



השכלה גבוהה

הפורום לחינוך מהנדסים במאה ה-21 : תובנות, דרכי פעולה ושינויי פרדיגמות

פרופ' ארנון בנטור
ד"ר אביגדור זוננשיין
רפי נווה
תמר דיין

חברה

חינוך

כלכלה

מדע
וטכנולוגיה

סביבה
ואנרגיה

תיכנון
ארוך טווח

תעשייה
וחדשנות

תשתיות
פיזיות

בריאות

הון
אנושי

הפורום לחינוך מהנדסים במאה ה-21 : תובנות, דרכי פעולה ושינויי פרדיגמות

בעריכת פרופ' ארנון בנטור, ד"ר אביגדור זוננשיין, רפי נווה, תמר דיין

מאי, 2019

אין לשכפל כל חלק מפרסום זה ללא רשות מראש ובכתב ממוסד שמואל נאמן מלבד לצורך ציטוט של קטעים
קצרים במאמרי סקירה ופרסומים דומים תוך ציון מפורש של המקור.

הדעות והמסקנות המובאות בפרסום זה הן על דעת המחבר/ים ואינן משקפות בהכרח את דעת

מוסד שמואל נאמן.

תוכן עניינים

4.....	רשימת איורים.....	4
4.....	רשימת טבלאות.....	4
5.....	תקציר.....	5
8.....	1. מבוא.....	8
11.....	2. מרכיבי השינוי, פרדיגמות ותובנות.....	11
16.....	3. דרכי פעולה במסגרות אקדמיות קיימות.....	16
18.....	4. מסגרות לימוד חדשות רב תחומיות.....	18
20.....	5. שיתוף פעולה אקדמיה – תעשייה.....	20
21.....	5.1. עקרונות.....	21
23.....	5.2. תוכניות התנסות (internships) באוניברסיטאות בחו"ל.....	23
25.....	5.3. דרכי פעולה במהלך הלימודים האקדמיים.....	25
27.....	5.4. אקו-סיסטם לשיתוף עם מהנדסים בוגרים במהלך כל הקריירה המקצועית.....	27
29.....	5.5. הון אנושי.....	29
29.....	5.6. תובנות ממפגש אקדמיה-תעשייה לחינוך מהנדסים.....	29
32.....	6. צעדי מדיניות להובלת השינויים.....	32
37.....	נספחים.....	37
37.....	א. נספח א' משתתפים בפגישות הפורום וקבוצות העבודה שלו (לפי סדר א"ב).....	37
38.....	ב. נספח ב' שאלות באתר תובנות.....	38
39.....	ג. נספח ג' תובנות ממסמך של MIT בנושא חינוך מהנדסים – מצב הידע.....	39
41.....	ד. נספח ד' פרדיגמות חדשות בחינוך מהנדסים: מכללת Olin ואוניברסיטת אילינוי.....	41
44.....	ה. נספח ה' טבלת כישורים.....	44
45.....	ו. נספח ו' תובנות מהדיונים בפלטפורמות השונות של דיוני הפורום.....	45
47.....	ז. נספח ז' שיטות ואמצעי הוראה ולמידה מתקדמים.....	47
50.....	ח. נספח ח' פיתוח כישורים במסגרת קורסים "סטנדרטיים".....	50
52.....	ט. נספח ט' קורס תכן משולב אנליזה (או: קורס אנליזה ותכן).....	52
54.....	י. נספח י' פיתוח כישורים אנליטיים למהנדסים על בסיס תשתית סימולציה הנדסית.....	54
56.....	יא. נספח יא' הוראת חשיבה מושגית במסגרת הכשרת מהנדסים.....	56
58.....	יב. נספח יב' אתיקה הנדסית למקצועות היי-טק: קורס מקוון בפלטפורמת קמפוס.....	58
59.....	יג. נספח יג' פרויקט מבוא בהנדסת חשמל.....	59
60.....	יד. נספח יד' מבוא יצירתי להנדסת מכונות: הוראה בגישה חדשנית.....	60
61.....	טו. נספח טו' שילוב קריטריוני הערכה חדשניים לזיהוי מועמדים בעלי כישורים חיוניים כחלק מתהליך המיון.....	61
62.....	טז. נספח טז' הערכת כישורים מיוחדים (רכים) של מועמדים למוסדות להשכלה גבוהה - מחשבות ראשוניות.....	62

64.....	נספח י"ז' תכנית CDIO.....	יז.
65.....	נספח י"ח' מודל לאפיון מטען הידע של מהנדסים בעלי פרופילים שונים בתוכניות משולבות של תואר ראשון ושני עם אפשרות הרחבה לתואר שלישי מחקרי (דו"ח מוסד נאמן).....	יח.
66.....	נספח י"ט' תוכניות לימוד לתואר הנדסי באוניברסיטאות מובילות באירופה: תוכניות תלת ותוכניות לימוד משולבות תואר ראשון ושני.....	יט.
75.....	נספח כ': סיכום מפגש הפורום עם נציגי התעשייה – 22.1.19.....	כ.
79.....	נספח כ"א' מינוף תעסוקת הסטודנטים בתעשייה להקניית ה'כישורים החיוניים' במקביל ללימודים.....	כא.
80.....	נספח כ"ב' מודלים לעבודת סטודנטים בתעשייה במנגנון שיאפשר התנסות ללא פגיעה בלימודים.....	כב.
81.....	נספח כ"ג' מודלים חדשים לשיתוף פעולה בין האקדמיה והתעשייה בחינוך מהנדסים.....	כג.
84.....	נספח כ"ד' התמחויות בתעשייה בשנקר.....	כד.
86.....	נספח כ"ה' חניכה של מהנדסים בארגונים תעשייתיים כתהליך השלמת חינוך מהנדסים לעבודה יישומית בתעשייה.....	כה.
88.....	נספח כ"ו' פרופסור תעשייה (Professor of Practice).....	כו.
94.....	נספח כ"ז' סיכום מפגש פורום חינוך מהנדסים במאה ה-21 – 8.4.2019.....	כז.

רשימת איורים

- איור 1: שיעור בעלי תואר אקדמי בענפי ההיי-טק לפי תחום לימוד, באחוזים. 10.....
- איור 2: שיעור בעלי שכר גבוה מ- 17,000 ש"ח מתוך בעלי תואר אקדמי באותו תחום המועסקים בענף, באחוזים. 10.....
- איור 3: מרכיבי השינוי. 11.....
- איור 4: שיטת הוראה ולימוד להקניית כישורים חיוניים (רכים). 16.....
- איור 5: מודל T להכשרת מהנדסים המבוסס על שילוב של הרחבה והתעמקות. 18.....
- איור 6: תיאור סכמתי של מודל I להכשרת מהנדסים המבוסס על שילוב של תואר ראשון ושני כנקודת יציאה לקריירה הנדסית, עם הרחבה ואפשרות להסבה במהלך הקריירה (דוח מוסד נאמן¹). 19.....
- איור 7: היקף העבודה של סטודנטים בתחומי הנדסה, מדעים מדויקים ומדעי המחשב, עיבוד של מוסד נאמן לנתונים מדו"ח של התאחדות הסטודנטים. 21.....
- איור 8: מודל לפיתוח שיתוף פעולה בין האקדמיה והתעשייה בחינוך מהנדסים. 23.....

רשימת טבלאות

- טבלה 1: מאפיינים של שינוי מוצלח באוניברסיטאות בחינוך מהנדסים. 33.....
- טבלה 2: המלצות לצעדים לשינויים בתוכניות הכשרה של מהנדסים. 34.....

המסמך הנוכחי מסכם את התובנות שהתגבשו בדיונים של הפורום לחינוך מהנדסים, אשר התבססו על דו"ח רקע שהוכן במוסד נאמן ובו סקירה ביקורתית על הנעשה בעולם והמצב בארץ. התקיימו דיונים במסגרת הפורום ובקבוצות עבודה שגובשו בתוכו, וכן דיון באינטרנט שהתקיים עם מספר רב של בעלי עניין במסגרת אתר "תובנות", שבו השתתפו כ- 500 מהנדסים. בדיון הפורום השתתפו נציגי כל הסקטורים בעלי העניין: אוניברסיטאות, מכללות, גופי ממשל (ות"ת/מל"ג, רשות החדשנות, משרד החינוך, מערכת הביטחון), תעשיית הטכנולוגיה העילית, תעשייה מסורתית, מהנדסים צעירים וסטודנטים. שני מפגשים מיוחדים של הפורום נערכו עם נציגי התעשייה ועם המנהיגות של מל"ג/ות"ת מתוך מטרה לגבש תובנות משותפות ודרכי פעולה שבהן ישתתפו כל בעלי העניין.

הדיונים התרכזו במספר תחומים עיקריים שהם:

- כישורים וידע הנדרשים למהנדס העתיד והדרכים להקנייתם
- התמחות דיסציפלינרית מול רב תחומיות
- לימוד והשתלמות לאורך החיים המקצועיים
- דרכי פעולה שבהן ישתתפו כל בעלי העניין

ההכרה בפורום הייתה שיש לטפל בכל מקצועות ההנדסה ולא רק אלה שהוגדרו כ"היי-טק" וזאת משום שיש קווי דמיון משותפים, ומעבר לכך, יש לתת את הדעת על כלל התעשייה בישראל. יתרה מכך, כפי שעולה מהנתונים, גם בתעשייה המוגדרת כהיי-טק יש נוכחות משמעותית של כלל מקצועות ההנדסה.

התגבשו תובנות בארבעה תחומים מרכזיים:

ידע וכישורים

1. שבירת הפרדיגמה של חשיבות הידע כערך מרכזי ובלעדי
2. שבירת הפרדיגמה שמקצוען הוא בהכרח בעל התמחות והתמקדות בתחום צר
3. בנוסף לליבת המדע וההנדסה גם הקניית כישורי הובלה והשפעה (חיוניים/רכים)

העולם האמתי והתעשייה

4. להקנות ארגז כלים לפעול ב"עולם האמתי", ותובנה שלא תמיד יש פתרון אחד לאתגר ולבעיה
5. חינוך מהנדסים איננו מתרחש רק בין כתלי האקדמיה – שיתוף התעשייה – מודלים חדשניים
6. פיתוח כישורים ללימוד עצמי כבסיס ליכולת ללימוד לאורך החיים במנגנונים משותפים עם התעשייה

סטודנטים

7. יצירת חווית לימודים שמעוררת התלהבות להנדסה כמקצוע מוביל (leading profession)
8. הערכה המושתתת על איכות התוצרים והצגתם בפני פורום מפעילי הקורס והסטודנטים
9. מיון מועמדים מבוסס על אפיון פוטנציאל כישורים ולא רק ידע ומבחן פסיכומטרי

סגל

10. תפקיד הסגל האקדמי חייב לעבור שינוי תודעתי מ"מרצה" ל"מנטור/מרכז תוכן של קורס"
11. השקעה בפיתוח ושדרוג של אנשי הסגל לסיוע והטמעה של פדגוגיה עדכנית, כולל גם הערכה של תרומה לחינוך בקידום האישי

12. שילוב של מינויים מהתעשייה במנגנונים שונים, בהם גם professor of practice

במהלך הדיונים הועלו התייחסויות רבות לדרכי היישום ועיקרן מוצג להלן:

- יש צורך בהקניית כישורים וחשיפה לתעשייה במהלך הלימודים תוך מציאת דרכים שיאפשרו זאת ללא התפשרות על ליבת מדעי ההנדסה.
 - יש צורך בשדרוג ורביזיה בחינוך המהנדסים בכל הדיסציפלינות ההנדסיות, וזאת כדי לקדם את כלל התעשייה ברוח עקרונות המהפכה התעשייתית הרביעית; הנתונים מצביעים שגם בתעשיית הטכנולוגיה העילית נדרשים מהנדסים מכל הדיסציפלינות.
 - קידום שיטות חינוך כדוגמת PBL, המיועדות להקניית כישורים ופיתוח יכולת לימוד עצמי אינן אפשריות בקנה מדה נרחב במוסדות האקדמיים בארץ, בגלל יחסי סטודנטים/סגל גבוהים ופרופיל חברי הסגל אשר הכשרתם מבוססת על הצורך לעמוד בחזית הידע המדעי והטכנולוגי.
 - יש רתיעה בתעשייה מהעסקת בוגרים ללא ניסיון בגלל "משך נחיתה" ממושך.
 - התעשייה מכירה בצורך לשינויים בדרכי החינוך של מהנדסים בכל הקשור להקניית כישורים ולקיצור "משך הנחיתה" ויש בה מוכנות לשתף פעולה עם האקדמיה ולסייע בהקניית כישורים וניסיון כחלק מהחינוך במהלך הלימודים האקדמיים.
 - יש פתיחות באקדמיה לשת"פ בתחומים אלה עם התעשייה ע"י יצירת פלטפורמות מתאימות וחדשניות בחינוך מהנדסים ובהכשרה לאורך החיים.
 - יש תשתית מתאימה לקידום שת"פ מסוג זה, שהיא ייחודית לישראל, הודות לעובדה שחלק ניכר מהסטודנטים עובדים במהלך לימודים במקצוע (כ- 30% עד 40%) ובגלל הקרבה הפיזית והמקצועית של התעשייה למוסדות האקדמיים.
 - הניסיון במוסדות אקדמיים מובילים בחו"ל מצביע על כך ששינויים בדרכי חינוך מהנדסים מחייבים שינוי תרבותי וארגוני והם קשים לביצוע בקנה מדה נרחב; לפיכך מרבית השינויים נעשים בדרך אבולוציונית, באמצעות מהלכי חלוץ, במקביל למסגרות הלימוד הרגילות ולעיתים אף מחוץ להן, מתוך כוונה להטמיע את המוצלחים שבמהלכי החלוץ באופן הדרגתי בכלל המערכת.
 - במסגרות המקובלות בארץ, יש חופש רגולטורי לשינויים, אך יש מקום לשקול את הרחבת הגמישות הזאת לפיתוח מודלים מגוונים וחדשניים יותר שגם יאפשרו לכל מוסד לממש את החזון והמקום הייחודי לו.
 - מהלכים ארגוניים נרחבים, המאפשרים "קפיצת מדרגה" מהירה, ניתנים ביתר קלות ליישום במוסדות חדשים. יחד עם זאת יש מקום לבחון אפשרות לשינויים מבניים של תוכניות לימוד בארץ, תוך בחינת השינויים שנעשו באירופה, לתוכניות משולבות של תואר ראשון תלת שנתי בליווי תואר שני, כאשר התואר השני הוא בעל אופי פרופסיונלי וכולל בתוכו התנסות מובנית בתעשייה; עבודה בתעשייה בזמן הלימודים יכולה להשתלב במהלך זה ליצירת אפקט סינרגטי.
- על רקע זה גובשו המלצות לדרכי פעולה בשיתוף עם מל"ג/ות"ת והתעשייה, לפעולה המבוססת על נדבך אבולוציוני שאת תוצאותיו ניתן לממש בטווחי זמן קצרים, ונדבך המחייב שינויים מבניים אשר מימושם אפשרי בטווחי זמן בינוניים או ארוכים, כמפורט להלן:
- דרכי פעולה אבולוציוניות – טווחי זמן קצרים – יישומי חלוץ
- התנעת מהלכים ושינוי תרבותי לשילוב הקניית כישורים, רב תחומיות והתנסויות בתעשייה בחינוך מהנדסים באמצעות קולות קוראים ליישומי חלוץ ומעקב אחריהם להפקת לקחים והטמעה לכלל האקדמיה. במסגרת זו להתניע תוכנית שבה המרכיבים הבאים:
 - הפצת קולות קוראים ושיפוט של ות"ת ליישומי חלוץ בתחומים מגוונים (דוגמאות להלן), המביא בחשבון גם ערכים מוספים כדוגמת שת"פ עם התעשייה, מרכיב של בינלאומיות, רב תחומיות

- מעקב והפקת לקחים
- הקמת ויישום מערך לשיתוף התעשייה והציבור בתובנות ובלקחים, למשל סדנא ו/או אתר להצגת ההצעות הזכות וסדנא לאחר כשנתיים להצגת תובנות ולקחים
- דוגמאות ליישומי חלוץ: הכשרה לכישורים חיוניים כולל כישורים רכים, טכניקות להוראה אפקטיבית וחוויתית, קורסים המשלבים הקניית ידע וכישורים, מסגרות לימוד רב תחומיות, הכשרות לתחומים מתקדמים הקשורים למהפכה התעשייתית הרביעית, התנסויות כחלק מהלימודים, לימודים לאורך החיים - LLL, מינויים מהתעשייה Professor of Practice, שיטות הערכה אלטרנטיביות להישגי הסטודנטים בהיבטים החדשניים

דרכי פעולה המחייבות שינויים מבניים - טווחי זמן בינוניים/ארוכים

הקמת ועדה של מל"ג/ות"ת אשר תבחן בשיתוף עם הפורום לחינוך מהנדסים למאה ה-21 (שבמסגרתו פועלים רוב בעלי העניין) את הצורך במהלכים נרחבים יותר, שתתבסס על ניתוח המצב הנוכחי בחינוך מהנדסים באקדמיה במדינת ישראל. במסגרת פעילות זו יגובשו המלצות לשינוי הנדרש בתכנים, בהיקפים ובגמישות הניתנת למוסדות ללימודי ההנדסה לצורך הכשרת מהנדסים בעלי פרופילים מגוונים, העונים על כלל צרכי המשק והתפתחות שלו בטווח הארוך, תוך דגש למתווה שיאפשר לכל מוסד להתפתח בכיוונים התואמים את החזון שלו.

בדו"ח עצמו כלולות דוגמאות רבות שהוכנו ע"י חברי הפורום על צעדים פרטניים שניתן לקדם ברוח התובנות וההמלצות. דוגמאות אלה יכולות לשמש כרקע להתנעת מהלך של יישומי חלוץ ובסיס לדיונים בדבר שינויים מבניים. המשך פעולתו של הפורום יתמקד בעיקר בעידוד של יישומי חלוץ, תוך מעקב אחריהם ודיונים על המסקנות העולות ביישום שלהם, כדי לשתף את כל החברים בידע ובתובנות המצטברות ולחלוק את הניסיון המצטבר עם כלל המערכת כדי לקדם שינויים על בסיס התובנות המצטברות.

הכרת תודה

הפרויקט נתמך על-ידי הטכניון.

החוקרים מביעים את תודתם לנשיא הטכניון, פרופ' פרץ לביא, על העידוד והתמיכה שנתן על קידום הנושא.

המסמך הנוכחי מסכם את התובנות שהתגבשו בדיונים של הפורום לחינוך מהנדסים, אשר התבססו על דו"ח רקע שהוכן במוסד נאמן¹, דיונים במסגרת הפורום וקבוצות עבודה שגובשו בתוכו, וכן דיון באינטרנט שהתקיים עם מספר רב של בעלי עניין במסגרת אתר "תובנות". בדיון בפורום השתתפו כל הסקטורים בעלי העניין: אוניברסיטאות, מכללות, גופי ממשל (ות"ת/מל"ג, רשות החדשנות, משרד החינוך, מערכת הביטחון), תעשיית הטכנולוגיה העילית, תעשייה מסורתית, מהנדסים צעירים וסטודנטים (רשימת חברי הפורום והמשתתפים בפגישות הפורום מוצגת בנספח א'). במסגרת הדיון באינטרנט, באתר תובנות, הוצבו ארבע שאלות פתוחות, אשר כל אחת שמשה כבסיס לשאלה שלאחריה. השאלות (נספח ב') שמשו כבסיס לקבלת התייחסויות של בעלי העניין ועל בסיסן התקיימו דיונים של הפורום וגובשו תובנות ביניים. לאתר התובנות נכנסו כ- 500 איש וכ- 50 מתוכם השתתפו באופן פעיל במענה לשאלות ולדיון שהתפתח. השאלות והדיונים התמקדו במספר תחומים:

- כישורים וידע הנדרשים למהנדס העתיד
- הקניית כישורים למהנדסי העתיד
- בניית מנגנונים פרקטיים
- שינויים מערכתיים

בנוסף לדו"ח של מוסד נאמן, אשר שמש כחומר רקע, הוצגו בפני הפורום נתונים ודוחות עדכניים עם ההתייחסות בעולם לנושא חינוך מהנדסים ובהם הדו"ח של MIT² (סיכום מוצג בנספח ג'), ספר שיצא לאחרונה המתאר מערכות חינוך חדשות שפותחו במכללת Olin ואוניברסיטת אילינוי בארה"ב³ (סיכום מוצג בנספח ד') וכן קריטריונים לכישורים הנדרשים ע"י גופים העוסקים באקדמיטציה של מהנדסים (נספח ה').

בדו"ח של MIT אותו אוניברסיטאות הנחשבות כמנהיגות המובילות כיום בחינוך מהנדסים, והאוניברסיטאות המסתמנות כמנהיגות עולות בחינוך מהנדסים. אפיינו המרכיבים החשובים המיצגים את כל אחת מהקבוצות הללו ע"י לימוד דרכי פעולתן וגיבוש המכנים המשותפים.

המוסדות הנחשבים כמנהיגות עולה מתאפיינות בגישה שיטתית וחינוכית הכוללת לפחות שלושה מתוך המרכיבים הבאים:

- דרישות קבלה ומיון שאינן קונבנציונליות.
- אינטגרציה עם לימודים מבוססי עבודה (integration of work based learning).
- שילוב של לימוד On Line מחוץ לקמפוס עם התנסות לימודית בתוך הקמפוס.
- פיתוח של פעילויות חוץ לימודיות המובלות ע"י סטודנטים.
- דגש על שילוב של תכן הנדסי עם מעורבות סטודנטים (student self-reflection).

מרכיבים אלה מסמנים הליכה בדרך שונה מזו של האוניברסיטאות המנהיגות כיום. האתגרים לעתיד, במיוחד של המוסדות הוותיקים המובילים כיום, הם במספר תחומים מרכזיים:

- תוכניות לימוד הפונות החוצה, לכיוונים של רלוונטיות חברתית, חינוך רב תחומי, חשיפה להתנסות, וחדשנות בתחומים הבאים: גמישות ובחירה של סטודנטים; רב-תחומיות; אחריות ואתיקה של מהנדסים בחברה; בינלאומיות; רוחב של התנסות.

¹ חינוך מהנדסים במאה ה-21: היבטים גלובליים ונגזרות למדינת ישראל, א.בנטור, א.זוננשיין, ת.דיין, מוסד שמואל נאמן למחקר מדיניות לאומית, הטכניון, מרץ 2018

² The global state of the art in engineering education, Ruth Graham, March 2018, MIT School of Engineering

³ A Whole New Engineer: The coming revolution in engineering education, D.E.Godberg and M.Somerville, 2016

▪ ניהול תוכניות עם מספר הולך וגדל של סטודנטים; החדשנות של המנהיגות העולה מתאפיינת באוניברסיטאות קטנות ואילו האתגר באוניברסיטאות ותיקות הוא לטפל במסות; שיטות אפשריות הן פרויקטים רב תחומיים, שילוב של לימוד עצמי on line.

במהלך הדיונים של הפורום גובשו פרדיגמות ותובנות לגבי השינויים הנדרשים בחינוך מהנדסים בישראל, הוצגו דרכי פעולה לקדם שינויים אלה ונדונו צעדי מדיניות ברמה המוסדית וברמה הלאומית. צעדי מדיניות אלה נועדו לקדם שינויים בחינוך מהנדסים, ברוח המתחייבת לאור השינויים הגלובליים והמאפיינים המיוחדים של מדינת ישראל.

המיקוד בדיון הציבורי בישראל בשנים האחרונות בנושא הון אנושי הנדסי הוא בצרכים של תעשיית הטכנולוגיה העילית מתוך ההכרה של החשיבות של תחום זה לכלכלה הלאומית. ההכרה בפורום הייתה שיש לתת את הדעת על כל מקצועות ההנדסה ולא רק אלה שהוגדרו כ"היי-טק" על יד הועדה של ות"ת/מל"ג⁴ שהם: מדעי מחשב, הנדסת חשמל ואלקטרוניקה, הנדסת תוכנה, הנדסת מערכות מידע ומדע הנתונים. דרך פעולה זו של הפורום התבססה על מספר שיקולים:

▪ ההכרה שהצורך בשידוד מערכות הוא בעל קווי דמיון בכל תחומי ההנדסה, בכל הקשור לאתגרים המרכזיים של איזון בין הקניית ידע וכישורים ובין התמחות דיסציפלינרית ורב תחומיות

▪ התובנה של כלכלנים מובילים שלא ניתן יהיה להשיג מטרות לאומיות של הגדלה משמעותית בתל"ג לנפש לסגירת הפער מול מדינות ה-OECD ולהקטנת הפער הכלכלי-חברתי של אזרחי ישראל, ללא טיפול בכלל תעשיית הטכנולוגיה (מסורתית, מעורבת מסורתית, מעורבת עילית, עילית, שירותי עילית, כהגדרתן ע"י הלמ"ס), לקידומה ולהגדלת הפריזון בה, על פי עקרונות של המהפכה התעשייתית הרביעית, industry 4.

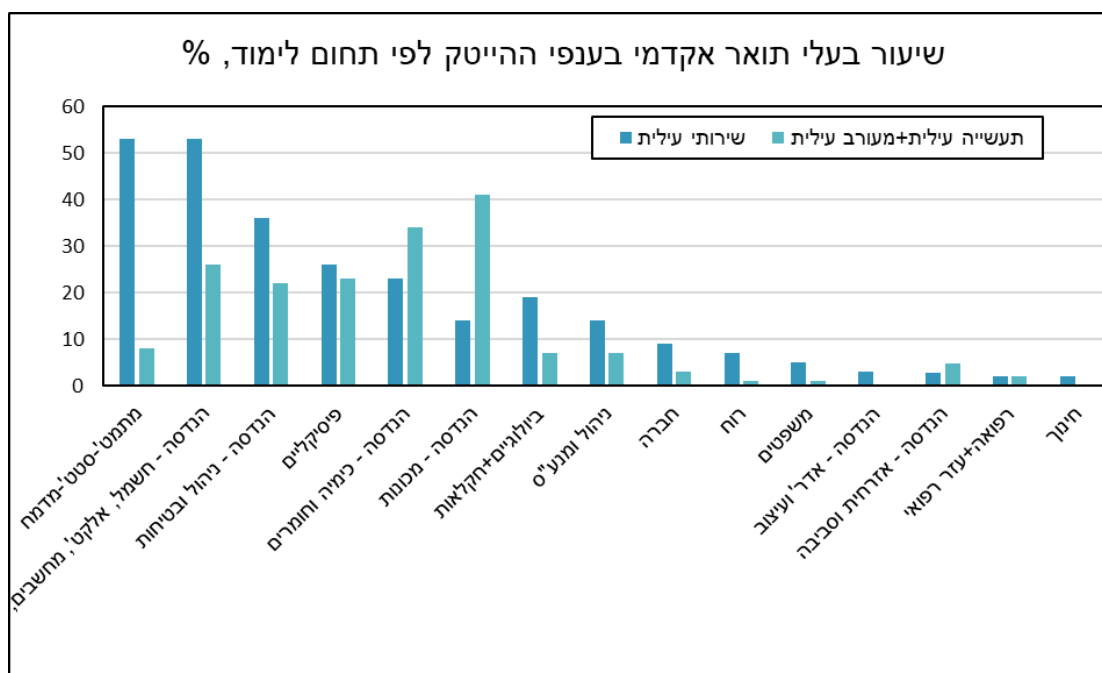
▪ ניתוח כמותי של צרכי התעשייה בסקטורים השונים שלה, בהתבסס על נתוני התעסוקה של ילידי 1978-1985⁵ מצביע על כך, שגם בתעשיית הטכנולוגיה העילית נדרשים מהנדסים ממגוון דיסציפלינות, ולא רק אלה שהוגדרו כ"היי-טק", כפי שניתן לראות באיורים 1 ו-2.

כל אלה מסוכמים ומוצגים בדו"ח הנוכחי מתוך מטרה שישמש כמסמך מדיניות שלאורו יוכלו המוסדות האקדמיים והלאומיים לפתח תוכניות פעולה. בנספחים לדו"ח כלולות תרומות של חברי הפורום לפעילויות ותוכניות לימוד שיכולות לקדם את התובנות שגובשו במהלך הדיונים.

⁴ דוח הועדה להגדלת מספר הסטודנטים במקצועות ההיי-טק האקדמיים, הועדה לתכנון ותקצוב – המועצה להשכלה גבוהה, אוגוסט 2018

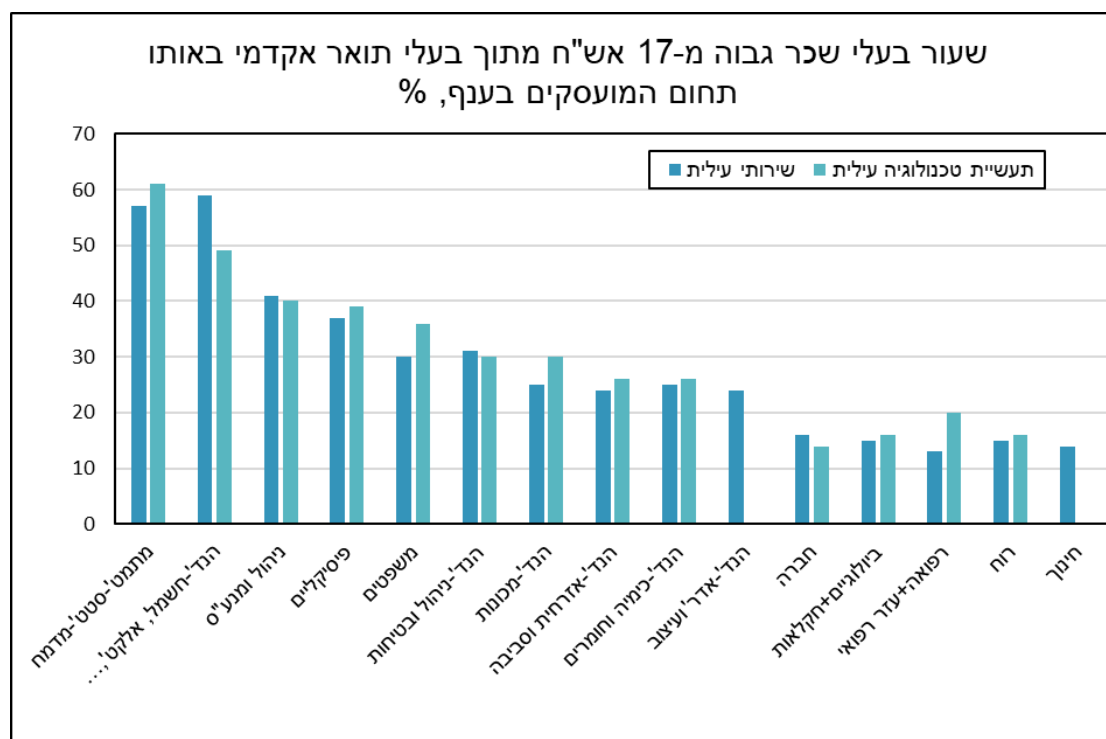
⁵ עיבוד במוסד נאמן של נתונים במחקר של בנטל ופלד, מעובד מקובץ נתונים שנבנה בשנת 2016, ממקורות בלמ"ס, על ילידי 1978-1985, לפי בקשת הכלכלן הראשי במשרד האוצר

איור 1: שיעור בעלי תואר אקדמי בענפי ההיי-טק לפי תחום לימוד, באחוזים



מקור: עיבוד במוסד נאמן של נתונים במחקר של בנטל ופלד, מעובד מקובץ נתונים שנבנה בשנת 2016, ממקורות בלמ"ס, על ילידי 1978-1985, לפי בקשת הכלכלן הראשי במשרד האוצר

איור 2: שיעור בעלי שכר גבוה מ-17,000 ש"ח מתוך בעלי תואר אקדמי באותו תחום המועסקים בענף, באחוזים



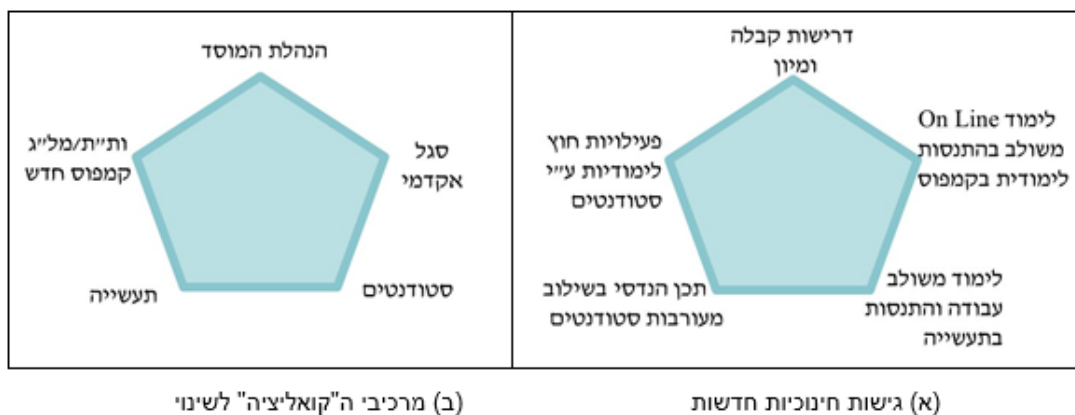
מקור: עיבוד במוסד נאמן של נתונים במחקר של בנטל ופלד, מעובד מקובץ נתונים שנבנה בשנת 2016, ממקורות בלמ"ס, על ילידי 1978-1985, לפי בקשת הכלכלן הראשי במשרד האוצר

2. מרכיבי השינוי, פרדיגמות ותובנות

בהתבסס על הדיונים בפורום ובפלטפורמות השונות (נספח ו'), ועל העדכונים המתקבלים מסקר המוסדות האקדמיים בעולם הנחשבים כמנהיגות העולה בחינוך מהנדסים, ניתן לגבש תובנות לגבי היערכות הנדרשת בחינוך מהנדסים, בהיבט המערכתי ובצעדים הספציפיים הנדרשים.

נדבך אחד בהיבט המערכתי הוא שינוי בגישות החינוך, במספר מישורים, שעדיף שייעשו בו זמנית, תוך אינטראקציה ביניהם. מטרת שינויים אלה היא לאפשר את המשך והעמקת הכשרת הסטודנטים בתשתית המדעית וההנדסית, ובמקביל לפתוח ערוצים להקניית כישורי הובלה והשפעה (כישורים מיוחדים/כישורים רכים), להכשרת מהנדסים אשר יוכלו לקדם ולהוביל תהליכי חדשנות ולהיות חוד החנית של המהפכה התעשייתית הרביעית. הגישות החינוכיות החדשות מוצגות בצורה סכמטית באיור 3א'. כדי לקדם שינוי כזה וליצור את התשתית התרבותית הנדרשת עבורו, יש לבנות במקביל נדבך נוסף, והוא "קואליציה" של בעלי העניין בקמפוס, כך שכולם יפעלו ביחד להסגת המטרה, תוך הטמעת התובנה של סקטור של בעלי עניין יש לא רק תפקיד במהלך אלא גם אחריות, המחייבת גם פתיחות אצלו, לחשיבה מחודשת של תפקידו ויזומה ליישום מודלים חדשים לחינוך. בעלי העניין שיש לשלבם בתהליך מוצגים באיור 3ב'.

איור 3: מרכיבי השינוי



מקור: מוסד שמואל נאמן

הניסיון במוסדות שהובילו שינויים משמעותיים מצביע על הצורך ברתימת כל בעלי העניין שבציר 3ב' לנושא, וניתוח ההצלחות מצביע על התובנות הבאות:

- מנהיגות אקדמית חזקה
- תרבות המאפשרת בחינה של שיטות חדשות וקולגיאיות בקידומן
- מעורבות של סטודנטים והבנתם לגישות החינוכיות החדשות
- פיתוח בקמפוס של כלים חדשים והעמדת משאבים לקידום גישות חינוכיות

הרחבה לגבי ניהול תהליך השינוי מוצגת בפרק 6.

מרכיבי השינוי הם רבים ויש ביניהם אינטראקציות מגוונות. בהתבסס על תהליך החשיבה האסטרטגי שבוצע במסגרת הפורום ובדיון האינטרנטי באתר "תובנות", ניתן היה לזהות תהליכים שיש להתניע ובהקשר להם שינויי פרדיגמה ותובנות אשר יאפשרו את קידום כל אחד מהם. לאור החשיבות של נושאי ההתנסות והתכן (ציר 3א') יש מקום חשוב לפיתוח מודלים חדשים לשילוב עם התעשייה, שצריכה לראות את עצמה כבעלת עניין אך גם

כנושאת מחויבות להיות שותף בתהליך (ציור 3ב). העובדה שסטודנטים רבים עובדים בתעשייה במהלך הלימודים מחייבת חשיבה מחודשת לגבי נושא זה. לעיתים הוא נתפס כמכשול לסיום ומיצוי פוטנציאל הלימודים האקדמיים ולעיתים הוא נתפס כיתרון בכל הקשור להקניית התנסות כבר במהלך הלימודים, ברמה אשר איננה ניתנת ע"י המערכת האקדמית. חשיבה מחודשת צריכה להביא בחשבון מצב נתון זה, ולנסות לבנות מודלים לשילוב העבודה בתעשייה שמתקיימת במילא, כחלק ממוסד בהכשרה, אולי ברוח דומה להתנסות המקובלת בהכשרת רופאים, כולל מעמד מתאים לאנשי התעשייה.

באופן אידיאלי היה רצוי לכל מוסד לפתח תוכנית מקפת להתנעת כל התהליכים במקביל, תוך מציאת יחסי הגומלין והאיזון ביניהם, המתאימים לאופי המוסד, ליעדיו ולהיסטוריה שלו. יחד עם זאת יש מקום גם לשקול התנעת כל תהליך בפני עצמו, לקידום במוסד המעדיף גישה אבולוציונית. בגישה כזו ניתן לבחון אסטרטגיה של יישומי חלוץ בכל תהליך שבעקבותיו תבוא הרחבה. שיתוף פעולה בין המוסדות בארץ, תוך תיעוד של כל יישום חלוץ, יאפשר לשתף בממצאיו ותובנותיו את כל המערכת הלאומית, כחלק מקידום הנושא ולימוד הדדי.

במסגרת הדיונים גובשו 12 פרדיגמות שכל אחת מהן מלווה בתובנות שעל פיהן ניתן לקדם את התכנים שבפרדיגמות הללו. ניתן לסווג את הפרדיגמות הללו לארבע קבוצות, כלהלן:

ידע וכישורים

1. שבירת הפרדיגמה של חשיבות הידע כערך מרכזי ובלעדי
2. שבירת הפרדיגמה שמקצוען הוא בהכרח בעל התמחות והתמקדות בתחום צר
3. בנוסף לליבת המדע וההנדסה גם הקניית כישורי הובלה והשפעה (חיוניים/רכים)

העולם האמתי והתעשייה

4. להקנות ארגז כלים לפעול ב"עולם האמתי", ותובנה שלא תמיד יש פתרון אחד לאתגר ולבעיה
5. חינוך מהנדסים איננו מתרחש רק בין כתלי האקדמיה – שיתוף התעשייה – מודלים חדשניים
6. פיתוח כישורים ללימוד עצמי כבסיס ליכולת ללימוד לאורך החיים במנגנונים משותפים עם התעשייה

סטודנטים

7. יצירת חווית לימודים שמעוררת התלהבות להנדסה כמקצוע מוביל (leading profession)
8. הערכה המושתתת על איכות התוצרים והצגתם בפני פורום מפעילי הקורס והסטודנטים
9. מיון מועמדים מבוסס על אפיון פוטנציאל כישורים ולא רק ידע ומבחן פסיכומטרי

סגל

10. תפקיד הסגל האקדמי חייב לעבור שינוי תודעתי מ"מרצה" ל"מנטור/מרכז תוכן של קורס"
11. השקעה בפיתוח ושדרוג של אנשי הסגל לסיוע והטמעה של פדגוגיה עדכנית, כולל גם הערכה של תרומה לחינוך בקידום האישי
12. שילוב של מינויים מהתעשייה במנגנונים שונים, בהם גם professor of practice

פרוט של התובנות בכל אחת מהפרדיגמות הללו מוצג להלן:

א. ידע וכישורים

פרדיגמה 1: לשבור את הפרדיגמה של חשיבות הידע כערך מרכזי ובלעדי

תובנות:

- חשיבות הידע בחינוך מהנדסים יורדת במהירות (ידע ניתן לרכוש באופן עצמאי והוא נגיש בצורה יוצאת דופן בעידן המודרני), בשעה שחשיבות היכולות הבין אישיות עולה באופן משמעותי (ראה פרדיגמות 3 ו-9).
- תפקיד המרצה להיות מנטור (ראה פרדיגמה 10) ועליו להפטר מהמטרה הקונבנציונלית "צריך להספיק להעביר חומר".
- להפסיק "להעביר את החומר" ולהתחיל ללמד היכן ניתן למצוא אותו.
- הצגת הנושאים בכיתה על ידי הסטודנטים עצמם ובהנחיית המרצה יכולה לייצר את השינוי (ראה פרדיגמה 8).

פרדיגמה 2: שבירת הפרדיגמה שמקצוען הוא בהכרח בעל התמחות והתמקדות בתחום צר

תובנות:

- מהנדס מודרני נדרש להבנה מערכתית, רב תחומית ויכולת לפעול ולהבין תחומים משיקים; כל אלה נדרשים לגיבושו של מהנדס אפקטיבי ומקצוען המסוגל ליזום ולפתח מוצרים בעלי ערך ולקדם חדשנות.
- לשבור את המיקוד בתחום צר על ידי יצירת חיבורים.
- למידה בקבוצות רב תחומיות קטנות, לביצוע משימות מורכבות משותפות, היא דוגמה לכך.
- ניתן להתחיל ליישם דרך פעולה זו כבר מהשנה הראשונה לתואר.

פרדיגמה 3: לכלול בנוסף לליבת המדע וההנדסה גם הקניית כישורים חיוניים

תובנות:

- כישורים חיוניים: יזמות, חדשנות, יצירתיות, חשיבה עצמית וביקורתית, לימוד עצמי, מנהיגות, תקשורת בין אישית, עבודת צוות, אתיקה, רב תרבותיות ובינלאומיות.
- חשיפה ליזמות וחדשנות חשובה להגברת היצירתיות; חשוב לחשוף את הסטודנטים למתרחש בארץ ובעולם גם מחוץ לכותלי האוניברסיטה.

ב. העולם האמיתי והתעשייה

פרדיגמה 4: יש צורך להקנות במהלך החינוך האקדמי ארגז כלים לפעול ב"עולם האמיתי", ולהשריש את ההבנה שלא תמיד יש פתרון אחד לאתגר ולבעיה הנדסית

תובנות:

- הקניית כלים שיביאו בחשבון שיקולים וחסמים שאינם טכנולוגיים: כלכליים, חברתיים, סביבתיים.
- נכון לאמן את הסטודנטים בלמידה מבוססת בעיות (Problem Based Learning)

פרדיגמה 5: חינוך מהנדסים איננו מתרחש רק בין כתלי האקדמיה

תובנות:

- תוכנית חינוך הוליסטית, רב שנתית, עם תרומה של ארגונים שונים ומהנדסים כמנחים (מנטורים) לאורך החיים המקצועיים.
- לשלב אנשי תעשייה בצורות שונות בחינוך מהנדסים כבר בשלב הלימודים האקדמי: יש לשתף פעולה עם החברות בתעשייה המעסיקות מהנדסים, הן להבטחת רלוונטיות תכניות הלימודים למיומנויות הנדרשות בהמשך והן כדי לרתום את אנשיהן להנחייה בפרויקטים ולחניכה של סטודנטים, בעיקר אלו המועסקים בתעשייה במקביל ללימודים.
- לעבור ללמידה מבוססת פרויקטים.

- פתיחת מנגנונים להתמחות בתעשייה, לחיבור לחברות לביצוע פרויקטים בשטח, כחלק מהדרישות לקבלת התואר.

פרדיגמה 6: לימוד לאורך החיים

תובנות:

- הקניית כישורים ללימוד עצמי באמצעות שיטות הוראה חדשניות כבסיס לפיתוח יכולות של לימוד לאורך החיים – Life Long Learning
- מעורבות בלימוד לאורך החיים במנגנונים מובנים בשיתוף עם התעשייה

ג. סטודנטים

פרדיגמה 7: שילוב בחינוך של מרכיבים שיהפכו את הלימודים לחווייה שמעוררת התלהבות להנדסה כמקצוע מוביל (leading profession) במובן הרחב של המלה

תובנות:

- יש להיפרד מהפרדיגמה שסטודנטים אינם כשירים בתחילת לימודיהם לעסוק בפרויקטים - לשלב פרויקטים כבר בקורס א', לא רק כמרכיב ידע והתנסות אלא כמרכיב המעורר התלהבות ויוצר חוויה.
- תהליך למידה שבו הסטודנטים הם חלק מהתהליך, לומדים מעצמם, מלמדים את חבריהם, נותנים משוב והערכה לחבריהם ויחד עם המרצה מגיעים להפריית ידע.
- הצגת הנושאים בכיתה על ידי הסטודנטים עצמם ובהנחיית המרצה יכולה לייצר את השינוי.
- להפחית משמעותית בצורך בשינון לקראת מבחנים, בפרט מבחנים במקצועות שהשימוש בהם בתעשייה נדיר; במקום זאת התמקדות בפתרון בעיות בשיטות הנדסיות, בעיות שמאפיינות את ההתמודדות של מהנדס בתעשייה.
- בדרך לפתרון הבעיה יש לפתח את היכולת של הסטודנטים לשאול שאלות, ושאלות נוספות בהתאם לתשובות, זאת במקום השקעת זמנם של הסטודנטים במתן תשובות לשאלות הסטנדרטיות של המבחנים.

פרדיגמה 8: הערכת הסטודנט מושתתת על איכות התוצרים והצגתם בפני פורום מפעילי הקורס והסטודנטים האחרים

תובנות:

- להפסיק להעריך רק על בסיס בחינות ולשלב הערכה איכותית.
- הסטודנט, במהלך הלימוד לפי המודל המתואר בפרדיגמה 10, צריך להיות מסוגל לפתח תוצרים ואף להציגם באמצעים מגוונים.
- יהיו מטלות אישיות וקבוצתיות שיהוו את בסיס ההערכה בקורס.
- כל מפעילי הקורסים יוכלו לקבוע, בהתאם לאופיו של הקורס, את דרך ההערכה המתאימה והאופטימלית.
- אין להוציא מכלל אפשרות שאחוז מסוים מדרך הערכת הסטודנט יקבע על ידי הסטודנטים עצמם.
- יהווה משב רוח מעניין בהשוואה לדרכי הערכה השבלוניות הקיימות היום.

פרדיגמה 9: מיון סטודנטים מבוסס על אפיון פוטנציאל כישורים ולא רק ידע ומבחן פסיכומטרי

תובנות:

- ההנחה הבסיסית היא שעל מנת "לייצר" מהנדסים בעלי פרופיל ייחודי יש להתמקד בכל אחד מ"שלבי הייצור": מיון וסינון, הכשרה, התמחות, פיקוח (supervision).

- הקשר בין המרכיבים הללו איננו אדיטיבי, אלא אינטראקטיבי ויש מקום למיון וסינון אשר יביא בחשבון גולות אישיות בנוסף ליכולות סכולסטיות.
- ישנם כישורים מסוימים שאינם ניתנים (או רק בקושי רב) לרכישה ולימוד "מבחוץ", והדרך היחידה להבטיח "נוכחותם" בפרופיל הרצוי היא להסתמך רק על מיון וסינון מראש.

ד. סגל

פרדיגמה 10: שינוי בתפקיד הסגל האקדמי מ"מרצה" ל"מנחה/מנטור/מרכז תוכן של קורס"

תובנות:

- תפקיד המרצה כמנהיג, מתווה ומלווה למידה בקבוצות.
- להתרחק מההוראה הפרונטלית לטובת מנגנוני לימוד אחרים כדוגמת כתיב הפוכה, למידה מבוססת פרויקטים, למידה מבוססת מחקר, למידה מבוססת בעיות.
- שימוש בקורסים ברשת, MOOCs וכד'.

פרדיגמה 11: השקעה בפיתוח ושדרוג של אנשי הסגל כולל גם הערכה של תרומה לחינוך בקידום

תובנות:

- מכיוון שכל התכנים עשויים להימצא ברשת ו/או בספרי הלימוד ו/או במחלקות המתאימות בתעשיות השונות ובאקדמיה, יש צורך בשינוי פונקציית מזו שמתקיימת היום.
- מעורבות של חברי הסגל בפיתוח והטמעה של פדגוגיה עדכנית
- אנשי סגל שיזוזו מאזור הנוחות שלהם יהיו סוכני השינוי ב"חישוב המסלול מחדש" שנחוץ למערכת ההשכלה הגבוהה בחינוך מהנדסים.
- לדוגמא, הפונקציה שנקראת "מרצה" צריכה להשתנות באופן מהותי ולהיקרא "מרכז התוכן של הקורס" (ראה גם פרדיגמה 5 לעיל). מרכז התוכן ירכז את פעילות המתרגלים התומכים בקבוצות הלמידה, יתווה מדיניות ויבנה את המטלות והפרויקטים לקבוצות השונות.

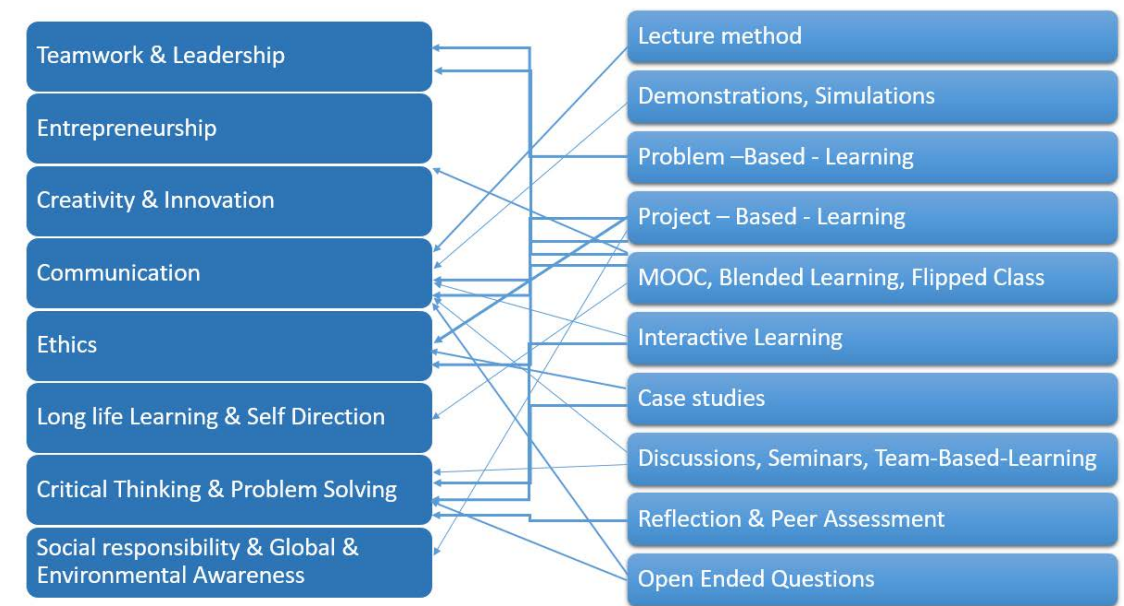
פרדיגמה 12: שילוב של מינויים מהתעשייה במנגנונים שונים

- מהלך יזום לשילוב של אנשים מובילים מהתעשייה, במשרה מלאה או חלקית שישתתפו לא רק בהנחייה אלא גם בגיבוש תוכניות הוראה
- מינויים של Professor of Practice, אשר יובילו בעיקר מהלכי חינוך משולבים עם התעשייה; מספרם יהיה כ- 10% עד 20% מהסגל האקדמי.

3. דרכי פעולה במסגרות אקדמיות קיימות

דרכי פעולה להשגת היעדים במסגרת הפרדיגמות והתובנות שהוצגו בפרק 2 הן רבות ומגוונות. חלק מהצעדים יכולים לקדם יותר מיעד אחד לשינוי בפרדיגמות, והדבר מביא לידי ביטוי שקיימים קשרי גומלין וגם סינרגיות בין הפרדיגמות השונות. יתרה מכך, את המטרות הללו ניתן להשיג בדרכים שונות ועל כן אין ולא יכולה להיות דרך אחת שהיא ה"נכונה". את המורכבות הזו שבין שיטות הלימוד והחינוך ובין פיתוח כישורים ניתן לראות בצורה סכמטית באיור 4. הוא ממחיש היטב את התובנה שמן הראוי שכל מוסד יבחר לו את מגוון שיטות החינוך וההוראה אשר תואמים יותר את אופיו, והניתנים לקידום בצורה אפקטיבית יותר.

איור 4: שיטת הוראה ולימוד להקניית כישורים חיוניים (רכים)⁶



פרוט נוסף של שיטות ההוראה המאפשרות פיתוח כישורים מוצג בנספח ז'.

מן הראוי גם לתת את הדעת שניתן לקדם הקניית כישורים גם במסגרת קורסים "רגילים" וזאת כאשר למרצה יש את המוטיבציה והמיומנות לתת דגש לכך וליצור את השילובים המתאימים בהוראה עצמה, ולא רק בפרויקטים ייעודיים. מדובר במסגרת של קורסים שבהם משלבים אנליזה, תכן, סימולציה, אתיקה וחשיבת מושגים, כפי שניתן להיווכח בדוגמאות המוצגות בנספחים ח' – י"ב'.

תחום נוסף שיש לתת עליו את הדעת בצורה מערכתית הוא חשיפת הסטודנטים לפרויקט או מיני-פרויקט כבר בשנת הלימודים הראשונה (cornerstone project, להבדיל מפרויקט גמר, capstone project). מטבע הדברים פרויקטים של שנה ראשונה מבוססים יותר על גישה קונצפטואלית וזאת בהעדר ידע טכני. חוסר זה בידע מציב גם קושי במימוש פרויקטים כאלה. ההערכה היא אבל שפרויקטים בשלב מוקדם זה של חינוך מהנדסים, למרות המגבלות והקושי, מביאים למספר יתרונות:

- מגדילים את העניין של הסטודנט בהנדסה ובפקולטה

⁶ תרשים ממצגת של המרכז לקידום ההוראה בטכניון, א.ברזילי, א.ורטהיים, המתבסס על מקור:

SoSTeM Model Development for Application of Soft Skills to Engineering Students at Malaysian Polytechnic, Esa, A., Padil, S., Selamat, A. & Idris, M., International Education Studies; Vol. 8, No. 11; 2015, Canadian Center of Science and Education

- מקטינים את הנשירה מלימודי ההנדסה

- משפרים את היכולות בפרויקט הגמר

דוגמא לפרויקט בשנה הראשונה מוצגת בנספחים י"ג' ו- י"ד.

נושא שדורש התייחסות מיוחדת הוא מיון סטודנטים. על העקרונות לטיפול בתחום זה ראה נספח ט"ו, וסקירה ראשונית של אפיון פרופילים אישיים כמקובל בתעשייה ובמוסדות שונים מוצגת בנספח ט"ז.

4. מסגרות לימוד חדשות רב תחומיות

הפרדיגמה השנייה בפרק 2 מצביעה על הצורך בהרחבת החינוך של מהנדס מעבר להתמחות דיסציפלינרית צרה וזאת כתנאי הכרחי להכשרת מהנדסים למנהיגות והובלת תהליכי חדשנות. רב תחומיות זו צריכה לבוא לידי ביטוי בדיסציפלינות המדעיות וההנדסיות וגם בדיסציפלינות של מדעי החברה. יישום של כל אלה מחייב חשיבה מחדשת על תוכניות הלימודים וההכשרה. שינוי במסגרות קיימות יכול לבוא לידי ביטוי בחשיפה של הסטודנט לדיסציפלינות אחרות במסגרת פרויקטים רב תחומיים, כפי שמוצע בפרק 3, אך האימפקט במקרה זה הוא קטן יחסית.

ניתן להטמיע את נושא הרב תחומיות בגישות מרחיקות לכת יותר, המחייבות פיתוח תוכניות לימוד חדשות, חלקן נגזרות מתוכניות קיימות, אשר ניתן להתייחס אליהן מתוך נקודת מבט אבולוציונית, וחלקן מרחיקות לכת יותר, בגישה רבולוציונית.

בגישה האבולוציונית ניתן לכלול את המודל שהוצע ע"י Plummer, הקרוי מודל T (איור 5), שבו בסיס רחב הכולל יצירתיות, יזמות, כושר לתקשר, יכולת עבודה בצוות, הבנה גלובלית ומחויבות ללימודי המשך במהלך הקריירה, ועמודה של התעמקות בדיסציפלינה טכנית. תוכניות CDIO הן דוגמא למודל זה (נספח י"ז)

איור 5: מודל T להכשרת מהנדסים המבוסס על שילוב של הרחבה והתעמקות⁷

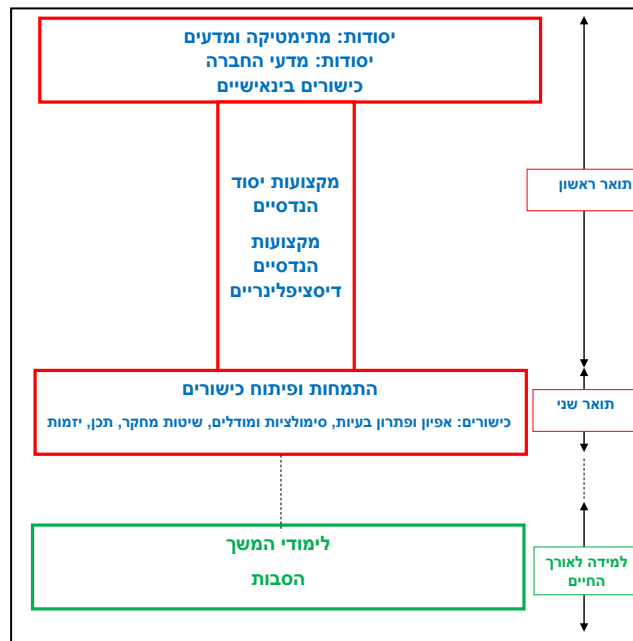


הגישה הרבולוציונית מבוססת על שילוב של תואר ראשון ושני, מודל I, תוך התייחסות גם ללימודי המשך והשתלמויות על פני כל מחזור החיים המקצועיים, איור 6. דוגמא לעקרונות של תוכנית לימודים על בסיס זה מוצגת בנספח י"ח' ודוגמאות של תוכניות לימוד אירופאיות המבוססות על שילוב של תואר ראשון תלת שנתי עם תואר שני חד או דו-שנתי מוצגות בנספח י"ט.

⁷ עיבוד של מוסד נאמן¹ על בסיס הפרסום של Plummer:

J. Plummer (2013). Educating engineers for the 21st century, Dean of Engineering, Stanford University, ppt+comments

איור 6: תיאור סכמתי של מודל I להכשרת מהנדסים המבוסס על שילוב של תואר ראשון ושני כנקודת יציאה לקריירה הנדסית, עם הרחבה ואפשרות להסבה במהלך הקריירה (דוח מוסד נאמן¹)



הגישה הרבולוציונית היא בוודאי קשה ליישום ויש גם חשש לרתיעה מדרישה ללימוד 5 שנותי. על רקע זה ניתן גם לחשוב על חלופה אחרת, המבוססת על גישת פיילוט, של פתיחת תוכנית שהיא רב תחומית באופייה, ולתת לה כינוי מושך. בעבר קראו לתוכניות מסוג זה "הנדסה כללית", אך שם מתאים יותר יכול להיות "הנדסת מערכות", להבדיל מתוכניות המיועדות למהנדסים דיסציפלינריים. יש מקום למצב תוכניות כאלה כתוכניות למצטיינים המיועדות למנהיגות הנדסית.

5. שיתוף פעולה אקדמיה – תעשייה

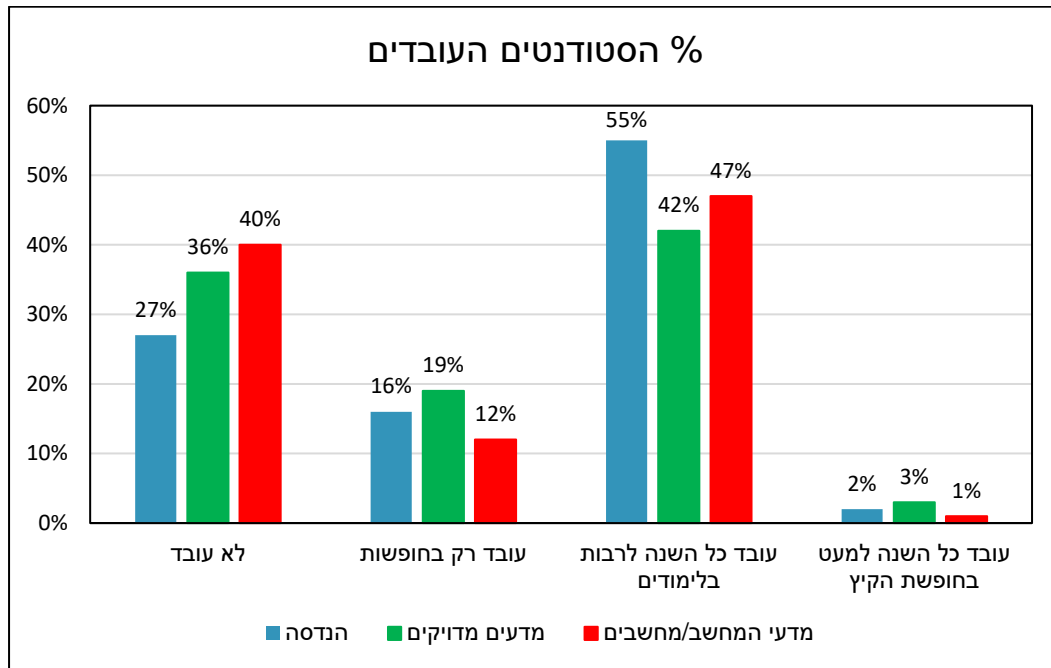
פרדיגמות 3, 4, 5 בפרק 2 מחייבות שינוי משמעותי אשר כדי להשיגו נדרש שיתוף פעולה בין האקדמיה והתעשייה. יש בכך משום שינוי תרבותי, הן בתוך האקדמיה עצמה והן בקשרי הגומלין שבינה ובין התעשייה. משמעות הדבר היא שעל התעשייה להפנים שמוטלת עליה אחריות וחובה להיות מעורבת בחינוך מהנדסים, ועל האקדמיה לפעול ולפתח מנגנונים ביחד עם התעשייה לקדם שיתוף פעולה במגוון של דרכים.

בפרק הנוכחי יוצגו עיקרי הדברים, תוך התייחסות לעקרונות לקידום שיתוף הפעולה, תיאור של דרכים ומודלים לשת"פ במהלך הלימודים האקדמיים ויצירת אקו-סיסטם לשיתוף עם מהנדסים בוגרים במהלך כל הקריירה המקצועית שלהם. שיתוף פעולה זה נועד לבוא לידי ביטוי כמנחים באקדמיה והן כמשתתפים בלימודים לאורך הקריירה.

במסגרת זו יש לתת דגש למנגנונים שכבר קיימים, אשר על ידי מינוף מתאים שלהם ניתן לשלבם בחינוך המהנדסים באקדמיה תוך שיתוף התעשייה. במכלול זה בולט במיוחד הנושא של העסקת סטודנטים בתעשייה שהוא נפוץ ורחב, כפי שרואים באיור 7. ניתן לראות שבתחומי ההנדסה כ- 75% מהסטודנטים עובדים. נתוני סקר של התאחדות הסטודנטים מצביעים על כך שכ- 50% מהסטודנטים העובדים מועסקים באופן מלא או חלקי בתחומם המקצועי. יש בתחום זה לכן כר נרחב ליצירתיות למנף את העבודה בתעשייה במסגרת של הקניית כישורים ולנצל את העובדה שחלק נכבד מהסטודנטים מועסקים כבר בתחומם המקצועי.

על רקע זה נערך גם דיון של הפורום שהוקדש כולו לסעור מוחות ולגיבוש תובנות לגבי שת"פ אקדמיה-תעשייה בנושא חינוך, אשר בו הייתה השתתפות ערה של נציגי תעשייה. תובנות מהדיון מוצגות בסוף פרק זה, בסעיף 5.6, בהתבסס על סיכום של המפגש המוצג בנספח כ'.

איור 7: היקף העבודה של סטודנטים בתחומי הנדסה, מדעים מדויקים ומדעי המחשב, עיבוד של מוסד נאמן לנתונים מדו"ח של התאחדות הסטודנטים⁸



5.1 עקרונות⁹

נקודת הנחה בסיסית היא שהמניע של חברות מסחריות הוא כלכלי ביסודו. המרכיבים הפילנטרופיים, כסיוע לחלשים, חינוך, סביבה וקיימות וכד' הם בשולי העשייה שלהם וזה משתנה מארגון לארגון. קיים בד"כ גם קשר חזק בין פעילויות אלה ובין קידום התועלות המסחריות, אם כי לעיתים יש מקרים יוצאי דופן.

ארגונים גדולים מקיימים פונקציה ארגונית שתפקידה "יחסי ציבור/קשר עם הציבור" או "אחריות חברתית" והם מקדמים פעילויות ושיתופי פעולה מסוגים שונים (תמיכה ישירה, צוותי חשיבה, מחקר). לעיתים מנהלי משאבי אנוש הם האמונים על פונקציה זו. בארגונים עתירי מחקר קיימת פונקציה, כמדען ראשי, שפועלת כמוקד ליצירת שת"פ בתחום המחקר. פעילויות אלו מתוקצבות והן חלק מתוכנית העבודה של הארגון, מתקשרות לחזון ויעדי הארגון, עם תשומת לב ניהולית ברמות הגבוהות. ישנם מקרים רבים שהיזמה באה מלמטה, כאשר עובד או מנהל בכיר דוחף ליזמות, ממניעים אישיים, מקצועיים או ארגוניים.

לכן, כאשר פועלים לקדם שת"פ, יש להבין את מבנה הארגון ובאופן פרטני את המנגנון ואת המוטיבציה שלו לפעילות משותפת עם גופים חיצוניים. לעיתים ישנה התנגדות לשת"פ וזאת מסיבות של פגיעה בתחרותיות, חשיפת גישות ועקרונות (אתיקה) או חשיפת סודות מסחריים.

ניתן להעריך שהגורמים לרתימת ארגונים להיות שותפים בתחום הכשרת מהנדסי העתיד יכולים להיות גיוס עתידי של מהנדסים טובים, העצמה ומיצוב הארגון בארץ ובעולם, העצמת הידע וההכשרה של המהנדסים של הארגון, העצמת המנהלים הבכירים בקרב הקהילה ההנדסית/מדעית/ממשלתית או פרסום לשמו.

שת"פ יתקיים ויחזיק מעמד רק אם זוהו האינטרסים המשותפים, מתקיימת השקיפות הנדרשת, תוך הבנה בסיסית, מה הרווח לכל צד – בזה סוד העניין !!

⁸ "סקר בקרב סטודנטים בנושאי רווחה", התאחדות הסטודנטים, ספטמבר 2017

⁹ מבוסס על ניר עמדה של נתן פנחס: מניעי ארגונים לשת"פ חיצוניים-המפתח לרתימתם והצעה לשיטות העבודה

השיטה למימוש שת"פ מסוג זה, מסתכמת עקרונית בשלבים הבאים (איור 8):

החלטה דו-צדדית לשת"פ בין המוסד האקדמי והארגון התעשייתי/הציבורי, על בסיס הסכמות למטרות ויעדים משותפים. שלב זה חייב להיות פרי של החלטה פנימית ברמת ההנהלה הבכירה והגדרת הנושא כאחד מהיעדים הארגוניים.

הודעה לגוף הממשלתי הרלוואנטי ושילובו בהתאם, אם בתקצוב או בעדכון.

הקצאה והגדרת מובילי התהליך (POC - Point Of Contact) בכול אחד מהגופים והכנת רשימה ראשונית של חברי סגל מהאקדמיה מחד ומהנדסים כמנחים (מנטורים) בארגון התעשייתי/ציבורי, מאידך. בשלב זה חשוב להגדיר את התגמול לעוסקים במלאכה, אם בשכר או במסגרת הקידום האישי

תכנון:

א. גיבוש ערוצי פעילות ומאפייני שת"פ – פרויקטים, מרצים אורחים מהתעשייה במסגרת הקורסים, ביקורים בתעשייה, השתלבות כצופים בפרויקט מעשי.

בשלב זה יש להכין עקרונות עבודה וקובץ הנחיות מנחות.

ב. הכנת רשימה פוטנציאלית של פרויקטים, אשר לתעשייה יש עניין בקידומם והם עשויים לעניין את הסטודנטים; חשוב שתהיה בהם מומחיות ועניין של אנשי הסגל. רצוי שהפרויקט יהיה חלק מהמשימות של התעשייה, אך לא כזה מלחיץ, העלול להשאיר את הסטודנט מחוץ לתמונה. זהו שלב מכריע, העשוי להבטיח הצלחה, אך גם ההיפך מכך.

ג. איתור וגיוס צוות אנשי סגל ומנחים (מנטורים) לכל פרויקט ושילוב סטודנטים.

ד. פיתוח מנגנוני מעקב ובקרה.

ה. הקצאת לו"ז ומשאבים – יש להביא בחשבון זמן ותקופה מוגבלים של הסטודנטים.

ו. הגדרת ממדי ביצוע / הצלחה.

ביצוע:

א. התנעת פיילוט כפרויקט אחד או במספר מוגבל (לבדוק נחיצות).

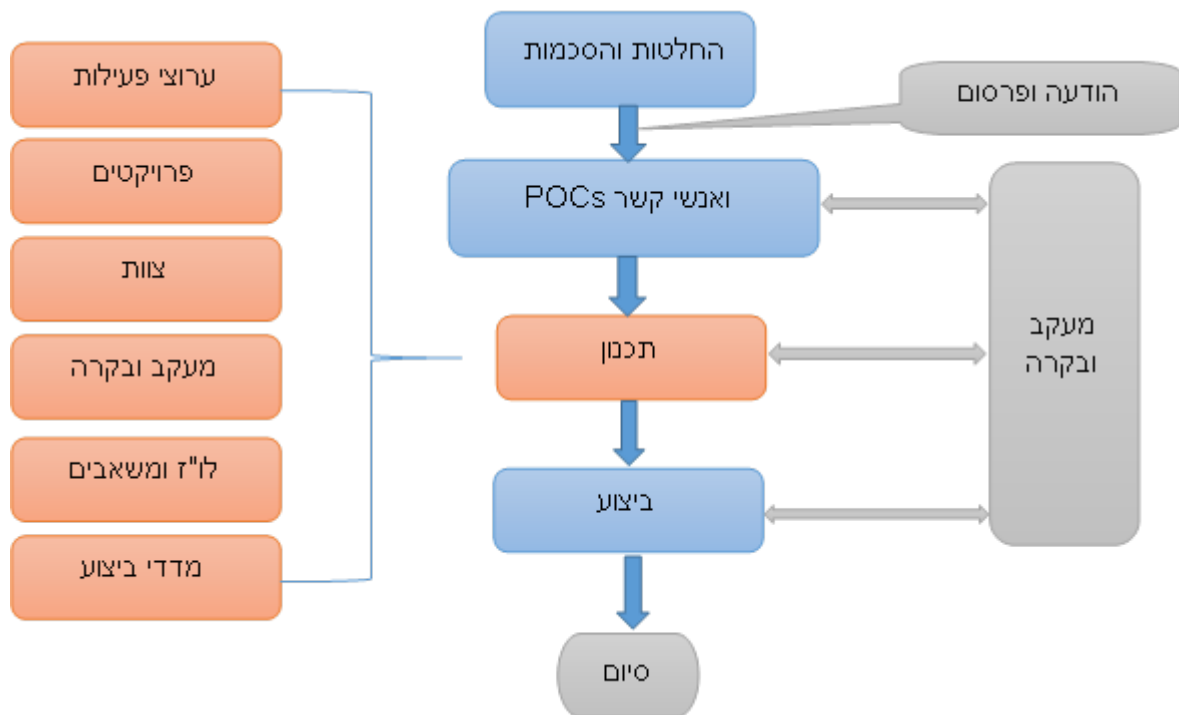
ב. הרחבה למספר פרויקטים רחב.

סיכום:

א. סיכום הפעילות - מספר הפרויקטים ושאר הפעילויות ומאפייניהם, סקרים, משאבים, הצגת תוצאות המדדים ותובנות.

ב. מסקנות והמלצות אפשריות כבסיס להרחבה למוסדות נוספים.

איור 8: מודל לפיתוח שיתוף פעולה בין האקדמיה והתעשייה בחינוך מהנדסים



מקור: נייר עמדה של ד"ר פנחס נתן

5.2 תוכניות התנסות (internships) באוניברסיטאות בחו"ל

5.2.1 חינוך משותף (COOP- Cooperative Education) באוניברסיטאות בארה"ב

חינוך משותף הוא תכנית חינוך המשלבת לימודים באקדמיה עם התנסויות בעבודה בשיתוף מעסיקים השותפים לתכנית. ברוב התכניות יש התנסויות במגוון תחומים כמו: עסקים, תעשייה, ממשלה, שירותים חברתיים ועוד.

תוכניות במתכונת זו התחילו בארה"ב לפני כ- 100 שנים. בתחילה אלה היו במתכונת ניסיונית אשר חלק מהמערבים בה התייחסו אליה כמנגנון לגיוס סטודנטים לעבודה. בעשרות השנים האחרונות התכנית קיבלה מתכונת של חינוך מועשר בהתנסויות מונחות בעסקים ובתעשייה.

תוכניות אלה ידועות בשם COOP הנגזר מראשי התיבות של תוכניות משותפות לאקדמיה ולתעשייה.

כדי שתכניות אלו יהיו אכן תכניות עם ערך מוסף אקדמי נדרש שתכניות הלימודים בכיתה ישלבו את ההתנסויות בעבודה. למשל, על ידי משימות כיתתיות ומיני פרויקטים בכיתה המבוססים על ההתנסויות בעבודה. על ידי כך ההתנסות בעבודה תהפוך לניסיון נלמד ומופנם.

העקרונות של חינוך משותף:

- כל התנסות בעבודה מפותחת ומאושרת על ידי המוסד לחינוך משותף כתהליך למידה
- הסטודנט מעורב בעבודה יצרנית בפועל ולא רק נוכח
- ההתקדמות של הסטודנט בעבודה מבוקרת על ידי המוסד לחינוך משותף
- הביצועים של הסטודנט בעבודה מונחים ומבוקרים על ידי המעסיק של הסטודנט

- משך הזמן בעבודה חייב להיות לפחות 30% מהזמן המושקע באקדמיה

שילוב החינוך המשותף בתוכנית ההכשרה תלוי בשיתוף הפעולה של שלושת המעורבים: הסטודנט, המוסד האקדמי והמעסיק.

קיימות שתי גישות מקובלות ומאושרות לחינוך משותף:

1. תכניות עם מספר תקופות התנסות בעבודות שונות, המאפשרות לסטודנט התנסויות במגוון סביבות עבודה בדיסציפלינה שלו

תכניות התמחות עם תקופת עבודה אחת בה הסטודנט זוכה לחשיפה מעמיקה יותר עם ארגון מעסיק אחד חינוך משותף הינו מודל חינוכי ולא דווקא אסטרטגיית השמת סטודנטים בעבודה. חינוך משותף מקדם לימוד מתמשך על ידי אינטגרציה של הנלמד בכיתה עם למידה מבוססת עבודה. תוכניות כאלה מקבלות הערכה הולכת וגוברת בקרב הקהילות האקדמיות וקהילות המעסיקים הודות לערך המוסף החינוכי והיישומי שלהן, במיוחד הקניית כישורי עבודה חיוניים.

מסקרים משווים שבוצעו נמצא שסטודנטים בוגרים של תכניות חינוך משותף תורמות רבות לסטודנטים, ונמצא שהסטודנטים בתכניות חינוך משותף הם בעלי כישורי העסקה ועבודה גבוהים יותר ומתחילים במשכורות גבוהות יותר.

בקנדה פותחו תקנים לאומיים לחינוך משותף על ידי The Canadian Association for Co-operative Education (CAFCE), לפיהם מוסדות אקדמיים יכולים לפתח וליישם תכניות איכותיות לחינוך משותף. יש יישומים והתנסויות בחינוך משותף גם בבריטניה וגם בארה"ב.

שיתוף הפעולה עם המעסיקים משתנה ממקום למקום ובין מעסיקים. אבל בפועל מתקיימים מודלים שונים של שיתוף פעולה:

- העסקת הבוגרים של התכניות
- השתתפות המעסיקים בפעילויות חינוך בקמפוס
- ארגון ימי עסקים ותעשייה לסטודנטים ולסגל האקדמי
- ארגון התרמה למלגות עבור הסטודנטים וגם עבור המוסדות האקדמיים
- השתתפות המעסיק בפיתוח תכניות החינוך המשותף דרך שותפות בוועדות מיעצות לאקדמיה
- משוב מתמשך של המעסיקים על תכניות חינוך משותף.

מידע על תוכניות מסוג זה וניתוח של הצלחתן נמצא במספר מקורות בספרות ביניהם^{10,11,12}

סקר¹⁰ על תוכניות אלה מצביע על הערך המוסף האקדמי של התכניות לחינוך משותף. עיקרי הממצאים הם:

- לתכניות חינוך משותף יש תרומה משמעותית להצלחה האקדמית של הסטודנט
- הלימוד בתנאי כיתת הלימוד מועשר על ידי הנוכחות של סטודנטים עם ניסיון עבודה

¹⁰ The Academic Value of Cooperative Education-A Literature Review, Tylisha Baber, Michigan State University, Norman Fortenberry, National Academy of Engineering, 2008

¹¹ Co-operative Education Manual, A Guide to Planning and Implementing Co-operative Education Programs in Post-Secondary Institution, The Canadian Association for Co-operative Education- CAFCE, WWW.CAFCE.CA, 2000

¹² A reflection on cooperative education: from experience to experiential learning, Mahmoud Haddara, Heather Skanes, Memorial University of Newfoundland, CANADA, 2007

- הסטודנטים תורמים לשיחות בכיתה על בסיס התנסותם בעבודה
- הסטודנטים מוכנים יותר להבנת חומר הלימוד בהתבסס על התנסותם בעבודה
- לסטודנטים עם התנסות בעבודה יש שאלות יותר מורכבות בכיתה מעמיתים שלהם ללא התנסות כזאת.
- למרצים יש אחריות מיוחדת לשלב את ההתנסות בעבודה של הסטודנטים במהלך ההוראה והלימודים בכיתות

תכניות חינוך למהנדסים בארה"ב משתנות ועוברות מתכניות המדגישות מה מלמדים (INPUT) לתכניות המדגישות מה נלמד (OUTPUT). נמצא בסקרים שתכניות חינוך משותף תורמות משמעותית למגמה חיובית זו ובנוסף גם לכישורים החיוניים הנדרשים למהנדסים שלהם פרופילים של מובילים ויזמים.

לסיכום, ניתן לקבוע שלחינוך המשותף יש פוטנציאל לשפר את חווית הלימודים של הסטודנטים להנדסה, להקנות להם כישורים חיוניים להצטיינות ומובילות בעבודה. כדי שזה יקרה בפועל נדרשת השקעה מתאימה מצד שלושת השותפים - הסטודנטים, המעסיקים והאקדמיה. ההתנסות בעבודה צריכה להיות משולבת בתכניות האקדמיות מבחינת התכנים והתפוקות המצופות.

ההתנסויות בחינוך משותף בצפון אמריקה הן חיוביות, ויש מגוון חומרים מקצועיים שיכולים להוות מדריכים ליישום חינוך משותף מוצלח ובר קיימא. חובה ללמוד ולהשתמש בחומרים אלו בעת יישום בפועל בישראל.

5.2.2 תוכניות התנסות (internships) באוניברסיטאות באירופה

תוכניות הלימוד למהנדסים באירופה מבוססות כיום על תואר ראשון של שלוש שנים, לעיתים עם שילוב של תואר שני (מסטר) של שנה או שנתיים. במרבית התוכניות משולבת גם התנסות בתעשייה (internships). התנסות זו יכולה להיות משולבת בתואר הראשון או בתקופה של מספר חודשים לאחר מכן, אך בחלק ניכר מהאוניברסיטאות היא מהווה מרכיב חשוב בלימודי התואר השני.

לתוכניות ההתנסות הללו מבנה שונה באוניברסיטאות שונות, והן יכולות להיות בפרקי זמן של 4 שבועות כשהן משולבות בתאר הראשון עד לסמסטר מלא של 5 חודשים כשהן משולבות בתואר השני. במספר אוניברסיטאות יש דרישה להתנסות של 5 חודשים לאחר סיום הלימודים של שלוש השנים של התואר הראשון.

התוכניות להתנסות הן מובנות ומנהלות במרבית המקרים דרך מערכת היוצרת קשר עם מפעלים רלוונטיים הקובעת ומפקחת על תהליכי ההתנסות. אלה כוללים מעקב, דיווח של הסטודנט ושל הממונה עליו במפעל המשמש כמנטור, ולעיתים גם הרצאה בכתה המסכמת את תקופת ההתנסות והלקחים.

הגיוון בין התוכניות הוא רב ובמרבית האוניברסיטאות המובילות יש דרישה להתנסות מסוג זה, וביניהן EPFL לוזאן, ETH ציריך, אימפריאל קולג', האוניברסיטה הטכנית מינכן, האוניברסיטה הטכנולוגית אאן, האוניברסיטה הטכנולוגית דלפט. מידע נוסף על תוכניות אלה ניתן למצוא בסקר של מוסד נאמן¹³.

5.3 דרכי פעולה במהלך הלימודים האקדמיים¹⁴

מודל 70/20/10 ללמידה אפקטיבית המקובל בתעשייה היום, מבוסס על פיתוח ולמידה אפקטיבית המושתתת על שלושה חלקים:

¹³ תוכניות לימוד לתואר הנדסי באוניברסיטאות מובילות באירופה: תוכניות תלת שנתיות ותוכניות לימוד משולבות לתואר ראשון תלת שנתי ותואר שני, סקירה, ארגון בנטור, תמר דיין, מוסד שמואל נאמן, הטכניון, דצמבר 2019

¹⁴ מבוסס על נייר עמדה של מיכל יוחאי, אלביט, "דרכים ומודלים לשילוב התעשייה במאמצי החינוך וההכשרה במהלך הלימודים"

70% מהלמידה האפקטיבית מתרחש בביצוע עבודה מעשית-פרויקטלית (Job related experience), 20% הינה למידה חברתית – רשתות, פורומים, קבוצות עבודה וחניכה (מנטורינג) אישית, ורק 10% מהלמידה האפקטיבית מתבצעת בכיתות לימוד פורמליות מסורתיות.

מודל 70/20/10 שימושי היום בקרב חברות וארגונים בתעשייה, לטובת מקסום פיתוח ההון האנושי בארגונים. ארגונים אלו מבינים שיש לדאוג לפיתוח מתמיד של המהנדסים, שיוכלו לעמוד באתגרים שצופנת להם התעשייה. החוכמה במודל זה היא לא להזניח שום חלק, ולתת מקום גם ללמידה המסורתית, וגם ללמידה החברתית במקביל לעבודה הפרויקטלית.

על בסיס פעילות זו של התעשייה יש מקום לקדם שיתוף שלה ביצירת למידה אפקטיבית במוסדות האקדמיים בהכשרת סטודנטים בלימודי ההנדסה. שיתוף פעולה זה, חייב להבנות על תשתית שתהיה בעלת ערך לכל בעלי העניין והשותפים, לסגל האקדמי, לתעשייה, למהנדסים בתעשייה וכמובן לסטודנטים, אשר מחפשים את החיבור הפרקטי לתעשייה.

דרכים:

- גיוס מהנדסים שותפים "מצליחנים בתעשייה", בעלי רקורד מוערך בפרויקטים בתעשייה, לטובת הרצאות וחניכה (מנטורינג). מהנדסים אלו יעברו סדנאות הכשרה לחניכה והדרכה.
- שילוב הרצאות אורח מהתעשייה בקורסים רלוונטיים: הצגת ארכיטקטורות של מוצרים, שיקולי תכן, מורכבות הפיתוח והתמודדות בפרויקט, צורות ניהול ופיתוח חדשניות.
- הבאת דילמות מהתעשייה לפתחם של הסטודנטים, ויצירת אפשרות למרחב הפתרונות.
- שילוב ביקורים בתעשייה במפעלים שונים במסגרת קורסים אקדמיים.
- חיבור אנשי סגל אקדמי לתעשייה בביקורים משותפים, כדי להעשיר את הקורסים האקדמיים התאורטיים הקיימים בדוגמאות מעשיות רלוונטיות וחדשניות מהתעשייה.
- עידוד התמחות הסטודנטים בתעשייה - קבלת נקודות אקדמיות על פרויקטים שהסטודנטים השתתפו בהם במסגרת ההתמחות.
- שילוב חונכים (מנטורים) מהתעשייה לליווי קבוצות מולטידיסציפלינריות (רב פקולטיות) בפרויקטים בחממות טכנולוגיות, במוסדות או במסגרת פרויקטים אקדמיים.
- בניית קורס "שיטות הנדסיות" / "בעיות פרקטיות בהנדסה", בו ישולבו מומחים בתחומים שונים בהנדסה, וילמדו בו במקביל לשיקולי תכן הנדסי גם היבטים מעשיים של ראייה עסקית, ניהול פרויקטים, ניהול סיכונים, אילוצי תקציב ול"ז. הרעיון הוא להראות לסטודנטים שבתעשייה יש ריבוי פתרונות, ולא תמיד ניתן/נרצה לבחור בפתרון ההנדסי הטוב ביותר.
- יצירת אירועי אקדמיים משותפים לסטודנטים ולמהנדסים בתעשייה, במידה וניתן עם רלוונטיות חברתית.
- בניית מערך של "אתגרים" מצד התעשייה שיהיו אופציה לפרויקטי גמר של הסטודנטים. נושא ה-Challenges לקהל הרחב צובר יותר חשיפה בזמן האחרון, ככלי שיווקי וגם ככלי לקידום פתרונות בעזרת חוכמת ההמון; אפשר לנסות למקד את ה"אתגרים" לאקדמיה ולהפוך את הפתרון הנבחר לפרויקט גמר.
- חיזוק והרחבת פרויקט "מצוינות בתעשייה" עם חברות בתעשייה. סוג התמחות זה, מלווה בדרך כלל גם במלגה המוסיפה יוקרה לפרויקט, ורווח לתעשייה המשתתפת בו.
- בחינה מחודשת של תעסוקה של סטודנטים בתעשייה מתוך מגמה לנתב פעילות זו שקיימת בפועל בקנה מידה גדול עם ההכשרה להקניית כישורים במהלך הלימודים (ראה הרחבה בנספח כ"א) או בפרקי זמן בתוך תקופת הלימודים אשר בהם הסטודנט נמצא בתעסוקה מלאה בתעשייה (ראה הרחבה בנספח כ"ב).

- מודלים לשיתוף התעשייה בחינוך וחניכה של סטודנטים מוצגים בנספחים כ"ג' ו- כ"ד'. בפיתוח מודלים מסוג זה מן הראוי להביא את הניסיון בתעשייה בנושא חניכה, נספח כ"ה'.

כל התוכניות המשלבות סטודנטים צריכות להתבצע לאחר הקניית בסיס מדעי אקדמי ובשיתוף ותיאום מלא בין התעשייה לאקדמיה. לכל סטודנט ניתן להצמיד חונך (מנטור) מהאקדמיה ולא מהתעשייה, שידע לחנוך, לשאול שאלות מכוונות, ולגרום לסטודנט לחשוב.

התנאים להצלחה

כדי ששיתוף הפעולה בין התעשייה לאקדמיה יצליח, יש להתייחס לכל תוכנית (המוגדרת למעלה) כפרויקט, ולדאוג לנקודות הבאות:

- הגדרת מנהלי פרויקט מהתעשייה ומהאקדמיה, שינטרו ויתנו דיווח שוטף תוך שקיפות מלאה להתקדמות השגת היעדים.
- הגדרת ברורות ומוסכמות של מטרות הפרויקט, תקציב, הגדרת תפקידים, בעלי עניין, אחריות וממשקים ברורים בין התעשייה לאקדמיה, תוך התייחסות להסכמי סודיות וקניין רוחני (IP).
- הקמת צוותי עבודה מגובשים (גם חברתית) בהשתתפות סגל אקדמי ומהנדסים מהתעשייה, לבניית תוכנית עבודה לפרויקט וליווי משותף, בשיתוף פעולה והפרייה הדדית.

הרווח

הסטודנטים, מכל הפקולטות להנדסה, ייחשפו ליותר ויותר דוגמאות, מקצועות ומיומנויות הנדסיות רלוונטיות לשוק, יהיו חשופים למהנדסים בתחום כמודל לחיקוי ומקור להיוועצות. הסטודנטים המתמחים יזכו כמובן לניסיון רלוונטי במקצוע, וליתרון יחסי במקום ההתמחות. התעשייה תיחשף לעובדים פוטנציאליים, ותוכל לבחון את הסטודנטים לפני קבלתם בסיום הלימודים, ותגייס מהנדסים טובים יותר. עוד תזכה התעשייה לנקודות מבט רעננות מבחינה אקדמית שיאתגרו את הפתרונות התעשייתיים, יעזרו בגיוון הפתרונות ההנדסיים ויעוררו את המחשבה והיצירתיות. המהנדסים מהתעשייה יזכו להכרה באקדמיה, יכולות נטוורקינג, גישה להיוועצות עם הסגל האקדמי.

תקצוב הפרויקט, תגמול הסגל האקדמי השותף והמהנדסים מהתעשייה, צריך להבחן בנפרד ע"י המוסדות עצמם.

סיכום

שילוב התעשייה במאמצי הכשרת המהנדסים במהלך הלימודים הינו מהלך מחויב המציאות. מרצים אורחים, סיורים מקצועיים, דוגמאות מעשיות, דילמות והתמודדויות עם אילוצים, יוכלו להעשיר את הקורסים האקדמאים הקיימים, ולהראות חיבור חזק יותר לפרקטיות ולתעשייה. בניית קורסים חדשים חוצי-פקולטות, של שיטות הנדסיות פרקטיות בהשתתפות מהנדסים מגוונים מהתעשייה, ושילוב עם פרויקטים מולטי-דיסציפלינריים, יכול לחשוף את הסטודנטים למגוון רחב יותר של מיומנויות הנדסיות פרקטיות, תוך כדי שימת דגש על ראייה מערכתית, יזמות ויצירתיות. כמו כן, יש להמשיך ולעודד (גם אקטיבית) התמחות של סטודנטים בתעשייה בכל הפקולטות. כדי שתוכניות כאלו יצליחו, יש להתייחס אליהן כפרויקטים, ולנהלן ככאלה. בתחום זה יש מקום רב ליצירתיות למודלים שונים ומגוונים, ודוגמאות לכך מוצגות בנספחים כ"ג' – כ"ד'.

5.4 אקו-סיסטם לשיתוף עם מהנדסים בוגרים במהלך כל הקריירה המקצועית¹⁵

התעשייה משקיעה לא מעט מחשבה ומשאבים בקידום של המהנדסים הפועלים בשרותה, הן מיד לאחר קבלתם לעבודה, עם סיום לימודיהם, וגם במהלך הקריירה שלהם, לצורך עדכון והסבה. פעולות אלה נעשות כמעט ללא

¹⁵ מבוסס על נייר עמדה של רון נאומן, אלביט מערכות "יצירת eco-system המאפשר קשר סימביוטי ורציף של מהנדסים עם האקדמיה בכל מהלך הקריירה המקצועית"

קשר ותאום עם פעילויות חינוך מהנדסים באקדמיה, למרות הסינרגיה הרבה שביניהם. על רקע זה יש מקום לחשיבה לשיתוף, תוך מינוף החוזקות של האקדמיה והתעשייה והעצמה הדדית.

האתגרים בתעשייה

- השקעה רבה בתעשייה בהכשרה והעמקת ידע בקרב העובדים, כל זאת בניתוק כמעט מוחלט מהמסד האקדמי.
- קושי בקרב מהנדסים לרענן את הידע המקצועי לאורך השנים, כך שיישאר רלוונטי לאור קצב השינוי הטכנולוגי.
- מתן עדיפות יתר בתעשייה לפתרונות כאן-ועכשיו לעומת הסתכלות מדעית ארוכת טווח, מהווה איום על המובילות והיתרון האיכותי של התעשייה.
- הקשרים (הטובים!) שקיימים בין האקדמיה לתעשייה נוגעים למספר מועט של מנהלים ומדענים מובילים וכמעט לא רלוונטיים לרוב המוחלט של המהנדסים והסטודנטים.

ערך מוסף וסינרגיה בין פעילויות החינוך באקדמיה ובתעשייה

- אוכלוסיית בוגרי האוניברסיטאות הינה כוח משמעותי שניתן למנף על מנת לקרב בין העולמות ולהטמיע עולם ערכים וכישורים המשותף לאקדמיה ולתעשייה.
- לשם כך יש לייצר מסגרות המעודדות מהנדסים להגיע לאקדמיה, הן לטובת הכשרות וריענון ידע אקדמי והן לטובת שיתוף בפתרון בעיות ועזרה הדדית.
- מסגרות שכאלו יאפשרו חשיפה בלתי אמצעית של סטודנטים באקדמיה לעולם התעשייה בשלבים המתקדמים בתואר וכן ייווצר תהליך רציף שילווה את המהנדס לאורך כלל חייו המקצועיים.
- מטרת משנה היא לעודד ולתת קרדיט למהנדסים שיחליטו להרחיב את הפעילות ללימודים מתקדמים או מחקר אקדמי בהיקף מלא.

דוגמאות

- עידוד השתתפות מהנדסים בקורסים מתקדמים (שנה ג', ד' ותואר שני), תוך מתן קרדיט רלוונטי, גם אם אינם סטודנטים מן המניין.
- פתיחת קורסים באקדמיה הנותנים מענה לחלק מקורסי ההכשרה והידע המתקיימים בתעשייה.
- שילוב מהנדסים מהתעשייה כמנטורים ומנחים מקצועיים בסמינרים/סדנאות/קורסים (מבוצע בהצלחה מרובה בבתי ספר תיכוניים).
- הגברת ה-Challenge Days/Hackatons וסדנאות לפתרון בעיות בהם המהנדסים מהתעשייה מעלים בעיות ספציפיות ומתלבטים במשותף עם הסטודנטים והמרצים למציאת פתרונות.
- יצירת חשיפה של סטודנטים למהנדסים מובילים מהתעשיות השונות במהלך התואר (הצגה של טכנולוגיות ובעיות מהתעשייה, פתרונות ואתגרים, ימי עיון ספציפיים וכו').
- עידוד ביצוע פרויקטי גמר אקדמיים בחברות בתעשייה על בעיות אמיתיות (מבוצע בהצלחה בחלק מהמכללות).
- עידוד מהנדסים מהתעשייה להשתלב כמנחים/מתרגלים בקורסים מתקדמים.

מדדים להצלחה

- מספר הקורסים והמשאבים שמשקיעה התעשייה בהכשרות באקדמיה.
- מספר המהנדסים שלומדים באקדמיה שלא במסגרת תואר מתקדם.
- מספר המהנדסים שחוזרים ללימודים מתקדמים לאחר שהות בתעשייה.

- פרויקטים ובעיות מהתעשייה שזכו להתייחסות באקדמיה.

5.5 הון אנושי

ההכרה בצורך לשלב בחינוך מהנדסים גם הקניית כישורי הובלה והשפעה (כישורים מיוחדים/רכים) וחשיפה לתרבות התעשייתית, מעלה את הדילמה לגבי הפרופיל של חברי הסגל האקדמי העוסקים בהוראה. התרבות האוניברסיטאית מבוססת על מחקר מתקדם, תשתיתי בעיקרו, מתוך ראייה מוצדקת בפני עצמה, שהרחבת חזית הידע המדעי הכרחית לקידום טכנולוגי על כל המשתמע מכך לגבי הכלכלה והחברה. על כן, הפרופיל של חברי הסגל הוא בעיקרו הומוגני בהיבט זה, והיכולת שלהם לקדם ולתת מענה לפיתוח הכישורים והחשיפה לתרבות התעשייתית הנו מוגבל. המנגנונים השונים שהוצעו בדיונים של הפורום יכולים לקדם בהשגת מטרות אלה, אך הם בעיקרם תלויים במעורבות של מומחים מהתעשייה אשר יש להם מחויבויות רבות, וקידום החינוך של מהנדסים הוא מטלה נוספת, מעבר לאחרות, שלעיתים יש להן קדימות.

כמו בכל נושא אחר באוניברסיטאות, וגם בארגונים אחרים, קידום של נושאים חדשים, גם כאשר כולם מכירים בנחיצותם, מחייבים מובילים ("צ'מפיונים"), שיש להם מעמד בתוך הארגון, ומוטיבציה ויכולות לקדם נושא חדש וחדשני. על רקע זה, השתרשה ההכרה באוניברסיטאות מובילות^{16,17} שיש להקנות גיוון לפרופיל של חברי הסגל הבכירים, ע"י פתיחת השורות למספר לא גדול (5% עד 20%) של חברי סגל בעלי פרופיל תעשייתי, אשר מוגדרים כ- Professor of Practice.

הרחבה בנושא זה, של הפרופיל, הגדרת התפקיד ואופי המינויים וההעסקה מוצגת בנספח כ"ו".

5.6 תובנות ממפגש אקדמיה-תעשייה לחינוך מהנדסים¹⁸

במפגש השתתפו כ- 60 אישה ואיש, המייצגים את מרבית בעלי העניין בחינוך מהנדסים ובהם נציגי אוניברסיטאות, מכללות, מל"ג, רשות החדשנות, לשכת המהנדסים, תעשיית הטכנולוגיה העילית, תעשייה מסורתית ונציגי הסטודנטים.

הסיכום שלהלן הוא תמצית הדברים המגוונים שהוצגו ונאמרו במפגש על ידי משתתפים רבים והוא נועד להצגת התובנות העיקריות.

סיכום הדברים מוצג בשני מישורים, האחד של צרכי התעשייה והשני ההכשרה ושת"פ הפעולה עם התעשייה בהכשרת מהנדסים. בכל אחד מהמישורים הללו יש התייחסות לשני תחומים חשובים בפרופיל המהנדס - ידע עומק ומיומנויות חיוניות (essential skills). הכישורים החיוניים כוללים בתוכם *כישורים בינאישיים וכישורי תקשורת החיוניים לצורך השפעה והובלה*.

צרכי התעשייה

א. ידע עומק

- בתחום המחקר והפיתוח נדרשים מהנדסים בעלי ידע עומק, כפי שאכן מתקבל היום ממספר מוסדות.
- בתחומי עשייה מסוימים ואחרים של ההנדסה, לידע יש גם כן תפקיד מרכזי, הגם אם פחות עמוק. על ידע הכרחי זה מיומנויות "רכות" אינן יכולות לפצות.

¹⁶ Professor of the practice: bridging industry and academia, Ollivier de Weck, MIT Faculty Newsletter, March/April 2005

¹⁷ Professors of Practice and the Entrepreneurial University, Henry Etzkowitz and James Dzisah, International Higher Education, pp 10-11, Etzkowitz, H and J Dzisah 49 (Fall), 2007.

¹⁸ מבוסס על סיכום מפגש במכללת אפקה שהוכן ע"י ד"ר ברוך קרפ; סיכום מילולי של המפגש מוצג בנספח כ'

- מוסכם שתעשיית ההיי-טק היא פלח שוק קטן יחסית מסך כל צרכי המשק במהנדסים ולכן נקודת המכון של הועדה אינו צריך להתמקד רק בהכשרת מהנדסים מוכוונים להיי-טק.
- ה"צעקה" בדבר חוסר מהנדסים, תוך התמקדות בחוסר בהיי-טק, ממקדת את הדיון בנושא מנקודת מבט של ערכים כמותיים של מספרי המהנדסים בסקטור מסוים, בשעה שיש צורך לתת את הדעת לא רק על כמות כי אם גם על איכות ופרופיל, תוך התייחסות לצרכי כלל התעשייה.
- קיים צורך להרחיב ולהעמיק את ההתעדכנות והשדרוג של המהנדסים על פני כל טווח תקופת הקריירה שלהם, ועל כן המרכיב של למידה לאורך החיים המקצועיים, LLL (Life Long Learning) תופס מקום חשוב כבר כיום, וילך ויגבר בעתיד, ויש לשלבו במערך ההכשרה הלאומי של מהנדסים.

ב. מיומנויות חיוניות

- מיומנויות מיוחדות הן מרכיב חשוב בהכשרת מהנדסים. החשיבות של מרכיב זה איננה דבר חדש אך הצורך בו עלה לדרגת חשיבות גבוהה יותר בשנים האחרונות על רקע המורכבות של צרכי התעשייה: קידום טכנולוגי אשר מהנדסים אמורים להוביל מחייב התייחסות בו זמנית להיבטים מדעיים-טכנולוגיים-לכליים-חברתיים. אלה הם חלק ממאפייני המהפכה התעשייתית הרביעית.
- מוסכם שהרכשת מיומנויות מיוחדות צריכה להיעשות החל מהגיל הרך דרך בית ספר. אך העובדה שזה לא נעשה בצורה הטובה ביותר איננה פוטר את מערכת ההשכלה הגבוהה מלטפל בנושא.
- ישנה הסכמה רחבה כי הפדגוגיה הקיימת זקוקה לשינוי וחשיבה מחדשת, אבל הפתרון התחליפי לפדגוגיה עדכנית אינו ברור. האקדמיה לא צריכה לחכות אלא לפתח את דרכה קדימה וחיוני במצב זה לקדם פילוסופיה שונים ולשתף פעולה - אחרת שאלת הרלוונטיות של האקדמיה תתחזק.

הכשרה ושיתופי פעולה עם התעשייה

א. ידע עומק

- מוסכם שיש הבדלים בין מוסדות להשכלה גבוהה בהיבט של ידע הבוגרים ואין רע בכך בגלל המנעד הגדול של צרכי התעשייה.
- חלק מהפערים בין האוניברסיטאות והמכללות הנם גדולים ובלתי סבירים, ויש בהם שילוב של סטיגמות של מעסיקים שאינן בהכרח מוצדקות והן פוגעות בדימוי של מכללות אשר ההכשרה בהן היא ברמה גבוהה. יחד עם זאת יש גם הבדלים שנובעים מפערים ברמה מקצועית שיש לתת עליהם את הדעת.
- הסתמנו דעות בעד ונגד קיצור משך הלימודים לתואר ראשון בהנדסה ל-3 שנים. באירופה עברו אמנם למסלול של 3 שנים לתואר ראשון, אך במרבית המוסדות המובילים הוא מלווה בתואר שני בן שנה עד שנתיים, כך שמשך הלימודים הכולל נע בין 4 ל-5 שנים. לצורך גיבוש המלצות בנושא זה הוקמה תת-ועדה בראשותו של פרופ' יוסי רוזנווקס. חומר רקע על תוכניות לימוד חדשניות, ארבע שנתיות, תלת שנתיות, תלת שנתיות+מסטר מוצג בנספחים י"ח ו"ט.
- חברות תעשייתיות גדולות יכולות אולי לקדם בעצמן את נושא ה-LLL, אך מסתבר שגם הן וגם חברות תעשייתיות קטנות, שאין ביכולתן לעשות זאת, מצפות שהאקדמיה תוביל או לפחות תשתף פעולה באופן הדוק בתחום זה.
- הועלתה ביקורת שהתייחסות התעשייה להכשרת מהנדסים היא קצרת טווח והיא מצפה לקבל מבלי להשקיע.

ב. מיומנויות חיוניות

- נדרש חישוב מסלול מחדש בדרכי הכשרת מהנדסים בכל הקשור למיומנויות חיוניות. אי אפשר להטיל זאת על התעשייה, כי רוב המעסיקים הם קטנים ולא יכולים לתת השלמות להכשרת מהנדסים שסיימו את לימודיהם האקדמיים. גם בקרב החברות התעשייתיות הגדולות קיים ספק עד כמה הן יכולות לקיים

מערכת הכשרה משלימה בת קיימא, התלויה במידה רבה במדיניות חברה והנהלות שיכולות להשתנות ולהתחלף.

קיימת הסכמה שלא ידועה מתודולוגיה ברורה להקניית כישורים מיוחדים. מסתמן שמוסכם שהרכשת מיומנויות מיוחדות תהיה יעילה אם תבוצע בהטמעה, כלומר לא בלימוד פורמלי אלא כשכבה בתוך הקורסים הקיימים ועל ידי התנסות, אם במסגרות פרויקטליות בתוך האקדמיה ואם במשימות בתעשייה ותקופות חונכות בה.

על רקע זה הייתה הסכמה שלצורך התנעת והרחבת המערכת להקניית כישורים מיוחדים והטמעה שלהם בחינוך מהנדסים יש מקום להרחבה של פרויקטי חלוץ ("פיילוטים"), תוך מעקב, לימוד ושיתוף בלקחים. המשך הפעולה של הפורום לחינוך מהנדסים בתחום זה הנו בעל חשיבות.

ג. שיתופי פעולה ורעיונות נוספים

שיתוף הפעולה עם התעשייה הוא חיוני ויכול לקבל צורות רבות. הוצגו מודלים שונים בתחום זה ויש מקום וצורך למצוא דרכים לפתח אותם וללמוד מהניסיון, מתוך הבנה שיש הרבה דרכים ואין בהכרח אחת מועדפת שעל פיה צריך להתכוון ולנהוג.

במהלך הדיון הוצגה הבעיה שעלתה בדו"ח הרשות לחדשנות בדבר הקושי במציאת עבודה ראשונה לבוגרי תואר הנדסי. בהקשר זה הועלתה הצעה לגבש פתרונות כדוגמת התחלת שיתוף פעולה עם התעשייה בשנה האחרונה ללימודים בכדי לסייע בקליטת מהנדסים חסרי ניסיון.

במדינת ישראל, בגלל הגיל הגבוה יחסית של הסטודנטים, יש מצב ייחודי שבו רבים מהם עובדים במהלך לימודיהם, כאשר למעלה משליש עובדים במקצוע. יש מקום למנף מצב ייחודי זה לצורך שילוב בהכשרה לכישורים, ע"י פיתוח מודלים ייחודיים לשת"פ בין האקדמיה והתעשייה.

חברות תעשייתיות גדולות יכולות אולי לקדם בעצמן את נושא ה-LLL, אך מסתבר שגם הן וגם החברות התעשייתיות הקטנות, שאין ביכולתן לעשות זאת, מצפות שהאקדמיה תוביל או לפחות תשתף פעולה באופן הדוק בתחום זה.

הוצע בעבר שתהליך LLL עשוי גם לתרום לניצול פוטנציאל המהנדסים בארץ. יש למצוא דרכים לשילוב של מומחים מהתעשייה לקידום תחום זה ע"י שילוב עם האקדמיה.

נדרשת פתיחות ושינוי תרבותי באקדמיה ובתעשייה כדי לקדם שיתופי פעולה ביניהם בחינוך מהנדסים לאורך זמן ונדרש לצורך כך חשבון נפש בשני הסקטורים.

6. צעדי מדיניות להובלת השינויים

ליצור סיכום דיוני הפורום וגיבוש הצעות לצעדים, נערך דיון מסכם בהשתתפות ראשי ות"ת ומל"ג ב- 8.4.2019. סיכום הדיון מוצג בנספח כ"ז. עיקרי התובנות שהתקבלו בדיון זה מוצגים להלן:

- ראשי ות"ת/מל"ג הביעו את תמיכתם בדבר הצורך בשינויים והבליטו שהם מכירים בכך שאין נוסחה אחת ויש צורך בגמישות. ציינו שיש אפשרות לגמישות כזו כבר במסגרת המערכת הרגולטורית הקיימת היום ועל המוסדות לנצל זאת, ללא צורך להמתין לאישור של הרגולטור. ות"ת/מל"ג מקדמים פלטפורמות שיכולות לסייע ליוזמות מהשטח בנושא חינוך מהנדסים, כדוגמת מרכזי היזמות, בינלאומיות וקול קורא האמור לצאת בקרוב בנושא של קורסים משולבי התנסות. תמכו מאד במהלכים של שיתוף עם התעשייה
 - יש צורך בהקניית כישורים וחשיפה לתעשייה במהלך הלימודים תוך מציאת דרכים שיאפשרו זאת ללא התפשרות על ליבת מדעי ההנדסה. יש צורך בשדרוג ורביזיה בחינוך המהנדסים בכל הדיסציפלינות ההנדסיות, וזאת כדי לקדם את כלל התעשייה ברוח עקרונות המהפכה התעשייתית הרביעית; הנתונים מצביעים שגם בתעשיית הטכנולוגיה העילית נדרשים מהנדסים מכל הדיסציפלינות
 - קידום שיטות חינוך כדוגמת PBL, המיועדות להקניית כישורים ופיתוח יכולת לימוד עצמי אינן אפשריות בקנה מדה נרחב במוסדות האקדמיים בארץ, בגלל יחסי סטודנטים/סגל גבוהים ופרופיל חברי הסגל אשר הכשרתם מבוססת על הצורך לעמוד בחזית הידע המדעי והטכנולוגי
 - יש רגיעה בתעשייה מהעסקת בוגרים ללא ניסיון בגלל "משך נחיתה" ממושך
 - התעשייה מכירה בצורך לשינויים בדרכי החינוך של מהנדסים בכל הקשור להקניית כישורים ולקיצור "משך הנחיתה" ויש בה מוכנות לשתף פעולה עם האקדמיה ולסייע בהקניית כישורים וניסיון כחלק מהחינוך במהלך הלימודים האקדמיים
 - יש פתיחות באקדמיה לשת"פ בתחומים אלה עם התעשייה ע"י יצירת פלטפורמות מתאימות וחדשניות בחינוך מהנדסים ובהכשרה לאורך החיים
 - יש תשתית מתאימה לקידום שת"פ מסוג זה, שהיא ייחודית לישראל, הודות לעובדה שחלק ניכר מהסטודנטים עובדים במהלך לימודים במקצוע (כ- 30% עד 40%) ובגלל הקרבה הפיזית והמקצועית של התעשייה למוסדות האקדמיים
 - הניסיון במוסדות אקדמיים מובילים בחו"ל מצביע על כך ששינויים בדרכי חינוך מהנדסים מחייבים שינוי תרבותי וארגוני והם קשים לביצוע בקנה מדה נרחב; לפיכך מרבית השינויים נעשים בדרך אבולוציונית, באמצעות מהלכי חלוץ, במקביל למסגרות הלימוד הרגילות ולעיתים אף מחוץ להן; דרך הפעולה היא של מהלכי חלוץ תוך כוונה להטמיע את המוצלחים שבהם באופן הדרגתי בכלל המערכת
 - במסגרות המקובלות בארץ, יש חופש רגולטורי לשינויים, אך יש מקום לשקול את הרחבת הגמישות הזאת לפיתוח מודלים מגוונים וחדשניים יותר שגם יאפשרו לכל מוסד לממש את החזון והמקום הייחודי לו
 - מהלכים ארגוניים נרחבים, המאפשרים "קפיצת מדרגה" מהירה, ניתנים ביתר קלות ליישום במוסדות חדשים. יחד עם זאת יש מקום לבחון אפשרות לשינויים מבניים של תוכניות לימוד בארץ, תוך בחינת השינויים שנעשו באירופה, לתוכניות משולבות של תואר ראשון תלת שנתי בליווי תואר שני, כאשר התואר השני הוא בעל אופי פרופסיונלי וכולל בתוכו התנסות מובנית בתעשייה; עבודה בתעשייה בזמן הלימודים יכולה להשתלב במהלך זה ליצירת אפקט סינרגטי.
- שינוי בפרדיגמות לחינוך מהנדסים איננו מהלך פשוט והוא מחייב גם שינוי תרבותי. על כן עולה השאלה בדבר הדרך הטובה יותר לקדם שינוי זה, האם בצורה אבולוציונית או רבולוציונית.

לכל אחת יתרונות וחסרונות, אך לא כל אחת ברת יישום בכל מוסד אקדמי. גישה רבולוציונית מתאפשרת בעיקר במוסדות חדשים אשר מלכתחילה מוקמים על בסיס של פרדיגמה חדשה, או במוסדות אשר מסבות שונות עוברים מהלך של שינוי מבני רדיקלי, כמו למשל מיזוג של מכללה בתוך אוניברסיטה. הסקר במקור 2 מצביע על כך ששינוי רדיקלי התרחש בעיקר במוסדות חדשים, אשר בהם גם יחס סטודנטים לסגל היה נמוך במיוחד, דוגמת Olin College בארה"ב (נספח ד').

במוסדות אקדמיים ותיקים, קשה ואף בלתי ניתן לבצע שינוי רבולוציוני, ויש בדרך זו גם סיכונים, למקרה שלא יושגו הערכים החדשים ותוך כדי המהלך ייפגעו גם החוזקות הקיימות; ז.א. המוסד יצא קרח מכל הצדדים.

בניתוח עמוק של הדרכים להשגת שינויים בחינוך מהנדסים במוסדות ותיקים יש להתייחס לרקע ולסביבת השינוי, תוך דגש לעובדה שבמצב כיום, האוניברסיטאות נותנות עדיפות לתוצרים מחקריים ונוטות להתרחק מחינוך לתואר ראשון, כאשר המניע הוא בחלקו השאיפה לדרוג בינלאומי גבוה. כתוצאה מכל אלה החלק של הסגל בעל ניסיון תעשייתי הוא קטן. בנוסף לכך, הסגל הצעיר מתקבל לתרבות שאיננה מעניקה תגמול להקצאת זמן ואנרגיה להוראה ולקשר עמוק עם התעשייה.

לפיכך נראה שבמוסדות אלה רצוי לפעול בדרך ביניים, של "אבולוציה רדיקלית", דהיינו שינוי הדרגתי אשר מלווה בצעדי מדיניות המעודדים את חברי הסגל והיחידות האקדמיות לפעול לשינוי, במהלכים נמרצים, המתחילים בתוכניות פילוט שעם הצלחתן מיישמים אותן בהיקף רחב.

ניתוח של הניסיון במוסדות אקדמיים אשר עברו שינוי מוצלח¹⁹ מצביע על מספר לקחים ותובנות המסוכמים בטבלאות 1 ו-2. את אלה מן הראוי להביא בחשבון בתכנון וביצוע השינויים.

בטבלה 1 מוצגים המאפיינים של שינוי מוצלח.

טבלה 1: מאפיינים של שינוי מוצלח באוניברסיטאות בחינוך מהנדסים²⁰

מאפייני שינוי מוצלח	
<ul style="list-style-type: none"> הסכמה שהשינוי בלתי נמנע מניע לשינוי בשל קושי בשיווק תוכניות קיימות השינוי בא בהקשר של ארגון מחדש של המוסד חלק גדול מחברי הסגל בעלי ניסיון תעשייתי 	סביבת השינוי
<ul style="list-style-type: none"> מחויבות של ראש המחלקה תמיכה של ראשי המוסד חברי הסגל המעורבים משוכנעים שיקבלו הכרה למאמץ ע"י הנהלה, לא דווקא בקידום 	מנהיגות
<ul style="list-style-type: none"> החזון ברור ומוסכם גישה חינוכית חדשנית עם שאיפה למעמד ומוניטין לאומי/בינלאומי חלק גדול מחברי הסגל מעורבים בשינוי התכנים הלימודיים צוות נבחר לניהול השינוי לא מופעל לחץ על חברי סגל שאינם תומכים בשינוי וחלק מתוכנית הלימודים נשאר ללא שינוי בקורסי הדגל מתגבשות קבוצות המשתתפות בהובלת כל קורס 	תכנון ויישום השינוי
<ul style="list-style-type: none"> מעקב ובקרה לאורך זמן להערכת השינוי ניכר שיפור משמעותי באיכות הסטודנטים והמוטיבציה שלהם חברי סגל מעורבים לאורך זמן בשינוי ובשיפור שלו 	שימור השינוי

בטבלה 2 מסוכמות המלצות לצעדים לאוניברסיטאות המתכננות שינויים בתוכניות ההכשרה של מהנדסים, המתייחסות לשלבים השונים של ביצוע השינוי: הכנות, תכנון, יישום והפעלה כדי להבטיח שהשינוי הוא בר קיימא.

¹⁹ Achieving excellence in engineering education: the ingredients of successful change, R. Graham, The Royal Academy of Engineering, UK, 2012

²⁰ עיבוד של מוסד נאמן לטבלאות במקור 17

טבלה 2: המלצות לצעדים לשינויים בתוכניות הכשרה של מהנדסים¹⁸

צעדים	
<ul style="list-style-type: none"> איסוף נתונים גיוס ראש המחלקה כצ'מפיון לשינוי התייעצות עם מנהיגות בכירה של המוסד 	הכנה
<ul style="list-style-type: none"> הסברה לחברי הסגל על הצורך בשינוי שיתוף מרבית חברי הסגל בתכנון השינויים בתוכנית הלימודים התייעצות עם בעלי עניין חיצוניים מינוי צוות מוביל ופינוי זמן עבורם להקדשת מרצם לשינוי גיבוש מנגנון מעקב והערכה 	תכנון
<ul style="list-style-type: none"> בחירת צוות ליישום הפיילוט הראשון של השינוי לא לחוץ על חברי סגל מהססים ומתנגדים ללמד קורסים חדשים מיתון וניתוק הקשר בין חברי סגל וקורסים ספציפיים מינוי צוות ללימוד כל אחד הקורסים החדשים שימור המומנטום ע"י רב שיח מתמשך ושידור מסר שהשינוי הוא בסדר עדיפות גבוה 	יישום
<ul style="list-style-type: none"> מעקב ואיסוף נתונים שוטף שיתוף והסבר חשיבות השינוי לחברי סגל חדשים מנגנון של עדכון שוטף של תוכנית הלימודים שבו שותפים מרבית חברי הסגל רגישות לטיפול מידי ויעיל בבעיות שמתעוררות 	שימור

התובנות המוצגות בטבלאות אלה יכולות לשמש כבסיס לפיתוח מדיניות בכל מוסד השואף לקדם שינוי פרדיגמות ברוח אלה המוצגות בפרק 2.

בהתבסס על ניתוח זה מוצגות מספר המלצות, ברמה המוסדית וברמה הלאומית:

ברמה המוסדית

- גיבוש מדיניות במוסד לבחירת הדרך המתאימה ביותר, דהיינו, מהלך דרסטי של שינויים רבים בו זמנית, או לחלופין, ריכוז מאמצים בשינויים במספר פרדיגמות בודדות בלבד, מתוך ראייה של סדרי עדיפויות ויכולת לקדם שינויים בפועל ברוח הצעדים המוצגים בפרקים 3 (דרכי פעולה במסגרות אקדמיות קיימות) ו-4 (דרכי פעולה חדשות המבוססות על שיתוף עם התעשייה).
- הטמעת המדיניות במוסד המשולבת עם הקצאת משאבים לקידום צעדים על ידי יוזמות מהשטח, תוך עידוד והכוונה מלמעלה; מגוון של צעדים, דוגמת תמיכה מיוחדת ביחידות אשר יוזמות ומטמיעות שינויים, כמו למשל הקצאת משאבים למעבדות הוראה.
- עידוד חברי הסגל ליוזמות חינוכיות על ידי מענקים בעלי יוקרה, דוגמת מענקי מחקר, הקצאת משאבים לעוזרי מחקר שיקדישו גם זמן לפיתוח ההוראה בהנחיית המרצה, ובאמצעות פרסים שיש בהם משום הוקרה שוות ערך להוקרה מחקרית.
- הערכה לחברי סגל אשר יזמו והטמיעו מהלכים חדשים ע"י הענקת נקודות זכות בתהליך הקידום; יש מקום לבחון מודלים מיוחדים, כדוגמת מודל המבוסס על הערכה בשלושה תחומים, מחקר, הוראה ושרות לציבור, תוך כימות כל אחד מהם וקביעת קריטריון של דרישה להצטיינות בשניים מתוך השלושה ורמה גבוהה בשלישי כתנאי מספיק לקידום.
- פיתוח מנגנונים חדשים לשילוב של מומחים מהתעשייה בחינוך מהנדסים באקדמיה ומהנדסים בלימודי המשך, תוך הקניית מעמד מעבר לזה של מורה נספח, אלא כחבר סגל נספח שיש לו תפקיד גם בגיבוש וקידום תכנים חדשים, דהיינו הקניית תחושה של שיתוף, או אפילו Professor of Practice במשרה מלאה.
- יצירת תנאים פיזיים מתאימים של מרחבי עבודה ולימוד המאפשרים אינטראקציה חופשית בין סטודנטים ומנחים (מנטורים), סביבה המאפשרת לימוד עצמי ולימוד בקבוצות קטנות, סביבה בה יש מערכות

מחשוב לתכן מוצרים, למודלים ולסימולציות, מעבדות תכן ואינטגרציה, וכן מערכות המאפשרות בניית אבי טיפוס.

ברמה הלאומית

- שדרוג והתאמת מדיניות ההערכה והתגמול של ות"ת את המוסדות האקדמיים בהיבטי הצטיינות וחדשנות בחינוך והוראה בדומה להישגים במחקר (מחייב חשיבה לגבי כימות חדשנות בחינוך והוראה).
- הכרה של מל"ג בהישגים של חברי סגל במכללות בתחום ההוראה כשווה ערך להישגים במחקר.
- קולות קוראים של ות"ת/מל"ג לתמיכה ביוזמות מיוחדות לקידום החינוך ההנדסי כדוגמת פיתוח מודלים חדשים לשיתוף בחינוך מהנדסים בין אקדמיה ותעשייה ובניית תשתיות פיזיות מתאימות. היוזמה כיום של ות"ת/מל"ג להקמת מרכזי יזמות עולה בקנה אחד עם רוח ההמלצה כאן.
- יוזמה של הפורום לעודד כל אחד מהמוסדות הפעילים בפורום להפעיל פיילוט העונה על אחת הפרדיגמות שבפרק 2, תוך קביעת קריטריונים להצלחה, וביצוע מעקב להפקת לקחים ושיפורים. הלקחים מכל פיילוט כזה יובאו לידיעת כל הפורום ויהוו בסיס לפעולה משותפת לכלל המוסדות בארץ להמשיך ולפתח דרכים ייחודיות להשגת הפרדיגמות שבפרק 2.

ברוח זו גובשה הצעה למל"ג/ות"ת, לקדם תוכנית פעולה המבוססת על נדבך אבולוציוני שאת תוצאותיו ניתן לממש בטווחי זמן קצרים, ונדבך המחייב שינויים מבניים אשר מימושם אפשרי בטווחי זמן בינוניים או ארוכים, כמפורט להלן:

דרכי פעולה אבולוציוניות – טווחי זמן קצרים – יישומי חלוץ

התנעת מהלכים ושינוי תרבותי לשילוב הקניית כישורים, רב תחומיות והתנסויות בתעשייה בחינוך מהנדסים באמצעות קולות קוראים ליישומי חלוץ ומעקב אחריהם להפקת לקחים והטמעה לכלל האקדמיה. במסגרת זו תותווה תוכנית שבה המרכיבים הבאים:

- הפצת קולות קוראים ושיפוט של ות"ת ליישומי חלוץ בתחומים מגוונים (דוגמאות להלן), המביא בחשבון גם ערכים מוספים כדוגמת שת"פ עם התעשייה, מרכיב של בינלאומיות, רב תחומיות
- מעקב והפקת לקחים
- הקמת ויישום מערך לשיתוף כלל בעלי העניין בתובנות ובלקחים, למשל סדנא ו/או אתר להצגת ההצעות הזוכות וסדנא לאחר כשנתיים להצגת תובנות ולקחים
- דוגמאות ליישומי חלוץ: הכשרה לכישורים חיוניים כולל כישורים רכים, טכניקות להוראה אפקטיבית וחוויתית, קורסים המשלבים הקניית ידע וכישורים, מסגרות לימוד רב תחומיות, הכשרות לתחומים מתקדמים הקשורים למהפכה התעשייתית הרביעית, התנסויות כחלק מהלימודים, לימודים לאורך החיים - LLL, מינויים מהתעשייה Professor of Practice, שיטות הערכה אלטרנטיביות להישגי הסטודנטים בהיבטים החדשניים

הערה: רצוי שהקולות הקוראים יהיו מתוקצבים כך שתתאפשר השתתפות מירב המוסדות שיגישו מענה הולם לקולות הקוראים וישתפו במידע ובהתנסות המצטברת, אך יחד עם זאת יאפשרו גמישות למוסדות שלא זכו במימון לבצע שינויים באופן עצמאי.

דרכי פעולה המחייבות שינויים מבניים - טווחי זמן בינוניים/ארוכים

הקמת ועדה של מל"ג/ות"ת אשר תבחן בשיתוף עם הפורום לחינוך מהנדסים למאה ה-21 (שבמסגרתו פועלים רוב בעלי העניין) את הצורך במהלכים נרחבים יותר, שתתבסס על ניתוח המצב הנוכחי בחינוך מהנדסים באקדמיה במדינת ישראל ותגבש המלצות לשינוי הנדרש בתכנים, בהיקפים ובגמישות הניתנת למוסדות ללימודי ההנדסה לצורך הכשרת מהנדסים בעלי פרופילים מגוונים, העונים על כלל צרכי המשק והתפתחות שלו בטווח הארוך, תוך דגש למתווה שיאפשר לכל מוסד להתפתח בכיוונים התואמים את החזון שלו.

מוצע לכלול את המרכיבים הבאים בפעילות הועדה:

מטרה - ניתוח המצב הנוכחי וגיבוש המלצות לשינוי הנדרש בתחומים הבאים:

- תכנים
- היקפים
- גמישות הניתנת למוסדות ללימודי ההנדסה, לצורך הכשרת מהנדסים בעלי פרופילים מגוונים העונים על צרכי המשק והתפתחות שלו בטווח הארוך

נושאים לטיפול הועדה

- בחינת צרכי התעשייה והאקדמיה ובהם דמות המהנדס בתעשייה וצרכי האקדמיה מבחינת סטודנטים לתארים מתקדמים
- התאמה לפרופיל בוגרי בתי הספר התיכוניים
- לימוד הנעשה בעולם ובחינת התאמתו לישראל
- גיבוש המלצות מעשיות לשינוי הנדרש הן במוסדות, הן במל"ג והן במשרדים הממשלתיים
- בחינת תוארי מהנדס מגוונים (מהנדס, בוגר במדעי ההנדסה)
- בחינת המעמד של תואר שני ודרך מקוצרת אליו (למשל מהנדס יהיה בעל תואר שני ישיר, 4 שנותי, ובשלוש שנים יוכשרו בוגרים במדעי ההנדסה

א. נספח א' חברים ומשתתפים בפגישות הפורום (לפי סדר א"ב)

Abigail Barzilai	Doron Faran	Naomi Krieger Carmy	Tal Maoz
Adam Shwartz	Ehud Menipaz	Natan Pinhas	Tamar Dayan
Aharon (Ari) Gero	Ehud Noff	Neal Naimer	Tom Pesach
Aharon Aharon	Ephraim Zehavi	Nirit Gavish	Tsipy Buchnik
Alon Barnea	Gennady Ziskind	Nitza Davidovitch	Ur Omry
Alon Ben-Moshe	Gideon Frank	Noa Ecker	Uri Kirsch
Ami Moyal	Gilad Fortuna	Ohad Meyuhas	Uri Sivan
Ami Wiesel	Giora Shalgi	Omer Amit	Yael Kril
Amir Cohen	Golan Tamir	Orit Hazan	Yael Movia
Amir Ziv-Av	Haim Rousso	Pinni Perlmutter	Yaffa Zilbershats
Amnon Shefi	Helen Dotan-Glassberg	Raanan Klener	Yakov Ben-Haim
Arie Maharshak	Henry Zimmerman	Rafi Nave	Yehudit Judy Dori
Arnon Bentur	Ido Perlman	Rafi Tomashov	Yigal Govrin
Avi Berman	Irit Wertheimer	Rea Lavi	Yoav Sarne
Avi Levy	Itay Forman	Reuven Gal	Yossi Rosenwaks
Avi Vizel	Itay Levanon	Reuven Katz	Yuli Tamir
Avigdor Zonnenshain	Keren Kruger	Ron Kenet	Yuval Kochman
Avinoam Kolodny	Kobi Inbar	Ron Naumann	Zsachi Glikmand
Aviv Censor	Manuel Trajtenberg	Ronit Lis-Hacohen	Zeev Tadmor
Baruch Karp	Mariana Waksman	Ronnie (Aharon) Friedman	
Chaim Sukenik	Menny Barzilai	Roza Azhari	
Dalya Narkys	Michal Neumann	Sahar Milis	
Dana Zohar	Michal Yohay	Sarit Sivan	
Daniel Altman	Miri Barak	Shaul Eliahou-Niv	
Dani Levin	Moshe Sidi	Sheizaf Rafaeli	
Daphne Getz	Muhana Fares	Shlomo Engelberg	
Dganit Armon	Naomi Blank	Shmuel Kenig	

ב. נספח ב' שאלות באתר תובנות

1. כישורים וידע הנדרשים למהנדס העתיד:
בימים אלו אנו בוחנים מחדש את מערך ההכשרה למהנדסי העתיד. מהם הידע והכישורים הנדרשים, לדעתך, למהנדסים במאה ה-21, ובאילו מהם נכון למקד מאמצים בשנה הקרובה?
2. הקניית כישורים למהנדסי העתיד:
כיצד נוכל להקנות למהנדסי העתיד את הכישורים הרכים החיוניים לעבודתם? מבין הכישורים החיוניים הנדרשים למהנדסים, מהו הכישור העיקרי החשוב ביותר?
3. בניית מנגנונים פרקטיים:
התובנות שהתקבלו בשאלות הקודמות ובכנס אפקה הצביעו שהקניית כישורים חיוניים (רכים) ניתן לקדם במסגרות שהבולטות בהן הן לימוד בקבוצה, לימוד תוך כדי עשייה ולימוד עצמי. מה לדעתך ומתוך ניסיוןך הם המנגנונים והדרכים שניתן לשלב (תכנים, שיטות ומבנה המסגרת), כולל בסיוע התעשייה, להקניית כישורים אלה במהלך הלימודים האקדמיים ולאחריהם?
4. שינויים מערכתיים:
איזה פרדיגמות בחינוך מהנדסים נכון לשנות או לשבור, כדי לחנך דור מהנדסים שיוכל להוביל חדשנות טכנולוגית, תוך שמביאים בחשבון את המגבלות שקיימות במוסדות להשכלה גבוהה, כדוגמת יחס סטודנטים/סגל גבוה?

סיכום: ארנון בנטור

במסגרת המחקר אותרו האוניברסיטאות הנחשבות כמנהיגות המובילות כיום בחינוך מהנדסים, והאוניברסיטאות המסתמנות כמנהיגות עולות בחינוך מהנדסים. אופיינו המרכיבים החשובים המיצגים את כל אחת מהקבוצות הללו ע"י לימוד דרכי פעולתן וגיבוש המכנים המשותפים.

המנהיגות המובילות כיום, 10 הראשונות:

Olin college, MIT, Stanford, Aalborg, TU Delft, UCL (UK), Purdue, NUS (Singapore), Cambridge (UK), Chalmers (Sweden)

המנהיגות העולות, 10 הראשונות:

Singapore University of Science & Technology-SUTD (Singapore), Olin College (US), University College London-UCL (UK), Pontifical Catholic University of Chile-PUC (Chile), Iron Range Engineering (US), NUS (Singapore), TU Delft (Netherlands), Charles Sturt University-SCU (Australia), Tsingua (China), Arizona State (US)

▪ פרופיל המובילות כיום:

- **מעמד בינלאומי** אוניברסיטאות ציבוריות, מספר גדול של סטודנטים וחפיפה עם הדרוג הבינלאומי המקובל.
- **הצטיינות בהוראה ממוקדת ב"איים"** בדרך כלל מחלקה אחת או מספר בודדות, הרבה נקודות אור אך ללא גורם מקשר, ברובן קשה להפיץ רעיונות מעבר ל"איים".
- **דגש על שותפויות חיצוניות בחינוך** פעילות בהפצת הרעיונות והפרקטיקות בקהילה הבינלאומית, כמו למשל CDIO ב MIT, Epicenter ב MIT, בסטנפורד.

▪ פרופיל המנהיגות העולות:

- **גישה שיטתית**, כאשר ניתן לאפיין שתי קבוצות: אוניברסיטאות חדשות כמו Olin College ואוניברסיטאות ותיקות שפתחו במהלך של רפורמה וגישה כוללת, כמו UCL, PUC, Arizona State. גישה כוללת זו איננה אופיינית למרבית האוניברסיטאות המובילות כיום.
- **ההתפתחות של האוניברסיטה מושפעת מצרכים ואילוצים מקומיים**, כך זה ב- PCU בצילה, ב-CSU באוסטרליה וב- Arizona State, אריזונה.
- **גישה חינוכית השונה מזו של המנהיגות כיום**, הכוללת לפחות שלושה מתוך המרכיבים הבאים:
 - דרישות קבלה ומיון שאינן קונבנציונליות.
 - אינטגרציה עם עבודה (integration of work based learning).
 - שילוב של לימוד On Line מחוץ לקמפוס עם התנסות לימודית בתוך הקמפוס.
 - פיתוח של פעילויות חוץ לימודיות המובלות ע"י סטודנטים.
 - דגש על שילוב של תכן הנדסי עם מעורבות סטודנטים (student self-reflection).

²¹ The global state of the art in engineering education, Ruth Graham, March 2018, MIT School of Engineering

מרכיבים אלה מסמנים הליכה בדרך שונה מזו של האוניברסיטאות המנהיגות כיום.

גורמים המעודדים קידום חינוך הנדסי מודרני

- **מנהיגות אקדמית חזקה** עידוד והובלה ע"י המנהיגות של האוניברסיטה, כולל מתן גמישות לשבור כללים מקובלים באוניברסיטה.
- **תרבות המאפשרת בחינה של שיטות חדשות וקולגיאיות בקידומן** המאפשרת מהלכים מלמטה למעלה, כולל גם גיוס של חברי סגל בעלי מחויבות לחזון החינוכי של האוניברסיטה.
- **מעורבות של סטודנטים והבנתם לגישות החינוכיות החדשות.**
- **פיתוח בקמפוס של כלים חדשים והעמדת משאבים לקידום גישות חינוכיות.**

גורמים המאתגרים התקדמות

- **תאום ציפיות בין הממשלה והאוניברסיטאות**, כמו למשל דרישות אקדמיטציה בהקשר של פיתוח רב-תחומיות, הרצון של הסגל להכשיר חוקרים לעומת הצרכים של המדינה והחברה – קונפליקט שצריך לפתור או שייפתר, אי ודאות לגבי תמיכה ארוכת טווח של הממשלה, דבר המקשה על תכנון לטווח ארוך.
- **התאמה למספר רב של סטודנטים וגם סטודנטים עם פרופיל מגוון**, הלחץ ללמד מספר רב של סטודנטים ללא הגדלה במשאבים ובסגל עומד בסתירה לצרכים בחינוך החדש של מהנדסים; חלק מהאוניברסיטאות הנחשבות כמנהיגות העולה מבוססות על הוראה של מספר קטן של סטודנטים; הצורך למשוך סטודנטים בעלי רמה, שבדרך כלל אינם פונים לכיוון הנדסה, מחייב שינוי בקריטריוני קבלה.
- **מחסומים דיסציפלינריים, "סילוסים דיסציפלינריים"**, כולל גם צורת הוראת מדעי היסוד.
- **מעורבות הסגל, כולל גם הכרה של האוניברסיטה בתרומה החינוכית.**

כיוונים עתידיים

- **מנהיגות בחינוך מהנדסים עוברת באופן גלובלי מהצפון לדרום וממערב למזרח.**
 - **תוכניות לימוד הפונות החוצה**, לכיוונים של רלוונטיות חברתית, חינוך רב תחומי, חשיפה להתנסות, תוך דגש על המשכיות בהיבטים הבאים -
- User centered design, technology driven entrepreneurship, active project based learning, focus on rigor in the engineering fundamentals
- וחדשנות בתחומים הבאים – גמישות ובחירה של סטודנטים; רב-תחומיות; אחריות ואתיקה של מהנדסים בחברה; בינלאומיות; רוחב של התנסות.
- **ניהול תוכניות כאלה עם מספר הולך וגדל של סטודנטים**; החדשנות של המנהיגות העולה מתאפיינת באוניברסיטאות קטנות ואילו האתגר באוניברסיטאות ותיקות הוא לטפל במסות; שיטות אפשריות הן פרויקטים רב תחומיים, שילוב של לימוד עצמי on line.
 - **עלייה של מנהיגות של אוניברסיטאות שהיחוד שלהן איננו בטכניקות לימודיות אלא בחינוך מוטה סטודנטים למספר סטודנטים גדול**, תחת אילוצים תקציביים.

תמצית מהספר-

A Whole New Engineer: The coming revolution in engineering education, D.E.Godberg, M.Somerville with C.Whiteny, 2016

סיכום: אביגדור זוננשיין

פתיחה ועקרונות

מספר את סיפורה של OLIN COLLEGE OF ENGINEERING במסצ'וסטס ליצור כסטרטאפ מגדלור לחינוך להנדסה יחד עם אינקובטור המכונה iFoundry באוניברסיטת אילינוי שהינה אוניברסיטה ציבורית, כפיילוט ליצירת שינוי ומהפיכה בתכנית חינוך מהנדסים. הקולג' של אולין להנדסה נבנה מ"דף חלק" על בסיס תרומתו של פרנקלין אולין ב 1997 ליצירת בית ספר חדש להנדסה השובר את הפרדיגמות הקיימות עד אותה עת בחינוך מהנדסים. המטרה הייתה לפתוח את בית הספר החדש ב 2001.

במהלך יצירת הבית ספר החדש הם גיבשו מספר שותפויות ביניהם עם הקולג' של באבסון שהיה ידוע בתכנית היזמות שלהם ועם האינקובטור באוניברסיטת אילינוי ליצירת מדגם לחינוך מהפכני של מהנדסים. תחילה גויסו מספר מובילים אקדמיים המעוניינים בשינוי ובהובלתו. יחד איתם יצרו את עקרונות תכנית הלימודים, ואחר כך גייסו אנשי סגל המאמינים ומתאימים לעקרונות אלו. העקרונות/המטרות האלו הם:

- פרויקטי תכן הנדסי מעשיים נכללים בתכניות הלימוד בכל שנה
- פרויקטי סיכום (CAPSTONE) אמביציוניים המדגימים את היכולות המקצועיות של המסיימים-בוגרים
- הזדמנויות לעבוד באופן עצמאי כחברי צוות וכמובילי צוות
- הזדמנויות להציג פרויקטים ועבודות בפני קהל של מומחים בתחומים שונים
- שילוב ניסיון בינלאומי והטמעת היבטים רב תרבותיים
- תרומה מהותית לחברה דרך אחריות חברתית ופילנתרופיה
- יכולות לתקשר באופן לוגי ומשכנע בכתיבה, בדיבור ובצורה ויזואלית
- יכולות עצמיות ליצור וליישם חזון

תרבות

סביב עקרונות ומטרות אלו בנו את תרבות אולין. רוב הספר מתאר את תרבות אולין ויצירתה.

עיקרי התרבות של אולין שנוצרה והותוותה בשנה הראשונה היו:

- הסטודנטים נקראו והוגדרו כשותפים PARTNERS (הם היו שותפים לבניית הקולג' בשנים הראשונות), והשותפות יושמה בשמחה (JOY) ואמון הדדי (TRUST)
- בחירת חברי סגל עם יכולות רחבות בשטחים טכניים והומניים, המעוניינים להשתתף בצוותים רב תחומיים ומוכנים להיות מנחים (מנטורים)
- התמקדות בשיתוף פעולה במקום בתחרות
- דגש על פתיחות, התאמה וקבלה

דמות המהנדס החדש כוללת ששה סוגי תודעה (MINDS):

- תודעה אנליטית
- תודעת תכן

- תודעת התבטאות ושפה (LINGUISTIC)
- תודעת אנשים
- תודעת מנהיגות נוכחת
- תודעת מודעות מלאה (MINDFUL)

דמות הלומד החדש

כדי ליצור את המהנדס החדש מומלץ לפתח את הלומד החדש שמונע על ידי מוטיבציה פנימית במקום על ידי "גזרים ומקלות". הלמידה של סטודנטים להנדסה צריכה להיות מונעת על ידי החזון של ההנדסה - יצירת מערכות התרמות לפיתוח החברה, קידום קיימות של הסביבה, תכן מערכות הממוקדות בשימוש של האנשים, קידום חדשנות ויזמות באמצעות מדע וטכנולוגיה.

יצירת המוטיבציה הפנימית אצל הלומד החדש אפשרית להשגה על ידי גישות שונות, כגון: אוטונומיה וגמישות בבחירת קורסים וכיווני לימוד, לימוד תחומים מעניינים ומלהיבים, הבנה טובה של צרכי וציפיות הלומדים, לימודים אפקטיביים בלי "בזבזי זמן".

דמות הפרופסור החדש

דמות המרצה החדש צריכה להפוך מדמות המומחה לדמות המאמן והמנחה (מנטור). המאמן צריך ללמד את הסטודנטים לחשוב ופחות להעביר ידע. המרצה החדש צריך להיות מודע לציפיות של הסטודנטים, להקשיב לצרכים ולסוגיות שהם מעלים, לשאול שאלות פתוחות ליצירת דיון פתוח, לדבר בשפה מכילה, לשלב סיפורים ואירועים מהניסיון האישי ומהחיים.

הצורך בשינוי תרבות במוסד האקדמי

כפי שצוין לעיל, במכללת אולין מודגשים ההיבטים התרבותיים של המוסד האקדמי כבעלי חשיבות עליונה בחינוך המהנדס החדש. עיקרי התרבות צוינו לעיל, ומושקעים מאמצים מיוחדים ליצור בפועל תרבות זו. לפי תרבות זו המוסד האקדמי אינו מקום אלא הזדמנות להשפיע על העולם והחברה באמצעות דמות המהנדס החדש. לפי תפישה זו המוסד האקדמי צריך לעבור מפיתוח תכניות לימוד לפיתוח ויישום תרבות עם המאפיינים שלעיל.

משנים את הדרך בה עושים שינוי

השינוי במוסד אקדמי הוא כמו "טיפול שורש", לכן אנשי אולין מציעים ליישם את השינוי בדרך שונה - לא בדרך קונבנציונאלית שכוללת ביורוקרטיה אלא בגישות של ניהול שינוי הכוללות אלמנטים יצירתיים הקשורים לסביבה האקדמית. אנשי אולין משתפים אותנו בתובנות שלהם מתהליך השינוי שהם קיימו ועברו:

- לבנות קהילה מגוונת תומכת שינוי ולא רק תכנית לימודים (CURRICULUM)
- לשתף את כל השותפים בתהליך השינוי - "אל תספר להם בלבד, תראה להם, תן להם להתנסות"
- לשתף את הסטודנטים בתהליך השינוי, "תן להם חבל ארוך"
- לבחור היטב את המילים בהם משתמשים בתקשורת עם המשתתפים בתהליך השינוי
- לבנות תהליך לא היררכי בו ההתקדמות אינה נמדדת על ידי תיגו במשבצת ("TICK THE BOX")
- אין צורך לדעת לאן הולכים - עדיף לציין כיוון כללי וללכת לאורו
- במהלך השינוי רצוי לשנות את הנחות היסוד

סיכום - אפילוג

בספר זה משתפים הכותבים בניסיונם, בחוויותיהם וניסיונם של השותפים לשינוי במכללת אולין יחד עם אוניברסיטת אילינוי. כפי שאנו יכולים להבחין מהתכנים לעיל, הדגשים הם בתחומי התרבות, ההתנהלות והם למעשה מזמינים אותנו לתהליך שיבוש משותף (על בסיס המונח "חדשנות משבצת"). לפי אנשי אולין עלינו לעצב את השיבוש או השיבוש יעצב אתנו.

התובנות העיקריות מההתנסות של אולין והשותפים:

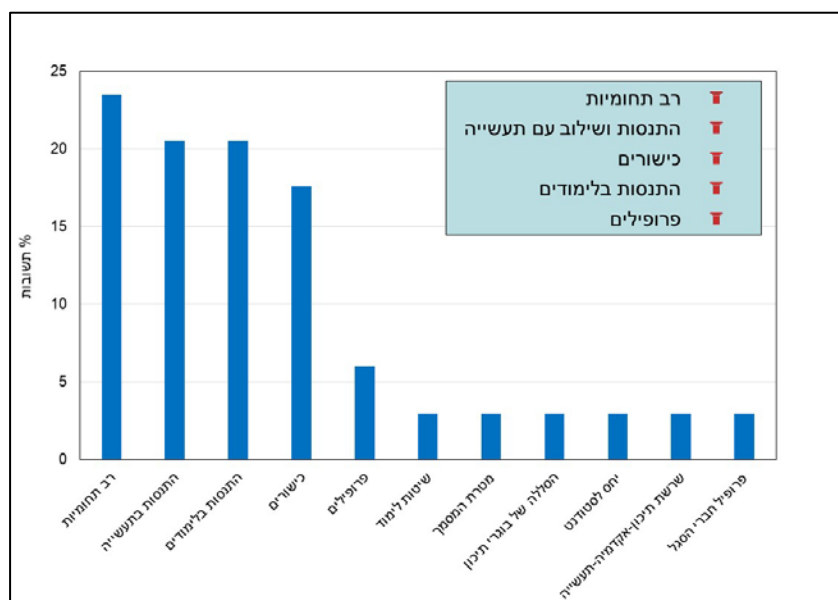
- חינוך הנדסי במתכונת הקיימת איננו מותאם למאה ה- 21
 - המאה ה- 21 קוראת למהנדסים אמיצים ולא ממושמעים ("אומרי הן")
 - פיתוח מהנדסים אמיצים מחייב בניית אמון הדדי
 - המחנכים צריכים להיות מאמנים וחונכים (מנטורים) עם אמון מלא בסטודנטים, הכולל שינוי רגשי
 - מוסדות ההשכלה צריכים להיות יותר דמוקרטיים ותומכים, ולשם כך נדרש שינוי תרבות
 - הבנות חדשות של המוח, החברה ומדעי הארגון מאפשרים לנו ליישם כלים וטכנולוגיות לתהליכי טרנספורמציה תרבותית ורגשית מעמיקים
 - השינוי הדרוש הוא מורכב מידי, ומאתגר מבחינה רגשית ותרבותית, כדי ליישם אתו באווירה תחרותית; לכן דרוש שיתוף פעולה
- הספר כתוב בצורת סיפורים וחוויות של השותפים לשינוי, וכאמור מדגיש את ההיבטים התרבותיים והרגשיים. כמובן, שחלקים גדולים מושפעים מהתרבות האמריקאית.
- האתגר שלנו הוא כיצד אנחנו לומדים מהחוויות והתובנות באולין, ומיישמים את השינוי הדרוש במקומותינו.

ABET
יכולת ליישם ידע במתמטיקה, מדעים והנדסה
יכולת לתכנן ולבצע ניסויים ולנתח ולבצע אנליזה של התוצאות
יכולת לתכנן מערכת, רכיב או תהליך, כדי לענות על דרישות הצרכים, תוך שמביא בחשבון אילוצים כדוגמת היבטים כלכליים, סביבתיים, חברתיים, פוליטיים, אתיים, בריאותיים ובטיחותיים, ייצור, קיימות
יכולת לזהות, להגדיר, ולפתור בעיות הנדסיות
יכולת לעשות שימוש בטכניקות, כישורים, וכלים הנדסיים מודרניים הנדרשים ליישום הנדסי
יכולת לתפקד בצוות רב תחומי (עבודת צוות)
הבנה של אחריות מקצועית ואתית
יכולת לתקשר בצורה יעילה
השכלה רחבה ההכרחית להבנת ההשפעה של פתרונות הנדסיים בהקשרים הגלובליים, כלכליים, סביבתיים וחברתיים
הכרה בצורך, ויכולת ללמידה על פני כל החיים (כולל לימוד עצמי)
ידע של סוגיות עכשוויות
פורום חינוך מהנדסים
חשיבה ביקורתית
יצירתיות
עבודת צוות
בינלאומיות
פתרון בעיות מורכבות
תקשורת
World Economic Forum – Future of Jobs
ניהול אנשים
תיאום עם אחרים
אינטליגנציה רגשית
שיקול דעת וקבלת החלטות
אוריינטציה לשרות
כישורי משא ומתן
גמישות קוגניטיבית

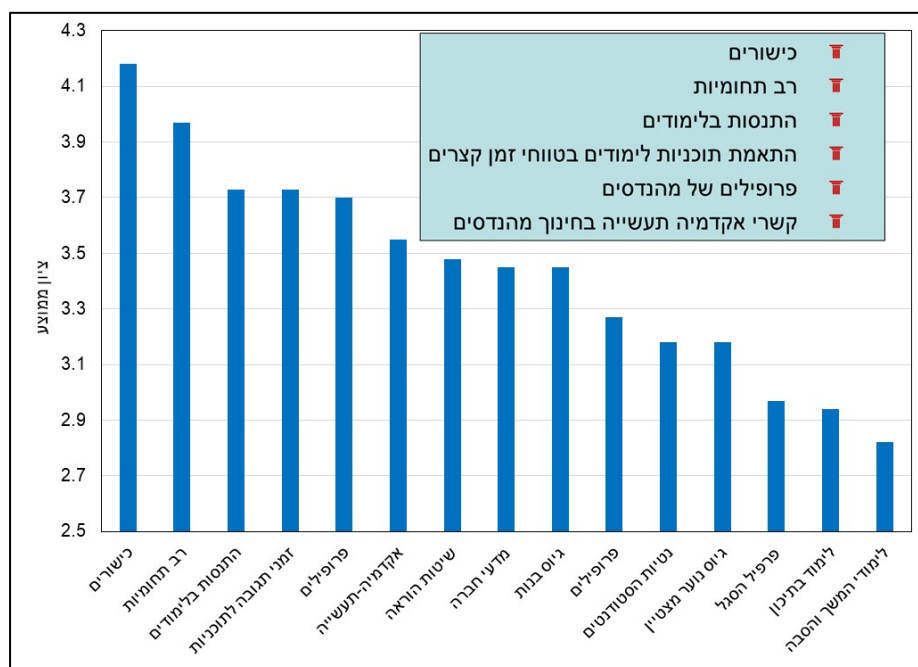
1. נספח ו' תובנות מהדיונים בפלטפורמות השונות של דיוני הפורום

במסגרת הפורום התקיימו דיונים בשלוש פלטפורמות. האחת דיונים במפגשי הפורום, ושתי האחרות במסגרת אינטרנטית של שאלות פתוחות וסגורות. התובנות שהתגבשו בכל אחת מהפלטפורמות האלה כומתו והן מוצגות להלן, תוך הדגשת הבולטות בכל אחד מהם.

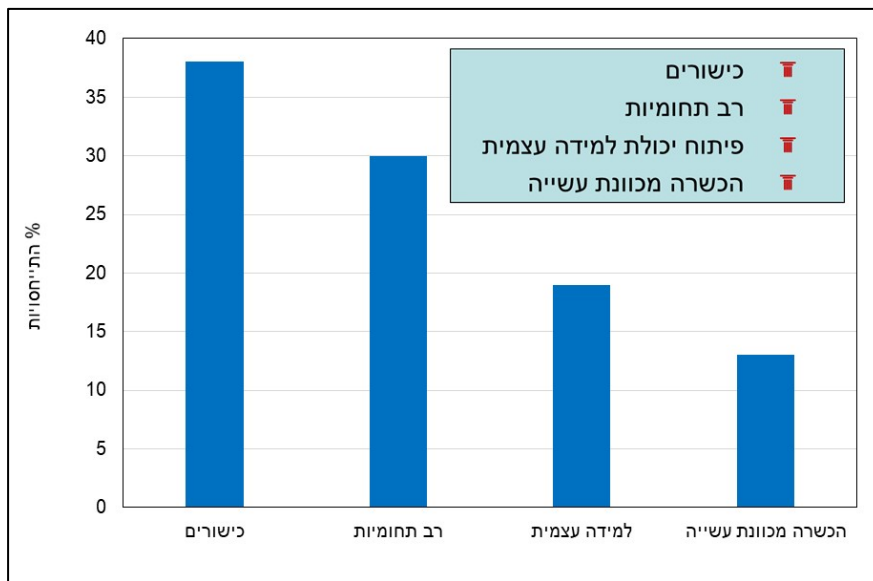
דיוני הפורום:



משאל אינטרנטי סגור:



משאל אינטרנטי פתוח:



התובנות המשותפות שעלו בדיוני הפלטפורמות הללו היו המרכזיות של הנושאים הבאים:

- רב תחומיות
- כישורים
- התנסות
- למידה עצמית

פעילות הועדה ודיוניה התמקדו לכן בגיבוש רעיונות ודרכים פרטניות לקידום כל אחד מהתחומים הללו, כל אחד בנפרד וכולם ביחד בגישה מערכתית.

-

ז. נספח ז' שיטות ואמצעי הוראה ולמידה מתקדמים

נרית גביש, מכללת אורט בראודה

השיטות

1. הוראת עמיתים – Peer instruction, think – pair- share

למידה שיתופית

למידת חקר

ניתוח אירוע case study

למידה מבוססת בעיות Problem based learning

למידה מבוססת פרויקטים Project based learning

כיתה הפוכה Flipped classroom

שילוב מיומנויות רכות

הוראת עמיתים

שיטה זו מתבססת על מצב ובו סטודנטים מלמדים האחד את השני כחלק מלמידה פעילה בשיעור. בבסיס השיטה עומדות שתי הנחות יסוד:

1. אחד מהאינדיקטורים המעידים על הבנת רעיון מסוים הוא היכולת לנסח את הרעיון במילים אחרות, וביתר שאת – להסבירו למישהו אחר.

הפער בין מומחה בתחום דעת מסוים ובין טירון הינו גדול מאד. על כן, טירון שזה עתה הבין רעיון מסוים יוכל לסייע במידה משמעותית יותר מן המומחה לטירון אחר בהבנת החומר.

▪ הוראת עמיתים בשיטת Peer instruction

שיטה זו פותחה ע"י פרופ' אריק מזור, מרצה לפיסיקה באוניברסיטת הרווארד, נבדקה במחקר ופועלת כיום בכל העולם. שיטה זו פועלת גם בכיתות גדולות. הפעלת השיטה:

- א. הצגת שאלה מושגית (הבנה של עקרונות, חוקים וכדומה) עם מספר מוגבל של פתרונות אפשריים
- ב. מתן אפשרות למענה אישי של סטודנטים (רק המרצה רואה את התוצאות).
- ג. הנחיה לסטודנטים למצוא סביבך מישהו שענה אחרת, דיון קצר בזוגות או קבוצות קטנות על אותה שאלה
- ד. הצבעה חוזרת.

▪ הוראת עמיתים בשיטת Think -Pair -Share

שיטה שבה מציג המרצה שאלה פתוחה, רצוי ברמת חשיבה גבוהה, עליה נדרשים הסטודנטים לחשוב לבד, לאחר מכן לדון בה בקבוצה (זוגות/שלישיות) ורק אז לגבש תשובה סופית. קבוצות הדיון יכולות להתגבש באופן מנהל או לא, ולרוב הדיון בתוך הקבוצות נמשך בדיון כיתתי. השיטה מאפשרת להגביר את מוטיבציית הלמידה של הסטודנטים ולקדם חשיבה מסדר גבוה.

לשיטה 3 שלבים:

Think - לסטודנט ניתנות דקה עד שתיים (או זמן רב יותר לשאלות מורכבות) לחשוב באופן אישי ולגבש תשובה ראשונית; זהו השלב בו הסטודנט חושב על מה שהוא למד או יודע על הנושא.

Pair - המרצה מבקש מהסטודנטים להתארגן בזוגות או לכל היותר שלשות, כדי לדון בתשובה ובהנמקות לה במשך דקה-שתיים ולנסח ביחד את המסקנה שלהם.

Share - הסטודנטים מתבקשים להציג את התשובה המנומקת בפני שאר הכיתה או בפני קבוצה אחרת. חשוב להקפיד על קבוצות קטנות על מנת שיתאפשר לכל סטודנט לדבר ולהביע את דעתו בדיון הקבוצתי על הבעיה/שאלה.

למידה שיתופית

למידה שיתופית היא למידה המתבצעת בקבוצות עבודה. ישנן מספר שיטות ללמידה שיתופית כגון:

▪ Scale Up בביבת

סביבה שעוצבה כך שהסטודנטים יוכלו לבצע מטלות קבוצתיות במהלך השיעור. יודגש כי מהותה של שיטת Scale Up היא בשיטת ההוראה ולא בסביבה פיסית ייעודית; יישום השיטה אפשרי בכל כיתה שבה ניתן להזיז את השולחנות ולאפשר עבודה בקבוצות.

בשיטה זו ניתן להפעיל את הסטודנטים כקבוצה לומדת הנדרשת להפעיל חשיבה ביקורתית טרם ההגעה לפתרון; כמו כן, בלמידה זו משולבים עקרונות של עבודת צוות. בדרך לימוד זו המרצה, בנוסף להיותו מומחה תוכן, מתפקד כמנחה למידה, מנהל דיון ומזהה קשיי למידה.

שיטת הלימוד היא:

הסטודנטים יושבים סביב שולחנות עגולים או רגילים, סביב כל שולחן 9 סטודנטים המחולקים לשלוש קבוצות בנות 3 סטודנטים כל אחת. מתכונת הפעילות בכיתה זו היא חלוקת המפגש לארבעה חלקים:

- א. המרצה מציג את נושא הלימוד במשך 15-20 דקות
- ב. התמודדות בקבוצות עם מספר משימות (3 עד 5 משימות), כאשר כל תת-קבוצה מתמקדת באחת מהן.
- ג. נציג מכל קבוצה מציג על לוחות לבנים את פתרון קבוצתו, ומתקיים דיון המשווה בין הפתרונות השונים.
- ד. דיון מסכם והכנה לקראת המפגש הבא.

▪ למידה שיתופית בשיטת Jigsaw

שיטת הוראה פעילה המתבצעת בקבוצות הרכבה. שיטה זו ממקסמת את תלות הלומדים זה בזה, ואת אחריותם האישית ללמידה.

הפעלה:

- א. קבוצות מומחים: הסטודנטים לומדים נושאים שונים – כל קבוצה מתמחה בתת נושא מסוים.
- ב. קבוצות למידה: הסטודנטים מתחלקים שוב לקבוצות חדשות, המורכבות מנציג מכל קבוצת אם. כל סטודנט מלמד את חבריו את הנושא בו התמחה.
- ג. שלב היישום: הכנת משימה משותפת בקבוצות, ו/או כולם נבחנים על כל הנושאים הנלמדים.

למידת חקר

המיוחד בלמידת חקר הוא שהסטודנט לומד לא רק את הידע אלא גם את תהליך הידיעה, כלומר את האופן שבו ראיות מובילות להסקת מסקנות. למידת חקר נועדה להעמיק את ההבנה בתופעות טבע או חברה, או בקיצור בעולם הסובב אותנו, כפי שהן (וזאת בניגוד לתכן הנדסי שנועד לשנות את התופעה). מכאן שלמידת חקר כוללת שלושה רכיבים: שאלה, תהליך ומסקנה. למידת חקר מחקה את תהליך המחקר המדעי, ומאחר שמדובר בתהליך עתיר מיומנויות ברור כי הקנייתו צריכה להיות מדורגת. ישנן מספר שיטות ללמידת חקר הנעות על

רצף בין מידת התלות במרצה ומידת הלמידה העצמאית של הסטודנט. בכל השיטות נדרשים הסטודנטים לנהל תהליך מחקר בהיקף קטן ולהגיע למסקנות.

ניתוח אירוע Case Study

אירוע הוא סיפור מעשה, תיאור ריאליסטי של התרחשות שיש לה זמן ומרחב מתוחמים (להבדיל מתופעה). התיאור הוא נרטיבי, כלומר משקף נקודת מבט מסוימת כאשר יכולות להיות נקודות מבט נוספות (לעיתים האירוע מתואר ממספר נקודות מבט). האירוע מצריך תגובה או החלטה שאיננה חד-ערכית (נכון/לא נכון), כלומר מציג דילמה. התלמידים "נכנסים בנעליהם" של מקבלי החלטות ומשחקים את תפקידם כאשר ייתכנו מספר מקבלי החלטות.

ניתוח אירוע יכול להיות קצר, במסגרת שיעור אחד (או ארוך) על-פני מספר שיעורים, כולל הכנה בבית, ויכול להיות חלק מקורס כאשר יתרת הקורס אינה מתנהלת כניתוח אירוע.

למידה מבוססת בעיות problem based learning

למידה מבוססת בעיות היא גישה בה סטודנטים עובדים בצוותים ומתמודדים עם ניתוח תופעה שמוצגת להם. הסטודנטים נדרשים לזהות את הבעיה המוצגת בתופעה, להגדיר דרך לפתרון, לכסות פערי ידע הנדרשים למימוש הפתרון באמצעות למידה עצמאית, לתכנן ולבנות את הפתרון, לוודא שהפתרון עונה הן להגדרתו והן לבעיה ולבצע רפלקציה בסיום התהליך.

למידה מבוססת פרויקטים project based learning

למידה מבוססת פרויקטים היא גישה בה סטודנטים עובדים בצוותים ומתמודדים עם תכנון פתרון הנדסי לאור מפרט שהוצג להם. הסטודנטים נדרשים להבין את המפרט המוצג להם, להגדיר תכנית לתכנון הפתרון, לכסות פערי ידע הנדרשים למימוש הפתרון באמצעות למידה עצמאית, לתכנן ולבנות את הפתרון, לוודא שהפתרון מתאים למפרט שהוצג ולבצע רפלקציה בסיום התהליך.

כיתה הפוכה Flipped classroom

"הכיתה הפוכה" זהו מונח מטריה המאגד את כל השיטות בהן למידה ראשונית של הנושא נעשית על ידי הלומדים בביתם, וזמן השיעור מוקדש לפעילות ולתרגול בדרכים מגוונות ולא רק הוראה פרונטלית, או "לוח וגיר". דרכי הוראה אלו מקדמות התמודדות עם פערים ומתחים בידע ומפתחים הבנה ומיומנויות. סוג אחד של כיתה הפוכה נקרא JiTT - Just in time teaching - שיטה המשתמשת בהיזון חוזר בין משימות שהסטודנטים נדרשים לבצע בבית כהכנה לשיעור לבין הפעילות המתרחשת בכיתה, וזאת על מנת לעודד את התלמידים להתכונן לשיעור ולאפשר למרצה למקד את הפעילויות בכיתה בהתאם לצרכי הסטודנטים. השיטה משלבת מטלות חימום המאפשרות לחשוף תפישות מוטעות ומסייעות למקד את פעילויות הכיתה במרכיבים הדורשים את עיקר החשיבה. כמו כן, מטלות אלה מייצרות משוב מידי לסטודנט והערכה מעצבת המסייעת ללומד לעצב את הידע שלו ולהבהיר את חשיבתו תוך כדי תהליך הלמידה עוד בטרם ההערכה המסכמת.

שילוב מיומנויות רכות

שילוב מיומנויות רכות כגון - עבודה צוות, תקשורת בין אישית, פרזנטציה אפקטיבית, קבלת החלטות, פתרון בעיות, חשיבה ביקורתית ועוד, כחלק מקורס תוכן ובהתאם לאופי ולתכני הקורס. שיטה זו משלבת בין תכני הקורס ובין המיומנויות הנדרשות להפעלה/שימוש בתוכן זה באקדמיה או בעולם התעסוקה.

קורס מקוון/חצי מקוון

קורס מקוון (fully online course) או היברידי הוא קורס שייחודו מתבטא בכך שהוא נלמד, לפחות באופן חלקי, ברשת, מרחוק, מהמחשב האישי או מהמכשיר הנייד, במגוון שיטות: קריאת טקסט, צפייה בווידיאו, ביצוע מטלות ועוד. קורס מקוון יכול להיות סינכרוני או א-סינכרוני או לשלב בין שני סוגי התקשורת. בקורס מקוון מלא לא מתקיימות הרצאות פרונטליות בכיתה.

ח. נספח ח' פיתוח כישורים במסגרת קורסים "סטנדרטיים"

ברוך קרפ

יישום בעיקר בקורס המשלב מתמטיקה ופיזיקה – עם תורת האלסטיות, בקורס הנדסי-מדעי – מבוא לניטור בריאות מבנים.

אופן ההקניה	הדבר להקניה		
הוראה המשלבת משוואות דיפרנציאליות חלקיות עם תורת האלסטיות. כל דבר שנלמד כאן הודגם בשני, ולהיפך.	1. יכולת ליישם כלים מתמטיים בעבודה	א.	
הוראת הנחות בפיתוח משוואות ודגש על מצבים בהן אינן תקפות		ב.	
הכרת הנחות של ביטוי ומשוואה לפני שמשתמשים בה. הדגמת כשלים שנבעו משימוש שגוי בביטויים		ג.	
הכרת כשלים הנדסיים בארץ ובעולם	2. יכולת לזהות, להגדיר, ולפתור בעיות הנדסיות	א.	
תרגילי בית הכוללים שאלות פתוחות בהן נדרש לקבל החלטה ולנמק		ב.	
תרגילי בית הכוללים שאלות מהמציאות ההנדסית או מאמרים		ג.	
הסבר ותרגול של מה מצופה ממהנדס בעבודה: קבלת החלטות, שת"פ עם חברים, לימוד עצמי		ד.	
הכרת גבולות הידע הנלמד: הצגת שאלות שלא ניתנות לפתרון באמצעות הכלים שנלמדו בקורס		ה.	
עבודת בית שהיא כתיבת חו"ד מקצועית על עבודת בית של עמיתים (הצלבת עבודות)	3. חשיבה ביקורתית	א.	
הכרת כשלים בהנדסה		ב.	
לימוד פערי ידע בהנדסה ובמדע בהקשר למקצוע הנלמד		ג.	
תרגול הבנת מגבלות של המשוואות והביטויים הנלמדים		ד.	
תיאור תפקידי המהנדס והדגשת חשיבות: תקשורת בכתב ובע"פ, נועם הליכות, שיתופי פעולה, ענוה כאמצעי לרכישת ידע	4. מיומנויות רכות	א.	
לימוד משניות נבחרות מפרקי אבות והקשר שלהן להנדסה		ב.	
הקפדה על צורת כתיבת תרגילי בית, על אופן הצגת מצגת		ג.	

5.	יצירתיות	א. מתן שאלות פתוחות ובדיקת התשובות על ידי הסטודנטים עצמם תוך שיחלוף
		ב. עידוד שיח בכיתה לקבלת פרספקטיבה לריבוי דעות וכיווני מחשבה
		ג. תרגילי בית בהם על הסטודנטים להציג חלופות: לתהליך הפתרון, לצורת הפתרון, להוכחת הפתרון
6.	קבלת החלטות	א. מתן שאלות פתוחות שאת התשובות יש לנמק
		ב. מתן שאלות חישוביות ללא נתונים אותם צריך הסטודנט לבחור
		ג. תרגילי בית ועבודות בהן נדרש הסטודנט לבצע ניתוח חלופות ולתת המלצה מנומקת.
		ד. הכרת מגבלות הידיעה על ידי הצגת בעיות לא פתורות
7.	חשיבה הנדסית והכרת כלים הנדסיים	א. תרגילי בית המדגישים את העשייה ה'מתאימה' ולא דווקא ה'נכונה' מדעית
		ב. הכרת כלים של מתכנן גם מבלי ללמוד תואר בהנדסת מערכת
		ג. תרגילים המכילים קבלת החלטות וביצוע פשרות
		ד. לימוד הנחות בפיתוח משוואות, אופן הצדקתן, ומצבים בהם אינן תקפות
		ה. עבודות בית המצריכות לימוד עצמי והכרת מקורות מידע מלבד ויקיפדיה (איסור להשתמש בויקיפדיה)
		ו. הצגת פרויקטים שנכשלו ברמת המוצר וברמת הפרויקט
		ז. לימוד פערי ידע בהנדסה ובמדע בהקשר למקצוע הנלמד ואופן השלמתם והתמודדות איתם
		ח. הנגדת נקודת מבט המתכנן מול נקודת מבט הלקוח
		א. עבודות אמצע ועבודות גמר בזוגות תוך דיווח חלקו של כל סטודנט בעבודה
		ב. ביצוע ניתוח אופני כשל בקבוצות
8.	עבודת צוות	א.
		ב.

ט. נספח ט' קורס תכן משולב אנליזה (או: קורס אנליזה ותכן)

ראובן כץ

המטרות:

1. להקנות לסטודנטים בסמסטרים 5-8 הבנה כיצד משתמש המהנדס בחומר התאורטי שלמד בקורסי היסוד במדעי ההנדסה.
2. להבהיר את הפיזיקה שמאחורי הניסוחים המתמטיים.
3. לאפשר לחברי סגל שהם חוקרים (בעיקר בעלי מעבדות) להשתלב בקורס המשלב אנליזה בתהליך התכן.

השיטה:

1. בחירה של עולם התוכן המוכר לאיש הסגל (אנרגיה, ביומכניקה, בקרה, אופטיקה וכיוצ"ב)
2. יצירת סילבוס שחוזר על היסודות שכבר נלמדו עם הדגשת הפיזיקה שמאחורי המתמטיקה.
3. הרחבה לנושאים שהוזנחו (מה שנלמד בשבוע האחרון ולא נכלל בבחינה או פשוט לא נלמד)
4. הקורס יהיה חובה במגמה. ניתן להעריך שכקורס בחירה מעטים יבחרו בו בגלל ההשקעה הנדרשת בפרויקטים.
5. הוראת הקורס בצמד של חבר הסגל ומהנדס מומחה מהתעשייה (רצוי בעל תואר שלישי)

תפקיד איש הסגל:

- ללמד את החומר בהכוונה לדרישות הפרויקטים בהדגשת יישומים.
- ללוות את השותף מהתעשייה ובסוף להעריך יחד את הביצועים של הסטודנטים.

תפקיד המורה מהתעשייה שמומחה בתחום:

- להסביר את עקרונות "חשיבת התכן" והשוני לעומת "חשיבה אנליטית".
- להציג ולהנחות 2-3 פרויקטים שמתחילים באנליזה, סימולציה, קונצפטי תכן, תכן מפורט והגשת תיק מוצר מנוון (לא הכל יפורט ויכלל). הפרויקטים יתבצעו בזוגות.

תיגמול:

- איש הסגל יתוגמל כלכלית על הכנת הקורס.
- הוראת קורסים מסוג זה יוערכו במיוחד בתהליך הקידום של איש הסגל בסעיף הוראה.
- המומחה מהתעשייה יתוגמל כמקובל.

היתרונות:

- הוראה שמתאימה למסגרות הקיימות וליחס המספרי סטודנטים/סגל בטכניון.
- הסטודנטים יבינו שהשליטה בכישורים האנליטיים הופכת מהנדס תכן טוב למהנדס מצוין.
- חשיפה לקורסים אלו מגדילה משמעותית את כמות חברי הסגל המעורבים בתכן הנדסי ומודעים לאתגריו.

החסרונות: (לא בהכרח משמעותיים אך יש להניח שיועלו)

- הקורס אינו מדעי דיו (או בסיסי דיו) וחבל להקצות לו נקודות אקדמיות.
- את החומר הזה ילמדו הסטודנטים במילא במהלך העבודה בתעשייה - On the job training. (לא בהכרח תקף לגבי בוגרים שיועסקו במפעל קטן או בסטרטאפ. הכוונה שבוגרי הטכניון יעלו את הרמה בתעשייה).

דוגמא מהקורס שפותח, אשר בנוסף למרצה משתתף בו גם אסיסטנט סטודנט

עולם התוכן: מכניקה, דינמיקה ורטט.

הרצאות פרונטליות, כוללות דוגמאות של פרויקטים, ושלושה פרויקטים כל אחד מתחום אחר.

הקורס הנו קורס בחירה ולכן רק "מיטיבי לכת" מגיעים - כאלו שמוכנים להשקיע זמן בפרויקטים וללמוד (בעיקר עתודאים וסטודנטים מתוכנית "ברקים").

דוגמאות לפרויקטים ופרוט נוסף מוצגות במאמר:

Katz, R., Integrated Thinking in Mechanical Engineering Education, *International Journal of Engineering Education* Vol. 31, No. 6(A), pp. 1613–1621, 2015

סיכום תובנות מתוך המאמר:

מרכיב	קורסי אנליזה	קורסי סינטזה מבוססי התנסות
שפה	בעיקר מתימטיקה	מרובה שפות: פיזיקה, מתימטיקה, הצגה גרפית, שפה ורבולית וכתובה
נתונים	מדויקים ומוגדרים	נתונות דרישות הלקוח. הנתונים יכולים להיות מוצגים בבהירות ובדיוק, או אומדנים או כאלה המצריכים מדידות
פתרונות	בד"כ רק פתרון אחד צפוי	מספר פתרונות אפשריים, אשר על כולם לענות לדרישות
כישורים	בעיקר אנליטיים	יכולת לסינטזה, אך יכולות אנליטיות מאפיינות מתכננים מובילים
חשיבה	מתכנסת	מתפצלת ומתכנסת
יצירתיות	מוגבלת	ללא גבול, מספר קונצפטים של תכן אפשריים
מודלים	מושלמים	לא מושלמים
טעויות	משלמים על טעויות בפתרון	לימוד מטעות הוא מהלך מקובל
ניסוי וטעייה	בד"כ לא מקובל	מקובל וניתן לו עידוד
צורת עבודה	אישי	קבוצתי

מבוא

העידן הנוכחי מתאפיין בריבוי נתונים, טכנולוגיות מתקדמות ובעיות מורכבות. מהנדס העתיד יהיה חייב לרכוש כישורים אנליטיים שיהווה חלק מרכזי בארגז הכלים שלו. נספח זה נועד להציג כיצד תשתיות סימולציה יכולות לסייע בפיתוח כישורים אנליטיים במסגרות תכניות להכשרת מהנדסים.

סימולציות כתשתית להדרכה

ביצוע ניסויי מעבדה מהווה חלק אינטגרלי בהכשרת מהנדסים. הניסוי מאפשר להעמיד את התלמיד בתנאים שמחקים תנאי שטח ולהביא אותו להתנסות באתגרים של בעיות לא מובנות, מעבר לכתוב בספרי לימוד. הטכנולוגיות העכשוויות מאפשרות ליצר, על תשתיות סימולציה, תנאים שמקבילים לתנאי המעבדה. בנוסף, התעשייה היום עושה שימוש הולך וגובר בסימולציות כאמצעי לוולידציה של תכן. לדוגמא, מערכות מוטסות נבחנות היום בעזרת סימולציות שמצמצמות את הצורך בניסויי שדה.

תשתית סימולציה הנדסית משמשת בהדרכת מהנדסים בתחומים שונים. המאמר של ריס וקנת מציג סולם בשלות המסווג סימולטורים במספר ממדים הנובעים מהתחומים האנליטיים שניתן ללמד בעזרתם. הנספח הזה מבוסס על אותו סיווג. פרטים על המאמר ב -

<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08982112.2016.1272122>

מאפייני סימולטורים להדרכה

ניתן לסווג סימולטורים שמשמשים להדרכה בתחומים סטטיסטיים בעזרת שלושה ממדים:

1. ביצועים שמאפשרים להתאים רק מודלים לינאריים או גם מודלים לא לינאריים (NL)
2. ביצועים שהם רק סטטיים בזמן או סימולטור גם עם תופעות דינמיות (TD)
3. היקף הסימולטור: קטן או בהיקף גדול (SI)

המאמר של ריס וקנת מציג דוגמאות שונות המשלבות רמות שונות של TD, NL, SI.

דוגמא לסימולטור קטן עם ביצועים לא לינאריים והתנהגות דינמית בזמן הוא סימולטור של בוכנה שמהוה חלק מהספר של קנת וזקס: שיטות מודרניות של סטטיסטיקה תעשייתית בעזרת R מיניטאב ו JMP. www.wiley.com/go/modern_industrial_statistics

הסימולטור מחשב זמני סבב של בוכנה, בתלות בשבעה גורמים כגון מידות הבוכנה, כמות גז בחדר העליון וטמפרטורת הסביבה. בנקודות זמן שונות מתחולל שנוי באחד או יותר מהגורמים. אחד השימושים בסימולטור הוא הוראה של בקרת תהליכים סטטיסטית כשהאתגר הוא זיהוי, דרך זמני המחזור, שהתרחש משהו במערכת. הסימולטור מאפשר גם ללמד תכנון ניסויים וגם כלים סטטיסטיים בסיסיים כגון בדיקת השערות ורגרסיה. את הקוד להרצת הסימולטור ניתן להוריד מאתר הספר.

מורה שעושה שימוש בסימולטור מציג בעיות אמיתיות, מאפשר לתלמידים לבחון מדידות ממערכת אקטיבית עם התנהגות שהם עצמם קבעו על ידי החלטות תכנון.

לדוגמא, ניתן לתת לתלמידים אתגר לתכנון אופטימלי של הבוכנה כך שזמן המחזור יהיה 50 שניות עם פיזור מינימלי. מי שבצע ניסויים בצורה אינטואיטיבית מוצא עצמו מריץ ניסויים רבים עם תוצאות בינוניות. מי שמיישם שיטות לתכן חסין מגיע לתוצאות מפתיעות בזמן קצר.

1. Virtual Labs - <http://vlab.co.in/index.php>

יזמה של משרד החינוך ההודי. הסימולטור כולל יישומים בתחומים שונים כגון תקשורת, הנדסת חשמל, הנדסה כימית, הנדסה מכנית, ביוטכנולוגיה והנדסת מבנים. מאפשר לתכנן ולבצע ניסויים סטטיסטיים ואופטימיזציה של מערכות.

2. Virtual bioreactor -

http://jimi.cbee.oregonstate.edu/virtual_bioreactor/bioreactor.php?goto=Home

מבוסס על תהליך להפקת שמרים בביווראקטור. הסימולטור מאפשר ללמד בקרה סטטיסטית. תכנון ניסויים ואופטימיזציה של תהליכים לא ליניאריים.

3. StatLab - <http://www.win.tue.nl/statlab/>

פותח באוניברסיטת איינדהובן ומשמש שם במגוון קורסים בתחומי הנדסה ומדעים. תומך בתכנון ניסויים ובניית מודלים מורכבים, כולל מודלים לא ליניאריים.

4. Tennessee Eastman Kodak -

<http://depts.washington.edu/control/LARRY/TE/download.html>

סימולטור מקיף של תהליכים כימיים. משמש בפיתוח שיטות בקרה ובהדרכה של מהנדסי תהליכים.

5. PenSim - <http://simulator.iit.edu/web/index.html>

סימולטור של ייצור פניצילין המאפשר למדל תהליכים דינמיים מורכבים.

6. env2exp - <https://lstat.kuleuven.be/env2exp/DOE/index.html>

פלטפורמה מקיפה של סימולציות בתחומים מגוונים כגון תעשייה וחקלאות. פותח בעשור האחרון ומשלב סרטוני וידאו.

הכשרת מהנדסים בתחומים אנליטיים, באקדמיה, במכללות ובתעשייה, יכולה להתייעל משמעותית עם הרחבת השימוש בתשתיות סימולטורים בתהליכי הדרכה. תחום עם אפשרויות רבות בכיוון הזה הוא תחום הייצור המתקדם או תעשייה 4.0 (<https://www.neaman.org.il/EN/Data-Analytics-approaches-and-tools-survey-for-promoting-advanced-manufacturing>)

סימולטורים יכולים להשתלב באופן טבעי בפלטפורמות של הדרכה מכוונת וקורסי MOOC כאשר השימוש בסימולטור מיצר מעורבות (engagement) של המשתתפים, מאפיין שמהווה מרכיב קריטי בכל תהליך הכשרה.

מוסד אקדמי המכשיר מהנדסים יכול לבצע סקירה של סימולטורים הרלוונטיים לתחום שלו ולבחון לשלבם בתכניות הלימודים. כאמור, המאמר של ריס קנת יכול לשמש כנקודת התחלה בסקירה מסוג זה.

◀ מבוא

הדרישות ממהנדס, בשנים הבאות, משלבות יכולת התמודדות עם בעיות לא מובנות ושימוש במידע שמתקבל ממקורות שונים כגון סנסורים, תמונות ומידע סמנטי (שקף 2 ב- www.afeka.ac.il/media/563013/infoq.pdf). הכשרת מהנדסים אמורה לקדם יכולות אלה. בנספח זה נתמקד בהוראה של חשיבה מושגית, שנועדה לאפשר התמודדות עם בעיות לא מובנות, גם בהבנת הבעיה, גם בגיבוש פתרונות וגם בהצגת המענה לבעלי עניין.

◀ פדגוגיה לקידום חשיבה מושגית

בפדגוגיה מבחינים בין הערכה מעצבת והערכה מסכמת. הערכה מסכמת מאפשר לתת ציון, עם סיום קורס, שמציג את רמת הידע של הנבחן. ציונים אלה משקפים עבודת הכנה מרוכזת ויכולת זכירה. לדוגמה, תלמידים שמקבלים ציון גבוהה בקורס מבוא לסטטיסטיקה, לא בהכרח הבינו את החומר ועל כן לא מביאים אותו לידי ביטוי בקריירה המקצועית שלהם. לעומת זאת, הערכה מעצבת מהווה חלק מהתהליך החינוכי ומספקת משוב ובסיס לדיון. מסגרת הכיתה ההפוכה (flipped classroom) למשל, מניחה למידה עצמאית של התלמיד ומשתמשת במפגש עם המורה/מנחה לדיון ומשוב. בראיה זו, ניתנת אפשרות לקדם הוראה שמכוונת להכשרת התלמידים בחשיבה מושגית. הבסיס לזה הוא שימוש בייצוגים חלופיים המאירים מושג בשפות שונות כגון שפה מילולית או שפה גרפית ובמשפטים שונים עם משמעות דומה, או לא.

תחום בו הנושא הזה קודם משמעותית, הוא הוראת המתמטיקה. במסגרת זו, מיושם כלי דידקטי להוראה של חשיבה מושגית בשם מרלו (Meaning Equivalence Reusable Learning Object). הכלי יושם בהצלחה במדינות שונות, ובישראל נעשה בו שימוש במסגרת הכשרת מהנדסים בהנדסת תוכנה והנדסת בדיקות. הבסיס למרלו הוא פריט מרלו שמאפשר לתת ציון לרמת ההבנה.

פריטי מרלו מספקים למורה כלי מעשי המאפשר התערבות דידקטית בכיתה כדי לקדם הוראה להבנה מושגית. מאמר המציג את הכלי פורסם בעברית ב- <http://www.shaanan.ac.il/wp-content/uploads/2018/04/6-erezreleorobotishafriretkindkanat.pdf>

פריט מרלו טיפוסי כולל 5 חלופות המייצגות מושג מסוים, כאשר שתים לפחות עם משמעות דומה. יש גם חלופות שנראות דומה אבל עם משמעות שונה. התלמיד מתבקש לסמן את החלופות שנראות לו עם משמעות דומה. במידה והתלמיד מסמן את החלופות עם משמעות דומה, ואינו מסמן את החלופות עם משמעות שונה, הוא ממחיש הבנה מושגית גבוהה. הפריט מורכב מדף A4 המחולק ל 6 מלבנים כאשר המלבן העליון השמאלי מציג את ההנחיות הנ"ל ומאפשר למשיב לרשום בקצרה מה המשותף לחלופות שסימן. הצגת התשובות, באופן מרוכז, של כל הכיתה, מאפשרת למורה לקיים דיון ולקבל משוב על מה שהצליח ללמד. אפשרות נוספת היא לאפשר דיון ברמת קבוצות קטנות לפני שמציגים את ההערכה הקבוצתית. מניסיון מצטבר, ניתן להראות שהדיון הקבוצתי משפר את החשיבה המושגית במעל 20%.



בהמשך נביא שתי דוגמאות מקוריות מתחום הנדסת תוכנה ולסיום נציג רשימת צעדי המשך אפשריים. דוגמאות נוספות בפרק בשם:

Conceptual Aspects in Development and Teaching of System and Software Test Engineering

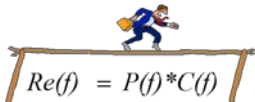
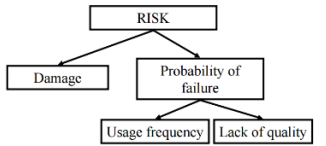
– מספר שמתואר ב –

<https://www.wiley.com/en-us/Analytic+Methods+in+Systems+and+Software+Testing-p-9781119271505>

דוגמא 1: פריט מרלו במסגרת סקירה על יכולות בדיקה של כלי אורקל: האם הסטודנט הבין מה שהוסבר?. המשימה היא לסמן חלופות עם משמעות דומה.

<p>At least two out of these five statements but probably more the two share equivalent of meaning: Mark the only statements that share equivalent of meaning Write-down briefly the reason that guided you make this decision:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>A []</p> 	<p>B []</p> <p>The use of oracles involves comparing the output(s) of the system under test, for a given test-case input, to the output(s) that the oracle determines that product should have</p>
<p>C []</p> <p>" Test oracle is one of the most humanly dependent properties during the testing work "</p> <p>"Our ability to automate testing is fundamentally constrained by our ability to create and use oracles "</p>	<p>D []</p> <p>test runner could use an oracle as a source of correct output to which to compare the system-under-test's output, or as a source of constraints against which to evaluate the SUT's output.</p>	<p>E []</p> 

דוגמא 2: פריט מרלו במסגרת הרצאה על תכנון בדיקות על בסיס הערכת סיכונים.

<p>At least two out of these five statements but probably more the two share equivalent of meaning</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Mark the only statements that share equivalent of meaning 2. Write-down briefly the reason that guided you in decision: <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>A []</p> 	<p>B []</p> <p>Risk based testing is prioritized in terms of the probability that some feature of the program will fail and the estimated cost of failure. The greater the probability of an expensive failure, the more important it is to test that feature as early as possible and as carefully as possible</p>
<p>C []</p> <p>Calculating Risk as multiplication of the possibility for damage to be accrued by the actual foreseen cost, may provide us with a quantify scale of risk to be consider to.</p>	<p>D []</p> <p>The Risk management process should be started during Test planning phase after all the risk based modules have been identified and Risk factor values are derived</p>	<p>E []</p> 

סיכום

הנספח הזה מציג את נושא החשיבה, המושגית ודרכים לקדם אותה, במסגרת תהליכי הוראה. ספציפית, הוצג כלי בשם מרלו שמבוסס על הצגת חלופות ייצוגיות ומאפשר מתן הערכה לתלמיד במסגרת עבודה פרטנית או עבודה קבוצתית. השלבים בפיתוח מרלו כוללים:

1. מיפוי עולם התוכן של קורס והגדרת את המושגים העיקריים שהקורס מלמד
2. פיתוח פריטי מרלו למושגים העיקריים (זו עבודה חד פעמית שממוחזרת בהמשך)
3. שימוש בטכנולוגיה כדי לאסוף תשובות מפריטי מרלו והצגתן באופן מרוכז בכיתה
4. הקדשת זמן, במסגרת השיעור, לברור המשמעות של חלופות ייצוגיות למושגים העיקריים שנלמדים בקורס. הוכח שדיון בקבוצות קטנות מסייע לקדם את החשיבה המושגית הנלמדת.

יתרון עקיף של הגישה היא שפריטי מרלו מתעדים את התוכן של קורס בצורה הרבה יותר מעמיקה, שעולה בהרבה על מה שמוצאים בד"כ בתכנית קורס שכוללת רק סילבוס ורשימת ספרות.

נתן פנחס

הטכניון מפתח קורס מקוון בנושא "אתיקה הנדסית למקצועות היי-טק", אשר קבל תמיכה במסגרת הקול הקורא הרביעי של מל"ג וות"ת והמטה המיזם הלאומי "ישראל דיגיטלית" במשרד לשוויון חברתי. הקורס הוא בהיקף של 2 נקודות זכות אקדמיות וייבנה בפורמט MOOCs ובהתאמה לפלטפורמה הלאומית "קמפוס". הקורס יהיה זמין למוסדות וליחידים ויספק הכשרה וידע בתחום האתיקה הנדסית והאחריות החברתית הנדרשים מבעל מקצוע. התוכנית הנה גנרית לכל מקצועות ההנדסה ותינתן בה הרחבה מתאימה ומעמיקה לכל דיסציפלינה בנפרד; יישומי מחשב והנדסת נתונים, מערכות מידע, רובוטיקה, מכונות אוטונומיות, מערכות ורשתות חכמות, תחבורה ורכבים אוטונומיים, תוך הדגשה מיוחדת לנושא הפרטיות, רווחתו וכבודו של האדם.

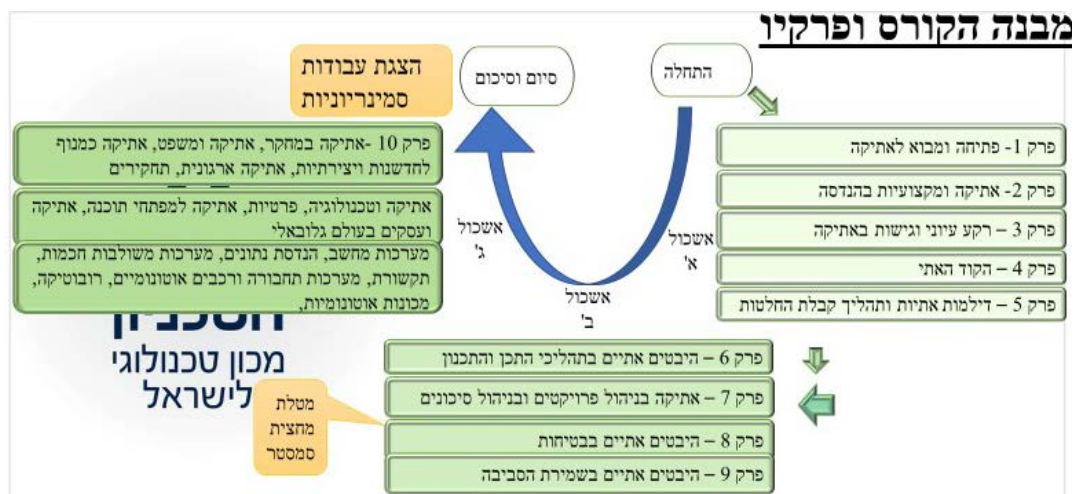
קורס זה מיועד לסטודנטים להנדסה ומטרתו, הכרה והבנת המושגים הבסיסיים באתיקה הנדסית, תוך מיקוד ב"טכנולוגיה עלית" (Hi-Tech). החומר הנלמד יאפשר להבין את הקשר החשוב בין אתיקה להנדסה, יסייע בעיצוב ההתנהגות הראויה של המהנדס ויספק כלים להתמודדות בשאלות אתיות כחלק מתהליך משולב של קבלת החלטות הנדסיות וניהוליות. יש חשיבות רבה ללימוד ולהבנת האתיקה המקצועית בתהליך ההכשרה וההתפתחות של הסטודנט, לעיצובו כמהנדס מצליח ומקצועי ברמה גבוהה. נכון הדבר בפרט במקצועות היי-טק, שהיא התעשייה המובילה וגם הטומנת בחובה, במיוחד בתקופתנו, סוגיות אתיות רבות ומשמעותיות.

מבנה הקורס ומטרותיו:

הקורס בנוי משלושה אשכולות (Clusters) כמתואר בתרשים בליווי עשיר של חקר אירועים (Case studies) ובדוגמאות מעולם הטכנולוגי המתאים.

מטרות הקורס:

- הבנת התפקידים והחובות של המהנדסים כאנשי מקצוע, הבנה והכרת הידע הבסיסי של האתיקה המקצועית, במכלול התרבות החברתית הכללית.
- שיפור המודעות לסוגיות אתיות פוטנציאליות בעולם ההנדסה ובפרט בתעשיית היי-טק.
- פיתוח מיומנויות לניתוח בעיות אתיות באמצעות חקירה והערכה ושילוב בתהליך קבלת החלטות.
- פיתוח המודעות לנושאי סביבה ואחריות חברתית.
- שיפור מיומנויות התקשורת ועבודת הצוות בנושאים אתיים מקצועיים בתהליך העבודה הנדסית.
- פיתוח מיומנויות לחשיבה ביקורתית ושיפוטית מקצועית והבנת הדילמות האתיות שבהנדסה.
- פיתוח זהות אתית מקצועית כחלק בסיסי של מקצועם כמהנדסים.
- פיתוח היכולת, הרצון והחתיירה למקצועיות הנדסית ערכית.



נמרוד פלג

הקורס " פרויקט מבוא בהנדסת חשמל" ניתן לסטודנטים בסמסטר הראשון והשני ללימודיהם בפקולטה להנדסת חשמל כחלק מתכנית "התחלה טובה" שמטרתה לשפר, להעשיר ולהעצים את חווית הלמידה בשנה הראשונה בטכניון. הקורס מעניק נקודה אקדמית אחת במסגרת בחירה פקולטית.

מטרות הקורס הן:

- הכרת עבודת המהנדס
- פיתוח הבנה מערכתית וחשיבה הנדסית ומדעית
- הכרת הפקולטה בכלל ותחומי ההתמחות השונים בה בפרט
- מוטיבציה להמשך התואר

הקורס משלב הרצאות ועבודה בקבוצות קטנות בהנחיית מנטורים מנוסים. במסגרת הקורס, הסטודנטים מתכננים "על הנייר" פרויקטון הנדסי (למשל, מערכת לניקוי חלונות של בניין) שממחיש להם את דרך העבודה ההנדסית תוך התמודדות עם tradeoffs שונים. הדגש הוא על התהליך ולא על התוצר הסופי. לתהליך עצמו יש גם תוצרי לוואי נוספים כגון התנסות בעבודת צוות מסודרת, התנסות בסקר ספרות ועריכת מצגות ועוד. הסטודנטים נחשפים לפקולטה בעזרת הרצאות אורח וסיורים במעבדות הפקולטה.

כל ההתנהלות בקורס היא באווירה מעט פחות פורמלית תוך ניסיון לתת יחס אישי, לגרום לסטודנטים ליהנות ולהעלות את המוטיבציה להמשך הלימודים. בין השאר, ובגלל שמדובר בסטודנטים בצעדיהם הראשונים בטכניון, ניתן דגש על חניכה אישית ועל כך שהקורס לא יגזול מאמץ רב מהסטודנטים.

בעבר נערכו בקורס משוברים מסודרים עם תוצאות מרשימות. אנחנו כל הזמן משנים את הקורס ומשתפרים. ההתרשמות שלנו היא כי הסטודנטים מפיקים הרבה מהקורס. חלק מהמטרות מובנות על ידי הסטודנטים ומושכות אותן לקורס, למשל, הכרת הפקולטה. מטרות אחרות, כגון פיתוח הבנה מערכתית וחשיבה הנדסית ומדעית, מובנות לעתים פחות על ידי הסטודנטים אך אנו, כצוות הקורס, מייחסים להן חשיבות רבה וגם רואים שהן מושגות בטווח הקצר וגם הארוך יותר, כאשר אנחנו פוגשים את הסטודנטים שוב בשלבים מתקדמים יותר בלימודיהם.

דוד אילתה

הפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון

תקציר

בשנה א' של התואר הראשון בפקולטה להנדסת מכונות, מושם דגש על לימודי יסוד במתמטיקה ופיסיקה. מטרת קורסי היסוד היא להקנות לסטודנטים כלים בסיסיים לאנליזה (מודלים פיסיקליים, ניסוחים מתמטיים, וטכניקות פתרון). מקצועות היסוד ההנדסיים הנלמדים בפקולטה החל בשנה ב', מתבססים על כלים אלה, ולכן שליטה בהם הכרחית להצלחת הסטודנטים בהמשך לימודיהם. קורסי היסוד במתמטיקה ופיסיקה ניתנים במשותף לסטודנטים מפקולטות שונות. במסגרת זאת קשה להבהיר לסטודנטים את הרלוונטיות של החומר הנלמד לתחום ההנדסי אותו הם בחרו וכתוצאה מכך קשה לסטודנטים להפנים את החומר הנלמד. במשך אותם סמסטרים ראשונים, ניתנים רק מעט קורסים הנדסיים במסגרת הפקולטית. בשלב זה של לימודיהם חסרה לסטודנטים תמונה ברורה: על מהות המקצוע אותו הם בחרו; על התחומים השונים הכלולים במקצוע; על מהות עבודת המהנדס.

בפקולטה להנדסת מכונות בטכניון פותח קורס חדש שמטרתו להקל על הסטודנטים בשנה הראשונה ללימודיהם. באמצעות גישת הוראה חדשנית הקורס חושף בפני הסטודנטים את התחומים השונים של המקצוע, מאפשר להם לחוות תהליכים של מחקר ופיתוח, ומציג בפניהם גישה שיטתית לפתרון בעיות הנדסיות. במשך הקורס מוצבים בפני הסטודנטים מספר אתגרים הדורשים תכנון ובניה של מתקנים המבצעים פעולות מוגדרות. במסגרת עבודה בקבוצות, הסטודנטים מבצעים מחקר ופיתוח שיטתי, ואיכות המתקנים שהם בונים נמדדת במסגרת תחרות בין הקבוצות. מגוון האתגרים חושף בפני הסטודנטים את התחומים השונים הכלולים בהנדסת מכונות. תוך ניסיון למצוא יתרון יחסי על פני קבוצות מתחרות, הסטודנטים נועצים בסטודנטים ותיקים, מתרגלים, וחברי סגל, ובאופן זה לומדים להכיר את אנשי הפקולטה ותחומי התמחותם השונים. במהלך התחרות בה נבחנים המתקנים, הסטודנטים נחשפים לתופעות פיסיקליות הרלוונטיות למקצוע. הכרה מקדימה של תופעות אלה הופכת את לימודי המתמטיקה והפיסיקה לבעלי משמעות ברורה יותר. ניתוח בדיעבד של דרישות האתגרים וכן אנליזה ראשונית בעזרת מודלים פשוטים, מבהירים לסטודנטים את הצורך באנליזה הנדסית כאמצעי לתכנן מתקנים בעלי ביצועים אופטימליים.

טו. נספח ט"ו' שילוב קריטריוני הערכה חדשניים לזיהוי מועמדים בעלי כישורים חיוניים כחלק מתהליך המיון

ראובן גל

ההנחה הבסיסית היא שעל מנת "לייצר" מהנדסים בעלי פרופיל ייחודי יש להתמקד בכל אחד מ"שלבי הייצור: מיון וסינון, הכשרה, התמחות, פיקוח (Supervision).

הקשר בין המרכיבים הללו איננו אדיטיבי, אלא אינטראקטיבי. כך למשל, יהיו מועמדים שלא יוכלו (או יתקשו מאד) בתהליכי הכשרה מסוימים אם לא מוינו וסוננו מראש כבעלי יכולות רלוונטיות. ולהיפך: מיון וסינון נכון ואפשרו, ובוודאי יקלו, על הכשרה והתמחות בתחומים המדוברים.

עוד יש לציין שישנם כישורים מסוימים שאינם ניתנים (או רק בקושי רב) לרכישה ולימוד "מבחוץ", והדרך היחידה להבטיח "נוכחותם" בפרופיל הרצוי היא להסתמך רק על מיון וסינון מראש.

'יצירתיות' הינה דוגמה טובה למקרה כזה.

על מנת למיין ולסנן מועמדים לצורך פרופיל מסוים, יש להגדיר את מרכיבי הפרופיל ואת התכונות 'שמאחורי' כל מרכיב כזה; תהליך המיון אמור לזהות קיומן או העדרן (או קיומן החלקי) של תכונות אלו.

הפורום כבר זיהה את מרכיבי הפרופיל הרצויים וכינה אותם בשם 'כישורים חיוניים (רכים)'.
להלן נציג את 6 הכישורים בהם סוכם להתרכז ולצדם נציין מספר תכונות הרלוונטיות למיון לגבי כל כישור:

1. **לימוד עצמי** – משמעת עצמית, יכולת קשב וריכוז; זיכרון חזותי
2. **עבודת צוות** – צורך חברותי (Need of Affiliation) מפותח; אינטליגנציה חברתית.
3. **פתרון בעיות מורכבות** – יכולת הפשטה; יכולת ריכוז.
4. **תקשורת אפקטיבית** – אינטליגנציה רגשית; יכולת וורבאלית מפותחת.
5. **יצירתיות** – חשיבה יצירתית.
6. **בינלאומיות** – פתיחות לחוויות; סקרנות.

נדגיש שחלק מן התכונות המצוינות אינן חיוניות באופן אקסקלוסיבי דווקא לכישורים שברשימה. כך, למשל, יכולת קשב וריכוז הינה רלוונטית ליכולות למידה בכלל ולא דווקא ללימוד עצמי. ואולם לצורך 'לימוד עצמי' תכונה זו הינה חשובה במיוחד.

הדברים המוצגים לעיל הינם תיאור סכמתי בלבד של התהליך הנדרש בתחום המיון והסינון. על מנת להגיע לביצוע בפועל, יש לחבור עם גורם מקצועי שעוסק במיון, אבחון והכוונה. הגורם הזה יבצע ניתוח מדויק של הפרופיל הרצוי, יאתר את התכונות הנלוות ויבחר (או יפתח במיוחד) את המבחנים הרלוונטיים לזיהוי התכונות הללו.

למערכת המיון הזו: בדיקת (validity test) בשלב מאוחר יותר - יהיה צורך בביצוע מבחן תוקף הקורלציות שבין ביצועי המועמדים במבחני המיון המוקדמים ומידת הצלחתם ב'קו הסיום'. על בסיס מבחן התיקוף הזה ניתן יהיה לשקלל את מרכיבי מערכת המיון ולשפר אותה.

טז. נספח ט"ז' הערכת כישורים מיוחדים (רכים) של מועמדים למוסדות להשכלה גבוהה - מחשבות ראשוניות

אביגדור זונגשיין

כללי

בהמשך לסיכום התמציתי של ראובן גל (נספח ט"ו') בנושא זה, מוצגות במסמך זה מספר הרחבות. הספרות האקדמית מציגה עשרות מאמרים, ספרים ודוחות על הערכת כישורים רכים של מועמדים למקומות עבודה וגם לבתי ספר:

https://www.google.co.il/search?q=SOFT+SKILLS+ASSESSMENT+OF+STUDENTS+CANDIDATES+FOR+ENGINEERING+SCHOOLS&rlz=1C1CHWA_enlL533lL533&oq=so&aqs=chrome.0.69i59j69i57j69i65j69i61l2j69i60.8744j0j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8

התובנות העיקריות מהספרות:

יש כלים ושיטות מתקופות להערכת כישורים רכים של מועמדים ועובדים. כרגיל, יש להקפיד לבצע הערכות אלו על ידי גורמים מקצועיים שהוסמכו לכך. גם פירוש הממצאים צריך להתבצע בעזרת מומחים לנושא. כל מבחן הערכה של כישורים רכים הוא תלוי/מותנה קונטקסט, כמו: מטרות התפקיד אליו מיועד המועמד, הרקע של המועמד ועוד.

רוב מקומות העבודה נוהגים לקיים מבחני הערכת אישיות כחלק מבחינת המועמדים לעבודה.

הערכת מהנדסים מועמדים ברפאל

במסגרת עבודתי קלטתי לעבודה עשרות מהנדסים מתוך מאות מועמדים.

התהליך ברפאל כולל את השלבים הבאים:

- **שיחת טלפון לתיאום ציפיות ראשוני**, וידוא, אימות והשלמת פרטים אישיים, איתור ממליצים רלוונטיים.
- **ראיון אישי פרונטלי** - ראיון זה נערך עם אנשי המקצוע הרלוונטיים לתפקיד אליו מיועדים (לרוב מהמחלקה אליה מיועד המועמד) המועמדים, ועם נציגי מחלקת משאבי האנוש בחברה. בראיון זה נבחן הידע הטכני המקצועי וגם ההיבטים האישיים העולים בראיון.
- **מבחנים במכון מיון** - על מנת להמשיך את תהליך המיון ברפאל מתבקשים המועמדים לעבור מבחן אישיות באחד ממכוני המיון איתם עובדים ברפאל: ל: אדם מילא, קינן שפי, פילת, מכון AKT ועוד. תהליך המיון במכון אורך יום שלם, במהלכו מתבקשים המועמדים להשתתף בראיון, מבחנים פסיכוכניים, מבחני אישיות ודינמיקה קבוצתית. לקראת מבחנים אלו מועברת למכון המיון הגדרת התפקיד למועמד, כדי שמבחן המיון יותאם לדרישות התפקיד (קונטקסט!). ממצאי הראיון האישי ומבחן המיון מועברים לראש המחלקה לעיון מפורט, לפעמים בהנחיית מומחי מכון המיון.
- **בידוק בטחוני** - במידה והמועמד עבר בהצלחה את התהליך במכון המיון הוא יקבל זימון לתחקיר בטחוני. בשלב הראשון ימלא שאלון אישי שיבדוק את ההתאמה הבסיסית מבחינה ביטחונית, ובהמשך יעבור תחקיר פרונטלי במטרה לקבל סיווג ביטחוני מתאים לדרישות התפקיד אליו אתם מתמיינים. גם תחקיר זה כולל היבטים אישיים-אמינות ומהימנות, עמידה בלחצים ועוד.

מניסיוני ברפאל תהליך זה נותן תמונה טובה על מגוון כישוריו הטכניים והאישיים של המועמד. במקרים מסוימים כשקלטנו מועמד מסוים, ולאחר זמן מה התגלו התנהגויות לא צפויים, חזרנו לממצאי מבחני המיון כדי להבין יותר טוב את ההתנהגויות.

חשיבה מערכתית

בנושא "חשיבה מערכתית" של מהנדסי מערכות הייתי מעורב במחקר רב שנתי "האם חשיבה מערכתית היא מולדת או ניתנת לרכישה/לימוד". במסגרת זו פיתחנו שאלון הערכת יכולות החשיבה המערכתית של מהנדסים.

https://ac.els-cdn.com/S1877050912000580/1-s2.0-S1877050912000580-main.pdf? tid=dab55ddf-e627-4303-a064-fc68af78d109&acdnat=1538148492_a0301cfa44ba795809e2b59f088e620e

עבודת מחקר זו נמשכת גם היום במרכז גורדון להנדסת מערכות. עבודות בכון זה יכולות לסייע לזהות חשיבה מערכתית וחשיבה רב תחומית אצל מהנדסים, סטודנטים ומועמדים.

אפיון מהנדסי מערכות

בנוסף, קיימנו מחקר על מגוון התכונות של מהנדס מערכות ופיתחנו מודל העפיון, בו אפיינו מהנדסי מערכות מארבעה סוגים: יזם, מתודולוג, ביצועיסט (DOER), ומעורב בכל (WEAVER). ראה מאמר בנושא שגיבשנו במסגרת מרכז גורדון להנדסת מערכות:

[https://technionmail-my.sharepoint.com/personal/gordoncn_technion_ac_il/Documents/tx/Tx_gordoncn/%D7%A7%D7%95%D7%9C%D7%95%D7%A7%D7%95%D7%99%D7%95%D7%9D/Types%20and%20Roles%20submission%20ver%20PDF%2018_3_2013\[1\].pdf?slrid=ca2f939e-90cf-6000-fa9d-1b920580dc13](https://technionmail-my.sharepoint.com/personal/gordoncn_technion_ac_il/Documents/tx/Tx_gordoncn/%D7%A7%D7%95%D7%9C%D7%95%D7%A7%D7%95%D7%99%D7%95%D7%9D/Types%20and%20Roles%20submission%20ver%20PDF%2018_3_2013[1].pdf?slrid=ca2f939e-90cf-6000-fa9d-1b920580dc13)

מיון המועמדים לבית ספר לרפואה

מערכות המיון ללימודי רפואה נועדו לאפיין את המועמדים על פי משתנים אישיים שאינם נמדדים בבחינות הבגרות ובבחינה הפסיכומטרית, כגון כישורי תקשורת בין-אישית, מודעות עצמית, בגרות והיכולת להתמודד עם מצבים שונים. המועמדים מוערכים על סמך התנהגותם, דעותיהם, עמדותיהם ותיאורי החוויות שהציגו במהלך ראיונות אישיים ומבחני מיון מיוחדים.

על מערכות מיון אלו יש מחקרים מלווים לא מעטים.

מיון המועמדים לפקולטה לארכיטקטורה

מערכות המיון לבתי ספר לארכיטקטורה כוללות גם את האלמנטים הבאים:

- יכולת לבנות מודל שמביע רעיון ו/או מושג מופשט או קונקרטי
- יכולת לבצע רישום שמפתח רעיון
- לכתוב טקסט קצר וקולע המתאר בתמצית את הרעיון שפותח במודל ו/או ברישום
- לתת פרזנטציה טובה ומשכנעת, ולענות על שאלות באופן נכון.

סיכום

יש תשתית אקדמית ומעשית למבחני כישורים רכים אצל מועמדים למגוון תחומים.

תשתית זו מאפשרת, להערכתי, לבנות מבחנים מהימנים למועמדים ללימודי הנדסה אם יוחלט שיש בכך עניין ותרומה לחינוך מהנדסים במאה ה-21.

תשתית זו בוודאי מאפשרת להעריך את ההתקדמות של סטודנטים העוברים הכשרות הכוללות גם את היבטי הכישורים הרכים.

התוכנית משלבת חינוך דיסציפלינרי עמוק עם רב תחומיות, חשיבה מערכתית, פתרון בעיות הנדסיות, יצירתיות, מנהיגות, תקשורת בין אישית, עבודת צוות, יזמות, חדשנות, קיימות ועוד, הכוללת את האלמנטים המרכזיים הבאים:

Conceive - הגות - ללמוד את צרכי וציפיות הלקוחות והשוק, לימוד והערכת הטכנולוגיות הדרושות והאפשרויות, לימוד האסטרטגיה של הארגון, בחינת הרגולציות והתקנים, תכנון קונספטואלי, טכני ועסקי

Design - לתכן - תכניות, שרטוטים, חישובים, מודלים, סימולציות, אלגוריתמים הנדרשים לתיכון מוצר רובוסטי

Implement - ליישם - הפיכת התכן למוצר, לתהליך ו/או מערכת, כולל ייצור, תכנות, בדיקות ובחינות תיקוף

Operate - לתפעל - את המוצר המיושם כך שיביא לערך המצופה, כולל תחזוקה, שינויים והתפתחות וטיפול במערכת בתום חייה

תחומי לימוד עיקריים:

1. **Disciplinary Knowledge & Reasoning**

- 1.1 Knowledge of underlying sciences
- 1.2 Core engineering fundamental knowledge
- 1.3 Advanced engineering fundamental knowledge

2. **Personal and Professional Skills**

- 2.1 Analytical reasoning and problem solving
- 2.2 Experimentation and knowledge discovery
- 2.3 System thinking
- 2.4 Personal skills and attributes
- 2.5 Professional skills and attributes

3. **Interpersonal Skills**

- 3.1 Multi-disciplinary teamwork
- 3.2 Communications
- 3.3 Communication in foreign language

4. **CDIO of Complex Systems**

- 4.1 External and societal context
- 4.2 Enterprise and business context
- 4.3 Conceiving and engineering systems
- 4.4 Designing
- 4.5 Implementing
- 4.6 Operating
- 4.7 Engineer leadership
- 4.8 Entrepreneurship

י.ח. נספח י"ח' מודל לאפיון מטען הידע של מהנדסים בעלי פרופילים שונים בתוכניות משולבות של תואר ראשון ושני עם אפשרות הרחבה לתואר שלישי מחקרי (דו"ח מוסד נאמן)

Type of skills	Topic	Level of achievement						
		Knowledge	Comprehension	Application	Analysis	Synthesis	Evaluation	Creativity & critical thinking
Foundational	Mathematics	B	B	B				
	Natural sciences	B	B	B				
	Humanities	B	B	B				
	Social sciences	B	B	B				
Technical	Materials Science	B	B	B				
	Mechanics	B	B	B	B			
	Experiments	B	B	B	B	M		
	Problem recognition and solving	B	B	B	M			
	Design	B	B	B	B	B	E	
	Sustainability	B	B	B	E			
	Contemp. Issues & his. perspective	B	B	B	E			
	Risk & uncertainty	B	B	B	E			
	Project management	B	B	B	E			
	Breadth in engineering discipline	B	B	B	B			
Specialization	Technological	B	M	M	M	M	E	
	Engineering research	B	M	M	M	M	E	M
	Research	B	D	D	D	D	D	D
Professional	Communication	B	B	B	E			
	Public policy	B	B	E				
	Business & public administration	B	B	E				
	Globalization	B	B	B	E			
	Leadership	B	B	B	E			
	Teamwork	B	B	B	E			
	Attitudes	B	B	E				
	Life long Learning	B	B	B	E	E		
Professional and ethical responsibility	B	B	B	B	E	E		
B	Portion of the Body of Knowledge (BOK) fulfilled in the Bachelor degree							
M	Portion of the BOK fulfilled in the Master degree or equivalent							
D	Research doctorate							
E	Portion of the BOK fulfilled in the pre-licensure experience							

י.ט. נספח י"ט תוכניות לימוד לתואר הנדסי באוניברסיטאות מובילות באירופה: תוכניות תלת ותוכניות לימוד משולבות תואר ראשון ושני

מבוא ◀

במהלך הדיונים של הפורום לחינוך מהנדסים הועלתה הסוגיה של הצורך ברפורמה אשר תבוא לידי ביטוי בקיצור משך הלימודים לתואר ראשון לתקופה של 3 שנים, שייטכן ודי בה כדי להכשיר בוגר לכניסה לקריירה הנדסית. לפי העניין תואר ראשון בהיקף כזה יוכל לאפשר המשך לימודים לתואר שני, שיקנה התמחות או יאפשר הרחבה, כל זאת מיד לאחר השלמת התואר הראשון, או בהמשך הקריירה כחלק מההתפתחות של המהנדס.

תוכניות לתואר הנדסי של שלוש שנים מקובלות באוניברסיטאות באירופה, וזאת כחלק מהרפורמות שבאו בעקבות הסכם בולוניה של האיחוד האירופי, ליצירת מסגרות אחידות בכל אירופה, של מודל של 3 שנים לתואר ראשון ושל שנה או שנתיים לתואר שני. דרך פעולה זו יכולה להוות בסיס למתווה לאקרדיטציה של מהנדסים ברמות שונות של התמחות, תוך התאמה לאופי העיסוק המקצועי שלהם.

תוכניות אלה בנויות בחלקן על כך שסטודנט יוכל להשלים לימודי תואר במספר אוניברסיטאות בתוכניות שיש ביניהן קואורדינציה, וזאת כחלק ממהלך שנועד לעודד ולאפשר מוביליות.

כבסיס לדיון בנושא זה בפורום לחינוך מהנדסים מוצגות במסמך הנוכחי מספר תוכניות של שלוש שנים ותוכניות משולבות של תואר ראשון תלת שנתי ותואר שני עם התנסות בתעשייה, המקובלות באוניברסיטאות מובילות באירופה.

השילוב של תואר ראשון ושני עם התנסות בתעשייה מאפשר במספר ארצות לקבל הקלה בתנאים הנדרשים לקבלת הכרה של מהנדס רשום ע"י הרשויות המוסמכות (chartered engineers באנגליה או professional engineer במדינות אחרות).

שילוב כזה בארץ מחייב כמובן תאום עם רשם המהנדסים.

מספר תוכניות באימפריאל קולג' בנויות לפי המתכונת המטריציונית המוצגת להלן בטבלה 1.
טבלה 1: מבנה תוכניות תלת שנתיות להנדסה באימפריאל קולג'

Module	Year 1	Year 2	Year 3
Core modules	courses	courses	courses
Practical modules	Lab Group design project	Lab Group design project	
Optional modules		✓	
Humanities and business			One of two: ✓ Horizons- range of modules including languages and humanities options ✓ Business for professional engineers and scientists
Individual project			Choose a project from an extensive list proposed by members of academic staff. Due to the variety of staff expertise, the list covers a wide range of engineering topics. Proposing your own project is encouraged, and is done in collaboration with a member of staff who is an expert in the proposed field.

עניין מיוחד בתוכניות אלה הוא בפרויקטים בשלב מוקדם של הלימודים, בשנה הראשונה והשנייה. במסגרת זו ישנה אפשרות לפרויקט מרוכז של 5 ימים בהנחה משותפת של הסגל האקדמי ומומחים מ-IBM. האופי של פרויקטים אלה מוצג להלן מתוך מסמכי האוניברסיטה:

בתוכנית להנדסת חשמל ואלקטרוניקה:

First year project: You begin by deconstructing a simple electronic toy and using a circuit simulation program to understand how it works. You then propose and design some enhancements to the toy and try them in the circuit simulator. Finally, you build your chosen design and test it in competition with other groups.

Second and third year project: Group projects in your second and third year let you investigate the technical, social and financial aspects of products and services, and how to design, build and test them.

בתוכנית להנדסת אלקטרוניקה ומידע:

First year project: The first year project allows you to perform real-time video processing on a configurable hardware board. Students combine knowledge from digital logic, signal processing and software engineering in order to propose their own unique solution, with past projects including virtual pianos, platform games, and augmented reality goggles.

Second year project: The second year project is a five-day IBM computer architecture workshop, run by staff from Imperial and IBM. This gives you the chance to apply your understanding of systems architecture, databases, middleware, operating systems and network hardware and software to a real IT systems challenge.

חלופה נוספת היא תוכנית 4 שנתית המשלבת תואר ראשון ושני ומעניקה תואר מסטר. היא בנויה לפי המתכונת המטריציאית המוצגת בטבלה 2. חלופה זו כוללת חצי שנה של התנסות בתעשייה. סטודנט המסיים תוכנית כזאת יכול לקבל הכרה של מהנדס רשוי, chartered engineer, אחרי תקופה קצרה יותר.

טבלה 2: מבנה לתוכנית 4 שנתית המעניקה תואר מגיסטר באימפריל קולג'

	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4
CORE MODULES	Taught modules	Taught modules	Eight modules with electives	Seven or eight modules, with one humanities or business-related module, and at least one choice from Electrical and Electronic Engineering, and another from Computing. There are 30 optional modules available
Practical modules	<ul style="list-style-type: none">• Electronics Lab• Group Design Project*	<ul style="list-style-type: none">• Architecture Workshop**• Computing Lab• Electronics Lab		

	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4
Optional modules		<ul style="list-style-type: none"> Algorithms and Complexity Devices Fields 		
Humanities and Business			<ul style="list-style-type: none"> Imperial Horizons – offers a wide range of modules, including languages and humanities options Business for Professional Engineers and Scientists 	
INDIVIDUAL PROJECT			a six-month industrial placement* or a group project**	

Remarks:

Master of Engineering students have the option to complete a six-month industrial placement, gaining valuable skills and experience by solving real engineering problems. Alternatively, you can take part in a three-month group project, acting as technical consultants to a brief provided by an industrial client. This involves specifying and designing, implementing and testing a pre-production prototype of a new product or technical solution.

The fourth and final year of this integrated Master's course offers a wide choice of advanced modules based on state-of-the-art research carried out in the Department. Studying to this level means that graduates require fewer years of work experience to become a Chartered Engineer

*Six-month industrial placement - The six-month industrial placement (as an alternative to an internal project) runs from April to September. The placement is supervised by a member of staff from the company you will be working for and a member of staff from the Department. It must be related to your degree in technical, business or commercial content. Departmental staff will help you set and agree objectives for your placement, which is assessed by a written and oral report. Placement like Altera Bang & Olufsen, Dialog Semiconductors, Goldman Sachs, IBM, Ocado Technology.

**Group project - As an alternative to the industrial placement, you can take part in a group project (6–8 people) during the summer term. The group acts as a technical consultant to a brief provided by an industrial client. The project will involve the specification, design, implementation and testing of a pre-production prototype of a new product or technical solution.

מבנה התוכניות ההנדסיות הוא בעל אוריינטציה מדעית במבנה של 6 סמסטרים, עם מקצועות ליבה הנדסיים ומדעיים בארבעת הראשונים.

בסמסטר החמישי משולבים מקצועות ליבה עם בחירה בין שני מסלולי התמקצעות, ובנוסף אליהם מודולי בחירה כדוגמת שיווק, משפטים וכלכלה.

הסמסטר השישי מוקדש למקצועות הנדסיים תוך בחירה בין שני מסלולים, ומקצועות בחירה כדוגמת שיווק, משפטים וכלכלה. בסמסטר זה על הסטודנט להכין תזה לתואר ראשון.

תוכניות בעלות אופי אחר הן אלה המשלבות הנדסה ומנהל עסקים. הן בנויות במתכונת של מטריצה, כשדוגמאות לכך עבור הנדסת חשמל-כח והנדסה מכנית מוצגות בטבלה 3 ו-4. תוכניות כאלה מיועדות להכשיר את הבוגרים לטפל בסוגיות כלכליות וטכנולוגיות מתוך גישה של פתרון בעיות (problem solving approach). התוכנית של הנדסה מכנית בשילוב עם מנהל עסקים היא בת 7 סמסטרים כאשר בסמסטר האחרון הסטודנט מחויב להתנסות בתעשייה לפי העקרונות הבאים:

Internship

The combination of theory and practice is a fixed component of teaching at RWTH. In order to enroll in the course of study, new students must provide documentation of **a six-week pre-internship**. It offers an initial look at metal processing. During the sixth semester students work on their own project. If they wish they can work with an external partner. **During the seventh semester**, students complete the second, **14-week internship** in accordance with the Internship Guidelines of the Examination Regulations

טבלה 3: תוכנית משולבת הנדסת חשמל ומנהל עסקים ב- RWTH Aachen

Curriculum			
Semester	Engineering Sciences	Mathematics, Natural Sciences	Business Administration and Economics
1.	Fundamentals of Electrical Engineering I: Introduction to Circuit Analysis	Advanced Mathematics I, Fundamentals of Computer Science	Introduction to Business Administration, Internal Accounting and Bookkeeping
2.	Fundamentals of Electrical Engineering II: Electrical Systems Modeling and Analysis	Advanced Mathematics II, Physics	Quantitative Methods (Operations Research), Sales and Purchasing
3.	Fundamentals of Electrical Engineering III: Signals and Systems	Advanced Mathematics III	Decision Making, Production and Logistics, Microeconomics
4.	Fundamentals of Electrical Engineering IV: Introduction to Electromagnetic Fields, Systems Theory, Computer Science Practical	Statistics for Industrial Engineers	Macroeconomics, Basics of Private Law
5.	Electrical supply systems, Computer Science Practical, Elective I, Elective II		Human Resources and Management, Investment and Financing, Introduction to Empirical Economic Research
6.	Bachelor's thesis, Industrial internship		

Curriculum		
Semester	Fundamentals of Natural Science and Engineering	Fundamentals of Business and Engineering
1	Mathematics I, Mechanics I, Physics, Machine Design I	Decision Making, Internal Accounting and Bookkeeping
2	Mathematics II, Mechanics II, Thermodynamics I, Introduction to CAD, Quality and Project Management	Introduction to Business Administration
3	Mathematics III, Mechanics III, Machine Design II, Thermodynamics II	Production and Logistics, Microeconomics
4	Machine Design III, Computer Science in Mechanical Engineering, Statistics	Macroeconomics, Quantitative Methods, Sales and Purchasing
5	Materials Science I, Control Engineering	Investment and Finance, Introduction to Empirical Economic Research
	Subjects from the selected career field	
6	Materials Science II, Introduction to Labor Science	Human Resources and Management, Basics of Private Law
	Subjects from the selected career field	
7	Internship and Bachelor's thesis	

תוכנית של תקשורת טכנית גובשה במשותף בין הפקולטה להנדסת חשמל והפקולטה למדעי החברה והרוח מתוך הבנה שבנושא זה נדרשת השכלה רב תחומית רחבה. היא בנויה על בסיס של מדעי התקשורת, communication science, (בתחומי מדעי החברה והרוח) ומלווה בהתמחות באחד ממספר תחומים: מדעי מחשב, הנדסה מכנית.

תוכנית זו מלווה גם בהתנסות בתעשייה (internship) של מספר שבועות, בשורה של מנגנונים, בתלות בכיוון ההתמחות.

התנסות תעשייתית רחבה יותר משולבת בלימודים לתואר מסטר.

◀ האוניברסיטה הטכנולוגית מינכן (TUM)

התוכנית להנדסה מכנית היא בת 6 סמסטרים, כאשר ארבעת הראשונים מוקדשים למדעי היסוד ומדעי ההנדסה. בסמסטר ה-5 ו-6 ניתן לבחור בכיווני התמחות מתוך שאיפה להמשיך לתואר מסטר. הסמסטר השישי מוקדש כולו לתיזה של תואר ראשון.

תוכנית הלימודים עברה שינוי ועדכון מתוך מטרה להרחיבה לשטחים של:

- ✓ Probability-based modelling and data processing in the context of mechanical engineering. In addition, the competent use of such software tools as MATLAB, Simulink,

CAD, CAE and PDM are taught; these tools have their application in almost all fields of mechanical engineering in both research and industry.

- ✓ In order to apply the methods and models, which have been learnt in theory, in a practical team project and to develop this knowledge in depth, a project seminar has been introduced into the course, which will communicate not only specialist technical competence in mechanical engineering but also the necessary soft skills required in theory and practice.

בנוסף נדרשת התנסות בתעשייה של לפחות 8 שבועות.

התוכנית בהנדסת חשמל וטכנולוגית מידע גם היא בעלת אופי דומה ומשלבת פיתוח כישורי חברה (social skills) והתנסות ראשונית. היא מחולקת לשני שלבים. בראשון, בסמסטרים 1 עד 4, המיקוד הוא ביסודות, ובשלב השני, סמסטר 5 ו-6, הדגש הוא על התמחות ובנוסף פיתוח כישורים רכים והתנסות:

- Semester 1-4
 - Electrical Engineering
 - Mathematics
 - Physics
 - Signals and Systems
 - Computer Engineering
- Semester 5-6
 - Engineering Practice
 - Soft Skills
 - Elective Modules
 - Bachelor's Thesis

◀ האוניברסיטה הטכנולוגית דלפט

התוכנית בהנדסת חשמל נמשכת על פני 3 שנים וכולה מורכבת ממקצועות טכניים, תוך שילוב של פרויקטים. כבר בשנה הראשונה נדרשים הסטודנטים לבצע שני פרויקטים, ולאחריהם שניים בשנה השנייה, האחד תכנון של צ'יפ והשני מכונת עם סנסורים המנוהלת מטווח רחוק למגוון של משימות. בשנה השלישית נדרשת התמחות ופרויקט גמר.

התוכנית בהנדסה מכנית גם היא בעלת אופי דומה, של שלוש שנים של מקצועות בסיסיים וטכניים, מלווים בפרויקטים.

בשלב המיינור של השנה השלישית, נדרשת התנסות מבוקרת בתעשייה, בחצי הראשון של השנה השלישית, כ-18 שבועות, על פי העקרונות הבאים:

- ✓ A good way to experience the every day practice of industrial design engineering. In the bachelor you can do the minor Internship.
- ✓ Applying for an internship has to be done through [Osiris Cases](#).
- ✓ Deliver a short update halfway through internship. For this, you need the [progress form](#). Send this form to you internship professor
- ✓ At the end of your internship you will have to deliver a company [evaluation form](#), next to your [internship report](#).

◀ האוניברסיטה הטכנולוגית בציריך, שווייץ, ETH Zurich

תוכנית הלימוד כוללת 3 שנים לתואר ראשון ושנה עד שנתיים לתואר שני, תוך שילוב של התנסות בתעשייה. השנתיים הראשונות מתמקדות בבסיס של המדעים ומדעי ההנדסה והשנה השלישית מכוונת יותר להתמחות. הקנייה שלך כישורים מעשיים משולבת כבר מתחילת הסמסטר הראשון, במסגרת של קבוצות קטנות לדיונים ופרויקטים.

במסגרת תואר המגיסטר מתקיים שילוב של לימודים והתנסות בתעשייה, ודוגמא לכך היא מסגרת הלימודים בהנדסת מכונות המוצגת בטבלה 4.

Category	ECTS	Description
Core Courses	36	<ul style="list-style-type: none"> • Foundation of the Master's Program • Core knowledge in the area of interest
Multidisciplinary Courses	6	<ul style="list-style-type: none"> • Deepening scientific knowledge • Enlarging acquired skills
Science in Perspective (SIP)	2	<ul style="list-style-type: none"> • Courses in humanities, social and political sciences offered by ETH
Semester Project	8	<ul style="list-style-type: none"> • Experience in the solution of a specific engineering problem
Industrial Internship	8	<ul style="list-style-type: none"> • 12-week internship in a company
Master's Thesis	30	<ul style="list-style-type: none"> • Independent scientific work

דגש מיוחד ניתן להתנסות בתעשייה הפועלת לפי הכללים הבאים:

Industrial Internship

- The main objective of the 12-week internship is to expose Master's students to the industrial work environment. The Industrial Internship may be completed in a Swiss or a foreign industrial company.
- The internship may be completed before starting the Master's Program or during the study program, but before the student starts the Master's Thesis. The first option is recommended. Only internships that have been completed after achieving all required credit points for the Bachelor's Program may be credited as Industrial Internship.
- It is the student's responsibility to search for an eligible internship position. To help students in their search, potential companies that may offer internship positions are listed in the internship application under "Company directory". Further positions are published on the ETH students' portal and IAESTE Switzerland or on the web page of D-MAVT.
- To acquire the 8 ECTS for the internship, the student must complete the following steps:
 - o Obtain an internship;
 - o Work in a company for at least 12 weeks;
 - o Receive a letter of confirmation from the company including the activities and tasks performed during the internship;
 - o Fill out all necessary information and upload the letter of confirmation through the internship application.

<https://www.lehrbetrieb.ethz.ch/praxis/login.view>

https://www.ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/mavt/departement-dam/studium/master-programs/documents/Master_Programs_D-MAVT_Brochure.pdf

המפגש התקיים במכללת אפקה בהשתתפות:

אבי ויזל (IBM), אבי לוי (אב"ג), אביב צנזור (טכניון), אביגדור זוננשיין (מוסד נאמן), אבינועם קולודני (טכניון), אדם שורץ (טכניון), אדו פרלמן (מל"ג), אהוד נוף (לשכת המהנדסים והאדריכלים), אור עומרי (ITS), איתי לבנון (ר' המנהל לכ"א אקדמי טכנולוגי), איתי פורמן (מכללת עזריאלי), אלון ברנע (אפקה), אמיר זיו-אב (זיו-אב הנדסה), אפרים זהבי (בר-אילן), אריה מהרשק (בראודה), ארנון בנטור (מוסד נאמן), ברוך קרפ (טכניון), גיורא שלגי (מוסד נאמן), דורון פארן (בראודה), דליה נרקיס, דנה זוהר (קרן ביחד), דניאל אלטמן (שנקר), דפנה גץ (מוסד נאמן), הנרי צימרמן (טרלידור), חיים רוסו (מולמו"פ), יגאל גוברין (איגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות), יואב סרנה (אפשטיין), יוסי רוזנוקס (אוניברסיטת ת"א), יעל קריל (אינטל), מוהנא פארס (משרד החינוך), מריאנה ווקסמן (אינטל), משה סידי (מוסד נאמן), נועה אקר (רשות החדשנות), ניל נימר (מולמו"פ), נירית גביש (בראודה), נעמי בלנק (לשכת המהנדסים), נעמי קריגר-כרמי (רשות החדשנות), עמי מויאל (אפקה), פיני פרלמוטר (HP), ציפי בוכניק (מוסד נאמן), קובי ענבר (אוניברסיטת אריאל), רוזה אזהרי (מכללת עזריאלי), רון נאומן (אלביט), רון קנת (מוסד נאמן), רענן קלנר (אפקה), רפי נווה (מוסד נאמן), שאול אליהו-ניב (תע"א), שלמה אנגלברג (המרכז האקדמי לב), שמואל קניג (שנקר), תום פסח (אגודת הסטודנטים), תמר דיין (מוסד נאמן)

ארנון בנטור הודה למכללת אפקה על אירוח הפורום והציג את סדר היום למפגש:

- דברי פתיחה
- הצגת נקודות מבט של אנשי תעשייה (5-10 דקות כל אחד) כבסיס לדיון:
 - סנעמי קריגר כרמי, הרשות לחדשנות, ראש הזירה החברתית-ציבורית
 - יעל קריל, אינטל, מנהלת למידה ופיתוח מנהיגות באינטל
 - רון נאומן, אלביט, ראש מנהל וארכיטקט ראשי
 - אבי ויזל, IBM, מנהל קשרי אקדמיה,
 - סחיים רוסו, מולמו"פ, יו"ר הוועדה לקשרי אקדמיה-תעשייה, חבר מועצת הרשות לחדשנות
- דיון בהשתתפות חברי הפורום
- סיכום

בדברי הפתיחה ארנון הזכיר בקצרה את המניע להקמת הפורום, הצורך לבחון מחדש את חינוך המהנדסים לאור השינויים של המאה ה-21. הפורום הוקם למטרה זו לפני פחות משנה והתבסס על עבודת רקע שנעשתה במוסד נאמן. הדיונים בפורום העלו ששני תחומים שצריכים לקבל עדיפות: רב תחומיות והקניית כישורים כבר במהלך הלימודים האקדמיים.

בהקשר זה גובשו הפרדיגמות שבהן נדרש שינוי ובכל אחת מהן תובנות על דרכי פעולה אפשריים.

הסיכום של כל אלה מוצג בטיטת דו"ח שהועברה לכל חברי הפורום אשר אותה אנחנו ממשיכים לעדכן באופן שוטף עם דוגמאות של good practice, וכל זאת במנגנון שכולם תורמים לגיבוש התובנות.

בנושא הכישורים, מסתמן שיש מקום חשוב וצורך לשיתוף עם התעשייה בהקניית הכישורים וזו המטרה של המפגש הנוכחי במכללת אפקה. זה מחייב פתיחות מצד שני בעלי העניין, האקדמיה והתעשייה.

התובנות שמתגבשות ניתנות כנראה ליישום במסגרות הקיימות. יחד עם זאת במפגש האחרון עלתה הסוגיה האם לא נדרש שינוי גם במסגרות, תוכניות של שלוש שנים או שילוב של תואר ראשון ושני, ואלה מסגרות שמקובלות כיום באירופה. על רקע זה הוכן במוסד נאמן מסמך ובו סקירה של תוכניות ההכשרה באירופה באוניברסיטאות מובילות אשר עברו למתכונת זו. במרבית התוכניות האירופיות משולבת בלימודי התואר השני התנסות משמעותית של כסמסטר בתעשייה, בתוכנית מובנית בפיקוח אקדמי (ראו נספחים י"ח ו"ט בדו"ח

המעודכן המצורף לסיכום). לצורך טיפול בנושא זה הוקמה תת ועדה של הפורום בראשותו של פרופ' יוסי רוזנוקס מאוניברסיטת תל אביב.

יוסי רוזנוקס הסביר את מהות הפעילות של תת הועדה שלו והכוונה להגיע לתובנות כבר למפגש הקרוב עם מל"ג/ות"ת

נעמי קריגר כרמי, ראש הזירה החברתית-ציבורית ברשות לחדשנות, נתנה סקירה על העבודה שעשו עם SNC על הון אנושי להיי-טק. כדי לענות על החוסר בהון אנושי להי טק הומלץ למצות פוטנציאל ממקורות פנימיים (כמו למשל אוכלוסיות מודרות-נשים, חרדים וערבים) ולהגדיל את העוגה עם אוכלוסיות מחו"ל. נעמי ציינה כמה אתגרים: אתגר שילוב בוגרים טריים, ערוצי הכשרה חוץ אקדמיים, ביקוש גובר למקצועות חדשים, הכשרות AI מחוץ לאקדמיה. נעמי סיכמה שנחוצה הכשרה מעמיקה, מעשית ומחוברת לתעשייה.

גיורא שלגי העיר שנכון להתייחס להון אנושי זה לא רק להיי-טק אלא לכל התעשייה החכמה המשתמשת באמצעים חכמים ומפתחת מוצרים חכמים בכל התחומים (כולל, מזון...).

יעל קריל, אינטל, הציגה סקר שהיא עשתה בין מובילים באינטל, אשר ממנו עולה שבוגרי הפקולטות להנדסה באוניברסיטאות הם עם יכולות טכניות מעולות, אבל חסרות להם תכונות ויכולות להוביל תהליכי חדשנות, בהם נדרשים 5 יכולות: התבוננות, אסוציאציות, שאלת שאלות, נטוורקינג, ניסוי וטעיה. יעל הציגה תכנית שכלולה כבר בדו"ח שהופץ על ידי מוסד נאמן בה מנטורים מאינטל ועוד חברות כמו אלביט, פיליפס ורפאל, אשר יעבירו סדנת כישורי הובלה והשפעה לסטודנטים. מתוכנן לקיים בקרוב יישום חלוץ כזה עם הטכניון.

רון נאומן, אלביט, הציג תפישה מערכתית יישומית להכשרת מהנדסים לאורך החיים, LLL, בשילוב תעשייה ואקדמיה. הנושא של LLL הוא תחום שעל מערכת ההשכלה הגבוהה להתגייס אליו ולהוביל בשיתוף עם התעשייה.

אבי ויזל, יבם, הציג את הניסיון שלו, שסטודנטים היוצאים מאוניברסיטאות מחקר הם בעלי כישורי מחקר ראויים, אבל יש להם פערים בנושאי יישום של הנדסה במיוחד בנושאים מתקדמים, כמו: הנדסת תוכנה, ענן, בלוקצ'יין ועוד...

אבי ציין שחברת יבם מוכנה לתת את המחשבים המתקדמים שלה לשימוש סטודנטים באקדמיה. אנשי יבם מוכנים להנחות פרויקטים יישומיים באקדמיה בתחומי התמחותם.

אבי הציע להקים וועדה רחבה לחשיבה משותפת לגבש תובנות היכן יהיו המחשבים בעוד מספר שנים, ואיך להכין וללמד את הסטודנטים לקראת העתיד הזה.

חיים רוזו סקר את הפערים של מהנדסים צעירים - חוסר בהתנסות מעשית ופחות מידי ראייה מערכתית. מניסיונו, ההתבססות על התעשייה כגורם מסייע בהכשרות הוא מוגבל עקב היות המשאב מוגבל ולא יציב לאורך זמן. מציע לנצל את התעשייה לפי סדרי העדיפות הבאים: חשיפת תלמידי מערכת החינוך לעולם התעשייתי, עידוד בחירת מקצועות טכנולוגיים במערכת החינוך, עידוד הבחירה בלימודי הנדסה. חשיבות גדולה להשקעה ב- LLL כדי להאריך את משך המקצוענות והרלוונטיות בתעשייה ובשוק העבודה. ממליץ לעיין בממצאי וועדת שוק העבודה ב- 2030.

יואב סרנה - ביקש שלא נשכח את צרכי ההון האנושי בתעשיית התשתיות והבנייה. תשתיות חשובות לפיתוח כל התחומים בכלכלה. יואב טוען שהאקדמיה לא פעילה מספיק בפיתוח ההון האנושי בתחומים אלו ואין מתודולוגיה מובנית בנושא זה.

מוהאנה פארס (משרד החינוך) - הוביל מהלך להכפלת היקף התלמידים הלומדים 5 יחידות מתמטיקה (ל - 18000). אין תכנית לאומית להכשרת התלמידים ל 5 יחידות מתמטיקה, אבל הכפילו את מספר הלומדים. אחוז הלומדים 5 יחידות דומה לאחוז הלומדים הנדסה. 90% מהמהנדסים למדו 5 יחידות. בהחלט נדרשת חשיבה מערכתית להגדלת היקף הלומדים ל- 5 יחידות. המורים במערכת החינוך טובים בדיסציפלינות ופחות במולטי דיסציפלינריות.

עמי מויאל - אוכלוסיית לומדי 5 יחידות מזינה לא רק את לימודי ההנדסה - רק 25% מבעלי 5 יחידות מתימטיקה לומדים הנדסה והיתר מתפצלים לתחומי לימוד אחרים – למשל 80% מלומדי רפואה הינם בעלי 5 יחידות מתימטיקה. הכפלת מספר בעלי בגרות 5 יחידות מתימטיקה והנחת שימור אחוזי הפונים להנדסה לא תאפשר קליטת כולם באקדמיה ואז יתקבלו רק הטובים ביותר.

אדם שורץ – ישנן מגבלות לגידול במספר הסטודנטים בהשכלה הגבוהה, כתוצאה בין השאר של מחסור בחברי סגל ברמה מתאימה ואין גם תכנון מערכתי כולל.

אריה מהרשק - חשוב להקנות כישורי לימוד עצמי. נכון להציע תכניות להארכת החיים המקצועיים של המהנדס. מתנדב לעשות פיילוט בבראודה בתחומים שפורום מהנדסים למאה ה 21 יהיה מעוניין בהם.

יוסי רוזנווקס – לפעילות של LLL באקדמיה דרושים משאבים וגם תמריץ ולא נראה שאלה זמינים.

אדו פרלמן – חשוב להגדיר את הפרופיל של המהנדס הנדרש לתעשייה. רגולציה מלמעלה מטה לא עובדת. סימביוזה בין אקדמיה לתעשייה - חשובה ונכון לעודד. צריכים גם חוקרים מצטיינים וגם מהנדסים מצטיינים. החינוך נכון שיהיה בעלי תכונות סימביוטיים.

רון קנת - ההתמחויות של לומדי רפואה היא בפיצוץ, עקב מחסור בשדות קליניים להתמחויות. חסר מחקר על איך מכשירים מהנדסים יותר טוב.

אדם שוורץ - לא ברור לו האם המחקר בתחומי הוראה והכשרה הוא רלוונטי והשינויים צריכים לבוא מבפנים. הביע ספק ביכולת של האקדמיה לקדם LLL בהיעדר משאבים וחברי סגל.

אמיר זיו-אב - המהנדסים צריכים גם כישורים טכניים וגם כישורי הובלה והשפעה. ייתכן שהאוניברסיטאות יתמקדו בקידום חוקרים ומחקרים, והמכללות יתמקדו בחינוך והכשרת מהנדסים. LLL מתאים למכללות.

אפי זהבי - נכון לצרף לפורום גם חברות סטרטאפ וגם חברות מו"פ רב-לאומיות. עבודה בתעשייה במשך תקופת הלימוד גורעת מאפקטיביות החינוך האקדמי. לכן מציע לרכז את תקופת העבודה בתעשייה לחודשי חופשת הקיץ. השתלמות לטווח ארוך-צעד חשוב.

רפי נווה - נראה שאין ניצול נכון של הנדסאים ובוגרי מכללות. בתכנית אנו מציעים לקיים פיילוטים חלוץ של התנסות. מציע לקיים תכנון מלמעלה למטה ופיילוטים מלמטה למעלה.

עמי מויאל - ידע מדעי והנדסי הוא הכרחי, אבל נחוצים מאד הכישרים החיוניים שהוזכרו כאן כשהמוביל מביניהם בסקר שנערך לאחרונה על ידי מכללת אפקה בקרב התעשייה הינו עבודת בצוות רב תחומי. ישנה הסכמה רחבה כי הפדגוגיה הקיימת לא רלוונטית אבל הפתרון התחליפי לפדגוגיה עדכנית אינו ידוע. האקדמיה לא צריכה לחכות אלא לפתח את דרכה קדימה וחיוני במצב זה לקדם פיילוטים שונים ולשתף פעולה - אחרת שאלת הרלוונטיות של האקדמיה תתחזק. באספקט זה שיתוף הפעולה עם התעשייה חיוני ויכול להתחיל משיתוף פעולה בשנה האחרונה ללימודים בכדי לסייע בקליטת מהנדסים חסרי ניסיון שדו"ח רשות החדשנות קבע שיש להם קושי במציאת עבודה ראשונה.

דניאל אלטמן - הפיילוטים כבר קיימים במספר מוסדות כפי שכבר מופיע בטיטת הדו"ח של פורום זה על תכנית ההתמחויות של שנקר - זה כבר לא בשלב הפיילוט וחלק מובנה מאפשרותיו של הלומדים בשנקר להשתלב ולהתנסות בתעשייה, כמו כן אשמח להבין מנעמי נציגת רשות החדשנות את ההסבר לפערים העצומים במספר הג'וניורים בוגרי המכללות אשר משתלבים בתעשייה באופן נמוך משמעותית ממספר בוגרי האוניברסיטאות ולמה?

נעמי קריגר כרמי - אכן קיימים פערים גדולים ולא סבירים, הסיבה המרכזית הנה סטיגמות של מעסיקים, סיבה אחרת משמעותית היא עדות של חלק מהמעסיקים על פערי רמה ומקצועיות (בהכללה) בין בוגרי אוניברסיטאות למכללות, ישנן מכללות מצוינות אשר בהחלט נפגעות מדימוי ה"המכללות" - וישנה דרך ארוכה בשינוי תפיסה.

דליה נרקיס - נדרש חישוב מסלול מחדש בדרכי הכשרת מהנדסים. אי אפשר להטיל על אינטל את הכשרת המהנדסים. צריך להקנות יכולות לשוק העבודה העתידי. רוב המעסיקים הם קטנים ולא יכולים להכשיר את המהנדסים. גם לימודי אנגלית זקוקים לחיזוק.

שאלו אליהו-ניב - נכון להתחיל את החינוך להנדסה בגיל צעיר. מרצים לאקדמיה אפשר למצוא בין בוגרי צבא ביחידות הטכנולוגיות ובין אנשי התעשייה.

הנרי צימרמן - יש חידושים גדולים בתעשייה כמו רובוטים חכמים ונכון גם שהאקדמיה תלמד מהתעשייה. מוכן לשת"פ עם בראודה. "נחוץ לי מהנדס מוביל ומנהל מו"מ. כיום רוב הזמן הוא יושב מול המחשב ומתכנן. זה גורם לו לניתוק מהמפעל ומהלקוחות". יש לו ניסיון טוב בשילוב סטודנטים בעבודה מעשית.

??? - גם תעשיית ה-HR צריכה להשתנות ולפתח דרכים חדשות לאיתור וגיוס מועמדים (לא על ידי קורות חיים).

אדם שורץ - צריכים התאמות בתכניות הלימודים גם במשך הלימוד וגם בתכנים. למשל, בפילנד, פחות לומדים ויש פחות הכוונה מרכזית ורגולציה. בסך הכל התוצאות בפילנד טובות.

רוזה אזהרי - נעשו במוסדות לא מעט פיילוטס וכדאי ללמוד מהם.

ארנון בנטור – תומך בגישה של יישומי חלוץ, כפי שמציעה רוזה אזהרי וגם אריה מהרשק, ומציע שהפורום יהיה במה להצגה ודיון בלקחים מיישומים כאלה. כדאי שבדיונים על יישומי חלוץ יוצגו גם הצלחות וגם יישומים פחות מוצלחים, כי יש חשיבות ללימוד גם מכישלונות.

סיכום והצעים הבאים:

הוצגו לא מעט פערים בתפיסות של חינוך מהנדסים, בין האקדמיה והתעשייה, וכן פוטנציאל וגם פערים באפשרויות לשתוף פעולה. נושאים שהוסכם שנכון לקדם: LLL, לגבש מנגנונים להקניית כישורים, לעודד יישומי חלוץ וללמוד מהם.

חשוב להביא בחשבון שנדרשת גישה פלורליסטית וזאת לאור ההבדלים בין התעשיות השונות, מבחינת ההיקף (תעשיות גדולות וקטנות), מבחינת הדיסציפליניות המקצועיות ומבחינת האופי (מוטות יותר או פחות לפיתוח).

מבחינת הצעים הבאים הכוונה היא לקיים בחודשים הקרובים מפגש עם מל"ג/ות"ת, לסעור מוחות ולגיבוש ביחד של תובנות שניתן יהיה ליישמן, בין אם ברמת המוסדות ובין אם ביוזמות של מל"ג/ות"ת. מבחינת הפורום הכוונה גם לעודד יישומי חלוץ שניתן יהיה לעקוב אחריהם והפורום יוכל לשמש במה ללימוד לקחים ולפיתוח דרכים חדשות בהתבסס על הניסיון של כל השותפים בפורום.

לאחר המפגש באפקה, תואם מועד המפגש עם ות"ת/מל"ג, והוא יתקיים ביום שני, 8.4.2019 בשעה 16:00 – 18:30 במוסד נאמן בטכניון ומשכו יהיה שעתיים וחצי. במפגש ישתתפו פרופ' יפה זילברשץ, יו"ר ות"ת, ופרופ' אדו פרלמן סגן, יו"ר מל"ג.

להלן מספר אירועים הרלוונטיים לפורום:

- הכנס הבינלאומי בנושא קשרי אקדמיה-תעשייה, מוסד נאמן בטכניון, 18-20 למרץ.
- המפגש של הפורום עם ות"ת/מל"ג בחודש אפריל, 8.4.2019 בשעה 16:00 – 18:30 במוסד נאמן בטכניון, בהשתתפות יו"ר ות"ת וסיו"ר מל"ג.
- הכנס השנתי באפקה "הון אנושי הנדסי", 22.5.2019

כא. נספח כ"א' מינוף תעסוקת הסטודנטים בתעשייה להקניית ה'כישורים החיוניים' במקביל ללימודים

רפי נווה

בפורום הקניית כישורים במסגרת פרויקט חינוך מהנדסים במאה ה - 21 זוהו ה'כישורים החיוניים' אשר רצוי להקנות לסטודנטים, בנוסף לידע והמומחיות המקצועיים/טכנולוגיים. זוהתה התובנה שהדרך האפקטיבית להקניית כישורים אלה היא לא דרך לימודים פרונטליים – כי אם בהתנסות מעשית.

האתגר הוא כיצד להוסיף את המאמץ החינוכי הזה במסגרת המשאבים הנתונים במוסדות האקדמיים.

להלן, מוגשים רעיון/הצעה, המחייבים ליבון ושיפור, כיצד לנצל את המציאות הקיימת ולהקנות את הכישורים, כמעט ללא הוספת עומס על משאבי ההוראה והחינוך הקיימים, מבלי להעמיס באופן ניכר את המעסיק מן התעשייה ומבלי להטיל מטלות כבדות חדשות על הסטודנטים העמוסים ממילא.

- ברוב מוסדות הכשרת מהנדסים, דוגמת הטכניון, בשנים שלישית ורביעית של הלימודים – הרוב המוחלט של הסטודנטים בפקולטות הפופולריות (חשמל, מדעי מחשב, מכונות, ביו-רפואה וכו') – עובדים יומיים בשבוע בתעשייה.
- במציאות הנוכחית – אין כל קשר בין העבודה הזו (שטובה לפרנסה/קיום של הסטודנטים – כמו גם מהווה אמצעי מצוין, דו-צדדי, עבור המעסיק והסטודנט להיכרות הדדית בכדי להעריך התאמה להמשך תעסוקה עם סיום הלימודים) לבין תכנית הלימודים של הסטודנטים.
- אם ניתן יהיה לעבוד בתיאום, בין המעסיק והאוניברסיטה/מכללה – כך שאותה עבודה במסגרת התעשייה תנסה גם לקדם את היעד של הקניית 'כישורים חיוניים' לסטודנטים, אזי ניתן להשיג את היעדים כמעט ללא תוספת משאבים במוסד החינוכי. (למשל, חונכות לעבודת צוות, לניהול יעיל של ישיבות, להבנה עסקית של הפרויקטים, להובלת שינויים, לקבלת החלטות ועוד...).
- דהיינו: שילוב של חניכה, הן ע"י מהנדס/מנהל בכיר מטעם המעסיק התעשייתי והן ע"י חונך מן המוסד האקדמי – כדי לחשוף את הסטודנט לתרגול של 'הכישורים החיוניים' במהלך עבודתו במפעל – כמו גם מינוף העבודה המקצועית ההנדסית – להטמעה של כישורים ומיומנויות בדרך של עבודה מעשית.
- אם הסטודנט ימשיך בעבודתו באותה חברה – היא תצא נשכרת מן ההשבחה שלו לאורך כל הקריירה.
- ניתן, גם להבנות את תהליך ההעסקה/השמה באותן חברות לתועלת שלושת הצדדים (המעסיק התעשייתי, המוסד האקדמי והסטודנט). דומה במובן מסוים ל-סטאז' של סטודנטים למשפטים או ראיית-חשבון – אבל, לא עם סיום הלימודים, כי אם – במקביל לשנתיים האחרונות (כדאי למנף 'צילום המצב הקיים' ולהתאים את יעדינו למציאות בשטח).
- ייתכן, שיש מקום להתחיל עם מספר חברות מובילות (דוגמת אינטל, רפאל, אלביט ...) – ולאחר שנה/שנתיים של פיילוט – להפיק לקחים ובמידה ומצליח – להרחיב לכל התעשייה.
- מוצע לגבש צוות מצומצם מתוך הפורום שידון בנושא ויעצב את הרעיון לכלל הצעה מובנית, כולל תהליך יישום והטמעה.

כב. נספח כ"ב' מודלים לעבודת סטודנטים בתעשייה במנגנון שיאפשר התנסות ללא פגיעה בלימודים

ראובן כץ

הרקע: עבודת סטודנטים בזמן הלימודים כרוכה לדעת רבים בפגיעה חמורה במהלך הלימודים. הבעיה מתרכזת בעיקר בפקולטות המבוקשות על ידי התעשייה (הנדסת חשמל, מדעי המחשב, הנדסת מכונות, הנדסת אווירונאוטיקה וחלל), אך גם באחרות.

ההערכה היא שבמצב זה כולם מפסידים: הסטודנט, המוסד בו הוא לומד והתעשייה.

מטרת המודלים המוצעים: להקטין ככל הניתן את מספר הסטודנטים שעובדים בשנתיים האחרונות ללימודים, ואולי בעקבות כך לשנות את התרבות הנהוגה במוסדות להשכלה גבוהה המחנכים מהנדסים.

בשלב הראשון קהל היעד יהיו מספר נבחר של סטודנטים (עשרות עד 200) בעלי פרופיל הצטיינות (למשל: בעלי ממוצע מעל 90 בסמסטר רביעי) מהפקולטות שיוגדרו כמבוקשות על ידי התעשייה.

ניתן להעריך שתוכנית המבוססת על הלוואות קיום לא תהיה מקובלת על מרבית הסטודנטים. לעומת זאת, סטודנטים רבים מוכנים לשקול בחיוב קבלת מלגות קיום ולהתחייב שלא לעבוד (סקר שבוצע לאחרונה ע"י חזן ולבוטנין ואמור להתפרסם ב-Tomorrows Professor).

חלופות אפשריות של מודלים:

1. תוכנית שתאפשר עבודה משמעותית במעבדות המחקר של המוסד שתאפשר קיום, כלומר הכנסה של 30,000 ש"ח ל-9 חודשים); תוכנית כזו מופעלת כיום בטכניון, תוכנית # סולמות; לכך נדרשת תמיכת החוקרים והנהלה.
2. פנייה של המוסד לתורמים שיתמכו בסטודנטים למשך שנתיים. מדובר בכ- 30,000 ש"ח לשנה. ייקבעו כללי קבלת המלגות וכן חובת הדיווח לתורמים וכד'.
3. פניה לתעשייה להעניק מלגות לסטודנטים באותו ההיקף, 60,000 ש"ח, (לשנתיים) ותמורתה התחייבות הסטודנט לעבוד עם סיום הלימודים לפחות שנתיים בחברה.
4. פנייה לתעשייה לפתח תוכניות להעסקת סטודנטים למשך 9 חודשים בסוף הסמסטר השישי כאשר הסטודנט יוצא לחופשה לסמסטר + הקיץ הצמוד לו. הופעלה בזמנו תוכנית כזו בטכניון, תוכנית "סנדוויץ'", ללא מלגה.
5. כנ"ל הצעת עבודה בשני סמסטרי קיץ שאחרי סמסטר 4 וסמסטר 6, בתמורה למלגות הקיום כנ"ל והתחייבות לעבודה בחברה

כל אחד מאלו הוא מודל אפשרי המחייב את תמיכת הנהלת המוסד וכמובן של התעשייה. יתכן ושילוב כל אלו ביחד יכול לתת מענה לצורך.

כג. נספח כ"ג' מודלים חדשים לשיתוף פעולה בין האקדמיה והתעשייה בחינוך מהנדסים

יעל קריל, רפי נוה, ארנון בנטור, שלמה מיטל

רקע

במסגרת תהליך החשיבה של חינוך מהנדסים במאה ה-21 זוהה הצורך להקנות לסטודנטים להנדסה במהלך לימודיהם האקדמיים יכולות הובלה, השפעה, תקשורת והתנהלות בינאישית, בנוסף לידע והמומחיות בתחומי הליבה המדעיים והטכנולוגיים. מדובר במגוון של כישורים בתחומים כדוגמת חשיבה עצמאית, יצירתיות, תקשורת, לימוד עצמי, עבודת צוות ואוריינטציה גלובאלית. השתרשה ההכרה שהקניית כישורים אלה, או לפחות יצירת תרבות שתפתח אצל הבוגרים את ההכרה בהם, צריכה להיות חלק מהיעדים של החינוך האקדמי, מתוך הבנה שכאשר הידע זמין, ערכו של היחיד הוא בהובלת תהליך שישתמש בידע כדי לחקור או ליצור מודלים או מוצרים חדשים. זאת בשונה מהעבר, שבו הגישה הייתה שכישורים אלה יתפתחו באופן הדרגתי אצל הבוגרים במהלך הקריירה שלהם, תוך התנסותם בעבודה בתעשייה, ואין זה מתפקידה של האקדמיה לטפל בנושא זה.

ההקניה של כישורים אלה מהווה אתגר מורכב כתוצאה ממספר של אילוצים, אשר הבולטים בהם הם:

- הקניית הכישורים שלא על חשבון ליבת החינוך המדעי וההנדסי.
- צורך בשיטות חינוך המתבססות על התנסות ועבודה בקבוצות קטנות, וזאת במערכת אשר בה יחס סטודנטים/סגל הנו גבוה ואין סיכוי לשנות אותו באופן דרסטי בעתיד הנראה לעין.
- חברי סגל אקדמי אשר הכשרתם והתמחותם מקנה להם יכולות בולטות בחינוך בליבת המדע וההנדסה אך לא בתחומי כישורי ההובלה וההשפעה.

על רקע של הצורך והאילוצים, ובמהלך תהליך החשיבה בפורום של חינוך מהנדסים במאה ה-21, התגבשה התובנה שכדי לקדם את נושא הקניית הכישורים, יש צורך בגיבוש מודלים חדשים לשיתוף פעולה בין האקדמיה והתעשייה. שיתוף זה מחייב לא רק בנייה של מנגנונים חדשים אלא גם שינוי תרבותי אצל השותפים הפוטנציאליים:

- הבנה של התעשייה שיש לה אחריות ומחויבות להיות שותפה בתהליך החינוך, מתוך הכרה ערכית ומתוך תובנה שבכך ניתן יהיה לקדם הון אנושי בעל כישורים מתאימים יותר לעידן של המאה ה-21.
- הכרה של האקדמיה שהשותפות עם התעשייה הנה הכרחית לקידום הקניית כישורים, מתוך ראייה שהתרומה של התעשייה איננה רק בשליחת מומחים כמורים נספחים במקצוע כזה או אחר.

עקרונות למודלים חדשים

כיום כבר קיימים שיתופי פעולה במספר רב של מנגנונים, אך מרביתם בנויים סביב מסגרות קיימות של קורסים או פרויקטים, אשר בהם מומחים מהתעשייה משמשים כמורים נספחים. פעילויות אלה, שהן לכשעצמן בעלות ערך, צמחו בדרך כלל מלמטה למעלה, כתוצאה של יוזמות מקומיות ולא כחלק של מדיניות מוכוונת. על כן, האימפקט שלהן הוא קטן יחסית ומספר הסטודנטים המעורבים הנו מוגבל.

העקרונות שצריכים להנחות בפיתוח מודלים חדשים, שתהיה להם השפעה רחבה ועמוקה יותר, צריכים להביא בחשבון את האילוצים שתוארו לעיל, ובו זמנית ליצור את התשתית אשר תוכל להתניע שינוי תרבותי אצל שני הארגונים, אקדמיה ותעשייה, בכל הקשור לשיתוף הפעולה. לפיכך חשוב שהקידום של מודלים אלה יותנע ע"י שילוב של top-down ו-bottom-up אצל שני השותפים, ויתבסס על מנגנונים שיש אתם כבר היכרות וניסיון אצל כל אחד מהשותפים.

מתווים אפשריים למודל יישומי:

- סדנא התנסותית של יומיים עד שלושה שתתקיים בתעשייה, תוך התבססות על מודלים בתעשייה להכשרת מהנדסים בוגרים, בדגש על רכישת כלים, תפיסות והתנסויות שתומכות בכך.

- תכנון וניהול הקורס יהיה במשותף על ידי איש תעשייה וחבר סגל המוכן להיות "צ'מפיון", שרואה ערך בהקניית ידע וכלים מעולמות תוכן נוספים לסטודנטים. חבר הסגל יהיה אחראי מטעם הפקולטה הרלוונטית, אמון על קידום הנושא בפקולטה, בחירת הסטודנטים שיוכלו להרוויח מתכנים אלה וכן ילווה את הסדנא עצמה.
- הסדנא תתקיים בחופשה שבין סמסטרים או בחופשת הקיץ מיד לאחר סיום הלימודים, כך שתאפשר את מרחב הזמן ללמידה, חוויה והתנסות, מבלי לפגוע בלמידה אקדמית. יש עדיפות לקיום הסדנא בסיומה של שנת הלימודים השנייה ובמהלך השלישית.
- רוב הקורס יהיה מבוסס על עבודה בקבוצות קטנות עם מנטורים מהתעשייה, אשר אליהם מתלווים סגל מהאוניברסיטה, במיוחד משתלמים לתואר מסטר אשר להם ניסיון בתעשייה או דוקטורנטים ופוסט דוקטורנטים אשר פועלים ליישום ומסחור של המחקר שלהם.
- היקף הקורס יהיה 16-24 שעות מגע, ובנוסף עבודות בית, והוא יקנה 1 עד 2 נקודות זכות אקדמיות.
- המנטורים מהתעשייה יהיו מובילים טכנולוגיים בעלי יכולת השפעה ודחיפת תהליכים ארגוניים או לחלופין מנהלים בעלי ראייה רחבה. המנטורים, הן מהתעשייה והן חברי הסגל שילוו את התכנית, יעברו "הכשרה" לקראת תפקידם המלווה בתכנית.
- הסדנא הראשונה (הפיילוט) תוכל להתקיים באינטל, על בסיס התכנים המתקדמים המועברים באינטל; עם הזמן ניתן יהיה להרחיב מודל זה של שיתוף פעולה גם לחברות נוספות, כדי לכסות את מגוון הדיסציפלינות התעשייתיות.

היבטים מיוחדים של מודלים על בסיס עקרונות המתווה:

- הבסיס למתווה המוצע הוא תוכניות השתלמות שקיימות בתעשייה עבור עובדים חדשים ומנוסים, כאשר התכנים שילמדו הם כאלה שזוהו על ידי התעשייה ככלים ומיומנויות קריטיות עבור מהנדסים, שנועדו לקדם חדשנות טכנולוגית ותהליכית.
- תוכניות מרוכזות לקורסים קיימות בתוכניות אקדמיות, בעיקר בלימודי MBA, שהן בעלות אופי דומה למוצע כאן, ועל כן אין מדובר בדרך פעולה שהיא חדשה לגמרי באקדמיה.
- התוכנית תתקיים בתעשייה, כך שהסטודנטים "יספגו" את התרבות התעשייתית, את הנורמות וההתנהלות, וכן יזדמן להם לקיים מפגשים בלתי אמצעיים עם מנהלים או בכירים בתעשייה. במקביל יהיו מעורבים בתכנית חברי סגל מהאקדמיה, על מנת להבטיח את האיכות האקדמית של הלמידה ועל מנת ליצור חיבורים תכניים ותהליכיים בין הלמידה ההתנסותית לזו האקדמית.
- האינטראקציה בין הסגל האקדמי והתעשייתי שיהיו מעורבים בכל קורס, בפיתוח ובהובלה שלו, צפויה ליצור קרבה אשר תתרום בוודאי לקידום שינוי תרבותי ויצירת הבנות בשני הארגונים, שיאפשר צמיחה של צורות נוספות של שיתופי פעולה.
- הקורסים יתקיימו בתקופת החופשות בצורה מרוכזת, כך שמצד אחד יאפשרו חשיפה אפקטיבית לתרבות בתעשייה ובו בזמן לא יפגעו בלימודי הליבה.
- יש להניח שפרטי המודלים יהיו שונים עבור תעשיות ודיסציפלינות שונות.

הפעלת המודלים החדשים

- ההפעלה של מודלים חדשים ברוח זו מחייבת ראשית כל הסכמה, הבנה ותמיכה של ראשי הארגונים, האקדמיה והתעשייה.
- לאחר קבלת ההסכמה והתמיכה ניתן יהיה לאתר "צ'מפיונים/שגרירים" בשני הארגונים מתוך מטרה להפעלת מספר תוכניות פיילוט ומעקב אחריהן.

- לאור ההצלחה של תוכניות הפיילוט ניתן יהיה להרחיב את היישום של מודלים אלה, כאשר המטרה היא להעביר דרכם לפחות כרבע מהסטודנטים בטכניון בכל מחזור. מדובר בכ- 600 סטודנטים לשנה, דהיינו כ- 7 קבוצות של 90 סטודנטים כל אחת, כמפורט בתוכנית של קורס הפיילוט.
- מוצע להתחיל בתוכנית פיילוט בפקולטות הקשורות עם תעשיית הטכנולוגיה העילית, אשר שם יש פתיחות גדולה יותר לשיתופי פעולה מסוג זה.

קורס פיילוט

מוצע קורס פיילוט ובהנחה שיצליח – יהווה מודל לחיקוי ובסיס למספר רב של קורסים דומים בשיתוף מספר חברות תעשייתיות ומספר אוניברסיטאות.

מספר עקרונות מנחים:

- הקורס ייועד, בשלב ראשון, לסטודנטים בשנת הלימודים השנייה, בעיקר בפקולטות להנדסת חשמל ולמדעי המחשב (זה השלב בו אינם עובדים בתעשייה, עדיין, והערך המוסף לסטודנטים רב יותר; כמו כן, יכולה החשיפה של החברה התעשייתית, בשלב זה, לסייע לזהות ולמשך סטודנטים פוטנציאליים לתעסוקה בחברה).
- הקורס יינתן במתחם החברה ויהיה מרוכז במשך 2-3 ימים מלאים (היקף זה שווה ערך לכ- 16 – 24 שעות מגע, המאפיינות קורס סמסטריאלי של 1 – 2 נקודות זכות אקדמיות, ולכן – יגביר את המוטיבציה להשתתפות).
- הקורס יינתן במרוכז בחופשה בין הסמסטרים או לאחר בחינות הסמסטר – כך שלא יתנגש עם מערכת שעות הלימוד הרגילות.
- החברה התעשייתית תגדיר את תכני הקורס במשותף עם המוסד האקדמי, ואת מפרט השעורים/תרגילים ממנו הוא בנוי.
- סדנא תמנה כ- 90 סטודנטים המחולקים ל- 15 קבוצות בנות 6 משתתפים. לכל צוות כזה יוצמד חונך/מנטור מן התעשייה (מנהל מנוסה) שינחה את פעילות הצוות, ובמידת האפשר יצורף גם מנחה שותף מהאקדמיה, דוקטורנט או מסטרנט, בעל ניסיון מהתעשייה.
- השותפות של אנשי אקדמיה בניהול הקורס ובהנחיה תאפשר לוודא את מעורבות הפקולטה בתהליך וחשיפה של הצוות האקדמי לתהליך ולתכנים.
- במהלך הסדנא, הסטודנטים יקבלו שאלה / אתגר ארגוני / עסקי אותו יצטרכו לפתור תוך כדי שימוש במתודולוגיות שיילמדו בסדנא
- ייתכנו מודלים שונים ליישום השאלה/אתגר ארגוני: האם כל הצוותים יתמודדו עם אותו 'פרויקט/אתגר' – או לכל צוות יוגדר פרויקט שונה? האם הצוות עצמו יוכל לבחור ולהגדיר את הפרויקט? האם נרצה לנהל תחרות בין הצוותים? על פי אילו קריטריונים?

דוגמאות לנושאים לקורסים:

- Innovator DNA
- תכנון אסטרטגי ותהליכי של פרויקט טכנולוגי חדשני
- כיצד לעודד יזמות פנים ארגונית?
- מודלים לקידום שתופי פעולה תוך וחוץ ארגוניים

דניאל אלטמן

- דרכים ומודלים לשילוב התעשייה במאמצי החינוך וההכשרה במהלך הלימודים.
- שילוב הסטודנטים כנכס ומשאב בעל עניין בתכניות החינוך וההכשרה החדשות.

מטרת היוזמה: הסטודנט ירכוש ניסיון, מומחיות, ידע וכלים חברתיים ומעשיים להצלחה בעולם התעשייה באמצעות סדרת הרצאות וסדנאות משולבות בתכנית התמחות מעשית בחברות סטארט-אפ וחברות טכנולוגיות מובילות.

מטרה נוספת בקורס הינה לעודד את הסטודנטים לאתגר את עצמם, ולשקול את האפשרויות להתפתח ולהתגבר על מכשולים בדרך לקריירה מזהירה. מטרת אלו יושגו ע"י הכרות הסטודנט עם גורמים בעולם התעסוקה וב eco-system של עולם הסטארט-אפ.

היוזמה החלה Bottom-Up בהובלת סטודנטים ממועדון היזמות Dots ומנוהל בפועל בשיתוף מלא בין הפרופסור האקדמי לבין רכזת התכנית שהינה סטודנטית. הקורס החל כפיילוט המקנה 2 נק"ז כלליות, ולאחר הצלחתו מוגדר כ-4 נק"ז מקורסי ההתמחות. הקורס מתנהל באנגלית ופונה לסטודנטים מכלל המחלקות והדיספלינות בשנקר (שסיימו שנה ב').

החברות אינן משלמות שכר לסטודנטים אך מעניקות מנטורינג וליווי כתנאי לקבלת מתמחה/ים.

מספר סטודנטים בקורס הינו 25-50 סטודנטים במחזור.

השיטה המוצעת ליישום היוזמה:

נושאים אשר יילמדו בקורס: חשיבה הסתכלות (OBSERVATION) וסקרנית כבסיס לחדשנות. | סודות networking היעיל. | כיצד יראו מקצועות העתיד? | איך להשיג את עבודת חלומותיך? | המפתח לראיון עבודה מנצח. | כישורי העברת מסרים ועמידה מול קהל. | חשיבות כישורי storytelling. | חשיבה יצירתית כתהליך דו שלבי. | **סיכום:** האתגר בדרך לקריירה מצליחה.

תכנית פעולה מוצעת:

In this course, students will gain expertise, knowledge, as well as professional and social tools, through a series of academic lectures and workshops, combined with a hands-on internship program in which they will spend 120 hours, doing productive professional work at leading startups and technology-based companies.

The course will be open to students who have successfully passed the entrance interviews and have been accepted by one of the companies.

To complete the course, they will have successfully carried out the company internship, attended the lectures, receive a review from the Mentor and done the assignments.

מדדי הצלחה:

- משובי סטודנטים.
- משובי חברות.
- מספר הסטודנטים המשתתפים גדל ממחזור למחזור. מספר הסטודנטים המקבלים הצעות תעסוקה מיידיות בחברות בהם התמחו, עומד על כ-30%.

- הקורס מנוהל ע"י רכז מטעם הסטודנטים אשר מבצע את כל התהליך ההכנה ובליווי פרופסור אקדמי לתכנים ובקרה על איכות ההתמחות.
- ההתמחות נעשית באופן יחיד \ צוותים רב תחומיים.

כה. נספח כ"ה חניכה של מהנדסים בארגונים תעשייתיים כתהליך השלמת חינוך מהנדסים לעבודה יישומית בתעשייה

אנה סולודקין, רפאל

כללי

חניכה מקצועית של מהנדסים חדשים הנקלטים בארגון תעשייתי היא פרקטיקה מקובלת בחלק מהארגונים התעשייתיים, כחלק חיוני בתכנית קליטת המהנדסים לעבודה יישומית במפעל. החניכה מבוצעת על ידי מהנדסים וותיקים יותר אשר מוכנים להשקיע מזמנם לחניכת עובדים חדשים. החניכה מבוצעת לרוב על פי תכנית חניכה שהוכנה על ידי המהנדס החונך, אושרה על ידי גורם ממונה וסוכמה עם המהנדס החניך בשיחת תיאום ציפיות. משך החניכה הוא לרוב ממספר חודשים עד שנת עבודה-ברפאל מדובר בשנתיים עד שלוש למהנדסים ופיסיקאים. בסיומה של תקופת החניכה משתדלים להפיק לקחים באופן משותף על החונך והחניך, האם החניכה הייתה אפקטיבית ותרמה את תרומתה המצופה להכנת המהנדס החדש לעבודה במפעל.

ממצאי סקר/מחקר איכותני

במסגרת סקר איכותני שבוצע בארגון תעשייתי מסוים בוצעו ראיונות עם 8 עובדים (4 חונכים ו-4 חניכים), ממחלקות שונות. בנוסף, בוצע ניתוח תוכן של 6 תכניות חניכה במחלקות שונות. בשלב הסופי בוצעו שיחות חופשיות (נוספות) בנושא חניכה עם 2 ראשי מחלקות.

התובנות העיקריות מניתוח מידע שהתקבל מראיונות העומק עם עובדים חדשים וחונכים הינן:

- 1. מבנה תכנית חניכה:** מיוחסת חשיבות רבה לבניית תהליכי החניכה בארגון בסדר לוגי נכון, תוך עליה הדרגתית ברמת המקצוענות הנדרשת. יש לפרט את היקפי הפעילות/הלימוד ומטרות של כל שלב. יש להקפיד על מינון נכון של הידע הנלמד, בהתאם לשלב בו נמצא החניך. בנוסף, יש לפרט בצורה ברורה את הממשקים בארגון מולם החניך אמור לבצע עבודה בהמשך, כולל הסבר על תפקיד של כל ממשק וצורת התקשורת ביניהם.
- 2. ניטור ומדידה:** מומלץ להפוך תהליך חניכה למדיד, כלומר, בנוסף ליעדים לכל שלב (אשר יכולים להיות מוגדרים באופן מילולי), ניתן לפתח מדדים של רמת בשלות של החניך, כנגזרת מהצלחתו בביצוע משימות מעשיות. אי לכך, הצלחת החניכה תימדד באופן כמותני. אפשרות נוספת לכימות הצלחת החניכה – מדד עמידה ביעדים.
- 3. אימון ותרגול:** מפתח להצלחת החניכה – הצבת משימות פרקטיות לחניך (ברמת מורכבות מתאימה לרמת הבשלות שלו בכל שלב של חניכה), תוך ליווי צמוד של החונך או גורם מקצועי רלוונטי אחר. יחד עם זאת, החל מרמת בשלות מסוימת החניך מרגיש צורך ממשי בהתמודדות עצמאית עם אתגרים.
- 4. לימוד תיאורטי:** לימוד תיאורטי לא נכון שיהיה השלב ראשון בחניכה, ברוב הנושאים נכון שההתנסות הפרקטית צריכה להקדים את הלימוד העיוני. לעתים קרובות משך ונפח של לימוד תיאורטי רציף (כפי שהוגדר בתוכניות חניכה מסוימות היום), פוגעים בתהליך חניכה.
- 5. קריאת חומר מקצועי עיוני:** החניכים לרוב לא מבינים מה המטרה הסופית של קריאת החומר, הם זקוקים לדעת מהו סוג הבעיה שפתרונה דורש ידע בנושא הנלמד.
- 6. חונך זה תפקיד:** על הארגון להכיר בעובדה שהצלחת תהליכי חניכה נדרשים חונכים שעברו הכשרה בהיבטי חניכה, שהם בעלי יכולות מתאימות (הן מבחינה מקצועית והן מבחינה אישית) ואשר מבצעים חניכה כחלק מתפקידם בארגון, כלומר, מקבלים הקצאת זמן לביצוע החניכה.
- 7. חיזוק מוטיבציה של חניך:** שיחות משוב תקופתיות, מדדים ויעדים ברורים, הגדרת נושאים ללימוד עצמי תוך הפניה למקורות מידע אלה הגורמים העיקריים לחיזוק המוטיבציה. ניטור ומדידה של תהליך חניכה אמור להציף בעיות בזמן אמת. החונך צריך להיות זמין כדי לזהות ולפתור בעיות בעת שהן מתגלות.
- 8. תכונות עיקריות של חניך טוב:** רצון ויכולת ללמוד, עצמאית ומול חניך. אמינות, דיווח מידי על טעויות ותקלות. קליטה מהירה, יצירתיות. יוזמה. התלהבות, שאיפה ליותר.

9. **חניכה אינה תהליך חד-פעמי:** חסרות תכניות חניכה לנושאים ספציפיים שהופכים להיות רלוונטיים עם צבירת ידע וניסיון (למשל, חניכה למובילי חבילות עבודה, חניכה למהנדסי ניסויים).
10. **העברת ידע:** קיים ידע סמוי בארגון, נדרשים מנגנונים להפיכתו לגלוי בתהליך החניכה.

סיכום

חניכה מקצועית היא כלי חשוב להכנת מהנדסים חדשים לעבודה יישומית במפעל תעשייתי. צוינו לעיל מספר תובנות מסקר צנוע של חונכים וחניכים שבוצע בארגון תעשייתי, שיכולות לשמש בארגוני תעשייה המעוניינים ליישם תהליכי חניכה כחלק מתהליך קליטת מהנדסים חדשים. מומלץ לקיים, להרחיב ולהעמיק תהליכי חניכה של מהנדסים חדשים. מומלץ ללמוד ולהפיק לקחים מתהליכים אלו כדי לשפר את האפקטיביות של תהליכי החניכה של מהנדסים בתעשייה.

ההכרה בצורך לשלב בחינוך מהנדסים גם הקניית כישורים מיוחדים וחשיפה לתרבות התעשייתית מעלה את הדילמה לגבי הפרופיל של חברי הסגל האקדמי העוסקים בהוראה. התרבות האוניברסיטאית מבוססת על מחקר מתקדם, תשתית בעיקרו, מתוך ראייה מוצדקת בפני עצמה, שהרחבת חזית הידע המדעי הכרחית לקידום טכנולוגי על כל המשתמע מכך לגבי הכלכלה והחברה. על כן, הפרופיל של חברי הסגל הוא בעיקרו הומוגני בהיבט זה, והיכולת שלהם לקדם ולתת מענה לפיתוח הכישורים והחשיפה לתרבות התעשייתית הנו מוגבל. המנגנונים השונים שהוצעו בדיונים של הפורום יכולים לקדם בהשגת מטרות אלה, אך הם בעיקרם תלויים במעורבות של מומחים מהתעשייה אשר יש להם מחויבויות רבות, וקידום החינוך של מהנדסים הוא מטלה נוספת, מעבר לאחרות, שלעיתים יש להן קדימות.

כמו בכל נושא אחר באוניברסיטאות, וגם בארגונים אחרים, קידום של נושאים חדשים, גם כאשר כולם מכירים בנחיצותם, מחייבים מובילים ("צ'מפיונים"), שיש להם מעמד בתוך הארגון, ומוטיבציה ויכולות לקדם נושא חדש כזה. על רקע זה, השתרשה ההכרה באוניברסיטאות^{23,22} מובילות שיש להקנות גיוון לפרופיל של חברי הסגל הבכירים, ע"י פתיחת השורות למספר לא גדול (10% עד 20%) של חברי סגל בעלי פרופיל תעשייתי, אשר מוגדרים כ- Professor of Practice.

ההתייחסות בארה"ב לנושא זה מסוכמת במסמך שהוצא ע"י אוניברסיטת Georgia Tec, נספח A. הפרופיל של Professor of Practice והציפיות בהעסקתם ותפקידם דומות באופן כללי באוניברסיטאות בארה"ב, ודוגמא טיפוסית מוצגת בנספח B, למינוי בקולג' להנדסה באוניברסיטת קורנל, כאשר הכללים מתייחסים גם למינויים בקמפוס באיטקה ולקמפוס החדש בניו-יורק, Cornell– Tec.

עיקרי העקרונות במינויים אלה:

הפרופיל

מעמד מוביל ובעל השפעה בתעשייה עם ניסיון עשיר, בשנות ה-50 לחייהם, או לקראת פרישה. להלן ציטוטים מתקנות של אוניברסיטאות:

- Professors of the Practice will be distinguished academicians and practitioners who have had a major impact on fields important to Georgia Tech's teaching and research programs, and who are committed to enhancing Georgia Tech's programs and reputation. They have substantial bases of experience, normally of at least 10-15 years, and a national/international reputation for excellence have rich and extensive backgrounds in fields and disciplines related to the school or college of appointment at Georgia Tech.
- Within the university, the PoP is expected to serve as a role model for faculty members contemplating initiating a start-up and as a link between the university's business school and science departments. These faculty are expected to work closely with the science city theme leaders, making significant contributions in developing translational activities and associated education programs

²² Professor of the practice: bridging industry and academia, Ollivier de Weck, MIT Faculty Newsletter, March/April 2005

²³ Professors of Practice and the Entrepreneurial University, Henry Etzkowitz and James Dzisah, International Higher Education, pp 10-11, Etzkowitz, H and J Dzisah 49 (Fall), 2007.

הציפיות

בכל מינוי ספציפי מוגדרות הציפיות של המחלקה הממנה, ועל פיהן ייקבעו ההערכות של הצלחה והמשך המינוי לאחר מכן. דרך פעולה זו שונה ממינויים רגילים והיא משקפת את הצורך לגמישות ולהתאמה של הפרופיל והציפיות למטרות וליעדים מוגדרים של היחידה האקדמית, להבדיל מחבר סגל במסלול הרגיל ששם השיפוט הוא בעיקר על מעמד מחקר ולא דווקא תחומי הפעילות.

ציטוטים מתקנות של אוניברסיטאות:

- General duties and responsibilities must be agreed upon in advance with each Professor of the Practice and his/her chair and/or dean. They may include teaching, research, and service, or some combination thereof. It is expected that Professors of the Practice will set personal/professional goals consistent with those of the Institute and their College, School, or Center.
- Evaluation criteria: For each Professor of Practice appointments, there must be a specific job description and evaluation criteria established for the annual evaluations for the salary improvement program. This document will be used in selecting the candidate for the position, as well as in ongoing evaluations of the Professor of Practice once they arrived, including

משך המינוי ותנאי העסקה

המינוי הוא ללא קביעות אך יחד עם זאת צפוי להיות רב שנתי, כשהוא מתחדש מדי כל תקופה בהתבסס על הערכת הביצועים, בהתבסס על ההגדרה של התפקיד כפי שגובשה בתחילת המינוי (job description). משך מינוי הוא בדרך כלל בין 3 ל- 5 שנים, ובהרבה מקרים ללא הגבלה על המשך הכולל.

לאור אופי המינוי והעסקה יש מקום לפתח מנגנון של חוזה מיוחד, בשונה מהעסקה של חבר סגל במסלול האקדמי הרגיל.

ציטוטים מתקנות של אוניברסיטאות:

- Professors of the Practice may be hired with the *expectation* of a multi-year appointment, but, like untenured professors at any rank, the Institute may decide not to renew their annual contact prior to the end of that expected term.

נספח A

נספח מתוך מסמך של אוניברסיטת Georgia Tech להקמת מסלול Professor of Practice

APPENDIX A

“PROFESSOR OF THE PRACTICE” IN NATIONAL PERSPECTIVE

Over the past decade the title “professor of the practice” or “professor of practice” has been adopted at a number of leading American research universities. At some institutions, particularly those with medical, dental, or nursing schools, the term is conflated with clinical faculty, although that is not anticipated at Georgia Tech. The title has been most commonly adopted in professional schools or colleges in fields such as architecture and design, business, engineering, international relations, and public policy. It is less commonly found in schools of arts and sciences.

This general pattern is well-described in Judith M. Gappa, *Off the Tenure Track: Six Models for Full-Time Nontenurable Appointments*. The New Pathways Working Paper Series, American Association for Higher Education, 1996. It has also been discussed in a 2004 Statement of the American Association of University Professors (“Professors of Practice”), found at: <http://www.aaup.org/statements/REPORTS/05profprac.htm>.

This statement, prepared by a subcommittee of the AAUP’s Committee A on Academic Freedom and Tenure, is framed in the context of the rapid overall rise in non-tenure track appointments (they now account for 34% of all fulltime faculty appointments in American higher education) and of the AAUP’s ongoing concern for

academic freedom. The policy envisioned for Georgia Tech assures that “Professor[s] of the Practice are subject to, and protected by, the same Institute policies concerning academic freedom as tenured and tenure track faculty.”

This position is explicitly non-tenure track and thus not subject to any presumption of tenure after the traditional probationary period of seven years in rank. However, during our development of policies covering family leave and extension of the probationary period for tenure it came to light that (a) the AAUP had in fact dropped the claim for de facto tenure in its *1940 Statement of Principles on Academic Freedom and Tenure* some time ago, and (b) case law in Georgia has clearly denied any such claim. Therefore the extension of contracts for professors of the practice for more than seven years carries no presumption of tenure.

Universities that currently have some form of Professor of the Practice include Harvard (School of Design, School of Education, and Kennedy School of Government, among others), MIT, Carnegie Mellon, Lehigh, Perdue, Penn State, Worcester Polytechnic, George Washington, and Duke.

For policies and procedures at MIT, Harvard, and Carnegie-Mellon see the following URL’s:

<http://web.mit.edu/policies/2.3.html>

[http://www.gsd.harvard.edu/academic/instructors/appointment handbook/descriptions.html](http://www.gsd.harvard.edu/academic/instructors/appointment%20handbook/descriptions.html).

<http://www-2.cs.cmu.edu/~burks/council/prof-prac.html>

Definitions and categorization of the title “Professor of the Practice” vary somewhat from institution to institution. At MIT, for example, this title is used interchangeably with “adjunct

professor,” and at some institutions “Professor of the Practice” is ranked assistant, associate, and full. This latter practice is most common when the title is conflated with “clinical professor” or when professors of the practice are used extensively for studio or practicum courses.

Adoption of this faculty classification has not been without controversy, with both the AAUP and some faculty unions questioning whether it was intended as an entering wedge to abolish or dilute tenure. However, at some of the leading universities in the nation limited use of this classification has contributed to the variety of faculty talents and to the advancement of the institution without in any way damaging the institution of tenure or diverting resources to non-tenure track faculty.

נספח B

הנחיות למינוי Professor of Practice בקולג' להנדסה באוניברסיטת קורנל

Professor of Practice – College of Engineering

Guidelines, Updated September 2015

I. Background

As of April 8, 2015, the faculty of the College of Engineering approved the use of the title 'Professor of Practice' to recruit outstanding faculty with significant, high-level experience in industry or equivalent. This was enabled by the adoption of the Professor of Practice titles by the Faculty Senate. The title is reserved for individuals whose experiences in industry, or other non-academic organizations, complement the tenure-track and non-tenure-track faculty in the college. The typical holder of this title is an experienced leader from an upper managerial, technical or research position in his or her organization. These individuals are expected to enrich the experience of our students by bringing to Cornell a deep understanding and appreciation of the best practices as applied in real-world settings, something few tenure track faculty members have. We do not expect these individuals to conduct research at the level expected of tenure-track faculty members, but they will be encouraged to do so when appropriate.

There were two important motivations for creating this title. First, most of our peer institutions have a similar title, and so not having the title places us at a competitive disadvantage. Second, there are increasing opportunities to bring faculty with this type of experience to Ithaca, as well as at the Cornell NYC Tech campus, and, as stated above, we believe their presence will enrich the experience of our students.

II. Description of the Position

Holders of the title Professor of Practice have high-level experience in various aspects of engineering as it is practiced in the industrial setting. Examples include responsibility in product design (including considerations of customer needs and market analysis), innovation, manufacturing, leadership, entrepreneurship and business. Successful candidates not only have had a successful career in industry, but are highly motivated to bring those experiences into the classroom. Furthermore, Professors of Practice engage in other responsibilities that contribute to the college, for example advising students on future career opportunities, serving as advisors for projects and/or project teams, and assisting students in their entrepreneurial activities. Alternatively, these activities could be more institutional building, such as the development of new, or enhancement of existing institutes within the college. External visibility and impact in the field of the appointment is expected, either academically or professionally.

III. Terms of Appointment

All Professors of Practice are non-tenure track and typically hold three and no more than five-year appointments. Appointments are renewable. It is expected that there will not be any movement between Professor of Practice and tenure track appointments, except for exceptional situations determined by the dean and with the approval of the faculty. Professor of Practice appointments will be based on national searches as well as internal appointments, focused on senior and highly qualified candidates.

Credentials: Candidates must have significant leadership experience and hold a senior technical, research or management position in industry or other equivalent non-academic organization plus a

bachelor's degree in engineering or a related scientific or technical field. A master's or Ph.D. is preferred. Advanced degrees may be in business or related fields.

Professors of Practice must be leaders who remain current with standard practices and technological changes in their field.

Appointments: There are two types of Professor of Practice appointments. 1) Professors of Practice that are appointed by one of the departments, identified through a search process that mirrors the search process used for tenure-track faculty. 2) For college wide Professor of Practice appointments, a college ad hoc committee composed of tenure-track and existing Professor of Practice and/or Senior Lecturer faculty, the majority of which are tenure track, are appointed by the Dean.

Evaluation Criteria: For each Professor of Practice appointment, there must be a specific job description and evaluation criteria established for the position. This document will be used in selecting the candidate for the position, as well as in ongoing evaluations of the Professor of Practice once they have arrived, including annual evaluations for the salary improvement program.

Reappointments: Reappointments are made based on the individual's performance in relation to the pre-set evaluation criteria established for the position. The Director or Chair, or Associate Dean, reviews the performance annually with the individual.

IV. Percentage Limitation

The legislation passed by the Faculty Senate stipulates that the number of Professor of Practice faculty cannot exceed 25% of the number of tenure track faculty in the college.

V. Voting and Other Rights

Professors of Practice shall have all the rights and responsibilities of Senior Lecturers. They have the additional right to vote on appointments to Professor of Practice.

VI. Impact Statement

The Professor of Practice title is not expected to have any impact on the number of tenure-track or other non-tenure-track faculty in the College of Engineering. The purpose of the Professor of Practice title is to be able to recruit and retain the best possible non-tenure-track faculty and to maximize their contributions to the college. Current non-tenure-track faculty are eligible for appointment to the Professor of Practice title if they meet the criteria for the appointment.

<https://www.engineering.cornell.edu/sites/default/files/departments/main%20area/pdf%20files/COE-Professor-of-Practice-Guidelines-final-9-16-2015%202.pdf>

המפגש התקיים במוסד שמואל נאמן בטכניון בהשתתפות:

אבי לוי (אב"ג), אביב צנזור (טכניון), אביגיל ברזילי (טכניון), אבינועם קולודני (טכניון), אדו פרלמן (סיו"ר מל"ג), אדם שורץ (משנה בכיר לנשיא, הטכניון), אהוד מניפז (שנקר), אהוד נוף (יו"ר לשכת המהנדסים והאדריכלים), אהרון גרו (טכניון), אור עומרי (ITS), אורי סיון (נשיא נבחר, טכניון), איתי לבנון (ר' המנהל לכ"א אקדמי טכנולוגי, צה"ל), אלון ברנע (אפקה), אמיר כהן (יו"ר אגודת הסטודנטים, הטכניון), אפרים זהבי (בר-אילן), אריה מהרשק (נשיא מכללת אורט בראודה), ארנון בנטור (מוסד נאמן), ברוך קרפ (קמ"ג וטכניון), גדעון פרנק (יו"ר ועד מנהל, הוכניון), גולן תמיר (מוסד נאמן), גיורא שלגי (מוסד נאמן), גילי פורטונה (מוסד נאמן), דורון פארן (בראודה), דנה זוהר (קרן ביחד), דניאל אלטמן (שנקר), דפנה גץ (מוסד נאמן), חיים סוקניק (נשיא המרכז האקדמי לב), יגאל גוברין (יו"ר איגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות), יהודית דורי (טכניון), יובל קוכמן (האוניברסיטה העברית), יעל קריל (אינטל), יפה זילברשץ (יו"ר ות"ת), מריאנה ווקסמן (אינטל), משה סידי (מוסד נאמן), ניל ניימר (מולמו"פ), נירית גביש (בראודה), נעמי בלנק (לשכת המהנדסים), נעמי כרמי-קריגר (הרשות להחדשנות), נתן פנחס (הטכניון), עמי מויאל (נשיא מכללת אפקה), פיני פרלמוטר (HP Indigo), פרץ לביא (נשיא הטכניון), קובי ענבר (אוניברסיטת אריאל), ראובן גל (מוסד נאמן), ראובן כץ (טכניון), רוזה אזהרי (נשיאת מכללת עזריאלי), רון נאומן (אלביט), רונית ליס-הכהן (טכניון), רע לביא (הטכניון), רענן קלנר (יו"ר אגודת הסטודנטים, אפקה), רפי נווה (מוסד נאמן), שלמה אנגלברג (המרכז האקדמי לב), שמואל קניג (שנקר), שרית סיון (משנה לנשיא, אורט בראודה), תום פסח (יו"ר אגודת הסטודנטים, שנקר), תמר דיין (מוסד נאמן)

פתיחה

סבב הצגת המשתתפים.

פרץ לביא, נשיא הטכניון נשא דברי ברכה, והרחיב את הדיבור על החשיבות של מהלך זה כפרויקט לאומי. הוא ציין שהנושא תופש חשיבות בינלאומית. הטכניון הצטרף ליורוטק – המאגד את המוסדות הטכנולוגיים המובילים באירופה ושם יש 'מיזם' עם אותה כותרת. באירופה נותנים חשיבות עצומה לנושא זה. משוכנע שיהיה המשך למיזם/מאמץ.

ארנון בנטור הודה לראשי מל"ג/ות"ת, פרופ' יפה זילברשץ, יו"ר ות"ת, ופרופ' אדו פרלמן, סיו"ר מל"ג, על השתתפותם במפגש המסכם של הפורום.

מטרת המפגש לגבש ביחד עם ראשי מל"ג/ות"ת כיווני פעולה בעקבות התובנות שהתגבשו בדיוני הפורום.

סדר היום למפגש:

דברי פתיחה, פרופ' פרץ לביא, נשיא הטכניון
סיכום תובנות, המלצות תת ועדה (פרופ' רזנווקס) למסגרות חדשות והצעות לדרכי פעולה, בטווח הקצר והארוך פרופ' ארנון בנטור, מוסד נאמן
הקניית ידע אל מול כישורים בלימודי תואר ראשון בהנדסה - רשמים עיקריים מסיור ההנהלה האקדמית של מכללת אפקה באוניברסיטאות בארה"ב, פרופ' עמי מויאל, נשיא מכללת אפקה
דיון של הפורום
מדיניות ות"ת ומל"ג בנושא חינוך מהנדסים, פרופ' יפה זילברשץ, יו"ר ות"ת פרופ' אדו פרלמן, סיו"ר מל"ג
סיכום

בדברי הפתיחה ארנון הזכיר בקצרה את המניע להקמת הפורום: הצורך לבחון מחדש את חינוך המהנדסים לאור השינויים של המאה ה-21, על רקע המהפכה התעשייתית הרביעת ומהפכת הנגישות והזמינות לידע ולמידע. הפורום הוקם למטרה זו לפני כשנה והתבסס על עבודת רקע שנעשתה במוסד נאמן. הדיונים בפורום העלו ששני תחומים שצריכים לקבל עדיפות: בין תחומיות והקניית כישורים, כבר במהלך הלימודים האקדמיים. בהקשר זה גובשו הפרדיגמות שבהן נדרש שינוי ובכל אחת מהן תובנות על דרכי פעולה אפשריים. הסיכום של כל אלה מוצג בטיטת דו"ח שהועברה לכל חברי הפורום ובה פרוט של הפרדיגמות והתובנות שהתגבשו והצעות לדרכי פעולה. כל אלה הוצגו במצגת המצורפת למסמך זה.

בנושא הכישורים, מסתמן שיש מקום חשוב וצורך לשיתוף עם התעשייה בהקניית הכישורים וזו הייתה המטרה של המפגש שהתקיים במכללת אפקה בינואר 2019.

התובנות שמתגבשות ניתנות, כנראה, ליישום במסגרות הקיימות. לצורך חשיבה על הצורך במסגרות חדשות הוקמה תת ועדה של הפורום בראשותו של פרופ' יוסי רזנווקס מאוניברסיטת תל אביב, אשר המלצותיה יבואו לדיון במפגש הנוכחי.

בדבריו הייתה התייחסות להיבטים של כמות ואיכות של מהנדסים והצורך לתת את הדעת לאיכות ולפרופיל של המהנדסים, כי המחסור הוא לא רק בכמות אלא גם בפרופילים. הוצגו נתונים המצביעים על כך שגם בתחומי העיסוק המוגדרים כשרותי היי-טק (שירותי עילית) ותעשיית היי-טק (תעשיית עילית) נדרשת נוכחות מאד משמעותית של מהנדסים מדיסציפלינות מגוונות, ולא רק מדעי המחשב, כדוגמת: מכונות, חומרים וכימיה. אבל, מעבר לכך, יש לתת את הדעת על ההנדסה בכל תחומי התעשייה והודגש שאם מדינת ישראל רוצה להגדיל את ה-GDP (לנפש לשנה) ולהקטין פערים בחברה חייבים לדאוג 'שכל התעשייה תהיה חכמה'.

הציג את הפרדיגמות והתובנות שגובשו בפורום ואת ההצעות לדרכי פעולה שמקווה שות"מ/מל"ג יפעלו ויהיו שותפים לקידומם.

התחומים בהם הוצעו תובנות כבסיס לדרכי פעולה:

- ידע וכישורים
- העולם האמיתי והתעשייה
- סטודנטים
- סגל

דרכי הפעולה שהוצעו:

דרכי פעולה אבולוציוניות – טווחי זמן קצרים

- יישומי חלוץ, אשר אותם ניתן לקדם במסגרות הקיימות של יחידות אקדמיות ולמנף אותן כאמצעי לשינוי הדרגתי בהסתמך על הצלחתן. השינויים יעשו ע"י המוסדות בעידוד מל"ג/ות"ת.
- יוזמות של הנהלות המוסדות ותמיכה שלהן במהלכים מהשטח, במסגרת הגמישות של 30% בתוכניות הלימוד.
- המלצה למל"ג/ות"ת: התנעת מהלכים ושינוי תרבותי לשילוב הקניית כישורים, רב תחומיות והתנסויות בתעשייה בחינוך מהנדסים באמצעות קולות קוראים ליישומי חלוץ ומעקב אחריהם להפקת לקחים והטמעה לכלל האקדמיה.

דרכי פעולה המחייבות שינויים מבניים - טווחי זמן בינוניים/ארוכים

- בחינה של האפשרות לשינויים רדיקליים יותר בתוכניות ובמסגרות החינוך של מהנדסים.
- התכנסה תת ועדה של הפורום בראשות של פרופ' יוסי רוזנווקס מאוניברסיטת תל אביב שבחנה תוכניות לימוד תלת שנתיות (או 3.5 שנים) ושילוב שלהן עם תואר מסטר, כמקובל כיום באירופה.
- המלצה למל"ג/ות"ת: הקמת ועדה לבחון את מבנה ההכשרה - תוכניות תלת שנתיות (או 3.5 שנים), תוכניות 4 שנתיות ושילוב של תואר ראשון ושני, בהיבטים רחבים יותר, ובהם גם הסמכה, רישוי והתנסות. הועדה תשקול את שם התואר בכל אחת מהתוכניות והדרישות ממנו.

עמי מויאל הציג, באמצעות מצגת, את רשמי הביקור של הנהלת מכללת אפקה במוסדות מובילים בארה"ב אשר בהם נערכים בשנים האחרונות שינויים בחינוך מהנדסים על רקע של חשיבה ודיונים מוקדמים. הדגיש שהם בעיצומו של 'מסע להגדרה עצמית'. הדגש הוא על מציאת הדרכים לפיתוח כישורים ואיזון מתאים בין ידע וכישורים מתוך הבנה שלא ניתן להתפשר על ליבת הידע המדעי-הנדסי הנדרשת ממהנדסים. המוסדות אשר נסקרו היו-

Harvard, MIT, Northeastern University, WPI, Olin College.

נסקרו נקודות המבט והתוכניות השונות בכל אחד מהמוסדות על הציר שבין הקניית ידע והקניית כישורים והובלט שאין אחידות וכל מוסד בחר בדרך הנראית לו ראוייה.

הן ב-MIT והן ב-Harvard הפעילות החדשנית היא מחוץ לתוכנית הלימודים הסדירה.

הזכיר את פרופ' אריק מזור המלמד בגישות (Project-based learning) PBL ו-כיתה הפוכה. פרופ' מזור יגע לארץ וחברי הפורום יוזמנו להרצאתו.

ב-Northeastern – יש תכנית קו-אופ בה הסטודנטים 'מבלים' חצי שנה בתעשייה. יש חינוך משותף של האקדמיה עם התעשייה – כולל הקניית כישורים 'רכים'.

ב – WPI – מופעלת גישת PBL בכ- 20% מהקורסים.

OLIN – היא מעיין 'מעבדת ניסוי'. נוסדה 'יש מאין' לפני 22 שנה. קטנה מאוד: סה"כ 300 סטודנטים (75 במחזור) – אנשי הסגל מ – MIT. יש ביקוש מטרף (1 מ-15 מתקבל כסטודנט). כל ההוראה מתנהלת ב – PBL. סה"כ 25 פרויקטים במהלך הלימודים. הם אינם עוסקים בהקניית ידע וגם לא מתיימרים. הבוגרים לא מתאימים למהנדסי מו"פ (בגלל החוסר בעומק טכנולוגי). מתאימים למסלול ניהולי.

הורחבה ההתייחסות לדרך שנבחרה ע"י Olin College, המבוססת כולה על לימוד בצורת PBL, גם את מדעי היסוד. הושמעה הדעה בדבר המגבלות שבגישה קיצונית זו לגבי מהנדסים שאמורים להיות מעורבים בפיתוח של טכנולוגיה במערך של חדשנות. היא מתאימה יותר אולי למהנדסים אשר אמורים להיות בתפקידי ניהול אך לא בתפקידים הדורשים יכולות מו"פ וטכנולוגיה.

דין

הדין נפתח לכל המשתתפים בפורום:

דורון פארן (אורט בראודה), הציג רשמים מביקור באוניברסיטת Purdue בארה"ב וב- Aalborg בדנמרק.

ב- Purdue השנה הראשונה משותפת ולאחר מכן מתפצלים. יש להם 'מרכז חינוך בין-פקולטי'. כמו כן דגש על הנדסה מותאמת אישית (כולל מקצועות אקסצנטריים כמו 'מהנדס במות' שמתמחה בתאורה ושמע וכו').

Aalborg היא אוניברסיטה שהוקמה לפני 50 שנה, אשר בה חלק ניכר מהלימודים הם ב- PBL. דרך פעולה זו נכנסה באופן אינטנסיבי אך היא מחייבת משאבים רבים. בכל סמסטר יש 3 קורסים פרונטליים ואחד PBL. סה"כ 8 PBLים במהלך לימודי התואר. המרצים עובדים יותר קשה, אך – יש סיפוק גדול!

הוא הדגיש שניסונום באורט בראודה עם PBL מצביע על הצורך במאמץ אינטנסיבי והשקעת משאבים כספיים רבים. חבר סגל "שורף" את כל המכסה על קורס או שניים. חרד על האיזון בין ידע לכישורים. באוניברסיטאות ספק אם ניתן להגיע ל- 20% מהלימודים בדרך זו. הוא העלה את הסוגיה האם ניתן בו זמנית להשיג גם ידע וגם כישורים.

ביקורת על ות"ת בעניין ה'קולות הקוראים' (עיין ערך מרכזי היזמות) – אשר מרכזים את התקציב במספר קטן של מוסדות במקום לפזר לכולם. מבקש יותר חופש ויזמות חדשות.

ארנון בנטור (מוסד שמואל נאמן), הכוונה בקול קורא לפיילוטים בתחום חינוך מהנדסים הוא לעודד הרבה מאוד פרויקטים קטנים וודאי שלא מסה אחת שהולכת על מספר מוסדות קטן.

אריה מהרשק (אורט בראודה), העלה את הסוגיה של המגבלות של PBL, כאשר לא ניתן לבסס את כל מערך ההוראה על PBL. במכללת Olin שהלכה בדרך זו חסרה האינטגרציה של ידע.

הדגיש שחשוב התמהיל הנכון. Olin מושכת את המצערת עד הקצה. בוגרים שלא יכולים לעבוד בפיתוח. חסרה בנייה רב שכבתית של ידע.

יהודית דורי (טכניון), התייחסה לפרויקטים בתחום חינוך מהנדסים המבוצעים ב- MIT אשר המוביל שלהם הוא אד קרואלי שהיה לאחרונה גם בביקור בארץ. התייחסה לדרך הפעולה החדשה שיזמו באמצעות פרויקטים רב תחומיים בתוכנית NEET (New Education Engineering Transforming) ולהצלחות שלה. הוא בונה תכניות בהדרגה. הכניס PBL להוראה באירונאוטיקה ובהדרגה בכל הקורסים.

הם מדגישים שילוב של רוח התעשייה בלימודים. התנאי לסיום תואר הוא פרויקט במעבדות המחקר ולא בתעשייה. "הבזבז של עוד חצי שנה פעמיים" יהיה בעייתי.

גם ב- MIT השנה הראשונה משותפת לכלל תוכניות הלימוד.

פרץ לביא (טכניון), הדגיש שצריך להיות ריאלי. במודל התקציבי הנוכחי, וביחסי סטודנטים/סגל שהם הרבה יותר גבוהים מהמקובל בארה"ב ובמדינות מערביות אחרות, קשה לקדם שיטות חינוך חדשות המתבססות על מודלים כדוגמת PBL, אלא אם התעשייה תהייה שותפה ותשלח מנטורים מטעמה. בטכניון PBL לא מציאותי.

יעל קריל (אינטל), הציגה את הניסיון שלה מהתעשייה ומהוראה והדגישה שלטעמה הכישורים ה"רכים" הנם "קשים" וחיוניים. הניסיון מראה פער בין היכולת ל"אלגוריתמיקה" והיכולת לשכנע ברעיונות מדעיים-טכנולוגיים חדשים ולהוביל אותם. יש רעיונות רבים אך האתגר הוא בדחיפתם. אי אפשר להפריד בין PBL וכישורים, כי הקנייה של אלה מחייבת פעולה של מנגנונים דוגמת PBL. הביאה כדוגמא פרויקט שהיא מיישמת בטכניון להקניית כישורים.

ציינה שבשיח על כישורים הדגש הוא על סטודנטים אך יש גם צורך בחשיבה על הקניית כישורים לחברי הסגל, וזו משימה לא פחות חשובה ולא פחות מאתגרת.

מריאנה וקסמן (אינטל), הדגישה את המוכנות של התעשייה לשיתוף פעולה בחינוך מהנדסים. ציינה שיש צורך בחשיבה אחרת, כמו למשל שילוב של מהנדסים כמחנכים בהיקפים ובצורות שונות מאלה המקובלות כיום. מן הראוי שהאקדמיה תמצא דרכים לעודד מהלכים כאלה ושתפעל יחד עם התעשייה לעודד מהנדסים לפעילויות הנחייח מסוג זה.

מוכנים לשלוח מהנדסים שיעזרו וישמשו כמנטורים. יעזור הרבה אם האקדמיה תוכל לתת להם הכרה ומינוי רשמי, או כל דרך לעודד את המעורבות הזו.

אהוד מניפז (בן גוריון ושנקר), הדגיש את החשיבות של 'חדשנות פנים ארגונית'. העלה את הצורך לחשוב ולתת את הדעת על "זמן הנחיתה" לבוגר הנדסה המצטרף לתעשייה – הזמן שנדרש עד שהוא מביא ערך מוסף. יש צורך למצוא ולפתח דרכים להקטנת משך זמן זה. לדבריו רק אחוזים בודדים, 3-4%, הם החדשנים בתעשייה.

העלה את הצורך לקבוע לוחות זמנים ברורים לצעדי ההמשך של הפעילות שנעשית בפורום, במסגרת פעילויות בתמיכת מל"ג/ג'וט"ת.

אדו פרלמן (מל"ג), בפדגוגיה יש המון שיטות חדשות להעברת ידע. לכל אחת יש יתרונות וחסרונות. ספר על הניסיון בפקולטה לרפואה ללימודים במתכונת PBL. לעיתים קרובות הסטודנטים היו מציינים לשבח את ההיבטים המרתקים של לימוד בצורה זו, אך טוענים שלמדו מעט מאד.

דיווח על המגמה במל"ג לבטל סטנדרטים ולאפשר יותר גמישות וחופש פעולה, כי מבינים שאין פתרון גנרי לכל מוסדות הלימוד.

הקניית "כישורים רכים/קשים" חייבת להיות מלווה עם התנסות בסביבה, בבינלאומיות, כדי שהנושא יתפתח. בינלאומיות היא פעילות שמפתחת את הכישורים ה"רכים" – סביבה ותרבות אחרת. בהולנד, בעקבות עזיבה של 20% מהסטודנטים למדינות אחרות, החלו לפתח תוכניות לימודים שיכללו גישות לפיתוח בינלאומיות בבית.

אבי לוי (ב"ג), המקום לרכישת כישורים הוא בבית הספר. צריך להתחיל מכיתה א'! כפי שזיהו את הפער במתימטיקה ופיזיקה ופעלו לסגירתו בבי"ס תיכון, כך גם פה. משרד החינוך צריך לפעול להקניית הכישורים בגיל צעיר. את החוסר הזה צריך להעלות מול משרד החינוך, כפי שנעשה בנושא המתימטיקה. הוא הזכיר שלהתמודדות עם הפער במתימטיקה ופיזיקה – הקימו מכינות שסגרו את הפער – לפני תחילת לימודי ההנדסה. צריך לשקול פעולה דומה בתחום הכישורים ה"רכים".

ארנון בנטור (מוסד נאמן), מסכים שיש צורך לפעול מול משרד החינוך, אך אם מנסים להיות מציאותיים, בוודאי לגבי השנים הקרובות, אין כל סיכוי שזה יצליח בטווח זה. על כן על המערכת האקדמית לטפל בנושא בכוחות עצמה, כמיטב יכולתה, כמו שפעלה והקימה את המכינות כדי לסגור פערים של בוגרי בתי ספר בתחום לימודי הליבה.

אדם שורץ (טכניון), מתנגד לגישה של הטלת האחריות על האוניברסיטאות בנושא כישורים. מי שמצפים שינחיל אותם – צריך בעצמו להיות בעל הכישורים ומנוסה בהפעלתם. אין לחברי הסגל את היכולות ללמד כישורים ולא לכך הם יועדו והוכשרו. ציין שרוב הידע המועבר בבי"ס יסודי מיותר ורצוי לנצל חלק מזמן זה להקניית כישורים. מזכיר שבמיזם של הטכניון בניו-יורק, מכן Jacobs, עשו ניסוי בהנחלת כישורים. הצליח כיוון שהסטודנטים רצו להשתנות.

נותן את הדוגמא של פרוקט FIRST במערכת החינוכית, שהטכניון היה בין היוזמים ואשר זכה להצלחה לאומית ובינלאומית ומהווה מודל מצוין להקניית כישורים לתלמידים בבתי ספר. כשהגיע אילוף תקציבי, משרד החינוך פגע דווקא בתוכנית מוצלחת זו.

בנושא הכישורים:

ציין 3 עמודים: ידע, כישורים מקצועיים וכישורים רכים. את הידע ניתן להשיג ללא מורה (MOOCs למשל) ואז המורה פועל למעשה כמנטור וזה scalable. החלקים האינטראקטיביים מוגבלים לכיתה של 25 סטודנטים ולכן זה לא scalable.

הדגיש כמה קריטית השליטה באנגלית. הטכניון התארגן לכך ופתח כיתות של 25 סטודנטים כל אחת כדי להתמודד עם נושא זה. זה עולה פי 8 ולא ניתן ליישם דרך פעולה כזו במודל התקציבי הנוכחי.

בנושא כישורים צריך להעזר בתעשייה. קשה לעשות שינוי מסוג זה ע"י חברי סגל שהם כבר מבוגרים ומעוצבים. יש מקום שתנתן דחיפה ע"י הרגולטור שיקנה גמישות לכל מוסד לפעול לפי היעדים והפרופילים שהוא רוצה לקדם.

ברוך קרפ (קמ"ג וטכניון), לא צריך בהכרח להעמיד ידע מול כישורים, וניתן להקנות כישורים מבלי לפגוע בהקניית ידע. ניתן לעשות זאת ע"י מוכנות של מרצים ומאמץ שלהם בבניית הקורסים שלהם. דוגמאות בהן המורה/מנחה יכול להקפיד על הכישורים תוך כדי הקניית הידע הן אופן הגשת דו"ח/עבודה, ניסוח, מצגות וכו'.

שמואל קניג (שנקר), מדגיש את הצורך לתת את הדעת על המסגרות שמתוכנן יקבע התוכן. בהקשר זה נדרשת חשיבה בדבר משך הלימודים – 3 שנים? 3.5 שנים? 4 שנים?

נירית גביש (אורט בראודה), מנסים שהמרצים ינחילו גם את הכישורים הרכים תוך כדי הוראה. בניסוי במספר קורסים נראה שהולך טוב, למשל: איך לעבוד בצוות, מה תפקידך בצוות. העלתה את הצורך במאגרי מידע לטובת המכללות. מה ערך המוסף של המרצה?! בתהליך הקניית כישורים רכים אנחנו מגלים שמדובר בפעילות חדשנית ולא מוצאים מידע כמו למשל איך להעריך את הקניית הכישורים. גם ב-PBL מגששים ויש קשיים.

קובי ענבר (אריאל), לא רואה פתרון בהקניית כישורים ע"י חברי סגל וצריך לתת את הדעת להביא אנשי תעשייה. הבעיה היא שהתרבות האוניברסיטאית לא מסוגלת לקלוט אותם משום שהפרופיל של הצלחתם איננו בנוי על פרסומים. נדרש שינוי מחשבתי כדי להביא מומחים מתאימים מהתעשייה. מציע לדרוש את הנושא של professor of practice. בנוסף, גם מתן קרדיט לסטודנטים ולסגל על תקופת העבודה בתעשייה בזמן הלימודים.

רון נאומן (אלביט), יש צורך להבין ולחשוב איך מובילים שינוי. אבל, בכל מקרה אסור להתפשר על ידע. ניתן לעשות דברים רבים ולקדם נושאים אם המערכת תסתכל פנימה. גורמים חיצוניים ורגולטור לא יעזרו. יש צורך לחולל את השינוי מלמטה, בפקולטות, כך שמרצים יבינו שזה באחריות שלהם. החוכמה שהמהנדסים והמרצים יבינו שזה חשוב. אפשר לעשות הרבה מאוד גם מבלי שהסביבה מאוד משתנה.

אמיר כהן (יו"ר אגודת הסטודנטים בטכניון), צריך להבין שהסטודנטים שלנו שונים מאלה שבארה"ב. יש קושי בהקניית כישורים רכים משום שנדרש זמן רב כדי להפנים אותם. מאחר והקניית כישורים איננו דבר שניתן למדידה אין לסטודנטים מוטיבציה גדולה להשקיע מאמץ בכך. מעבר לכך, דרכי פעולה כדוגמת PBL מחייבים משאבים רבים. על זאת יש להוסיף שפרויקטים הניתנים במסגרות כאלה אינם אמיתיים ואינם שקולים לפרויקטים מהתעשייה.

צריך להביא בחשבון שיש לנו, בישראל, יתרון שהתעשייה חזקה וגם קרובה מאד לקמפוסים. זה יכול להיות בסיס מצוין לפיתוח שת"פ. בתעשייה יש אנשי HR מומחים בנושא זה, כדאי לנסות ולחשוב איך לשפר את התהליך של שת"פ עם התעשייה.

ניל נמיר (מולמו"פ), מדגיש את הצורך למנף את עבודת הסטודנטים בתעשייה ולמסד נושא זה כחלק ממהלך הלימודים.

דניאל אלטמן (שנקר), מספר על הניסיון שלו להיות מעורב בתהליכים של שת"פ עם התעשייה, ועל הכח המניע לכך שהגיע מהסטודנטים בדרכים לא פורמליות. היה תורם מאוד אם סטודנט שנה ד' יחנך סטודנט שנה א'. הקבלה בין מה שעבר ב'צופים' לתהליכים שעבר כנציג הסטודנטים מול הנהלת המוסד. רצוי לגוון את פרישת הגילאים. בשנקר יש שת"פ של התעשייה עם הסטודנטים.

רונית ליס-הכהן (הטכניון), מחזקת את דבריו של שמואל קניג בדבר הצורך לתת את הדעת על מבנה תוכניות הלימוד ובמסגרת זו לחשוב על מנגנונים למובילות. הבחינה של מסגרת הלימודים (3 שנותי וכו') עשויה לקרב אותנו למתכונת הנהוגה באירופה ובכך להקל על חילופי סטודנטים. Internship יקדם מאוד את הכישרים הרכים ואת החיבור של התעשייה והאקדמיה.

שמואל קניג (שנקר), מצביע על הצורך לקחת בחשבון שהסטודנטים שלנו מבוגרים, רבים מהם רכשו ניסיון בצבא ויש להם כבר כישורים: עבודת צוות או כישורי ניהול מהכשרתם כקצינים ושירותם כמפקדים. צריך להשתמש בכישורים אלה במסגרת חינוך המהנדסים. יש מקום לחשיבה כיצד למנף סטודנטים עם פרופילים כאלה בשנות הלימוד הגבוהות או בלימודי מוסמכים לצורך הדרכה במסגרות המיועדות להקניית כישורים.

יגאל גוברין (איגוד המהנדסים לבנייה ותשתיות), מדינת ישראל עומדת להכפיל בשנים הקרובות את כל מה שבנו, תשתיות דיור, תחבורה וכד', על פני התקופה של 70 השנים האחרונות. היא עומדת בפני שוקת שבורה בכל הקשור למהנדסים אזרחיים שיתכננו ויבצעו משימות אלה. לצורך זה חסרים למעלה מ- 5000 מהנדסים. יש להגדיל את היקף ההכשרה וכן, לקצר את 'זמן הנחיתה' כדי שהמהנדסים החדשים יהיו אפקטיביים כמעט מיידית. הוא בעד דגש על הקניית הידע. לכישורים אפשר לדאוג אחר-כך.

נעמי קריגר-כרמי (הרשות לחדשנות) מפנה את הפורום לדו"ח שפורסם לאחרונה ע"י הרשות, יחד עם SUNC (Start-Up Nation Center) בנושא המחסור במהנדסים ו'אתגר הג'וניורים'. התעשייה נרתעת מלגייס מהנדסים זוטרים, כיוון שמשקיעים רבות בהכשרתם ואז הם נוטשים. היא ממליצה שבמקום ש-40% מהסטודנטים יעבדו בתעשייה במקביל ללימודים – להרחיב לכל 100% מהם ולעגן זאת רשמית, תוך תיאום בין האקדמיה לתעשייה. את נושא ה- internship חייבים למסד לכלל הסטודנטים. צריך לחשוב על מודלים שונים כדי שלא יקרה מצב שדלת התעשייה תהיה סגורה בפניהם.

איתי לבנון (צה"ל), מייצג כ- 1000 עתודאים ומוכן להירתם לתוכנית רב שנתית ליישומי חלוץ. מעלה את הצורך במסלולים להכשרה ייחודית כדוגמת רובוטיקה ומערכות אוטונומיות.

דברי סיכום של ראשי מל"ג/ות"ת

יפה זילברשץ, יו"ר ות"ת, נותנת סקירה של פעילויות ות"ת שהן רלוונטיות למהלכים המוצעים בפורום לחינוך מהנדסים. מתארת את התהליך של בניית תוכנית רב שנתית בהתייעצות עם הנשיאים של הגופים האקדמיים, לגבש את הצורך בשינויים ולתת לכך כלים. נקודת המוצא לתכנית הנוכחית דומה מאוד למה שהוצג היום בפורום. היא פונה לפורום כדי שיציג את דרישותיו במאקרו.

במקרה של חינוך מהנדסים יש הסכמה כללית על הצורך בשינויים, אך ברור שנדרשת גמישות ואין נוסחה אחת. מתארת את ההצלחות בתוכנית הלאומית להגדלת כ"א לתעשייה ההיי-טק ומתייחסת לפאזה שנייה שבה יטופלו גם מקצועות שאינם מדעי המחשב. מתייחסת למחסור במהנדסים אזרחיים ועל תוכנית לאומית שמגובשת בימים אלה.

נותנת סקירה על מקצועות חדשים שקודמו, כדוגמת data science, פרויקט למידה דיגטלית המהווה כלי לשינוי ומתכתב עם הצורך לקידום לימוד בעידן הדיגיטלי.

הפלטפורמה של מרכזי היזמות יכולה לקדם תוכניות המבוססות על PBL, ומדגישה שהמערכת תתמוך ותתמרץ כל גורם שיפעל בדרך המתאימה לו.

מצינת שהדגש בחינוך ליזמות הוא סטודנטים, אך יש מקום גם לנצל מנגנון זה לטיפוח ולקידום הסגל בתחומים אלה. הפלטפורמה הזו מאפשרת יוזמות מהשטח.

שבחה את התוכנית "חברה והנדסה" שיזמה אוניברסיטת ת"א לשילוב של מודולים של מקצועות היי-טק בדיסציפלינות אחרות, או שילובן כחוג נוסף בדיסציפלינות אחרות.

עברה החלטה במל"ג שאפשר לקבל אישור ללימודים 'לא אקדמיים'. זה כלי חזק לגיוון תוכניות. ככלל – לטעמה המסגרות המאפשרות גמישות קיימות. האוניברסיטאות והמכללות יכולות ליזום תוכניות ושיטות חדשות ולא צריכות לחכות לאישור הרגולטור.

הרחיבה את הדיבור על הקונצפט של אקדמיה-תעשייה שבו יש הרבה מאד פוטנציאל לשת"פ להתגבר על בעיות ומכשולים שהועלו במהלך הדיון. לקראת יוני יתקיים דיון בנושא זה. הממשק הזה של שת"פ יכול לסייע בפתרון מחסור בחברי סגל. מן הראוי גם שהתעשייה תשחרר יותר מאנשיה ללימודים לתארים גבוהים ואלה יכולים לסייע בהוראה.

הדגישה שוב את חופש הפעולה הניתן למערכת להרחיב את ההוראה בצורה דיגיטלית עד לשליש.

אדו פרלמן, סיו"ר מל"ג, הרחיב את הדיבור על נושאים נוספים, וציין את המעורבות של סטודנטים המעוניינים ודוחפים לקורסים משולבי התנסות. בקרוב יצא 'קול קורא' בנושא. עדכן בדבר המאמץ שמקדם מל"ג/ות"ת בנושא בינלאומיות בבית, קונצפט שמקובל היום במספר אוניברסיטאות מובילות באירופה. בהקשר זה פועלת מל"ג/ות"ת במאמץ מיוחד בתחום לימודי האנגלית גם בהיבטים של תקשורת והבנה בשפה זו.

הדגיש את הגמישות וחופש הפעולה שמל"ג/ות"ת נותנת ומקדמת.

הזכיר את תכנית 'שאר רוח' כמעין 'חוג לאחר תואר' – הרחבה בנושאים כגון אתיקה, פילוסופיה ועוד כהעשרה ללימודי ההנדסה.

תמך במסר של יפה זילברשץ שאין צורך לחכות לאישורים. אפשר להריץ ניסויים ותוכניות – ולאחר בחינתם – להמליץ ולקבל אישור להפצה רחבה.

כל מי שיש לו תכנית עם הסמכה קבועה יכול לעשות בה עדכון. העדכון לפי יוזמה של המוסד. יותר קורסי תוכן באנגלית - כך נוכל להגדיל את הבינלאומיות בבית. עצם הישיבה עם סטודנטים בינלאומיים תאפשר פיתוח כישורים רכים.

אשכול "שאר רוח" – סטודנטים בהנדסה ובמדעים יוכלו לקחת כמות מסויימת של כ- 45 נ"ז – "חוג לאחר תואר" כדי שיהיה לו/לה משהו נוסף. חושב שביכולת המוסדות לעשות כל שינוי שירצו בקצב של המוסד מבלי בקשה לאישור של ות"ת/מל"ג.

הצעדים הבאים

ארנון בנטור (מוסד נאמן) סיכם את הדיון. האתגר אינו ברגולציה, כי אם – שינוי תרבותי. חשוב שיתוף הפעולה עם התעשייה. צריך שיתוף פעולה ותמיכה ממל"ג/ות"ת והרשות לחדשנות (למשל, במיסוד Internship). חשובה ה'מטריה הלאומית' שתאשר לשתף את כולם בתובנות ובתוכניות. ניצור קבוצה קטנה שתגבש ותגדיר את הסיוע הנדרש ממל"ג/ות"ת ותבוא אתם בדברים לצורך גיבוש תוכניות קונקרטיים.

עמי מויאל הזכיר את כנס אפקה לקידום הון אנשי הנדסי אשר הדגש בו השנה יהיה שת"פ עם התעשייה. הכנס יתקיים ב- 22 במאי.

השכלה גבוהה



מוסד שמואל נאמן
למחקר מדיניות לאומית

טל. 04-8292329 | פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 3200003
www.neaman.org.il