

## 6. השפעות בריאותיות של קרינת השמש

### 6.1 התועלת מאור השמש

אור השמש קשור בתודעתנו עם בהירות, שמחה, חמימות ובריאות. את עיקר ההיבטים הפסיכולוגיים סקרנו בפרק הקודם. במסגרת זו ננסה לסקור בצורה תמציתית את ההיבטים הפיזיולוגיים של קרינת השמש והשפעת האור הטבעי על בני האדם. עד לזמן האחרון היה מקובל כי אור השמש מיטיב תמיד לבריאותנו. כל מי שהירבה לשהות בשמש סבר כי הוא או היא מיטיבים לעצמם. העור השזוף הינו סמל של יופי ובריאות. כולנו נהנים להימצא באור השמש ולהנות מחמימותה, בעיקר בעונה הקרה. אולם, כידוע, התברר בשנים האחרונות כי קרינת השמש הינה מקור פוטנציאלי של סכנה, אם אנו נחשפים לה במינון העולה על המותר. בתקופה האחרונה, גדלה הסכנה עוד יותר עקב הפגיעה ההולכת וגדלה בשיכבת האוזון, המסננת את הקרינה האולטרה סגולה בתחום המסוכן UVB, ראה פרק 3 לעיל.

אנו מיחסים חשיבות רבה לניתוח ענייני של הידע הקיים על ההשפעות החיוביות והשליליות כאחת של קרינת השמש על הבריאות.

#### 6.1.1 התועלת הבריאותית

תכונות הריפוי, החיטוי והיבוש של קרני השמש נחשבו תמיד כרצויות ומועילות, וכל המרבה היה משובח. אולם דעות שגורות אלה שהתבססו על מסורת של דורות לא תמיד הוכחו כנכונות. למשל, נביא לדוגמה מחקר מקיף שנעשה בשוודיה, בה איורורו בתי המגורים הינו בעיה קשה במיוחד במשך העונה הקרה הממושכת. במחקר זה נבדקו במשך תקופה ארוכה מאות דירות של גוש בנינים כאשר מחצית הדירות פנו לדרום ונהנו מקרינת שמש, בימים בהם לא היה מעונן כמובן. המחצית השניה של הדירות פנו לצפון ולא זכו לקרינת שמש כלל. במחקר נבדקה כמות הבקטריות באויר של כל דירה. התברר, שלא היה כל הבדל בין הדירות הפונות לדרום או לצפון. לעומת זאת, הוכח כי כמות הבקטריות היתה תלויה בשמירת ההיגיינה ושעור האיורור בכל דירה. באקלים הישראלי, בעית האיורור לרוב אינה חמורה הודות להרגל של רובנו לאוורר את הדירות אפילו בעונה הקרה.

בעבר היתה לחות יתר המצטברת במבנים מהוה סכנה של התפתחות עובש ורקבובית אשר כתוצאה ממנה נדפו ריחות לא נעימים והיו עלולים לגרום למפגע בריאותי. קרני השמש היוו את הדרך היעילה והבריאה ליבוש והקטנת הלחות. ריבוי השימוש באריגים ואביזרים העשויים מחומרים סינטטיים בתקופתנו המודרנית, מקטינים את הסכנה של התפתחות הרקבובית בחפצי הבית. על הנזק הנגרם מקרינת השמש לאריגים וחפצים רגישים אחרים נרחיב להלן. יחד עם כל זאת, אנו מקדמים גם כיום בברכה את החדירה של קרינת השמש הישירה אל תוך בתינו.

לסיכום, ניתן לאמר כי החדרה של קרני השמש אל תוך בתינו נחשבת לברכה. בית או דירה הנהנים מאור השמש, ערכם גבוה יותר. אור השמש הישיר מביא בהירות, ערנות ושמחה כל עוד החדרה זו מבוקרת וניתן למנוע אותה כאשר עשויים להגרם המטרדים הצפויים של חימום יתר בעונה החמה, של סינוור במשך כל השנה, ושל נזק אפשרי לחומרים רגישים. משמעות הדבר היא כי לחדירת קרני השמש ואור היום אל תוך בתינו ומקומות עבודתנו יש ערך פסיכולוגי רב.

### 6.1.2 הטמעת ויטמינים

הויטמינים חיוניים לפעולה התקינה של המערכת הפיזיולוגית של גופנו. הגוף עצמו מיצר חלק מן הויטמינים וחלק אחר אנו מקבלים מן המזון אותו אנו אוכלים. אולם, כדי שגופנו יטמיע את הויטמינים אנו זקוקים לשעור מינימלי של קרינת אולטרה-סגולה. קרינה זו אנו מקבלים מאור השמש הישיר או מאור השמש המפוזר המגיע כאור מן הרקיע.

חסר ממושך בהטמעת ויטמינים משפיע על מערכות רבות בגוף האדם ועלול לגרום נזק לבריאותנו. למשל, ידוע כי חסר ממושך בויטמינים כתוצאה מתזונה לקויה, גורם לאיבוד כושר הראיה בתנאי תאורה קלושה, מה שאנו קוראים ראית הלילה. הפגיעה היא בחלק ממערכת הראיה, התלוי בתאי המקלונים (rods) שברשתית העין. תופעה זו בלטה אצל אסירי מחנות הריכוז במהלך מלחמת העולם השנייה. למרבה המזל, חזרה לתזונה תקינה החזירה לרובם את הכושר הראיה לתיקנו.

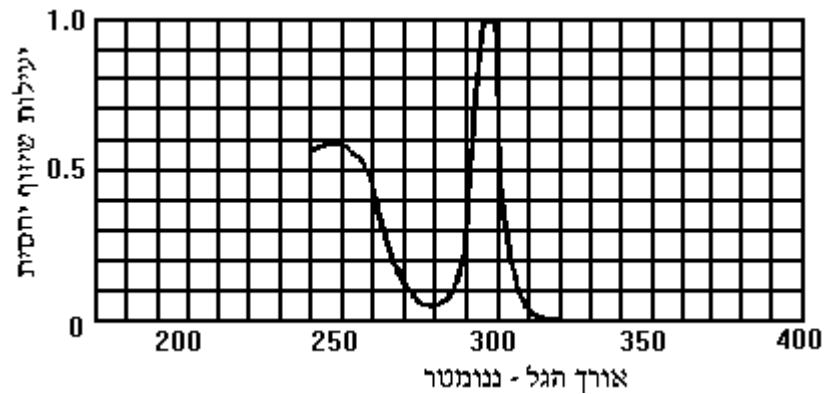
בארצות רבות, בהן קרינת השמש נדירה, או בעיסוקים בהם אין אפשרות להנות מחשיפה רגילה לאור השמש, כמו בעבודת הכורים, מקובל לתת לילדים וכן לכורים מנת קרינה אולטרה-סגולה מבוקרת של כמה דקות, כל יום או כל כמה ימים, בחדרים המיוחדים לכך. המוקרנים נמצאים בחדרים הללו בלבוש מינימלי, תוך הרכבת משקפי מגן על העיניים.

בתנאי האקלים הישראלי, אדם הנמצא בחוץ זמן קצר של 15-20 דקות במשך היום וחשוף לאור השמש הישיר או אפילו לאור הבא מכיפת הרקיע, מקבל את המינון הדרוש של הקרינה האולטרה-סגולה. אם התזונה נכונה ומכילה את הויטמינים הדרושים, הרי שאין מה לחשוש לתקלה או מחסור בכמות הויטמינים הניצרכת בגוף.

### 6.1.3 שיזוף

כבר הוזכר כי השיזוף הינו משאת נפשם של רבים, בעיקר של הצעירים, המזהים אותו עם יופי, בריאות ותדמית. השיזוף - erithema - tanning נגרם ע"י תחום צר של אורכי הגל, ראה איור 6.1.3.1. הקרינה האולטרה-סגולה גורמת לתגובה המכהה את תאי הפיגמנט בעור. חוף הים נחשב למקום העדיף לשיזוף. קרינת השמש המוחזרת מן המים מגבירה את שעור החשיפה לקרינה המשזפת. אולם למען האמת, ניתן להשתזף לאור השמש בכל מקום שהיא מצויה.

יתרה מזאת, בשנים האחרונות פותחו נורות מיוחדות המפיקות את הקרינה האולטרה סגולה בתחום אורכי הגל הגורמים לשיזוף, ראה באיור. שיטת שיזוף זו, פופולרית בארצות צפוניות. השימוש בנורות השיזוף דורש זהירות רבה. יש לודא שהנורה יוצרה ע"י יצרן אמין, כי אם הנורה פולטת אורכי גל נוספים, בעיקר קצרים יותר, כפי שקורה לעיתים, יש סכנה של נזק חמור לעור מקרניים באורכי גל אלה.



איור 6.1.3.1: הספקטרום הגורם לשיזוף - Erythema.

מן העקום אנו רואים כי עיקר השיזוף נגרם בתחום הצר שבין 290 ל-300 ננומטר ובמידה פחותה בתחום של 230 עד 250 נ"מ. אולם כידוע, 300 נ"מ הינו הגבול התחתון של הקרינה האולטרה-סגולה המגיעה מן השמש לפני כדור הארץ. הקרינה באורכי גל קצרים יותר הינה מזיקה הרבה יותר אך היא נחסמת ע"י שכבת האוזון של האטמוספירה, אם שכבה זו תקינה. לכן, השיזוף בשמש נעשה ע"י הקרינה בתחום של 290 עד 300 נ"מ, כרשום לעיל.

#### 6.1.4 המחזורים הביולוגיים בגוף האדם

במחקרים שנעשו בשנים האחרונות נתגלה כי האור הנקלט בעיניים מועבר לא רק למרכז הראיה, ויוצר את תמונת העולם שאנו רואים, אלא מגיע גם למרכזים אחרים במוחנו ומשפיע על תפקודים פיזיולוגיים ופסיכולוגיים. ניסויים במעבדה וכן ניסויים קליניים הראו כי האור הנקלט בעיניים עשוי להשפיע על הפיזיולוגיה של האדם, על מצבי רוחו ועל התנהגותו [6.1.4.1], [6.1.4.2], [6.1.4.3], [6.1.4.4] ו-[6.1.4.5].

האור משפיע, בין השאר, על כמות המלאטונין (melatonin) המופרש ע"י בלוטת האיציטרובל במרכז המוח המווסתת את המחזורים היומיים בגוף. הגרוי בא באמצעות האור הנקלט בעין ומגרה את המרכזים המוחיים. בצורה זו מגיב הגוף על המחזור הטבעי של אור וחושך.

המחזור היומי, קרוי המחזור הצירקדי - circadian cycle. משמעות המילה היוונית היא בערך - בקרוב. המילה circadian משמעה הוא "בערך 24 שעות". המחזור הטבעי אינו בהכרח תמיד בדיוק 24 שעות של היממה. יש להניח כי הסיבה לערך המקורב היא ההבדל באורך היום והלילה במהלך השנה. בהשפעת החילוף בין אור היום לחושך בלילה, מווסת הגוף את מחזור הערנות והפעילות בשעות האור ואת מחזור הרגיעה, המנוחה והשינה בלילה. בדרך זו נעשה הווסת היומי של טמפרטורת הגוף המשתנה במהלך היממה, של הפרשת הורמונים ופונקציות פיזיולוגיות מחזוריות אחרות בגוף האדם.

בתנאים רגילים מתאים הגוף את המחזור כך שאנו ערים ופעילים בשעות האור וישנים בשעות החשכה. אולם, בחיים המודרניים ישנם תנאים רבים בהם אנו מפרים ביוזעין את המחזור הטבעי.

עבודה במשמרת לילה תובעת ערנות בשעות בהן באופן טבעי הערנות שלנו נמוכה יותר. סטטיסטיקה שנעשתה ע"י חוקרים בתחום זה גילתה כי חלק רב מן האסונות הגדולים שנגרמו ע"י טעויות אנוש קרו בין חצות ל-4 בבוקר. לדוגמה, מביאים את האסון במפעל הכימיקלים בבופל בהודו, את התקלה בכור האטומי של צ'רנוביל ואת עלית אניית הדלק של חברת אקסון בואלדוז שבאלסקה על שרטון, כאשר כמויות עצומות של דלק זיהמו שם את החופים. כל האסונות הללו קרו בשעות הקטנות של הלילה.

המסר החשוב הוא, כי מתברר שפעולה תקינה של המחזורים הביולוגיים דורשת כי האדם ימצא בשעות היום באור היום שעוצמתו גבוהה בהרבה מעוצמת ההארה שאנו נוהגים להתקין בתוך הבנינים שלנו. בעוד אשר עוצמות ההארה הטבעית בחוץ נעות בין 10,000 לוקס ביום מועב לבין 110,000 לוקס ביום שמש בהיר בקיץ, הרי בתוך הבנינים אנו מתקינים בדרך כלל רמות הארה במעברים, בין 100 עד 200 לוקס ובקום הפעילות 300 עד 800 לוקס, ובעבודות עדינות עד 1,000-1,500 לוקס.

המשמעות הביולוגית היא כפי שהגדירו החוקרים, ראה [6.1.4.2], כי "אנו חיים ופועלים בתוך הבנינים באור פונקציונלי-תיפקודי סביר אולם בחשכה ביולוגית". מתברר כי רוב האנשים מסוגלים להתרגל לתנאים אלה ולשמור על מחזור תקין של תיפקודם. אולם, יש רבים ובעיקר מבוגרים וקשישים, שאצלם מופר האיזון, המחזור הצירקדי יוצא מהתאום עם המחזור היומי. כתוצאה מכך, אנשים אלה אינם מסוגלים להשאר ערניים בשעות הערב, ומתעוררים בשעות הבוקר המוקדמות וכן סובלים מנדודי שינה.

הפתרון הוא להגדיל במידה רבה את עוצמות ההארה בתוך הבנינים. לפתרון כזה יש כמובן השפעה רבה על צריכת האנרגיה והעלות של התאורה. אולם ניתן לפתור ברוב המקרים את הבעיה ע"י החדרה יעילה של אור היום הטבעי אל תוך הבנינים.

ניתן לשנות ולהתאים את המחזורים-השעונים הביולוגיים לתנאים אחרים ע"י הארכה מודרגת של "היום" והתרגלות הדרגתית בתקופת מעבר. עובדי משמרות, למשל, יכולים להגיע למצב של ערנות בלילה ולשינה רגועה ביום. אולם, זאת יש לעשות, כאמור, בהדרגה תוך הארכת היום במשמעותו הביולוגית במשך תקופה מתאימה. פרוש הדבר, כי האדם צריך להאריך את "היום המואר" שלו ולהמצא יותר מאשר כרגיל בעוצמות הארה התואמות את אלו של המאור הטבעי. בצורה זו מוסטים המחזורים הביולוגיים והעובד מתפקד ביעילות בשעות הלילה. הפסקת עבודה במשמרת, מחייבת התאמה בכיוון הפוך.

גם את הקשיים הנגרמים ע"י מעבר לאיזורי זמן אחרים (ה-jetleg) הידוע, ניתן למתן ע"י התאמה מראש של הארכה או קיצור מלאכותי של משך היום, היינו שעות האור, לפני הטיסה, בהתאם לכיוון אליו טסים.

תהליך דומה מנצלים החקלאים בגידולי פרחים בחממות, כאשר הם מקדימים את התחלת הארכת היום בצורה מלאכותית מבוקרת, לפני המועד הטבעי של ה-22 בדצמבר. זאת, כדי לתת לצמחים את האות הביולוגי לפרוח ולהקדים את הפריחה לפני עונת הקריסטמס - Christmas וראש השנה האזרחית. על ידי כך, הם מגדילים בהרבה את מכירת הפרחים ואת המחיר שהם מקבלים עבורם.

## 6.2 נזק אפשרי מקרינת השמש

אין שום סכנה להימצא תחת קרני השמש הישירות אם הדבר נעשה בצורה נכונה, בעיקר ללא חשיפה למשך זמן מוגזם. ידוע הפתגם שהיה שגור אצל היהודים בזמן שלטון הבריטים בארצם - רק בריטים חסרי הבינה וכלבים מסתובבים בשמש בצהרי היום. כל אדם צריך להכיר את מגבלותיו, וביניהן את משך החשיפה המועיל לו ולהזהר שלא להגזים במשך השהיה באור השמש. יש כאן קושי רב. הנזק עשוי להתגלות רק שנים, ולעיתים עשרות שנים לאחר החשיפה המוגזמת.

החלק המזיק של קרינת השמש הוא הקרינה האולטרה-סגולה - UVA ו-UVB, ראה טבלה 2.1 בפרק 2.4. חוקי הפיזיקה מראים כי ככל שאורך הגל של הקרינה קצר יותר, גדלה האנרגיה של אותה קרינה. אי לכך, הקרינה האולטרה-סגולה היא בעלת עוצמה חזקה יותר ומשפיעה יותר על התהליכים הפוטו-כימיים מאשר האור הנראה.

כידוע בשנים האחרונות נפגעה שכבת האוזון המונעת את המעבר של החלק המסוכן של הקרינה האולטרה-סגולה, היינו, את הקרינה בעלת אורכי הגל הקצרים ביותר, היינו ה-UVB וה-UVC. כתוצאה מן הפגיעה בשכבת האוזון מגיעה לפני כדור הארץ קרינה בעוצמה ואורכי גל העשויים להיות מזיקים. ככל שתגדל החשיפה לקרינה זו, כן תגדל הסכנה הפוטנציאלית. שעורי הקרינה הזו שונים בהתאם לפגיעה בשכבת האוזון באזורי העולם השונים.

אין להכנס לפאניקה, אולם יש בהחלט להזהר, בעיקר אצל אנשים רגישים, בעלי עור בהיר שאינו ניתן לשיזוף. אמצעי ההגנה הינם לבוש כולל כובע עם מצחיה, המכסה את חלקי הגוף. על חלקי הגוף החשופים ניתן להגן ע"י שימוש במשחות שיזוף, המסננות את הקרינה האולטרה-סגולה.

### 6.2.1 נזק לעור

הנזק החמור ביותר עלול להגרם לעור. ידוע על עליה משמעותית במקרי סרטן העור בעשורים האחרונים בארצות חצי כדור הארץ הדרומי, במיוחד בניו-זילנד ובאוסטרליה. גם בארץ יש עליה מדאיגה במקרי סרטן העור, ולפי הסטטיסטיקה, עלה מספר מקרי סרטן העור בארץ פי 3, בשלושים השנים האחרונות [6.2.1.1]. יש לכך בודאי הסבר גם בגלי העליה שבאו מארצות צפוניות יחסית ואשר לא היו רגילים לעוצמת הקרינה הקיימת אצלנו. אולם, אין להקל ראש באזהרות המומחים על מינון החשיפה לקרינת השמש, בעיקר אצל אנשים השוהים בחוץ שעות רבות כל יום.

### 6.2.2 נזק לעיניים

מבט אקראי חטוף לכיוון השמש גורם לסינוור בלתי נסבל, אשר מכריח אותנו להסיט את המבט לכיוון אחר. יעברו כמה שניות עד כמה דקות עד אשר הראיה תחזור לתיפקודה התקין, אולם לא יגרם בכך נזק לעיניים. לעומת זאת, אסור באיסור חמור לכוון את העיניים לכיוון השמש לפרקי זמן ממושכים יותר. מסוכן עוד יותר להסתכל לכיוון השמש דרך מערכת אופטית מרכזת, כגון עדשות

של מצלמה או מכשיר מדידה אופטי, כמו מד-לומיננסים. במקרה כזה, עשויה להיגרם כווייה על רשתית העין אשר תהרוס את התאים הרגישים לאור, זהו נזק אשר לרוב אינו ניתן לתיקון.

שהיה ממושכת באור השמש הישיר, גורמת לחדירה של אור בעוצמה גבוה לתוך העין. אם העין מסתגלת לעוצמה זו, אין בדבר נזק מידי. אולם, קרינת השמש כוללת, כפי שכבר צוין פעמים רבות קרינה אולטרה-סגולה. מתברר כי במשך השנים, עשויה קרינה זו לגרום לירידה של שקיפות עדשת העין, היינו, להחיש את מה שקרוי היווצרות הקטרקט (cataract). זהו תהליך איטי העשוי להמשיך גם עשרות שנים, והוא מתגלה בגיל מתקדם. אנשים רגישים, ואלה המעדיפים להזהר, צריכים להרכיב משקפי שמש עם סינון הקרינה האולטרה-סגולה בהיותם בחוץ בימי שמש בהירים. מומלץ כי כל אחד ירכיב משקפי שמש במשך הנהיגה בימים בהירים.

### 6.2.3 נוחות ראיתית ונוחות טרמית

מן הראוי להדגיש את ההבדל העצום בין גבולות הנוחות הראיתית לגבולות הנוחות הטרמית. אנו מסוגלים לתפקד ביעילות ונוחות יחסית בגבולות רחבים של עוצמות הארה. תחומי עוצמות הארה שהעין שלנו מסוגלת לתפקד בהם הם רחבים מאוד. כבר הוזכר כי עוצמת הארה הגלובלית ביום קיץ בהיר עשויה להגיע עד 110,000 לוקס. לאחר שהעיניים מסתגלות לעוצמה זו הן יכולות לתפקד בנוחות אם אין משטחים מסנוורים או בהירים מאוד בשדה הראיה. מן הצד השני, אנו עדיין יכולים להבחין בפרטים לאור הירח, כאשר עוצמות הארה מגיעות עד לסדר גודל של 0.25-0.50 לוקס. כמובן שגבולות הנוחות הראיתית צרים יותר. ללא סינוור, העיניים שלנו יכולות לתפקד ביעילות ונוחות כאחת, בעצמות הארה של 300 עד 50,000 לוקס.

לעומת זאת, גבולות הנוחות הטרמית צרים הרבה יותר. כדי לקבוע את גבולותיה של הנוחות הטרמית יש להגדיר את תנאי הטמפרטורה החיצונית, הלחות, הלבוש והפעילות הגופנית.

הגוף חייב לשמור על טמפרטורה קבועה, בגבולות צרים מאוד. לכן, ללא תוספת לבוש המגן על חום גופנו, אנו יכולים לתפקד בגבולות טמפרטורה שבין 15 עד 50 מעלות צלזיוס. גבולות הנוחות הטרמית הינם בקרוב בין 20 עד 26 מעלות לכל היותר. לא נוכל להרחיב את הדיון בנושא זה כאן, והקורא המעוניין יכול להתעמק בכל הקשור בנוחות טרמית בספרות המתאימה, למשל, [6.2.3.1], [6.2.3.2], [6.2.3.3].

### 6.2.4 נזק עקיף – איבוד נוזלים והתיבשות

פעילות ממושכת תחת קרני השמש, עבודה, אימונים או סתם טיול מביאים לעליה של טמפרטורת הגוף. בימים חמים, אין הגוף מסוגל לפלוט את החום המטבולי הנוצר בו ישירות לאויר העוטף אותנו. כדי לפלוט את החום, חייב הגוף להפריש זעה, ותוך תהליך האידיוי שלה פולט הגוף את החום העודף. בדרך זו מאבד הגוף כמות לא מבוטלת של נוזלים. במחקר שנערך לפני שנים רבות אצל

עובדי בריכות האידוי במפעלי ים המלח, נמצא כי הם היו צריכים לשתות במשך יום עבודה עד 20 ליטרים של מים כדי להחזיר לגופם את מה שנפלט בזעה.

כאשר אין מחזירים לגוף את החסר בנוזלים, נגרמת התיבשות. במצב כזה, בקרת הטמפרטורה של הגוף עלולה להתערער ומגיעים למצב של הלם טרמי. אם לא ינתן לנפגע טיפול מהיר עשוי מצבו להדרדר ולהסתיים במותו.

### **6.3 נזק אפשרי לשהים בתוך בנין**

כאשר אנו שוהים בבנין, רוב הקרינה מגיע אלינו דרך זכוכית החלונות. בדרך כלל אנו חשופים לכל היותר לקרינה המפוזרת מן הרקיע ולא לקרינה ישירה מן השמש. לכן, קטנה הסכנה לבריאות שלנו. יחד עם זאת, רוב סוגי הזכוכית מסננים רק 5% עד 20% מן הקרינה בתחום האולטרה סגול. קרינה זו מספקת כדי לגרום נזק לחומרים רגישים, וילונות, ריפודים וחומרים רגישים אחרים. נושא זה נידון ביתר הרחבה בפרק הבא, פרק 7.

## מראי מקום לפרק 6:

- [6.1.4.1] Brainard G. C., Bernecker C. A., 1995, The effects of Light on Human Physiology and Behavior, Proceedings of the CIE 23rd Session, New Delhi.
- [6.1.4.2] Begemann S. H. A., van den Beld G. J., Tenner A. D., 1995, Daylight, Artificial Light and People, Part 2, Proceedings of the CIE 23rd Session, New Delhi.
- [6.1.4.3] Wurtman R. J., Baum M. J., Potts JR J. T., 1985, The Medical and Biological Effects of Light, eds., The New York Academy of Sciences, New York, pp. 1-408.
- [6.1.4.4] Wetterberg L., ed., 1993, Light and Biological Rhythms in Man, Pergamon Press, Stockholm,, pp 1-448.
- [6.1.4.5] Bernecker C. A, Brainard G. C., Fernsler F .J., Rollag M. D., Long R. R., Tirney S., Gaddy J.R., 1994, Biological Effects of Architectural Lighting and Their Associated Energy Utilization, Journal of the Illuminating Engineering Society, Vol. 23, pp31-39.
- [6.2.1.1] פרופ' שי לין, 1996, מנהל המחלקה האפידימיולוגית, המרכז הרפואי רמב"ם, חיפה אינפורמציה ישירה  
( Private Communication)
- [6.2.3.1] פורה מ., חסיד ש., אבן אור ד., וגנר ד., ביכיו ס., 1989, עקרונות וכללי תכנון לבנייה סולרית פסיבית של בנייני מגורים בישראל, המכון הלאומי לחקר הבניה, הטכניון.
- [6.2.3.2] מאיר י., עציון י., פיימן ד., 1990, היבטים אנרגטיים בתכנון באזורים מדבריים, המכון לחקר המדבר, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, שדה בוקר.
- [6.2.3.3] Givoni B., 1969, Man, Climate and Architecture, Elsevier, London.