

פרק שמיני

שאלות נפוצות (FAQs)

מהי עוצמת ההארה הנדרשת?

כמות האור הנחוצה משתנה ותלויה בפרמטרים רבים, כגון: סוג המטלה שיש לבצע, סוג המישטחים (מחזירים אור או קולטים אור) ועוד. קיימים תקנים המפרטים את עוצמות ההארה הנדרשת במקומות העבודה בהתאם לסוג הפעילות הכרוכה בראייה (ת"י 8995 - תאורה למקומות עבודה שבתוך מבנים ות"י 1862 - תאורת דרכים). בנוסף ישנן המלצות של ארגוני תקינה נוספים, כדוגמת CIE (הארגון האירופאי לנושאי המאור שהמלצותיו מקובלות בארץ), IESNA (הארגון הצפון אמריקאי למאור) ו-CIBSE (הבריטי). תמצית ההמלצות - ראו פרק חמישי. בטבלה הבאה מרוכזות עוצמות ההארה האופייניות, הנחוצות. בערכים המינימליים ההכרחיים. ההמלצות הן כלליות ומה שקובע בסופו של דבר היא הדרישה בתקן הרלוונטי.

איך מבצעים מדידות של תאורה?

השאלות הנפוצות בתחום התאורה הן איך מודדים כמה אור נופל על המישטח ואיפה מודדים? להלן מספר המלצות:

- יש להשתמש בלוקסמטר (מד-אור) מכויל, בהתאם להוראות היצרן;
- יש שים לב לרמת הדיקו הדרושה של המכשיר ולבחור את סקלת המדידה המתאימה;
- את המדידה מבצעים במיתקן עם נורות בעלות תפוקה יציבה (לפחות 100 שעות פעולה בהדלקה ראשונה, לפחות 20 דקות פעולה בהדלקות חוזרות, נוספות). לא מודדים במיתקן חדש;
- יש לוודא שפעולת מיתקן החשמל יציבה. הבדיקה תבצע ע"י חשמלאי בעל רישיון מתאים;
- המדידה תבצע על מישטחי העבודה. כלומר: במצב אופקי כשהמישטח הוא שולחן; במצב אנכי במדידה במקומות שיש בהם ארונות (לדוגמה: ארונות מדפים במחסן, מדפי ספרייה וכו');
- יש להתחשב באור הטבעי. כאשר המדידה מתבצעת באור יום - יש למדוד את העוצמות עם הדלקה של מיתקן התאורה וכשהוא כבוי. לאחר מכן, יש לבצע את החישוב בהתאם לתרומתו של מיתקן התאורה. אם לא ניתן לבצע הפרדה - המדידות תבצענה לאחר רדת החשיכה;



- יש לקבוע את המקום בעל עוצמת ההארה המינימלית (אפשר להיעזר בסריקה בעיניים).
- למדידת עוצמת ההארה הממוצעת יש לקבוע מספר נקודות מדידה. עוצמת ההארה תלויה במקדם ההארה (i) של החדר, שאתו מחשבים בשיטה הבאה:

$$i = \frac{AB}{(A+B)(H-h)}$$

כאשר:

- B, A מידות החדר (אורך, רוחב) במטרים;
- H גובה התקנת הגופים במטרים;
- h גובה מישטח העבודה במטרים.

מספרן של נקודות המדידה יהיה בהתאם לטבלה הבאה:

מקדם ההארה i	מספר נקודות המדידה המינימלי
$i < 1$	4
$1 < i < 2$	9
$2 < i < 3$	16
$i > 2$	25

את נקודות המדידה קובעים במרחקים אחידים על פני החדר (לא כשהן מרוכזות במקום מסוים). באזורים בחדר שבהם קיימת בעיית תאורה - מומלץ להוסיף נקודות מדידה. כאשר בודקים נקודה בעייתית מסוימת - העובד ישב במהלך הבדיקה בתנוחת עבודה רגילה.

איך מזהים תאורה לא מספיקה?

- כדי לזהות מצב של תאורה לא מספיקה מלאו אחר הנחיות הבאות:
- ✓ מידדו את עוצמת ההארה במקום העבודה. השוו אותה לעוצמות המומלצות;
- ✓ נגבו את מיתקני התאורה במטלית לחה (כאשר הדבר מותר עפ"י הנחיות היצרן).
- קשה לגלות שיכבה דקה של אבק במבט בלבד;
- ✓ בידקו האם קיימים צללים, במיוחד מעל אזורי העבודה;
- ✓ שאלו את העובדים האם הם חשים במאמץ מוגבר של העיניים או שהם נאלצים לאמץ את עיניהם כדי לראות;
- כדי לאפשר קבלת תוצאות מתאימות - העובדים צריכים לשבת במהלך המדידה בתנוחת עבודה רגילה.

המלצות בסיסיות לתיקון המצב:

- ✓ החליפו נורות באופן סדיר. נורות ישנות מפיקות פחות אור מנורות חדשות.
- החליפו את הנורות לפני שהן נשרפות, בהתאם לאורך חייהם הנקוב. הקפידו על מילוי הוראות היצרנים;



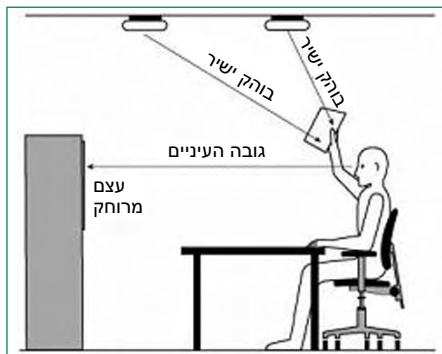
- ✓ נקו את מיתקני התאורה באופן קבוע. לכלוך על מיתקני התאורה מפחית את כמות האור שהם מפיקים;
- ✓ ציבעו את הקירות והתיקרות בצבעים בהירים, כך שתתאפשר החזרה של כמות אור רבה יותר;
- ✓ השתמשו באור מוחזר ובתאורה מקומית כדי לסלק צללים. לדוגמה: נורה מכוסה המותקנת מתחת למגן שקוף של מחרטה מספקת את כמות האור הנוסף, הנחוץ כדי להבחין היטב בכל מה שנדרש לביצוע המטלה;
- ✓ אל תמקמו עמדת עבודה כך שמיתקן התאורה יימצא מאחורי העובד.

מהו פיזור אור לקוי?

כאשר פיזור האור לקוי - חלקים מהתיקרה ומהסביבה ייראו אפלוליים. ניתן לזהות פיזור אור לקוי בעמדת העבודה ע"י בדיקת עוצמת ההארה בנקודות שונות באמצעות מד-אור. כאשר התאורה הכללית אחידה - עוצמת ההארה המינימלית הנמדדת בעמדת העבודה צריכה להיות לפחות 2/3 מהערך הממוצע הכללי הנמדד. אחת האפשרויות, הקלות יחסית, לתיקון פיזור לקוי של האור, היא צביעה של התיקרה והקירות בצבעים בהירים המחזירים אור וניקוי התיקרות, הקירות ומיתקני התאורה מלכלוך ומאבק. כאשר ניתן - מומלץ להוסיף וילונות בהירים. להוספה או להחלפה של גופי התאורה לשיפור הפיזור - נדרש תכנון הנדסי.

איך מזהים בוהק? מה אפשר לעשות?

בוהק הוא בעיית תאורה נפוצה המתבטאת בהפרעות לראייה ברורה של עצמים בגלל מקור אור חזק מדי או השתקפות של אור. ברוב המקרים, העיניים מסתגלות לאור הבהיר ביותר. ההסתגלות לאור בהיר מקשה עוד יותר על הבחנה בפרטים באזורים אפלים יותר של חלל העבודה (גם אם אותם אזורים ופרטים מוארים היטב). בוהק עלול לגרום למיטרד ולא-נוחות לעיניים, ועלול להגביל את שדה הראייה של האדם. **בוהק ישיר** יכול להיגרם ע"י אור בהיר מאוד הנפלט ממיתקני תאורה שהותקנו במיקום לא מתאים, או ע"י אור השמש. **בוהק מוחזר** (השתקפות) יכול להיגרם ע"י אור המוחזר ממישטחים מלוטשים, נוצצים או מבריקים, מישטחי זכוכית של תמונות ממוסגרות, או מהזוגיות של חלונות בשעות הלילה. גם צגי מחשב יכולים לתרום לבוהק.



איור 64: בדיקה לזיהוי בוהק ישיר

קיימות מספר דרכים לזיהוי מקורות של בוהק:

- התבוננו על עצם מרוחק, הנמצא בגובה העיניים בעמדת העבודה הרגילה שלכם. כעת, חיסמו את נתיב האור ממיתקני התאורה בעזרת ספר, לוח קרטון וכד' (**איור 64**). אם במצב הזה יהיה לכם יותר קל לראות את העצם המרוחק - נראה שמיתקן התאורה שלכם יוצר בוהק.

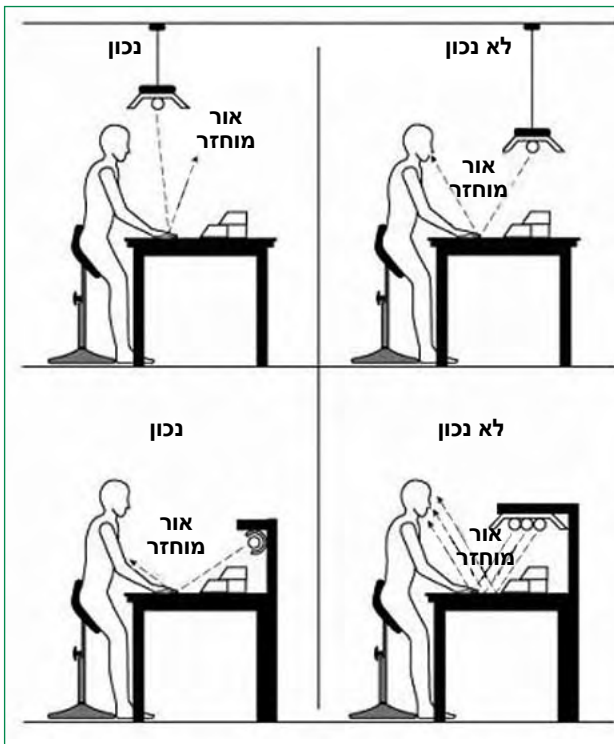




איור 65: בדיקה לזיהוי בוהק מוחזר

- כדי לזהות בוהק מוחזר (השתקפות) - הסתכלו אל המטלה שעליכם לבצע מעמדת העבודה הרגילה שלכם (**איור 65**). כעת, חיסמו את נתיב האור הנופל עליה מלפנים או מלמעלה. אם במצב זה יהיה לכם יותר קל לראות את הפרטים - קיימת בעיית השתקפות.
- הציבו על מישטח העבודה מראה קטנה הפונה כלפי מעלה. אם המראה מחזירה אור מלמעלה - ישנו מיתקן תאורה הגורם לבוהק.

- חפשו עצמים מבריקים המחזירים אור: מישטחי זכוכית של תמונות ממוסגרות, מישטחי שולחן מבריקים וצגי מחשב הם הם דוגמאות נפוצות.
- שאלו עובדים אם הם סובלים מעיניים צורבות, מעייפות, מכאבי ראש או האם הם נאלצים לאמץ את עיניהם כדי לראות.
- כדי לתקן מצבים של בוהק - היוועצו בגורם מוסמך ונסו:
- להשתמש במספר מיתקני תאורה בעוצמה נמוכה במקום במיתקן תאורה אחד, גדול, שעוצמתו גבוהה;



איור 66: הקטנת אור מוחזר

- להשתמש במיתקני תאורה אשר מסננים או מרכזים את האור. לדוגמה: מיתקני תאורה לא ישירה או מיתקני תאורה ישירה עם רפפות פרבוליות, ועוד;
- להגדיל את הבהירות של האזור שסביב מקור הבוהק;
- להשתמש בתאורה מקומית מתכווננת עם אפשרות לשליטה בעוצמת האור;
- למקם את מיתקני התאורה כך שכמות האור המוחזרת לכיוון העיניים תפחת (**איור 66**);



- לצפות מישטחים ברהקים בצבע - מבריק למחצה או מט. לפני הצביעה מומלץ לבדוק את ההשפעה בעזרת כיסוי המישטח בנייר, לדוגמה);
- לסלק עצמים מבריקים מדי;
- לוודא שעוצמת ההארה מתאימה לזו מומלצת;
- למקם את עמדת העבודה כך שהחלונות ונורות הפלואורסצנט יקבילו לשדה הראייה של העובד. מומלץ שעמדת העבודה לא תמוקם כך שמיתקני התאורה יהיו לפני העובד או ישירות מעל לראשו.

מהי ניגודיות לקויה?

קיימים 2 סוגים של בעיות הקשורות בניגודיות: כאשר קיים שוני גדול בעוצמות ההארה בין אזור אחד לאחר. אזור עמדת העבודה צריך להיות בהיר יותר מהאזור הסובב אותו. כאשר הסביבה בהירה יותר מאזור העבודה - תשומת הלב מוסחת מאזור העבודה; כאשר ישנה ניגודיות לא מתאימה בין הגוונים של פריטים (**איור 67**). לדוגמה: הניגודיות בין אותיות הדפוס והנייר שעליו הן מודפסות יכולה לגרום לקושי בראייה. ניגודיות נמוכה מדי בין המודפס לבין הנייר או בין הגופנים על צג המחשב לבין הרקע שלהם, מקשה על מטלות הקריאה. במערך המפעל עלול להיווצר קושי בהבחנה בין חלקים נעים לבין חלקים קבועים במכונה, אם הם בגוונים שלהם זהים או דומים.

ניגודיות

ככל שהניגודיות קטנה יותר - קשה לקרוא את הכתוב בשורה זו

איור 67: דוגמה לניגודיות (קונטרסט)

ניגודיות לקויה קיימת:

- באזורים שקיימים בהם הבדלים גדולים בעוצמות ההארה;
- כאשר קשה להבחין בין עצמים קיימים לבין הרקע שלהם;
- על צג המחשב - כאשר קשה להבחין באותיות או בגופנים של חומרים לקריאה ותכנים על פני הרקע שלהם

כדי לתקן ניגודיות לקויה ולשפר את היכולת להבחין בין עצמים לרקע שלהם:

- ✓ הגדילו את הניגודיות בין העצמים לבין הרקע שלהם. לכתובה - השתמשו בעטים במקום בעפרונות ובנייר לבן במקום בנייר אפור. בעבודה מול מחשב - כווננו את בהירות הצג ואת הניגודיות (היזהרו שלא לעבוד ברמת ניגודיות גבוהה מדי);
- ✓ צמצמו את הבהק המוחזר. השתמשו בגימורים לא מבריקים (מט) על המישטחים והרחיקו עצמים מבריקים משדה הראייה;
- ✓ השתמשו בגוונים מנוגדים עבור עצמים ועבור הרקע. כדי לצמצם את הסיכון לתאונות בעבודה עם מכונות - ציבעו חלקים קבועים וחלקים נעים של המכונות בגוונים מנוגדים, כדי לשפר את היכולת להבחין ביניהם.



מהו הבהוב?

כל הנורות המופעלות בחשמל בזרם חילופין (AC) מייצרות אור "רוטט". הבהוב הוא, בדרך כלל, בעיה שכיחה בנורות פריקה, ונורות הפלואורסצנט בנייהן. ככלל - נורות פריקה נדלקות בעזרת ציוד הדלקה (משנקים). סוגים אחדים של משנקים יכולים לצמצם את הבהוב באופן משמעותי (הסבר מפורט - ראו בפרק השלישי).

הבהוב צידי הוא הבהוב שרואים אותו בזווית העין, והוא גורם להסחת הדעת מהמטלה. כאשר עצמים נעים, מסתובבים או רוטטים באותו זמן שבו קיים גם הבהוב, והם מופעלים באותו מעגל חשמלי - הם נראים לעין כאילו הם נעים במהירות שונה מהמהירות הממשית שלהם. עצמים נעים יכולים להיראות גם כנייחים (עיקרון התופעה הסטרובוסקופית). מצב כזה איננו רצוי כי הוא עלול להיות מסוכן: הטעות האופטית לגבי תנועה/ חוסר תנועה של המכונות עלולה לגרום לפגיעות ולתאונות. לפתרון בעיית הבהוב מומלצות מספר שיטות:

- הדרך המקובלת ביותר כיום היא חיבור מיתקן התאורה ל-3 פאזות של אספקת החשמל;
- שימוש בציוד הדלקה (משנק) אלקטרוני ולא אלקטרומגנטי (גם חסכון בחשמל!);
- הוספת נורות ליבון במקומות שבהם מותקנות נורות פריקה (פחות מומלץ).

מהו רעש מטריד מגופי התאורה?

לפעמים נשמע זמזום מטריד מאזור גופי התאורה. במקרה הזה:

- אם מקור הרעש הן הנורות - יש להחליפן;
- אם מקור הרעש הם המשנקים - יש לבדוק את המשנקים.

האם צבע האור ישפיע על הצבע שאנו רואים?

האם תאורה חשמלית יכולה להשפיע על הצבע (הגוון) שבו העין רואה את הפריט? גוון של פריט תלוי, למעשה, בהרכב הצבעים של האור המגיע אליו והמוחזר ממנו. אור טבעי (אור השמש) מורכב מכל צבעי הקשת (ספקטרום): אדום, כתום, צהוב, ירוק, כחול וסגול. רוב מקורות האור החשמליים אינם מפיקים את כל הצבעים הללו, למרות שלעין המתבונן נראה כי הם פולטים אור "לבן" או "טבעי". נורות מסוגים שונים מאופיינות בספקטרום צבעים שונה. כתוצאה מכך - צבעו האמיתי של הפריט יכול להיקבע אך ורק כאשר הוא מואר באור השמש או בתאורה בעלת ספקטרום מלא, שהרכבו זהה לזה של אור השמש.

ברוב מצבי העבודה אין חשיבות למופע הצבעים המדויק. אולם, כאשר יש חשיבות לצבע (עבודות צביעה, תעשיות מזון, תעשיות אלקטרוניקה, ענף הטקסטיל: בייצור בדים, בתפירה ועוד), יש צורך בתאורה בעלת ספקטרום מלא.

נורות כספית ותאורה פלואורסצנטית

כמו בכל נורת פריקה, גם בתוך נורות הכספית והמטל-הלייד הנפוצות מאוד במבני תעשייה, מותקנת, בד"כ, שפופרת פריקה פנימית מזכוכית שבתוכה כלוא הגז, והיא נתונה בתוך השפופרת החיצונית של הנורה. כאשר השפופרת החיצונית ניזוקה - יש להחליף מיד את הנורה. גם נורות הפלואורסצנט שייכות למשפחה זאת, אך המבנה שלהן שונה.



נספחים

נספח א':

דוגמה לחישוב תאורת פנים

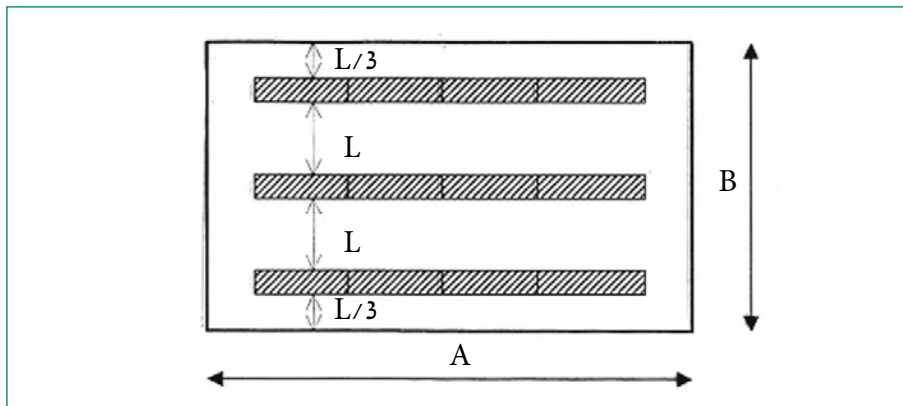
ישנן מספר שיטות לחישוב כמות גופי תאורה הנדרשת. נתייחס ל-4 שיטות עיקריות:

שיטת הנצילות - lm/w

מאפשרת אומדן בסיסי בלבד. קביעת מספר גופי התאורה הנדרש בשיטה זו נעשית לפי טבלה שמספק היצרן. בטבלה מפורטים מספר גופי התאורה הנדרשים להארת שטח מסוים בהתאם לרמת ההארה הנדרשת. שיטת הנצילות איננה מתחשבת בצורת החלל.

שיטת מקדמי ניצול החלל (Utilization factor)

השיטה מדוייקת יותר משיטת הנצילות מכיוון שהיא מתייחסת לצורת החללים ולסוגי הציפויים הקיימים במקום. מספר הגופים נקבע בהתאם לעוצמת ההארה הממוצעת הנדרשת. את מספר גופי התאורה הנדרשים לחלל נתון מחשבים בשיטה זו בהתאם לעוצמת ההארה הרצויה (איור 68). לדוגמה: נניח ש-N גופי תאורה מצויים בחדר אשר ממדיו - $A \times B \times H$; גובה מישטח העבודה מריצפת החדר - h .



איור 68: חישוב מספר גופי תאורה בשיטת ניצול מקדמי החלל



מספר גופי התאורה הנדרשים מחושב על פי הנוסחה הבאה:

$$N = \frac{K \cdot E \cdot S}{f \cdot F \cdot u}$$

כאשר:

- S - שטח החדר A x B;
- E - עוצמת ההארה הממוצעת הנדרשת;
- K - מקדם התחזוקה (בד"כ: 1.25);
- f - מקדם ניצול החלל של גוף התאורה (Utilization Factor) עבור גוף התאורה בחדר הנתון;
- F - שטף האור של גוף תאורה אחד.
- u - נצילות גוף התאורה (Luminaire Efficiency) (להבדיל ממקדם הנצילות המותאם לחדר).

מקדם התחזוקה תלוי בכמות האבק, בבלאי וכו'. הוא נע בין 1.25 ל-1.5. ברור שלא כל שטף האור המתקבל מגיע אל מישטח העבודה. חלקו מתבזבז בתוך גופי התאורה עצמם, וחלק נופל על הקירות ועל הרצפה. מקדם נצילות החלל תלוי במאפייני החדר (גבוה/נמוך, צר/רחב, בהיר/כהה) ומבטא את היחס בין שטף האור הנפלט מגוף התאורה לבין שטף האור המגיע אל מישטח העבודה בחדר הנתון. את מקדם הנצילות (i) מחשבים בהתאם לנתונים הקטלוגיים של גוף התאורה המתוכנן:

$$i = \frac{A \cdot B}{(A+B) \cdot (H-h)} \Rightarrow f \text{ (קטלוג)}$$

מקדמי החזרת האור - שונים עבור חומרים שונים ותלויים בגוונים של החומרים אשר משפיעים על מקדם הנצילות. מקדמי החזרת האור ניתנים בד"כ באחוזים. לדוגמה: צבע לבן מחזיר כ-70%-80% מהאור; צבע אדום מחזיר כ-20% בלבד. מומלץ, תמיד, להשתמש בגוונים בהירים, שהם בעלי מקדמי החזרת אור גבוהים יותר.

חישוב נקודתי

שיטת חישוב מדויקת יותר. את פילוג עוצמות ההארה השונות מחשבים בהתאם לכל הנתונים של החלל. קשה לבצע את החישוב בצורה ידנית בגלל העבודה הרבה הכרוכה בחישוב בשיטה זאת.

חישוב ממוחשב והדמיה

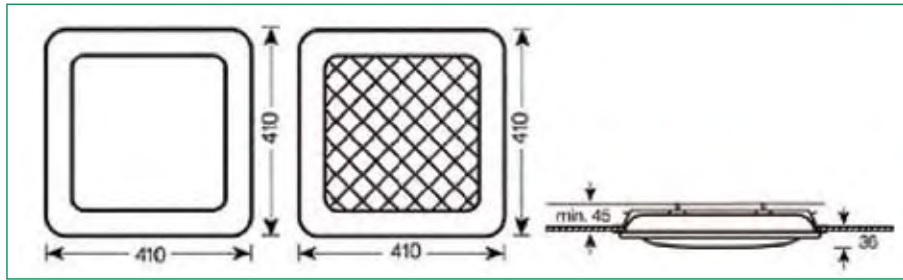
השיטה המקובלת כיום בתכנון תאורה. יש לזכור שלא התוכנה מתכננת אלא המתכנן. התוכנה היא רק כלי עזר המאפשר לבדוק את התכנון.

דוגמה:

חישוב בשיטת מקדמי ניצול החלל (Utilization factor):
מימדיו של חלל נתון הם: A = 15.00 מטרים; B = 8.00 מטרים; H = 3.40 מטרים;
h = 0.85 מטרים;
החדר בהיר יחסית (החזרי אור של 30%, 50%, 80% מהקירות, מהתקרה, ומהרצפה),
ונדרשת בו עוצמת הארה ממוצעת של כ-300 לוקס.

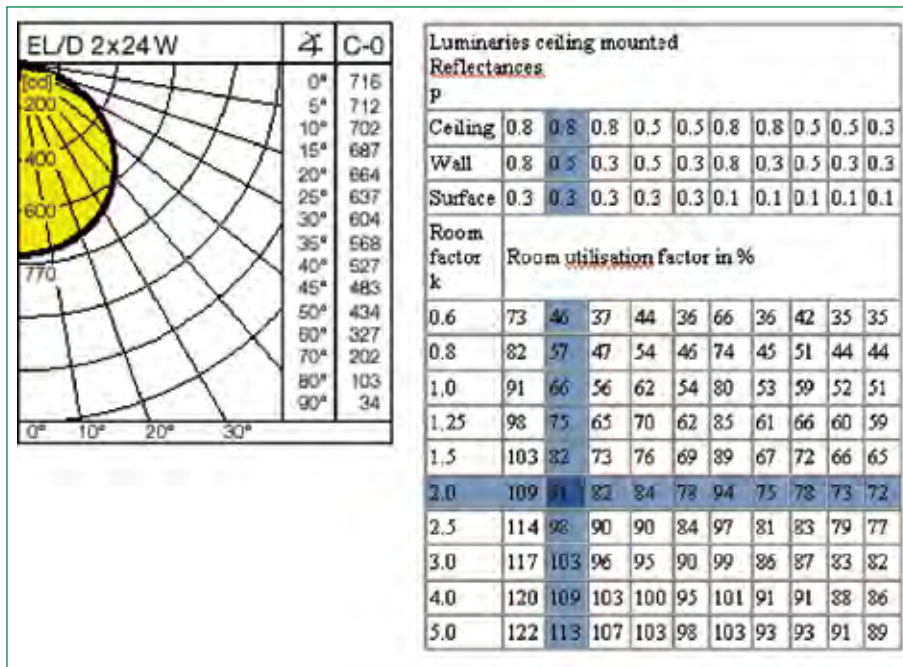


נבחר גוף תאורה מרובע עם שתי נורות PL, 24 ווט כ"א (1800 לומן), שקוע בתיקרה ומכוסה בפרספקס חלבי (איור 69).



איור 69: גוף תאורה לדוגמת החישוב בשיטת מקדמי ניצול החלל

מתוך הקטלוג, נאתר את הנתונים הפוטומטריים של הגוף הנבחר (איור 70)



איור 70: נתונים פוטומטריים לגוף התאורה שבדוגמה

הנוסחה הכללית ביותר לחישוב מספר גופי התאורה הנדרש, לפי רמת ההארה הממוצעת הנדרשת (ובהתאם לגוף התאורה שנבחר) תהיה עבור:

$$i = \frac{A \cdot B}{(A+B) \cdot (H-h)} = \frac{15 \cdot 8}{(15 + 8) \cdot (3.40 - 0.85)} = 2 \Rightarrow (f \text{ קטלוג}) = 0.91$$


מכאן - מספר הגופים יהיה:

$$.N = \frac{K \cdot E \cdot S}{f \cdot F \cdot u} = \frac{1.25 \cdot 300 \cdot 15 \cdot 8}{0.91 \cdot (1800 \cdot 2) \cdot 0.58} = 23.7$$



- לאחר קביעת מספר גופי התאורה הנדרש לרמת ההארה הרצויה - קובעים את מיקום הגופים. לצורך כך קיימים מספר כללים מנחים, כגון:
- רצוי לתכנן שורות גופים רציפות למניעת הצללות;
 - המרחק בין השורות נקבע בהתאם לצורתו של גוף התאורה (צר, רחב וכו') ובהתאם לגובה החלל;
 - יש להתייחס למיקומן של עמדות העבודה (מומלץ: שורת גופים במקביל לציר שדה הראייה);
 - יש להתייחס למיקומם של החלונות.
- בדוגמה שלנו זו נשתמש ב- 24 גופים הממוקמים ב-3 שורות (8 גופים כל שורה). לאחר קביעת מספר הגופים, ניתן לחשב את עוצמת ההארה הממוצעת המתקבלת. לקבלת מידע על הרמה המירבית או המיזערית המתקבלות - יש לחשב את עוצמות ההארה באופן נקודתי. ניתן להיעזר בתוכנות מחשב (**איורים 71 ו-72**). תוכנות כאלה מסופקות, בדי"כ, ע"י החברות המייצרות את גופי התאורה.

General		
Calculation algorithm used		Direct part
Reduction factor		0.80
Height of evaluation area		0.75 m
Height of luminaire plane		2.90 m
Total luminous flux of all lamps		93600 lm
Total power		1104 W
Total power per area (120.00 m ²)		9.20 W/m ²
Illuminance		
Average illuminance	E _{av}	241 lx
Minimum illuminance	E _{min}	90 lx
Maximum illuminance	E _{max}	302 lx
Uniformity g1	E _{min} /E _{av}	1:2.69 (0.37)
Uniformity g2	E _{min} /E _{max}	1:3.37 (0.3)



איור 71: תוצאות חישוב בעזרת מחשב (תוכנת RELUX)



איור 72: תוצאות חישוב בעזרת הדמיית מחשב (תוכנת RELUX)



נספח ב':

מילון מושגים בנושא התאורה

המושג	המונח באנגלית	הסבר
אור	Light	קרינה אלקטרומגנטית שהעין האנושית הממוצעת מגיבה עליה. התחום מצוי בין אורכי הגל 400 עד 700 ננומטר. בעבר כללו בתחום הנראה גם אורכי גל של 380 עד 780 ננומטר.
אחידות ההארה	Uniformity	מונח המשמש להגדרת השינוי בעוצמת ההארה בחלל. זהו היחס בין עוצמת ההארה המינימלית E_{min} הנמדדת על מישור העבודה בעמדת העבודה או על מישור ייחוס כלשהו, לבין עוצמת ההארה הממוצעת (E_{av}) על אותו מישור, $U = \frac{E_{min}}{E_{av}}$ עפ"י הנוסחה:
אטימה (עפ"י IP)	International Protection - IP	מקדם בעל 2 ספרות המגדיר את שיעור האטימה של מנורה כנגד חדירה של אבק, לכלוך, מים ולחות.
בהיקות (סובייקטיבית)	Apparent brightness	הבהיקות הנקלטת בעין, בהתחשב בהסתגלות העין לתנאי התאורה. הערך תלוי גם בלומיננס של המישטחים וגם בתנאי ההארה, ברקע של שדה הראייה.
דירוג אחיד של הסינוור המטריד	Unified glare rating - UGR	שיטת המדידה של סינוור מטריד לפי ה-CIE 117.
החזר	Reflectance	היחס בין שטף האור המוחזר מהמישטח לבין שטף האור המוקרן עליו.
לומיננס - קנדלה/מ"ר	Luminance - $cd/m^2 - L$	הלומיננס הוא הבהיקות הפוטומטרית. הוא איננו תלוי בהסתגלות העין לרמת ההארה הכללית בשדה הראייה. זהו היחס בין עוצמת האור (בקנדלות) של מקור אור או של מישטח מחזיר בכיוון מסוים, לבין שטח המישטח האלמנטרי שממנו מוחזר או מוקרן האור.
מחזיר אור	Reflector	החלק המותקן בתוך גוף התאורה/המנורה המיועד להחזרת האור ולהכוונתו לכיוונים הרצויים.



המושג	המונח באנגלית	הסבר
מנורה (גוף תאורה)	Luminaire	מערכת אופטית המכוונת את האור הנפלט מהנורות. המערכת כוללת בדרך כלל: מקור אור, מחזיר אור, מפזר אור או רפפה ומעטפת המעצבת את צורת המנורה.
מפזר אור	Diffuser	החלק המותקן בתוך גוף התאורה/המנורה המיועד לפיזור האור. החומר יכול להיות בשקיפות חלבית או עשוי מפריזמות.
מקדם הניצול של החלל	Utilization factor	מקדם המגדיר את היעילות האורית היחסית של החלל, התלוי בצורתו הגיאומטרית ובמקדמי ההחזרה של המישטחים השונים: תקרה, קירות ורצפה.
מקדם מסירת צבע של מקור	CRI - %	מקדם מסירת הצבע של מקור אור לפי ה-CIE. זהו שיעור הסטייה הכוללת (Colour Rendering Index) הניראית בצבע, של 8 מישטחים בעלי צבע מוגדר, כאשר הם מוארים באורו של מקור אור כלשהו - ביחס להארה של אותו מישטח ע"י מקור ייחוס באותה טמפרטורת צבע. שיעור הסטייה מתורגם לאחוזים.
מקדם תחזוקה	Maintenance factor	מקדם הנותן את היחס בין רמות ההארה לאחר שימוש ממושך במיתקן, ביחס לרמת ההארה של אותו המיתקן במצב חדש.
משך החיים הנקוב (אורך חיים)		משך החיים הנקוב איננו מוגדר חד-משמעית ע"י היצרנים. באירופה מקובל לנקוב את משך החיים עד לזמן שהירידה בתפוקת האור של הנורות מגיעה, בממוצע סטטיסטי, לאחוז מוגדר מתחת לערך ההתחלת. בארצות הברית, מקובל להגדיר את משך החיים כממוצע סטטיסטי של משך פעולת הנורות.
נורה פלואורנית (פלואור-סצנטית)	Fluorescent lamp	נורה שבה מיוצרת בעיקר קרינה אולטרה סגולה (א"ס) ע"י פריקה של זרם חשמלי דרך אדי כספית בלחץ נמוך. הקרינה הא"ס פוגעת בשיכבה הפלואורסצנטית שעל הדופן הפנימית של השפופרת והופכת לאור נראה, ע"י שינוי באורך הגל. הרכב האבקה (הפוספור) הפלואורסצנטי קובע את גוון הנורה ואת ההרכב הספקטראלי של האור המופק ממנה.
נורה פלואור-סצנטית קומפקטית	Compact fluorescent lamp, PL	נורה פלואורסצנטית בעלת שפופרת מכופפת, כך שהגודל הפיזי של הנורה הוא קטן יחסית.









המושג	המונח באנגלית	הסבר
נורת הלוגן	Halogen lamp	נורת ליבון, אשר לתוך השפופרת/האגס שלה הוסף גז הלוגני, בדיכ יוד, ברום או תערובת של שניהם, במצב גזי. השפופרת/האגס עשויים מזכוכית קווארץ.
נורת כספית	Mercury vapor lamp	נורה אשר האור נוצר בה ע"י פריקה של זרם חשמלי דרך אדי כספית בלחץ גבוה.
נורת כספית הלידית	Metal halide lamp	נורת אדי כספית עם תוספות של עופרות מסוגים שונים. התוספות משפרות את ההרכב הספקטראלי ואת הנצילות האורית, בהשוואה לנורת הכספית הרגילה.
נורת ליבון	Incandescent lamp	נורה המייצרת את האור ע"י חימום תייל מטונגסטן ע"י זרם חשמלי המוזרם דרכו.
נורת נתרן בלחץ גבוה (נל"ג)	High pressure sodium lamp	נורה אשר האור נוצר בה ע"י פריקה של זרם חשמלי דרך אדי נתרן בלחץ גבוה. הגודל הפיזי של הנורה קטן בהרבה ביחס לנורת הנל"ג, ולכן הנורות קטנות וקומפקטיות יותר. עקב הגדלת הלחץ, יש פליטה בכל התחום הנראה, אולם עדיין מודגש הגוון הצהוב.
ניגודיות	contrast	הניגודיות מחושבת ע"י ההפרש בין הלומיננס של מישטח המטרה לראייה L_2 לבין לומיננס הרקע L_1 , מחולק בלומיננס הרקע L_1 : $C = \frac{L_2 - L_1}{L_1}$
נצילות אורית	luminous efficacy	שטף האור הכולל בלומיננס (F), המופק ממקור האור (של מקור האור) מחולק בהספק בואטים (P) המושקע בייצור האור. הנצילות תלויה במבנה הנורה, במתח ההפעלה ובעיקר בהספק הנורה. ככל שההספק גדול יותר, גדלה גם הנצילות האורית: $\eta = \frac{\Phi(\text{lumen})}{P(\text{Watt})} \frac{lm}{w}$
סינוור	Glare	מצב שבו קיימת תחושה של אי-נוחות בראייה או הפחתה בכושר לראות עצמים, או שני המצבים גם יחד. סינוור נגרם עקב חלוקה לא נאותה של לומיננסים או קונטרסטים בשדה הראייה. סינוור מטריד (Discomfort glare) הוא מצב אשר בו העין מוטרדת מעוצמת ההארה ונגרמת התעייפות מצטברת.




המושג	המונח באנגלית	הסבר
עוצמת האור - קנדלה	I - light intensity - candela	שטף האור המוקרן ממקור אור בזווית מרחבית אלמנטרית, בכיוון נתון: $1 \text{ candela} = \frac{1 \text{ lumen}}{1 \text{ steradian}}$
עוצמת הארה - לוקס	illuminance-lux - E	כמות האור על מישטח עבודה, משפיעה על היכולת לראות. כעקרון, ככל שהעבודה עדינה יותר, נדרשת עוצמת הארה גבוהה יותר. לא מספיק להאיר את מישטחי העבודה בלבד, יש צורך בהארת הסביבה כולה. צפיפות שטף האור (F) המאיר יחידת שטח (S) נמדדת בעזרת מד-אור.
עוצמת הארה מתוחזקת - לוקס	E_m - Maintained illuminance - lux	ערך ממוצע של רמת ההארה (בלוקסים) במשך קיום המיתקן (תקופה ארוכה), על מישטח מסוים: $E = \frac{F}{S}, \text{ lux} = \frac{1 \text{ lumen}}{1 \text{ m}^2}$
פוטו-מטריה	Photometry	הגדרות ומדידות של ערכים הקשורים באור/תאורה.
קרינה אופטית	Optical radiation	קרינה הכוללת את כלל הקרינות בתחומים: האולטרה סגול, האור הנראה והאינפרא אדום.
קרינה אלקטרו-מגנטית	Electromagnetic Radiation	כלל הקרינות בטבע מוגדרות כקרינות אלקטרומגנטיות. מגדירים ומסווגים אותן לפי אורך הגל או התדירות.
רפפה	Louvre	מערכת מחיצות המונעת את הראייה של מקורות האור עד לזווית ההגנה הדרושה מול האופק הנראה.
רפפה פרבולית	Parabolic louvre	רפפה בעלת חתך פרבולי.
שטף אור - לומן	luminous flux - lumen - Φ	כמות האור המוקרנת בשניה אחת ממקור אור, בכל כיוון או כמות האור הנקלטת במשך שניה אחת על מישטח, מכל כיוון.



נספח ג': נתונים בסיסיים של נורות*

Lamp Index Low-voltage halogen lamps										
Designation	Abbreviation ZVEI	Symbol	Wattage	Voltage	Lamp holder	Luminous flux	Diameter	Length	Av. functional life acc. to manuf. spec. t (h)	
			P (W)	U (V)		Φ (lm)				
Low-voltage halogen lamps	QT 9-ax.		10	12	G4	130	9	33	4000	
			20	12	G4	320				
Low-voltage halogen lamps	QT12-ax.		50	12	GY6.35	830	12	44	4000	
			75	12	GY6.35	1575				
			90	12	GY6.35	1800				
			100	12	GY6.35	2200				
Low-voltage halogen lamps	QT16-ax.		150	24	GY6.35	3200	16	50	2000	
Designation	Abbreviation ZVEI	Symbol	Wattage	Voltage	Lamp holder	Luminous intensity	Half peak value α (°)	Diameter	Length	Av. functional life acc. to manuf. spec. t (h)
			P (W)	U (V)		I (cd)		D (mm)	L (mm)	
Low-voltage reflector lamps	QR-CBC35		20	12	GU4	4500	10	35	37	3000
			20	12	GU4	700	38	35	37	3000
			35	12	GU4	7200	10	35	37	3000
							38	35	3000	
Low-voltage reflector lamps	QR-CBC51		35	12	GU 5.3	8000	10	51	45	4000
			35	12	GU 5.3	1500	36	51	45	4000
			35	12	GU 5.3	700	60	51	45	4000
			50	12	GU 5.3	13000	10	51	45	4000
			50	12	GU 5.3	4400	24	51	45	4000
			50	12	GU 5.3	2200	36	51	45	4000
			50	12	GU 5.3	1100	60	51	45	4000
Low-voltage reflector lamps	QR-IP111		50	12	G53	50000	4	111	63	3000
			50	12	G53	23000	8	111	63	3000
			50	12	G53	4000	24	111	63	3000
			75	12	G53	30000	8	111	63	3000
			75	12	G53	1900	45	111	63	3000
			100	12	G53	48000	8	111	63	3000
			100	12	G53	2800	45	111	63	3000

All lamp data is provided as a guide only. Current lamp manufacturers' data is to be used for calculation purposes.











Safety distance
The sign  on the luminaire indicates the safety distance required in the direction of the beam. This safety distance must be observed.

איור 73: אינדקס נורות - נורות הלוגן במתח נמוך

* נתוני הנורות המובאים כאן הם כלליים בלבד ומשתנים בהתאם.



Lamp Index Tungsten Halogen Lamps










Designation	Abbreviation ZVEI	Symbol	Wattage	Voltage	Lamp holder	Luminous flux	Diameter	Length	Av. functional life acc. to manuf. spec. l (h)
			P (W)	U (V)		Φ (lm)	D (mm)	L (mm)	
Tungsten halogen lamps	QT18/c (clear)		60	230	B15d	820	12	67	2000
Tungsten halogen lamps	QT18/m (matt)		100	230	B15d	1430	18	86	2000
Tungsten halogen lamps	QT18/c (clear)		75	230	B15d	1100	18	86	2000
			100	230	B15d	1500	18	86	2000
			150	230	B15d	2600	18	86	2000
Tungsten halogen lamps	QT18/c (clear)		100	230	B15d	1400	18	86	2000
			150	230	B15d	2250	18	86	2000
Tungsten halogen lamps	QT18/c (clear)		150	230	B15d	2500	18	98	2000
			250	230	B15d	4200	18	98	2000
Tungsten halogen lamps	QT32/m (matt)		100	230	E27	1430	32	105	2000
			150	230	E27	2400	32	105	2000
			250	230	E27	4000	32	105	2000
Tungsten halogen lamps	QT32/c (clear)		250	230	E27	4200	32	105	2000
Tungsten halogen lamps	QT		500	230	GY9.5	10000	18	80	2000
Tungsten halogen lamps	QT-DE12		100	230	R7s	1600	12	75	2000
			150	230	R7s	2500	12	75	2000
Tungsten halogen- lamps	QT-DE12		150	230	R7s	2250	12	114	1500
			300	230	R7s	5000	12	114	2000
			500	230	R7s	9500	12	114	2000
			1000	230	R7s	22000	12	186	2000

All lamp data is provided as a guide only. Current lamp manufacturers' data is to be used for calculation purposes

איור 74: נורות טונגסטן-הלוגן



Lamp Index R and PAR Lamps







Designation	Abbreviation ZVEI	Symbol	Wattage	Voltage	Lamp holder	Luminous flux	Half peak value α (°)	Diameter	Length	Av. functional life acc. to manuf. spec. t (h)
			P (W)	U (V)		I (cd)	D (mm)	L (mm)		
Reflector lamps	R63		60	230	E27	960	30	63	105	1000
Reflector lamps	R95		100	230	E27	1350	35	95	140	1000
Parabolic reflector lamps	PAR38		120	230	E27	9300	12	122	136	2000
			120	230	E27	3100	30	122	136	2000
Parabolic reflector lamps	PAR56		300	230	GX16d	40000	9/15	179	127	2000
			300	230	GX16d	22000	11/25	179	127	2000
			300	230	GX16d	9000	16/40	179	127	2000
Halogen parabolic reflector lamps	QPAR20		50	230	E27	3200	10	64	91	2000
			50	230	E27	1000	30	64	91	2000
Halogen parabolic reflector lamps	QPAR20 QPAR-CB20		50	230	GU10	1000	25	51	53	2000
			75	230	GZ10	2500	25	64	64	2000
Halogen parabolic reflector lamps	QPAR30		75	230	E27	7500	10	97	90	2000
			75	230	E27	2400	30	97	90	2000
			100	230	E27	9000	10	97	90	2500
			100	230	E27	3000	30	97	90	2500
Halogen parabolic reflector lamps	QPAR38		100	230	E27	10000	12	122	136	2500
			250	120	E26	40000	10	122	140	6000
			250	120	E26	9000	30	122	140	6000
Halogen parabolic reflector lamps	QPAR56		500	120	GX16d	96000	13/8	179	127	4000
			500	120	GX16d	43000	26/10	179	127	4000
			500	120	GX16d	19000	44/22	179	127	4000

All lamp data is provided as a guide only. Current lamp manufacturers' data is to be used for calculation purposes.

איור 75: נורות PAR



Lamp Index Service Lamps












Designation	Abbreviation ZVEI	Symbol	Wattage	Voltage	Lamp Holder	Luminous- flux	Diameter D (mm)	Length L (mm)	Av. functional life acc. to manuf. spec. t (h)
			P (W)	U (V)		Φ (lm)			
General service lamps	A60/m (matt)		100	230	E27	1380	60	105	1000
General service lamps	A65/m (matt)		150	230	E27	2220	65	120	1000
Spherical lamps	D45/m (matt)		40	230	E14	400	45	80	1000
Crown silvered lamps	D45-CS/c (clear)		40	230	E14	320	45	80	1000
Crown silvered lamps	A65-CS/c (clear)		100	230	E27	1000	65	123	1000
Pigmy lamps	C026/m (matt)		15	235	E14	90	26	57	1000

All lamp data is provided as a guide only. Current lamp manufacturers' data is to be used for calculation purposes.

איור 76: נורות ליבון













Lamp Index High-pressure Discharge Lamps

Designation	Abbreviation ZVEI	Symbol	Wattage	Voltage	Lamp holder	Luminous flux	Luminous intensity	Half peak value \angle (°)	Diameter	Length	Functional life acc. to manuf. spec. t (h)
			P (W)	U (V)		Φ (lm)	I (cd)	\angle (°)	D (mm)	L (mm)	
Mercury vapour lamp	HME		125	see control gear	E27	6500			75	170	8000
			250	see control gear	E40	14000			90	226	8000
Metal halide lamps	HIE/D		250	see control gear	E40	19000			90	226	5000
Metal halide lamps	HIT-TC-CE		35	see control gear	G 8.5	3300			14	85	9000
Metal halide lamps	HIT-CE		35	see control gear	G12	3300			20	100	9000
			70		G12	9600			20	100	9000
Metal halide lamps	HIT-DE-CE		70	see control gear	RX7s	6500			22	114	9000
			150		RX7s	14200			25	132	9000
Metal halide lamps	HIT-DE		250	see control gear	Fc2	20000			25	163	5000
Metal halide lamps	HIT-DE		400	see control gear	Fc2	35000			31	206	5000
Metal halide reflector lamps	HIPAR20		35	see control gear	E27	23000	10	65	65	95	9000
			35		E27	5000	30	65	95	9000	
Metal halide reflector lamps	HIPAR-L30		35	see control gear	E27	44000	10	97	97	123	9000
			35		E27	7400	30	97	123	9000	
			70		E27	68000	10	97	123	9000	
			70		E27	10000	40	97	123	9000	
Sodium vapour lamps	HST		50	see control gear	PG12	2300			32	149	8000
			100		PG12	5000			32	149	8000
Sodium vapour lamps	HST		100	see control gear	GX12	4900			19	96	

איור 77: נורות פריקה



Lamp Index Fluorescent Lamps

Designation	Abbreviation ZVEI	Symbol	Wattage	Lamp holder	Luminous flux	Diameter D (mm)	Length L (mm)	Av. functional life acc. to manuf. spec. t (h)
			P (W)		Φ (lm)			
Compact fluorescent lamps	TC-S		5	G23	250	108	8000	
			7		400			
			9		600			
			11		900			
Compact fluorescent lamps	TC-SEL		7	2G7	400	114	12000	
			9		580			
			11		880			
Compact fluorescent lamps	TC-D		13	G24d-1	900	138	8000	
			18		G24d-2			1200
			26		G24d-3			1800
	TC-DEL		10	G24q-1	580	103	12000	
			13		G24q-1			880
			18		G24q-2			1150
26			G24q-3		1750			
Compact fluorescent lamps	TC-T*		18	GX24d-2	1200	124	8000	
			26		GX24d-3			1800
	TC-TEL*		18	GX24q-2	1150	117	10000	
			26		GX24q-3			1750
Compact fluorescent lamps	TC-L		18	2G11	1200	225	12000	
			18		GX24q-3			2400
			36	2G11	2900	415	12000	
			36		GX24q-4			3200
			55	2G11	2800	535	12000	
			55		GX24q-4			3200
			Compact fluorescent lamps	TC-F		36	2G10	2800
36	GX24q-4	3200						
Fluorescent lamps	T16		24	G5	1750	16	549	20000
			28		2600			
			35		3300			
			54		4450			
	T16/60 red T16/66 green T16/67 blue		28	G5	2100	16	1149	20000
			28		3500			
			28		700			
Fluorescent lamps	T26		18	G13	1350	26	590	12000
			30		2350			
			36		3350			
			58		5200			

All lamp data is provided as a guide only. Current lamp manufacturers' data is to be used for calculation purposes.

* Lamps which are longer or have different lamp caps, such as GE Lighting, cannot be used in some luminaires.

איור 78: נורות פלואורסצנט



רשימת מקורות

- דן רדלר. תאורת במה.
- האוניברסיטה הפתוחה. תאורה חשמלית.
- פירסומי המוסד לבטיחות ולגיהות:
 - ד"ר א. טורצקי, בטיחות בחשמל - דרישות והמלצות - אינטרנט
(htm.www.osh.org.il/uploadfiles/m_010_turezky_hashml_drishot)
 - ד"ר א. טורצקי, תאונות בעבודות חשמל וחשמלאים - אינטרנט
(www.osh.org.il/uploadfiles/m_007_turezki_teunot_hashmal.pdf)
 - ד"ר א. טורצקי, תחזוקת מיתקני חשמל - היבט הבטיחות - תקציר
(קוד: ת-125)
 - ד"ר א. טורצקי, תאורה ומקורות אור מלאכותי - אינטרנט
(www.osh.org.il/uploadfiles/d_300283_teura.pdf)
- IES. The lighting handbook, 9th edition
- Hazards of Light, J.Cronly-Dillon, E.S. ROSEN, J.Marshall
- Human Factors in Lighting, Peter R. Boyce
- The visual environment for display screen use, CIBSE
- Lighting at work, HSE books
- Eye hazards in industry, L. Resnick
- Philips lighting. Lighting manual
- Lamps and Lighting, S.T. Henderson, A.M. Marsden
- קטלוג מוצרים: TRILUX 2003
- קטלוג מוצרים: SITECO 2004
- קטלוג מוצרים: ERCO 2004
- קטלוג מוצרים: DISANO 2004
- אינטרנט:
 - www.osram.com
 - www.erco.com
 - www.sii.org.il
 - www.osh.org.il
 - www.lightolier.com
 - www.ccohs.ca
 - www.safetyline.wa.gov.au
 - www.osh.org.il

