



**מוזיאון  
השבוע**  
שטיינהרדט  
המרכז הלאומי לחקר המגוון הביולוגי

מכון 23-2018 א-18 ארץ



**תקינה בתחום התאורה.**

**מה קיים? מה מחייב? ומה עדיין חסר?**

אביב אבישר- ראש יחידת המחקר, מכון דש"א

[Avivavis@mail.tau.ac.il](mailto:Avivavis@mail.tau.ac.il)

אורן עג'מי ואמיר דורה- המכללה האקדמית הדסה, ירושלים

סמינר בבית הספר פורטור

בתמונה: שפך הנילוס. מבט צפונה



# על מה נשוחח?

1. מהו אור?

2. מהו זיהום אור? מן השפעותיו?

3. תקינה בישראל

4. תקינה בעולם

5. מה חסר?



**אור מהווה הסיגנל  
האמין ביותר בטבע  
ב 4.5 מילארד שנים  
האחרונות..**

עונת ההמלטות בפרסתנים



תזמון של אירועים כמו רביית אלמוגים

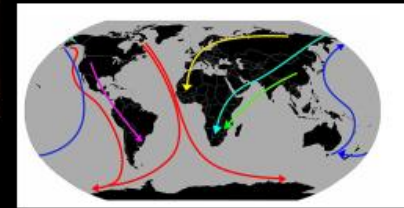


עוצמות האור  
משתנות בצורה  
מהימנה וחזויה.

בטבע אין מצב של  
תאורה מחוץ לשעות  
היום.

אורך היום משתנה  
באופן קבוע במהלך  
השנה, ואור הירח  
בלילה משתנה  
בצורה חזויה.

עלווית אפורה - נודדת בכל שנה מסקנדינביה  
למרכז אפריקה כ 7000 ק"מ



זבליות שמנווטות קילומטרים רבים באמצעות שביל  
החלב



עונת ההמלטות בפרסתנים



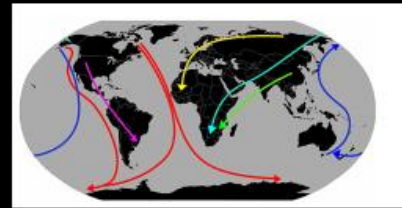
תזמון של אירועים כמו רביית אלמוגים



משך שעות האור  
כוון האור  
עיתוי שעות התאורה

מהווים מקור  
אינפורמציה בנוגע  
למיקום, זמן ביום  
ועונת השנה.

עלווית אפורה - נודדת בכל שנה מסקנדינביה  
למרכז אפריקה כ 7000 ק"מ



זבליות שמנווטות קילומטרים רבים באמצעות שביל  
החלב



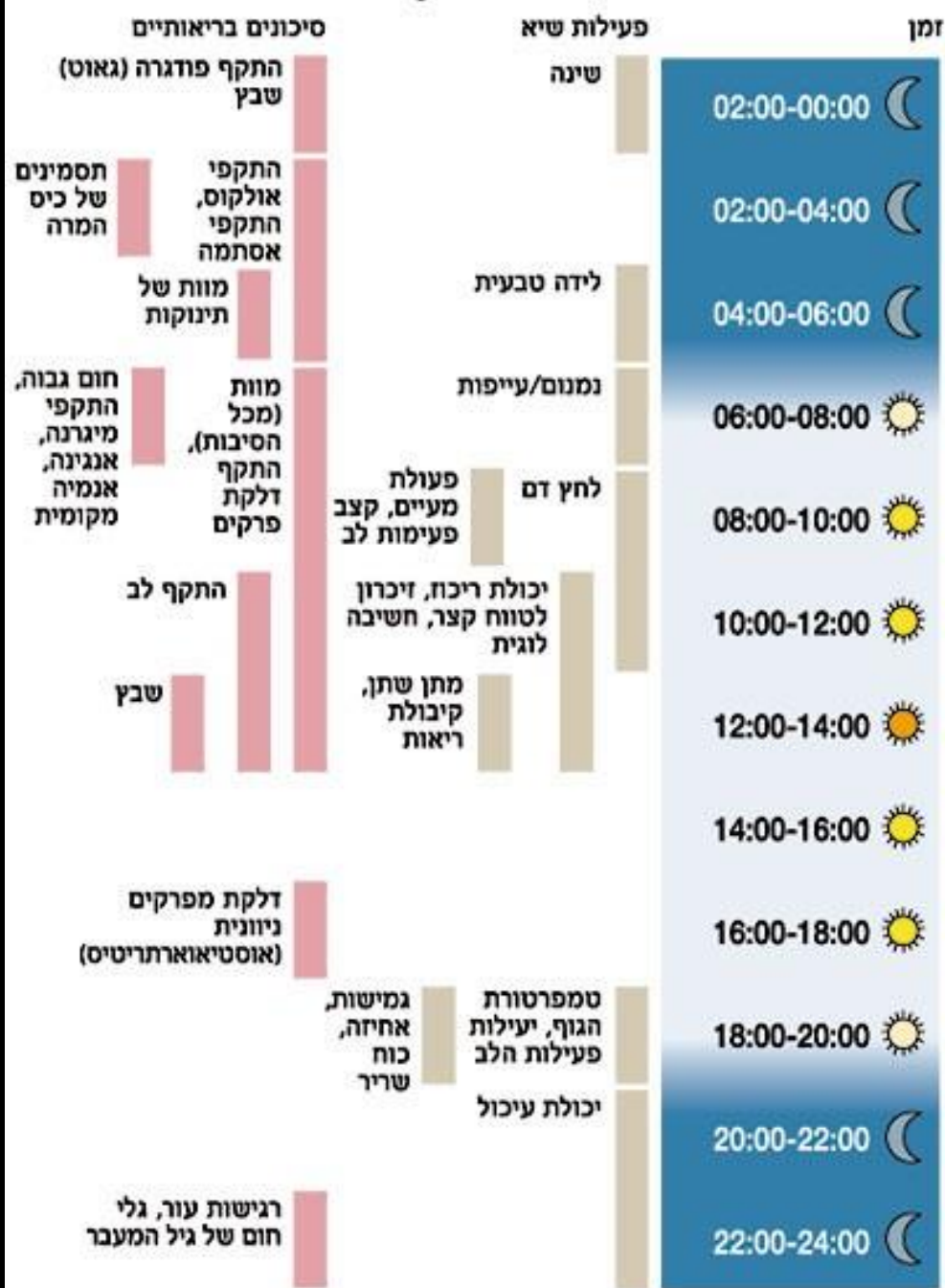
# השפעות פיסיולוגיות של השעון הביולוגי



מחזוריות של 24 שעות בבני אדם:

- שינה וערנות
- פעילות מוטורית
- טמפרטורת גוף
- קצב מטבוליזם
- הפרשת הורמונים
- ביטוי גנים
- פעילויות אנזימתיות שונות

# השפעות פיסיולוגיות של השעון הביולוגי



מחזוריות של 24 שעות בבני אדם:

- שינה וערנות
- פעילות מוטורית
- טמפרטורת גוף
- קצב מטבוליזם
- הפרשת הורמונים
- ביטוי גנים
- פעילויות אנזימתיות שונות



www.ronpeled.com 2007



רמי תל אביב, יוטיוב



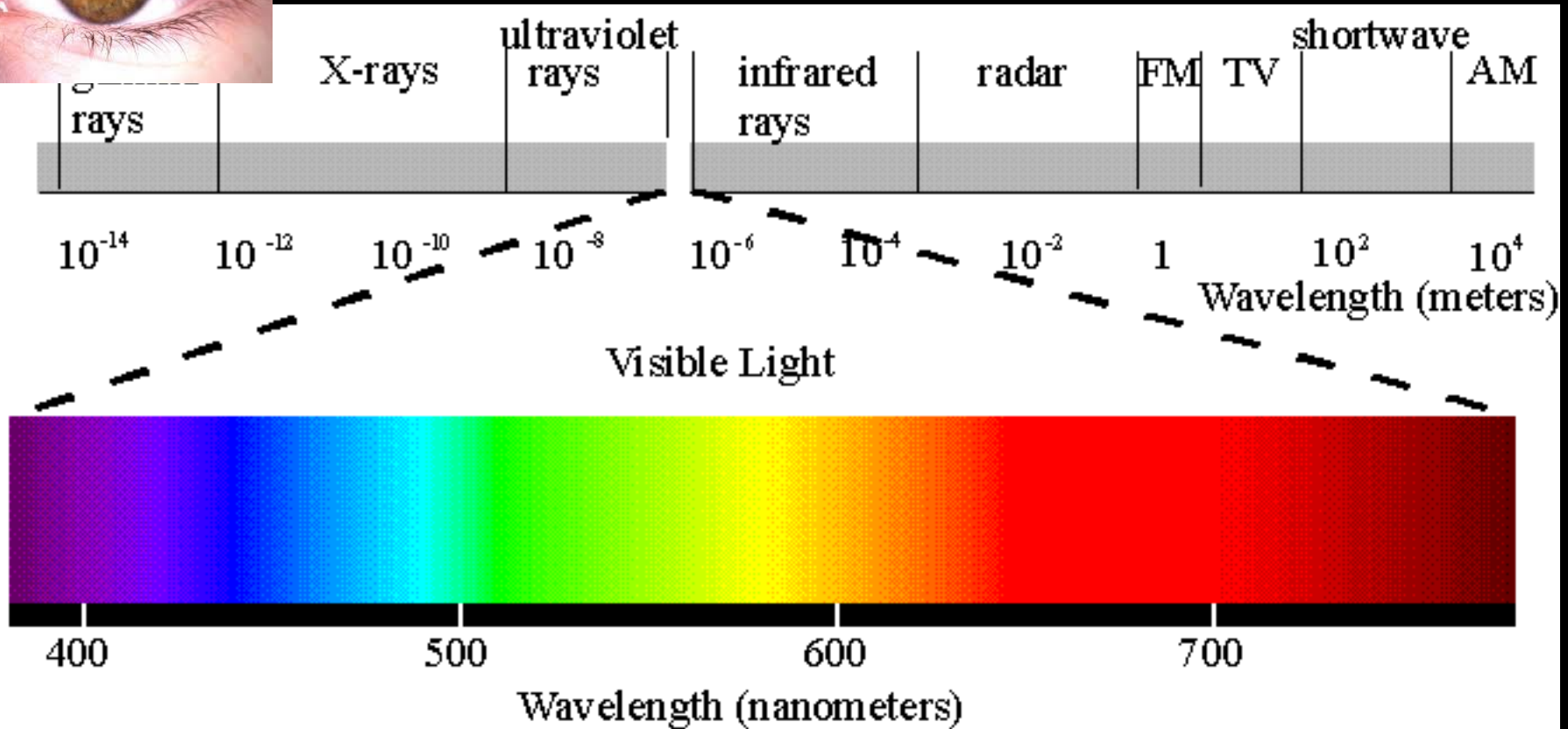
צילום: צלילן לבין, אוניברסיטת תל אביב



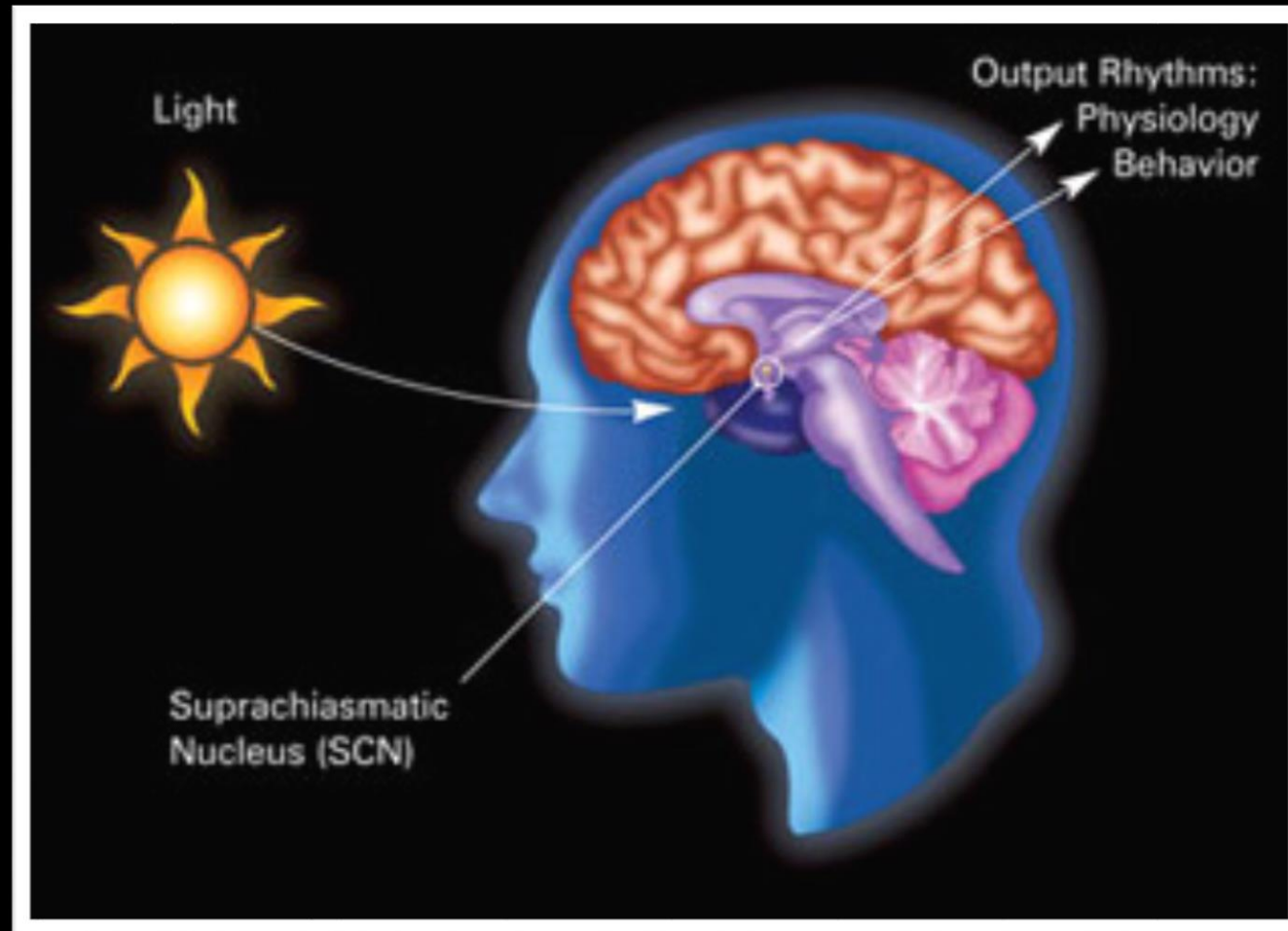


איך זה עובד?

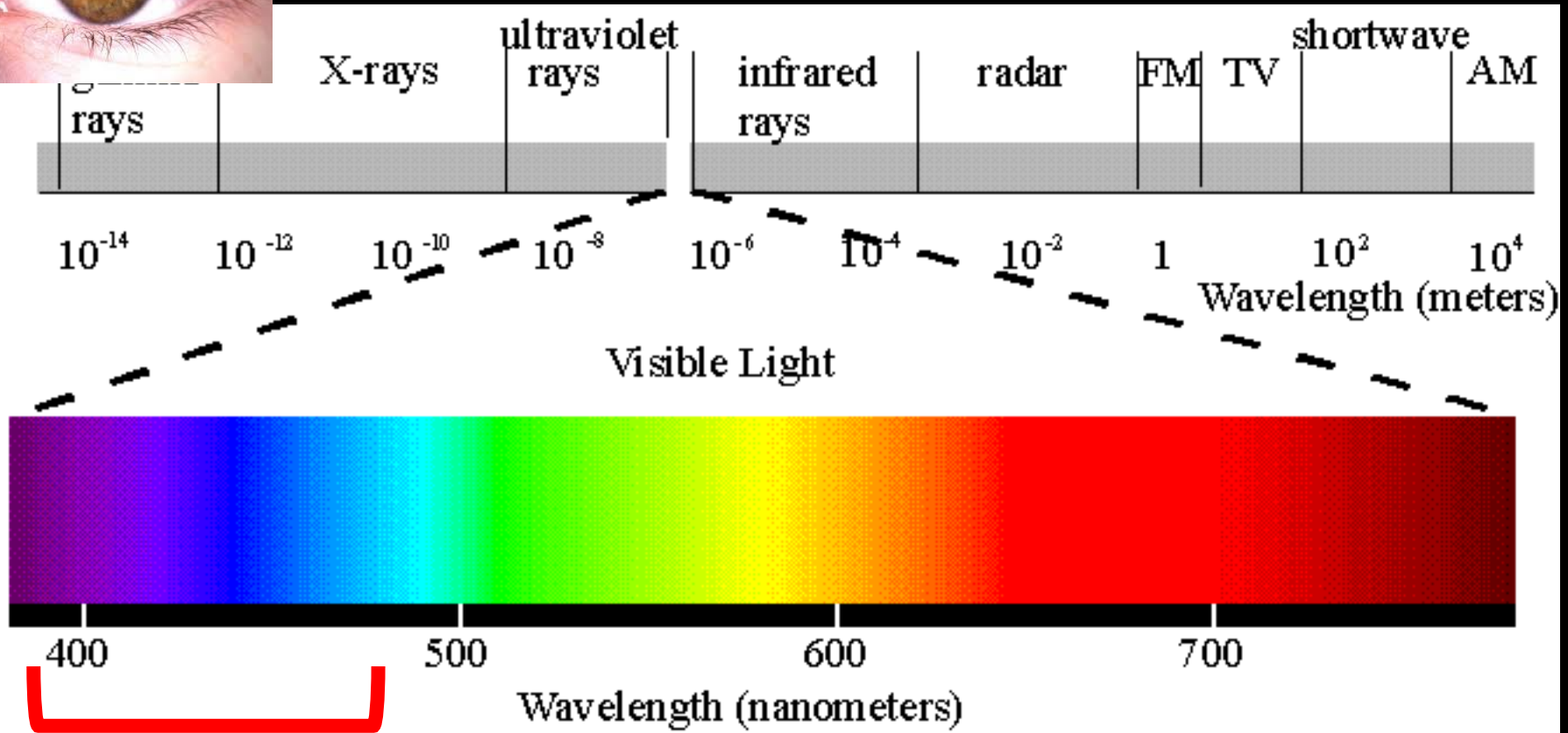
# ספקטרום האור הנראה



# איך זה עובד?

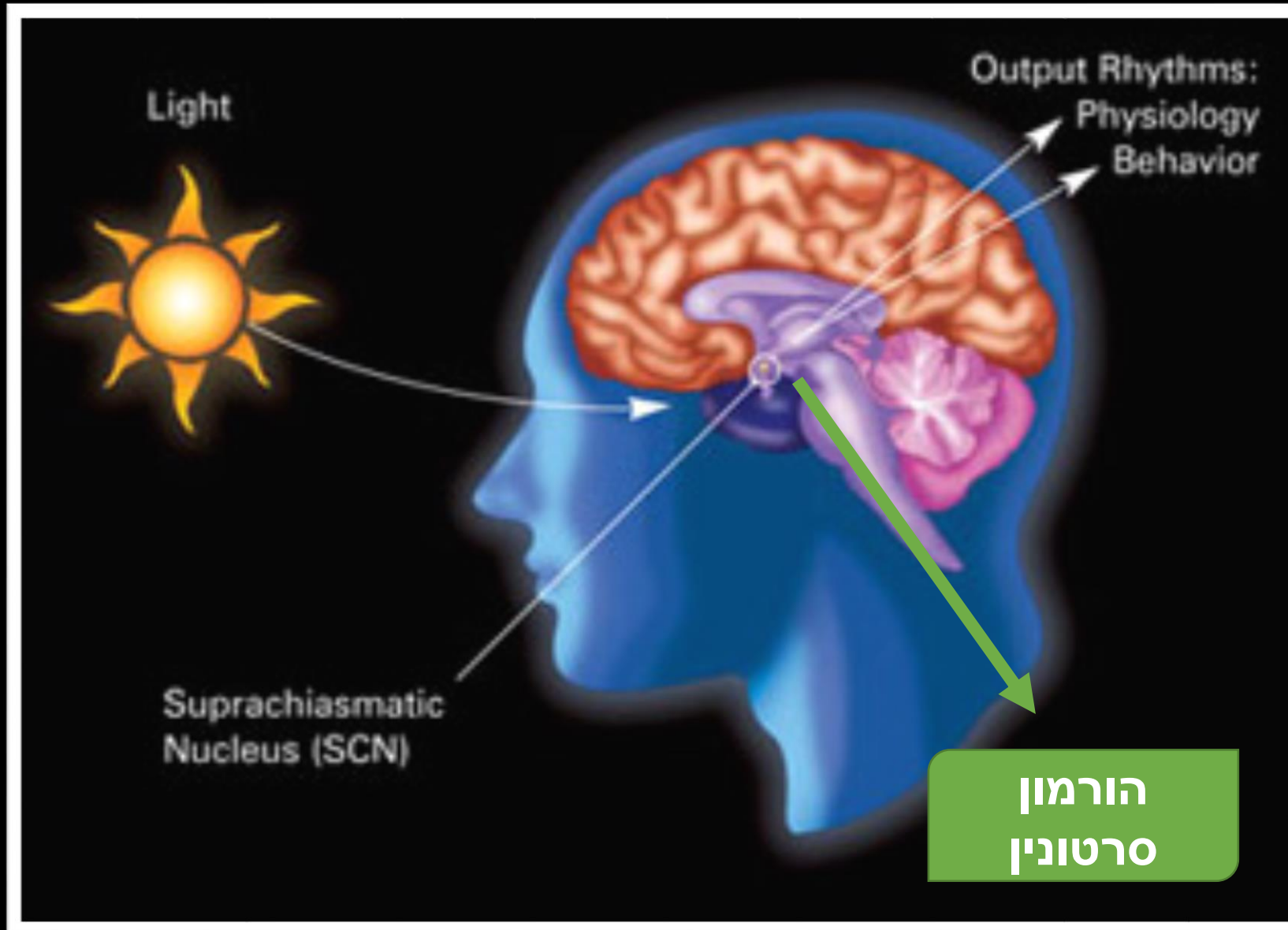


# ספקטרום האור הנראה

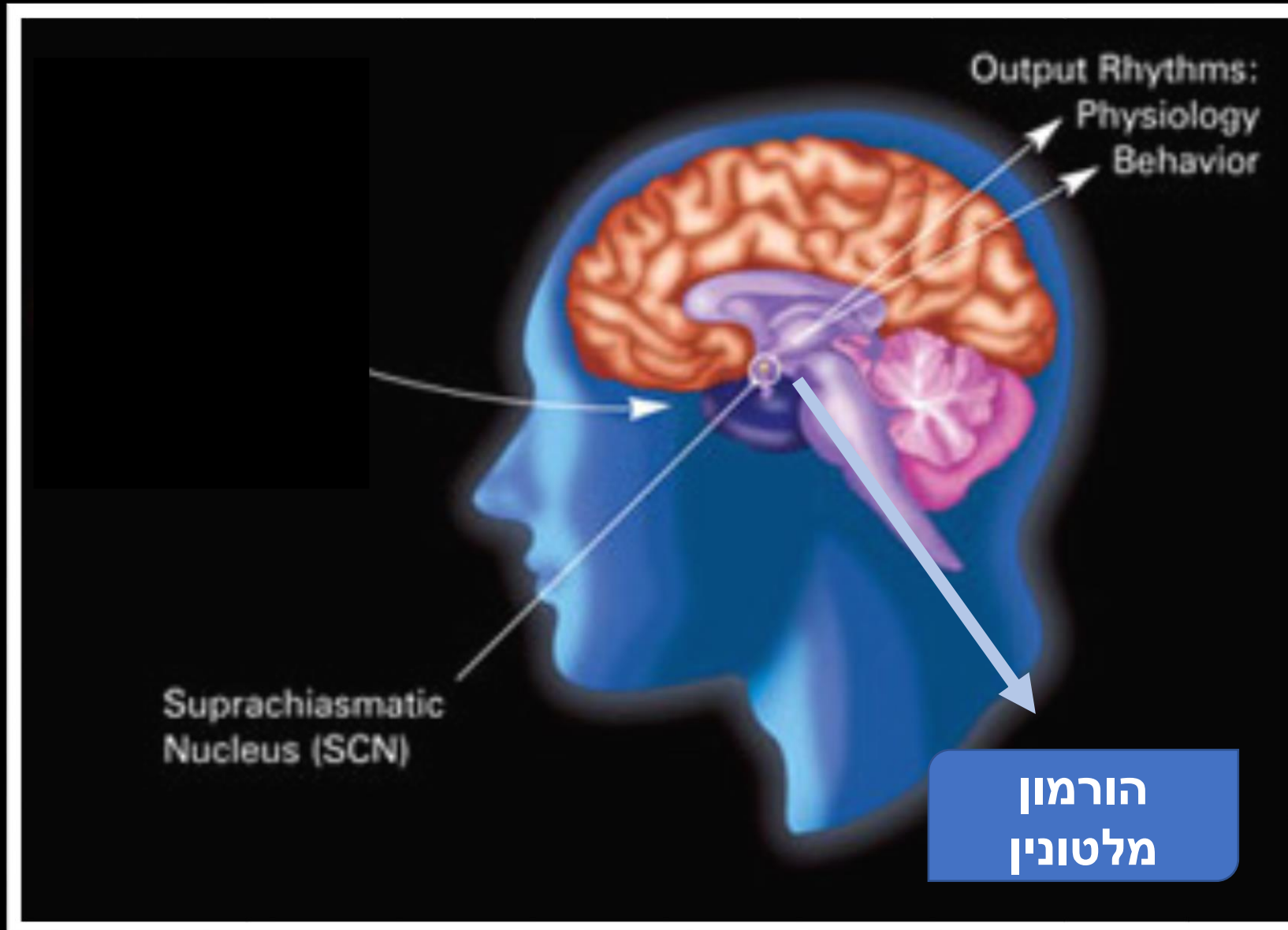


עד 490 ננומטר

איך זה עובד?

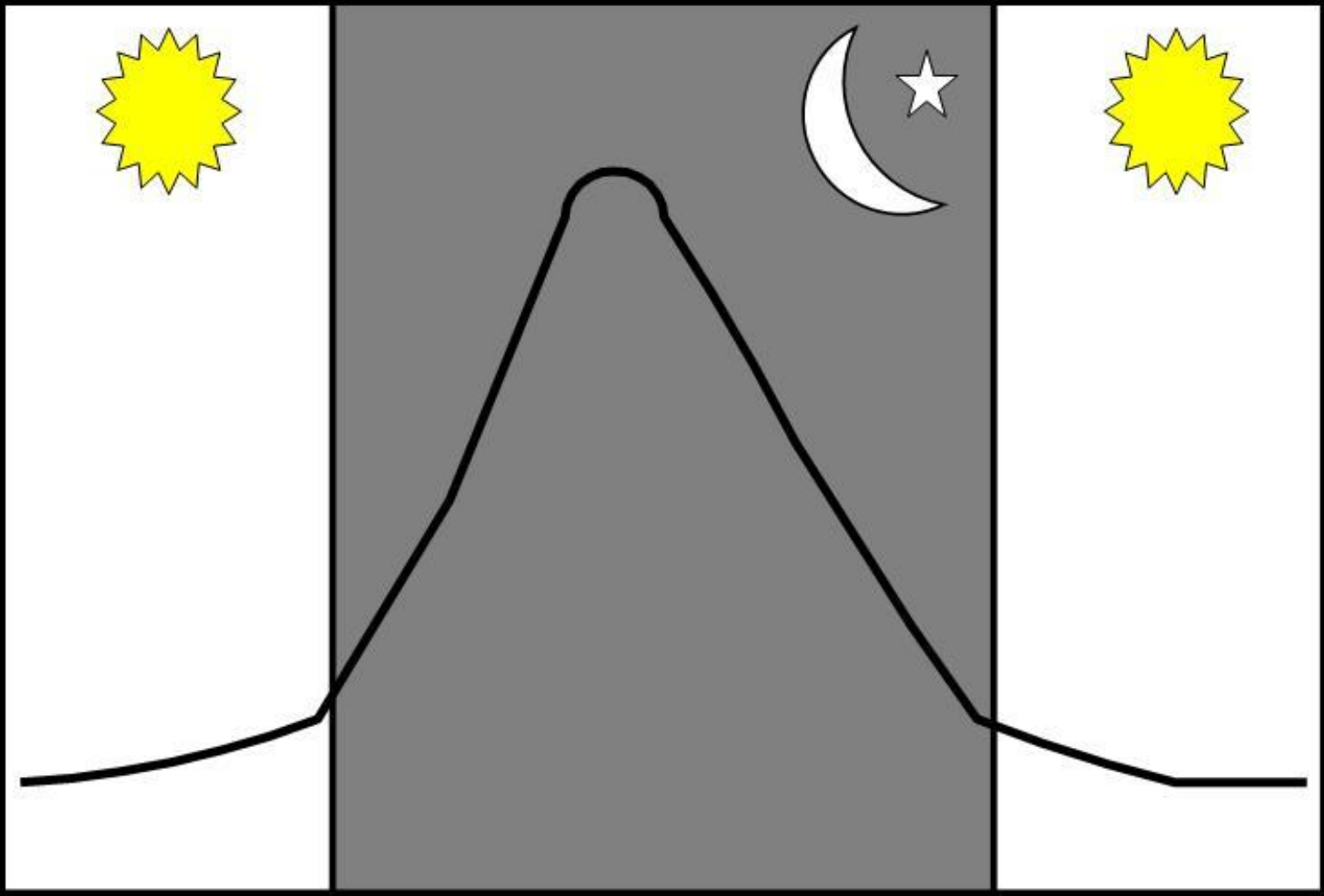


איך זה עובד?



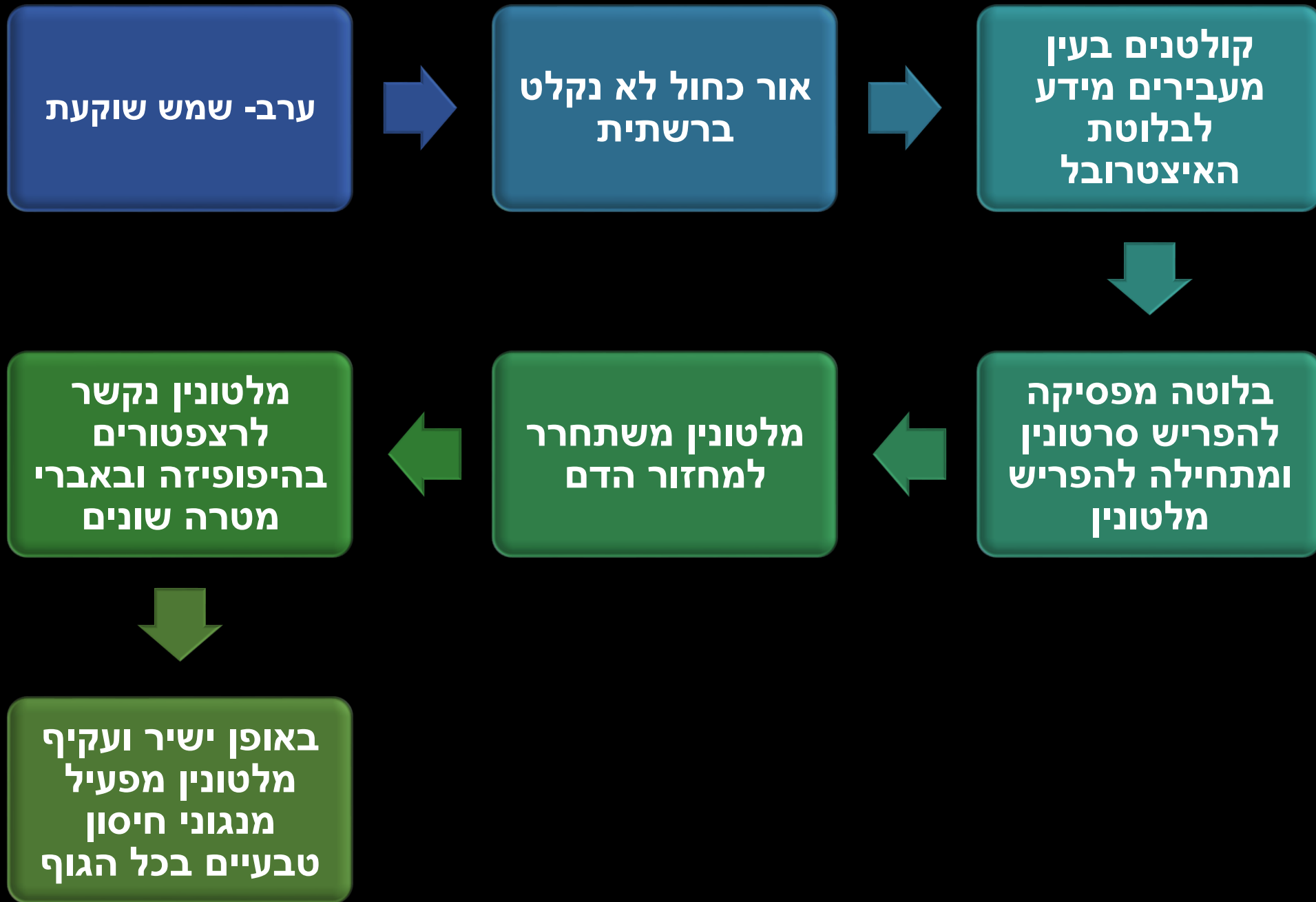
מלטונין מופרש מבלוטת האצטרובל,  
במהלך הלילה בכל החולייתנים

Melatonin in blood



באופן טבעי...









אבל מה קורה אם השמש לעולם לא שוקעת?

# מהו זיהום אור?

1. אור בגוון לא מתאים אחרי שקיעת השמש

.. 2

.. 3

... 4

... 5

אור שנזרק לשמים = זיהום אור

שמי עיר

שמי עיר /  
פרבר

שמי פרבר  
מואר

שמי פרבר  
חשוך

שמי כפר /  
פרבר

שמי כפר

שמיים  
אפלים

שמיים  
אפלים  
ללא זיהום  
אור

אור מסנוור = זיהום אור



אור שפולש לבתים = זיהום אור



# מהו זיהום אור?





תאורת בטחון?



אשלייה של בטחון...



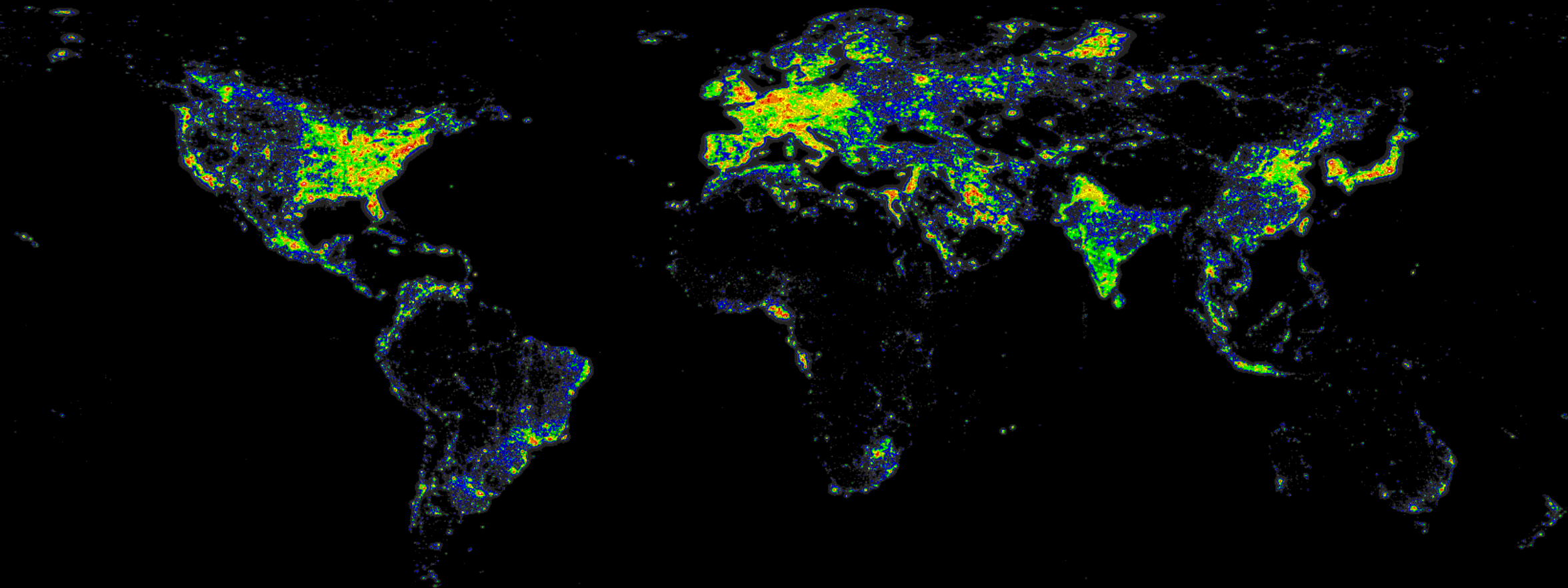


אשליה של ביטחון



זיהום אור הינו מכלול ההשפעות השליליות של תאורה מלאכותית  
שלא מגיעה ליעדה (משטח הארה), אלא פולשת לבתים ולשטחים  
פתוחים, מסנוורת ומאירה את הרקיע. זהו אור "מיותר" בכיוון  
לא נכון, בזמן לא נכון, בעוצמה לא מתאימה, או  
בהרכב ספקטרלי (גוון) שמסכן את בריאותנו.

# מפת העולם בלילה



80% מאוכלוסיית העולם (99% מאוכלוסיית אירופה) חיים תחת  
שמים זוהרים וסובלים מזיהום אור

כ-60% מאוכלוסיית העולם לא ראתה מעולם את שביל החלב



# Northeast America blackout of 2003



1992



2014





# מדינת ישראל. חיבור תמונות לווין



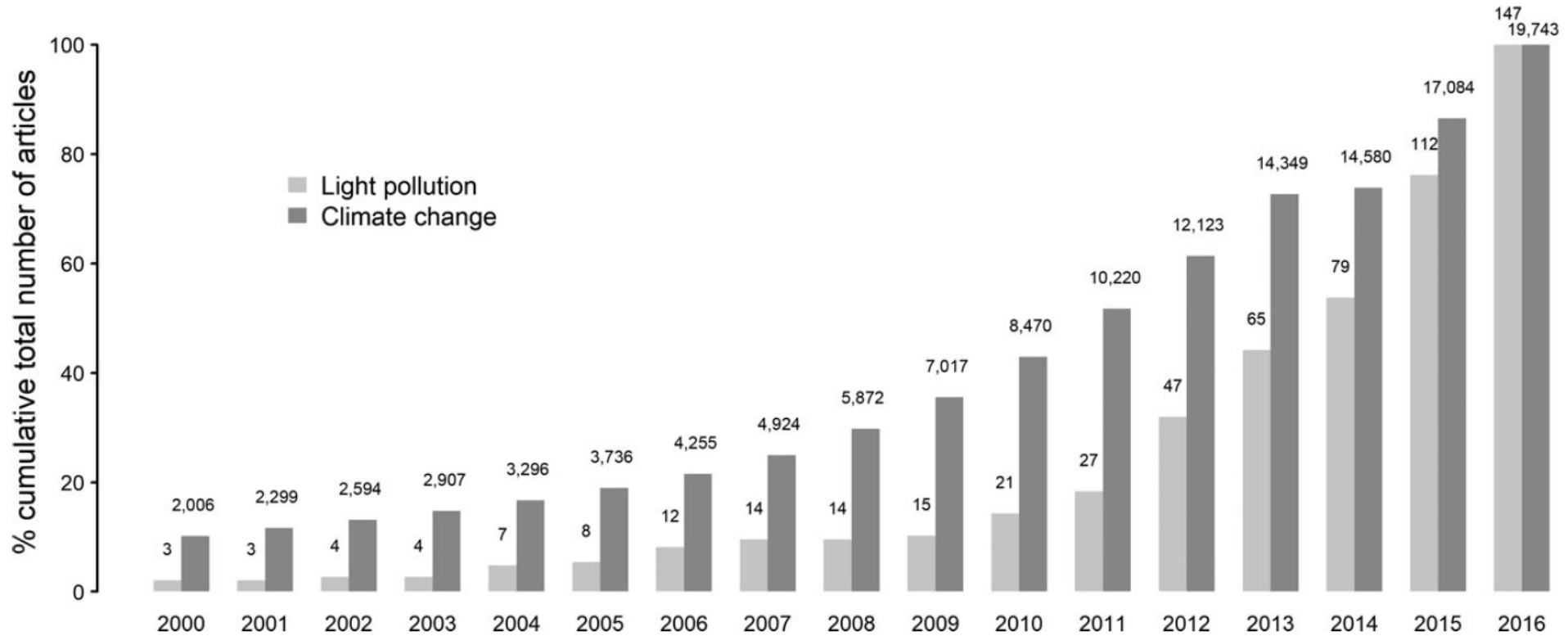
ירושלים



תל אביב



חיפה



**FIGURE 1** The trend in research outputs associated with light pollution and climate change since the year 2000. Bar heights represent the cumulative number of articles expressed as a percentage of the total number of articles published by the end of 2016; numbers are the cumulative number of articles published by the end of each year. Note that the total number of articles does not reflect the total number published in the research area, only the number returned from the search. The data were collected from a Web of Science search for phrases in article titles. The search phrases used for light pollution research outputs were “Light pollution” OR “Artificial Light at Night” OR “Nighttime lighting” OR “Night-time lighting” OR “Night time lighting” OR “Street Lighting” OR “LED lighting” OR “Light-emitting diode lighting.” The search phrase for climate change was “Climate change” and results were not refined by research area. The search for articles on light pollution was refined by research areas: (Plant Sciences or Ornithology or Psychology Multidisciplinary or Environmental Sciences or Evolutionary Biology or Physics Applied or Entomology or Engineering Environmental or Ecology or Urban Studies or Fisheries or Biodiversity Conservation or Biology or Physics Multidisciplinary or Zoology or Oceanography or Geography Physical or Geography or Remote Sensing or Physiology or Marine Freshwater Biology or Public Environmental Occupational Health)

# השפעות בריאותיות לחשיפה לאור לבן בלילה

- הפרעות שינה
- פגיעה בתפקודים מטבוליים
- פגיעה בתפקודים עצביים
- פגיעה בתפקודים קרדיו-וואסקולרים
- קשר להתפתחות מחלות קרצינוגניות
- שיבושים במערכת הרבייה
- הפרעות קשב וריכוז
- אגרסביות מוגברת בילדים
- השמנה
- השפעה של רמות מלטונין על ביטוי גנים ותרגום לחלבון (אפי-גנטיקה)

## מה המצב אצלנו?

מחקר בשיתוף מכללת הדסה שבדק :

*תקינה בתחום התאורה.*

*מה קיים? מה מחייב? ומה עדיין חסר?*

## חוק

הוראת התנהגות מחייבת מטעם המחוקק (כנסת).

## תקנה

חקיקת משנה של הרשות המבצעת (שר המשרד הרלוונטי) המפרטת את האמור בחוק.

## תקן

מפרט או שיטה מקובלים או מחייבים בתחום מסוים.  
מטרת התקנים היא ליצור סטנדרטיזציה למוצרים ולהנחיות תכנון וביצוע  
ועל ידי כך למנוע או לצמצם השפעות שליליות על:  
בטיחות האדם.  
בריאות האדם.  
איכות הסביבה.

## חוקים-מצב קיים

✓ **חוק החשמל ותקנותיו-** ההתייחסות להיבטים של בטיחות חשמלית  
למשתמשים

✓ **חוק הקרינה הבלתי מייננת התשס"ו 2006-** חוק זה מחריג את ספקטרום  
האור הנראה ולא חל עליו

✓ **חוק למניעת מפגעים סביבתיים, 1992-** ....

# תקנות-מצב קיים

✓ פקודת בטיחות בעבודה (1970)

✓ תקנות התכנון והבניה (1970)

✓ תקנות רישוי עסקים (1972, 1977, 1983)

תקנות אלו נועדו להבטיח תאורה איכותית ונאותה במטרה לענות על צרכי בטיחות ונוחות עבור המשתמשים. מאידך, לא קיימת בהן כל התייחסות לזיהום אור. בחלק מהתקנות קיימים ניסוחים מכוחם ניתן לאכוף היבטים צרים של זיהום אור.



## תקנים-מצב קיים

- בישראל יש כ-3800 תקנים, רק 600 מהם מחייבים (בכל תחומי החיים).
- בתחום התאורה, עיקר התקנים (כולם לא מחייבים) אומצו מהעולם ובפרט מהתקינה האירופית: EN, CIE, IEC, IES, ISO
- התקן היחידי המחייב הוא ת"י 20 למנורות (מפרט את המבנה והבטיחות של גופי התאורה).
- בישראל אין תקנים מחייבים המתייחסים לצמצום או מניעה של זיהום אור.

# תקנים-מצב קיים

• ת"י 13201 תאורת דרכים (לא רשמי):

• התקן מאפשר עמעום תאורה בהתאם לשינוי בנפח התנועה בכביש, תוך צמצום משמעותי בצריכת האנרגיה ושמירה על רמת בטיחות המשתמשים בדרך.

• התקן מתייחס להגבלת רמת הסנוור, ולשיקולי איכות הסביבה וזיהום אור.

• התקן מתווה כלים לתכנון ולסיווג הדרך באופן סדור ואחיד על פי פרמטרים טכניים (מספר המסלולים, רוחב המדרכה) ונפח השימוש.

אבל...

• התקן לא קובע עוצמות מקסימום...

## תקנים-מצב קיים

- ת"י 12464 אור ותאורה – תאורה למקומות עבודה (לא רשמי)
- התקן מגדיר את העוצמה המומלצת, המינימום ההכרחי והמקסימום האפשרי (התקן לא מגדיר ערכי מינימום)
- דירוג אחיד של הסנוור המטריד (UGR – Unified Glare Rating);
- התקן מחייב מקדם מסירת צבע גבוה

## תקנים-מצב קיים

• ת"י 5281 (חלק 2) – בנייה בת קיימה (בנייה ירוקה): דרישות לבנייני מגורים (לא רשמי) - ניקוד נמוך מאוד (אין תמרוץ לביצוע)

• ת"י 62471 – בטיחות פוטוביולוגית של נורות ומערכות תאורה (לא רשמי) התקן לא מתייחס לנזקים משיבוש שעון ביולוגי, גוון האור ואור פולש

תקינה, מפרטים והנחיות בין לאומיות - יש והרבה...

• תקן אירופי EN12193 – תקן למגרשי ספורט (לא אומץ לתקינה הישראלית)

• CIE 150:2017 - Technical Report – guide on the limitation of the effects of obtrusive light from outdoor lighting installation.

• CIE 126-1997 – guidelines for minimizing sky glow

• JOINT IDA–IES - MODEL LIGHTING ORDINANCE (MLO)

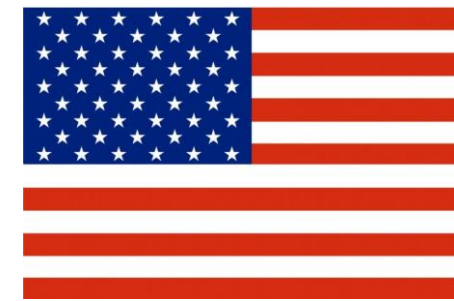
• IES TM-15-11 Luminaire Classification System for Outdoor Luminaires (Addendum A for IES TM-15-11: Backlight, Uplight, and Glare (BUG) Ratings

כמה זמן נותר לי לסוף ההרצאה?

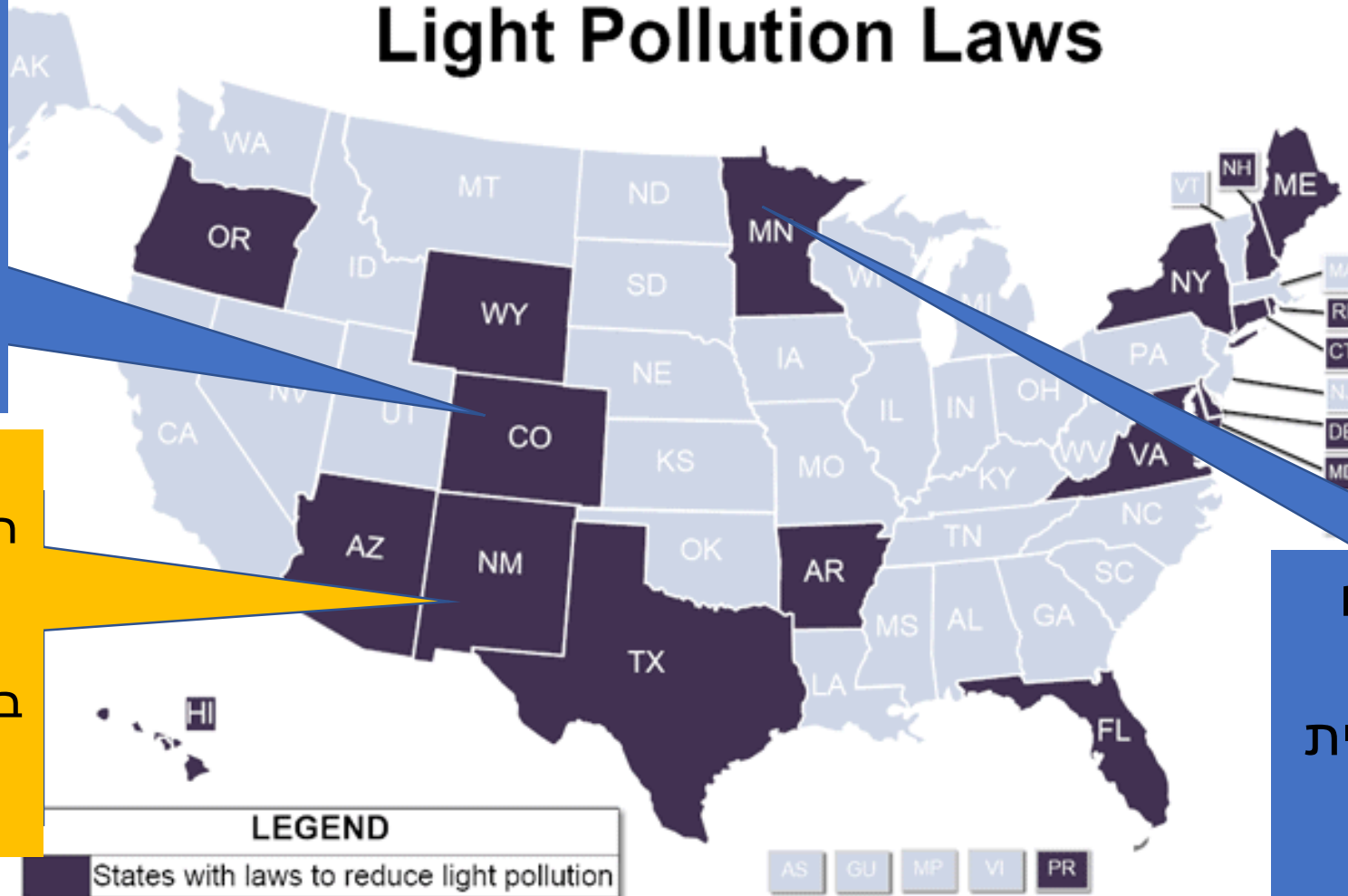


## התייחסות לזיהום אור בארה"ב

- בארה"ב לא קיימת חקיקה פדרלית המסדירה באופן ישיר את נושא זיהום האור
- קיים חוק להתייעלות אנרגטית אשר מעודד שימוש בתאורת לד חסכונית.
- ב 18 מתוך 50 מדינות של הפדרציה חוקים הנוגעים לזיהום אור כללים מאוד, ללא הגדרות קונקרטיות
- מלבד ניו מקסיקו אין אכיפה (ע"פ IDA) לנושא זיהום אור
- ה-EPA מכיר בזיהום אור כגורם פוטנציאלי להעלאת הסיכון להפרעות לבעלי החיים ולצמחים, ומכיר בצורך לנהל את הסיכון.



## Light Pollution Laws



החוק אוסר על התקנת תאורת רחוב אלא אם היא חסכונית ומונעת זיהום אור (דורש סיכור)

חוק הגנה על שמי הלילה: סיכור על כל גופי התאורה, איסור על תאורה אחרי 23:00 במתקני ספורט ציבוריים

היבטים הנדסיים ותכנוניים לתאורה מלאכותית בלילה





## התייחסות לזיהום אור באירופה

במסגרת דירקטיבות אירופאיות ישנה התייחסות לנושאים הקשורים למניעה וצמצום של זיהום אור, כמו הנחיות לעיצוב תאורת חוץ ושימוש נכון בתאורת לד:

- 245/2009 בנושא עיצוב תאורת חוץ (כללי)
- 1194/2012 בנושא עיצוב תאורת חוץ (לד)

## התייחסות לזיהום אור באירופה-דוגמאות

- **צ'כיה –** הראשונה לחוקק חוק לאומי (2002). מתייחסת לנושא של זיהום אור כחלק מהחוק העוסק בהגנה על האוויר. החוק מחייב כל ישות משפטית למנוע הישנות של זיהום אור.
- **צרפת –** החקיקה המקיפה ביותר (2011). צו מניעת מטרדי אור והגבלות על הארה, הוראות הצו חלות על כל תאורות החוץ הציבוריות, פרטיות, כבישים, דרכים, מתקני ספורט, בניינים ועוד.
- **בריטניה -** הנושא של זיהום אור מוסדר כחלק ממדיניות התכנון הלאומית. אחד מהחוקים מטפל בהשפעת זיהום אור כמטרד בעל השלכות מזיקות לבריאות האדם, ומטרתו להפחית את בוהק האור החודר מתאורה בחוץ אל תוך בתי התושבים.

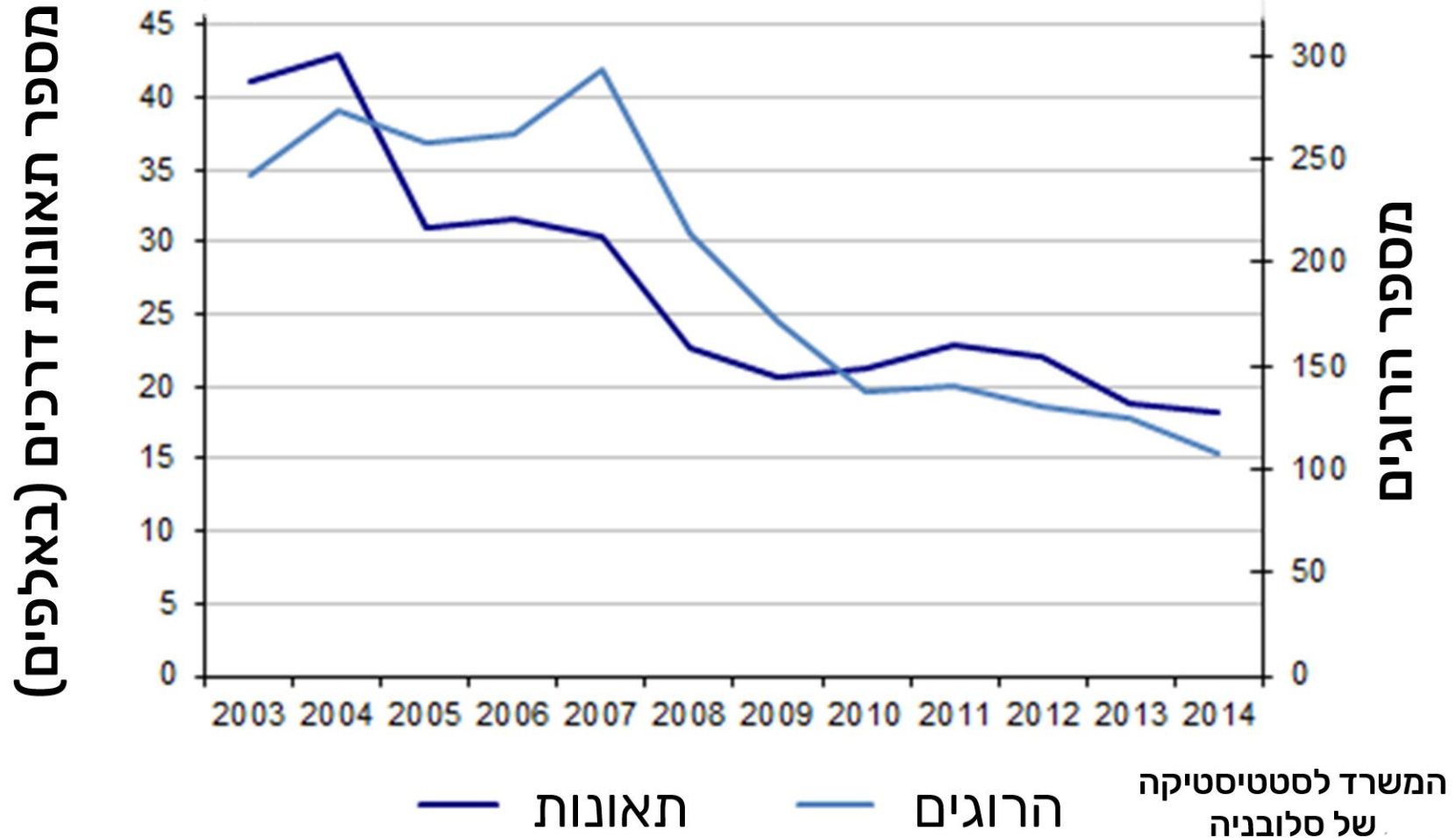


## סלובניה

- החוק הסלובני (2007), הוא החוק הלאומי המתקדם ביותר בנושא צמצום זיהום אור.
- תאורה ידידותית לסביבה ו- Upper Light Output Ratio - ULOR 0%.
- הקצבת עוצמות אור נגזרת ממספר התושבים.
- הגדרת שעת עוצר – שעה שבה תאורה חיצונית לא נחוצה נכבית ומופעלת על ידי חיישני תנועה.
- הצבת יעדים ולוחות זמנים לביצוע.



## מספר תאונות הדרכים ומספר הרוגים בסלובניה



## ומה קורה בעולם?

מדינה	חקיקה	תקנים מחייבים	כפיפות לדירקטיבה
ישראל	לא קיימת	אין	לא
סלובניה	קיימת	אין	כן
צרפת	קיימת	אין	כן
איטליה	על פי אזורים	אין	כן
ספרד	קיימת חלקית	אין	כן
צ'כיה	קיימת	אין	כן
ארה"ב	קיימת חלקית	אין	(אין)

# איפה אנחנו עומדים היום? טיפול בזיהום אור מתבצע Bottom up

- פרויקטים "התנדבותיים" במסגרת פרויקט "מגוון ביולוגי בעסקים של החברה להגנת הטבע (תש"ן, מקורות, בית הספר לשוטרים, אורות רבין, ועוד)



## מהפכת התאורה בתש"ן

- מתקן אלרואי - שיקום מערך התאורה
- מעבר מנל"ג מסוג "הצפה" (150 וואט לתאורת לד)
- התקנים בעלי הספק של 40 וואט, עמעום ל-18!
- ✓ חיסכון של 90% (ירידה מ-409 ש"ח שנתי לפנס ל-41.6 ש"ח שנתי לפנס)
- ✓ אין הארה לסביבה
- ✓ אפס תחזוקה

# איפה אנחנו עומדים היום? טיפול בזיהום אור מתבצע Bottom up

- פרויקטים "התנדבותיים" במסגרת פרויקט "מגוון ביולוגי בעסקים של החברה להגנת הטבע (תש"ן, מקורות, בית הספר לשוטרים, אורות רבין, ועוד)
- רשות הטבע והגנים מטפלת בזיהומי אור בשטחה (כ-25% משטחי ישראל..)
- אמנת רט"ג ונת"י נחתמה ב-2019 וכוללת התייחסות לנושא התאורה
- התייחסות גופים רגולטורים לנושא התאורה במסגרת דרישות תכנוניות
- הנחיות מרחביות ברשויות מקומיות (נתניה, תל אביב, ירושלים, **מצפה רמון**)
- משרד הבינוי והשיכון
- משרד הבטחון
- ניירות עמדה (הגנת הסביבה, המועצה לבריאות העובד)

# מה הלאה?

- יש להכיר בזיהום אור כמפגע סביבתי
- יש ליזום חקיקה מפורטת עד לרמת התכנון כולל איסורים, הגבלות, הצבת לוחות זמנים, יעדים ואכיפה.
- יש להפוך את התקנים ת"י 13201 ות"י 12464 לתקנים רשמיים.
- יש לקבוע עוצמת מינימום להארה
- יש להקפיד את דרישת 0% משטף האור כלפי מעלה (ULOR = 0%) – Full Cut Off בהנחיות לתכנון תאורה
- יש להקפיד על גוון תאורה לא פוגעני (לפי פרק 08 למתקני חשמל).
- **יש ליזום תכנית לימודים לתכנון תאורה.**



הטוב



הרע



הנורא



תודה לאורן עג'מי ואמיר דורה  
(המכללה האקדמית הדסה, ירושלים)

ותודה לכם על ההקשבה!!

עותק מהעבודה יעלה בשבועות הקרובים:

אתר מכון דש"א [www.Deshe.org.il](http://www.Deshe.org.il)

Avivavis@mail.tau.ac.il