

**דו"ח מסקנות והמלצות של וועדת הבחינה
להקמת "תשתיות מחקר לפוטוניקה מתקדמת"**



אייר תשע"ב / מאי 2012

תוכן עניינים

2	תקציר מנהלים	א.
6	אודות הועדה	ב.
7	רקע	ג.
9	פוטניקה בעולם	1.ג.
18	פוטניקה בארץ	2.ג.
18	פוטניקה באקדמיה	2.א.ג.
22	פוטניקה בתעשיה	2.ב.ג.
23	תובנות עיקריות מן הסקירה בארץ ובעולם	3.ג.
24	הפער וההמלצות לסגירתו	ד.
24	פערים להתפתחות המחקר, התעשיה והביטחון בישראל	1.ד.
25	המלצות לסגירת פערי תשתית	2.ד.
28	המלצות לסגירת פערי מחקר יישומי	3.ד.
29	המלצות למודל מימוש	ה.
29	עקרונות מנחים בהקמת המכון	1.ה.
30	מודל מומלץ ליישום	2.ה.
34	ניהול הידע במכון – Intellectual Property (IP)	3.ה.
35	הערכות תקציביות ומודל השתתפות	4.ה.
36	תועלות צפויות ומדדי הצלחה	ו.
38	דרישות למענה ל-RFI	ז.
39	סכום והמלצות	ח.
41	פירוט הערכות תקציביות	
43	רשימת נספחים	

א. תקציר מנהלים

1. הועדה לבחינת הקמה של תשתית מחקר לפוטוניקה מתקדמת בישראל, הוקמה בעקבות דיון פורום תל"מ מאוקטובר 2011, בו הוצגה הצעת מפא"ת להקמתו של מרכז פוטוניקה בישראל במטרה לענות על פערי תשתית קריטיים לתעשייה, לאקדמיה ולבטחון.
2. במנדט הועדה נקבע כי עליה לבדוק את הצורך, האפשרות והתועלת הצפויה למו"פ בישראל מהקמת תשתית מו"פ לפוטוניקה מתקדמת, לרבות זיהוי הדרכים למינוף תוצרי המו"פ. הועדה נתבקשה לבחון את הנושא בהתחשב בצרכי המו"פ של מערכת הביטחון, אוניברסיטאות המחקר, המעבדות הלאומיות והמו"פ התעשייתית.
3. חברי הועדה: פרופ' אשר פריזם, פרופ' ברוך פישר, ד"ר איל שקל, ד"ר רפי לביא, מר יובל רז. יו"ר הועדה מר חיים רוסו. מרכז הועדה: רס"ן שי רוזנברג.
4. הועדה, בפעולתה פעלה באופן הבא:
 - ✓ לימוד הנעשה בעשרות מרכזי פוטוניקה ברחבי העולם.
 - ✓ מפגש עם נציגים מכל הגופים האקדמיים העוסקים בפוטוניקה ללמוד הפעילות המחקרית בארץ, וזיהוי פערים שסגירתם תאפשר חזוק המחקר.
 - ✓ פניה לעשרות חברות המזוהות עם תחום הפוטוניקה ומפגשים עם כתריסר חברות להכרת הפעילות התעשייתית והפערים שסגירתם תאפשר צמיחה משמעותית בתעשייה.
 - ✓ מפגש עם נציגי מפא"ת ללמוד צרכי מערכת הביטחון.
 - ✓ מפגש עם מומחים מחו"ל.
 - ✓ פגישות חוזרות עם רוב האקדמיות לבחינת אפשרויות ישום מרכז פוטוניקה באחריותם (טכניון, אוניברסיטת ת"א, ממ"ג, אוניברסיטת ב"ג, מכון ויצמן, אוניברסיטת בר-אילן).
5. התובנות העקרויות אליהן הגיעה הועדה בעקבות עבודתה:
 - ✓ קיימת השקעה משמעותית בעולם (ברוב המקרים השקעת מדינה), בהקמתם של מרכזי פוטוניקה בהם נעשה מחקר בסיסי, מחקר ישומי ופעילות מול התעשייה.
 - ✓ תחום הפוטוניקה בעולם הוא בהיקף של כ-800 מליארד דולר, גדל בקצב שנתי של כ-8% ומשפיע על תחומי ישום רבים כגון: תקשורת, בידור, רפואה, בטחון, ציוד למיקרו אלקטרוניקה ועוד...
 - ✓ בארץ קיימת תשתית מחקרית טובה בכל האוניברסיטאות (כולל ממ"ג, מכללת אריאל ומכון לב).
 - ✓ בארץ עשרות רבות של חברות תעשייתיות, חלקן חברות לרכיבים פוטוניים וחלקן חברות למערכות אשר הרכיבים הפוטוניים בהם מהווים רכיבים קריטיים. חלק מהחברות גדולות מאד, אולם קיימות גם חברות בינוניות וחברות הזנק. היקף המכירות של תעשיות הפוטוניקה בארץ הוערך בכ-3 מליארד דולר (שהוא פחות מ-1% מהשוק העולמי) וכן מועסקים בתחום בין 5000-7000 עובדים.



✓ התשתית הקיימת באקדמיה ובמכוני המחקר מיושנת (למעט ציוד שנרכש על ידי מרכזי הננו) ואינה מאפשרת מחקרים מתקדמים בתחומי פוטוניקה מובילים, שזוהו כבעלי אימפקט יישומי משמעותי.

✓ כל הגופים האקדמיים זיהו חוסרים ברורים של מתקני תשתית וציוד המקשים על התפתחות המחקר.

✓ כל התעשיות הרלוונטיות זיהו צורך בתשתיות איכותיות, כאלה שיוכלו לשרתם במחקר יישומי וביכולת לייצר אביטיפוס ראשונים לבחינת רעיונות.

✓ אין באקדמיה מספיק מחקר יישומי המותאם או מוזמן על ידי התעשייה לפתרון בעיות יישומיות ספציפיות.

✓ קיים פוטנציאל משמעותי לחיזוק הפעילות התעשייתית והמחקרית בארץ על סמך התשתיות המחקריות הקיימות, הבסיס התעשייתי הרחב, והצרכים של חברות המערכות ומערכת הביטחון ובתנאי שיסגרו הפערים ברמת הציוד והמחקר הישומי.

✓ לא קימת ראייה כוללת של היקף וכיווני הפעילות בארץ, ולא קיימת אסטרטגיה לאומית בנושא (בניגוד למדינות רבות בעולם).

6. מסקנות:

לצורך חיזוקו של המחקר האקדמי בתחום הפוטוניקה, חיזוק משמעותי של תעשיית הפוטוניקה ומתן מענה לבתי המערכות ולמערכת הביטחון, הגיעו חברי הוועדה למסקנה כי יש להקים מכון לפוטוניקה מתקדמת, אשר יפעל בנוסף וכמשלים הכרחי לכל פעילות הפוטוניקה בארץ ויקטין חסמים אשר מנעו את התפתחות פעילות זו תוך ניצול מירבי של הפוטנציאל הקיים בארץ.

יעדי המכון יהיו:

✓ העמדת מתקני תשתית, ציוד, וידע ברמה גבוהה להפעלתם, אשר חסרים בארץ, לשימושם של כל הגורמים באקדמיה והתעשייה.

✓ לשמש כבסיס לפעילות של מחקר יישומי לטובת התעשייה.

✓ לתת שירותים של ייצור ראשוני של דגמים חדשים עד שלב ייצוב המוצר וחדירת שוק.

✓ להכשיר סטודנטים מצטיינים, אשר יחזקו בעתיד את האקדמיה והתעשייה בארץ.

✓ לגבש אסטרטגיה לתחום הפוטוניקה בארץ ולחזק את הקשרים הבינלאומיים בין הקהילה הפוטונית בארץ ובעולם ואת השתתפותה של ישראל בתכניות רב לאומיות.

7. המלצות:

✓ להקים "מכון לפוטוניקה מתקדמת" אשר יענה על היעדים שפורטו לעיל.

✓ המכון יכיל גוף-מטה מצומצם, מנהלת, ושלושה מרכזים מקצועיים.

✓ המנהלת תפעל לגבש אסטרטגיה, חיזוק הפעילות הבינלאומית, עידוד יוזמות לשת"פ בין אקדמיה לתעשייה, ארגון כנס בינלאומי שנתי ובקרה והנחיה של פעילות המרכזים.

✓ המרכזים יוקמו בשלושה תחומים:

○ מרכז להתקני מל"מ פוטוניים מתקדמים.

○ מרכז לסיבים מתקדמים.

○ מרכז לאופטיקה מתקדמת.

12/6/16
מרכז
תעשייה

✓ כל מרכז יפעל בתחומים הבאים:

- הפעלתו של ציוד מתקדם חדש לטובת כל האקדמיה והתעשייה.
- פתוח תהליכים גנריים חדשניים, אשר יאפשרו ניצול אופטימלית של הציוד.
- מחקר ישומי ומתן שירותים על פי דרישות של הלקוחות (בעיקר מן התעשייה).
- הכשרה של סטודנטים על ידי חוקרים מכלל האקדמיות.

✓ המרכזים יצויידו באמצעים כמפורט בדו"ח. המרכז ידרש לספק פתרונות Turn-Key, על פי בקשת לקוחותיו, תוך הסתייעות ביכולות ובציודים משלימים הקיימים בארץ.

✓ יש לפעול להקמת המרכזים על כל מרכיביהם על ידי גורם אחד ותחת אחראיות אחת, תוך הסתייעות ביכולת ובמשאבים הקיימים אצל מוקדי ידע אחרים בארץ, באקדמיה ובתעשייה ותוך שיתוף פעולה עמם. הועדה רואה חשיבות רבה לגישה זו, במטרה להבטיח את פעולת המרכזים "כנותני שרות" לכלל קהילת הפוטוניקה בארץ, לחסכון בהוצאות ניהול ולתגבור הסינרגיה בין המרכזים.

גורמים שונים. במידה ולא תושג הסכמה עם גורם אחד ללקיחת כל האחראיות יש לפעול להקמת המרכזים ע"י גורמים שונים.

יש לציין כי בדיוני הועדה הוצגה עמדת יחיד (ברוך פישר), הממליצה להקים את שלושת המרכזים, כ"א במקום המתאים ביותר בארץ עבור תחום הפעילות של אותו מרכז. הנימוקים לכל אחת מהגישות מובאים בנספח 11.02.

✓ בפגישותינו עם הגורמים הרלבנטיים, רק מוסד אחד, ממ"ג, הציג נכונות לקבל אחריות כוללת לשלושת המרכזים. ממ"ג הציג תכנית מפורטת ומחויבות למימוש התכנית המוצעת ממנכ"ל האירגון ואף מן "הבעלים", וכן זוהה כבעל יכולות טכניות וניהוליות מתאימות לנושא. הוועדה ממליצה לקיים מו"מ עם ממ"ג על הקמת מרכזי המכון ולוודא עמידתו בתנאי הסף המפורטים בסעיף ה-RFI.

יש לציין כי שניים מחברי הועדה (ברוך פישר ואשר פריזם) המליצו כי אין לתת עדיפות בהצעה לממ"ג, ביחס להצעות של מוסדות אחרים, וכי יש לבחור במקום המיטבי ע"י תחרות לפי פרמטרים שהוצגו.

✓ הקמת המכון והפעלתו ימומנו בעיקרם מתקציב תל"מ, תוך השתתפות המוסד אצלו יוקם המכון, הן בנתח ההצטיידות והן בכ"א הנדרש להפעלתו. היקף ההשתתפות המוסד המארח – 25% מעלות הציוד וכ"א, בממוצע.

✓ המודל המימוני יכלול תמריץ כספי למכון כפונקציה של עמידה ביעדים שיקבעו מראש (הזמנות מלקוחות, כמות מאמרים, כמות סטודנטים ועוד).

✓ לאחר בחינת הצרכים, השואה למרכזים דומים בעולם ובהתחשב במגבלות משאבים, הועדה ממליצה על תכנית של חמש שנים, שעלותה הכוללת כ-250 מ"ש"ח, כדלקמן:

- רכישת ציוד והתקנתו - כ-206 מ"ש"ח
- כ"א להפעלה ולפיתוחים גנריים - כ-31 מ"ש"ח
- מענק תמריץ (יתבטא בהקטנת השתתפות ועפ"י מדדי הצלחה) - כ-9 מ"ש"ח
- מנהלת מקצועית - כ-5 מ"ש"ח

פריסת ההשקעות וההוצאות הינה על 5 שנים כאשר מרכז הכובד של ההוצאות בשנה השלישית. הסכומים הנקובים לעיל הינם על בסיס הערכות שהתקבלו מהאקדמיות והתעשיות ואינם כוללים הוצאות להקמת התשתית שתקלוט את הציודים (שתמומן על ידי המוסד המארח), וכן אינה כוללת את מימון הפעילות מול הלקוחות (אשר תמומן על ידם). הועדה נתנה דעתה לאפשרות שהמשאבים שיועמדו על ידי תל"מ יהיו נמוכים מהנדרש. באפשרות זו תהיה כמובן פגיעה בתועלות שניתן יהיה להפיק, ואיננו ממליצים על כיוון זה. פרוט האפשרות הנ"ל מוצג בדו"ח המפורט.

- ✓ יש לתת מענה לסוגיית הקניין הרוחני, זאת ע"י הקמת צוות להגדרת סוגיית הקניין הרוחני ("הידע") במכון עוד טרם הקמתו.
- ✓ הגוף המארח יאפשר שירותים בתעריפים תחרותיים ויבחן עפ"י היקפי ההזמנות מה"לקוחות" (אקדמיה ותעשייה).
- ✓ הגוף המארח יציג תכנית אפשרית להמשך פעילות לאחר 5 שנות ההקמה.

8. תועלות

- ✓ הטכנולוגיות הפוטוניות היא enabling technology לענפי טכנולוגיה רבים. חיזוק הזמינות הטכנולוגית המקומית למו"פ מתקדם יאפשר חיזוק והגדלה של החברות הפוטוניות ויתרם רבות למשק הישראלי.
- ✓ הקמתו של המכון לפוטוניקה מתקדמת יתן דחיפה משמעותית להיקף ורמת המחקר המדעי, יתן יתרון תחרותי לתעשייה הישראלית ויקנה עצמאות ושליטה ברכיבים קריטיים אשר קימות מגבלות מסחריות ופוליטיות ברכישתן.
- ✓ על פי הערכה זהירה יגדל מספר החוקרים המובילים בכ-30% בתום החומש, כאשר חלקם ישראלים חוזרים.
- ✓ התעשייה הישראלית צפויה לצמוח עד תום החומש ביותר מכפליים, ותגיע להיקף מכירות של \$8B.
- ✓ ההערכה היא כי התעשייה הפוטונית שהיא באופיה תעשייה הכוללת מרכיבי מו"פ ויצור, תעסיק עוד כ-6000 עובדים מקצועיים, חלק ניכר באיזורי הפריפריה (שם כבר ממוקמות היום חלק מן התעשיות המובילות).

תודתנו לכל הגורמים באקדמיה ובתעשייה אשר שיתפו פעולה בצורה יוצאת מן הכלל עם הועדה והעמידו לרשותה חומר רב ורעיונות לגיבוש דו"ח המלצות זה

חיים רוסי, יו"ר ועדת הבחינה לתשתיות פוטוניקה



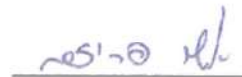
ד"ר רפי לביא



פרופ' ברוך פישר



מר יובל רז



פרופ' אשר פריזם



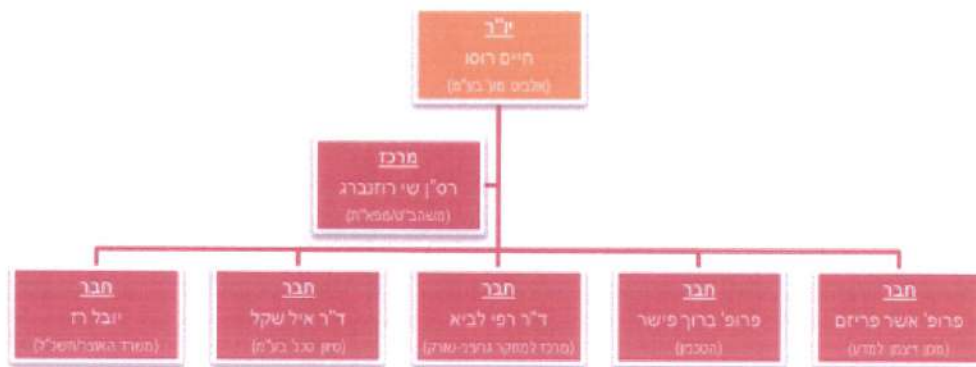
רס"ן שי רוזנברג



ד"ר איל שקל

ב. אודות הועדה

בחודש אוקטובר 2011 החליט פורום תל"מ למנות וועדת בדיקה מקצועית (הרכבה מתואר מטה) לבחינת הצורך והאפשרות להקמת תשתית למו"פ בתחום הפוטוניקה מתקדמת. החלטה זו באה לאחר העלאת הנושא ע"י מפא"ת, שהצביעה על חוסרים בתשתיות מו"פ החיוניות לקידום נושאים בתחומי הפוטוניקה, כאלה בעלי עניין בטחוני, מסחרי ואקדמאי.



איור מס. 1 – הרכב וועדת הבחינה (* קורות חיים ניתן למצוא בנספחים)

עבודת הוועדה כללה כעשרים מפגשים וסיורים לבחינת הנעשה בתחומי הפוטוניקה בארץ והצרכים העתידיים:

- פנייה לכלל האקדמיות, ומפגש ייעודי להצגת הפעילויות בתחום והצרכים.
- פנייה לכלל התעשיות הרלוונטיות, ומפגש ייעודי להצגת הפעילויות בתחום והצרכים.
- פנייה לנציגי מעהב"ט, ומפגש ייעודי להבנת צרכיהם העתידיים.
- סקירת מרכזים מקבילים בעולם והנעשה בהם מבחינת יכולות ומודלי הפעלה.
- סיורים באקדמיות ובחינה מקרוב של היכולות שהתפתחו במרכזי הננו-טכנולוגיה.
- מפגש אנשי מקצוע בנושא מכונות גידול אפיטקסיאליות.
- פגישות עם פרופ' יואל פינק מאוניברסיטת MIT/ארה"ב, ופרופ' J.P. Reithmaier מאוניברסיטת Kassel/גרמניה.

עם בחינת הצורך וזיהוי הפערים, רוכז ונבחר ציוד בעל המכנה המשותף והתועלת הצפויה המוערכת הגבוהה ביותר לצרכי האקדמיה, התעשייה והביטחון בישראל, וכן נבחנו לפרטים אפשרויות למודל הפעלה כזה שישרת בצורה מיטבית את כלל הצרכנים לאורך זמן ויקדם את התחום בישראל.

הוקפד על הימנעותם של יו"ר/חברי ועדה מהשתתפות בדיונים בהם קיים ניגוד אינטרסים.

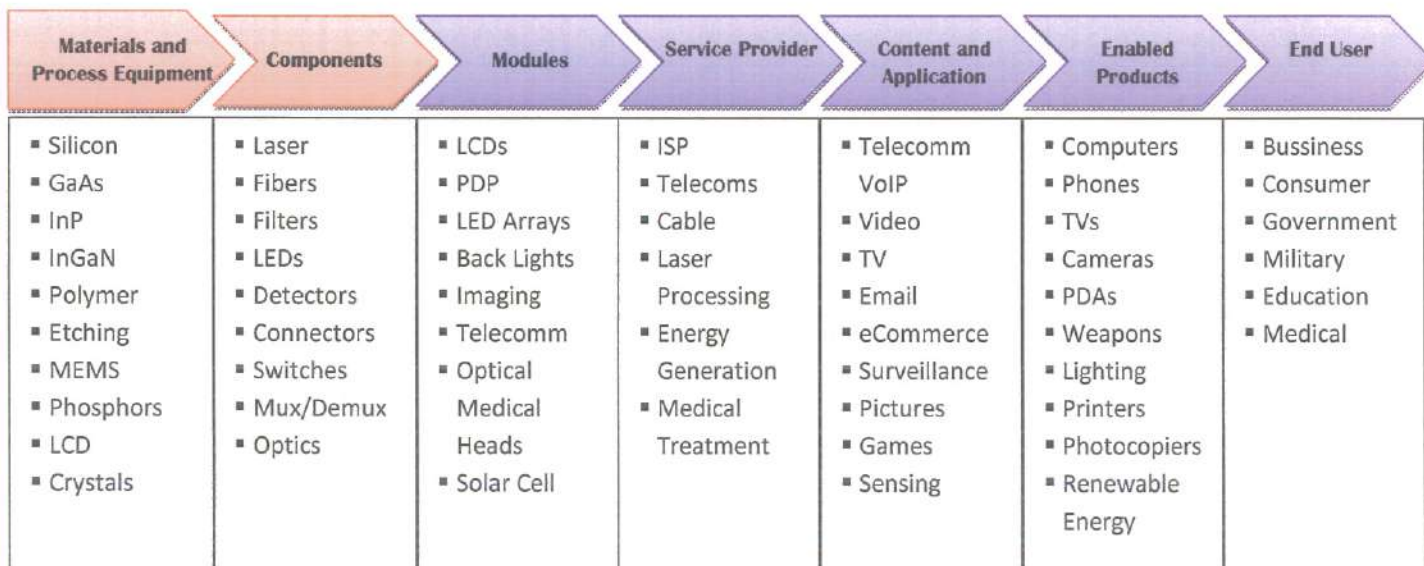
ברצוננו להודות לכלל המשתתפים מהאקדמיה, מהתעשייה וממשהב"ט שהשקיעו מזמנם ותרמו לנושא וכן לגב' חנה דהן, מזכירתו של יו"ר הועדה על הסיוע בתיאומי הפגישות והביקורים.

תחום הפוטוניקה הינו שם כללי לתחום מדעי וטכנולוגי המשותף להנדסת חשמל ופיסיקה העוסק ביצירה, הגברה, העברה, גילוי, אפנון, ועיבוד של חלקיקי אור.

זהו תחום ליבה של מחקר, טכנולוגיות ויישומים הנוגע בכל תחום בחיי היום יום, תחום זה הינו בחזית הקידמה הטכנולוגית וזוהה בעולם כתחום טכנולוגי אסטרטגי ומושקעים בו משאבי עתק במטרה להעמיד תשתיות יקרות המאפשרות מחקר ופיתוח מתקדם ביותר. בשל הפוטנציאל הגבוה של הטכנולוגיות הפוטוניות לשימושים יישומיים, זוהה תחום זה כבעל פוטנציאל מסחרי רב המגלגל סכומי כסף רבים ומקיים היקפים גדולים של מסחר, לרבות הקמתן של חברות קטנות כגדולות, וקיום מקומות עבודה למאות אלפי אנשים. כמו כן, בשל יישומיות הטכנולוגיות הפוטוניות ניתן לראות רבות מהן משתלבות ביישומים לשימושים צבאיים דוגמאת: גלאים, לייזרים, חישה, תקשורת ועוד...

באיור מס.2 ניתן לראות את "שרשרת המזון" הפוטונית: החל מהאלמנטים הבסיסיים ביותר – החומרים הפוטוניים והיכולת ליצור ולעבד אותם, דרך יצירת הרכיבים, הללו מאפשרים בנייתם של מכלולים מורכבים יותר, וכלה במתן פתרונות פוטוניים למגוון רחב של שירותים, יישומים ומוצרי קצה שהמשתמשים שלהם הם כולם: עסקים, צרכנים, גורמי ממשל, חינוך, רפואה, ועוד...

בבסיס השרשרת נמצאים החומרים והרכיבים, ששליטה ביכולת לפתח ולממש אותם הינה המפתח לביצועי תוצרי ההמשך בה. יתרה מזאת, מסקר שערכו האמריקאים בקרב תעשיות פוטוניות, הצביע על התלות הקריטית של חברות המערכות ברכיבים וחשש מהיעדר חברות רבות המספקות רכיבים איכותיים וכן דינמיות של השוק ברכישות ומיזוגים, דבר המעמיד בחשש חברות אינטגרציה רבות.



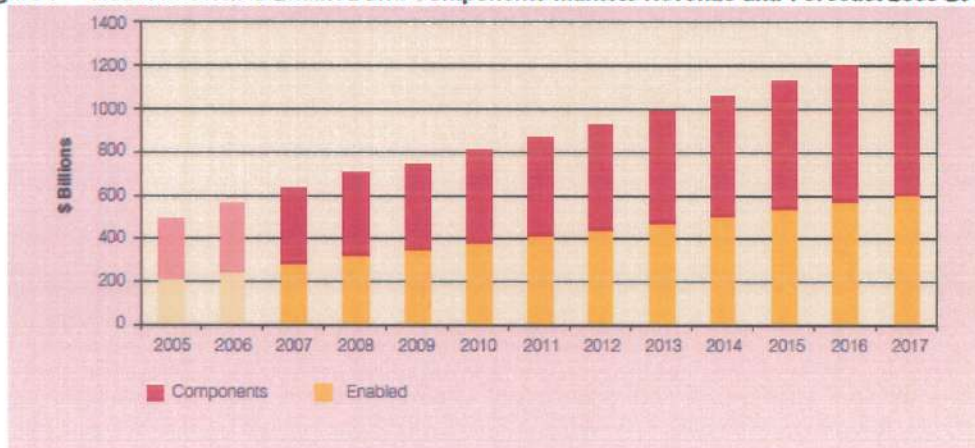
איור מס.2 - "שרשרת המזון הפוטונית"
 (מתוך דו"ח Electronics, Photonics and Electrical Systems- Key Technology Area n)

גודל השוק והפוטנציאל הגלום הן ברמת הרכיבים והן ברמת המכלולים שאותם רכיבים מאפשרים הינו גדול ומסתכם על פי ההערכות במאות מליארדי דולרים לשנה, ובגידול של 10-20% לשנה. ניתן להתרשם מדוגמא

גרפית הלקוחה מן הדוח – Electronics, Photonics and Electrical Systems- Key Technology Area

Global Market - Optoelectronics Industry Market Report and Forecast. October 2007 - המבסס את נתוניו מתוך

Figure 7 – Global Photonics Enabled and Components Markets Revenue and Forecast 2005-2017 [14]



במהלך השנים האחרונות אנו עדים לקיומן של פעילויות רבות להתוויית מדיניות וחשיבה אסטרטגית לתחומים טכנולוגיים והדרכים לפתחם ולקדםם כך שיסייעו לקידום התעשייה והכלכלה. הפוטוניקה, נמצאת כמעט בכל חשיבה אסטרטגית כזו בקנדה, אירופה והמזרח. בארה"ב אין בנמצא אסטרטגיה מכוונת לתחום אך עם זאת מושקעים סכומי עתק בתשתיות בנושא.

להלן מספר דוגמאות ממספר מדינות המצביעות על מגמות ברורות של:

- א. זיהוי התחום כאסטרטגי ובעל פוטנציאל כלכלי גבוה.
- ב. השקעה בחשיבה אסטרטגית ובניית תוכניות ארוכות טווח בתשתיות.
- ג. השקעות מאסיביות בתשתיות מו"פ במרכזי שירותים ובאקדמיות.
- ד. השקעה והכוונה של הטכני לכוונת התורמות לתיעוש ולמסחר.

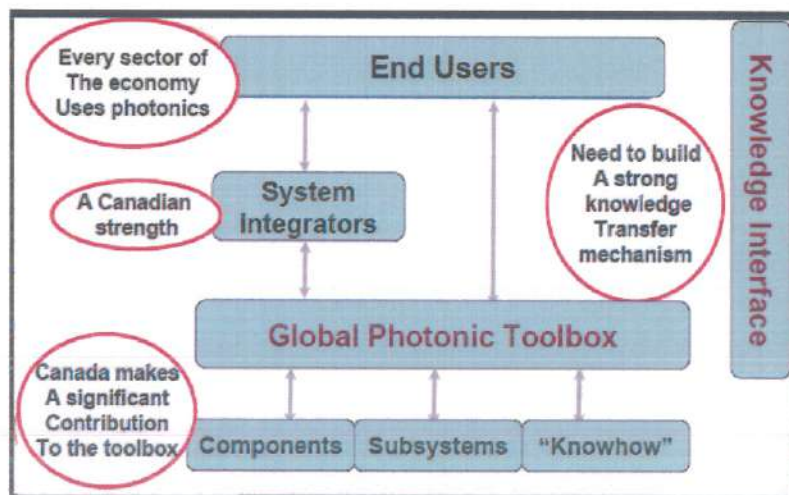
(את הדו"חות המלאים ניתן למצוא בנספחים).

קנדה



ניתן להתרשם מהשקעה בקנדה בתחום הפוטוניקה, הן בהיבטי תשתיות פיזיות והן בהיבטים של כח אדם מיומן, שני אלו הצעידו משמעותית את התעשייה הפוטונית בקנדה. הדבר נעשה ע"י חשיבה כוללת ותיאום בנעשה בין כלל האוניברסיטאות, הקמת מרכזי שירות הכוללים תשתיות פבריקציה להתקנים והקמת חברות הזנק בהתבסס על תשתיות אלו. כפי שניתן לראות בתרשים הבא, הקנדים זיהו כי תחום המשתמשים בטכני פוטונית הוא כולם.. וזיהו כי החזקה שלהם באינטגרציה, וכי יש לחזק את "ארגו הכלים" ברובד הבסיסי של הידע, הרכיבים ותתי המכלולים. לצורך כך הושקעו ומושקעים כ-150 מ"ד בשנה של כספי מדינה במסגרת תוכניות שונות לחיזוק "ארגו הכלים", כ-15 מ"ד בשנה מושקעים ב"מרכז הפוטוניקה" הגדול ביותר שלהם INO.

The Photonic Strategy: The Toolbox



עוד זיהו הקנדים את החשיבות בניצול הידע ויכולת הפיתוח ליישומים כך שתוחזר ההשקעה למדינה. לצורך כך קיימות שתי תכניות, האחת, The TEN Program (Technology Exploitation and Networking), שמטרתה:

- שיתופי פעולה
- העברת ושיתוף ידע
- חילופי סטודנטים
- סמינרים, כנסים וקבוצות עבודה
- כניסה לעבודה במתקנים לאומיים

והשנייה, The IPA (innovation Photonics Application), שמטרתה:

- פתירת בעיות של משתמשי קצה באמצעות טכני פוטוניות
- חיזוק הקשר בין החוקרים בפוטוניקה לבין התעשייה
- למסד האפשרות להעברת וניצול ידע

ב-2009 פורסם דו"ח בחינה של ההשפעה הכלכלית של מרכז שירותי פבריקציה פוטוניים CPFC (Canadian Photonics Fabrication Center), בו הושקעו 62 מ"ד למשך 8 שנים עבור תשתיות ותפעול, וכתוצאה מכך הוקמו 12 חברות שההערכה היא כי ההכנסות שלהן יסתכמו ב-500 מ"ד. הדו"ח מדגיש את החשיבות של המרכז בכך שהיכולות שבו איפשרו לגייס 87 מ"ד לטובת המשך פיתוח טכני שלא היה מתאפשר ללא המרכז.

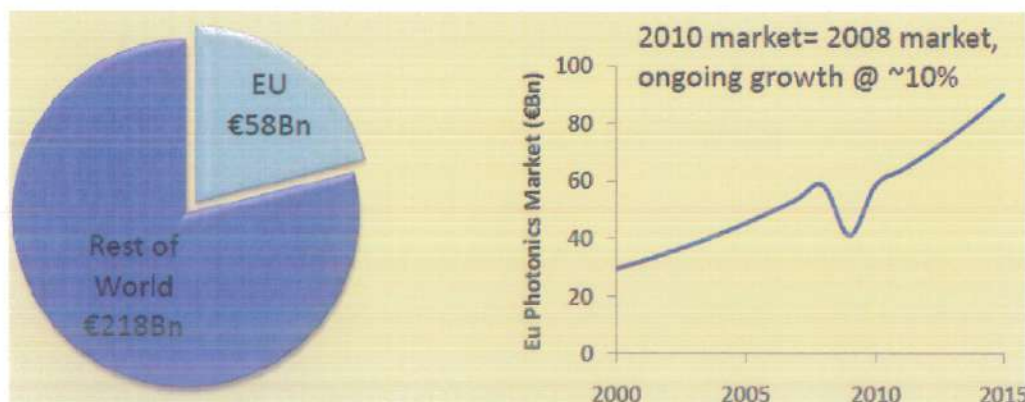
לסכום, קנדה שמה לה את נושא הפוטוניקה כאחד ממנועי הצמיחה הכלכליים המרכזיים שלה ופועלת באופן אינטנסיבי בהקשר זה. הועדה בחנה את המודלים של מרכזי התשתיות הפוטוניות בקנדה, דוגמאת INO, והביאה לידי ביטוי בהמלצות המודל. מידע רב נוסף ניתן למצוא בנספחים המצורפים.

www.photonics21.org – האיחוד האירופי

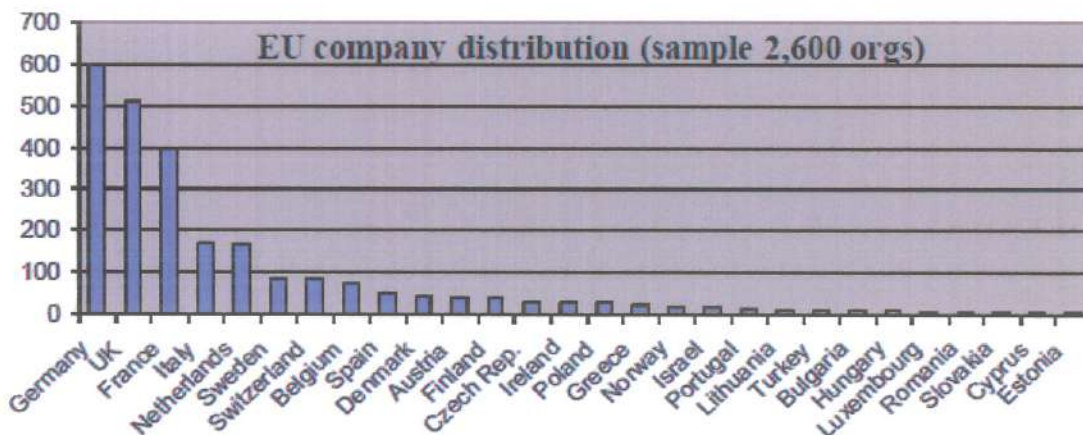


בפרסום מספטמבר 2011 של האיחוד האירופאי, הצהירו על השקעה בפיתוח בתחומי הפוטוניקה בהיקף של 7 מיליארד דולר, כאשר 5.6 מושקע מהמגזר הפרטי ו-1.4 מיליארד. באותו פרסום הוצהר כי "פוטוניקה" נבחר כאחד מששת ה-KETs (Key Enabling

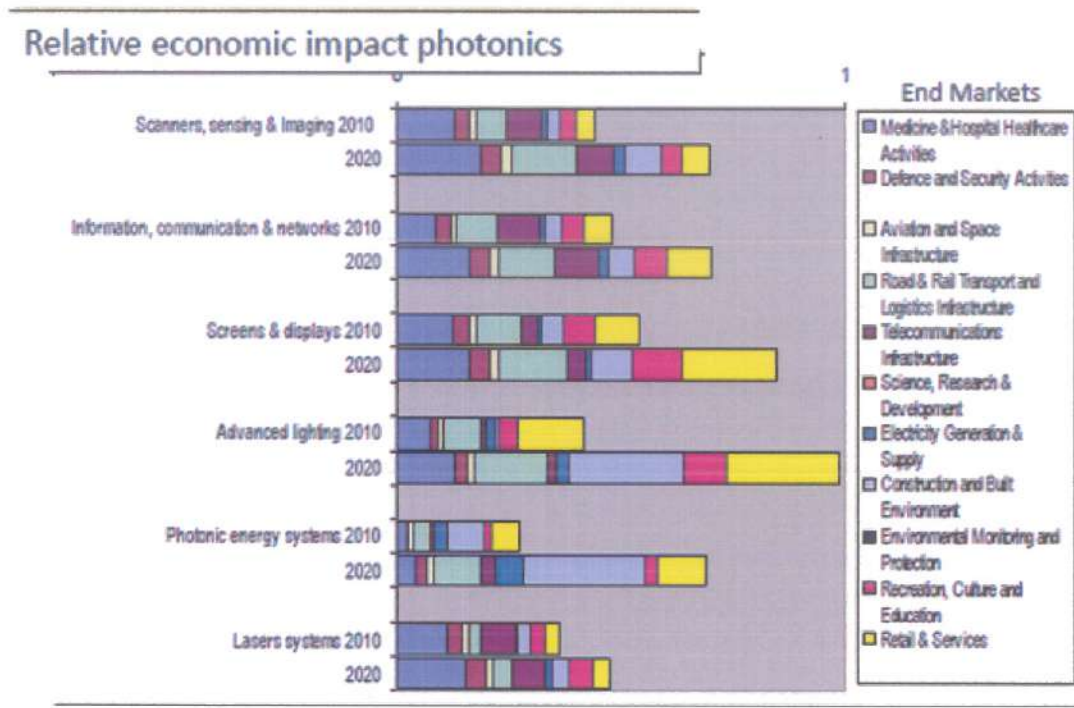
Technologies), מכיוון שזוהה כבעל אימפקט גבוה על: כלכלה, סביבה, דמוגרפיה, טכנולוגיה, חברה ופוליטיקה, וכי תעשיית הפוטוניקה באירופה מוערכת בכ-58 מיליארדי דולרים שהם 21% מהשוק העולמי, וכן מועסקים 300 אלף עובדים בכ-5,000 חברות. עוד העריכו כי 20-30% מכלכלת אירופה תלויה בפוטוניקה.



באותו הדו"ח מוצג גם פילוח החברות הפוטוניות באירופה :



וכן את התחזיות להכפלת השוק ב-2020 במגוון רחב של תחומים פוטוניים :



ציינו כי בתוכניות העתידיות יושם דגש על היכולת לממש פיתוחים ומחקרים ובדגש על השלבים הבאים של פיתוח מוצר, יצירת אביטיפוס ראשונים ויכולת ייצור תחרותית. הדגשים הללו הועלו לאור הצורך להתחרות במאמצי הייצור בקוריאה ובסין.

את הידיעה המלאה ניתן לראות בקישור (בנספחים).

ארה"ב



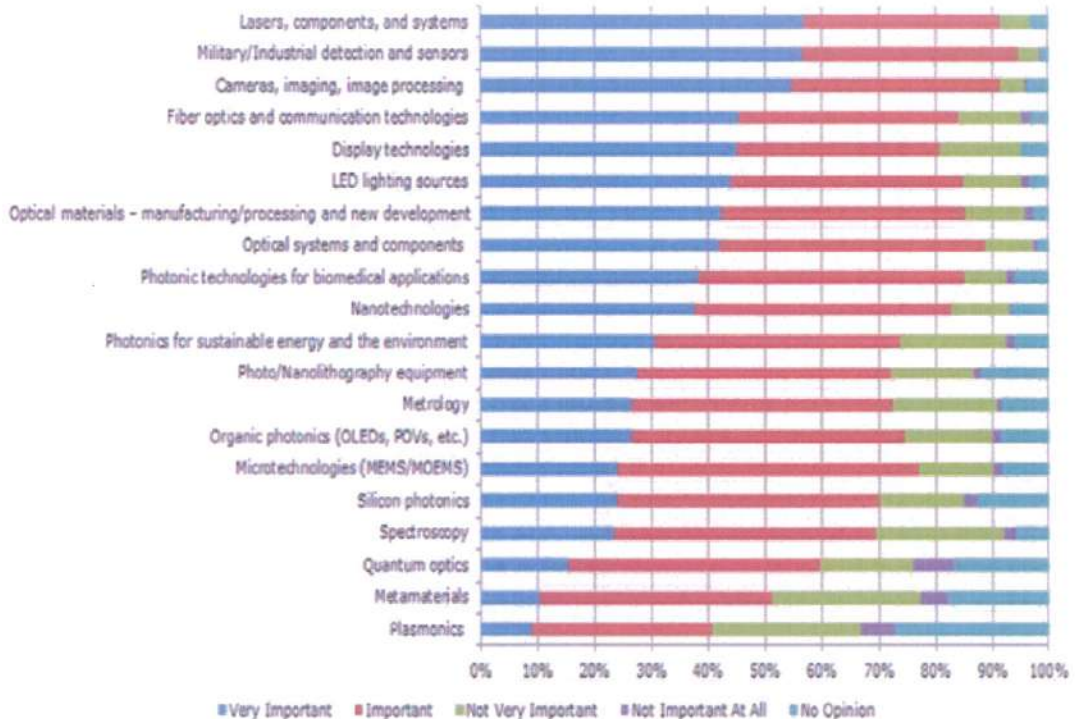
מתוך לימוד שנעשה ע"י האירופאים על ארה"ב עולה כי המדינה אינה דוגלת במדיניות של לבחור "אסטרטגית" טכני מסוימת. עם זאת, השקעות רבות בתחום מצד המשרדים הממשלתיים: משרד האנרגיה, משרד הבריאות, משרד ההגנה (DARPA,

AFRL, ARL, NRL), סוכנות החלל, משרד המדע, משרד האוקיינוסים והאטמוספירה NOAA, ועוד...

ב-1998 פורסם "Harnessing Light : Optical Science and Engineering for the 21th Century", שהופק ע"י ה-National Academy Committee, המצביע על תחום האופטיקה כמעניין מדעית עם עניין מועט לאחרים ולא נעשתה עבודה מאומצת בתחום.

היום, 2010, הוקצו 850 מיליון דולר לעבודה מאומצת חדשה "Harnessing Light II", בשילוב מספר משרדים ממשלתיים ואנליסטים כלכליים שמטרתה לבצע הערכת מצב על התחום בארה"ב ובעולם, בהיבטים של מסחר, צרכי השוק, היכולת להעביר טכני ממחקר לידי מסחר והקמה של חברות קטנות וגדולות, צרכי כ"א בשוק, וכן לזהות הזדמנויות טכנולוגיות בתחום והאימפקט של תחום הפוטוניקה על הכלכלה, ולהמליץ כיצד לפעול לסגירת פערים וצרכים במטרה להיות תחרותיים. הדו"ח יצא בשלהי 2012. (וידאו המתאר את הועדה ניתן למצוא בקישור - <http://spie.org/x86585.xml>).

בסקר שערכו במסגרת העבודה בקרב 300 חברות העלו מספר מסקנות מעניינות, שהעיקרית בהן הדאגה של כ-50% מהנשאלים בתלות ברכיבים והתקנים אופטיים/פוטוניים. הסיבות: התמזגויות של חברות, רגולציות ובקרת יצוא, איכות לא מבוקרת, שוק נשלט על ידי חברות ספורות, ועוד.. באותו הסקר גם סקרו את התחומים הפוטוניים השונים עפ"י חשיבות, להלן הרשמים:



עוד נציין כי קיימים מספר מרכזי פוטוניקה במספר אקדמיות מובילות דוגמת: MIT, Stanford, CREOL – The, והגדולה ביניהן בפלורידה, Brookhaven, Los Alamos, Georgia Tech, Boston

College of Optics&Photonics, בעלת עשרות שיתופי פעולה עם חברות מובילות בעולם עם חוזים של 3-5 מליון דולר בשנה וסכום דומה המגיע מהמדינה, ע"י העברת ידע וכ"א (סטודנטים) לתעשייה.

הולנד

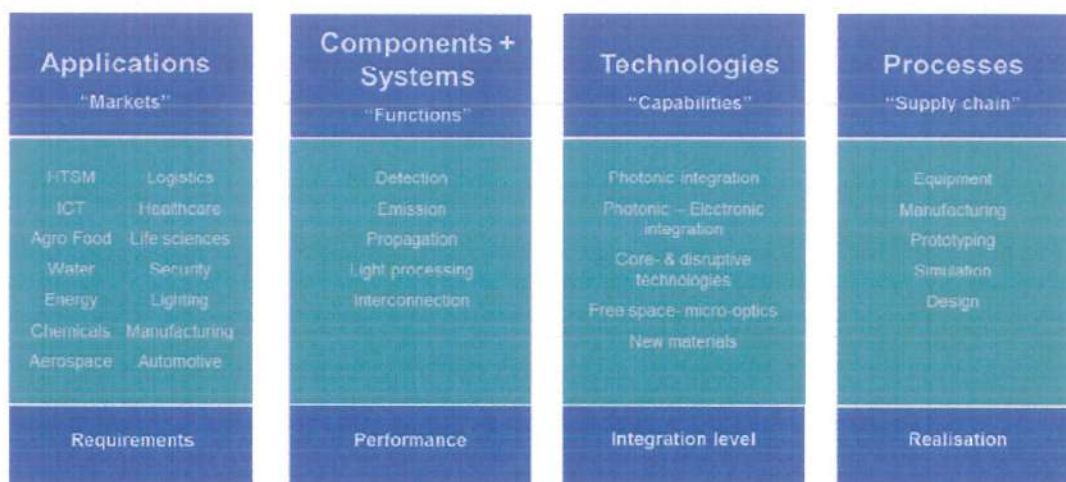


בהולנד בוצעה חשיבה ויצא דו"ח "מפת דרכים". גם כאן הלכו בעקבות המסקנות של הדו"ח האירופאי. בדו"ח מצויין כי שוק הפוטוניקה הינו תחום המתפתח משמעותית מהר יחסית, ובעל דרישות הולכות ומפתחות לפיתוחים ופתרונות מתקדמים. הדו"ח מצייין כי ב-2008 הוערך השוק העולמי ב-277 מליארד אירו, כאשר רק 21 מליארד אירו מתוכו עבור השוק הצבאי.

בדו"ח העריכו החוזקה של הולנד בקהיליה אקדמאית איכותית בתחום, וכן 150 חברות קטנות (SME) הנמצאות בתחומי הפוטוניקה.

תחומים בהם זיהו חוזקה, שימושים ופוטנצי:

- טכני ייצור לתעשיית המוליכים למחצה – optical lithography
- תאורה, LED, OLED
- אינפורמציה ותקשורת
- רפואה
- רכיבים אופטיים – מבוססי סיבים ואופטיקה אדפטיבית
- דימות (Imaging)
- טכני ייצור ואריזה
- ביטחון ואבטחה
- ביו-סנסורים



הדו"ח מתאר את החשיבות של הטכני בכל שלב ב"שרשרת המזון", החל מאפליקציות וכלה ברכיבים "מאפשרים". במפת הדרכים מתוכננת השקעה משותפת של תעשייה ומדינה בהיקף של כ-180 מליון אירו בין השנים 2012-2016.

אוסטרליה



בדו"ח אסטרטגי למפות דרכים לתשתיות (2011) צויינה חשיבות נווטכנולוגיה, פוטוניקה וביוטכנולוגיה כטכני בעלי התפתחות ופוטנציאל גבוהים ("massive growth predicated") שיש להשקיע בתשתיות המחקר בהם ולתת לחוקרים כלים מתקדמים לפיתוח התחום לטובת רפואה, בטחון ותקשורת.

דו"ח נוסף מעניין שנמצא הוא של IPAS – Institute for Photonics & Advanced Sensing, אחד מתחמשת מרכזי המחקר המובילים בעולם הנמצא באו. אדליין. בסכום 2010, המקום מונה כ-140 חוקרים, כפול מהמספר ביום הקמתו בנובמבר 2009. במרכז הושקעו 40 מ"ד ע"י המדינה והאו הצצליח לקבל מענקים בגובה 7.3 מ"ד ב-2010. מעניין לראות כי המקום מתנהל כחברה שה"שוק" שלה הוא מענקי מו"פ.

תחומי העסוק של המרכז:

- חומרים אופטיים ומבנים מיוחדים
- לייזרים ואופטיקה לא לינארית
- חישה מרחוק
- מדע שטח, כימיה סינטטית
- חישה כימית
- דיאגנוסטיקה רפואית וחישה ביולוגית

יפן



ביפן גם כן נעשתה עבודת ניתוח על שוק הפוטוניקה ב-2009 על ידי גוף בשם: Optoelectronic Industry & Technology Development Association, התחזיות כאן זהות לתחזיות האירופאיות (במליוני דולרים).



Fig. 13 World wide photonics market prediction (OITDA)

עוד ניתן להתרשם בדו"ח מן הערכת השוק שלהם (ביינים – 12 billion \$ ~ 1trillion yen), הדומה מאוד להערכות אחרות בעולם.

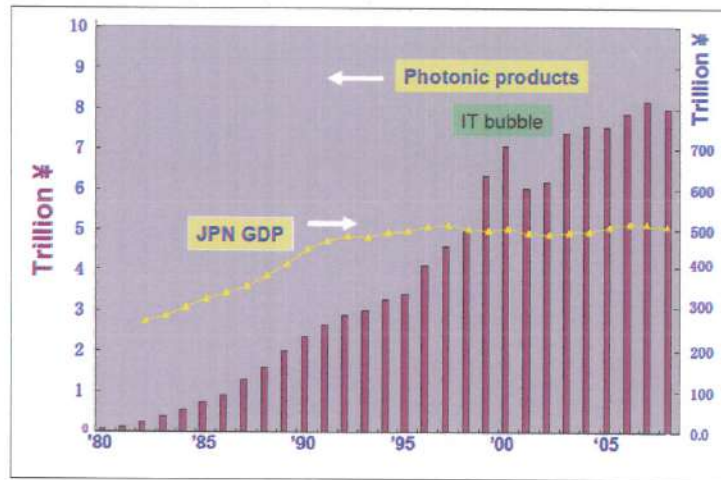


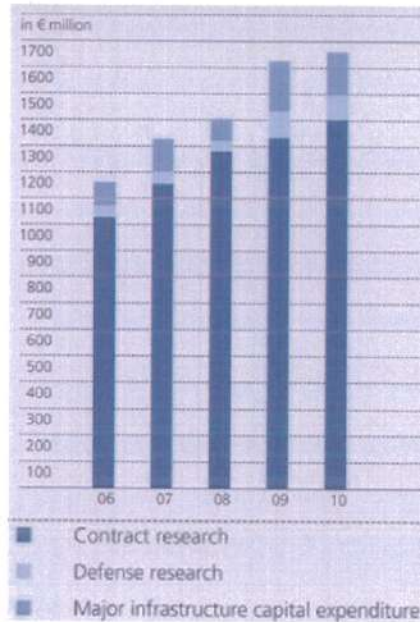
Fig. 4 Photonics market size annual trend (OITDA)

זיהו כתחומים פוטנציאלים עתידיים נושאים כמו: תצוגות, תאורה (LEDS, OLEDS), תאים פוטוולטאים, מדידות וחישה, ותקשורת. לא זוהו המלצות או דרכי פעולה.

גרמניה



גרמניה היא מדינה מובילה, בתעשיית הפוטוניקה שלה. הדבר התאפשר הודות להשקעות רבות בתחום בעיקר דרך מרכזי Fraunhofer, מרכזים אלו הם מרכזי מחקר יישומיים. כיום, מונים עשרות מכוני מחקר כאלו ברחבי גרמניה (וכעת גם מוקמים בעולם), בתקציב שנתי כולל של 1.6 מליארד אירו, כאשר רק שליש ממומן ע"י הממשלה וכל השאר מגיעים מחוזים מול תעשיות וקרנות אירופיים. המכוניים היישומיים הללו מפתחים טכני לשימוש התעשייה עד לרמה של בשלות תעשייתית ישירות מול לקוחות וכל זאת במטרה להפוך מומחיות מדעית לכדי שימושים יישומיים. מחקר בסיסי מתקיים באוניברסיטאות ובסוג אחר של מכוניים ה-Max Plank institutes. מודל Fraunhofer, גם מתייחס לנושא ה-IP (Intellectual Property) בגמישות המאפשרת שימוש חופשי יחסית של התעשיות הממנות את המחקר, נושא זה יורחב במודל ההפעלה המוצע. ניתן להתרשם מפילוג התקציבים לתשתיות ומ"הזמנות עבודה" מן הגרף הבא:



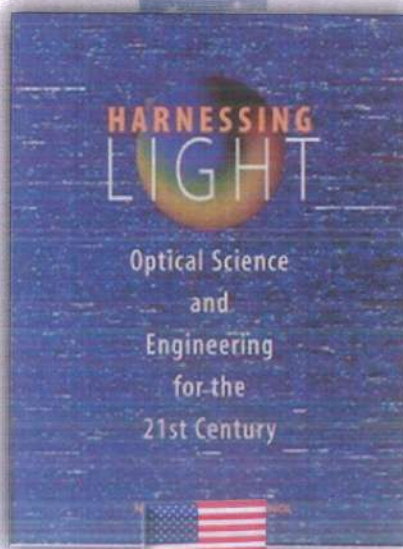
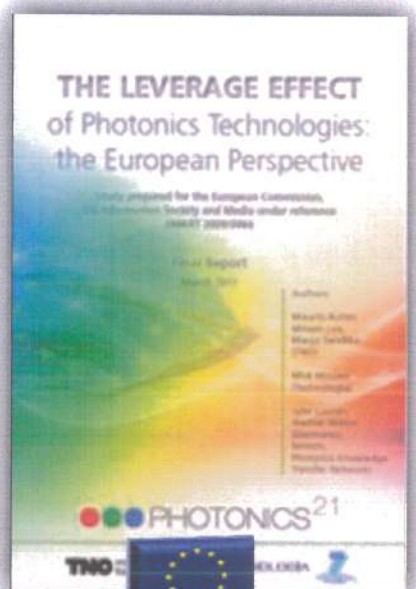
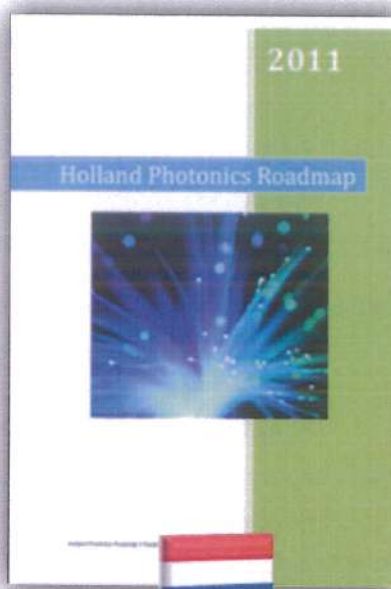
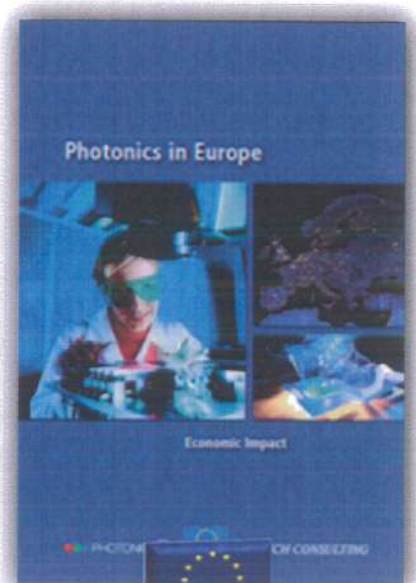
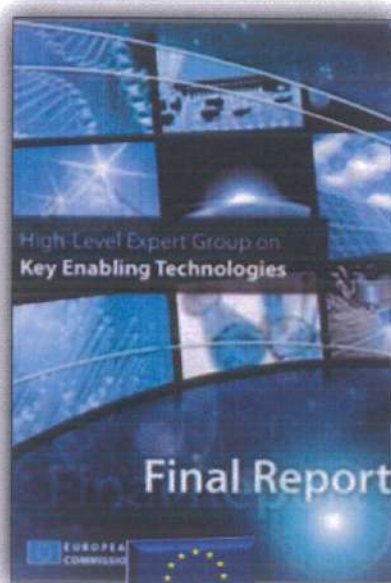
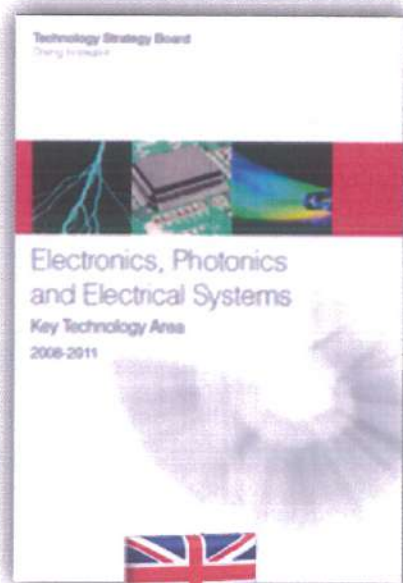
ישנם מספר מכוני Fraunhofer, העוסקים בפוטוניקה, בין הנושאים העיקריים בהם עוסקים:

- גלאי אינפרא-אדום
- דיודות לייזר
- Light Emitting Diodes
- Micro-Nano Sensors
- ציפויים אופטיים
- אופטיקות מתקדמות – Microstructured Surfaces
- אופטיקת מוליכי-גל
- לייזרי סיב ושימושיהם
- אפיון אופטי
- הרכבות אופטיות ומערכות מכניות להשמה
- ועוד...

כאמור, גרמניה היא מן המובילות בעולם בתחומי הפוטוניקה ובהפיכתם לכדי יישומיים לטובת התעשייה והכלכלה. המדינה השכילה להשקיע בתחום ולבנות מודלי שת"פ המאפשרים פיתוחים ומחקרים מן המובילים בעולם.

דו"חות נוספים ומרכזים נמצאו במקומות נוספים בעולם: אנגליה, סקוטלנד, סינגפור, ערב הסעודית ועוד...

פוטוניקה – תחום טכנולוגי עולמי מוביל



בשל אופיו המולטידיספלינארי של תחום הפוטוניקה אנו עדים לפעילות ענפה באקדמיה ובתעשיות ברמות שונות, החל ממחקר בסיסי של רכיבים וכלה בפיתוח מערכות קצה מורכבות. החוקרים בתחום הפוטוניקה חוצים פקולטות וניתן לראות אותם פעילים ב: פיסיקה, הנדסת חשמל, כימיה, ביולוגיה, ומרכזי הננו-טכנולוגיה.

ג.2.א. פוטוניקה באקדמיה

בפנייה שביצענו לכלל האוניברסיטאות בארץ למכללות ולמרכז למחקר גרעיני בנחל שורק - קיבלנו מענים הסוקרים את הנעשה במוסדם בתחומי הפוטוניקה השונים וכן הוצפו החוסרים המהווים חסם שאיננו מאפשר התקדמות כלל או לא מאפשר התקדמות רצוייה אל מול הפוטנציאל הקיים. כלל המענים הציגו דוגמאות לשיתופי פעולה עם אקדמיות נוספות וכן עם תעשיות אזרחיות ובטחוניות.

עוד עולה מן הסקירה כי קיימת פעילות ענפה של מחקרים הממומנים ע"י מפא"ת וכן מספר של פרויקטי מגני"ט, מגני"טונים, קמיי"ן ומימון מו"פ ייעודי של התעשיות עצמן באקדמיה ומכוני המחקר. תכניות אלו מטפלות בנושא מחקרי מסויים ורכש מבוצע שם לטובת הפרויקט, עם זאת לא זוהתה פעילות יזומה של שיפור תשתיות כבדות ומשמעותיות לטובת תחום הפוטוניקה. כן ניתן לראות את ההשקעות המאסיביות בתחום הננו-טכנולוגיה שפיתחו באקדמיות מעבדות וציוד מתקדמים, וכן התפתחה סביבה של חוקרים מובילים.

את המענים המפורטים ניתן לראות בנספחים. להלן תקציר הפעילויות הנעשות היום ואתגרים עתידיים:

אונ. בן גוריון

באונ. כ-23 חוקרים עיקריים אשר עוסקים ישירות בפוטוניקה במחלקות שונות. כמו כן, קיימת באונ. יחידה יחודית לאלקטרואופטיקה שכיום מכשירה כ-50 סטודנטים לשנה בתחום לתארים מתקדמים (מסטר, דוקטור).

תחומי המחקר העיקריים: דימות אופטי, התקנים אלקטרואופטיים, עבוד תמונה, סנסורים ביולוגיים, התקני Liquid-Crystals, הולוגרפיה, חקר מעבר אור באטמוספירה, מקורות THz, תקשורת אופטית, גילוי היפרספקטראלי, לייזרי מצב מוצק, לייזרי סיב, לייזרים כימיים, התקנים פוטוניים מבוססי ננו-חוטים, התקנים אורגניים, שיטות אפיון אופטיות לביולוגיה, המרות תדר, אינטראקציית אור חומר, אופטיקה קוונטית, ועוד...

אתגרים ונושאים מחקר עתידיים:

- פיתוח ומחקר שריגים דיפרקטיביים מתקדמים
- פיתוח ומחקר מסננים אופטיים
- התקנים פוטוניים מבוססי מוליכי גל
- סיבים מיוחדים והתקנים מבוססי סיבים אופטיים

אונ. בר אילן

באונ. כ-7 חוקרים אשר עוסקים ישירות במחקרים פוטוניים. תחומי המחקר העיקריים: מקורות סיב רחבי סרט דיאגנוסטיקה ופיתוח שיטות פוטוניות לביופיסיקה, המרות תדר, ספקטרוסקופיה, אינטי אור חומר בננו התקנים אורגניים ואי אורגניים, OLED, אופטיקה מרחבית, חישה מרחוק, התקנים פוטוניים,

פוטוניקת סיליקון, התקנים ביו רפואיים, RF פוטוניקה, תקשורת אופטית, חישה בסיבים אופטיים, שיטות פלורסנטיות, ועוד...

אתגרים ונושאים מחקר עתידיים:

- פיתוח רכיבים ננו פלסמוניים
- פיתוח של מערכות מיקרוסקופיה בסופר רזולוציה
- פיתוח מקורות לייזר נעולי מודים בפולסים קצרים
- צימוד מוליכי על למוליכים למחצה
- מיקרוסקופיה לדימות ביולוגי
- תאים סולריים באינפרא אדום
- לייזרים מבוססי פולריטונים
- OLEDs
- צילום בסופר רזולוציה מלווינים קטנים
- שערים לוגיים מבוססי פלסמונים
- מעגלים משולבים רכיבים אופטיים-מיקרו אלקטרוניקה
- שיטות פוטוניות לרפואה ולביולוגיה

אונ. העברית

באונ. כ-20 חוקרים אשר עוסקים ישירות במחקרים פוטוניים, ולמעלה מ-100 סטודנטים לתארים מתקדמים (מסטר, דוקטור). באונ. קיימים מספר מסלולי לימוד בהנדסה ובפיסיקה. תחומי המחקר העיקריים בתחום הפוטוניקה: פלסמוניקה, פוטוניקת סיליקון, התקנים פוטוניים לתקשורת, ננו-קריסטלים, לייזרים ותמיסות פלורסנטיות, שיטות אופטיות לביולוגיה ורפואה, לייזרים פמטושנייה, גבישים אלקטרואופטיים, אופטיקת שדה קרוב, המרות תדר, עבודת תמונה, ועוד...

אתגרים ונושאים מחקר עתידיים:

- פוטוניקת סיליקון ותאימות לתהליכי CMOS
- מקורות, גלאים, מאפנני אור ורכיבים פאסיביים
- פלסמוניקה
- אינטראקציית אור חומר
- לייזרים רבי עצמה והרמוניות גבוהות
- מקורות פוטון בודד
- טרה-הרץ

אונ. תל אביב

באונ. כ-16 חוקרים אשר עוסקים ישירות במחקרים פוטוניים, וכ-100 סטודנטים לתארים מתקדמים. עיקר הפעילות בתחום מתקיימת בפקולטה להנדסה. מנושאי המחקר הקיימים והאתגרים העתידיים:

- תקשורת אופטית
- גבישים לא לינאריים והמרות תדר
- ניתוח אותות אופטיים
- סופר-רזולוציה
- ספקטרוסקופיה ברזולוציה גבוהה
- מנחי גל אופטיים
- מעגלים משולבים והתקנים
- התקני תקשורת אופטית ומודולטורים מהירים

- עיצוב אלומות לייזר
- לייזרים ומערכות לייזר
- סיבים אופטיים ותופעות לא לינאריות בסיבים
- מיקרוסקופיה
- ננו-פוטוניקה
- סנסורים אופטיים – ביולוגיים/כימיים
- סיבים מיוחדים לאינפרא אדום

הטכניון

באונ. כ-25 חוקרים אשר עוסקים ישירות במחקרים פוטוניים ב-6 פקולטות שונות. הפעילות בפוטוניקה בטכניון החלה בשנות ה-70 ועברה מהפך בתחילת שנות ה-90 עם הקמת מרכז האופטואלקטרוניקה. כיום, מכשיר עשרות סטודנטים לתארים מתקדמים בתחום הפוטוניקה.

מנושאי המחקר הקיימים והאתגרים העתידיים:

- חומרים פוטוניים והתקנים
- סיבים אופטיים
- תקשורת אופטית
- אופטיקה לא לינארית
- ננו פוטוניקה
- סופר רזולוציה
- פלסמוניקה
- אופטיקה אולטרא מהירה – attosecond
- דיודות לייזר
- אופטיקה אטומית וקוונטית
- מוליכים למחצה אופטיים
- לייזרי מוליכים למחצה, לייזרים רבי עצמה
- גלאים – מהירים, אינפרא אדומים
- תאים סולריים

המרכז למחקר גרעיני (ממ"ג שולק)

ממ"ג הינו גוף מחקר ופיתוח ממשלתי שמזה 40 שנים מקיים פעילות ענפה בתחום הפוטוניקה תוך היותו גשר ייחודי בין האקדמיה והתעשייה. המרכז מכיל סגל קבוע של למעלה מ-100 חוקרים, מהנדסים וטכנאים העוסקים בממ"ג בתחום הפוטוניקה. כיום בממ"ג, 30 סטודנטים לתארים מתקדמים.

מנושאי המחקר הקיימים והאתגרים העתידיים:

- לייזרי מצב מוצק רציפים ורבי עצמה
- לייזרי סיב
- המרות תדר
- מבנים רב שכבתיים של מוליכים למחצה
- חומרים אופטיים
- חישה אופטית
- בדיקות אל הרס של רכיבים

הייחודיות של ממ"ג היא בכך שהמרכז מקיים מחקר יישומי בהגדרתו, ומקיים מחקרים יישומיים לתעשיות ולטובת משהב"ט.

מכון וייצמן

במכון כ-10 קבוצות מחקר שעיסוקן בפיזיקה, בתיאוריה ובניסויים של מחקר בסיסי ופתוחים מתקדמים, כמו התכונות הקוונטיות של האור והאינטראקציה שלו עם חומר ועד ליישומים של לייזרים. במכון לומדים כ-50 סטודנטים לתארים מתקדמים. אין במכון פקולטה להנדסה ומשכך הוא בעיקר עושה שימוש ברכיבים אופטיים ויכולו אופטיות קיימות המסייעות למחקר הבסיסי, ומפתח התקנים ויכולות חדשניות.

מנושאי המחקר הקיימים והאתגרים העתידיים:

- פלסמוניקה
- ננו אופטיקה
- פיסיקה של ננו חלקיקים מוליכים למחצה ושימושיהם בתחומי האנרגיה והמיקרוסקופיה
- ספקטרוסקופיה אופטית
- אינטראקציה של חומר עם לייזרים רבי עוצמה
- יצירת הרמוניות גבוהות
- פיזיקה בתחומי האטו-שניות
- חיבור קוהרנטי של לייזרים
- פולסים בתחום הפמטושניות ושימושיהם
- אופטיקה לא לינארית
- אינפורמציה קוונטית
- לייזרים צרי סרט
- אופטיקה דיפרקטיבית
- האינטראקציות של מולקולות עם אור
- מהודים אופטיים זעירים ותכונותיהם
- עיבוד חומר בעזרת לייזרים
- האופטיקה הקוונטית

המרכז האוני. אריאל בשומרון

במרכז כ-6 חוקרים עיקריים בתחום הפוטוניקה. מן המחקרים שמקיים המרכז:

- הדמייה דרך תווך מפזר
- התפשטות פולסים בתווך בעל נפיצה
- תקשורת אופטית בסיבים
- אופטיקה לא לינארית בסיבים
- גלים מילימטריים ותת-מילימטריים מבוססי מוליכי על
- דימות אופטי לשימושים רפואיים וביולוגיים

בית הספר הגבוה לטכני' ירושלים

במוסד זה מחלקה ללימודי הנדסה לאלקטרואופטיקה שמטרתו לימוד, יש פעילות מעטה במעבדות מחקר בסיסיות.

"תעשיית הפוטוניקה" בארץ מתבטאת בעיקר בשלבים גבוהים יותר ב"שרשרת המזון" כאינטגרטורים של רכיבים, וכן של מערכות מורכבות יותר למשתמשים הסופיים, לצרכי רפואה, תקשורת, צבא, צב"ד לתעשייה ואקדמיה. יחד עם זאת קימות גם לא מעט תעשיות רכיבים.

היקף המכירות של תעשיות הפוטוניקה בארץ הוערך בכ-3 מיליארד דולר, שהוא פחות מ-1% מהשוק העולמי, וכן מועסקים בתחום בין 5,000-7,000 עובדים. (נתונים אלו מאוששים עם ההערכות שהופצו ע"י מארגני כנס OASIS - הכנס להנדסת ומחקר אלקטרואופטיקה בישראל).

הועדה פנתה לכלל החברות הנ"ל בבקשה לסקור את הפעילות אצלן וכן להצביע על פערים בתשתיות מו"פ הנדרשות לטובת קידום תחומן, מתוך כלל הרשימה ענו 21 חברות, 6 בטחוניות ו-15 אזרחיות. את המענים המפורטים ניתן למצוא בנספחים, בעמוד הבא ניתן להתרשם מן התובנות העיקריות.

להלן רשימה (חלקית) של חברות בתחום הפוטוניקה בארץ בחלוקה בטחוני/אזרחי:

<u>תקשורת/רפואה/אלקטר/אחר</u>		<u>בטחון</u>
1 Al Cielo	22 OmekOptics	1 SCD
2 Alma Lasers	23 Optimet	2 Ariel Group
3 Applied Materials	24 Optisiv	3 CI Systems
4 Civan	25 Orbotech	4 Controp
5 Colorchip	26 Philips Medical	5 Elbit
6 Direx Medical	27 Q-Light Nano	6 Elop
7 Duma Optronics	28 Radiancy	7 ITL optronics
8 ECI	29 Raicol	8 Opgal Optronics
9 EKB	30 REDC	9 Optigo
10 Fibernet	31 Senso Optics	10 Rafael
11 Gavish	32 Sharpflight technologies	11 TAMAM Devison
12 Given Imaging	33 STI	
13 HP Labs	34 Syneron Medical	
14 Invision	35 Temmekoptics	
15 Kilolambda	36 TOWER	
16 KLA	37 UPC-JL	
17 Lumenis	38 Vgen	
18 Micron	39 Visionic technologies	
19 Nanonics	40 Visionix	
20 Negohop		
21 Ofil Ltd		

*חברת Omniguide אינה ישראלית, אך קיימת פעילות שלה בארץ

להלן רשימה החברות בתחום הפוטוניקה בארץ בחלוקה לפי רמתם ב"שרשרת המזון":

<u>מכירות ("גבוהים" בשרשרת המזון)</u>		<u>רכיבים ("נמוכים" בשרשרת המזון)</u>
Alma Lasers	Optigo	SCD
Applied Materials	Optimet	Colorchip
Ariel Group	Orbotech	Gavish
CI Systems	Philips Medical	Kilolambda
Controp	Radiancy	Negohop
Direx Medical	Rafael	Q-Light Nano
Duma Optronics	REDC	Raicol
ECI	Senso Optics	Temmeoptics
EKB	Sharpflight technologies	TOWER
Elbit	STI	
Elop	Syneron Medical	
Fibernet	TAMAM Devison	
Given Imaging	Visionic technologies	
HP Labs	Visionix	
Invision	UPC-JL	
ITL optronics	Al Cielo	
KLA	Civan	
Lumenis	Optisiv	
Nanonics	Vgen	
Ofil Ltd	דוד גן בטס	
OmekOptics		
Opgal Optronics		

ג.3. תובנות עיקריות מן הסקירה בארץ ובעולם

בעולם

1. העולם כולו רואה את הפוטוניקה כתחום טכנולוגי מוביל, ומדינות שונות ברחבי העולם בוונות תוכניות אסטרטגיות להשקעות בתחום, וזאת במטרה לאפשר פיתוח יכולות טכנולוגיות מתקדמות לקידום היכולות בתעשייה.

בארץ

מחקר ואקדמיה

2. קיימת פעילות ענפה ומגוונת באקדמיות בתחומי הפוטוניקה השונים, פעילות המובלת ע"י עשרות חוקרים מובילים. יחד עם זאת חשוב לציין שהציוד בחלקו מיושן (למעט ציוד שנרכש על ידי מרכזי הננו) ומהווה גורם מגביל בהגדלת היקף המחקר וביכולתו להכנס לתחומים חדשים ומתפתחים בעולם.
3. קיימות תוכניות ומסלולים להכשרות סטודנטים לתארים מתקדמים בפולטות לפיסיקה וההנדסה.
4. הועלו צרכים בציוד מתקדם הנדרש לקידום מחקרים בתחומי פוטוניקה נבחרים (יוצג ביתר פירוט בהמשך).
5. קיימת פעילות מעטה של שיתופי פעולה יישומיים בין האקדמיות לתעשייה שיש לחזקה ולשפרה הן מכיוון האקדמיה והן מכיוון התעשייה.

תעשייה

6. קיימת בארץ "תעשיית פוטוניקה" ענפה בעיקר ברמות גבוהות יותר של "שרשרת המזון" העוסקות באינטגרציה ומערכות. עם זאת, קיימות גם חברות ברמות נמוכות יותר ב"שרשרת המזון" המקיימות פיתוחים מתקדמים ומובילים ובעלות יכולות יחודיות.
7. כלל החברות ציינו כי ישנה חשיבות לחיזוק התשתית המחקרית בתחום הפוטוניקה, בעיקר בהיבטי מחקר יישומי של רכיבים וחומרים, ויכולות שאין באפשרותן להחזיק רק לשם מו"פ.
8. העלות הגבוהה של ציוד בתחום הפוטוניקה גורם לכך שהחברות הקטנות והבינוניות חסרות ציוד בסיסי. גם החברות הגדולות יותר רוכשות ציוד רק לצרכי יצור. באופן זה תשתית הציוד לצרכי פיתוח בתעשייה – דלה מאד. עובדה זו גורמת להפנית חלקים חשובים מן הפיתוח לחו"ל, תוך איבוד יתרונות פוטנציאליים.
9. קיומן של תשתיות מו"פ ראויות בארץ, כאלה שיאפשרו גם ייצור מינימלי להדגמת יכולת ואספקה של כמויות קטנות לביסוס מוצר, יהוו תרומה משמעותית לקידום המו"פ עבור החברות, ואף פוטנציאל ליזמים יחידים לקדם רעיונותיהם ולסייע להם לגייס משקיע.
10. חברות העושות שימוש ביכולות בחו"ל (לדוגמא: יצירת התקנים מבוססי מל"מ, סיבים אופטיים, ציפויים אופטיים וכד'...) נסמכות על חברות מסויימות שלעיתים מתחרות ישירות או נותנות שירותים גם למתחרים, הדבר בעייתי מאוד מבחינת חשיפת הרעיונות וכן מהווה חסם זמן לפיתוח מהיר של רעיונות חדשים. כמו כן, זהו תהליכים של Vertical Integration של בו חברות רכיבים

נרכשות ומפסיקות לספק שירותים עקב תחרות מסחרית. תשתיות פוטוניקה בישראל יגשר על מגמה זו ועל זמינות התשתיות למו"פ התעשייה הישראלית.

11. בתעשיות הבטחוניות – קיימות בעיות של Export Control ו/או חשיפת צרכים ופיתוחים.

ד. הפער וההמלצות לסגירתו

1.ד. פערים להתפתחות המחקר, התעשייה והביטחון בישראל

במדינת ישראל קיימת תשתית אנושית רחבה ומקצועית בתחומי פוטוניקה שונים ומגוונים, יתרה מכך, קיים פוטנציאל יזמות גבוה שיוכל להוביל להקמתן של חברות חדשות לצד הרחבת תחום הפעילות של חברות קיימות, וזאת ע"י סגירת שלושת הפערים שזוהו:

1. הפער העיקרי שזוהה הינו חוסר בתשתית מתקדמת והיעדר תקציב מוגדר לקיום תשתיות ראויות,

שיאפשר לממש רעיונות ורכיבים שיהיו הבסיס המאפשר (enabler) לפתוח "מערכות פוטוניות" לטובת התעשייה והבטחון תוך שתוף פעולה, קדום והרחבה של תחומי מחקר וחוקרים באקדמיה.

ניתן לראות הצלחה רבה בתחום ה-ICT בארץ, שם זמינות כלי הפיתוח הינה ללא הגבלה ושווים לכל נפש. פיתוחים מתקדמים בתחום הפוטוניקה דורשים ציודים כבדים ויקרים שאין הבודד (או החברה) יכול להרשות לעצמו. העדר התשתית גם מהווה חסם באם הם מעוניינים להציג מודל עסקי שם מחיר הכניסה גבוה בשל עלות ציוד זה.

כפי שצויין, הפער בציוד הינו בחלקו ציוד שאינו קיים ומונע קידום תחומים מסויימים (התקנים, סיבים, אופטיקות מיוחדות ואפיונים, וכד'...), בדגש על שלב הפיתוח וחדירת השוק, שעדיין לא ברור לחברות האם יש הצדקה לרכש את הציוד, או שהכמויות קטנות בשלבים הראשונים. על כן הצורך הוא בציוד מחקר שיאפשר גם ייצור סדרות קטנות מעבר למחקר הבסיסי, וזאת בדומה לקיים בעולם, כפי שתואר בתחילת הדו"ח.

2. היבט נוסף שזוהה כפער עיקרי, הינו היעדר 'מחקר יישומי' מוסדר ועל פי בקשת התעשייה.

מסקירתנו עולה כי רוב התעשיות מבצעות את המחקר היישומי בעצמן מאחר ואין גוף בארץ בעל אופי לקיים 'מחקר יישומי', האקדמיות נותנות מענה חלקי בשיתופי פעולה במסגרת תוכניות משותפות אך בעיקר תורמות המשך מחקר של ידע ייחודי שפיתחו והתאמתו לטובת קידום תעשייה, לא קיימת תרבות של התעשיות ל"הזמין עבודה" באקדמיה.

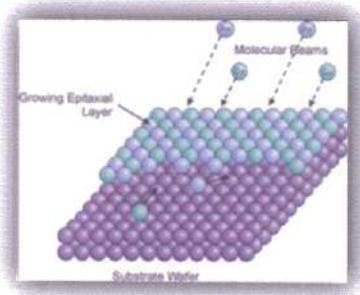
3. העדר ראייה מרכזית וכוללת של נושאי הפוטוניקה בארץ, אינה מאפשרת ניצול הפוטנציאל הגלום

ביכולות הפיתוח בתחום הפוטוניקה בארץ. יש ליצור יותר תיאום וסינכרון של הפעילות והמשאבים, לייצר פלטפורמה לשיתופי פעולה בינלאומיים, ולייצג את האינטרסים של הקהילה אל מול הגורמים המחליטים ומממנים במדינה.

ד.2. המלצות לסגירת פערי תשתית

לאחר ניתוח כלל הצרכים של האקדמיות, התעשיות ומעב"ט, חילקנו את התשתיות הנדרשות ושזוהו כפער משמעותי שלוש קבוצות עיקריות:

א. תשתיות התקני מוליכי למחצה פוטוניים



תיאור: פיתוח התקני מוליכים למחצה פוטוניים מהווה את אחד הערוצים העיקריים לקידום הכלכלה העולמית ובסיס לתהליך מתמשך ביצירת תשתית חדישה לתחומים רבים ומגוונים המשפיעים על חיינו ברפואה, תחבורה, תקשורת ובטחון, זאת ע"י יצירת התקנים כגון: גלאים, התקני תאורה (LEDs), לייזרים, ועוד...

התחום הספקטראלי של ההתקנים הפוטוניים הוא רחב מאד, מהטרהרץ וה-IR, דרך הנראה אל ה-UV העמוק. מערכות החומרים נשענות בעיקר על תרכובות שונות מקבוצת ה-III-V (ארסינדים, אנטימונידים, פוספידים וניטרידים), וכן, עבור יישומים מסוימים, סיליקון, גרמניום וסיליקון קרביד. מבני שכבות אפיטקסיאליות הם הבסיס לגלאים שונים, דיודות לייזר, דיודות פולטות אור והתקנים רבים נוספים.

התשתית המשותפת ליצירת התקנים אלה היא מערכות גידול אפיטקסיאלי.

הצורך: איכות מערכות הגידול האפיטקסיאלי, MBE, MOCVD ו-CVD, השתפרה מאד בשנים האחרונות והיום ניתן לייצור מבני שכבות אפיטקסיאליות בשליטה מעולה על האיכות הגבישית ועל התכונות החשמליות והאופטיות.

בניגוד לעולם הטכנולוגי, תשתית הגידול בארץ מצומצמת מאד ואיננה יכולה לתת תשובה למפתחי ההתקנים. כל פרויקט מו"פ התקנים חייב להסתמך על גידול שכבות בחו"ל בכל אחד משלבי המחקר והפיתוח. מציאות זו מכבידה מאד על מפתחי ההתקנים בתעשייה ובאקדמיה ומונעת כניסה של קבוצות מו"פ נוספות לנושאים אלה.

הקמת תשתיות מתקדמות של שכבות אפיטקסיאליות חיונית למימוש היכולת הקיימת בארץ של תכנון ומימוש התקנים פוטוניים. התשתיות – מערכות גידול מתקדמות וציוד נלווה, יאפשר לתת מענה לדרישות מפתחי ההתקנים.

הציוד הנדרש כולל:

- i. מכונת גידול אפיטקסיאלי – MOCVD לתחום חומרים (Al,Ga,In,P,As,Sb).
- ii. מכונת גידול אפיטקסיאלי – MBE לתחום חומרים (Al,Ga,In,P,As,Sb).
- iii. מכונת גידול אפיטקסיאלי – MOCVD לתחום חומרים מבוסס Nitrides.
- iv. מכונת גידול אפיטקסיאלי – CVD לתחום חומרים Si/SiGe.
- v. מכונת גידול שכבות אטומיות לשכבות דיאלקטריות.
- vi. ציודי אפיון.

כח אדם נדרש:

4 חוקרים

4 טכנאים

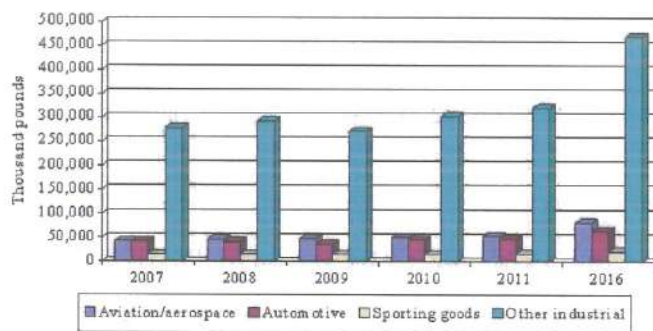
ב. תשתיות סיבים אופטיים מיוחדים



תיאור : סיב אופטי הינו סיב גמיש ושקוף העשוי זכוכית (או פלסטיק) בעובי של בין מקרוניס לעשרות מקרוניס, המשמש כמוליך גל של אנרגיה אלקטרומגנטית בתחומי האור. התופעה התגלתה עוד במחצית הראשונה של המאה ה-18, ופיתוח הטכנולוגיה מאפשר היום מגוון רחב של שימושים, כגון: הולכת אור מאופנן למרחקים גדולים של אלפי קילומטרים, יצירת לייזרים בהספקים גבוהים וביעילות גבוהה לתעשיית עיבוד המתכות, חישה ועוד.. בעשורים האחרונים, התפתח התחום מאוד טכנולוגית ומבנים חדשים ומורכבים של סיבים מאפשרים פונקציונאליות מתקדמת לשימושים רבים.

הצורך : הסיב האופטי הינו הרכיב הבסיסי והקריטי הקובע את ביצועיהם של מערכות מבוססות סיבים, ובשל כך, שליטה ביכולת יצירתו ובפרמטרים המרכיבים אותו (דוגמאת: מבנה גיאומטרי של ליבת הסיב, מבנה גיאומטרי של המעטפת שלו, החומרים ה"מוטבעים" בו ליצירת לזירה, ועוד...) מהווה את הבסיס הטכנולוגי לפיתוחים מתקדמים בתחום. **לא קיימת בארץ יכולת ליצירת סיבים**, והתחום הינו בעל עניין מסחרי ואקדמאי רב. בשנים האחרונות, מספר חברות מובילות בעולם, שייצרו סיבים מיוחדים, נרכשו על ידי חברות מערכת והפסיקו למכור סיבים. קיים חשש שבעתיד לא ניתן יהיה לרכוש סיבים מיוחדים ויהיה קושי לפתח מערכות מבוססי סיבים אלו לפיתוחים מתקדמים.

הפוטנציאל : תשתית בתחום תאפשר שליטה ביכולת ליצור סיבים אופטיים מתקדמים כאלו שיאפשרו בסיסן של מערכות מתקדמות בתחומי הרפואה, התקשורת, הבטחון, ועוד.. מדו"ח שיצא לאחרונה ניתן להתרשם מהתחזית של שוק הסיבים המיוחדים (שאינם סיבי תקשורת) של ה-BBC Research Market Forecasting:



הציוד הנדרש כולל:

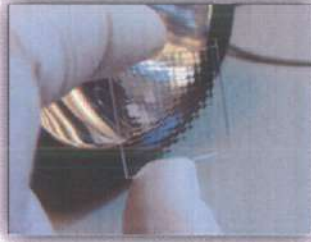
- i. מכונה ליצירת גלמי (Preforms) זכוכית מיוחדים.
- ii. ציוד חיתוך ועיבוד גלמים.
- iii. מגדל למשיכת סיבים.
- iv. ציוד אפיון ובדיקה.
- v. ציוד לכתובת שריגים על גבי סיבים.
- vi. כלי עיבוד סיבים ליצירת התקנים.

כח אדם נדרש:

3 חוקרים

2 טכנאים

ג. תשתיות לאופטיקה מתקדמת



תיאור: פיתוח וייצור אלמנטים אופטיים מתוחכמים הינו מפתח עיקרי לאיכות המוצרים ושמירת התחרותיות של חברות ישראליות בשוק העולמי. חלק גדול מהמחקר האקדמי היישומי, וכן הפעילות בענפי תעשייה רלוונטיים, מבוססים על רכיבי אופטיקה אלו. בהקשר זה ניתן לציין התקנים אופטיים ממוזערים ומקורות אור בהספקים גבוהים, תשתית לציפויים אופטיים, חומרים ותהליכים לזיווד אופטי, ותשתית לאפיון ובדיקה של רכיבים אופטיים וכן תחום ה-RF פוטוניקה.

הצורך: מורגש חסרונו של יצרן מיומן שיהיה יכול לספק רכיבים אופטיים בעלי תכונות מיוחדות (עדשות אספריות, עדשות Free-Form), וציפויים אופטיים "לפי הזמנה" לצרכים מדעיים של האקדמיות השונות ואף תעשייתיים. אין כיום ספק מקומי זמין למו"פ שיכול ליצר אלמנטים פסיביים (מראות, עדשות) ולא פחות חשוב לשלוט בטכניקות של ציפויים דיאלקטריים ותכנונם, כולל יכולות מיוחדות.

נדרש מרכז ארצי הכולל בתוכו יכולת פיתוח וייצור חומרים אופטיים, אפיון מכאני ומורפולוגי. אין כיום בארץ גוף שיכול לתת מענה אינטגרלי לפיתוח, אפיון וייצור, ע"פ דרישת הלקוח. בכלל זה הועלו בעיקר צרכים בנושא: ציפויים אופטיים ואופטיקות מיוחדות. בהתאם חסרה התשתית הפיסית הנדרשת לפיתוח, ייצור ואפיון חומרים כמכלול אינטגרלי. כמו כן, זוהה צורך במעבדות אופטיות זמינות ונגישות שיאפשרו עבודתן של אקדמיה, חברות קטנות ויזמים לצורך ניסויים.

הפוטנציאל: התשתית תתן מענה מקומי, זמין איכותי ותחרותי לצרכים עכשוויים של תעשיית הפוטוניקה בארץ, וכן יסלול את הדרך לפיתוחים פורצי דרך שיאפשרו את הדור הבא של רכיבים והתקנים בתחומים רבים ומגוונים. בין הפיתוחים פורצי הדרך שהמרכז יאפשר ניתן להזכיר: רכיבי אופטיקה מזערית (עדשות ומוליכי גל) בעלויות נמוכות במיוחד, ציפויים פונקציונאליים (כגון: אנטי רפלקטיבי, אנטי ערפל, אנטי קרח, אנטי זיהומים). לטכנולוגיות אילו יישומים נרחבים הן בתעשיות הביטחוניות והן בתעשיות האזרחיות בתחום התקשורת, אנרגיה סולארית, מערכות אופטיות ממשקפיים אישים ועד משקפות מתוחכמות, חלונות אופטיים אקטיביים, ומלייזרים זעירים עד מערכות לייזר רבות עוצמה. **הציוד הנדרש כולל:**

- i. מכונה לציפויים אופטיים
- ii. מכונה ליצירת דגמי אופטיקות מיוחדות
- iii. מעבדות אופטיות
- iv. ציוד פבריקציה מתקדם
3D Lithography, DRIE, E-Beam Lithography, Nanoimprint
- v. ציוד אפיון מתקדם
100Gb tools, NSOM, TEM, HR SEM, AFM

ציודי הפבריקציה והאפיון קיימים בחלקם במרכזי הננו אולם נדרשים לשדרוג לדגמים משוכללים יותר ונדרשים להיות ממוקמים במרכז אחד במטרה לתת מענה כולל לאפיון לתחום הפוטוניקה. **כח אדם נדרש:**

4 חוקרים

2 טכנאים

ד.3. המלצות לסגירת פערי מחקר יישומי

כפי שנסקר, העולם זיהה את החסם הנ"ל כאחד מן החסמים המרכזיים המאפשרים העברת ידע ויכולות ממחקר אקדמאי לכדי יכולות תעשייתיות המניבות תוצאות כלכליות, חסם זה זוהה גם בארץ ועל כן, יש לעודד ולאפשר פעילויות של מחקר יישומי, לכל בקשה שתעלה מן התעשייה ו/או לצרכי הבטחון, זאת ניתן לבצע ע"י מספר עקרונות:

1. הצבת התשתית אצל גורם מארח שיתחייב לקיים מו"פ יישומי לכל דורש ולכל צורך שיעלה והציוד שברשותו מאפשר זאת במחיר תחרותי. כפועל יוצא, כח האדם שיפעיל התשתית יהיה מוקדש (Dedicated) לתפעול שוטף ומתן שירות איכותי ויכולת ייצור אביטיפוס, לצד התשתית יעמד כח אדם ייעודי למחקר יישומי.
2. לעודד קיומם של תכניות מו"פ יישומי ובטחוני בפוטוניקה ובמטרה לעודד תרבות של שיתופי פעולה למו"פ היישומי בין התעשייה לאקדמיות.
3. יצירת מנגנון שיאפשר שמירה וחידוש של התשתיות באופן שוטף כך שיוכלו לתת מענה למו"פ היישומי וישמרו על ידע ורלוונטיות. לדוגמא, הקצאת חלק מ"הכנסות" לטובת חידוש תשתיות, או מענק תמריץ למקום.
4. הסדרת נושא "זכויות הידע והשימוש בו" במסגרת תשתית הפוטוניקה שתוקם באמצעות תל"מ, כך שיאפשר מצד אחד למארח להנות מזכויותיו ויאפשר לו להמשיך להתקיים ולהתפתח ומצד שני יאפשר חופש מירבי לשימוש בידע לטובת התעשיות. (בהמשך תנתן התייחסות נפרדת לנושא זה).

ה. המלצות למודל מימוש

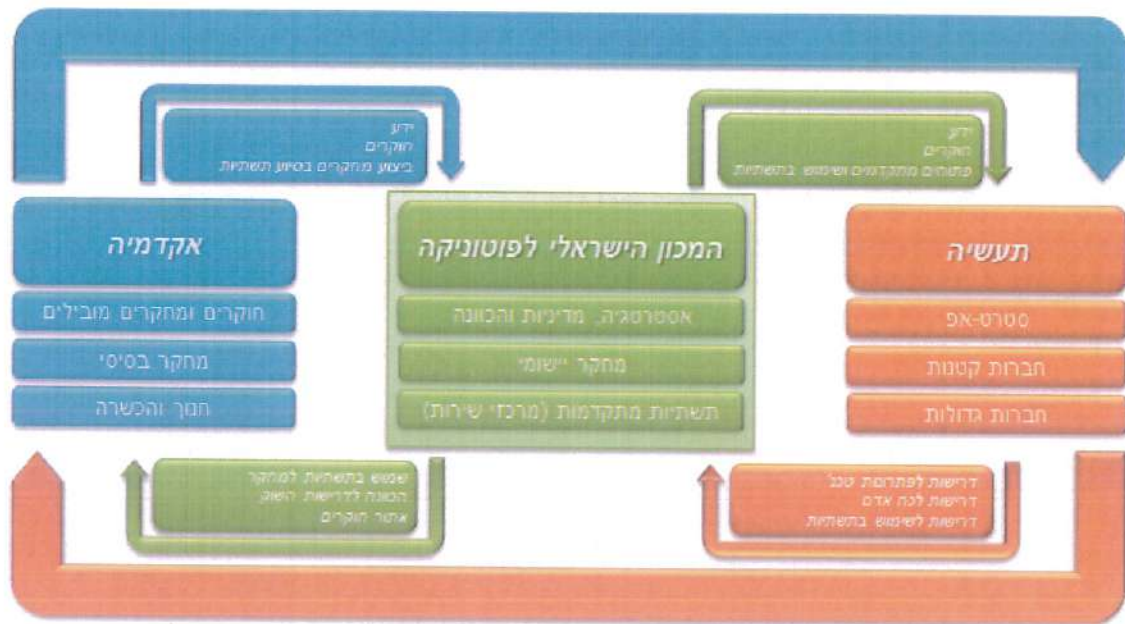
לסגירת הפערים שהוצגו לעיל ולקידום פעילות הפוטוניקה בארץ ממליצה הועדה על הקמתו של "מכון לפוטוניקה מתקדמת".

ה.1. עקרונות מנחים בהקמת המכון

- נגישות – המכון יהיה נגיש לכלל הפעילים בארץ בתחום הפוטוניקה
- ריכוז משאבים - אמצעים ירוכזו באתרים מרכזיים לניצול אופטימאלי של המשאבים
- ניצול אופטימאלי של מוקדי הידע והתשתית הקיימים בארץ ובחו"ל
- מצוינות – המכון, על מרכיביו, יהווה מוקד מצוינות פוטוני למתן מענה לאקדמיה ולתעשייה לצרכים אזרחיים וביטחוניים
- הכשרת סטודנטים – יתקמו אמצעים שיאפשרו לסטודנטים מכלל האקדמיה לבצע את מחקרם במכון
- יהיה רשאי להתחרות כאקדמיה על מימון מחקרים על ידי קרנות תחרותיות
- סינרגיה - יבנו מנגנונים ליצירת סינרגיה בין הפעילויות השונות במכון
- מתן מענה איכותי ותחרותי לצרכי האקדמיה והתעשייה, ארגוני ומקצועי
- עידוד שיתוף הפעולה בין אקדמיה לתעשייה
- קיום מו"פ יישומי – המכון יכיל חוקרים אשר יבצעו מחקר ישומי לטובת התעשייה ומערכת הביטחון
- מתן שירותי יצירת אבי טיפוס וסדרות קטנות
- יכולת גידול והרחבה בעתיד
- השוואה למודלים מוצלחים בעולם
- התנהלות כלכלית לאורך זמן תוך הקטנת התלות של המכון בגורמים ממשלתיים
- לויז' למימוש מהיר יחסית

ה.2. מודל מומלץ ליישום

אנו ממליצים על הקמת "המכון לפוטוניקה מתקדמת" כנדבך ייעודי הכרחי לחיזוק הקשר בין האקדמיה לתעשייה תוך שמירה על כלי תשתית איכותיים וזמינים לאורך זמן, כך שיתן מענה מיטבי לפערים שזוהו בתחום הפוטוניקה בארץ. המודל יאפשר הפרייה הדדית ושילוב "ידע-אנשים" בתעשייה ובאקדמיה ויקדם את תחום הפוטוניקה בישראל.



"המכון לפוטוניקה מתקדמת" - "Advanced Photonics Institute"

יעד המכון

"קידום, פעילות הפוטוניקה בישראל לרמה מובילה בעולם עי"י הקמה, שדרוג ופיתוח תשתיות וידע מתקדמים, ותוך מתן שירות ומו"פ איכותי ומתקדם לצרכי האקדמיה, התעשייה והבטחון ותוך שיתוף פעולה הדוק ביניהם"

מבנה

המכון יכיל מנהלת ומספר מרכזים יישומיים בתחומי הפוטוניקה השונים. בשלב ראשון יוקמו שלושה מרכזים: התקנים פוטוניים מתקדמים, סיבים אופטיים מיוחדים, ואופטיקה מתקדמת.

"מנהלת המכון"

מבנה

- המנהלת תורכב מצוות יעודי מצומצם של 2 עובדים ובנוסף מובילי המרכזים

תפקידים

- לבקר ולהנחות את מרכזי הפוטוניקה.
- לאשר תכנית העבודה השנתית והרב שנתית של המרכזים.
- לתאם הפעילויות בין המרכזים אל מול משרדי הממשלה הרלוונטיים.
- לגבש אסטרטגיה לאומית לתחום הפוטוניקה ולפעול ליישומה.
- לתכלל ולזהות פוטנציאל לתחומי מחקר ותחומי מסחר חדשים בהם יש למדינת ישראל יתרון בולט ולפעול לקידומם.
- לפעול לייצירת שיתופי פעולה בין המדינה לבין מדינות מתקדמות בעולם ולסייע למוסדות ישראלים לשתף פעולה עם מוסדות בעולם בתחום הפוטוניקה.
- לארגן ולנהל מדי שנה כנס פוטוניקה בינלאומי בישראל.
- להקים ולנהל בסיס מידע המרכז את כלל המידע הרלוונטי בתחום הפוטוניקה בארץ.
- להפיק מדי תקופה "מידעון" שיופץ לכלל קהילת הפוטוניקה בארץ ובו עדכונים על פעילות הפוטוניקה בכלל ופעילות המרכזים בפרט.
- לפעול לחיזוק החינוך לתחומי הפוטוניקה במערכת החינוך באקדמיה ובמכללות.
- להבטיח תמיכתם של מוקדי הידע הרלוונטיים בארץ בהקמתו ותפעולו של כל אחד מהמרכזים.

דיווח/כפיפות

- המנהלת תדווח לוועדת ההיגוי של תל"מ.

"מרכז יישומי לפוטוניקה"

מטרות

- להעמיד ולהפעיל לרשות הלקוחות מן האקדמיה והתעשייה בארץ אמצעים ויכולות למחקר ויישום בתחומי הפוטוניקה שבאחריותו.
- לקדם את היקף ורמת המחקר והיישום באקדמיה ובתעשייה בתחומי הפוטוניקה שבאחריותו.
- לקיים פעילות בשיתוף עם כלל האוניברסיטאות להכשרת סטודנטים לתארים מתקדמים בתחומי אחריות המרכז.

מבנה

- המרכז יפעל כיחידה בת נפרדת של האקדמיה/מכון המחקר (להלן: גוף מארח).
- ראש המרכז ועובדיו יהיו עובדי המוסד המארח.
- המרכז יתנהל כיחידה פיננסית וארגונית נפרדת.
- המכון יפעל במבנה נגיש לכל גורם מקצועי ישראלי ובינלאומי הפועל בארץ.
- המרכז ידווח מדי רבעון למנהלת המכון על פעילותו הכספית והמקצועית.
- בפעילותו המקצועית המרכז יתמך ע"י צוות של נציגים ממוקדי הידע המובילים בארץ בתחום ובשתוף פעולה איתם.

תפקידים

- להעמיד האמצעים, כפי שיאושרו, לטובת מחקרים וישומים של האקדמיה והתעשייה הישראלית.

- להעמיד צוותים מקצועיים ייעודיים לתפעול האמצעים.
- לפתח תהליכים גנריים לצורך הפעלה אופטימלית של האמצעים.
- לתת שירותי ייצור לאבי טיפוס וסדרות ייצור קטנות.
- להעמיד צוותים של חוקרים ייעודים אשר יאפשרו ביצוע מחקרים ישומיים על פי דרישת הלקוחות.
- לתחזק את האמצעים שבמכון ברמה ראויה.
- להעמיד התשתיות הנדרשות להפעלת האמצעים.
- לשווק את יכולות המכון בקרב הקהילה הרלבנטית בארץ ובעולם.
- לאפשר פעילות סטודנטים מכלל האוניברסיטאות בביצוע מחקריהם במרכז.
- לרכז קבוצות מומחיות ממוקדי הידע הרלוונטיים בארץ לתמיכה בשלבי ההקמה ותפעול המרכז.
- ליצור מערכת הסכמים עם מוסדות אחרים בארץ בעלי אמצעים ויכולות משלימות באופן שיאפשרו מתן שרותי Turn Key ללקוחות.
- לגבש תכנית אסטרטגית, ביחד עם מכון הפוטוניקה, לצורך שידרוגו של המרכז ולהביאו לרמה בינלאומית מתקדמת ביותר באופן מתמיד תוך גיוס משאבים מתאים.

נבחנו שני מודלים עיקריים למימוש המרכזים במכון, האחד מרוכז-חלקית והשני מרוכז, להלן עקרי היתרונות והחסרונות שבכל מודל, הסבר מפורט מופיע בנספח 11.02:

מודל מרוכז-חלקית

במודל זה הכוונה להקמת מרכזי פעילות נפרדים, עבור שלוש היכולות העיקריות שצויינו, עם גוף מטה האחראי לראיה כוללת וסנכרון.

יתרונות

פוקוס של כל מרכז ואופטימיזציה על פעילותו
מיקום מיטבי והתמחותי של כל מרכז (ע"פ הצטיינות במחקר, טכנולוגיה ושירות)
מינוף רחב של תשתיות קיימות של כל מרכז
נגישות לסטודנטים רבים במקום מחקרם הטבעי

חסרונות

תקורות וניהול לכל מרכז
מרכזים במקומות שונים - סינרגיה מוגבלת
פחות יכולת "שליטה" ובקרה על המרכזים

מודל מרוכז

במודל זה הכוונה לריכוז שלושת המרכזים תחת אחראיות אחת.

יתרונות

יכולת שליטה ובקרה טובה על הקמת ותפעול המרכזים על פי יעודם
יצירת מרכז גדול שימשוך צוות מצטיין ומוביל
מסה קריטית למתן שירותים (one stop shop)
תקורות ניהוליות ותשתיתית מינימאליות
סינרגיה מקסימאלית בין המרכזים

חסרונות

אין בהכרח ניצול אופטימאלי של מוקדי הידע המצטיינים בארץ
ניצול מופחת של תשתיות קיימות

ה.3. ניהול הידע במכון – Intellectual Property (IP)

במסגרת עבודתינו עלה שוב ושוב נושא ה-IP וניהולו ע"י חברות המסחר של האקדמיה. הועלו סוגיות, הן מצד החוקרים והן מצד התעשיות, על תהליכים ארוכים של הסכמים בין חברות המיסחר לגוף הדורש וכן העלאת דרישות המגבילות מאוד את החברות. למעשה הרושם שהתקבל הוא שאין מיצוי מלא של פוטנציאל הידע ומסחרו ברמה הלאומית. עם הקמת המכון לפוטוניקה יש להגדיר עבורו את הכללים והמנגנונים למיסחר הידע הנוצר במכון.

מודל מכוני פראונהופר בגרמניה (שתואר בסקירה העולמית), מגדיר היטב את אופיו של ה"ידע" ואופן השימוש בו באופן הבא:

- כל לקוח המשתף פעולה עם מכון פראונהופר מקבל את הזכויות על הפיתוח עליו שילם, לרבות, זכויות שימוש בפטנטים, know-how, וכל חומר אחר שנוצר ע"י מכון פראונהופר במהלך הפיתוח וכן כל ידע מוקדם של המכון הנדרש לשם מימוש הפיתוח החדש.
- מתן זכויות ורשיונות שימוש ב"ידע" לשימושים להם נועד הפיתוח, בלעדיים ולא בלעדיים. במטרה גם להגן על הלקוחות ושמירה על ידע ספציפי שלהם.
- מכון הפראונהופר שומר לעצמו את הזכות להמשיך ולפתח את הידע לטובת כלל המשתמשים, כך שכולם יכולים להנות מרקע טכני רחב ועשיר העומד לרשותו.

עם הקמת התשתיות יש להבטיח כי נושא הידע יקבל מדיניות אחידה לנושא זה עפ"י העקרונות הבאים:

- הגדרת נוהל מוסדר, אחיד ופשוט אשר יעודד שיתופי פעולה ושימוש בשירותי המכון (יסוכם בשיתוף ועדת ההיגוי, הועדה המקצועית והגופים המנהלים במוסדות) – הנ"ל תנאי מוקדם והכרחי טרם תחילת הקמת התשתית.
- הנוהל יאזן בין שלושת האינטרסים:
 - (1) האינטרס של שמירת ידע ייחודי של לקוחות.
 - (2) הצורך לאפשר ללקוחות שימוש בידע של המכון וללא הגבלות עסקיות.
 - (3) הצורך של המרכז להשתמש בידע הנוצר בו לטובת כל הלקוחות בארץ.
- הידע הגנרי ישמר ויעמוד לרשות הכלל בארץ.

ה.4. הערכות תקציביות ומודל השתתפות

להלן הערכת התקציב הנדרש לטובת תכנית חומש הכוללת:

- רכש ציוד
- כ"א נדרש להקמה (כולל פיתוח תהליכים)
- כ"א ורכש לתחזוקה שוטפת במהלך שנים 4 ו-5.

המספרים הינם במש"ח (וכוללים מע"מ)

תיאור	שנה 1	שנה 2	שנה 3	שנה 4	שנה 5	סה"כ
ציוד	51.48	68.64	51.48	17.16	17.16	205.93
כח אדם	4.02	8.04	10.05	6.03	3.02	31.16
תמריץ	0.00	0.00	5.63	0.00	3.75	9.38
מינהלת המכון	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	4.69
סה"כ	56.44	77.62	68.09	24.13	24.86	251.15

ובחלוקה בין תל"מ למוסד המארח עפ"י מודל השתתפות של 25% במוצע:

תיאור	שנה 1	שנה 2	שנה 3	שנה 4	שנה 5	סה"כ
השתתפות מוסד מארח	13.88	19.17	15.38	5.80	5.04	59.27
נדרש מתל"מ	42.56	58.45	52.71	18.33	19.82	191.88
סה"כ	56.44	77.62	68.09	24.13	24.86	251.15

באם בשל אילוצים תקציביים לא ניתן לממש התכנית במלואה כנ"ל קיימת אפשרות מופחתת:

- הורדת ההערכה לסכום שידרוג ואחזקת הציוד - יתכן וייקשה על אחזקה בעתיד.
- הורדת ציודי אפיון ופבריקציה בקבוצת "אופטיקה מתקדמת" - מפחית מהיכולת לתת מענה אפיון מלא לתחום הפוטוניקה להשלמת יכולת כוללת של המרכז, לרבות שדרוג יכולות מאלו הקיימים במרכזי הננו ולטובת תחום הפוטוניקה. לא יתקיים צב"ד 100Gb לתחום תקשורת מהירה.
- באם אפשרי, הגדלת ההשתתפות של המוסד המארח באחוזים בודדים.

להערכתנו מימוש הפעילויות הנ"ל ידרש השקעה כוללת של כ-210 מליון ₪ (חלק תל"מ - כ-160 מליון ₪)

1. תועלות צפויות ומדדי הצלחה

1. תמונת המצב של פעילות הפוטוניקה במדינת ישראל לשנת 2012 מצביעה על הנתונים הבאים:
 - ✓ פעילות של מחקר בסיסי יישומי ב-5 אוניברסיטאות המחקר ובממ"ג ברמה בינלאומית גבוהה.
 - ✓ מספר חוקרים מובילים באקדמיה ובתעשייה – כ-120.
 - ✓ מעל 150 חברות תעשייתיות בגודל בינוני וגדול המעסיקות כ-6000 עובדים באופן ישיר.
 - ✓ היקף מכירות שנתיות של מעל B\$3.

הישגים אלו הושגו כאשר התשתית הפיזית באקדמיה ובתעשייה בדרך כלל במצב ירוד, ציוד שנרכש לפני שנים, (למעט ציוד שנרכש במסגרת מרכזי הננו) וכמו כן רמת שתוף הפעולה בין החוקרים באקדמיה לבין התעשייה – נמוכה.
2. הקמת מכון הפוטוניקה תביא עמה לפי הבנתנו את היתרונות הבאים:
 - ✓ ריכוז ומינוף היכולות הפוטוניות במדינת ישראל לרמה בינלאומית מובילה, יצירת מוקד 'פוטוניקה מתקדמת' בישראל והצבתה במקום מוביל בעולם יחד עם המדינות המובילות בעולם.
 - ✓ הקמת יכולת שאינה קיימת כלל היום בתחום הסיבים.
 - ✓ הקמה של תשתית לפתוח התקנים מתקדמים באמצעות מכשור מתקדם ולגבי חומרים לגביהם לא היתה תשתית עד היום.
 - ✓ הקמה של תשתית אופטית זמינה למחקר ולאיפיון.
 - ✓ חזוק שתוף הפעולה בין האקדמיה והתעשייה והקמת תשתית של מחקר יישומי.
 - ✓ תמיכה משמעותית במערכת הבטחון, בכל מערכות הפוטוניות ע"י הגדלת העצמאות והקטנה של התלות בגורמים זרים ובאישורי יצוא ממדינות זרות, אשר מגבילות יותר ויותר את האפשרות לרכש מהן.
 - ✓ הקניית יכולת גבוהה לשת"פ בינלאומי בתחומי פוטוניקה מובילים.
3. על סמך נתוח המשמעות של השדרוג המשמעותי ביכולת בארץ ועל בסיס ניתוח המגמות של שוק הפוטוניקה העולמי, אנו מעריכים כי ניתן יהיה להשיג את ההישגים הבאים עד תום החומש:
 - ✓ חיזוק רמת המחקר באקדמיה ופריסתו לתחומים בהם היתה פעילות נמוכה (יבוא לידי ביטוי במספר פרסומים ורישום פטנטים).
 - ✓ הענקת כלים שיאפשרו התמודדות על מענקי מחקר ופיתוח בינלאומיים לאקדמיה ולתעשייה בהיקפים של עשרות מליוני דולרים.
 - ✓ הגדלת מספר החוקרים באקדמיה (לרבות הבאתם של מדענים חוזרים) בכ-30% מעבר לגידול הטבעי.
 - ✓ חיזוק ההיקף והתחרותיות של חברות הרכיבים הפוטוניים. להערכתנו יש לצפות לגידול של כ-80% בהיקף המכירות (מעל 10% צמיחה במוצע שנתי).
 - ✓ חיזוק התחרותיות של חברות המערכות המבוססות על רכיבים פוטוניים והגדלת היקף הפעילות שלהם באופן משמעותי. להערכתנו יש לצפות ליותר מאשר הכפלת היקף המכירות (גידול של מעל 15% במוצע שנתי).
 - ✓ בסך הכל ניתן יהיה להגיע להיקף מכירות שנתי של תעשיית הפוטוניקה בשנת 2017 של כ-B\$8.

4. בראיה הלאומית חזוק תעשית הפוטוניקה הינה בעלת משמעות כפולה :

✓ מציאת משלים משמעותי לשוק ה-ICT המקומי אשר בעשורים האחרונים היווה את מנוע הצמיחה העקרי של התעשייה הישראלית ועל פי כל התחזיות לא יאפשר בעתיד צמיחה בשעורים דומים לעבר.

✓ תעשיית הפוטוניקה היא תעשייה עתירת ידע ומו"פ אולם יש בה גם מרכיבי משמעותי של ייצור. חיזוק תעשיית הפוטוניקה , תביא להגדלת תעסוקה לא רק של מהנדסי פתוח ולא רק באזור המרכז, אלא גם של עובדי יצור והרכבה מיומנים בפריסה גיאוגרפית רחבה (כולל פריפריה). חשוב לציין שחלק ניכר מתעשיות הפוטוניקה הגדולות מקיימות כבר היום את בסיסי הייצור שלהם בפריפריה.

במידה וידרש להלן קריטריונים לבחינת הצעות ל-RFI, המענים צריכים להתייחס לתחום הפוטנטיקה:

1. פירוט יכולות המרכזים אותם רוצה הגוף להקים.
2. הצגת יכולת ורמה מקצועית קיימת ומוכחת, כמות ואיכות החוקרים, כמות ואיכות מחקרי עבר, וכד'...
3. הצגת תוכנית נגישות לכלל הצרכנים באקדמיה ובתעשייה וכן יכולת לביצוע פעילויות מסווגות.
4. הצגת תכנית מובנית למתן שירותים עם התייחסות להעמדת כ"א מתאים מחקר/ מקצועי/ אדמיניסטרטיבי.
5. הצגת תכנית עסקית המתבססת על תעריפים תחרותיים, ויכולת כלכלית לממן חלק המימון העצמי.
6. התחייבות לעבודה על פי כללי ה-IP שיקבעו עפ"י הקווים המנחים.
7. הצגת תכנית עבודה מפורטת להקמה.
8. הצגת תכנית ניהול מפורטת.
9. הצגת ופירוט קשרים בינלאומיים.
10. הצגת קשרים קיימים עם האקדמיות והתעשיות.
11. הצגת תשתיות פריפריאליות קיימות, הרלוונטיות והיכולת להעמידם לטובת הפעילות.
12. הצגת תכנית ראשונית לשתוף פעולה עם מוסדות אחרים במסגרת הפעילות.
13. הצגת מחויבויות והתייחסות לפעילות מעבר ל-5 שנות ההקמה במסגרת תל"מ.

סעיפים – (2), (3), (5) ו-(13) הינם תנאי הכרחי להשתתפות.

ח. סכום והמלצות

העשור הקרוב הינו עשור התהוות של קונסורציומים והשקעות מאסיביות בתחום הפוטוניקה בעולם, הנושא מוביל במדינות רבות בארה"ב, קנדה, אירופה והמזרח ובעל השפעה רבה למו"פ האקדמאי והתעשייתי. ניתן לזהות עבודות רבות לחשיבה מאומצת כיצד להצעיד את התחום קדימה בעתיד הקרוב מאוד. ישנה חשיבות עליונה למקם את מדינת ישראל כשחקן רציני ואף מוביל בתחום, אי לכך קיים צורך מובהק בתשתיות מתקדמות למו"פ בתחום הפוטוניקה. לאחר בחינת מגמות השוק, פוטנציאל המחקר והישום התעשייתי בארץ וזיהוי החסמים לצמיחה משמעותית בפעילות הפוטוניקה בארץ, אנו ממליצים לפורום תל"מ כלדקמן:

א. להקים "מכון לפוטוניקה מתקדמת" אשר יענה על היעדים שפורטו לעיל.

- ✓ המכון יכיל גוף מטה מצומצם, מנהלת, ושלושה מרכזים מקצועיים.
- ✓ המנהלת תפעל לגבוש אסטרטגיה, חיזוק הפעילות הבינלאומית, עידוד יוזמות לשת"פ בין אקדמיה לתעשייה, ארגון כנס בינלאומי שנתי ובקרה והנחיה של פעילות המרכזים.
- ✓ המרכזים יוקמו בשלושה תחומים:

○ מרכז להתקני מל"מ פוטוניים מתקדמים.

○ מרכז לסיבים מתקדמים.

○ מרכז לאופטיקה מתקדמת.

✓ כל מרכז יפעל בתחומים הבאים:

○ הפעלתו של ציוד מתקדם חדש לטובת כל האקדמיה והתעשייה.

○ פתוח תהליכים גנריים חדשניים, אשר יאפשרו ניצול אופטימלית של הציוד.

○ מחקר ישומי ומתן שירותים על פי דרישות של הלקוחות (בעיקר מן התעשייה).

○ הכשרה של סטודנטים על ידי חוקרים מכלל האקדמיות.

✓ המרכזים יצויידו באמצעים כמפורט בדו"ח. המרכז ידרש לספק פתרונות Turn-Key, על פי בקשת לקוחותיו, תוך הסתייעות ביכולות ובציודים משלימים הקיימים בארץ.

ב. יש לפעול להקמת המרכזים על כל מרכיביהם על ידי גורם אחד ותחת אחראיות אחת, תוך הסתייעות ביכולת ובמשאבים הקיימים אצל מוקדי ידע אחרים בארץ, באקדמיה ובתעשייה ותוך שיתוף פעולה עמם. הועדה רואה חשיבות רבה לגישה זו, במטרה להבטיח את פעולת המרכזים "כנותני שרות" לכלל קהילת הפוטוניקה בארץ, לחסכון בהוצאות ניהול ולתגבור הסינרגיה בין המרכזים. במידה ולא תושג הסכמה עם גורם אחד ללקיחת כל האחראיות יש לפעול להקמת המרכזים ע"י גורמים שונים.

יש לציין כי בדיוני הועדה הוצגה עמדת יחיד (ברוך פישר), הממליצה להקים את שלושת המרכזים, כ"א במקום המתאים ביותר בארץ עבור תחום הפעילות של אותו מרכז. הנימוקים לכל אחת מהגישות מובאים בנספח 11.02.

ג. בפגישותינו עם הגורמים הרלבנטיים, רק מוסד אחד, ממ"ג, הציג נכונות לקבל אחריות כוללת לשלושת המרכזים. ממ"ג הציג תכנית מפורטת ומחויבות למימוש התכנית המוצעת ממנכ"ל האירגון ואף מן "הבעלים", וכן זוהה כבעל יכולות טכניות וניהוליות מתאימות לנושא.

הוועדה ממליצה לקיים מו"מ עם ממ"ג על הקמת מרכזי המכון ולוודא עמידתו בתנאי הסף המפורטים בסעיף ה-RFI.

יש לציין כי שניים מתברי הוועדה (ברוך פישר ואשר פריזם) המליצו כי אין לתת עדיפות בהצעה לממ"ג, ביחס להצעות של מוסדות אחרים, וכי יש לבחור במקום המיטבי ע"י תחרות לפי פרמטרים שהוצגו.

ד. הקמת המכון והפעלתו ימומנו בעיקרם מתקציב תל"מ, תוך השתתפות המוסד אצלו יוקם המכון, הן בנתח ההצטיידות והן בכ"א הנדרש להפעלתו.

היקף ההשתתפות המוסד המארח – 25% מעלות הציוד וכ"א, בממוצע.

ה. המודל המימוני יכול תמריץ כספי למכון כפונקציה של עמידה ביעדים שיקבעו מראש (הזמנות מלקוחות, כמות מאמרים, כמות סטודנטים ועוד).

ו. לאחר בחינת הצרכים, השואה למרכזים דומים בעולם ובהתחשב במגבלות משאבים, הוועדה ממליצה על תכנית של חמש שנים, שעלותה הכוללת כ-250 מ"ש"ח, כדלקמן:

- רכישת ציוד והתקנתו - כ-206 מ"ש"ח
- כ"א להפעלה ולפיתוחים גנריים - כ-31 מ"ש"ח
- מענק תמריץ (יתבטא בהקטנת השתתפות ועפ"י מדדי הצלחה) - כ-9 מ"ש"ח
- מנהלת מקצועית - כ-5 מ"ש"ח

פריסת ההשקעות וההוצאות הינה על 5 שנים כאשר מרכז הכובד של ההוצאות בשנה השלישית. הסכומים הנקובים לעיל הינם על בסיס הערכות שהתקבלו מהאקדמיות והתעשיות ואינם כוללים הוצאות להקמת התשתית שתקלוט את הציודים (שתמומן על ידי המוסד המארח), וכן אינה כוללת את מימון הפעילות מול הלקוחות (אשר תמומן על ידם).

הוועדה נתנה דעתה לאפשרות שהמשאבים שיועמדו על ידי תל"מ יהיו נמוכים מהנדרש. באפשרות זו תהיה כמובן פגיעה בתועלות שניתן יהיה להפיק, ואיננו ממליצים על כיוון זה.

פרוט האפשרות הנ"ל מוצג בדו"ח המפורט.

ז. יש לתת מענה לסוגיית הקניין הרוחני, זאת ע"י הקמת צוות להגדרת סוגיית הקניין הרוחני ("הידע") במכון עוד טרם הקמתו.

ח. הגוף המארח לאפשר שירותים בתעריפים תחרותיים ויבחן עפ"י היקפי ההזמנות מה"לקוחות" (אקדמיה ותעשייה).

ט. הגוף המארח יציג תכנית אפשרית להמשך פעילות לאחר 5 שנות ההקמה.

י. להתניע התהליכים באופן מזורז מתוך מטרה להקים את המכון עוד בשנת 2012, וזאת במטרה לאפשר העמדת יכולות ברמה עולמית ולהתברג כמכון מוביל בעולם.

פירוט הערכות תקציביות

הנחות:

<p style="text-align: center; border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; display: inline-block;">1\$ = 3.75 ₪</p> <ul style="list-style-type: none"> - 16% - 25% בממוצע - ע"י המוסד המארח - 120 א"ד - 160 א"ד - 250 א"ד לשנה 	<ul style="list-style-type: none"> - שער דולר - מע"מ על רכש הציוד - השתתפות המוסד המארח - תשתיות בניוי וניהול - עלות שנת אדם – טכנאי-איש תפעול - עלות שנת אדם – חוקר - עלות כ"א + שוטף למנהלת מקצועית
--	--

רכש

הערכה כי פילוג תקציב הרכש הנדרש הוא עפ"י הפילוג הבא ב-% מערך הציוד:

שנה 5	שנה 4	שנה 3	שנה 2	שנה 1
10%	10%	30%	40%	30%

בשנים 1-2-3, ידרש 100% מעלות הציוד ובשנים 4-5, 10% מערך הציוד לאחזקה שוטפת (ערך מקובל).

כח אדם

הערכה כי פילוג העצימות של כ"א הנדרש הוא עפ"י הפילוג הבא ב-% ממשרה מלאה של מספר האנשים שהוערכו:

שנה 5	שנה 4	שנה 3	שנה 2	שנה 1
30%	60%	100%	80%	40%

להלן הערכות העלות של הציוד הנדרש (ללא מע"מ):

עלות ציוד מוערכת (אלפי דולרים) ללא מע"מ	ציודים	
	שם המכונה / ציוד	#

39,450		סה"כ
---------------	--	-------------

3,500	MOCVD III-V (Al,Ga,In,P,As,Sb)	1	התקני מל"מ פוטוניים מתקדמים
3,500	MBE III-V (Al,Ga,In,P,As,Sb)	2	
3,500	MOCVD III-N (nitrides)	3	
300	Cluster Tool	4	
500	Atomic Layer Deposition	5	
2,500	CVD Si/SiGe	6	
1,000	Additional Characterization tools	7	
14,800	סה"כ		

חוקרים - 3, טכנאים - 5

4,000	Preform MCVD system	1	סיבים אופטיים מיוחדים
3,500	Fiber Drawing Tower	2	
1,500	Preform cutting and processing tools	3	
2,000	Characterization tools	4	
750	Fiber grating writing system	5	
1,500	Glass processing tools	6	
13,250	סה"כ		

חוקרים - 3, טכנאים - 2

2,500	Characterization Tools (TEM,SEM,AFM,NSOM,100GB charc. Tools)	1	אופטיקה מתקדמת
4,900	Fabrication Tools (3D Lithography,DRIE,FIB,Nanoimprint,EBL)	2	
1,500	Optical Coatings ("Magnetron")	3	
2,000	Free Form Optical Elements Prototyping	4	
500	Optical Labs	5	
11,400	סה"כ		

חוקרים - 4, טכנאים - 2

רשימת נספחים

<u>שם המסמך</u>	<u>#</u>
מכתב פנייה לתעשייה	01
מכתב פנייה לאקדמיה	02
מכתב פנייה למשהב"ט/מפא"ת	03
מענים תעשייה	04
Elta – 5.10	
Negohop – 5.11	
SCD – 5.12	
TAMAM – 5.13	
CIVAN – 5.14	
Nanonics – 5.15	
VGEN – 5.16	
ELOP – 5.17	
Ophil – 5.18	
TOWER – 5.19	
SolarOr – 5.20	
Elbit Systems - 5.21	
Cielo – 5.22	
EKB – 5.23	
General Motors - R&D - 5.24	
OmniGuide – 5.25	
Planxwell – 5.26	
Raicol – 5.27	
ECI – 5.28	
מענים אקדמיות	05
5.01 – מענה אונ. עברית	
5.02 – מענה הטכניון	
5.03 – מענה אונ. בר אילן	
5.04 – מענה אונ. תל אביב	
5.05 – מענה אונ. בן גוריון	
5.06 – מענה מכון וייצמן	
5.07 – מענה המרכז האוניברסיטאי אריאל בשומרון	
5.08 – מענה בית הספר הגבוה לטכנ'ל ירושליים	
5.09 – מענה המרכז למחקר גרעיני – נחל שורק	
מענה משהב"ט/מפא"ת	06
מסמך העלאת נושא ע"י מפא"ת	07
	08
מסמכי בחינת נושא מכונות גידול אפיטקסיאליות	09
9.1 – מכתב פנייה	
9.2 – מענה חברת המ"מ	
9.3 – מענה חברת TOWER	
9.4 – מענה חברת Micron	
9.5 – מענה ד"ר עוזי קורן	
9.6 – מענה ממ"ג	
9.7 – מענה הטכניון	
9.8 – מענה אונ. בן גוריון	
9.9 – מסמך מסכם	
דו"חות פוטוניקה בעולם	10
קנדה	
CIPi Annual Report - 2009 - 2008 - 10.01	
INO Annual Report - 2011 - 10.02	
Impacts Analysis of the Canadian Photonics Fabrication Centre – Final Report - 10.03	
Making Light Work for Canada – 2008 - 10.04	
Photonics in Canada - National Innovation Strategy – 2010 - 10.05	

אירופה

- High Level Experts Group on Key Enabling Technologies - 10.06
- Photonics in Europe - Economic Impact - 10.07
- Photonics -Our Vision of Key Enabling Technology - 10.08
- Photonics_leverage_Laser2011_Lincoln - 10.09
- Photonics21 - The European Research Strategy in Photonics - 10.10
- The Leverage Effect of Photonics Technologies - 10.11
- Photonics_MediaRelease_KETPPP - 10.12
- Horizon 2020 – Budget - 10.13
- Photonics21 - Lighting the way ahead - 10.14
- <http://optics.org/indepth/2/9/2>

אנגליה

Electronics, Photonics and Electrical Systems - Key technology Area - 2008-2011 - 10.15

ארה"ב

- US Strategy for Photonics – 2011 - 10.16
- USA - CREOL - Annual Report 2011 - 10.17
- USA - CREOL – Strategy - 10.18
- USA - Harnessing Light Survey - 10.19

אוסטרליה

- Australia - 2010 - IPAS_Annual_Report - 10.20
- Australia - 2011 - Strategic Infrastructure - 10.21

הולנד

Holland - 2011 - Photonics Roadmap - 10.22

ערב הסעודית

Saudi Arabia - Electronics, Communication, Photonics - 10.23

יפן

Japan - Future Challenges - 10.24

אחר

11

MODELS OF TECHNOLOGY DEVELOPMENT IN INTERMEDIATE - 11.01

יתרונות-חסרונות - מודלים - 11.02

סה"כ		שנה 5	שנה 4	שנה 3	שנה 2	שנה 1		
23,950	20,602	1,717	1,717	5,150	6,867	5,150	צידים ותשתית יעודית	התקני מל"מ פוטנציים
	3,348	324	648	1,080	864	432	כ"א	
20,676	18,444	1,537	1,537	4,611	6,148	4,611	צידים ותשתית יעודית	סיבים אופטיים מיוחדים
	2,232	216	432	720	576	288	כ"א	
18,597	15,869	1,322	1,322	3,967	5,290	3,967	צידים ותשתית יעודית	אופטיקה מתקדמת
	2,728	264	528	880	704	352	כ"א	
3,750	2,500	1,000		1,500			מענק תמריץ	אחר
	1250	250	250	250	250	250	ועדה מקצועית	
	ע"ח הגוף המארח						ניהול מכון ותשתיות בינו	
54,914		4,576	4,576	13,729	18,305	13,729	סה"כ ציוד	
8,308		804	1,608	2,680	2,144	1,072	סה"כ כ"א	
\$	66,972	6,630	6,434	18,159	20,699	15,051	סה"כ	סכום בא"ד
\$	15,806	1,345	1,546	4,102	5,112	3,700	השתתפות הגוף המארח	
\$	51,167	5,285	4,888	14,056	15,587	11,350	השתתפות תל"מ	
₪	251,147	24,863	24,128	68,095	77,621	56,440	סה"כ	סכום באש"ח
₪	59,271	5,044	5,798	15,383	19,171	13,876	השתתפות הגוף המארח	
₪	191,876	19,819	18,331	52,712	58,450	42,564	השתתפות תל"מ	

\$	7,574	מע"מ
₪	28,404	