



אמה מכאנית - Mechanical Forearm



פרויקט תכן מוצר חדש - 034353/4

יבגני קרשני, מיכאל מלאייב

הלקוח

ערן בוקי
הטכניון

המנחה

כפיר כהן

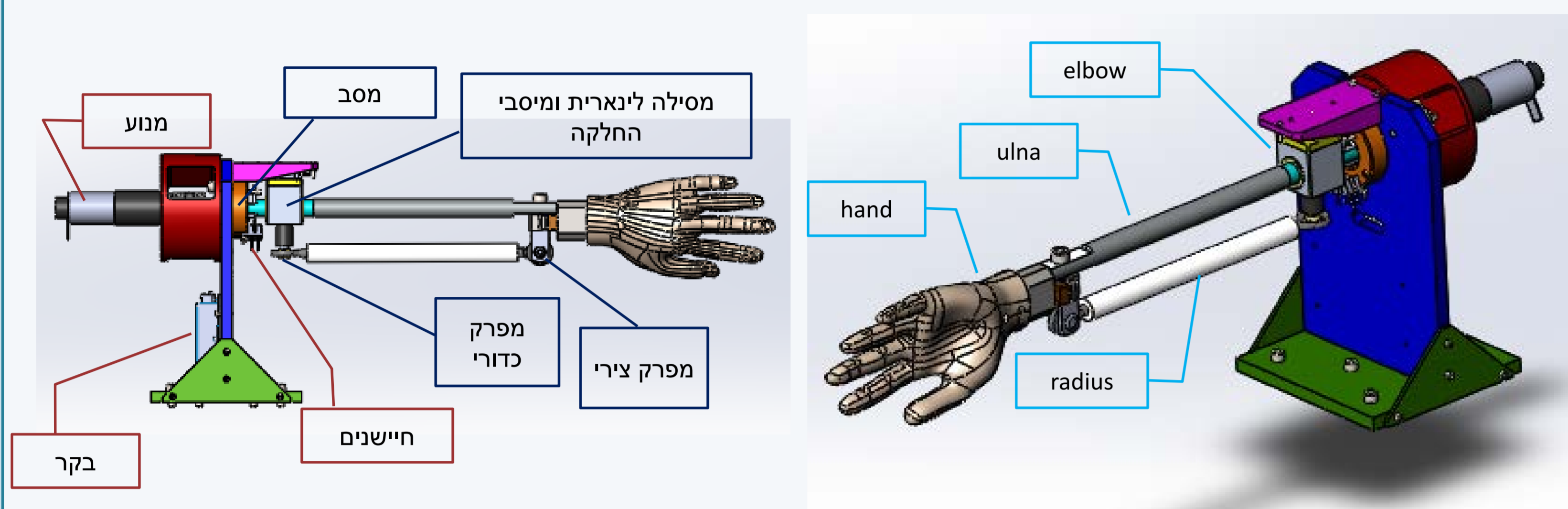
אתגרים

- למדל בצורה אופטימאלית את העצמות, שהן בעלות חוזק גבוה ומשקל נמוך.
- עמידה בדרישות התנועה במסגרת התקציב.
- תכן וביצוע של הרכבה נכונה של המערכת שתהיה לפי המודל מהמאמר ותבצע בצורה חלקה את התנועה הנדרשת.
- תכנון רכישת חלקי המערכת מספקים חיצוניים בהתחשבות בזמני אספקה ארוכים.

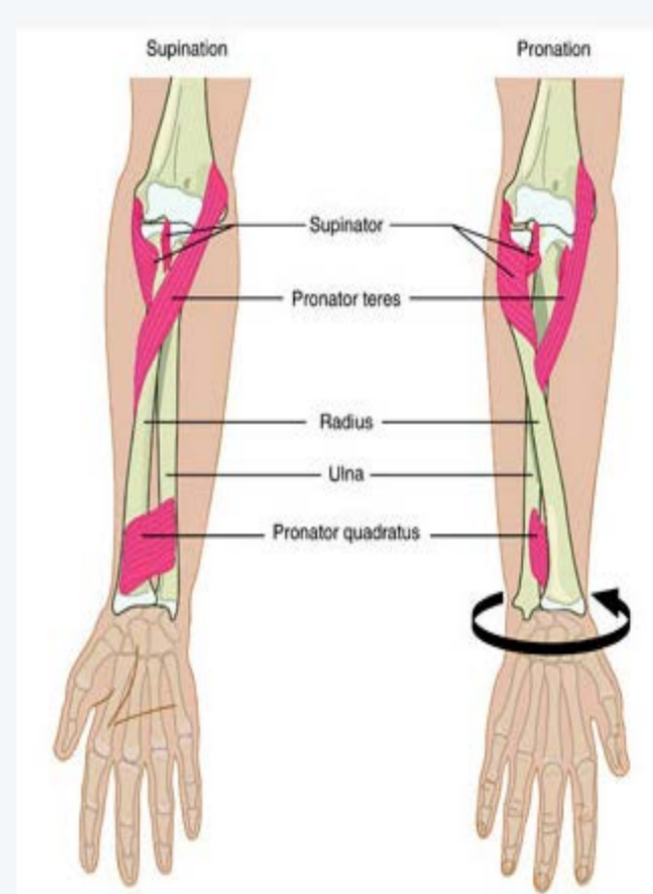
תקציר

- **מטרת הפרויקט :** בניית מערכת ניסוי, בעזרתה ניתן לבדוק את יעילותם של משככי רעד באופני תנועה שונים מבלי לבצע ניסויים על חולים הסובלים מרעד באמה.
- **רקע:** למחלת הפרקינסון אין פתרון רפואי המתאים לכל החולים (פתרונות תרופתיים וניתוחיים אינם משפיעים על כל החולים ובמקרים רבים מתלווים אליהם תופעות לוואי), לכן חוקרים מתמקדים בטיפול מנע ובשיכוך התסמינים. אחד מתסמיני המחלה השכיחים ביותר הוא רעד באמת החולה.
- **צורך:** יש דרישה לבניית מתקנים מכאניים אשר יהוו תחליף טוב לגוף האדם לשם ביצוע ניסויים לבדיקת יעילות מכשירי שיכוך רעד לפני ביצוע ניסויים על בני אדם.

מודל

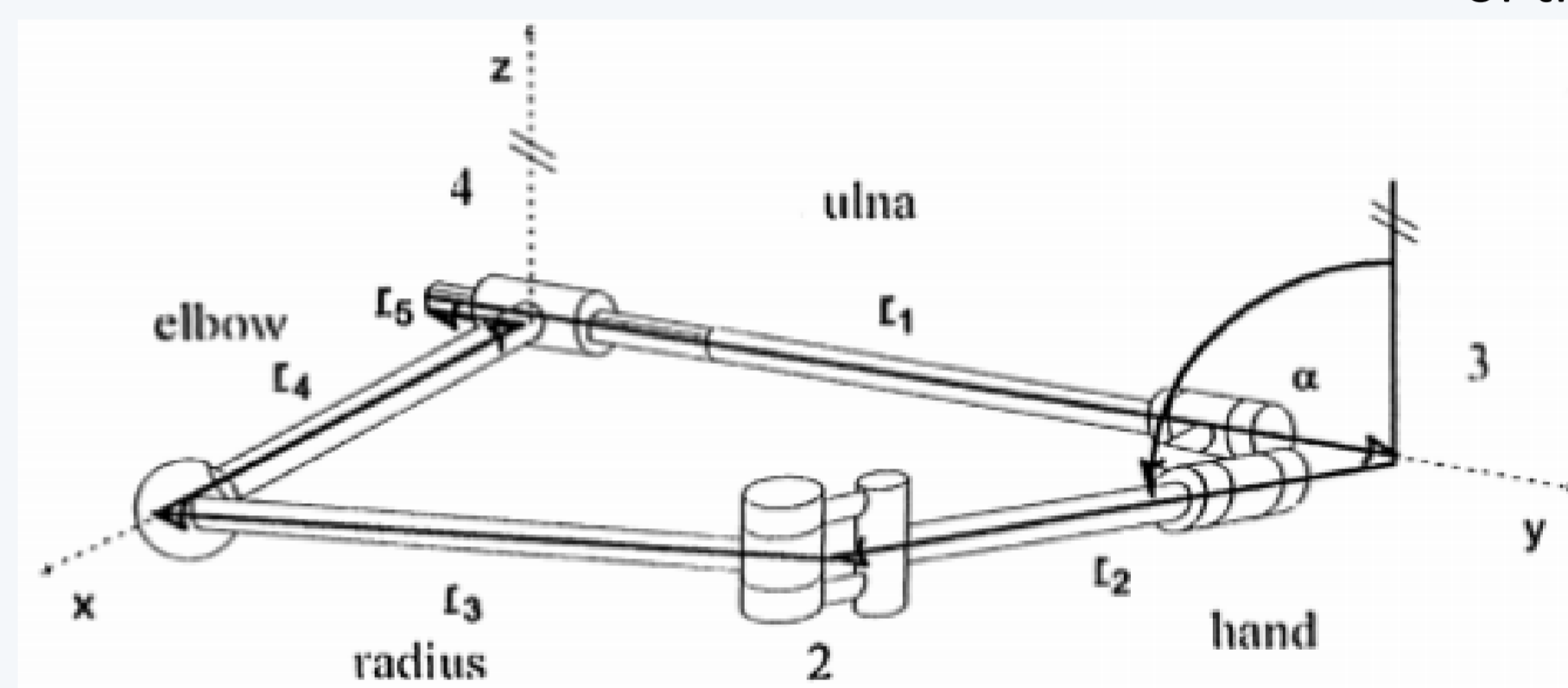


רקע תיאורטי / מודל מתמטי

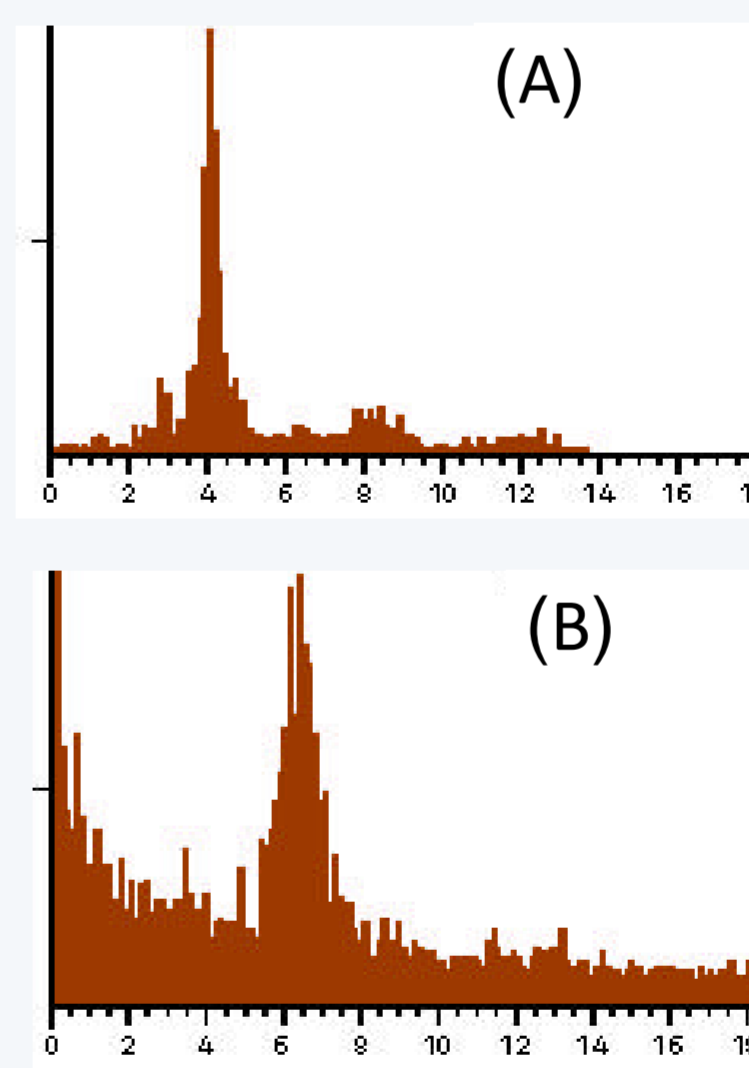


דרישות הלקוח :

- המודל צריך לדמות אמה המסוגלת לבצע תנועה זוויתית חלקה בדרגת חופש אחת על ציר לאורך המודל (Pronation - Supination) במרחב תדירים נתון ובתחום זוויות מוגדר וקבוע.
- המודל יהיה מבוסס על מודל המוצג במאמר: 'A new kinematic model of pro- and supination of the human forearm' Weinberg AM, Pietsch IT, M.B. Helm, J. Hesselbach, H. Tscherne.

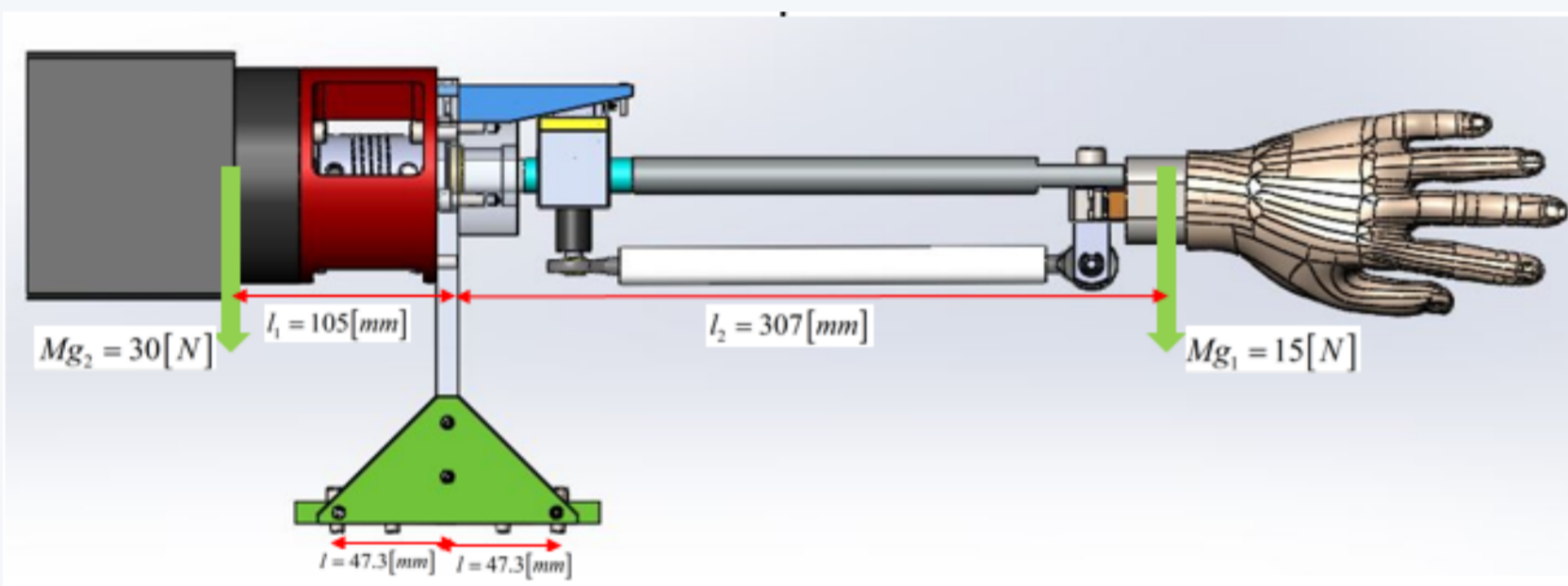


- המודל יבצע תנועה מחזורית של סיבוב היד בשני אופנים: תנועה על קשת של 5° בתדר של 5Hz. תנועה על קשת של 40° בתדר של 1Hz.
- דרוש לעמוד במידות אופייניות של עצמות, כגון: האורך האפקטיבי של ה-ULNA: 247mm max. משקל ה-ULNA: 46gr max.
- על המודל לעבוד בתדירים האופייניים למחלת הפרקינסון: הגרף מציג את התדירויות האופייניות של חולי פרקינסון במנוחה (A) 4.11 Hz ושל חולי ET בבדיקה קינטית (B) 6.55 Hz.



חישובי תכן וכוחות קריטיים

חישוב הכוחות והמומנטים הנדרשים לשם עגינה לשולחן



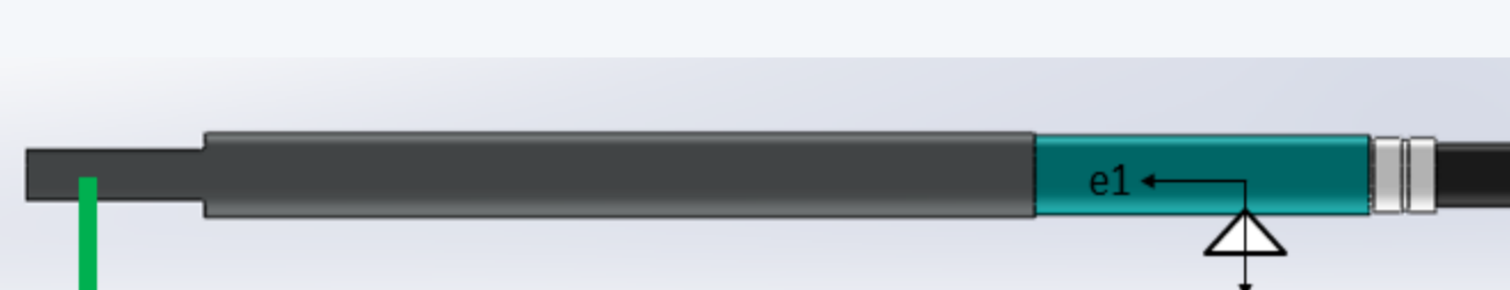
$$M = Mg_2 \cdot l_1 - Mg_1 \cdot l_2 = -1.455 [Nm]$$

מומנט אשר יפעל על תחתית הפלטה האנכית

$$f_{left bolts} = \frac{M}{2 \cdot l} = 15.4 [N]$$

כוח זה מתחלק בין שני ברגים (למשל על הברגים משמאל)

חישוב על שקיעת ועומס כפיפה על ה-ULNA



כפיפה עקב המשקל בקצה:

$$E = 15 \cdot 10^9 [N/m^2]; f = 0.75 [kg] \cdot 10 [m/s^2] = 7.5 [N]$$

$$Z = 300 [mm] = 0.3 [m]; d = 16 [mm] = 0.016 [m]$$

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{32} = \frac{\pi \cdot (0.016)^4}{32} = 6.434 \cdot 10^{-9} [m^4]$$

$$\nu = \frac{f \cdot Z}{E \cdot I} = \frac{7.5 \cdot 0.3}{15 \cdot 6.434} = 0.002 [m] = 2 [mm]$$

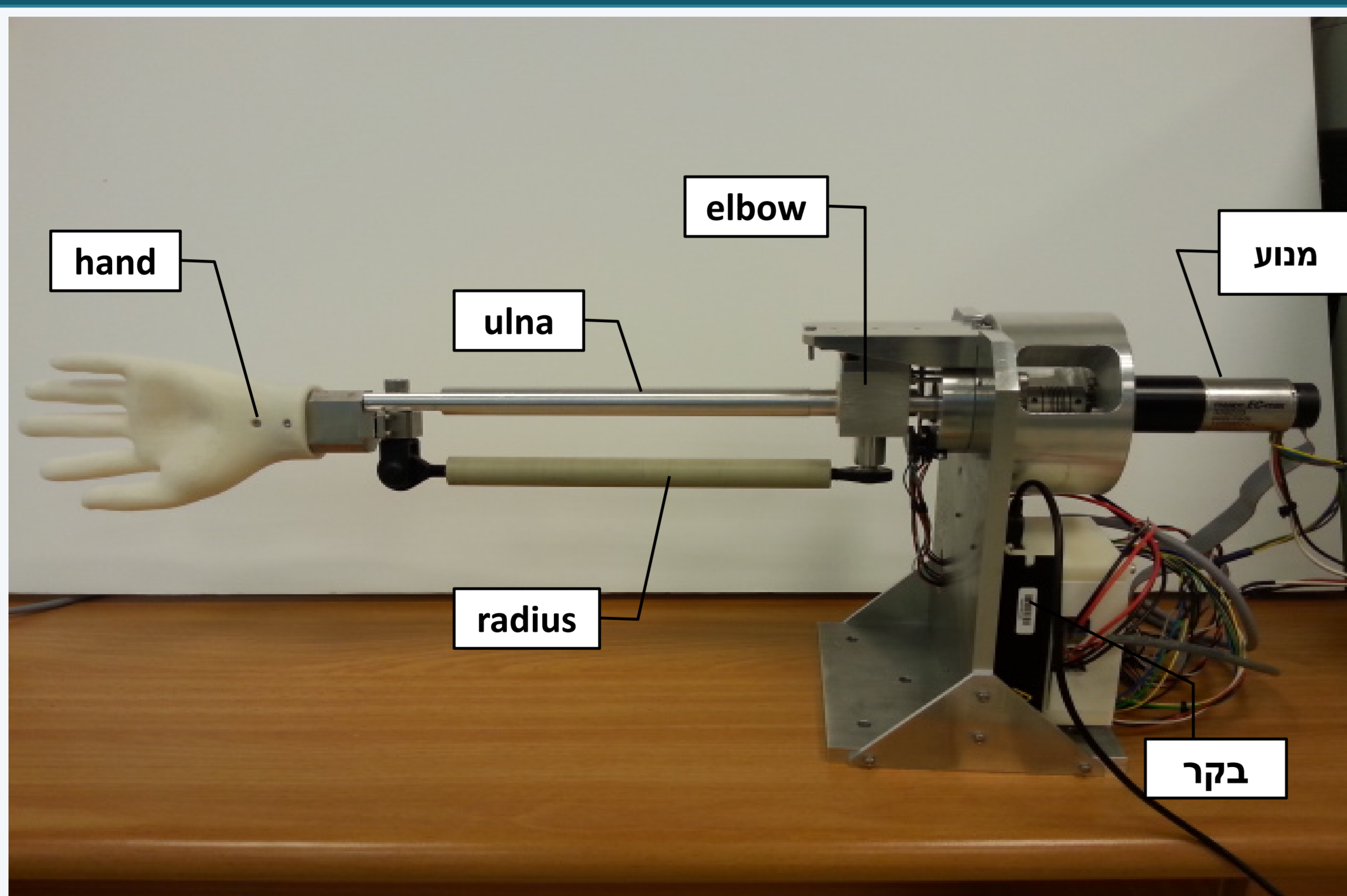
$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{M \cdot c}{I}\right)^2 + 3 \left(\frac{V}{A}\right)^2} = 0.95 [Mpa]$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{35}{0.95} = 36$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi (0.016)^2}{4} = 2.01 \cdot 10^{-4} [m^2]$$

$$I = \frac{m \cdot d^2}{8} = 2.24 \cdot 10^{-6} [kgm^2]$$

המוצר המוגמר



עיקרון הפעולה

- כדי להשיג את המטרה, אנו משתמשים במנוע המחובר דרך מקשר ל ULNA ומסובב אותה סביב צירה.
- על המנוע שולטים בעזרת הבקר ולשם בטיחות ואיפוס קיימים שלושה חיישני מיקום כשהקצוות בהם נותנים פקודת עצירה במקרה הצורך.
- ה-ULNA מסתובבת ומסובבת את היד המחוברת אליה, כך נוצרת הצלבה בין ה-ULNA ל-RADIUS בדומה ליד אנושית, מכיוון והעצמות קשירות נוצר הפרש אורכים שה-ELBOW מפצה עליו בעזרת החלקה על ה-ULNA המסתובבת. בצורה זו אנו מבצעים תנועה מחזורית של כף היד בזווית ובתדירות מוגדרות בצורה הדומה ביותר לתנועת יד אדם.

תודות

ברצוננו להודות לכל בעלי התפקידים והאנשים אשר ליוו ותמכו בנו במהלך הפרויקט בלעדיהם לא היינו מציגים כאן היום: כפיר כהן - מנחה הקבוצה אשר לימד וליווה אותנו במהלך הפרויקט והעשיר את הידע שלנו. ערן בוקי - הלקוח שנתן מזמנו ומהידע שלו לטובת קידום הפרויקט. ד"ר חגי במברגר - מרצה קורס תכן מוצר חדש אשר ריתק אותנו במהלך ההרצאות. פרופ' ראובן כץ, פרופ' מרים זקסנהיז אשר היו נכחים ופעילים בזמן הצגת אבני הדרך הקריטיות והפנו אותנו לכיוון הנכון. רומן רחמטולה - מומחה אלקטרוניקה אשר תרם מנסיונו והמלצותיו התקבלו בברכה. יעקב האזור וצוות בית המלאכה בטכניון (תודה מיוחדת ליוחאי). ואחרונים חביבים המשפחות שלנו שהביאונו עד הלום.

