



מערכת חימום

תת רצפתי

תכנון והתקנה

תיאור ויתרונות

מבוא

חשוב להבין מהו חום מוקרן, במה הוא שונה מצורות חימום אחרות, ומהם היתרונות הייחודיים שהוא מציע. מערכות חימום בהקרנה נמצאות בשימוש מזה מאות שנים, החל בחימום מבני אבן ברומי העתיקה וכלה בחימום מבני מגורים ועסקים כיום. מערכות מודרניות לחימום בהקרנה יכולות להתאים עצמן לצרכים שונים, מחימום רצפת חדר אמבטיה משפחתי ועד לחימום שטחים נרחבים בבתי חולים, שדות תעופה, מרכזי כינוסים ועוד. יהיה גודל המערכת אשר יהיה, כולן פועלות לפי אותם עקרונות בסיסיים, וכולן מציעות את אותם יתרונות ייחודיים.

מהו חום מוקרן?

חום מוקרן הוא צורה של אנרגיה שעוברת בחלל (למשל באוויר) מעצם חם לעצם קר יותר. ניתן להבין חום מוקרן אם חושבים על השמש שמחממת את כדור הארץ. השמש (5500°C), כיוון שהיא חמה יותר מכדור הארץ (16°C), מקרינה את האנרגיה שלה אל הארץ, אך הטמפרטורה בחלל החיצון נשארת -130°C . כיצד זה קורה? גלי הקרינה שעוברים מהשמש לכדור הארץ "רואים" רק עצמים, כלומר את כדור הארץ. גלי הקרינה נקלטים בכדור הארץ ומשחררים חום. זקוקים לדוגמה? חישבו על הפעם האחרונה שטיילתם בחוף ביום סתיו קריר? כשעברתם מאזור מוצל לאזור מואר שמש, האם הרגשתם את החום המוקרן מהשמש? חישבו על זה. לא היה הבדל בין טמפרטורת האוויר בצל ובשמש, אך אתם הרגשתם את החום בגלל שאתם הייתם העצם שקלט את האנרגיה שמוקרנת מהשמש.

איך אנחנו עושים את זה?

מערכת פקסגול לחימום בהקרנה מציעה חימום נעים ובלתי נראה כמו זה של השמש. באמצעות התקנת צנרת פקסגול גמישה מתחת למשטח הרצפה או מאחרי קיר או תיקרה, והזרמת מים חמים (בדרך כלל בטמפרטורה חסכונית של 40°C - 50°C) דרכה, אפשר לחמם שטח גדול ולעטוף את הנוכחים בו בחמימות נעימה. באותם מקרים שבהם לא מעשי להתקין את צנרת הפקסגול מתחת או מאחורי משטח בחדר, אנו מספקים מערכת חימום על-ידי פנלים בעלי פרופיל דק. גם הקפת החדר בפנל חימום מאפשרת לעטוף את הנוכחים בו בחמימות נעימה. תוך כדי קריאת חוברת זאת ובחינת המוצרים שלנו תגלו שפיתחנו מערכת מלאה שמטפלת בכל ההיבטים של המוצרים שאנו מציעים. בין אם מדובר בחימום ברצפה, בקירות, בתקרה או באמצעות לוחות חימום, יש לנו הניסיון ואנו מספקים שירות ותמיכה.

יתרונות החימום בהקרנה

נוחות • יעילות • יופי

כיוון שחום מוקרן מחמם עצמים ולא את האוויר:

- אוויר חם עולה למעלה אך חום אינו עולה למעלה. ולכן לא נוצר מצב שבו חם למעלה, על יד התקרה, וקר למטה, על-יד הרצפה, בלי תלות בגובה התקרה.
- מרגישים נעים בטמפרטורות נמוכות יותר. בחימום בהקרנה מרגישים בנוח כשמכוונים את וסת החום לטמפרטורה של 18°C - 20°C .
- חלוקת החום בחדר יוצרת הרגשה טובה, חם יותר בגובה כפות הרגליים וחם פחות בגובה הראש.
- רמת הלחות הטבעית נשמרת, וכך מצטמצמת תופעת האף הגדוש והיבש המתרחשת בצורות חימום אחרות.

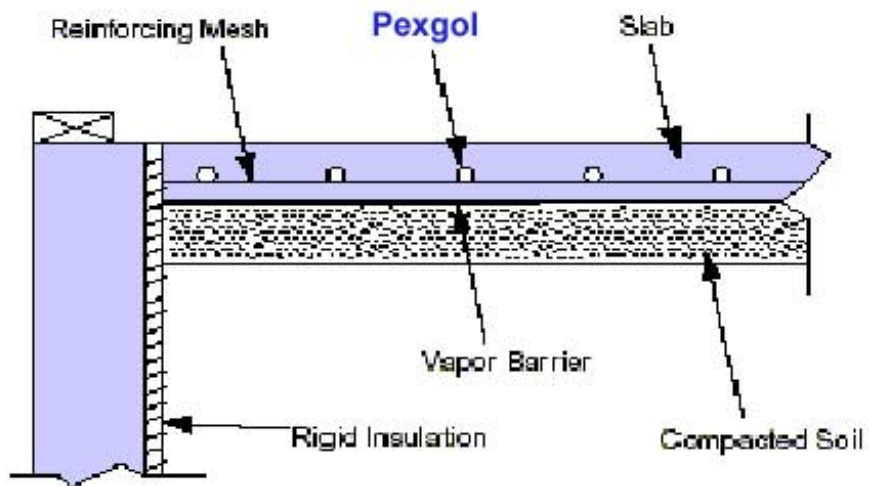
כיוון שחימום בהקרנה לא גורם לתנועת אוויר:

- אין כמעט תנועת אבק או אבק ש"נדבק" לקירות הנפוצה במערכות חימום אחרות, ולכן קל יותר לשמור על ניקיון ובריאות במערכות חימום בהקרנה.
- לא נוצרים משבי רוח וזרמי אוויר, שמפחיתים הן את הרגשת הנוחות והן את יעילות המערכת.

טמפרטורת תיקרה נמוכה יותר, פחות משבי רוח וכיוון וסת החום לטמפרטורה נמוכה יותר מאפשרים למערכות חימום בקרינה לפעול תוך חיסכון של 50% יחסית למערכות הפולטות אוויר חם, ובחיסכון של 30% יחסית למערכות חימום ברדיאטורים.

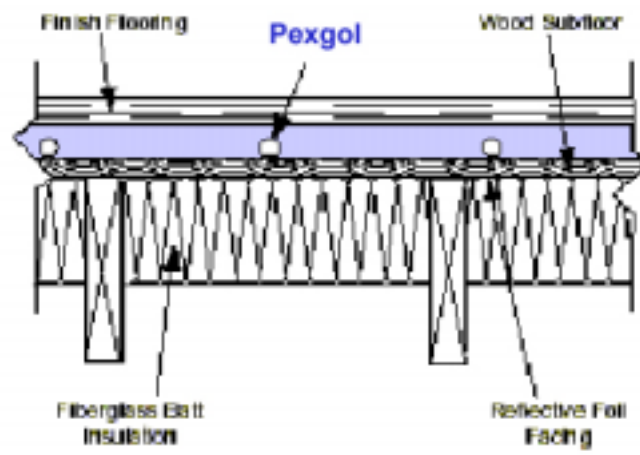
החימום בהקרנה מאפשר חופש מוחלט בעיצוב הפנים כיוון שאין צורך להתחשב ברדיאטורים או בפתחי יציאה של אוויר חם. בנוסף מקורות חום גלויים אינם מקלקלים את מראה החדר.

חימום תת רצפתי (משטח בטון על הקרקע)

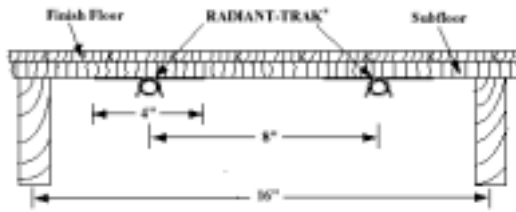


Radiant Floor Heating (slab-on-grade)

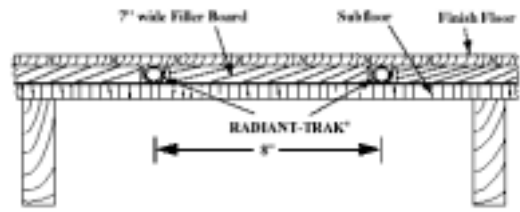
חימום תת רצפתי (משטח בטון תלוי)



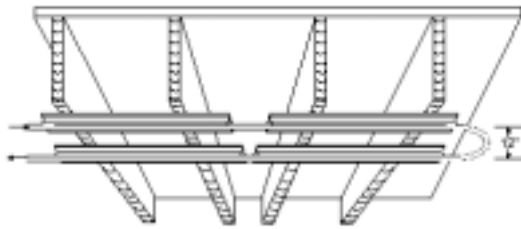
Radiant Floor Heating (suspended slab)



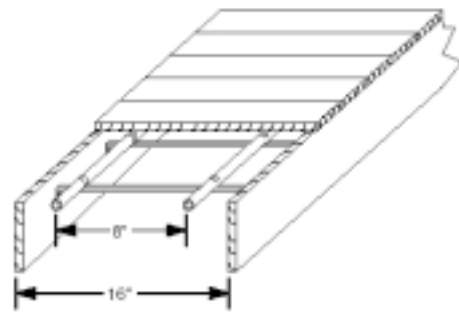
**Radiant-Trak Floor Heating
(below subfloor)**



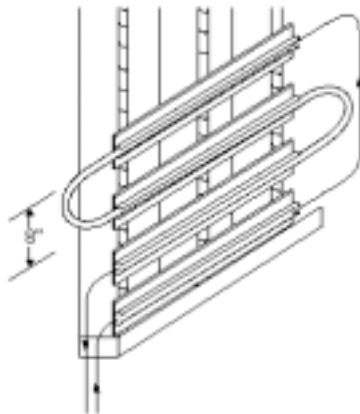
**Radiant-Trak Floor Heating
(above subfloor)**



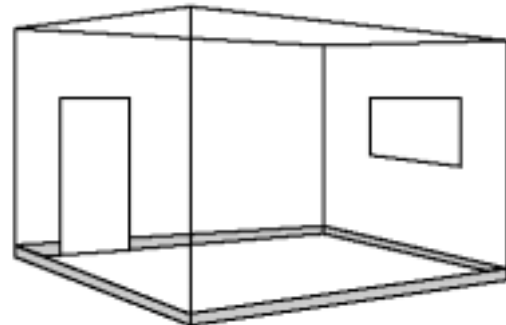
Radiant-Trak Ceiling Heating



**Suspended Pipe Heating
(floors/walls/ceilings)**



Radiant-Trak Wall Heating



Radiantpanel Baseboard Heating

הנחיות כלליות

מבוא

מטרת חוברת זאת להציג לפני קבלנים, ארכיטקטים ומהנדסים את הטכנולוגיה שלנו ואת השיטות המומלצות לתכנון ולהתקנה של המערכות שלנו.

חוקים ותקנות

התקנת מערכת החימום שלנו תתבצע על-ידי טכנאי מערכות חימום בצנרת סגורה (טכנאי הידרוניקה) אחרי שבחן את כל חוקי הבניה ותקנות הבניה הנוגעים לעניין. כל סתירה או אי התאמה לתקנות או לחוקים יש לפתור לפני התחלת ההתקנה. צינורות פקסגול מיוצרים לפי הנחיות תקן F876 של החברה האמריקאית לבדיקות ולחומרים (American Society for Terting And Materials - ASTM) לצינורות פוליאיתילן מצולב (Pex) ומאושר על-ידי המוסד הלאומי האמריקאי לסניטציה (National Sanitation Foundation - NSF).

אודות צינורות פקסגול

פקסגול הם צינורות פוליאיתילן מצולב, צינורות פקסגול המיועדים לחימום תת-רצפתי מסופקים עם שכבה המונעת מעבר חמצן. Pex הם ראשי תיבות של פוליאיתילן בעל קשרי צילוב: שרשרות מולקולריות נקשרות למבנה רשת תלת-ממדית שהופכת את ה-Pex לחומר בעל יציבות בלתי רגילה בטווח רחב של טמפרטורות ולחצים.

כיוון שיש כמה שיטות ליצירת קשרי הצילוב בפוליאיתילן, חשוב להבחין בין השיטות השונות ובין מוצרי ה-Pex שנוצרים מהן. כלומר, יש הבדלים בין תהליכי ייצור של Pex. אנחנו מיצרים את הפקסגול מפוליאיתילן בצפיפות גבוהה ויוצרים את קשרי הצילוב באמצעות קרן אלקטרונית, ולכן הוא נקרא צינור PEX-c. תהליך זה הוא הנפוץ ביותר לצנרת חימום מתחת לרצפה, וידוע במאפייניו המצוינים.

נתוני עבודה של פקסגול שיגור

- הערכים התקניים המקסימליים של לחץ בטמפרטורה בעבור פקסגול הם:
 - 160 psi ב-23°C
 - 100 psi ב-82.2°C
 - 80 psi ב-93.3°C
- הערכים התקניים המקסימליים של לחץ לטמפרטורה נקבעו על-ידי ועדת הלחץ ההידרוסטטי של המכון האמריקאי לצינורות פלסטיק (Plastic Pipe Institute).

שכבה המונעת מעבר חמצן

צינורות פקסגול המיועדים לחימום תת-רצפתי נאטמים באמצעות מחסום פולימרי מיוחד (ציפוי בפולימר אלכוהולי של ויניל ואתילן (EVOH-Ethylene Vinyl Alcohol Polimer) כדי למנוע מעבר של חמצן, וכך להגן על אותם רכיבים הנמצאים במערכת החימום במעגל סגור שאינם עמידים כנגד קורוזיה. מחסום זה עומד בדרישת תקן 4726 של מכון התקינה הגרמני (Deutsche Institute fur Normung - DIN) למניעת פעפוע של חמצן. החסימות של צינור פקסגול לחמצן אינה מושפעת מטמפרטורת המים עד לטמפרטורה של 95°C.

מידות סטנדרטיות ואורך גליל

צינורות פקסגול מסופקים במידות האלה:

קוטר חיצוני - 16 מ"מ - 18 מ"מ ו- 20 מ"מ

אורך סליל סטנדרטי: 120-240 מטר

השימוש בפקסגול

כדי לפשט את ההתקנה ולמנוע טעויות שעלולות לפגוע במוצר או לסבך את ההתקנה, מומלץ לפעול לפי השיטות המתוארות להלן.

אחסון

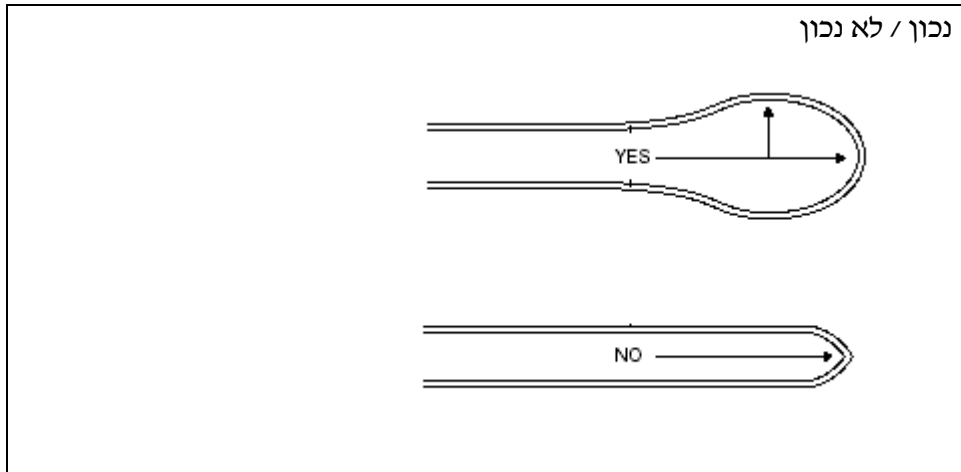
יש לאחסן את הפקסגול כך שלא ייחשף ארוכות לאור שמש ישיר. אור מפוזר אינו בעייתי. אור אולטרה סגול עלול לגרום להתבלות מואצת. אין להשתמש לצורך התקנה בפקסגול שנחשף לאור שמש ישיר במשך יותר מ-30 יום. חשיפה לאור שמש תוך כדי התקנה רגילה איננה מזיקה.

כיפוף פקסגול

פקסגול הוא צינור גמיש ונוח להתקנה. בכל זאת, כיפופים בעלי רדיוס קטן מ-25 ס"מ יש לבצע לאט ובזהירות כדי למנוע כיפוף יתר. אפשר להשיג תומכי כיפוף, ויש להשתמש בהם כשנחוץ כיפוף של 90° . למשל: כשהצינור עובר מהרצפה לקיר תוך כיפוף של 90° . הרדיוס המינימלי המומלץ לכיפוף הוא D5 (קוטר הצינור כפול 5).

רדיוס כיפוף מינימלי	
צינור בקוטר חיצוני נקוב של 3/8 אינטש	3.00 אינטש
צינור בקוטר פנימי נקוב של 1/2 אינטש	3.75 אינטש
צינור בקוטר פנימי נקוב של 5/8 אינטש	4.5 אינטש
צינור בקוטר פנימי נקוב של 3/4 אינטש	5.25 אינטש

ניתן להתקין את פקסגול במרווחים קטנים מרדיוס הכיפוף המינימלי על-ידי השארת מקום לכיפוף רחב יותר (בהתאם לרדיוס הכיפוף המינימלי).



חיתוך פקסגול

כשחותכים את הצינור חשוב למנוע נזק לצינור, שעלול להשפיע לרעה על חיבור אביזרי החיבור. יש לחתוך את הצינור במכשיר חיתוך מיוחד לצינורות פקסגול. יש לחתוך את הצינור בחתך מרובע בניצב לאורך הצינור. אסור להשאיר שאריות חומר שעלולות להפריע לחיבור האביזרים.

תיקון צינור פקסגול ש"קיבל נקע"

אפשר לתאר את הפקסגול כ"פלסטיק בעל זיכרון תרמי". במקרה שנוצר נקע, ניתן לבצע תיקון באופן המתואר להלן:

1. ישר את הצינור באזור הנקע.
2. חמם את אזור הנקע ל-130°C בערך (הצינור הופך שקוף) באמצעות אקדח חום חשמלי. חמם באופן אחיד את היקף הצינור עד שהוא הופך שקוף. אין להשתמש בלהבה גלויה.
3. הנח לצינור שתוקן להתקרר ללא הפרעה עד לטמפרטורת החדר. הצינור יחזור למראהו הקודם.

קיבוע פקסגול

ניתן לקבוע צינורות פקסגול בשיטות כלהלן:

1. ערכת מכלב: מיועדת לחיבור צינור למשטחי עץ. הערכה כוללת מכלב פנאומטי ומקל הליכה (שמאפשר להפעילה בעמידה).
2. מסמרי פלסטיק בצורת U: לחיבור הצינור לרצפת עץ תחתית כשערכת המכלב אינה זמינה.
3. חבקי פלסטיק: לחיבור הצינור לרשת חיזוק או למוטות חיזוק.
4. מסילות: מחברים תחילה את המסילות למשטח עץ או בטון, ותופסים באמצעותה את הצינורות במרחקים הרצויים. לתפיסת הצינור במסילה יש ללחוץ את הצינור אל המסילה עד שישמע "קליק".
5. מהדקים לרשת חיזוק: מחברים אותם ישירות לרשת החיזוק, ותופסים באמצעותם את הצינורות. יש ללחוץ את הצינור אל המהדק עד שישמע "קליק".
6. מהדקי בורג: ניתנים להברגה ישירות למוצרי קצף קשיח, ותופסים באמצעותם את הצינורות. יש ללחוץ את הצינור אל המהדק עד שישמע "קליק".

אביזרים לפקסגול

כל האביזרים הם מסוג לחיצה ועשויים מפליז. קיים מגוון רחב של אביזרים לחיבור בין צינורות, לחיבור לסעפת, או למעבר לצנרת חיצונית.

הגנה על פקסגול מקפיאה

פקסגול שאינו קבור בבטון סובלני מאד לתנאי קפיאה. אך יש לנקוט באמצעי זהירות כדי למנוע צינורות שקועים בבטון מלקפוא. אם בודקים עמידה בלחץ באמצעות מים, אין לאפשר למים לקפוא.

אמצעי זהירות בטיפול בצינור פקסגול

המנע מ:

- להדביק סרט דביק לצינור
- להביאו למגע עם להבה פתוחה
- להלחיס באותו קו מים במרחק הקטן מחצי מטר
- להתקין את הצינור במקום שבו הוא יבוא במגע ישיר עם מוצרי נפט, כמו דלקים או ממיסים
- לרתך או להדביק צינורות

חישוב הפסדי חום

מבוא

הצעד הראשון בתכנון מערכת חימום כלשהי הוא לקבוע את דרישות החימום (הפסד החום) של כל אחד מהחדרים או האזורים. חישוב מדויק של הפסד החום נחוץ כדי להשיג חימום אנרגיה מקסימלי ורמת חימום נאותה.

אפשר להשתמש לצורך החימום התת-רצפתי בחישובי הפסד חום רגילים (למשל $I=B=R$), אך חישובים אלה יגרמו, בדרך כלל, לתכנון מערכת חזקה מדי. חימום תת-רצפתי מספק חמימות נוחה כשהוא צורך בממוצע 30% פחות אנרגיה יחסית למערכות חימום אחרות. דבר זה נובע מהעקרונות הבסיסיים ומהיתרונות של חימום בהקרנה, כאמור לעיל. כשמתמשים בשיטות רגילות לחישובי הפסד חום, אפשר להפחית מהן לפחות 15% ללא חשש.

תוכנות לתכנון מערכות חימום תת-רצפתי מספקות חישובי הפסד חום מוקרן לכל חדר וחדר, תכנון של המערכת ואומדן חומרים. בתוכנה משתמש סגל מהנדסי התכנון שלנו שעבר הכשרה לכך לצורך כל המערכות שאנחנו מתכננים, ואפשר להשיג אותה באמצעות קטלוג המוצרים שלנו. גם טופס חישוב ה-BTU שלהן יכול לשמש לקביעת דרישות החימום בכל חדר וחדר.

אפשר להשתמש בטבלה להלן לחישוב צרכי החימום של כל חדר בבית ממוצע. גורמי ההכפלה מניחים שיטות בניה מקובלות מסוימות, תנאי האתר, וטמפרטורת פנים רצויה של 21°C. בחר בגורמים הקרובים ביותר לסוג המבנה ובטמפרטורה הנמוכה הממוצעת לעונה.

BTU CALCULATION FORM (SHORT FORM)

The following short form calculation may be used to compute the room by room heating requirements of an average home. The factors used in these calculations assume certain general construction practices, site conditions and a 70°F. desired indoor temperature. Choose the factors which best correspond to your construction conditions and average seasonal low temperature.

		FACTOR @ °F.						
		(Average Seasonal Low Temperature)						
		-20°	-10°	0°	10°	20°		
CEILING*								
A. R-11 Insulation		9	8	7	6	5		
B. R-19 Insulation		6	5	4	3	2.6	_____ FACTOR X _____ SQ. FT. = _____ BTU/HR	
C. R-30 Insulation		3.5	3	2.5	2	1.8		
D. R-38 Insulation		3	2.5	2	1.8	1.5		
E. Heated Space Above		0	0	0	0	0		
WALLS*								
A. R-11 Insulation		9	8	7	6	5	_____ FACTOR X _____ SQ. FT. = _____ BTU/HR	
B. R-19 Insulation		6	5	4	3	2.6		
C. Interior		0	0	0	0	0		
FLOOR								
A. Uninsulated Wood Frame Over Crawl Space		21	18	15	12	10		
B. R-11 Insulation Over Crawl Space		9	8	7	6	5		
C. R-19 Insulation Over Crawl Space		6	5	4	3	2.6		
D. R-30 Insulation Over Crawl Space		3.5	3	2.5	2	1.8		
E. Uninsulated Wood Frame Over Unheated Cellar		9	8	7	6	5		
F. R-11 Insulation Over Cellar		5	4	3	2.5	2.3	_____ FACTOR X _____ SQ. FT. = _____ BTU/HR	
G. R-19 Insulation Over Cellar		3	2.5	2	1.5	1.3		
H. R-30 Insulation Over Cellar		2	1.5	1	.88	.83		
I. Uninsulated Slab on Grade		15	13	11.5	10	8.5		
J. R-10 Insulated Slab on Grade		4.5	4	3.5	3	2.5		
K. Heated Space Below		0	0	0	0	0		
WINDOWS/SKYLIGHTS								
A. Single Glazed		90	80	70	60	50		
B. Single Glazed With Storm		45	40	35	30	25	_____ FACTOR X _____ SQ. FT. = _____ BTU/HR	
C. Double Glazed		45	40	35	30	25		
D. Double Glazed (Low-E)		36	32	28	24	20		
EXTERIOR DOORS								
A. 2" Wood		40	35	30	26	22		
B. 1.75" Steel With Insulated Core		40	35	30	26	22	_____ FACTOR X _____ SQ. FT. = _____ BTU/HR	
INFILTRATION								
(Note: Cubic Footage is Used For This Calculation)								
A. Room With One Exterior Wall		.74	.66	.57	.49	.41		
B. Room With Two Exterior Walls		1.1	1	.88	.75	.63		
C. Room With Three Exterior Walls		1.6	1.4	1.2	1.05	.86	_____ FACTOR X _____ CUBIC FT. = _____ BTU/HR	
D. Bathroom		1.6	1.4	1.2	1.05	.8		
							Total Heat Loss _____ BTU/HR	

*The square footage used for wall and ceiling calculations is minus all windows, doors and skylights.

Due to the many variables involved in calculating a heat loss this form should be used as a guide and does not guarantee that an accurate heat loss calculation will result.

תכנון חימום תת-רצפתי

משטח בטון על הקרקע או משטח בטון תלוי

מבוא

מערכת חימום תת-רצפתי משתמשת בשטח הגדול של הרצפה כמקורן בטמפרטורה נמוכה. מים חמים המסוחררים בצינורות פקסגול שמותקנים מתחת למשטח הרצפה, מספקים רמה אחידה של חימום לחדר או לבניין. החימום העדין ברצפה יוצר פרופיל חימום כמעט אידיאלי: חם יותר בגובה כפות הרגליים, במקום שטמפרטורת הגוף היא הנמוכה ביותר, וחם פחות בגובה הראש, מקום שבו חום הגוף גבוה יותר.

ההנחיות להלן כוללות סקירה כללית של השלבים החשובים בתכנון מערכת חימום תת-רצפתי. מערכת מתוכננת כהלכה תהיה לא רק פשוטה יותר להתקנה, אלא גם תבטיח חיסכון מקסימלי באנרגיה יחד עם רמת חימום נאותה. סגל התכנון שלנו והנציגים המקומיים עומדים לרשותכם לעזור לכם בכל היבט של תכנון המערכת שלכם והתקנתה.

שלב 1 – קבע מהם צרכי החימום

את צרכי החימום של חדר או של אזור יש לקבוע על-ידי חישוב הפסד חום לחימום תת-רצפתי או על-ידי התאמת חישובי הפסד חום רגילים (ראה טבלת חישוב הפסדי חום). מהנדסי התכנון שלנו, נציגים מקומיים וסיטונאים יכולים לעזור לכם בקביעת צרכי החימום שלכם.

שלב 2 – פלט חום נדרש

את הפסד החום של כל אזור יש להחליף בפלט חום ליחידת שטח שצריך לספק מקור קרינת החום (הרצפה). בחישוב פלט החום הנדרש יש לכלול רק שטח של רצפה "פנויה" (שטח נקי). השטח הנקי מתקבל אחרי שמחסרים משטח החדר כולו את שטח הארונות וההתקנים הקבועים האחרים שהם שטחים שאינם מיצרים חום.

$$\text{פלט חום נדרש} = \frac{\text{הפסד חום}}{\text{שטח נקי}}$$

שלב 3 – בחירת קוטר הצינור והריווח

המערכות למגורים והמערכות המסחריות הקטנות משתמשות ברובן בפקסגול בקוטר "1/2", אך יש יישומים המצריכים שימוש בצינורות של "3/8" או "5/8". יש לדון עם סגל התכנון שלנו בכל שיקולי התכנון שאינם מוסברים כאן.

המרווחים בין צינורות החימום ברצפה משפיעים ישירות על פלט החום, על טמפרטורת כניסת המים הדרושה ועל הרגשתם של הדיירים. טבלה א' מציגה את הריווח המומלץ למגוון יישומי מגורים ועסקים.

טבלה א ריווח הצינורות

מרווחים מומלצים			שטח
5/8"	1/2"	3/8"	
לא מומלץ	6"-9"	6"	חדרי רחצה מטבחים וכניסות
לא מומלץ	9"-12"	6"-9"	חדרי שינה אוכל ומגורים
12"	9"-12"	לא מומלץ	משרדים חדרי תצוגה כיתות
12"-15"	12"-15"	לא מומלץ	מרתפים מוסכים מחסנים

ברוב המקרים, אפשר לייצר את פלט החום הנדרש גם בריווח גדול מהמומלץ, וזאת על-ידי כניסת מים בטמפרטורה גבוהה יותר. דבר זה יכול אמנם לחסוך בחומרים הנצרכים ולכן בעלות המערכת, אך המערכת תהיה פחות נעימה לדיירים, כיוון שטמפרטורת משטח הרצפה לא תהיה אחידה.

שלב 4 – טמפרטורת כניסת המים וטמפרטורת המשטח

עכשיו אפשר לקבוע את טמפרטורת כניסת המים ואת טמפרטורת המשטח, תוך שימוש בטבלת פלט חום מוקרן.

- מצא את פלט החום הנדרש (הפסד חום חלקי שטח נקי) בצד השמאלי של הלוח ועבור לצד ימין באותה שורה לקביעת טמפרטורת המשטח.
- חשב את מקדם ההתנגדות התרמית (ערך R) של הרצפה (השתמש בטבלה שבנספח א') והעלה קו אנכי מנקודה זאת בלוח עד שהוא חוצה את השורה שמצאת בסעיף 1. בנקודת החיתוך נמצאת טמפרטורת כניסת המים הדרושה.
- אם טמפרטורת כניסת המים היא מעל 70°C , או טמפרטורת משטח הרצפה היא מעל 29°C :
 - בדוק את דיוק חישובי הפסד החום. האם הם נקבעו לחום מוקרן?
 - בחר ריצוף בעל מקדם התנגדות תרמית (ערך R) נמוך יותר.
 - הקטן את הפסד החום באזור (כלומר, יותר בידוד, חלונות חדשים).
 - הוסף חימום נוסף לאזור: פנלים מחממים, Radiant-Rack Or Radiant-Trak.

SLAB-ON-GRADE/SUSPENDED SLAB
Pexgol OUTPUT CHART @ 20°F. ΔT

Supply Water Temperature
 (degrees F.)

Spacing (in.)		Supply Water Temperature (degrees F.)								
		90	87	85	83	81	78	76	73	70
45	15	138	165							
	12	131	154							
	9	125	146							
	6	120	140	160						
40	15	132	155	179						
	12	125	145	168						
	9	119	136	159						
	6	114	131	152						
35	15	125	143	164						
	12	118	135	155						
	9	112	129	148	165					
	6	108	123	141	158					
30	15	117	131	149	166					
	12	110	125	142	157					
	9	105	120	136	151	167				
	6	102	115	130	145	160				
25	15	109	121	136	149	163				
	12	103	116	130	142	156				
	9	99	112	125	137	150	163			
	6	95	108	120	133	145	157			
20	15	101	110	121	132	143	155	168		
	12	95	105	115	126	137	149	160		
	9	92	102	112	123	134	144	154	164	
	6	90	100	110	120	130	140	149	159	
15	15	93	100	108	116	125	134	145	156	
	12	88	95	103	111	120	128	136	146	
	9	86	93	101	109	117	125	132	141	
	6	85	92	100	107	115	123	128	137	
10	15	87	91	95	101	109	116	125	134	
	12	83	87	91	97	104	111	119	125	
	9	81	85	89	95	102	108	114	120	
	6	80	83	87	93	100	105	108	114	
5	15	82	84	88	91	95	99	105	110	
	12	78	80	84	87	90	94	99	103	
	9	76	78	82	85	88	91	94	97	
	6	75	77	80	83	85	87	89	91	
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	

REQUIRED HEAT OUTPUT
 (BTUs/Sq. Ft.)

SURFACE TEMPERATURE
 (degrees F.)

TOTAL R-VALUE

שלב 5 – אורך של לולאות וצינורות

טבלה ג' אורך לולאה

פקסגול	אורך לולאה מקסימלי
3/8"	300 רגל
1/2"	400 רגל
5/8"	500 רגל

פקסגול 1/2" קיים בסלילים באורך 400, 600 ו-1000 רגל. בהתקנות המצריכות יותר מלולאה אחת השימוש בסלילים הארוכים יותר יאפשר גמישות רבה יותר. בדרך כלל חותכים סליל של 600 רגל לחצי כדי לקבל שתי לולאות של 300 רגל, וסליל של 1000 רגל יחתך לשלישים שיתנו שלוש לולאות של 333 רגל.

כדי לקבוע את אורך צינור הפקסגול הדרוש יש להכפיל ראשית את השטח הנקי בגורם הריווח כמצוין בטבלה ד' לריווח המתוכנן. שנית, יש למדוד או להעריך את המרחק מהחדר אל הסעפת או דוד החימום. מרחק זה יש להכפיל בשתים כדי לחשב גם את אורך צינורות הכניסה והיציאה, ולהוסיף אותו לאורך הדרוש לחדר. אם המרחק מהחדר עד לדוד גדול מ-15 מטר, יש להכין מקום לסעפת רחוקה מהדוד כדי להקטין את אורך הצינור והלולאה.

טבלה ד' גורם הריווח

גורם הריווח	פקסגול
2	6"
1.33	9"
1	12"
0.80	15"

דוגמה:

השטח הנקי של מטבח בגודל 3×3 מטר, שיש בו ארונות בשטח 35 רגל מרובע הוא 65 רגל מרובע. בריווח של 9" בין הצינורות יהיה צורך ב-87 רגל של צינור לחדר ($65 \times 1.33 = 86.5$). המטבח נמצא במרחק 25 רגל מהדוד, ובכך מביא את אורך הצינור הדרוש ל-137 רגל ($25 \times 2 + 87 = 137$).

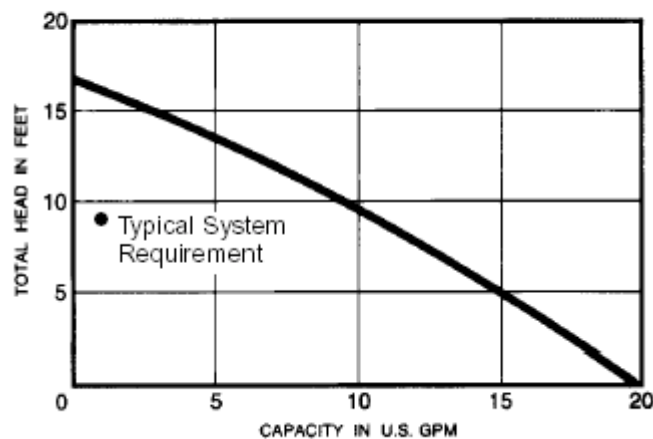
לשטחים גדולים המצריכים יותר מלולאה אחת יש לחשב את האורך המשולב של צינורות הכניסה והיציאה ולחסר אותו מאורך הלולאה הרצוי. חלק את אורך הצינור הדרוש לחדר במספר זה כדי לקבוע את מספר הלולאות הדרושות. אם מיקום הסעפת המדויק אינו ידוע, הוסף "זנב" של 2 – 4 מטר לצינורות הכניסה והיציאה, עד למיקום המשוער של הסעפת. ולבסוף, השתמש באורכי הצינורות הזמינים, ובחר בצירוף של לולאות באורך 300, 333 ו-400 רגל כך שימלאו את הדרוש באופן הטוב ביותר. כשיש יותר מלולאה אחת צריך להשתדל שכל הלולאות תהיינה באותו אורך, כדי לפשט את איזון המערכת.

שלב 6 – קצב הזרימה ומפל הלחץ

בדרך כלל, לולאת חימום תת-רצפתי מפקסגול 1/2", שמתאימה להנחיות בנוגע לריווח, לטמפרטורת המים ולמגבלות אורך הלולאה כפי שניתנו בשלבים הקודמים, תזדקק ללחץ של 2.5 מטר מים בקצב זרימה של 0.159 מ"ק לשעה. משאבת סחרור Grundfos UP 15-42F, או שוות ערך, תענה על כל הדרישות הרגילות.

טבלת פלט חום בהתאם לגובה התקרה

UP 15-42F (Brute)



קצב הזרימה ואת הלחץ הדרושים כמתואר להלן:

ראשית, חשב את קצב הזרימה הדרוש במערכת (במטר מעוקב בשעה) על-ידי חלוקת סה"כ פלט החום הנדרש (ביחידות של BTU לשעה) ב- ΔT (הפרש בין טמפרטורת המים בכניסה וביציאה) של המערכת כפול 4400. ΔT מתוכנן של 10°C נחשב מיטבי.

$$\frac{\text{פלט חום}}{4400 \times 10} = \text{קצב הזרימה}$$

שנית, חשב את קצב הזרימה בלולאה הארוכה ביותר (פלט החום הגבוה ביותר) באמצעות אותה נוסחה. עכשיו אפשר לקבוע את מפל הלחץ, ביחידות של מטר מים, באמצעות טבלה ה'.

טבלה ה' מפל לחץ (ל-100 רגל/טמפרטורה ב-°C)

TABLE I Pressure Drops (per 100 ft/pipe at °F.)

Flow (GPM)	3/8" PEX [®]				1/2" PEX [®]				5/8" PEX [®]				3/4" PEX [®]			
	100°	120°	140°	160°	100°	120°	140°	160°	100°	120°	140°	160°	100°	120°	140°	160°
0.25	1.31	1.23	1.23	1.20	0.31	0.30	0.29	0.28	0.12	0.11	0.10	0.10	0.05	0.06	0.057	0.054
0.50	4.57	4.77	4.12	4.02	1.03	0.99	0.95	0.93	0.39	0.37	0.36	0.35	0.20	0.19	0.19	0.18
0.75	9.43	8.91	8.01	8.43	2.74	2.09	1.98	1.93	0.81	0.77	0.75	0.73	0.42	0.40	0.39	0.38
1.00	15.70	13.01	14.51	14.15	3.60	3.44	3.33	3.25	1.35	1.29	1.24	1.21	0.59	0.60	0.54	0.62
1.25	23.33	22.50	21.96	20.04	5.37	5.14	4.96	4.80	2.01	1.92	1.86	1.81	1.00	0.99	0.95	0.93
1.50	32.20	30.50	29.77	29.05	7.43	7.10	6.86	6.69	2.70	2.55	2.57	2.50	1.43	1.37	1.32	1.29
1.75	42.57	40.51	38.26	38.31	9.82	9.34	9.07	8.85	3.67	3.51	3.39	3.31	1.89	1.81	1.74	1.70

$$\text{Head Pressure (FOH)} = \frac{\text{Loop Length}}{100} \times \text{Pressure Drop}$$

משאבת סחרור בעוצמה הנכונה היא זאת שתוכל לייצר את קצב הזרימה הכללי הנחוץ במערכת ויחד עם זה להחזיק את הלחץ הנחוץ ללולאה הארוכה ביותר.

$$\text{לחץ המים} = \frac{\text{אורך הלולאה}}{100} \times \text{מפל הלחץ ל-100 רגל}$$

דוגמה של תכנון:

הפסד החום המוקרן המחושב לחדר מסוים הוא 7,500 BTU לשעה. גודל החדר 220 רגל מרובע ויש בה ריצפה תחתית מבודדת מדיקט, וריצוף עליון מבטון ומעליו אבן טבעית בעובי של 1"-1/2".

לחימום התת-רצפתי ישתמשו בצינורות פקסגול בקוטר 1/2" (קוטר הצינור המומלץ למערכות מגורים) שיותקן בריווח של 9" בין מרכזי הצינורות (הריווח המומלץ לחדרי מגורים).

שלב 1

אפשר לקבוע הכמות הכוללת של צינור פקסגול 1/2" הדרושה לחדר זה על-ידי הכפלת השטח בגורם הריווח המופיע בטבלה ד'. (292.6 = 1.33 × 220 רגל צינור)

בדוגמה זאת החיבור לדוד הוא בדיוק מתחת לחדר ואורך הצינור הכניסה והיציאה לחדר שמעליו הנחוץ הוא קטן. נקבע שלולאה באורך 300 רגל תספיק.

שם לב: כדי להבטיח שהצינור יספיק, הכרחי להעריך נכונה של האורך הדרוש לצינורות הכניסה והיציאה עד לדוד או לסעפת ולהכלילו בחישוב אורך הצינור.

שלב 2

מחלקים 7,500 ב-220 כדי לקבל את פלט החום הנדרש כדי לפצות על הפסד החום המחושב. פלט החום הנדרש הוא 34 BTU לשעה לרגל מרובע.

$$\text{הפסד חום} = \frac{\text{פלט חום נחוץ לרגל מרובע}}{\text{פלט חום}}$$

שלב 3

משתמשים בטבלת מקדמי ההתנגדות התרמית (ערכי R) שנמצאת בנספח א' לקביעת ההתנגדות התרמית של 3/4" אבן טבעית. $R = 0.9$.

שלב 4

עכשיו, כשפלט החום לרגל מרובע וערך R של ציפוי הרצפה ידוע, אפשר להשתמש בלוח פלט החום כדי לקבוע את טמפרטורת המים הדרושה ואת טמפרטורת הרצפה שנובעת ממנה. עלה בטור המתאים לערך R 1.0 עד שהוא חותך את השורה המתאימה ל-34 BTU לרגל מרובע (השתמש ב-35) ולריווח של 9". טמפרטורת המים הדרושה בריווח של 9" בין מרכזי הצינורות היא 54°C . בקצה הימני של אותה שורה נמצאת טמפרטורת המשטח שתנבע ממערכת זאת (29.5°C). עכשיו אפשר להחליט אם טמפרטורת המים הדרושה וטמפרטורת המשטח הן קבילות. במקרה זה התשובה היא – כן.

שלב 5

כדי לקבוע את מפל הלחץ (ביחידות של רגל גובה מים) ואת קצב הזרימה (ביחידות של גלון לדקה) משתמשים בנוסחה:

$$\frac{\text{פלט חום}}{4400 \times 10} = \text{קצב הזרימה}$$

$$\text{קצב הזרימה} = \frac{7500}{4400 \times 10} = 0.170 \text{ מטר מעוקב לשעה}$$

נשתמש בטבלה ה' כדי לקבוע את מפל הלחץ של לולאה זאת. יש למצוא את הנקודה שבה 0.170 מ"ק לשעה ופקסגול 1/2" בטמפרטורה של 54°C מצטלבים. מפל הלחץ המתקבל הוא 2.02 רגל גובה מים ל-100 רגל צינור (נקבע על-ידי חישוב הממוצע בין 49°C ו- 60°C). כיוון שאורך הלולאה הוא 300 רגל יש להכפיל 2.02 ב-3 כדי לקבל את מפל הלחץ בלולאה באורך 300 רגל (6.06 רגל גובה מים). נחוצה משאבת סחרור שתוכל לפצות על מפל לחץ של 6.06 רגל גובה מים בקצב זרימה של 0.170 מ"ק לשעה. Grundfos UP 15-42F עומדת יפה בדרישות אלה.

הערכים שנקבעו:

אורך לולאה = 300 רגל

ריווח הצינורות = 9" ממרכז למרכז

פלט החום הנדרש = 34 BTU לשעה לרגל מרובע.

טמפרטורת המים = 54°C

טמפרטורת המשטח = 29.5°C

מפל הלחץ בלולאה = 6.06 רגל גובה מים

קצב זרימה נחוץ בלולאה = 0.75 גלון לדקה

עצמת הזרם = 0.75 גלון לדקה

התקנת חימום תת-רצפתי

הכנת האתר: משטח בטון על הקרקע

כללי

על האדמה להיות דחוסה ומפולסת, במיוחד יש להקדיש תשומת לב לניקוז. לחות גבוהה באדמה עלולה למשוך חום ממשטח הבטון המקרין ולהשפיע על פלט החום של המערכת, על היעילות ועל זמן התגובה. לכן יש להשתמש ביריעת פלסטיק למניעת מעבר אדים מתחת לכל שטח החימום התת-רצפתי. בנוסף, הנחת שכבת חצץ מעל האדמה הדחוסה תעזור מאד לניקוז, שכבה כזאת מומלצת לכל רצפה שנמצאת מתחת לפני הקרקע (מרתף) או שעלולים להצטבר בה מים.

בידוד

סוג: קצף קשיח של פוליסטירן או פוליאוריתן (לפחות 1" , מומלץ 2").

בידוד נאות של משטח הבטון המקרין יגדיל מאד את היעילות ואת מהירות התגובה של המערכת. התשובה לשאלות איך ואיפה להניח את הבידוד תלויה בתכנון המערכת וביחס בין עלות לתועלת של הבידוד.

בידוד ההיקף

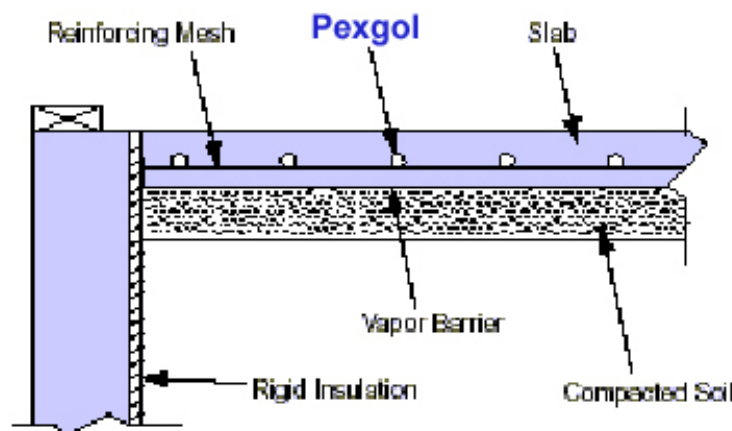
רוב הפסד החום של משטח בטון מקרין נובע מההיקף שלו. למעשה, משטח בטון מקרין לא מבודד הפועל ב- 27°C , כשהטמפרטורה החיצונית היא -12°C , עלול לאבד עד BTU 450 לשעה לכל מטר רץ של היקף המשטח. כיוון שעלותו של בידוד היקפי נמוכה ותועלתו רבה, מומלץ להתקין בידוד היקפי בכל היישומים של משטח בטון על הקרקע.

בידוד ההיקף בלבד

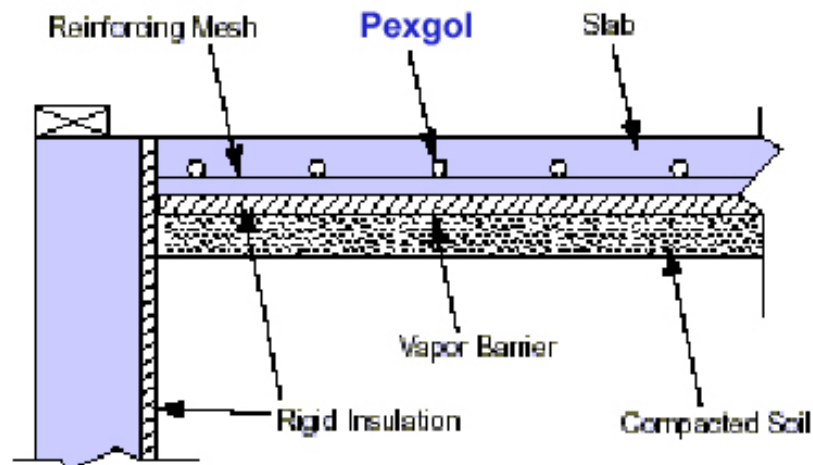
מרכיבים:

רשת חיזוק/צינורות פקסגול/ משטח בטון/ יריעה למניעת מעבר אדים/ בידוד קשיח/ אדמה דחוסה

Perimeter Insulation Only



Perimeter and Under Slab Insulation



בידוד מתחת למשטח

משטח הבטון על הקרקע מחמם לא רק כלפי מעלה אלא גם כלפי מטה - את האדמה שמתחתיו. בהתקנות רבות יגרום מצב זה רק לירידה קטנה ביעילות ובמהירות התגובה של המערכת. אך באקלים קר יותר או במקומות שיש מים באדמה, מומלץ בידוד מלא מתחת למשטח. בנוסף, בהתקנות על אדמה סלע, אדמת חרסית או אדמה אחרת בעלת מוליכות חום גבוהה, חייבים להניח שכבת חצץ מתחת לבידוד שמתחת למשטח כדי להבטיח תפקוד נאות של המערכת.

הכנת האתר: משטח בטון תלוי

כללי

בדרך כלל, משטח בטון תלוי נשען על רצפה תחתית מעץ בקומות העליונות של מבנים בעלי שלד מעץ. הרצפה התחתית צריכה להיות תקינה מבחינת מבנית ונקיה. יש להניח יריעת פלסטיק למניעת מעבר אדים ורשת חיזוק על כל שטח הרצפה ולקבע אותם למקומם.

בידוד

סוג: מרובעי "שמיכת" פיברגלס (בעלות מקדם התנגדות תרמית (ערך R) לפחות פי 3 ממקדם ההתנגדות התרמית של הרצפה, מומלץ פי 6).

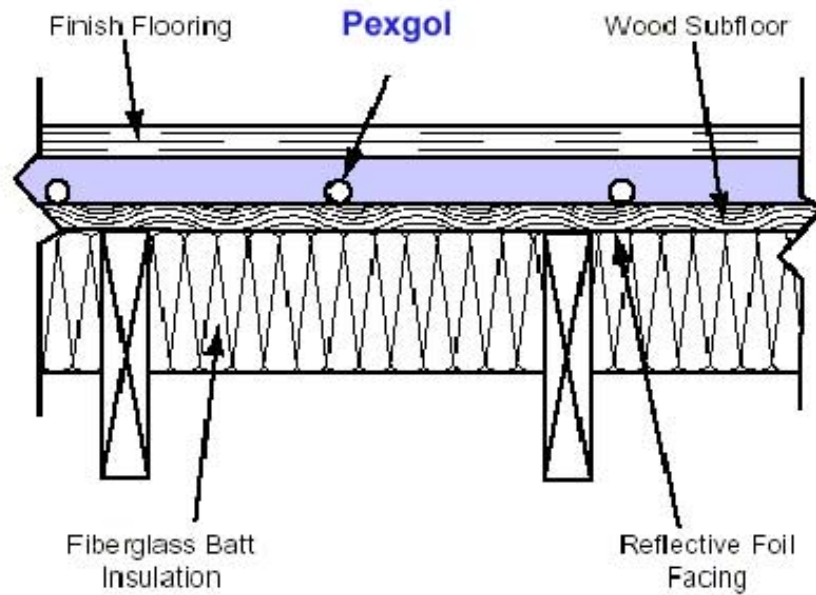
רצפה תלויה מעל מרתף לא מחומם או רצפה המוגבהת מעל הקרקע חייבים לבודד תמיד, כדי להקטין את הפסד החום בחדר שמעליה ולשפר את יעילות המערכת. גם בהתקנה מעל אזור מחומם מומלץ לבודד בין הקומות כדי למנוע מעבר חום כלפי מטה. בהעדר בידוד עלולה להיווצר תקרה מקרינה, מצב שיגרום לחימום יתר של הקומה הראשונה על חשבון פלט החום בקומה השניה.

משטח בטון תלוי עם מרובעי בידוד

מרכיבים:

משטח הריצוף העליון/ צינורות פקסגול/ מצע רצפה/ מרובעי שמיכת פיברגלס/ צד רדיד האלומיניום

Suspended Slab with Fiberglass Batt Insulation



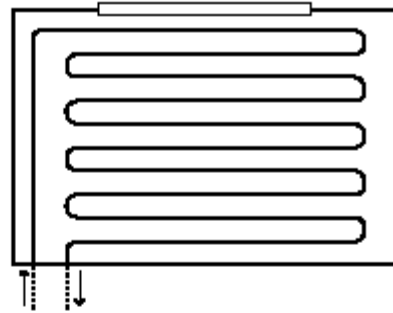
סידור הצינורות

סידור הצינורות בחימום תת-רצפתי נקבע לפי שני שיקולים תפעוליים מנוגדים, ויש למצוא את נקודת האיזון ביניהם. מצד אחד נמצאת השאיפה להגיע לטמפרטורה כמעט אחידה על פני כל המשטח ומצד שני הצורך לפצות על פלט החום המוגבר שקורה באופן טבעי לאורך הקירות החיצוניים. דגמי הסידור האפשריים הן: סרפנטינה יחידה, כפולה או משולשת או ספירלה הפוכה. בדגמי הסרפנטינה המים החמים ביותר גובלים בקירות החיצוניים (הפסדי החום הגבוהים ביותר). דגם הספירלה שונה מדגמי הסרפנטינה בכך שהצינורות הנכנסים והיוצאים מונחים זה לצד זה וכך יוצרים טמפרטורה ממוצעת ביניהם. דגם הספירלה מתאים כשאין אזור מסוים שיש בו הפסד החום גבוה במיוחד או כשחשוב במיוחד להשיג טמפרטורה אחידה בכל משטח הרצפה. בדרך כלל, אם יש צורך ביותר מלולאה אחת באזור, מקובל להשתמש ביותר מדגם אחד.

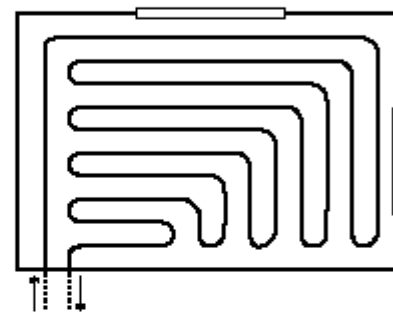
איורים של דגמי הסידור

סרפנטינה יחידה/סרפנטינה כפולה/סרפנטינה משולשת/ספירלה הפוכה

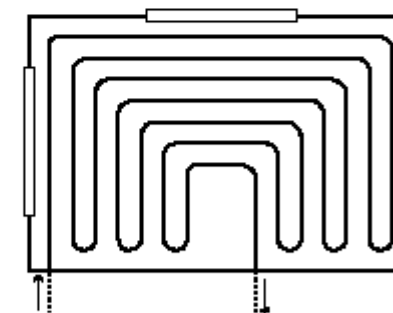
Single Serpentine



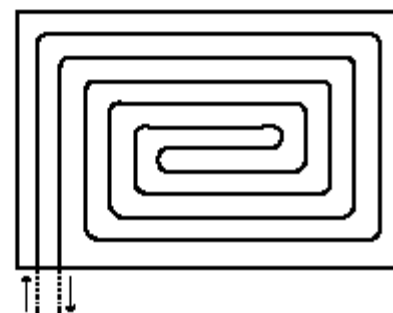
Double Serpentine



Triple Serpentine



Counterflow



אם יש אזורים שבהם הפסד החום גבוה במיוחד, כמו ליד דלתות זכוכית חיצוניות (דלתות ויטרינה), יוצרים לאורכם, לעיתים קרובות, פס שבו הריווח בין הצינורות קטן יותר. הריווח בפסים אלה יהיה קטן ב-3" מהריווח הרגיל. רוחב הפס יהיה 50% מגובה החשיפה להפסד חום (גובה דלת הזכוכית).

התקנת הצינורות

עומק הצינורות

העובי המינימלי של שכבת הבטון (מסה תרמית) למערכת חימום תת-רצפתי הוא:

עובי הבטון

עובי הבטון	פקסגול
1"	3/8"
1-1/4"	1/2"
1-1/2"	5/8"

מידות מינימום אלה נוגעות בעצם רק ליישומי רצפה תלויה, כיוון שרוב משטחי הבטון מעל הקרקע הרבה יותר עבים ממידות אלה.

כשמשטח הבטון עבה יותר, עומק הצינורות האופטימלי כדי לקבל פיזור חום וזמן תגובה יעילים ולשמור על שלמות המשטח הוא 2" - 3". גם אם הצינורות מונחים עמוק יותר, עדיין יכולה המערכת להיות מוצלחת, אך טמפרטורת המים הנכנסים הדרושה תהיה גבוהה יותר, ויש לצפות לזמן תגובה קצר יותר. כשהצינורות מונחים עמוק יותר, מומלץ להשתמש בבידוד גם בהיקף וגם מתחת למשטח הבטון. אם זה אפשרי מבחינת המבנה, אפשר לפצל את משטח הבטון לשתי יציקות וביניהן 3-5 ס"מ של בידוד קשית. כשיוצקים משטח מפוצל, ובאופן אידיאלי - בכל משטחי הבטון, יש להוסיף סיבי פיברגלס כדי לקבל עמידות טובה יותר בפני סדקים.

עומק הצינור בתוך משטח הבטון נישמר על-ידי חיבור הצינור לרשת חיזוק או למוטות חיזוק. את הרשת תומכים בגובה הרצוי באמצעות כסאות או בלוקים, או שהקבלן שמבצע את היציקה דואג להכניס אותה למקום הנכון בזמן היציקה. יש להקפיד שהצנרת תהיה בעומק אחיד, כיוון שעומק לא אחיד יגרום לטמפרטורת משטח לא אחידה.

קיבוע הצינור למקומו

ביישום של משטח בטון על הקרקע, יש לחבר את צינורות הפקסגול לרשת חיזוק ממתכת או למוטות חיזוק רק באמצעות חבקי פלסטיק. בהתקנת צינורות ליישום של משטח בטון תלוי מעל מצע רצפה מעץ, יש לחבר את הצינורות על-ידי מסמרי פלסטיק בצורת U או באמצעות מכלב. יש לתפוס את הצינור כל 60 – 75 ס"מ, ולהוסיף חיזוקים בכיפופים ובמקומות שבהם רואים שהצינור התרומם.

אם לצורך התקנת חימום תת-רצפתי יש צורך ביציקת משטח בטון נוסף מעל למשטח קיים, אפשר להשתמש במסילות קיבוע מפלסטיק המתאימות לצינור פקסגול 1/2". את המסילות יש לחבר לבטון במרחקים של 60-75 ס"מ, כדי שהצינור ייתפס במסילה יש לחוץ עליו עד לשמיעת "קליק".

חיבורי התפשטות וחדירה למשטח הבטון

"משחק" של משטח הבטון עד שהוא מתייבב והתפשטות והתכווצות שלו בגלל שינויי טמפרטורה עלולים במשך הזמן לגרום נזק לצינור. יש להגן על צינורות הפקסגול היוצאים מתוך משטח הבטון ובכל מקום שבו הצינור עובר דרך חיבור התפשטות. אפשר גם להעביר את הצינור דרך האדמה שמתחת לחיבור ההתפשטות במקום להעבירו ישר דרך החיבור. בכל אופן, בכל מקום שבו הצינור יוצא מתוך הבטון או עובר דרך חיבור יש לעטוף אותו בשרוול של בידוד צינורות מוקצף, שיכסה לפחות 7.5 ס"מ מכל צד של נקודת היציאה.

תומכי כיפוף

לכל המידות של צינורות פקסגול אפשר להשיג תומכי כיפוף, אשר מגנים על כיפופים של 90° ומונעים היווצרות "נקע". בתומכים אלה משתמשים בעיקר כשצינור יוצא ממשטח הבטון וממשיך כלפי מעלה או כלפי מטה בקיר. תומכי הכיפוף אינם נחוצים לסידור הצינור בתוך משטח הבטון.

חיבור לסעפת

אחרי סיום התקנת כל לולאות החימום אפשר לבצע את החיבור לסעפת. גם אם התקנה קבועה של הסעפת איננה מעשית בשלב זה, מומלץ בכל זאת לחבר אותה לפחות באופן זמני. חיבור הסעפת יאפשר בדיקת לחץ פשוטה של כל לולאות צנרת החימום וימנע כניסה של פסולת בניה לצינורות החימום. אביזר חיבור עמיד ללחץ לחיבור צינור פקסגול לראש הסעפת מורכב משלושה חלקים: צינור פנימי, טבעת חיזוק ואום לחץ. תחילה משחילים את האום על הצינור ואחריו את טבעת החיזוק, ואז נועצים את הצינור הפנימי לתוך קצה הצינור. כשמחברים את אביזר החיבור לראש הסעפת יש להבטיח שצינור הפקסגול יושב היטב על הצינור הפנימי, וכי הצינור הפנימי יושב היטב בתוך ראש הסעפת. עכשיו אפשר להחליק את טבעת החיזוק מעל הצינור הפנימי ולהבריג את האום לסעפת.

בדיקת המערכת והפעלתה

בדיקת לחץ

יש לבדוק את כל הלולאות בלחץ של 35 – 70 מטר מים למשך 24 שעות לפני שיוצקים עליהן את הבטון ואחרי היציקה. חיבור כל הלולאות לסעפת מאפשר להפעיל לחץ על כל המערכת בבת אחת. אפשר גם לחבר את צינור היציאה של כל לולאה לצינור הכניסה של הלולאה הבאה באמצעות אביזר צימוד עמיד לחץ, וכך ליצור לולאה אחת לצורך הבדיקה.

אם הלחץ במערכת יורד, או אם אחד הצינורות ניזוק תוך כדי היציקה, יש לאתר את הנזילה ולתקן אותה. תיקון יתבצע רק באמצעות אביזר צימוד עמיד לחץ ומעליו יולבש שרוול למניעת מגע ישיר בין האביזר החיבור לבטון.

הוצאת אויר מהמערכת

שסתום הוצאת האוויר ממוקם בראש היציאה של הסעפת. בסיום התקנת המערכת יש להוציא אויר מכל לולאה בנפרד. אפשר לבצע זאת על-ידי סגירת כל שסתומי האיזון שבראש הכניסה (שנמצאים מתחת לכיפות הפליז) או על-ידי סגירת כל ברזי הסגירה הידניים שבראש היציאה ופתיחת אזור אחד בכל פעם. אחרי שיצא כל האוויר הנראה, יש לסגור את הלולאה ולהמשיך ללולאה הבאה. אם מתכוונים להשתמש בשסתומי אזורי מוסתי חום (השימוש בהם הוא אופציונאלי), אין להתקין אותן אלא אחרי הוצאת האוויר מהמערכת.

כדי להוציא אוויר מהמערכת כשמשתמשים בשסתום ערבוב מוסת חום, יש להוריד את טמפרטורת הדוד מתחת ל- 38°C , כדי להבטיח שהזרימה דרך השסתום תהיה חזקה מספיק כך שאפשר יהיה לבצע את הוצאת האוויר.

איזון המערכת

שסתומי האיזון ממוקמים מתחת לכיפות הפליז על ראשי הכניסה של הסעפת. השסתומים מאפשרים להתאים את קצב הזרימה של כל לולאה בנפרד במערכות שיש בהן הבדלים באורך הלולאות הגדולים מ-10%. איזון מערכת נכון מושג אם בזמן שהמערכת בפעולה מלאה, טמפרטורות החזרה של כל הלולאות שווה, והיא ברמה הגבוהה ביותר.

כדי לאזן נכונה את המערכת יש לבצע את הצעדים האלה:

1. בעזרת הנוסחה להלן, קבע כמה חצאי סיבוב יש לעשות (ממצב סגור לגמרי):

$$\text{כיוון משאבת האיזון} = \frac{\text{אורך הלולאה} \times 8}{\text{אורך הלולאה הארוכה ביותר}}$$
2. הסר את כיפת הפליז מראש הכניסה כדי לחשוף את בורג האלן שמכוון את שסתום האיזון.
3. באמצעות מפתח אלן, סובב את בורג האלן בכיוון השעון (למטה) עד הסוף. עכשיו השסתום סגור לגמרי.
4. סובב את בורג האלן כנגד כיוון השעון (למעלה/לפתיחה) מספר חצאי הסיבובים כפי שנקבע באמצעות המשוואה.

דוגמה:

המערכת תוכננה לסעפת של שלוש לולאות כשהלולאות מסומנות א' ב' ו-ג'. לולאות א' ו-ב' שוות באורך, כל אחת באורך של 300 רגל. אורכה של לולאה ג', שמשרתת חדר אמבטיה קטן, רק 150 רגל. לולאות א' ו-ב', שתיהן באורך שווה, מייצגות את הלולאה הארוכה ביותר, ושסתומי האיזון שלהן יהיו פתוחים לגמרי. את מצב שסתום האיזון של לולאה ג' אפשר לקבוע לפי הנוסחה:

$$4 = \frac{8 \times 150}{300} \text{ (חצאי סיבובי פתיחה ממצב סגור לגמרי)}$$

כיוון הטמפרטורה

את המדחום יש להרכיב על צינור הכניסה לפני הסעפת. עכשיו אפשר להתאים ולאמת את טמפרטורת היציאה של דוד החימום או שסתום הערבוב, כך שתתאים לדרישות התכנון. אפשר להשתמש במדחום נוסף שיורכב על הצינור החוזר כדי לבדוק את מפל הטמפרטורה של המערכת.

הפעלת המערכת

אחרי שהושלמו שלבי הוצאת האוויר מהמערכת, איזונה וכיוון הטמפרטורה שלה, אפשר להפעיל את וסת החום שלה ובזאת להכניס אותה לפעולה סדירה.

תכנון חימום באמצעות פנלים מחממים

נתונים טכניים:

חומר: אלומיניום מדופן נחושת

אביזרים: פליז

טמפרטורת פעולה מומלצת: 82°C

לחץ פעולה מקסימלי: 50 PSI

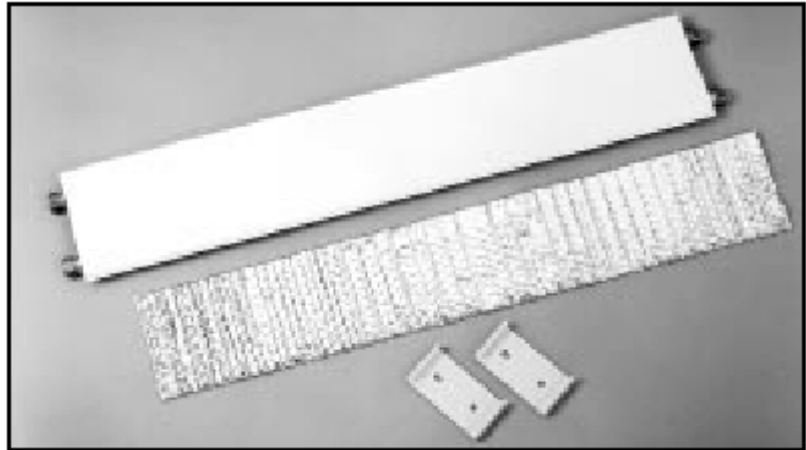
משקל למטר: 2 ק"ג

תכולת מים למטר: 0.22 ליטר

גובה: 13 ס"מ

עובי: 2.35 ס"מ

צילום של פנלים מחממים



פנלים מחממים הם פנלים לחימום מאלומיניום מדופן נחושת. קיימים פנלים באורכים 45 עד 255 ס"מ בקפיצות של 15 ס"מ. כל פנל מסופק עם אביזרי חיבור מהיר לצינור פקסגול $3/8"$, מחברים לחיבור לקיר ורדיד אלומיניום מחזיר. קיים בגימור לבן נקי.

מבוא

פנלים מחממים הם המילה האחרונה בחימום היקפי על-ידי מים חמים. הפנלים המחממים, שבולטים רק שני ס"מ וחצי מהקיר, נראים כמו פנלים רגילים.

מערכות החימום המקובלות כופות מגבלות על תכנון הבית, ודורשות וויתורים גם מבחינת הנוחות וגם מבחינת העיצוב. מערכת הפנלים המחממים פותחת עולם שלם של אפשרויות חדשות, ומאפשרת חימום נעים יותר תוך צריכת אנרגיה יעילה וללא אילוצים בעיצוב הפנים.

חסל סדר החימום הלא אחיד שמתקבל מצורות חימום נפוצות כמו רדיאטורים או מערכות הפולטות אוויר חם. השימוש בפנלים מחממים מאפשר את מה שנקרא "עקרון החימום המקיף". כיוון שהפנלים מחממים את החדר מהיקפו, הם יוצרים טמפרטורה אחידה בכל החדר, מונעים מערבולות אוויר וסחרור אבק, ויחד עם זאת משמרים את הלחות באוויר. בנוסף, החימום המקיף הוא חסכוני באנרגיה מטבעו, כיוון שהוא מעניק הרגשה נעימה בטמפרטורות נמוכות יחסית. גם שכבת האוויר החם היקרה והמבזבזת הנצברת, בדרך כלל, מתחת לתקרה מצטמצמת, וגם הרגשת היובש והמחנק הנלווית למערכות המקובלות נמנעת, וכך מאפשרת המערכת, בסיכומו של דבר, הרגשה טובה יותר, חיסכון באנרגיה וסביבת מגורים

בריאה יותר. שימוש אופציונאלי בסעפת ובמנגנוני בקרה מאפשר את התקנתה של בקרה נפרדת לכל חדר וויסות פעולת המערכת בהתאם למזג האוויר בחוץ.

שלב 1 קבע מהם צרכי החימום

את צרכי החימום של חדר או של אזור יש לקבוע על-ידי חישוב הפסד חום לחימום תת-רצפתי או על-ידי התאמת חישובי הפסד חום רגילים (ראה טבלת חישוב הפסדי חום). מהנדסי התכנון שלנו, נציגים מקומיים וסיטונאים יכולים לעזור לכם בקביעת צרכי החימום שלכם.

שלב 2 פלט החום הנדרש

את הפסד החום של כל אזור יש להחליף בפלט החום שצריכים לספק הפנלים. טבלה א' מציגה את פלט החום מהפנלים בטמפרטורות מים ממוצעות שונות. יש לתכנן את המערכת כך שתפעל בטמפרטורה הנמוכה ביותר שמספיקה לפצות על איבוד החום. דבר זה מבטיח חיסכון מרבי באנרגיה.

$$\frac{\text{הפסד חום}}{\text{פלט החום (בטמפרטורה)}} = \text{אורך פנלים נדרש}$$

שלב 3 חישוב הפנלים ורכיבים אחרים

לפי האורך שחושב בשלב 2 אפשר לחשב מהם הפנלים והרכיבים האחרים הנחוצים. טבלה ב' מציגה את אורכי הפנלים המתאימים לקירות באורך 0.75 מטר ועד 5.5 מטר. אחרי שנקבע מספר וגודל הפנלים ניתן לחשב את הרכיבים האלה:

- גודל הסעפת: תלוי במספר האזורים הדרושים. חדרים גדולים עלולים להצריך יותר מאזור אחד. הערה: אזור לא יכלול יותר מ-18 מטר פנלים מחממים ו-36 מטר של פקסגול
- צינור פקסגול 3/8": אורך כולל של כל צינורות הכניסה והיציאה.
- לוחיות כיסוי: שתיים לכל קיר. אם מצרפים שני פנלים כדי להגיע לאורך הקיר, יש צורך בשלוש לוחיות כיסוי.
- סיומות ופינות: בהתאם לסידור הפנלים המתוכנן.
- שסתומי אזור: אם רוצים, שווה למספר האזורים בסעפת.
- בקרי שסתומי אזור: אם משתמשים בשסתומי אזור.
- וסתי חום לפי הצורך.
- משאבת סחרור: אחת לכל סעפת. ההספק בהתאם ללחץ ולקצב הזרימה הדרושים. (ראה שלב 4)

טבלה א' פלט החום מהפנלים למטר אורך

טמפרטורת מים ממוצעת °C	פלט החום בקצב זרימה של 0.159 מ"ק לשעה
93.33	804
90.56	771
87.78	738
85	705
82.22	672.5
79.44	640
76.67	607
73.89	574

71.11	541
-------	-----

טבלה ב' מפל הלחץ ביחידות של מטר מים

קצב זרימה מ"ק לשעה	צינור פקסגול " 3/8 (למטר)	פנלים מחממים למטר	אביזרי חיבור (לפנל)
0.023	0.0024	0.0022	0.0043
0.045	0.0076	0.0067	0.0131
0.068	0.0159	0.0128	0.0251
0.091	0.0272	0.0203	0.0397
0.135	0.0394	0.0290	0.0568
0.134	0.0550	0.0388	0.0760
0.159	0.0734	0.0496	0.0972
0.182	0.0917	0.0614	0.1204
0.204	0.1138	0.0742	0.1453
0.227	0.1387	0.0878	0.1720
0.250	0.1625	0.1023	0.2003
0.272	0.1905	0.1175	0.2303
0.295	0.2217	0.1336	0.2618
0.318	0.2508	0.1504	0.2947
0.340	0.2847	0.1680	0.3291
0.363	0.3215	0.1868	0.3649
0.386	0.3558	0.2052	0.4021
0.409	0.3951	0.2249	0.4406
0.431	0.4375	0.2452	0.4804
0.454	0.4767	0.2662	0.3569

שלב 4 קצב הזרימה ומפל הלחץ

אזור אופייני של פנלים מחממים (הכולל 18 מטר של פנלים ו-36 מטר של צנרת פקסגול) זקוק ללחץ של 4.7 מטר מים בקצב זרימה של 0.159 מ"ק לשעה. משאבת סחרור Grundfos UP 15-42F, או שוות ערך, תענה על כל הדרישות הרגילות. אפשר גם לחשב את קצב הזרימה ואת הלחץ הדרושים למערכת מסוימת כמתואר להלן:

ראשית, חשב את קצב הזרימה הדרוש במערכת (במטר מעוקב בשעה) על-ידי חלוקת סה"כ פלט החום הנדרש (ביחידות של BTU לשעה) ב- ΔT (הפרש בין טמפרטורת המים בכניסה וביציאה) של המערכת כפול ΔT . 4400 מתוכנן של 18°C נחשב מיטבי.

$$\frac{\text{פלט חום}}{4400 \times 18} = \text{קצב הזרימה}$$

עכשיו יש לחשב את ההתנגדות למפל המתח של האזור הגדול ביותר. התנגדות זאת כוללת את ההתנגדות הפנימית של הפנלים המחממים של צינורות הפקסגול ושל אביזרי החיבור. יש להשתמש בנוסחת קצב הזרימה לחישוב קצב הזרימה הדרוש לאזור (ביחידות של BTU לשעה).

$$\frac{\text{פלט חום}}{4400 \times 18} = \text{קצב הזרימה לאזור}$$

טבלה ג' מציגה את מפל הלחץ (PD), ביחידות של מטר מים לקצבי זרימה של 0.023-0.454 מ"ק בשעה. השורה המתאימה לקצב הזרימה המחושב תיתן את מפל הלחץ למטר צינור פקסגול "3/8", את מפל הלחץ לפנלים מחממים (למטר) ואת התנגדות אביזרי החיבור (לפנל). עכשיו אפשר לחשב את מפל הלחץ הכולל.

$$\text{מפל לחץ כולל} = \text{אורך צינור פקסגול} \times \text{PD} + \text{אורך פנלים} \times \text{PD} + \text{מספר פנלים} \times \text{PD}$$

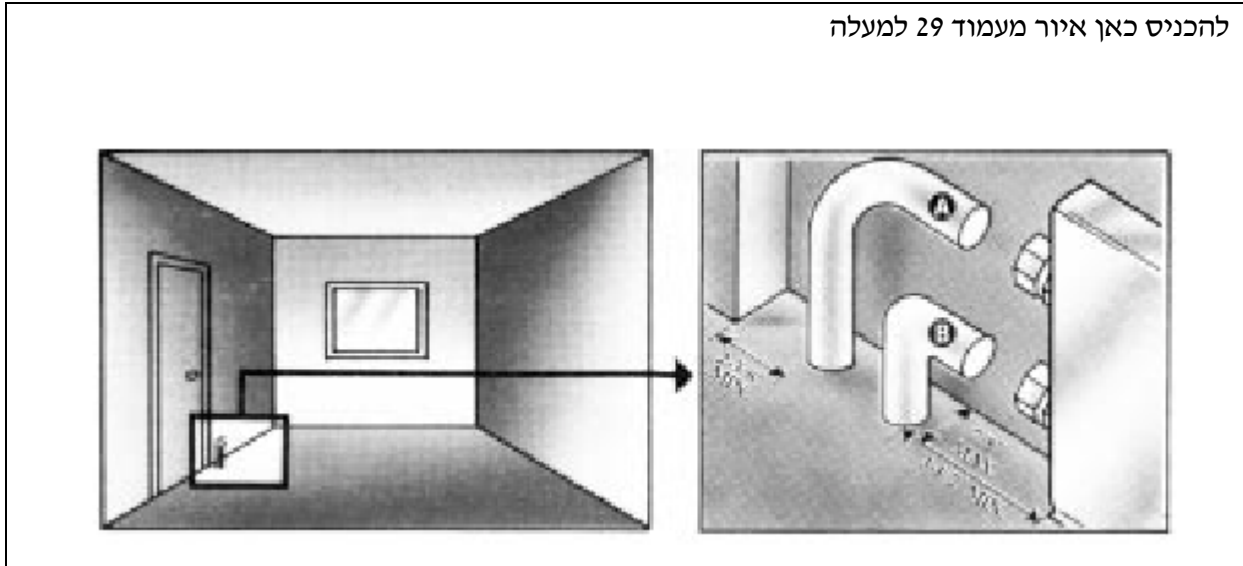
משאבת סחרור בעוצמה הנכונה היא זאת שתוכל לייצר את קצב הזרימה הכללי הנחוץ במערכת ויחד עם זה להחזיק את הלחץ הנחוץ ללולאה הארוכה ביותר.

התקנת חימום באמצעות פנלים מחממים

שלב 1 מיקום הסעפת

תחילה יש להחליט על מיקום הסעפת ולהתקינה. באופן אידיאלי תמוקם הסעפת בחדר הדוודים או המכונות. אבל בהתקנות גדולות יש לשקול מיקום מרכזי או מרוחק מהדוד. דבר זה יאפשר להשתמש בצנרת פקסגול קצרה יותר לצינורות הכניסה והיציאה של כל אזור.

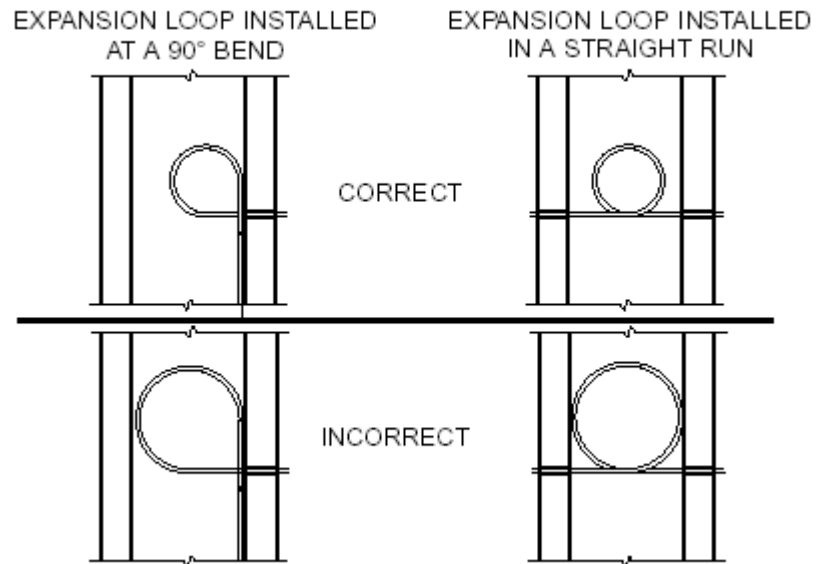
להכניס כאן איור מעמוד 29 למעלה



שלב 2 הכנת ראשונית של צנרת הפקסגול

- א. זהה את נקודת הכניסה והיציאה, וכן נקודות דילוג בגלל פתח או דלת. כמעט תמיד ישמש הצינור העליון A לכניסה והתחתון B ליציאה.
- ב. באמצעות מקדח בקוטר $9/16$ " קדח חורים שדרכם יעבור צינור הפקסגול. קדח את החורים בהטייה קלה לכיוון המקום שבו יחובר הפנל המחמם, דבר זה יקל על חיבור הפקסגול לפנלים המחממים.
- ג. העבר את הצינור והשאר בערך 30 ס"מ צינור יוצא מהרצפה לחיבור לפנלים המחממים.
- ד. לולאות התפשטות: שיעור ההתפשטות של צנרת פקסגול בגלל עליית הטמפרטורה הוא 10.8 ס"מ ל-10 מטר צינור לכל 5°C עליית טמפרטורה.

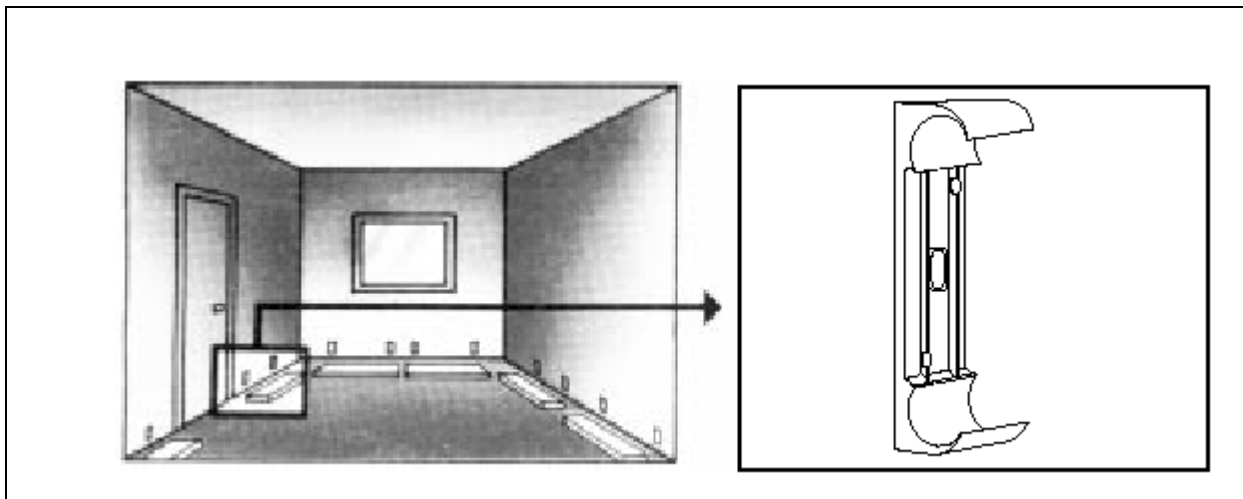
אחת הדרכים לטפל בהתפשטות הקווית של הצינור היא על-ידי יצירת לולאות התפשטות לאורך הצינור. אלה מאפשרות לצינור להתפשט מבלי לגרום לחץ. כשהמים מתחממים והצינור מתפשט, הלולאה גדלה. כשהמים מתקררים והצינור מתכווץ, הלולאה קטנה. (ראה איור).



הערה: יש להשאיר ללולאה מספיק מקום לגדול

שלב 3 התקנת הפנלים המחממים

א. הנח את הפנלים על הרצפה בהתאם לתוכנית.



ב. עם כל פנל מסופקת יריעת בידוד מחזיר בגודל המתאים. יש לחברה בכליבות לקיר במקום שבו עומדים להתקיף את הפנל המחממים.

ג. לכל פנל נחוצים שני מחברים לחיבור לקיר. יש לקבע אותם אל תומכות הקיר הקרובות לקצה הפנל. לקביעת הגובה יש להניח את המחבר על מרווח (spacer) ברוחב $3/4$ " או להשכיב מחבר אחד כמרווח. אם מרכיבים את הפנל על קיר שאיננו ישר, יש להשתמש בטריזים להבלטת המחבר מהקיר או לישר את הקיר; חשוב שהפנל יוכל לנוע באופן חופשי עם ההתפשטות וההתכווצות הטבעיות של מערכת החימום.

ד. לחץ את הפנל אל המחבר עד שישמע "קליק". פנל חימום המותקן כהלכה אינו נוגע בקיר או ברצפה.

שלב 4 חיבור צינורות הפקסגול

א. השחל את האום ואת טבעת החיזוק על הצינור ונעץ את קצה הצינור על תושבת החיבור של הפנל. שמן את ההברגה בשמן סיכה קל, וודא שהצינור מורכב על התושבת עד סופה, לפני שאתה מהדק את האום.

ב. בחיבור שני פנלים על אותו קיר יש למדוד ולחתוך את שני קטעי הצינור ביחד, כדי להבטיח אורך שווה והתאמה טובה בין הפנלים.

ג. לחיבור פינות פנימיות וחיצוניות יש לפעול כלהלן:

1. חתוך חתיכה גדולה מהדרוש והרכב את תומך הכיפוף.

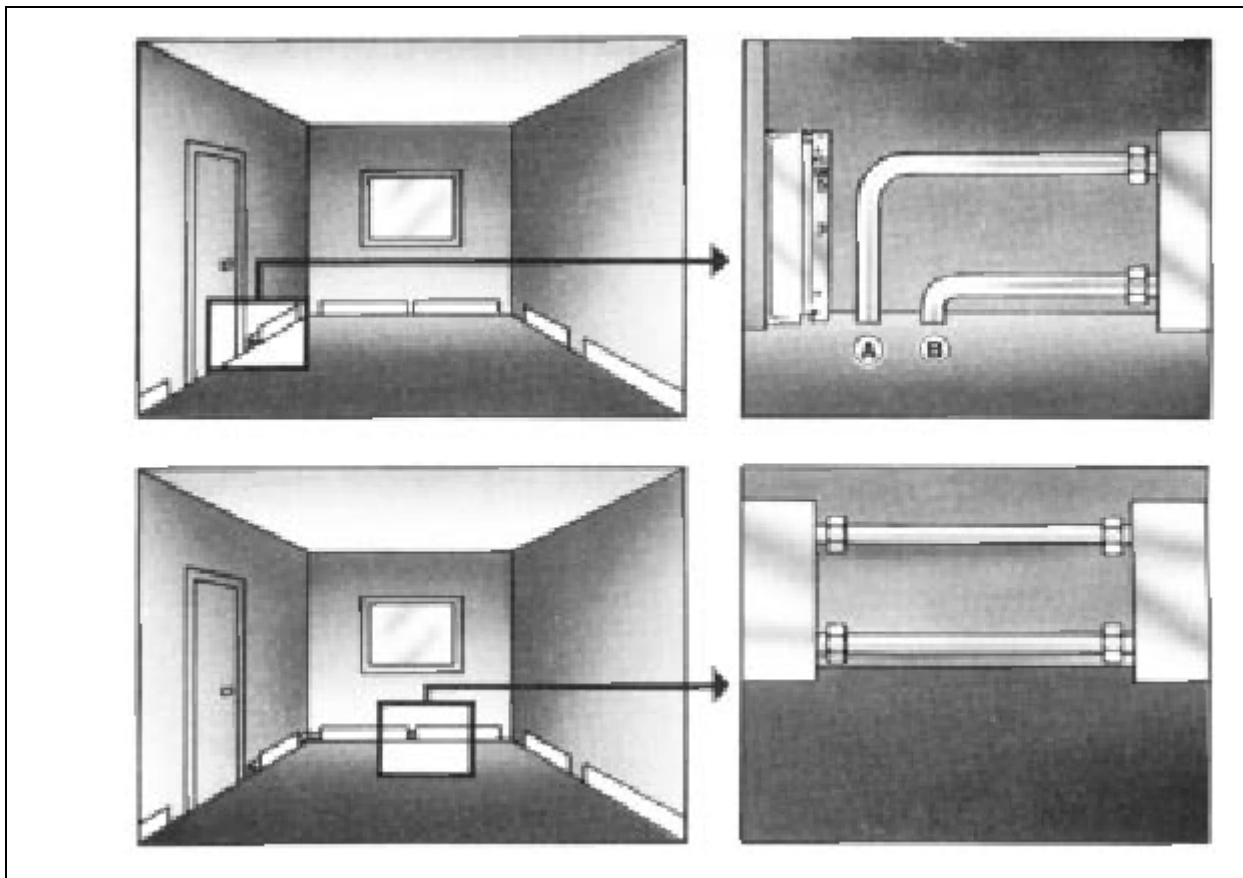
2. החזק את הצינור מעל לפנלים וסמן את הקצוות.

3. חתוך חתיכה נוספת באותו אורך.

4. התקן תחילה את הצינור התחתון.

ד. בסוף כל לולאת חימום יש לחבר צינור פקסגול של כ-38 ס"מ מכופף בצורת האות U. חבר קצה אחד שלו לצינור הכניסה וקצה שני לצינור היציאה. יש לכופף את הצינור לצורת U באמצעות הידיים לפני התקנתו.

הערה: עם הפעלת המערכת יש לבדוק ולחזק את כל החיבורים.

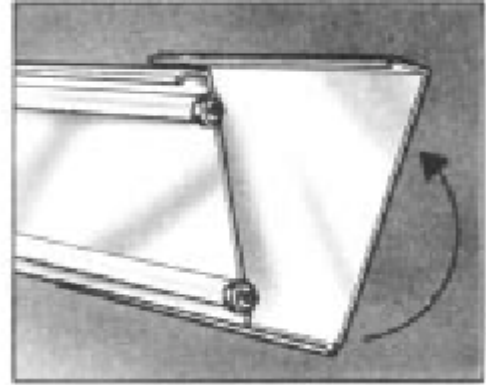


שלב 5 מילוי המערכת במים

בזה אחר זה מלא את האזורים במים והוצא מהם את האוויר. בדוק את כל החיבורים. אחרי שוידאת שאין נזילות אתה יכול להמשיך לשלב 6.

שלב 6 הרכבת חלקי הגימור

עכשיו אפשר להרכיב את כל הסיומות והפינות על-ידי חיבורם לקיר. לוחיות הכיסוי משמשות להסתרת הצינורות והחיבורים בין הפנלים ובסיומם. לוחיות הכיסוי יתחברו לסיומת או לפינה מצד אחד ויחפפו את הפנל בצד השני. לפני הרכבת לוחיות הכיסוי הסר את שכבת המגן שעל סרט ההדבקה הדו-צדדי שנמצאת על הסיומות והפינות. להרכבת לוחיות הכיסוי הצמד תחילה את התחתית, ואז טלטל כלפי מעלה מעל לפנל והדק בחוזקה אל סרט ההדבקה.



דרישות מכניות

ניתן לחבר פנלים מחממים ישירות לדוד רגיל או מקור מים חמים אחר הפועל בטמפרטורות 70°C - 82°C . למידע על סעפות ותכנון מכני ראה בפרק שיטות חיבור ובקרה.

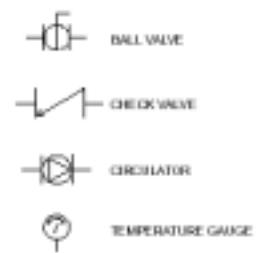
תוכנית רגילה למערכת פנלים מחממים :

דוד חימום/מיכל התפשטות / וסת חום בחדר/ ממסר למשאבת הסחרור/ ראש הכניסה/ ראש היציאה

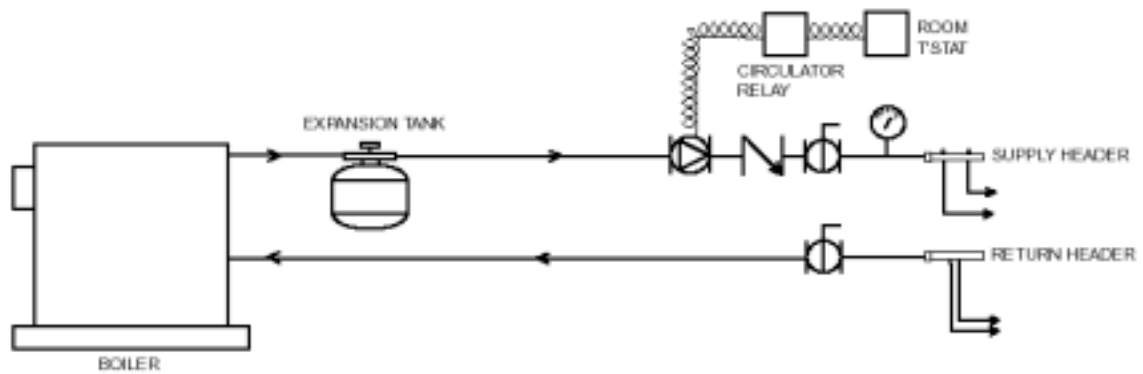
Mechanical Requirement

Radiantpanel may be piped directly from a conventional boiler or hot water source operating between 160-180°F. For information on manifolds and mechanical design see Piping & Control Strategies.

Diagram Key



Standard design for Radiantpanel system.

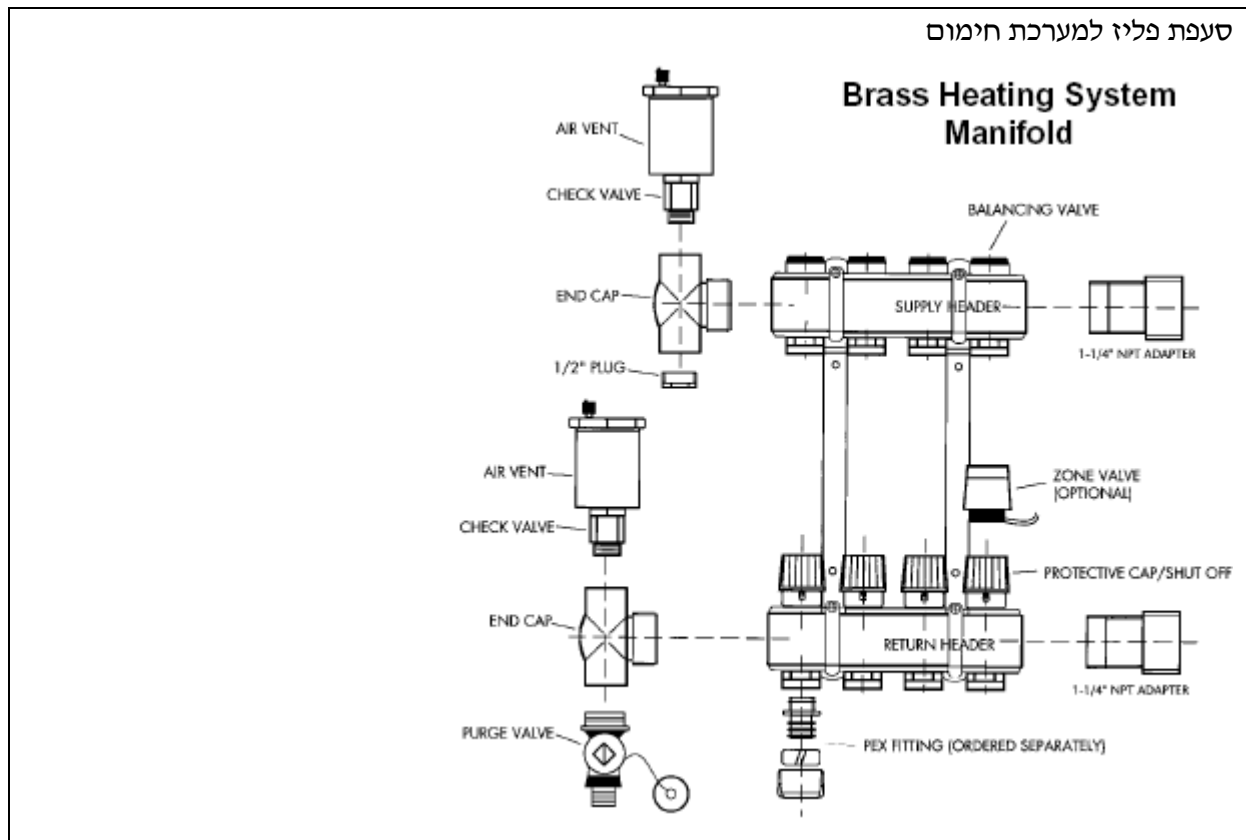


שיטות חיבור ובקרה

סעפות מערכת

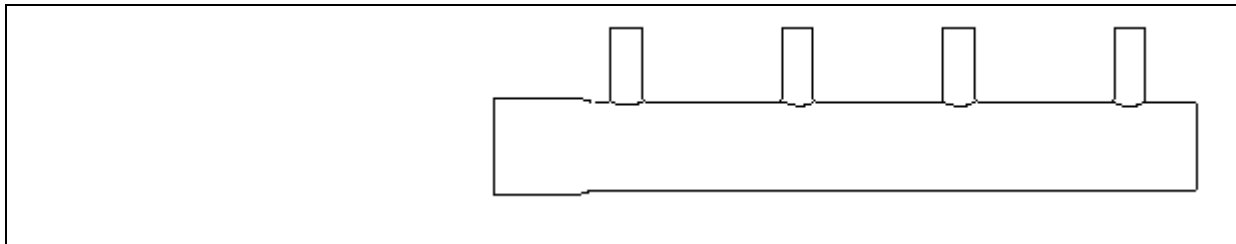
סעפות מערכת מאפשרות את הגמישות הדרושה לצורך תכנון מערכת שתתאים התאמה מרבית לכל צורך שהוא. סעפות מאפשרות לתכנן צנרת מרכזית ללולאות ולאזורים השונים שיש, בדרך כלל, במערכות חימום תת-רצפתי. שימוש בסעפות מערכת יתרום לתכנון מכני ולבקרה פשוטים יותר וטובים יותר.

סעפות הפליו לחימום מתוצרתנו מיוצרות מ-wall extruded brass וכוללות ראש כניסה וראש יציאה, מתאמים למערכת חיצונית של 1-1/4", מחברים לחיבור לקיר, שסתומי סגירה, שסתומי איזון ושסתום להוצאת אוויר לכוד. ניתן להשיג סעפות ל-2 עד 10 אזורים, וניתן לחבר אליהן צינורות פקסגול בקוטר של 3/8", 1/2", 5/8" ו-3/4". (אביזרים לפקסגול יש להזמין בנפרד לפי הגודל הדרוש). יתרונות סעפות הפליו שלנו כוללים אפשרות לבידוד אזור יחיד, יכולת לחבר שסתומים אופציונאליים לאזור ויכולת הרחבה מודולרית.



ניתן להשיג גם סעפות חימום מנחושת. הן מורכבות מצינור 1-1/4" נחושת מסוג L שממנו מסתעפות יציאות של 3/4" במרחקים של 3" בין מרכזי היציאות. סעפות אלה הן מודולריות לחלוטין, וניתן להשיג אותן בתצורה של 2, 3 או 4 יציאות, ואפשר לחבר אותן על-ידי הלחמה כך שיעמדו בכל דרישת תכנון שהיא. מתאמים בין Pex לבין צנרת נחושת ושסתומי כדוריים מנחושת M x F יש להזמין בנפרד. למערכות חימום גדולות וליישומים להמסת שלג אפשר להשיג גם ראשי נחושת של 2".

סעפת מנחושת למערכת חימום



בקרת טמפרטורת כניסת המים

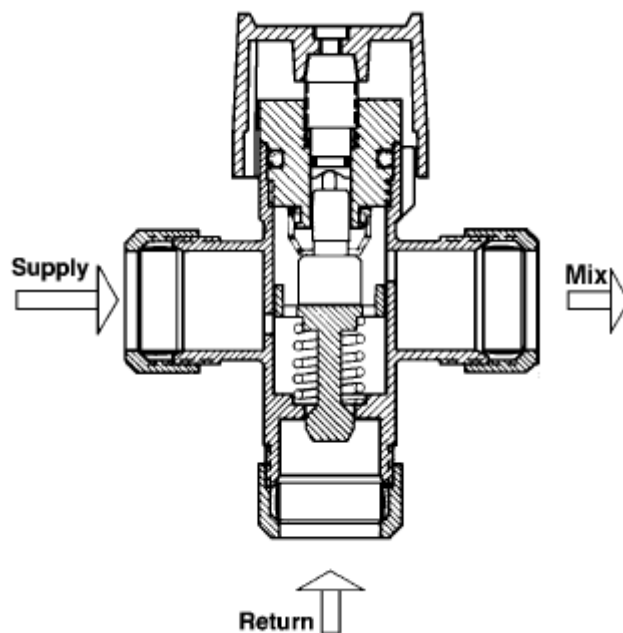
בגלל הטמפרטורה הנמוכה יחסית של המים הנכנסים למערכת החימום התת-רצפתי, יש צורך בשסתום מיתון או ערבוב כדי שיוריד את טמפרטורת המים היוצאים מדוד חימום רגיל. יוצאים מהכלל הם מקרים מיוחדים של מערכות חימום על-ידי צינורות חימום תלויים ועל-ידי פנלים, אשר מתוכננים לפעול בטמפרטורה גבוהה. ניתן להשיג אצלנו שסתומי ערבוב מווסתי חום בעלי שלוש יציאות ושסתומי ערבוב ידניים בעלי 3 או 4 יציאות. שסתומי ערבוב מווסתי חום הם אידיאליים למערכת חימום תת-רצפתי קטנה עד בינונית המצריכה טמפרטורת מים קבועה מתחת ל- 66°C . שסתומי ערבוב ידניים מתאימים למערכות גדולות יותר, לטמפרטורות פעולה גבוהות יותר או כשרוצים מערכת בקרת מזג אוויר ממונעת.

שסתום ערבוב מווסת חום

שסתום בעל ויסות עצמי המשמש לבקרה על טמפרטורת המים במערכות חימום תת-רצפתי קטנות עד בינוניות. טמפרטורת המים נשמרת על-ידי חיישן שעווה ונחושת מיוחד שמפקח על זרם המים החמים (מים שמגיעים מהדוד) והקרים (מים שחוזרים מהמערכת) ומיצב את הטמפרטורה ברמה הרצויה במהירות. ניתן להשיג שסתומים אלה בשתי מידות: $1\frac{3}{4}$ " ו-1".

שרטוט של השסתום.

מרכיבים: מים שמגיעים מהדוד, מים חוזרים מהמערכת, מים מעורבבים



נתונים טכניים:

טמפרטורה מקסימלית: 90°C

לחץ עבודה מקסימלי : 88 מטר מים

טווח טמפרטורה אחרי הערבוב : $38^{\circ}\text{C} - 65.5^{\circ}\text{C}$

חומר : פליז

קיבולת : $3/4'' - \text{BTU } 25,000$

$1'' - \text{BTU } 45,000$

כיוון השסתום כשהמים מהדוד ב- 82°C

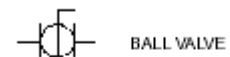
טמפרטורת המים היוצאים ב- $^{\circ}\text{C}$	כיוון
38	1
43.5	2
49	3
54.5	4
60	5
65.5	6

הערות:

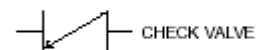
ציור זה הוא ציור סכמתי. לצורך הבהירות הושמטו כמה מרכיבי המערכת. בזמן ההרכבה יש לפעול בהתאם לכל התקנות המקומיות.

מקרא : שסתום כדורי/ שסתום בקרה/ משאבת סחרור/מדחום

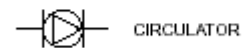
Diagram Key



BALL VALVE



CHECK VALVE



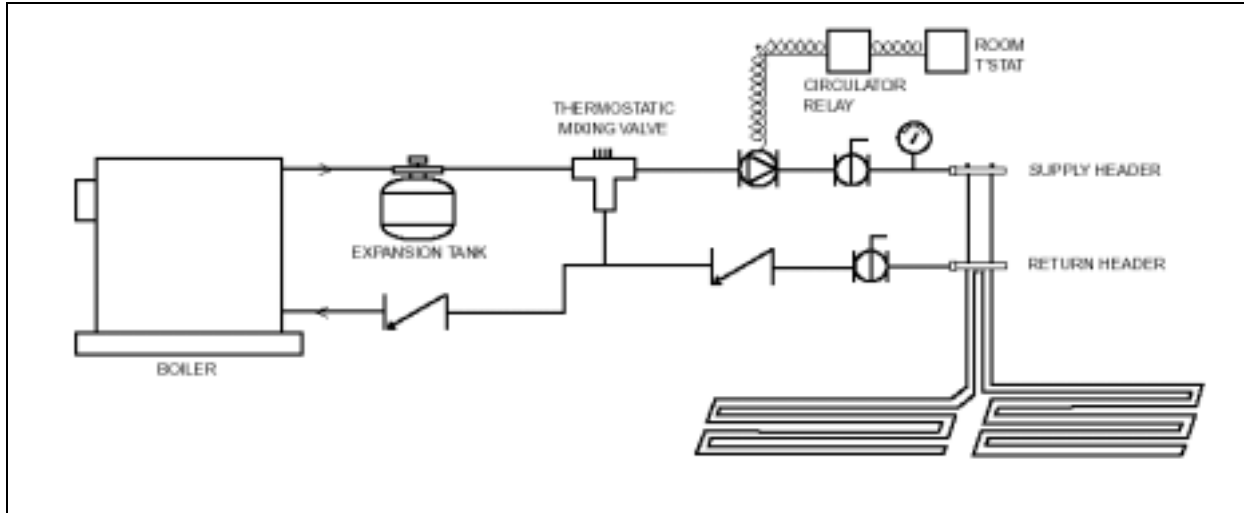
CIRCULATOR



TEMPERATURE GAUGE

חיבור שסתום ערבוב מוסת חום :

דוד חימום/מיכל התפשטות / שסתום ערבוב מוסת חום / וסת חום בחדר/ ממסר למשאבת הסחרור/ ראש הכניסה/ ראש היציאה



שסתום ערבוב ידני

מיועד למערכות שבהם נדרשת בקרה על טמפרטורת המים. טמפרטורת המים הנכונה מושגת על-ידי ערבוב מים חמים מדוד החימום עם המים הפחות חמים שחוזרים מהמערכת. הדבר נעשה על-ידי כיוון השסתום באופן ידני או באמצעות מנוע. לשסתום יש 3 או 4 יציאות, וניתן להשיגו בגדלים של 3/4" עד 2".

נתונים טכניים:

טמפרטורה מקסימלית: 110°C

לחץ עבודה מקסימלי: 88 מטר מים

חומר: פליז או ברזל יציקה – תלוי בגודל

כיוון השסתום כשהמים מהדוד ב-82°C

קיבולת מקסימלית ב- BTU לשעה	טווח טמפרטורות ב-°C	שסתומי ערבוב ידניים
70,000	82-70	3/4" ידני
140,000	82-70	1 ידני
210,000	82-70	1-1/4" ידני
350,000	82-70	1-1/2" ידני
500,000	82-70	2" ידני

הערות:

אם לא משתמשים בשסתומי אזור בסעפת, יהיה צורך גם בשסתום בקרה בצינור הכניסה אחרי שסתום הערבוב.

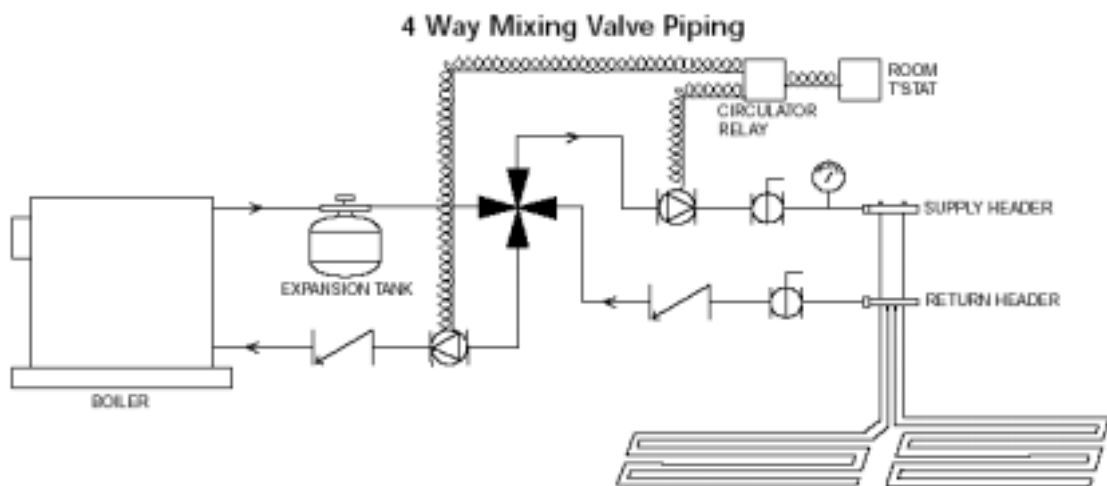
ציור זה הוא ציור סכמתי. לצורך הבהירות הושמטו כמה מרכיבי המערכת. בזמן ההרכבה יש לפעול בהתאם לכל התקנות המקומיות.

מקרא: שסתום כדורי/ שסתום בקרה/ משאבת סחרור/מדחום



חיבור שסתום ערבוב של 4 יציאות :

דוד חימום/מיכל התפשטות / שסתום ערבוב / וסת חום בחדר/ ממסר למשאבת הסחרור/ ראש הכניסה/
ראש היציאה

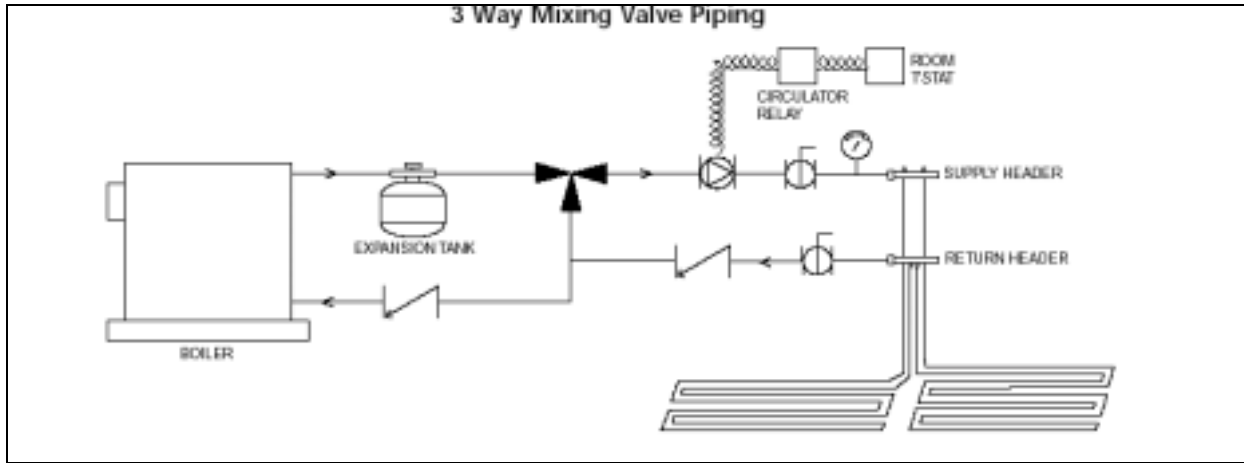


* Circulator on boiler return may be necessary depending on boiler manufacturer recommendations.

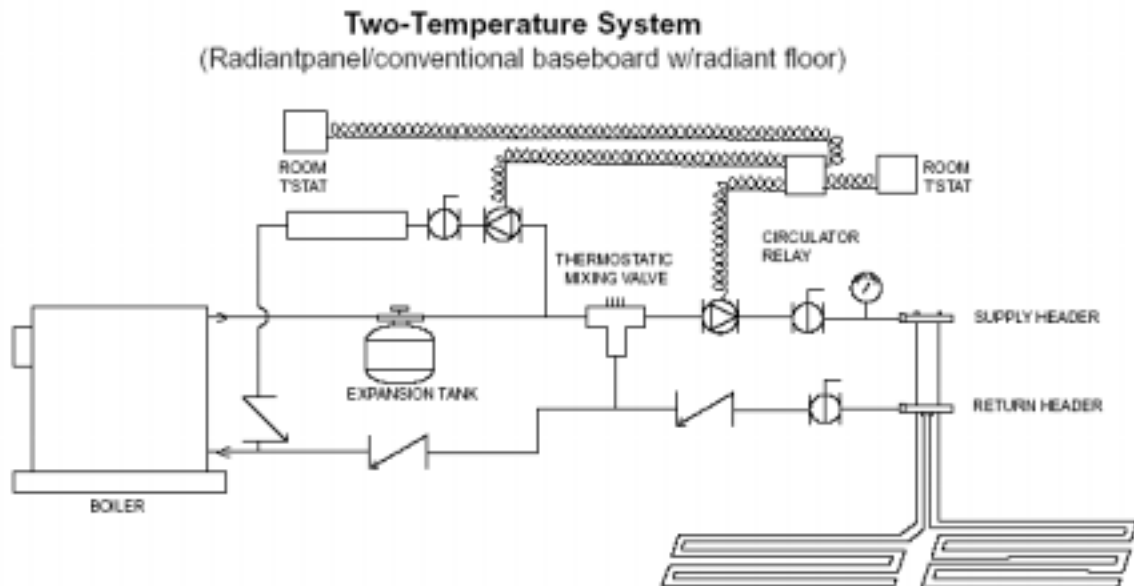
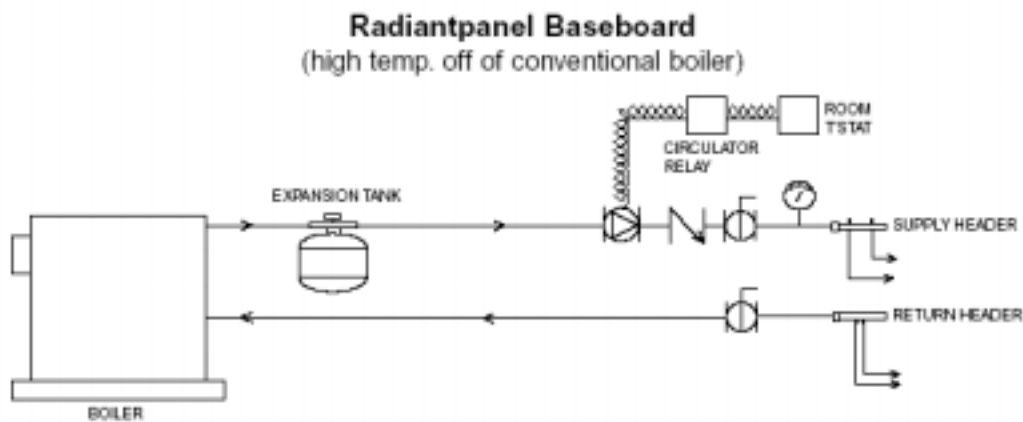
• יכול להיות שיהיה צורך במשאבת סחרור בצינור החוזר לדוד בהתאם להוראות יצרן הדוד.

חיבור שסתום ערבוב של 3 יציאות :

דוד חימום/מיכל התפשטות / שסתום ערבוב / וסת חום בחדר/ ממסר למשאבת הסחרור/ ראש הכניסה/
ראש היציאה



* יכול להיות שיהיה צורך במשאבת סחרור או במעקף בצינור החוזר לדוד בהתאם לתכנון בפועל של המערכת או להמלצות יצרן הדוד.



בקרת המערכת

קיימים מגוון של אמצעים לשליטה במערכת החימום התת-רצפתי. בבחירת אמצעי הבקרה יש להביא בחשבון את דרישות המערכת, את אופן השימוש המתוכנן ושיקולי נוחות בשימוש מול יעילות. נתונים טכניים על כל אמצעי הבקרה שאנו מציעים ניתן למצוא בקטלוג שלנו או דרך מחלקת הנדסת התכנון שלנו.

וסת חום (P/N 5000)

וסת חום שמפעיל ומפסיק את פעולת משאבת הסחרור ו/או שסתום של אזור, הוא אמצעי הבקרה הנפוץ ביותר למערכות חימום. הוסת מורכב על הקיר בחדר שאותו הוא מבקר, ומאותת לממסר בקרה לספק או לנתק את הזרם למשאבת הסחרור או לשסתום. וסתי החום הספרתיים שלנו מסדרה 5000 מאפשרים הפעלה והפסקה מדויקת ואמינה לפי טמפרטורת חדר.

בקר שטח מווסת חום (P/N 4018)

בקר שטח מווסת חום מיועד ליישומים של חימום תת-רצפתי, שבהם הטמפרטורה שאותה יש לבקר איננה טמפרטורת האוויר. הם מתאימים במיוחד ליישומים של חימום הרצפה, בקרה על תנאי קרקע והמסת קרח, שבהם טמפרטורת פני השטח, ולא טמפרטורת האוויר, היא הקובעת. לדוגמה: חימום רצפת אריחים בחדר אמבטיה, טמפרטורת השורשים בחממה ומסלול היציאה מרחיצת מכוניות. בקר שטח מווסת חום שולט על המערכת כמו וסתי החום בחדרים, ומפעיל ומפסיק את פעולת משאבת הסחרור או שסתומי אזור. חיישן משוקע ברצפה מספק קלט טמפרטורה במקום החיישן של טמפרטורת האוויר בוסת חום רגיל.

בקרת כיוון חיצונית (P/N 5200)

בקרת כיוון שומרת על הטמפרטורה הכללית בתוך הבניין על-ידי שינוי טמפרטורת המים בתגובה לשינויים בטמפרטורת האוויר בחוץ. מסופקים שני חיישנים: אחד לטמפרטורה בחוץ ואחר לטמפרטורת המים הנכנסים למערכת. כשהטמפרטורה החיצונית יורדת, תמריץ הבקרה את המערכת על-ידי התאמת טמפרטורת המים במערכת. בקרת כיוון חיצונית דואגת לכמות נכונה של חימום בכל זמן ולכן נותנת את רמת הנוחות הגבוהה ביותר.

התקנת רדיאטורים מסוגים שונים

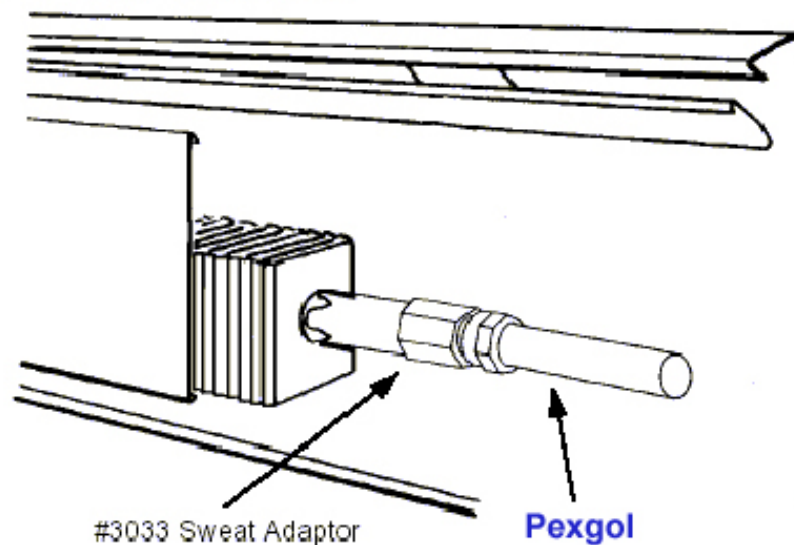
הודות לגמישות הייחודית שלהם בעיצוב ובחומר, מהווים צינורות פקסגול בחירה אידיאלית להתקנה במגוון סוגים מקובלים של מערכות חימום במים חמים. שימוש כזה בצנרת פקסגול זול מצנרת נחושת וקל ממנה להתקנה.

צינורות פקסגול מתאימים באופן מושלם לשימוש ב:

- חימום פנלים בצינור סנפירים
- רדיאטורים נמוכים
- סלילי מאוורר
- רדיאטורים מברזל יציקה

צינור פקסגול מאפשר להעביר אורכי צינור רצופים לכל יחידה או אזור בדומה לאופן שבו חשמלאי משחיל חוטי חשמל. לצינורות פקסגול יש מתאמים המאפשרים לחבר אותם בקלות לצנרת נחושת או לכל סוג אחר של צינור קשיח.

Fin-Tube Baseboard



אורך מרבי של צינור פקסגול למשאבת סחרור Grundfos UP15-42			
אורך מרבי של צינור פקסגול (במטר)		מים נכנסים ב-82°C והפרש טמפרטורה של 11°C	
אורך מרבי לצינור 5/8"	אורך מרבי לצינור 1/2"	אורך פנלים מותקן (מטר)	BTU לשעה
200	119	5	10000
83	30	10	20000
32	12	15	30000
13	5	20	40000
3.5		25	50000
		30	60000

אורך מרבי של צינור פקסגול למשאבת סחרור Grundfos UP2664			
אורך מרבי של צינור פקסגול (במטר)		מים נכנסים ב-82°C והפרש טמפרטורה של 11°C	
אורך מרבי לצינור 5/8"	אורך מרבי לצינור 1/2"	אורך פגלים מותקן (מטר)	BTU לשעה
367	218	5	10000
163	61	10	20000
74	27	15	30000
39	14	20	40000
20	8	25	50000
11	4	30	60000

נספח ב' – התקנת צינור פקסגול בין קורות הרצפה

שלב 1

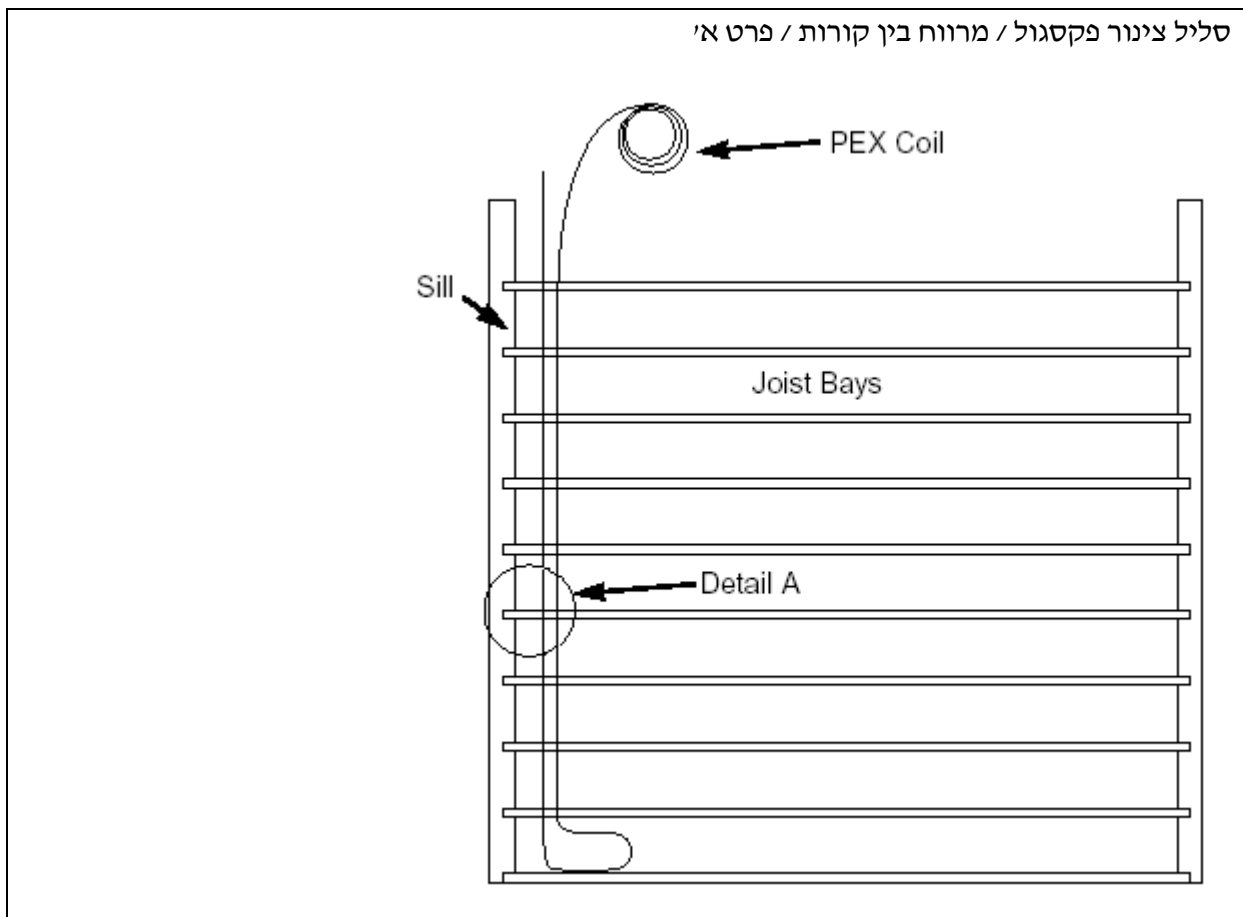
קדח את החורים הדרושים בקורות (ראה פרט א'). החורים צריכים להיות גדולים מספיק כך שיאפשרו לצינור להתכופף קלות.

שלב 2

השחל את הצינור הלוך ושוב דרך החורים בקורות.

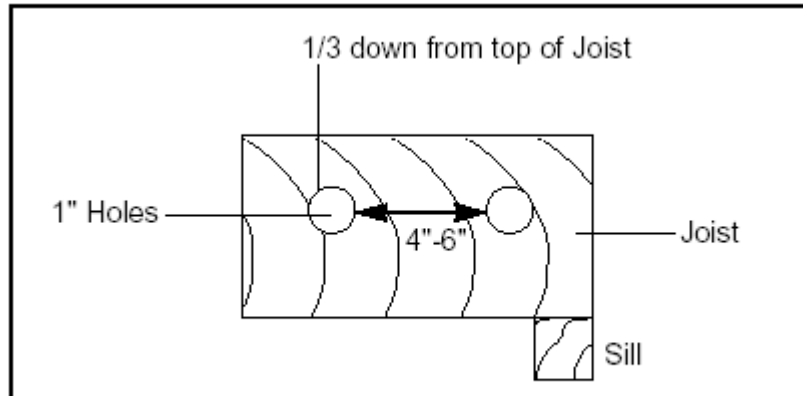
שלב 3

משוך צינור מהסליל לפי הצורך, והעבר את הצינור במרווח בין הקורות המרוחק ביותר מהסליל. קבע את הצינור בקצה המרווח למקומו במסמר פלסטיק בצורת U. המשך באותו אופן לכל המרווחים בין הקורות, מהרחוק ביותר מהסליל לקראת הקרוב יותר.



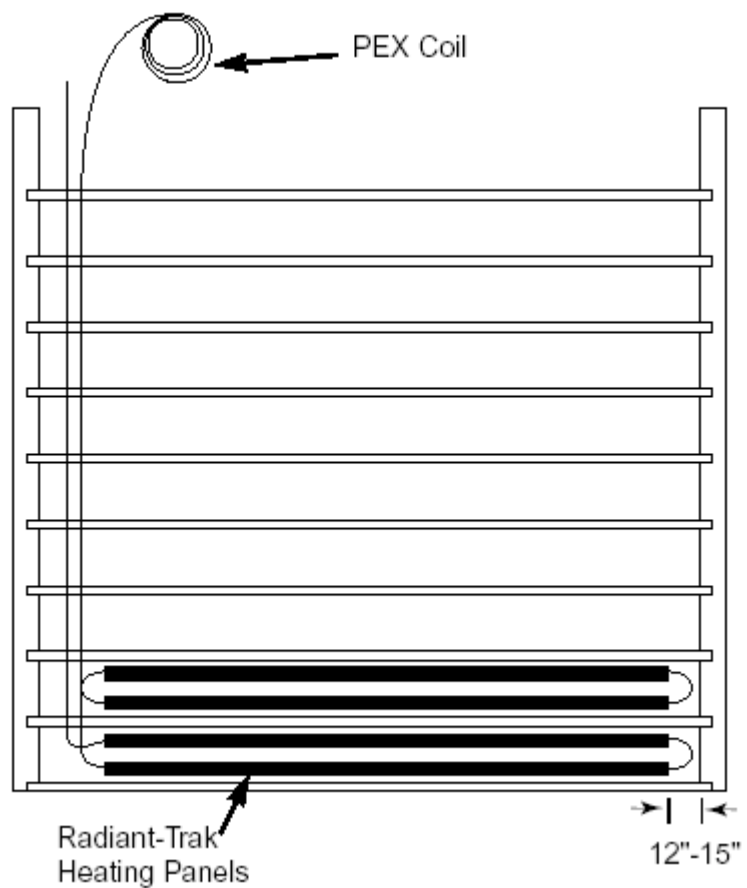
פרט א' - מראה צד של קורה

1/3 מגובה בקורה/ קורה / אדן / חורים של 1" / מרחק 10-15 ס"מ



Detail A-Side View of Joist

סליל צינור פקסגול / מרווח בין קורות / פרט א'



נספח ג' – חימום תת-רצפתי מתחת לריצוף עץ

מבוא

מערכת חימום תת-רצפתי מתחת לריצוף עץ יכולה להיות גם נעימה ביותר וגם יעילה. אך כדי למנוע התכווצות של הריצוף כתוצאה מהחימום, יש להביא בחשבון שיקולים מיוחדים בתכנון ובהתקנה.

חישוב הפסד חום

יש להביא בחשבון את המגבלות על הטמפרטורה של ריצוף עץ (בדרך כלל 28.5°C) ולהבטיח שפלט החום יספק את דרישות החום המתוכננות. כדי להבטיח טמפרטורת חדר נעימה יחד עם שמירה על שלמות הרצפה, יש לדייק בחישובי הפסד החום. מהנדסי התכנון שלנו, נציגים מקומיים וסיטונאים יכולים לעזור לכם בחישוב מדויק של הפסד החום שלכם.

שיקולי תכנון

- חוץ מחריגים מעטים, אסור שטמפרטורת הריצוף המרבית תעלה על 28.5°C .
- עץ קשה (למשל אדר ואלון) עדיף על עץ רך (למשל אורן).
- מערכות ריצוף עץ צפות מוכנות מראש מהוות חלופה מצוינת לריצוף עץ רגיל.
- השתמש בפסי עץ צרים מ-7.5 ס"מ. ככל שהפסים צרים יותר תהיה ההתכווצות קטנה יותר. כשמשתמשים בפסים רחבים יותר יש לשמור על טמפרטורת רצפה נמוכה עוד יותר, ויש לוודא שפלט החום הנמוך יספיק לדרישות התכנון.
- ריצוף עץ שנוסר בזווית של 45° לטבעות הגידול השנתיות (Quartersawn) עדיף על ריצוף עץ רגיל (plainsawn), כיוון ששיעור ההתפשטות וההתכווצות שלו הוא רק 30% מזה של עץ רגיל.

תכולת הלחות

כשמתקינים חימום תת-רצפתי מתחת לריצוף עץ, יש למנוע רטיבות או לחות גבוהה כל הזמן, גם לפני התקנת הרצפה, גם במהלך ההתקנה וגם אחריה. יציקת הבטון חייבת להיות יבשה לגמרי, ומערכת החימום מופעלת למשך 3 עד 7 ימים, לפני התקנת ריצוף העץ. דבר זה יעזור להגיע לתנאי טמפרטורה ולחות הדומים לתנאי מגורים. אין להתקין את ריצוף העץ עד שתכולת הלחות ברצפה התחתית, במסגרות ובעץ לריצוף תהיה מתחת ל-10%. גם את החומרים לריצוף יש להניח בחדר שבו הם אמורים להיות מותקנים למשך שבועיים לפחות בתנאי טמפרטורה ולחות מבוקרים כדי שישתגלו לחלוטין לסביבה. אם נעשה שימוש במערכת החימום כדי להגיע לטמפרטורה ולרמת הלחות הנדרשת, חייבים להפסיק את פעולתה למשך התקנת הרצפה, ולספק חימום אחר אם יש צורך. אין להפעיל את המערכת החימום עד שחומרי הגיוון והאיטום של העץ יבשים לחלוטין, 5-7 ימים.

התקנה

אופן ההתקנה של החימום התת-רצפתי לרצפת עץ זהה לאופן ההתקנה לחומרי ריצוף אחרים. מעל ליציקת הבטון ניתן להתקין רצפת עץ צפה או ניתן לשקע ביציקת הבטון פסי עץ שאליהם אפשר למסמר רצפה תחתית או רצפת פסי עץ. יש לשים לב כי חימום באמצעות צינורות תלויים אינו מומלץ לרצפות עץ בגלל טמפרטורת הפעולה הגבוהה הכרוכה במערכת כזאת ובגלל האפשרות שהחום יגרום להיווצרות פסים בעץ.