

קוד אקולוגי - תאורה ידידותית לסביבה

מדריך למתכנן
שמירה על חשכת
הלילה בשטחים
הפתוחים

מניעת ומזעור זיהום אור בתכנון תשתיות

יוני 2022

גופים שותפים למדריך: המשרד להגנת הסביבה, החברה להגנת הטבע, רשות הטבע והגנים.

כתיבה ועריכה: אדר' דניאלה וטין - תחום תכנון סביבה, חברת אביב AMCG | חן חפץ - תחום תכנון סביבה, חברת אביב AMCG | ד"ר אינה ניסנבאום - יועצת תאורה לפרויקט | נספח 1 - פרק הערכת רגישות אקולוגית מרחבית לזיהום אור -ליהי ברקן, החברה להגנת הטבע | נספח 4 - השפעת גוון האור על עולם החי והצומח - ד"ר רז תמיר.

איורים: אילנה בן-דוד - אביב AMCG

צילום תמונת השער: גילי גוזני

עיצוב: מיטל מנחם, WE AMOR

חברי הצוות המקצועי: המשרד להגנת הסביבה : ד"ר אנה טרכטנברוט - ראש תחום מגוון ביולוגי, פרופ' סטיליאן גלברג - ראש אגף מניעת רעש וקרינה, יהונתן אלעזר - ראש תחום רישוי בניה וועדות מקומית. החברה להגנת הטבע : אלון רוטשילד - מנהל תחום המגוון הביולוגי, ליהי ברקן - רכזת עסקים ומגוון ביולוגי, דרור בוימל - תחום תכנון אגף שימור סביבה וטבע. רשות הטבע והגנים: ד"ר נעם לידר - מנהל אגף אקולוגיה, שירה בנארי - אגף תשתיות ונוף.

נבקש להודות גם לכל שאר המשתתפים שתרמו מזמנם בועדת העבודה, ישיבות עבודה, במפגשי היועצות ובהתייחסות לחומרים. תודה מיוחדת לדותן רותם, ניר אנגרט והלל זוסמן מרט"ג, אסף זנזורי מהחברה להגנת הטבע, גילי גוזני מקבוצת אור מכוון, איילה גלדמן, נעמה מגורי - כהן ואורן עגמי מהמשרד להגנת הסביבה, עדי סילברמן, ראש תחום תחבורה יבשתית במינהל התכנון, נילי מלכה, ליאת רודד ועומר כהנא מחברת אביב AMCG.

יוני 2022

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור
- עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

”

מרשרש אילן ברוח,
מרחוק נושר כוכב,
משאלות ליבי בחושך
נרשמות עכשיו.
אנא, שמור לי
על כל אלה..”

נעמי שמר

עיקרי הדברים



עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

עיקרי הדברים

וכוכבים הם ערך נופי ותרבותי אשר אנו הולכים ומאבדים במהירות במדינתנו הצפופה.

המדריך מתמקד בהארת תשתיות ומתקנים הנדסיים בסמוך לשטחים הפתוחים. תשתיות אלו כוללות מתקנים לאספקת מים, מתקנים לטיהור שפכים, תחנות משנה ברשת החשמל, מתקני אנרגיה כגון מתקני הולכה, חוות מיכלי דלק, מתקני הפחתת לחץ לגז, תחנות כוח, מתקני אנרגיה מתחדשת כגון מתקנים פוטו-וולטאים, מתקני אגירה, ותשתיות אורכיות כגון דרכים ומסילות וצירים תחבורתיים אחרים. מניעת זיהום האור מובאת כשיקול תכנוני בעת הדיון על אישור תכנית למתקן מואר בשטח רגיש אקולוגי, בהתאם לכך מובאים קריטריונים לבחינת רגישות המרחב לתאורה לילית וכלים למזעור ההשפעה. על אף התמקדות המדריך בתשתיות, ניתן להסיק מעקרונות המדריך לגבי כל סוג פיתוח המתוכנן להיות מואר בסמוך לשטחים הפתוחים, בכפוף להתאמות הרלוונטיות.

תאורה מלאכותית יכולה לספק בטיחות, נוחות, פרודוקטיביות ותחושת ביטחון לאדם - בשעות בהן אין אור טבעי. לפעמים הארה זו היא כורח המציאות, אך פעמים רבות היא מיותרת או מוגזמת. בכדי להגן על הסביבה הלילית, פרקי המדריך מנחים כיצד לשפוט האם התקנת תאורה חיצונית מוצדקת ותקפה. נוסף על כך, הם מציגים התפתחות טכנולוגית של מערכות אבטחה וניהול הארה המאפשרות מגוון פתרונות דלות הארה, בעלות השפעה מינימלית על הסביבה.

המדריך מנחה שכאשר נדרשת תאורת חוץ לילית להבטחת הביטחון, הבטיחות והתפעול - ניתן לעצבה בחוכמה - כך שהאור יגיע **רק למקום שהוא נדרש, בגוון הנדרש, בעוצמה הנדרשת ובשעות הנדרשות, וכך למזער בזבוז אנרגטי, פגיעה סביבתית ופגיעה נופית**. המדריך מפרט כיצד תהליך תכנוני מיטבי של תשתיות יכול לסייע במזעור ההשפעות הסביבתיות של הארה לילית, ואף במניעתן לחלוטין. מדריך זה מבוסס על מיטב הידע הקיים והתקינה בזמן פרסומו. עם זאת, יש להתעדכן בחקיקה ובתקינה לנושאי התאורה העדכנית למועד השימוש וכן להשתמש בשיקול דעת ביישום ההמלצות.

תופעת "זיהום אור" היא מכלול ההשפעות השליליות של תאורת חוץ מלאכותית בשעות החשיכה. אלו כוללות הארה במקום, בזמן, בגוון ובעוצמה שאינם נדרשים, ובכך פגיעה אקולוגית בעקבות הפרעה לדפוסי התאורה הטבעיים, בזבוז אנרגטי, פגיעה בריאותית ופגיעה ביכולת לצפות בשמי הלילה החשוכים. מדריך זה מתרכז בהשפעות של הארה מלאכותית על מערכות אקולוגיות הרגישות לשינויים בדפוסי האור הטבעיים.

מאז החלו החיים על פני כדור הארץ, המחזוריות היממתית, הירחית והעונתית של התאורה הטבעית היא אחת מהאותות החשובים המניעים תופעות ביולוגיות מהרמה המולקולרית ועד רמת המערכת האקולוגית. כך למשל מחזוריות התאורה משפיעה על תפקוד תקין של מערכות מטבוליות ופיזיולוגיות, התנהגות פרטים והסתגלויות, פיזור גאוגרפי ומגוון המינים. בהתאם לכך קבעה ועדת המומחים של האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה ב-2017 כי: "יש להכיר בזיהום אור כמפגע סביבתי המחייב נקיטת צעדי אסדרה למזעורו"⁽¹⁾.

מטרתו העיקרית של מדריך זה היא לתרום לצמצום זיהום האור בשטחים הפתוחים, זאת באמצעות הנגשת כלים פרקטיים עבור מתכננים ומקבלי ההחלטות כיצד לצמצם בהארה ולתכנן תאורת חוץ אשר אינה מזיקה לסביבה. המדריך יתרום ליישום ולהטמעה במשרדי הממשלה, במערכת התכנון ובגופי התשתית, לאיחוד ולעדכון ההנחיות הקיימות ובעיקר לפישוט והנגשת התחום הנדסי של תאורת החוץ והשפעותיו, לעולם האדריכלים, מתכנני הערים, יועצי הסביבה והאקולוגים.

בבסיס המדריך עומד הערך של שמירה על חשכת הלילה כדיסציפלינה סביבתית - אקולוגית, באופן דומה לשמירה על איכות המים, האוויר הקרקע וכיו"ב. בני האדם מותאמים לפעול בשעות היום, אך יש לנו כלים "להפוך" את הלילה ליום - ולהאיר באור מלאכותי בכל מקום ובכל זמן. את הכוח הזה יש לנצל בתבונה, בזהירות ובהתחשבות לאור השפעותיו על עולם החי והצומח. לתאורת חוץ עודפת ישנם גם השלכות כלכליות וסביבתיות בצריכת אנרגיה מיותרת. כמו כן, האור המיותר הנפלט לכיוון הרקיע פוגע באפשרות לצפייה בשמים חשוכים, זרועי כוכבים. שמי לילה

1. www.isees.org.il/committee/light-pollution - זיהום אור וצמצומו - רקע מדעי, תמונת מצב ודרכי פעולה אפשריות, סיכום תובנות של ועדת מומחים - 2017, האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה בשיתוף צוות מומחים ובעלי עניין רחב.

רקע זיהום אור כאתגר סביבתי

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

1. תאורה מלאכותית בלילה והמערכות האקולוגיות

• צבי ים מקננים לאורך חופים חוליים. תאורה לאורך החוף עלולה למנוע מנקבות צבי ים לעלות אל החוף ולהטיל את ביציהן. תאורה מלאכותית היא קטלנית במיוחד עבור צבי ים צעירים הבוקעים מהביצים ועוזבים את הקינים, לרוב בלילה, ומנווטים עצמם לכיוון המקום הבהיר ביותר באופק (באופן טבעי - הים). מקורות אור מלאכותיים (בעורף החוף - ביבשה) מושכים לכיוונם את הצבים הצעירים דבר הגורם פעמים רבות לתמותה מתשישות, התייבשות, טריפה או דריסה⁽⁶⁾.

• בזואופלנקטון (יצורים זעירים החיים במים), נמצא שינויים קיצוניים בנדידה אנכית המושפעת מאור. באזורים מוארים יימנעו הזואופלנקטון מתזונה בפני השטח בלילה, דבר שעלול להביא לעלייה בנוכחות מזונם, אצות חד-תאיות, ולפגוע באיכות מי הים, כמו גם שיבוש מארג המזון הימי כולו⁽⁶⁾.

נספח 4 כולל פירוט בנושא השפעת גוון האור על עולם החי והצומח.

דו"ח "זיהום אור וצמצומו - רקע מדעי, תמונת מצב ודרכי פעולה אפשריות, סיכום תובנות של ועדת מומחים"⁽⁷⁾, בעריכת האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה, כולל פירוט ורקע נרחב לנושא זיהום אור והשפעותיו האקולוגיות.

תאורה מלאכותית בלילה תורמת להרחבת האיום על המגוון הביולוגי, אשר נמצא במצוקה עולמית בשל שלל השפעות האדם. הסיבה לכך היא שמערכות אקולוגיות מתבססות על איזונים עדינים ומורכבים, ומוכח במחקרים רבים⁽²⁾ כי תאורה מלאכותית משפיעה על הרגלי טריפה, שיחזור מזון, רבייה, התמצאות ותפוצה⁽³⁾. תופעות אלו קורות בין השאר בשל השפעה על שעונים ביולוגיים פנימיים בחי ובצומח, סנוור בעלי חיים ושיבוש ההתמצאות בתנועה ונדידה לילית. בישראל נמצא כי עוצמות התאורה בשטחים הפתוחים בכלל ובשמורות הטבע בפרט, עולות בהדרגה עם הזמן⁽⁴⁾. בספרות המחקרית עדויות רבות על ההשפעה של תאורה מלאכותית על שינוי בהתנהגות בע"ח, להלן מספר דוגמאות.

• מיני עטלפים הניזונים מחרקים נמשכים לעמודי התאורה לאורך כבישים, כפועל יוצא ממשיכה של חרקים לתאורה מלאכותית בלילה. נמצא שהימצאותם של מיני עטלפים סמוך לכבישים המוארים בלילה, מגדילה את שכיחות התמותה שלהם כתוצאה מהתנגשויות עם כלי רכב⁽⁵⁾.

• בקרב ציפורים, תאורה עלולה להשפיע על שיקולי בחירת אתר לקינון. במחקר שבחן את השפעת תאורת כבישים על בחירת אתרי קינון בקרב הלימוזה, מין של חופמאי, שהוא עוף המקנן באזורים לחים, נמצא כי צפיפות הקינונים נמוכה יותר במרחק של עד 300 מטרים מתאורת כבישים, זאת לעומת אזורי הביקורת הסמוכים לכבישים שאינם מוארים⁽⁶⁾.

2. Svehkina, A., Portnov, B.A. & Trop, T. The impact of artificial light at night on human and ecosystem health: a systematic literature review. *Landscape Ecol* 35, 1725-1742 (2020).

3. Sanders, D., Frago, E., Kehoe, R. et al. A meta-analysis of biological impacts of artificial light at night. *Nat Ecol Evol* 5, 74-81 (2021).

4. וייל ולידר, ניתוח מרחבי של זיהום אור באמצעות חישה מרחוק. רשות הטבע והגנים, (2010)

5. Fensome, A.G. and Mathews, F. (2016), Roads and bats: a meta-analysis and review of the evidence on vehicle collisions and barrier effects. *Mam Rev*, 46: 311-323.

6. Longcore, T. and Rich, C. (2004), Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2: 191-198.

7. זיהום אור וצמצומו - רקע מדעי, תמונת מצב ודרכי פעולה אפשריות, סיכום תובנות של ועדת מומחים - 2017, האגודה הישראלית לאקולוגיה ולמדעי הסביבה בשיתוף צוות מומחים ובעלי עניין רחב.

2. הבחנה בין שני סוגי זיהום אור

מקורות טבעיים כגון אור ירח וכוכבים). הרקיע מואר על ידי האור אשר חוצה את האטמוספירה, מתפזר ומשתקף חזרה לקרקע בעיקר בלילות מעוננים, ובכך משפיע במרחקים משמעותיים. הארת הרקיע פוגעת ביכולת לצפות בכוכבים וביכולת לחוות חשיכה על יתרונותיה הבריאותיים. זוהר רקיע ניכר במיוחד מעל אזורים מאוכלסים, אך גם במרחב חשוך בו מוקדים בודדים של פיתוח עם תאורה חזקה כמו בתי כלא, בסיסי צבא ומתקני תשתיות. מידת זוהר הרקיע מושפע מסך כל ההארה המלאכותית, ולכן הטיפול הכללי הנדרש לצמצומו הוא רחב, מערכתי ואף חוצה גבולות. עם זאת, באזורים חשוכים יחסית, טיפול במוקדים מוארים בודדים יכול להיות יעיל מאוד ולחולל שינוי משמעותי באזור כולו.

את ההשפעות המרחביות של תאורת חוץ ניתן באופן סכמתי לפצל לשתי קטגוריות עיקריות המייצגות את השפעת זליגת האור על האדם והסביבה הטבעית:

אור פולשני - Intrusive Light

המושג מתייחס לאור אשר גולש מתחום המטרה לו הוא מיועד, אל עבר נכס סמוך או לסביבה ובכך מייצר מטרד לאדם או לטבע. המוקד באור פולשני הוא בזליגת אור לצדדים - במישור האופקי (או בים, כזה החודר לעומק המים). לעיתים זליגת האור כוללת גם השפעות של סנוור (בוהק) או הבהוב אשר מייצרים אי נוחות לאדם והשפעות אקולוגיות גם במרחקים גדולים. במדריך זה נתמקד בזליגת אור פולשני לתחום השטחים הפתוחים (בניגוד לפלישת אור לעבר נכסים סמוכים, שהוא נושא בפני עצמו).

זהירת רקיע - Sky Glow

המושג מתייחס לאור הגולש או מוחזר מתחום המטרה לו הוא מיועד, כלפי מעלה, ותורם לעלייה בבהירות השמיים בלילה (בנוסף לאור הנוצר על ידי

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

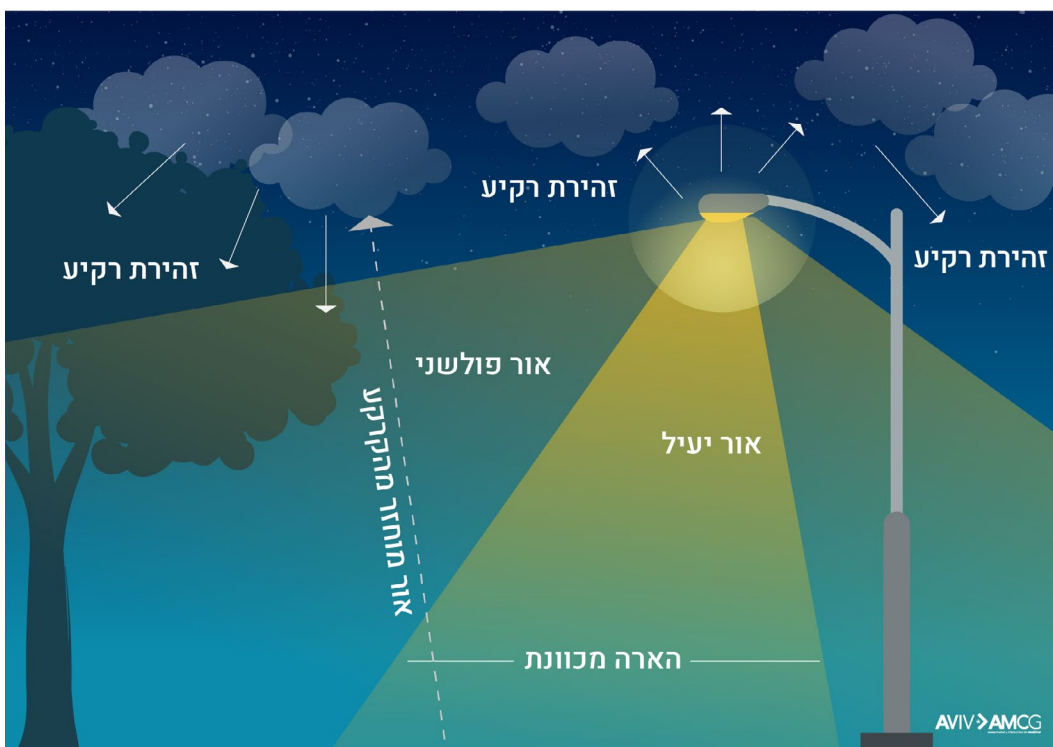
ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית



איור 1 - אור יעיל בניגוד ל"זהירת רקיע" ו"אור פולשני"

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

3. מהפכה בגופי תאורה - אתגר ותועלת

והערך נמוך יותר - כך גוון האור נחשב "חם" יותר, ולכן בעל השפעה פחותה על בריאות החי והצומח בלילה (לפרוט נוסף ראה [הנחיות תאורה סעיף 4 - גוון אור](#)).

השפעה שלילית נוספת, המקושרת לאור לד "קר", היא שגלי אור קצרים מתפזרים בקלות רבה יותר מאשר אור באורך גל ארוך, ולכן מגבירים את התרומה לזהירות הרקיע, וכן במרחב הימי מגבירים את עומק חדירת האור לים.

מאידך, היתרון בנורות לד הוא שקיימת בהן אפשרות פשוטה לשילוב טכנולוגיות בקרה חכמה (כגון מצלמות בקרה, חיישני תנועה, שעון אסטרונומי וטיימרים) המספקות את היכולת לשלוט ולנהל את הפרמטרים הפיזיים של התאורה, מה שהופך אותם לכלי יעיל בניהול ההשפעות של אור מלאכותי על הטבע.

תהליך משמעותי שחל בעשור האחרון בשוק התאורה הוא המעבר לתאורה של נורות מסוג "לד". נורות מסוג לד LED - Light-Emitting Diode הפכו לסוג התאורה הנפוץ ביותר בשימוש גלובלי. הסיבה העיקרית לכך היא שהן חסכוניות מאוד באנרגיה לעומת מקורות אור אחרים, ולכן יעילות מאוד אנרגטית וכלכלית.

לצד תועלות אלו, נורות לד ניכרות בתכולה גבוהה של אור "קר" - כחול, המאופיין באורכי גל קצרים (תכולת אור הנמצא בספקטרום האורי בין 420 עד 500 ננומטר). נמצא כי האדם⁽⁸⁾, החי והצומח⁽⁹⁾ מושפעים ביולוגית מאור "קר" - בשעות לילה, מכיוון שהוא מטעה את הגוף, ודרך שיבוש פעילות הורמונלית גורם לו "לטעות ולחשוב" שכעת יום, ולא לילה. לכך השלכות מרחיקות לכת על השעונים הביולוגיים, המערכת ההורמונלית, תהליכי רבייה, עיתוי נדידה ועוד.

גוון האור מוצג בגופי התאורה בערך CCT - Correlated Color Temperature הנמדד במעלות קלווין (K). ככל



תמונה מס' 1: מאחור - גוון נורת לד באור "קר" לעומת תאורה קדמית שהיא בגוון אור "חם" בנורות פריקה קלאסיות של נתרן בלחץ גבוה (נל"ג)⁽¹⁰⁾ | צילום: דניאלה וטין

8. תאורת LED השלכות בריאותיות אפשריות של חשיפה לתאורת LED - סקירה מדעית. תנודע - מרכז ידע לאומי להשפעת הקרינה הבלתי מייננת על הבריאות: היחידה לאפידמיולוגיה של סרטן ושל קרינה; מכון גרטנר לחקר אפידמיולוגיה ומדיניות בריאות, המרכז הרפואי תל השומר-אפריל 2020

9. Sanders, Dirk & Frago, Enric & Kehoe, Rachel & Patterson, Christophe & Gaston, Kevin. (2021). A meta-analysis of biological impacts of artificial light at night. Nature Ecology & Evolution. 5: 1-8.

10. מקור התמונה - <https://www.ipetitions.com/petition/stop-portland-led-street-light-pollution>

זיהום אור ומערכת התכנון

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

זיהום אור ומערכת התכנון

במקור עלולים להיות מוחמצים, כגון מיקום המתקן והשימושים המוארים בו ביחס לרגישות האקולוגית של השטח או הטמעת מערכות המייתרות הארה לצורכי אבטחה, תוך שמירה על ביטחון המתקן.

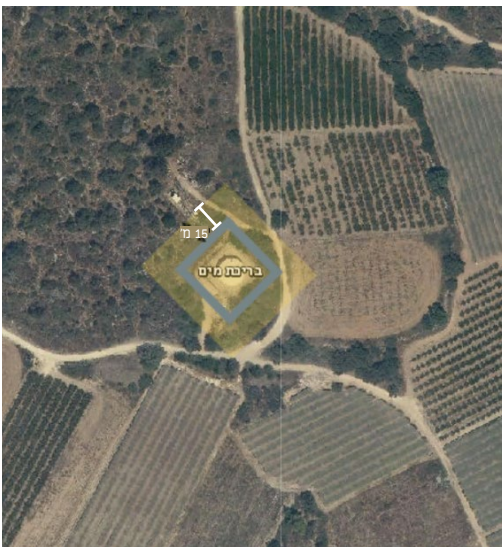
ההחלטה על מיקום מתקן המחייב תאורת חוץ בלב אזור חשוך ורגיש אקולוגית, היא החלטה שיש לדון בה תוך שקלול הסוגייה הסביבתית כבר בשלב התכנוני המוקדם. טווח השפעת התאורה המלאכותית על השטחים הפתוחים, עלול להיות משמעותי ביותר גם מעבר לתחום התכנית.

ניקח לדוגמא את המקרה המובא באיור 2 - בריכת מים בשטח של 4 דונם, אשר מסיבה ביטחונית מחויבת בתאורת לילית בשגרה. באיור מימין - להארת הבריכה בתכנון רשלני, פוטנציאל השפעה על הסביבה למרחק 100 מ' מהגדר, ולכן תשפיע בהיקף של 45 דונם. באיור משמאל - בתכנון תאורה ידידותית לסביבה, התאורה מנוהלת ומתוכננת להשפעה למרחק שלא עולה על 15 מ' מהגדר ולכן תהיה השפעה האור בהיקף מינימלי של 6 דונם. כלומר - תכנון תאורה נכון מצמצם את השטח המזוהם פי 7.

בשונה ממספר מדינות בעולם, כגון צרפת, קרואטיה וצ'כיה, לא קיימת בישראל חקיקה ייעודית לעניין שמירה על חשכת הלילה ומניעת זיהום אור (לפירוט לעניין חקיקה - [ראה נספח 3](#)). בהתאם לכך, מערכת התכנון היא גוף משמעותי בהטמעת הנחיות למניעת ומזעור זיהום אור סביבתי בתכנון מתקני תשתית חדשים ע"י הסדרה, האחדה, הנגשה והטמעה במערכת התכנון על שלביה השונים.

תהליך תכנוני משקלל מידע רב מזוויות הסתכלות רבות, על מנת להגיע לתוצאה התכנונית המיטבית. מזעור זליגת אור לשטחים הפתוחים ולשמי הלילה שולב, עד כה, באופן חלקי ובלתי סדור בתהליכי מערכת התכנון על מוסדותיה. התייחסות ראויה לסוגיית תאורת החוץ, כגורם השפעה סביבתי על המרחב הסובב את מתקני התשתית, היא חלק בלתי נפרד מתכנון איכותי, בעיקר בעת תכנון מתקנים בשטחים הפתוחים.

לעיתים מוצגת התפיסה כי ניהול תאורת החוץ הוא היבט תפעולי אשר ניתן לתכננו לקראת שלבי ביצוע המבנה, בתום הליכי התכנון. גישה זו מביאה לכך שהאמצעים הפשוטים ביותר למזעור ההשפעה



איור 2: מצד ימין - הארה לילית במתקן ללא תכנון תאורה המייצרת השפעה סביבתית משמעותית, מצד שמאל ההשפעה צומצמת.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

חברות ממשלתיות העוסקות בתכנון כגון חברת מקורות⁽¹⁴⁾ וחברת נתיבי ישראל⁽¹⁵⁾ אימצו באופן וולונטרי ועצמאי הנחיות לתאורת חוץ, המעניקים מענה להתייעלות אנרגטית וכן התחשבות בהיבטי סביבה. כמו כן, מרחבי תכנון מסוימים, בעלי מודעות סביבתית גבוהה, אמצו הנחיות ייעודיות למניעת זיהום אור כהנחיות ייעודיות או במסגרת "הנחיות מרחביות" מחייבות. בין אלו נמצאות עיריות ומועצות אזוריות ובהן: תל אביב⁽¹⁶⁾, נתניה⁽¹⁷⁾, עמק יזרעאל⁽¹⁸⁾, מגידו⁽¹⁹⁾ ובקרוב גם מוא"ז גולן. הפתרונות הללו תורמים למניעת זיהום אור, אך הם מוגבלים בשל היותם ספציפיים למרחב. כמו כן, מתחילות להיווצר הגדרות שונות מגוף לגוף ומרחב למרחב, הגורמות לבלבול בקרב המתכננים וגופי התשתית (לפירוט נוסף ראה [נספח 3](#), חקיקה, תקינה והנחות קיימות).

בבחינת מיפוי המצב התכנוני, שנערך ברקע למדריך זה, כפי שהוא מקבל ביטוי בתכניות לתשתיות בהיבטי מניעת זיהום אור, נמצאו פערים רבים בין המלצות מסמכי תכנון מנחים (למשל תסקיר או מסמך סביבתי) לבין הוראות התכנית המחייבות, וכן בין התכנון לבין היישום בפועל. עוד נמצא כי קיים חוסר אחידות בהנחיות או שההנחיות אינן ברורות או אינן תואמות את הידע המקצועי העדכני ולכן ישומן בפועל, בשלב המרכז והביצוע לוקה בחסר, והתוצאה - זיהום תאורה מיותר.

תקנות תסקירי השפעה על הסביבה, 2003⁽¹¹⁾, מסדירות את הדרישה לפירוט והמלצות למזעור מפגעים סביבתיים כרקע לדיון בתכניות בעלות פוטנציאל השפעה משמעותי בשטחים רגישים סביבתיים. כך גם ההנחיות המחייבות לעריכת נספח נופי - סביבתי, לתכניות בשטחים ברגישות נופית-סביבתית גבוהה, המוגדרות בנספח ב' 6 לתמ"א 1. הנחיות אלו כוללות דרישה להתייחסות להיבטי תאורה כהשפעה סביבתית פוטנציאלית⁽¹²⁾, ומדריך זה מסייע לפרט ולהנגיש את התחום המקצועי של זיהום אור לצורך מימוש הנחיות אלה.

תקינה ישראלית מחייבת, דוגמת ת"י 12464 חלק 2 - אור ותאורה⁽¹³⁾ אשר שולבה בתקנות הבניה בשנת 2019, עוסקת בהארת חוץ של מקומות עבודה ובין השאר עוסקת בנושא של מניעת זיהום אור. תקינה זו, אשר אומצה כפי שהיא מתקינה בינלאומית, ממליצה על עוצמות תאורה, סיווגים ושיטות לצמצום ההשפעה, אך מותירה את קביעת חלק מהמגבלות למערכות הרגולציה המקומית - קביעות אלו לא נעשו באופן מחייב בישראל (ראה פירוט [בנספח 3 סעיף 2](#)).

תקני בנייה ירוקה, אשר שולבו לאחרונה כחקיקה המחייבת בתקנות תכן הבנייה, מחייבות עמידה בדרישות ת"י 5281 לבניה ירוקה, הכולל סעיפים לעניין מיזעור זיהום אור. תכנון בהתאם לסעיפים אלו מעניק ניקוד מצטבר לטובת עמידה ברמת "כוכב אחד" (ראה פירוט [בנספח 3 סעיף 2](#)). בשלב זה הן אינן חלות על מתקני תשתית הנדסית באופן מחייב.

11. תקנות תסקירי השפעה על הסביבה, 2003- חוק התכנון והבנייה, התשכ"ה-1965.
12. תמ"א 1 - תכנית מתאר ארצית אחת, ינואר 2020. נספח ב' 6 - פרק 4: "ניתוח השפעת התכנית, לרבות בעת ההקמה, יתייחס לתחום התכנית והסביבה, בכלל זה הסביבה המושפעת ממנה והמשפיעה עליה, ויפרט, בין היתר השפעות סביבתיות צפויות, אמצעים לצמצום הפגיעה הצפויה ופעולות להבטחת השימור ככל שידרש, חזאת בהיבטים הבאים": סעיף 5. "השפעות סביבתיות כגון: רעש, ריח, איכות אוויר, קרינה, שפכים, חומ"ס, זיהום קרקע ומי תהום וזיהום ים, תאורה, רוחות והצללה, השפעות מורפולוגיות וסדימנטולוגיות על הסביבה החופית כולל התייחסות לכלל ההגבלות שהתכנית מטילה".
13. ת"י 12464 חלק 2 - אור ותאורה - תאורה למקומות עבודה: מקומות עבודה מחוץ למבנים (2017).
14. מסמך תאורה ירידותית לסביבה, [חברת מקורות](#) (2019).
15. הנחיות לתכנון תאורת דרכים בחברת [נתיבי ישראל](#) - ינואר 2021. באתר נתיבי ישראל.
16. הנחיות לתאורה אדריכלית בעיר תל אביב. יוני 2011. באתר עיריית תל אביב.
17. הנחיות מרחביות - עיריית נתניה (כולל היבטי זיהום אור). אתר הוועדה המקומית לתכנון ובנייה.
18. הנחיות מרחביות מרחב תכנון יזרעאלים, 2016. אתר הוועדה לתכנון ובנייה יזרעאלים.
19. [מפרידים בין הפיתוח לפתוח - הנחיות לדופן "ירידותית" לטבע עבור תשתיות ובינוי](#), מרץ 2016. באתר מרחב תכנון מגידו - מרחב ביוספרי.

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור עשרת עקרונות התכנון



תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור

עקרונות התכנון מוצגים להלן ברצף כרונולוגי עקרוני הכולל שלושה שלבים - החל מקנה מידה רחב - מאקרו, תכנון מקומי - מיקרו ועד תכנון פרטני. בסעיפים הבאים מובא הסבר ופרוט העקרונות המובאים להלן.

פרק זה כולל הנחיות עבור מתכננים וכן מוסדות התכנון וגופי הבקרה, לטובת מזעור זיהום אור במסגרת פיתוח פיזי חדש, בדגש על תכנון מתקני תשתית בשטחים פתוחים. ריכוז ההנחיות מופיע בתמצית גם [בפרק ריכוז הנחיות למתקני תשתית](#).

הנחיות תאורה

איך להאיר?

מיקרו

תכנון מקומי

היכן מתי ולאיזה צורך?

מאקרו

תכנון מרחבי

האם להאיר?

איור 2: תרשים שלבי התכנון

עשרת עקרונות התכנון

1. קבע⁽²⁰⁾ את רמת הריגשות האקולוגית של המרחב לזיהום אור, ובמידת הצורך בחן חלופות מיקום לתכנית.
2. בחן האם הארת המתקן הכרחית בשגרה - נקודת המוצא היא שמירה על חשכת הלילה. תאורת חוץ במתקני תשתית צריכה להיות מוצדקת למטרות ספציפיות של בטיחות, ביטחון או תפעול.

מאקרו

תכנון מרחבי

האם להאיר?

3. נתח את הריגשות האקולוגית המקומית של החלופה הנבחרת לזיהום אור.
4. הגדר את מטרות ההארה ומשך הזמן הנדרש, בהתאם לשימושים השונים בתכנית.
5. תכנן את מיקום השימושים בתכנית בהתייחס לריגשות המרחב לתאורה, וקבע תאי שטח לשמירה כחשוכים.

מיקרו

תכנון מקומי

היכן מתי ולאיזה צורך?

6. היועצות - התייעץ עם מומחה לתאורה, אקולוג ואנשי מקצוע עם ניסיון בנושא.
7. ניהול משך ושעות ההארה - דרוש תכנון תאורה הכולל מערכות מתקדמות לניהול המערכת - התאם את שעות ההארה לצרכי התאורה.
8. עוצמה - השתמש בתאורה בעוצמה הנמוכה ביותר המתאימה לצורך שהוגדר.
9. זליגת אור - סיכוך, מנע זליגת אור ע"י שימוש בגופים עם פיזור אלומת אור מוגבלת ותכנון מדויק.
10. גוון אור - השתמש בגופי תאורה עם גוון "חם", בהתאם לרמת רגישות השטח לזיהום אור.

הנחיות תאורה

איך להאיר?

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

מאקרו - תכנון מרחבי

- קבע את רמת הריגשות האקולוגית של המרחב לזיהום אור, ובמידת הצורך בחן חלופות מיקום לתכנית.
- בחן האם הארת המתקן הכרחית בשגרה - נקודת המוצא היא שמירה על חשכת הלילה. תאורת חוץ במתקני תשתית צריכה להיות מוצדקת למטרות ספציפיות של בטיחות, ביטחון או תפעול.

מאקרו
תכנון מרחבי
האם להאיר?

1. קבע את רמת רגישות המרחב לזיהום אור ובחן חלופת מיקום לתכנית

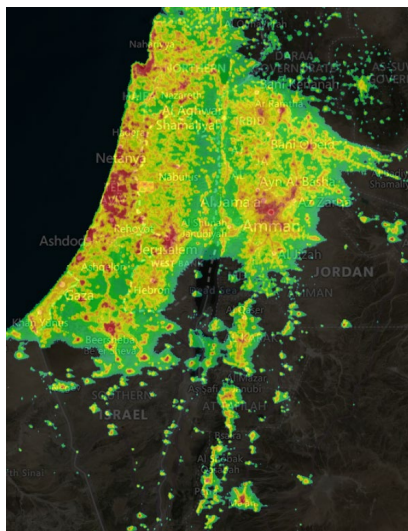
קביעת רמת רגישות המרחב לזיהום אור.
שילוב קריטריון של מניעת זיהום אור בפרק חלופות בנספח סביבתי או תסקיר השפעה על הסביבה. תיעדוף חלופות מיקום שאינם באזורי רגישות גבוהה לזיהום אור.

תוצר ראשי

נוף פתוח ועוד (לפירוט ראה [נספח 1 - פרק 2](#) הערכת רגישות אקולוגית מרחבית לזיהום אור).

אקולוג המלווה את התכנית יוכל לסייע בקביעת רמת רגישות החלופות לזיהום אור (נמוכה, גבוהה או מרבית). רמת הרגישות תצוין בנספח סביבתי/תסקיר לתכנית. במסגרת בחינת חלופות מיקום התכנית, במידה והמתקן מיועד להיות מואר חיצונית, זיהום האור ישוקלל כקריטריון תכנוני לבחינה. יש לתעדף ככל הניתן, ולבחור מיקום שמאפשר מזעור השפעת זיהום האור.

הסבר:
נקודת המוצא, בכל תכנית, היא שרצוי להימנע ממיקום מתקנים מאירים בלילה בשטחים פתוחים הרגישים לזיהום אור. בהתאם לכך, בשלב תכנוני ראשוני, יש לתעדף פיתוח באזורים פחות רגישים לזיהום אור, בכפוף לשיקולים תכנוניים אחרים. יש לבחון חלופות למיקום (התשתית או מקטע הדרך) על רקע רגישות אקולוגית לזיהום אור. מידת הרגישות תסתמך על שכבות מידע המייצגות אזורים חשוכים וכן מרחבים ובתי גידול רגישים לזיהום אור ובהם: מסדרונות אקולוגיים, צווארי בקבוק למעברי בע"ח, בתי גידול לחים, סביבה ימית וחופית, בתי גידול של



איור 4: מפת זיהום האור של ישראל 2020 מתוך נתוני לוויין VIIRS⁽²¹⁾

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

2. בחן האם הארה הכרחית בשגרה

במסמכי הסביבה לתכנית יש להצדיק את תאורת החוץ, ככל שהוחלט כי היא נדרשת בשגרה. ההצדקה לתאורת חוץ צריכה להתבסס על היבטי ביטחון, בטיחות או תפעול המחייבים את היזם ולא מעבר לכך.

תוצר ראשי

הסבר:

למרות הפתרונות הטכנולוגיים הקיימים, לעיתים תאורה חיצונית לילית היא צורך מחייב בהתאם לתקינה והנחיות גופים האמונים על נושאי תפעול, בטיחות וביטחון. (לפירוט ראה [נספח 2 פרק 1 ו-2 - הצדקה ביטחונית, בטיחותית ותפעולית](#)).

במידה ואכן קיים צורך מוצדק ("הצדקה") יש להציג ולתעד את הדרישה והרציונל לצורך בהארה שבשגרה.

מעבר לבחירת מיקום המתקן באזורים הרגישים פחות לזיהום אור, הדרך הפשוטה והאפקטיבית ביותר לשמור על חשכת הלילה (ולחסוך בצריכה אנרגטית) היא להימנע מהארה מלאכותית במקור.

קיימות היום טכנולוגיות רבות המאפשרות מענה ראוי למתקני תשתית לצרכים ביטחוניים, תפעוליים ובטיחותיים מבלי להאיר את הסביבה בלילה באופן שגרתי. ניתן ומומלץ להתקין אמצעים להפעלת תאורה רק בעת חירום או צורך, כך שמתקן התשתית ישמור על החשיכה כמעט בכל לילות השנה, ורק בעת צורך בטיחותי או תפעולי הוא יופעל בבקרה מרחוק או באמצעות מפסק, תוך חיסכון כלכלי ניכר (לפירוט ראה [נספח 2 פרק 3](#) - מערכות לייעול וניהול התאורה).

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

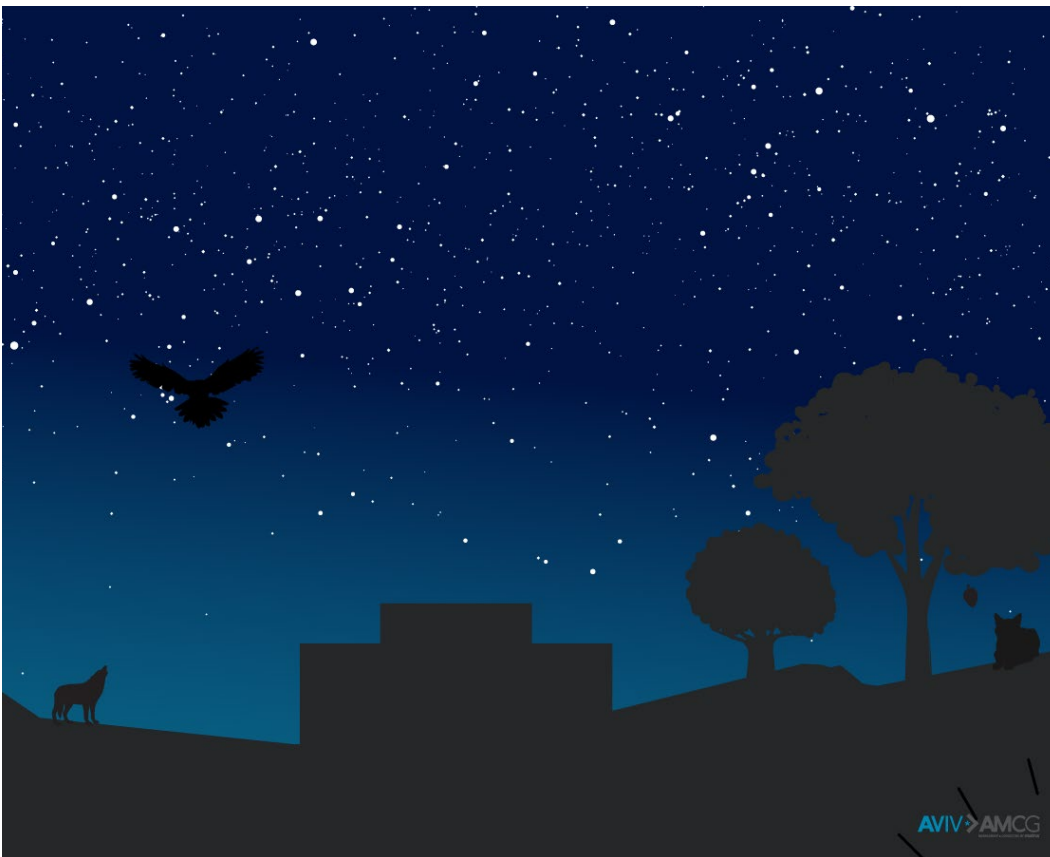
ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית



מיקרו - תכנון מקומי

מיקרו תכנון מקומי

היכן, מתי
ולאיה צורך?

3. נתח את **הרגישות האקולוגית המקומית** של החלופה הנבחרת לזיהום אור.
4. הגדר את **מטרות ההארה** ומשך הזמן הנדרש, בהתאם לשימושים השונים בתכנית.
5. תכנן את **מיקום** את השימושים בתכנית בהתייחס לרגישות המרחב לתאורה, וקבע **תאי שטח לשמירה כחשוכים**.

(למשל מיקום שימוש מואר בחזית הרחוקה מחוף ים, נחל או מסדרון אקולוגי) תצמצם את השפעת התאורה על הסביבה, תוך מניעת המפגע במקור.

שקלול הידע על סביבת התכנית, יחד עם הידע על צרכי הארת המתקן יהוו את הבסיס לדיון וגיבוש פתרונות תכנוניים יעילים ויצירתיים למניעת ומזעור זיהום אור.

תכנון מיטבי למניעת זליגת אור ממתקן תשתית מחויב להתייחס לצרכים הפרוגרמטיים של התשתית המוצעת (מה הם הפונקציות והשימושים הנדרשים להארה לילית בתכנית?) על רקע ההקשר המרחבי של התכנית (אילו ערכים אקולוגיים נמצאים בתאי השטח השונים במרחב התכנון ומה מידת רגישותם לתאורה לילית?).

התחשבות בשכבות מידע אקולוגיות, תוך הרחקת שימושים מוארים בלילה מאזורים רגישים לזיהום אור



תמונה 2: הארת מתקן תשתית תוך יצירת זיהום אור בשטחים פתוחים | צילום: דניאלה וטין

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

3. נתח את הרגישות האקולוגית המקומית

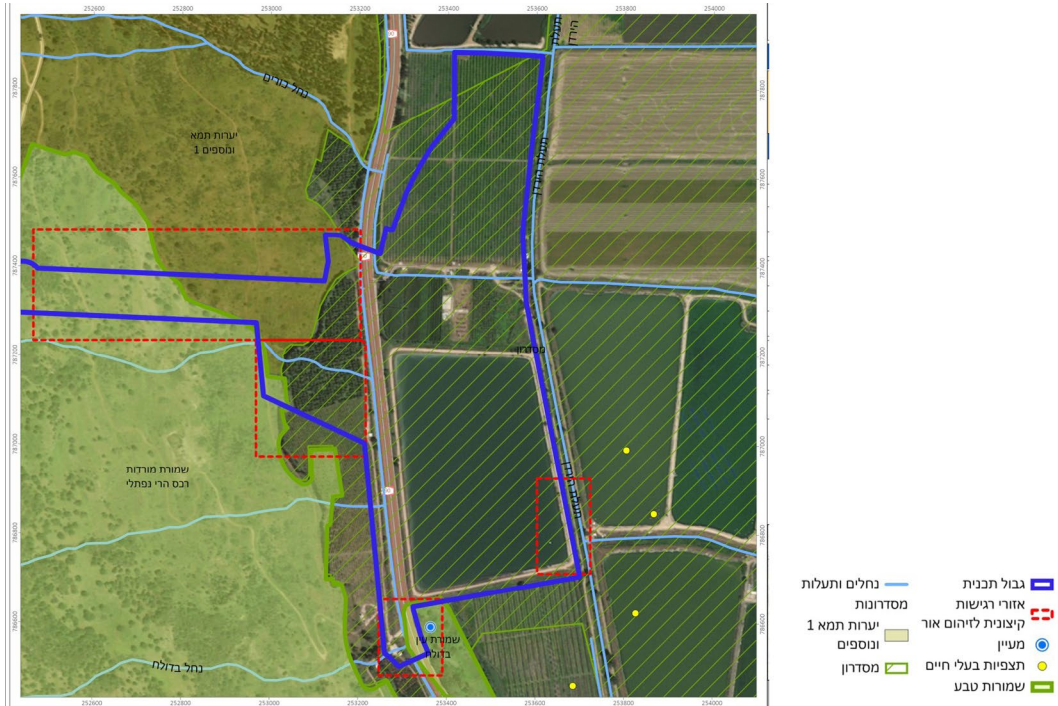
תוצר ראשי

תשריט רגישות מקומית לזיהום אור - תחום התכנית יוצג על רקע מיפוי הרגישות המקומית לזיהום אור (יוגש בנספח סביבה או תסקיר השפעה על הסביבה). תשריט הרגישות יכלול את תחום המתקן וסביבתו ויכלול דירוג של האזורים הרגישים יותר באופן יחסי לזיהום אור, תוך סימון תאי שטח ספציפיים אשר להם חשיבות מרבית בשמירה על החושך ביחס לשאר שטח המתקן המוצע.

הסבר:

באיור 6 מוצגת דוגמא למתקן תשתית בשטח פתוח. ערכי הטבע במרחב התוכנית כוללים מעיין בדרום התוכנית, ערוצי נחלים, מסדרון אקולוגי, סמיכות לער ושמורות מוכרזות. כמו כן סומנו תצפיות בע"ח מדרום מזרח לתחום התכנית. בעקבות המיפוי סומנו בפוליגונים אדומים תאי שטח המוערכים ע"י האקולוג כבעלי הרגישות הגבוהה ביותר לזיהום אור. אלו סומנו בסמוך למעיין, באזור הנושק לשמורה ויער באזור מפגש התעלות בו זוהתה תנועת בע"ח רבה.

בתכנון מתקן תשתית, חיוני לשקול את ההקשר המרחבי הכולל בו מוצעת ההארה הלילית. היבטים אלו כוללים את מידת החשיכה הנשמרת היום במרחב וכן בתי גידול סמוכים. חשוב שהניתוח האקולוגי יערך כחלק אינטגרלי מגיבוש החשיבה התכנונית למתקן ותוך שילוב אקולוג בתהליך. יש למפות ולציין את האזורים הערכיים: בתי גידול טבעיים, שטחים פתוחים, אזורים המהווים בית גידול למיני בע"ח ייחודיים, אזורי שיחור מזון או רבייה, מעיינות, נחלים, מסדרונות אקולוגים מקומיים, ערכי טבע נדירים וכו' ולסמן תאי שטח ספציפיים אשר להם חשיבות מרבית בשמירה על החושך ביחס לשאר שטח המתקן המוצע.



איור 6: גבול תכנית על רקע ניתוח רגישות אקולוגית מקומית וסימון תאי שטח רגישים במיוחד לזיהום אור להם חשיבות מרבית בשמירה על החושך.

עיקרי הדברים
רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי
זיהום אור ומערכת התכנון
תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון
תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים
הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים
ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית
הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה
נספחים
נספח 1 כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

4. הגדר מטרות ומשך ההארה

תוצר ראשי

טבלת השימושים השונים המתוכננים להיות מוארים בשטחי החוץ - כולל התייחסות להצדקת הצורך ומטרת ההארה. (טבלה תוצג בנספח הסביבה או תסקיר השפעה על הסביבה לתכנית).

הסבר:

יש לציין את הצדקת ההארה עבור כל שימוש הכלול בתחום המתקן (אזור תפעולי, תאורת גדר, חניה ומשרדים וכד') וככל וידועים מטרות ההארה במונחים של מקום וזמן - יש לציין גם אותם. יש לפרט את "ההצדקה" להארה (לפירוט בנושא הצדקת הארה לצרכי בטחון, תפעול ובטיחות וכן פתרונות רוחביים לניהול מערכת דלת תאורה - ראה [נספח 2](#)).

מידע זה יאפשר לשקול את היתרונות הצפויים בהארה תוך בחינת היכולת לצמצמן, וכן לתת דגש על אותם שימושים שמחייבים הארה בעוצמה גבוהה וכל הלילה, אשר יומלץ למקם רחוק משטחים הרגישים לזיהום אור. את מערך המידע על ניהול ההארה ניתן להציג כטבלה מרכזת דוגמת טבלה מס. 1.

תאורת שימושים במתקן	
שימוש	הצדקת הארה
חניה	בטיחות העובדים המגיעים ברכב לעבודה בשעות פעילות בלבד 7-17. מחויב עפ"י תקן בשעות הפעילות
שער	תאורה ביטחונית - הדגשת הכניסה וזיהוי הנכנסים למתקן בשעות פעילות. מחויב להיות מדרך הגישה
מחסן	תאורה תפעולית (תודלק רק בעת גישה למחסן)
חדר חשמל	תאורה תפעולית (תודלק רק בשעות פעילות העובדים)
מכונות תפעוליות	מכלול קריטי לבטיחות העובדים הפועל 24 / 7. נדרש להארה עפ"י הנחיות משרד האנרגיה. (רצוי להרחיק מאזור רגיש לזיהום אור).
גדר המתקן	ביטחונית - נדרשת הארה עפ"י הנחיות קב"ט מרחבי
תא שטח 1, 2, 3	שטח פתוח לשמירה כתא שטח חשוך - ללא הארה

טבלה 1: פרוגרמת תאורה - פונקציות והצדקה להארה

5. מקם את שימושים ותאי שטח חשוכים על רקע הרגישות האקולוגית

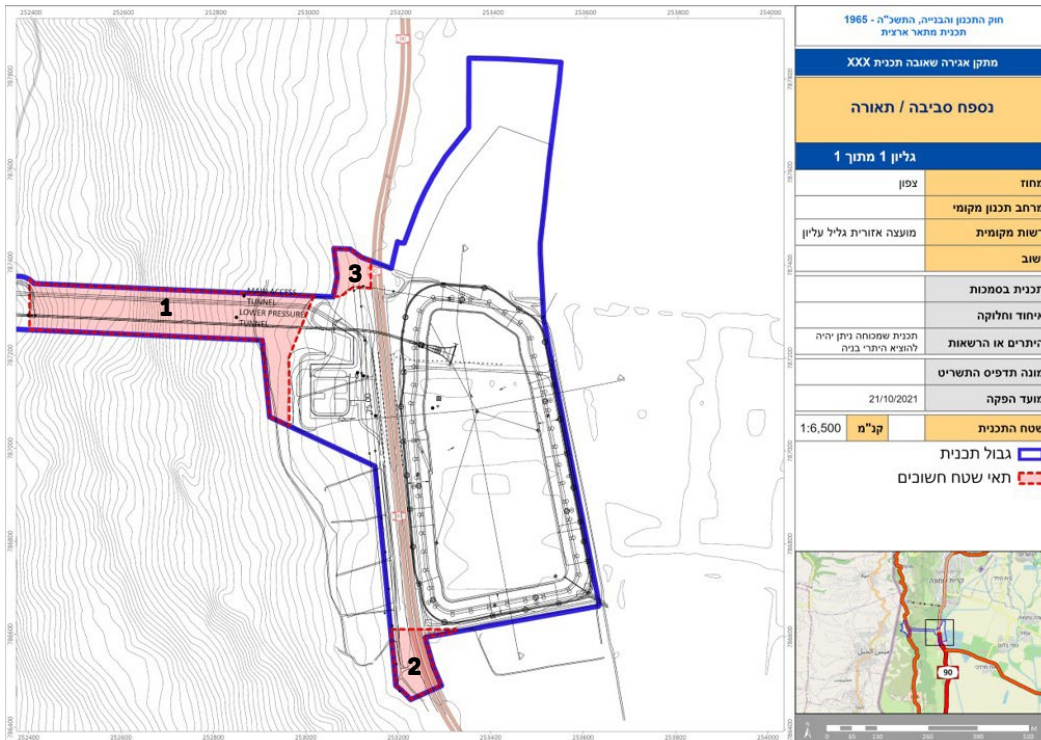
תוצר ראשי

סימון "תאי שטח חשוכים" בתכנית. תכנון מיקום שימושים המחייבים הארה בלילה בשגרה, באזורים שאינם רגישים לזיהום אור.

הסבר:

כמו כן, תהליך זה יביא לקביעת תאי שטח ייעודים שיסומנו לטובת שמירתם כ"תאי שטח חשוכים" בתחום התכנית - ראה סימון לדוגמא באיור 7.

שקלול הידע על רגישות סביבת התכנית לזיהום אור, יחד עם הידע על צרכי הארת המתקן מאפשר לתכנן את מיקום השימושים במרחב בהתייחס לרגישות הסביבתית. שימוש שמחייב הארה בעוצמה גבוהה וכל הלילה, במידת האפשר, יומלץ למיקום רחוק מהשטח הרגיש לזיהום אור.



איור 7: נספח סביבה / תאורה לתכנית בו סימון תאי שטח 1,2,3 כאזורים רגישים שישמרו חשוכים.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1
כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

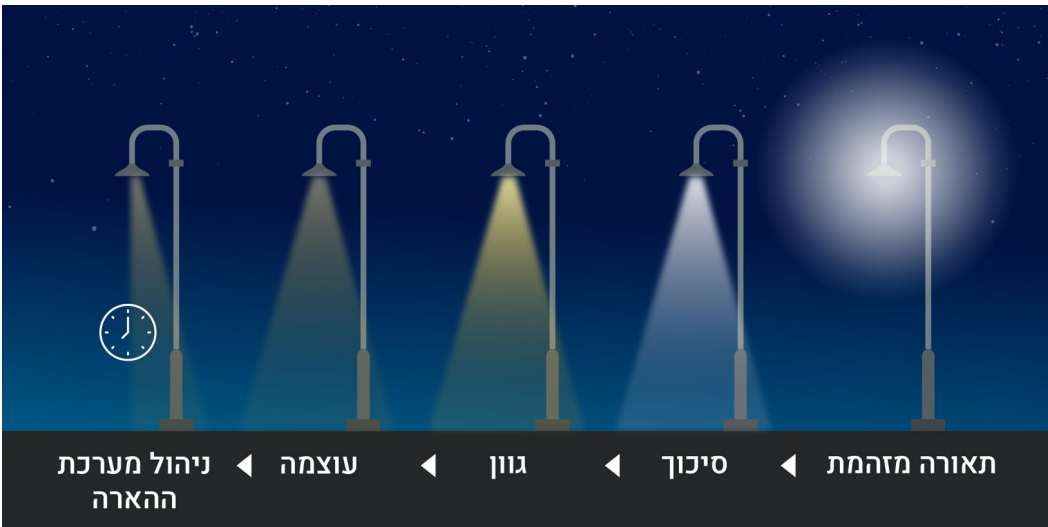
הנחיות תאורה - איך להאיר?

6. **היועצות** - התייעץ עם מומחה לתאורה, אקולוג ואנשי מקצוע עם ניסיון בנושא.
7. **ניהול משך ושעות ההארה** - דרוש תכנון תאורה הכולל מערכות מתקדמות לניהול המערכת - התאם את שעות ההארה לצרכי התאורה.
8. **עוצמה** - השתמש בתאורה בעוצמה הנמוכה ביותר המתאימה לצורך שהוגדר.
9. **זליגת אור** - סינון, מנע זליגת אור ע"י שימוש בגופים עם פיזור אלומת אור מוגבלת ותכנון מדויק.
10. **גוון אור** - השתמש בגופי תאורה עם גוון "חם", בהתאם לרמת רגישות השטח לזיהום אור.

הנחיות תאורה

איך להאיר?

להלן עקרונות תכנוניים ויישומיים העונים על השאלה "איך להאיר?" לצורך מזעור השפעה על הסביבה. איור 8 מציג את שילוב העקרונות לתכנון תאורה ידידותית.



איור 8: איך להאיר - תרשים עקרונות תכנון עבוד שלב הנחיות תאורה פרטניות

6. היועצות עם מומחים

תוצר ראשי

שילוב יעוף מקצועי בתהליך התכנון.

הסבר:

מעבודת היועץ. על התכנון להיות מבוסס חישובים פוטומטרים מפורטים (לפירוט ראה [נספח 1 פרק 1](#) - [נספח 2 פרק 2](#)).

יש להיעזר במומחים בשילוב תכנון תאורה עם הטמעת מערכות מתקדמות לניהול המערכת (לפירוט ראה פרק מערכות לייעול וניהול התאורה - [נספח 2 פרק 3](#)).

הכלי החשוב ביותר בתכנון מיטבי הוא איכות ומומחיות המתכנן. רצוי לשלב מתכנן תאורה בעל הכרות עם התחום של מניעת זיהום אור על רקע רגישות סביבתית. מתכנן תאורה, בהתאם למקובל בהנחיות שונות, הוא מהנדס חשמל או בעל רישיון חשמלאי מתאים, בעל ניסיון של 5 שנים בתכנון מתקני תאורה מורכבים ובעריכת חישובים פוטומטרים.

רצוי לשלב יעוף מוקדם ככל הניתן בתהליכי התכנון ולהגדיר את נושא מניעת זיהום האור כחלק

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

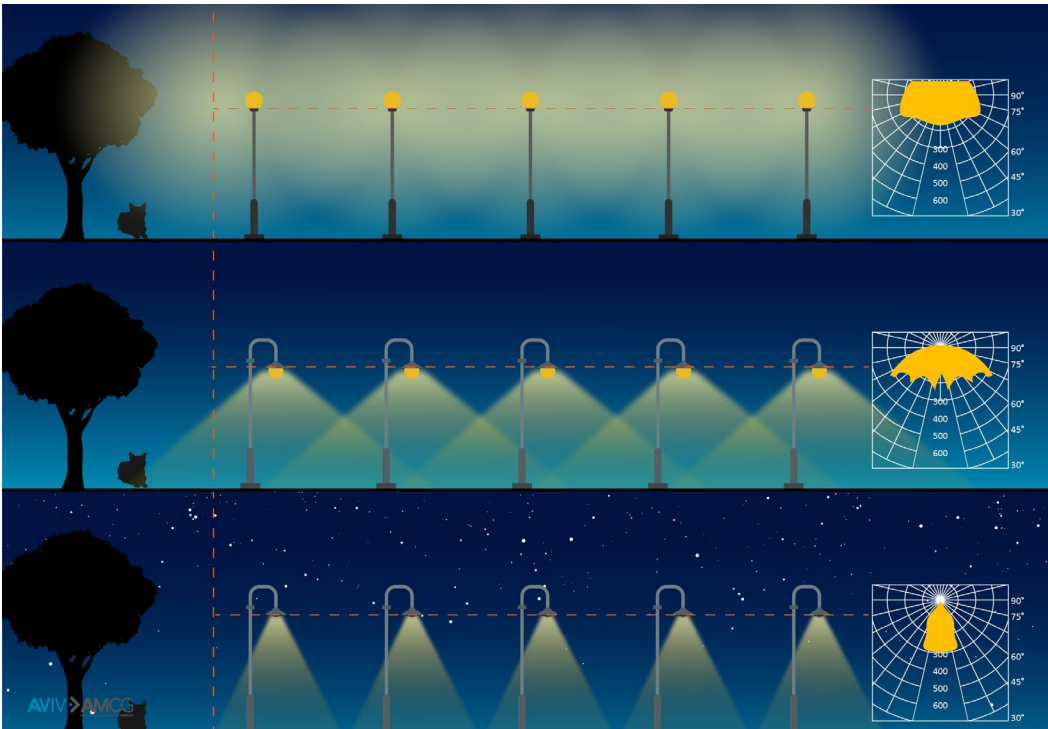
7. מניעת זליגת אור**תוצר ראשי**

במסמכי התכנון תוגבל זליגת אור לרקיע ולאופק ע"י שימוש בגופי תאורה הממקדים את אלומת האור באופן מלא (גופים בסיווג G-6).

הסבר:

מסוג "Full Cut Off" סיכוך ומיקוד זה ממזער את זליגת האור לכיוון האופק והרקיע, ממקד את האור באופן מדויק למשטח המבוקש, תורם להתייעלות אנרגטית וצמצום זיהום אור סביבתי.

גופי תאורה עלולים להאיר שטח רחב בהרבה מהשטח בפועל הנדרש להארה. בכדי למקד את אלומת האור לאזור הנדרש יש להשתמש בגופי התאורה מסוג המגביל את אלומת האור בעזרת "סיכוך מלא" - גופי תאורה אלו מוכרים בין המתכננים בשם גופי תאורה



איור 9: גופי תאורה ומידת סיכוך למזעור השפעה על זיהום אור.

דרגות הגבלת האור (הסיכוך) נמדדות בדירוג "G" - המכונה באנגלית "Luminous Intensity Classes". הדרגות מתייחסות לעוצמת ההארה המותרת בכל זווית ההארה.

דרגת G-6 היא הדרגה המקסימלית, גופי תאורה בסיווג זה מונעים זליגת אור אופקית וכלפי מעלה, מעבר ל-90 מעלות.

איור מס. 9 מדגים את זליגת האור בהתאם לגופי תאורה שונים, ומצד ימין מוצגת סכמה הנדסית המייצגת את פיזור האור. סכמות מסוג זה נלוות למסמכים הטכניים של גופי התאורה. בתשריט העליון - גוף תאורה ללא הגבלת פיזור המזהם את שמי הלילה ואת השטח הפתוח הסמוך. בתשריט האמצעי - גוף תאורה עם הגבלת פיזור חלקית - לא מזהם את שמי הלילה אך כן מזהם את השטח הפתוח הסמוך. בתשריט התחתון - גוף תאורה בעל סיכוך מלא המגביל את כיוון האור לאזור הרצוי ומונע זיהום אור לרקיע ולאופק.

מסביבתם, משום שתנועת עופות בלילה מתבצעת גם באזורים מבונים ומושפעת ממנה.

אופן התקנת (יישום) גוף התאורה משמעותי ביותר, ויש לוודא התקנה לפי הזווית המיועדת - הגוף יכול כך שלא תהיה זליגת אור בהטיה אופקית (כלומר בזווית של 90 מעלות / מקביל לקרקע. הטיה זו מכונה Tilt 0). סטייה מקובלת בתחום זה היא עד 5 מעלות. גופי תאורה מתכוננים יצוידו באמצעי קיבוע, על מנת להבטיח שכיוון האור ופיזורו לא ישתנו בעת פעולת תחזוקה והחלפת נורות.

הפירוט לסיווג דרגות G מופיע בת"י (וולונטרי) - 13201 חלק 2 - תאורת דרכים: דרישות ביצועים (2010). בסמוך לשטחים פתוחים וככלל, יש להשתמש בנורות מסוג G-6.

כמו כן, למניעת זליגת אור לאופק ולרקיע אין להשתמש כלל בתאורת "הצפה" מסוג פרוז'קטור או זרקור או בתאורת "כדור". רצוי להימנע מתאורה אדריכלית דקורטיבית שמופנית לרקיע באזורי רגישות גבוהה לזיהום אור. ככלל, בכל האזורים רצוי להימנע מהארה דקורטיבית שמופנית כלפי הרקיע או האופק, דוגמת הארת מנופים או מבנים הגבוהים

8. עוצמת הארה

תוצר ראשי

במסמכי התכנון יוגבלו עוצמות הארה בתחומי ובשולי המתקן.

הסבר:

א. עוצמת ההארה בתחומי המתקן

עוצמת ההארה הנדרשת לתפעול, בטחון ובטיחות מחושבת ע"י מתכנן תאורה וחשמל בהתאם לדרישות, תקנים ופרקטיקות נהוגות. בתכנון תאורה המתחשב בסביבה, יש להגביל את עוצמות האור בתחומי המתקן למינימום הנדרש, בתהליך של מיטוב (אופטימיזציה), דיוק ההארה בהתאם לצרכים ולא מעבר להם.

עוצמות ההארה המומלצות לפי שימושים שונים מוגדרות בת"י מחייב 2-12464. סף עוצמת ההארה מובאת בתקן בטבלאות עבור כל קבוצת שימושים. חשוב להתאים את רמת ההארה לשימוש המדויק בכדי למנוע מצבי הארת יתר. לפירוט בנושא תכנון הארה לפי שימושים ספציפיים ראה נספח 1 פרק 3 - קביעת מאפייני הארה לפי שימושים.

הגבלת עוצמת ההארה המקסימלית אינה מעוגנת היום בחקיקה או תקינה ולכן ראוי להתייחס אליה

בתכניות חדשות המקודמות. בהתאם לכך יוגדר שאין לתכנן תאורת יתר מעבר ל 20% מהערך הממוצע המינימלי האפשרי בת"י -12464-2.

הסבר לעניין התקן: בתקן הוגדרו עוצמות האור בלוקס LUX כ"ערך ממוצע מומלץ". התקן מאפשר "לעלות" או "לרדת" מערך ממוצע זה בכפולות של 1.5, בכפוף להצדקות המפורטות בתקן. בהתאם לכך עבור תאורה בסביבה רגישה לזיהום אור, יש לבחור בעוצמה הנמוכה מהממוצע המומלץ בטבלאות סעיף 5. לדוגמה כאשר בטבלה בתקן 2-12464 רשום "ערך ממוצע מומלץ" של 100 לוקס - הערך הממוצע שיתוכנן "ירד" ברמה אחת ויהיה 75 לוקס. מעבר לכך תתאפשר תוספת סטייה של 20% לכל היותר - ז"א עד 90 לוקס ערך ממוצע מתוכנן. עקרון זה מובא מתוך הנחיות משרד האנרגיה להארת מתקני תשתית.

קוד אקולוגי - תאורה ייחודית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

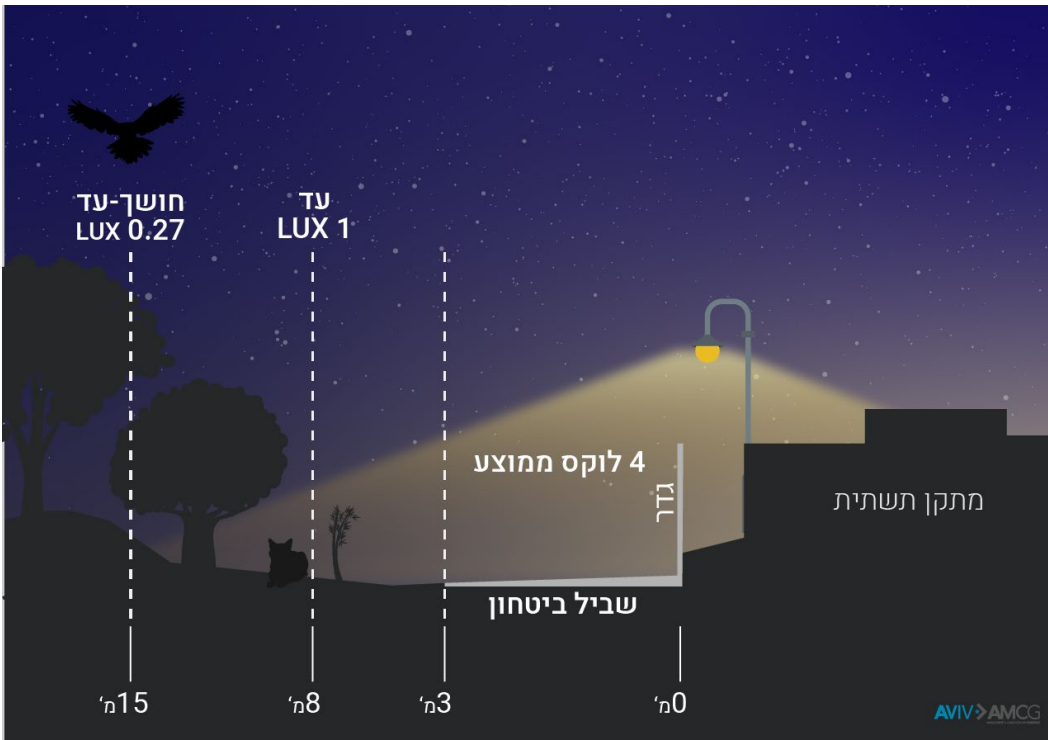
ב. עוצמת הארה בשולי המתקן

כאשר מטרת הארת מתקן תשתית היא למטרות ביטחוניות, לעיתים מחויבים להאיר את גדר המתקן ו/או את דרך הביטחון. במקרה כזה יש להגביל את עוצמת וכיוון האור הלילי בהיקף המתקן - סביב הגדר ושביל/דרך הביטחון הסמוכים לו. הגבלת עוצמות האור תורמות לכך שלא יזלוג אור משמעותי מעבר לתחומי המתקן וכמובן מסייעת להתייעלות אנרגטית.

הוכחת שמירה על חשכת השטח הסמוך למתקן תוצג במודל ממוחשב - פוטומטרי (במישור אנכי בגובה 1.5 מ'). המודל הממוחשב יציג עוצמות הארה ואחידות אורכית. המושג "אחידות אורכית" מייצג את רמת אחידות האור לאורך המשטח המואר. הגבלה זו משמשת למניעת הארת שטח גדול באמצעות פיזור אור רחב, בדרכי בעוצמות הארה גבוהות.

איור 10 מציג את האופן בו שביל/דרך בטחון יוגבלו בעוצמת ההארה: הארה אופקית ממוצעת של עד 4 לוקס ועוצמת הארה אנכית של עד 1 לוקס בשגרה. העוצמה במרחק 15 מ' מהגדר לא תעלה על 0.27 לוקס (עוצמת אור ירח מלא - שהם 0 בחישוב פוטומטרי ממוחשב). בשביל/דרך ביטחון תידרש אחידות אורכית - $E_h \text{ av/min } 0.25$

עקרון זה נשען על ת"י 12464 - 2 אשר מגביל עוצמת הארת החוץ ממתקן לרצפטור סמוך, לטובת מניעת זליגת אור. בהתאם לעקרונות התקן ולהנחיות משרד האנרגיה למתקני תשתית, זליגת האור תוגבל עד למרחק מקסימלי של 15 מ' מהיקף גדר המתקן, מעבר לתחום זה האזור ישמר חשוך. העוצמה באזור החשוך לא תעלה על 0.27 לוקס (שהם עוצמת אור ירח מלא - או 0 בחישוב פוטומטרי ממוחשב).



איור 10: חתך גדר ושביל בטחון של מתקן והגבלת ההארה בשגרה לפי מרחקים

9. גוון האור

תוצר ראשי

במסמכי התכנון תקבע הנחייה להגבלת גוון האור בהתאם לרגישות האקולוגית של השטח:
 בשטחים **ברגישות** לזיהום אור יש להשתמש בגוון אור "חם", קטן מ- 3000 קלווין.
 בשטחים ברגישות **גבוהה** יש להשתמש בגוון אור "חם מאוד", קטן מ- 2700 קלווין.
 בשטחים ברגישות **מירבית** יש להשתמש בגוון אור "חם מירבי", קטן מ- 2200 קלווין.

יש להגביל גם את ערכי הקרינה בתחום הכחול:
 הערך המירבי של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום יהווה עד 50% מהעוצמה המרבית הנפלטת.

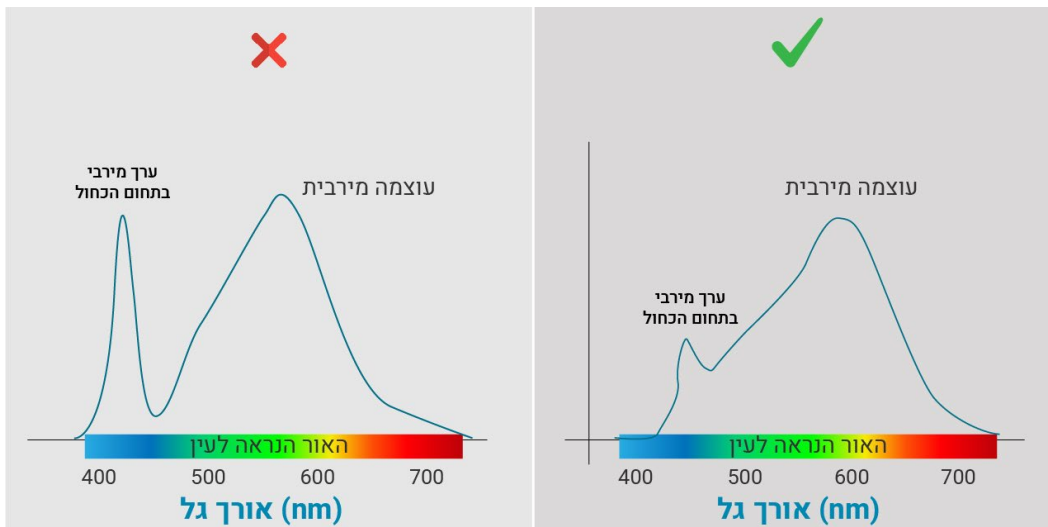
הסבר:

בהתאם להנחיות המשרד להגנת הסביבה⁽²⁴⁾, יש להגביל את השימוש בגופי תאורה עם תכולת אור כחול, כאשר ההגדרה ההנדסית היא: "יש להשתמש בגופי תאורה בהם הערך המירבי של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום יהווה עד 50% מהעוצמה המרבית הנפלטת בשאר הספקטרום"⁽²⁵⁾.

באיור 11 מוצג בצד שמאל גרף המייצג גוף תאורה בעל תכולת אור כחול גבוהה, לעומת גוף תאורה המיוצג בגרף מימין, בו תכולת האור הכחול נמוכה. גוף התאורה המיוצג בגרף הימני מייצג התאמה להנחיות המשרד להגנת הסביבה ועונה על הדרישה שהערך המירבי של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום יהווה עד 50% מהעוצמה המרבית הנפלטת בשאר הספקטרום. טמפרטורת הצבע של גופי התאורה מוצגת באיור 12.

יש לתכנן שימוש בגופי תאורה בעלי אורכי גל ארוכים - גוון "חם". גוון האור מתואר ע"י טמפרטורת קלווין K, אשר מייצג את גוון הצבע. גוף תאורה בעל אור באורכי גל קצרים (אור קר/כחול) עלול לשבש בעולם החי תהליכים הורמונליים, תהליכי רבייה ונדידה, אגירת מזון, ושאר תהליכים הנגזרים מאורך היום הטבעי (לפירוט ראה **נספח 4** - השפעת גוון האור על עולם החי והצומח). ככל שערך הקלווין נמוך יותר, כך גוון האור "חם" יותר, כלומר - כזה שפחות מפעיל את המערכת הביולוגית "לחשוב" בטעות כי מדובר ביום, למרות שבפועל זה לילה.

מדד הקלווין מהווה ייצוג חלקי למידת תכולת אורכי הגל הקצרים - האור "הקר/כחול", רצוי לא להסתמך על ערך הקלווין בלבד כמייצג את תכולת האור הכחול. היקף האור הכחול הנפלט מגוף התאורה ניתן לבקרה מלאה בעזרת בחינת גרף הספקטרום המייצג את תכולת האור⁽²³⁾.



איור 11: גרף הספקטרום האורי המציג את עוצמת האור בתחום הכחול ביחס לעוצמות אורך הגל בספקטרום הנראה

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית



איור 12: סקלת גווני אור בקלווין - גוון אור קר (מימין) הוא בעל השפעה אקולוגית שלילית בשעות הלילה. יש להשתמש בגוון אור מ-3000 K ומטה בהתאם לרמת הרגישות במרחב.

קוד אקולוגי - תאורה ידודתית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ידודתית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

23. נייר עמדה בנושא קרינה קצרת גל - החלק הכחול של ספקטרום האור הנראה, משרד הבריאות, מרץ 2019. <http://www.light.org.il/Media/Default/publications/429511819.pdf>

24. הנחיות המשרד להגנת הסביבה תאורה במדריכים ומידע **באתר המשרד להגנת הסביבה**.

25. יש לציין כי משרד הבינוי מתנגד לשימוש בערך המרבי של הקרינה בתחום הכחול בתור קריטריון עבור ההשפעה הביולוגית של האור.



**תכנון
תאורת דרכים
תוך מניעת
זיהום אור אל
עבר השטחים
הפתוחים**

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנון**תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים**הטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

1. רקע

חשוכה וכן מניעת זיהום אור בהיבט של זהירות רקיע (ראה פירוט **בנספח 1 - פרק תקינה**). התקן כולל גם התייחסות לאפשרות של עמעום התאורה בשעות השונות (אלמנט התורם לצמצום זיהום אור).

חברת נתיבי ישראל, כחברה ממשלתית מובילה לתשתיות תחבורה בישראל, ערכה בשיתוף עם החברה להגנת הטבע, המשרד להגנת הסביבה ורשות הטבע והגנים בשנת 2020 מסמך המלצות בשם "תאורה ייחודית לסביבה בחברת נתיבי ישראל"⁽²⁶⁾. המסמך כולל המלצות למזעור השפעת תאורת דרכים אל מחוץ לתחום הדרך (מעבר למסעה) ע"י תכנון מושכל המתחשב במעבר דרכים בשטחים רגישים אקולוגית בכפוף להנחיות משרד התחבורה.

ניתן לציין גם את התקן הוולונטרי האמריקאי לתשתיות דרכים הנקרא "Greenroads" המוענק לפרויקטים של תשתיות דרכים בהתאם לעמידה בשורת קריטריונים בתחומי הסביבה, הכלכלה והחברה. אמות המידה הסביבתיות כוללות סעיפים העוסקים במניעת זיהום אור ע"י הגדרת הגבלת זליגת האור בגוף התאורה. התקן אומץ לראשונה בישראל בפילוט ראשון של חברת סולל בונה מקבוצת שיכון ובינוי, עבור פיתוח קטע כביש 77 בצפון הארץ ב-2017.

בפרק זה מובאים דגשים ייחודיים לתאורת דרכים בהמשך לתיאור העקרונות המובאים בפרק 4. **יש להבהיר שמשרד התחבורה אמן על הנחיות לתאורת הדרכים בהתאם לתקנים, ואלו מחייבים. הנחיות פרק זה מתרכזות בזליגת אור מעבר לתחום מסעת הדרך אל השטחים הפתוחים, ותואמים להנחיות מסמך "תאורה ייחודית לסביבה בחברת נתיבי ישראל, 2020".**

מדיניות הארת דרכים בישראל מבוססת מסמך של משרד התחבורה שותרתו: "הנחיות לתכנון מאור בדרכים" משנת 1996. הנחיות תכנון אלו נסמכות על ת"י 1862 לתאורת דרכים, ומבוססות על ההנחה שהפעלת תאורת דרכים בלילה מגבירה את תחושת בטיחות הנסיעה ומפחיתה סיכון לתאונות דרכים בשעות החשיכה.

בהנחיות משרד התחבורה מוגדרים אזורי סיכון מוגבר לתאונות כגון צמתים, מחלפים, מפגשי מסילת ברזל, תחנות אוטובוס ועוד, בהם נקבעה חובה להארת הדרך בשעות החשיכה. בין סעיפי הנחיות המחייבות נכלל סעיף אשר מגדיר שחובת התקנת מאור בדרכים חלה "בכל מקום בו נדרשת תאורה בגלל שיקולים בטיחותיים - ביטחוניים", סעיף זה משאיר פתח רחב לשיקול דעת. נוסף על כך, הנחיות משרד התחבורה קובעות באלו מקרים חייבים תאורת דרכים, אך הן אינן מתייחסות לנושא תאורת דרכים בשאר המצבים, בהם לא הוגדר צורך בהארה. נכון להיום בישראל, בקטעי כביש רבים, לא הותקנה תאורת דרכים לכל אורכה של הדרך (אלא כמחויב בהנחיות - דוגמת צמתים וכו'), אך ניכר שהמגמה היא להאיר יותר כבישים ולעיתים בעוצמות אור גבוהות מאשר בעבר. **לעת כתיבת מדריך זה, משרד התחבורה מתכנן לעדכן את הנחיות התכנון לעניין הארת דרכים.**

בשנת 2010 אימץ מכון התקנים את ת"י 13201 לתאורת דרכים (אשר מחליף את ת"י 1862). אימוץ התקן הבינלאומי יישר קו עם דרישות בטיחות הדרכים המקובלות באירופה. התקן החדש מרחיב ומשכלל את הדיון בתכנון תאורת הדרכים וכולל, בין היתר, מענה לתאורת כבישים מהירים, מחלפים, התאמה לנפח תנועה, מהירות נסיעה, עומס, הרכב התנועה ועוד. בתקן מפורטת הדרישה להתייחסות למניעת תאורה פולשנית לנכסים פרטיים בסביבה

26. תאורה ייחודית לסביבה, ד"ח מסכם, מרץ 2020 באתר טבע ביז של החברה להגנת הטבע.

27. תקן גרין רודס - Greenroads: www.greenroads.org

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנון**תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים**הטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

2. האם להאיר?

בתאורת הדרכים, כמו בכל תאורת חוץ לילית, הדרך הסביבתית ביותר היא להאיר רק את מה שצריך להאיר ולא מעבר לכך, בדגש על צמצום ההארה בתשתית הסמוכה לשטחים פתוחים הרגישים לזיהום אור.

לעיתים מתקבלת החלטה להאיר מקטע דרך, מעבר לדרישות המחייבות, בשל הפוטנציאל לשיפור בטיחות הדרך וצמצום תאונות הדרכים. במקרים מסוימים להארת הדרך מחיר סביבתי (כמו גם כלכלי ואנרגטי). בהתאם לכך, מוצע לתכלל את התועלות לעניין בטיחות בדרכים מול העלויות השונות, כולל ההשפעה הסביבתית.

להלן הצעה למתודולוגיה עקרונית שמטרתה לבחון האם רצוי להאיר מקטע דרך חדש:

- יש לאסוף מידע ליצירת בסיס נתונים מהימן, העוסק בשיקולי בטיחות דרכים של משתמשי הדרך:
 - מה נפח התנועה הצפוי במקטע הכביש, בהתפלגות על פי שעות היממה ובדגש על שעות הלילה?
 - מהי התפלגות תאונות הדרכים בכביש היום, על פני שעות היממה?
 - מהי התפלגות סוגי תאונות הדרכים, בהשוואה לכבישים דומים?
 - בחינת תאונות קטלניות - האם בוצעה חקירת עומק של תאונות אלו? האם קיים קשר בין חוסר התאורה לגורם לתאונות אלו?

האם מתוכננים פתרונות להגברת הבטיחות במקטע הדרך הנדון, מלבד הארה? לדוגמה האם קיימת הפרדה בין הנתיבים בכביש באמצעות גדר הפרדה, הדגשת פסי השוליים של הכביש בצבע צהוב זוהר, חריצת שולי כביש, התקנת "עיני חתול" בנתיבי הכביש, שילוב שלטי הזהרה וסימונים מיוחדים על הכביש וכן אמצעים רבים אחרים.

2. יש לבחון את הכשל הבטיחותי המוצג כמחייב הארת הדרך - אל מול הנתונים לעיל, ולבחון מהימנות.

3. יש לבחון את גורמי הסיכון לתאונות דרכים אל מול התועלות הצפויות לבטיחות בדרכים בהארת מקטע הדרך.

4. יש לבחון את הרגישות האקולוגית של המרחב מעבר לשולי הדרך:

- מה רמת החשיבות של שמירה על חשכה בשעות הלילה באזור?
- מהם הנזקים הצפויים כתוצאה מהארת הכביש לעולם החי והצומח?

5. בתהליך של ניהול סיכונים יש לתכלל את הנתונים, כך שאלו יהווה רקע מושכל לקבלת החלטות מבוססות ידע, אשר מתחשבות בין שאר השיקולים, גם בהיבטי שמירה על הסביבה.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

3. היכן ומתי להאיר?

היכן להאיר?

רגישות אקולוגית: אקולוג המלווה תסקיר השפעה על הסביבה לדרך ידרג את השטחים בצידי הדרך, לאור הרגישות האקולוגית לזיהום אור (לקביעת רגישות לזיהום אור [פרק 4 נספח 1](#)) והנושא ידון בחלופות התכנון. בתסקיר ובהוראות תכנית יש לציין תאי שטח שרצוי מבחינה אקולוגית שישמרו חשוכים (תוך ציון ההסתייגות - "בכפוף להנחיות משרד התחבורה הרלוונטיות"⁽²⁸⁾).

מתי להאיר?

ניהול ההארה: עומס התנועה משתנה בין שעות הלילה השונות, ובהתאם הצורך בהארה. יש לקבוע משטר הדלקה וכיבוי בהתאם למינימום ההכרחי, ובמידה וניתן לעמעם⁽²⁹⁾ - ייקבע משטר בהתאם. מוצע לבחון אפשרות עמעום תאורה החל משעה 23:00 וכיבוי בשעה המוקדמת האפשרית בעזרת מערכות בקרה. במידה ונדרשת תאורה רציפה לאורך כל שעות החשכה, רצוי שהתאורה תדלק ותכבה בעזרת שעון אסטרונומי (ראה [נספח 2 סעיף 3](#) - מערכות לייעול וניהול התאורה).

4. איך להאיר?

4.1 היועצות

להלן דגשים לתכנון הארת דרכים, אלו נאמנים להנחיות מסמך "תאורה ייחודית לסביבה, חברת נתיבי ישראל"⁽³⁰⁾.

4.2 עוצמה

השתמש בתאורה בעוצמה הנמוכה ביותר המתאימה לצורך שהוגדר. באזורים רגישים אקולוגית או בסמוך לשטחים פתוחים עוצמת התאורה תתוכנן על פי:

- הנחיות משרד התחבורה - תוך התאמת רמת איכות התאורה (רא"ת) להיררכית הדרך (דרך מהירה וראשית = רא"ת 1, אזורית = רא"ת 2 ומקומית = רא"ת 3). אין לתכנן מעבר לכך - תכנון תאורה לפי דרגת "רא"ת" גבוהה מהנדרש גורר פגיעה בטבע כתוצאה מעליה בזיהום האור לסביבה, כמו גם בזבז אנרגטי וכלכלי.
- ת"י 13201 - תוך שימת לב לנושא היחס בין ההארה של הכביש עצמו לבין ההארה הקיימת בסביבתו (R/S).

התאורה תתוכנן תוך הגבלת סף עוצמה עליון - כך שלא יעלה על תוספת של 20% מערך המינימום הנדרש בהנחיות משרד התחבורה ובת"י 13201.

28. הנחיות משרד התחבורה המתעדכנות מעת לעת.

29. על פי הנחיות מאור בדרכים של משרד התחבורה בכבישים אין אפשרות לעמעום התאורה בהתאם לעומס תנועה משתנה.

30. תאורה ייחודית לסביבה, ד"ח מסכמ, מרץ 2020 באתר טבע ביז של החברה להגנת הטבע.

31. BUG - Backlight, Uplight, Glare היא שיטת דירוג אמריקאית למניעת זליגת אור.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

4.3 זליגת אור

גופי תאורה:

מנע זליגת אור על ידי סיכוך ושימוש בגופי תאורה עם פיזור אלומת אור מוגבלת.

- באזורים ברגישות גבוהה וקיצונית הגופים יהיו ללא זליגת אור כלפי מעלה - לפי דירוג U0 על-פי תקן TM15.
- גופי התאורה יעמדו בדירוג BUG⁽³¹⁾ מרבי G2-U0-B2, ושטף האור בתוך תת-אזורים FVH ו-BVH לא יעלה מעל 100 לומן.

גובה עמודים:

• באזורים בעלי רגישות אקולוגית גבוהה וסמוך לשטחים הפתוחים, הימנע משילוב עמודי תאורה גבוהים במיוחד (מעל 30 מ') הנקראים עמודי היי-מאסט (High Mast). זאת משום שגובה העמודים מייצר פוטנציאל לזיהום אור משמעותי לסביבתו. במדידה שנערכה במחלף עין תות בכביש 6⁽³²⁾, בו הותקן עמוד תאורה בגובה 45 מ', נרשמה עוצמת אור משמעותית (מעל 10 לוקס) גם במרחק 80 מטר, בתחום השטחים הפתוחים - הרבה מעבר לתחום הדרך שנדרש להאיר.

• בשטחים ברגישות אקולוגית קיצונית לא יעשה שימוש בעמודים אלו כלל.

מיקום עמודים:

תכנון מיקום עמודים בדרך דו-מסלולית בצידי הכביש, כל עוד ניתן לעמוד בדרישות בטיחות וביטחון משתמשי הדרך. בחירת הצד המועדף למיקום עמודי התאורה יבוצע תוך בחינת מרחקי ההארה האחורי והקדמי ומזעור ההשפעה על שטח הרגיש ביותר אקולוגית בסביבת הכביש.

זליגת אור קדמי:

תכנון את תכנית התאורה לדרך כך שיוגבל השטח הקדמי המואר, מעמודי התאורה לכיוון הדרך, כך שתמנע זליגת אור מעבר לתחום המיסעה הנדרש בהארה.

באזורים ברגישות אקולוגית קיצונית יש לתכנן כך שלא תהיה זליגת אור מעבר למרחק המפורט בטבלה מטה בטור "מרחק ההארה הרצוי". באזורים ברגישות אקולוגית גבוהה רצוי ככל הניתן לתכנן בהתאם למרחק זה, ובמקרה של צורך בטיחותי / בטחוני אין לחרוג מעל המרחק המפורט בטור "מרחק ההארה המקסימלי"⁽³³⁾.

טבלה מס. 2: צמצום זליגת האור הקדמי מעבר לתחום המיסעה בהתאם לטיפוסי הכביש השונים

הערות	מרחק הארה מקסימלי לחריגה בעת הצורך*	מרחק הארה רצוי	מיקום עמודי התאורה	הגדרת טיפוס הכביש	טיפוס הכביש
ישים כיום עבור עמודי תאורה בגובה 12 מ'	40 מ'	40 מ'	הפרדה מרכזית	דרך דו מסלולית, דו נתיבית	
ישים כיום עבור עמודי תאורה בגובה 15 מ'	53 מ'	42 מ'	הפרדה מרכזית	דרך דו מסלולית, ארבעה נתיבית	

* יש לתכנן בהתאם למרחק ההארה הרצוי. תכנון בהתאם למרחק ההארה המקסימלי יבוצע כתוצאה מחוסר יכולת לעמוד בדרישות הבטיחות והביטחון עם מרחק ההארה הרצוי.

32. קבוצת "אור מכוון", דו"ח מדידת עוצמות אור במחלף עין תות, 2017.

33. "מרחק הארה רצוי" ו-"מרחק הארה מקסימלי לחריגה בעת הצורך" הוא הטווח הנמדד מעמוד התאורה ועד לשטח הנשמר כחשוכ (ז"א עד 0.3 לוקס).

קוד אקולוגי - תאורה ידידותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

זליגת אור אחורי:

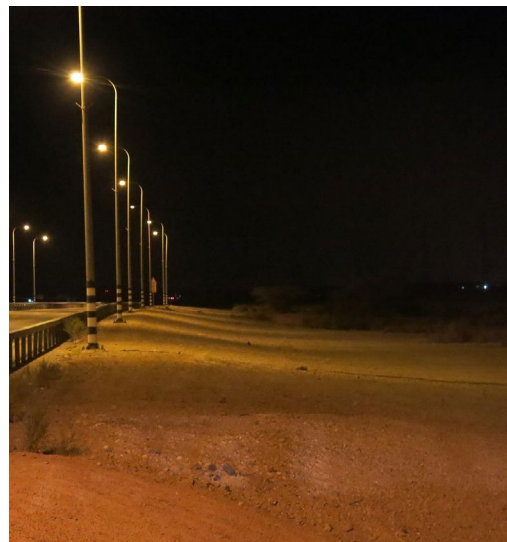
תכנן את תכנית התאורה לדרך כך שיוגבל השטח המואר "מאחורי" עמודי התאורה אל עבר השטחים הפתוחים. לצורך צמצום זליגת האור יעשה שימוש בגופי תאורה בעלי מסתרי אור אחורי תיקני המאפשר עמידה במרחקי ההארה המפורטים בטבלאות מטה. פיזור אור זה יגובה בבדיקות פוטומטריות מעבדתיות.

באזורים ברגישות אקולוגית קיצונית יש לתכנן כך שלא תהיה זליגת אור מעבר למרחק המפורט בטבלה מטה בטור "מרחק ההארה הרצוי". באזורים ברגישות אקולוגית גבוהה רצוי ככל הניתן לתכנן בהתאם למרחק זה, ובמקרה של צורך בטיחותי / בטחוני אין לחרוג מעל המרחק המפורט בטור "מרחק ההארה המקסימלי".

טבלה מס. 3: צמצום זליגת האור האחורי מעבר לתחום המיסעה בהתאם לטיפוסי הכביש השונים

הערות	מרחק הארה מקסימלי לחריגה בעת הצורך*	מרחק הארה רצוי	מיקום עמודי התאורה	הגדרת טיפוס הכביש	טיפוס הכביש
ישים כיום עבור עמודי תאורה בגובה 12 מ'	24 מ'	8 מ'	צד הדרך	דרך דו מסלולית חד נתיבית	
ישים כיום עבור עמודי תאורה בגובה 15 מ'	24 מ'	15 מ'	2 צדי הדרך	דרך דו מסלולית, דו נתיבית	
ישים כיום עבור עמודי תאורה בגובה 15 מ'	38 מ'	32 מ'	2 צדי הדרך	דרך דו מסלולית, ארבעה נתיבית	

* יש לתכנן בהתאם למרחק ההארה הרצוי. תכנון בהתאם למרחק ההארה המקסימלי יבוצע כתוצאה מחוסר יכולת לעמוד בדרישות הבטיחות והביטחון עם מרחק ההארה הרצוי.



תמונה 3: צילומי "לפני - אחרי" מתוך פילוט לצמצום זיהום אור בסמוך לקיבוץ סמר בערבה. מימין: זליגת אור אחורי טרם שדרוג התאורה המגיע למרחק 30 מ' מגבול המיסעה. משמאל: זליגת אור אחורי אשר צומצם למרחק 12 מ' בלבד מגבול המיסעה, לאחר תכנון תאורה עם אמצעים למניעת זליגת אור אחורי | צילומים: אלכס גולדין.

לדרך תוך בניית מודל תלת-ממדי ממוחשב של האזור בעזרת תוכנה לחישובי תאורה (דוגמת AGI32). החישובים יתייחסו לגיאומטריה של המקום, למפלסים השונים, לגובה הגשרים ומרווחים בין גשרים סמוכים - במידה וקיימים.

טופוגרפית השטח:
התחשב במפלסי השטח, אשר מעבר לתחום הדרך, בכדי לצמצם זיהום אור לשטחים הפתוחים.

חישובים פוטומטרים המוכיחים את צמצום זליגת האור ייקחו בחשבון את טופוגרפית השטח הסמוך



תמונה 4: הארת דרך בגשר כביש 85 מעל שטח רגיש אקולוגית (נחל עמוד), הפרשי הגובה מעבר לשטח המיסעה לא חושבו בתכנית התאורה ולכן נוצרת הארה מיותרת של הנחל - אזור ברגישות אקולוגית גבוהה | צילום: מיכל ניב נאמן.

חברת נתיבי ישראל פועלת להגבלת גוון האור משנת 2020 בהתאם לטרמינולוגיה אשר נקבעה במסמך ["תאורה ידיוותית לסביבה בחברת נתיבי ישראל"](#)⁽³⁴⁾. מומלץ כי נתיבי ישראל תמשיך להשתמש בהגדרות אלו המתייחסות לגווןי אור המפורטים לעיל, בהתאם להנחיות שנקבעו במסמך הנ"ל.

4.4 גוון אור

במסמכי התכנון תקבע הנחייה להגבלת גוון האור בהתאם לרגישות האקולוגית של השטח:

- בשטחים **ברגישות** לזיהום אור יש להשתמש בגוון אור "חם", קטן מ- 3000 קלווין.
- בשטחים ברגישות **גבוהה** יש להשתמש בגוון אור "חם מאוד", קטן מ- 2700 קלווין.
- בשטחים ברגישות **מירבית** יש להשתמש בגוון אור "חם מירבי", קטן מ- 2200 קלווין.

קוד אקולוגי - תאורה ידיוותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית



**הטמעת
עקרונות
התכנון
בכלים
סטטוטוריים**

1. כלים להטמעת מניעת זיהום אור בתכניות סטטוטוריות

"מניעת זיהום אור" בתכניות חדשות. ככל והקמת תכנית מוצעת מהווה סיכון גדול יותר לזיהום אור, כך קיימת דחיפות ומשמעות גדולה יותר להתייחסות מעמיקה ומחייבת לנושא (ראה איור 13).

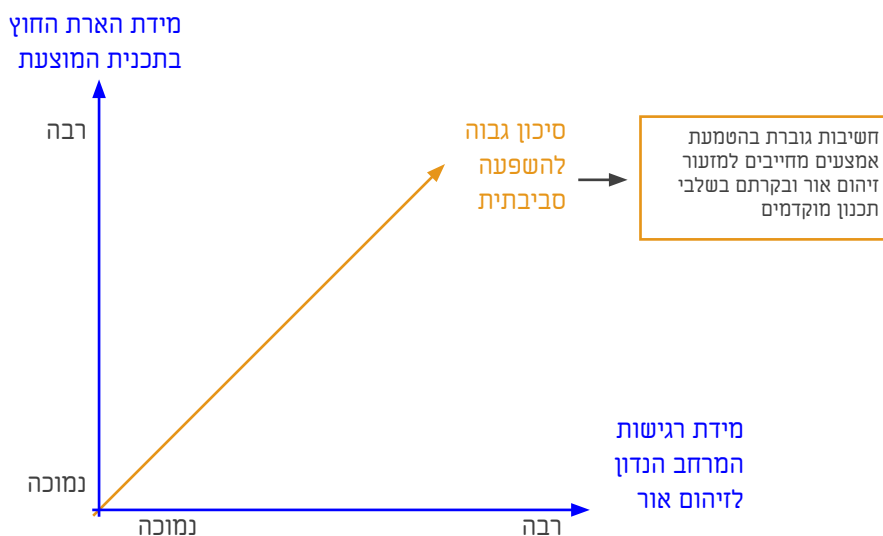
קריטריונים על פיהם צפויה השפעה משמעותית של זיהום אור מתכנית:

- כאשר תכנית מתוכננת להיות מוארת ברצף לאורך פרקי זמן גדולים בלילה, כאשר מתוכננת עוצמות אור משמעותיות, כאשר השטח המואר רחב.
- כאשר התכנית באזור חשוך במקור, כאשר התכנית סמוכה לאזורים שמהווים שטחי מחייה לערכי טבע מוגנים, כאשר התכנית סמוכה לשטחים פתוחים טבעיים ואזורים שייעודם שמירה על ערכי טבע.

בפרק זה מוצגים "כלים סטטוטוריים" להתמודדות עם תכניות לתשתיות או תכניות הכוללות תשתיות אשר הקמתן עלולה לגרום לתוספת זיהום אור לסביבה.

בדצמבר 2021 התקבלה טיוטת דו"ח ביניים לנושא "תכנון חושב רישוי" בעריכת חטיבת הרגולציה של מינהל התכנון⁽³⁵⁾. מטרת הדו"ח להוביל לשינוי בכתיבת הוראות לתכנית - "כתיבת תכניות ברות מימוש, בהירות, ברורות וגמישות המאפשרות מעבר לתהליך הרישוי באופן פשוט, יעיל ומאפשר מימוש ללא צורך בהקלות, תוך שמירה על איכות התכנון וודאות ושקיפות".

בהתאם להנחיות אלו ומתוך הבנה שמניעת זיהום אור הוא נושא תכנוני - סביבתי, להלן סל כלים להטמעת



איור 13: הערכת מידת השפעת הקמת תכנית על זיהום אור

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיונית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

טבלה מס. 4: כלים סטטוטוריים למזעור זיהום אור
 על מנת להקל על ההטמעה של נושא מניעת זיהום אור וכן לייצר אחידות באופן השילוב של תחום זה

בהליכי התכנון השונים, להלן הצעות להוראות לתכניות ולהיתרים לשילוב במסמכי התכנון, בהתאם לשלב הסטטוטורי המתאים⁽³⁶⁾.

מס'	כלי	היררכית התכנית	יעוד התכנית	דוגמה להוראה להטמעה בתכנית	הערות והנחיות פרטניות
1	שילוב הוראה כללית למזעור זיהום אור.	תכנית אב, תכנית אסטרטגית, תכנית מתאר ארצית, תכנית מחוזית, תכנית כוללת (תכניות אשר מכוון לא ניתן להוציא היתר בניה) או תכנית מפורטת (כאשר לא צפויה השפעה משמעותית של זיהום אור כגון הארה לצרכי חירום בלבד).	רלוונטי לכל ייעוד הגובל בשטח פתוח (כולל שצ"פ אינטנסיבי).	הוראה: תכנון תאורת החוץ תעשה תוך הגבלה מרבית של זליגת אור לשמיים ולשטחים פתוחים סמוכים.	
2	קביעת תאי שטח בתכנית אשר ישמרו חשוכים ⁽³⁷⁾ .	כל ההיררכיות של התכניות.	רלוונטי לכל ייעוד בו בתחום התכנית ישנו שטח בערכיות אקולוגית שיש לשמר בו את משטר התאורה הטבעי, והחשכה בלילה.	הוראה: תא שטח .. (יוגדר בהוראות תכנית) ישמר חשוך וללא הארה מלאכותית בשגרה ⁽³⁸⁾ .	מחייב סימון תא שטח ייעודי לנושא בתשריט לתכנית.
3	שילוב תנאים בהוראות התכנית הקובעים צורך בפניה לרט"ג בשלב היתר בניה.	תכנית מפורטת או כל תכנית שניתן מכוחה להוציא היתרים.	רלוונטי לכל ייעוד המתוכנן להיות מואר בשגרה בסמוך לשטח פתוח (כולל שטח פתוח אינטנסיבי). או ליעוד בשימוש זמני מואר 24/7 כגון אתר התארגנות לקבלן במידה וסמוך לשטחים פתוחים.	הוראה: תנאי להגשת היתר בניה, תיאום עם רט"ג לעניין מניעת זיהום אור ובכלל זה עוצמה, כיוון וגוון האור. לחלופין: תנאי להגשת היתר בניה הינו הגשת תכנית תאורה פוטומטרית לאישור רט"ג.	בשטחים מוגנים סטטוטורית, מידען הועדה המקומית יפנה את הבקשה להיוועצות עם הגוף המוסמך (קק"ל / רט"ג). מוצע להפנות לתיאום מול גוף בעל יכולת לבצע בקרה על תכנית תאורה פוטומטרית (כיום מבוצע ע"י ברט"ג). גופים נוספים אשר ניתן להפנות אליהם את הבקשות: קק"ל, מנהלת אזור תעשייה, יחידה סביבתית, גוף בקרה סביבתית בצה"ל או אחר בהתאם למקרה.

36. הכל בכפוף לחקיקה עדכנית, תקנים מחייבים והנחיות משרדי הממשלה התקפים באותה עת, כגון הנחיות משרד התחבורה.

37. בתכניות לדרכים - תוך ציון ההסתייגות - בכפוף להנחיות משרד התחבורה הרלוונטיות המתעדכנות מעת לעת.

38. רצוי להוסיף: עד 0.27 לוקס. (המייצג את עוצמת האור בליל ירח מלא ללא תוספת הארה מלאכותית).

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה למתקני תשתית

מס'	כלי	היררכית התכנית	יעוד התכנית	דוגמא להוראה להטמעה בתכנית	הערות והנחיות פרטניות
4	שילוב תנאים בהיתר בניה או בהוראות תכנית - להלן קבוצת כלים משלימים אחד לשני אשר ניתן לשלב בהתאם למקרה ולצורך, ובהתאם לשלב הסטטוטורי הרלוונטי.				
4.1	חיוב שימוש בגופי תאורה המגבילים את פיזור אלומת האור תוך הפניה לדירוג המובא בת"י וולונטרי.	תכנית מפורטת הקובעת הוראות להיתר/ היתר בניה / הרשאה תכנית מפורטת או תכנית דרך כאשר: הנושא מובא בהמלצות נספח סביבה (או תסקיר השפעה על הסביבה) ומומלץ בו שילוב הוראות למזעור זיהום אור. קיים סיכון להשפעה סביבתית בהתאם לשיקול דעת גוף תכנון או סביבה.	רלוונטי לכל ייעוד ובכל מרחב המואר בשעות הלילה.	הוראה בתכנית מפורטת: תנאי בהיתר יהיה כי גוף התאורה יבטיח כיווניות ומיקוד אלומת האור לפי דירוג G-6 המובא בת"י 13201. תנאי בהיתר בנייה: גוף התאורה יבטיח כיווניות ומיקוד אלומת האור לפי דירוג G-6 המובא בת"י 13201. תנאי למתן תעודת גמר: אישור של יועץ תאורה כי גוף התאורה מבטיח כיווניות ומיקוד אלומת האור לפי דירוג G-6 המובא בת"י 13201.	יש להקפיד כי נוסח ההוראה מותאם לשלב הסטטוטורי המתאים. הקפדה על הוראה שאינה מגבילה עדכון התקן הוולונטרי (ז"א ללא ציון שנת התקן - כך ההוראה תמיד תתייחס לריוויזיה העדכנית לתקן).
4.2	התאמת גוון האור לרמת רגישות אקולוגית של המרחב		רלוונטי לכל ייעוד הגובל בשטח פתוח (שאינו שצ"פ אינטנסיבי) כולל דרכים, מתקני תשתית, מתקני ספורט, תחנות דלק ועוד.	הוראה בתכנית מפורטת: תנאי בהיתר יהיה אישור מיועץ תאורה כי גוף התאורה שהותקנו לא יעלה על... (יקבע בהתאם להערה בצד) קלווין. תנאי להיתר בניה: גוון האור של כל גופי התאורה שהותקנו לא יעלה על... (יקבע בהתאם להערה בצד) קלווין. תנאי למתן תעודת גמר: אישור מיועץ תאורה כי גוון האור של כל גופי התאורה שהותקנו לא עולה על (יקבע בהתאם להערה בצד) קלווין.	במתקני תשתית ובדרכים ⁽³⁹⁾ יש לשלב את הגוון לפי: ברגישות אקולוגית מרבית = עד 2200 K, ברגישות גבוהה = עד 2700 K, ברגישות נמוכה עד 3000K. במתקני תשתית הערך המירבי של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום יהווה עד 50% מהעוצמה המרבית הנפלטת ⁽²⁴⁾ .

39. חברת נתיבי ישראל פועלת להגבלת גוון האור משנת 2020 בהתאם לטרמינולוגיה אשר נקבעה במסמך 'תאורה ידיוותית לסביבה בחברת נתיבי ישראל'. מומלץ כי נתיבי ישראל תמשיך להשתמש בהגדרות אלו המתייחסות לגווןי אור המפורטים לעיל, בהתאם להנחיות שנקבעו במסמך הנ"ל.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

מס'	כלי	היררכית התכנית	יעוד התכנית	דוגמא להוראה להטמעה בתכנית	הערות והנחיות פרטניות
4.3	קביעת מרחק מירבי המותר בזליגת הארה מחוץ לתחום הבינוי/ גבולות המתקן.	תכנית מפורטת הקובעת הוראות להיתר/ היתר בניה / הרשאה	רלוונטי לכל ייעוד או מתקן תשתית עם גבולות ברורים ותאורה שתופעל בשעות החשיכה בדגש על סמיכות לשטחים פתוחים.	הוראה בתכנית מפורטת: תנאי בהיתר יהיה כי מעבר למרחק של 15 מ' מגדר המתקן לא תהיה הארה בשגרה שמקורה בתכנית, והמרחב ישמר חשוך ⁽⁴⁰⁾ . תנאי להיתר בנייה: מעבר למרחק 15 מ' מגדר המתקן לא תהיה הארה בשגרה שמקורה והמרחב ישמר חשוך ⁽³⁰⁾ . תנאי למתן תעודת גמר: אישור מיועץ תאורה כי מעבר למרחק 15 מ' מגדר המתקן לא תהיה הארה בשגרה שמקורה והמרחב ישמר חשוך ⁽³⁸⁾ .	15 מ' מהווה כלל אצבע, יש להגדיר מרחק לפי הנחיות למקום הספציפי. לפירוט ראה פרק עוצמת הארה בשולי המתקן .
4.4	הגבלת עוצמות תאורה בדרכים ע"י הפניה לתקן וולונטרי + קביעת רף מגבלה עליון	תכנית מפורטת או תכנית דרך כאשר: 1. הנושא מובא בהמלצות נספח סביבה (או תסקיר השפעה על הסביבה) ומומלץ בו שילוב הוראות למזעור זיהום אור. 2. קיים סיכון להשפעה סביבתית בהתאם לשיקול דעת גוף תכנון או סביבה.	רלוונטי למקטעי דרכים בסמוך לשטחים פתוחים בכפוף להנחיות משרד התחבורה.	הוראה בתכנית מפורטת: תנאי בהיתר יהיה כי עוצמות האור יוגבלו בהתאם להגדרת הערך הממוצע המינימלי המוגדר בת"י 13201 ועד 20% מעליו ⁽⁴¹⁾ . תנאי בהיתר בניה: אישור יועץ תאורה כי עוצמות האור יוגבלו ויהיו בהתאם להגדרת הערך הממוצע המינימלי המוגדר בת"י 13201 ועד 20% מעליו ⁽⁴¹⁾ . תנאי למתן תעודת גמר: אישור יועץ תאורה כי עוצמות האור יוגבלו ויהיו בהתאם להגדרת הערך הממוצע המינימלי המוגדר בת"י 13201 ועד 20% מעליו ⁽⁴¹⁾ .	הקפדה על הוראה שאינה מגבילה עדכון התקן הוולונטרי (ז"א ללא ציון שנת התקן - כך ההוראה תמיד תתייחס לריוויזיה העדכנית).

40. 15 מ' מהווה כלל אצבע, יש להנחות בהתאם להנחיות הגוף הרלוונטי ולמקום הספציפי. לפירוט נרחב ראה [פרק 4](#) במסמך זה. רצוי להוסיף: עד 0.27 לוקס. (המייצג את עוצמת האור בליל ירח מלא ללא תוספת הארה מלאכותית).
41. כיום תקן זה אינו מנחה לפי משרד התחבורה. ניתן להגדיר לחלופין "בהתאם לערך המינימלי הנדרש בהנחיות משרד התחבורה".

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים**הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים**ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

מס'	כלי	היררכית התכנית	יעוד התכנית	דוגמא להוראה להטמעה בתכנית	הערות והנחיות פרטניות
	הגבלת עוצמות תאורה במתקנים ע"י הפניה לתקן מחייב + קביעת רף מגבלה עליון	תכנית מפורטת הקובעת הוראות להיתר/ היתר בניה / הרשאה	רלוונטי למתקני תשתית או מקומות עבודה כמוגדר בת"י 12464 (תשתית, אתר התארגנות, תעשייה, תחנת דלק וכו') בסמוך לשטחים פתוחים.	הוראה בתכנית מפורטת: תנאי בהיתר יהיה כי עוצמות האור יוגבלו בהתאם להגדרת הערך הממוצע המינימלי המוגדר לפי השימוש בת"י 12464 ועד 20% מעליו. תנאי בהיתר בנייה: עוצמות האור יוגבלו בהתאם להגדרת הערך הממוצע המינימלי המוגדר לפי השימוש בת"י 12464 ועד 20% מעליו. תנאי למתן תעודת גמר: אישור יועץ תאורה כי עוצמות האור הוגבלו בהתאם להגדרת הערך הממוצע המינימלי המוגדר לפי השימוש בת"י 12464 ועד 20% מעליו.	
5	הפניה להנחיות הכלולות במסמך רקע כגון נספח סביבתי, תסקיר השפעה על הסביבה או נספח בניוי ופיתוח.	תכנית מפורטת או כל תכנית המלווה בתסקיר או נספח סביבתי בו קיימות הנחיות מפורטות בנושא זיהום אור.	רלוונטי לכל הייעודים משום שהמסמך נותן מענה ייעודי לתכנית.	הוראה בתכנית מפורטת: יש לתכנן את תאורת המתקן בהתאם לפרק ... בתסקיר הסביבתי / נספח סביבתי לנושא מניעת זיהום אור.	בהתאם למסמך "תכנון חושב רישוי" אם עורכי התוכנית או מוסד התכנון סבורים שמרכיבים בנספח צריכים להיות מחייבים יש לשנות את מעמד הנספח למחייב חלקית ולהגדיר מה המרכיבים המחייבים בו.
6	קידום "הנחיות מרחביות" למרחב	הנחיות מרחביות של ועדה מקומית / מרחבית	רלוונטי לכל סוגי הייעודיים.	דוגמאות ⁽⁴²⁾	לא קשור לתכנית ספציפית ⁽⁴³⁾

42. קישור לדוגמאות אשר קודמו לנושא זה מובאות בנספח 1 - פרק 3-הנחיות.

43. בסעיף 145 ד. לחוק התכנון והבניה נקבעו נושאים אשר יכולים להיכלל בהנחיות מרחביות בהם: "הנחיות מרחביות יכול שיתייחסו לחזונו ולמראהו החיצוני של בניין, למפלסי הכניסה לבניין, להשתלבות הבניין בסביבתו, לחיבור תשתיות ולעניינים נוספים כפי שקבע שר הפנים". בהתאם לכך הם יכולים לתת מענה למניעת זיהום אור.

2. הנחיות לעריכת תסקיר השפעה על הסביבה

פרק ב' - בחינת חלופות

חלופות מיקום: ככל ותשתית (מתקן/ דרך) מחויבים בהארה בשגרה בשל שיקולים ביטחוניים/בטיחותיים/תפעוליים, יש לבחון חלופות מיקום של התכנית גם בהתאם לקריטריון של מניעת זיהום אור אל עבר בתי גידול ואזורים רגישים אקולוגית וסביבתית, כולל בחינת מיקום מחוץ למרחב השטח הרגיש אקולוגית. בהארה מלאכותית.

פרק ג' - תיאור התכנית

יש לתאר את אופן הארת המתקן / התשתית המתוכננת בשעות הלילה, כולל הסבר לגבי הצורך בהארה ביטחונית, בטיחותית או תפעולית להארה בשגרה, אם קיים.

ככל ויש צורך בהארה ביטחונית, בטיחותית או/ו תפעולית להארת המתקן, יש לתאר את המתקנים והשימושים המתוכננים להארה לילית (גדר, חניה, משרדים, מתקן תפעולי וכו'), שעות הארה ואמצעים מתוכננים לניהול ההארה הלילית. יש להציג את אזורי ההארה המתוכננים ע"ג תשריט.

פרק ד' - הערכת השפעות הסביבתיות של התכנית ואמצעים למזעורן

פרק ערכי טבע אקולוגיה ושטחים פתוחים:

יש להציג תשריט בו יוצגו אזורים המתוכננים להארה בשעות הלילה, ע"ג ניתוח המערכות האקולוגיות, בתי הגידול הייחודיים, המסדרונות האקולוגיים וצווארי הבקבוק וערכי הטבע הייחודיים בסביבת התכנית. בהתאם למידת הרגישות יש לסמן תאי שטח מוצעים כחשוכים ללא הארה בשעות החשיכה.

יש להמליץ על אמצעים למניעת ולמזעור זיהום אור כגון הארה רק בחירום, שילוב מערכות לניהול וייעול ההארה, הגבלת גוון אור, הגבלת כיווניות אלומת האור, הגבלת טווח השפעה מעבר לגדר, והגבלת עוצמות הארה.

בתסקיר השפעה על הסביבה (או בנספח נופי - סביבתי) לתכנית המוגשת למוסדות התכנון, קיימת האפשרות לבחון לעומק את ההשפעה של יישום התכנית על סביבתה, בין השאר בהיבטי זיהום אור. לאחר בחינת ההשפעה ניתן להגדיר את האמצעים המיטיבים למזעור ההשפעה ולשלב הנחיות מחייבות בהתאם.

בהנחיות לעריכת תסקיר השפעה על הסביבה רצוי ככל הניתן להצמיד את הדרישה לבחינת היבטי תאורה וזיהום אור לפרקים הרלוונטיים - בהם השפעות על ערכי טבע, אקולוגיה ושטחים פתוחים וכן להיבט החזותי - נופי, מורשת פנאי ותרבות - בהקשר לשמירה על חשכת הלילה.

במקרים בהם קיימת רגישות משמעותית מאוד לזיהום אור או שצפויה השפעה חריגה, רצוי לבחון לשלב פרק ייעודי לנושא התאורה ולבחון שילוב מתכנן תאורה לליווי פרק זה בתסקיר.

ניתן להפנות למדריך זה לטובת הבהרות לגבי ניתוח סביבתי בהיבטי זיהום אור.

להלן דוגמא לניסוח הנחיות לתסקיר השפעה על הסביבה (או נספח נופי סביבתי):

פרק א - תיאור הסביבה אליה מתייחסת התכנית

ערכי טבע, אקולוגיה ושטחים פתוחים:

יש לתאר את מידת הרגישות האקולוגית של מרחב ההתייחסות לזיהום אור, בין השאר בהתייחס ולתפקוד של בעלי החיים והצמחים במרחב.

ערכים נופיים וחזותיים:

יש לתאר את מידת הרגישות הנופית - חזותית של המרחב הלילי (על פני הקרקע וביחס לשמי הלילה) לזיהום אור, בהתייחס בין השאר לרמת החושך/ תאורת חוץ מלאכותית המצויה בו כיום.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

ההתארגנות בשעות החשיכה בשגרה יש לפרט את מכלול האמצעים המוצעים למזעור זליגת זיהום אור לשטחים הפתוחים, בין השאר תאורה מינימלית המכוונת לפנים האתר.

פרק ה' - המלצות להוראות התכנית

במידה ומתוכננת הארת חוץ מלאכותית בשעות החשיכה לאורך שגרת תפעול המתקן/דרך יש לכלול המלצה להוראות למניעת זיהום אור.

ניתן להפנות ולהעזר במדריך זה - "מדריך למתכנן, שמירה על חשכת הלילה: מניעת ומזעור זיהום אור בתכנון וביצוע תשתיות בסמוך לשטחים פתוחים" (הגנ"ס, רט"ג, חלה"ט 2022). [בפרק 6 למדריך](#) - "כלים סטטוטוריים" רוכזו המלצות ואפשרויות לניסוח הוראות תכניות לפי ההקשר.

ערכים נופיים וחזותיים:

יש לתאר את ההשפעה הנופית של הארת המתקן בלילה על המרחב ועל שמי הלילה. ככל ונדרש יש להמליץ על אמצעים למזעור ההשפעה (ניתן לשלב עם הסעיף הקודם).

* במקרים חריגים, בתכניות באזורים רגישים במיוחד או בעלות השפעה משמעותית, בדגש על תכניות שניתן לבצען ללא היתר בניה (כגון תכנית דרד): יש להציג תכנית תאורה פוטומטרית בעריכת יועץ תאורה המציגה את גופי התאורה המתוכננים, ועוצמות הארה הצפויות בתחומי ובסביבת התכנית, בהתאם לתקנים ודרישות המשרד להגנת הסביבה למניעת זיהום אור.

פרק הקמה (אתר התארגנות):

כעקרון תאורת לילה באתר התארגנות תהיה בחרום בלבד, במידה ומתוכננת הארת מחנה הקבלן/ שטחי

קוד אקולוגי - תאורה ירודותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

דיכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית



עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

להלן ריכוז ההנחיות לנושא מתקני תשתית⁽⁴⁴⁾.**תכנון מרחבי - מאקרו - האם להאיר?****רגישות המרחב לזיהום אור וחלופת מיקום****מטרה: מזעור השפעה על אזורים רגישים מבחינה אקולוגית****שיטה:** תכנון העמדת התשתיות באזורים שאינם רגישים לזיהום אור

אסמכתאות	תכנון מיטבי Best Practice
עקרון תכנון בהתאם לרמת הארה של סביבת התכנית מובא בת"י 12464.	1. יש לזהות את רמת רגישות המרחב לזיהום אור בהתאם לשכבות המידע הרלוונטיות לרגישות מרחבית לזיהום אור. 2. יש לבחון חלופות תכנון בהיבטי מניעת זיהום אור.

תוצר ראשי:

- קביעת רמת רגישות המרחב לזיהום אור.
- שילוב קריטריון של מניעת זיהום אור בפרק חלופות בנספח סביבתי או תסקיר השפעה על הסביבה. תיעודף חלופות מיקום שאינם באזורי רגישות גבוהה לזיהום אור.

האם ההארה הכרחית בשגרה?**מטרה: צמצום היקף ומשך ההארה****שיטה:** נקודת המוצא היא שמירה על חשכת הלילה - תאורת חוץ במתקני תשתית צריכה להיות מוצדקת למטרות ספציפיות של בטיחות, ביטחון או תפעול. בחן אם הארת המתקן הכרחית בשגרה.

אסמכתאות	תכנון מיטבי Best Practice
עקרון צמצום משך ההארה מובא במסמך הנחיות CIE: 150	יש לאפשר הארת תשתית בשטחי חוץ רק כאשר קיימת הצדקה תפעולית, ביטחונית או בטיחותית.

תוצר ראשי:

במסמכי הסביבה לתכנית יש להצדיק את תאורת החוץ, ככל שהוחלט כי היא נדרשת בשגרה. ההצדקה לתאורת חוץ צריכה להתבסס על היבטי ביטחון, בטיחות או תפעול המחייבים את היזם ולא מעבר לכך.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

תכנון מקומי - מיקרו - היכן מתי ולאיזה צורך?**מטרות ומשך הארה****מטרה: צמצום היקף ומשך הארה**

שיטה: הגדרת פרקי הארה הנדרשים עבור השימושים השונים - תכנון הארה אך ורק באם מוכרחים מסיבות תפעוליות, ביטחוניות או בטיחותיות. תכנון משטר הפעלת תאורה לפרקי זמן מוגדרים בכפוף לפרוגרמת התכנון.
יש להאיר רק כאשר נדרש - אין להאיר מעבר לשעות הפעילות המוגדרות להארה.

תכנון מיטבי Best Practice	אסמכתאות
<ol style="list-style-type: none"> יש לאפשר הארת תשתית בשטחי חוץ רק כאשר קיימת הצדקה תפעולית, ביטחונית או בטיחותית. רצוי להגדיר את שעות הפעילות וכן את שעות כיבוי האורות עבור כל מטרות ואזור במתקן על מנת לאפשר משטר הארה מדויק התואם את הצרכים התפעוליים, בטיחותיים וביטחוניים מחד, ולא מהווה תאורת יתר מאידך. יתכנו משטרי הפעלה שונים עבור פונקציות שונות, ויש לתכנן מערכות המאפשרות ניהול הארה חכם. 	מערכות ניהול חכמות ועקרון צמצום משך ההארה מובא במסמך הנחיות CIE: 150

תוצר ראשי:

טבלת השימושים השונים המתוכננים להיות מוארים בשטחי החוץ - כולל התייחסות להצדקת הצורך ומטרת ההארה אשר תוצג בנספח הסביבה או תסקיר השפעה על הסביבה לתכנית.

שימושים ותאי שטח חשוכים על רקע הרגישות האקולוגית**מטרה: מזעור השפעה על אזורים רגישים מבחינה אקולוגית בתחום וסביבת המתקן**

שיטה: מפת אזורים חשוכים והערות לתכנון וביצוע - תכנון העמדת שימושים הנדרשים בהארה בהתאם לרגישות האקולוגית של שטח. יש לתכנן, להגדיר ולסמן "תאי שטח חשוכים".

תכנון מיטבי Best Practice	אסמכתאות
<ol style="list-style-type: none"> יש לתכנן את מיקום ההארה תוך התחשבות בשיקולים אקולוגיים. יש למפות אזורים רגישים אקולוגית במרחב הסובב ברמה המקומית (רמת מיקרו). יש לבצע מיפוי ותכנון מרחבי של מיקום השימושים השונים וצורכי ההארה באוריינטציה לשטחים פתוחים רגישים. יש לקבוע תאי שטח שאינם נדרשים בהארה, כחשוכים במסמכי התכנית. 	עקרון תכנון בהתאם לרמת הארה של סביבת התכנית מובא בת"י 12464. עקרון תכנון בהתאם לרגישות סביבתית מובא במסמך הנחיות CIE: 150

תוצר ראשי:

- תשריט רגישות מקומית לזיהום אור - תחום התכנית יוצג על רקע מיפוי הרגישות המקומית לזיהום אור בנספח סביבה או תסקיר השפעה על הסביבה.
- תשריט הרגישות יכלול את תחום המתקן וסביבתו ויכלול דירוג האזורים הרגישים יותר באופן יחסי לזיהום אור, תוך סימון תאי שטח ספציפיים אשר להם חשיבות מרבית בשמירה על החושך ביחס לשאר שטח המתקן המוצע.
- סימון "תאי שטח חשוכים" בתכנית.
- תכנון מיקום שימושים המחייבים הארה בלילה בשגרה, באזורים שאינם רגישים לזיהום אור.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

הנחיות תאורה פרטניות - איך להאיר?**היועצות עם מומחים****מטרה: תכנון תאורה מקצועי****שיטה:** תכנון תאורת חוץ יעשה בעזרת יועץ מומחה**תכנון מיטבי Best Practice****אסמכתאות⁽⁴⁸⁾**

חובת תכנון תאורה על בסיס חישוב פוטומטרי מובא בתקנים:
ת"י 13201
ת"י 12464

שילוב יועץ תאורה מובא במסמך הנחיות CIE: 150

- יש לשלב מתכנן תאורה בעל הכרות עם התחום של מניעת זיהום אור על רקע רגישות סביבתית. מומלץ כי מתכנן תאורה, בהתאם למקובל בהנחיות שונות, יהיה מהנדס חשמל או בעל רישיון חשמלאי מתאים, בעל ניסיון של 5 שנים בתכנון מתקני תאורה מורכבים ובעריכת חישובים פוטומטריים.
- תכנון תאורה יבוצע על פי תקנים רלוונטיים, על בסיס חישובים פוטומטריים. מידול התאורה יעשה בתוכנות ממוחשבות ע"ג מפת מדידה טופוגרפית המאפשרת שקלול מרכיבים בסביבת התכנון כגון פני קרקע לא שטוחים, סביבת נחלים, וכד'.
- רצוי לשלב יועץ מוקדם ככל הניתן בתהליכי התכנון ולהגדיר את נושא מניעת זיהום האור כחלק מעבודת היועץ.
- יש להיעזר במומחים בשילוב תכנון תאורה עם הטמעת מערכות מתקדמות לניהול המערכת תוך מזעור זיהום אור.

עוצמת ההארה מעבר לגדר**מטרה: מזעור זליגת אור לשטחים הפתוחים הסמוכים למתקן תשתית****שיטה:** הגבלת מרחק ועוצמת ההארה מעבר לגדר המתקן**יעד תפקודי****תכנון מיטבי Best Practice****הערות לתכנון, ביצוע ובקרה****אסמכתאות**

- שטח מואר מעבר לגדר בשגרה:
- בשטח שמעבר למרחק 15 מ' מהגדר לא תהיה כל הארה. עוצמת ההארה הוורטיקלית (אנכית) לא תעלה על 0.27 לוקס - 0 בחישוב פוטומטרי.
 - עד מרחק 3 מ' מהגדר: עוצמת הארה אופקית ממוצעת תהיה עד 4 לוקס.
 - עד 8 מ' מהגדר עוצמת הארה האנכית תהיה עד 1 לוקס.
 - אחידות אורכית בכביש גישה לפחות 0.25 Eh.min/ Eh.av

שטח המואר מעבר לגדר בחירום:

- בשטח שמעבר למרחק 15 מ' עוצמת ההארה הוורטיקלית (אנכית) לא תעלה על 1 לוקס בחישוב פוטומטרי.
- עד מרחק 3 מ' מהגדר (כביש גישה): עוצמת הארה אופקית ממוצעת עד 8 לוקס.
- עד מרחק 7 מ' מהגדר: עוצמת הארה אופקית ממוצעת עד 4 לוקס.
- אחידות אורכית Eh.min/ Eh.av - כביש גישה והרצועה הסמוכה בחירום - 0.40

- ניתן לבחון לשלב בהוראות תכנית את המרחק המקסימלי הניתן להארה מעבר לגדר המתקן.
- יש לפקח כך שתאורת חירום תופעל רק בעת אירוע חירום.

בהתאם להנחיות לצמצום זיהום אור מתאורת בטחון של משרד האנרגיה, טיוטה 2021.
ההתייחסות לתאורת חירום מובאת בת"י-1838 יישומי תאורה - תאורת חירום (2009)

קוד אקולוגי - תאורה ידיוותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

עוצמת ההארה בתחומי המתקן			
מטרה: מזעור זליגת אור לשטחים הפתוחים הסמוכים למתקן			
שיטה: קביעת עוצמת ההארה בהתאם לתקנים הקיימים ולא מעבר			
יעד תפקודי	תכנון מיטבי Best Practice	הערות לתכנון, ביצוע ובקרה	אסמכתאות
אין לתכנן תאורת יתר מעבר ל 20% מהערך הממוצע המינימלי האפשרי בת"י- 12464-2.	1. יש לתכנן בעוצמת ההארה הנמוכה ביותר האפשרית המתאימה לביצוע המשימה המוגדרת. 2. יש להימנע מתכנון משטחים מחזירי אור (רפלקטיביים) כגון זכוכית- מראה, שיש מבריק.	1. ניתן לבחון לשלב בהוראות תכנית את הגבלת העוצמות לפי הת"י. 2. יש לבקר את גופי התאורה בעת התקנה להתאמה לקריטריון.	עוצמות הארה נדרשות לצרכי תפעול מוגדרים בת"י 12464 חלק 2

הגבלת אלומת האור / סיכוך			
מטרה: מזעור זליגת אור לכיוון הרקיע ולאופק			
שיטה: בחירת סוג גוף תאורה המגביל את זווית ההארה			
יעד תפקודי	תכנון מיטבי Best Practice	הערות לתכנון, ביצוע ובקרה	אסמכתאות
תכנון התאורה תמזער הארה לכיוון האופק או הרקיע. זליגת אור לרקיע ולאופק תוגבל ע"י שימוש בגופי תאורה הממקדים את אלומת האור באופן מלא (גופים בסיווג G-6).	1. יש לתכנן גוף תאורה עם סיכוך מלא - Full cut off (גוף תאורה אשר חוסם אלומת אור כלפי מעלה ולצדדים). למניעת זליגת אור לאופק ולרקיע. 2. אין להשתמש בתאורת הצפה (פרוד'קטור/ זרקור) או High mast. 3. אין להשתמש בתאורה אדריכלית דקורטיבית באזורי רגישות גבוהה ומרבית לזיהום אור, אלא במקרים חריגים. 4. בכל האזורים יש להימנע מהארה דקורטיבית שמופנית כלפי הרקיע או האופק, דוגמת הארת מנופים או מבנים הגבוהים מסביבתם.	1. ניתן לבחון לשלב בהוראות תכנית שימוש בגוף תאורה בסיכוך מלא. 2. יש לוודא התקנה לפי זווית מיועדת. 3. הגוף יכוון כך שלא תהיה זליגת אור בהטיה אופקית. 4. גופי תאורה מתכווננים יציודו באמצעי קיבוע על מנת להבטיח שכיוון האור ופיזורו לא ישתנו בעת פעולת תחזוקה והחלפת נורות. 5. יש לכוון את גוף התאורה להארת המתקן או האזור הנדרש להארה בלבד.	סוגי גופי התאורה מוגדרים בתקנים: ת"י 13201 ת"י 5281

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

גוון האור			
מטרה: מיזעור השפעת גוון האור על עולם החי והצומח			
שיטה: הגבלת גוון אור לגוון "חם" תוך מזעור קרינה קצרת גל			
יעד תפקודי	תכנון מיטבי Best Practice	הערות לתכנון, ביצוע ובקרה	אסמכתאות
<ul style="list-style-type: none"> בשטחים ברגישות לזיהום אור - עד 3000 קלווין. בשטחים ברגישות גבוהה עד- 2700 קלווין. בשטחים ברגישות מרבית - עד 2200 קלווין. <p>יש להגביל גם את ערכי הקרינה בתחום הכחול: הערך המירבי של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום יהווה עד 50% מהעוצמה המרבית הנפלטת.</p>	<p>לטובת מיזעור סיכון פוטו-ביוולוגי מגופי תאורה לאדם יש לתכנן גופי תאורה המוגדרים בקבוצת סיכון $RG = 0$ לפי ת"י 62471⁽⁴⁶⁾.</p>	<p>ניתן לבחון לשלב בהוראות תכנית את גוון האור המקסימלי הרצוי. מעל הערך המוגדר בקלווין ניתן להתיר סטיה של עד 10%.</p>	<ol style="list-style-type: none"> הנחיות מ. הגנ"ס⁽⁴⁷⁾ הנחיות משרד האנרגיה. המפרט הכללי לעבודות בניה, הספר הכחול⁽⁴⁸⁾ ת"י 5281⁽⁴⁹⁾ עקרון החלוקה לרמות רגישות האזור לזיהום אור מופיע בת"י 12464⁽⁵⁰⁾.

46. צמצום חשיפה לאנרגיה קצרת גל (הכוללת את אורכי הגל הכחולים) משמעותי לעולם החי בכלל ולאדם בפרט, כפי שנסקר בהרחבה בנספח 4.
47. המלצה להגבלת גוון האור ל- 3000 K וכן צמצום תכולת קרינה קצרת גל מופיעה בהנחיות הגנ"ס באתר - https://www.gov.il/he/departments/guides/types_of_lights?chapterIndex=2

48. המפרט הכללי לעבודות בניה, משרד הבטחון, פרק 8 - מתקני חשמל (תיקון 2016) מגדיר גוון עד 3000 קלווין והגבלת צמצום תכולת של קרינה קצרת גל.
49. ת"י 5281 חלק 1 - בנייה בת קיימה (בנייה ירוקה): דרישות לבניינים שאינם בנייני מגורים (2016) - התקן מנחה לשימוש במקורות אור בעלי גוון אור עד 3000 קלווין.

50. ת"י 12464 מתווה את העקרונות של סיווג רגישות מרחבית לרמות מ E0 (מרחב חשוך קיצוני) ועד ל E4 (מרחב אורבני).

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אוד בתהליכי תכנון תרשימי זרימה



הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

תרשים זרימה ב' מציג את המשך התהליך עבור תכנית בה נדרשת התייחסות מיוחדת והעמקה בנושא מזעור זיהום אור. התהליך מוצג עבור שלב תכנון ארצי/ מתארי או תכנית מפורטת או כל תכנית אשר מכוחה "ניתן להוציא היתר בניה" או הרשאה (לדוגמא במקרים בהם תכנית מתאר ארצית מאפשרת הקמה). התרשים פורס את אותם עקרונות הרלוונטיים לתכנון ואת ביטויים במסמכי התכנית.

תרשים זרימה ג' מרחיב בהיבטים הספציפיים הרלוונטיים לשלב היתר בניה או הרשאות.

תרשים זרימה ד' מרחיב בדגשים בשלב תכנון לביצוע הכולל תכנית הנדסית לחשמל / תאורת חוץ.

בפרק זה מוצגים בתמצית עקרונות למניעת זיהום אור בקידום תכנית בסמוך לשטחים פתוחים, כפי שהוצגו בפרקים לעיל, בהתאם לשלבי תכנון אלו. מהלך התכנון מוצג בסדרת תרשימי זרימה הכוללים את התהליכים העיקריים הרצויים, ובצידם מסמכי התכנון הרלוונטיים.

מוצגים ארבע תרשימי זרימה:

תרשים זרימה א' מציג את סוג התכניות הנדרשות להתייחסות מיוחדת והתעמקות בנושא זיהום האור כבר בשלבים מוקדמים. החשיבות גדלה ככל ומדובר בתכנית אשר נמצאת במרחב רגיש להשפעות הסביבתיות של זיהום האור וככל והתאורה מתוכננת לדלוק בלילה באופן רציף כשגרה תפעולית (בניגוד לתאורת חירום). בשטחים רגישים, התרשים מעודד לדייק את מיקום התכנית לאזור ברגישות פחותה או לצמצם את שעות ההארה.

קוד אקולוגי - תאורה ירידותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהשמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהשמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

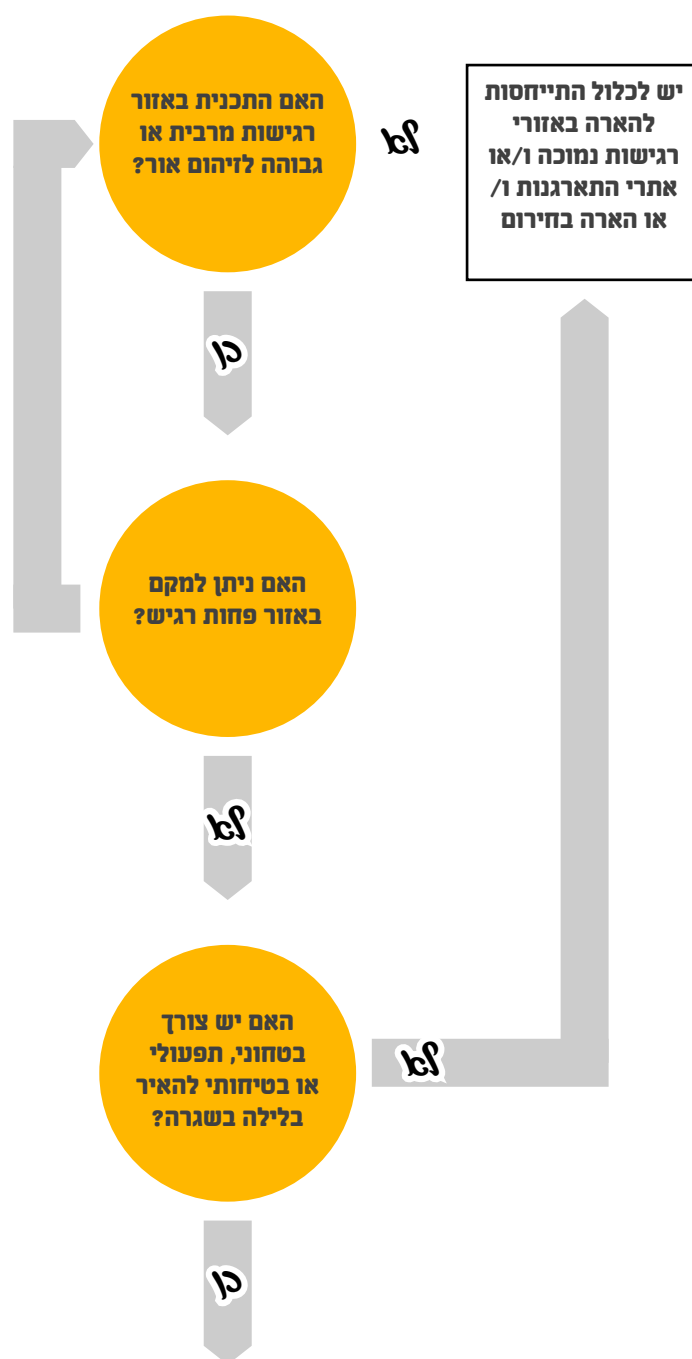
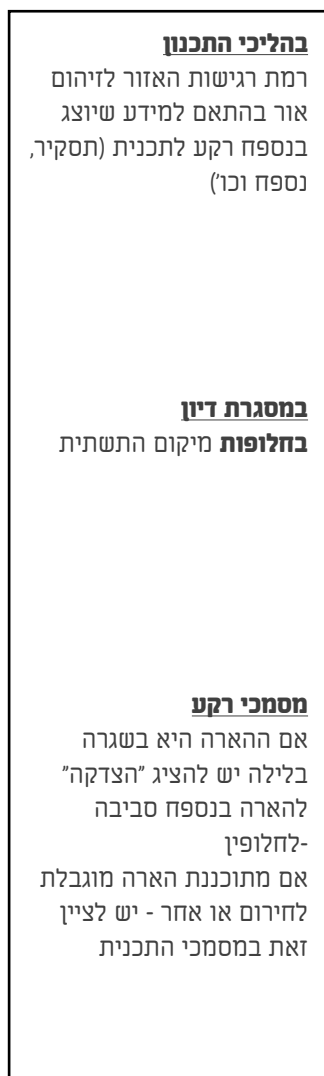
נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להשמעת עקרונות תאורה
ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

תרשים א:

מסננת: אילו תכניות מפורטות נדרשות להתייחסות פרטנית לנושא זיהום האור?



התכנית נדרשת להתייחסות פרטנית למניעת זיהום אור - ראה תרשים זרימה ב'

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

השמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

השמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להשמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

תרשים ב: דגשים לתכנון מפורט במתקני תשתית

במסמכי רקע (נספח סביבה)

לציין צרכי הארה לשימושים השונים.

תחום המתקן יוצג על רקע רגישות אקולוגית - איתור תאי שטח לשמירה על חשיכה.

בהוראות התכנית:

הנחיות למזעור זיהום אור (ראה פרק [כלים סטטוטוריים](#))

מיפוי צרכים:

יש לפרט את השימושים במתקן הנדרשים לתאורת חוץ מבחינה תפעולית, בטיחותית או בטחונית.

מיפוי צרכי הארה:

האם הפעלת התאורה בשגרה או חירום? יש לציין את משטר הארה עבור כל שימוש בפרק זמן מוגדר.

מיפוי רקע של הרגישות האקולוגית לזיהום אור

יש לבחון חלופות העמדת המתקן בסביבתו

יש לתכנן את מיקום השימושים השונים בהתאם לצרכים ולרגישות האקולוגית של המרחב

יש לקבוע הוראות למזעור השפעה על הסביבה

יש לעגן אזורים חשופים שישמרו חשוכים

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהשמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתית**השמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה**

נספחים

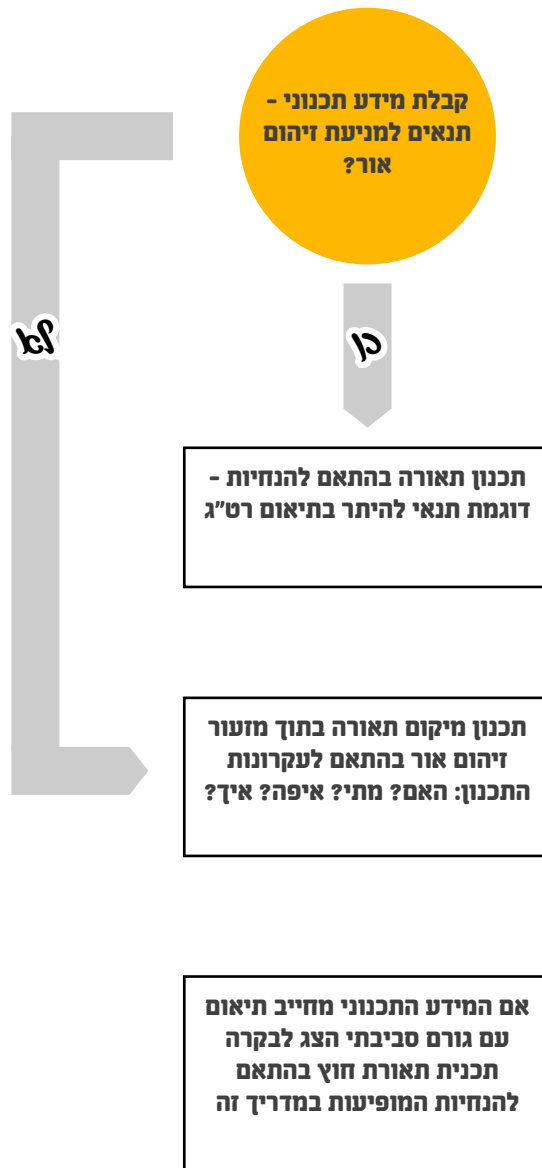
נספח 1

כלים מעשיים להשמעת עקרונות תאורה
ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

תרשים ג: דגשים לשלב הגשת היתר בניה / הרשאה

מסמכי התכנון

כאשר נדרש תיאום עם גוף
סביבה יש להציג נספח
תאורה ערוך ע"י יועץ תאורה
על בסיס חישוב פוטומטרי
בהתאם להנחיות מדריך זה



עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהשמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתית**השמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה**

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להשמעת עקרונות תאורה
ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית**תשריט ד:****דגשים לעריכת תכנית הנדסית לתאורת חוץ וכתבי כמויות****מסמכי התכנון****בחירת יועץ תאורה בעל ניסיון בתחום****הגדרת תכולת העבודה בכפוף לעקרונות התכנון:**

- תכנון תאורה למזעור השפעה על הסביבה
- שילוב טכנולוגיות אבטחה ומערכות לייעול וניהול התאורה
- תכנון לפי תכניות מחייבות, תקנים והנחיות למזעור זיהום אור
- תכנון מערכות תומכות לניהול משך הפעלה

**יש לערוך תכנית
תאורה מבוססת
חישוב פוטומטרי****תאום מול גוף
סביבה רלוונטי****יש לכלול מפרט
טכני וכתב
כמויות**

כאשר נדרש תיאום עם גוף
סביבה יש להציג נספח
תאורה ערוך ע"י יועץ תאורה
על בסיס חישוב פוטומטרי

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

נספח 2

הארה לצרכי בטחון, תפעול ובטיחות ומערכות לייעול וניהול התאורה

נספח 3

חקיקה, תקינה והנחיות קיימות

נספח 4

סקר ספרות השפעת גוון האור על עולם החי והצומח

נספח 5

בחינה כלכלית של השפעת גוון האור על עלויות גופי התאורה

נספח 6

מילון מונחים

נספח 7

פגישות ותיאומים

נספח 1

כלים מעשיים
להטמעת עקרונות
תאורה ידידותית
לסביבה, בתכנון
תאורת חוץ
למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1**כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית****1. מתכנן התאורה ותהליך עבודתו**

פני קרקע משופעים, שבהם השפעת התאורה יכולה להיות בפריסה נרחבת בהרבה, למשל באזורים הרריים, סביבת נחלים וכו'.

עבודת מתכנן תאורת החוץ תתבצע באופן עקרוני לפי השלבים הבאים:

- בחינת חקיקה, תקנים, ההנחיות הרלוונטיות, הוראות תכנית, תסקיר/נספח השפעה הסביבה המתאימים לפרויקט בהיבטי מניעת זיהום אור, וכן מדריך זה.
- תכנון תאורה בעזרת חישובי תאורה.
- הפקת שרטוטים, מפרט טכני וכתב כמויות וחתימה עליהם.
- תיאום תכניות התאורה אל מול תכניות המזמין והקב"ט (אם יש).
- ביצוע ניסוי תאורה, במידה ונדרש.
- אישור גופי התאורה.
- פיקוח עליון על הביצוע, לרבות בדיקת הגופים באספקה.

כהרחבה לסעיף "היועצות" במדריך, להלן מידע בנושא מומחיות מתכנן התאורה.

תפקידו ותחום אחריותו של מתכנן תאורה

הכלי החשוב ביותר בתכנון מיטבי הוא איכות ומומחיות המתכנן. רצוי לשלב מתכנן תאורה בעל הכרות עם התחום של מניעת זיהום אור על רקע רגישות סביבתית.

מקצוע של מתכנן תאורה אינו מוגדר באופן חוקי מחייב, אך בהתאם למקובל בהנחיות שונות הוא מהנדס חשמל או בעל רישיון חשמלאי מתאים, בעל ניסיון של 5 שנים בתכנון מתקני תאורה מורכבים ובעריכת חישובים פוטומטרים.

תהליך התכנון

תכנון תאורה מקצועי יבוצע על פי תקנים רלוונטיים, על בסיס חישובים פוטומטרים. מידול התאורה יעשה בתוכנות ממוחשבות ע"ג מפת מדידה טופוגרפית המאפשרת שקלול מרכיבים בסביבת התכנון כגון

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

2. הערכת רגישות אקולוגית מרחבית לזיהום אור

פרק זה נערך ע"י ליהי ברקן מהחברה להגנת הטבע, הוא כולל מידע לצורך הערכת הרגישות האקולוגית של מרחב התכנית לזיהום אור. בעת תכנון מתקני תשתית ותשתיות אורכיות. השכבות ניתנות לצפייה בסימולטור בממשק ממ"ג באתר טבעיז ולהורדה בתחתית עמוד "זיהום אור" באתר טבעיז⁽⁶⁾.

להלן פירוט שכבות אקולוגיות רלוונטיות לבחינת רגישות המרחב לזיהום אור, בהן מומלץ להתחשב

הרציונל	שם שכבת המידע הגיאוגרפית ומקורה
<p>תאורה בסביבה הימית (ים תיכון וים סוף) משפיעה על הנדידה הורטיקלית של הזואופלנקטון ודגים שונים ומובילה לצלילתם לעומק של 100 מ' ומטה (בעוד שבחושך טבעי בע"ח אלו עולים קרוב לפני הים). שינוי זה מוביל להשפעה ישירה ומשמעותית על כלל המערכת האקולוגית הימית.</p> <p>בנוסף, מרבית העופות נודדים במהלך הלילה לרבות מעל הים התיכון (בעיקר בחלקו המזרחי והמערבי בהם חציית הים קצרה ביותר⁽⁶⁾) ואף חוצים את מפרץ אילת. תאורה בסביבה הימית החשוכה גורמת לבלבול מנגנון הניווט של העופות, ובנוסף יכול להביא להתנגשות שלהם באלמנטים קשיחים.</p> <p>בשנים האחרונות מתגברת הפעילות האנושית בשטח הימי של מדינת ישראל, ולכן יש חשיבות לשמר את הערכים החשוכים הטבעיים של הסביבה הימית והחופית.</p>	<p>סביבה ימית (ים תיכון, מפרץ אילת) מפ"י ומנהל התכנון</p>
<p>שכבה זו מתארת אזורים בהם קיימת עוצמה נמוכה של תאורה מלאכותית ("אזור חשוך").</p> <p>התוצר הגולמי עליו התבסס הניתוח היא שכבה המתארת את פיזור התאורה בארץ נכון לשנת 2020 (אזור 1). תוספת תאורה באזורים אלו תהיה בעלת השלכות משמעותיות על המערכות האקולוגיות ועל שמי הלילה, מכיוון שהשינוי שתאורה מייצרת בשטח חשוך הוא דרמטי במיוחד, הן על חווית שמי הלילה, והן על תפקוד הטבע (למשל מוקד בודד יכול למשוך חרקים לטווח ניכר, ולכן לייצר השפעה על דפוסי הטריפה, ההאבקה, והשיחור במרחב, ובכך להשפיע על שטח משמעותי אשר תפקד באופן טבעי לפני הארה).</p>	<p>אזורים חשוכים - החברה להגנת הטבע VIIRS DNB (ראה הסבר מפורט בהמשך)</p>
<p>בתי גידול בעלי נוף צומח נמוך כוללים בין היתר שטחי בתה, חולות, כורכר ושטחים מדבריים. הרשימה המלאה של בתי גידול (לפי רותם, 2021) מפורטת בטבלה א'. השפעת התאורה בשטחים בשליטה של צומח נמוך מגיעה למרחק רב, לעומת בתי גידול בנוף של עצים צפופים בו הצמחייה חוסמת חלק מהתאורה.</p> <p>בנוסף, בתי גידול של צומח נמוך לרוב מאוכלסים ע"י מינים מתמחים חלקם מצויים אף בסכנת הכחדה. מרבית בתי גידול אלו (למעט חלק משטחי המדבר) נמצאים בתת ייצוג בשטחים מוגנים. בתי גידול מדבריים מושפעים בצורה משמעותית במיוחד מהתאורה שכן עיקר פעילות החי בהם מתרחשת בלילה (החשוך) בשל הטמפי' החמה בשעות היום.</p>	<p>בתי גידול עם נוף צומח פתוח שכבת יחידות אקולוגיות של רט"ג, דותן רותם שנת 2021</p>

⁵ <https://tevbiz.org.il/tool/light-pollution>

⁶ M. Ludvigsen et al. (2018)

הרציונל	שם שכבת המידע הגיאוגרפית ומקורה
<p>הסביבה הימית הרדודה בקרבת החוף מושפעת מתאורה המצויה על היבשה באזור החוף. סביבה זו היא בית לאורגניזמים ימיים (דגים, צבי ים, אלמוגים, פלנקטון, קיפודי ים וכו') שזיהום אור משפיע אצלם על תהליכי רבייה, פיזיולוגיה, נדידה וחיפוש מזון, ויכול להוביל לשינויים במגוון הביולוגי⁽⁷⁾.</p> <p>קו החוף הוא גם חזית היבשה כלפי עופות המגיעים לכיוונו מהים, בנדידת לילה, לרוב בגובה נמוך. תאורה משבשת את מנגנון הניווט של העופות ועלולה אף לגרום להתנגשותם במבנים⁽⁸⁾.</p> <p>מחקר שנערך לאחרונה בישראל⁽⁹⁾, מצא כי זיהום אור הינו גורם משמעותי בבחירת תחנות העצירה לאורך קו חוף הים התיכון אשר עלול להוביל לעצירה באתרים בהם פוטנציאל שיחזור המזון מצומצם, וכתוצאה עלול לפגוע בתזמון ומשך הנדידה, כמו גם בשרירות האוכלוסייה.</p>	<p>קו החוף (ים תיכון, מפרץ אילת) תחום של 300 מ' שיימדד מקו החוף של הים לכיוון היבשה, בהתאם לחוק שמירת הסביבה החופית (תוך סינון השטחים הבנויים בסביבה זו)</p>
<p>בתי גידול התומכים במגוון ביולוגי רחב של חי וצומח אקוטי, נדיר בחלקו, ומושכים בעלי חיים יבשתיים רבים העושים בהם שימוש לתנועה במרחב, תזונה, שתיה (למשל עטלפים) ורבייה.</p> <p>לזיהום אור השפעות שליליות על תהליכי רבייה, תנועה, טריפה ועוד למשל, במיני דו-חיים⁽¹⁰⁾. הכנרת היא אגם המים המתוקים היחיד בישראל, ומהווה שטח רציף וגדול ללא תאורה.</p>	<p>בתי גידול לחים (כינרת, מעיינות, נחלים איתנים, מלחות, בריכות חורף וכו') שכבת בתי גידול לחים של רט"ג</p>
<p>צוואר בקבוק הינו אזור בו המסדרון האקולוגי נהפך צר עקב צמצומו ע"י בינוי ו/או תשתיות (כבישי אורך ורוחב ראשיים, מסילות ברזל או מגבלות אנתרופוגניות אחרות)⁽¹¹⁾.</p> <p>מעבר בעלי חיים הוא מתקן על גבי תשתית אורכית המאפשר לבעלי חיים לחצות אותה באופן עילי או תחת. זיהום אור באזורים רגשיים אלו, בגלל רוחבם המצומצם, עלול להוביל לקיטוע אקולוגי ולמניעת תפקידו כמסדרון מעבר לבעלי חיים, בעיקר לאלה הנעים בלילה⁽¹²⁾.</p>	<p>צווארי בקבוק שכבת צווארי בקבוק במסדרון אקולוגי, מנהל התכנון 2021</p> <p>מעברי בע"ח במסדרונות אקולוגיים שכבת אזורים לאיתור מעבר הכרחי בכבישים, דותן רותם 2021</p>
<p>מסדרונות אקולוגיים הם רצועות רציפות של שטחים פתוחים (בניהם שטחי חקלאות, יערות ועוד), המאפשרים קישוריות בין שטחים טבעיים. קישוריות זו מאפשרת שמירה על האוכלוסיות מבחינה דמוגרפית וגנטית⁽¹³⁾. השפעת התאורה בשטחים אלו עלולה להוביל לצמצום השימוש של בע"ח במרחב זה וכתוצאה לפגיעה בקישוריות האקולוגית.</p> <p>במהלך השנים האחרונות קיים מיפוי מפורט של המסדרונות האקולוגיים עבור מרחבים שונים. מיפוי זה ישולב תחת התכנית האסטרטגית לשטחים פתוחים ובצורה סטטוטורית באמצעות תכניות מחוזיות חלקיות, ועל כן קיימת חשיבות לשימוש בשכבות העדכניות הצפויות להיות בשימוש.</p>	<p>מסדרונות אקולוגיים מסדרונות אקולוגיים ארציים יולי 2021, רט"ג</p>

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוף למתקני תשתית

7. Davies et al (2015), Rodrigues et al. (2012), Ludvigsen et al., (2018).

8. חוות דעת אורניתולוגית למתקנים הימיים מול חופי ישראל, אסף מירון

9. Schekler I., Jaclyn A. Smolinsky j.a., Troupin D., Buler J.J., Sapir N. (2021). Bird migration at the edge - geographic and anthropogenic factors but not habitat properties drive season-specific spatial stopover distributions near wide ecological barriers טרם פורסם

10. T. Longcore, C. Rich (2004)

11. גבאי-זנורוי 2019

12. לידר 2008, אחרון-פרומקין 2012

13. רותם, ד. אנגרטי, נ. אלון, ע. גולדשטיין, ח. בן-נון, ג. 2015

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

כמו כן, בוצע אימות ידני באמצעות תצלום אוויר מעודכן לשנת 2015 לסיון שטחים מופרים שגדולים מ-2 קמ"ר (איור 2).

ראוי לציין מספר הסתייגויות לתוצאות המיפוי (יפורטו להלן), עם זאת, להערכתנו, בהינתן ערך הסף שנבחר לסיווג אזורים המאופיינים בעוצמה נמוכה של תאורה מלאכותית בשילוב הסקאלה המרחבית שבוצע המיפוי, הסתייגויות אלה אינן בעלות השפעה משמעותית על איכות המיפוי עבור מטרת שכבה זו. להלן ההסתייגויות:

1. החיישן (VIIRS) רגיש לקרינה באורכי גל של 505-890 ננומטר ויש לו ערוץ בודד שממצע את כל התחום שנקלט ע"י הלוויין. המשמעות היא שפליטה של אור כחול לא תיקלט בחיישן אך תיראה היטב ע"י אדם ובעלי חיים רבים, ולהיפך - פליטה של אור תת-אדום תיקלט בחיישן אך לא תיראה ע"י אדם. ראוי להזכיר כי דווקא האור הכחול הוא הפעיל ביולוגית בהיבט השפעה על שעונים ביולוגיים (Longcore et al. 2018).
2. למבנה גוף התאורה ולמחסומים פיזיים (למשל, גג, כיסוי חופה של עצים, מצוק) יש משמעות לאופן שבו הלוויין קולט את עוצמת התאורה (Katz and Levin 2016). למשל, גוף תאורה שמופנה כלפי מעלה ייקלט בעוצמה גבוהה יותר מזה שמופנה כלפי מטה.
3. הרזולוציה המרחבית של הלוויין (גודל פיקסל של כ-740 מ') יכולה למסך השפעה של אזורים מוארים בעלי גודל שטח מצומצם.

הסבר לשכבת "אזורים חשוכים - החברה להגנת הטבע" כרקע לסיווג אזורי רגישות לזיהום אור בישראל

שכבה זו מתארת אזורים בהם קיימת עוצמה נמוכה של תאורה מלאכותית ("אזור חשוך"). ראוי לציין כי לצד הערך הרב בשימור אזורים חשוכים גדולים ורצופים, קיימת חשיבות גם ברמה המקומית לשימור חושך ומניעת זיהום אור נקודתי - גם באזורים יחסית "מוארים" (למשל בריכות חורף במרחב עירוני). לפיכך, תוצר זה אינו מהווה שיקול יחיד בבניית מפת הרגישות ובהנחיות לצמצום זיהום אור.

הניתוח מבוסס על תצלום לוויין של החיישן VIIRS DNB⁽¹⁴⁾. התוצר הגולמי עליו התבסס הניתוח מציג את הממוצע החודשי של עוצמת התאורה המלאכותית בישראל בשנת 2020 (איור 1). טווח הערכים של התוצר הגולמי נעים בתחום שבין 0.2 ל-560 יחידות רדיומטריות (nW/cm2sr), כאשר הערך 0.2 מייצג את התא החשוך ביותר. ערך הסף ל"אזור חשוך" נקבע על 2 nW/cm2sr, בדומה לערך שסווג ע"י המארג (עידו לבנה ונועם בן-משה), במסגרת דו"ח מצב הטבע (2022, טרם פורסם), כאזור בעל זיהום אור נמוך. ערך זה נבחר מכיוון שנמצא שמעל לערך זה קיימת השפעה מובהקת על תהליכים ביולוגיים - למשל על תזמון הטלות של צבות ים (Kamrowski et al. 2012), וכן על איכות שמי הלילה בהיבטי אסטרונומיה (Duriscoe et al. 2018).

בכדי להישאר עם אזורים חשוכים גדולים, רצופים שאינם מופרים, הוסרו שטחי חקלאות (משרד החקלאות, 2021) ושטחים שגודלם קטן מ-2 קמ"ר.

קוד אקולוגי - תאורה ידידותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור
- עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

**כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית**

טבלה א: מערכות אקולוגיות מתוך שכבת בתי הגידול של רט"ג (זותן רותם, 2021), שסווגו כתצורת נוף צומח פתוח

שם יחידה
אפיק פזרות ענק
בתה כרקוצית בחרמון
בתה באזור ים תיכוני
בתה עשבונית באזור יובשני
בתות ושיחיות מדבריות בהר הנגב ובמדבר יהודה
בתות ספר לאורך גב ההר ובדרום הרי יהודה
חולות מישור החוף
חולות פנימיים בנגב, בערבה ובמדבר יהודה
חוף ים סלעי בים התיכון
ים המלח וחופיו
כורכר בשרון ובמישור החוף
לס בנגב ובערבה
מדבר צחיח קיצון בנגב, בערבה ובמדבר יהודה
מלחות חוף הים התיכון
מלחות מדבר בבקעת הירדן, בנגב, בערבה ובמדבר יהודה
מניפות סחף
נחלים הרריים איתנים
נחלים הררים של מקורות הירדן והירדן ההר
עמקים אלוביאליים באזור יובשני

קוד אקולוגי - תאורה יידידותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטוריים

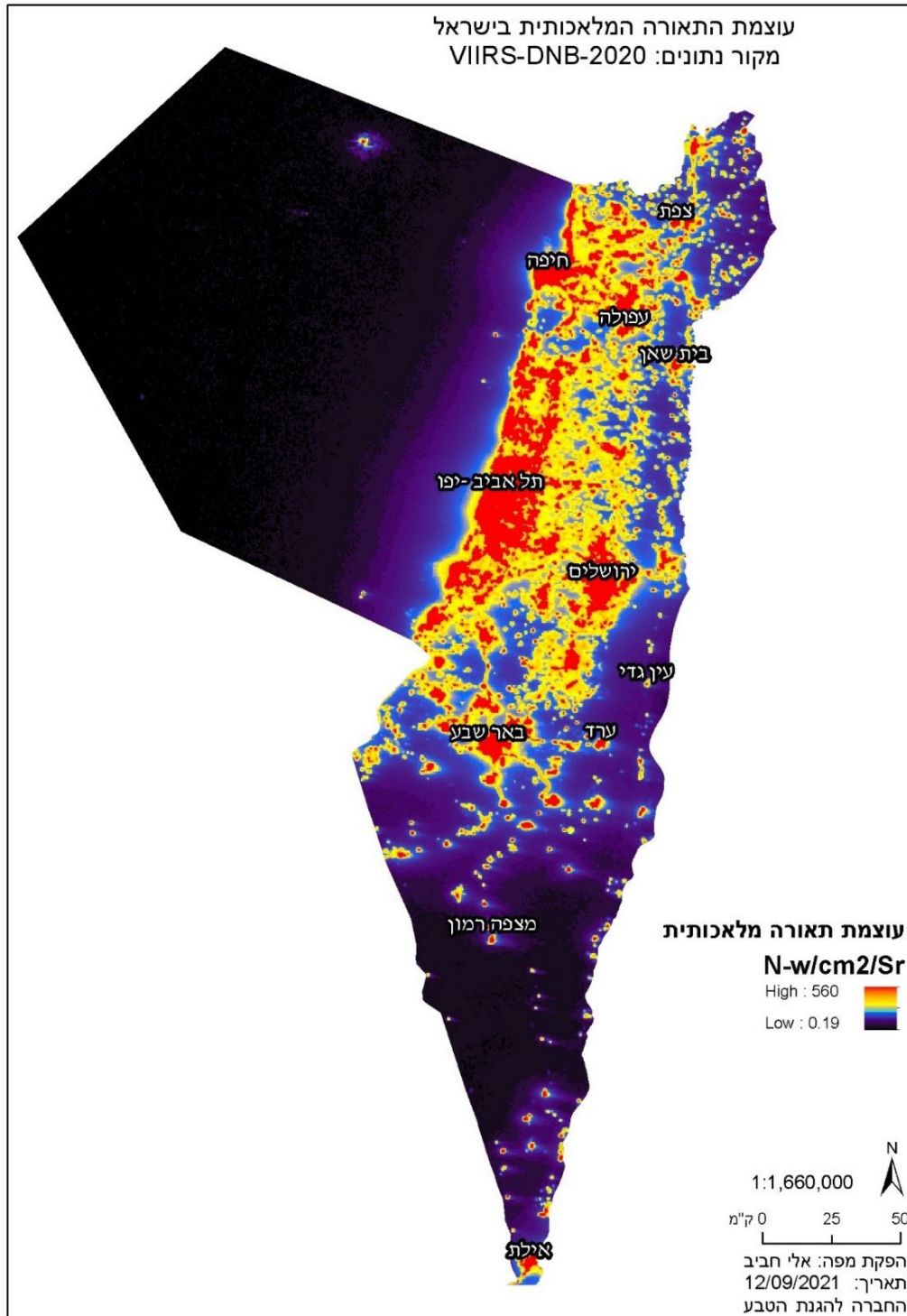
ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

**כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
יידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית**



איור 1. עוצמת התאורה המלאכותית בישראל בשנת 2020 (ממוצע חודשי). מקור נתונים חישה מרחוק VIIRS DNB

קוד אקולוגי - תאורה ידידותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטוריים

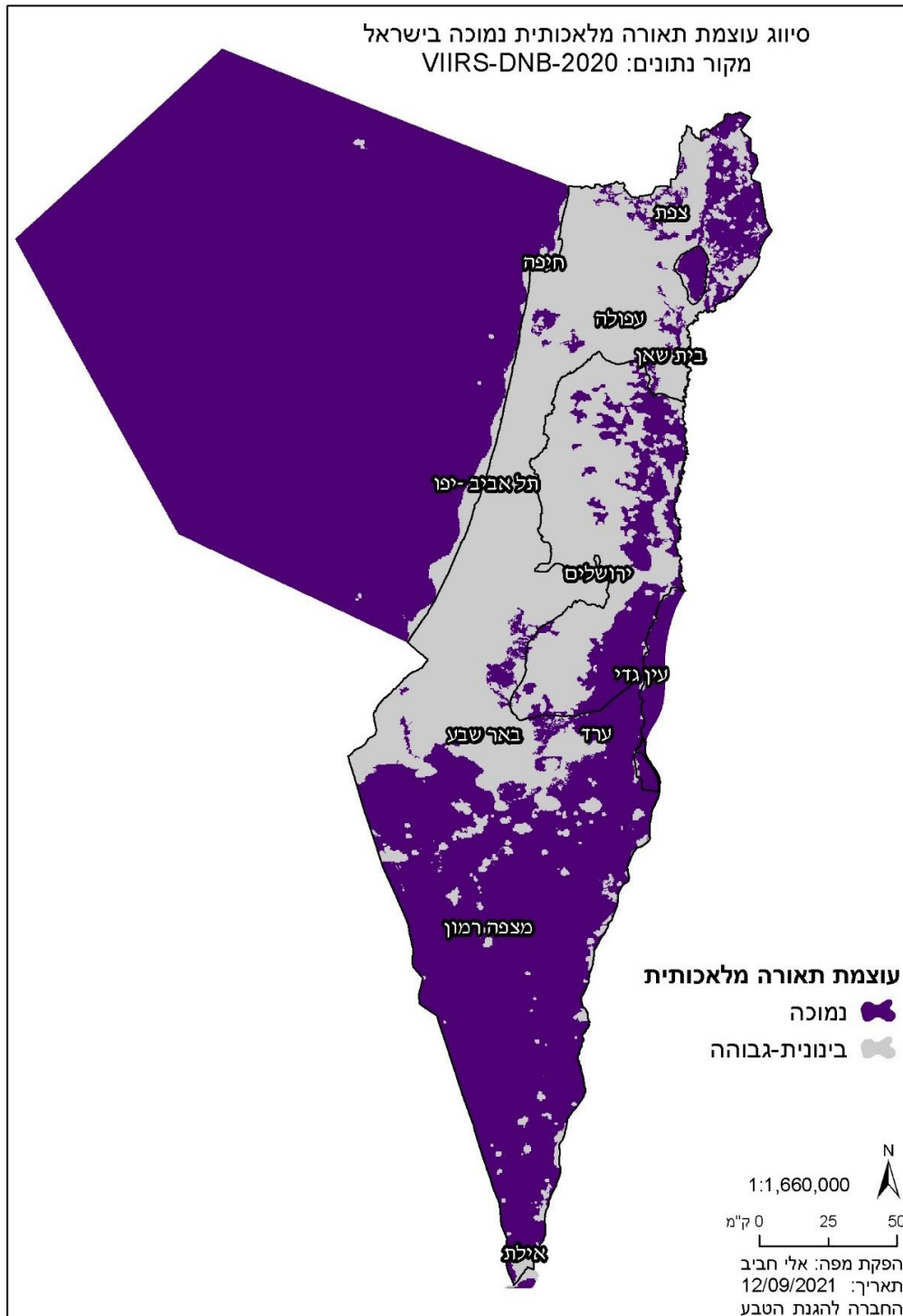
ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

**כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית**



איור 2. אזורים שאינם חקלאיים המאופיינים בעוצמת תאורה מלאכותית הנמוכה מ nW/cm^2sr . מקור נתונים: VIIRS DNB

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

3. קביעת מאפייני הארה לפי שימושים

תותאם לצרכים ולא מעבר לכך, כך ימנע זיהום אורי מיותר.

שלב מרכזי בעבודת מתכנן התאורה הוא בחינת התקנים והדרישות להארה.

סוגי הפעילות מפורטים בטבלאות להלן (הגזרות מתוך התקן) בהתייחס לדרגות מינימליות נדרשות של המאפיינים עוצמה, אחידות, בהיקות ואיכות צבע. ביאור מאפיינים אלה מפורט בטבלה הבאה:

ת"י 12464 להארת חוץ במקומות עבודה (תקן מחייב בישראל) קובע את עוצמות ההארה המלאכותית הנדרשת בחוץ בשעות החשכה עבור פונקציות ופעילויות שונות. הבחנה זו בין פונקציות ופעילויות מדויקת את כמות ההארה הנדרשת, ככל וההארה

מאפיין	סימון	הגדרה ⁽¹⁵⁾	המשמעות
עוצמה	E_m	עוצמת ההארה המתוחזקת הממוצעת בלוקס	מה עוצמת ההארה (בממוצע)?
אחידות	U_o	אחידות הארה מינימלית	עד כמה ההארה אחידה לאורך שטח?
בהיקות	R_{GL}	בהיקות מכסימלית	עד כמה התאורה מסנוורת?
איכות צבע	R_a	מקדם מסירת צבע מינימלי - CRI	עד כמה הצבע באור מלאכותי דומה לצבע אור השמש?

להלן מספר דוגמאות רלוונטיות למתקני תשתית, מתוך רשימת פונקציות ושימושים המובאים בטבלאות רבות בתקן ת"י 12464:

תאורת אתר בניה והתארגנות:

Table 5.3 — Building sites

Ref. no.	Type of area, task or activity	\bar{E}_m lx	U_o -	R_{GL} -	R_a -	Specific requirements
5.3.1	Clearance, excavation and loading	20	0,25	55	20	
5.3.2	Construction areas, drain pipes mounting, transport, auxiliary and storage tasks	50	0,40	50	20	
5.3.3	Framework element mounting, light reinforcement work, wooden mould and framework mounting, electric piping and cabling	100	0,40	45	40	
5.3.4	Element jointing, demanding electrical, machine and pipe mountings	200	0,50	45	40	

תאורת חניה:

Table 5.9 — Parking areas

Ref. no.	Type of area, task or activity	\bar{E}_m lx	U_o -	R_{GL} -	R_a -	Specific requirements
5.9.1	Light traffic, e.g. parking areas of shops, terraced and apartment houses; cycle parks	5	0,25	55	20	
5.9.2	Medium traffic, e.g. parking areas of department stores, office buildings, plants, sports and multipurpose building complexes	10	0,25	50	20	
5.9.3	Heavy traffic, e.g. parking areas of major shopping centres, major sports and multipurpose building complexes	20	0,25	50	20	

תאורת אזורי תעשיה, תשתיות, מחסנים וסככות:

Table 5.7 — Industrial sites and storage areas

Ref. no.	Type of area, task or activity	\bar{E}_m lx	U_o -	R_{GL} -	R_a -	Specific requirements
5.7.1	Short-term handling of large units and raw materials, loading and unloading of solid bulk goods	20	0,25	55	20	
5.7.2	Continuous handling of large units and raw materials, loading and unloading of freight, lifting and descending location for cranes, open loading platforms	50	0,40	50	20	
5.7.3	Reading of addresses, covered loading platforms, use of tools, ordinary reinforcement and casting tasks in concrete plants	100	0,50	45	20	
5.7.4	Demanding electrical, machine and piping installations, inspection	200	0,50	45	60	Use local lighting

תחנות דלק:

Table 5.6 — Fuel filling stations

Ref. no.	Type of area, task or activity	\bar{E}_m lx	U_o -	R_{GL} -	R_a -	Specific requirements
5.6.1	Vehicle parking and storage areas	5	0,25	50	20	
5.6.2	Entry and exit driveways: dark environment	20	0,40	45	20	
5.6.3	Entry and exit driveways: light environment	50	0,40	45	20	
5.6.4	Air pressure and water checking points and other service areas	150	0,40	45	20	
5.6.5	Meter reading area	150	0,40	45	20	

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1
כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור
- עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

4. עריכה ובקרת תכנית תאורה פוטומטרית

תאורת חוץ של מתקן מבוקרת בשלבי תכנון שונים, החל מתכנית תאורה, דרך בקרת גופי התאורה טרם התקנתם באתר ולבסוף בקרת תפקודם בפועל לאחר ההתקנה.

תכנית התאורה תבחן את פיזור האור המוצע (מיפוי העוצמות) עבור כל אזור ושימוש על רקע מדידה וגבול התכנית. מוצע כי מתכנן התאורה יגיש לגוף הבקרה הרלוונטי לעניין תכנית תאורה מבוססת חישוב פוטומטרי, כולל טבלת ריכוז תוצאות בהתאם לרשימת התיוג להלן.

רשימת תיוג: טבלת ריכוז תוצאות תכנית תאורה מבוססת חישוב פוטומטרית

נושא	דרישה - במידה ורלוונטי לפרויקט	תוצאה - למילוי ע"י מתכנן התאורה
מאפייני התכנון וגופי התאורה	דגם גוף התאורה	
	מק"ט יצרן	
	הספק	
	גוון אור	
	גובה התקנת גוף התאורה	
	זווית התקנת הגוף	
	מרחק בין העמודים	
	תפוקת האור של גוף התאורה	=Lumen
	עוצמת הארה ממוצעת מינימלית	=E _{av}
	נתונים פוטומטרים בתחומי המתקן / דרך	אחידות פיזור E _{max} /E _{min}
אחידות פיזור E _{av} /E _{min}		= U ₂
בהיקות ממוצעת מינימלית		=L _{av}
אחידות מינימלית		=U ₀
אחידות אורכית מינימלית		=U _L
סף סינוור מקסימלי		=TI
Lighting of surrounding		=SR
מרחק בו נבדקת ההשפעה על הסביבה		=D
ערכי מקסימום של תאורה אנכית ואופקית במרחק בו נבדקה ההשפעה על הסביבה		=E _{h,max} =E _{v,max}

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור
- עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

5. בקרה ותחזוקת גופי תאורה

רשימת תיוג זו נועדה לאמת כי הגופים על רכיביהם המסופקים בשטח תואמים לדגם ולרכיבים אשר אושרו ע"י המזמין. רשימה זו מופיעה גם במפרט הכללי - פרק 8 עבודות חשמל בעריכת משרד הבטחון.

קיימת חשיבות בהתקנת גופי תאורה תואמים לתכנון, בהתאם לכך חשוב לבחון את הגופים בעת אספקתם, כאמצעי למניעת זיהום אור והשפעה שלילית על הסביבה בשל אי התאמה.

רשימת תיוג: בקרת גופי תאורה באספקתם לאתר

מס'	מאפייני גוף התאורה	דגם שאושר לביצוע	התקבל באתר כן/לא
1	שם ספק גוף התאורה		
2	שם יצרן גוף התאורה		
3	דגם גוף התאורה		
4	מספר גופי תאורה נדרש		
5	שם יצרן הלד		
6	שם יצרן הדרייבר		
7	פרטי איש קשר של הספק		
8	מפרט טכני של גוף התאורה (מיצרן)		
9	שטף האור הנפלט מגוף התאורה (לומן)		
10	ת"י 20		
11	קבוצת סיכון על פי ת.ב. ת"י/IEC 62471, RG		
12	IP		
13	ספקטרום האור		
14	CRI		
15	טמפרטורת צבע		
16	דרגת הגנה מפני הלם חשמלי - בידוד כפול או הארקה		
17	התקן הגנה מנחשולי מתח בסיווג של 10KV/10KA (פירוט בתעודת התאמה לת"י 20)		
18	הוראות התקנה ותחזוקה		
19	כבל, שקע תקע מוגן מים ו-IP66 לפחות - בדיקה אופציונאלי		

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

6. בקרת גופי תאורה בשלבי תפעול האתר

מדידות תאורה יבוצעו בשעות החשכה בעזרת ציוד מדידה מתאים בעל כיוול בר תוקף. מבצע המדידה יהיה בעל ניסיון והסמכה מתאימים אשר אושר לנושא ע"י גורם הבקרה הרלוונטי. רצוי כי בקר תאורה יהיה בעל ניסיון מוכח בתכנון ומדידות במתקני תאורה דומים (5 שנים לפחות) ובעל רישיון חשמלאי מהנדס.

במסגרת בקרת הארה של מתקן תשתית, לעיתים נדרשת מדידת האור הנפלט מגופי התאורה בשלבי תפעול המתקן או הדרך, זאת על מנת לוודא שהשפעת התאורה על הסביבה תואמת את ההתחייבויות או ההנחיות המקובלות לעניין זיהום אור.

7. ניהול תחזוקת התאורה

תקינות מכנית, תקינות מיקומים וכיוונים של הגופים, התאמת עוצמות ההארה, ספקטרום האור ורמות הבהיקות למתוכנן. מומלץ כי בדיקות לצורכי תחזוקה יתבצעו בתדירות של אחת לשנה.

ניהול תחזוקת התאורה והמערכות השונות תורמים ליעילות ואיכות התאורה במתקן ובכך לצמצום זיהום אור. מומלץ כי התחזוקה תנוהל כתחזוקה מונעת (בניגוד לתחזוקת שבר). בפעילות התחזוקה יש לוודא ולבדוק

8. לעתיד - קידום מניעת זיהום אור בישראל

- כדיסציפלינה סביבתית, בעלת השפעה בריאות וחזותית.
- קידום הנחיות להתייעלות אנרגטית (מש' האנרגיה) המותאמות להנחיות למניעת זיהום אור סביבתי.
- שילוב היבטי סביבה ואקולוגיה במסגרת עדכון הנחיות הארת דרכים של משרד התחבורה.
- קידום יועצים יעודיים לנושא מניעת זיהום אור במסגרת גופים העוסקים בבקרת תכניות תאורה.
- קידום הנחיות וולונטריות מול יועצי סביבה בגופים שונים בעלי תשתיות המוארות בשעות הלילה.
- קידום הנחיות למניעת זיהום אור במסגרת עדכון הנחיות משרד השיכון והבינוי לתאורה עירונית.
- קידום הנחיות למניעת זיהום אור מול פיקוד העורף לעניין מגבלת השפעת תאורת גדר ביישובים.
- קידום הנחיות למניעת זיהום אור במסגרת עדכון הנחיות הנדסיות משרד הבטחון, אגף איכות סביבה.

- להלן המלצות לבחינה לקידום מניעת זיהום אור בישראל:
- בחינת קידום חקיקה בנושא מניעת זיהום אור ברמה הארצית כפי שקורה במקומות שונים בעולם.
- בחינת קידום חקיקה דרך עדכון חוק הקרינה הבלתי מייננת.
- בחינת עדכון ודיוק פרק מניעת זיהום אור בתקן בניה ירוקה (בהתאם להנחיות מדריך זה), והרחבתו לתחומים נוספים כגון תעשייה ומתקני תשתית.
- קידום עריכה ואימוץ "הנחיות מרחביות" לנושא זיהום אור במסגרת ועדות מקומיות (או מרחביות), בדגש על מרחבים בישראל הרגישים לזיהום אור.
- הגדרת הנחיות למניעת זיהום אור במסגרת תהליכי בקרת רישוי במכוני בקרה.
- קידום תנאים במסגרת רישוי עסקים בהיבטי מניעת זיהום אור.
- קידום הידע וההכרות הציבורית עם זיהום אור

נספח 2

**הארה לצרכי
בטחון, תפעול
ובטיחות ומערכות
לייעול וניהול
התאורה**

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

1. מהי "הצדקה ביטחונית"?

ובחורם. תאורת בטחון בחירום תהיה סביב חדר חשמל ושער הכניסה למתקן בלבד.

משרד האנרגיה מגביל את טווח השפעת ההארה מסביב לגדר (15 מ'), וממליץ לעשות שימוש במצלמות אינפרא אדום המייתרות הארה רציפה. למידע מפורט יש לעיין בהנחיות בכללותן.

משטרת ישראל

מדור אבטחת תשתיות בחטיבת אבטחה, הינו גוף מנחה עבור גופים ממשלתיים בנושאי ביטחון ואבטחת מתקנים. תפקידו לאשר את רמת המיגון הנדרשת לתשתיות לאומיות (בין השאר שמירה, יעדי אבטחה וגם תאורת גדר ביטחונית). הדרישות פרטניות ותלויות ברמת החשיבות (לפי רמות א/ב/ג כפי שהוגדרו ע"י משרד האנרגיה) ורגישות המתקן במיקום הספציפי וסביבתו (למשל האם האזור רווי פריצות) - מתוך אלו נגזרת רמת הסיכון לביטחון המתקן ונקבעת רמת המיגון הנדרש. בשלב תכנון לביצוע על היזם להגיש למשטרת ישראל את תכנית מיגון המתקן לאישורם, כאשר בתוכנית המיגון נכלל תשריט התאורה המוצעת. התוכנית נבחנת פרטנית לגופו של מקרה.

משטרת ישראל פועלת (בין השאר) על פי העקרונות המנחים הבאים עבור אישור תכניות מיגון⁽³⁾:

- קיום הדרישות המינימליות הנדרשות על מנת לאבטח את המתקן - אין צורך להאיר מעבר לנדרש.
- אין התנגדות לשימוש במצלמות לילה עם מוקדן שצופה במתרחש -טכנולוגיית אבטחה המייתרת הארה עודפת.
- תמיכה בשילובן של טכנולוגיות מתקדמות כגון מערכות ממוחשבות ותאורת אינפרא אדום.
- במתקנים שאינם מאוישים 24 / 7 אין בדר"כ התנגדות לתאורה שתופעל רק בעת הצורך.
- רמת ההארה מעבר לגדר המתקן (טווח השטח המואר) כפופה להנחיות משרד האנרגיה.

"מניעת זיהום במקור" מתייחס לדרישה להארה במסגרת "הצדקה ביטחונית", להלן הרחבה בנושא זה. תאורת ביטחון היא תאורה המשמשת מתקנים לצרכי ביטחון וחירום ולשמירה על רציפות פעילותם, ומהווה חלק ממערך האבטחה של המתקן. להלן רקע על הגופים המנחים להארת מתקני תשתית בהיבט הביטחוני:

משרד האנרגיה

אגף חירום, ביטחון, מידע וסייבר, אחראי במדינת ישראל על הבטחת האספקה והרציפות התפקודית של מתקני התשתית המוגדרים חיוניים, והוא קובע הנחיות להארת מתקני תשתית אשר בתחום אחריותו. משרד האנרגיה מסווג את מתקניו לרמות א/ב/ג בהתאם לנחיצות ברציפות תפקודם - מתקן ברמה א' יחויב בדרישות המחמירות יותר.

לעת עריכת מסמך זה משרד האנרגיה עורך מסמך הנחיות חדש "הנחיות לצמצום זהום אורי מתאורת בטחון במתקני תשתית המוקמים בשטחים פתוחים, המונחים על ידי משרד האנרגיה". (טיוטת 2021) במסמך זה, מתקן אנרגיה קונבנציונלית (תחנת כוח) המפיק מעל 100 מגה וואט, מסווג ברמה א', רמה ב' - מוגדר 30 עד 100 מ"ו ורמה ג' מוגדר 5 עד 30 מ"ו. משטר ההארה של מתקן תשתית מסווג בהבחנה בין מתקן המייצר אנרגיה קונבנציונלית למתקן אנרגיה מתחדשת.

מתקן תשתית של אנרגיה מתחדשת (דוגמת פוטו-וולטאי):

בהיקף ייצור חשמל ברמה א' או ב' - ההנחיה היא שבשגרה המתקן חשוך, למעט מבנה אבטחה, רכיבים קריטיים ושער כניסה. רכיבים קריטיים לפי המסמך נחשבים: שנאים, ממירים, גנרטורים, חדרי חשמל, טורבינות, סקיד גז, תחמ"ש, משאבות, מתקנים להפחתת לחץ - PRMS.

בהיקף ייצור חשמל ברמה ג' - המתקן חשוך בשגרה

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור
- עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

פיקוד העורף

פקע"ר) הוא הגוף המנחה לגבי תאורת ביטחון סביב ישובים בלבד, ולכן הנחיותיו אינן חלות על תשתיות הנדסיות. הנחיותיו מפורטות במסמך "מפרט טכני לתאורת בטחון LED לישובים, 2018". עפ"י מסמך זה מטרת תאורת בטחון בישובים היא הארת גדר הביטחון של הישוב בשלמותה בכל שעות החשיכה, לכל אורכה ורוחבה ומחוץ לה למרחק של 15 מ' לפחות, לצורך גילוי וזיהוי דמויות אדם בשטח המואר. המפרט כולל דרישות מינימליות להארה ללא הגבלת סף עליון. גוון האור K 4000 והגבלה ל K 3000 באזורים רגישים אקולוגית.

צה"ל

לצה"ל הנחיות לתאורת ביטחון אשר באחריות אגף מבצעים. בסיסים ומתקנים רבים ממוקמים בשטחים פתוחים הרגישים לזיהום אור, בהתאם לכך קיימות הנחיות סביבתיות המתייחסות לנושא מיזעור השפעת התאורה מטעם אגף הנדסה ובינוי (מדור תכנון וסביבה). הנחיות אלו כוללות תאורת לד המאירה באופן א-סימטרי (לדג' גוף תאורה שמאיר לכיוון הדרך אך לא לשטח מאחוריו), בגוון של 3000 K ושמונעת זליגת אור לשמיים⁽⁴⁾.

2. מהי "הצדקה" בטיחותית/ תפעולית"

והבניה "תקנות תכן הבניה, בטיחות המשתמש, תש"פ 2019". התקן מגדיר את כמות ההארה הממוצעת הנדרשת לביצוע פעולות בשטחי חוץ למטרת נוחות תפעולית ובטיחות תעסוקתית, אך אינו קובע את המקסימום המותר.

תאורת חירום

בהיבט תפעולי היא תאורת גיבוי המיועדת למקרים בהם התאורה המוזנת מרשת החשמל אינה פועלת בד"כ כתוצאה מהפסקות חשמל או כשל במערכת. תאורת החירום מיועדת לעזור לאנשים להתמצא במקום בו הם נמצאים, או לעזור להם לצאת בבטחה במקרה חירום.

ישנה תאורת חירום המופעלת לעת מקרה של "חירום בטחוני" - כגון פריצה למתקן - המערכת תזהה חשוד ותפעיל תאורת חירום. חשוב מאוד לוודא שתאורת חירום מסוג זה לא הופכת להיות התאורה המופעלת בשגרה. קיימות הנחיות להגבלת עוצמת תאורת חירום במסמך משרד האנרגיה (ראה סעיף 1 לעיל).

"מניעת זיהום במקור" מתייחס לדרישה להארה במסגרת "הצדקה בטיחותית/ תפעולית", להלן הרחבה בנושא זה.

תאורה לצורך בטיחות תעסוקתית ונוחות תפעולית היא התאורה הנדרשת עבור כל סוג של עבודה על מנת לבצע אותה ביעילות ותוך שמירה על בטיחות העובד. להלן רקע על הגופים המנחים לנושא הארה לבטיחות ותפעול, ותקנים מחייבים לעניין זה.

המוסד לבטיחות וגהות

המוסד לבטיחות וגהות אמון בישראל על בטיחות העובד במקומות עבודה (מתקני תשתיות הם גם מקום עבודה). עוצמת ההארה הנדרשת מבוססת על מאפייני הדרישות הוויזואליות עבור אובייקט הראיה - בהתאם לתפעול או לעבודה הנדרשת. במידה ונדרשת תשומת לב לפרטים או שנדרש לבצע פעילות ברמת סיכון גבוהה, יש להתאים את עוצמת ההארה כך שתותאם לסוג הפעילות הנדרש מהעובד.

התייחסות לנושא תאורה בטיחותית ותפעולית נמצאת בתקן 12464 חלק 2 תאורה למקומות עבודה - תאורת חוץ. התקן מופיע כמחייב גם בחוק התכנון

3. מערכות לייעול וניהול התאורה

מערכות אבטחה וצילום מבוססות תאורת "red-infra" אור אינפרא אדום, יאפשרו מעקב כאשר האור האדום אינו נצפה לאדם, אך מאפשר בקרה במערכת ממוחשבת ודיווח על תנועה בחושך.

דוגמא: משך והיקף הארת מגרש חניה

באזור חנייה - במתקן בו קיימת פעילות כניסה ויציאת עובדים לאורך כל הלילה. נקבע פרוגרמתית כי נדרשת הארת מגרש החניה לטובת העובדים. כאשר נעמיק בדרישה נגלה שתנועת העובדים ב-3:00 לפנות בוקר פחותה מתנועתם ב-20:00 בערב. יתכן וניתן לקבוע שבין השעות 20:00-5:00 בבוקר ניתן להאיר באופן שאינו רציף - בעזרת מערכת סנסורי תנועה המזהה רכב מתקרב או לחלופין שמספיק להאיר רק שורות חניה אחת ולא מגרש שלם כמענה לצורך.

בכדי להבין מתי נדרש להאיר חלקים במתקן, ומכיוון שהארת מתקן תשתית בדר"כ כרוכה בפעילות אדם, ניתן לשאול את השאלה הפשוטה כיצד המתקן יתפקד - מי עושה מה, איפה ומתי? ואילו מערכות טכנולוגיות ניתן לשלב כדי לצמצם הארה לילית ולהפעילה רק בזמן ובמקום שהיא אכן דרושה. את מערכת התאורה ניתן לנהל בעזרת מערכות בקרה הניתנות לשליטה מרחוק כאשר מערכות אלו יוכלו להפעיל את עוצמת האור הנכונה בזמנים המתאימים.

קיימות מערכות דוגמת "שעון אסטרונומי" (ראה איור 1) המאפשרות הדלקה אוטומטית בהתאמה לשעות זריחה ושקיעה לפי המקום והיום הספציפי.

ישנן מערכות אשר יופעלו בתיאום עם חיישני תנועה, אשר יזהו תנועה חריגה בעקבותיה יודלק האור.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

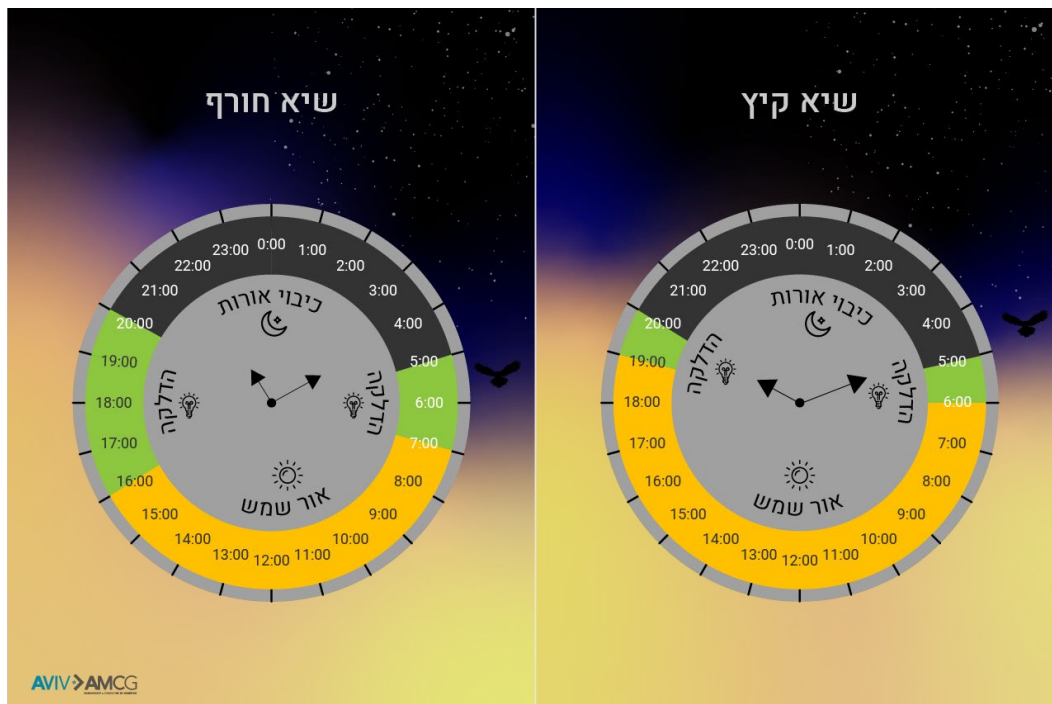
ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית



איור 1: שעון אסטרונומי - שעות ההארה הנדרשות תלויות בתקופה בשנה ובפעילות העובדים. בצהוב - שעות אור יום, בירוק - שעות הדורשות הארה מלאכותית, בשחור - שעות חושך.

נספח 3

חקיקה, תקינה
והנחיות קיימות

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

למתכננים בשיח אפקטיבי מול יזמים ומהנדסי
החשמל והתאורה בהיבטי מניעת זיהום אור.

פרק זה מפרט את החקיקה, התקינה וההנחיות
הקיימות הרלוונטיות לישראל בשלב עריכת מדריך
זה. הצגת הבסיס החוקי לנושא מיועדת לתרום

1. חקיקה

לעניין מיזעור זיהום אור (ראה פירוט בסעיף
תקינה). התקן שאומץ חל על מבני מגורים, מסחר,
מרפאה/בית חולים, אכסון תיירותי, בניין התקהלות
ציבורית ומוסדות חינוך (בכפוף להיקף הבניה ועם
התניות מסוימות).

טרם קיימת בישראל חקיקה ייעודית לעניין שמירה
על חשכת הלילה ומניעת זיהום אור, עם זאת קיימת
חקיקה בנושאים משיקים:

חוק הקרינה הבלתי מייננת, התשס"ו - 2006.

מטרתו "להגן על הציבור ועל הסביבה מפני השפעות
של חשיפה לקרינה בלתי מייננת, ולהסדיר את
העיסוק במקורות קרינה, הקמתם והפעלתם ובמתן
שירות למדידת קרינה, בין השאר על ידי קביעת
איסורים וחובות בהתאם לעקרון הזהירות המונעת".
החוק מסדיר את הפיקוח על מקורות קרינה בעזרת
דרישת היתר הקמה או היתר הפעלה או מתן שירות,
מאת הממונה לעניין זה. החוק כולל גופי תאורה, עם
זאת גופי תאורה בתחום אורכי גל הנראה לעין (400
-780 ננומטר) מוחרגים מהדרישה להיתר.

חוק התכנון והבנייה, התשכ"ה-1965

• תקנות תסקירי השפעה על הסביבה, 2003 - תקנות
המסדירות את הליך הבחינה הסביבתית של תכנית,
כולל את סוגי התוכניות שבגינן קיימת חובת הכנת
תסקיר (למשל, תחנות כוח, שדות תעופה וכו'), וכן
מאפשרות למוסד התכנון לדרוש הכנת תסקיר לכל
תוכנית פיתוח בעלת השלכות סביבתיות בהתאם
לשיקול דעת.

• תקנות תכן הבנייה, בטיחות המשתמש, תש"פ 2019
- קובעות שתאורת חוץ בתחום מגרש מגורים תהיה
רציפה וממקור אור שאינו מסנוור, ותמנע הארה
ישירה מגופי תאורה לעיני בני אדם בתוך הבניין
ועוד. התקנות מחייבות עמידה בדרישות ת"י (תקן
ישראלי) 12464 חלק 2 - תאורה למקומות עבודה:
תאורת חוץ.

• תקנות תכן הבנייה, בנייה בת-קיימא התש"פ 2020.
מחייבות עמידה בדרישות ת"י 5281 לבניה ירוקה
ברמת כוכב אחד (55 נק'). התקן כולל סעיפים

חוק מקורות אנרגיה, התש"ן - 1989

• תקנות מקורות האנרגיה, שימוש בגופי תאורה
יעילים אנרגטית, 2012 - קובעות הנחיות המעודדות
מעבר לתאורת לד, אולם אינם כוללים התייחסות
לנושא זיהום אור סביבתי.

• תקנות מקורות האנרגיה, ביצוע סקר לאיתור
הפוטנציאל לשימור אנרגיה, התשע"ט 2018 -
קובעות חובת סקר התייעלות אנרגטית במתקנים
גדולים אולם לא כוללים התייחסות לתאורה וזיהום
אור סביבתי.

**חוק גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים
ואתרי הנצחה, התשנ"ח 1998.**

כולל בפרק ערכי טבע מוגנים חובה למניעת פגיעה
בערך טבע מוגן, כולל הפרעה למהלך התפתחות
הטבעית, לרבייה או לשמירה עליו.

חוק שמירת הסביבה החופית, התשס"ד 2004.

כולל בסעיף 4 א' הנחיה שלא יבצע אדם פעולה
המהווה או העלולה להוות פגיעה בסביבה החופית.

**החוק למניעת מפגעים סביבתיים (תביעות אזרחיות)
התשנ"ב 1992.**

עוסק במטרדי סביבה כגון ריח ורעש, הוא אינו חל
באופן ישיר על זיהום אור אך ניתן לבחון הגשה של
תובענה על פגיעה בערכי טבע מוגנים או מפגע
סביבתי⁽¹⁾.

1. מפגע סביבתי - זיהום אוויר, רעש, ריח, זיהום מים, זיהום מי-ים, זיהום על ידי פסולת, זיהום על ידי חומרים מסוכנים, זיהום על ידי קרינה, פגיעה בסביבה
החופית, מפגע אסבסט, פגיעה באזור מוגן, פגיעה באילן מוכן או בעץ בוגר, פגיעה ביער או פגיעה בערך טבע מוגן, והכל כשהם בניגוד לחזיקוק, לצו,
לתכנית, לרשיון עסק או לכל היתר או רשיון אחר, או שיש בהם פגיעה בבריאותו של אדם או גרימת סבל ממשיל לאדם;

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

להתפרש כמטרד. פקודת המינימום כוללת גם את **עוולת הרשלנות** "שבמשלח יד פלוני לא השתמש במיומנות, או לא נקט מידת זהירות, שאדם סביר ונבון וכשיר לפעול באותו משלח יד היה משתמש או נוקט באותן נסיבות - הרי זו התרשלנות". בהקשר זה יתכן וניתן להתייחס למתכנן תאורה אשר נהג ברשלנות בתכנון תאורה.

כוללים את המגבלות הבאות (תוך הבחנה בין "שעות הפעילות המתקן" ו"מעבר לשעות הפעילות"): פלישת אור לנכסים סמוכים (בערכי לוקס), רמת עוצמת אור עם פוטנציאל לפלישת אור (בערכי קנדלה), הארה כלפי הרקיע (אחוז האור הנפלט מעבר לאופק) ועוצמת הארת חזית ושילוט המבנה (בערכי לומן). בנוסף מגדיר התקן **עוצמת הארת חוץ** נדרשת בהתאם לרשימת שימושים וצרכים פונקציונליים (ראה פירוט **בנספח 1 - פרק 3** - קביעת מאפייני הארה לפי שימושים).

פקודת המינימום (נוסח חדש) תשכ"ח-1968. סעיפים 42 ו-44, עוסק **במטרד לציבור** "כשהמעשה או המחדל מסכן את החיים, הבטיחות, הבריאות, הרכוש או הנוחות של הציבור, או שהוא מכשול לציבור להשתמש בזכות מזכויות הכלל". **מטרד ליחיד** כולל "הפרעה של ממש לשימוש סביר במקרקעין של אדם אחר או להנאה סבירה מהם בהתחשב עם מקומם וטיבם". בהקשר זה פלישת אור יכולה

2. תקינה

קיימים תקנים ישראליים רבים מאוד העוסקים בחשמל ותאורה. להלן מספר תקנים הנוגעים ישירות לנושא זליגת אור ובטיחות האור לאדם ולחי, בתחום התשתיות.

ת"י 12464 חלק 2 - אור ותאורה - תאורה למקומות עבודה: מקומות עבודה מחוץ למבנים (2017)

התקן מחייב בישראל. בתקן מוגדר עקרון מניעת זליגת אור בהתאם לערכים הכפופים לרמת החשיכה הקיימת במרחב.

התקן מסווג רמות החל מ-E1 (מרחב חשוך) ועד לרמה E4 (מרחב אורבני מואר) - בהתאם מוגדרים הפרמטרים העוסקים בזליגת אור. הפרמטרים

Environmental zone	Light on properties		Luminaire intensity		Upward light ratio R_{UL} %	Luminance	
	E_v lx		I cd			L_b cd·m ⁻²	L_s cd·m ⁻²
	Pre-curfew ^a	Post-curfew	Pre-curfew	Post-curfew	Building facade	Signs	
E1	2	0	2 500	0	0	0	50
E2	5	1	7 500	500	5	5	400
E3	10	2	10 000	1 000	15	10	800
E4	25	5	25 000	2 500	25	25	1 000

where

E1 represents intrinsically dark areas, such as national parks or protected sites;

E2 represents low district brightness areas, such as industrial or residential rural areas;

E3 represents medium district brightness areas, such as industrial or residential suburbs;

E4 represents high district brightness areas, such as town centres and commercial areas;

 E_v is the maximum value of vertical illuminance on properties in lx; I is the light intensity of each source in the potentially obtrusive direction in cd; R_{UL} is the proportion of the flux of the luminaire(s) that is emitted above the horizontal, when the luminaire(s) is (are) mounted in its (their) installed position and attitude, and given in %; L_b is the maximum average luminance of the facade of a building in cd·m⁻²; L_s is the maximum average luminance of signs in cd·m⁻².^a In case no curfew regulations are available, the higher values shall not be exceeded and the lower values should be taken as preferable limits.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

אלומה full cut off (מדרוג G-6) ועוצמת הארה לפי עמידה בדרישות ת"י 12464 (תוך הסתייגות אם יש דרישות תפעול או בטיחות) ותוך הגדרת שעות פעילות כשעה לפני ואחרי יום העסקים. בכדי להוכיח עמידה בדרישות אלו יש להגיש "מפרט תאורה".

בסעיף 1.2 מערכות הבניין - ביצועים אנרגטיים של תאורה מלאכותית, מתקבל ניקוד (0.5 נק') עבור שילוב מנגנון שליטה מרכזית בתאורת חוץ, בכדי להוכיח עמידה בדרישות יש להגיש תכנית תאורה (תכנית המראה חלוקה לאזורי שליטה על מערכת התאורה).

ת"י 5281 חלק 1 - בנייה בת קיימא (בנייה ירוקה): דרישות לבניינים שאינם בנייני מגורים (2016).

התקן לבנייה ירוקה הושק ב- 2005 וב- 2020 אומץ בתקנות הבניה ברמת כוכב אחד (ראה סעיף חקיקה). בימים אלו התקן נמצא בשלבי ריוויזיה. התקן עוסק בתחומים: אנרגיה, קרקע, מים, חומרים, בריאות, פסולת, תחבורה, ניהול אתר בנייה וחדשנות. יש לציין שהתקן אינו חל כיום על תעשיות או תשתיות.

סעיף 2.4 בתקן עוסק בזיהום אור לילי ובו ניקוד המתקבל עבור עמידה בדרישת הגבלת גוון אור קר (שילוב גוף תאורה בטווח של 2600-3000 קלווין), הכוונת אור (שימוש בגופי תאורה בעלי הגבלת

המאפיין	האם יש תנאי סף?
2.4 זיהום אור לילי	כן

מטרה

למצב את ההשפעות השליליות הנגרמות מזיהום אור לילי של תאורת חוץ.

טבלת ניקוד

היעוד	מס' היעוד	הניקוד המרבי במאפיין									
		מס' היעוד	מס' היעוד	מס' היעוד	מס' היעוד	מס' היעוד	מס' היעוד	מס' היעוד	מס' היעוד	מס' היעוד	מס' היעוד
1	זווית הארה	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
2	גון האור	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
3	הכוונת אור	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
4	עוצמת הארה ושעות פעילות	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

קריטריונים להערכה	ניקוד
1. זווית הארה זווית ההארה ומבנה הפנס לא יאפשרו זליגת אור כלפי השמים (זווית גדולה מ- 90°).	טי"ג (תנאי סף)
2. גון האור גון מקור האור יהיה בתחום של 2600 קלווין - 3000 קלווין.	טי"ג
3. הכוונת אור בשטחי חוץ מפותחים שבגבולות המגרש יוצג השימוש בגופי תאורת חוץ בעלי הגבלת אלומת אור מטיפוס "Full cut-off" (ראו הערות).	טי"ג

הערות:
גופי תאורה בעלי הגבלת אלומת אור מטיפוס "Full cut-off" (פנס מוגבל אלומה במלואו): גוף תאורה שאינו מאפשר כל הארה לאורך המישור האופקי או מעליו, ועומד באחת הדרישות האלה:
- בגופי תאורה בעלי תיעוד אמריקני - נמדד לפי מדד BUG, והערכים יוצגו בלומן. יש לעמוד ב-U=0 וכן ב-G=0 במדד זה. U=uplight (above 90 degrees), G=glare (between 80 to 90 [degrees])
בגופי תאורה בעלי תיעוד ישראלי או אירופי, יש לעמוד בסיווג עוצמת הארה (Luminous intensity classes) בדרגה G6.
זכר: לא ייעשה שימוש בטיפוסי תאורה אלה:
- תאורת לייזר
- תאורה מהבהבת
- תאורה ארכיטקטונית של בניין (תאורה המכוונת לבניין לצרכים אסתטיים) בעלת מעטפת חיצונית מבריקה או עשויה זכוכית
- תאורה פלואורנית
עוצמת הארה ושעות פעילות
עוצמת ההארה עבור תאורה מחוץ לבניין, לרבות שילוט, תארים לדרישות התקן האירופי EN 12464-2, כאשר שעות הפעילות מוגדרות כשעה מקסימום לפני יום העסקים ואחרי יום העסקים (Pre-Curfew).
דרישה זו אינה חלה על שטחים הדורשים רמת תאורה גבוהה יותר בשל צורכי תפעול או בטיחות.

טבלה מס. 3: מתוך ת"י 5281 חלק 1 - בנייה בת קיימא (בנייה ירוקה): דרישות לבניינים שאינם בנייני מגורים (2016). סעיף 2.4 - זיהום אור לילי⁽²⁾.

2. פורסם באישור מכון התקנים, נלקח מתקן ישראלי ת"י 5281 חלק 1 - בנייה בת קיימא (בנייה ירוקה), כל הזכויות שמורות למכון התקנים הישראלי.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית**ת"י 62471 חלק 2 - בטיחות פוטוביולוגית של
נורות ושל מערכת תאורה: הנחיות לדרישות ייצור
הנוגעות לבטיחות קרינה אופטית שאינה קרינת
לייזר (2013)**

התקן מחייב ומפרט את גבולות החשיפה המסוכנים לבריאות, את השיטות למדידות ייחוס ואת שיטת המיון לצורך הערכה ובקרה של גורמי הסיכון הפוטו-ביולוגיים מכל מקור חשמלי כולל נורות לד. בחירת גופי תאורה בקבוצת סיכון נמוכה לבטיחות פוטוביולוגית מבטיחות שמירה מפני גבולות החשיפה המסוכנים לבריאות האדם.

ישנם מסמכי המלצות דוגמת "המפרט הבין משרדי של משרד הבטחון" אשר מפנה לסיווג בתקן וקובע שיש להימנע משימוש בקבוצת סיכון 1 (אשר משמעותה לפי התקן היא נזק פוטנציאלי לעיניים בחשיפה מעל 100 שניות). למרות שתקן זה עוסק בנזקים פוטנציאליים לעור ועיני האדם, קיימת סבירות (בהתאם לעקרון הזהירות המונעת) שחלק מהשלכות המובאות בתקן רלוונטיות גם לעולם החי, שרגישותם בחלק ניכר מהמקרים אף גבוהה יותר משל בני אדם.

ת"י 13201 - תאורת דרכים: דרישות ביצועים (2010)

התקן אומץ ע"י מכון התקנים והינו תקן וולונטרי. התקן המתייחס לתאורת דרכים בהיבט הנדסי, בטיחותי ויעילות אנרגטית. התקן כולל אפיון רחב לתאורת דרכים, בין השאר התייחסות לעמעום תאורת דרכים וכן סיווג סוגי גופי תאורה בעלי הגבלת אלומת אור מסוג- full cut off. תכנון התאורה בהתייחס למאפייני הדרך כולל את הנושאים הבאים:

- השתנות התנאים, מהירויות והדרישות לאורך הדרכים
- רמות סנוור של גופי תאורה

- מהירות הנסיעה
- עומס התנועה יחסית לקיבולת הכביש
- הרכב התנועה וצפיפות משתמשים בדרך
- קיום מעקה הפרדה
- צפיפות צמתים ומחלפים
- רכבים חונים בסמוך לנתיב נסיעה
- הארה סביבתית. לדוגמא: הארה קיימת ליד מרכזי קניות, שלטי פרסומת ומרכזי ספורט ואחסון
- קשיי ניווט, אזורי סיכון, כבישים רטובים עם סכנת החלקה ומקומות "מועדים לפורענות", בעלי רמת פשיעה גבוהה יחסית.
- מקדם ההחזרה וטיב האספלט של הדרכים
- רוכבי אופניים, קורקינטים וכו' בסמוך למסעה ולתחבורה ממונעת
- רכבים חונים
- צורך בזיהוי פנים
- **מניעת תאורה פולשנית לבתים פרטיים בסביבה חשוכה במקור.**
- **מניעת זיהום אור בהיבט של זהירות רקיע, ופגיעה ביכולת לצפייה בכוכבים.**

**ת"י 1838- יישומי תאורה - תאורת חירום (2009),
פרסום (2021)**

זהו **תקן וולונטרי** המגדיר רמות הארה מינימלית של תאורת חירום נדרשת לצרכי בטיחות - למילוט ולמערכות תאורת כוונות בדגש על מיקומים שלציבור או לעובדים יש גישה אליהם.

ת"י 20 - בטיחות חשמלית של גופי תאורה.

תקן מחייב המהווה בסיס להנחיות מחייבות בדבר בטיחות חשמלית.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

3. הנחיות

הנחיות בישראל

להלן פירוט הנחיות שונות העוסקות בין השאר במניעת זיהום אור ואשר נערכו למרחבי תכנון או גופים ספציפיים, הנחיות אלו מחייבות בחלקן ולפי המקרה. הן יכולות לשמש להתרשמות ועיון לגופים המעוניינים לאמץ הנחיות, אם כי יש לציין כי לא בכלום מובאים ההיבטים השונים הנדרשים למניעת זיהום אור באותו אופן שהם מובאים במדריך זה.

• **מידע של המשרד להגנת הסביבה, באתר המשרד להגנת הסביבה** כולל המלצות לנושא הגבלת גוון אור כחול.

• **הנחיות לצמצום זיהום אור מתאורת בטחון במתקני תשתית המוקמים בשטחים פתוחים, המונחים על ידי משרד האנרגיה.** טיוטת 2021 - טרם פורסמו לציבור - עפ"י טיוטת אוג' 21 העקרונות תואמים למסמך זה.

• **מפרט טכני לתאורת בטחון לד ליישובים - הנחיות פיקוד העורף, 2018** (מחלקת מיגון ענף מרכזי ביטחון להתיישבות, מדור טכנולוגיות ומיגון הניוד). הנחיות אלו אינן מפורסמות בציבור. ההנחיות עוסקות בתאורת גדר ביטחונית כולל דרישה לרמת הארה מינימלית במרחק 15 מ' מהגדר (4 לוקס) וכן גוון אור 4000K או 3000K לאזורי עם רגישות אקולוגית.

• **הנחיות לתכנון מערכות תאורה למתקני מקורות, 2020**, הוראת מהנדס ראשי, 612.011. **באתר חברת מקורות.**

• **המפרט הכללי לעבודות בנייה, משרד הבטחון ("הספר הכחול") פרק 8 - מתקני חשמל**, תיקון 2015 - אינו מחייב אך משמש כמסמך בסיסי גנרי לעריכת מכרזים עבור כל גופי הממשלה ואחרים. המפרט כולל הגדרות ודרישות טכניות לבטיחות ואיכות גופי התאורה בין היתר לעניין גוון אור (2000K - 3000K כולל הגבלת הספקטרום) ואיכות הצבע. **באתר המפרט הכללי לעבודות בנייה.**

• **הנחיות לתכנון תאורת דרכים בחברת נתיבי ישראל**, ינואר 2021. **באתר נתיבי ישראל.** כוללות בפרק 5.15 התייחסות לאזורים רגישים אקולוגית ובו הפניה למסמך באתר טבע-ביז, בשם "**תאורה**

ייחודית לסביבה בחברת נתיבי ישראל" המסכם את ההמלצות ואת המפרטים הטכניים לתאורה בשטחים פתוחים ואזורים בעלי רגישות אקולוגית.

• **הנחיות לתאורה אדריכלית בתל אביב.** יוני 2011. **באתר עיריית תל אביב.**

• **הנחיות מרחביות - עיריית נתניה** (כולל היבטי זיהום אור). **אתר הוועדה המקומית לתכנון ובנייה.**

• **הנחיות מרחביות מרחב תכנון יזרעאלים, 2016.** **אתר הוועדה לתכנון ובנייה יזרעאלים.**

• **הנחיות לדופן "ייחודית" לטבע עבור תשתיות ובינוי מגידו, מרץ 2016.** **באתר מרחב תכנון מגידו** - מרחב ביוספרי.

• הנחיות להצבת שילוט בתחומי היישוב גני תקווה, 2021. **באתר של הוועדה המקומית לתכנון ובנייה גני תקווה.** בגני תקווה (בקעת אוננו) - נערכו הנחיות שילוט הכוללים מניעת תאורה פולשנית לפי ת"י 12646 ופרמטרים נוספים.

• **מסמך מניעת מטרדי זיהום אור ברמת גן, 2021** בעריכת אגף שפ"ע, המחלקה לאיכות סביבה, עוסק בהגבלת שלטי חוצות מוארים. טרם פורסם באתר העירייה.

• **עמותת "אור מכוון" - מסמך המלצות לתקנות תאורת חוצות** כולל המלצות שאינן מחייבות. **אתר אור מכוון.**

מסמכי הנחיות בינלאומיות

CIE (2017) - Guide on the limitation of the: 150 effects of obtrusive light from outdoor lighting installations - מסמך הנחיות בינלאומי העסק בצמצום זליגת אור והארת רקיע לפי אזורי רגישות, מנחה לנושאים כולל צמצום צורך בהארה, הגדרת יועץ, הגדרת תהליך ועוד. CIE היא נציבות בינלאומית להארה.

IES TM-15-20 - BUG RATING - Luminaire Classification System for Outdoor Luminaires - מסמך הנחיות אמריקאי המסווג ומגדיר טווח השפעת גופי תאורה.

נספח 4

סקר ספרות השפעת גוון האוד על עולם החי והצומח

סקר ספרות זה נכתב ע"י ד"ר רז תמיר, בעל דוקטורט לאקולוגיה ימית והתמחות בהשפעת התאורה הטבעית והמלאכותית על עולם החי.

רקע

טווח קליטת האור של מינים ספציפיים יכול להשתנות בתוך כל קבוצה טקסונומית, ולכן יש לנקוט משנה זהירות כאשר מיישמים את הידע לגבי קבוצה טקסונומית באופן כללי, שכן קיים פוטנציאל השפעה שונה על כל מין ספציפי בתוך אותה קבוצה⁽⁵⁾. לדוגמה, מספר סוגי הפוטורצפטורים בעיני חרקים משתנה בין מינים שונים, מה שגורם לשינוי בשיעור הקליטה של טווח האור על ידי כל מין⁽⁶⁾. על כן, סקירה זו תסביר ותאפיין את ההשפעה הפוטנציאלית של (1) הרכבים ספקטראליים שונים (טמפרטורת/גוון האור) ו- (2) עצמת האור ו/או גובה ה'פיק' על אורגניזמים שונים. זאת, על בסיס הידוע כיום בספרות המדעית.

גוון האור מתואר ע"י יחידת המידה "טמפרטורת קלווין" - K אשר מייצגת את טמפרטורת הצבע המשולה לטמפרטורה של גוף שחור הפולט אור עם חימומו. חימום הגוף לטמפרטורות נמוכות יוביל לפליטת אור אדום ובטמפרטורות גבוהות לפליטת אור לבן. תאורה בעלת גוון אור "חם" בה ערך הקלווין נמוך מ- 3000 הינה תאורה בה אורכי הגל הדומיננטיים בחתימה הספקטראלית הם אורכי הגל הארוכים יותר (בתחום הצהוב-אדום של הספקטרום) ופחות אנרגטיים. לעומת זאת תאורה בעלת גוון אור "קר/כחול" בה ערך הקלווין גבוה מ- 3000 הינה תאורה בה אורכי הגל הקצרים והאנרגטיים בתחום הכחול של הספקטרום נמצאים בעוצמות גבוהות ('פיק' גבוה. איור 5) ובאופן כללי דומיננטיים בחתימה הספקטראלית.

היות ומרבית האורגניזמים החיים מושפעים במידה ניכרת מאורכי הגל הקצרים יותר של הספקטרום^(6,7), מומלץ, ככלל, לעשות שימוש בקלווין נמוך ("חם") על מנת לצמצם את הפגיעה הסביבתית הפוטנציאלית. אולם, השאלה היא מה הגוון המיטבי עבור תנאים סביבתיים ואורגניזמים שונים.

הימצאותם של קולטנים לקליטת אור (פוטורצפטורים) אוניברסאלית מבחינת כלל עולם החי, ועל כן רוב האורגניזמים הקיימים (כגון; חיידקים, פרוקי רגליים, יונקים, וצמחים) מסוגלים לזהות אור⁽⁴⁾. אולם, הרגישות הספקטראלית והמנגנונים המולקולאריים הבסיסיים המתקיימים ופועלים כתגובה לקליטה של אור באורכי גל שונים הם מגוונים ביותר⁽²⁾. בעקבות כך, תאורה מלאכותית בשעות הלילה יכולה להשפיע באופן שונה על אורגניזמים ספציפיים בהתאם לאופן שבו ההרכב הספקטראלי ועוצמת האור שלה תואמים לרגישותם. ואכן, מחקרים שנערכו בשנים האחרונות הוכיחו כי אותם משתנים באופי האור עשויים לגרום לתגובות ביולוגיות משתנות בין אורגניזמים שונים^(3,4).

בשנים האחרונות, עם המגמה הגוברת לשימוש בתאורת ה LED התרחב גם תחום הספקטרום של התאורה המלאכותית בשעות הלילה⁽³⁾. יתרה מכך, עוצמת האור בתחום הכחול של הספקטרום עלתה גם היא⁽⁹⁾. תאורה מלאכותית עם ספקטרום רחב עשויה להוביל לזיהוי אור מלאכותי על ידי בעלי חיים בסביבתם בשעות הלילה. זיהוי זה עשוי להשפיע על שינוי בהתנהגויות הרגילות של בעלי החיים, ולשנות את זמני הפעילות הרגילים שלהם, להרחיב או לפצל את בתי הגידול הטבעיים במרחב (כלומר, בע"ח הנמשכים אל האור או נמנעים ממנו), סנכרון ותזמון הליכי רבייה ונדידה (במקרים בהם האור משמש כסמן לתזמון של תהליכים אלו)^(3,5). יחד עם זאת, לתאורת ה LED פוטנציאל להתאמה מדויקת של האור המאיר את נוף הלילה. על אף שיש הסכמה מועטה לגבי הספקטרום הספציפי המיטבי שיפחית את ההשלכות על כל האורגניזמים⁽³⁾, שינויים קלים בהרכב הספקטרום כמו גם בעוצמות השיא (הפיק) באורכי גל שונים עשויים להפחית במידה ניכרת את ההשפעה על מינים שונים באתרים שונים⁽⁶⁾. עם העלייה במספר המחקרים הבוחנים את השפעתם של גווני אור שונים על אורגניזמים שונים והעמקת הידע בתחום, ניתן יהיה להתאים את שיטת התאורה לאתר אותו נרצה להאיר ועל פי רמת רגישות השטח.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

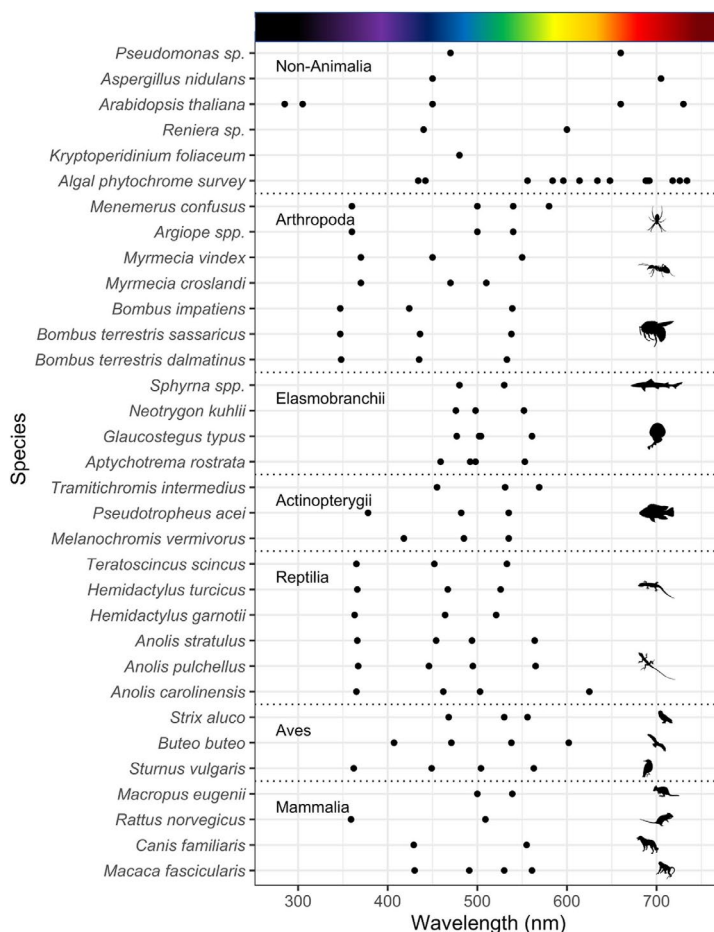
כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

בבית הגידול - כגון: ציפורים, לטאות, חרקים ודגים (איור 1), ההמלצה היא לעשות שימוש בנורות עם גוון K 2700-K 2200 בהם אורכי הגל בתחום הכחול פחות דומיננטיים (איור 2). בנוסף, האזור האקוואטי מהווה דוגמה לבית גידול בו הפחתה של הקלווין לגוון של K2700 עשויה להיטיב עם פוטנציאל ההשפעה, כאשר גוון של K2200 עשוי, במידה והוא מתאפשר, להיות אידיאלי (איור 2).































על אף שהשימוש בתאורה מלאכותית בלילה מספק יתרונות ברורים למין האנושי, הוא גם משבש את מחזורי האור היומיומיים, העונתיים והירחיים הטבעיים כפי שחווים מגוון של אורגניזמים. לפיכך, הוא משפיע על תזמונן של פעילויות ביולוגיות רבות. מחקרים הנערכים בתחום בשנים האחרונות תורמים להבנת ההשפעה של אור מלאכותי בלילה על אורגניזמים שונים, ובכך מאפשרים הבנה מכניסטית טובה יותר שעשויה לספק ידע לתכנון אסטרטגי וטכנולוגי אשר יפחית את ההשפעה השלילית של האור המלאכותי בלילה.

בסקירה זו נראה כיצד ככל שהרכב האור עני יותר בכחול (כלומר הגוון חם יותר), ההשפעות האקולוגיות צפויות להיות נמוכות יותר, על פני קבוצות טקסונומיות נרחבות (עטלפים, מרסמים, עופות, דו חיים, פרוקי רגליים, חסרי חוליות ימיים וצמחים). בנוסף, בסקירה נראה כי על פי מחקרים והידוע בספרות - גוון התאורה אינו משפיע ביולוגית באופן 'בינארי' (קטן מ- K3000 או גדול מ- K3000), אלא מורכב יותר, וקיימת משמעות לגוון/טמפרטורה (קלווין).

לאור הידע הנסקר בסקירה זו בהיבט גוון האור - רמות קלווין שונות ועוצמתו, אנו ממליצים על תכנון תאורה בו קיימת באופן כללי הפחתה של גוון האור לגוון אור של K3000 ומטה, ובכך לצמצם את עוצמות אורכי הגל הקצרים מ- nm500 אליהם רגישים מירב האורגניזמים (איור 5). יתרה מכך, באתרים בהם לאורכי הגל הכחולים קיים פוטנציאל פגיעה גבוה יותר - בעקבות תפוצת אורגניזמים המושפעים במידה ניכרת מאורכי גל כחולים (400-500nm)



איור 1: השוואה של שיא רגישות ספקטראלית של פטורצפטורים (קולטני אור) במינים שונים (Alaasam et al. 2021(7)

אורגניזם /מחלקה	סרטן	תזונה	שינה/ דיפרסיה	אוריינטציה/ נטייה	רבייה	קלווין (K) מומלץ
						2200K- 2700K
						2200K- 2700K
						≤3000K
						2200K
						≤3000K

איור 2: השפעות אקולוגיות ופיזיולוגיות של תאורה מלאכותית (באופן כללי) על בסיס מחקרים שהתפרסמו (מקור: Svehkina et al. 2021, וקלווין מומלץ על בסיס סקר הספרות הנוכחי (עמודה ימנית).

קוד אקולוגי - תאורה ידודתית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור
- עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ידודתית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

2. השפעת גווני אור שונים על עולם החי והצומח

ותזמון הפרשת הורמון המלטונין⁽¹²⁾. היות והמלטונין הוא הורמון בעל חשיבות רבה בתהליך השינה והתאמת תהליכים ביולוגיים לשעות היממה השונות, ישנה חשיבות רבה לתזמון הפרשת הורמון זה עבור עולם החי. **תוצאות מחקרים מצבעות על חשיבותו הביולוגית והאקולוגית של האזור בין 446-477 ננומטר של הספקטרום (האזור ה'כחול' - אזור בו שינוי מ- K3000 ל-K2200 יהיה משמעותי).** למשל, באזור זה מאוקטבת הפעולה של האופסין (חלבון ממברנלי ממשפחת הקולטנים) המספקים קלט צירקדי יממתי לוויסות הפרשת מלטונין⁽¹²⁾. בדומה, לקריפטוכרום (חלבון שהוא הקולטן/פיגמנט העיקרי של אור כחול, העתיק ושמור מבחינה אבולוציונית), למשל, בבעלי חיים, **קיימת רגישות שיא בחלק הכחול (בחלקו גם באזור המוזכר מעלה לגבי האופסין) והאולטרה סגול של הספקטרום**⁽¹³⁾. פיגמנט זה מעורב בזיהוי אורך היום ובהגבלת השעון הצירקדי במגוון רחב של אורגניזמים⁽¹⁴⁾. בבני אדם, פוטופיגמנט בודד עשוי להיות אחראי בעיקר לדיכוי המלטונין, ונראה שרגישותו לאור נבדלת מזו של פוטופיגמנטים של תאי הראייה (מדוכים וקנים). תוצאות מחקר זה עולות בקנה אחד עם מחקרים נוספים שהראו כי **דיכוי מלטונין הולך וגובר בקירוציה עם ירידה באורך הגל**⁽¹⁵⁾ ומהווה מנגנון קונסרבטיבי המאפיין יונקים נוספים^(16,17). **מסיבות אלו קיימת עדיפות לשימוש בגוון אור "חם" בו תהיה לתאורה המלאכותית השפעה פחותה יותר.**

באופן כללי, ניתן לומר כי מרבית האורגניזם כמו גם התהליכים הביולוגיים המשמעותיים המושפעים בהבדלי התאורה בין היום והלילה מושפעים מאורכי הגל הקצרים יותר של הספקטרום. **ככל שטמפרטורת האור תהיה בגוון קר יותר, ובעלת עוצמות גבוהות יותר של אורכי גל קצרים וגוון אור של 3000 קלווין ומעלה, תהיה לה השפעה גדולה יותר על עולם החי והצומח. על כן, יש ערך רב להגבלה משמעותית של גוון האור לגוון הנמוך מ 3000 קלווין.** על כך יורחב ביתר שאת בספר זה.

פוטורצפטורים ספציפיים מותאמים להפעלה ותזמון של פעולות ביולוגיות ספציפיות. למשל, ספקטרום הספיגה וההפעלה הסטנדרטי של רודופסין - פיגמנט הקיים ברשתית העין אצל כלל בעלי החיים, נמצא כרגיש בצורה מקסימאלית להארה **באורך גל של 492 ננומטר**⁽⁸⁾. קליטת אור באורך גל זה מפעילה תהליכים כימיים וביולוגיים ה'מסמנים' לעופות את זמן הרבייה ועל כן, לאזור זה על הספקטרום יש חשיבות אקולוגית רבה. **עבור אורך גל זה, שינוי מ- 3000K ל- 2200K לא יהיה משמעותי, זאת משום שאורך גל זה נמצא באזור בו יש עוצמות נמוכות יחסית של אנרגיה ('בין הפיקים', אזור 5).**

לפיגמנטים ופוטו רצפטורים אחרים, החשובים במידה רבה לתהליכים ביולוגיים ואקולוגיים קריטיים, קיימת בליעה באזורים הכחולים יותר של הספקטרום. למשל, שיאו של ספקטרום הפעולה של ipRGCs ושל פוטופיגמנט המלנופסין (פיגמנטים קולטי אור הנמצאים גם הם ברשתית העין ומסנכרנים תהליכים ביולוגיים ובעיקרם השעון הביולוגי) נע סביב **אזור ה- 480 ננומטר - באזור הכחול של הספקטרום**⁽⁹⁾.

ככלל, **ספקטרום האור בו קיימת השפעה ביולוגית ניכרת (בעיקר על השעון הביולוגי) נע בין 460 ל-530 ננומטר.** לעומת זאת, לקרפדות ולצפרדעים יש שני סוגים של פוטורצפטורים, הרגישים ביותר ל-432 ננומטר ו-502 ננומטר, בהתאמה⁽¹⁰⁾. **שינוי מ- K3000 ל- K2200 יהיה משמעותי בעיקר בעקבות הורדה בעוצמות אורך הגל-432 ננומטר הבא לידי ביטוי בגוון אור של K 2200.** לכן **עבור בתי גידול לחים - טווח הספקטרום המשפיע ביולוגית רחב יותר מאשר 460 530- ננומטר ונצפה כי שינוי מ- K3000 ל- K2200 יהיה משמעותי.** עיקר השעון הביולוגי (הצירקדי) מתווק על ידי קולטני אור שאינם משמשים לראייה, כאשר שיא רגישותם נמצא בחלק הכחול של הספקטרום, קרוב ל-460 ננומטר (ראה איור 5)⁽¹¹⁾. תחום זה של הספקטרום מהווה את אזור הבליעה העיקרי של חלבונים המניעים את תהליך

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

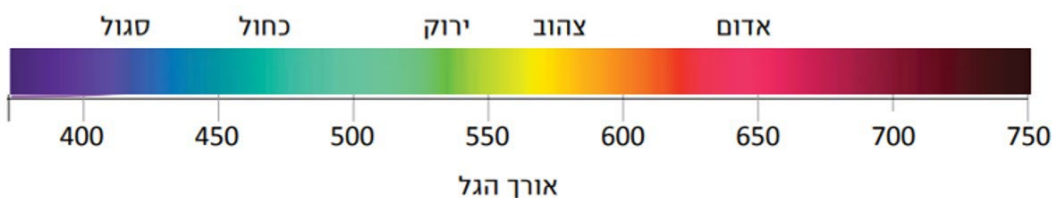
ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית



3. ההשפעה הביולוגית של הרכב האור על עולם החי והצומח

טבעי⁽²¹⁾. בדומה, מין אחר של ציפור (Zebra finch) שנחשף לתאורה ב-5000K התבטאו רמות מוגברות של הורמון הקורטיקוסטרון (הורמון הקשור לתהליכים מטבוליים ודיכוי של מערכת החיסון) בהשוואה ל-3000K ותנאי האור הטבעי⁽²²⁾. על כן, נצפה כי **ככל שגוון האור יהיה נמוך מ-3000K ויהיה באזור ה-2200K תהיה השפעה פחותה יותר על ציפורים בעת חשיפה לתאורה מלאכותית בשעות הלילה.**

חרקים מעופפים:

תוצאות מחקרים מצביעות על כך שהארה באור לבן ("גוון קר") מגבירה משמעותית את ההשפעות האקולוגיות של התאורה על חרקים מעופפים. השפעות אלו גורמות להתדרדרות של אוכלוסיות חרקים עקב השפעה על תנועתם, חיפוש מזון, רבייה וטריפה⁽²³⁾. מחקר שבחן נושא זה מצא כי נורות LED מושכות יותר חסרי חוליות מעופפים מאשר נורות לחץ גבוה (HPS). אולם שינוי ביצבע ה-LED לא הראה הבדל מובהק ביחס המשיכה לחסרי חוליות מעופפים⁽²³⁾. מחקר אחר מצא כי נורות LED משכו פחות חרקים באופן מובהק ממקורות אור אחרים, וכמו כן, לא נמצא הבדל משמעותי במשיכה בין נוריות ה-'קר' 5000K וה'חמות' 2700K⁽²⁴⁾. לעומת זאת, מחקר אחר מצא כי **ככל שאור הנורות נשלט על ידי אורכי גל קצרים יותר כך נמשכו אליהם עושר מינים ושפע של עש גבוהים יותר**⁽²⁵⁾. בניסוי מעבדה נמצא שאור באורך גל 400-475 ננומטר משך יותר פרטים של עש מאשר אורכי גל אחרים (475-600 ננומטר, 575-700 ננומטר ו-800-590 ננומטר), כאשר אור באורך גל של 405 ננומטר משך הכי הרבה עשים בהשוואה ל-435, 450 או 470 ננומטר⁽²⁵⁾. על כן, נטען כי עם ההבנה של פוטנציאל הפגיעה, ניתן לצמצם את אובדן המגוון הביולוגי של חרקים באמצעות שיטות תאורה מושכלות⁽²⁶⁾. בנוסף, בעת תכנון התאורה יש לבחון מיהן אוכלוסיות המעופפים הקיימות באתר ובהתאם לתכנן את שיטות התאורה השונות. אולם, באופן כללי, ניתן לומר כי **ככל שהתאורה תהיה בגוון נמוך מ-3000K כך תהיה השפעה קטנה יותר על מעופפים, כאשר האידיאל יהיה שימוש בתאורה עם גוון של 2200K.**

צבי ים:

בסביבה החופית (חוף ודיונות) בתנאים טבעיים, הנוף לכיוון היבשה כמעט תמיד חשוך יותר מהנוף לכיוון המים. זוהי פונקציה של צמחייה וטופוגרפיה כלפי היבשה החוסמת אור המגיע מכיוון הרקיע, בנוסף לאור הירח ואור הכוכבים המוחזרים ממי הים. אורגניזמים כמו צבי ים וסרטנים משתמשים בדפוס זה לצורך התמצאות⁽¹⁸⁾. תאורה מלאכותית על קו החוף ו/או מערים יכולה להפוך את התנאים הטבעיים; האופק ליבשה נעשה בהיר יותר, בעוד המים כהים יותר. מחקר שחקר את השפעת האור בלילה על צבי ים המקננים באזורי החוף בישראל באמצעות לוויין הצביע על מתאם שלילי בין אור לילה לפעילות קינון הצבות⁽¹⁹⁾. מחקרים אחרים קישרו את אותן הפרעות לקינון כמו גם חוסר התמצאות של צבים בוגרים לספקטרום האור המלאכותי בחוף - זאת בהסתמך על מידע כי **צבי ים רגישים יותר לאור כחול (>450nm K3000) (המבוסס ביתר שאת ככל שהגוון גבוה מ-3000K) ו/או נורות עם ספקטרום רחב יותר.** בחלק מהמקרים גילויים אלו הובילו להחלפת תאורת החוף הנפוצה באור כחול במנורות באור אדום (<620nm K3000)⁽²⁰⁾.

ציפורים:

בפרק 1 הוזכר כי ספקטרום הספיגה וההפעלה הסטנדרטי של רודופסין - פיגמנט הקיים ברשתית העין אצל כלל בעלי החיים, נמצא כרגיש בצורה מקסימאלית להארה באורך גל של 492 ננומטר⁽⁶⁾ המציין את נקודת המקסימום לתזמון רביית עופות⁽⁸⁾. בדומה ליונקים, גם במקרה של ציפורים, לאור מלאכותי קיימת השפעה על מנגנון דיכוי המלטונין. מחקר אשר בחן את השפעת החשיפה של דרווי הבית לשיטות תאורה שונות מצא כי חשיפה לעוצמה נמוכה (5-LUX) רחבת טווח (3000K) דיכאה באופן משמעותי את רמות המלטונין לאורך כל הלילה. יתרה מכך, חשיפה לאורות בעלי ספקטרום רחב ועשיר בכחול (K3000 + K5000) אף העלתה את תמותת הדרורים הנגרמת על ידי נגיף מערב הנילוס. לעומת זאת, לציפורים שנחשפו ל-תאורה בגוון ענבר (K1800) היו שיעורי תמותה נמוכים יותר בדומה לתנאי אור

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוף למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

פרוקי רגליים שוכני קרקע:

נמצא כי לנורות ה-LED יש השפעה ניכרת גם על פרוקי רגליים שוכני קרקע. תאורת לד 'קרה' ('פיק' גבוהה באזור ה-400-500nm) מגדילה את ההשפעה הכוללת על מיני עכבישים וחיפושיות תוך שינוי הרכב האוכלוסייה. **עמעום נוריות LED ב-50% או מניפולציה של הספקטרום באמצעות הפחתה של אורכי גל קצרים (הדומיננטיים בגוון של K3000 ומעלה) מפחיתה את מספר המינים הנפוצים הנפגעים**⁽²⁷⁾. למשל, **נמצא כי נורות LED K3500 בדרך כלל אטרקטיביות יותר ומושכת יותר קבוצות פרוקי רגליים מאשר נוריות ה-LED K2700** בכך מהוות השפעה אקולוגית שלילית גדולה יותר. בחשיפה למוצר מדף של נורות גינה עם נורית 'לבנה' (K7250) שנערכה על מנת לחקור השפעות על משיכה ופעילות לילית של חיפושיות (Carabidae), נמצא כי ההשפעות הן שונות וספציפיות למין כאשר כמה מינים ליליים נמשכו מאוד למנורות (עלייה של פי 20 במלכודות בהשוואה לבקרות). מינים כאלה מתקבצים באזורים מוארים אשר עלולים להפוך למלכודות אקולוגיות, כאשר ככל שגוון האור 'קר' יותר (K3000 ומעלה) כך ההשפעה גדולה יותר. זאת לעומת מינים ליליים אחרים שהפחיתו את הניידות והפעילות תחת תאורה מבלי להימשך לאור, מה שעלול לגרום להפחתת תפוצתם באזורים מוארים⁽²⁸⁾. באופן כללי, לא כל שיטות התאורה עם אותה טמפרטורת צבע מושכות באותה מידה פרוקי רגליים. על כן התאמת הרכב הספקטרלי של אור לבן על מנת למזער את משיכת פרוקי רגליים ליליים הינה ריאלית⁽²⁹⁾. **ההמלצה היא לעשות שימוש בנורות בעלות גוון הנמוך מ-K3000 ובשאיפה לשימוש בנורות בעלות גוון של K2200 על מנת למזער את ההשפעה השלילית של התאורה המלאכותית.**

עטלפים:

עטלפים הם קרטיים לתפקוד המערכת האקולוגית. בהיותם ליליים, העטלפים הם בין בעלי החיים שסביר להניח שיושפעו במידה ניכרת מזיהום אור. ירידה באוכלוסיית העטלפים עלולה לפגוע לא רק בעטלפים אלא גם בשירותי מערכת אקולוגית חשובים כמו ויסות מזיקי חקלאות ובקרת התפשטות מחלות, הפצת זרעים ועוד, ולכן הבנת צרכי השימור שלהם היא חיונית⁽³⁰⁾. נמצא כי ניתן למזער השפעות שליליות פוטנציאליות על עטלפים וחרקים על ידי הימנעות מאורות "כחולים" באורך גל קצר (400-500 ננומטר)⁽³⁰⁾. על כן, **שימוש בנורות עם גוון של K2700 ומטה צפוי להפחית בהשפעה השלילית על עטלפים.**

מכרסמים:

מכרסמים הם מיני מפתח במערכות אקולוגיות רבות. במחקרים שנערכו על מנת לבחון את השפעת זיהום אור על אוכלוסיות אלו נמצא כי לנוכחות של תאורת LED לבנה יש השפעה ניכרת. ירבעים (מין מכרסם נפוץ בארץ) שנחשפו ל-LED לבן (<K3000) בילו פחות זמן בקבוצה, חיפשו מזון באופן פחות אינטנסיבי והפכו ערניים יותר, בעוד שיעילות החיפוש שלהם הייתה גבוהה יותר מאשר בטיפול חשוך. החוקרים הסיקו כי למרות שזוהו השפעות חיוביות ושליליות של נוריות LED על חיפוש מזון, ההשפעה נטו של נוריות LED על הירבעים היא שלילית, היות והחשיפה לתאורת ה-LED התבטאה בשינויים בדינאמיקה ובמבנה של האוכלוסייה ובאינטראקציה בין-פרטים⁽³¹⁾. נברנים שנחשפו לנורות K3000 הציגו את אותו דפוס התנהגות ופגיעה⁽³²⁾. בחשיפת אוגרים למחזור אור/חושך טבעי או מחזור אור/אור עמום, נמצא כי אוגרים שנחשפו לאור עמום בשעות הלילה' הראו יותר תגובות דמויות דיכאון בהשוואה לאוגרי משטר האור הטבעי⁽³³⁾.

צמחים:

פיזיולוגיה של צמחים יכולה להיות מושפעת גם היא מאור מלאכותי. בדומה לבעלי החיים, קיימים ספקטרומי פעולה עבור מספר פיגמנטים קולטי אור (פוטורצפטורים) כגון, קריפטוכרום המגיב לאור בין 390 ל-530 ננומטר (סגול לכחול/ירוק); פוטורופינים (phototropins) המגיבים בעיקר לאור סגול-כחול (400-500 ננומטר); ופיטוכרום המגיב בעיקר לאור אדום (500-700 ננומטר)⁽³⁴⁾. על כן, השפעת אור מלאכותי בשעות הלילה באורכי גל הרלוונטיים לאותם פיגמנטים מתבטאת בהפרעה לשעון הביולוגי, שינויים בצמיחה, בעיתוי הפריחה והנשירה ולמשטר האנרגיה הטבעי (פוטוסינתזה ונשימה) של הצמחים (איור 3)⁽³⁴⁾. לאחר מכן, יכולות להיות לכך השפעות אקולוגיות על חרקים מאביקים ואוכלי עשב התלויים בצמחים או להיפך. למשל, במחקר נמצא כי אור מלאכותי בלילה משבש את רשתות ההאבקה הלילית ויש לו השלכות שליליות על הצלחת הרבייה של הצמח. זאת, בשל העובדה כי הביקורים הליליים של קהילות מאביקים בצמחים שהוארו באופן מלאכותי (בנורות K4000 LED), הופחתו במידה ניכרת בהשוואה לאזורים חשוכים⁽³⁵⁾.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנוןתכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחיםהטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוטורייםריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתיתהטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

אור הירח על ידי קריפטוכרומים אשר סופגים בעיקר אור כחול באזור ה nm400-500 (איור 4)⁽³⁹⁾. נוסף על כך, נמצא כי **חשיפת אלמוגים לתאורת LED כחול (nm, 10,000K 420-480) ולבן (nm, 400-700) גורמת להשפעה שלילית יותר על הפיזיולוגיה ותהליכי הפוטוסינתזה של האלמוגים בהשוואה לנוורת LED צהובות עם אורכי גל ארוכים יותר (nm, 2,000K 580-620)**⁽⁴⁰⁾.

באופן כללי, בעקבות התכונות האופטיות של האור והמים, תאורה בעלת גוון 'קר' יותר המכילה ספקטרום באורכי גל קצרים יותר וקלווין גבוה יותר, שאורגניזמים ימיים רבים רגישים אליהם באופן טבעי, חודרת עמוק יותר לתוך גוף המים⁽⁴¹⁾. על כן, ככל שטמפרטורת התאורה תהיה בערך קלווין גבוה יותר, המגיעה לשיא חזק יותר בקצה הכחול של הספקטרום, צפויה לה השפעה על שטח רחב יותר במרחב האקוואטי והימי. לכן, עם ההבנה הזאת, בשנים האחרונות מחקרים ממליצים כי במקום הגישה הקיצונית בה יש לכבות באופן מוחלט את התאורה על קו חוף, **סינון או כוונן ספקטראלי של תאורת ה-LED (כלומר, קלווין נמוך) עשוי להפחית מההשפעות שלה על אורגניזמים ימיים**⁽⁴²⁾.

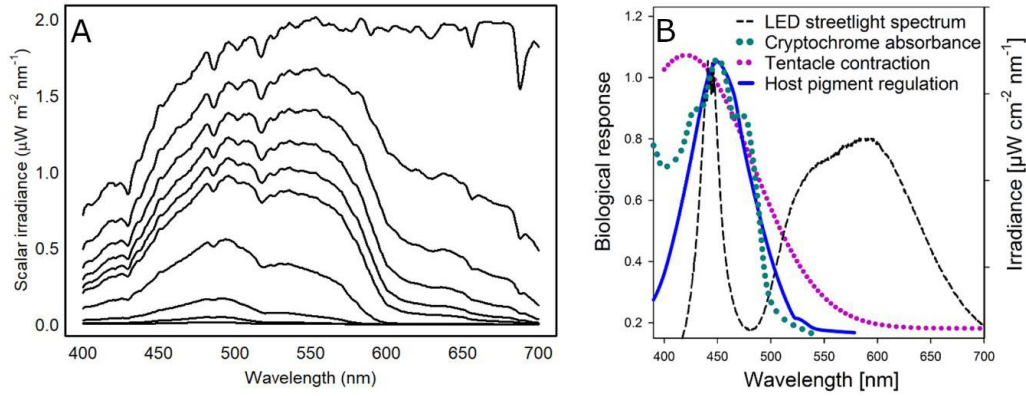
בעלי חיים אקוואטיים וימיים:

בדומה לאורגניזמים יבשתיים נמצא כי גם במקרה של אורגניזמים אקוואטיים עיכוב מלטונין על ידי אור תלוי בהרכב הספקטראלי של האור (אורך הגל). למשל, במקרה של דגים בעוד ש'אור אדום' (<600 ננומטר) לא מפחית את המלטונין באופן משמעותי, 'אור כחול' (368 ננומטר) משפיע על ריכוזו. עם כך, הוסק במספר עבודות שבחנו את השפעת האור המלאכותי על **דגים כי אפילו אור בעוצמות נמוכות כלילה עשוי להשפיע על מקצבי המלטונין. במקביל, נמצא שאור אדום (<600 ננומטר) אינו מעכב ייצור מלטונין לילי, ולכן ניתן להשתמש בו בבטחה**⁽³⁶⁾. בנוסף, נמצא כי לדגים החיים בסמוך לשוניות אלמוגים בבתי גידול מוארים יחסית לכאלו החיים בסביבה חשוכה יותר בתוך אלמוגים, יש ביטוי גנים גבוה יותר באופסינים הרגישים לאורכי גל קצרים (440-460 ננומטר)⁽³⁷⁾.

גם במקרה של אלמוגים, נמצא כי אחד הגורמים העיקריים למנגנוני תזמון הרבייה הוא מחזור הירח ואורו. אור זה בעל סף קריטי, שנקבע כתלוי באורכי גל המאפיינים אותו אשר בעיקרם אורכי גל בתחום הכחול של הספקטרום עם שיא באזור ה nm450⁽³⁸⁾. זאת, משום שמנגנונים אלו מסונכרנים בהתאם לזיהוי



איור 3: שימור עלים לחורף על עצים נשירים בקרבת תאורת רחוב. התמונות מציגות עץ דולב אדרי לונדוני (Platanus x acerifolia) במרכז העיר ליברפול בשלושה תאריכים בשנת 2014. העץ כולו מואר באור מלאכותי, אך ניתן לראות כי הצד הימני מקבל תאורה ישירה מתאורת הרחוב. צביעת הסתיו (autumn coloration) והנשירה לא התרחשה והחלק המואר ביותר של צמרת העץ שמר על עליו עד דצמבר. צילום: Steven Rawlings. מתוך: Bennie et al. 2016⁽³⁴⁾.



איור 4: החשיבות של אור הירח עבור תהליכים ביולוגיים תלויים ספקטראלית וההפרעה הפוטנציאלית של זיהום אור. (קו ירוק) ספקטרום ספיגה של קריפטוכרום, (קו סגול) שיא רגישות ספקטראלית של נסיגת הפוליפים של אלמוגים, (קו כחול) בליעת פיגמנטים הקשורים לביטוי גנים של אלמוגים) קו שחור) ספקטרום של תאורת LED לבנה (Tidau et al. 2021)⁽⁴³⁾

קוד אקולוגי - תאורה ידודתית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור -
עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור
אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים
סטטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל
במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור
בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה
ידודתית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ
למתקני תשתית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

4. ההשפעה הביולוגית של שיא הספקטרום

כאשר גובה הפיק הוא 55% (או יותר) מסך הרגישות האור יאקטב את הפוטורצפטורים של השעון הביולוגי וכך האות שמועבר למוח יתבטא בדיכוי הפרשת מלטונין. רגישות לדיכוי מלטונין למשל, נעה בין $0.01-0.03 \text{ lux}$ אצל דגים ומכרסמים למשל, ו- 0.6 lux בקרב בני אדם⁽⁴⁵⁾.

זאת אומרת, **עוצמת ההארה באזור ה 0.005 lux (עוצמת אור מזערית המהווה 1 חלקי 50 מאור ירח מלא!) עשויה להתבטא בדיכוי של מלטונין והשפעה על השעון הביולוגי של בעלי חיים.**

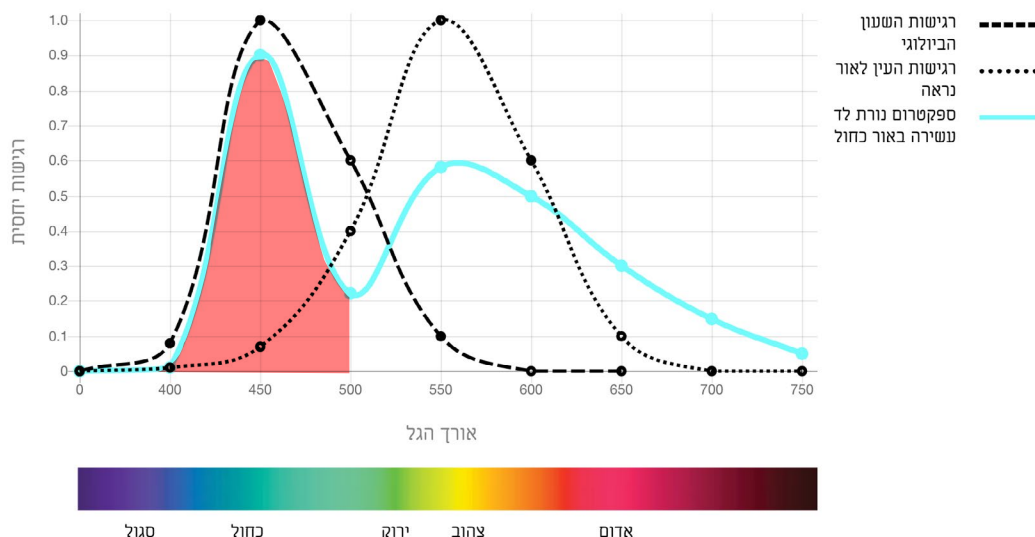
(2) האסכולה השנייה - חישוב על פי שטח מתחת לגרף ההארה (אינטגרל) - מסבירה שבכדי לחשב את מנת האנרגיה יש לבצע הכפלה של גרף הרגישות הצירקדית השונה בכל יצור חי בגרף ההארה מהסעיף הקודם. לאחר מכן, לבצע אינטגרל (חישוב שטח מתחת לפונקציה המתקבלת). למשל, חישוב השטח בתחום של 400 עד 490 ננומטרים - זאת אומרת, השטח שמתחת לקו השחור העבה באיור 5. באזור אורכי גל אלו הנמצאים גם בתחום הרגישות הצירקאדית- בקו המקווקו - השטח האדום באיור 5). על פי שיטה זו, סך כל השטח המתקבל צריך להיות קטן מ- 25% ביחס לרגישות היחסית של הקולטנים, וכך האות שיועבר למוח יהיה האות להפריש מלטונין⁽⁴⁶⁾.

בנוסף לספקטרום האור (כלומר משרעת אורכי הגל שהאור מקרין), לגובה הפיק' (אזור ספציפי בגרף הנמצא בשיא גובהו/עוצמתו) (4) כמו גם לרוחבה של העקומה (יותר אורכי גל בתוך אינטגרל העקומה) קיימת חשיבות רבה מבחינה ביולוגית וכך גם אקולוגית (5). גם במידה והפיק 'חד' (מצומצם לאורכי גל בודדים - מונכרומטי) - ושטח האינטגרל קטן (כך נמדדת העוצמה/שטף האנרגיה), כל עוד פוטורצפטורים הרגישים ביותר לחשיפה לאורכי הגל בהם נמצא הפיק - צפויה להיות לכך השפעה פיזיולוגית ניכרת⁽⁴⁰⁾. על אף שאור הלילה יכול להשפיע באופן שונה על אורגניזמים ספציפיים בהתאם לאופן שבו ההרכב הספקטראלי ועוצמת האור תואמים לרגישותם, היות ולמרבית בעלי החיים יש מערכת פוטורצפטורים דומה^(39,44), תהיה לאורכי הגל הספציפיים כמו גם לגובה הפיק השפעה ניכרת על תהליכים שמורים בטבע כמו למשל, הליך הפרשת המלטונין.

השפעת גובה הפיק' על השעון הביולוגי הפרשת המלטונין:

היות וכפי שצוין, לאורכי הגל הקצרים (ה'כחולים') ועוצמתם יש השפעה ניכרת על השעון הביולוגי והפרשת המלטונין, לגובה הפיק שהוא בעצם עוצמת אורכי הגל באזור מסוים יש חשיבות רבה. קיימות שתי אסכולות עיקריות לאופן חישוב האנרגיה הנקלטת בפוטורצפטורים;

(1) באופן כללי, בחישוב על פי גובה הפיק הכחול,



איור 5: עקומות רגישות ראייה וצירקדית אנושיות המוצגות מול ספקטרום מקור אור LED טיפוסי העשיר באור כחול (Lighting, B.).
R. W. O. (2010). International Dark-Sky Association Visibility, Environmental, and Astronomical Issues (Associated with

ביבליוגרפיה

- Porter, M. L. (2016). Beyond the eye: molecular evolution of extraocular photoreception. *Integrative and Comparative Biology*, Volume 56, Issue 5, November 2016, Pages 842-852
- Pérez, J. H., Tolla, E., Dunn, I. C., Meddle, S. L., & Stevenson, T. J. (2019). A comparative perspective on extra-retinal photoreception. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, 30(1), 39-53
- Gaston, K. J., Bennie, J., Davies, T. W., & Hopkins, J. (2013). The ecological impacts of nighttime light pollution: a mechanistic appraisal. *Biological reviews*, 88(4), 912-927.
- Donners, M., van Grunsven, R. H., Groenendijk, D., van Langevelde, F., Bikker, J. W., Longcore, T., & Veenendaal, E. (2018). Colors of attraction: Modeling insect flight to light behavior. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 329(8-9), 434-440.
- Davies, T. W., Bennie, J., Inger, R., De Ibarra, N. H., & Gaston, K. J. (2013). Artificial light pollution: are shifting spectral signatures changing the balance of species interactions? *Global change biology*, 19(5), 1417-1423
- Longcore, T., Rodríguez, A., Witherington, B., Penniman, J. F., Herf, L., & Herf, M. (2018). Rapid assessment of lamp spectrum to quantify ecological effects of light at night. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 329(8-9), 511-521.
- Alaasam, V. J., Kernbach, M. E., Miller, C. R., & Ferguson, S. M. (2021). The diversity of photosensitivity and its implications for light pollution. *Integrative and comparative biology*, 61(3), 1170-1181.
- Foster, R. G., & Follett, B. K. (1985). The involvement of a rhodopsin-like photopigment in the photoperiodic response of the Japanese quail. *Journal of comparative physiology A*, 157(4), 519-528
- Hatori, M., Gronfier, C., Van Gelder, R. N., Bernstein, P. S., Carreras, J., Panda, S., ... & Tsubota, K. (2017). Global rise of potential health hazards caused by blue light-induced circadian disruption in modern aging societies. *npj Aging and Mechanisms of Disease*, 3(1), 1-3
- Kelber, A., & Roth, L. S. (2006). Nocturnal colour vision-not as rare as we might think. *Journal of Experimental Biology*, 209(5), 781-788
- International Dark-Sky Association Visibility, Environmental, and Astronomical Issues Associated with blue-rich white outdoor lightning, 2010.
- Brainard, G. C., Hanifin, J. P., Greenson, J. M., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E., & Rollag, M. D. (2001). Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *Journal of Neuroscience*, 21(16), 6405-6412
- Cashmore, A. R., Jarillo, J. A., Wu, Y. J., & Liu, D. (1999). Cryptochromes: blue light receptors for plants and animals. *Science*, 284(5415), 760-765
- Gaston, K. J., Davies, T. W., Bennie, J., & Hopkins, J. (2012). Reducing the ecological consequences of night-time light pollution: options and developments. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1256-1266
- Wright, H. R., Lack, L. C., & Kennaway, D. J. (2004). Differential effects of light wavelength in phase advancing the melatonin rhythm. *Journal of pineal research*, 36(2), 140-144
- Dimovski, A. M., & Robert, K. A. (2018). Artificial light pollution: Shifting spectral wavelengths to mitigate physiological and health consequences in a nocturnal marsupial mammal. *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 329(8-9), 497-505
- Walsh, C. M., Prendergast, R. L., Sheridan, J. T., & Murphy, B. A. (2013). Blue light from light-emitting diodes directed at a single eye elicits a dose-dependent suppression of melatonin in horses. *The Veterinary Journal*, 196(2), 231-235
- Salmon, M. (2006). Protecting sea turtles from artificial night lighting at Florida's oceanic beaches. *Ecological consequences of artificial night lighting*, 141-168.
- Mazor, T., Levin, N., Possingham, H. P., Levy, Y., Rocchini, D., Richardson, A. J., & Kark, S. (2013). Can satellite-based night lights be used for conservation? The case of nesting sea turtles in the Mediterranean. *Biological Conservation*, 159, 63-72
- Brei, M., Pérez-Barahona, A., & Strobl, E. (2016). Environmental pollution and biodiversity: Light pollution and sea turtles in the Caribbean. *Journal of Environmental Economics and Management*, 77, 95-111
- Kernbach, M. E., Cassone, V. M., Unnasch, T. R., & Martin, L. B. (2020). Broad-spectrum light pollution suppresses melatonin and increases West Nile virus-induced mortality in House Sparrows (*Passer domesticus*). *The Condor*, 122(3), duaa018
- Alaasam, Valentina J., et al. "Light at night disrupts nocturnal rest and elevates glucocorticoids at cool color temperatures." *Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological and Integrative Physiology* 329.8-9 (2018): 465-472
- Pawson, S. M., & Bader, M. F. (2014). LED lighting increases the ecological impact of light pollution irrespective of color temperature. *Ecological Applications*, 24(7), 1561-1568
- Wakefield, A., Broyles, M., Stone, E. L., Jones, G., & Harris, S. (2016). Experimentally comparing the attractiveness of domestic lights to insects: do LED s attract fewer insects than conventional light types? *Ecology and evolution*, 6(22), 8028-8036
- Van Langevelde, F., Ettema, J. A., Donners, M., WallisDeVries, M. F., & Groenendijk, D. (2011). Effect of spectral composition of artificial light on the attraction of moths. *Biological conservation*, 144(9), 2274-2281
- Owens, A. C., Cochard, P., Durrant, J., Farnworth, B., Perkin, E. K., & Seymoure, B. (2020). Light pollution is a driver of insect declines. *Biological Conservation*, 241, 108259
- Davies, T. W., Bennie, J., Cruse, D., Blumgart, D., Inger, R., & Gaston, K. J. (2017). Multiple night-time light-emitting diode lighting strategies impact grassland invertebrate assemblages. *Global Change Biology*, 23(7), 2641-2648

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

28. Eccard, J. A., Scheffler, I., Franke, S., & Hoffmann, J. (2018). Off-grid: Solar powered LED illumination impacts epigeal arthropods. *Insect Conservation and Diversity*, 11(6), 600-607
29. Longcore, T., Aldern, H. L., Eggers, J. F., Flores, S., Franco, L., Hirshfield-Yamanishi, E., ... & Barroso, A. M. (2015). Tuning the white light spectrum of light emitting diode lamps to reduce attraction of nocturnal arthropods. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 370(1667), 20140125
30. Stone, E. L., Harris, S., & Jones, G. (2015). Impacts of artificial lighting on bats: a review of challenges and solutions. *Mammalian Biology*, 80(3), 213-219
31. Zhang, F. S., Wang, Y., Wu, K., Xu, W. Y., Wu, J., Liu, J. Y., Xiao-Yin W. & Shuai, L. Y. (2020). Effects of artificial light at night on foraging behavior and vigilance in a nocturnal rodent. *Science of The Total Environment*, 724, 138271
32. Hoffmann, J., Schirmer, A., & Eccard, J. A. (2019). Light pollution affects space use and interaction of two small mammal species irrespective of personality. *BMC ecology*, 19(1), 1-11
33. Bedrosian, T. A., Fonken, L. K., Walton, J. C., Haim, A., & Nelson, R. J. (2011). Dim light at night provokes depression-like behaviors and reduces CA1 dendritic spine density in female hamsters. *Psychoneuroendocrinology*, 36(7), 1062-1069
34. Bennie, J., Davies, T. W., Cruse, D., & Gaston, K. J. (2016). Ecological effects of artificial light at night on wild plants. *Journal of Ecology*, 104(3), 611-620
35. Knop, E., Zoller, L., Ryser, R., Gerpe, C., Hörler, M., & Fontaine, C. (2017). Artificial light at night as a new threat to pollination. *Nature*, 548(7666), 206-209
36. Oliveira, C., Ortega, A., López-Olmeda, J. F., Vera, L. M., & Sánchez-Vázquez, F. J. (2007). Influence of constant light and darkness, light intensity, and light spectrum on plasma melatonin rhythms in Senegal sole. *Chronobiology international*, 24(4), 615-627.
37. Luehrmann, M., Cortesi, F., Cheney, K. L., de Busserolles, F., & Marshall, N. J. (2020). Microhabitat partitioning correlates with opsin gene expression in coral reef cardinalfishes (Apogonidae). *Functional Ecology*, 34(5), 1041-1052.
38. Boch, C. A., Ananthasubramaniam, B., Sweeney, A. M., Doyle Iii, F. J., & Morse, D. E. (2011). Effects of light dynamics on coral spawning synchrony. *The Biological Bulletin*, 220(3), 161-173.
39. Levy, O., Appelbaum, L., Leggat, W., Gothlif, Y., Hayward, D. C., Miller, D. J., & Hoegh-Guldberg, O. (2007). Light-responsive cryptochromes from a simple multicellular animal, the coral *Acropora millepora*. *Science*, 318(5849), 467-470
40. Ayalon, I., de Barros Marangoni, L. F., Benichou, J. I., Avisar, D., & Levy, O. (2019). Red Sea corals under Artificial Light Pollution at Night (ALAN) undergo oxidative stress and photosynthetic impairment. *Global change biology*, 25(12), 4194-4207
41. Tamir, R., Lerner, A., Haspel, C., Dubinsky, Z., & Iluz, D. (2017). The spectral and spatial distribution of light pollution in the waters of the northern Gulf of Aqaba (Eilat). *Scientific reports*, 7(1), 1-10.
42. Smyth, T. J., Wright, A. E., McKee, D., Tidau, S., Tamir, R., Dubinsky, Z., ... & Davies, T. W. (2021). A global atlas of artificial light at night under the sea. *Elem Sci Anth*, 9(1), 00049
43. Tidau, S., Smyth, T., McKee, D., Wiedenmann, J., D'Angelo, C., Wilcockson, D., ... & Davies, T. W. (2021). Marine artificial light at night: An empirical and technical guide. *Methods in Ecology and Evolution*.
44. Panda, S., Hogenesch, J. B., & Kay, S. A. (2002). Circadian rhythms from flies to human. *Nature*, 417(6886), 329-335
45. Grubisic, M., Haim, A., Bhusal, P., Dominoni, D. M., Gabriel, K. M. A., Jechow, A., ... & Höcker, F. (2019). Light pollution, circadian photoreception, and melatonin in vertebrates. *Sustainability* 11: 6400.
46. חסמים רגולטוריים לטיפול בזיהום אור בישראל והשוואה לתקנות באירופה וארה"ב, אורן עג'מי ואמיר דורה
47. Svehkina, A., Portnov, B. A., & Trop, T. (2020). The impact of artificial light at night on human and ecosystem health: a systematic literature review. *Landscape Ecology*, 35(8), 1725-1742.

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ידיוותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

נספח 5

**בחינה כלכלית של
השפעת גזון האור
על עלויות גופי
התאורה**

בחינה כלכלית של השפעת גוון האור על עלויות גופי תאורה

במסגרת איסוף מידע למדריך זה נבחנו עלויות הרכש והתפעול (נצילות) של גופי תאורה מ 3 סוגי משפחות הנבדלים בגוון האור: K3,000, K2,700, K2,200⁽¹⁾. תוצאות בחינה זו, המפורטות מטה, מראות כי:

שימוש בגוון אור "חם" (הנמוך מ 3,000 K) אינו מוביל לעלייה משמעותית, אם בכלל, בעלויות הפרויקט.

תוספת עלות עבור איכות גוון האור (CRI) עומדת על פחות מ- 1.5% מעלות ההקמה של פרויקט תאורה הכולל עמודי תאורה, מרכזיה, עמודים, יסודות, תשתיות וחיבורים.

השוואה בין לדים מדגמים המאושרים ע"י הרשויות בישראל הראתה הפרש של כ- 15% בנצילות בין גוף תאורה בגוון 2200 לגוף תאורה בגוון 3000. הפרש זה מסתכם בתוספת עלות של 30 ש"ח לעמוד לשנה בלבד⁽²⁾.

גבוה יותר כך יכולת הפרדת הצבעים גבוהה יותר ובהתאם היכולת של האדם לזהות גוונים שונים עולה. תוספת עלות זו נעה בין 10% - 5% ובאה לידי ביטוי מ CRI הגבוה מ 70. חשוב לציין כי ה-CRI של גופי תאורת הנל"ג, הקיימים בארץ ועומדים בדרישות הבטיחות של משרד התחבורה, עומדים על CRI25 בלבד. לפיכך שימוש בגופי תאורה בעלי CRI70 יספקו יכולת ראית צבעים ובכך איכות תאורה גבוהה משמעותית מהנל"ג ללא תוספת עלות כלל.

בחינת עלויות הרכש של גופי תאורה נערכה פנייה למספר יבואני תאורה מאושרים המספקים גופי תאורה לצרכנים משמעותיים ביניהם נתיבי ישראל, משרד השיכון ורשויות רבות בישראל. הצעות המחיר אשר התקבלו מראות כי אצל רובם **גווני האור K3,000 ו K2,200, K2,700 אינם משפיעים על מחיר גוף התאורה**. הפער הקיים בין גופי התאורה נובע מפרמטר המוגדר CRI (מקדם מסירת צבע של מקור האור הנמדד בסקאלה של 0-100). ככל שה CRI

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

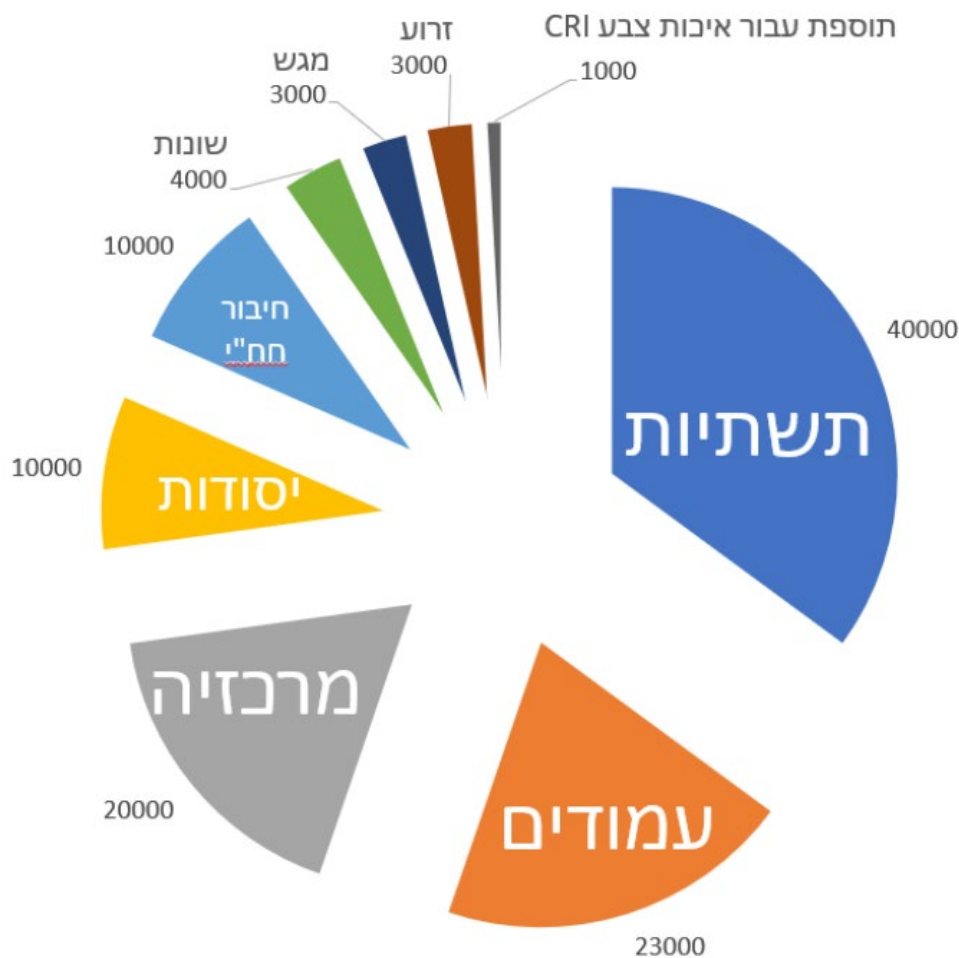
נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

לסיכום, הגורם המשמעותי לצורך עמידה בדרישות ביטחון, בטיחות ותפעול נוגע בעיקרו ל-CRI, לא לגוון האור הנמדד בקלווין. שימוש בגוון אור "חם" (הנמוך מ 3,000 K) אינו מוביל לעלייה בעלויות הפרויקט.

כאשר קיימת תוספת עלות היא נובעת מאיכות גוון האור (CRI) ועומדת על פחות מ- 1.5% מעלות הפרויקט כולו הכולל עמודי תאורה, מרכזיה, עמודים, יסודות, תשתיות וחיבורים.

בחינה כלכלית של עלויות גופי התאורה מחייבת הסתכלות רחבה הכוללת את כלל עלויות פרויקט ההקמה של תשתית תאורה. לפיכך חושבו העלויות עבור מקרה בוחר הכולל הקמה של עשרה עמודי תאורה כאשר מחיר הגוף נע בין 1000- 2000 ש. בהתאם לעלויות המוצגות באיור 1 ניתן לראות כי



איור 1: חלקו היחסי של תוספת עלות עבור איכות גוון האור (CRI) ביחס לפרויקט תאורה הכולל עשרה עמודי תאורה ותשתיות נדרשות. המספרים מייצגים עלות בש"ח.

קוד אקולוגי - תאורה ירידותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1
כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

1. יחידת הקלווין מייצגת את גוון האור של הנורה, ככל שהגוון נמוך יותר כך הנורה תהיה "חמה" יותר ובעלת גוון צהוב יותר. כעקרון, קיימת קורלציה עם תכולת הקרינה הכחולה, אך היא לא לינארית.
2. הנתונים נכונים לספטמבר 2021.

למדריך זה, אשר נערכה במעבדה מוסמכת בלתי תלויה בבגליה עבור לדים מדגמים המאושרים ע"י הרשויות בישראל הנבדלים בגוון האור (K). תוצאות בחינה זו מראות כי קיים הפרש של כ- 15% בנצילות בין גוף תאורה בגוון K2200 לגוף תאורה בגוון K3000. **סך התוספת של עלויות החשמל הנדרשת לגשר על פער הנצילות בין לדים בגוון K 2200 ו K 2700, עומד על 30 ש"ח לעמוד לשנה בלבד⁽³⁾.**

בחזינת נצילות גופי התאורה והלדים התייעלות אנרגטית לוקחת בחשבון את הנצילות האורית של גופי התאורה - כמה אור ניתן להפיק מוואט לשעה. לעיתים קיים חשש כי שימוש בגוון אור "חם" (הנמוך מ K3,000) עלול להוביל להפרש משמעותי בנצילות האורית של גוף התאורה אשר ישפיע בתורו על צריכת האנרגיה והכדאיות הכלכלית של הפרויקט. לפיכך בוצעה בחזינת מעבדה ייעודית

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

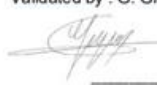
ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירידותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

PHOTOMETRICAL LABORATORY TEST REPORT		R-Tech		FORM-L-45 Edition 01 Révision 03 Date : 26/04/2019	
		226-Int NBN EN ISO/IEC 17025 :2017		R-Tech Rue de Mons 3- B-4000 Liège- Belgium Tel. :+32 4 224 71 40 Fax :+32 4 224 25 90 Member of Schröder Group	
Object: lm/W comparison between Cree XP-G3 722 - 730					
From : Cree					
Test Purpose : Flux and power measurement					
Remark :					
TEST CONDITION :			Operator: FCE		
Sample description :					
<ul style="list-style-type: none"> - Peba Flexiwhite – equipped with : <ul style="list-style-type: none"> o 10 Cree XP-G3, colour code 722, flux bin: R4 (measurement 2021-598) o 10 Cree XP-G3, colour code 730, flux bin: S4 (measurement 2021-598) 					
Equipment used for test :					
<ul style="list-style-type: none"> - Power supply Delta Elektronika SM400 AR-4 - N°E063. - Power meter Yokogawa WT310 – N°E141. - Spectrometer JETI SpecBos 1201 – N°P035. - LMT Ulbricht's sphere – N°P013, and its Photometer unit U1000 – N°P018. - Liquid thermometer Amarell Precision – N°A032/5 					
Measurement at 25°C according PT-P-01. The measurement uncertainties are available upon request to the laboratory.					
CONCLUSIONS:					
Measured values :					
	Flux (lm)	Power (W)	Efficacy (lm/W)		
722 K2200	1454	9.742	149.25		
730 K3000	1711	9.752	175.43		
Duplicate to: P. Bijnens					
Date : 30/09/2021			2021-017		
Validated by : G. Ghysens					
 End of test report					
Page 1 of 1					
The publication of this report in another form than the original one is not allowed without agreement of the laboratory. This report concerns type tests on one or a series of specimens.					

בחזינת נצילות בהתאם לד"ח ממעבדה מוסמכת ILAC ISO 17025

3. בוצע על בסיס מקרה בוחן הכולל: גוף תאורה המספק 100 וואט, אשר דולק 4,200 שעות בשנה, בעלות של חצי שקל לקילו וואט שנה. לפי חישוב זה עלות החשמל לעמוד לשנה עומדת על 210 ש"ח מתוכם 15% מהווים כ-30 ש"ח.

נספח 6 מילון מונחים

קוד אקולוגי - תאורה ייחודית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ייחודית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

מושג	אנגלית	הסבר
אור	Light	קרינה אלקטרומגנטית שהעין האנושית הממוצעת מגיבה עליה. התחום מצוי בין אורכי הגל 380 עד 780 ננומטר. יש המגדירים את התחום הנראה כאורכי גל של 400 עד 700 ננומטר.
אחידות ההארה	Uniformity	היחס בין עוצמת ההארה המינימלית E_{min} הנמדדת על מישור ייחוס כלשהו, לבין עוצמת ההארה הממוצעת (E_{av}) על אותו מישור, עפ"י הנוסחה: $U = \frac{E_{min}}{E_{av}}$ אחידות הארה היא מדד חשוב למשל לצורך בטיחות נסיעה בכביש מואר.
אטימה (עפ"י IP)	IP protection	מקדם בעל 2 ספרות המגדיר את שיעור האטימה של מנורה כנגד חדירה של אבק, לכלוך, מים ולחות, מוגדר על פי ת"י 60529. לכך יש חשיבות מכיוון שגוף תאורה שאינו אטום יתלכלך, יעילותו האנרגטית תפגע, והוא עלול לייצר זיהום אור לכיוון האופק בעוד שדווקא ההארה לכיוון הדרוש תפחת.
החזר	Reflectance	היחס בין שטף האור המוחזר מהמשטח לבין שטף האור המוקרן עליו. לכך יש חשיבות לנושא זיהום אור, מכיוון שגם גוף תאורה המופנה כלפי מטה, יגרום להחזר אור כלפי השמיים כתלות ברמת החזר של המשטח.
טמפרטורת צבע	CCT	אמת מידה לצבע של מקור האור בהשוואה לטמפרטורה של גוף שחור אידיאלי. נמדדת ביחידות בקלווין. ככל שהמספר ביחידות קלווין גדול יותר הצבע "קר" יותר (לבן/כחלחל יותר). לדוגמא: 2,500-3,000 קלווין נחשב לאור חם (ובטוח יותר מבחינה ביולוגית), 4,000 קלווין ומעלה - אור קר (ופעיל ומזיק יותר מבחינה ביולוגית).
לד	LED	לד - דיודה פולטת אור (מאנגלית Light-Emitting Diode) הינו דיודה, מוליך למחצה, שבעת מעבר זרם חשמלי דרכה פולטת אור בספקטרום מוגדר, בהתאם לסוג החומר היא עשויה.
לומיננס - קנדלה/מ"ר	Luminance - cd/m ² - L	היחס בין עוצמת האור (בקנדלות) של מקור אור או של משטח מחזיר בכיוון מסוים, לבין שטח המישטח האלמנטרי שממנו מוחזר או מוקרן האור. הלומיננס איננו תלוי בהסתגלות העין לרמת ההארה הכללית בשדה הראייה.
מחזיר אור	Reflector	החלק המותקן בתוך גוף התאורה/ המנורה המיועד להחזרת האור ולהכוונתו לכיוונים הרצויים.
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 מלאה, חלבית או חלקית (עשוי מפריזמות).
מקדם מסירת צבע של מקור אור	CRI	מקדם מסירת צבע הינו מדד (באחוזים) המשווה נראות העצמים באור של מקור אור ספציפי ונראות אותו עצם באור שמש טבעי. מקדם מסירת צבע של השמש ושל נורות ליבון והלוגן נקבע כ 100%.
מקדם תחזוקה	Maintenance factor	היחס בין רמות ההארה לאחר שימוש ממושך במתקן, ביחס לרמת ההארה של אותו המתקן במצב חדש.
משך החיים (אורך חיים)	Life Survival	ממוצע סטטיסטי של משך פעולה הצפוי של הנורות וגופי התאורה. מבטא את הזמן הצפוי לירידה בשטף האור ושרידות מקורות אור. נמדד בתנאי מעבדה.

קוד אקולוגי - תאורה ירודותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

מושג	אנגלית	הסבר
נצילות אורית	luminous efficacy	שטף האור הכולל בלומנים (F), המופק מגוף תאורה מחולק בהספק בוואטים (P) המושקע בייצור האור. הנצילות תלויה במבנה הנורה, במתח ההפעלה ובעיקר בהספק הנורה. ככל שההספק גדול יותר, גדלה גם הנצילות האורית: $\eta = \frac{F(\text{lumen})}{P(\text{Watt})}$
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. קיימים סוגים שונים של סינוור. לדוגמא, סינוור מטריד (Discomfort glare) הוא מצב אשר בו העין מוטרדת מעוצמת ההארה ונגרמת התעיפות מצטברת.
עוצמת האור - קנדלה	Light intensity cd, candela- I	שטף האור המוקרן ממקור אור בזווית מרחבית אלמנטרית, בכיוון נתון: $I_{\text{candela}} = \frac{\text{lumen}}{\text{steradian}}$
עוצמת הארה - לוקס	illuminance-lux - E	צפיפות שטף האור (F) המאיר יחידת שטח (S), נמדדת בעזרת מד-אור, תלויה בפרמטרים נוספים: מרחק הארה, זווית הארה ועוד. כמות האור על משטח עבודה משפיעה על היכולת לראות. כעקרון, ככל שהעבודה עדינה יותר, נדרשת עוצמת הארה גבוהה יותר. לא מספיק להאיר את משטחי העבודה בלבד, יש צורך בהארת הסביבה כולה.
עוצמת הארה מתוחזקת - לוקס	E_m - Maintained illuminance - lux	ערך ממוצע של רמת ההארה (בלוקסים) במשך קיום המיתקן $E = \frac{F}{S}, \text{lux} = \frac{1\text{lumen}}{1\text{m}^2}$
פוטומטריה	Photometry	מדע מדידת אור נראה. הגדרות ומדידות של ערכים הקשורים באור/ תאורה משוקללים בהתאם לעקום רגישות העין האנושית.

נספח 7

פגישות ותיאומים

קוד אקולוגי - תאורה ירודותית לסביבה מדריך למתכנן

עיקרי הדברים

רקע - זיהום אור כאתגר סביבתי

זיהום אור ומערכת התכנון

תכנון מתקני תשתית תוך מניעת זיהום אור - עשרת עקרונות התכנון

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור אל עבר השטחים הפתוחים

הטמעת עקרונות התכנון בכלים סטטוטוריים

ריכוז הנחיות לתכנון תאורה מושכל במתקני תשתית

הטמעת הנחיות למניעת זיהום אור בתהליכי תכנון - תרשימי זרימה

נספחים

נספח 1

כלים מעשיים להטמעת עקרונות תאורה ירודותית לסביבה, בתכנון תאורת חוץ למתקני תשתית

להלן רשימת ישיבות ותיאומים שנערכו במסגרת איסוף מידע והסכמות למדריך זה.

תאריך	פורום
6.4.21	ועדת עבודה 1
31.5.21	ועדת עבודה 2
28.6.21	ועדת עבודה 3
23.8.21	ועדת עבודה 4
4.10.21	ועדת עבודה 5
13.12.21	ועדת עבודה 6
26.7.21	ועדת היגוי 1
18.11.21	ועדת היגוי 2
18.11.21	סדנא לחברי ועדת היגוי ומתכנני הגנ"ס
3.5.21	מנהלי תשתיות רט"ג - חלה"ט
26.5.21	משטרת ישראל - חלה"ט
27.5.21	משרד התחבורה - נתיבי ישראל, חוצה ישראל - רט"ג - חלה"ט
14.6.21	פורום רט"ג - חלה"ט
14.6.21	מינהל התכנון - מטה ארצי - ות"ל - חלה"ט
1.7.21	משרד הבטחון, תכנון וסביבה - חלה"ט
18.7.21	מינהל התכנון - חלה"ט - רט"ג
22.7.21	הגנ"ס רחב - חלה"ט
3.11.21	מינהל התכנון - נציגות מחוזית - חלה"ט
21.11.21	משרד האנרגיה - חלה"ט
22.12.21	פורום הגנ"ס רחב - רט"ג - חלה"ט
24.1.22	נתיבי איילון - חלה"ט

הוזמנו לוועדת היגוי: נציגות משרד הבטחון, משטרה, משרד השיכון והבינוי, נציגות כל מחוזות הגנ"ס ומטה, רט"ג, קק"ל, יחידות סביבתיות, איגודי ערים, מרכז המועצות האזוריות, נציגי סביבה מעיריות ומועצות אזוריות, מינהל התכנון - מטה ומתכנני מחוזות, ות"ל, ותמ"ל, חברת חשמל, נגה - ניהול המערכת, משרד התחבורה, חוצה ישראל, יפה נוף, נתיבי ישראל, נתיבי איילון, הרשות לבטיחות בדרכים, משרד האנרגיה, מקורות, קצצ"א, תש"ן, נתג"ז, שברון, רשות המים, קבוצת אור מכון, מכון דש"א.

