

בקרת תאורה במנהרות רכב

בן דרעי



SAPIR CENTER י.ר. Ltd. ספיר מרכז י.ר. בע"מ

הבעיה: אפקט "החור השחור"

ביום בהיר רמת הארה (L20) גבוהה כ- $3000-8000 \text{ cd/m}^2$.

- אובדן ראות זמני.

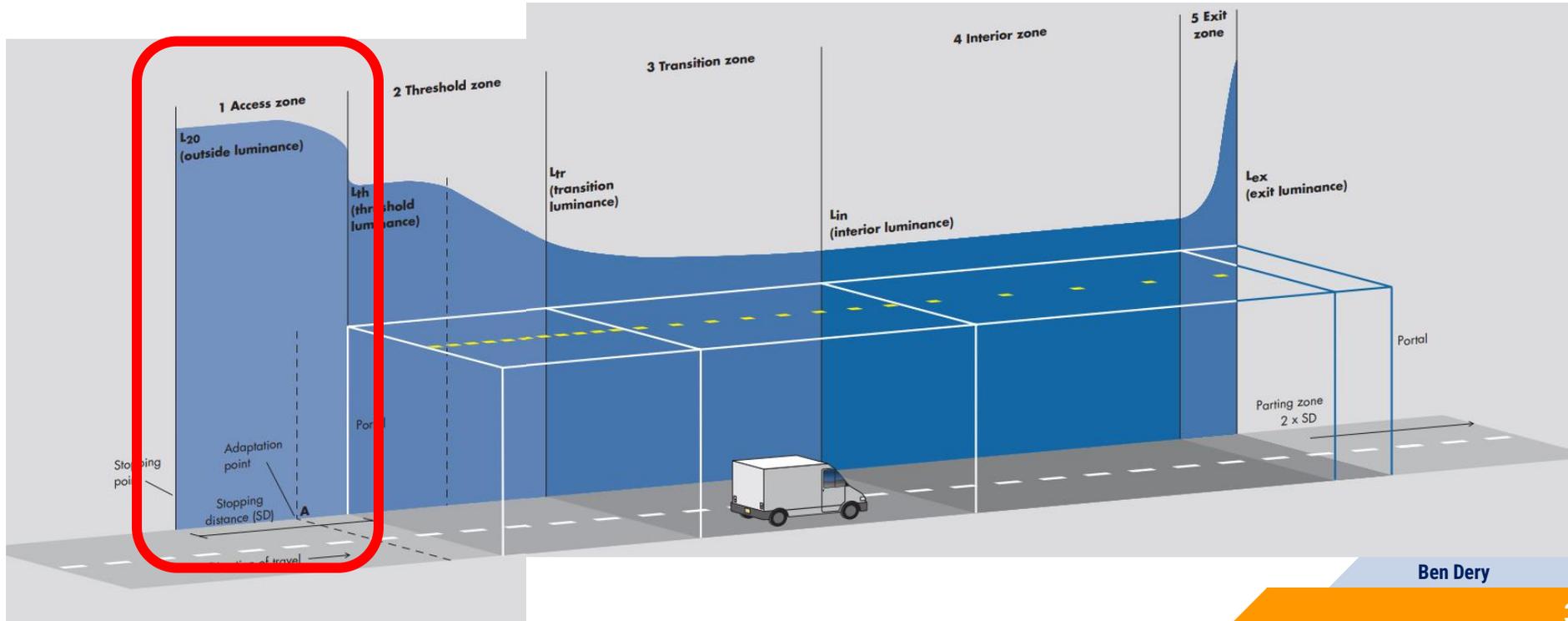
- האטה פתאומית לפני הכניסה למנהרה.

- חוסר במחון ואי וודאות בכניסה לאזור סיכון.

הפתרון- תאורה אדפטיבית – בקרת תאורה!



חלוקת המנהרה לאזורי הארה



התאמת תאורה בכניסות ויציאות מהמנהרה



התאמת רמת התאורה לאור החיצוני

מניעת סנוור ועיוורון זמני

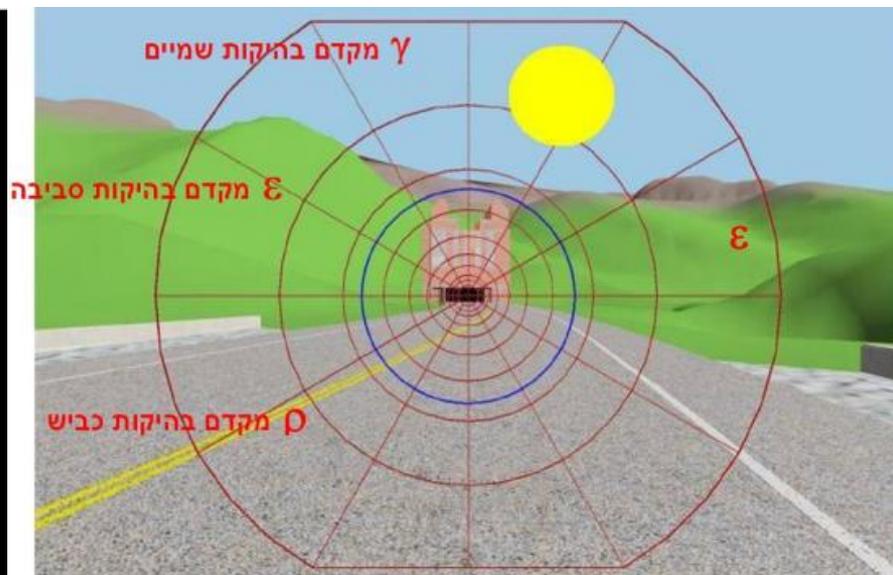
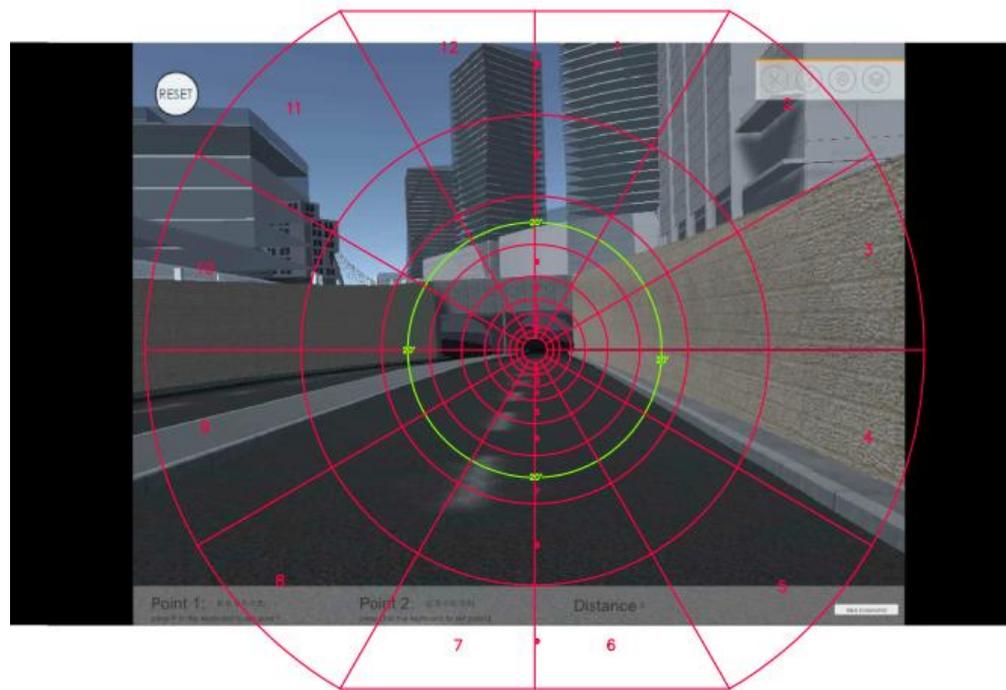
עמידה בתקנים:

ת"י 20 חלק 2.5

CIE 88:2004

Ben Dery

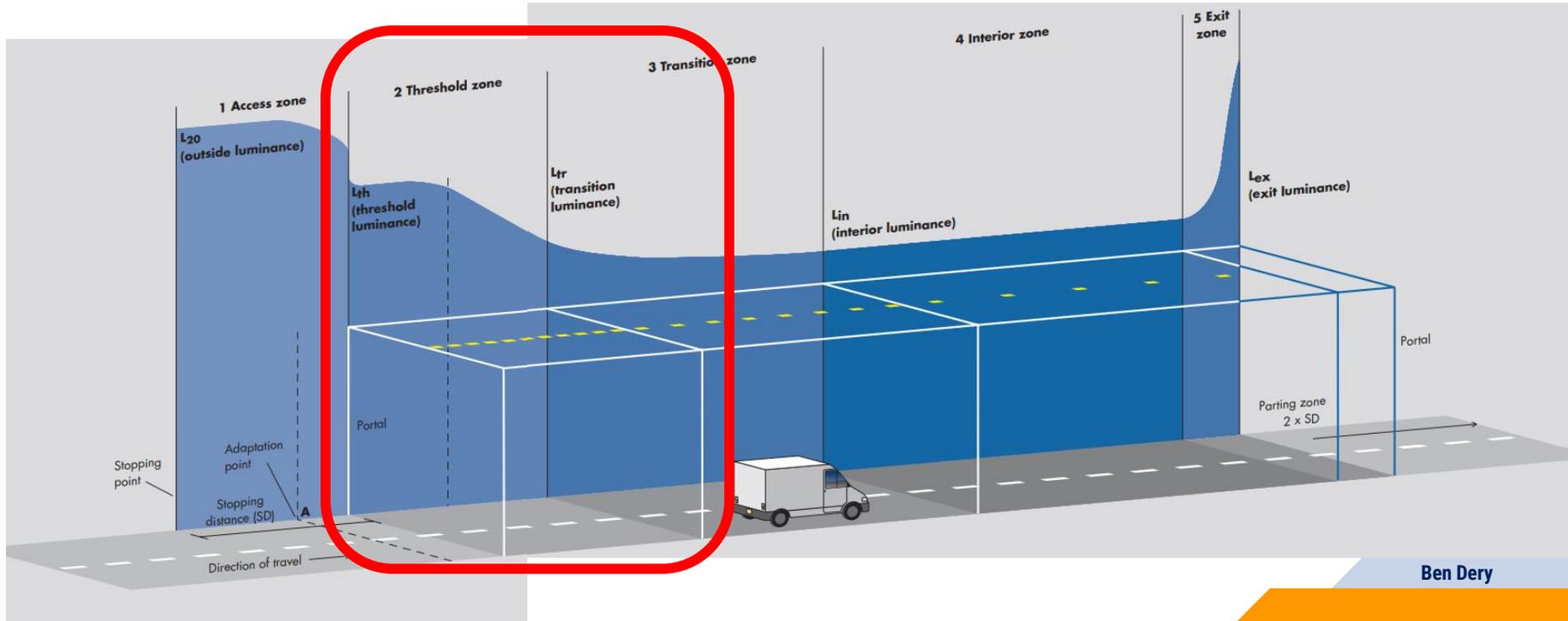
אזור הגישה (Access Zone)



אזור הגישה (Access Zone)



חלוקת המנהרה לאזורי הארה



אזור הסף (Threshold Zone)

אפיון עוצמה התאורה במנהרה נובע ממרחק העצירה ומחישוב עוצמת התאורה בכניסה למנהרה.

חישוב עוצמת התאורה בכניסה למנהרת תבוצע בשיטות אדריאן .

אזור הכניסה למנהרה, מואר בשעות היום ברמות גבוהות $200-500 \text{ cd/m}^2$ כדי למנוע את אפקט חור השחור.

אורך אזור זה יהיה לפחות כאורך מרחק העצירה.

רמות התאורה באזור זה מחושבות לפי רמת ההארה באזור הגישה לפי שיטת אדריאן ולפי הנוסחה:

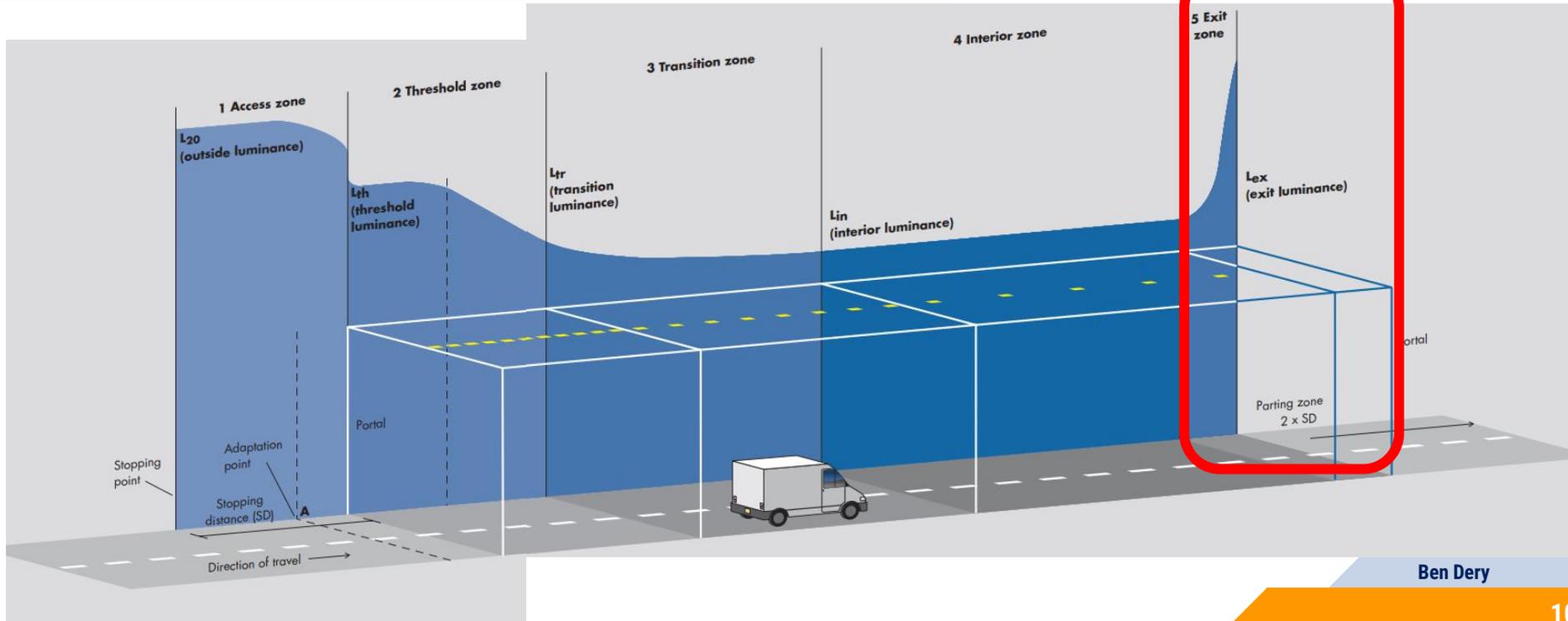
k	מהירות תכן (קמ"ש)
0.05	60
0.06	80
0.10	120

$$L_{TH} = k \cdot L_{20}$$

אזור הסף (Threshold Zone)



חלוקת המנהרה לאזורי הארה



מהו לומיננסמטר? Luminance Meter

הגדרה טכנית

חיישן אופטי מתקדם למדידת זריחה ממוצעת - L20
רמת הבהירות בשדה ראייה של 20 מעלות, המדמה
בדיוק את נקודת מבט הנהג המתקרב למנהרה

מיקום אסטרטגי

- מרחק SD: מרחק עצירה מלא (לפני הכניסה)
- גובה: 1.5 מטר - גובה עיני נהג ממוצע
- מיקום רוחבי: במרכז נתיב הנסיעה

רגישות ודיוק

החיישן מסוגל למדוד טווח רחב: 100 cd/m^2 -תנאי שקיעה (ועד) $10,000 \text{ cd/m}^2$ שמש ישירה, (עם דיוק של $\pm 5\%$)

מערכות בקרת תאורה



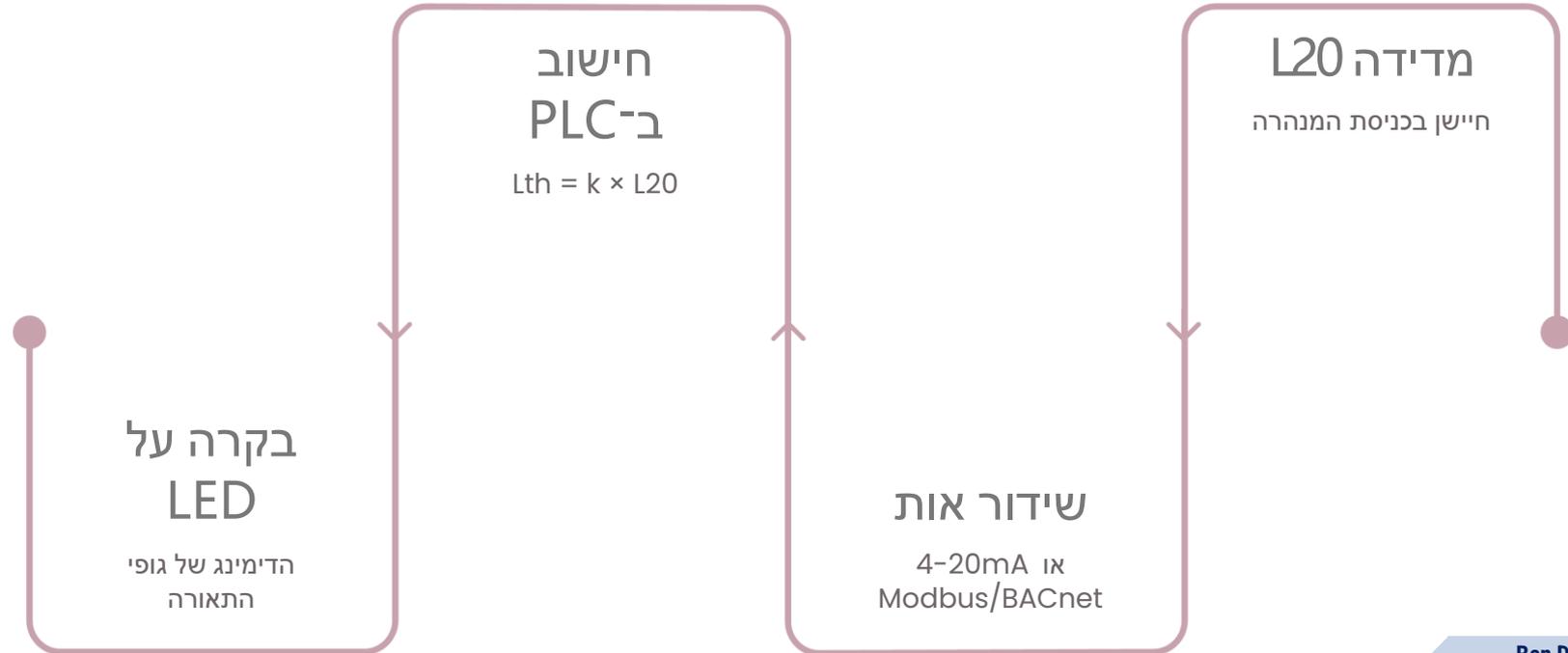
חיסכון באנרגיה

אופטימיזציה של תאורה בהתאם לתנאי הסביבה- לומינסמטר

שיפור בטיחות ותפקוד המנהרה

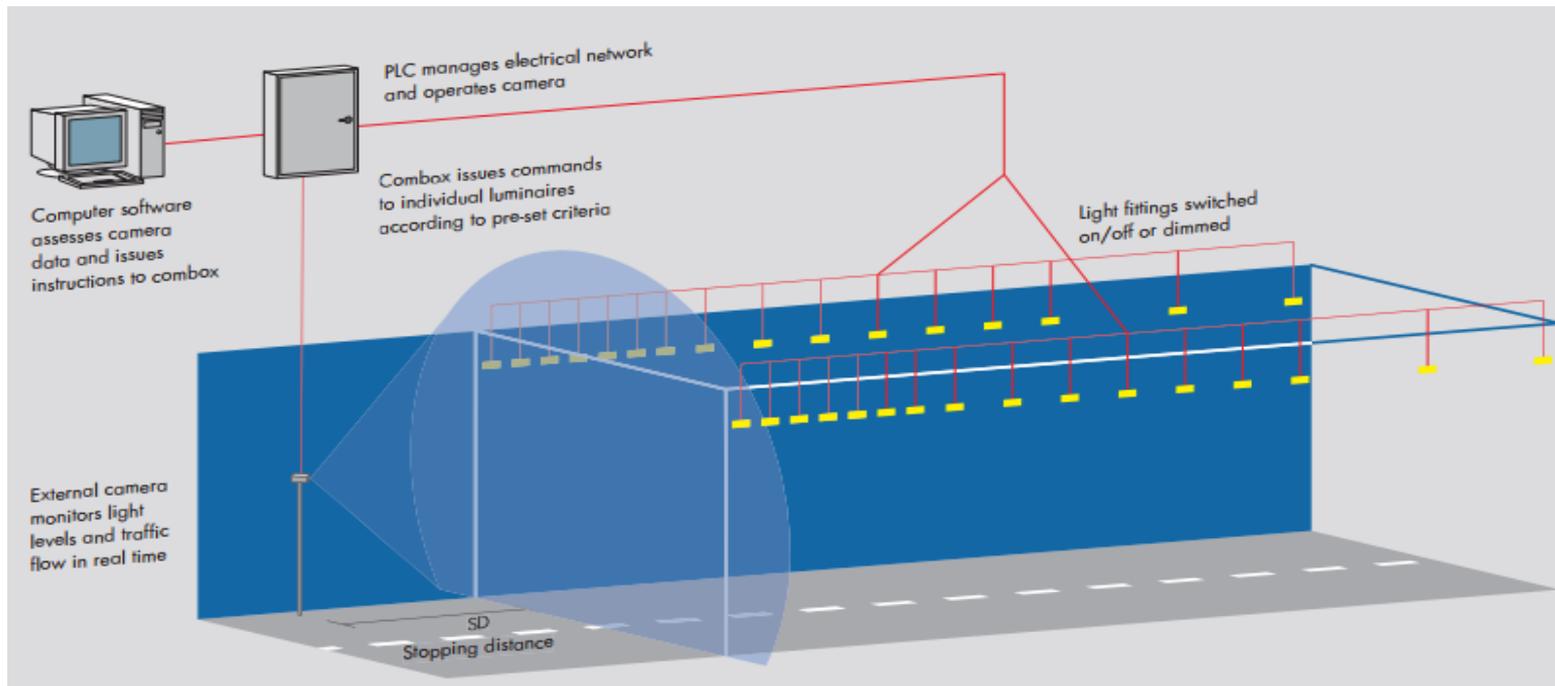
תחזוקת התאורה במנהרה.

מערכות בקרת תאורה



המערכת פועלת במחזור רציף: החיישן מודד את רמת הזריחה החיצונית כל 30-10 שניות, הנתונים מועברים ל-PLC המרכזי, מתבצע חישוב רמת התאורה הנדרשת, והפלט שולט בעוצמת גופי התאורה בזמן אמת.

מערכות בקרת תאורה



מערכות בקרת תאורה

01

מרכזי PLC

יחידת עיבוד מרכזית המקבלת אותות L20 מהחיישנים ומבצעת חישובי בקרה מורכבים

02

DALI Gateway

ממיר פרוטוקול המתרגם פקודות PLC לפרוטוקול DALI הדיגיטלי לתקשורת עם גופי התאורה

03

קווי DALI

רשת תקשורת דיגיטלית דו-כיוונית, כל קו תומך בעד 64 כתובות גופי תאורה עם יכולת ניטור מצב

04

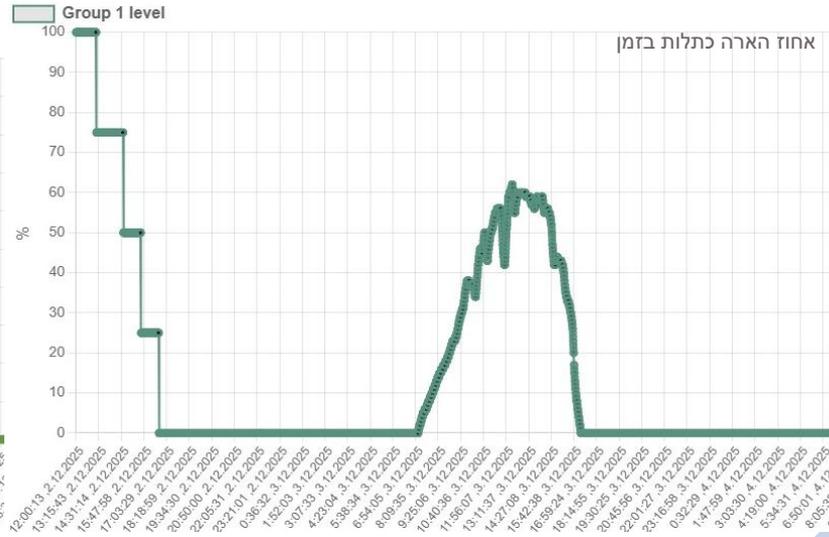
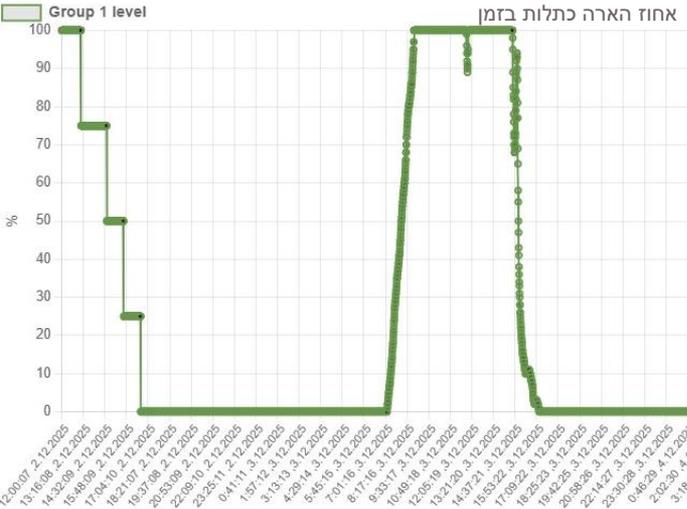
גופי LED חכמים

גופי תאורה עם דרייברים בתקשורת DALI או דומה

כיול לומיננסמטר

כיול/מכשור שגוי ומסוכן!

כיול/מכשור נכון!



שיטות בקרה אדפטיביות

1

דימור ליניארי (LED Dimming)

בקרה רציפה 0-100%

- חיסכון אנרגיה מקסימלי (עד 70%)
- התאמה חלקה לכל רמת זריחה
- מעברים רכים ללא קפיצות

2

מיתוג קבוצות (Switching Steps)

3-5 שלבי עוצמה קבועים

- מעגלי תאורה נפרדים
- יישום פשוט יותר
- עלות נמוכה יותר

3

שילוב היברידי

Dimming + Switching

- גמישות מקסימלית
- אופטימיזציה של חיסכון ועלות
- יכולת התאמה לתנאים משתנים

Ben Dery

17

אמינות המערכת: גיבוי



השהייה חכמה

מניעת מיתוגים מיותרים:

- השהייה של 120-30 שניות בין שינויי רמות
- סינון תנודות זמניות (עננים חולפים)
- הפחתת בלאי ציוד ואריכות חיים
- מניעת הפרעות חזותיות לנהגים



מצב גיבוי

במקרה תקלת חיישן:

- שעון אסטרונומי: תרחישי יום/לילה מוגדרים מראש
- שעון זמן אמת: (RTC) גיבוי פרמטרים היסטוריים
- מעבר אוטומטי לבקרה קבועה ב- 0-100%
- התראה מיידית למוקד בקרה



תקן **CIE 88:2004** ממליץ על זמן השהייה מינימלי של 60 שניות במעברים בין רמות תאורה, כדי למנוע עייפות עיניים והסחות דעת מיותרות.

סיכום: יתרונות מערכת הבקרה

✓ חיסכון אנרגטי דרמטי

הפחתה של 50-70% בצריכת חשמל לעומת תאורה קבועה, תשואה על השקעה (ROI) תוך 3-5 שנים.

✓ בטיחות מוגברת משמעותית

מניעת אפקט "החור השחור", הפחתה של 25-40% בתאונות כניסה למנהרות, שיפור זמני תגובה של נהגים בתנאי חירום

✓ תחזוקה יעילה ומתקדמת

ניטור מרחוק זיהוי תקלות וכשלים בזמן אמת, תכנון תחזוקה מונעת מבוסס-נתונים, הפחתת זמני השבתה

✓ נוחות נהיגה מקסימלית

מעבר חלק וטבעי בין סביבה חיצונית לפניים המנהרה, ללא חרדה או האטות פתאומיות, שיפור חוויית הנהיגה הכוללת

תקנים וחוקים רלוונטיים

חוקים ותקנות

חוק החשמל, התשי"ד-1954

תקנות התכנון והבנייה

הנחיות משרד התחבורה

הנחיות במיחות ייחודיות לפרויקט של יועץ הבטיחות

תקנים ישראליים

ת"י 20 חלק 2.3: תאורה בכבישים ורחובות

ת"י 20 חלק 2.5: מנורות הצפה

ת"י 5827 חלק 12.22: תאורת חירום במנהרות רכב.

ת"י 5827 חלק 12.21: מדריך לתאורה מנהרות רכב.

ת"י 1220: מערכות גילוי וכיבוי אש

ת"י 13201: תאורת דרכים

תקנים בינלאומיים

IEC 60598:2.5 תקני תאורה

CIE 88:2004

Ben Dery

21

תודה על ההקשבה

שאלות?



Ben Dery

22

SAPIR CENTER Y.R. Ltd.