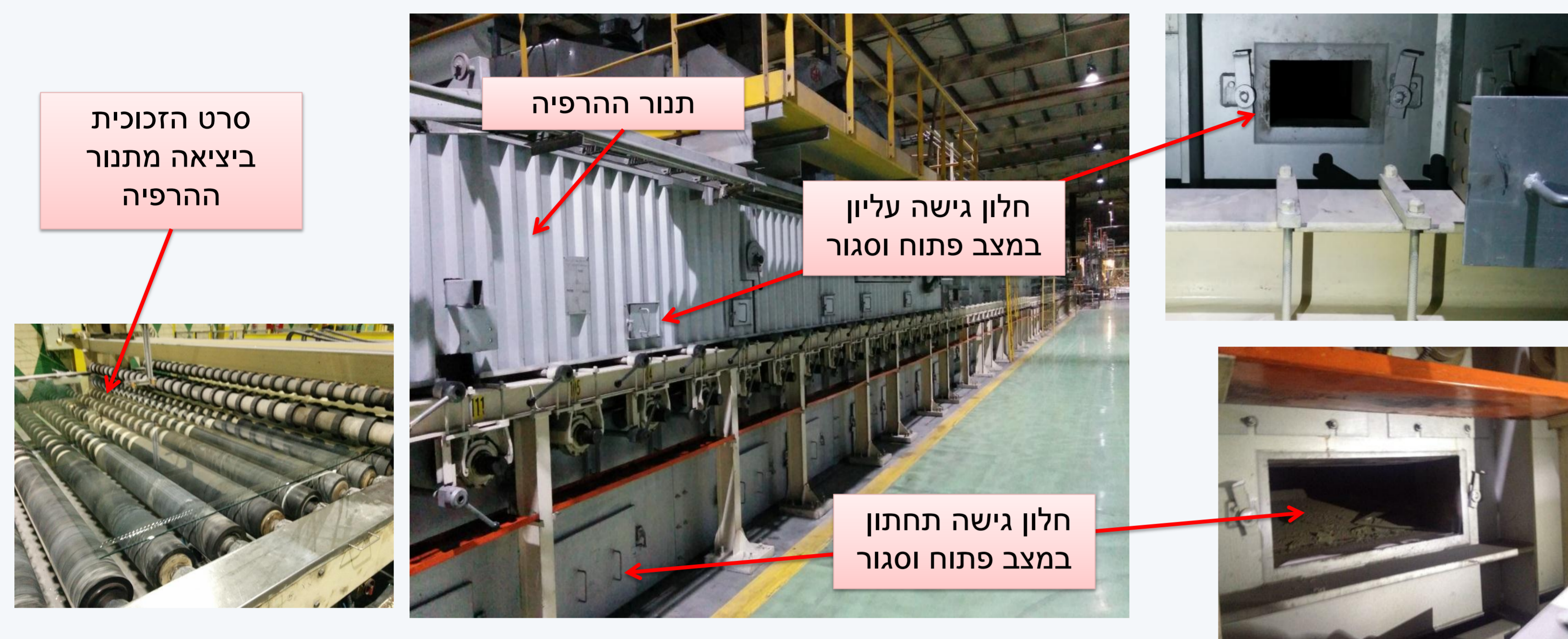


סביבת העבודה



תקציר ומטרת הפרויקט

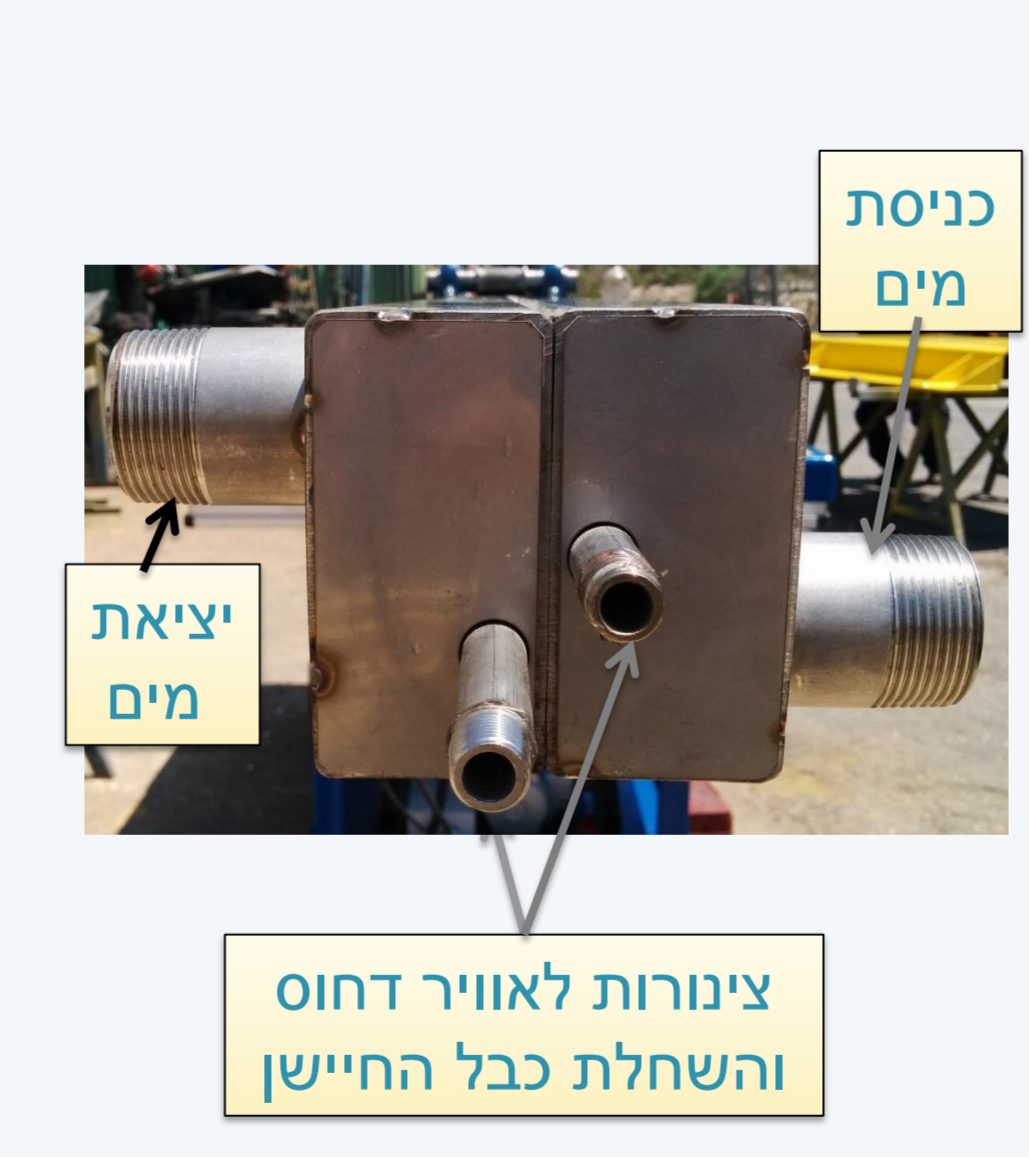
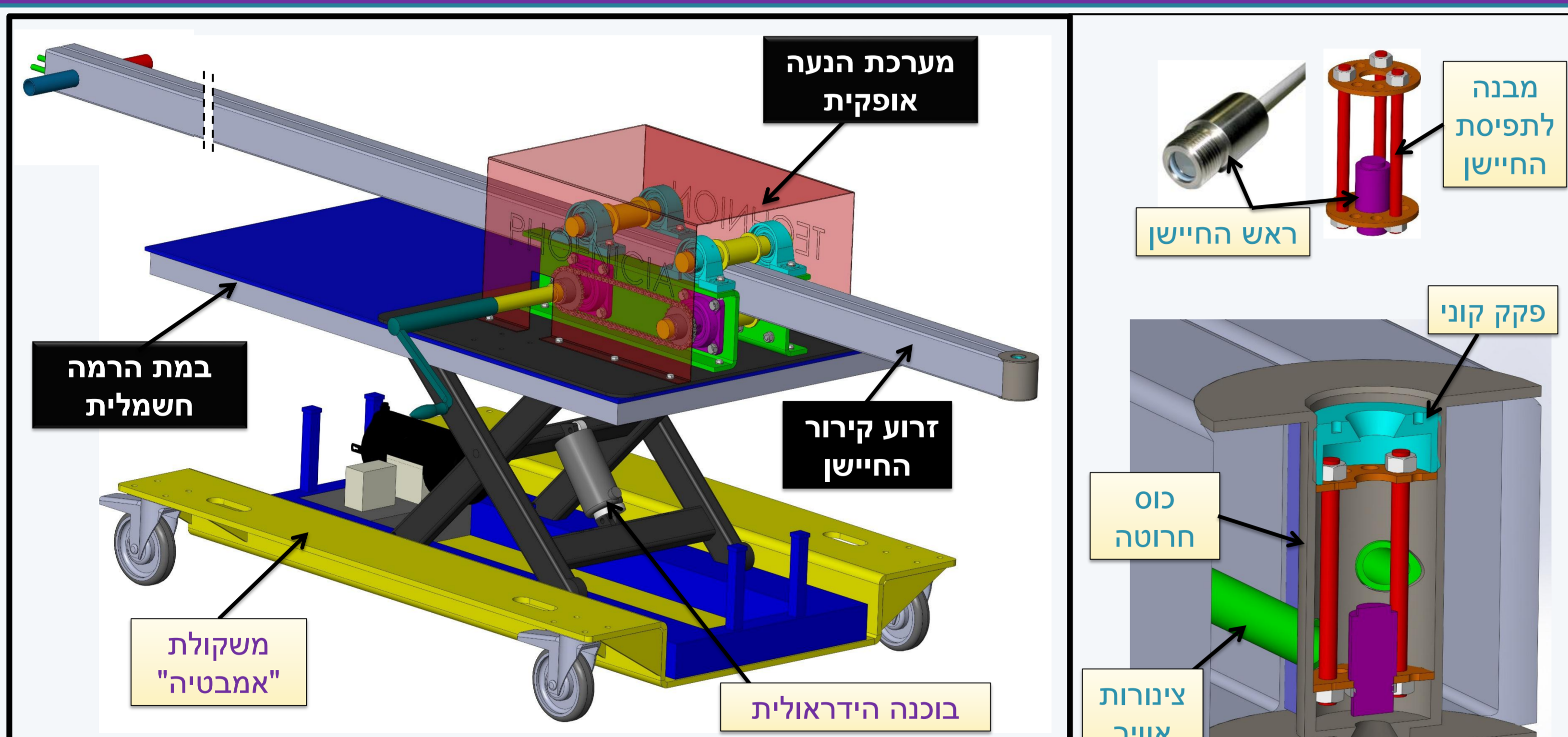
- "פניציה" הינה יצרנית הזכוכית השטוחה היחידה בישראל.
- המתקן מיועד לסביבת עבודה של תנור הרפיה זכוכית שאורכו 100 מ' ורוחבו 4 מ'.
- הטמפרטורות בתנור ההרפיה נעות בין 400°C ל-600°C.
- תנור ההרפיה מתבצע קירור הדרגתי של סרט הזכוכית, אשר מטרתו לשחרר מאמצים מכניים ולהקטין את הפוטנציאל לסדקים.
- ישנה חשיבות רבה לבקרת טמפרטורת הזכוכית בזמן הקירור.
- כיום ישנם 18 חיישני מדידה נייחים הנמצאים בתנור ההרפיה, אשר מודדים את הטמפרטורה רק בחלק העליון של סרט הזכוכית.

מטרת הפרויקט הינה לתכנן, לייצר ולהרכיב מתקן אשר יניע חיישן יחיד שיהיה מסוגל לבצע מדידה בכל נקודה לרוחב סרט הזכוכית, תוך אפשרות לבצע מדידת טמפרטורה על המשטח העליון והתחתון של סרט הזכוכית.

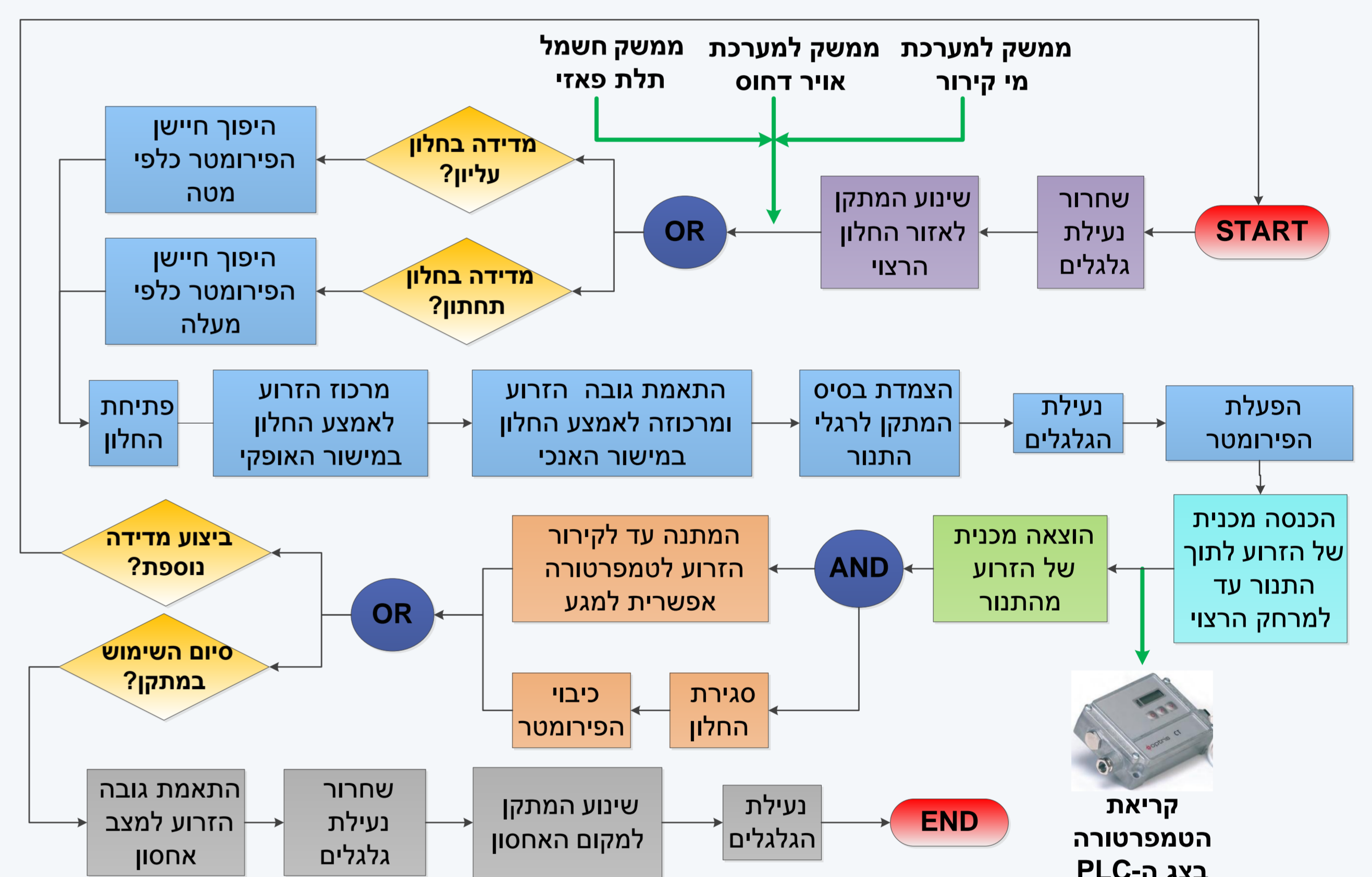
דרישות עיקריות

- מתקן נייד המופעל ידנית על ידי שני מפעילים לכל היותר.
- כניסה המתקן דרך חלון קטן (120x200 מ"מ).
- הגעה לכל נקודה לרוחב הזכוכית עד הקצה הרחוק של הסרט (4 מ').
- תנועה בציר האנכי בטווח של 600-1600 מ"מ ביחס לקרקע- כמענה למדידה דרך חלונות עליונים וחלונות תחתונים שבתנור ההרפיה.
- מדידת הטמפרטורה תבצע באמצעות חיישן יחיד.
- הגנה מכנית על ציוד המדידה וכבליו, ובאמצעות מערכת קירור מים ואויר דחוס.
- מדידה בתנאי סביבה של 650°C.
- פעולת המדידה תבצע ללא מגע כלל בסרט הזכוכית או בכל גוף אחר הנמצא בתוך תנור ההרפיה.
- קביעת מיקום הפירומטר באמצעות סרט מדידה המשולב במערכת.
- מקדם ביטחון ליציבות המתקן והתנגדות להיפוכו הינו 1.5.

תיאור המתקן



תפעול המתקן



אנליזות וחישובים בסיסיים

חישוב יציבות

סכום מומנטים סביב נקודה B:

$$\sum M_B = 1700 \cdot R_A - 4200 \cdot W_{beam} - 850 \cdot W_{lift_table} = 0$$

$$R_A = 422 \text{ kg}$$

סכום כוחות בציר y:

$$\sum F_y = R_A + R_B - (W_{beam} + W_{lift_table}) = 0$$

$$R_B = -52 \text{ kg} \rightarrow \text{ראיקצה שלילית}$$

נניח כי ראיקצה ב שווה אפס ונחשב את המשקל הדרוש לש"מ בעזרת סכום מומנטים בנקודה A:

$$\sum M_A = 850 \cdot W_{needed} - 2500 \cdot 120 = 0$$

$$W_{needed} = 353 \text{ kg}$$

הוספת משקולת "אמבטיה" של 300 ק"ג בתחתית במת הרמה

$$W_{to\ add} = (W_{needed} \cdot \frac{SE}{SE} - W_{lift_table}) = (353 \cdot 1.5 - 250) \approx 280 \text{ kg}$$

חישוב שקיעה

מקדם אלסטי: $E = 190 \text{ GPa}$

מומנט אינרציה של החתך: $I = 2.24 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4$

אורך הקורה: $L = 4800 \text{ mm}$

מחולל קדם: $q = 216 \text{ N/m}$

כוח מפורס:

$$V(L) = \frac{qL^4}{8EI}$$

$$\theta(L) = \frac{qL^3}{6EI}$$

סרט הזכוכית

שקיעה בקצה: $V = 33.6 \text{ mm}$

זווית בקצה: $\theta = 0.53^\circ$

אנליזת מעבר חום

ממוצעת חישוב פורמט המעבר חום מובנה קרינה, הטעם טבעית, הולכה חרימה פנימית, התקבל כי ספיקת מי הקירור המערכת הדרושה לך שהטמפרטורה ביציאה לא תעלה על 55°C הינה 81.6 liter/min

ממוצעת חישוב פורמט המעבר חום מובנה קרינה, הטעם טבעית, הולכה חרימה פנימית, התקבל כי ספיקת מי הקירור המערכת הדרושה לך שהטמפרטורה ביציאה לא תעלה על 55°C הינה 81.6 liter/min

תודות

- מר יניב מזור, מר אנטון דור - הלקוחות, ראשי פרויקטים בחברת "פניציה" - על סבלנותם ותמיכתם בכל שלבי הפרויקט. ועל ההזדמנות לבנות את כישורנו כמתכננים בתחילת דרכנו. כמו כן על ההוצאה לפועל של ייצור המתקן.
- מר אברהם גרינבלט - מנחה הפרויקט - על אדיבותו וסבלנותו ועל הזכות שניתנה לנו ללמוד מניסיונו.
- ד"ר חגי במברגר - מרצה הקורס - על העשרתנו בידע הכרחי בפיתוח פרויקט משלב הרעיון ועד למוצר הסופי.
- פרופ' ראובן כץ - על האפשרות שניתנה לנו לקחת חלק בפרויקט מאתגר זה.
- פרופ' גרשון גרוסמן - על הייעוץ המקצועי בנושא מתקני קירור.
- מר יוסי אלקבס - מחברת "תעמל מזרע" - על הייעוץ המקצועי בנושא מתקני הרמה.

האתגרים הנדסיים

- הפרויקט משלב מספר תחומים בהנדסת מכונות: תכן מכני, זרימה ומעבר חום, אופטיקה.
- קירור קורת המתקן ואזור החיישן לעמידה בטמפרטורות הגבוהות. שולבו מספר טכניקות לקירור (מים, אוויר דחוס). כמו כן תהליך בחירת החומרים בוצע בקפידה יתרה.
- התמודדות עם נושא השקיעה - קורה שלוחה באורך של למעלה מ-5 מ' ללא אפשרות לתמיכה בתוך התנור. עובדה שהובילה לבחירת צורת פרופיל בעל מומנט אינרציה גדול.
- אפיון מכשיר המדידה כך שיתאים למדידה של זכוכית בטווח הטמפרטורות הנדרש ובהתאמה למרחק של סרט הזכוכית מעדשת החיישן.
- המתקן תוכנן תחת אילוצים גיאומטריים כגון ממדים קטנים של חלונות הגישה, שביל מעבר צר מחוץ לתנור, גובה נמוך בחלון התחתון.
- אפשרות להפנות את מכשיר המדידה כלפי מטה וכלפי מעלה עקב הדרשה לשימוש במכשיר מדידה יחיד. בוצע תכן פשוט ככל הניתן על מנת להוזיל עלויות.
- יציבות המתקן על אף שינוי מיקום מרכז המסה. הוחלט לרכוש במת הרמה כמוצר מדף, ולתכנן "אמבטיה" שתהווה את המשקולת הדרושה לאיזון המומנט המהפך.