

- משמשת להשלמת האור הטבעי תוך שימוש בבקרה ליצירת הרמוניה ואיזון תאורתי.
- בכיתות המשמשות ללימודי ערב התאורה ממלאה את כל הצרכים לכל הנוכחים.
- תקן אקטואלי בישראל תי 8995.
- אירופה עובדת לפי 12464-1EN המכיל תוספת פרמטרים והנחיות תכנון:
רמת הארה (במישור העבודה, בקירות ובתקרה)
תאורה צילינדרית (גלילית)
UGR
אחידות
CRI (אינדקס מסירת צבע)

Table 5.1 Lighting performance for educational premises (reproduced from BS EN 12464-1⁽¹⁾ Tables 5.29, 5.35 and 5.36 by permission of the British Standards Institution)

Ref.	Type of interior, task or activity	E_m (lx)	UGRL	U_o	R_a	Remarks
1 Nursery school, play school:						
1.1	Play room	300	19	0.4	80	
1.2	Nursery	300	19	0.4	80	
1.3	Handicraft room	300	19	0.6	80	
2 Educational buildings:						
2.1	Classrooms, tutorial rooms	300	19	0.6	80	Lighting should be dimmable General: maintained illuminances on the wall should be 50% of the task area illuminance or $E_w = 100$ lux, and on the ceiling should be a minimum of 30% of the task illuminance or $E_h = 50$ lux
2.2	Classroom for evening classes and adults education	500	19	0.6	80	Lighting should be dimmable. The designer should consider very carefully whether an elevated illuminance of 500 lux will offer any benefit or simply be misused when the space is used to teach children General: illuminances on the wall should be 50% of the task area illuminance or $E_{wmin} = 100$ lux and on the ceiling should be 30% of the task illuminance or $E_{hmin} = 50$ lux
2.3	Auditorium, lecture halls	500	19	0.6	80	Lighting should be dimmable to suit various audio visual needs
2.4	Blackboards (see remarks for other colours)	500	19	0.7	80	White and green boards should require less light due to higher reflectance, a luminance of 80–160 cd/m^2 is recommended Prevent veiling reflections The teacher should be illuminated with suitable vertical illuminance Where used for projection the surface finish should be carefully considered and lighting should be dimmable

A

B

C

A כללי: רמת התאורה על פני הקירות צריכה להיות 50% מהתאורה על פני השולחן או לפחות 100 לוקס. בתקרה לפחות 30% או 50 לוקס.

B תאורה נתנת לעמעום לתרחישים אאודיו-ויזואלים.

C בלוחות כתיבה בצבע לבן או ירוק לומינגס 60-80 cd/m^2 ומניעת החזרים בוהקים.

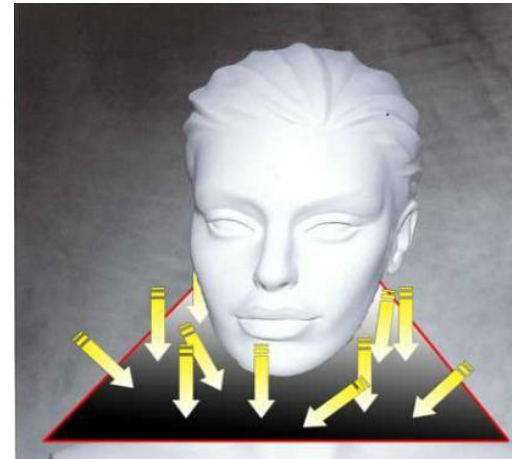
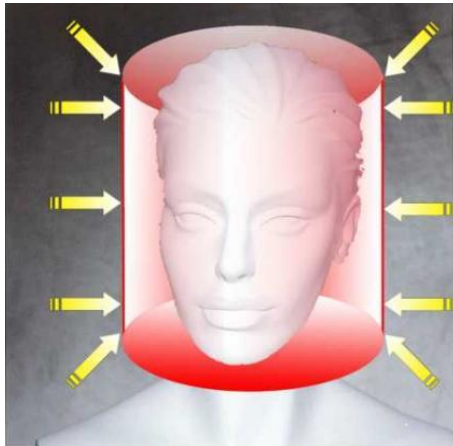


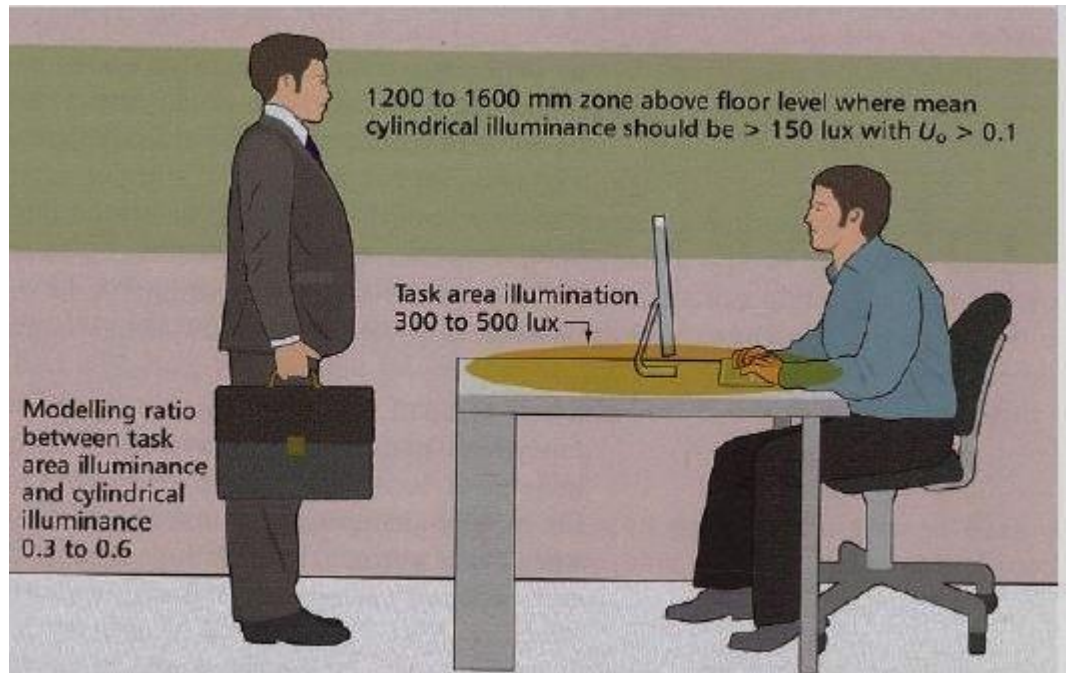
יותר טוב?



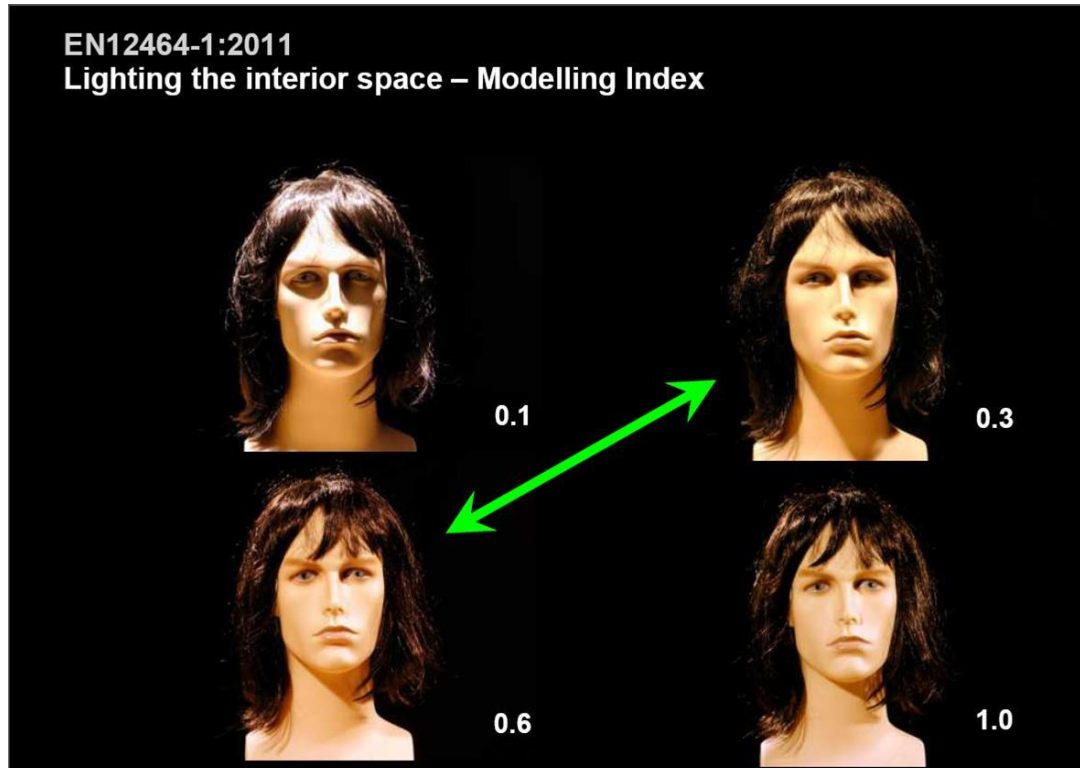
“The vertical of today is the horizontal of yesterday”



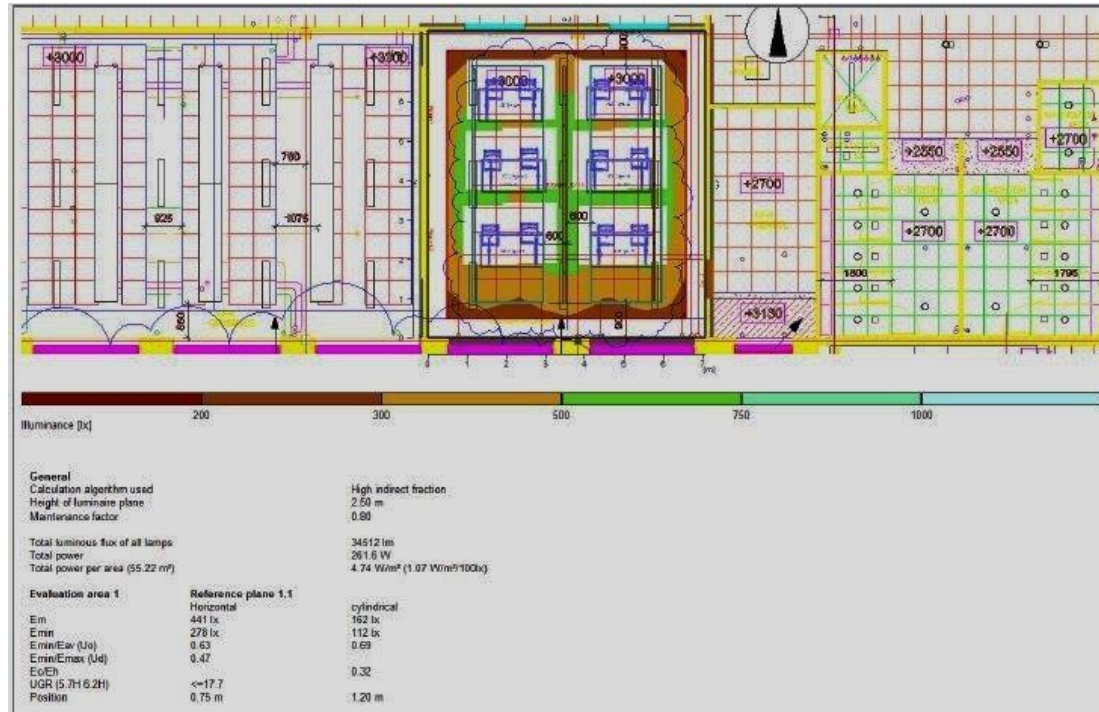




**מזה נובע שיש צורך ליצור איזון בין התאורה
במישור האופקי (מישור עבודה- שולחן)
והתאורה הגלילית. לאיזון זה אנו קוראים יחס
הצורתי, ויחס זה חשוב ביותר בתכנון תאורה
לכיתות ולמשרדים. יחס סביר נע בין 0.3 ל- 0.6
מרמת ההארה האופקית**



החישוב מטה מציג את תוצאות הפרמטרים המצוינים בתקן EN 12464-1, כמו תאורה אופקית, תאורה גלילית, UGR, גובה החישוב וכו'.



היות ואנו לא דנים כאן על איך לבנות את מבני בתי הספר והמכללות (חלונות, כיוונים וכו') ולכן אין לנו שליטה על תרומת אור היום לתאורת כיתות הלימוד, נתרכז בלימוד פתרונות אפשריים להשלמת התאורה המלאכותית בעזרת מנורות מבוקרות המסוגלות לדמות את ה-CCT של אור השמש לאורך היום או במקרים הנחוצים לשלוט על הגוון והעוצמה בהתאם לפעילות המבוצעת בכיתה.

לשאלה איך מתגברים על מניעה של אור יום או
הקטנת חשיפת תלמידים אליו נוכל למצוא מספר
דוגמאות הלקוחות מארצות הנורדיות. כך,
בנורבגיה כמות שעות האור עומדת על 6 שעות
בתקופת החורף לעומת 18 שעות בתקופת הקיץ.

לצורך זה נתחיל בהבנת טבלת ה-CCT של
מקורות אור ביחס לגוונים השונים הנובעים מאור
השמש ומיקומו בשמים לאורך היום

COLOUR TEMPERATURE CHART

1800K

match flame



1800K

10000K



1930K

candle flame



3500K

quartz lights



7500K

sky overcast



2900K

sunrise / sunset



5400K

sun direct at noon



8000K

outdoor shaded areas



3000K

Tungsten lamp 500W - 1KW



6500K

sun through clouds



10000K

partly cloudy sky



לפי גישה סקנדינבית זאת מורים מקבלים את פני תלמידיהם בבוקר עם תאורה קרה
(Daylight 6,500 °K) בעוצה גבוהה במטרה להמריץ אותם (ע"י הגברת הפרשת הורמוני
הסרטונין והקורטיסול). כעבור זמן קצר האור חוזר באופן אוטומטי לגוון (Neutral) 4,000 °K
(white).



בשימוש עם בקרה אלחוטית (או חוטית) צוות ההוראה יכול בכל רגע נתון לשנות את ה-CCT ל-COOL לביצוע משימות הדורשות ריכוז, ולאחר מכן באפשרותם לחזור ל-WARM במטרה ליצור אווירה גינחה יותר.







עדיין לא נקבעו בתקנים המדדים עבור

Human Centric Lighting

אך מחקרים שבצעו באוניברסיטת המבורג מצביעים על

הממצאים הבאים:

יתרונות בעבודה משרדית:

34% - הרגשת עייפות

19% + גידול בהתייעלות *Productivity*

31% + ריכוז

יתרונות בלימודים:

45% - שגיאות

35% + בביצועי קריאה

**פתרון דינמי שיכול לספק אור בעוצמה גבוהה עם
CCT של $6000\text{ }^{\circ}\text{K}$ בשעות הבוקר, ובשעות
הצהריים בין $13:00$ ל- $15:00$ (בהיותן השעות
הדורשות מאמץ וריכוז הן אצל התלמידים והן אצל
המורים).**

**CCT של $3000\text{ }^{\circ}\text{K}$ יתאים לזמני רגיעה של
תלמידים בשאר שעות יום הלימודים ואחריו.**

השעון הביולוגי של בני הנוער מכוונים בדרך כלל על שעות הלילה והבוקר המאוחרות, יחד עם זאת אצל ילדים צעירים יותר ואנשים מבוגרים השעון הביולוגי מכוון למחזורים יותר מוקדמים. לכן גנים ובתי ספר יסודיים דורשים שיקולים שונים מבתי ספר תיכוניים. הדבר בא לידי ביטוי בארצות מסוימות ששקלו אפילו לקבוע שעות לימוד שונות עבור בתי ספר הלל, אך התחרטו עקב חשש משיבוש לוח זמנים של המבוגרים.

Spectral Tuning

Tunable White vs Multi-channel

Why add channels in certain applications?

