

צמצום זהום אורי- פיילוט מאגר אשכול מידת חוץ – תוצאות מדידה

1 רקע

במסגרת פרויקט משותף לחברת מקורות, החברה להגנת הטבע, רשות הטבע והגנים והמשרד להגנת הסביבה, בוצע פיילוט לשדרוג התאורה באתר אשכול במהלכו בוצעו מדידות תאורה לפני השדרוג ואחריו ב 3 אזורים: כביש סובב מאגר, כביש גישה למשרדי האתר ותאורת קיר סביב מבנה הבוצה.

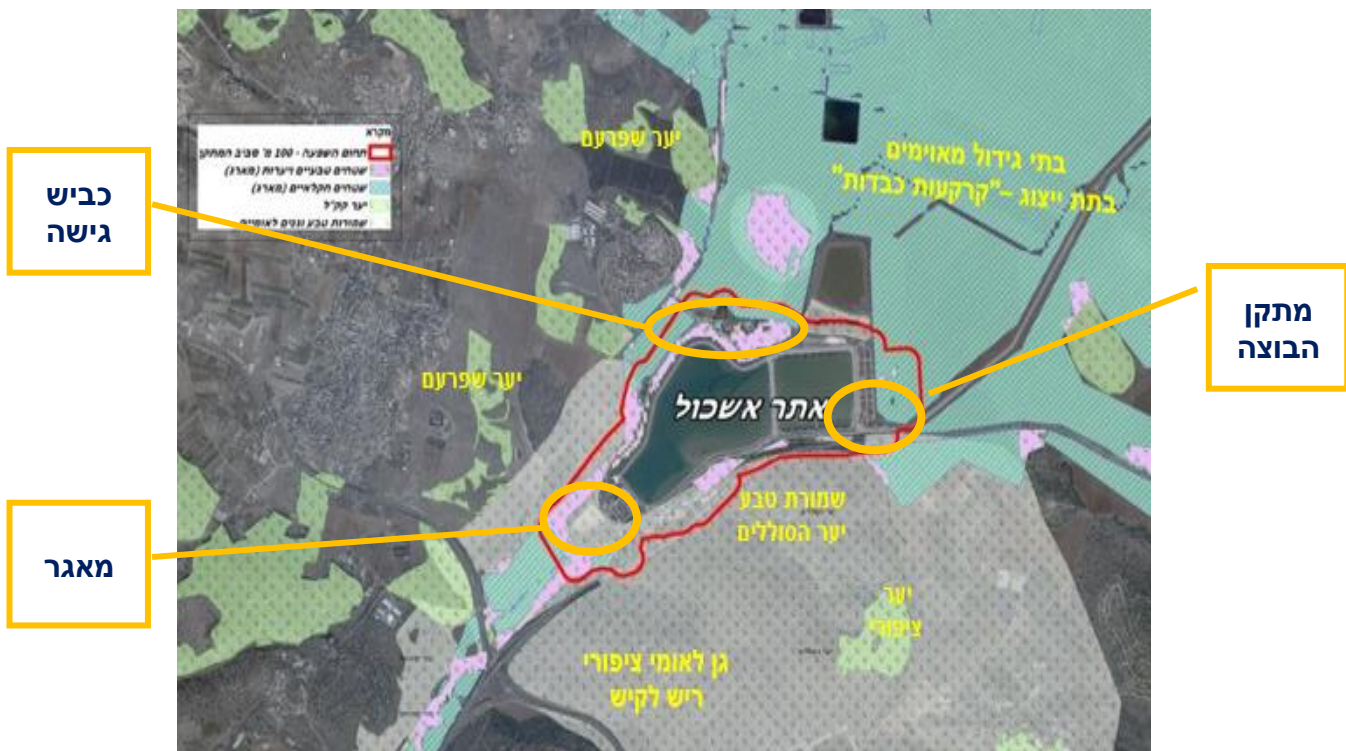
מטרות שדרוג התאורה:

- הערכת החיסכון הכלכלי וההתייעלות האנרגטית הנובעים מהתאמה ושדרוג התאורה.
- צמצום זיהום האור לסביבה: הערכת השטח הטבעי שהוחשך כתוצאה מהשדרוג
- בחינת ההתאמה של מאגר גופי התאורה אשר הוגדר במהלך הפרויקט לביצוע בפועל, ואפיון דגשים לתהליך מוצלח של שדרוג תאורה באתר תוך התייחסות לעבודה מול הקבלנים וההתקנה בשטח.
- איסוף המידע הנדרש לצורך בניית תכנית עבודה רב שנתית לשדרוג התאורה במתקני מקורות המאשרים להחלפה מבחינה בטיחותית וביטחונית, בהתאם למיפוי שנערך במהלך הפרויקט.

התהליך החל בשנת 2018 והסתיים בשנת 2020.

אתר אשכול

אתר אשכול מהווה אחד מהאתרים הגדולים של חברת מקורות, ומורכב מיחידות תפעוליות רבות. האתר נמצא במערב בקעת בית נטופה ומהווה דוגמה למתקן הגובל בשטחים שרגישותם האקולוגית גבוהה. מדרום לאתר נמצאת שמורת יער הסוללים המשמרת את שרידי יער אלוני התבור שכיסה את מערב הגליל התחתון. מצפון מצוי עמק אלוביאל (קרקע כבדה) הידוע כנדיר ברמה הארצית אשר חלקו טבעי ובחלקו מתקיים עיבוד חקלאי.



2 תוצאות הפיילוט:

כללי:

1. כלכלי

- חיסכון כלכלי בסך 41,000 ₪ בשנה.
- זמן החזר השקעה על ההון (ROI) – פחות משנתיים.

2. בטיחות/ תפעולי:

- שיפור פי 2 ברמת אחידות ההארה (מדד חשוב לשיפור בטיחות השימוש בכביש ויעילות התאורה)
- צמצום מספר גופי התאורה בחצי.

3. סביבתי:

- חיסכון אנרגטי של 86% בתצרוכת החשמל - הפחתת טביעת רגל פחמנית.
- הפסקת זיהום אור כלפי השמיים.
- החשכת כ-30 דונם של שטח פתוח שהיה מואר לפני השדרוג.
- שמירה על גוון אור חם, ידידותי לסביבה (פחות מ-3000k).

אתר	חיסכון אנרגטי	חיסכון כלכלי נטו* (₪)	עוצמת ההארה - לפני	עוצמת ההארה - אחרי	אחידות הארה - לפני	אחידות הארה - אחרי	גוון אור לאחר השדרוג
כביש גישה למשרדי האתר	85%	13,990	LUX 15 במרחק 50 מ'	LUX 0 במרחק 6 מ'	10-40 LUX	10-20 LUX	K 2700
כביש המאגר	86%	24,280	LUX 30 במרחק 36 מ'	0.1 LUX במרחק 6 מ'	15-30 LUX	10-15 LUX	K 2700
מתקן בוצה	86%	3,180	מאחר וגופי התאורה הותקנו במיקום שונה מהמתוכנן לא ניתן לכמת את התועלת הסביבתית באזור זה.				K 3000
סה"כ חיסכון	86%	41,450					

* חיסכון כלכלי נטו = שקלול של חיסכון תפעולי (אנרגטי) וחיסכון תחזוקתי.

פירוט התוצאות:

חיסכון כלכלי והתייעלות אנרגטית:

1. חיסכון תפעולי:

- תכנון תאורה מושכל התואם את נוהל תכנון התאורה אשר אושר במסמך המסכם הוביל לצמצום של כמחצית מגופי התאורה לאורך כביש המאגר, כלומר לחיסכון בצורך בגופי התאורה עצמם.
- החלפת גופי התאורה לאורך כביש הגישה למשרדי האתר, סביב מאגר המים המסוננים וע"ג מבנה הבוצה הפחיתה את תצרוכת החשמל ב 85%, 86%, 86% בהתאמה והשיגה חיסכון תפעולי כולל של 30,330 ₪ לשנה.

טבלה 1: חישוב חיסכון תפעולי (צריכת חשמל)

אתר	לפני השדרוג	אחרי השדרוג	חסכון KW שנתי	% חסכון לשנה	חסכון כלכלי לשנה (₪)
כביש גישה למשרדי האתר	28 גופים (287 וט כ"א) 8,050 וט סה"כ	28 גופים (43 וט כ"א) 1,024 וט סה"כ	30,122	85	10,330
כביש המאגר	48 גופים (287 וט כ"א) 13,800 וט סה"כ כולל משנקים	24 גופים (78 וט כ"א) 1,872 וט סה"כ	52,483	86	18,00
מתקן בוצה	9 גופים (150 וט כ"א) 1,553 וט סה"כ	9 גופים (25 וט כ"א) 225 וט סה"כ	5,841	86	2,000
סה"כ חסכון לשנה			82,606		30,330

*חושב לפי 4400 שעות עבודה שנתיות בעלות קילוואט משוקללת של 34.3 אגורות המבוססת על תעריף ביניים לשנת 2019 של מקורות (70% גבוה ו-30% נמוך).

2. עלות תחזוקה:

- ממצאי הפיילוט מראים כי עבור שלושת האזורים הנבחרים, עלות השדרוג (רכש גופי התאורה ועבודות הפירוק וההתקנה) הינה 62,010 ₪ לעשור [שכן לאחר התקנתם אין צורך בתחזוקה נוספת].
- אורך החיים של גופי תאורה מסוג LED עומד על 10 שנים בעוד שגופי תאורה מסוג נל"ג נדרשים להחלפה של נורות אחת לכ - 3.5 שנים כחלק מתחזוקה מונעת. עלות שנתית זו של תחזוקה מונעת הינה כ 11,120 ₪, זאת תוך בזבז אנרגטי וכלכלי המפורט בטבלה 1. התקנת גופי תאורת LED ממאגר גופי התאורה אשר נבנה במהלך הפרויקט יאפשר חיסכון תחזוקתי זה.

טבלה 2: השוואה כלכלית – חלופת שדרוג גופי התאורה לעומת עסקים כרגיל

אתר	חיסכון תפעולי לשנה-צריכת חשמל (₪)	חיסכון תפעולי לשנה-צריכת חשמל (%)	חיסכון תחזוקתי לשנה (₪)	חיסכון כלכלי נטו לשנה (₪)	הוצאות השדרוג- רכש והתקנה (₪)
כביש גישה	10,330	85	3,660	13,990	30,240
כביש המאגר	18,00	86	6,280	24,280	25,920
מתקן בוצה	2,000	86	1,180	3,180	7,920
סה"כ	30,330		11,120	41,450	64,080

3. משך החזר השקעה:

- משך החזר השקעה הכולל חיסכון תפעולי ותחזוקתי עבור שלושת האתרים הנבחרים הינו פחות משנתיים.

טבלה 3: משך החזר ההשקעה בחלוקה לאתרים:

אתר	משך החזר השקעה תוך שקלול חיסכון תפעולי בלבד (שנים)	משך החזר השקעה תוך שקלול חיסכון תפעולי ותחזוקתי (שנים)
כביש גישה	2.9	2.6
כביש המאגר*	1.4	1.1
מתקן בוצה	4.0	3.4
סה"כ	2.1	1.7

* בכביש המאגר צומצמה לחצי כמות גופי התאורה כתוצאה מתכנון מושכל.

צמצום זיהום האור הסביבתי:

1. מדידות התאורה הראו כי ההפרעה הסביבתית ירדה בצורה משמעותית לאחר שדרוג התאורה הן בסביבת המאגר והן בכביש הגישה למשרדי החברה. נמצא כי כ- 30 דונם של שטח פתוח סובל מזיהום אור משמעותי – הפך להיות שטח ללא זיהום אור. כמו כן, צומצמה מאוד זליגת האור לכיוון האופק, ולכן נוטרלה תרומת אזורים אלו במתקן לזהירות רקיע וזיהום אור אסטרונומי. תאורת מתקן הבוצה הותקנה במיקום שונה מהמתוכנן כתוצאה מחוסר תיאום בין אנשי המקצוע הרלוונטיים באתר, לפיכך לא ניתן לכמת את התועלת הסביבתית באזור זה. לפירוט החישוב, ראו טבלה 4.

טבלה 4: צמצום ההפרעה הסביבתית

אתר	אורך הכביש לאורכו שודרגה התאורה (מ')	עומק השטח המואר (מ')		סה"כ שטח ללא זיהום אור כתוצאה משדרוג תאורה	
		לפני שדרוג	לאחר שדרוג	מ'	דונם
כביש גישה	160	100	6	15,040	כ- 15
כביש המאגר	340	50	6	14,960	כ- 15

2. מדידות האור מראות שההפרעה לסביבה ירדה לרמות מתאימות.

אתר	עוצמת הארה לפני		עוצמת הארה אחרי		אחידות ^B		בהיקות ^C	
	עוצמה	מרחק	עוצמה	מרחק	לפני שדרוג	לאחר שדרוג	לפני שדרוג	לאחר שדרוג
כביש המאגר	LUX 30	35 מ' ^A	LUX 0.1	6 מ'	LUX 30-15	LUX 15-10	1.9-0.7 קד"מ ²	1-0.7 קד"מ ²
כביש גישה	LUX 15	50 מ'	LUX 0	6 מ'	LUX 40-10	LUX 20-10	4.5-0.8 קד"מ ²	1.1-0.7 קד"מ ²

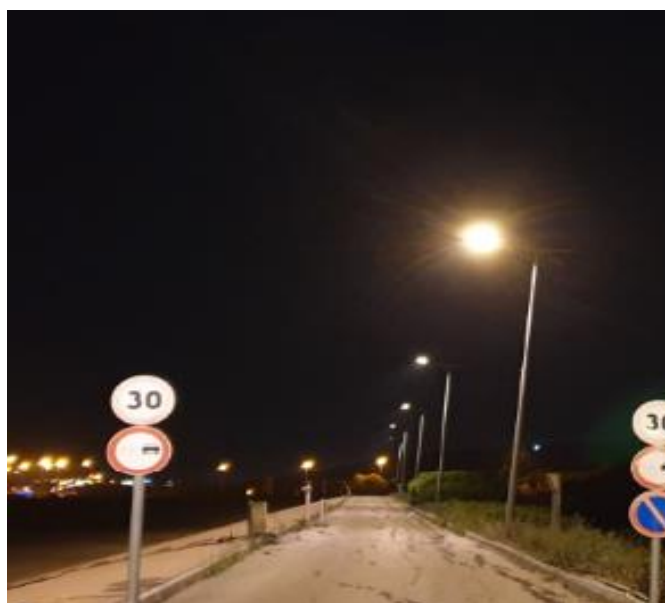
- A. יש לציין כי גדר המתקן הממוקמת במרחק של כ- 100 מ' מכביש המאגר הייתה מוארת אך בשל מיקום התעלה, לא ניתן היה להגיע ולבצע מדידות תאורה באזור זה.
- B. שיפור אחידות התאורה באה לידי ביטוי בצמצום הפער המשמעותי בין עוצמת ההארה המקסימלית למינימלית לאורך הכביש.
- C. שיפור רמת הבהיקות באה לידי ביטוי בצמצום הפער המשמעותי לאורך הכביש.

כביש סובב מאגר:



לפני שדרוג התאורה:

התעלה ההיקפית סביב המאגר
ממוקמת במרחק של 35 מ' מכביש,
המוארט בעוצמה של 30 לוקס.



לאחר שדרוג התאורה:

החץ מסמן קו הפרדה ברור במרחק של 6
מ' מהכביש בו נמדדה עוצמת הארה של
0.1 לוקס, (במרחק 14 מ' עוצמת ההארה
הינה 0 לוקס).



כביש גישה למשרדי האתר:

לפני שדרוג התאורה:

נמדדה עוצמת הארה של 40 לוקס
לאורך הצמחייה בצמוד לכביש



לפני שדרוג התאורה:

נמדדה עוצמת ההארה של 15 לוקס
לאורך הגדר ההיקפית במרחק של
50 מ' מהכביש.



לאחר שדרוג התאורה:

החץ מצביע על קו הפרדה ברור
במרחק של 6 מ' מהכביש בו עוצמת
האור שנמדדה הינה 0 לוקס.



מתקן הבוצה:

- הוחלפו 9 גופי תאורה קיריים על המבנה המספקים הארה אנכית ברמה גבוהה בהתאם לדרישות הקב"ט.
- מאחר וגופי התאורה הותקנו במיקום שונה מהמתוכנן לא ניתן לכמת את התועלת הסביבתית באזור זה.



שינוי בספקטרום האור:

- תהליך שדרוג התאורה היה כרוך בשינוי הטכנולוגיה לתאורת LED.
- הוקפד על תאורה בגוון ממוצע חם של 2700 קלווין בכביש הגישה למשרדי החברה וסביב המאגר.
- במהלך מדידות התאורה במתקן הבוצה נמצא כי גוון האור גבוה מהמתוכנן ועומד על 3000 קלווין, זאת בניגוד להגדרת המפרט הטכני אשר הועבר לספק. מאחר ולא בוצעה בדיקה של הגופים עם קבלתם וטרם התקנם, גופים אלו הותקנו בשטח.

3 לקחים מרכזיים מומלצים ליישום:

1. קידום הפחתה נוספת של עוצמות ההארה:

על פי תוצאות הפיילוט ובהתאם לשיחות עם שותפי הפיילוט מטעם אתר אשכול¹ הוסכם כי ניתן לקדם הפחתה נוספת של עוצמות ההארה בסוגי השימושים הבאים במתקני מקורות: כבישי גישה, כבישי המאגר, שבילים ומבנים. אי לכך, יש לעדכן את נוהל תכנון התאורה כי עוצמות ההארה תהינה בין גבולות המינימום הנדרש בהתאם למפורט בתקן ת"י 13201 ו/או ת"י 12464-2 לבין המקסימום מבחינת איכות הסביבה אשר לא יעלה על תוספת של 20% מערך המינימום הנדרש. הפחתה זו תאפשר הגדלה נוספת של החיסכון האנרגטי והכלכלי וצמצום נוסף בזיהום האור. כל זאת תוך שמירה על הדרישות הבטיחותיות והביטחוניות הנדרשות.

¹ מהנדס אלקטרוניקה ותקשורת באתר אשכול, מנהל מתקן הסינון באתר אשכול ומנהל מחלקת החשמל של יחידת מובילים.

2. גופים קיריים:



- ככלל מומלץ להשתמש בגופים מדגם AGC Hipack Wall בעלי פיזור אור מצומצם יותר בהם זליגת האור פחותה. מדובר בדגם הכלול במאגר הגופים אשר פותח במהלך הפרויקט. עוצמות ההארה ייקבעו בהתאם לסעיפים 5.1.2 ו 5.1.3 בטבלה המופיעה באיור 1, תלוי בחישוב הפוטומטרי.



- במידה ומבחינה ביטחונית נדרשת הארה סביבתית גבוהה יותר, ניתן להשתמש בגופים מדגם THORM PIAZZA, כדוגמת הגוף שהותקן במסגרת הפיילוט. עוצמות ההארה ייקבעו בהתאם לסעיפים 5.1.3 ו 5.1.4 בטבלה המופיעה באיור 1, תלוי בחישוב הפוטומטרי.

איור 1: עוצמות ההארה ע"פ תקן 12464-2

5.4 Lighting requirements for areas, tasks and activities

Table 5.1 — General requirements for areas and for cleaning at outdoor work places

Ref. no.	Type of area, task or activity	$\bar{E}_m$ lx	U_o —	R_{GL} —	R_a —	Specific requirements
5.1.1	Walkways exclusively for pedestrians	5	0,25	50	20	
5.1.2	Traffic areas for slowly moving vehicles (max. 10 km/h), e.g. bicycles, trucks and excavators	10	0,40	50	20	
5.1.3	Regular vehicle traffic (max. 40 km/h)	20	0,40	45	20	At shipyards and in docks, R_{GL} may be 50
5.1.4	Pedestrian passages, vehicle turning, loading and unloading points	50	0,40	50	20	
5.1.5	Cleaning and servicing	50	0,25	50	20	All relevant surfaces

3. שימוש בגוון אור "חם" יותר:

- מאחר וקיימת סטייה של גוון האור בגופי ה LED, מומלץ להשתמש בגוון אור של 2500 קלווין / 2200 קלווין.
- בהתאם לשיחות עם שותפי הפיילוט מטעם אתר אשכול¹ הובן כי אין מניעה משימוש בגוון אור זה.
- תחום תאורה ה LED התפתח רבות במהלך השנתיים האחרונות בהן נערך הפרויקט. בדיקת עלויות שבוצעה מול יצרני תאורה לאחר שדרוג התאורה באתר אשכול מצאה כי עלות גופי התאורה בעלי גוון "חם" של K2500-2200 ירדה משמעותית ועומדת כיום על תוספת של כ 150 ₪ לגוף בלבד. לפיכך מומלץ לאשר שימוש בגוון זה ולעדכן את מאגר הגופים בהתאם.

4. ביצוע פעולות בקרה לאורך שלבי שדרוג התאורה:

- לאחר תכנון התאורה וטרם שליחת המפרט הטכני לספק, על מהנדס החשמל לוודא כי המפרט עומד בדרישות הסביבתיות בהתאם לטבלה מטה:

מס'	דרישה	כן / לא
1.	סוג גוף התאורה לקוח ממאגר הגופים המאושרים של מקורות	
2.	עוצמת ההארה אינן עולות על 20% מהמינימום הנדרש בהתאם לת"י 13201 ו/או ת"י 12464-2	
3.	גוון האור שווה או נמוך ל 2700 קלווין	

- עם קבלת הגופים בשטח **וטרם התקנתם**, על מהנדס החשמל לבצע בדיקה כי הגופים תואמים את ההזמנה בהתאם לטבלה מטה. במידה ונמצא פער בין התכנון לביצוע, יש להיוועץ עם מתכנן התאורה **טרם** ההתקנה.

מס'	דרישה	תשובה
1.	שם ספק גוף התאורה	
2.	שם יצרן גוף התאורה	
3.	דגם גוף התאורה	
4.	שם יצרן הLED	
5.	שם יצרן הדרייבר	
6.	פרטי איש קשר של הספק	
7.	מפרט טכני של גוף התאורה (מיצרן)	
8.	שטף האור הנפלט מגוף התאורה (לומן)	
9.	ת"י 20	
10.	קבוצת סיכון עלפי ת.ב. ת"י/IEC 62471, RG	
11.	IP	
12.	ספקטרום האור	
13.	CRI	
14.	טמפרטורת צבע	
15.	דרגת הגנה מפני הلم חשמלי – בידוד כפול או הארקה	
16.	התקן הגנה מנחשולי מתח בסיווג של 10KV/10KA (פירוט בתעודת התאמה לת"י 20)	
17.	הוראות התקנה ותחזוקה	
18.	כבל, שקע תקע מוגן מים ו-IP66 לפחות – בדיקה אופציונאלי	
19.	מערכת ריסון והגבלת זרם ההנעה והגנה מפני עליות מתח מתמשכות אופציונאלי	

- יש לבצע תיאום וסיור בשטח בין מהנדס החשמל לבין הקבלן על מנת לוודא כי ההתקנה תבוצע במקום המתוכנן.
- לאחר סיום התקנת גופי תאורה מומלץ לבצע בדיקה של ההארה המתקבלת. בדיקה זו מומלץ לבצע ע"י גורם בלתי תלוי.