



מיטוכונדריה - והאור הכחול

אינג' דוד תורג'מן
סיטילייט הנדסה בע"מ
david@citylight.co.il

מבוא

▶ מיטוכונדריה (ברבים: **מיטוכונדריות**) היא **אברון בתוך התא** שתפקידו העיקרי הוא **לייצר אנרגיה**.

▶ **מה היא עושה?**

המיטוכונדריה ממירה את חומרי המזון והחמצן ל- (ATP-Adenosine Triphosphate) - מולקולה שמשמשת כ"מטבע האנרגיה" של התא.

▶ **מאפיינים חשובים:**

▶ נמצאת כמעט בכל תאי הגוף (לא בתאי דם אדומים).

▶ יש לה **DNA משלה**, נפרד מה- DNA שבגרעין.

▶ עוברת בתורשה כמעט תמיד מהאם.

▶ מספר המיטוכונדריות בתא תלוי בכמות האנרגיה שהתא צריך (למשל: בתאי שריר יש הרבה).

לכן קוראים לה לפעמים:
"תחנת הכוח של התא".

▶ מספר המיטוכונדריות בתא אחד משתנה מאוד - והוא תלוי בסוג התא וברמת הפעילות האנרגטית שלו.

▶ טווח כללי:

▶  עשרות בודדות בתאים עם צריכת אנרגיה נמוכה.

▶  מאות עד אלפים בתאים פעילים.

▶  לעיתים אפילו עשרות אלפים בתאים עתירי אנרגיה.

▶ דוגמאות לפי סוגי תאים:

▶  תאי עור רגילים: כ־100-300 מיטוכונדריות.

▶  תאי עצב: כ־1,000-2,000.

▶  תאי שריר שלד: 2,000-5,000.

▶  תאי שריר הלב: עד 10,000 ואף יותר.

▶  תא ביצית אנושית: כ־100,000-600,000 מיטוכונדריות (חריג במיוחד)

▶  תאי דם אדומים:  אין מיטוכונדריות בכלל

מה הקשר לאור כחול

- ▶ הקשר בין אור כחול ל־מיטוכונדריה הוא בעיקר דרך השפעה על ייצור אנרגיה ונזק חמצוני – ובדרך כלל הקשר הוא שלילי, במיוחד בחשיפה ממושכת.
- ▶ אור כחול (מסכים, LED, שמש).
- ▶ אור באורך גל קצר ובעל אנרגיה גבוהה.
- ▶ חודר לתאים (בעיקר בעור ובעיניים).
- ▶ מה קורה למיטוכונדריה?
- ▶ פגיעה בייצור אנרגיה (ATP-Adenosine Triphosphate). אור כחול עלול לשבש את שרשרת הנשימה במיטוכונדריה.
- ▶ יצירת רדיקלים חופשיים (Reactive Oxygen Species - ROS)
 - גורם ל־עקה חמצונית (Oxidative stress).
 - פוגע במיטוכונדריה, בחלבונים וב-DNA שלהן.

מה הקשר לאור כחול

- ▶ **נזק מצטבר בתאים רגישים.**
- ▶ תאי רשתית בעין.
- ▶ תאי עור.
- ▶ תאי מוח (בעקיפין).
- ▶ **קשר לשעון הביולוגי.**
- ▶ אור כחול מדכא **מלטונין**.
- ▶ פוגע בשינה.
- ▶ שינה לא טובה = פחות תיקון וניקוי של מיטוכונדריות.

מה הקשר לאור כחול

חשוב להבדיל: ►

● **אור כחול** - < עלול להזיק למיטוכונדריה. ►

● **אור אדום / תת־אדום** → דווקא יכול לחזק מיטוכונדריות (טיפול שנקרא פוטוביומודולציה). ►

● **סיכום קצר:** ►

אור כחול בחשיפה גבוהה עלול להחליש מיטוכונדריות, להפחית אנרגיה בתאים ולהגביר נזק חמצוני. ►

• איך לצמצם נזק מאור כחול

- ▶ 1. להפחית אור כחול בערב ובלילה (הכי קריטי).
- ▶ בלילה הגוף אמור להיכנס למצב תיקון של תאים ומיטוכונדריות.
- ▶ מה לעשות:
- ▶ להפעיל **Night Shift / Night Light** בטלפון ובמחשב.
- ▶ להוריד **בהירות מסך** אחרי שקיעה.
- ▶ להימנע ממסכים כשעה לפני שינה (או לפחות להפחית מאוד).
- ▶ זה מפחית דיכוי מלטונין ומשפר תיקון תאי 🖐️ .

איך לצמצם נזק מאור כחול

- ▶ 2.  משקפיים חוסמי אור כחול (בעיקר בערב).
 - ▶ יעילים במיוחד בין שקיעה לשינה.
 - ▶ עדיף כאלה שחוסמים גם אור כחול עמוק (לעיתים עם גוון כתמתם).
 - ▶ ⚠ ביום הם פחות חשובים – הגוף דווקא צריך אור כחול בשעות הבוקר.
- ▶ 3.  אור שמש טבעי בבוקר.
 - ▶ נשמע הפוך – אבל זה חשוב:
 - ▶ 10-30 דקות אור יום בבוקר.
 - ▶ מסנכרן את השעון הביולוגי.
 - ▶ גורם לגוף להיות **עמיד יותר** לאור כחול בערב.
 - ▶  שעון ביולוגי מסונכרן = מיטוכונדריות חזקות יותר.

איך לצמצם נזק מאור כחול

- ▶ 4. תאורה חמה בבית.
- ▶ להעדיף נורות צהובות / חמות (2700K - 3000K).
- ▶ להימנע מתאורת LED לבנה-כחולה בערב.
- ▶ עמעם תאורה ככל שמתקרבים לשינה.
- ▶ 5. הגנה מבפנים - תזונה.
- ▶ נוגדי חמצון עוזרים למיטוכונדריות להתמודד עם עקה חמצונית:
- ▶ ירקות ירוקים.
- ▶ פירות יער.
- ▶ אומגה 3.
- ▶ ויטמינים C ו-E.

איך לצמצם נזק מאור כחול

- ▶ 6.  אור אדום / תת-אדום (אופציונלי).
- ▶ לאור אדום יש השפעה **מיטיבה** על מיטוכונדריות.
- ▶ משתמשים בו לפעמים בערב במקום תאורה רגילה.
- ▶  **סיכום קצר:**
- ▶ הנזק מאור כחול נובע בעיקר **מתזמון לא נכון**, לא רק מהכמות.
- ▶ **ביום** - אור כחול = טוב
- ▶ **בלילה** - אור כחול = מזיק

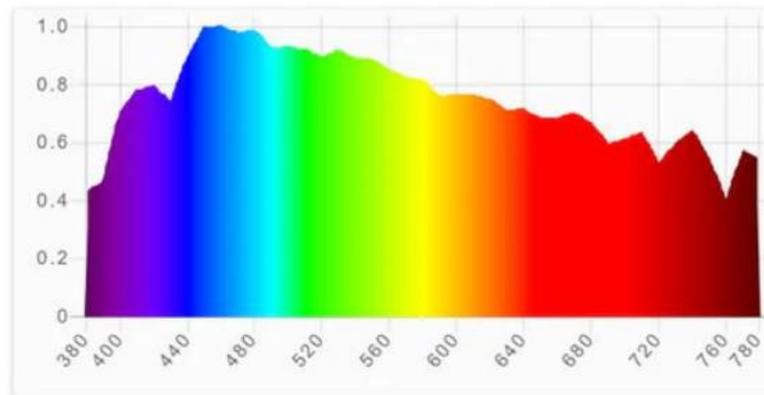
העין והאור הכחול

- ▶ **למה אותו אור פועל הפוך?**
- ▶ הרשתית בעין מזהה אור כחול ושולחת אות למוח:
- ▶ **ביום** → "זה זמן לפעול"
- ▶ **בלילה** → "בלבול ביולוגי"
- ▶ המוח לא יודע שזה מסך – רק שיש אור כחול.

- ▶ **השורה התחתונה:**
- ▶ **אור כחול זה לא האויב – חוסר התאמה לזמן הוא הבעיה.**

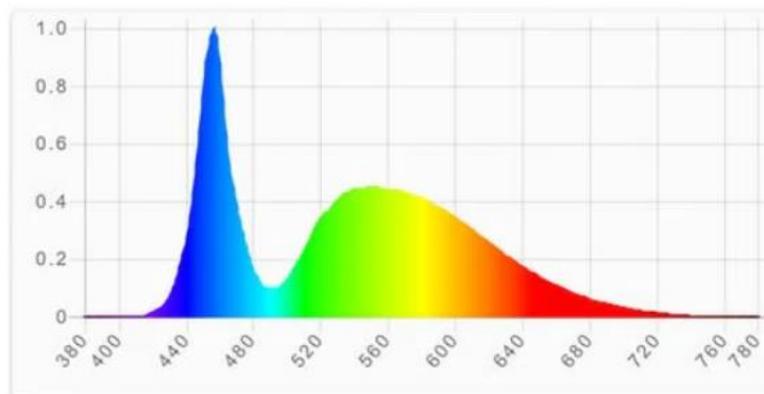
ספקטרום

ספקטרום של השמש
6500K



An SPD chart for sunlight (6500K) showing the distribution of energy across various wavelengths.

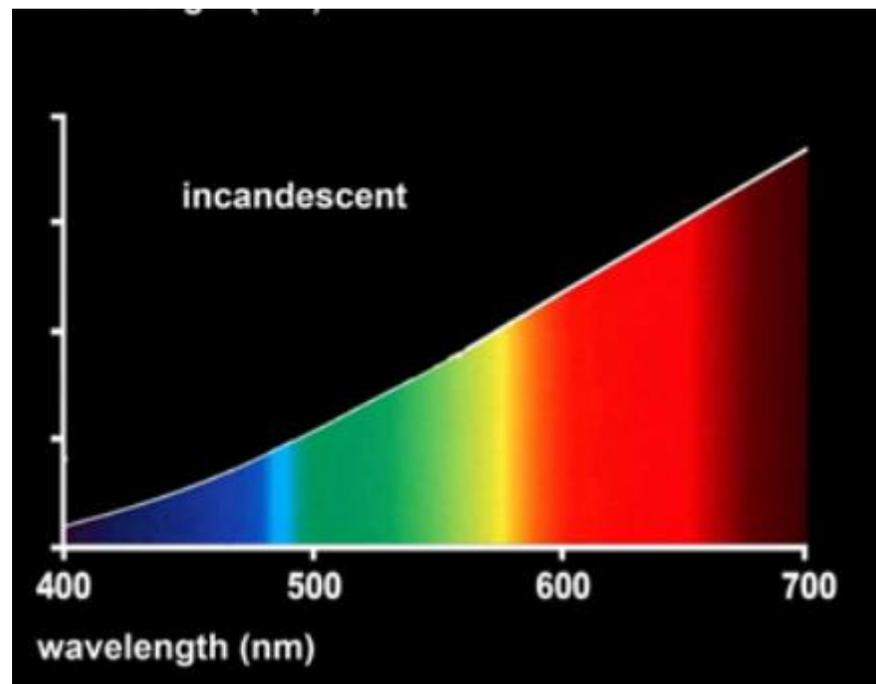
ספקטרום של לד 6500K



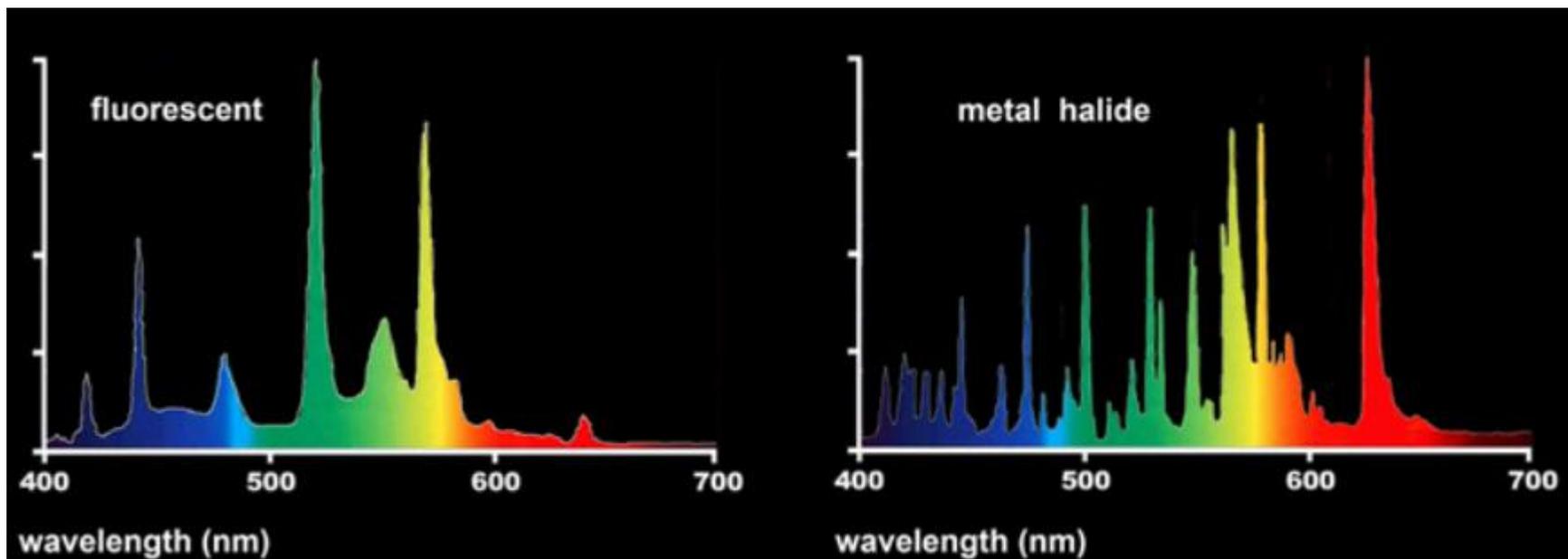
The SPD chart for a typical white LED (also 6500K).

ספקטרום

ספקטרום של נורת
ליבון



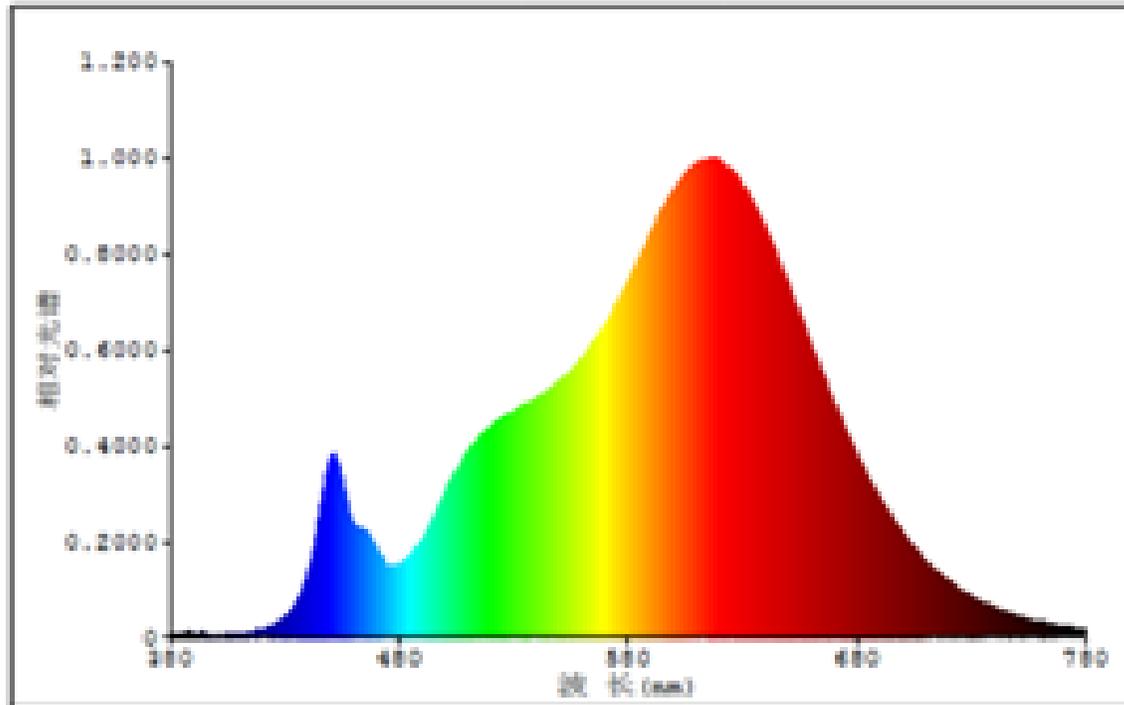
ספקטרום



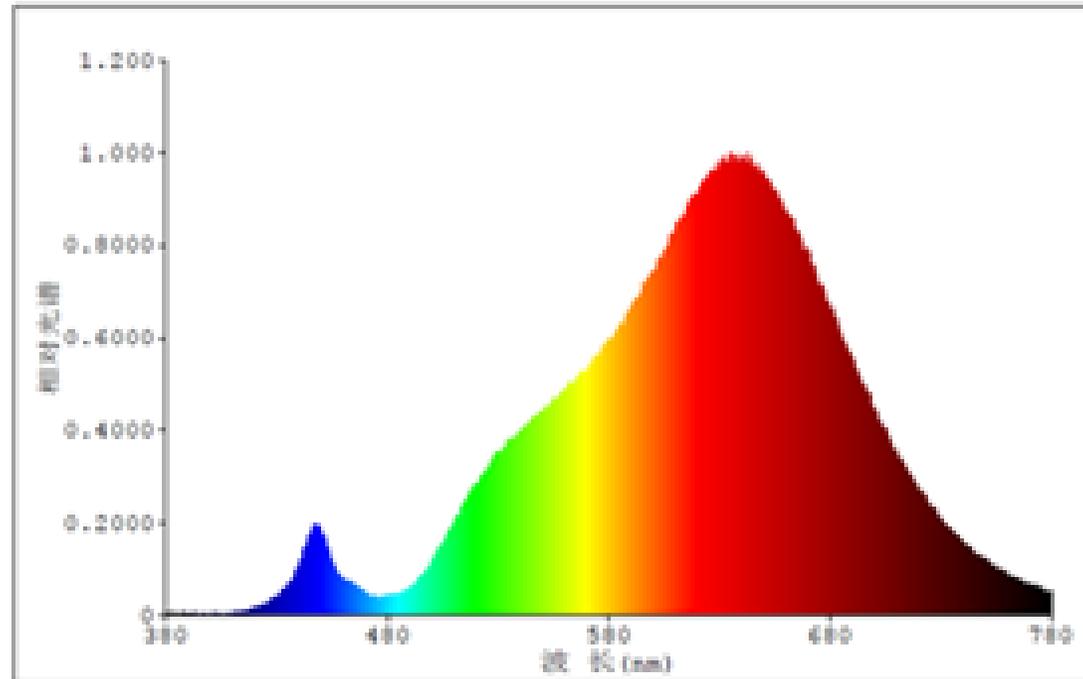
ספקטרום של נורת
פלוואורסנט

ספקטרום של נורת מטל
הלייד

ספקטרום 2700K
CRI-90%
R9- 40



ספקטרום 2200K
CRI-90%
R9- 65



איך נראה הספקטרום המומלץ ללילה?

▶ מאפיינים עיקריים:

▶ טמפרטורת צבע (CCT)

◆ 1,800-2,700K

◆ אור חם מאוד / ענברי (Warm / Amber).

▶ התפלגות ספקטרלית (SPD-Spectral Power Distribution)

✓ מעט מאוד אור כחול

✓ כמעט אין פליטה בתחום 490-460 nm

✓ רוב האנרגיה ב־אורכי גל ארוכים:

▶ צהוב.

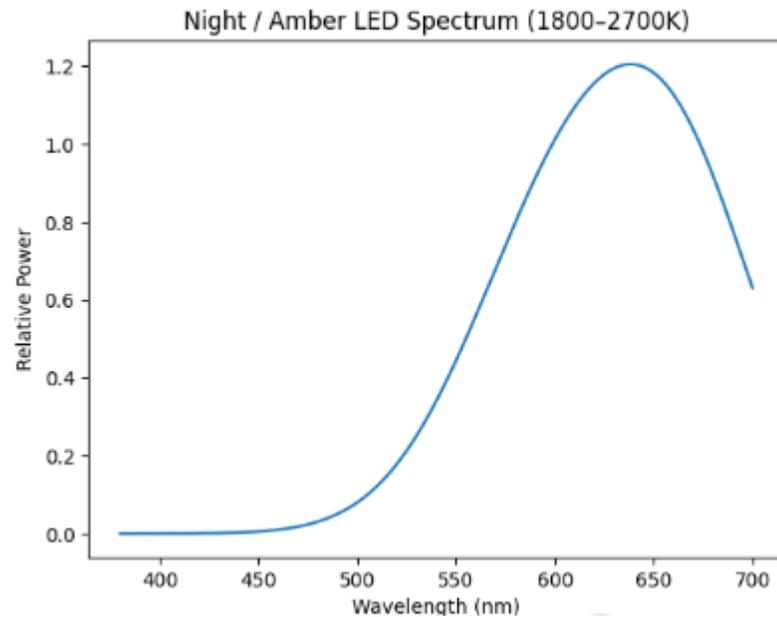
▶ כתום.

▶ אדום (600-700 nm).

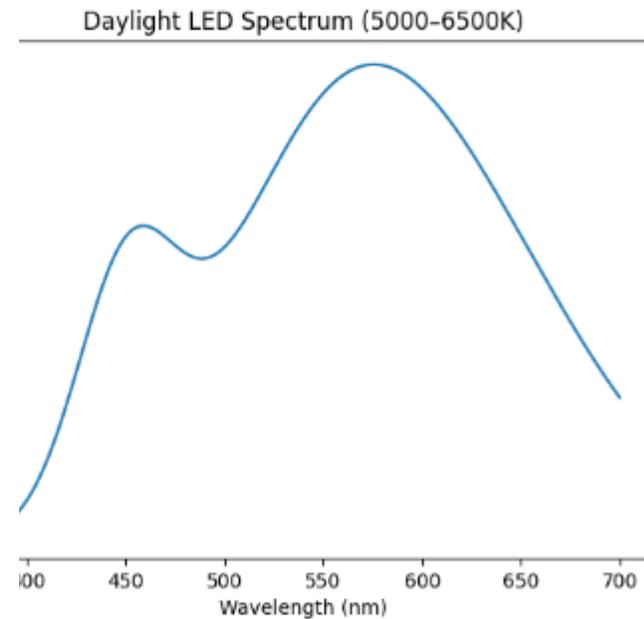
איך נראה הספקטרום המומלץ ללילה?

מתאים ללילה	אדום	כחול	סוג תאורה
✗	נמוך	גבוה מאוד	LED 6500K
✗	בינוני	בינוני	LED 4000K
✓	גבוה	נמוך	LED 2700K
✓✓	גבוה מאוד	כמעט אפס	LED ענברי / אדום

איך נראה הספקטרום המומלץ ללילה?

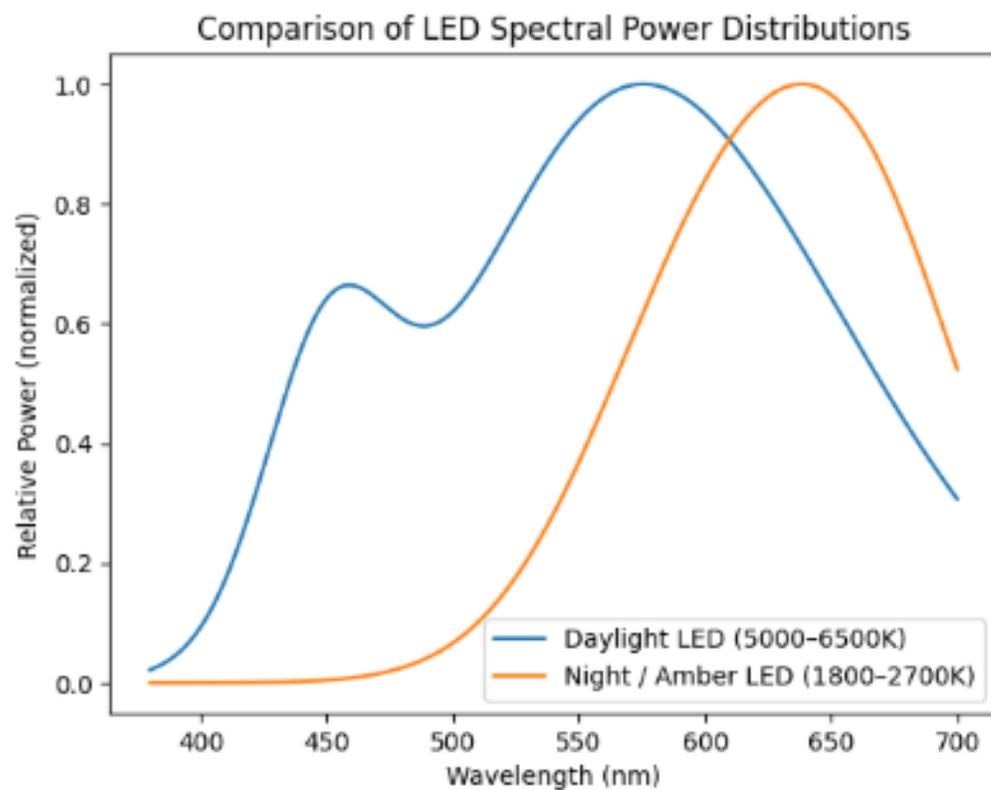


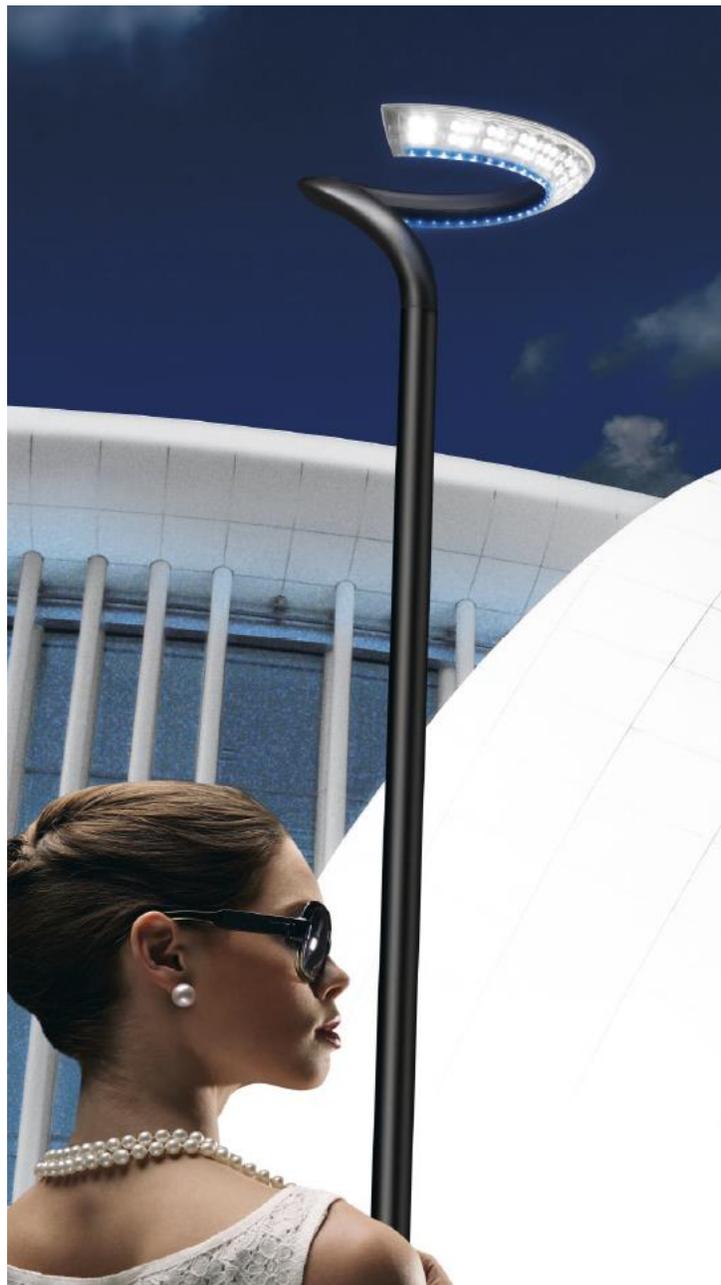
ספקטרום המתאים
ללילה



ספקטרום שאינו מתאים
ללילה

איך נראה הספקטרום המומלץ ללילה?





שאלות?

אין?

יופי!

