

בידוד תרמי של בניינים: כללי

Thermal insulation of buildings: General

להערות הציבור

מסמך זה הוא הצעה בלבד

מכון התקנים הישראלי
The Standards Institution of Israel



תקן זה הוכן על ידי ועדת מומחים 11402 – נתונים של בידוד תרמי של חומרים ומערכות , בהרכב זה :
אביתר אראל , רחל בקר (יו"ר), שמואל חסיד , עמי מוזס , יגאל מנחמי , שלומי רוזנברג

עדה רויטגור ריכזה את עבודת הכנת התקן .

טיוטה

הודעה על רויזיה

תקן זה בא במקום

התקן הישראלי ת"י 1045 חלק 0 מינואר 2005

מילות מפתח:

בידוד תרמי , חיסכון באנרגייה , בניינים , התנהגות תרמית של מבנים , תכונות פיזיקליות .

Descriptors:

thermal insulation, energy conservation, buildings, thermal behaviour of structures, physical properties.

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 עדכוניו 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.

תוכן העניינים

1	הקדמה
1	1. תחום התקן
1	2. אזכורים
2	3. הגדרות
5	4. סמלים וקיצורים
7	5. חלוקת הארץ לאזורי אקלים
7	6. כללים לקביעת התנגדות תרמית אופיינית של אלמנטי מעטפת
8	7. העברות תרמית נפחית של דירה
8	8. העברות תרמית כוללת שקילה
8	9. מקדם רווח חום סולארי של מערכת זיגוג
8	נספח א - שיטות חישוב
13	נספח ב - טבלות מידע
18	נספח ג – תכונות מערכת זיגוג
19	רשימת מונחים

הקדמה

תקן זה הוא החלק הכללי בסדרת תקנים הדנים בדרישות הבידוד התרמי של בניינים בעלי ייעודים שונים .
חלקי הסדרה הם :

- ת"י 1045 חלק 0 - בידוד תרמי של בניינים : כללי
- ת"י 1045 חלק 1 - בידוד תרמי של בניינים : בתי מגורים
- ת"י 1045 חלק 2 - בידוד תרמי של בניינים : מוסדות חינוך
- ת"י 1045 חלק 3 - בידוד תרמי של בניינים : בנייני משרדים
- ת"י 1045 חלק 4 - בידוד תרמי של בניינים : בתי מלון
- ת"י 1045 חלק 5 - בידוד תרמי של בניינים : בתי חולים
- ת"י 1045 חלק 10 - בידוד תרמי של בניינים : סיווג ישובים לפי אזורי אקלים

1. תחום התקן

תקן זה מפרט נושאים כלליים הקשורים לדרישות מינימליות לבידוד תרמי בבניינים לפי ייעודם .
נושאים אלה הם : הגדרות , כללים לקביעת ההתנגדות התרמית האופיינית של אלמנטי מעטפת , מידע כללי על חומרי בנייה ושיטות חישוב .

2. אזכורים

תקנים ומסמכים המוזכרים בתקן זה (תקנים ומסמכים לא מתוארכים - מהדורתם האחרונה היא הקובעת) :

תקנים ישראליים

- ת"י 5 חלק 1 - בלוקי בטון : בלוקי קיר
- ת"י 751 - צמר מין רלי לבידוד : מוצרים מעוצבים
- ת"י 1045 על חלקיו - בידוד תרמי של בניינים
- ת"י 1068 חלק 2 - חלונות : חלונות אלומיניום
- ת"י 1229 חלק 1 - פלסטיק מוקצף קשיח לבידוד תרמי : לוחות
- ת"י 1229 חלק 3 - פלסטיק מוקצף קשיח לבידוד תרמי : קצף פוליאורתן מותז
- ת"י 1375 - שיטות מעבדות ל קביעת ההתנגדות התרמית האופיינית של רכיבי בניין
- ת"י 1414 חלק 1 - מערכות בידוד תרמי בבניינים : מערכת טיח תרמי חיצוני
- ת"י 1414 חלק 2 - מערכות בידוד תרמי בבניינים : מערכת טיח תרמי פנימי
- ת"י 5068 - מערכות זיגוג בבניינים - סימון בתווית אנרגי יה
- ת"י 5375 - שיטות חישוביות לקביעת התנגדות תרמית אופיינית של קירות בני
- ת"י 5450 - בידוד תרמי - שיטה לבדיקת מוליכות תרמית של חומרים

מפרטי מכון התקנים הישראלי

- מפמ"כ 429 חלק 1 - מערכת בידוד תרמי לחללי גגות , המורכבת מיריעת בועות מפוליאטילן מחופה ברדיד אלומיניום : תכונות , שיטות בדיקה ודרישות
- מפמ"כ 429 חלק 2 - מערכת בידוד תרמי לחללי גגות , המורכבת מיריעת בועות מפוליאטילן מחופה ברדיד אלומיניום : התקנה

תקנים בין-לאומיים

- ISO 15099-2003 - Thermal performance of windows, doors and shading devices – Detailed calculations

תקנים לאומיים

- DIN V 4108-4 - 2007 - Thermal insulation and energy economy in buildings - Part 4: Hygrothermal design values
- DIN 52612 part 2 - 1984 - Testing of thermal insulating materials: Determination of thermal conductivity by means of the guarded hot plate apparatus, conversion of the measured values for building application

מסמכים זרים

- ASHRAE 2005 - Handbook - Fundamentale

3. הגדרות

הגדרות אלה כוחן יפה בסדרת תקנים זו :

1.3. אלמנט הפרדה

קיר, רצפה, או תקרה המפרידים בין דירות לחללים סגורים שאינם מחוממים או מקררים.

2.3. אלמנט מעטפת

אלמנט בניין המפריד בין פנים הבניין לבין החוץ או לבין חללים סגורים שאינם מחוממים או מקוררים.

3.3. אלמנט מעטפת סופג

אלמנט מעטפת שכושר הספיגה של הפן הפנימי שלו (הפונה אל חלל הדירה) גדול מ- 130 ג' מים לשעה למ"ר, ושכבת הפנים שלו (עד לעומק 1.5 ס"מ מפני השטח) מסוגלת לספוג לפחות 1500 ג' מים למ"ר עד לרוויה. נכללים בסוג זה אלמנטים כגון: אלמנטי מעטפת מבטון, מאבן או מבלוקים, המטויחים מעברם הפנימי בשכבת טיח פנים על בסיס סיד- צמנט, שעובייה הממוצע 1 ס"מ לפחות, או אלמנטי מעטפת העשויים לוחות גבס; כל זאת בתנאי ש כל האלמנטים המוזכרים לעיל אינם מצופים בטפט פי- וי- סי עבה, בצבע שמן או באריחי קרמיקה מזוגגים.

4.3. אלמנט מעטפת לא- סופג

אלמנט מעטפת שאינו עומד בתנאי ההגדרה לאלמנט סופג (הגדרה 3.2), לרבות אלמנט מעטפת אטום.

5.3. אלמנט מעטפת אטום

אלמנט מעטפת שכושר הספיגה של הפן הפנימי שלו (הפונה אל חלל הדירה) קטן מ- 50 ג' מים לשעה למ"ר, או/וגם ששכבת הפנים שלו (עד לעומק 1.5 ס"מ מפני השטח) מסוגלת לספוג פחות מ- 1500 ג' מים למ"ר.

נכללים בסוג זה כל האלמנטים המצופים בטפט פי- וי- סי עבה, בצבע שמן או באריחי קרמיקה מזוגגים.

6.3. בנייה קלה

בניית בניין או חלק ממנו, אשר ב- 70% לפחות משטח האלמנטים שבו, המסה ליחידת שטח בחתכים האופייניים היא כלהלן:

- בקירות חוץ: קטנה מ- 50 ק"ג למ"ר;
- ברצפות או בתקרות: קטנה מ- 250 ק"ג למ"ר.

7.3. גשר תרמי

אזור באלמנט בניין, שחתכו שונה מהחתך האופייני לאלמנט, ושההתנגדות התרמית האופיינית שלו קטנה מהנדרש בחלקי סדרת התקנים ת"י 1045, לפי העניין. טמפרטורת המשטח הפנימי באזור הגשר התרמי נמוכה בחורף מזו שביתר אזורי האלמנט, ובקיץ היא גבוהה מזו שביתר אזורי האלמנט.

8.3. התנגדות תרמית אופיינית (r) [מ"ר·ק' לוט]

ההתנגדות בחתך אופייני של אלמנט בניין, שעו ביו נתון, למעבר חום ליחידת שטח העובר בין משטחו החיצון לבין משטחו הפנימי, כשההתנגדות היא לכל מעלת קלווין של ההפרש בין הטמפרטורות של משטחים אלה. הערך החישובי של התנגדות זו מתקבל כאשר מובאת בחשבון תכולת המים בחומר בעת השימוש בו (ראו נספח א).

9.3. התנגדות תרמית כוללת (R) [מ"ר·ק' לוט]

ההתנגדות הכוללת של אלמנט בניין, שעוביו נתון, למעבר חום ליחידת שטח העובר בין האוויר שמשני צידיו (הפנימי והחיצון), לכל מעלת קלווין של הפרש הטמפרטורה של האוויר שמשני צדדים אלה. התנגדות זו היא ההופכי של ההעברות התרמית הכוללת (הגדרה 3.14) $[R=1/U]$.

01.3. התנגדות תרמית כוללת שקילה (R_m) [מ"ר·ק' לוט]

ההתנגדות התרמית הכוללת השקילה של אלמנט מעטפת המורכב מכמה חלקים, שההתנגדותם התרמית האופיינית שונה, הנמצאים זה ליד זה,

11.3. התנגדות תרמית פניית $(1/h)$ [מ"ר·ק' לוט]

ההופכי של ההעברות התרמית הפניית, כאשר:
 $1/h_{si}$ - ההתנגדות התרמית הפניית הפנימית;
 $1/h_{se}$ - ההתנגדות התרמית הפניית החיצונית.

21.3. חלון

חלק ממעטפת הבניין המעביר אור.

31.3. יחידת זיגוג

כמוגדר בתקן הישראלי ת"י 5068. רכיב של מערכת זיגוג העשוי זכוכית, פלסטיק או כל חומר אחר שדרכו יכול לעבור אור, ושחלים עליו תקנים שניתן לבדוק לפיהם את תכונותיו התרמיות והאופטיות.

41.3. מערכת זיגוג

כמוגדר בתקן הישראלי ת"י 5068. מערכת במעטפת החיצונית של בניין הכוללת יחידת זיגוג אחת או יותר, ויכולה לכלול גם מסגרת, פרופילי חלוקה (פרופילים המחלקי את השמשה) ואמצעי הצללה אינטגרלי.

51.3 . מוליכות תרמית (λ) [וט ל (מ"ר-ק')]

קצב מעבר החום העובר דרך שכבת חומר אחיד שעובייה 1 מ', לכל מעלת קלוין של ההפרש בין הטמפרטורות של משטחיה החיצוניים .
הערך החישובי של מוליכות זו מתקבל כאשר מובאת בחשבון תכולת המים בחומר בעת השימוש בו (ראו נספח א).

61.3 . העברות תרמית כוללת (U) [וט ל (מ"ר-ק')]

קצב מעבר החום ליחידת שטח אופייני של אלמנט מעטפת , שעוביו נתון , לכל מעלת קלוין של ההפרש בין טמפרטורת האוויר בצידו החיצון לבין טמפרטורת האוויר בצידו הפנימי .

71.3 . העברות תרמית כוללת שקיל $(U_m)^{(1)}$ [וט ל (מ"ר-ק')]

ההעברות התרמית הכוללת השקילה של צירוף אלמנטי מעטפת בעלי מוליכות תרמית כוללת שונה .

81.3 . העברות תרמית נפחית (G) [וט ל (מ"ר-ק')]

קצב מעבר החום מהדירה או אל הדירה , לכל 1 מ"ק של נפח האוויר ב דירה ולכל מעלת קלוין של ההפרש שבי ן הטמפרטורה של אוויר פנים הדירה לבין הטמפרטורה של האוויר מחוץ לדירה .

91.3 . העברות תרמית פנית (h) [וט ל (מ"ר-ק')]

קצב מעבר חום ליחידת שטח העובר בין אלמנט לבין האוויר הגובל בו , לכל מעלת קלוין של ההפרש שבין טמפרטורת פני האלמנט לבין טמפרטורת האוויר .

ההעברות התרמית הפ נית יכולה להיות העברות תרמית פנית פנימית (h_{si}) או העברות תרמית פנית חיצונית (h_{se}) .

02.3 . מחסום אדים

שכבה רציפה בקיר או בתקרה , המשמשת להפחתת מעבר של אדי מים דרך אלמנט מהצד הלח יותר (והחם בדרך כלל) אל הצד היבש יותר (והקר בדרך כלל) .

התנגדות השכבה למעבר אדי המים אינה קטנה מההתנגדות של שכבת פוליאטילן בעובי 0.15 מ"מ, היינו 220×10^{-4} מ"ר • שני • מ"מ כספית ל- ג' .

12.3 . העברות אור נראה

החלק היחסי מקרינת השמש בתחום הנראה , העובר דרך השמשה .

22.3 . מקדם רווח חום סולארי (SHGC)⁽¹⁾

היחס בין רווח החום הסולרי הכולל ליחידת שטח של מערכת זיגוג כתוצאה מפגיעת קרינת השמש בה , לבין שטף הקרינה הפוגעת .

⁽¹⁾ בתקנים הישראליים ת"י 1045 חלקים 2, 3, 4, 5 קיים שוני במספר מונחים וסימן :

- המונח U_m - מוליכות תרמית כוללת שקילה (הגדרה 3.17), מנוסח באופן שונה ;
 - המונח SC - מקדם רווח חום סולארי (הגדרה 3.22), מסומן ומוגדר באופן שונה .
- המונחים והסימון ישונו כאשר תיערך רוויזיה לחלקים הנזכרים בסידרת התקנים ויותאמו לאלה המשמשים בחלק זה .

הערה :

בתקנים ה ישראליים ת"י 1045 חלקים 2, 3, 4, 5 המונח – מקדם רווח חום סולארי (SC), מוגדר כלהלן :
היחס בין הספקי רווח החום הסולארי העובר דרך שמש החלון (שעבורה נקבע המקדם כתוצאה מפגיעת קרינת שמש ניצבת), לבין הספקי רווח החום הסולארי העובר דרך שמש ייחוס (שמש מזכוכית בהיר ה בעובי 3.2 מ"מ).

32.3. מרווח אוויר סגור

חלל אוויר סגור מכל צדדיו (שאינו בו תחלופה של אוויר עם אוויר הסביבה), שממדו בכיוון שטף החום העיקרי אחיד וקטן באופן ניכר משני ממדיו האחרים.

42.3. קיבול חום סגולי (c) [קג"ל⁽²⁾ / (ק"ג·ק)]

כמות החום בקג"ל הדרושה לחימום 1 ק"ג של חומר במעלת קלוין אחת.

52.3. קיר

חלק מעטפת שאינה מעביר אור ואינה ניתנת לפתיחה, למעט חלק המעטפת הבנוי מלבני זכוכית.

62.3. רווח חום סולארי (וט למ"ר)

קצב מעבר חום ליחידת שטח שמקורו בקרינת השמש, המגיע אל חלל הבניין דרך מערכת הזיגוג.

72.3. רצפה צמודה לקרקע

רצפה אשר גובה פניה (למעט מילוי וריצוף) מעל פני הקרקע הסופיים אינו גדול מ-60 ס"מ, ואשר תחתיות קורות היסוד שלה נמצאות מתחת לפני הקרקע הסופיים.

82.3. תקרה מתחת לחללי גג

תקרה שמעליה חלל סגור שאינו משמש למגורים, המקורה בכיסוי קל, כגון רעפים או לוחות גליים, לרבות תקרת תותב.

92.3. תקרה עליונה

כל תקרה אופקית או משופעת שאינה מעליה חלל סגור, כגון תקרת גג ותקרה שמעליה מרפסת.

4. סמלים וקיצורים

להלן פירוט הסמלים והקיצורים המשמשים בתקן :

- A - שטח אלמנט המעטפת (מ"ר);
- a,b - מקדמי כיוון לחישוב גורם ההשפעה של מצלילים;
- c - קיבול חום סגולי [קג"ל / (ק"ג·ק)];
- d - עובי שכבה אחת באלמנט (מ');
- e - המרחק בין שמשות מערכת זיגוג למצליל;
- f_h - גורם השפעת ההצללה של מצליל עילי;

(2) קג"ל – קילוג'ול.

- f_v גורם השפעת ההצללה של מצליל צידי ;
- G העברות תרמית נפחית [וט ל (מ"ק"י)] ;
- H גובה מערכת הזיגוג ;
- h העברות תרמית פנית [וט ל (מ"ק"י)] ;
- h_{si} העברות תרמית פנית פנימית [וט ל (מ"ק"י)] ;
- h_{se} העברות תרמית פנית חיצונית [וט ל (מ"ק"י)] ;
- p כיוון אלמנטי מעטפת הבניין ;
- k מציין של אלמנט קיר (לרבות גשרים תרמיים , שלד וכיוצא בהם) ;
- L רוחב המצליל ;
- ℓ מספר הקבוצה של מערכות הזיגוג ;
- m מספר השכבות ש- λ ו- d שלהן ידועים ;
- N מספר תחלופות אוויר (תחלופות בשעה) ;
- n מספר השכבות ש- r שלהן ידוע ;
- $OF^{(3)}$ גורם כיוון (לתיקון הסטייה מה צפון) ;
- R התנגדות תרמית כוללת (מ"ק"י לוט) ;
- r התנגדות תרמית אופיינית (מ"ק"י לוט) ;
- R_m התנגדות תרמית כוללת שקילה (מ"ק"י לוט) ;
- $SHGC$ מקדם רווח חום סולארי של מערכת הזיגוג ;
- t מציין של אלמנט תקרה (לרבות שלד) ;
- U העברות תרמית כוללת [וט ל (מ"ק"י)] ;
- U_m העברות תרמית כוללת שקילה [וט ל (מ"ק"י)] ;
- V נפח הדירה (מ"ק) ;
- W רוחב מערכת הזיגוג ;
- w מציין של אלמנט מערכת הזיגוג ;
- Z מקדם תיקון לתכולת הרטיבות האופיינית ;
- z, i, j מספר סידורי של שכבה , של חלק מאלמנט או של אלמנטי מעטפת הבניין (מ-1 עד z) ;
- λ מוליכות תרמית [וט ל (מ"ק"י)] ;
- ρ מסה מרחבית היבשה בתנור (ק"ג למ"ק).

(3) לפי קביעת האקדמיה ללשון העברית , המונח העברי הוא : מקדם מְכוֹן .

5. חלוקת הארץ לאזורי אק לים

- קביעת דרישות הבידוד התרמי נעשית לפי אזור האקלים שהבניין נמצא בו .
- חלוקת הארץ לאזורי אקלים תהיה כמפורט בתקן הישראלי ת "י 1045 חלק 10, כלהלן :
- אזור א - אזור רצועת החוף ;
- אזור ב - אזור מישור החוף והשפלה , הנגב (למעט הר הנגב), העמקים הצפוניים ומקומות אחרים ;
- אזור ג - אזור ההר ;
- אזור ד - אזור בקעת הירדן והערבה .

- רשימת היישובים והאזורים שאליהם הם שייכים מובאת בטבלה 1 שבתקן הישראלי ת "י 1045 חלק 10.
- נוסף על החלוקה המפורטת לעיל , בחלקים שונים של סדרת התקנים ת "י 1045 קיימת חלוקה משנית , כלהלן :
- אזור ד 1 - דרומה מעמק בית שאן ;
- אזור ד 2 - עמק בית שאן וצפונה ממנו .

6. כללים לקביעת התנגדות תרמית אופיינית של אלמנטי מעטפת

- 1.6. ההתנגדות התרמית האופיינית המינימלית של אלמנטי המעטפת , לפי סוג האלמנט , לפי המסה של האלמנט ליחידת שטח ולפי אזור האקלים , בבנייה קלה ושאינה קלה , תהיה כנקוב בטבלות הדרישות שבתקני סדרת ת "י 1045.
- מסת הקיר נקבע ת בתנאי תכולת רטיבות של החומרים כמפורט בנספח א ו/או לפי התקן הגרמני DIN 52612 part 2 - 1984.
- 2.6. לצורך קביעת דרישה להתנגדות תרמית אופיינית בקירות חוץ שכבתיים , שבהם שכבת הבידוד התרמי נמצאת בצד הפנימי , מתחשבים רק ב -50% מהמסה של השכבות שמחוץ לשכבת הבידוד של הקיר .
- 3.6. בבניין שיש לו כמה ייעודים (כגון חלק המיועד למסחר וחלק המיועד מגורים) יעמדו אלמנטי המעטפת של כל חלק בדרישות המפורטות בתקני סדרת ת "י 1045 עבור בניינים לייעוד זה .
- 4.6. אלמנטי מעטפת ששיפועם כלפי קו אופקי גדול מ- 60° ייחשבו קי רות. אלמנטי מעטפת ששיפועם קטן מ- 60° כלפי קו אופקי ייחשבו תקרות עליונות .
- 5.6. בקיר צמוד קרקע , אין דרישה להתנגדות התרמית האופיינית המינימלית של חלק הקיר המתחיל מעומק 2 מ' מתחת לפני הקרקע המתוכננים , ונמשך הלאה לעומק .
- 6.6. על קירות עם מרווח אוויר חלות הדרישות האלה :
- כשמרווח האוויר שבקיר סגור , מתחשבים בכל שכבות הקיר לחישוב המסה ליחידת שטח של הקיר וההתנגדות התרמית האופיינית שלו .
 - כשמרווח האוויר שבקיר (כגון כיס גרירה) אינו סגור , המשקל ליחידת שטח של הקיר וההתנגדות התרמית האופיינית שלו מתייחסים רק לשכבות שבצד הפנימי של הקיר . הדרישה לשכבות אלה תהיה כנדרש מהקיר כולו .
- 7.6. עבור תקרה מתחת לחללי הגג אין לכלול בתוך מסת התקרה את כיסוי הגג .
- בחישוב ההתנגדות התרמית האופיינית של התקרה מתחשבים ברכיבי התקרה עצמה על שכבותיה (ולא בחלל הגג ובכיסוי הגג , למעט במקרים של תקרה שמעליה חלל גג , שבו משתמשים ברדיד אלומיניום . במקרה זה מותר להביא בחשבון את ההתנגדות התרמית השקילה של חלל הגג (ראו נספח ב , טבלה ב-3).

8.6. שיטות החישוב של ההתנגדות התרמית האופיינית מפורטות בנספח א - שיטות חישוב .

7. העברות תרמית נפחית של דירה

שיטה לחישוב ההעברות התרמית הנפחית (G) תהיה כ מפורט בנספח א .
 בחישוב ההעברות התרמית הנפחית (G) מביאים בחשבון את התרומה של אלמנטי המעטפת של הבניין ושל תחלופת האוויר בדירה , בעיקר דרך החריצים שמסביב לאלמנטים המותקנים בפתחים שלה .
 ההעברות התרמית הנפחית (G) של הדירה תהיה כמפורט בתקן הישראלי ת "י 1045 חלק 1.
 ההעברות התרמית הנפחית (G) מחושבת עבור כל דירה בנפרד . מחשבים את העברות התרמית הנפחית עבור כל חלל הדירה בש למותו תוך התייחסות לכל אלמנטי המעטפת שלה (למעט קירות ותקרות הפרדה בין הדירות) .

הערה :

את נפח האוויר בדירה בעלת כמה מפלסים מחשבים כסכום הנפחים של כל המפלסים .

8. העברות תרמית כוללת שקילה

שיטה לחישוב ההעברות התרמית הכוללת השקילה (U_m) תהיה כ מפורט בנספח א .
 לצורך בדיקת ההעברות התרמית הכוללת השקילה (U_m) , מתייחסים לכל אלמנטי המעטפת האנכיים , כגון : קירות , חלונות ודלתות .
 ההעברות התרמית הכוללת השקילה תתאים לדרישות המפורטות בתקני סדרת ת "י 1045, לפי העניין .

9. מקדם רווח חום סולארי של החלון

- 1.9. מקדם רווח החום הסולארי של החלון יתאים לדרישות המפורטות בתקני סדרת ת "י 1045, לפי העניין .
- 2.9. הדרישות הן אחידות לכל אזורי האקלים בארץ .
- 3.9. שיטת החישוב של מקדם רווח החום הסולארי (SHGC) מפורטת בנספח א .
- 4.9. דוגמות לנתונים של מקדם רווח חום סולארי של החלונות ראו בטבלה ג-1 שבנספח ג.

נספח א - שיטות חישוב

(נורמטיבי)

א-1. חישוב ההתנגדות התרמית האופיינית של אלמנטים

מחשבים את ההתנגדות התרמית האופיינית (r) שבחלק רוחב של אלמנט הבניין, המורכב משכבות של חומרים שונים, לפי הנוסחה:

$$r = \sum_{j=1}^n r_j + \sum_{i=1}^m \frac{d_i}{\lambda_i} \quad (1)$$

כאשר:

א-1.1 קובעים את המוליכות התרמית החישובית של חומרים (λ) כלהלן:

א-1.1.1 לפי טבלה ב-1 שבנספח ב⁽⁴⁾.

ערכי המוליכות התרמית החישובית (λ) נקבעו על בסיס טמפרטורה ממוצעת 10°C והם כוללים מקדם תיקון לתכולת הרטיבות כנדרש בסעיף א-1.1.2.

א-1.1.2 לחומרים שאינם מוזכרים בטבלה ב-1(I) או לחומרים שיש להם ערכים אחרים מן המצוין בטבלה - לפי תוצאות בדיקה של מעבדה מאושרת⁽⁵⁾, בהתאם לדרישות התקן הישראלי ת"י 5450.

בבדיקה מודדים את הערכים של החומר כשהוא במצב יבש בתנור. מחשבים את הערך החישובי של λ על ידי כפל הערך המדוד של λ במקדם התיקון $(1+Z)$ לתכולת הרטיבות האופיינית. את Z קובעים לפי התקן הגרמני DIN 52612 part 2 - 1984 או לפי תוצאות מחקר של מוסד מחקר מוכר.

א-1.2 קובעים את הערך החישובי של ההתנגדות התרמית (r) כלהלן:

א-1.2.1 לקירות בניין לפי אחת האפשרויות האלה:

- תוצאות בדיקה ובהתאם לדרישות התקן הישראלי ת"י 1375; או

- השיטה החישובית כמפורט בת"י 5375; או

- לפי טבלה א-1 שבנספח א בתקן הישראלי ת"י 5 חלק 1, כאשר r שווה כינוי ההתנגדות התרמית מחולק ל-100.

התוצאות המתקבלות בשיטות שונות המפורטות לעיל בדרך כלל אינן זהות. מסיבה זאת כאשר מתקבלות תוצאות שונות, הערך הקובע הוא זה שהתקבל בבדיקה בהתאם לדרישות התקן הישראלי ת"י 1375.

א-1.2.2 לאלמנטים העשויים משכבות - לפי נתוני החומרים המרכיבים את השכבות ולפי נוסחה (1) שבנספח זה.

(4) הערכים שבטבלה נקבעו לפי התקן הגרמני DIN 4108 part 4-2007, או במעבדה מאושרת⁽⁵⁾.

(5) מעבדה מאושרת - מכון התקנים הישראלי או מי שאושר על ידי הממונה על התקינה, על פי סעיף 12(א) של חוק התקנים תשי"ג-1953, לבדוק את המוליכות התרמית של החומרים או ההתנגדות התרמית האופיינית של קירות הבניין ולתת תעודת בדיקה על כך.

א- 1.2.3. לאלמנטים הכוללים מרווח אוויר סגור (ראו הגדרה 3.2.2) תהיה ההתנגדות התרמית האופיינית של מרווח זה כנק וב בטבלה ב-4. חילופי החום במרווח אוויר סגור הם בעיקר בהסעה ובקרינה. התכונה הקובעת היא ההתנגדות התרמית השקילה, ואין אפשרות לחשבה באמצעות עובי השכבה וההעברות התרמית שלה.

א-2. חישוב ההעברות התרמית הנפחית של דירה

מחשבים את ההעברות התרמית הנפחית (G) של דירה בבניין לפי הנוסחה:

$$G = \frac{\sum_{j=1}^z \frac{A_k}{R_{mkj}} + \sum_{j=1}^z \frac{A_w}{R_{mwj}} + \sum_{j=1}^z \frac{A_t}{R_{mtj}}}{V} + 0.3N \quad (2)$$

כאשר:

0.3 - קיבול החום הנפחי של האוויר [וט · שעה ל (מ"ק · ק')]

V - נפח האוויר בדירה המחושב על פי מידות נטו

לצורך חישוב ההעברות התרמית הנפחית (G) מניחים שאין מעבר חום בין דירות סמוכות.

לצורך חישוב ההעברות התרמית הנפחית (G) בדירה הסמוכה לתא סגור שאינו מחומם או מקורר, כגון מחסן או חדר מדרגות סגור, יש להתחשב במעבר החום דרך אלמנט ההפרדה (הקיר המשותף או הרצפה המשותפת), אך מותר להביא בחשבון את מחצית השטח (אין הקלה זו חלה על תקרה מתחת לחלל גג). כשמחשבים את המוליכות התרמית הנפחית של קיר עם כיס גרירה, מביאים בחשבון את כל שטח הקיר.

א-2.1. מחשבים את ערכי (R_{mk}) ו- (R_{mt}) כלהלן:

לכל חלק אופייני באלמנט מחשבים את ההתנגדות התרמית הכוללת (R) כתלות בסוג האלמנט (ראה טבלה ב-2 ולפי ו לפי הנוסחה):

$$R = r + \left(\frac{1}{h_{si}} + \frac{1}{h_{se}} \right) \quad \text{או} \quad R = r + \left(\frac{1}{h_{si}} + \frac{1}{h_{si}} \right) \quad (3)$$

הערה:

מוליכות תרמית פנימית $(1/h_{si})$ קובעים כלהלן:

- לאזור דזורימת חום אל תוך הדירה;

- לאזורים אחרים דזורימת חום מן תוך הדירה חוצה.

מחשבים את ההתנגדות התרמית הכוללת השקילה (R_m) של אלמנט המורכב מחלקים אחדים אופייניים לפי הנוסחה:

$$R_m = \frac{\sum_{j=1}^z A_j}{\sum_{j=1}^z \frac{A_j}{R_j}} \quad (4)$$

המידות של קירות, גגות ותקרות לחישובי שטח נמדדות בין צירי האלמנטים הניצבים.

א-2.2. שטחי מערכת הזיגוג והדלתות יחושבו לפי מידות פתחי הבנייה שמערכת הזיגוג או הדלת מותקנת בהם.

הערה: מערכת הזיגוג או הדלת כוללת את כל רכיבי המסגרת הניידת או הקבועה.

א-2.3. קובעים את הערכים של ההתנגדות התרמית השקילה של מערכת הזיגוג (R_{mw}) לפי תוצאות בדיקה

בהתאם לדרישות התקן הבין-לאומי ISO 15099-2003 או תקן ישראלי ת"י 5068.

דוגמות לערכים של ההתנגדות התרמית של מערכת הזיגוג ראו בטבלה ג-1 שבנספח ג.

א-2.4. קובעים את N לפי ההנחיות הכלליות שלהלן (ניתן לקבוע קביעה מדויקת יותר בהתבסס על

בדיקות):

$N = 0.8$, אם אטימות הפתחים היא כמו זו של מערכת הזיגוג עם מסגרת אלומיניום מסוג E, כמוגדר בתקן הישראלי ת"י 1068 חלק 2, או טובה יותר.

$N = 0.9$, אם אטימות הפתחים פחותה מזו של מערכת זיגוג עם מסגרת אלומיניום מסוג E אך אינה פחותה מזו של מערכת זיגוג עם מסגרת אלומיניום מסוג C, כמוגדר בתקן הישראלי ת"י 1068 חלק 2 (כגון חלונות מסוג C ו-D).

$N = 1.0$, אם אטימות הפתחים פחותה מזו של מערכת זיגוג עם מסגרת אלומיניום מסוג C אך אינה פחותה מזו של מערכת זיגוג עם מסגרת אלומיניום מסוג A, כמוגדר בתקן הישראלי ת"י 1068 חלק 2 (כגון חלונות מסוג A ו-B).

$N = 2.0$, אם אטימות הפתחים היא בינונית, כגון מערכת זיגוג סובבת סגורה היטב, אך בלא איטום בפס ספוג.

$N = 3.0$, אם אטימות הפתחים היא גרועה, כגון מערכת זיגוג עם מסגרת עץ להזזה אל תוך הקיר. מערכות זיגוג אלה אינן מומלצות לשימוש מבחינת החיסכון באנרגיה.

א-3. חישוב ההעברות התרמית הכוללת השקילה⁽¹⁾

מחשבים את ערך ה העברות התרמית הכוללת השקילה (U_m) לפי הנוסחה:

$$U_m = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{A_{ki}}{R_{mki}} + \sum_{i=1}^n \frac{A_{wi}}{R_{mwi}}}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (5)$$

א-3.1. מחשבים את ההתנגדות התרמית הכוללת השקילה (R_{mk}) של קיר לפי נוסחה (4) בסעיף א-2.1.

א-3.2. קובעים את הערכים של ההתנגדות התרמית הכוללת השקילה של מערכת זיגוג (R_{mw}) לפי סעיף א-2.3.

א-3.3. בחישוב ההעברות התרמית הכוללת השקילה (U_m) של קירות הפרדה, מותר לחשב את מחצית שטח הקירות (A_{ki}) במונה נוסחה (5).

א-4. חישוב מקדם רווח החום הסולארי (SHGC)⁽¹⁾

בחישוב מקדם רווח החום הסולארי קובעים את ערכי גורם הכיוון (OF) וגורמי השפעת ההצללה של מצליל עילי (f_h) או מצליל צידי (f_v) כמפורט להלן.

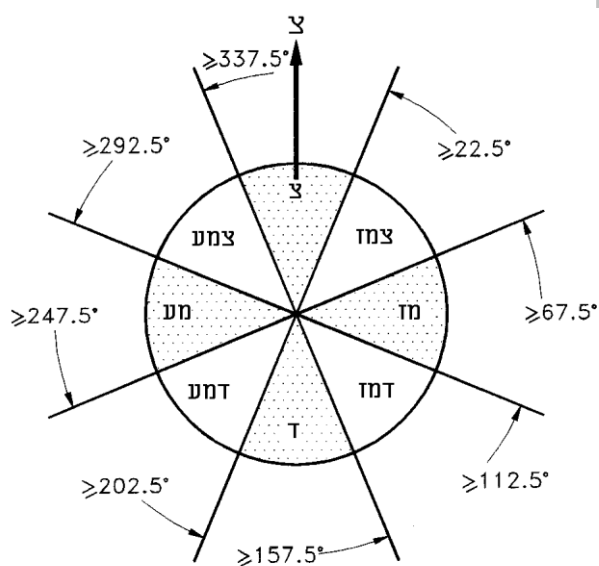
קובעים את הערכים של מקדם רווח החום הסולארי לפי התקן הישראלי ת"י 5068.

דוגמות לערכים של מקדם רווח החום הסולארי של מערכת זיגוג - ראו בטבלה ג-1 שבנספח ג.

א-4.1. קובעים את ערכו של גורם הכיוון (OF) לפי טבלה א-1.

טבלה א - 1 - גורם הכיוון (OF)

הכיוונים (א)								גורם הכיוון
צמז (NW)	מע (W)	דמע (SW)	ד (S)	דמז (SE)	מז (E)	צמז (NE)	צ (N)	
1.4	1.75	1.45	1.12	1.45	1.75	1.4	1.0	OF _p
הערה לטבלה :								
(א) הכיוונים מוגדרים בציר א - 1.								



ציור א - 1 - הגדרת כיוונים לשימוש בט בלות א - 1 ו-א - 2

א- 4.2. אם קיימים מצלילים מחשבים את גורם ההשפעה שלהם לפי נוסחות אלה :
מצליל עילי ⁽⁶⁾ (ראו ציור א - 2) :

$$f_h = 1 + a_1 \cdot \frac{L}{H} + a_2 \cdot \frac{e}{H} \cdot \frac{L}{H} \quad (8)$$

מצליל צידי ⁽⁷⁾ (ראו ציור א - 3) :

$$f_v = 1 + b_1 \cdot \frac{L}{W} + b_2 \cdot \frac{e}{W} \cdot \frac{L}{W} \quad (9)$$

⁽⁶⁾ מקובל בפי אנשי המקצוע : overhang.

⁽⁷⁾ מקובל בפי אנשי המקצוע : side fin.

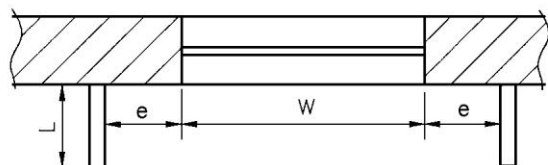
כאשר מערכת הזיגוג אינה סימטרית ביחס למצלילים, משתמשים לצורך החישובים בממוצעים של "e" ו-"L".

כאשר בחישוב מתקבל ערך שלילי (קטן מ-0) הגורמים f_h ו- f_v יישוו ל-0, וכאשר בחישוב מתקבל ערך השווה 1 או גדול ממנו - יישוו הגורמים ל-1.

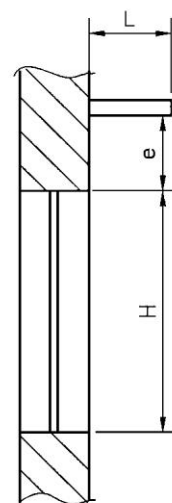
הערכים של a ו-b בכיוון (p) הניצב לחלון נקובים בטבלה א-2.

טבלה א-2

הכיוונים (א)								מקדם הכיוון (א)
צמז (NW)	מע (W)	דמע (SW)	צ (S)	דמז (SE)	מז (E)	צמז (NE)	צ (N)	
-0.23	-0.33	-0.52	-0.89	-0.52	-0.33	-0.23	-0.11	a_1
0.22	0.30	0.40	0.52	0.40	0.30	0.22	0.09	a_2
-0.22	-0.08	-0.33	-0.52	-0.33	-0.08	-0.22	-0.23	b_1
0.35	0.10	0.30	0.30	0.30	0.10	0.35	0.19	b_2
הערה לטבלה:								
(א) הכיוונים מוגדרים בציור א-1.								



ציור א-3 - מצליל צידי



ציור א-2 - מצליל עילי

נספח ב - טבלות מידע
(נורמטיבי)

טבלה ב - 1 - תכונות תרמיות של חומרי בנייה שונים

מס'	החומר	המסה המרחבית (ρ) (ק"ג למ"ק)	מוליכות תרמית חישובית (λ) (וט ל (מי · ק"ג))	קיבול חום סגולי (c) (ק"ג"ל ל (ק"ג · ק"ג))
1	טיח, מלט וכדומה			
1.1	מלט סיד - צמנט	1800	0.87	0.86
1.2	מלט צמנט	2000	1.40	0.90
1.3	מלט גבס - סיד, מלט גבס	1400	0.70	1.08
1.4	טיח גבס בלא אגרגאט	1200	0.35	1.08
1.5	מסטיק אספלט בעובי גדול			
	מ"מ - 7	2000	0.70	
1.6	מ"מ - 15	2300	0.90	1.66
1.7	ביטומן	1100	0.17	
2	בטון			
2.1	בטון רגיל עם אגרגאט רגיל ועם חול קוורץ	2400	2.10	0.97
2.2	בטון תאי מאושפר באוטוקלב	301 - 374 450 - 375 500 - 451 570 - 501 650 - 571	0.14 0.15 0.16 0.17 0.20	0.97
2.3	בטון עם אגרגאט רגיל בלא אגרגאט דק	1600 1800 2000	0.81 1.10 1.40	0.97
2.4	בטון עם אגרגאט קל בלא אגרגאט דק	600 700 800 1000 1200 1400 1600 1800 2000	0.22 0.26 0.28 0.36 0.46 0.57 0.75 0.92 1.20	0.97
2.5	בטון עם אגרגאט קל חפף (א)	500 600 700 800 900 1000 1200	0.15 0.18 0.20 0.24 0.27 0.32 0.44	0.97

(המשך הטבלה בעמוד הבא)

טבלה ב - 1 - תכונות תרמיות של חומרי בנייה שונים (המשך)

מס'	החומר	המסה המרחבית (ρ) (ק"ג למ"ק)	מוליכות תרמית חישובית (λ) [וט ל (מ"י · ק"י)]	קיבול חום סגולי (c) [קג"ל ל (ק"י · ק"י)]
2.6	בטון קל (שמבנהו סגור) עם אגרגאט גס קל ועם חול שאינו קוורץ והמיוצר בתנאי בקרה טובים הערה : לבטון כמתואר לעיל עם חול קוורץ , מגדילים את הערכים של המוליכות התרמית החישובית ב- 20 %	800 900 1000 1100 1200 1300 1400 1500 1600 1800 2000	0.39 0.44 0.49 0.55 0.62 0.70 0.79 0.89 1.00 1.30 1.60	0.97
3	לוחות ויריעות			
3.1	אסבסט צמנט	2000	0.58	0.83
3.2	לוחות גבס קרטון	900	0.21	1.08
3.3	לבידים	800	0.15	1.98
3.4	שבבית לחוצה	500- 700	0.13	1.98
3.5	שבבית מיוצרת בשיחול	700	0.17	1.98
3.6	סיבית קשיחה	1000	0.17	1.98
3.7	ריצוף לינולאום	1000	0.17	1.66
3.8	ריצוף פי- וי- סי	1500	0.23	1.66
3.9	יריעות ביטומן	1200	0.17	1.66
4	עץ			
4.1	ברוש , אורן , אשוח	600	0.13	1.8
4.2	אלון	800	0.20	1.8
5	אבן וקרקע			
5.1	גרניט , שיש , פורפיר	2800	3.50	0.9
5.2	אבן חול , אבן גיר	2600	2.30	0.86
5.3	אבן וולקנית נקבובית	1600	0.55	-
5.4	חול	-	1.40	0.83
5.5	חצץ מבטון תאי מאושפר באוטוקלב	350	0.15	0.97
6	זכוכית	2500	0.80	0.83
7	מתכת			
7.1	פלדה	-	60	0.50
7.2	נחושת	-	380	0.40
7.3	אלומיניום	-	200	0.9
8	גומי	1000	0.2	1.37
9	אריחים			
9.1	אריחים קרמיים	2000	1.0	-
9.2	אריחי קרמיקה או פסיפס מזוגגים	2000	1.2	-

(המשך הטבלה בעמוד הבא)

טבלה ב - 1 - תכונות תרמיות של חומרי בנייה שונים (המשך)

מס'	החומר	המסה המרחבית (ρ) (ק"ג למ"ק)	מוליכות תרמית חישובית (λ) (וט ל (מ"מ ק"ג))	קיבול חום סג ולי (c) (ק"ג ל"ל (ק"ג ק"ג))
10	חומרי בידוד			
10.1	לוחות פוליסטירן מוקצף קשיח מיוצר מגרידים (בהתאם לת"י 1229 חלק 1)	15- 30	0.040 ^(ב)	-
10.2	לוחות פוליסטירן מוקצף קשיח מיוצר בשיחול (עם כיסוי) (בהתאם לת"י 1229 חלק 1)	20 30	0.040 ^(ב) 0.032 ^(ב)	-
10.3	לוחות פול יאוריתן מוקצף קשיח (בהתאם לת"י 1229 חלק 1)	≥ 27	0.030 ^(ב)	-
10.4	קצף פוליאוריתן מותז (בהתאם לת"י 1229 חלק 3)	≥ 27	0.030 ^(ב)	-
10.5	צמר סלעים וצמר זכוכית (בהתאם לת"י 751 עם צפיפות מוצהרת (בק"ג למ"ק): ≤ 10 12- 10.1 16- 12.1 24- 16.1 > 25	-	0.048 0.047 0.045 0.044 0.041	0.86
10.6	פנופורמלדהיד מוקצף קשיח	≥ 27	0.027 ^(ב)	1.48
10.7	טיח תרמי משופר (עם גרגרי פוליסטירן מותפח) (בהתאם לת"י 1414 חלקים 1 ו-2)	200 250 300 350 400 450	0.075 0.082 0.095 0.105 0.115 0.140	-
10.8	פרליט מותפח (בתפזורת)	≤ 100	0.060	-
10.9	וורמיקוליט מותפח (בתפזורת)	≤ 100	0.070	-
הערות לטבלה :				
(א) חפץ - pumice.				
(ב) בחישוב בידוד תרמי באזור ד מוסיפים 5% לערך החישובי של λ .				

טבלה ב - 2 – התנגדות תרמית פנית של אלמנטי מעטפת (א)

(מ"ר · ק' לוט)

כיוון זרימת החום	התנגדות פנית פנימית	התנגדות פנית חיצונית	אלמנט מעטפת	אלמנט הפרדה
	$\frac{1}{h_{si}}$	$\frac{1}{h_{se}}$	$\frac{1}{h_{si}} + \frac{1}{h_{se}}$	$\frac{1}{h_{si}} + \frac{1}{h_{se}}$
	0.13	0.04	0.17	0.26
	0.10	0.04	0.14	0.20
	0.17	0.04	0.21	0.34

הערה לטבלה :
(א) הנתונים נלקחו מהתקן הבין-לאומי ISO 6946-2003.

טבלה ב - 3 – התנגדות תרמית שקילה (r) של חללי גג עם רדיד
אלומיניום המותקן מעל אגדי הגג (מתחת לרע פים), באופן שצידו
המבריק פונה לחלל הגג (מ"ר · ק' לוט)

סוג הבנייה		אזור האקלים
		א, ב, ג, ד
בנייה קלה		0.50
בנייה שאינה קלה		0.15

טבלה ב - 4 - התנגדות תרמית אופיינית חישובית (r) של מרווח אוויר
סגור באלמנט (עם רדיד אלומיניום או בלעדיו) (מ"ר · ק' לוט)

סוג האלמנט	מיקום הרדיד	עובי מרווח האוויר (מ"מ)				אזור האקלים
		13	20	40	$90 \leq$	
קירות	בלא רדיד	0.16	0.18	0.18	0.18	א, ב, ג
		0.14	0.15	0.15	0.15	ד
	רדיד מצד אחד	0.32	0.35	0.32	0.33	א, ב, ג
		0.29	0.37	0.40	0.38	ד
	רדיד משני צדדים	0.38	0.42	0.38	0.39	א, ב, ג
		0.35	0.46	0.51	0.48	ד
רצפות	בלא רדיד	0.16	0.18	0.20	0.22	א, ב, ג
		0.13	0.13	0.14	0.14	ד
	רדיד מצד אחד	0.33	0.42	0.56	0.68	א, ב, ג
		0.27	0.28	0.30	0.32	ד
תקרות עליונות אופקיות (א) או תקרות מתחת לחללי גג	בלא רדיד	0.15	0.15	0.16	0.16	א, ב, ג
		0.14	0.15	0.17	0.18	ד
	רדיד מצד אחד	0.23	0.24	0.26	0.28	א, ב, ג
		0.29	0.37	0.47	0.56	ד

הערות לטבלה :

א. בהתקנה אופקית הרדיד מותקן מתחת לשכבה עליונה של האלמנט כאשר הצד המבטיח של הרדיד פונה כלפי מטה .

ב. ערכים אלה הם נתונים מעובדים של התנגדות תרמית אופיינית חישובית למטרות תכנון לפי תקן זה בלבד .

ג. אם רדיד האלומיניום הוא חלק ממערכת בידוד תרמי לרכיבי מבנים המתאימה לדרישות מפרט מכון התקנים הישראלי מפמ "כ 429 חלק 1, ואם המערכת מותקנת בשיטות מבוקרות כמפורט במפרט מכון התקנים הישראלי מפמ "כ 429 חלק 2, מותר להשתמש בערכי ההתנגדות התרמית האופיינית המפורטים במפרט .

ד. כאשר עובי מרווח האוויר אינו אחיד , קובע העובי הממוצע .

ה. ערכי ההתנגדות התרמית האופיינית החישובית למרווח אוויר סגור באלמנט שעוביו שונה מהנקוב בטבלה , ייקבעו על ידי ביון לינארי .

ו. הנתונים בטבלה חושבו לפי נתוני ASHRAE Handbook – Fundamentals (2005), Table 3 – Thermal Resistances of Plane Air Spaces ולפי הפרמטרים הבאים :

- טמפרטורה ממוצעת : 10°C בחורף / 32°C בקיץ ;

- עבור אלמנט עם רדיד מצד אחד או ללא רדיד - לפי הפרש טמפרטורה של 5.6°C ;

- עבור אלמנט עם רדיד משני הצדדים - לפי הפרש טמפרטורה של 16.7°C ;

- באזורי אקלים א , ב ו-ג – זרימת חום למעלה עבור תקרות ו זרימה למטה עבור רצפות ;

- באזורי אקלים ד – זרימת חום למטה עבור תקרות ו זרימה למעלה עבור רצפות ;

- עבור אלמנט עם רדיד מצד אחד הפליטות (effective emittance) שווה ל- 0.2 ;

- עבור אלמנט עם רדיד משני הצדדים הפליטות שווה ל- 0.111 .

נספח ג – תכונות יחידות זיגוג ומערכות זיגוג

(למידע בלבד)

טבלה ג-1 - העברות תרמית, מעבר אור ורווח חום סולארי של מערכות זיגוג אופייני ות

	חומר המסגרת	יחידת הזיגוג	עובי זכוכית (מ"מ)	מרווח אוויר (מ"מ)	תכונות יחידת הזיגוג			מערכת זיגוג במידות 1.10 x 0.95 מ'			מערכת זיגוג במידות 1.40 x 0.95 מ'		
					U וט למ"ר לק'	SHGC	Tvis	U וט למ"ר לק'	SHGC	Tvis	U וט למ"ר לק'	SHGC	Tvis
1	עץ	זכוכית שקופה (א)	3	-	5.96	0.89	0.90	4.84	0.64	0.62	4.97	0.67	0.65
2	עץ	זכוכית שקופה (א)	3	6	3.17	0.76	0.81	3.10	0.56	0.56	3.12	0.59	0.59
		זכוכית שקופה (א)	3										
3	אלומיניום	זכוכית שקופה (א)	3	-	5.96	0.89	0.90	5.91	0.72	0.67	5.92	0.74	0.69
4	אלומיניום	זכוכית שקופה (ב)	6	-	5.87	0.84	0.88	5.84	0.68	0.66	5.84	0.70	0.68
5	אלומיניום	זכוכית שקופה (א)	3	6	3.17	0.76	0.81	4.04	0.63	0.60	3.95	0.65	0.63
		זכוכית שקופה (א)	3										
6	אלומיניום	זכוכית שקופה (א)	3	16	2.72	0.78	0.81	3.11	0.64	0.63	3.55	0.65	0.63
		זכוכית שקופה (א)	3										
7	אלומיניום וס	זכוכית שקופה (א)	3	6	2.10	0.60	0.78	3.27	0.51	0.58	3.14	0.52	0.60
		זכוכית שקופה (א) בעלת פליטה נמוכה (ג)	3										
8	אלומיניום	זכוכית כהה (ד) בעלת פליטה נמוכה (ג)	3	6	2.41	0.28	0.46	3.45	0.26	0.34	3.33	0.27	0.36
		זכוכית שקופה (א)	3										
9	פוליוויניל כלורי (PVC)	זכוכית שקופה (א)	3	16	1.83	0.61	0.78	2.05	0.44	0.54	2.03	0.46	0.56
		זכוכית שקופה (א) בעלת פליטה נמוכה (ג)	3										

הערות לטבלה:

- א. זכוכית שקופה בעלת תכונות: העברות אור של הזיגוג $T_{vis} = 0.90$ והעברות קרינת שמש של הזיגוג $T_{sol} = 0.83$.
 ב. זכוכית שקופה בעלת תכונות: העברות אור של הזיגוג $T_{vis} = 0.88$ והעברות קרינת שמש של הזיגוג $T_{sol} = 0.77$.
 ג. זכוכית בעלת פליטה נמוכה: פליטות בתחום האינפרא-אדום של הציפוי $E = 0.08$.
 ד. זכוכית כהה בעלת תכונות: העברות אור של הזיגוג $T_{vis} = 0.51$ והעברות קרינת שמש של הזיגוג $T_{sol} = 0.20$.

הסברים לטבלה :

- א. חישוב התכונות של יחידות זיגוג ומערכות זיגוג נערך באמצעות תכנה WINDOW 6.2 בתנאי סביבה לפי ת"י 5068.
- ב. תכונות יחידת הזיגוג מתייחסות למרכז השמשה (center of glass), עבור קרינה הפוגעת בניצב למישור הזכוכית. אם יש יותר משמשה אחת (זיגוג כפול), הנתונים מביאים בחשבון את ההשפעה של שתי השמשות של הציפויים ו של מרווח האוויר.
- ג. הנתונים מתייחסים לחלון בגובה 0.95 מ' וברוחב 1.1 מ' או 1.4 מ', עם חלוקה אנכית אחת (כדוגמת מערכת זיגוג הזזה אופקי בעל שתי כנפיים או מערכת זיגוג עם ציר צד עם שתי כנפיים).
- ד. החישוב עבור מסגרת עץ מתייחס לרוחב פרופיל (במישור החלון) של 69.8 מ"מ. שטח המסגרת מהווה 31% משטח מערכת זיגוג ברוחב 1.1 מ' ו-27% משטח חלון ברוחב 1.4 מ'. המוליכות התרמית של המסגרת הינה $U = 2.27$ ואט למ"ר לק'.
- ה. החישוב עבור מסגרת אלומיניום מתייחס לרוחב פיל (במישור מערכת זיגוג) של 57.2 מ"מ. שטח המסגרת מהווה 26% משטח חלון ברוחב 1.1 מ' ו-22% משטח מערכת זיגוג ברוחב 1.4 מ'. העברות התרמית של המסגרת הינה $U = 5.68$ ואט למ"ר ק'.
- ו. החישוב עבור מסגרת פוליוויניל כלורי (PVC) מתייחס לרוחב פרופיל (במישור החלון) של 69.8 מ"מ. שטח המסגרת מהווה 31% משטח מערכת זיגוג ברוחב 1.1 מ' ו-27% משטח חלון ברוחב 1.4 מ'. העברות התרמית של המסגרת הינה $U = 1.70$ ואט למ"ר ק'.
- ז. תכונות מערכת זיגוג מבטאות את התרומה הכוללת של יחידת זיגוג ושל המסגרת, ומתאימות רק למערכות זיגוג במידות הנתונות. את התכונות של מערכת זיגוג במידות שונות או עם שילובים אחרים של מסגרת ויחידת זיגוג יש לחשב בהתאם לת"י 5068.

רשימת מונחים

orientation factor	-	גורם כיוון
light transmittance	-	העברות אור נראה
thermal transmittance	-	העברות תרמית
thermal resistance	-	התנגדות תרמית
thermal conductivity	-	מוליכות תרמית
solal heat gain coefficient	-	מקדם רווח חום סולארי
equivalent	-	שקיל