

שדרוג תאורה להתייעלות אנרגטית ומניעת זיהום אור סביבתי

סיכום פיילוט "אלרואי", המלצות ודגשים לתהליך

נובמבר 2018

עוז עירן, רפי רגב – תש"ן, גלעד (גילי) גוזני – אור מכון, ד"ר אינה ניסנבוים - אי בי אן מעבדות בע"מ,
אלון רוטשילד – החברה להגנת הטבע.

במסגרת פרויקט משותף לחברת תש"ן, החברה להגנת הטבע והמשרד להגנת הסביבה, ליוותה קבוצת "אור מכון" את שדרוג התאורה במתקן אלרואי, משלב התכנון, דרך המכרז ועד לשלב בקרת הביצוע, שהחלו בשנת 2016 והסתיימו בראשית 2018.

במהלך התהליך בוצעו מדידות אור (לפני השדרוג ואחרי), ובוצעה הערכת תהליך ע"י ד"ר אינה ניסנבוים (אי בי אן מעבדות בע"מ).

על בסיס תהליך זה ניסינו לאפיין את הדגשים לתהליך מוצלח של שדרוג תאורה באתר.

יצוין כי חברת תש"ן ממשיכה בשדרוג התאורה במתקניה, ומתעתדת לסיים את הטיפול בכל מתקניה, לצרכי התייעלות אנרגטית והפחתת זיהום אור סביבתי, עד תום שנת 2020.

מתקן אלרואי

המתקן גובל בשטחים פתוחים ובשכונות מגורים, ולכן מהווה מוקד חשוב להפחתת זיהום אור סביבתי, ולשדרוג התאורה באופן שיתחום את אזור ההשפעה של המתקן לשטח הדרוש בלבד, תוך עמידה בסטנדרטים התפעוליים, הבטיחותיים והאבטחתיים הנדרשים.



תוצאות הפרויקט

חיסכון כלכלי והתייעלות אנרגטית

1) החלפת גופי התאורה הפחיתה פי 6.4 את תצרוכת החשמל של המתקן (חיסכון של כ-80%) והשיגה חיסכון תפעולי של כ 52,000 ₪ בשנה.

* **חושב לפי 4200 שעות עבודה שנתיות בעלות קילוואט משוקללת של 55 אגורות.**

2) ההחלפה השיגה חיסכון תחזוקתי של כ 10,000 ₪ בשנה.

* **חושב לפי אורך חיי נורה של 3.5 שנות חיים במוצע.**

צמצום זיהום אור סביבתי

3) ההפרעה לסביבה ירדה לפחות מ-10% מההפרעה המקורית.

לפחות 135 דונם של שטח פתוח שסבל מזיהום אור משמעותי – הפך להיות שטח ללא זיהום אור. צומצמה מאוד זליגת האור לכיוון האופק, ולכן נוטרלה תרומת המתקן לזהירת רקיע וזיהום אור אסטרונומי.

* **על פי הדמיה ממוחשבת.**

4) מדידות אור מראות שההפרעה לסביבה ירדה לרמות ראויות.

- בכביש הגישה שופרה אחידות התאורה, תוך ירידה מעוצמת הארה של 170 לוקס לפני השדרוג ל-25 לוקס אחרי השדרוג.

- זליגת תאורה לתוך שטח היער צומצמה בצורה משמעותית: מעוצמת אור של כ-7 לוקס במרחק 40 מ' מגדר המתקן, לפני השדרוג – לעוצמת הארה של 4 מילי-לוקס אחרי השדרוג, כלומר צמצום תאורה של 3 סדרי גודל! עוצמת האור ירדה אל מתחת ל-0.1 לוקס כבר בתחילת השטח הפתוח, מעבר לדרך ההיקפית.

5) שינוי בספקטרום האור:

תהליך שדרוג האור היה כרוך בשינוי הטכנולוגיה לתאורת LED. הוקפד על תאורה בגוון ממוצע "חם" (פחות מ-3000 קלווין), ולכן רכיב האור הכחול בתאורה לא עלה על 55% מהאור. יצוין כי ניתן היה להגיע לרכיב כחול נמוך יותר, ובהתאם לתוצאה סביבתית משופרת אף יותר.

לקחים מרכזיים

ניתן להצביע על מספר מפתחות משמעותיים להצלחת תהליך שדרוג תאורה

א. **ליווי של אנשי מקצוע** משלב התכנון, דרך כתיבת המפרט הטכני, עריכת סימולציות, המכרז, בדיקת הגופים והתקנתם בשטח. אנשי המקצוע הרלוונטיים הם מהנדס תאורה/יועץ תאורה ומהנדס חשמל.

ב. **תכנון מושכל וניתוח צרכים:**

יש צורך להגדיר לכל תא שטח את צרכי ההארה שלו (עוצמה, אחידות, גוון, מועדי הארה וכד'), בתיאום עם הגורם האחראי בחברה (קב"ט, אחראי תפעול, קצין בטיחות וכד'). מאידך, חשוב להגדיר את האזורים והמועדים שאין בהם צורך בהארה, ויש להשאיר אותם חשוכים, ככל הניתן ללא זליגה לא רצויה של אור.

ג. הטמעה במכרז של **רשימה מוגדרת וסגורה של גופי תאורה** אפשריים לכל מרחב באתר. הגדרת דרישות טכניות תוצאתיות (למשל עוצמת אור, ספקטרום אור, זווית הארה וכד') צריכה להיות הבסיס למכרז. לא נכון להשאיר לקבלנים לתרגם את התוצאות הטכניות הרצויות לגופי תאורה מוצעים, אלא נכון יותר להגדיר במכרז איזה גופי תאורה ספציפיים מבוקשים (כרשימה סגורה של מספר דגמים ואפציונליים, שווי ערך, לכל תא שטח/ שימוש במתקן).

ד. **בקרת ביצוע צמודה**, לרבות בדיקה מקדימה של גופי התאורה לפני התקנה, בדיקת כיוונון גופי התאורה לאחר ההתקנה, מדידות אור לפני ואחרי ההתקנה.

סיכום והמלצות מפורטות לתהליך שדרוג תאורה נכון במתקן

מובא כאן לסיכום התהליך במלואו, כפי שמקובל לבצעו במסגרת תכנון תאורה מקצועי:

נושא	תכולה נדרשת
עבודה עם אנשי מקצוע	<p>יש לעבוד עם אנשי מקצוע בעלי רישיון חשמלאי מתאים המתמחים בתכנון תאורה כדוגמת הנדרש בעבודה מסוג זה, לרבות בחינת הסכימות החשמליות, הכרות עם תהליכי בדיקה של גופי תאורה ומתקני תאורה וכו'.</p> <p>באחריות יועץ התאורה: הגדרת רשימה סגורה של מספר גופי תאורה אפשריים לכל תא שטח באתר, על בסיס סימולציה לכל אחד מהאזורים.</p> <p>באחריות מהנדס החשמל: כתב כמויות הכולל, בין השאר, עמודים, הארקות, כבלים, בקרה וכו'.</p> <p>ניתן להסתייע באנשי מקצוע מתאימים מתוך החברה או מחוץ לחברה.</p> <p>אם אין בתוך החברה אנשי מקצוע מתאימים, רצוי לבצע התקשרות מסודרת עם אנשי מקצוע מתאימים כיועצים מלווים לתהליך כולו, או לוודא שזמינותם קיימת (לדוג', קבוצת אור מכון מספקת ליווי לתהליכים כאלה בהתנדבות).</p>
הגדרת מטרות לתהליך ותיאום ציפיות פנים ארגוני	<ul style="list-style-type: none"> • חשוב להגדיר מטרות ברורות לתהליך, הן בפן התפעולי/ בטיחותי/ אבטחתי, הן בפן הכלכלי, והן בפן הסביבתי (למשל מניעת זיהום אור לשטחים מסוימים ולשמי הלילה, מניעת השפעות בריאותיות שליליות וכו'). • רצוי לשתף בראשית התהליך את בעלי העניין השונים בתוך החברה, ולעיתים אף בעלי עניין חיצוניים (גופים סביבתיים, רשות מקומית וכו').
תהליך השדרוג	<ul style="list-style-type: none"> • מיפוי המתקן הקיים, לרבות חשמלית וקונסטרוקטיבית, לבחון בצורה מלאה את המערכת הקיימת, לרבות קונסטרוקציה העמודים, סכימות חשמליות קיימות וכו'. • מומלץ לבצע מדידות תאורה במצב הקיים. • לקבוע ערכי עוצמות ההארה הנדרשים, לרבות ערכי מכסימום המותרים וערכי התאורה האנכית, שטחים המיועדים להשאר חשוכים (למשל שטחים פתוחים/ בנויים מחוץ למתקן, שטחים פתוחים בתוך המתקן, וכו'). • תכנון תאורה מבוסס חישובים פוטומטריים מלאים, תוך התייחסות למעגלי הדלקה חשמליים • בחינה טכנו כלכלית של החלופות • כתיבת המפרט בהתאם למודל הנבחר • כתב כמויות המכיל מספר גופי תאורה אפשריים לכל שימוש/ תא שטח • פרסום מכרז • בדיקת ההצעות ובחירת הצעה זוכה • בדיקה פיזית של גופי התאורה לפני ההתקנה • ביצוע התקנת ניסיון לפני התחלת העבודה ותיאום מול כל הגורמים המעורבים • בדיקת הציוד המסופק באתר • בדיקת ביצועי מתקן התאורה לאחר ההתקנה- בדיקת עוצמות ההארה והתאמתן לתקנים ולפרוגרמה • בחינת תכניות As Made

נושא	תכולה נדרשת
	<p>• תיאום התוצרים מול גורמים פנימיים בחברה (למשל קב"ט)</p> <p>המפרט הטכני</p> <p>מפרט טכני מלא שייבנה בשיתוף עם יועץ תאורה/חשמל המתמחה בכך. הדרישות יכללו התייחסות לפרמטרים טכניים, איכותיים וסביבתיים.</p> <p>פרמטרים לאפיון גופי תאורה</p> <p>1. פרמטרים מנהליים של ספקי הציוד:</p> <ul style="list-style-type: none"> • איכות וניסיון היצרן • איכות וניסיון הספק בארץ • ניסיון עם המוצר בארץ ובעולם • המשכיות הייצור ועוד • בחינת תנאי האחריות. <p>2. פרמטרים טכניים של הציוד:</p> <p>התאמת גופי התאורה לכל דרישות התקנים (לדוגמא, כמפורט במפרט משרד הבינוי, פרק מתקני חשמל 08), בהקפדה על מניעת זהום אורי, כיוון התאורה, גוון האור וספקטרום האור. מומלץ להתייחס לבטיחות החשמלית, מכנית ופוטו-ביולוגית, התאמה לתנאים קורוזיביים ו/או טמפרטורת הסביבה, תאימות אלקטרומגנטית, אורך חיים ושרידות ועוד.</p> <p>3. פרמטרים כלכליים:</p> <p>התאמה לקריטריונים כלכליים המאפשרים זמן החזר השקעה סביר בהשוואה אל אורך חיי המוצר ותשואה כלכלית נאותה.</p> <p>4. פרמטרים סביבתיים</p> <ul style="list-style-type: none"> • שימוש בגופי תאורה מסוג Full cut off (G5 ו G6, עלפי הסיווג האירופי) בהם הקרינה לא מאירה מעל האופק ולא מאירה לכיוון האופק, כמוגדר ב EN13201-2. • גוון האור של גופי התאורה: • ייעוץ שימוש במקורות אור בעלי גוון אור חם, כאשר טמפרטורת צבע האור תהיה $2700 \pm 10\%$. • באזורים בעלי רגישות אקולוגית מיוחדת, תישקל אפשרות לשימוש במקורות אור בהם טמפרטורת צבע האור תהיה $2200 \pm 10\%$. <p>5. התוצר של המפרט הטכני – רשימת גופי תאורה אפשריים לכל תא שטח/ שימוש באתר</p>
<p>בחינת ההצעות</p>	<ul style="list-style-type: none"> • בעת בחירת הגופים יושם דגש על איכות הגופים, התאמת הבחירה לתכנון ולמסגרת התקציבית הרצויה. • בבדיקת קבלה יוודאו את התאמת הרכיבים בגופים המסופקים לדרישות. • לבחון חלופות ש"ע ואיכות שעומדות בכל דרישות המפרט, בצורה מלאה, מבוסס על אומדנים של כל החלופות הרכיבים בתעודות בדיקה של ת"י 20.
<p>בחינה באתר</p>	<p>יש לבחון את גופי התאורה בהספקה לאתר- הן מבחינת התאמה לדרישות המפרט ולאישור הגוף שסופק לדוגמא, הן להתאמה למפורט בתעודות בדיקה.</p>
<p>בחינה טכנו כלכלית של הפרויקט</p>	<p>לרבות בחינה של החיסכון האנרגטי לעומת זמן החזר השקעה:</p> <p>לבצע בחינה מלאה בהתחשב בפרמטרים הידועים מראש, כגון מחיר ההחלפה, ההתקנה והתחזוקה</p>

תכולה נדרשת	נושא
<p>הקפדה על:</p> <p>פיזור אור:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ייעשה שימוש בגופי תאורה מסוג Full cut off (G5 ו G6 , עלפי הסיווג האירופי) בהם הקרינה לא תפלט מעל קו האופק, כמוגדר ב EN13201-2 . • גופי התאורה יותקנו בזוויות הטיה $TILT=0$ כבררת מחדל, מותרת סטייה $\pm 5^\circ$ בלבד בתנאי העדר פליטת האור כלפי מעלה במצב זה. <p>גוון האור וספקטרום האור</p> <p>ייעשה שימוש במקורות אור בעלי גוון אור חם, כאשר טמפרטורת צבע האור תהיה $2700 \pm 10\%$ K.</p> <p>באזורים בעלי רגישות אקולוגית מיוחדת, תישקל אפשרות לשימוש במקורות אור בהם טמפרטורת צבע האור תהיה $2200 \pm 10\%$ K.</p>	<p>מניעת זהום אורי וצמצום נזקים לסביבה והשטח הפתוח</p>