

## דרישות התקנה ובטיחות עבור מערכות פוטו-וולטאיות (PV)

Installation and safety requirements for photovoltaic (PV) generators



לעיון ומתן הערות

מסמך זה הוא הצעה בלבד

תקן זה הוכן על ידי ועדת מומחים 25010 – מערכות פוטו-וולטאיות : התקנה, בהרכב זה:  
אורי דומן, דן וינשטוק, אמנון מנור, איגור סטפנסקי (יו"ר)

כמו כן תרמו להכנת התקן : צבי אגוזי, מייק גרין, מאיר אדסט, אדי ליבוביץ, ראובן גודלי

מיכאל שיינגרט ריכז את עבודת הכנת התקן.

טיוטה

**הודעה על מידת התאמת התקן הישראלי לתקנים או למסמכים זרים**

תקן זה, למעט השינויים והתוספות הלאומיים המצוינים בו,  
זהה לטיטוט התקן הבין-לאומי IEC 62548 Ed. 1.0: May 2010

**מילות מפתח:** תאים פוטו-וולטאיים, אנרגיית שמש, תחנות כוח הפועלות באנרגיית השמש, מתקנים חשמליים, תאי חשמל.

**Descriptors:** photovoltaic cells, solar power, solar energy electric power stations, electrical installations, electric cells.

**עדכניות התקן**

התקנים הישראליים עומדים לבדיקה מזמן לזמן, ולפחות אחת לחמש שנים, כדי להתאימם להתפתחות המדע והטכנולוגיה. המשתמשים בתקנים יודאו שבידיהם המהדורה המעודכנת של התקן על גיליונות התיקון שלו. מסמך המתפרסם ברשומות כגיליון תיקון, יכול להיות גיליון תיקון נפרד או תיקון המשולב בתקן.

**תוקף התקן**

תקן ישראלי על עדכוני נכנס לתוקף החל ממועד פרסומו ברשומות. יש לבדוק אם התקן רשמי או אם חלקים ממנו רשמיים. תקן רשמי או גיליון תיקון רשמי (במלואם או בחלקם) נכנסים לתוקף 60 יום מפרסום ההודעה ברשומות, אלא אם בהודעה נקבע מועד מאוחר יותר לכניסה לתוקף.

**סימון בתו תקן**

כל המייצר מוצר, המתאים לדרישות התקנים הישראליים החלים עליו, רשאי, לפי היתר ממכון התקנים הישראלי, לסמנו בתו תקן



**זכויות יוצרים**

© אין לצלם, להעתיק או לפרסם, בכל אמצעי שהוא, תקן זה או קטעים ממנו, ללא רשות מראש ובכתב ממכון התקנים הישראלי.

## הקדמה לתקן הישראלי

תקן ישראלי זה הוא טיוטת התקן של הנציבות הבין-לאומית לאלקטרוטכניקה IEC 62548 Ed. 1.0 ממאי 2010, שאושר כתקן ישראלי בשינויים ובתוספות לאומיים.

- התקן כולל, בסדר המפורט להלן, רכיבים אלה:
- סעיף חלות התקן ומטרתו בשינויים ובתוספות לאומיים (בעברית)
- פירוט השינויים והתוספות הלאומיים לסעיפי טיוטת התקן הבין-לאומי (בעברית)
- טיוטת התקן הבין-לאומי (כלשונה)

הערות שוליים לאומיות ממוספרות בתקן זה בא"ב.

סעיפים נוספים שאינם קיימים בתקן הבין-לאומי IEC 62548 ממאי 2010 ממוספרים בתקן זה החל במספר 201 או החל במספר העשרוני X.201.

### חלות התקן (תרגום סעיף 1 של טיוטת התקן הבין-לאומי)

תקן זה מגדיר דרישות כלליות להתקנה ולבטיחות של מערכות פוטו-וולטאיות. מערכת פוטו-וולטאית כוללת מערך מודולים פוטו-וולטאיים (להלן המודולים) או מכלל תתי-מערכים פוטו-וולטאים, לרבות תיול בזרם ישר, התקני הגנה מפני חשמול ואבזרי מיתוג והארקות. אלה אינם כוללים התקני החסנת אנרגייה, מייצבי כוח או עומסים. עם זאת, במערכות המחוברות לרשת החשמל, דרישות הבטיחות של מסמך זה מותנות בהתאמת ממירים הקשורים למערכים פוטו-וולטאיים לדרישות התקנים IEC 62109-1 ו-IEC 62109-2. תקן זה אינו חל על מערכות פוטו-וולטאיות הפועלות בהספק קטן מ-240 וט, וגם בזרם הקטן מ-8 אמפר וגם במתח פתוח (open circuit) הקטן מ-50 וולט בתנאי בדיקה תקניים (STC). תקן זה אינו חל על מערכות מודולים בזרם חילופים.

מטרתו של תקן זה היא לעסוק בדרישות הבטיחות הנובעות מן האופייניים המיוחדים של מערכות פוטו-וולטאיות. במערכות זרם ישר, ובמחוללים פוטו-וולטאיים במיוחד, טמונות סכנות נוספות על אלה הנגזרות ממערכות כוח בזרם חילופים, לרבות היכולת לייצר ולשמר קשתות חשמליות ברמות זרם שאינן גבוהות מרמות זרמי תפעול רגילות.

הערה: תקן זה אינו כולל דרישות התקנה למצברים במערכות, אך הוא דן בדרישות ההגנה של מערכים פוטו-וולטאיים הנובעות משימוש במצברים במערכות פוטו-וולטאיות.

**פירוט השינויים והתוספות הלאומיים לסעיפי טיוטת התקן הבין-לאומי**

**Normative references .2**

הסעיף חל בשינויים המפורטים להלן :  
 במקום חלק מהתקנים הבין-לאומיים המאוזכרים בתקן והמפורטים בסעיף זה חלים תקנים ישראליים,  
 כמפורט להלן :

| הערות  | התקן או המסמך הישראלי החל במקומו   | התקן הבין-לאומי המאוזכר |
|--|--|-------------------------|
| בנושאים שאינם כלולים בחוק החשמל, יחולו סעיפים רלוונטיים של IEC 60364 על חלקיו.   | חוק החשמל הישראלי  | IEC 60364 (all parts)   |
| התקן הישראלי זהה לתקן הבין-לאומי   | ת"י 981 - דרגות ההגנה שמספקות מעטפות (קוד IP).   | IEC 60529               |
|  | חוק החשמל הישראלי  | IEC 61140               |
| התקן הישראלי זהה לתקן הבין-לאומי IEC 61215, למעט שינויים ותוספות לאומיים   | ת"י 61215 - מודולים פוטו-וולטאיים העשויים תאי צורן גבישי, לשימוש על פני כדור הארץ - מתן כשירות לתכן ואישור הטיפוס. | IEC 61215               |
| התקן הישראלי זהה לתקן הבין-לאומי IEC 61646, למעט שינויים ותוספות לאומיים   | ת"י 61646 - מודולים פוטו-וולטאיים העשויים שכבה דקה.  | IEC 61646               |
| הערה: בכל מקום שבו מאוזכרים התקנים IEC 62305-2 ו- IEC 62305-3, יש לעיין גם בתקן הישראלי ת"י 1173 חלק 1 - מערכות הגנה מפני ברקים למבנים ולמתקנים: מערכת הגנה חיצונית. |  |                         |

- לסעיף יוסף :

**תקנים ישראליים**

- ת"י 412 – עומסים במבנים: עומסים אופייניים
- ת"י 413 – תכן עמידות מבנים ברעידת אדמה
- ת"י 414 – עומסים אופייניים במבנים: עומס רוח
- ת"י 1173-1 – מערכות הגנה מפני ברקים למבנים ולמתקנים: מערכת הגנה חיצונית

**תקנים זרים**

- UL 746 - Polymeric Materials – Use in Electrical Equipment Evaluations
- UL 1703 - Standard for Flat-Plate Photovoltaic Modules and Panels

ASTM E 1830 - Standard Test Methods for Determining Mechanical Integrity of Photovoltaic Modules

ASTM D 7349 - Standard Test Method for Determining the Capability of Roofing and Waterproofing Materials to Seal around Fasteners

AAMA 800 - Voluntary Specifications and Test Methods for Sealants

### מסמכים ישראליים

חוק החשמל, התשי"ד – 1954 על עדכוניו ותקנותיו

תקנות הבטיחות בעבודה (עבודה בגובה), התשס"ז-2007

### Terms and definitions 3

הסעיף חל בתוספת המפורטת להלן:

#### 3.201 תושבת (מבנה תומך)

כל הרכיבים המבניים והחומרים המשמשים לתמיכה של המודולים ולעיגונם אל מערכת הגג.

### PV array system configuration 4

הסעיף חל בשינויים ובתוספות המפורטים להלן:

### Mechanical design .4

הסעיף אינו חל ובמקומו יחול:

#### 4.2 תכן מבני והתקנה מכנית

##### 4.2.1 כללי

סעיף זה מפרט דרישות כלהלן:

- דרישות לתכן מבני של מודולים ולהתקנתה המכנית על גגות של מבנים, לרבות כל משטחי הקירוי. דרישות אלה כוללות דרישות להתאמה לגג הקיים, לניקוז המים בגג הקיים, למאפייני החומרים, לאיטום הגג מפני חדירות מים ולעיגון מספק בהתאם לדרישות התקנות והתקנים הישראליים הרלוונטיים.
  - דרישות להתקנת המודולים על המבנה התומך (להלן: התושבת) שלה ובהתקנת התושבת על הגג.
  - דרישות בטיחות כדי להבטיח הגנת עובדים מפני נפילה מגובה, נגישות למודולים ומרווח ביטחון היקפי בגג מסביב למודולים.
- הוראות סעיף זה הן דרישות מינימום וחלות יחד עם הוראות היצרנים.
- סעיף זה מיועד לספק שיטות תכן והתקנה מומלצות לשימושם של מתקינים, יצרנים וקבלני גגות, מתכננים ויצרני המודולים.
- סעיף זה אינו מיועד להחליף חוקים, תקנות או תקנים קיימים לגבי התקנה מסוימת, או לבוא במקומם.

##### 4.2.2 סקר מקדים

לפני תכנון מערכת פוטו-וולטאית והתקנתה, יערוך המתכנן בדיקה כדי לוודא כי המבנה ורכיביו יציבים וחזקים דיים ומתאימים להתקנת המודולים עליהם על פי כל התקנות והתקנים הרלוונטיים. המתכנן יתעד את ממצאי הבדיקה בדו"ח הנדסי שיצורף לכל מסמכי התכן.

**הערה:**

משך חיי השרות המתוכנן של תושבת המודולים, יהיה, ברוב המקרים, ארוך מזה של קירווי הגג.

**4.2.3 חומרים**

**4.2.3.1 כללי**

החומרים המשמשים למבנה התושבת ולחיבורים בין המודול לתושבת, ובין התושבת לגג המבנה, יעמדו בפני השפעת תנאי הסביבה למשך חיי השירות המתוכננים של המודול, ללא צורך בתחזוקה. מוצרים על בסיס פולימרי או דבקים ייבדקו ויעמדו בדרישות התקן האמריקני UL 746.

**4.2.3.2 עמידות תרמית**

החומרים המשמשים במבנה ישמרו על שלמותם המבנית במהלך החשיפה התרמית הצפויה. האינדקס התרמי היחסי (RT) של כל החומרים הפולימריים המשמשים במבנה יהיה לפחות  $90^{\circ}\text{C}$  כמוגדר בתקן האמריקני UL 746. ההתנגדות התרמית של כל חומר פולימרי הבא במגע עם המודול תוגדר על ידי יצרן המודול.

**4.2.3.3 חומרי הדבקה**

**4.2.3.3.1 חומר להדבקה מבנית**

חומר ההדבקה יבטיח כי ההדבקה תהיה חזקה דיה לעמוד בהעמסה מבנית כמוגדר בסעיף 4.2.4 להלן. אורך החיים של חומרי ההדבקה יתאים למשך חיי השרות הצפוי של התושבת המקשרת את המודול לגג.

**4.2.3.3.2 חומר להדבקה שאינה מבנית (כגון זיגוג)**

החומר יעמוד בקריטריונים לגבי חומרי איטום היקפיים חיצוניים, כמתואר בסעיף 808.3 של התקן האמריקני AAMA 800.

**4.2.3.4 עמידות בשיתוך**

המודול, התושבת וכל אמצעי החיבור ביניהן, כגון: ברגים, אומים, דסקיות, יהיו מאלומיניום או מפלדה מגולוונת ויתאימו לתנאי הסביבה ולאורך חיי השרות המתוכננים (ראו גם סעיף 4.2.3.1). באזורים ימיים או בסביבה משתכת (קורוזיבית) אחרת, יש להתייעץ עם מומחה לקורוזיה. יש להביא בחשבון מקרים שבהם יהיה מגע בין מתכות שונות, כגון אלומיניום ופלדה, ולנקוט אמצעים מתאימים כדי למנוע נזקי שיתוך.

**4.2.3.5 דליקות**

החומרים המשמשים להתקנה מבנית של התושבת בגג יהיו לא דליקים. המודול, התושבת וחיבוריהם למבנה לא יפגעו בסיווג האש של מבנה הגג כולו.

**4.2.4 דרישות מבניות**

**4.2.4.1 שיקולי תכן**

יצרן התושבת והעיגון לגג יספק מערכת הנדסית מתוכנת ובדוקה מראש. המבנה, מידות הרכיבים, שיטת החיבור ואמצעי החיבור ייבדקו על-ידי המתכנן או על ידי מעבדה מאושרת.

#### 4.2.4.2. עומסים

המודול, התושבת והעיגון יעמדו בעומסים הצפויים על פי כל התקנות והתקנים הרלוונטיים.

#### 4.2.4.3. אמצעי חיבור

יובטח כי חיבורי המודול לתושבת וחיבורי התושבת לגג יהיו חזקים דיים, באחת מהדרכים האלה:  
- בדיקת התאמת הנתונים הטכניים במפרטי היצרן לדרישות החוזק של המחברים;  
- בדיקת מקטע מייצג לעומסי התכן הרלוונטיים הצפויים, באמצעות מעבדה מאושרת, כל זאת בהתאם לדרישות התקנים האמריקנים ASTM E 1830 או UL 1703.  
- ניתוח הנדסי של אמצעי החיבור על ידי המתכנן, בהתחשב בעומסים הרלוונטיים הצפויים, בשילובם ובמקדמי הבטיחות המתאימים.

#### 4.2.4.4. עיגון התושבת לגג

התושבת תעוגן לרכיבי הגג המבניים בלבד ותתוכנן לעמוד בעומסי הלחץ והיניקה המפורטים בדרישות התקנים הישראליים הרלוונטיים ת"י 412, ת"י 413 ות"י 414, ובעומסים המצויינים בנתוני היצרן. עומס לחץ היניקה לא יהיה קטן מ-1.5 ק"ג למ"ר.  
תכן המחברים ואבזרי העיגון יותאם לחומרים שמהם עשויים המחברים, רכיבי התושבת והגג. אין לחבר את התושבת לרכיבים שאינם מבניים, כגון: מעקה הבניין, שכבות בטון לשיפועים ולבידוד על הגג ושכבות קירוי של גגות.

#### 4.2.4.5. בדיקות

בודקים כי שיטות ההרכבה וההידוק מתאימות להמלצות היצרן, ולדרישות הנדסיות. אם מבנה המודול או החיבורים כוללים חריצים או חורי הרכבה רבים, יש לבדוק את מקומות העיגון ששטחי החתך בהם הם מינימליים והמאמצים המופעלים על העיגון הם מקסימליים.

#### 4.2.5. התקנה

##### 4.2.5.1. שילוב המודול בגג קיים

לפני תחילת ההתקנה על גג קיים יבחן המתקין את שלמות תשתית הגג והתאמתה לפתרון העיגון המתוכנן.  
המודול לא יותקן על תשתית פגומה כגון בטון חלש, סדוק או מתפורר, פלדה עם סימני קורוזיה, עץ עם פגמים או סימני ריקבון.

##### 4.2.5.2. איטום הגג

מקומות החדירה לתוך הגג ייאטמו מפני לחות. חומרים המשמשים לאטימת אבזרי ההידוק והתקני ההרכבה לגג יהיו עמידים מספיק כדי להבטיח אטימה מלאה מפני לחות לאורך חיי השרות הצפויים של מערכת פוטו-ולטאית המותקנת.  
בשילוב המודול בגג הקיים, יבטיחו חיפוי ואיטום הולמים ניקוז נאות של המים בגג.  
חומרי החיפוי והאיטום המשמשים למניעת חדירת מים יעמדו בדרישות התקן האמריקני ASTM D 7349.

##### 4.2.5.3. ניקוז, אורור וגישה למערכת פוטו-ולטאית המותקנת ולסביבתה

תכנון מערכת פוטו-ולטאית והתקנתה ימנעו ככל האפשר הצטברות של פסולת או של כל חומר אחר, העלולה לגרום חסימת החללים מתחת לתושבת או מסביבה, סכירת מים, הצטברות קרח או סכנת שרפה מסביב לתושבת.

נוסף על כך, יאפשר המודול גישה נאותה לצורך סילוק פסולת חוסמת העלולה להצטבר במשך חיי השרות ותחזוקה נאותה של מערכת פוטו-ולטאית .  
יצרן המודול יגדיר את גובה ההרכבה המינימלי שיאפשר את קבלת טמפרטורות התפעול המתוכננות.

#### **4.2.6. בטיחות**

##### **4.2.6.1. הגנה מפני נפילה מגובה**

כדי להבטיח הגנה מפני נפילת עובדים מגובה בעת ההתקנה והתחזוקה, יינקטו אמצעים כמפורט בדרישות תקנות הבטיחות בעבודה (עבודה על גגות ו/או עבודה בגובה).

##### **4.2.6.3. נגישות**

תובטח גישה נאותה למערכת פוטו-ולטאית לצורך התקנה, תפעול, בדיקה ותחזוקה. יש להשאיר מרווח פנוי מינימלי מסביב למערכת פוטו-ולטאית, על פי דרישות רשות הכבאות, כדי לאפשר גישה למתקינים, מתחזקים או שרותי חרום ומילוט לפי הצורך.

הגישה למערכת פוטו-ולטאית המותקנת מעל מפלס הגג תהיה באמצעות סולם קבוע, כמפורט בתקנות בטיחות בעבודה (עבודה בגובה).

## **Safety issues 5**

הסעיף חל בשינוי המפורט להלן :

### **5.2 Protection against electric shock**

הפסקה הראשונה בסעיף אינה חלה, ובמקומה יחול :  
כדי להבטיח הגנות נגד חישמול יינקטו צעדים כמפורט בדרישות חוק החשמל הישראלי ותקנותיו .

### **6 Selection and erection of electrical equipment**

הסעיף חל בתוספת המפורטת להלן :

לסעיף יוסף :

**6.201** נוסף על דרישות סעיף זה, ההתקנה תתבצע בהתאם לדרישות חוק החשמל הישראלי ותקנותיו.

### **9 Marking and documentation.**

הסעיף חל בתוספת המפורטת להלן :

#### **9.5 Documentation**

לסעיף יוסף :

##### **9.5.201 תיעוד עבור תכן מכני**

המידע המפורט להלן יסופק למזמין :

**9.5.201.1** דוח הנדסי הכולל את מסמכי התכן והסקר המקדים (ראו סעיף 4.2.2) ;

**9.5.201.2** . תוכניות המודול והתושבת, ופרטי התקנת המודול לתושבת

והתקנת התושבת לגג ;

- 9.5.201.3. פירוט העומסים שהמודול תוכנן לעמוד בהם ;
- 9.5.201.4. כוחות השליפה ובדיקת העיגון ;
- 9.5.201.5. המפרטים הטכניים של המודול שמספק היצרן ;
- 9.5.201.6. נתוני החומרים המשמשים במערכת פוטו-ולטאית ואישורים על עמידתם בדרישות התקן.
- 9.5.201.7. הפרטים הרלוונטיים להתקנה ספציפית, כגון : מיקום, תאריך, מידות ההתקנה, מין המבנה וגובהו, שיפוע הגג (בגג משופע), גיל חומרי הקירוי, מינם ומצבם.
- 9.5.201.8. הנחיות בטיחות, תחזוקה ותפעול.

טיוטה לת"י