

**קובץ הנחיות למתכנן
לתאורת
כבישים, רחובות וגנים ציבוריים**

משרד הבינוי

יולי 2016



תוכן

3.....	1	תקציר מנהלים
5.....	2	תהליך תכנון תאורה מקצועי לכבישים, רחובות וגנים ציבוריים
6.....	3	עיקרי הפרמטרים מנהליים הנדרשים מספקי גופי תאורה
6.....	4	עיקרי הפרמטרים הטכניים לגופי תאורה
6.....		פרמטרים לבחינת גופי תאורה
7.....		פרמטרים להתאמה של ספקטרום וגוון האור המיטביים לסביבה ולבריאות האדם
7.....		פרמטרים להתאמת מתקן התאורה לדרישות איכות ההארה כמפורט בת"י 13201
7.....		בהתיחס לתכנון מתקן תאורה חדש
7.....		בהתיחס לשדרוג מתקן תאורה קיים
8.....	5	פרמטרים כלכליים
8.....	6	נספחים
9.....		נספח א' – צ'ק ליסט לתכנון תאורה
10.....		נספח ב' - דרישות סף מספק/יצרן גופי התאורה
11.....		נספח ג' - מפרט טכני לגופי תאורה מבוססי לד (LED)
14.....		נספח ג' - רשימת הספקים והגופים שאושרו לשימוש ע"י משרד השיכון (מעודכן ל 1.7.2016)
15.....		נספח ד' - טבלת ריכוז דרישות ומסמכים נדרשים (צ'קליסט)
18.....		נספח ה' - נוהל לבחינת יעילות פוטומטרית לתאורת כבישים בטכנולוגיית LED
20.....		נספח ו' - כתב התחייבות ושחרור מאחריות -
21.....		נספח ז' – דוגמאות לחישוב זמן החזר השקעה- מתקן חדש ומתקן קיים

פרק 1 תקציר מנהלים

לאור התעצמות קצב הבניה והעידוכנים בדרישות התקנים לצד ההתפתחות הטכנולוגית אנו מוצאים לנכון לפרסם את קובץ ההנחיות אשר כולל התיחסות לעידוכנים באמור.

בחודש ספטמבר 2015 עודכן מפרט הבינמשרדי למתקני חשמל, פרק 08 ובחודש אפריל 2016 התקבל עידכון נוסף למפרט זה.

בשאיפה לתכנון תאורה מקצועי אנו מרכזים במסמך זה את הדרישות לעמידה בדרישות תקן ישראלי 13201, בהתאמה למקום וסוג הדרך, תוך התיחסות להתיעלות אנרגטית וכל הקשור לשמוש בגופי תאורה תקינים ואיכותיים, צריכת אנרגיה, תשתיות וכו'.

ברוב מתקני תאורת החוץ אשר בשימוש משרד הבינוי, מתבצעת התאורה ע"י גופי תאורה עם נורות פריקה מסוג נלייג ומיטל הליד אשר מופעלות באמצעות משנקים אלקטרו-מגנטיים.

במסגרת המאמצים לחיסכון באנרגיה יש לבחון טכנולוגיות חלופיות- ובהן טכנולוגית לד המתאפיינת ביעילות חשמלית גבוהה יחסית למקורות האור האחרים. טכנולוגיה זו הינה חדשה יחסית וחושפת את המשתמש לנושאים חדשים אשר לא היו קיימים בטכנולוגיות הסטנדרטיות.

שמוש בטכנולוגית לד מאפשר חיסכון מיידי בצריכת החשמל, חסכון בהוצאות התחזוקה המיידיות והוצאות תחזוקה מוגברות לאורך חיי המוצר – לטווח ארוך.

טכנולוגיה זו מבוססת על מקורות אור אלקטרוניים (לדים) ויחדת הינע (דרייבר). מרכיבים אלה מתאפיינים באורך חיים מוגבל המחייב תחזוקה מוגברת לאורך חיי המוצר.

לאחרונה אנו נדרשים מהרשויות, אשר אנו פועלים בתחומן, להתקין גופי תאורה בטכנולוגית לד. מדיניות המשרד היא לאשר התקנת גופי תאורת לד וזאת בכפוף לעמידה בכל דרישות התקנים, המפרט הטכני, המפרט הבינמשרדי פרק 08, בדיקת הכדאיות הכלכלית, תוך התאמת ההשפעה של התאורה על הסביבה והאדם.

מטרת מסמך זה הינה להנחות את מקבלי החלטות כיצד לאפיין את הדרישות ממתקן התאורה, כיצד לבחון את ההצעות הרבות המגיעות אל שולחנם וכיצד לבחור את הפתרון המיטבי המתאים.

תהליך תכנון, איפיון וקבלת ההחלטה יכללו בחינת הפרמטרים הבאים:

1. **תכנון תאורה מקצועי המתבסס על חישובים פוטומטריים ותקנים רלוונטיים למקום ההתקנה,**

2. **בחינת פרמטרים מנהליים של ספקי הציוד:**

- איכות ונסיון היצרן,
- איכות ונסיון הספק בארץ,
- נסיון עם המוצר בארץ ובעולם,

3. בחינת פרמטרים טכניים של הציוד :

- התאמת גופי התאורה לכל דרישות התקנים (כמפורט במפרט משרד הבינוי),
- התאמת מתקן התאורה לדרישות איכות ההארה כמפורט בת"י 13201 ,

4. התאמה של ספקטרום וגוון האור המיטביים לסביבה ולבריאות האדם,

5. פרמטרים כלכליים :

- התאמה לקריטריונים כלכליים המאפשרים זמן החזר השקעה סביר בהשוואה אל אורך חיי המוצר ותשואה כלכלית נאותה.

פרק 2 תהליך תכנון תאורה מקצועי לכבישים, רחובות וגנים ציבוריים

כל מתקן התאורה יתוכנן על פי השלבים הבאים:

- 1. בחינת התקנים וההנחיות:** ניתוח אופי האיזור והתאמה של תקני התאורה לפי תקן ישראלי 13201 והנחיות המזמין בהתאם למקובל ברשות/מועצה. יוגדרו פרמטרים פוטומטריים הנדרשים (עוצמות ההארה המומלצות והמינימליות, אחידות ורמת סנוור). תיעשה השוואה בין דרישות המזמין לדרישות התקנים. במידה וקיים פער- יש לפנות למשרד הבינוי.
- 2. בחירת גופי התאורה:** בתאום עם המזמין ייבחרו גופי תאורה מתאימים לכל האיזורים בהתאם לייעודם. גופי תאורה יעמדו בכל דרישות המפורטות במפרט בינמשרדי, פרק 08, במהדורתו האחרונה, <https://www.online.mod.gov.il/ConstructionSpec/pages/ManageVersion.aspx?SpecID=36>.
- 3. תכנון ראשוני:** לכל איזור יוצעו מספר שיטות הארה אפשריות ויוצעו מקורות אור מתאימים. לכל אזור יוצעו שיטות הארה בהתאם לדרישות הפונקציונליות והאדריכליות שלו, תוך היצמדות לפרוגרמה התכנונית כפי שתוגדר ע"י המזמין והאדריכלים. בתכנון ישקלו פרמטרים שונים, כגון: התאמה לדרישות מסירת צבע, מחיר ההתקנה והתחזוקה וחסכון באנרגיה. יוכן דו"ח המפרט את הפרמטרים הנדרשים, לרבות חישובי זמן החזר השקעה למתקנים שעלותם גבוהה יחסית לעלויות בקונפיגורציות אחרות (לדומא, במתקנים מבוססי נורות LED לעומת מקורות אור סטנדרטיים).
- 4. חישובים פוטומטריים** למתקן תאורה: יבוצעו חישובי תאורה למתקני התאורה המוצעים ותיערך השוואה ביניהם. חישובי תאורה חשמלית יבוצעו בעזרת תוכנות AGI, DIALUX, RELUX או OXYTECH.
- 5. תכנון תאורה מפורט:** יתקבל תכנון מפורט של כל מתקני התאורה (בשיטה שתבחר מבין המוצעות- כל ההחלטות לגבי בחירה של שיטות ההארה השונות יתקבלו יחד עם האדריכל והמזמין). יבוצע שרטוט של כל מתקני התאורה (בשרטוטים בקבצי האוטוקאד שיועברו למתכנן- עם מיקומם של העמודים והגופים המתוכננים), יוכנו מפרטים לגופי התאורה המתוכננים והנורות וכתבי כמויות עם הצעות לגופי תאורה והאומדנים. יוכן מפרט טכני ומפרט לבחירת גופים שווה ערך ואיכות למתוכננים.
- 6. יתוכנן מתקן חשמל,** לרבות חלוקה למעגלים. במקרה של גופי תאורה מבוססי לד יש להתיחס ל:
 - זרמי ההנעה ומגבלות של כמות גופי תאורה למעגל בהתאם להנחיות יצרני הדרייברים והמא"זים,
 - במקרה של הגנת הארקה, CLASS I, יש לוודא כי התנגדות הארקה בחיבור גוף התאורה והעמוד מתאימה לדרישות יצרן הגופים ולתנאי האחריות של גוף התאורה. יש לקבל אישור היצרן בכתב.
- 7. יינתנו המלצות לשילוב מערכת בקרה,** במידה ותדרש.
- 8. בחירת הגופים** בעת הזמנתם ובדיקתם לאחר ההספקה (בהתאם לצ'ק ליסט).
- 9. ניסוי תאורה:** יימסרו שרטוטים והצעות לבצוע ניסויי תאורה, במידה ויידרשו. הניסויים יתואמו עם הספקים.
- 10. פקוח עליון על הביצוע,** דו"חות ליקויים, בדיקה ואישור הביצוע, בדיקת תוכניות AS MADE.

פרק 3 עיקרי הפרמטרים מנהליים הנדרשים מספקי גופי תאורה

זוהי תמצית מדרישות מפרט משרד הבינוי, למפרט המלא יש לעיין בנספח ב'.

1. ארגונים של המציע בארץ ושל היצרן יהיו בעל מערכת איכות מאושרת לתקן ISO-9001:2008, בתחום של "מערכות תאורה בתחום החשמל".
2. המציע יהיה בעל הסמכה מאת יצרן גופי התאורה למתן שרות, אחריות, חלפים ותמיכה טכנית בארץ של גופי התאורה, לתקופה של 5 שנים לפחות.
3. הבטחת זכויות הקניין של גופי התאורה וללא מניעה או הגבלה לשיווקם בפרויקט.
4. הבטחת אספקות של גופי התאורה המוצעים.
5. הגדרת איכות המציע על בסיס נסיונו בתחום התאורה, איתנותו הכלכלית ומשך זמן התקשרותו עם יצרן גופי התאורה המוצעים.

פרק 4 עיקרי הפרמטרים הטכניים לגופי תאורה

זוהי תמצית מדרישות מפרט משרד הבינוי, למפרט המלא יש לעיין בנספח ג'.

פרמטרים לבחינת גופי תאורה

- א. התאמת גופי התאורה לדרישות לבטיחות חשמלית ומכנית בטמפרטורת סביבה (-10) עד (+35) (בהתאם לת"י 20, חלק 3.2).
- ב. התאמת גופי התאורה לדרישות לבטיחות פוטוביולוגית בקבוצת סיכון 0 (בהתאם לת"י 62471).
- ג. ההגנה מפני הלם חשמלי של גופי התאורה תהיה מסוג 2 (בידוד כפול) בהתאם לדרישות תקן ישראלי 20.
- ד. ההגנה מפני לחות ואבק של גופי התאורה (תא אופטי ותא הציוד החשמלי) תהיה בדרגה IP-65 לפחות.
- ה. התאמת גוף התאורה לדרישות התקנים לתאימות אלקטרומגנטית וחסיונות בפני הפרעות חשמליות ונחשולי מתח.
- ו. גוף התאורה יכלול התקן הגנה מנחשולי מתח בסיווג של 10KV/10KA.
- ז. ההגנה מפני הולם מכאני תהיה IK-08 לפחות בהתאם לדרישות תקן IEC62262.
- ח. מקדם ההספק של גוף התאורה יהיה 0.92 לפחות בהעמסה מלאה או בכל מצבי העמסום האפשריים.

ט. גוף התאורה המוצע ייבדק במעבדה פוטומטרית מוסמכת לתקן ISO17025.

י. אורך חיי נורת לד והדרייבר כאשר הם מותקנים בגוף התאורה, יהיה 50,000 שעות לפחות, בטמפרטורת סביבה של 35°C , מותרת ירידת שטף האור עד 80% וכשל של עד 20% מסך הנורות (L80/F20), בזרם העבודה המתוכנן ובהתאם לתקנים אמריקאיים: IESTM21, IESLM79 - IESLM82 או תקנים בי"ל: IEC62717, IEC62722.

פרמטרים להתאמה של ספקטרום וגוון האור המיטביים לסביבה ולבריאות האדם

א. טמפרטורת הצבע של הנורות תהיה בין $2,000^{\circ}\text{K}$ ל $3,000^{\circ}\text{K}$, עם ערך מרבי (פיק) של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום, $420-500\text{ nm}$, של עד 55% מהעוצמה המרבית (פיק) הנפלטת.

ב. מקור האור יהיה בעל מקדם מסירת צבע של 70% לפחות.

פרמטרים להתאמת מתקן התאורה לדרישות איכות ההארה כמפורט בת"י 13201

תקן ישראלי 13201 מגדיר את איכות התאורה ועוצמתה בהתאם לסוג הכביש ואופי הפעילות בו. תאורה מבוססת טכנולוגית לד מתוכננת לפרק זמן ארוך (כ 10 שנים) ויש לקחת בחשבון את מקדם התחזוקה ומקדם ההפחתה בעוצמת ההארה, בהתאם להנחיות התקנים. מפורט להלן התייחסות לבחינת יישום תאורת לד בתכנון מתקן תאורה חדש לעומת מצב בו מעוניינים לשדרג את מתקן התאורה הקיים.

בהתייחס לתכנון מתקן תאורה חדש

במקרה זה יש לבצע תכנון תאורה מפורט על מנת לקבוע את כמות גופי התאורה מבוססי לד והמרחק בין העמודים הנדרשים לפרויקט – וכן להשוות את תוצאות התכנון ביחס לתוצאות התכנון המבוסס על טכנולוגיה של נורות נתרן בלחץ גבוה (נל"ג). התכנון יתבצע על בסיס חישובים פוטומטריים מפורטים לכל איזור ומתחם. הבחירה תיעשה בהתאם לאלטרנטיבה המתאימה ביותר מבחינה פוטומטרית, אנרגטית וכלכלית.

בהתייחס לשדרוג מתקן תאורה קיים

במקרה זה יש לבצע מיפוי פוטומטרי ואנרגטי של המתקן הקיים. המיפוי יעשה ע"י בודק בעל הסמכה מתאימה. יש לבצע תכנון תאורה מפורט על בסיס מצב קיים של מיקום העמודים, גובהם והמרחקים ביניהם. יש לבחון את האלטרנטיבות עם נורות הלד ונורות הנל"ג, להשוות את תוצאות התכנון ולבחור באלטרנטיבה המתאימה ביותר מבחינה פוטומטרית, אנרגטית וכלכלית.

פרק 5 פרמטרים כלכליים

לבחינה כלכלית נכונה יש לבצע את הבדיקות אשר לוקחות בחשבון את הפרמטרים השונים :

- השקעה ראשונית,
- הוצאות תחזוקה לאורך חיי המוצר,
- עלויות החשמל לאורך חיי המוצר,
- עלויות החלפה ו/או שיקום בסוף חיי המוצר.

יש לבחון את האלטרנטיבות עם נורות הLED ונורות הנל"ג , להשוות את תוצאות התכנון ולבחור באלטרנטיבה המתאימה ביותר מבחינה פוטומטרית, אנרגטית וכלכלית.

פרק 6 נספחים

- נספח א' - "צ'ק ליסט" ל הנחיות לתכנון מתקן תאורה ,
- נספח ב' - מפרט טכני מיוחד לגופי תאורה מבוססי LED לתאורת כבישים, רחובות ושצ"פ, ודרישות סף לספקי גופי תאורה
- נספח ג' - רשימת הספקים והגופים שאושרו לשימוש ע"י משרד השיכון (מעודכן ל 1.7.2016),
- נספח ד' - "צ'ק ליסט" להנ"ל,
- נספח ד' - נוהל לבחינת יעילות תאורת כבישים בטכנולוגיית LED בהשוואה לנל"ג (חישובי תאורה לאיזור הנתון),
- נספח ה' - כתב התחייבות ושחרור מאחריות – שימוש בפנסי LED לתאורת כבישים, רחובות ושצ"פ,
- נספח ו' - דוגמא לבחינת כדאיות כלכלית של פרויקט נתון.

נספח א' – צ'ק ליסט לתכנון תאורה

נושא	כן/לא
1 בחינת התקנים ת"י 13201, הנחיות משרד הבינוי ודרישות המזמין	
2 הסבר בחירת הגופים והשוואה	
3 חישובי תאורה	
4 תכנון תאורה מפורט הכולל:	
• שרטוטים	
• מפרט טכני	
• כתב כמויות	
• אומדנים	
5 ניסוי תאורה	
6 אישור הגופים	
7 פיקוח עליון על הביצוע	

נספח ב' - דרישות סף מספק/יצרן גופי התאורה

המציע יצרף את האישורים הבאים:

1. אישור ממכון מוסמך המעיד כי ארגונו של המציע בארץ בעל מערכת איכות מאושרת לתקן 2008: 9001 ISO- בתחום של "מערכות תאורה ותחום החשמל" (יש לצרף אישור או תעודה בתוקף).
2. אישור ממכון מוסמך המעיד כי ארגונו של היצרן בעל מערכת איכות מאושרת לתקן 2008: 9001 ISO- בתחום של "מערכות תאורה ותחום החשמל" (יש לצרף אישור או תעודה בתוקף).
3. כתב הסמכה מאת יצרן גופי התאורה או מאת נציגו הרשמי בארץ, אשר מסמך את המציע למתן שרות, אחריות, חלפים ותמיכה טכנית בארץ של גופי התאורה, לתקופה של 5 שנים לפחות (יש להציג כתב הסמכה רשמי).
4. הצהרת היצרן בארץ או בחו"ל שכל רכיבי גופי התאורה המוצעים הינם ביצור שוטף וכי אין כל כוונה להפסקה מתוכננת של ייצורם.
5. הצהרה כי המציע הינו בעל זיכיון בארץ, לפחות בשלוש השנים האחרונות, לאספקת גופי תאורה, של יצרן הגופים המוצעים על ידו.
6. הצהרה עם פירוט ניסיון מוכח של יצרן גופי התאורה באספקת גופי תאורה מבוססי LED, אשר הותקנו במערב אירופה ו/או בארה"ב (יש לוודא שהציוד מיועד לתדר ומתח הרשת בארץ), בכמות של 1,000 יחידות לפחות במהלך שלוש השנים האחרונות. נדרשת הרשימה כמפורט להלן:
 - אתרים שבהם בוצעה ההתקנה,
 - כמות, הספק, דגם גופי התאורה, תאריך ההתקנה, שם יצרן גוף התאורה ושם המתקין,
 - דגם והספק מקורות האור (LED) שסופקו בהתקנה זו, כולל שם יצרן ה-LED,
 - שם איש קשר ומס' טלפון באתרים הנ"ל.
7. מסמך עם פרטי איש קשר בחברת המציע למתן תמיכה טכנית. בעל התפקיד יהיה עם ניסיון מוכח של 3 שנים לפחות בעריכת חישובי תאורה ומתן שרות.
8. המציע יחתום על כל מסמכי המפרט הטכני.
9. המציע ימלא את "טבלת ריכוז דרישות ונתונים טכניים" המצ"ב ויגיש המסמכים ממוספרים בהתאם.

נספח ג' - מפרט טכני לגופי תאורה מבוססי לד (LED)

ביוזמת הוועדה הבינמשרדית בהשתתפות משרד האנרגיה, הבטחון, הבריאות, הגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים.

גופי התאורה הנדרשים במסגרת מפרט זה הנם גופי תאורה ייעודיים לנורות מסוג LED בעלי תפוקת אור, הספק חשמלי ופיזור אור אשר יענו על דרישת תכנון תאורה עבור כביש ו/או שטח נתון, בהתאם לדרישות המזמין ותקן ישראלי.

גופי התאורה יכללו בתוכם את המערכת האופטית, ציוד ההפעלה (דרייבר) ומגיני מתח יתר.

גופי התאורה יתאימו לדרישות המפרט הטכני כמפורט להלן:

1. גופי התאורה יהיו ייעודיים למערכות תאורת לד (דיודה פולטת אור LED – LIGHT EMITTING DIODE), לא תתאפשר התקנת נורת לד במקום נורת הפריקה הרגילה בגוף תאורה קיים,
2. גוף התאורה יהיה בעל מבנה מתכתי, להבטחת חוזק מכאני ופיזור החום המופק ממקורות האור וממערכת ההפעלה, ללא מערכת אוורור חשמלית.
3. גוף התאורה יתאים לדרישות בטיחות חשמלית ת"י 20 חלק 1 ובנוסף לדרישות של ת"י 20 חלק 2.3 (או 2.5 במידה ונדרש). בדיקות ההתאמה לתקן יבוצעו בטמפרטורת סביבה של 10°C עד 35°C לפחות. במידה ותעודת הבדיקה של מת"י מתבססת על תעודת בדיקת CB- יש לצרף גם אותה במלואה. תעודת הבדיקה להתאמה לת"י 20 תכלול, בין היתר, את הפרמטרים הבאים:
4. גוף התאורה יהיה בעל דרגת הגנה IP65 לפחות לתאי הציוד החשמלי ותא הציוד האופטי. במידה והמערכת האופטית ומערכת ההפעלה האלקטרונית (Driver) הינם בעלי דרגת הגנה IP65 לפחות, יכול תא הציוד החשמלי להיות בדרגת הגנה IP44,
5. דרגת הגנה מפני הלם חשמלי תהיה לפי אחת מהחלופות הבאות כאמור בתקנות החשמל:
 - א. ציוד סוג CLASS II
 - ב. ציוד עם בידוד מוגבר
 - ג. ציוד סוג I Class ובלבד שימולאו הוראות יצרן גוף התאורה, ביחס לאמצעי ההגנה החשמלית, התנגדות הארקה לעמידה ב- EMC ותנאי האחריות של יצרן גוף התאורה.
6. גוף התאורה יעמוד בפני מתחי יתר של 10kA/10kV.
7. מקדם ההספק של גוף התאורה יהיה 0.92 לפחות בעומס מלא או בכל מצבי העמסום האפשריים, בהתחברות ישירה לרשת החשמל ובכל תחום מתח הרשת.
8. עוצמת האור המופקת מגוף התאורה תהיה יציבה בכל תחום מתח הרשת הנומינלי ($\pm 10\%$).

9. גוף תאורה (כמכלול) יתאים לכל הדרישות לתאימות האלקטרומגנטית כמפורט להלן:
- א. ת"י 961 חלק 2.1 (תאימות אלקטרומגנטית) או EN-55015,
 - ב. ת"י 961 חלק 12.3 (הפרעות מוליכות, זרמי הרמוניות) או IEC-61000-3-2,
 - ג. ת"י 961 חלק 12.5 (הפרעות מוליכות, שינויים רגועים) או IEC-61000-3-3,
 - ד. ת"י 61547 (תאימות וחסינות אלקטרו מגנטית לציוד תאורה) או IEC-61547.
10. גוף התאורה יהיה בעל דרגת הגנה מפני הולם מכאני IK-08 לפחות,
11. גוף התאורה יסופק עם רכיבים (נורות לד, ספקי הכוח, בקרים, מערכות ההפעלה/דרייברים) כפי שאושר ע"י מכון התקנים הישראלי ותועד בתעודת הבדיקה לת"י 20 לגוף התאורה הנתון. מומלץ כי בפרויקט נתון לנוחות התחזוקה העתידית- הרכיבים בגופים זהים יהיו זהים גם כן.
12. כל הרכיבים האלקטרוניים (דרייברים, מגיני נחשולי מתח וכו') יתאימו לסוג הלד ולהספקה ויסופקו כמכלול אינטגרלי, בגוף התאורה (הגוף עם הציוד),
13. כל המערכות האופטיות יהיו חלק אינטגרלי של גוף התאורה ויסופקו על-ידי יצרן גוף התאורה כמכלול אחד עם הגוף. מפזרי אור (עדשות ו/או רפלקטורים) יהיו בעלי התכונות הבאות:
- א. עשויים זכוכית או חומרים תרמופלסטיים העמידים בפני השפעות קרינת UV ותנאים סביבתיים,
 - ב. יחוזקו אל גוף התאורה באמצעים מתאימים ומקוריים של יצרן גופי התאורה, בצורה בת קיימא שתאפשר החלפת רכיבים נוחה,
14. מערכת ההפעלה האלקטרונית (Driver) תהיה עם בידוד חשמלי בין מעגל הכניסה לבין מעגל המוצא ותאפשר תאורה קבועה ויציבה, ללא תלות בשינויים במתח הרשת הנומינלי ($\pm 10\%$). מקדם ההספק של המערכת יהיה 0.92 לפחות בעומס מלא או בכל מצבי העמסום האפשריים. משך חיי מערכת ההפעלה תהיה 50,000 שעות לפחות, בהתקנה בתוך גוף התאורה בהעמסה מלאה ובטמפרטורת סביבה של 35°C ,
15. גוף התאורה יכלול ממשק תקשורת DALI, בהתאם לתקן IEC62386, המאפשר שליטה על גוף התאורה ממערכת בקרה לרבות בצוע הדלקה/כיבוי/עמעום בהתאם לדרישות לקוח. דרישה זו הינה אופציונלית ובהתאם לדרישות הפרויקט,
16. גוף התאורה יכלול מקורות אור מסוג LED מתוצרת CREE או שווה תכונות, איכות וערך, המאושר ע"י המזמין,
17. מקדם מסירת הצבע יהיה 70 לפחות,
18. טמפרטורת הצבע של הנורות תהיה בין 2,000K עד 3,000K, עם ערך מרבי (פיק) של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום, 420-500 nm, של עד 55% מהעוצמה המרבית (פיק) הנפלטת,
19. גוף התאורה יתאים לדרישות בטיחות פוטוביולוגית ת"י/IEC 62471, קבוצת סיכון (RISK GROUP) 0,

20. אורך חיי נורת הLED כאשר היא מותקנת בגוף התאורה, יהיה 50,000 שעות לפחות, בטמפרטורת סביבה של 35°C , מותרת ירידת שטף האור עד 80% וכשל של עד 20% מסך הנורות (L80/F20), בזרם העבודה המתוכנן ובהתאם לתקנים הרלוונטים:

• תקנים אמריקאיים: IESTM21, IESLM79, IESLM82 ;

או

• תקנים בי"ל: IEC62717, IEC62722 ;

21. כל נורות הLED יהיו בעלות גוון זהה (נדרשת התחייבות היצרן לתהליך ה-binning),

22. הגופים יסופקו עם כבל משותף לזינה ולתקשורת באורך של 0.5 מ', כולל מחבר לחיבור מהיר (שקע-תקע ונעילה) יעודי, בעל דרגת IP66 לפחות וחיזוק מכני לכבלים בקוטר עד 13 מ"מ.

23. לכל דגם של גוף תאורה יצורף קטלוג של היצרן, הכולל את הנתונים הבאים:

א. שם היצרן, מק"ט היצרן, שם דגם, תיאור, נתונים טכניים, חומרי בנייה, דרגות הגנה, מבנה מפורט של גוף התאורה,

ב. לדים: שם יצרן, מק"ט יצרן, סוג הLED, הספק הLED, אורך חיים נומינלי, שטף אור התחלתי, ספקטרום, יעילות אורית, גוון, מקדם מסירת צבע,

ג. דו"ח פוטומטרי (יעילות אורית, עקומת פילוג, עוצמת אור) ונתונים פוטומטריים על גבי מדיה דיגיטלית בפורמט IES או LDT,

ד. שם יצרני הרכיבים החשמליים המאושרים על-ידי יצרן גוף התאורה ויצרן הנורות, מק"ט יצרנים ונתונים טכניים – טמפרטורות הפעלה, מקדם הספק, נצילות וכו',

ה. הוראות התקנה, לרבות ערך התנגדרות הארקה במקרה של שמוש בגוף CLASS I,

ו. הוראות תחזוקה, לרבות תדירות ניקוי גוף התאורה,

24. המציע יחתום על כתב אחריות ל 5 שנים בהתייחס, בין היתר, גם לתנאי ההתקנה ולשיטת התחזוקה,

25. גוף התאורה יתאים לכל דרישות המפרט, המציע ימלא את הנדרש ב"טבלת ריכוז דרישות ונתונים טכניים" המצ"ב, לרבות הגשת המסמכים בהתאם.

נספח ג' - רשימת הספקים והגופים שאושרו לשימוש ע"י משרד השיכון (מעודכן ל 1.7.2016)

תוקף האישור	סוג הגנה	הספק- פרוט מורחב בתעודה	LED	זגם	יצרן	יבואן
1/1/2017	CLASS II CLASS I	עד 115 וט	CREE XPL	LUXTELLA STREET LP1/LP2	LE TEHNIKA	אנלטק
1/1/2017	CLASS II CLASS I	עד 158 וט	NVSL219C NICHIA	NXT	LED Roadway Lighting (LRL)	ארכה
1/1/2017	CLASS II	עד 113 וט	CREE XPG2	Teceo1	Schreder	סיטילייט
1/1/2017	CLASS I	עד 90 וט	CREE XPG2	Future 40 Mini	INTEC	שטייניץ לירד
1/1/2017	CLASS II	ITALO1 עד 77 וט ITALO2 עד 149 וט	LUMILEDS Luxeon M	Italo1 Italo2	AEC	ש.מ. יוניברס

נספח ד' - טבלת ריכוז דרישות ומסמכים נדרשים (צ'קליסט)

הערות למילוי הטבלה: (הטבלה הינה רשימת דרישה מרוכזת לנוחות המציע בלבד וההתייחסות תהיה לתוכן המסמכים כפי שנדרש במסמכי המפרט). המציע ימלא את הטבלה ויגיש את המסמכים הנדרשים (תנאי סף).

1. על המציע למלא את הנתונים בטבלה, באין התייחסות מלאה לאחד או יותר מסעיפי הדרישה המפורטים בטבלה להלן, יפרש המזמין שאין למציע את היכולת לממש את הנדרש והצעתו תפסל על הסף.
2. כל סעיף בטבלה להלן הינו סעיף סף המהווה תנאי הכרחי לאישור ההצעה. אם אין ביכולת המציע לענות תשובה מפורטת ו/או אין ביכולת המציע לעמוד בדרישה מסוג זה, הצעתו תפסל על הסף.
3. חובה לענות על כל סעיפי הדרישות המפורטים בטבלה להלן ולגבות את התשובות ע"י המסמכים הנדרשים, שיצורפו על ידי המציע לטבלה זו. המסמכים ימוספרו כמפורט בטבלה, יש לסמן את מספר המסמך ליד הפסקה המתאימה במסמך שמצרף המציע, ניתן להפנות למספר סעיפים באותו המסמך.
4. תאור הדרישות בטבלה להלן הינו תמציתי ועל המציע להתייחס לדרישות בהרחבה כמפורט לעיל.
5. תאור הדרישות בטבלה להלן הינו תמציתי ואינו פוטר את המציע מחובת התייחסות ליתר סעיפי הדרישות המפורטות לעיל.

מסמך מספר	דרישה	תשובת המציע	מתאים/לא מתאים	הערה
	שם המציע			
1	תעודת הסמכה לתקן ISO-9001:2008 בתחום תאורה וחשמל- מציע			
2	תעודת הסמכה לתקן ISO-9001:2008 בתחום תאורה וחשמל- יצרן			
3	כתב הסמכה מאת היצרן למתן שירות אחריות.....			
4	הצהרת היצרן שכל רכיבי גופי התאורה ביצור שוטף.....			
5	הצהרה כי המציע...בעל זיכיון בארץ, לפחות בשלוש השנים האחרונות, לאספקת גופי תאורה, של יצרן הגופים המוצעים על ידו.			
6	הצהרה לניסיון מוכח של יצרן גופי התאורה....בכמות 1000 יח' ב 3 שנים האחרונות....רשימה			
7	מסמך חתום עם פרטי איש קשר			
8	מפרט טכני של גוף התאורה (מיצרן)			
9	שם יצרן גוף התאורה			

מסמך מספר	דרישה	תשובת המציע	מתאים/לא מתאים	הערה
10	דגם גוף התאורה			
11	שם יצרן הלד			
12	שם יצרן הדרייבר			
13	מגוון הספקים חשמליים (כולל הפסדים)			
14	שטף האור הנפלט מגוף התאורה (לומן)			
15	תעודת התאמה ל ת"י 20 החלק הרלוונטי			
	<ul style="list-style-type: none"> התאמה לטמפי סביבה 35°C לפחות 			
	<ul style="list-style-type: none"> דרגת הגנה... IP65 לפחות או ... 			
	<ul style="list-style-type: none"> דרגת הגנה מפני הלם חשמלי – בידוד כפול או הארקה ... 			
	<ul style="list-style-type: none"> התקן הגנה מנחשולי מתח בסיווג של 10KV/10KA (פירוט בתעודת התאמה לת"י 20) 			
16	ת.ב. CB (בהתאם למפרט)			
17	מקדם הספק (הצהרת יצרן)			
18	ת.ב. ת"י 961 חלק 2.1 (תאימות אלקטרומגנטית) EN-55015 או			
19	ת.ב. ת"י 961 חלק 12.3 (הפרעות מוליכות, זרמי הרמוניות) או IEC-61000-3-2			
20	ת.ב. ת"י 961 חלק 12.5 (הפרעות מוליכות, שינויים רגועים) או IEC-61000-3-3			
21	ת.ב. תקן ת"י 61547 או IEC-61547 (תאימות וחסינות אלקטרו מגנטית לציוד תאורה)			
22	תעודת בדיקה להתאמה לתקן IEC62262 (IK-08)			
23	ת.ב. תקן IEC-62031 (דרישות בטיחות מנורת ה-LED)			
24	טמפרטורת צבע ...			
25	ספקטרום – ערך מירבי עד 55% של הפיק....			
26	... CRI			

מסמך מספר	דרישה	תשובת המציע	מתאים/לא מתאים	הערה
27	הצהרת יצרן גיית BINNING IEC62707...			
28	תעודת בדיקה להתאמה לתקן IEC62262 (דרגת הגנה מפני הולם מכאני וזעזועים IK-08)			
29	תעודת בדיקה לבטיחות פוטובילוגית ת"י/IEC 62471, אישור לקבוצת סיכון 0-RG0....			
30	תעודת בדיקה לאורך חיים ושרידות של הLED...., בהתאם לתקנים האמריקאיים או הביייל הרלוונטיים כדלקמן: • תקנים אמריקאיים: IESLM79, IESTM21, IESLM82 או • תקנים ביייל: IEC62717, IEC62722			
31מחבר לחיבור מהיר...			
32	דו"ח פוטומטרי מלא ועקום פיזור אור ממעבדה מוסמכות ISO17025			
33	קובץ דיגיטלי בפורמט IES או LUMDAT לפי LM79 עבור כל פוטומטריה מוצעת			
34	כתב אחריות.... לחמש שנים...מיצרן גוף התאורה...			
35	הוראות התקנה מיצרן גוף התאורה			
36	הוראות תחזוקה מיצרן גוף התאורה			
37	ממשק תקשורת DALI בהתאם לדרישות תקן IEC62386			

נספח ה'- נוהל לבחינת יעילות פוטומטרית לתאורת כבישים בטכנולוגיית LED

תכנון תאורת הכבישים מתבצע בהתאם לדרישות תקן ישראלי 13201. ההשוואה תתבצע על בסיס נתונים אחיד עבור כל המציעים, כמפורט להלן:

1. יבוצע חישוב תאורה על קטע כביש טיפוסי.
2. תיבדק התאמת התאורה לדרישות תקן ישראלי 13201.
3. תיבדק השקעת האנרגיה ועלויות החשמל הנדרשים לכל מטר אורך של תאורת הכביש הטיפוסי.
4. תיבדק ההשקעה הנדרשת בתשתית עבור כל מטר אורך של תאורת הכביש הטיפוסי.

נתוני בסיס של חתך הכביש הטיפוסי לביצוע חישוב התאורה:

1. שני נתיבי נסיעה של 3.5 מטר כל אחד, סה"כ 7 מטר.
2. בכל צד של הכביש ממוקמת מדרכה ברוחב של 1.5 מטר.
3. עמודי התאורה בגובה 8 מ' מוצבים בצד אחד של הכביש ובמרחק של 0.8 מטר מאבן השפה.
4. גוף התאורה מותקן על העמוד עם זרוע של 1 מטר.
5. מרחק בין העמודים ייקבע ע"י המציע בהתאמה לאיכות ועוצמת התאורה הנדרשים.
6. גובה העמודים ייקבע ע"י המציע בהתאמה לאיכות ועוצמת התאורה הנדרשים.

נתוני בסיס אופייניים הנדרשים מגופי תאורת ה-LED:

1. הספק גוף התאורה ייקבע ע"י המציע בהתאמה לאיכות ועוצמת התאורה הנדרשים.
2. גוון האור 3000K.
3. מקדם ההפחתה 0.8 (L80).

נתוני בסיס לביצוע חישוב התאורה עבור שתי הטכנולוגיות:

מס'	נתון נדרש	ערך נדרש
1	עוצמת הארה ממוצעת מינימלית	$E_{av}=15 \text{ Lux}$
2	אחידות מינימלית	$U_0=0.4$
3	בהיקות ממוצעת מינימלית	$L_{av}=1 \text{ cd/m}^2$
4	אחידות מינימלית	$U_0=0.4$
5	אחידות אורכית מינימלית	$U_1=0.6$
6	סף סינוור מקסימלי	$TI=15\%$
7	Lighting of surrounding	$SR=0.5$

הערות:

- חישוב התאורה יתבצע עם תוכנה ייעודית ובהתאם לתקן CIE-140-2000

- הנתונים המפורטים לעיל משמשים כבסיס לביצוע בדיקת כדאיות השימוש בגופי תאורה LED ואין ליחס ו/או להשתמש בנתונים אלו עבור תאורת כבישים אחרים ללא ביצוע חישוב תאורה בהתאם לדרישות התקן.

לאחר ביצוע חישוב התאורה יש למלא את הטבלה שלהלן (יעשה לגופים מבוססי טכנולוגית לד ולגופים מבוססי טכנולוגית נל"ג):

מס'	דרישה	תשובת המציע עבור לד	תשובת המציע עבור נל"ג
1	דגם גוף התאורה (לספק קטלוג טכני מקורי)		
2	מק"ט יצרן		
3	הספק צריכה בהעמסה מלאה		
5	גוון האור		
6	גובה עמוד התאורה		
7	מרחק בין העמודים		
8	כמות הפנסים לקטע הנתון		
10	הספק צריכה בהעמסה מלאה לקטע הנתון		
11	תפוקת האור של גוף התאורה	Lumen=	Lumen=
12	מקדם הפחתה	%=	%=
13	עוצמת הארה ממוצעת מינימלית	E_{av} =	E_{av} =
14	אחידות מינימלית	U_0 =	U_0 =
15	בהיקות ממוצעת מינימלית	L_{av} =	L_{av} =
16	אחידות מינימלית	U_0 =	U_0 =
17	סף סינוור מקסימלי	TI=	TI=
18	Lighting of surrounding	SR=	SR=

מציע המעוניין שהצעתו תבחן יגיש את הנדרש להלן:

(1) חישובי תאורה בקובץ PDF ובקובץ מקורי של תוכנת חישוב התאורה.

(2) קובץ פוטומטרי בפורמט IES או LDT

נספח ו' - כתב התחייבות ושחרור מאחריות -

שימוש בפנסי LED לתאורת כבישים, רחובות ושצ"פ

1. במסגרת עבודות הבינוי והתאורה בפרויקט _____, שאתם מבצעים בתחומי הרשות שלנו, אנו מבקשים בזאת, שתתקינו בכל הכבישים/רחובות ושצ"פ בפרויקט תאורה מבוססת LED. אנו מתחייבים בזאת, לאשר התקנת פנסי LED אשר מתאימים לכל דרישות המפרט הטכני המיוחד שפרסם משהב"ש (במהדורתו האחרונה), לרבות התאמה לתקנות החשמל, למפרט הבין-משרדי לעבודות חשמל פרק 08 ולהוראות כל דין, וכן לוודא כי תכנון התאורה יתבצע בהתאם לדרישות תקן ישראלי 13201.
3. ידוע לנו כי משהב"ש מסתייג משימוש בפנסי LED שבנדון מסיבות של: עלויות הקמה גבוהות, הוצאות תחזוקה גבוהות, רגישות לתנאי מזג אוויר העשויים לקצר את משך חיי המוצר, רגישות לעליות מתח ברשת התאורה הציבורית העשויים לקצר את משך חיי המוצר, סף סנור גבוה יחסית ואי נוחות למשתמשים בדרך, כמוכן עפ"י מחקרים בתחום עולה כי שימוש בתאורה שהרכבה הספקטראלי הינו בין 420 ל 500 ננומטר כדוגמת ה LED, גורם להשפעה על הסביבה ועל בריאות האדם.
- למרות ההסתייגות כאמור, אנו מבקשים כי משהב"ש יתקין בפרויקט הנ"ל את תאורת ה LED שבנדון באמצעות קבלן מטעמו ו/או קבלן מטעמנו ו/או קבלן מטעם כל גורם אחר כפי שיוחלט בפרויקט, ואנו משחררים את משהב"ש מכל אחריות כנגד כל טענה עתידית ו/או תביעה עתידית העשויה לבוא מצד הרשות ו/או מצד התושבים ו/או מצד המשתמשים בדרך ו/או מכל אחר, ולוקחים על אחריותנו הבלעדית את כל הסיכונים העשויים לנבוע משימוש בפנסי ה LED כאמור וזאת מיום ההתקנה ועד בכלל.
4. אנו מאשרים בזאת כי תחזוקת הפנסים שבנדון תתבצע ע"י ועל חשבון הרשות/מועצה, בהתאם להוראות התחזוקה כמפורט בעלון התחזוקה המסופק ע"י היצרן, לרבות ניכוי הפנסים אחת לחצי שנה וככל שיידרש.
5. אנו מאשרים בזאת כי ידוע לנו כי בתנאי סביבה אופטימליים, משך חיי הפנסים שבנדון הינו כ- 10 שנים וכי בתום תקופה זו יש להחליף את פנס ה LED לרבות את ציוד ההפעלה. אנו מודעים כי עלויות ההחלפה כאמור יהיו ע"י ועל חשבון הרשות/מועצה ולא תישמע כל דרישה ו/או טענה כנגד משהב"ש לביצוע ההחלפה ו/או מימונה, כולה ו/או בחלקה.
6. אנו מתחייבים בזאת לבצע בדיקות תאורה בפרויקט, ע"י מי שהוסמך לכך, אחת לשלוש שנים בהתאם לדרישות תקן ישראלי 13201.
7. משהב"ש יממן את עלות האספקה וההתקנה בלבד בכפוף לאישור תקציבי ובכפוף לחתימה על מסמך זה ע"י מורשה חתימה מטעם הרשות/מועצה.

בכבוד רב,

תאריך

(חותמת+שם וחותימת מורשה חתימה מטעם הרשות/מועצה)

נספח ז' – דוגמאות לחישוב זמן החזר השקעה - מתקן חדש ומתקן קיים

חישוב כלכלי להתקנת לדים בפרויקט חדש

התקנת פנסי LED	אחוז החיסכון	תאורת נל"ג	סעיף הוצאה
150	25%	250	הספק נורה - ואת
1,000		1,000	כמות פנסים וציוד לפרוייקט
	0.45 ₪		עלות חשמל לתאורת רחוב לקוט"ש
	4,200		סך שעות עבודה בשנה 4,200 שעי'
חישוב עלויות הקמה			
2,500 ₪	(2)	1,100 ₪	עלות פנס ו/או ציוד חיסכון
2,500,000 ₪	1,280,000 ₪	1,100,000 ₪	עלות של סך הפנסים ו/או ציוד חיסכון
600,000 ₪ (12)	(13)	600,000 ₪ (12)	עלות התקנת הפנסים והציוד (12)
3,100,000 ₪	1,900,000 ₪	1,700,000 ₪	סך עלות ההקמה
חישוב עלויות החשמל ותחזוקה			
170	208	277	הספק צריכה כולל הפסדים חשמליים - ואת
320,355 ₪	393,002 ₪	524,003 ₪	סך עלות החשמל לשנה
133,333 ₪	133,333 ₪	133,333 ₪	עלות ניקוי פנסים בשקלול שנתי (1)
0.00 ₪	(4)	23,333 ₪ (3)	עלות הנורות בשקלול שנתי
40,000 ₪ (6)	(5)	1,100 ₪ (5)	עלות תיקון ציוד בשקלול שנתי
493,688 ₪	541,615 ₪	681,769 ₪	סך הוצאות החשמל ותחזוקה לשנה
9,024,260 ₪	8,399,383 ₪	9,881,230 ₪	סך הוצאות חשמל, תחזוקה ועלות ההקמה למשך תקופת אורך חיי פנס הלד - 12 שנים
החזר השקעה:			
188,081 ₪	140,154 ₪	החיסכון מייחס לסך הוצאות התאורה הרגילה	סך החיסכון השנתי בחשמל ותחזוקה
1,400,000 ₪	200,000 ₪	התוספת הנדרשת ביחס לעלויות התאורה הרגילה	התוספת הכספית הנדרשת לציוד החיסכון
7.4 (11)	1.4	תאורה רגילה	זמן החזר השקעה - שנים
11.9 (8)	(7)	35.7 (7)	אורך חיי הציוד - שנים
2,256,970 ₪ (9)	(9)	מצב קיים	החיסכון המצטבר בחשמל ותחזוקה (9)
2,350,000 ₪ (10)	0.00 ₪	0.00 ₪	ההשקעה הנדרשת בתום 12 שנים

חישוב כלכלי להתקנת לדים - שדרוג מתקן קיים

התקנת פנסי LED	שדרוג תאורה נל"ג חיסכון אחוז החיסכון	תאורת נל"ג	סעיף ההוצאה
110	250.000	25%	250
1,000	1,000	1,000	הספק נורה - ואט כמות פנסים וציוד לפרוייקט
	0.45 ₪ 4,200		עלות חשמל לתאורת רחוב לקוט"ש סך שעות עבודה בשנה 4,200 שעי
חישוב עלויות הקמה			
2,500 ₪	180 ₪ (2)	1,100 ₪	עלות פנס ו/או ציוד חיסכון
2,500,000 ₪	180,000 ₪		עלות של סך הפנסים ו/או ציוד חיסכון
600,000 ₪ (13)	20,000 ₪ (12)	מצב קיים	עלות התקנת הפנסים והציוד
3,100,000 ₪	200,000 ₪	0 ₪	סך עלות ההקמה
חישוב עלויות החשמל ותחזוקה			
124	208	277	הספק צריכה כולל הפסדים חשמליים - ואט
234,927 ₪	393,002 ₪	524,003 ₪	סך עלות החשמל לשנה
133,333 ₪	133,333 ₪	133,333 ₪	עלות ניקוי פנסים בשקלול שנתי (1)
0.00 ₪	14,000 ₪ (4)	23,333 ₪ (3)	עלות הנורות בשקלול שנתי
40,000.00 ₪ (6)	1,280.00 ₪ (5)	1,100 ₪ (5)	עלות תיקון ציוד בשקלול שנתי
408,260 ₪	541,615 ₪	681,769 ₪	סך הוצאות החשמל ותחזוקה לשנה
7,999,124 ₪	6,699,383 ₪		סך הוצאות חשמל, תחזוקה ועלות ההקמה למשך תקופת אורך חיי פנס הלד - 12 שנים
273,509 ₪	140,154 ₪	החיסכון מיוחס לסך הוצאות התאורה הרגילה	החזר השקעה:
3,100,000 ₪	200,000 ₪	התוספת הנדרשת ביחס לעלויות התאורה הרגילה	סך החיסכון השנתי בחשמל ותחזוקה
11.3 (11)	1.4	תאורה רגילה	התוספת הכספית הנדרשת לציוד החיסכון
12 (8)	35.7 (7)	35.7 (7)	זמן החזר השקעה - שנים
3,282,106 (9)	1,681,848 (9)	מצב קיים	אורך חיי הציוד - שנים
2,350,000 (10)	0.00 ₪	0.00 ₪	החיסכון המצטבר בחשמל ותחזוקה (9)
			ההשקעה הנדרשת בתום 12 שנים

מתבצע אחת ל 3 שנים.	400 ₪	(1)
עלות מייצב מתח אינדיווידואלי	180 ₪	(2)
החלפה אחת ל 3 שנים, מתבצע ביחד עם ניקוי הפנס	70 ₪	(3)
החלפה אחת ל 5 שנים, מתבצע ביחד עם ניקוי הפנס	70 ₪	(4)
עלות שנתית ידועה לתיקון ציוד, מעלות הציוד	0.1%	(5)
עלות שנתית ידועה לתיקון ציוד, מעלות הציוד (בהתאם להצהרת יצרן לאורך חיים - 50,000 שעות לפי L80/F20)	1.6%	(6)
אורך חיים של הציוד		(7)

מדינת ישראל

משרד הבינוי

מינהל הנדסה וביצוע



אורך חיים של פנסי הלד וציוד ההפעלה לפי L80/F20. (כשל של 20% מכמות הפנסים לאורך החיים ודעיכת אור לעוצמה של 80% מהעוצמה ההתחלתית במשך חיי הפנס).	150,000	(8)
מתייחס לכל תקופת הפרוייקט – 12 שנים (שקול ל 50,000 שעות עבודה לפי 4,200 שעות תאורה לשנה)	50,000	(9)
שיקום מתקן התאורה לאחר 12 שנים הכולל את עלות הציוד או החלפת גופי התאורה בהנחה כי המחיר ירד ב- 30% + עבודות פירוק והתקנה של ציוד חדש (600 ₪)	12	(10)
המוצר לא מחזיר את ההשקעה - לא כולל הוצאות שיקום מתקן התאורה לאחר 12 שנים	30%	(11)
עלות התקנת הפנסים	****	(12)
תוספת עלות התקנת מייצב המתח	₪600	(13)
	₪20	