

מרכז מידע

רח' מוא"ה 22 ת.ד. 1122, תל-אביב 61010  
טלפון: 03-5266455 פקס: 03-5266456  
e-mail: info@osh.org.il

ת-100

# סיכונים וכללי בטיחות בחשיפה לקרינת על-סגול (UV)



מאת: אריה אמיצי



המוסד לבטיחות ולגיהות

ינואר 2000

# סיכונים וכללי בטיחות בחשיפה לקרינת על-סגול (UV)

## 1. מהי קרינת העל סגול

- קרינה בתחום העל-סגול (Ultra-Violet - UV) היא חלק מהקרינה האופטית הכוללת את התחום הנראה לעין וגם קרינות בתחום האינפרא-אדום. מקור הקרינה העיקרי לקרינות אלו הוא השמש אשר נזקיה לעין ולעור ידועים זמן רב. בנוסף קיימים מקורות קרינה מלאכותיים, שחלקם יוצר סיכוני קרינה משמעותיים כגון: ריתוך חשמלי או מנורות אדי-כספית המשמשות לתאורה ולתהליכים שונים בתעשייה.

- קרינת UV (Ultra-Violet) היא קרינה אלקטרו-מגנטית, וברובה קרינה לא מיננת. לקרינה לא מיננת יש סמל בינלאומי כלהלן,



- כל הקרינות האלקטרו-מגנטיות מאופיינות ע"י התדר -  $f$ , ואורך הגל -  $\lambda$

- הקשר בין תדר הקרינה ואורך הגל הוא בהתאם לנוסחה  $f=c/\lambda$ , כאשר  $c$  מיצג את מהירות האור  $c = 3 \times 10^8$  m/s

- אנרגיית הפוטון נתונה בנוסחה  $hf=hc/\lambda$ , כאשר ערכו של קבוע פלנק הוא  $h=1.24$  eV nm קרינה זו ברובה היא קרינה לא מיננת (בעלת אנרגיה קטנה מ- 12.4 eV)

- קרינה מיננת מוגדרת כקרינה המיזערית הנדרשת לשבירת הקשרים החלשים ביותר במקרומולקולות

- תחום אורכי הגל של קרינות UV נע בין 100nm ל - 400nm

- תחום זה מתחלק לשלושה תתי-תחומים כלהלן:

UVC 100 ÷ 280 nm      UVB 280 ÷ 315 nm      UVA 315 ÷ 400 nm

קרינות UV בתחום אורכי גל קצרים מ - 180 nm נבלעות ע"י תווך אוויר באורך של סנטימטרים בודדים, ולכן בד"כ אין להם השפעה ביולוגית על בני אדם.

תחום קרינות אלו (100 - 180 nm) נקרא: "Vacuum Ultraviolet Region"

התחום הספקטרי המסוכן ביותר של הקרינה נמצא בתחום קרנות ה - UVB של 280 ÷ 315 nm,

## 2. מקורות עיקריים לקרינת UV

- קרינת שמש

- מנורות ליבון

- מנורות טוגנסטון, מנורות הלוגן;
- **פריקה חשמלית**
- סוגים שונים של ריתוך קשת, קשת פחמן;
- **שפופרות פריקה**
- מנורות כספית - לחץ נמוך, בינוני וגבוה; מנורות כספית עם הלידים מתכתיים;
- מנורות קסנון; מנורות מימן ודיאוטריום; מנורות הבזק;
- **פלורוסנציה**
- מנורות נאון; מנורות שיזוף (פולטות קרינת UVB);
- **לייזרים**
- לייזר אקסימר, צבע, וגז;

### 3. באיזה ענפים קיימת קרינת UV?

- חקלאות
- מכוני מחקר וזיהוי של בקטריות
- מכוני שיזוף
- מחצבות
- תעשיות כימיות (במיוחד מעבדות בקרה)
- תעשיות אבני חן ויהלומים
- בניה
- מעבדות לטכנאות שיניים
- תעשיית המזון (בעיקר תעשיות העוסקות בעיקור מוצרים שונים באמצעות קרינת UV)
- תעשיית הדפוס
- תעשיית האופטיקה
- משטרה (מעבדות לזיהוי פלילי)
- תעשיית המתכת (ריתוך, קשת פלסמה, יציקות, טיפולים תרמיים וכו')
- תעשיית הטקסטיל (בוחני איכות בד)
- תעשיות המיקרו-האלקטרוניקה
- תעשיות פלסטיקה (תהליכי הקשייה וכו')
- תעשייה פרמצפטיית (סינתזה של חומרים שונים).

### 4. איזה תהליכים כוללים סיכוני קרינת UV?

- ריתוך
- צילוב חומרים פלסטיים (curing)
- עיקור מוצרי מזון
- זיהוי פגמים במתכות
- חיטוי נוזלים, כולל מים
- הקשיית דבקים
- צילום למטרות מיוחדות
- זיהוי חומרים שונים
- הדפסה
- תהליכי ריפוי, לדוגמא ריפוי תינוקות מזהבת
- תהליכי ליטוגרפיה שבתחום הדפוס
- זיהוי בקטריות ומיקרו-אורגניזמים שונים

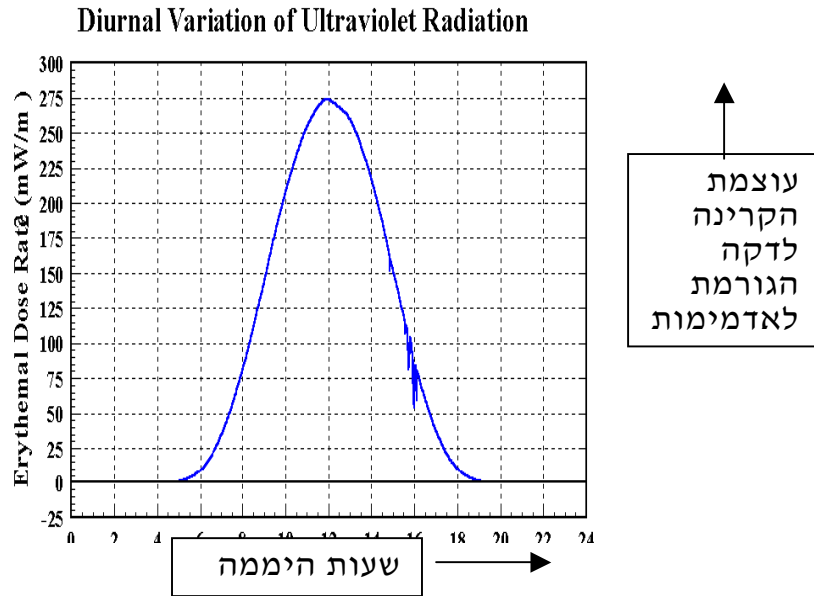
### 5. מהם הסיכונים בקרינת UV?

- פגיעה ב-DNA;
- גידולים סרטניים בעור ובעיניים;
- יירוד (קטרקט);
- החלשת מנגנון החיסון;
- רגישות לאור;
- האצת תהליך הזדקנות העור;
- החלשת האפקטיביות של חיסונים שונים.

### 6. מהם הפרמטרים המשפיעים על רמות קרינת UV של השמש?

עוצמת קרינת UV שמקורה מהשמש תלויה בשעה שביום, בעונה, במיקום הגיאוגרפי - קו רוחב וקו אורך, הגובה הטופוגרפי, באירוסולים שבאוויר, בעובי שכבת האוזון ובפרמטרים נוספים.

להלן תאור גרפי של השתנות קרינת UV במהלך שעות היום,



**7. מהי התחיקה ודרכי ההתגוננות מקרינת UV?**

עפ"י תקנות ארגון הפיקוח על העבודה - ניטור סביבתי וניטור ביולוגי של עובדים בגורמים מזיקים, התשנ"א - 1990, רמות החשיפה המותרות (TLV-TWA) לא יעלו מעל לערכים המתפרסמים במהדורה המעודכנת של חוברת ACGIH.

ראה ציור 1 וטבלה 2 מתוך הפרק ULTRAVIOLET RADIATION העדכני.

כמו כן, בתוספת לתקנות הבטיחות בעבודה (ציוד מגן אישי), התשנ"ז - 1997, קיימות בסעיפים 2.2, 4.9 ו-10.6 דרישות למיגון מתאים של איברי הגוף השונים מפני קרינת UV.

במידה וערכי הקרינה עולים על ערכי רמות החשיפה המותרות המופיעים בחוברת ACGIH העדכנית, יש להנחית את קרינת ה-UV מתחת לערכים המותרים באמצעות מנחת אופטי קבוע (פתרון הנדסי), או ע"י שימוש במשקפי מגן, לבוש מתאים, או שימוש במשחת הגנה בעלת מקדם הגנה מספרי מתאים - PF.

**PF- PROTECTION FACTOR**

$$PF = \frac{\sum E_{\lambda} S_{\lambda} \Delta_{\lambda}}{\sum E_{\lambda} S_{\lambda} T_{\lambda} \Delta_{\lambda}}$$

כאשר:

$E_{\lambda}$  - פליטה ספקטרלית  $W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$        $S_{\lambda}$  - משקל יחסי ספקטרלי  
 $T_{\lambda}$  - הנחתה ספקטרלית       $\Delta_{\lambda}$  - רוחב פס ספקטרלי

בד"כ כל אמצעי הגנה מפני קרינת UV מאופיין ע"י מקדם הגנה מספרי. אמצעי ההגנה כוללים בין השאר משחות הגנה, בגדים, כובעים, מסכות, כפפות, משקפי מגן, מנחתים, מסנני קרינה.

הפעלה של נורות UV, מחייבת ידיעת עוצמת הקרינה. בהתאם לעוצמת הקרינה, ניתן להעריך מהי רמת ההנחתה הנדרשת ליישום בין העובד למקור הקרינה. עוצמת הקרינה לאחר הנחתה תהא פחותה מערך רמת החשיפה המותרת TLV – TWA.

במידה ולא ניתן לחצוץ בין המפעיל למקור הקרינה יש להשתמש בציוד מגן אישי כגון משקף פנים בעל הנחתה מתאימה ולבוש לחסימת הקרינה בפני חלקי הגוף.

משקפי מגן ומסנני קרינה אחרים מנחיתים בד"כ את רמת הקרינה (UVA, UVB) מתחת לערך של 1% (חסימה של 99÷100%) ולכן מספקים פתרון טוב למרבית המקרים.



## 8. מה משמעותו של UV INDEX?

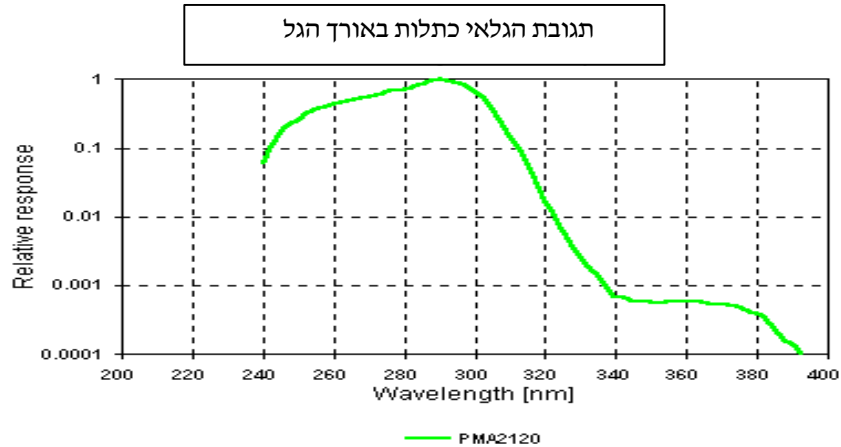
ארגון הבריאות הבינלאומי WHO – World Health Organization, וארגון המטרולוגיה הבינלאומי WMO – World Meteorology Organization ביחד עם ארגונים נוספים, חילקו את רמת קרינת ה-UV מהשמש לאינדקסים של קרינה המפורסמים באופן קבוע בעיתונות לצד תחזיות מזג האוויר בכל רחבי העולם. האינדקסים מחולקים עפ"י משך עוצמת קרינה הגורמת לנזקים הביולוגיים. קיימים הבדלים ברגישות העור לפגיעה מקרינת UV, וזאת בהתאם לסוגי עור שונים ותכונות נוספות של גוף האדם. ככול שעור האדם בהיר יותר (פחות פיגמנטים בעור), כך עולה רמת רגישותו לקרינת UV. רצ"ב צילום הטבלה UV Index: How to use it! שפורסם באתר האינטרנט של EPA (משרד איכות הסביבה האמריקאי) הנותן המלצות בטיחות בפני קרינת שמש כתלות במספר האינדקס של קרינת UV. מספרי קרם ההגנה נתונים בערכים של SPF, (SPF- SUN PROTECTION FACTOR). לדוגמה מספר SPF-2 מכפיל פי שניים את הזמן לקבלת כוויות עור מקרינת שמש בהשוואה לזמן חשיפה ללא קרם הגנה. בארצנו מומלץ להשתמש במספר קרם הגנה SPF-15 ומעלה. בבחירת קרם הגנה יש להקפיד שהקרם יחסום קרינות מסוג UVA-UVB. יש למרוח את הקרם בכל חלקי הגוף החשופים, ולחדש את המריחה עפ"י הנחיות היצרן.

## טבלה המציגה אמצעי בטיחות בפני קרינת השמש כתלות במספר אינדקס של קרינת UV

Exposure Category רמת הקרינה	UV Index אינדקס UV	Protective Actions הגנה נדרשת
Minimal מינימלית	0, 1, 2	Apply skin protection factor (SPF) 15 sun screen. השתמש בקרם הגנה מספר 15
Low נמוכה	3, 4	SPF 15 & protective clothing (hat) השתמש בקרם הגנה מספר 15, ביגוד מלא וכובע
Moderate בינונית	5, 6	SPF 15, protective clothing, and UV-A&B sun glasses. השתמש בקרם הגנה מספר 15, ביגוד מלא, כובע ומשקפי שמש בעלי כושר סינון קרינת UV-A&B.
High גבוהה	7, 8, 9	SPF 15, protective clothing, sun glasses and make attempts to avoid the sun between 10am to 4pm. השתמש בקרם הגנה מספר 15, ביגוד מלא, כובע ומשקפי שמש בעלי כושר סינון קרינת UV-A&B, והשתדל להימנע מחשיפה לשמש בין השעות 10 בבוקר ל- 4 אחה"צ.
Very High גבוהה מאד	10+	SPF 15, protective clothing, sun glasses and avoid being in the sun between 10am to 4pm. השתמש בקרם הגנה מספר 15, ביגוד מלא, כובע ומשקפי שמש בעלי כושר סינון קרינת UV-A&B, והשתדל להימנע מחשיפה לשמש בין השעות 10 בבוקר ל- 4 אחה"צ.

## 9. כיצד מבצעים מדידת קרינת UV בהיבט הבטיחותי?

קיימים מכשירי מדידה ייעודיים למדידת קרינת UV מסוכנת הנקראים, Ultraviolet Safety Meter. מכשירים אלה הם רדיומטרים המצוידים בגלאים בעלי תגובה מכוילת התואמת את פונקציית המשקל של ACGIH. בקריאה ישירה ניתן לדעת אם רמת הקרינה מסוכנת ומה ההנחיה הנדרשת. ראה דוגמה לגרף תגובה של גלאי,



מכשירים אלה מודדים את שטף הקרינה ביחידות של  $\text{Watt/cm}^2$ , או במנות של  $\text{Joul/cm}^2$ . ע"י מדידת מקור קרינה כדורי (לדוגמה מנורה), ניתן לקבוע טווחי בטחון בהם רמת הקרינה תהא נמוכה מערך ה- TLV-TWA (עוצמת מקור קרינה כדורי קטנה כתלות בריבוע המרחק בהתאם לנוסחה –  $ER \propto 1/R^2$ ).

#### מקורות

1. TI: Ultraviolet radiation – Perspectives, CIS ILO  
SO: Industrial Hygiene Link; July-Sep. 1994, Vol.6, No.3, p.1-3. 9 ref.  
PY: 1994  
AN: 95-1871
2. EPA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY ([www.epa.gov](http://www.epa.gov)) UV Index: How to use it!
3. "Ultraviolet Radiation" Pub. by World Health Organization 1994.