

קוד אקולוגי - תאורה ידידותית לסביבה

מדריך למתכנן שמירה על חשכת הלילה בשטחים הפתוחים

מניעת ומזעור זיהום אור בתכנון תשתיות

ליהי ברקן lihib@spni.org.il

המראה בעבר - שביל החלב

$\frac{1}{4}$ מאוכלוסיית העולם יכולה לראות את שביל החלב



צילום: גילי גוזני

המראה כיום – מפרץ חיפה

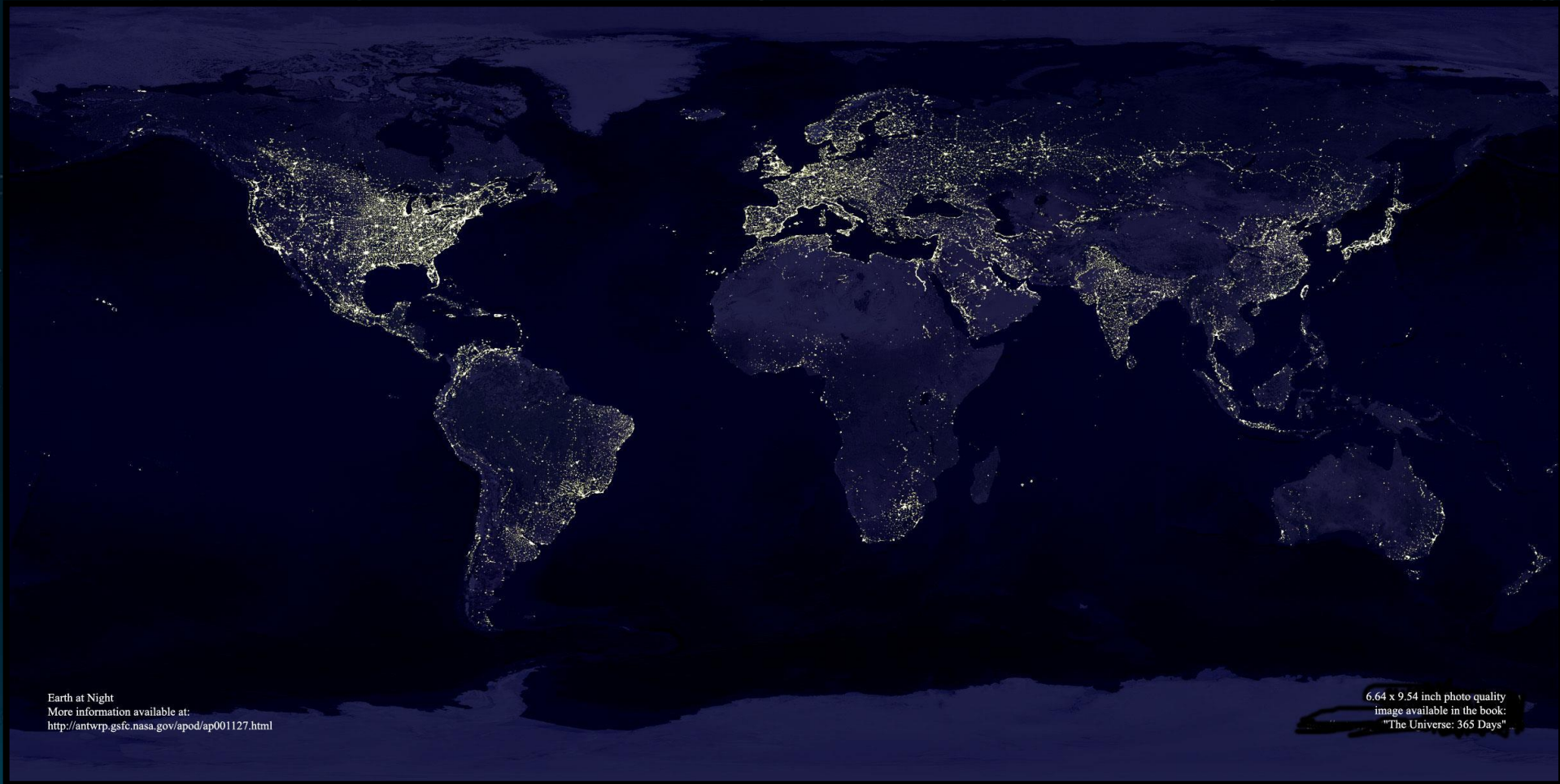


<http://www.orangesmile.com/travelguide/haifa/photo-gallery.htm>

צילום: גילי גוזני

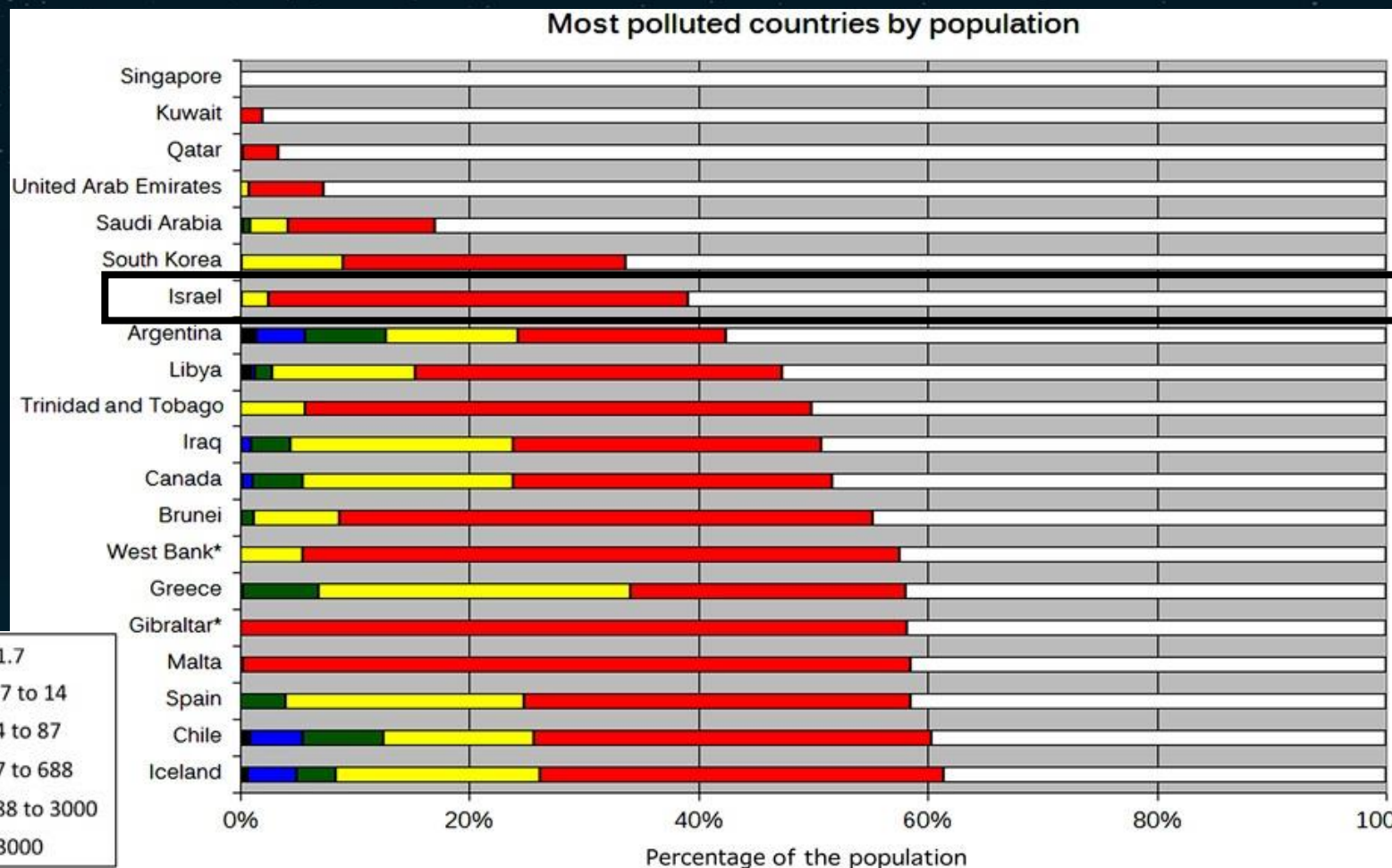
זיהום אור – תופעה עולמית נרחבת

זיהום האור עולה בקצב של 6% לשנה בממוצע



Gaston et al.
2015

ישראל – מקום 6 בעולם בחשיפת האוכלוסייה לזיהום אור



מעל 96% מהאוכלוסייה חשופה
לתאורה הגבוהה משמעותית
מהארה טבעית

The new world atlas of artificial night sky brightness
BY FABIO FALCHI
SCIENCE ADVANCES 10 JUN 2016

אור – הסיגנל העתיק ביותר

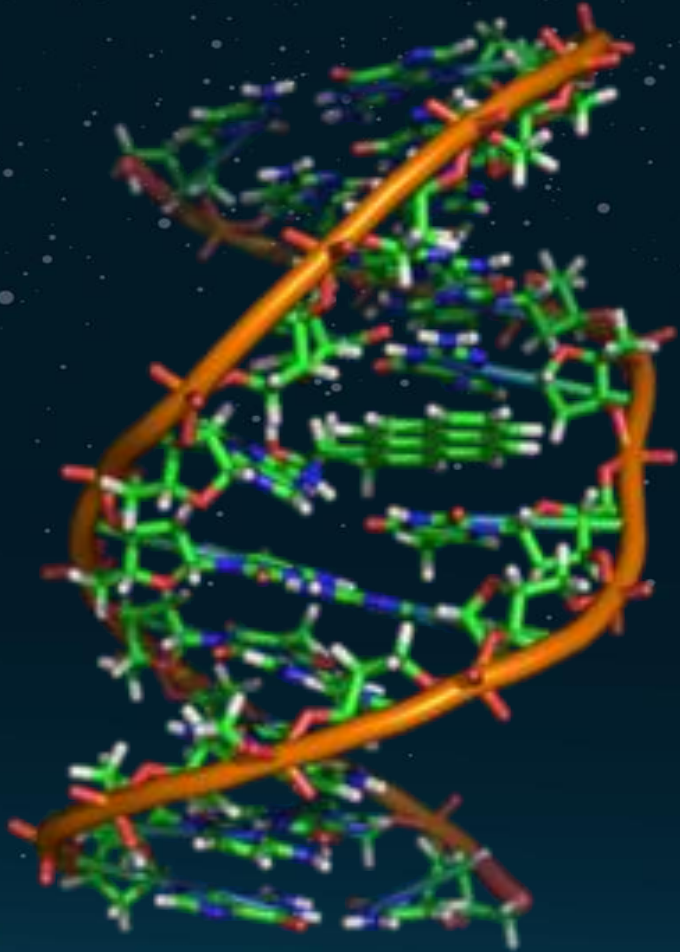
מחזור יומי + מחזור עונתי



- משך שעות האור / חושך
- טמפרטורה
- לחות
- קרינה



אור – הסיגנל העתיק ביותר



מה קורה כשמשחקים עם הכללים?



פנס בודד יכול לשנות מערכת
אקולוגית שלמה

תאורת גדר המכללה הלאומית לשוטרים שלוחת נעורים, צילום: שחר מט

השפעות זיהום אור על עולם החי



Constantinealexanders blog

השפעות זיהום אור על עולם החי

נדידת ציפורים



השפעות זיהום אור על עולם החי

אדום חזה



פרוש מצוי



השפעות זיהום אור על עולם החי



השפעות זיהום אור על עולם החי



- חוסר התמצאות במרחב
- סטייה ממסלולי נדידה
- תמותה מתשישות / התנגשות

צילום: יניב מאור

השפעות זיהום אור על עולם החי



- חוסר התמצאות במרחב
- סטייה ממסלולי נדידה
- תמותה מתשישות / התנגשות

השפעות זיהום אור על עולם החי

- סנוור
- טריפה מוגברת
- שינוי בתזמון ומהלך רבייה
- הפסקת פעילות



ירבוע גדול

מאת - Николай Усик / <http://paradoxusik.livejournal.com/> - CC BY-SA מעלה היצירה
3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23088452>



חפרית מצויה

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Syrishche_Schaufelkr%C3%B6te.jpg



מהו זיהום אור?

תאורה אשר אינה נדרשת מבחינה תפעולית, בטיחותית וביטחונית
הזולגת לשמים ולשטחים הפתוחים



צילום: גילי גוזני



צילום: אלון רוטשילד

מהו זיהום אור?

תאורה אשר אינה נדרשת מבחינה תפעולית, בטיחותית וביטחונית
הזולגת לשמים ולשטחים הפתוחים



מהו זיהום אור?

תאורה אשר אינה נדרשת מבחינה תפעולית, בטיחותית וביטחונית
הזולגת לשמים ולשטחים הפתוחים

תאורה ידידותית לסביבה
חסכון כלכלי שימוש בגוון אור "חם"

אור שימושי



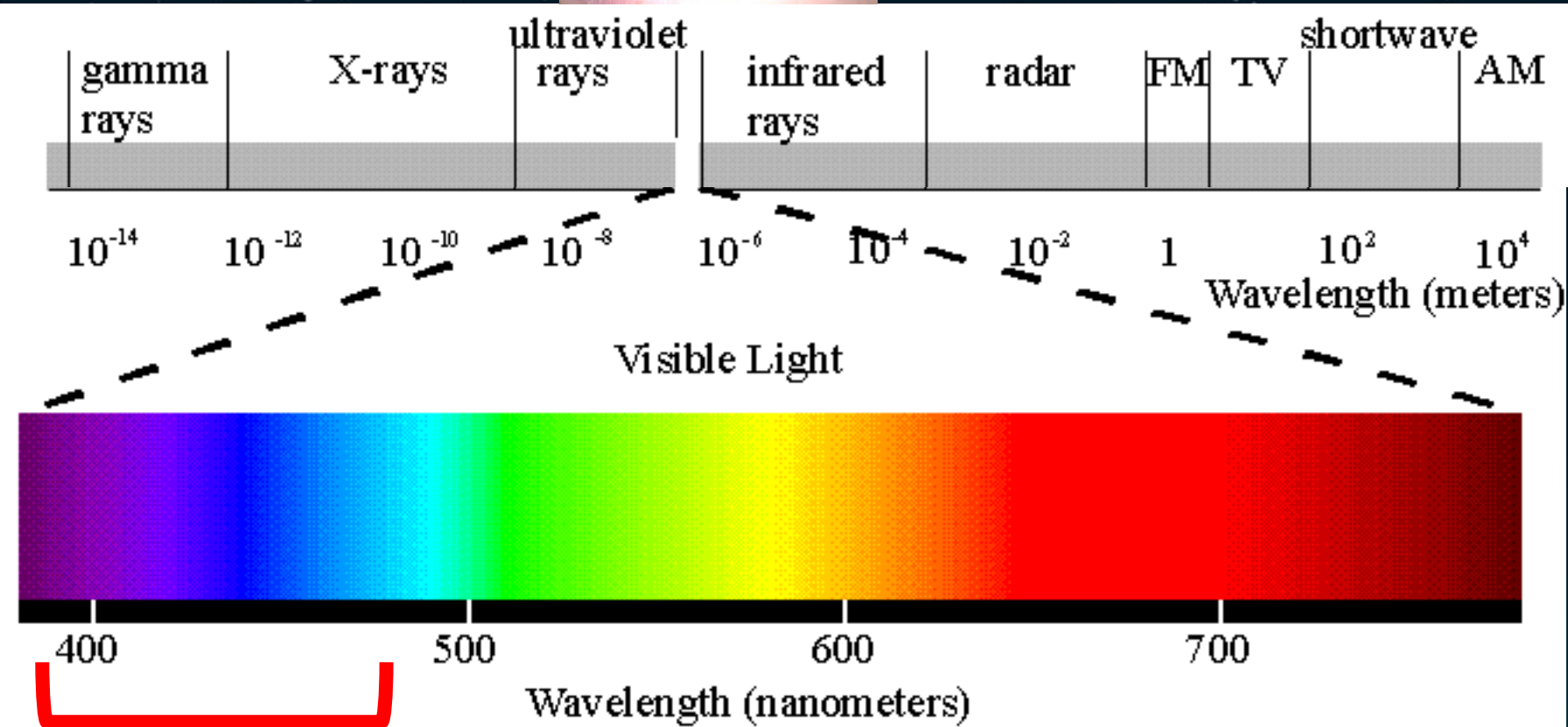
ערב טיפוסִי בבית...

גוון האור משפיע על
השעון הביולוגי



MI NOTE 10 LITE
AI QUAD CAMERA

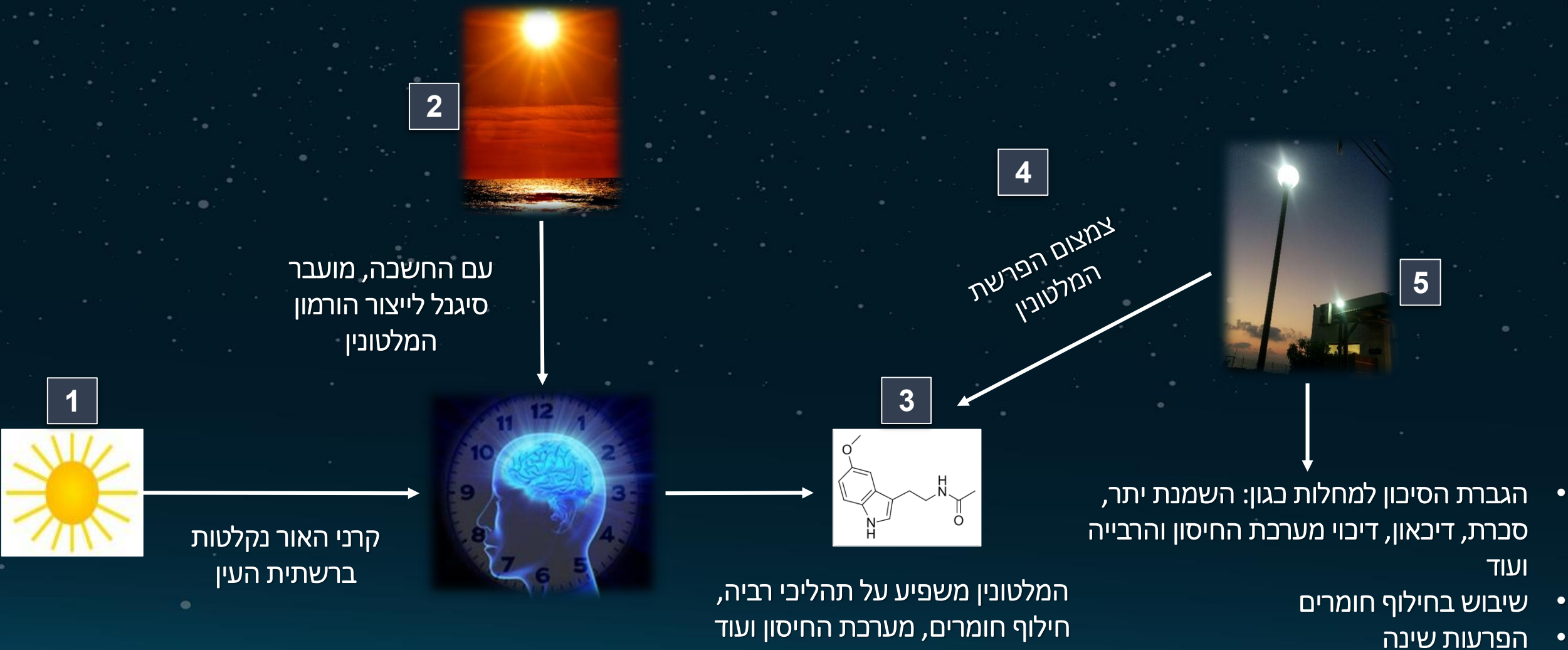
סנכרון תהליכים – בע"ח צמחים ואדם



עד 490 ננומטר

גוון אור כחול
משנה את פעולות
הטבעיות של
הגוף

השפעות על השעון הביולוגי



השפעות גוון האור – האם רק באדם?



השפעות גוון האור – כל עולם החי והצומח

לעולם החי והצומח קולטנים לקליטת אור, בעלי רגישות ספקטרלית משתנה ומגוונת



בקטריורודופסין, בקרטיופיטוכרומים

חיידקים



רודופסין, מלנופסין, פוטופסין ועוד

בעלי חוליות



קריפטוכרום, פיטוכרום ועוד

צמחים

תחומי ההשפעה של גוון האור

תמותה

רבייה

מערכת החיסון

כיווט



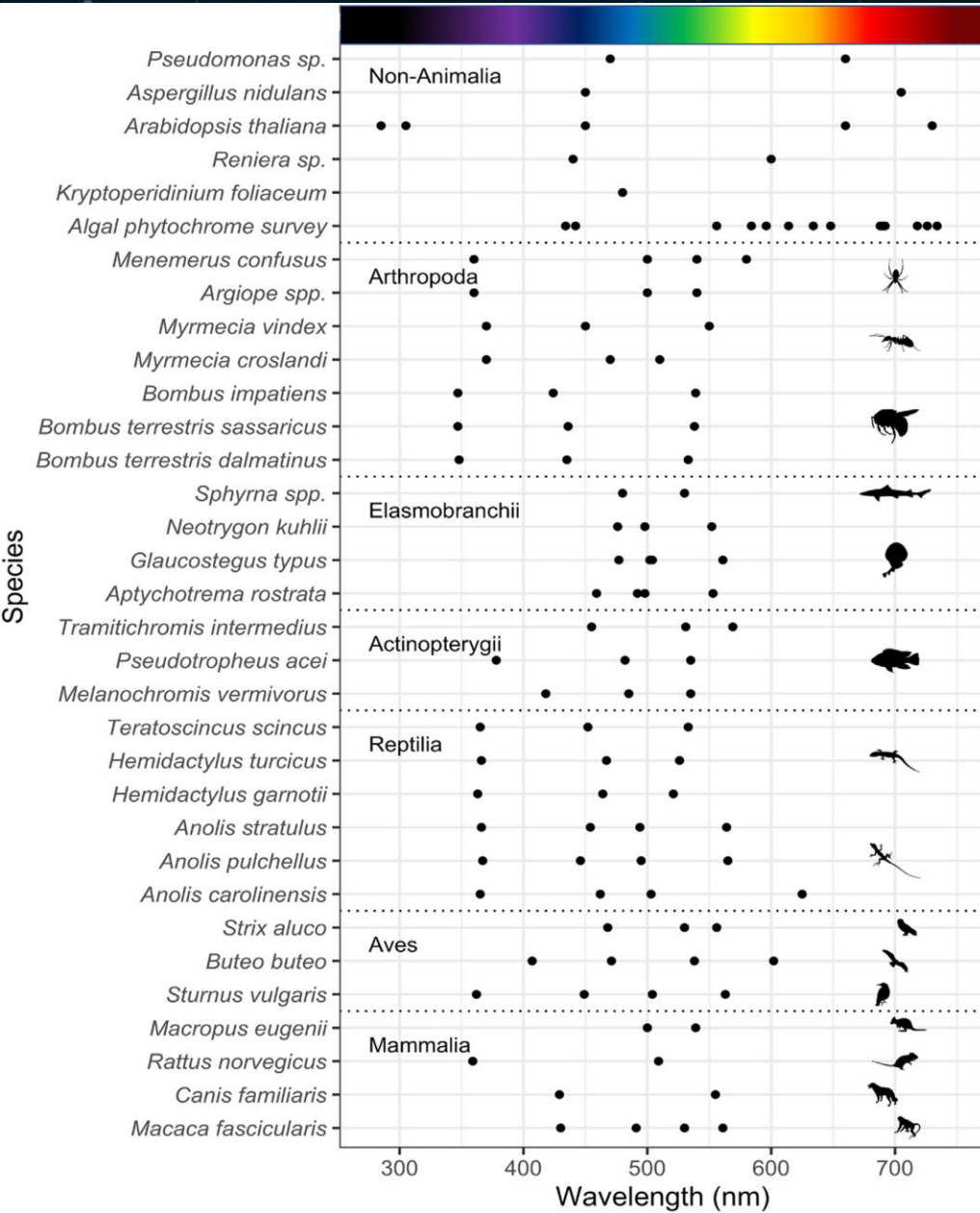
דיכאון

שעון ביולוגי

זמני פעילות

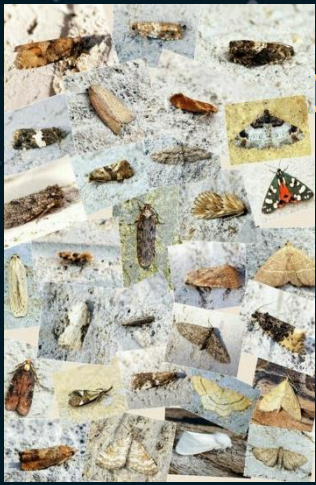
מבוסס על סקירת ספרות של ד"ר רז תמיר, מומחה לזיהום אור ואקולוגיה

לאורכי גל קצרים השפעה דרמטית על הטבע



השוואה של שיא רגישות ספקטרלית
של פוטורצפטורים (קולטני אור) במינים
שונים (Alaasam et al. 2021)

השפעות גוון האור על עולם ה



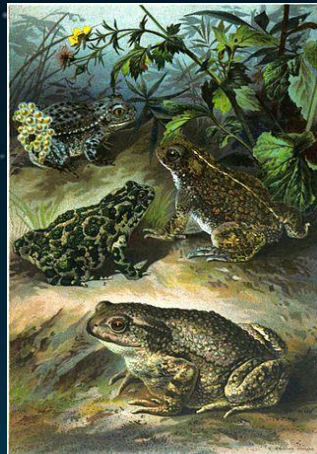
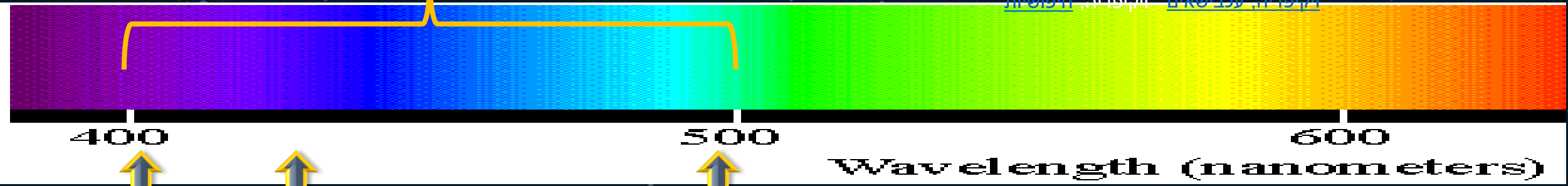
ויקיפדיה, עשים



השפעה על מיני עכבישים
וחיפושיות המובילה לשינוי
הרכב האוכלוסייה



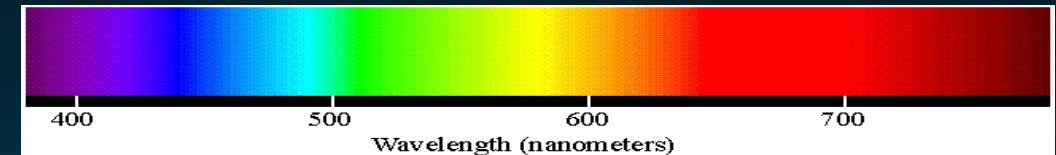
ויקיפדיה, עכבישאים ויקיפדיה, חיפושיות



ויקיפדיה, קרפדות

405 ננומטר
מהווה גורם
משיכה משמעותי
עבור עשים שונים

לקרפדות
וצפרדעים יש 2
פוטורצפטורים:
430, 502.



עקרונות מנחים לגוון אור המתחשב בסביבה

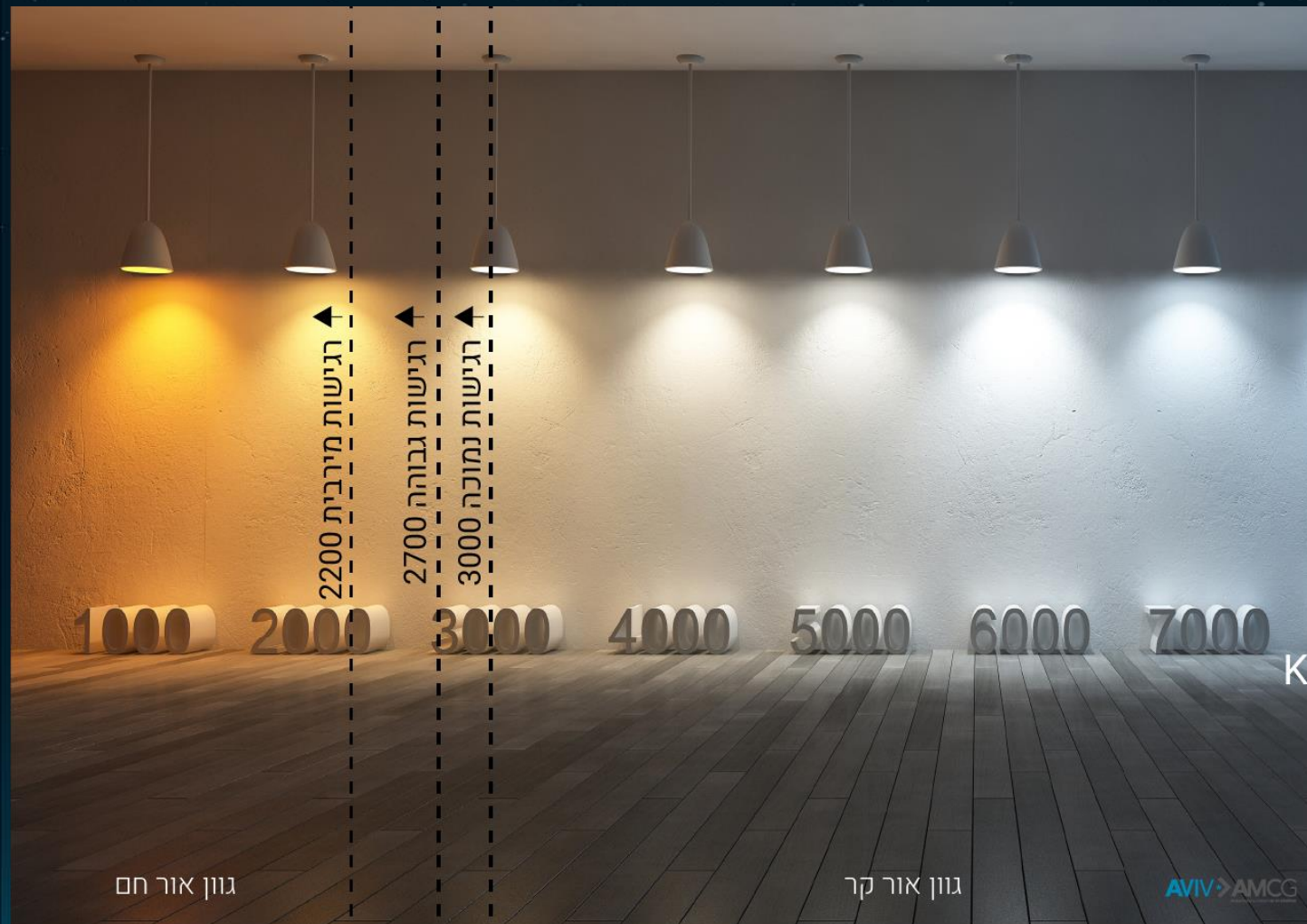
קלווין נמוך



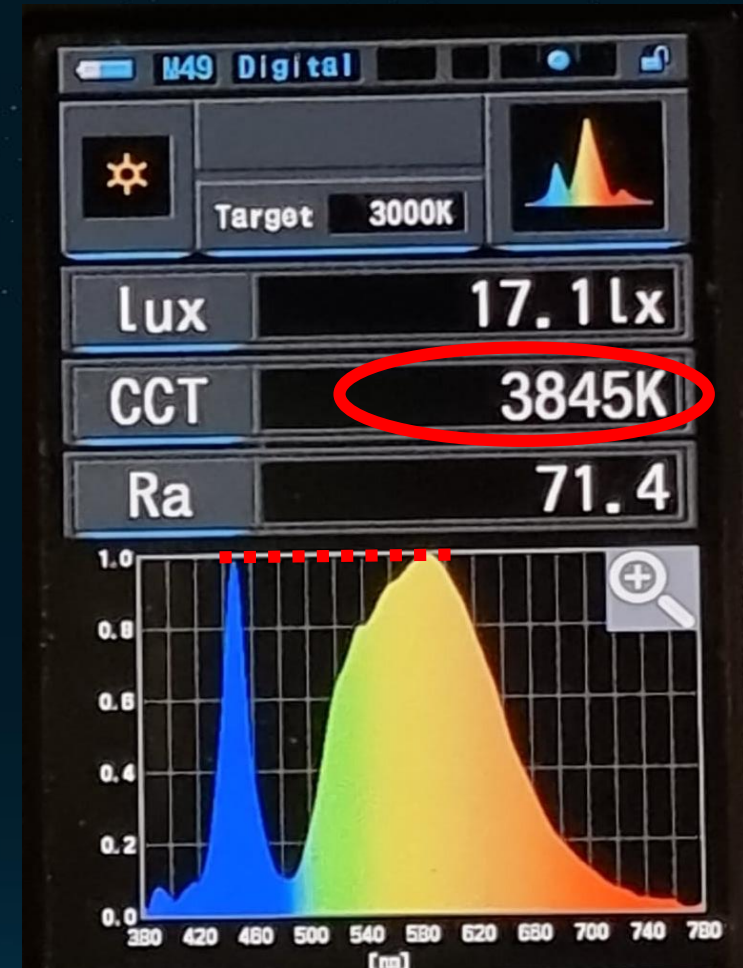
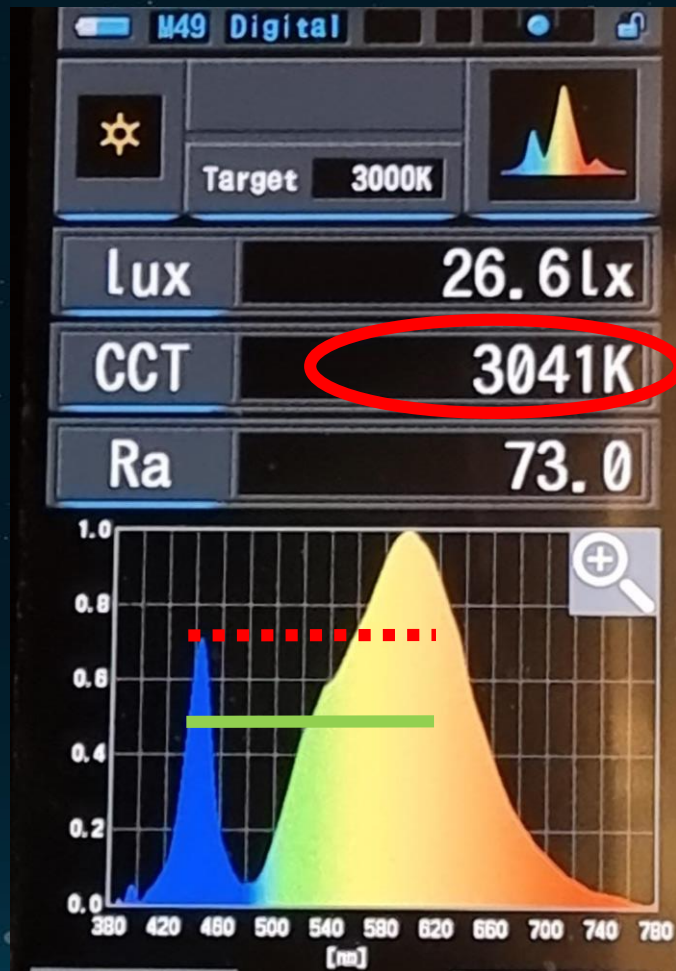
צמצום אורכי גל כחולים
(ספקטרום ועוצמה)



צמצום הפגיעה במגוון הביולוגי

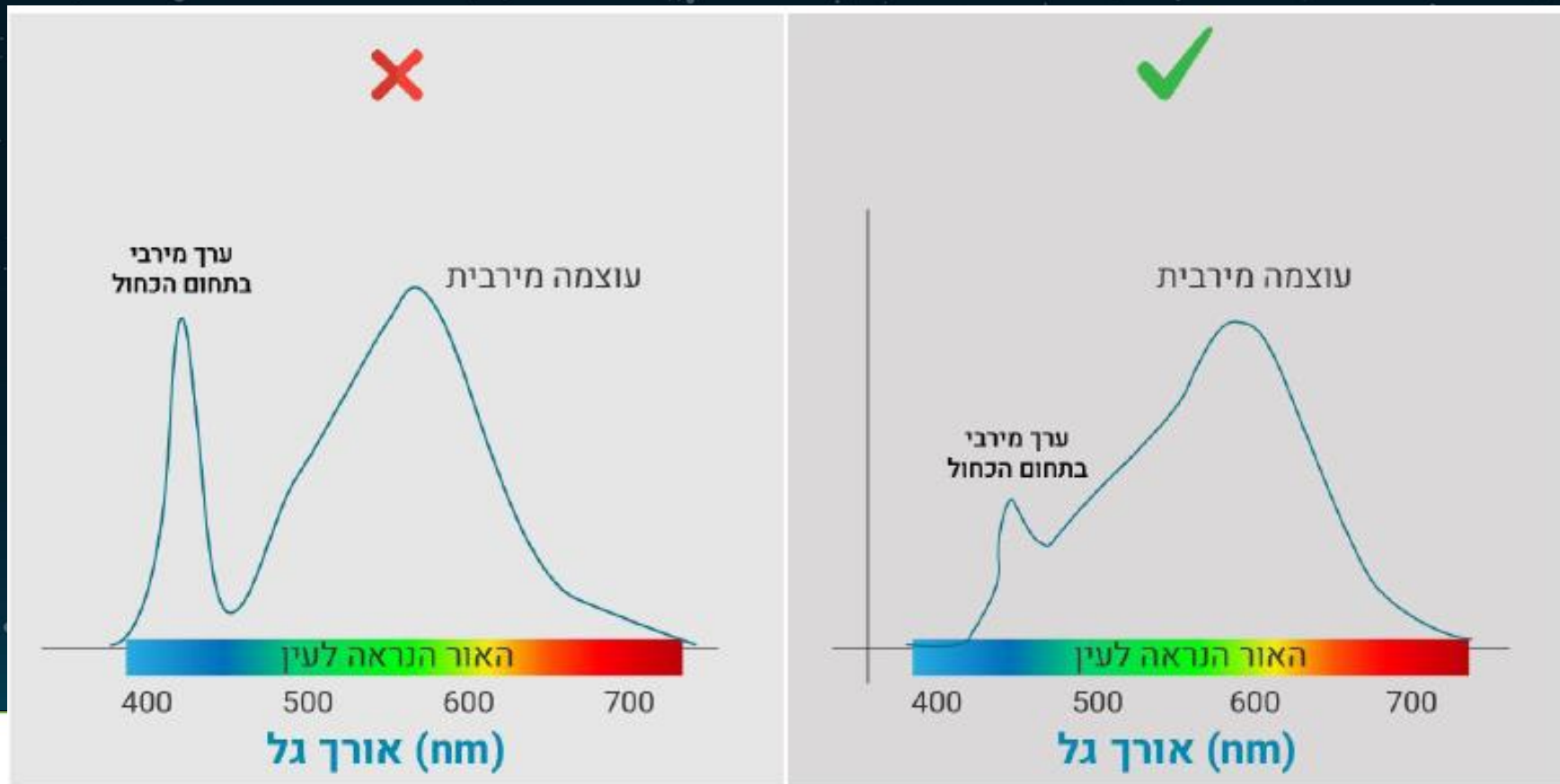


עקרונות מנחים לגוון אור המתחשב בסביבה



עקרונות מנחים לגוון אור המתחשב בסביבה

הערך המרבי של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום יהווה עד 50% מהעוצמה המרבית הנפלטת בשאר הספקטרום



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

צמצום זיהום אור וחיסכון כלכלי – הילכו יחדיו?



תשתיות נפט ואנרגיה בע"מ
קו מוצרי דלק בע"מ

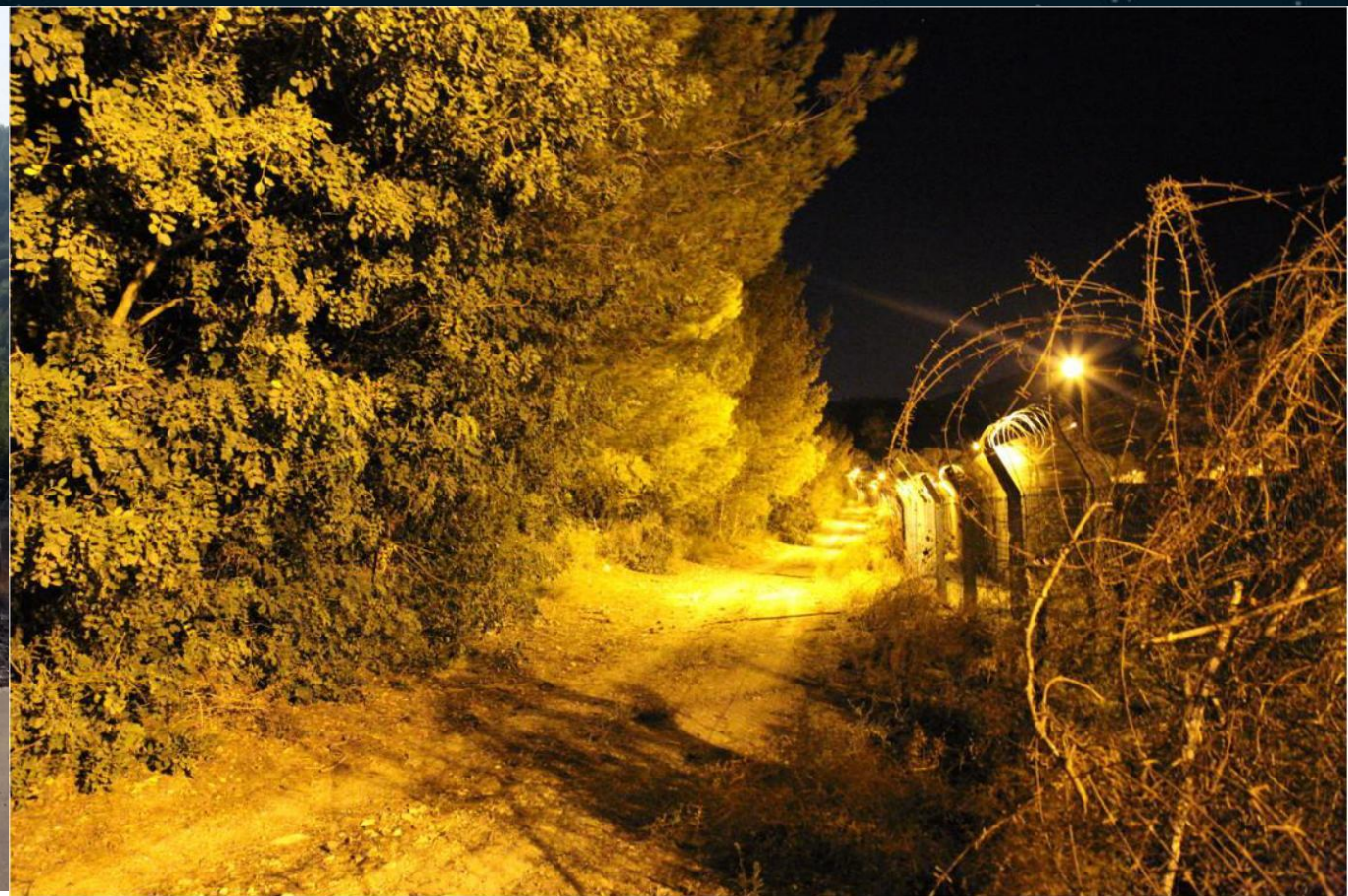


צמצום זיהום אור וחסכון כלכלי – הילכו יחדיו?



תשתיות נפט ואנרגיה בע"מ
קו מוצרי דלק בע"מ

תאורה מקורית – יותר מ 100 מ' לתוך השטח הטבעי



צמצום זיהום אור וחסכון כלכלי – הילכו יחדיו?

תאורה חדשה – רצועה של 10 מ' בלבד



תשתיות גז ואנרגיה בע"מ
קו מוצרי דלק בע"מ



✓ 90% חיסכון בתצרוכת החשמל

✓ חיסכון תפעולי ותחזוקתי של 62,000 ₪ בשנה

✓ אורך חיי גוף התאורה ארוך יותר - 80,000 שעות

✓ 135 דונם של שטח פתוח – הפך לשטח ללא זיהום

אור

✓ יישום בכל מתקני תש"ן – עד 2021

הקוד האקולוגי לתאורה ידידותית לסביבה מדריך למתכנן



המטרה

שמירה על חשכת הלילה = דיסציפלינה
סביבתית - אקולוגית



הנגשת כלים פרקטיים עבור
מתכננים ומקבלי החלטות
כיצד לצמצם בהארה ולתכנן
תאורת חוץ
אשר אינה מזיקה לסביבה

התמקדות – תשתיות

תשתיות אורכיות

דרכים

מסילות

צירים
תחבורתיים
נוספים

מתקני תשתית ומתקנים הנדסיים

מתקנים לטיהור
שפכים

מתקנים
לאספקת מים

מתקני אנרגיה

תחמ"ש

מתקני אנרגיה
מתחדשת

תחנות כוח

עקרונות לתכנון תאורה מניעת זיהום אור



מתקני תשתית

מאקרו - תכנון מרחבי

מאקרו
תכנון מרחבי
האם להאיר?

1. קבע את רמת **הרגישות 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?

קביעת רמת
הרגישות
האקולוגית של
מרחב התכנית

BIZ טבע
עסקים שומרים על המגוון הביולוגי

**רמת רגישות
גבוהה לזיהום אור**

רמת רגישות מרבית לזיהום אור

**רמת רגישות נמוכה
לזיהום אור**

קריית גת

מאקרו
תכנון מרחבי
האם להאיר?

בחן האם
הארת המתקן
הכרחית?



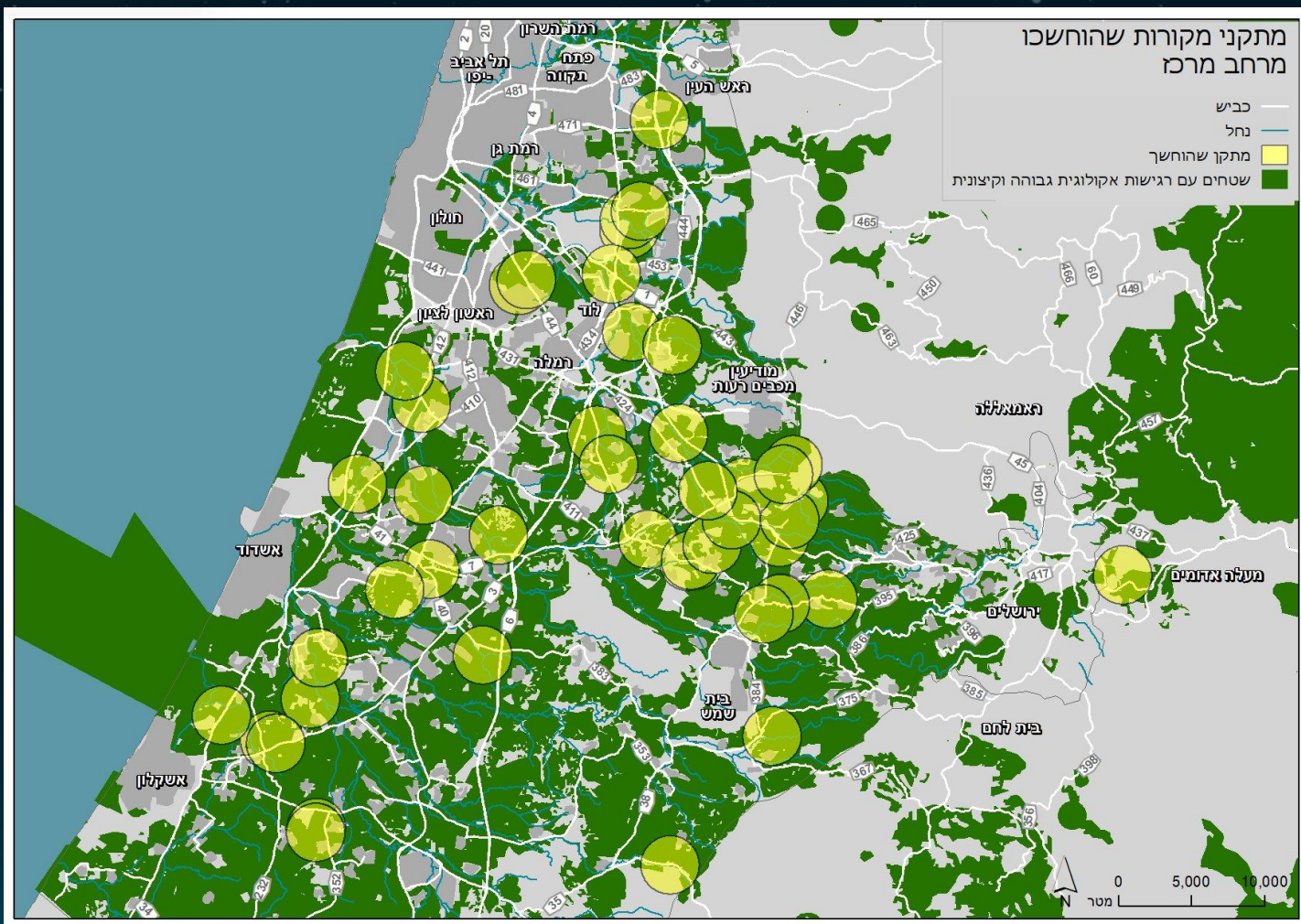
חזון חדש – הארה רק היכן ומתי שנדרש

תאורה נדרשת לאורך כל שעות הלילה רק:

- במתקנים אסטרטגיים - התפלה
- במתקנים בהם קיימות מצלמות אבטחה

יתר המתקנים ניתנים להחשכה, ויוארו בעת הצורך בלבד

תוצרי הפרויקט - החשבת מתקנים קיימים



66 מתקנים מתוך 167

החזר השקעה = פחות משנה



מיקרו - תכנון מקומי

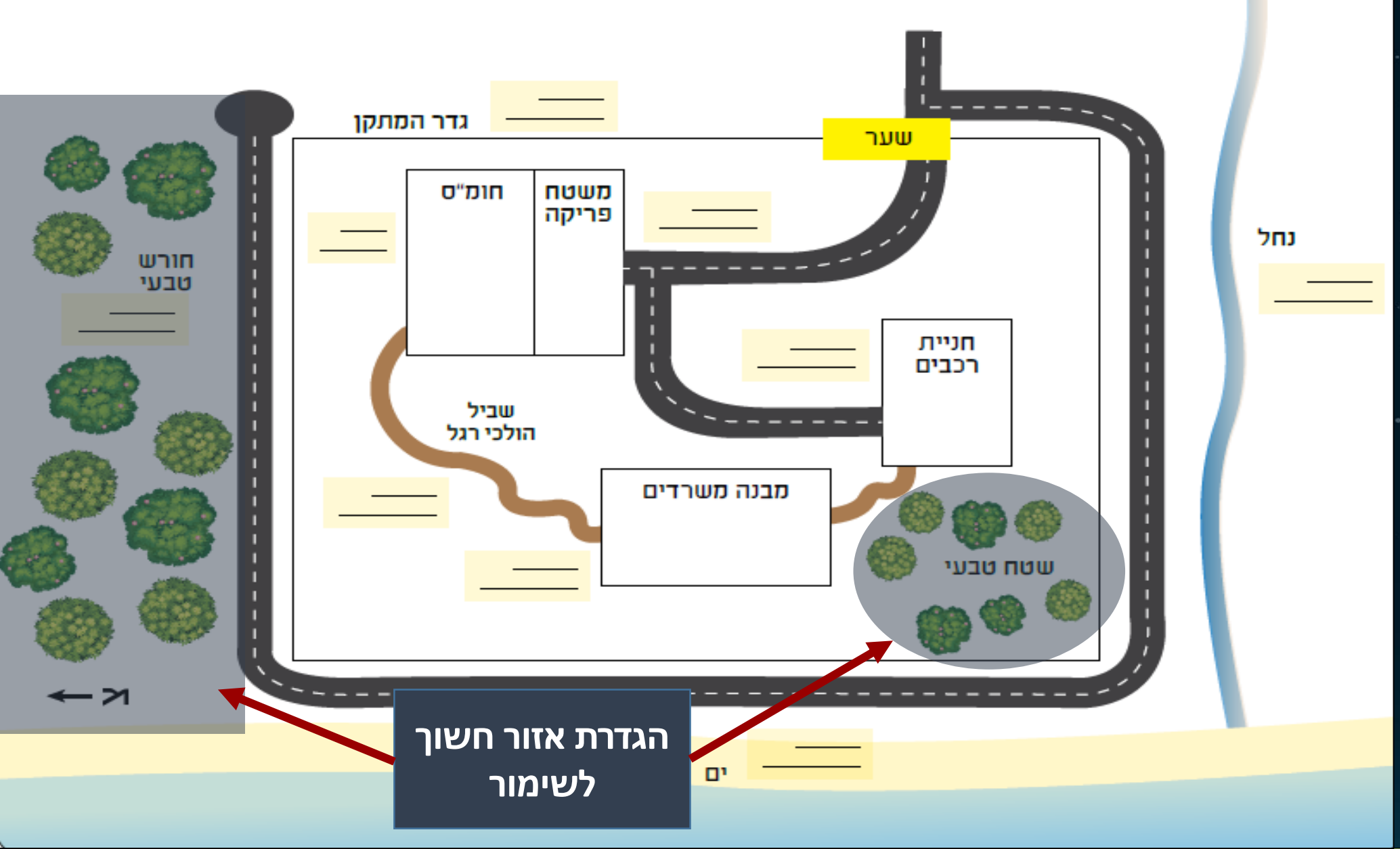
מיקרו תכנון מקומי

היכן, מתי
ולאיזה 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 השימושים בתכנית בהתייחס לרגישות המרחב לתאורה, וקבע תאי שטח לשמירה כחשוכים.

מיקרו
תכנון מקומי
 היכן, מתי
 ולאיזה צורך?

ניתוח הרגישות
 האקולוגית
 המקומית





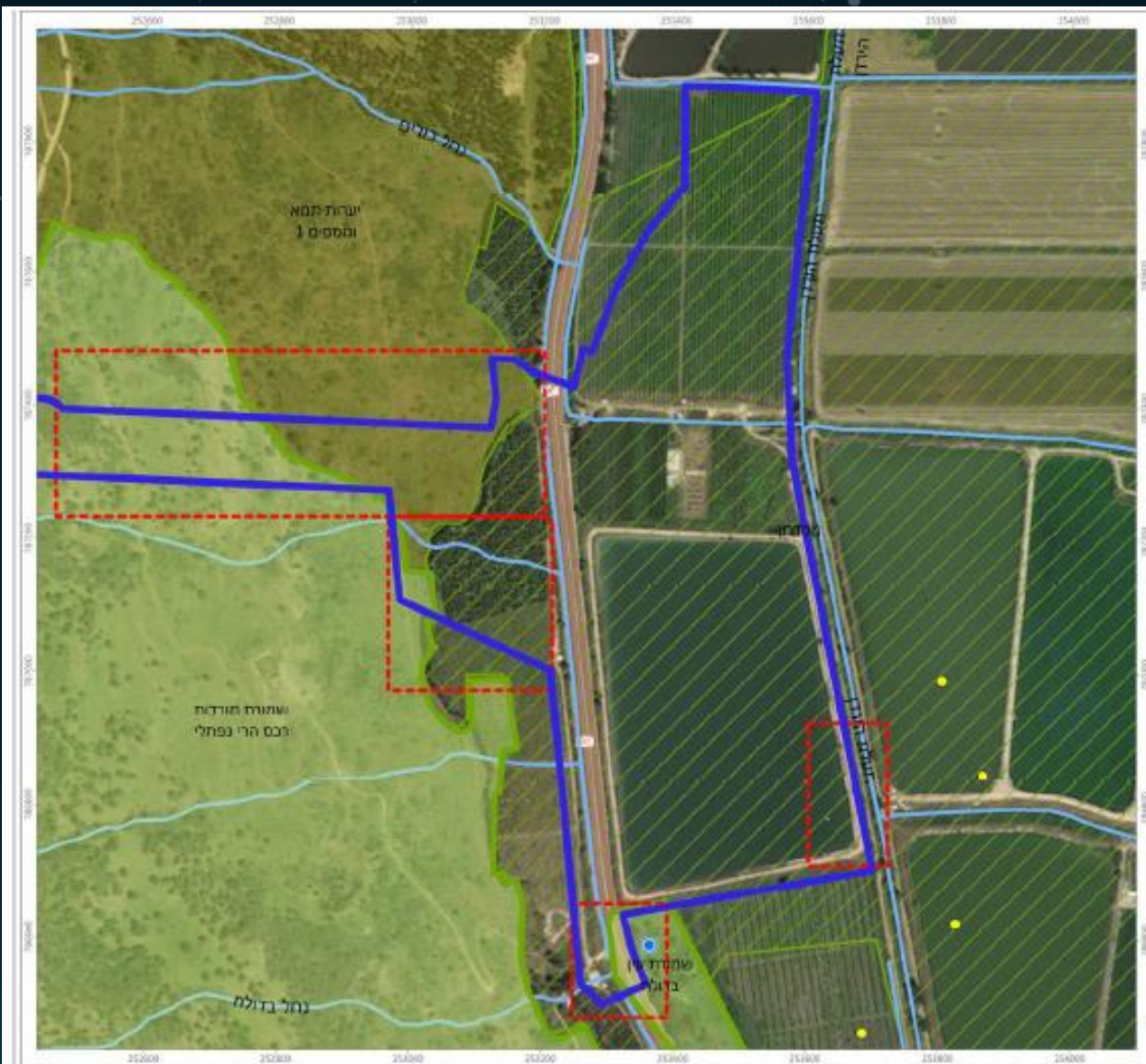
הגדרת מטרות הארה

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 חשוק - ללא הארה

מיקרו
תכנון מקומי
 היכן, מתי
 ולאיזה צורך?

מיקום
שימושים ביחס
לרגישות
המרחב
לתאורה



היכן, מתי ולאיזה צורך?

חוק התכנון והבנייה, התשנ"ה - 1955
תכנית מתאר ארצית

מתקן אגירה שאובה תכנית XXX

נספח סביבה / תאורה

גליון 1 מתוך 1

מחוז	צפון
מרחב תכנון מקומי	
רשות מקומית	מועצה אזורית גליל עליון
ישוב	
תכנית בסמכות	
איחוד וחלוקה	
היתרים או הרשאות	תכנית שמכוחה נעם י"ח להפיא היתר בניה
מונה תדפיס התשריט	
מועד הפקה	21/10/2021
שטח התכנית	קמ"מ 1:6,500

גבול תכנית
תאי שטח חשובים

הנחיות תאורה - איך להאיר?

הנחיות תאורה

איך להאיר?

6. **היוועצות** - 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?



◀ תאורה מזהמת

הנחיות
תאורה

איך להאיר?

היוועצות

- יש לשלב מתכנן תאורה בעל הכרות עם התחום של מניעת זיהום אור על רקע רגישות סביבתית
- תכנון תאורה יבוצע על פי תקנים רלוונטיים וחישובים פוטומטרים המשקללים הטופוגרפיה באזור התכנית



החברה להגנת הטבע
שומרים. מחנכים. אוהבים



המשרד להגנת הסביבה
רשות הטבע והגנים

טבע BIZ
עסקים שומרים על המגוון הביולוגי

הנחיות תאורה

איך להאיר?



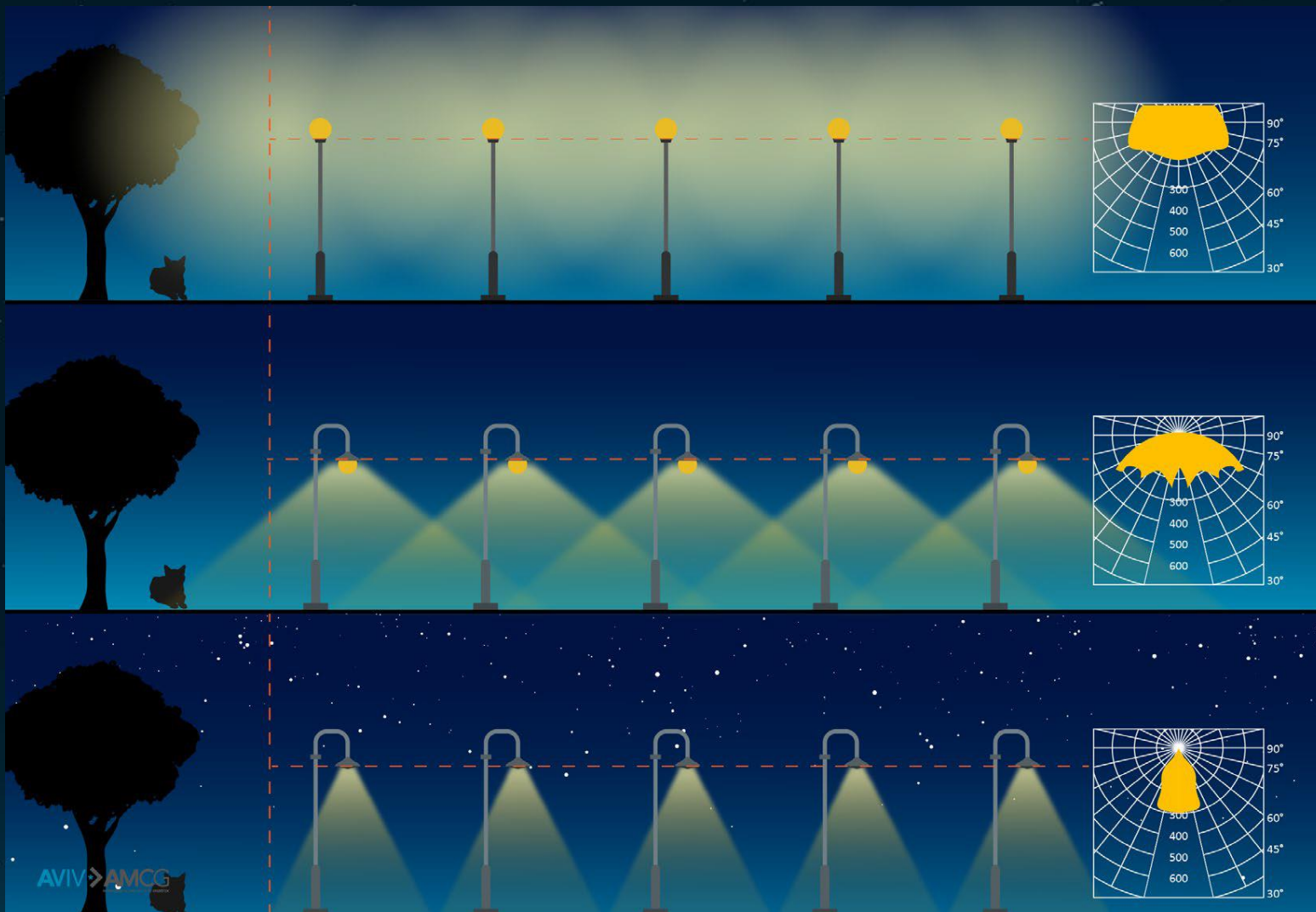
הגבלת
פיזור
אלומת
האור

◀ תאורה מזהמת

הנחיות תאורה

איך להאיר?

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



החברה להגנת הטבע
שומרים. מחנכים. אוהבים



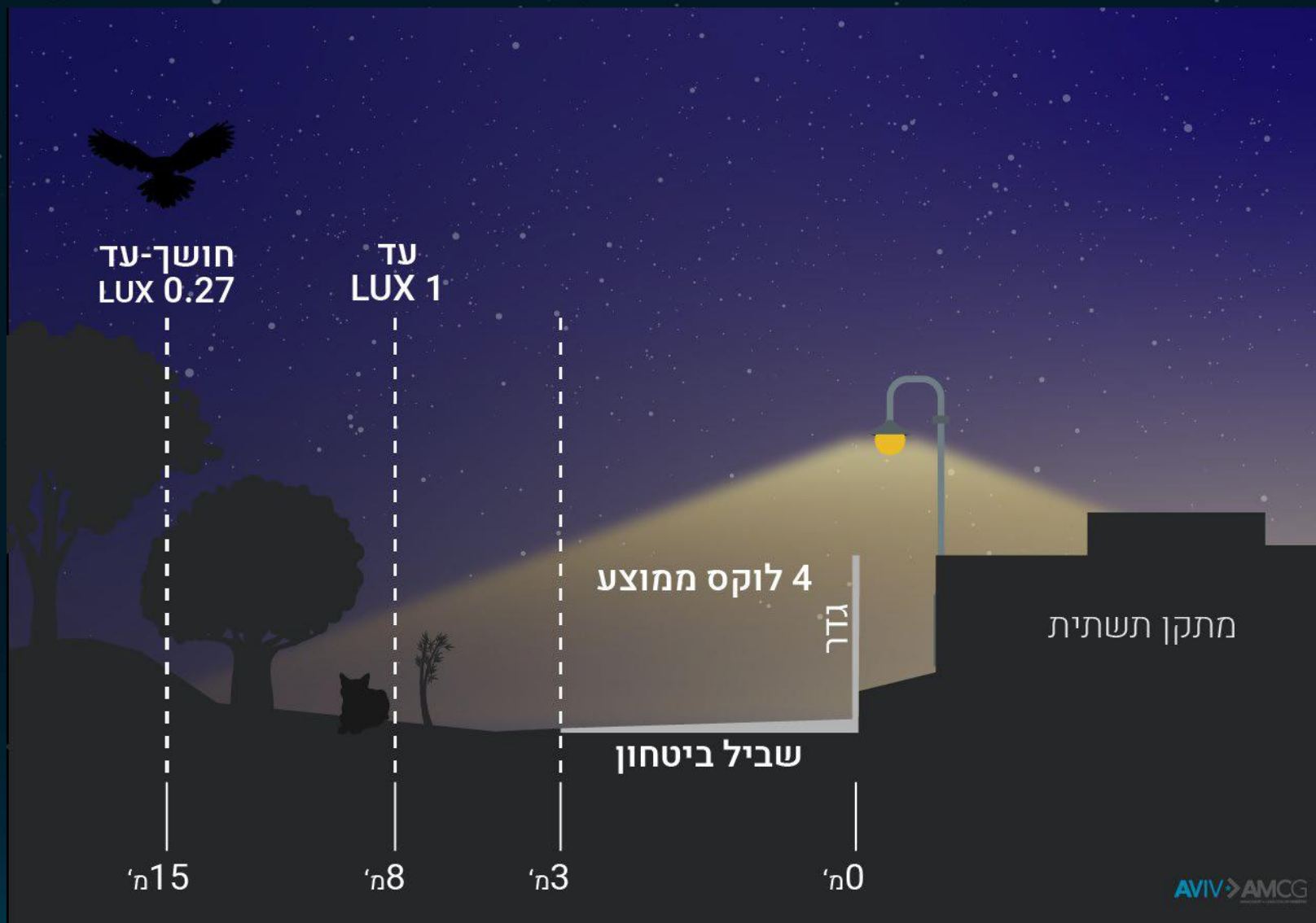
המשרד להגנת הסביבה
רשות הטבע והגנים



טבע BIZ
עסקים שומרים על המגוון הביולוגי

איך להאיר?

הגבלת מרחק ועוצמת ההארה מעבר לגדר המתקן



הנחיות תאורה

איך להאיר?



הגבלת
גוון אור
לגוון
"חם"

הגבלת
פיזור
אלומת
האור

◀ תאורה מזהמת



גוון האור יותאם לרגישות האקולוגית של השטח:

- שטחים ברגישות לזיהום אור קטן מ- 3000 קלווין.
- רגישות גבוהה קטן מ- 2700 קלווין.
- רגישות מרבית קטן מ- 2200 קלווין.

יש להגביל גם את ערכי הקרינה בתחום הכחול

הערך המרבי של הקרינה בתחום הכחול של הספקטרום יהווה עד 50% מהעוצמה המרבית הנפלטת

מזעור סיכון פוטו-ביולוגי מגופי תאורה לאדם

יש לתכנן גופי תאורה המוגדרים בקבוצת סיכון $RG = 0$ (לפי ת"י 62471).

הנחיות תאורה

איך להאיר?

אין לתכנן תאורת
יתר מעבר ל 20%
מהערך הממוצע
המינימלי האפשרי
בת"י 12464-2

תאורה מזהמת



הגבלת
פיזור
אלומת
האור

הגבלת
גוון אור
לגוון
"חם"

הגבלת
עוצמת
האור
למינימום
הנדרש

הנחיות תאורה

איך להאיר?



שילוב מערכות
לניהול ההארה

הגבלת
עוצמת
האור
למינימום
הנדרש

הגבלת
גוון אור
לגוון
"חם"

הגבלת
פיזור
אלומת
האור

◀ תאורה מזהמת

תכנון תאורת דרכים תוך מניעת זיהום אור לשטחים הפתוחים



הנחיות לתכנון מאור בדרכים

מאקרו
תכנון מרחבי
האם להאיר?

חובת התקנת מאור חלה בכל המקרים המפורטים להלן:

א. כל צומת, גם בין קטעי דרכים שאינם מוארים לאורכם.

ב. קטעי דרך רצופים בין צמתים שהמרחק ביניהם אינו עולה על כ-1 קילומטר (מרחק נסיעה של פחות מ-50 שניות במהירות התכן).

ג. תאורת מעבר במבואות הצומת (כניסה ויציאה מן הצומת) להבטחת הסתגלות לעין מקטע מואר לקטע חשוך ולהיפך.

ד. בכל תחנת אוטובוסים, לרבות תאורת מעבר.

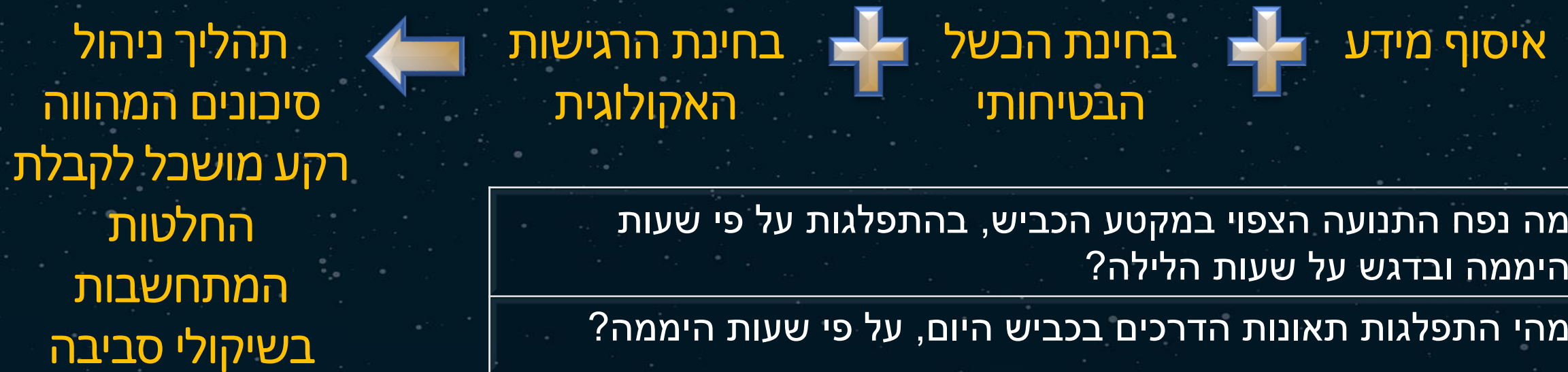
ה. בכל תחנת המתנה להסעת חיילים, לרבות תאורת מעבר.

ו. בכל מקום אחר בו נדרשת תאורה בגלל שיקולים בטיחותיים – ביטחוניים.

צורך בטיחותי מחייב
הארת הדרך

לקוח מתוך הנחיות לתכנון מאור בדרכים, משרד התחבורה 1996

הצעה למתודולוגיה עקרונית שמטרתה לבחון האם רצוי להאיר מקטע דרך חדש



מה נפח התנועה הצפוי במקטע הכביש, בהתפלגות על פי שעות היממה ובדגש על שעות הלילה?

מהי התפלגות תאונות הדרכים בכביש היום, על פי 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? שימוש בגדר הפרדה, הדגשת פסי השוליים, חריצת שולי כביש, התקנת "עיני חתול" ועוד

היכן להאיר?

➤ אקולוג המלווה תסקיר השפעה על הסביבה

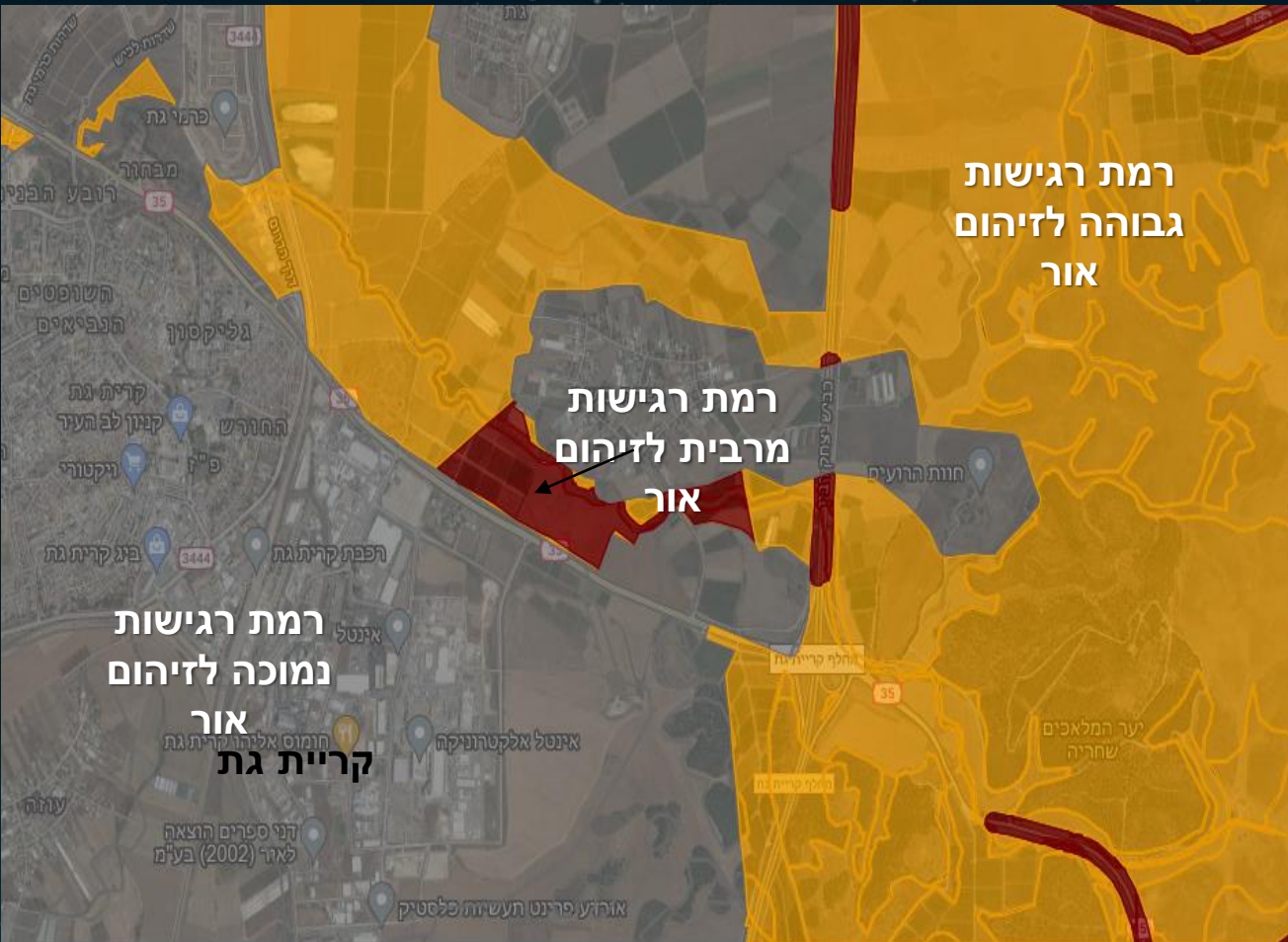
לדרך ידרג את השטחים בצידי הדרך, לאור
הרגישות האקולוגית לזיהום אור והנושא ידון
בחלופות התכנון.

➤ בתסקיר ובהוראות תכנית יש לציין תאי שטח

שרצוי מבחינה אקולוגית שישמרו חשוכים

(תוך ציון ההסתייגות - "בכפוף להנחיות

משרד התחבורה הרלוונטיות").



מתי להאיר?

יש לקבוע משטר הדלקה
וכיבוי בהתאם למינימום
ההכרחי, במידה וניתן
לעמעם ייקבע משטר
בהתאם

צילום: נתיבי ישראל

איך להאיר?

צמצום מקסימלי של זליגת
האור מעבר לתחום
המיסעה לשטחים פתוחים
שמסביב לתוואי הדרך

צילומים: אלכס גולדין



איך להאיר?

צמצום מקסימלי של זליגת
האור מעבר לתחום
המיסעה לשטחים פתוחים
שמסביב לתוואי הדרך

צילומים: אלכס גולדין

הנחיות תאורה

איך להאיר?



שילוב
מערכות
לניהול
ההארה

הגבלת
עוצמת
האור
למינימום
הנדרש

הגבלת
גוון אור
לגוון
"חם"

הגבלת
פיזור
אלומת
האור

◀ תאורה מזהמת

AVIV AMCG

תאורה ידידותית לסביבה בחברת נתיבי ישראל

דו"ח מסכם | מרץ 2020

התוצאות בשטח תליות בנו

דוגמא: בריכת מים בשטח של 4 דונם הדורשת הארה כל הלילה

15 מ' = 6 דונם

15 מ'

בריכת מים

עדיפות
לחיסכון
אנרגטי, כלכלי
וסביבתי
תוך מענה
לצורך
הבטיחותי
בטחוני

100 מ' = 45 דונם

100 מ'

בריכת מים

תודה רבה לכל השותפים לפרויקט חשוב זה



- ❖ נציגי המשרד להגנת הסביבה
- ❖ נציגי רשות הטבע והגנים
- ❖ נציגי חברה להגנת הטבע
- ❖ חברת AVIV AMCG
- ❖ ד"ר אינה ניסנבאום
- ❖ כלל חברי וועדת ההיגוי

צילום: גילי גוזני