור של המישטחים (מאט במקום מבריק, כהה יותר). • כיבוי חלק מהנורות (במקומות שאפשר מבלי לגרום להארה לא אחידה). 	<ul style="list-style-type: none"> • מדידת עוצמות ההארה על מישטח העבודה ובסביבת עמדת העבודה הקרובה • בדיקת השתקפויות (איורים 60, 61) • בדיקת סינוור מגופי התאורה (איור 62)
תלונה: הארה בלתי אחידה		
הקפדה על המומלץ בתקנים	<ul style="list-style-type: none"> • ניקוי נורות וגופי תאורה. • החלפת נורות שמשך חייהן הסתיים. • שינוי מרחקים בין הנורות - עפ"י חישוב ותכנון מתאימים. • הגדלת מקדמי החזרה של המישטחים השונים בחדר: שינוי צבעי המישטחים (קירות, תיקרה, רצפה, שולחנות, ארונות, וילונות וכו') לבהיר יותר. • הקטנת כמות המישטחים המצלילים. • תוספת תאורה מקומית (מנורת שולחן). • הזזה/שינוי כיוון של מישטח העבודה. 	<ul style="list-style-type: none"> • מדידת עוצמות ההארה על מישטח העבודה ובסביבת עמדת העבודה הקרובה
תלונה: גופי תאורה בוהקים		
	<ul style="list-style-type: none"> • תוספת אביזרים (מקוריים ומתוכננים) לגופי התאורה או החלפתם עפ"י חישוב ותכנון מתאימים. 	<ul style="list-style-type: none"> • בדיקה ויזואלית של הבוהק מגופי התאורה (איור 62)
תלונה: חלונות בוהקים		
	<ul style="list-style-type: none"> • תוספת וילונות והצללות. • צביעת הקירות והמישטחים סביב החלונות בצבעים בהירים. • שינוי מיקום עמדות העבודה כך שלא יהיו חלונות בוהקים בשדה הראייה של העובדים. 	<ul style="list-style-type: none"> • בדיקה ויזואלית
תלונה: הכל "בוהק"		
הגורם: קונטרסט גבוה (ניגודיות) וסינוור	<ul style="list-style-type: none"> • הקטנת מקדמי החזרת אור גבוהים יחסית, הגדלת מקדמים נמוכים. 	<ul style="list-style-type: none"> • בדיקת מקדמי החזרה של המישטחים הבוהקים



תלונה: השתקפויות במישטח העבודה	
<ul style="list-style-type: none"> • זיהוי מקורות ההשתקפות: הסתרה - (איור 60) מראה (איור 61) 	<ul style="list-style-type: none"> • שינוי מיקום מישטחי העבודה. • הזזת מקורות ההשתקפות עפ"י חישוב ותכנון מתאימים.
תלונה: הצללות על מישטח עבודה	
<ul style="list-style-type: none"> • בדיקה ויזואלית עם חפץ נוסף 	<ul style="list-style-type: none"> • הגדלת מקדמי החזרת האור של המישטחים השונים בחדר. • החלפת גופי תאורה לגופים בעלי פיזור רחב יותר, עפ"י חישוב ותכנון מתאימים.
תלונה: הבהוב	
<ul style="list-style-type: none"> • בדיקה ויזואלית 	<ul style="list-style-type: none"> • החלפת נורות (במיוחד אלה שלקראת סיום אורך החיים הנומינלי שלהן). • בדיקה של מיתקן התאורה. • חיבור פאזה נוספת לגופי התאורה במיתקני התאורה. • החלפת המשנקים לאלקטרוניים.
תלונה: האפקט הסטרובוסקופי	
<ul style="list-style-type: none"> • הארה עם נורת ליבון ניידת 	<ul style="list-style-type: none"> • שינוי במיתקני התאורה: שינוי, הוספת פאזה). • החלפת המשנקים לאלקטרוניים. • תוספת מקור אור - ליבון.
תלונה: צבע האור, תחושת "אפלוליות"	
<ul style="list-style-type: none"> • הנחת חפץ שצבעו ידוע 	<ul style="list-style-type: none"> • החלפת נורות לבעלות Ra/CRI גבוה יותר.
תלונה: "קשה לראות"	
<ul style="list-style-type: none"> • הגדרת הרקע/ האובייקט ומדידת עוצמות ההארה 	<ul style="list-style-type: none"> • שינוי הרקע. • הארה נוספת/אחרת של האובייקט. • הגדלת הקונטרסט.

כאשר ההצעות לשיפור המיתקן כוללות תוספת גופי תאורה או שינוי משמעותי במספרם - יש להיעזר במומחה. במסגרת הבדיקות יש לוודא שהמתגים להדלקה/כיבוי של מיתקני התאורה ממוקמים במקומות נוחים לגישה; החיבורים ומערכות תאורת החירום והמילוט תקינים. כמובן שהבדיקות האלה תתבצענה ע"י בעל רישיון חשמלאי מתאים.

