

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם
במדע וטכנולוגיה



תוכנית לאומית לתעשייה הכימית בישראל

תקצירים

יוני 2007

הטכניון
מכון טכנולוגי
לישראל



מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

1 מבוא

מוסד נאמן הוקם בשנת 1978 ביזמת מר שמואל נאמן. מטרת המוסד ודרך פעולתו פורטו במסמכי ההקמה: "מוסד נאמן מוקם לסייע בחיפוש פתרונות לבעיות הלאומיות בתחום הפיתוח הכלכלי, המדעי והחברתי במדינת ישראל"; "בחירת נושאי הפעילות תותנה על ידי השאיפה לעידוד בפתרון בעיות המדינה לטווח בינוני וארוך, תוך ניצול מאגר כוח האדם המדעי והטכנולוגי הנמצא בטכניון וגיוס צוותות המורכבים מאנשי הטכניון ומחוצה לו לתקופות מוגבלות אשר ירכזו מאמציהם בנושאים שנקבעו".

להשגת יעדים אלה מקדם מוסד נאמן מחקרי מדיניות ומדיניות מו"פ מתוך כוונה לגבש על בסיסם ניירות עמדה ומסמכי מדיניות, אשר יובאו לפני הציבור המקצועי וציבור קובעי המדיניות, ויצילו לפנייהם חלופות שונות לקבלת החלטות.

2 ייעוד והיקף פעולה

הדגש העיקרי בפעילות המקצועית במוסד נאמן היא באותם תחומים שהם כפן הביניים, שבין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה וחברה. הפעילות בתחומי ביניים אלה הינה חשובה כיום יותר מאשר אי פעם בעבר, וזאת משום שבתקופתנו המדע והטכנולוגיה הם הכוח המניע לקידום ושגשוג כלכלי ויש להם השפעה מהותית על איכות החיים ועל מגוון של היבטים חברתיים. זה הייחוד של מוסד נאמן כמכון למחקרי מדיניות. היבט חשוב נוסף לפעילות בתחומי ביניים אלה גלום ביכולתם להשפיע על המחקר המדעי והטכנולוגי ועל קביעת סדרי עדיפויות בתחומים אלה. קשרי הגומלין ההדוקים בין מדע וטכנולוגיה, כלכלה וחברה יוצרים מערכת מורכבת של היזונים הדדיים וכתוצאה מכך ההתפתחות המדעית והטכנולוגית כיום אינה מתנהלת בדרך עצמאית לחלוטין, כפי שהיה בעבר הלא רחוק. היא מושפעת בצורה גוברת והולכת על ידי צרכים כלכליים וחברתיים. לפיכך, ההבנה של קשרי גומלין אלה הינה אלמנט חשוב נוסף בקביעת מדיניות מחקר ותחומי מחקר באוניברסיטאות ובמכוני מחקר.

3 מבנה ודרך פעולה

מוסד נאמן ממוקם בתוך קמפוס הטכניון ונהנה מהתשתית של מוסד זה. יחד עם זאת מוסד נאמן הינו גוף עצמאי מבחינה משפטית ומנהלית. מבנה זה מאפשר לו פעולה יעילה למילוי ייעודיו בכל הקשור לגמישות בהרכבת צוותי חוקרים ומומחים, הכוללים גם נציגים מאוניברסיטאות וגופים מחוץ לטכניון, הדרושים לפעילות הבין-תחומית.

4 פעילות מקצועית

סקירות של פרויקטים שונים, שבוצעו במוסד נאמן מוצגות בדיווחים השנתיים המופצים בציבור. חומר זה ופרסומים אחרים מוצגים באתר האינטרנט של המוסד www.neaman.org.il.

תחום מחקרי מדיניות לאומית הקשורים במדע וטכנולוגיה הנו גרעין הפעולה של מוסד נאמן. הוא משתלב בפעילויות יישום ופעולות משלימות נוספות, שעיקרן הוא יצירת קשר עם השטח, בכל הקשור לנתונים הנדרשים למחקרי מדיניות, שמטרתן ליצור תודעה בציבור המקצועי ובציבור מקבלי ההחלטות כדי ליישם את מחקרי המדיניות. הפעילות במחקרי מדיניות מקיפה ארבעה תחומים עיקריים: מדע-טכנולוגיה-כלכלה; סביבה, תשתיות ותכנון לאומי; טכנולוגיה וחברה; חינוך אוניברסיטאי, הון אנושי והתפתחויות מדעיות. פעילויות היישום כוללות, בין השאר, ייזום וניהול של השותפים האקדמיים בקונסורציה שבמסגרת מגנט ומאגרי מידע לשימוש החוקרים והציבור הרחב.



תכנית לאומית לתעשייה הכימית בישראל

תקצירים

יוני 2007



הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל

קרית הטכניון, חיפה 32000 טל: 7145 823, 2329 829 04 פקס: 1889 823 04 info@neaman.org.il

תוכן העניינים

2	עמ'	רשימת המשתתפים
4	עמ'	תקציר מנהלים
17	עמ'	החינוך לכימיה בארץ - לאן?
26	עמ'	כיוונים טכנולוגיים חדשים
44	עמ'	תעשייה כימית וסביבה
54	עמ'	מדיניות לאומית

משתתפי הפרויקט

מנהל הפרויקט: ד"ר גילי פורטונה

ועדת ההיגוי:

ד"ר גילי פורטונה – יו"ר,
סמנכ"ל בחברת "טבע" (לשעבר מנכ"ל חברות תמי ודשנים וחומרים כימיים, כי"ל)

ד"ר אלי אופר – חבר, המדען הראשי, מו"ת, ממשלה

מר יוסי אריה – חבר, מנהל אגף הכימיה, התאחדות התעשיינים

מר יוסי ברנע – חבר, יו"ר אגף הכימיה, התאחדות התעשיינים

פרופ' נדב לירון – חבר, מנהל מוסד נאמן

פרופ' זאב תדמור – חבר, יו"ר מוסד נאמן (נשיא הטכניון לשעבר)

ועדת חינוך לכימיה:

פרופ' יהודית דורי - יו"ר, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים הטכניון חיפה

מר עמי אלכסנדרון – חבר, סמנכ"ל לעניינים טכניים חיפה כימיקלים

ד"ר ניצה ברנע – חברה, מפקחת כימיה משרד החינוך

ד"ר אסיה לויטה – חברה,
המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים הטכניון חיפה(לשעבר משרד החינוך)

גב' רות לפלר – חברה,
המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים הטכניון חיפה(לשעבר משרד החינוך)

מר גד מנדלסון – חבר, סמנכ"ל בתי זיקוק לנפט

גב' עפרה פלמר-גרנות – חברה, רכזת קשרי קהילה חברת "טבע"

ועדת כיוונים טכנולוגיים חדשים:

פרופ' יואל ששון - יו"ר, האוניברסיטה העברית וסמנכ"ל מכתשים אגן

ד"ר גיורא אגם – חבר, בעל חברה למחקר (לשעבר סמנכ"ל מו"פ בחברת הברום)

פרופ' אהרון גדנקן – חבר, המחלקה לכימיה אוני' בר-אילן

מר ארנון גולדפרב – חבר, מנכ"ל חברת TMB (לשעבר סמנכ"ל כי"ל)

ד"ר דפנה גץ – חברה, מוסד שמואל נאמן (לשעבר חוקרת ברפא"ל)

מר ראובן וקס – חבר, מוסד שמואל נאמן (לשעבר סמנכ"ל מכתשים וכור כימיה)

פרופ' אפרים קהת – חבר, פרופ' אמריטוס הטכניון

ועדת תשתית ותעשייה ירוקה:

פרופ' יורם אבנימלך - יו"ר, פרופ' אמריטוס הטכניון

מר ישר בן-מרדכי – חבר, מנכ"ל בתי זיקוק לנפט

ד"ר עלי ברנע – חבר, מנכ"ל חירם אפסילון (לשעבר מנכ"ל ביטמן הנדסה)

אינג' דב באסל - חבר, התאחדות התעשיינים

מר יצחק גורן - חבר, לשעבר מנכ"ל המשרד לאיכות הסביבה

ד"ר טוביה ציזנר - חבר, מוסד שמואל נאמן (לשעבר סמנכ"ל מפעלי ים המלח)

מר עופר שר-שלום – חבר, מנהל הסביבה בחטיבת הכימיה בטבע

ועדת מדיניות לאומית:

מר אוהד אורנשטיין - יו"ר, מנהל מינהל הכימיה, משרד התמ"ת

מר ארנון גולדפרב - חבר, מנכ"ל TMB (לשעבר מנכ"ל כי"ל)

מר ראובן וקס - חבר, מוסד שמואל נאמן (לשעבר סמנכ"ל מכתשים וכור כימיה)

מר אלי עמית - חבר, סמנכ"ל כימיקלים לישראל

ד"ר יוסי ענבר - חבר, סמנכ"ל לנושא תעשיות, המשרד להגנת הסביבה

כתיבה עריכה ותאום:

עריכה: **ד"ר טוביה ציזנר**

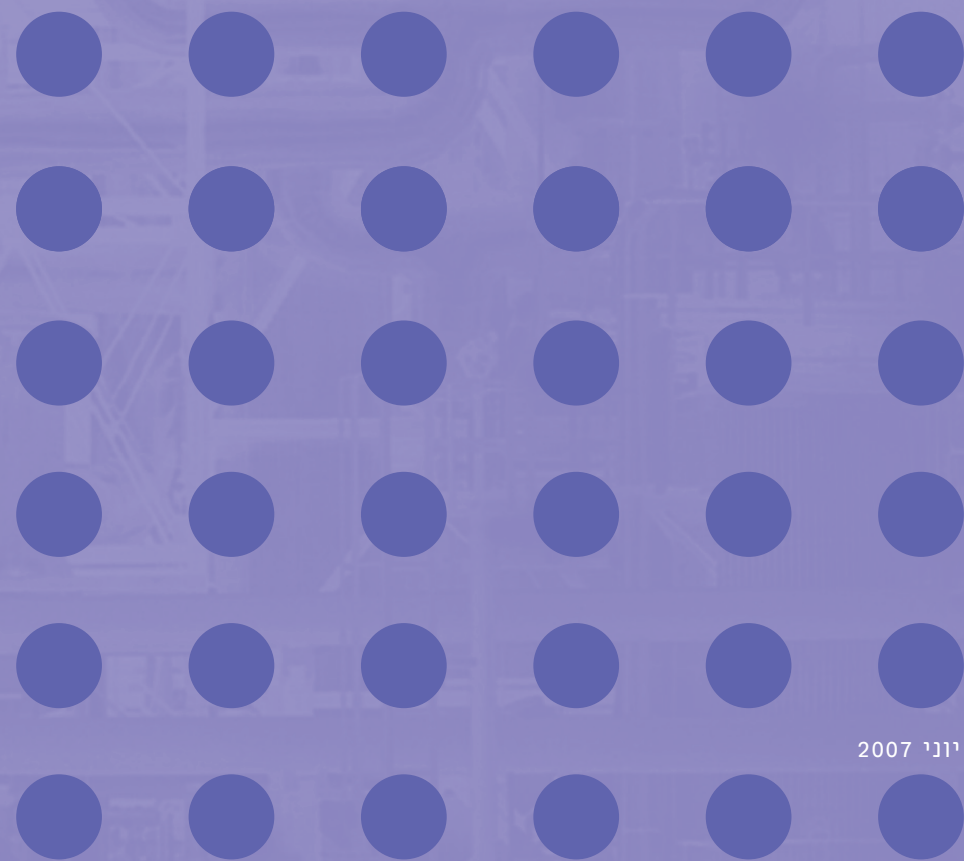
עזרו בעריכה: **ד"ר אנטה נתן, גב' דבי קאופמן, גב' דרורה אינציגר**

מתאם הפרוייקט: **משה אלעד**



תוכנית לאומית לתעשייה הכימית בישראל

תקצירים



יוני 2007

מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם
במדע וטכנולוגיה



הטכניון
מכון טכנולוגי
לישראל



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
טל. 04-8292329, פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.neaman.org.il



מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

1 מבוא

מוסד נאמן הוקם בשנת 1978 ביחמת מר שמואל נאמן. מטרת המוסד ודרך פעולתו פורטו במסמכי ההקמה: "מוסד נאמן מוקם לסייע בחיפוש פתרונות לבעיות הלאומיות בתחום הפיתוח הכלכלי, המדעי והחברתי במדינת ישראל"; "בחירת נושאי הפעילות תותנה על ידי השאיפה לעידוד בפתרון בעיות המדינה לטווח בינוני וארוך, תוך ניצול מאגר כוח האדם המדעי והטכנולוגי הנמצא בטכניון וגיוס צוותות המורכבים מאנשי הטכניון ומחוצה לו לתקופות מוגבלות אשר ירכזו מאמציהם בנושאים שנקבעו". להשגת יעדים אלה מקדם מוסד נאמן מחקרי מדיניות ומדיניות מו"פ מתוך כוונה לגבש על בסיסם ניירות עמדה ומסמכי מדיניות, אשר יובאו לפני הציבור המקצועי וציבור קובעי המדיניות, ויצגו לפנייהם חלופות שונות לקבלת החלטות.

2 ייעוד והיקף פעולה

הדגש העיקרי בפעילות המקצועית במוסד נאמן היא באותם תחומים שהם כפן הביניים, שבין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה וחברה. הפעילות בתחומי ביניים אלה הינה חשובה כיום יותר מאשר אי פעם בעבר, חזאת משום שבתקופתנו המדע והטכנולוגיה הם הכוח המניע לקידום ושגשוג כלכלי ויש להם השפעה מהותית על איכות החיים ועל מגוון של היבטים חברתיים. זה הייחוד של מוסד נאמן כמכון למחקרי מדיניות. היבט חשוב נוסף לפעילות בתחומי ביניים אלה גלום ביכולתם להשפיע על המחקר המדעי והטכנולוגי ועל קביעת סדרי עדיפויות בתחומים אלה. קשרי הגומלין ההדוקים בין מדע וטכנולוגיה, כלכלה וחברה יוצרים מערכת מורכבת של היזמים הדדיים וכתוצאה מכך ההתפתחות המדעית והטכנולוגית כיום אינה מתנהלת בדרך עצמאית לחלוטין, כפי שהיה בעבר הלא רחוק. היא מושפעת בצורה גוברת והולכת על ידי צרכים כלכליים וחברתיים. לפיכך, ההבנה של קשרי גומלין אלה הינה אלמנט חשוב נוסף בקביעת מדיניות מחקר ותחומי מחקר באוניברסיטאות ובמכוני מחקר.

3 מבנה ודרך פעולה

מוסד נאמן ממוקם בתוך קמפוס הטכניון ונהנה מהתשתית של מוסד זה. יחד עם זאת מוסד נאמן הינו גוף עצמאי מבחינה משפטית ומנהלית. מבנה זה מאפשר לו פעולה יעילה למילוי ייעודיו בכל הקשור לגמישות בהרכבת צוותי חוקרים ומומחים, הכוללים גם נציגים מאוניברסיטאות וגופים מחוץ לטכניון, הדרושים לפעילות הבין-תחומית.

4 פעילות מקצועית

סקירות של פרויקטים שונים, שבוצעו במוסד נאמן מוצגות בדיווחים השנתיים המופצים בציבור. חומר זה ופרסומים אחרים מוצגים באתר האינטרנט של המוסד www.neaman.org.il. תחום מחקרי מדיניות לאומית הקשורים במדע וטכנולוגיה הנו גרעין הפעולה של מוסד נאמן, הוא משתלב בפעילויות יישום ופעולות משלימות נוספות. שעיקרן הוא יצירת קשר עם השטח, בכל הקשור לנתונים הנדרשים למחקרי מדיניות, שמטרתן ליצור תודעה בציבור המקצועי ובציבור מקבלי ההחלטות כדי ליישם את מחקרי המדיניות. הפעילות במחקרי מדיניות מקיפה ארבעה תחומים עיקריים: מדע-טכנולוגיה-כלכלה; סביבה, תשתיות ותכנון לאומי; טכנולוגיה וחברה; חינוך אוניברסיטאי, הון אנושי והתפתחויות מדעיות. פעילויות היישום כוללות, בין השאר, ייזום וניהול של השותפים האקדמיים בקונסורציה שבמסגרת מגנט ומאגרי מידע לשימוש החוקרים והציבור הרחב.



תקציר מנהלים

א. סיכום מסקנות השלב הראשון

עבודה זו הינה השלב השני של ניתוח מצב התעשייה הכימית בישראל, פרויקט בהובלת מוסד נאמן בשיתוף התאחדות התעשיינים ומשרדי ממשלה, ביוזמת משרד המסחר והתעשייה. בשלב הראשון של העבודה נאסף המידע ונותח בהתאם למאפיינים הדינמיים של התעשייה הכימית בעולם. מעמדה העסקי וכושר התחרות של התעשייה הישראלית נחקרו והוצגו, ולידם נדונו המגבלות והבעיות המאיימות על המשך הישגיה והתפתחותה בשנים הבאות. הושם דגש על תרומתה להכנסה הלאומית, שהיא התרומה המקומית נטו לכלכלת המדינה, באמצעות מדידת הערך המוסף וחיפוש דרכים לשיפורו.

מסקנותינו בסיום השלב הראשון התרכזו בארבעה גורמי מפתח, בהם התמקדנו בשלב השני של העבודה:

1. מדיניות לאומית לתעשייה כימית – באם היא נחוצה ואם כן, מה דרכי מימושה. מרכיביה הם שלושת הנושאים הנוספים:
2. התשתית האנושית - מערך החינוך בישראל למדעי הכימיה וההנדסה הכימית.
3. התשתית הפיזית למיקום והפעלת התעשייה, תוך שמירה על איכות הסביבה.
4. פוטנציאל התרומה הכלכלית של הטכנולוגיות החדשות בתחום מדעי הכימיה וההנדסה – התשתית המדעית-תעשייתית.

ב. השלב השני

במשך השנה וחצי האחרונות ישבו ארבעה צוותי עבודה שהתמקדו בארבעת נושאים אלה. כל צוות כלל נציגים ברי סמכא וניסיון מטעם שלושת גורמי המפתח בישראל שיכולים להשפיע על כונוני התעשייה הכימית המקומית:

1. הממשלה
2. התעשייה הכימית
3. האקדמיה

את עבודת צוותים אלה ליווה צוות היגוי שגם בו היו מיוצגים שלושת גופי המפתח הנ"ל.

התעשייה הכימית בישראל יוצרת 25% מהתרומה התעשייתית לכלכלה הלאומית, ובשנים האחרונות הראתה גידול מרשים במכירות, ביצוא, ברווחים ובערך החברות בבורסה. למרות גידול זה מדובר בתעשייה החשופה לקשיים ומגבלות, אשר חוסמים את המשך גידולה ויכולים גם להביאה לידי משבר. כדי למנע תרחישים שליליים בעתיד וכדי לאפשר את המשך הצמיחה, חייבת התעשייה הכימית לבצע השקעות גדולות בנושאי התשתית, איכות הסביבה ויישום וקליטה של טכנולוגיות חדשניות. אלה הן השקעות כבדות, וההחזר עליהן יהיה ארוך טווח יותר מהמקובל בתחשיבים כלכליים רגילים של התעשייה. הדבר מחייב נחישות, התמדה ואמונה בנחיצותו ובכונותו העסקית של המאמץ, ומחייב תמיכה

לאומית בו. כדי לכוון את התעשייה באופן שיהיה המשך בגידול תרומתה למשק הלאומי, יש מקום לנקוט במדיניות לאומית יוזמת, כפי שיפורט בדו"ח זה. דבר זה נכון גם בנושא החינוך המדעי והמקצועי, אשר נמצא במישור הממשלתי והאקדמי.

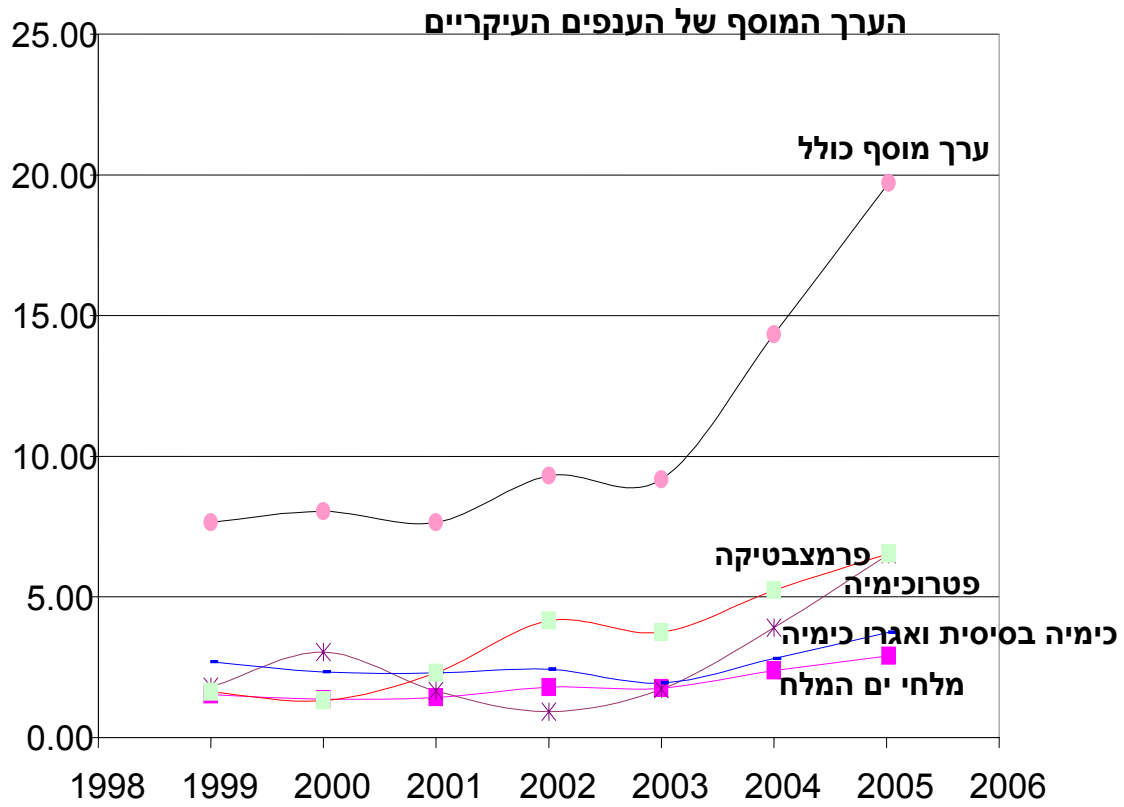
ניתוח התרחישים הלאומיים הביאו אותנו למסקנות שייתכנו שלושה תרחישים קיצוניים אפשריים לעתיד תרומתה של התעשייה הכימית הישראלית למשק הלאומי:

1. התרחיש השלילי - התעשייה הכימית תמשיך לפעול במדיניות הנוכחית ובמגבלות הנוכחיות, ללא השקעות חדשות בתשתיות הפיזיות בישראל, ללא הסדרים מעשיים בנושאי הגנת הסביבה וללא כניסה ליישום כוונים חדשים. בתרחיש זה תיעצר צמיחתה של תעשייה זו בישראל, יקטן הגידול במכירות שמקורן בישראל ותקטן מאד התרומה הלאומית, היחסית וגם המוחלטת, למשק.
2. תרחיש רצף הגידול - התעשייה הכימית תבצע את ההשקעות הנדרשות בתשתית, בשיתוף כל הגורמים בעלי העניין בישראל, בעידוד ובעזרת מדיניות ממשלתית התומכת בשימור התעשייה הכימית. משמעו שיימצאו פתרונות לחסמי הגידול בתחומי החינוך וההשכלות הסביבתיות. בתרחיש זה יישמר המצב הקיים, אך הצמיחה תהיה מוגבלת בגלל חסמים אובייקטיביים של תחומי הפעילות הקיימים של התעשייה ובשל התחרות הגדלה בתחומים אלה בעולמנו הגלובלי.
3. תרחיש הצמיחה והחדשנות - התעשייה הכימית תממש את ההשקעות הנדרשות בתחומי התשתית, חסמי הגידול והשימור של ענפי התעשייה הנוכחיים יפתרו בישראל, והתעשייה הכימית תזכה למדיניות ממשלתית יוזמת ותומכת ארוכת טווח, שתניע אותה להשקיע בטכנולוגיות חדשניות ולממש אותן בכיוונים החדשים, אשר נפתחו בשנים האחרונות. הערך המוסף הטמון ביישום אפקטיבי של הכוונים החדשים יאפשר לא רק את צמיחת התעשייה הכימית החדשה בקצב מרשים, אלא יביא גם לכך שהתרומה למשק הלאומי תגדל באופן מאד מרשים, לאור פוטנציאל הערך המוסף הגבוה שכיוונים חדשים אלה יאפשרו.

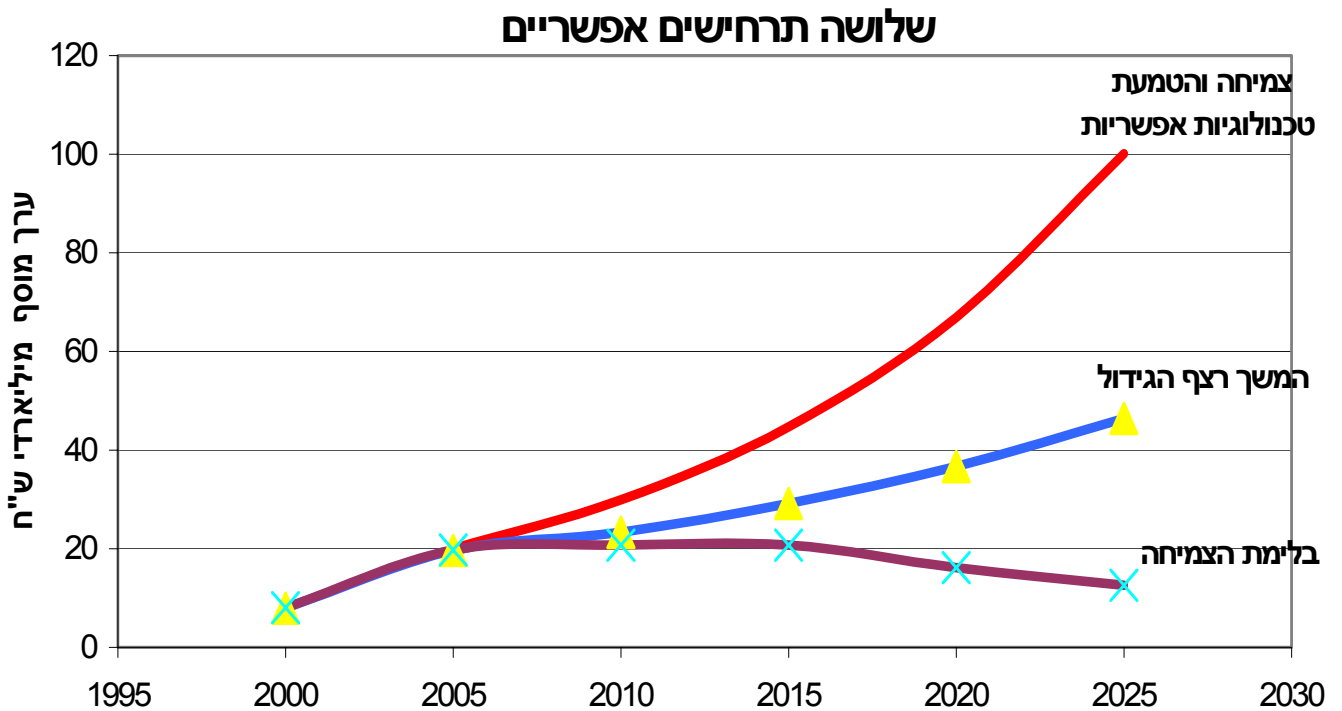
עלינו לזכור שתוצאות הניסיונות לבצע הערכה כמותית עתידית של שלושת התרחישים מטבען אינן מדויקות, ויש להתייחס אליהן בזהירות רבה, כמראי כיוון. עם זאת, נעשה ניסיון לנתח, לחזות ולכמת את התרומה הלאומית של התעשייה הכימית בשנים הבאות לכל אחד מהתרחישים הנ"ל. יש גם לזכור, שכיום הערך המוסף הממוצע של התעשייה הכימית בארץ ביחס למחזורי המכירות נמוך מהממוצע הלאומי של כלל התעשייה בישראל (ושל התעשייה הכימית בארצות אחרות), ולכן יש מקום לשיפור: מימוש התרחיש השלישי ייצר הזדמנויות להגדלה מאד מרשימה של התרומה הלאומית, הנמדדת בערך המוסף למשק.

בגרף הבא מוצגת התרומה הלאומית של התעשייה הכימית בשש השנים האחרונות, כפי שחושבה לאחר ניתוח של מרב מקורות המידע הזמינים: בגרף זה חולקה התעשייה הכימית לארבע קבוצות ראשיות –

אגרו-כימיקלים וכימיה בסיסית, פרמצבטיקה, פטרוכימיה ומלחי ים המלח. בולטת מגמת צמיחה ברורה בשש השנים האחרונות, הנובעת מהגידול בצריכה העולמית ומניהול יעיל וממוקד של החברות בישראל



ניסיון החיזוי עד שנת 2025 לשלושת התרחישים מוצג בגרף הבא:



התרחיש השלישי (הקו התחתון) מתייחס למצב שבו לא יימצא פתרון ארוך טווח לבעיות הסביבה אתן מתמודדות התעשיות היום, לא יוקצו שטחים ייעודיים עם תשתית תואמת להמשך צמיחת התעשייה; לא יחול שינוי במדיניות החינוך למדעי הכימיה וההנדסה הכימית בבתי הספר, במכללות ובאוניברסיטאות ולא תתפתח בישראל תעשייה כימית חדשנית ועתירת ידע. במצב זה הנחנו שבעשור הקרוב לא תרחיב התעשייה את תשתיות הייצור בישראל ותרומתה לערך המוסף הלאומי תישאר בקירוב קבועה. במהלך העשור שלאחר מכן תקטן תרומתה למשק בכ- 5% בשנה ותגיע לכדי 12.5 מיליארד ₪ בלבד, שהם כ- 62% מהערך בשנת 2005.

תרחיש רצף הגידול מתייחס למצב שבו תעוצב מדיניות ממשלתית שתאפשר לפתור באורח יסודי את בעיות הסביבה והתשתית הפיזית בשיתוף כל הגורמים הממשלתיים והפרטיים, ותושג הצלחה מהותית בהרחבת החינוך למדעי הכימיה, הן ברמה והן בכמות הבוגרים שיגיעו לתעשייה ולמוסדות המחקר והוראת הכימיה. המגבלות האמיתיות שיכתיבו את גידול התעשייה תהיינה אז כושר התחרות שלה בנושאים בהם היא עוסקת, המשך הניהול העסקי המפואר שהתעשייה הציגה בשנים האחרונות, והמשך המחויבות של הבעלים להשקיע כנדרש. אלה, בנוסף למדיניות לאומית תומכת בתעשייה זו, יאפשרו להערכתנו לשמר את קצב הצמיחה של שש השנים האחרונות. בהיות התעשייה הכימית הישראלית תעשייה בשלה, אשר מיצתה את מרב היתרונות היחסיים הטמונים בחומרי הגלם המקומיים, תרחיש זה מחייב נכונות והכנה לפריצה לטכנולוגיות חדשות.

תרחיש הצמיחה והחדשנות מתייחס למצב שבו תפעל הממשלה על פי מדיניות לאומית יוזמת ומכוונת, שתאפשר השגת כל התנאים הדרושים להמשך רצף הצמיחה, כולל מחויבות ברורה לקידום הכיוונים הכימיים החדשים ומימושם בתוך התעשייה בישראל. ההערכות של תרומת הכיוונים החדשים מבוססות על הנתח שניתן לממש בתעשייה הכימית בישראל, מתוך הגידול העולמי החזוי בכיוונים מועדפים אלה.

שבעה כיוונים טכנולוגיים נבחרו ככאלה שמומלץ להתמקד בהם. התחומים שנבחרו מצטיינים בשילוב של פוטנציאל צמיחה גבוה, מרכיב ידע מרכזי שתואם את היכולות המדעיות והטכנולוגיות הקיימות בישראל, וערך מוסף גבוה במיוחד.

הערך המוסף העתידי למשק בתחומים אלה חושב על סמך נתוני החיזוי לצמיחת השוק העולמי ב- 20 השנים הקרובות ועל סמך ההערכות מה יכול להיות נתח החלק הישראלי בהתפתחות זו, עם התייחסות ספציפית לפוטנציאל ערך הרכיב הרלבנטי לתעשייה הכימית המתחדשת.

יובהר בזאת שאין כוונתנו להציג תמונה של "הכול-או-לא-כלום": צמיחת התעשייה הכימית בישראל יכולה להתממש בכל מתווה שהוא בתוך השטח שבין קווי שני התרחישים העליונים שבגרף, וזאת על-פי מידת המימוש המעשי של הפוטנציאל שתואר לעיל; כולל מגבלות דמוגרפיות (כמות העובדים בעלי כישורים, שניתן יהיה לגייס מאוכלוסיית ישראל - ראה להלן). כמו-כן עלינו לזכור כי "קשה להתנבא, בייחוד ביחס לעתיד": הערכים המספריים בגרף דלעיל הם אינדיקאטורים של סדרי הגודל האפשריים, ולא דווקא נבואות כמותיות מדויקות...

ארבע הוועדות המקצועיות ניתחו, כל אחת בתחומה, את הקשיים והמגבלות מחד גיסא ואת ההזדמנויות הטכנולוגיות והשיווקיות מאידך גיסא, והציעו תהליכים למימוש ההזדמנויות והרחבתן ולפתרונות של הבעיות. להלן תמצית הממצאים, המסקנות וההמלצות.

ב1. תחום החינוך

הוועדה מיקדה את הבעיה כחלק מראייה כוללת של כלל משאבי המדעים וההנדסה בדורות המצטרפים למעגלי העבודה, תוך התמקדות במדעי הכימיה. המטרה הייתה לאפיין ולהבין את הגורמים לירידת לימודי הכימיה בבתי הספר, ולקבוע מדיניות שתאפשר עידוד וקידום הוראת מדעי הכימיה כבר בשלבי חינוך מוקדמים, וכמובן שיפור והרחבה של לימודי הכימיה בבתי הספר התיכוניים ובאוניברסיטאות.

במסגרת עבודת הצוות נאספו נתונים על רמת החינוך הכימי בישראל, אופן החינוך לכימיה ומספר הנבחנים בכימיה בבחינות הבגרות. נעשה מאמץ למצוא פתרונות להעשרת לימודי הכימיה והפיכתם לנושא מרכזי, יצירתי ואטרקטיבי. באמצעות שאלונים שבנה הצוות, רואינו אנשי מפתח מהתעשייה הכימית ומהאקדמיה בישראל, כמו גם מורי כימיה מובילים, חודדו הבעיות והמגבלות, הוסקו מסקנות וגובשו המלצות.

עיקר הבעיות שעלו מממצאי צוות החינוך:

1. פרישה של מורי כימיה מובילים, וכתוצאה - מחסור במורים איכותיים להוראת המקצוע.
2. אובדן המודעות של הציבור הרחב לחשיבות הענף למשק.
3. המודעות ליכולות לפרנס אדם בכבוד במקצועות הכימיה איננה קיימת במודעות מערכת החינוך.
4. מקצוע הכימיה אינו נלמד כמקצוע נפרד בכיתה ט'; עקב כך מעטים הבוחרים בכימיה כמקצוע התמחות לקראת כיתה י', יחסית לבוחרים במקצועות כגון ביולוגיה ופיזיקה, אליהם גדולה יותר חשיפת התלמידים.
5. קיימת בעיית תשתית מעבדות בבתי הספר המחייבת פתרון, אם רוצים לאפשר לימודי הכימיה בהיקף מורחב תוך שימת דגש על מעבדות מתקדמות.
6. מקצוע הכימיה אינו מקבל את אותה רמת הבונוס בתעודת הבגרות כמו הפיזיקה במדדי הקבלה לטכניון ולאוניברסיטאות, דבר שאינו מעודד תלמידים מצטיינים לבחור בכיוון זה.
7. הפסקת מרב בתי הספר להכשרת הנדסאים. זו יצרה מחסור בהנדסאים כבר היום, אשר יחמיר בהמשך.

פתרונות שהוצגו ע"י הצוות:

1. יש לחזור ולשווק את המקצוע לבני הנוער. האמצעים רבים: "נוער שוחר מדע", כימיאדה, פרויקט ארכימדס, מוזיאונים ותנועות הנוער. בהנחה שתאומץ המדיניות הלאומית על כל מרכיביה, נראה שייקל הביצוע, מאחר שהתעשייה הכימית תשיג תדמית מחודשת של תעשיית היי-טק המשלבת תעשיות קיימות וחדשות עם פוטנציאל תעסוקה אדיר.
2. מימוש ויישום בשטח של תכניות הלימוד החדשות לבתי"ס תיכוניים, אשר שמות דגש על משקל הכימיה בחיי יומיום ועל כיווני תעשייה ומחקר עדכניים; תכניות אלה הומלצו ע"י ועדת המקצוע בכימיה והפיקוח על הוראת המקצוע.
3. תגמול מורי הכימיה על –
(1) השקעת זמן בעדכון הידע והשתלמויות ארוכות-טווח, לשם עידוד ההתפתחות המקצועית והעלאת רמת המורים.
(2) פיצול כיתותיהם לקבוצות במעבדה.
4. חיוני להכין מיפוי צרכים לתעשייה. גם המלצה זו תהיה קלה יותר למימוש במסגרת מדיניות לאומית ברורה המציגה ניתוח של כוונים מועדפים ומציבה יעדים כספיים מוגדרים, כולל הצבת פתרונות התשתית הפיזית הנדרשת, אשר גם למימושה יידרשו משאבים מקצועיים רבים.

5. אמצעי ההוראה – תגבורם יחייב מדיניות השקעה המקבילה למדיניות הלאומית בתעשייה. ניתוח החוסרים מול הציפיות אמור להוביל להגדלת התקציבים; כאן הומלץ שהממשלה והתעשייה יחברו יחדיו למימון הפער.

6. הגדרה מחדש של מקצוע הכימיה בחטיבות הביניים כשווה ערך למקצועות המדעים האחרים בציוני הבגרות והכרה בחשיבותו הלאומית, משתלבות ללא ספק במדיניות הלאומית המומלצת.

7. ייועדו כספים למלגות יוקרתיות עבור נשים היוצאות ללימודי פוסט-דוקטורט בחו"ל, הן במדעי הכימיה והן בתחום הוראת הכימיה, וכן לתגמול מתאים לחוזרות מחו"ל לאקדמיה או לתעשייה, וזאת במטרה להעלות את אחוזן בצמרת האקדמיה והתעשייה (שבירת "תקרת הזכוכית").

8. התעשייה תתגייס לעזרת התהליך, במסגרת יכולותיה, כגון -

- תעזור ברכש והענקה של ציוד למעבדות,
- תפעל ליישום ימים פתוחים בתעשייה לתלמידי בתי הספר,
- תתמוך ותעודד את אנשיה להשתלב בהוראה לקבוצות תלמידים מוכשרים, כדי להעשיר את תוכנית הלימודים ולגוון את צוותי ההוראה, כולל הרחבת הרצאות-אורח לכלל התלמידים.
- תיעד מלגות לתלמידים, סטודנטים ומורים מצטיינים.
- לאור המחסור המחמיר באנליטיקאים-מומחים בתעשייה, וקצב השכלול המהיר של המכשור האנליטי, מוצע ליזום השתלמויות מעודכנות בשטח זה לעובדי מעבדה ותיקים, וכן לאנשים (ובייחוד נשים) שיצאו זמנית ממעגל העבודה ושואפים/ות לחזור אליו.

2. תשתית וסביבה

מכל הנושאים שנסקרו במסגרת הפרויקט, הנושא של תשתית וסביבה הוא העמוס ביותר מבחינה ביורוקרטית ומבחינה ציבורית-רגשית.

התעשייה הכימית הינה עתירת השקעות, עתירת שטחי קרקע, עתירת שינוע יבשתי וימי, צרכנית גדולה של אנרגיה ומים ומייצרת שפכים תעשייתיים וגזי פליטה. לכן, האתרים שנועדו לפיתוח של מפעלים כימיים חייבים להבטיח אספקת התשומות הפיזיות הנ"ל, כולל התנאים הלוגיסטיים הנלווים. המפעלים מצדם חייבים בטיפול מקצועי ואמין של כל השפכים, הפליטות והפסולות המיוצרים בהם, ועליהם לוודא שהתעשייה לא תהווה מטרד או מוקד סכנה לאוכלוסיה.

בעבר התמקדה התעשייה הכימית במספר אזורים היסטוריים, או כאלה שהוקצו לכך ע"י המדינה. הבולטים שביניהם: מפרץ חיפה, רמת חובב, מישור רותם ומפעלי ים המלח. כמו במקומות רבים בעולם, במהלך עשרות שנים התעשייה הכימית לא שקדה על פתרון כולל לבעיות הקצה שלה מחד גיסא, והרשויות לא פיתחו את מערכת החוקים והתקנות המתאימים מאידך גיסא. גם הטכנולוגיות הסביבתיות לא היו זמינות בעבר באותה מידה שהן פותחו בשנים האחרונות.

בעשור האחרון החמירו הרשויות הממשלתיות והעירוניות את דרישותיהן להמשך מתן רישיונות העסקים, ודרשו לשנות את מערך התעשייה תוך זמן קצר מהאפשרי. המצב יצר משבר ביחסי התעשייה הכימית עם הגופים הסביבתיים ועם הקהילה, ויצר לתעשייה דימוי לאומי ירוד ופוגע. יש לזכור ולהדגיש שאובייקטיבית הנאמר כאן אינו שונה בהרבה מהמצב בתעשיות אחרות כמו מתכת, צביעת טכסטיל, מזון - אך תדמיתן נפגעה פחות בעיני הציבור.

באירופה ובארה"ב החל תהליך זה לפחות עשור קודם לכן, כאשר שם מתבסס הפתרון על שליחת השפכים התעשייתיים המטופלים, לאחר טיהורם והפיכתם לתמלחות, לאוקיינוס, תוך שימוש בנהרות איתן להעברתם לים.

במדינות המזרח הרחוק, שגם הן החלו ממש לאחרונה להתייחס ברצינות לבעיות הסביבה, מוקמים בימים אלה פארקים תעשייתיים ייעודיים לתעשייה הכימית ותעשיות עם בעיות-קצה דומות. בפארקים אלה קיים טיפול מרכזי באספקת התשומות הנדרשות וגם בסילוק השפכים התעשייתיים, כל עוד המפעלים עומדים בסטנדרטים שנקבעו לאיכות השפכים המטופלים.

לנו אין נהרות איתן, אבל כמעט כל אתר בארץ אינו רחוק מאד מן הים (הים התיכון או ים המלח). בעובדה זו טמון פתרון פוטנציאלי לבעיה אקוטית. לאור חשיבותה הגדולה של התעשייה הכימית הקיימת למשק הלאומי בישראל ולאור הפוטנציאל העצום להגדלת תרומה זו, חיוני במסגרת תכנית אב לתעשייה הכימית בישראל, להסדיר את יחסי התעשייה עם סביבתה הפיזית והאנושית ולהגיע למצב חדש של הבנות ופתרונות ארוכי טווח, הן לגבי התשתיות הדרושות להתפתחות התעשייה והן לגבי מניעת מטרדים לסביבה הנובעים מפעילותה. כיום הטכנולוגיות קיימות וזמינות, והתעשייה הוכיחה נכונות להשקיע את הנדרש כדי למנוע מטרדים לסביבתה. בחלק מהמקרים נדרשת התעשייה לבצע שינויים לא רק במערכות הקצה שלה אלא גם בתוך תהליכי הייצור, כדי למזער שפכים ופליטות; יש לאפשר לה את התנאים והזמן הדרוש לבצע ולהתחדש.

תחת מדיניות לאומית תומכת ומכוונת, יש מקום לצפות שהתעשייה הכימית תיטול יוזמה ותהפוך לגורם מוביל ומנהיג בחדשנות סביבתית, החל מתחום הניהול, דרך יישום טכנולוגיות חדשות וכלה בקשרים עם הקהילה.

הצוות לתשתית וסביבה פירט וניתח את הדילמות והקשיים הקיימים והמליץ על מדיניות ושרשרת של צעדים למימושה. הנחת הבסיס לתוכנית היא שהממשלה תקבל החלטה ברורה ואופרטיבית התומכת בקידום התעשייה הכימית בישראל. כל השאר יהיה פועל יוצא מהחלטה עקרונית זו.

אי הצלחה במימוש תהליך זה עלול להביא את התעשייה הכימית להעתיק את חלק הארי של הייצור שלה אל מחוץ למדינת ישראל ולהקטין בזאת בהדרגה את תרומתה לכלכלה הלאומית, כמתואר לעיל בתרחיש השלילי. לעומת זאת, הצלחת התהליך תאפשר להמשיך את תנופת הגידול בה נמצאת התעשייה בשנים האחרונות, מול השווקים הגדלים בעולם למוצריה.

הסביבה הטכנולוגית והעסקית בעולם עוברת שינויים רדיקליים המתרחשים במהירות גדלה והולכת. שינויים אלה יוצרים פלטפורמות טכנולוגיות והזדמנויות עסקיות חדשות בעלות פוטנציאל גדול. אי-הוודאות הנובעים מקשיי חיזוי והערכה מחייבים זהירות בהערכות ובעיקר נכונות לשנות ולעדכן את החיזוי וההחלטות באופן דינאמי בהמשך הדרך.

עם זאת, בשנים האחרונות נוצרה הזדמנות לתעשיות המתבססות על מדעי הכימיה וההנדסה הכימית להגדיל באופן מאד משמעותי את מחזורי המכירות שלהן, ובנוסף לכך גם את נתח הערך המוסף מתוך המחזור. נראה שניתן להרחיב את התעשייה הכימית לכיוונים החדשים, ליד שימור עצמתה הנוכחית של התעשייה הקיימת. כיוונים אלה מחייבים העמקת המחקר והיישום של טכנולוגיות חדשניות, תוך מתן מענה משופר לבעיות קיימות, כמו פיתוח תרופות חדשות ומערכות גלאים חדשניים למטרות רבות ומגוונות (בריאות, ביטחון).

הוועדה לכיוונים חדשים בחרה מספר כיוונים כמועדפים וניתחה את הפוטנציאל העולמי שלהם, וממנו גזרה את נתח הפעילות הרלוונטית לישראל.

קדמה לסיכומי ההמלצות פעולת ניפוי שנעשתה בהתייעצות בין חברי הוועדה. ניפוי זה קיצץ את מספר הנושאים שיש להתמקד בהם מעשרים (20) נושאים ברי פוטנציאל לשבעה (7). לשבעה אלה בוצע ניתוח מפורט, שכלל סקירות של התחומים, המגמות ומה היכולות שניתן להפיק מכל תחום. עוצבו העדפות היכן חוקרי ישראל והתעשיינים המלווים אותם צריכים לשים את המיקוד.

שבעת השדות הטכנולוגיים שנבחרו ככיוונים שמומלץ להתמקד בהם, קרי להשקיע במחקר ובפיתוח שלהם ובעיקר לפעול ליישומם בתעשייה בישראל הם:

1. ננוטכנולוגיה וביו-ננוטכנולוגיה
2. פרמצבטיקה וביו-פרמצבטיקה
3. מערכות לביטחון פנים
4. טכנולוגיות סביבה
5. אנרגיה מתחדשת
6. פורמולציות ומערכות הסעה
7. סינתזה של חומרי ביניים לתרופות ולחומרים מתקדמים.

תחומים אלה נבחרו בשל היותם מצטיינים בשילוב של פוטנציאל צמיחה גבוה, מרכיב ידע מרכזי התואם את היכולות המדעיות והטכנולוגיות הקיימות בישראל, וערך מוסף גבוה במיוחד. חמשת התחומים הראשונים מייצגים את עיקר ההפרש שבין התרחיש של שמירת רצף הגידול (הקו האמצעי בגרף) לבין תרחיש הצמיחה והחדשנות, הקו העליון בגרף.

הערך המוסף בתחומים אלה חושב על סמך נתוני החיזוי לצמיחת השוק העולמי ב- 20 השנים הקרובות ועל סמך ההערכות מה יכול להיות נתח החלק הישראלי בהתפתחות זו, בהתייחס לפוטנציאל המימוש במסגרות התעשייה הכימית המתחדשת.

יצוין כי בימים אלה אישרה הממשלה מימון ותמיכה להפיכת ישראל לשחקן עולמי מוביל בתחום הפתרונות למים. ענף זה הינו חלק מתת-כיוון של ניהול משאבים סביבתיים (תחום מספר 4 ברשימה הנ"ל - טכנולוגיות הסביבה). ברור שיהיה צורך לנתח ולקדם כל כיוון בנפרד על פי יתרונותיו וחסרונותיו, אך העובדה שהטיפול במים הוכר כמטרה לאומית, מעניקה עידוד לגבי כלל הכיוונים החדשים שצוינו בעבודתנו, ולתעשייה הכימית כולה.

4. המדיניות הלאומית.

השאלה הראשונה עמה יש להתמודד הינה באם מוצדק להמשיך ולטפח את התעשייה הכימית בישראל. מחד גיסא, עסקית, התעשייה התפתחה היטב בשנים האחרונות וכן גדלה גם תרומתה לכלכלה הלאומית, כפי שהוצג בגרף הראשון למעלה, שנותח ע"י צוות המדיניות הלאומית לשנים 1999-2005; אך מאידך גיסא תדמיתה הציבורית נמצאת בשפל ומגבלות צמיחתה מסכנות את המשך הצמיחה. הניתוח מראה כי התעשייה הזו אכן מהווה נכס חשוב, אבל חלק גדול ממנה הפסיק להשקיע בצמיחתה בישראל בגין הגורמים הבאים:

- אובדן אטרקטיביות התעשייה ברמה הלאומית, במערכות החינוך ובתדמית הלאומית עצמו יצירתיות והרחבת המו"פ.
- התחרות מהמזרח הרחוק התגברה בתנאים לא שווים: שם ניתנת העדפה בחינוך, במדיניות לאומית, בתשתיות איכות הסביבה ובזמינות שטחי תעשייה מיועדים.
- הממשלה הסבירה פניה לתעשיית ההיי-טק, המבוססת על אלקטרוניקה ותוכנה, ונתנה לתעשייה הכימית תדמית של low-tech. התעשייה התאימה עצמה לתדמית זו ולא גילתה עניין מספיק בטכנולוגיות חדשניות ("ממילא יש סיכונים עסקיים בהליכה לכיוונים חדשים, ואי הוודאות קיימת").
- היבטים של איכות הסביבה הביאו ללחץ ציבורי מצד ארגונים ירוקים, שגרם למתקפה רבתי על התעשייה וחשף אותה במערומיה, לא ממש מוכנה וערוכה לעידן החדש.
- מערכות האישורים הנדרשים לצמיחת התעשייה מאד ביורוקרטיות ומעכבות השקעות אפקטיביות בתוך מדינת ישראל.
- העיכובים באספקת התשומות הפיזיות לתשתית התעשייתית והלוגיסטיקה הנלווית לה אינם מאפשרים השקעות גדולות נוספות ללא שינוי במדיניות ובהתייחסות הלאומית כלפי הענף התעשייתי הזה.

אמנם התעשייה הוכיחה עצמתה עסקית, אך היא משקיעה לאחרונה יותר ברכישות מפעלים בחו"ל; לעיתים בגין שיקולים עסקיים, אבל בעיקר מהסיבות שצוינו לעיל.

ומכאן, למה כדאי לממשלה בכל זאת לעצב מדיניות לאומית ולממשה?

- כי יש בתעשייה הכימית עוצמה תעשייתית רבת שנים והישגים, שיכולה להוות מנוף כלכלי חשוב.
- כי יש אקדמיה ומכוני מחקר חזקים בתחומים המתחדשים של מדעי הכימיה.
- כי מסתמנות טכנולוגיות חדשות שיש לממשן, וכל המקדים זוכה בנתה גדול יותר בעולם העסקים המתחדש.
- כי אסור להשקיע את כל המשאבים הלאומיים בהיי-טק בתדמיתו הנוכחית, המצומצמת: התעשייה הכימית אשר תקלוט טכנולוגיות חדשות – תהפוך גם היא להיי-טק, במובנו הרחב.
- כי הערך המוסף העיקרי למדינה יבוא רק אם התעשייה תישאר בישראל.
- כי מדעי הכימיה מהווים תשתית חיונית למגוון רחב של מדעים וטכנולוגיות.
- כי אזרחי-עתיד בעלי אוריינות מדעית, כולל בכימיה, מהווים בסיס חיוני למגוון רחב של מקצועות מדעים והנדסיים עליהם מושתתות תעשיות מתקדמות.

נשאלה השאלה אם והיכן קיים משפט הוכחה בעולמנו, שמדיניות מסייעת לפיתוח תעשייה כימית הצליחה להביא לשינוי כלכלי מהפכני ומנוף תעשייתי לכיוונים חדשים?

- יש מדינות עם מדיניות לאומית שהצליחה - אירלנד, שווייץ.
- יש מדינות המיישמות זאת בימים אלה, בעיקר בתחומים היותר מסורתיים – טיוואן, הודו, סין. גם במדינות אלה החל ממש לאחרונה המאמץ למנף את ההצלחה מהתחום המסורתי לכיוונים הטכנולוגיים החדשים המתפתחים!
- יש גם הצלחות בישראל של שותפויות שהצליחו בין האקדמיה והתעשייה בתחומים רבים וגם בתחום מדעי הכימיה, למשל:

- היסטורית – התעשיות המקוריות על בסיס מלחי ים-המלח וחומצת-מלח (מפעלי ים-המלח וחיפה-כימיקלים) התבססו במידה רבה על מחקרים שנולדו באוניברסיטה העברית.
- חברת טבע משלבת את האוניברסיטאות והחממות בבניית פריצות לשטח ההמצאתי. שני פרויקטים גדולים כבר נמצאים בייצור.
- חברת מכתשים חוברת לאוניברסיטאות בפיתוח כיוונים חדשניים בתחומי הביו-טכנולוגיה.
- חברת אינטל משתפת פעולה עם קבוצת הוראת הכימיה בטכניון בפיתוח יחידת לימוד חדשה למתמחים בכימיה, בנושא "מננו-כימיה למיקרו-אלקטרוניקה".

מי הם הלקוחות של הדו"ח, או: למי מיועד הדו"ח הזה?

1. הממשלה – כקובעת מדיניות תעשייתית לאומית וכמעניקה העדפות, תמיכות ורישיונות לעסקים חייבת ליצור מוטיבציה להמשך גידול התעשייה הכימית, ולפעול במדיניות מרכזית מעודדת ומתואמת, כולל הכנת קאדרים עתידיים של מדענים, חוקרים ומפתחי טכנולוגיות.
2. התעשייה – בפן הלאומי, כמי שמניעה את גלגלי העשייה ויש לה מוטיבציה ומחויבות לאומית, בצד מדיניותה הגלובלית.
3. האקדמיה ומכוני המחקר הלאומיים, המעוניינים בהמשך שמירת רמתם המדעית העולמית הגבוהה, וביישום מדיניות השת"פ עם התעשייה הכימית והפרמצבטיית בישראל. מימוש מטרות אלה יביא ליישום תעשייתי בישראל של יכולות המחקר והפיתוח, שמצידו ימשיך להזרים לאקדמיה היזון חוזר ומימון ארוך טווח.

מדיניות היישום של המדיניות

יישום המדיניות חייב להתמקד ב-זמנית בכל שלוש גזרות התשתית שצוינו על-ידי הצוותות השונים:

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. פתרון בעיות איכות הסביבה והתשתיות התעשייתיות.2. הפיכת התעשייה הכימית לשותף חשוב בקליטת הטכנולוגיות החדשות שצוינו.3. שיפור החינוך וההוראה של מדעי הכימיה של כל הגילאים, ושדרוג ההשקעות בתחום זה. |
|--|

כיצד להתחיל ואיך להיות אפקטיביים? צריך -

1. להחליט על מדיניות לאומית תומכת בתעשייה הכימית ולהציב לה יעדים כמותיים ארוכי טווח במסגרת תכנית ברורה.
2. להגיע להבנה לאומית של שותפות במימוש המדיניות והתכנית הנגזרת ממנה בין שלושת הגורמים – ממשלה, תעשייה, אקדמיה.
3. למנות וועדה למדיניות לאומית שתהיה גוף פעיל מנחה ומכוון, שבה יהיו מיוצגים התעשייה, הממשלה והאקדמיה. בראשה יעמוד מנהל שיהיה מופקד על פירוט המדיניות והכוונת ביצועה הלכה למעשה. הוועדה תהיה אחראית לבדוק ולוודא שהמדיניות מתבצעת, מתעדכנת פעם בשנה לפחות ושכל הגורמים מתואמים עם התכנית. עבור כל טכנולוגיה חדשה תוקם וועדת יישום שתלווה את הטמעתה בתעשייה; מומלץ שבראשה יעמוד תעשיין.
4. מרב התקציבים שיידרשו לנושא ינוהלו על ע"י הגופים האחראים בממשלה, כל אחד בגורתו, ועיקר תרומת ההיגוי הלאומי יהיה בהצבת סדרי קדימויות ובתמרוץ האינטגרציה בין כל גופי הממשלה, התעשייה והאקדמיה. תיבנה הערכה מפורטת של התוספות הנדרשות לחינוך ולתשתית.

הערכת הוועדה לכיוונים חדשים הייתה שיידרשו כ- 3000-5000 מיליוני דולר במהלך 20 השנה הבאות, או כ 150-250 מיליון דולר לשנה כדי לממש את מלוא הפוטנציאל הלאומי שהוצג בתחום זה. חלק מהתקציב קיים היום בתקציבי המחקר הממומנים בעיקר ע"י המדען הראשי במשרד המסחר והתעשייה, אך יידרשו הגדלה ושינוי במדיניות העדיפויות.

5. חשוב שבעת מימוש מדיניות הוועדה היא תתחבר למערכים ניהוליים קיימים, הן בנושאי איכות הסביבה, הן בנושאי החינוך והן בעידוד התיעוש של הכיוונים החדשים. בין השאר יוזכרו מדיניות ה-responsible care שמנהלת התעשייה בשת"פ עם גורמים בינלאומיים (ISO וכיו"ב) וחלק מהארגונים הירוקים, תוכנית החממות, תוכנית המגנט, הוועדה לתאום ההשכלה הגבוהה, המועצה הלאומית למחקר ופיתוח, המועצה התעשייתית שהוקמה לאחרונה, ועדת המקצוע והפיקוח על הכימיה ועוד. כולן תוכלנה להיות לעזר, אם התעשייה הכימית תחובר אליהן כחלק מתוכנית המימוש בישראל.

החינוך לכימיה בארץ – לאן? (תקציר)

צוות חינוך של דו"ח התעשייה הכימית בחן את נושא הכימיה במערכת החינוך בישראל, השפעתו על התעשייה הכימית והחיבור בין המערכות החינוכיות לאקדמיה ולתעשייה. מטרת הצוות הייתה לקבוע מדיניות שתאפשר ייעול ושיפור הוראת מדעי הכימיה כבר בשלבי חינוך מוקדמים, בבתי ספר תיכוניים ובאוניברסיטאות. במסגרת עבודת הצוות, נאספו נתונים על רמת החינוך הכימי בישראל, מספר נבחנים בבחינת הבגרות, אופן החינוך לכימיה וכן נעשה מאמץ למצוא פתרונות תוך שיתוף פעולה עם התעשייה והאקדמיה למען העשרת לימודי הכימיה והפיכתם לנושא מרכזי, יצירתי ואטרקטיבי. באמצעות שאלונים שבנה הצוות ראינו אנשי מפתח מהתעשייה הכימית והאקדמיה בישראל, הוסקו מסקנות והתגבשו המלצות.

עבודת הצוות של החינוך הכימי בישראל כללה:

- איתור הממצאים העיקריים של מצב החינוך הכימי בישראל תוך שימת דגש על הרצוי למול המצוי.
- עיצוב המלצות לשיפור החינוך המדעי בדגש על הכימיה בכל הרמות והגילאים.
- הצעת פתרונות לעידוד בני נוער נוספים להתעניין בתחומי המדע בכלל ובכימיה בפרט.
- הצעת דרכים להגברת המודעות של הציבור הרחב בכלל וציבור התלמידים (מהשלבם המוקדמים של הלימודים) בפרט, לתרומתן הייחודית של תעשיות הכימיה לכלכלת המדינה ולרמתה המדעית.

מתוך הנתונים שנאספו ממשרד החינוך עולה כי בשנים 1996-2001 הייתה ירידה עקבית במספר הנבחנים במקצוע הכימיה, מדי שנה, וזאת לעומת הלומדים במקצועות הביולוגיה והפיזיקה, בהם חלה עלייה מתונה ועקבית במספר הלומדים. לא ניתן היה לערוך השוואה עם מקצועות המחשב שכן חסרו נתונים, אולם במציאות הישראלית ידוע כי בשנים אלו (עד שנת 2002) הייתה צמיחה מסיבית בתחום זה. בשנת 2001 הירידה במספר הנבחנים בכימיה נבלמה, ומשנת 2002 חלה עלייה מתונה במספר הנבחנים. את הירידה המשמעותית במספר הנבחנים במקצוע הכימיה ניתן לייחס לשנות הפריחה של תעשיית ההיי-טק והנהירה של התלמידים למקצועות המחשבים והפיזיקה. בשנים האחרונות עקב המשבר בתחום זה יש ירידה במספר התלמידים הפונים לתחומי המחשבים ואילו בפיזיקה נמשכת העלייה במספרם. ההשערה שלנו היא שחלקם בחרו במקצוע הכימיה.

בנוסף, בשנים אלו נפתחו מגמות הביוטכנולוגיה שבמסגרתן כ-1,000 תלמידים בשנה, לומדים כימיה טכנולוגית ומערכות ביו-טכנולוגיות. בעצם אלו תלמידים שהיו לומדים כימיה לולא נפתחה מגמת הביוטכנולוגיה, כך שבהחלט ניתן לצרפם ללומדי הכימיה. החל משנת תשס"ז תלמידי מגמת הביוטכנולוגיה ייבחנו ב-3 יחידות לימוד בכימיה בשאלון משותף ללומדי הכימיה.

בעקבות הירידה במספר הלומדים במקצועות הכימיה בבתי ספר, ובעקבות חילופי מפקחים שנעשו בשנים האחרונות, התקיימה חשיבה מחודשת על תכנית הלימודים. במסגרת מהלך זה נבחנו המטרות, דרכי ההוראה והתכנים במקצועות הכימיה. הוחלט על הובלת שינויים מהותיים בתכנית הלימודים לכימיה ובדרישות מהתלמידים, שלהערכת משרד החינוך גורמים לשינוי באווירה ובתדמית של מקצוע הכימיה. לפיכך, במסגרת לימודי הכימיה לשלוש יחידות לימוד, נעשתה חלוקה ליחידה ראשונה, העוסקת במושגי היסוד בכימיה ומטרתה להקנות אוריינות כימית לכל התלמידים ולשתי יחידות נוספות (המשלימות ל-3 יח"ל) אשר מרחיבות את האוריינות הכימית ומהוות בסיס לימודי הכימיה. במסגרת זו לומדים התלמידים על מבנה האטום, הקשר הכימי, סוגי חומרים ומבנים, אנרגיה כימית ושינוי משקל כימי, חומצות ובסיסים, תגובות חמצון חיזור וכימיה אורגנית. החידוש בתכנית הלימודים החדשה הוא הלימוד באמצעות חומרים ואירועים מחיי היום יום כדי להפוך את המקצוע רלוונטי ומעשי יותר לתלמידים. המבניות שפותחו או נמצאות בתהליך פיתוח עוסקות בכימיה והאדם, טעם של כימיה, כימיה ירוקה, בקצב הכימיה – אנרגיה ותנועה בתגובות וחומרים כבקשתך. במטרה להשלים את לימודי הכימיה ל-5 יחידות לימוד לומדים התלמידים מבניות מתוך בחירה בתחומים העומדים בחזית המדע, שכן המבניות עוסקות בנושאים כגון: מננו-כימיה למיקרו-אלקטרוניקה, כימיה של הסביבה, ביוכימיה, כימיה אורגנית מתקדמת וכימיה של פני שטח.

הייחודיות בתכנית החדשה היא החזרת המעבדה כיחידת לימוד והערכה, וכמרכיב בעל חשיבות רבה בהקניית מיומנויות ניסיוניות וחשיבה ברמות גבוהות. החל משנת תשס"ו חובה לבחור לפחות 1/2 יחידת מעבדה במסגרת הלימודים ל-5 יחידות לימוד.

ניתן לומר כי בתחום הוראת הכימיה מתחוללת מהפכה שקטה בבתי הספר התיכוניים תוך כדי שילובה ההדרגתי של תכנית הלימודים החדשה. במסגרת זו יחידת מעבדה כחלק מחובת הלימוד וההערכה מתחילה לתפוס מקום במספר גדל והולך של בתי ספר, וגם מבנה בחינת הבגרות משתנה. מטרת כל השינויים הללו היא להפוך את מקצוע הכימיה לרלוונטי ואטרקטיבי יותר בעיני התלמידים, לגייס יותר לומדים למקצוע הכימיה בתיכון, למרות התחרות הרצינית עם מקצועות אחרים.

המורים אשר השיבו על השאלונים והמפקחות שרואינו הדגישו את חשיבות חשיפת מדעי הכימיה לילדים בגילאים השונים החל מהגן ועד לתלמידי בתי הספר היסודיים וחטיבות הביניים. הועלתה טענה כי הילדים לומדים מדע בכל שכבות הגיל, אולם לעיתים, אף שמבצעים ניסויים בכימיה או שמלמדים תופעות השייכות לעולם הילד ומבוססות על כימיה, הגננות והמורים אינם "קוראים לילד בשמו".

הקשר בין המוסדות האקדמיים והתעשייה למערכת החינוך משמעותי בהתוויית מדיניות חינוך לכימיה, שכן חשוב שהמוסדות האקדמיים יקבלו סטודנטים ברמה נאותה שתאפשר השתלבותם במערכת האקדמית בצורה מלאה ושהתעשייה תקלוט בוגרים בעלי בסיס מדעי רחב ומעמיק. לכן רואינו פרופסורים בכירים בפקולטות לכימיה והנדסה כימיה במוסדות להשכלה גבוהה ואנשי מפתח מובילים ממגוון תעשיות כימיות. מטרת הראיונות הייתה לאסוף מידע ולהבין את תפיסות העולם של אנשים מובילים בחינוך הכימי באקדמיה ובתעשייה במטרה לאפשר לוועדה לדון בפרופיל הכימאי ומהנדס הכימיה העתידי. הראיון בחן מהו, לדעת

הבכירים, מדע הכימיה במאה העשרים ואחת, היבטים עתידיים של חינוך כימאים ומהנדסי כימיה וכן אפשרות לחזק את הקשרים בין אנשי אקדמיה ותעשייה וביניהם לבין החינוך בתיכון.

בהגדרת מדע הכימיה, התייחסו הנשאלים להיבט הרחב של המילה, אשר הכיל תחומי מדע שלא נכללו בעבר בכימיה המסורתית כדוגמת: ביוכימיה וביוטכנולוגיה, הנדסת חומרים, מזון, הנדסה ביו-מולקולארית, ננו-כימיה, מדעי הבריאות ותרופות. ראיית העולם המתקדמת נבעה מהשינויים האבולוציוניים שעבר מדע הכימיה בחמישים השנים האחרונות. לטענת המרואיינים, עד שנות השישים של המאה ה-20 הכימיה פרוחה ושמשה מנוף לתגליות מדעיות רבות. משנות השבעים עד שנות התשעים, מדע הכימיה דשדש במקום וחיפש כיווני מחקר חדשים. כיום, יש פריחה מחודשת והכימיה מהווה בסיס הן למדעי החיים והן למדע החומרים. בגלל הצורך בהבנה ברמת החלקיקים צריכה להתפתח שפה אינטר-דיסציפלינארית. אם הבסיס בעבר היה מתמטיקה, פיסיקה וכימיה, כיום מומלץ לבצע שינוי מחשבתי ולהוביל בפקולטות לכימיה ולהנדסת כימיה מסלולים בין תחומיים שהסטודנט יבחר מתוכם את המסלול המתאים, כגון: ביוכימיה מולקולארית, ביוטכנולוגיה וכימיה אורגנית, כימיה וחומרים, או כימיה פיזיקאלית וננו-כימיה. בחלק מהאוניברסיטאות כבר קיימים מסלולים כאלו. לטענת חלק מהמרואיינים הכימיה היא המתמטיקה של המדעים. היא המדע הבסיסי ושפת התקשורת בין המדענים ולכן יש ללמדה על מנת ללמוד ולהבין מדעים בעולם המודרני.

הנשאלים ציינו כי יש חשיבות בהידוק הקשר בין המורים והתלמידים בבתי הספר התיכוניים לבין המחלקות לכימיה באוניברסיטאות והתעשייה הכימית. הן האקדמיה והן התעשייה הכימית מארגנות ומדריכות פעולות נוער והרצאות ויש מקום להמשיך ולקדם פעילות זו בצורה מסיבית יותר. כך למשל, פרויקט "בשער" שולח מרצים מהאוניברסיטאות לבתי הספר וכן פועל באינטרנט בפורומים של מורים ותלמידים. תוכנית טבע ופר"ח חושפת אלפי תלמידי כיתות ט', בעשרות בתי ספר בארץ למקצוע הכימיה. השעורים חזותיים ומועברים על ידי סטודנטים למדעים. יש המאפשרים ביצוע עבודות גמר עם מדריכים מהאקדמיה או מהתעשייה, אך מספרם מצומצם. המצב כיום הוא כזה שרק כ-30% מתלמידי כיתות י' לומדים כימיה ולא ניתן להמשיך להתפתח כמדינה מתקדמת כאשר כל הכלכלה הישראלית מתבססת על מספרים נמוכים של לומדי מדעים.

נושא נוסף שעלה מהראיונות היה שלבוגר הנדסה כימית חסר ידע בכימיה ואילו לבוגר כימיה חסרים קורסים בהנדסה במהלך לימודיו על מנת שיוכל להשתלב בתעשייה. המלצה שהתקבלה ממספר פרופסורים לכימיה והנדסה כימית, כללה הצעה לפתוח מסלול חמש שנתי (2+3). במסלול זה הסטודנט יקבל הכשרה מעמיקה יותר, יבצע פרויקט מחקרי או תעשייתי ויקבל תואר שני בסיום חמש שנים. תתאפשר במידת הצורך נקודת יציאה עם תואר ראשון לאחר שלוש שנים. מספר מרואיינים מהתעשייה הכימיה ציינו את הצורך בהכשרה של הנדסאי כימיה.

מרבית המרואיינים, הן מהאקדמיה והן מהתעשייה, ציינו כי מודעות הצבור לחשיבותן ותרומתן של תעשיות הכימיה בישראל נמוכה ביותר. בכל הנושאים שהועלו בפני המרואיינים – מודעות הצבור לתרומת התעשיות לכלכלת ישראל, לרווחת התושבים, לרמת הבטיחות של העובד, להשקעה במחקר ובפיתוח ולנחיצות בכימאים

בתעשיות המודרניות – אין מודעות כלל ויש לפעול בהקדם ובהרחבה לשיפור המצב. חשוב להדגיש כי לדעתם של מספר קטן של מרואיינים יש מגמה של שיפור במודעות הציבור למקצועות הכימיה.

חשיבות חשיפת הכימיה וההנדסה הכימית לציבור הרחב ולתלמידים מגילאים מוקדמים היא הן בפאן הקוגניטיבי והן בפאן העסקי-יישומי. בהיבט הקוגניטיבי, הכימיה מדגישה מימד חשיבה ייחודי שלא קיים במדעים יישומיים אחרים. ללימודי הכימיה המתקדמים בתיכון ובאוניברסיטאות נדרשים לומדים בעלי יכולת חשיבה מופשטת, יכולת שימוש בשפות מקצועיות ואפשרות לעסוק בהדמיה מולקולארית. בהיבט העסקי, בניגוד לתעשיות אחרות קשה לפתח יזמות היי-טק בכימיה בשל הצורך בהשקעה כספית גבוהה. מספר מרואיינים העירו שהעובדה שרוב המפעלים עברו מידי הממשלה לידיים פרטיות, גרמה לצמצום המחקר למינימום, לצמצום כוח העבודה ולמה שנראה להם כהסתכלות קצרת מועד בעיקר לצורך הגדלת רווחים.

אנשי התעשייה העידו על כך שלמדע הכימיה יש בעיה תדמיתית קשה. על מנת להתמודד עם בעיה זו הם מציעים:

- לשנות את דעת האקדמיה שרואה בכימיה מקצוע סגור.
- לפנות לקהל היעד – חיילים משוחררים ובוגרי תיכון, לערוך עבורם כנסים וימי עיון,
- להפגישם עם תעשיינים, להפיץ מידע באינטרנט, לפנות אליהם אישית במכתבים הביתה וכך להביא לידיעתם את חשיבות לימודי הכימיה על ענפיה השונים.
- המידע המופץ לציבור צריך להיות אמין ובשקיפות ולכלול פרטים על מקומות עבודה, שכר, קידום וכיוונים חדשים עתידניים.
- לערוך סקר בין בוגרי תיכון ולברר מדוע לא בחרו בכימיה, ולגבי אילו שבחרו – כיצד החליטו ועם מי התייעצו.
- להפיץ את המושג מהנדל (מהנדס-מנהל) ולעודד מסלולים מתאימים מאחר ומקצוע זה עשוי למשוך אנשים לתעשייה (גם כימית).

חלק מהנשאלים הדגישו כי לקשר בין האקדמיה לתעשייה יש חשיבות בעתיד התעשייה הכימית של ישראל וחייבים לחזק קשר זה, בפרט בנושא העברת הטכנולוגיה מהאקדמיה לתעשייה. כאשר נוצר ידע ברמה האקדמית, שראוי ליישמו בתעשייה, תפקיד האוניברסיטה לפעול ליישומו. אנשי הצוות מבהירים שהמוסדות האקדמיים צריכים להבין שלמדע הבסיסי יכולה להיות תרומה חברתית והוא צריך לשרת את כולם. ניתן לשתף פעולה בכך שהתעשייה תדאג להשגת משאבים למלגות והאקדמיה תכשיר אנשים איכותיים ומתאימים לתעשייה. הקשר הזה הוא חיוני ודוגמאות לכך קיימות למכביר.

כך למשל גרמניה הגיעה לשגשוג תעשייתי בזכות הבנה ברורה כי קשר טוב בין האקדמיה לתעשייה יניב פיתוח ותנופה. כך גם בארה"ב קיימת הבנה בנושא. לפיכך המלצתנו היא לעודד חילופי "תעשייה-אקדמיה". הכוונה להוביל לכך שאנשי אקדמיה יצאו גם לשבתונים בתעשייה, ואנשי תעשייה ישהו תקופות קצרות במעבדות מחקר בארץ ובעולם ויהיו מעורבים במחקר.

במבט לאחור, מבחינה היסטורית, עולה כי הממציאים הגדולים לא היו בוגרי אוניברסיטאות. במשך כ- 30 השנים האחרונות החדשנות באה ממעבדות מחקר של תעשיות שינקו רעיונות מהאקדמיה. כיום, החברות משקיעות פחות בפיתוחים חדישים ועושות פחות מחקר, לכן חייב להיות קשר עם האקדמיה. הכוח המניע יהיה חברות היי-טק שמוקמות על ידי פרופסורים (השאיפה של חברי הסגל להרוויח תעודת זאת). הרעיון הוא לחזק את הקשר עם הזמן, ולהוביל לכך שמהאוניברסיטה תגיע החדשנות, בעיקר לאור העובדה שההשקעות בתעשייה במחקר ירדו מאד. הדבר ללא ספק יוביל לתנופה מחודשת של התעשייה. בהתאם לכך ציינו הנשאלים כי יש חשיבות בקיום ימי עיון משותפים לאקדמיה ולתעשייה.

בנושא נשים במדעים ובכימיה, באקדמיה ובתעשייה עלה כי הפערים בין נשים וגברים מתחזקים אחרי לימודי הדוקטורט. נשים ממעטות לצאת ללימודי פוסט דוקטורט בחו"ל או מסתפקות ב- second best. האפליה בין נשים לגברים אמנם מודעת אך היא מובנית בחברה ובתרבות שלנו.

הבעיה מתחילה בתיכון, כאשר היועצות שברובן לא למדו מדעים לא מעודדות תלמידות לבחור בלימודי מדעים. אולם, כיום עם המודעות הגוברת לשוויון הזדמנויות, בלימודים לתואר ראשון בכימיה והנדסה כימיה בטכניון למשל, קיים שוויון בין נשים וגברים. למרות הצלחת נשים מסוימות באקדמיה דוגמת פרופ' רות ארנון או פרופ' עדה יונת, ממכון ויצמן למדע או בתעשייה כדוגמת מקסין פסברג – מנכ"לית מפעל היצור בקרית גת וסגנית נשיא אינטל העולמית, מרבית הנשים עדיין לא מקודמות באותו אופן בו מקודמים גברים.

למשל: במכון ויצמן אין חברות סגל בפקולטה לפיזיקה, ובפקולטה לכימיה יש רק כ-5% פרופסוריות ו-10% פרופסוריות בפקולטה לביולוגיה. בטכניון, יש כיום שתי חברות סגל בפקולטה לכימיה מתוך 28 חברי סגל. נעשו מאמצים רבים להשיג להן מכשור יקר עם הגעתן לטכניון והן הקימו מעבדות מחקר מתקדמות בתחום מצב מוצק וכימיה אורגנית. באוניברסיטה העברית יש העדפה מתקנת לנשים, כולל מימון בשלב הפוסט, ועידודן על ידי תמיכה תקציבית ליציאה לפוסט. אם זאת מספרן בפקולטה לכימיה מועט. מכאן שיש חשיבות לעודד נשים ולפתוח תקנים חדשים ייעודיים. במטרה לעודד שילוב הן של נשים והן של גברים בתארים מתקדמים בכימיה, הוציאו בטכניון חוברות המתעדות את סיפורם של חלק מבוגרי הפקולטה לכימיה שהשתלבו בשנים האחרונות בתעשיית ההיי-טק בתחומי המיקרו אלקטרוניקה, תהליכי שטח, ביוטכנולוגיה, תרופות ומכשור רפואי.

ניתן לסכם את ממצאי הצוות כדלקמן:

- 1. התופעה:** כ-10% מהנבחנים בבחינות בגרות בכל שנתון ניגשים לבחינת בגרות בכימיה. **ההמלצה:** להגדיל את מספר הלומדים בכל שכבת גיל החל מחטיבת הביניים ועקב כך גם את הבוחרים ללמוד כימיה ברמה מורחבת ואת מספר הנבחנים בבחינות הבגרות בכימיה. **פתרון:** הידוק הקשרים בין בתי הספר התיכוניים לבין התעשייה הכימית והאקדמיה על מנת לשפר את רלוונטיות המקצוע ואת רמת המוטיבציה בקרב התלמידים והמורים.

יישום: קישור בית הספר עם מפעל כימי בסביבה הקרובה, או עם מחלקה באוניברסיטה קרובה. יצירת יוזמות מקומיות ויצירתיות שיאפשרו לשלב מפעלים וחוקרים בבתי ספר¹.

2. התופעה: מצב רעוע של מעבדות במרבית בתי הספר, כתוצאה מהעדר תקציבים ומהזנחת המעבדות לאחר שנים בהן לימודי המעבדה בכימיה לא היו לימודי חובה.

ההמלצה: להגדיל את התקציב הניתן על ידי משרד החינוך לפיתוח מעבדות על ידי תקצוב גם ממשד המדע ותרומות מהתעשייה.

פתרון: השקעה בציוד מתקדם ובפיתוח המעבדות כדי לאפשר לתלמידים בכל בתי הספר – גם בפריפריה – שילוב של יחידת המעבדה וניסויי החקר בתכנית הלימודים.

יישום: העברת תקציבים המיועדים לפיתוח ולשדרוג מעבדות לכימיה. עלות מעבדה כימית לתיכון נעה בין 100-200 אלף שקל. בהתאם, המלצת הצוות היא לבחון את המעבדות בבתי הספר התיכוניים בארץ בשלב ראשון, ובחטיבות הביניים בשלב שני. יש לבדוק את החסרים ובהתאם לכך לתקצב כל מעבדה לגופה, שכן ישנן מעבדות קיימות שרק דורשות שדרוג, בעלויות נמוכות יותר.

3. התופעה: תהליך של שילוב מעבדות חקר ומעבדות חקר ממוחשבות בבתי ספר תיכוניים בהם לומדים כימיה בישראל. בארבע השנים האחרונות משרד החינוך תומך בבתי הספר אשר שילבו מעבדה ממוחשבת כיחידת לימוד חמישית לבגרות ברכישת ערכות של חיישנים ומולטי לוגים (אוגרי נתונים). התמיכה היא בצורה של "תקצוב תואם" - matching. כל בית ספר שהשקיע 10,000 שקל ברכישת שתי ערכות קיבל תמיכה זהה מהמשרד. עד כה הושקעו 500,000 שקלים בכ-70 בתי ספר, בעוד שכיום לומדים כימיה בכ-600 בתי ספר.

ההמלצה: לתקצב בתי ספר שאינם יכולים לרכוש ערכות (במועצות בגירעון) ולהגדיל את התקצוב התואם הניתן לארבע ערכות בכתות גדולות.

פתרון: הטמעת המעבדות הממוחשבות בבתי הספר שטרם דרשו סיוע ממשרד החינוך להטמעת המערכות והגדלת מספר הערכות בבתי ספר בהם מספר לומדי הכימיה גדול.

יישום: הנהלת משרד החינוך תוציא מכתב למנהלי בתי הספר המעודד אותם להטמיע את מעבדות החקר והמעבדות הממוחשבות ותגדיל את התקצוב המיועד לכל בית ספר לרכישה זו.

4. התופעה: בישראל אין עידוד מספיק של הנוער ללימודי מדע בכלל וכימיה בפרט. בבתי ספר רבים צומצמו בשנים האחרונות שעות ההוראה בכימיה עקב הקטנת שעות למעבדה או צמצום הבחירה לתלמידים.

ההמלצה: להגדיל את מספר השעות המיועדות לבתי הספר ללימודי המדעים. לתגמל את מורי הכימיה המשתלמים בתכניות הלימודים החדשות.

¹ קיימת דוגמה כזו המיושמת בפעילות המיזם לתלמידים המתמחים בכימיה בראשותה של ד"ר מירי קסנר, מכון ויצמן למדע.

פתרון: הגדלת התקצוב של המשרד בשעות הוראה בכימיה. חיזוק פעילויות "נוער שוחר מדע", תחרויות כדוגמת הכימאדה, פעילויות ייחודיות לתלמידים כגון: ארכימדס, טבע + פר"ח, או צמ"ד, והשתלמויות למורים באוניברסיטאות, מוזיאונים למדע ובמרכזי מבקרים בתעשייה.

יישום: משרד החינוך יתקצב שעות הוראה ייעודיות למעבדה ויעודד נוער לכיווני מדע באמצעות החברה למתנ"סים, תנועות הנוער, מוזיאונים, הרצאות העשרה על ידי מומחים מהתעשייה או מהאקדמיה וכדומה.

5. התופעה: מדע הכימיה עדיין אינו נתפש בחברה הישראלית ובמערכת החינוך כעולם יצירתי, עתיר חידושים ומקורי. חסרות תוכניות לימודים לגילאים הצעירים מגני הילדים ובתי הספר היסודיים. עם זאת חשוב לציין כי התוכנית החדשה בכימיה לבתי הספר התיכוניים נכתבה ברוח חדשנית מתוך מחשבה ואמונה שכימיה מצויה בכל העולם הסובב אותנו ובגופנו ושתעשיות מתקדמות רבות במדינה ובעולם מבוססות על ידע כימי מעמיק וחדשני.

ההמלצה: להגדיל את מודעות המורים למדעים ביסודי ובחטיבות הביניים לקשר בין הכימיה והעולם הסובב אותנו על ידי השתלמויות וימי העשרה.

פתרון: פיתוח ויישום תוכניות העשרה ויצירה בכימיה כבר בגילאים הצעירים. בנית תוכניות לימודים המתאימות לגילאים הללו, תוך עידוד גננות ומורות מדעים מהיסודי להשתלם בתחומי הכימיה, כדי שיציגו ניסויים בשילוב הסברים מדעיים נכונים. ניתן להפגיש ילדים צעירים בפעילויות משותפות עם תלמידי מגמות הכימיה בתיכון. הילדים הצעירים יראו בבוגרים מודל לחיקוי והגדולים ייהנו ללמד, ויבינו טוב יותר תוך כדי ההוראה את הנושא. זו במטרה ליצור קהילייה לומדת בתחום המדע.

חשוב להדגיש כי כיום יש מספר צוותי פיתוח שעובדים על כתיבה ויישום תכנית הלימודים בתיכון. במקביל יחידת המעבדה המהווה את היחידה החמישית כבר מיושמת הן בהוראה והן בהערכה וזוכה להדים חיוביים הן מהמורים והן מהתלמידים.

יישום: להמשיך בהטמעת התוכניות החדשניות והיצירתיות בצורה אינטנסיבית יותר שתכלול את כל בתי הספר אשר לומדים כימיה. לערוך השתלמויות לגננות ולמורי בתי הספר היסודיים וחטיבות הביניים בנושאי כימיה חדשניים.

6. התופעה: מחסור בהנדסאים לכימיה בגלל סגירת מגמות הנדסאים לכימיה, סגירת המגמות נבעה מכך שנוצר רושם שיש יותר מדי לומדי כימיה, ובגלל שלא הייתה הגדרה ברורה של מקצועות חסרים בתחום סגרו באופן שרירותי דווקא את מגמות ההנדסאים לכימיה. בדעבד מתברר שיייתכן ויהיה מחסור באנשים אלו בעתיד.

פתרון: הגדרת צורך עתידי של עובדים לכימיה. הגדרת התחומים להם תזדקק התעשייה הכימית כבר היום. **יישום:** משרד התמ"ת יעביר שאלון מקיף בתעשיות הכימיה ובחברות המעסיקות הנדסאים לכימיה, הבוחן צרכים אמיתיים של התעשייה. השאלון ינותח ויועבר לאוניברסיטאות ו/או למכללות שייערכו בהתאם.

7. התופעה: החיבור בין התעשייה לאקדמיה כמעט ולא קיים. כתוצאה מכך שני הצדדים אינם מפרים זה את זה. בראיונות עם התעשיינים נאמר שיש קיצוץ משמעותי במחקר ושהתעשייה המסורתית מתאבנת.

המלצה: הקמת פורום שישלב גורמים באקדמיה, בתעשייה ובמערכת החינוך.

פתרון: הקמת פורום שייפגש מספר פעמים בשנה (כפי שיחליט) על מנת לדון, להתייעץ ולתכנן מחקרים משותפים.

יישום: משרד התמ"ת או המדע יוציא קול קורא להקמת הפורום ויתקצב פורום זה.

8. התופעה: בישראל כיום לא חייבים כלל תלמידי התיכון החל מכתה י' ללמוד מדעים (לא נכנסה עדין לתוקף חובת לימודי מדע). כיום קיימות הקלות לתלמידים בנושא לימודי מדעים. אם בעתיד תלמיד כתה י' המתעניין במדע ילמד רק 2 מקצועות מדעיים מתוך 3, קיים חשש שהתלמידים יעדיפו לוותר על כימיה (כי לא נחשפו אליה מוקדם).

ההמלצה: להגדיל את מספר השעות המיועדות לבתי הספר ללימודי הכימיה החל מכתה ט'. לעודד את הלומדים כימיה בהיקף מוגבר על ידי הגדלת הבונוס שהם מקבלים באוניברסיטאות ובטכניון והשוואתו לזה הניתן ללומדי פיזיקה.

פתרון: הגדלת התקצוב של המשרד בשעות הוראה בכימיה. מעקב של הפיקוח וההדרכה המחוזית אחר המתרחש בבתי הספר. באותם מקרים בהם אין מלמדים כימיה כלל, יש לבחון את הנסיבות ולסייע אם במשאבים ואם בכוח הוראה מתאים.

יישום: פניה של משרד החינוך אל המנהלים שלהם אחריות על הנלמד בבית הספר ומעקב שוטף אחר הנעשה בבתי הספר בנושא המדעים.

9. התופעה: תדמית עולם הכימיה בקהל הרחב ובקרב ילדים ונוער הינה של הכימיה הקלאסית המזהמת. על אף העובדה שילדים עושים ניסויים ומוצרים "שהם כימיה", הם לא מכנים זאת כימיה.

המלצה: הטמעת מושג הכימיה כבר בגיל צעיר כמושג מדעי, יצירתי המתחבר כמעט לכל מוצר ופיתוח: תעשייה, מזון, מחשוב, תרופות, ספורט, ביגוד ואומנות.

יישום: הידוק הקשר של המחנכים עם התעשייה באמצעות סיורים למורים. השקעה בעובדי ההוראה ובקירוב שלהם לתעשייה, כדי שישקיעו בתלמידים. הידוק הקשר ייעשה בעזרת הפיקוח על הוראת המקצוע. בתי ספר שקרובים לאזורי תעשייה כימית ואקדמיה יקבלו עידוד לבחור בפרויקטים עם דגשים כימיים.

חשוב לציין כי בתיכון הדגש בתכנית החדשה הוא על הכימיה כתחום יצירתי באמצעות יחידות לימוד חדשות (הנכתבות כעת) בהדגשים על אוריינות כימית. נושאים לדוגמא הם: גוף האדם, מזון, סביבה וננו חומרים.

התכניות מעודדות יצירת קשרים עם תעשיות כימיות קלאסיות כגון מפעלי ים המלח וחיפה כימיקאליים ומפעלי היי-טק כגון אינטל. כמו כן יש מקום לעודד בניית מרכזי מבקרים ופיילוטים קטנים וידידותיים, שייסקרנו ילדים, במפעלי תעשייה כך שהביקור בתעשייה יהיה ידידותי ומושך יותר לתלמידים. יש לשווק את הכימיה במושגים של כימיה חדשנית ולא הכימיה הקלאסית דווקא, יש להראות את היופי שבכימיה (לשווק את הכימיה נכון). הקריאה לנושא היצירתי יכולה לבוא מהתמ"ת ובשיתוף עם התעשייה.

ניתן לסכם כי עיקר הפתרונות שהוצגו על ידי צוות החינוך הם:

- לשווק את המקצוע לבני הנוער בכל דרך אפשרית ולהדגיש כי לתעשייה הכימית תדמית מחודשת של תעשיית היי-טק המשלבת תעשיות קיימות וחדשות עם פוטנציאל תעסוקה אדיר;
- ליישם תכניות לימודים חדשות בבתי ספר בכל שכבות הגיל תוך שימת דגש על חשיבות הכימיה בחיי יומיום ועל כיווני תעשייה ומחקר עדכניים;
- תגמול מורי הכימיה על השקעת זמן בעדכון ידע והשתלמויות ארוכות-טווח ועל פיצול כתות במעבדה, לשם עידוד התפתחותם המקצועית והעלאת רמתם;
- שיפור אמצעי ההוראה תוך יצירת מדיניות השקעה המקבילה למדיניות הלאומית בתעשייה.
- שיפור הדיאלוג בין האקדמיה, התעשייה ובתי הספר במטרה לקדם את המחקר, התוצר הלאומי ואת בנית דור העתיד שימשיך ליצור ולפתח את מדעי הכימיה.
- יעוד כספים למלגות יוקרתיות עבור נשים היוצאות ללימודי פוסט-דוקטורט בחו"ל או שבות לאקדמיה ולתעשייה, הן במדעי הכימיה והן בתחום הוראת הכימיה, במטרה להעלות את אחוזן בצמרת האקדמיה והתעשייה (שבירת "תקרת הזכוכית").

אפילוג

אין ספק כי מערכת החינוך, כבר בשלביה המוקדמים, נחשבת קריטית בתהליך הובלת מדעי הכימיה לאקדמיה ומאוחר יותר לתעשייה. ללא הבניית תוכנית מושכלת ושיתוף פעולה כולל בין מערכת החינוך, האקדמיה, משרד התמ"ת והתעשייה, יש חשש שהתעשייה הכימית תאבד מעוצמתה ועתידה בישראל מוטל בספק.

כיוונים טכנולוגיים חדשים (תקציר)

א. מבוא כללי

הסביבה הטכנולוגית, העסקית, החברתית והפוליטית בארץ ובעולם עוברת דינאמיקה של שינויים המתרחשים במהירות גדלה והולכת. שינויים אלה יוצרים אמנם פלטפורמות והזדמנויות עסקיות חדשות ובעלות פוטנציאל, אך יוצרים גם חסמים חדשים של אי ודאות הנובעת מקשיי חיזוי והערכה.

שעה שבאנו לנפות ולבחור תחומים טכנולוגיים חדשניים המסתמנים בשטח הכימיה בהם ראוי לתמוך בבניית תשתית במימון ציבורי (מכוח היותם בעלי פוטנציאל לצמיחה ולתשואה מרבית), היבחנו במספר שינויים גלובאליים קריטיים אשר ישפיעו ויעצבו את פני הכלכלה והתעשייה הכימית בעולם ובארץ ויתוו את צמיחתה בעתיד, ובהם יש להתחשב בעת בחירת התחומים:

[1] ירידה כלל עולמית ניכרת במספר המועסקים בייצור וכן קיטון בשיעור התרומה של הפעילות היצרנית לערך המוסף. מאידך גיסא - עליה בשיעור התרומה של מרכיב השירותים ובמיוחד מרכיב הידע בשרשרת יצירת הערך ומעבר מובחן למה שמכונה "כלכלת ידע".

[2] צמיחה בהיקפם ובערכם של נכסים אינטלקטואליים כמרכיב בשווי חברות תעשייתיות.

[3] מודעות ציבורית, פוליטית ועסקית גדלה והולכת לכימיה ירוקה ולנושאי סביבה בכלל.

[4] מיקוד של חברות הכימיה הגדולות במוצרים ובמתן פתרונות ללקוח ולאווך דווקא בתהליכי ייצור (כפי שהיה בעבר).

[5] ירידה משמעותית של עלות ההון.

[6] עליה בתוחלת החיים הממוצעת ועימה בצריכת תרופות ומוצרי הבריאות למיניהם.

[7] צמיחתן המהירה של הכלכלות במזרח אסיה, בעיקר סין והודו, ומעבר של השקעות בייצור ופעילות יצרנית בתחומים שונים מאירופה ומצפון אמריקה לסין ולהודו. התפתחות "העולם השטוח".

ב. בחירת התחומים

לאור האמור לעיל, השיקולים שעמדו בפני הועדה לבחירה ולסינון כיוונים טכנולוגיים חדשים, היו כדלקמן:

[1] הטכנולוגיות שתיבחרנה לביחנה חייבות להיות בעלות מרכיב ידע מהותי ולא עתירות כוח אדם, או נסמכות על חומרי גלם יקרים. כחלק מקידום הטכנולוגיות החדשות יש לבחון ולנסות למנף גם את מרכיבי השירות ללקוח הנחוצים לטכנולוגיה.

[2] בכל טכנולוגיה שתיבחר יש לדון ולשקול גם ב/את השיטות והיכולות בשטח השיווק, ואת צינורות ההפצה העומדים לרשות החברות הישראליות, על מנת לאתר את אלה בהן יש לנו יתרונות יחסיים.

[3] הטכנולוגיות החדשות תיבחרנה גם על רקע מידת קלות היכולת להעביר את מרכיב הייצור בהן, לידי גוף שלישי. עדיפות תינתן לטכנולוגיות בהן מרכיב הייצור אינו מרכזי בשרשרת יצירת הערך.

[4] מטבע הדברים תועדפנה טכנולוגיות בהן קיים יתרון יחסי למדע ולטכנולוגיה הישראלית בשל הימצאותם בארץ של פלטפורמות, ידע וניסיון קודמים.

[5] רצוי להתרחק מנושאים ותחומים המעסיקים את החברות הרב-לאומיות הגדולות, ולבחון דווקא טכנולוגיות ומוצרי "נישה" ספציפיים. "במסגרת מדיניות זו לא מצאנו לנכון לדון במוצרי בסיס (קומודיטי) כימיים דוגמת פטרו-כימיקלים בסיסיים, כולל אף טכנולוגיות חדשניות לייצורם".

לאור ההתמקדות הנ"ל הועדה לא התייחסה לתחומים הבאים (על פי סדר אקראי):

ברשימה להלן מדובר בחומרי גלם לענפים השונים ולא בפורמולציות (תכשירים) כפי שיתואר להלן.

פטרוכימיה ופטרו-כימיקלים בסיסיים

אגרו-כימיקלים ודשנים

חומרי הדברה

כימיקלים אי אורגנים בסיסיים

דבקים

ציפויים

רכיבי מזון ונוטרצבטיקלס

תרופות וטרינריות

תוספי מזון לבעלי חיים

כימיקלים לתעשיית הרכב

צבעים ופיגמנטים

כימיקלים לטיפול במים

מתכות

כימיקלים לטיפול במתכות

כימיקלים לתעשיית הבניה

ממסים

כימיקלים ותוספים לתעשיות הפלסטיקה

כימיקלים לתעשיות ניר ועור

לובריקנטים (חומרי סיכה)

דטרגנטים

סורפקטנטים (חומרים פעילי שטח)

חומרי נפץ והדף

סולבנטים (ממסים)

פולימרים וחומרים פלסטיים

גומי ואלסטומרים

גזים תעשייתיים ורפואיים

פפטידים, פרוטאינים, אנזימים

קטליזאטורים הטרוגניים והומוגניים

מוצרי פחמן

קרמיקה

כימיה גרעינית.

שבעת התחומים בהם בחרה הועדה להתמקד הם כדלקמן:

- [1] ננוטכנולוגיה וביו-ננוטכנולוגיה
- [2] פרמצבטיקה וביו-פרמצבטיקה
- [3] בטחון פנים (Homeland Security, HLS)
- [4] טכנולוגיות סביבה
- [5] פורמולציות ומערכות הסעה
- [6] סינתזה של חומרי ביניים לתרופות ולחומרים מתקדמים
- [7] אנרגיה מתחדשת.

תחומים אלה נבחרו בשל היותם מצטיינים (במידות שונות) בפוטנציאל צמיחה גבוה, במרכיב ידע מרכזי ובאי תלות בולטת במיוחד בהון, באמצעי ייצור יקרים או בכוח אדם. כמו כן מתאפיינים תחומים אלה בהתאמה וחפיפה ליכולות מדעיות וטכנולוגיות הקיימות בישראל, ובערך מוסף גבוה במיוחד.

בסקירת התחומים החדשים נדרשנו ראשית כל להעריך מהו הפוטנציאל הטמון בהם מבחינת היקפי שוק הצפויים בעולם (בשנת 2025), והפלה שתוכל התעשייה הישראלית לנגוס בו; וכן להעריך מהן השקעות התשתית הנחוצות לשם כך.

בדרך אקסטרפולציה הגענו למסקנה כי שוק התרופות העולמי עשוי לצמוח ל-1.2 טריליון דולר בשנה, מתוכו תוכל התעשייה הישראלית לנגוס כ-24 ביליון דולר בהשקעות תשתית המוערכות בביליון דולר. נתח הביוטכנולוגיה בישראל מתוך זה שליש או 8 ביליון \$. רק נתח זה יוכנס בחישוב הגידול בטכנולוגיות החדשות. שוק טכנולוגיות הסביבה העולמי (ללא שירותים) יגיע לחצי טריליון דולר ובו ישראל יכולה להתרחב לפעילות של עד 5 ביליון דולר בהשקעת תשתית הנאמדת בחצי ביליון. שוק עולמי דומה צפינו לננוטכנולוגיה על כל היבטיה, עם פוטנציאל שוק לישראל של 10 ביליון דולר, אם כי ההשקעה הנחוצה בתשתית גבוהה יחסית ומגיעה ל-3 ביליון דולר.

לשוק האנרגיה העולמי חזינו (באקסטרפולציה) צמיחה לטריליון וחצי דולר ב-2020 ופוטנציאל מכירות חדשות לישראל של 5 ביליון דולר. לשוק בטחון פנים שוק עולמי של 300 ביליון ופלה לישראל של 9 ביליון.

בשני תחומים אלה לא הצלחנו להעריך את השקעות התשתית הנדרשות. הערכנו כי התחום של סינתזת חומרי ביניים ותחום הפורמולציות כלולים כבר ברובם בענף הפרמצבטיקה, ולפיכך לא אמדנו בנפרד את היקפיהם והפוטנציאל לישראל.

פירוט ההערכות המלא מופיע בטבלה הבאה:

טבלה: טכנולוגיות חדשות - הפוטנציאל שלהן בעולם ובארץ (במיליארדי \$) בשנת 2025

טכנולוגיה	מחזור צפוי בעולם \$ Bill.	פוטנציאל בארץ \$ Bill.	AV אפשרי בארץ \$ Bill.	% הייצור הכימי	AV של ייצור כימי \$ bill.	AV של ייצור כימי NIS bill.
פרמה וביופרמה	1200 כולל	24 ; מזה "ביו" 8	4.4	100	4.4	19.8
אנרגיה	1500 כולל	15 מזה חדש 5	2.8	66	1.8	8.1
סביבה (סנסורים)	500 חדש	5	2.8	66	1.8	8.1
בטחון פנים (HLS)	300 "	9	5.0	33	1.7	7.7
ננוטכנולוגיה	500 "	10	5.5	33	1.8	8.1
ס"ה	3500	37	20.5		11.5	51.8

תמצית הדוחות הפרטניים מובאת להלן, כפי שנכתבו בידי חברי הועדה ומומחים נוספים (הפרקים המלאים בדו"ח המלא).

ג. תמצית ממצאי, דוחות ומסקנות הועדה

1. תחום ננוטכנולוגיה וננוביוטכנולוגיה

הועדה הגדירה את גבולות התחום הרב מימדי הזה, ומיינה 27 תתי-ענפים בהם ניתן לאפיין מוצרים הנגזרים מננוטכנולוגיה. בין השאר נמנו פולימרים מרוכבים, תאים סולריים, תאי זיכרון, דיסקים קשיחים, נושאי תרופות בסוספנסיות, מסכי מחשב וטלביזיה, חמרים אורטופדים, סמנים ביולוגיים, ציפויים, חמרי סיכה, חמרים ביו-מגנטיים, מדיה להדמיה, מתכות בעלות מבנה ננו, חיישנים, קטליזטורים, תוספים מסננים, פוספורים, אטמים ע"י נוזלים מגנטיים, סיבים אופטיים, ממברנות קראמיות, חומרי דחף ונפץ, מבנים קראמיים, ננו כבלים.

הועדה סקרה את השוק העולמי הצפוי לנ"ל על פי אומדנים שפורסמו בידי גופים שונים (הוזכר אומדן להיקף שוק של 1.7 טריליון דולר בשנת 2006), וכן את היקפי ההשקעות בתחום (השקעות גלובאליות

בשנת 2003 בהיקף של 5.5 ביליון דולר, מתוכם 1.6 ביליון ביפן וסכום דומה בארה"ב). עפ"י nanowire-2004 נימנו בארה"ב 504 חברות העוסקות בטכנולוגיית ננו, בגרמניה 79, בבריטניה ויפן 45 חברות כל אחת, בקנדה 37 בשווייץ 32 חברות. בישראל נימנו 29 חברות (!) - מספר גדול יותר מאשר בצרפת (12), קוריאה (16), סין (18) וטייוואן (13).

מספר חברי הסגל במוסדות מחקר אקדמיים העוסקים במחקר בתחום הננוטכנולוגיה הוא 147 (!) - נתון מפתיע המצביע על פוטנציאל רב. עם זאת יש לציין את הסכומים הגדולים שכבר השקיעה המדינה במחקר ננוטכנולוגי באוניברסיטאות בארץ, שהגיע במצטבר ל 130 מיליון דולר. נציין גם את תאגיד NFM בתחומי הננו-חלקיקים – התאגדות של 13 חברות ישראליות בשילוב עם מוסדות אקדמיים, במימון תוכנית מגנט של המדען הראשי במשרד התמ"ס.

המלצת הסיכום של הוועדה היא להתמקד בתחומים בשני כיוונים מרכזיים בטכנולוגיות הננו:

ברפואיים: סמנים מולקולאריים לדיאגנוסטיקה מתקדמת, מתקני ננו להחדרת תרופות אנטי-סרטניות ישירות לתאים הסרטניים, שחרור איטי ומבוקר של תרופות פורמולציות ננו וננו-קפסולות, ומעבדה על שבב.

בתחומים הלא רפואיים ממליץ הדו"ח להמשיך ולעסוק בצינוריות פחמן, ננו-נשאים לחומרי טעם וריח, ופיתוח חיישנים וציפויים עמידים (קראמיים ופולימריים).

משיקולים של חוסר תשתית הוועדה ממליצה שלא לעסוק בנקודות ננו, בחוטי ננו, בננופוספורים ובננו-רובטים.

2. תחום הפרמצבטיקה

במשך 10 השנים האחרונות, תעשיית התרופות העולמית ממשיכה לצמוח בקצב של 9-10% לשנה והיא מתקרבת להיקף שוק שנתי עולמי של 600 ביליון דולר, עם רווח נקי של כ-10% והשקעות במו"פ באותו שיעור. השוק המרכזי הוא השוק האמריקאי התופס כמחצית מכלל המכירות בעולם. משפחת התרופות המובילה בהיקפי המכירה היא בתרופות להורדת רמת הכולסטרול בדם.

התופעה הבולטת ביותר בפיתוח התרופות היא הירידה במספר התרופות החדשות המגיעות לשוק, זאת למרות שכלול השיטות לגילויים של חומרים פעילים חדשים (בכימיה קומבינטורית). בשנים האחרונות צמיחת השוק נמצאת בירידה, ואחת התוצאות מכך היא שהצמיחה מהירה יותר בשוק הגנרי, מאשר בשוק האתי.

לאחרונה, התדמית המוצקה של ענף הפרמצבטיקה החלה להתערער. האמון, כי תרופות שעברו מבחני FDA הינן בטוחות לשימוש, נחלש (תכשיר החיסון נגד שפעת של חברת CHIRON נמצא מזוהם

בחיידקים וייצורו הופסק; חברת MERCK הוציאה מהשוק את משכך הכאבים VIOXX, ששימוש ארוך טווח בו הגדיל את הסיכונים למחלות לב).

בנוסף, קיימת בשווקים אי-נחת בגלל מחירי התרופות הגבוהים בארצות המערב, וכן ויכוח ער בנושא התרופות הגנריות. כל אלה יצרו אווירה בלתי אוהדת לתדמית הענף.

שינויים אלה בדעת קהל הצרכנים גרמו למבוכה בתעשייה הפרמצבטית. חברות אשר התמחו בפיתוח "שוברי-קופות" (BLOCKBUSTERS) החלו לחפש נישות, ואילו חברות המפתחות תרופות אתיות החלו לגשש בכיוון החדרתן בפורמולציות חדשות, ובחומרים גנריים.

עם כל זאת, התעשייה הפרמצבטית, המבוססת על שוק יציב וגדל, ממשיכה לצמוח, על רקע הארכת אורך החיים הממוצע בכל ארצות העולם והגדלת המשקל הניתן לאיכות החיים.

במקביל, חזית המחקר הגנטי והביופרמצבטי פותחת כיוונים חדשים במחקר הרפואי המודרני, אשר יביאו בודאי לשימוש בשיטות ותרופות חדשות; בין השאר נציין את התחומים המתפתחים הבאים:

- ביולוגיה סטרוקטוראלית - להבנת ההיגיון המולקולארי,
- גנטיקה, גנומיקה ופרוטאומיקה - להכוונת התרופות,
- Metabolomics - לחיזוי יעילות ורעילות,
- הדמיה - לחיזוי קינטיקה ורעילות,
- ביואינפורמטיקה - לזיהוי מטרות חדשות,
- ננוטכנולוגיה - לשחרור מכוון של תרופות,
- פיתוח תרופות לטיפול אינדיבידואלי על בסיס הפרופיל גנטי של המטופל.

כיוונים אלה הבנויים על פלטפורמות ביוטכנולוגיות, יצרו ריחוק ובידול מהתעשייה הפרמצבטית המסורתית, מבוססת הכימיה. למעשה הביופרמצבטיקה מתפתחת כתחום התמחות נפרד וכמעט בלתי תלוי בענף התרופות הכימיות. בשנת 2004 היה לראשונה מספר התרופות הביופרמצבטיות שאושרו על ידי ה FDA גדול יותר מאשר מספר התרופות שמקורן בסינתזה כימית.

לתעשייה הפרמצבטית הישראלית, ערך מוסף כפול מאשר לתעשייה הכימית הרגילה (40% לעומת 20%). ערך זה גדל בהתמדה אם כי הוא עדיין נמוך מהמקובל בעולם (50-70%). מחזור העסקים של תרופות המיוצרות בישראל הוא כיום כחמישית מכלל הפעילות של כלל התעשייה הכימית הישראלית. קצב הצמיחה של התעשייה הישראלית הזו מרשים מאד, אם כי היא בנויה כמעט רק על פעילות גנרית בלבד. מצב זה נתמך על תמונת השוק העולמי, לפיה הצמיחה העיקרית היא דווקא בתרופות גנריות (למעט יפן). המשך הצמיחה של הפרמצבטיקה הישראלית נראה מובטח, גם ללא המצאה מקורית של מולקולות חדשות אלא בשחזור של חומרים ידועים עם דגש על שינויים כימיים, פיזיקאליים, פורמולציות חדשות, שילובים ו"קוקטיילים" המקנים "מיתוג" חדש לתרופה ישנה ונותנים יתרון טכנולוגי מספק מול המתחרים.

לסיכום קובעת הועדה כי בהנחה שהפעילות הגנרית של החברות הישראליות המובילות (טבע, אגיס ותר) תימשך. התחום בו ראוייה ומתבקשת השקעה ממשלתית ניכרת הוא ענף התרופות הביופרמצבטיות המקוריות. שהוא התחום המספק כיום את מרבית התרופות החדשות, בו לישראל יש תשתית מדעית בעלת יתרון יחסי מובהק (אם כי חסר ידע טכנולוגי-הנדסי ויכולות בין-תחומיות, ואת אלה יש לפתח). הועדה ממליצה שלא לפעול בכיוון זה באמצעות חברות חממה ואף לא לעודד השקעות של הון סיכון בנושא. אין לצפות גם שהחברות הגנריות הישראליות ירימו את הכפפה לבדן. הדרך הראויה היא באמצעות השקעה ממשלתית ישירה (אולי בשיתוף עם החברות הגנריות דוגמת טבע) שתאפשר ראייה ארוכת טווח ובעלות ישראלית מלאה על פירות ההשקעה, ויבטיח פעילות ייצורית בישראל. כמו-כן הומלץ על אפשרות אינטגרציה של הטכנולוגיות הביופארמצבטיות לתוך ה"ביג-פארמה" הישראליות.

3. בתחום בטחון-פנים

על פי הערכות, שוק ה-HLS צומח במהירות במיוחד בשוק האמריקאי (כיום הוא כ-50 ביליון \$), והוא עשוי להגיע עד 100-170 ביליון דולר תוך כחמש שנים. לישראל יש בו יתרון מובהק, שכן היא המדינה היחידה בעולם שיש לה 56 שנות ניסיון בלוחמה בטרור... הצורך המתמיד לתת מענה ופתרונות לאיומי הטרור יצר תשתית של יכולות טכניות בשילוב ייחודי של ידע מבצעי וטכנולוגי. אנשים וחברות העוסקים בתחום זה בארץ מרושתים היטב עם לקוחות וצרכנים בעולם, ונהנים מיכולת פיתוח עסקים מהירה. נציין כי בניגוד לשוק הביטחוני הקונבנציונאלי הנשלט בידי חברות גדולות ומבוססות, שוק ה-HLS מתאים דווקא לחברות קטנות ובינוניות.

הועדה מציינת כי חלון הזדמנויות זה הוא קצר, ויש לפיכך לפעול במהירות בזיהוי צרכי השוק ובהתאמת טכנולוגיות ופתרונות קיימים וחדשים ובשיווקם.

זיהינו כ- 50 חברות ישראליות בתחום הכימיה והפרמצבטיקה הקרובות לנושאי HLS.

הועדה סקרה מספר פרויקטים שהגיעו לשלב של מוצר בתחום ה-HLS – בין השאר מכשיר לזיהוי חומרי נפץ מאולתרים, תכשיר נגד חיידק האנטרקס, זיהוי וירוסים באמצעות תילי ננו (nano wires), מכשיר לזיהוי חומרי ביו-טרור, מסנן ננו-מטרי לטיהור אויר מזוהם, חיסון נגד אבעבועות שחורות, מתקנים לנטרול גזי עצבים ואמצעי הגנה אישיים.

הועדה סימנה את התחום המבטיח של פיתוח גלאים רגישים ואמינים, כימיים וביולוגיים, ליישומי שדה (במיוחד גלאים ממוזערים לרמת הננו – Lab on a chip), לצורך גילוי וזיהוי של חומרים וגורמי סיכון אחרים ברמה הטקטית וברמה האסטרטגית.

תחום מעניין ובעל פוטנציאל הוא פתוח של מקורות אנרגיה ניידים בעלי צפיפות אנרגיה גבוהה (בטריות נטענות ותאי דלק ניידים לשימוש אישי).

תחום שלישי בעל פוטנציאל רב ותשתית מתאימה הוא פיתוח אמצעי מיגון מתקדמים אישיים וקולקטיביים, כולל לבוש מגן, מסננים פעילים לאוויר ומים וכן תרופות וחיסונים.

4. תחום טכנולוגיות סביבה

שוק טכנולוגיות הסביבה צומח בקצב מהיר לרגל מודעות גוברת והולכת של הציבור לזיהום הסביבתי המחמיר, לשינויי האקלים ולפגיעה הקשה בטבע באתרים שונים בעולם כתוצאה מהתיעוש המתפתח. עקרונות הכלכלה בת-קיימא הפכו לאבן פינה בכל תחומי הפעילות הכלכלית - תחבורה, אנרגיה, תעשייה וחקלאות. כך הציבו בנקי ההשקעות הגדולים בעולם מדדים של שמירת איכות סביבה כקריטריון בניתוח סיכונים, הבוחן רווחיות וכדאיות ההשקעה בחברות תעשייתיות, ובכך יצרו קשר ישיר בין מוצרים ותהליכים ירוקים ובין פוטנציאל כלכלי.

אפשר לסווג את סל המוצרים הסביבתיים תחת שלוש קטגוריות משנה:

ניהול משאבים סביבתיים - כל הקשור לניהול ואספקת משאבים סביבתיים כמו מים, חומרים

ממוחזרים ומשאבי טבע שונים לצורכי האדם, ובכלל זה משאבי טבע בסביבות עירוניות.

וויסות הזיהום - כל הקשור לתוצרי הפעילות האנושית הגורמת לזיהום סביבתי של אוויר, מים ושפכים, קרקע ומי תהום, פסולת מוצקה, רעש, חומרים מסוכנים ופסולות מסוכנות, ניטור סביבתי ומכשור, מינהל וניהול סביבתי במגזר הציבורי והפרטי.

מו"פ סביבתי: כל הקשור לפיתוח מוצרים המאפשרים פיתרון בעיות סביבתיות, החלפת משאבי טבע המידלדלים או נמצאים בסכנת הכחדה, הגנה על משאבי טבע הנדרשים לייצור ולאספקת מזון וניצולם בצורה מושכלת בת קיימא, הפחתת ו/או הפסקת הפגיעה בשכבת האוזון, מניעת התחממות כדור הארץ, והמחסור במים טובים.

נבחין אפוא בין:

[1] ניהול פליטות וזיהום (Pollution Management) – מוצרים ושירותים: כל הפעילויות הקשורות בתוצרי הלוואי של הפעילות האנושית (בעיקר התעשייתית) לסוגיה הגורמת לזיהום של אוויר, מים וקרקע. בין השאר טיפול במים ובשפכים, טיפול בפסולת מוצקה, טיפול בקרקעות מזוהמות וכן נושא הבקרה והניטור.

היקף הפעילות בתחום ניהול פליטות וזיהום תופס, על פי הערכות האיחוד האירופי, כשני שלישי משוק טכנולוגיות הסביבה.

[2] טכנולוגיות נקיות וניהול משאבים- מוצרים ותהליכים (Resources management): מחקר ופיתוח מוצרים המגינים על משאבי הטבע ועל הסביבה בכללה. בין השאר מניעת התחממות כדור הארץ ותהליך המידבור והמחסור במים, עצירת הפגיעה באוזון, ייעול תהליכי אספקת מזון ותהליכי ייצורו. ניהול משאבים: כל הקשור לניהול ואספקת משאבים סביבתיים דוגמת מים, מחצבים, חומרים ממוחזרים ומקורות אנרגיה. היקף הפעילות בנושא זה הוא כשליש מהשוק.

הסעיף הראשון עוסק בבעיות ובנושאים ממוקדים וספציפיים יותר ומטבעו מתאים ליוזמה של חברות ישראליות.

בפילוח מפורט יותר כולל ענף טכנולוגיות הסביבה את התחומים הבאים:

ייצור אנרגיה נקייה ואנרגיה מתחדשת.

ניטור, בקרה וטיפול בזיהום אויר.

הפקת מים, אספקתם, טיהורם ומחזורם.

טיפול מתקדם בפסולת עירונית ובפסולת תעשייתית.

טיהור ושיחזור קרקעות מזוהמות.

תהליכי מחזור של חומרים פלסטיים וגומי (צמיגים), נייר, אלומיניום, פלדה וזכוכית.

חקלאות ויערנות בני קיימא.

פיתוח חומרי חיטוי והדברה ירוקים, וכן תחליפים לחומרי הדברה כימיים, דוגמת חומרי הדברה ביולוגיים (ביופסטיצידים).

השוק הסביבתי העולמי נאמד (בסקר של האיחוד האירופי) ב- 575 ביליון דולר לשנה, והוא צומח שנתית ב- 5-8% במדינות המתפתחות (!) וכ-1-3% במדינות המפותחות. פילוח השוק הינו: כשני שלישי מהווים השירותים הסביבתיים וכשליש טכנולוגיות ומוצרים – רובם מוצרים עתירי טכנולוגיה.

בתחומים סביבתיים מסוימים צפויות קפיצות מדרגה בהיקף השוק. כך לדוגמא מתפתחים סביב "אמנת האקלים" ו"פרוטוקול קיוטו" מנגנוני סחר מגוונים שעניינם מניעה וצמצום פליטת גזי חממה הנוצרים כתוצאה משימוש בדלקים פוסיליים (מאובנים). כיום המחיר הממוצע של אגרת ההפחתה בארצות המפותחות עומד על \$4 לטון של פחמן דו חמצני. מחיר זה עשוי לעלות בעתיד עד \$25 לטון, וליצור בכך שוק מיידי של 250-400 ביליון\$, לשירותים ומוצרים בתחומי אנרגיות חלופיות והפחתת פליטות, ובתחומי ספיגה וקיבוע של פחמן דו חמצני.

שוק אדיר מימדים זה שיתפתח תוך שנים ספורות בלבד, פותח כר פעולה נרחב לטכנולוגיות חדשות, עתירות ידע ובעלות ערך מוסף גבוה.

בשוק הישראלי כ-600 חברות העוסקות בטכנולוגיות סביבתיות, ביניהן חברות יעוץ וניהול פרויקטים, ספקי מערכות ומכלולים וכן ספקי טכנולוגיות ייחודיות. פעילות החברות היא בתחומי אויר, מים ושפכים,

הקלאות וקרצע, פסולת ואנרגיה חלופית. רוב החברות עוסקות בפעילות (מתן שירותים) בשוק המקומי ואינן מוטות יצוא.

ישראל נמצאת במצב ייחודי בעולם – היא נהנית מפוטנציאל ויכולת יוצאת דופן ביצירת רעיונות טכנולוגיים/עסקיים מתקדמים וחדשניים אך סובלת משוק מקומי קטן מאד (אם כי מתוחכם ובררני). השקעות ציבוריות בתחומים חדשים בנושאי סביבה (כמו גם בנושאים אחרים) צריכות להתמקד לפיכך יותר בטכנולוגיות מוכוונות יצוא ופחות באלה הספציפיות לשוק המקומי. כמו כן צריך רוב המאמץ להיות מופנה ליזמות טכנולוגית בה הערך המוסף העיקרי נובע מידע וחדשנות ברי הגנה בפטנטים ולא מייצור סדרתי וממתן שירותים ותמיכת לקוחות. אין טעם לעסוק בקטע הייצורי עצמו, בודאי לא בענפים העוסקים במסות גדולות של חומרים (דוגמת מחזור חומרים וטיהור שפכים), אלא להסתפק ביצירה ומכירה של הידע ושירותי ההנדסה לפעולות אלה.

ראוי גם לנצל תשתית ידע מצוינת שיש בארץ בתחומי מדעי החיים והחקלאות וכן בתחומי האלקטרוניקה והתוכנה, ולמצוא תחומי חפיפה והשקה לענפי הסביבה הדורשים ידע ויכולות אינטרדיסציפלינריות (בינתחומיות).

בקטע הייצורי נמליץ גם על גישה של מציאת נישות טכנולוגיות, ולא השקעת מאמץ ואמצעים בתחומים הדורשים השקעות ענק כמו שירותים בתחום טיפולי שפכים, בהם עוסקות חברות רב-לאומיות דוגמת באייר או דו-פונט. בין השאר יש להימנע מנושאים עתירי הון ועתירי כוח אדם כגון מחזור נייר, פלסטיק, מתכות וחומרים אחרים, ספיגת גזי חממה ופיתוח מקורות מתחדשים לאנרגיה ולחומרי גלם פטרוכימיים. כאמור בכל הנושאים שנזכרו יש להתמקד בפיתוח ידע ולא לעסוק בתפעול השוטף. גם בנושאי ידע רצוי כמובן להתרכז בענפים בהם יש בארץ תשתית מדעית וטכנולוגית ובסיס ידע קיים, שיאפשר פיתוחים חדשים.

המלצתנו היא לפיכך להתמקד, ברמה הלאומית, בתחומים החדשניים הבאים:

[1] חישה, ניטור ובקרה: ענף זה הוא בעל חשיבות אוניברסאלית ותשתיתית וחוצה את כל הנושאים הסביבתיים שהוזכרו למעלה. הוא כולל דרישה ליכולות בתחומי האלקטרוניקה, אלקטרוכימיה, ביוכימיה, מיקרוביולוגיה (במיוחד לענף המרתק של ביו סנסורים לניטור וזיהוי באמצעות מיקרואורגניזמים ומולקולות ביולוגיות), וכן אלקטרו אופטיקה ותוכנה. הערך המוסף של מוצרי ניטור הוא גבוה יחסית ויש בו מרכיב ידע נכבד. בנוסף לכך תהליכי היצור הם נקיים ואינם עתירי הון. לאור זאת, זהו הענף היחיד בו נמליץ בפירוש לתמוך בבניית כל שרשרת יצירת הערך בארץ, כולל הייצור עצמו.

[2] ממברנות מתקדמות לאוסמוזה הפוכה ולתחומי הפרדה אחרים (פרוופורציה) אשר תיצורנה ערך מוסף לתהליכי מחזור.

[3] טיפולי שפכים תעשייתיים באמצעים ביולוגיים מתקדמים: פירוק מזהמים באמצעות מיקרו-אורגניזמים אנאירוביים, במניפולציות גנטיות של בקטריות פעילות-פוטוסינטיזה (Cyanobacteria) כפלטפורמה לפירוק מזהמים, וטיהור מתכות כבדות באמצעות צמחים ואצות.

[4] קטליזה מתקדמת בטיהור ופירוק שפכים, בפירוק ומחזור פלסטיק וגומי.

[5] פיתוח טכנולוגיות חדשניות של עלקול (אולטראסאונד) ומיקרוגל בפירוק וטיהור שפכים.

[6] טכנולוגיות סולאריות ופוטו-קטליטיות בטיהור שפכי תעשייה.

[7] שיטות מתקדמות לנטרול רעש המבוססות על חומרי בידוד מתקדמים.

[8] טכנולוגיות וביוטכנולוגיות להפקת אנרגיה משפכים חקלאיים, עירוניים ותעשייתיים (מימן, חשמל).

על פי הערכת הועדה, התחומים שנימנו יהיו כ-15%-10 מכלל שוק הטכנולוגיות הסביבתיות כיום ועשויים להגיע עד 20% בשנת 2025, כלומר למחזור מכירות שנתי של 150-180 ביליון דולר. בהנחה שחברות ישראליות מסוגלות לקחת נתח של כ-3% מהיקף זה, הרי שהפוטנציאל לישראל הוא כ-5 מיליארד דולר מכירות, פוטנציאל מבטיח ביותר הראוי לגיבוי ולעידוד.

5. תחום פורמולציות ומערכות הסעה

פורמולציות הן חומרים המורכבים מתערובת של רכיבים שונים שייעודם פונקציונאלי ומוגדר. החומרים אינם מגיבים זה עם זה, והתערובת היא שמקנה להם את השימושיות. פורמולציות יכולות להכיל כ-20 מרכיבים ויותר. חומרים אלה נמכרים על פי מטרת השימוש בהם, והם מכונים chemical specialties או specialty chemicals.

דוגמאות ל-Specialties/Formulations הם למשל דבקים וחומרי אטימה, חומרי הדברה, קוסמטיקה, דיו. אין כמעט תחום במשק או בחיינו הפרטיים שאין בו נגיעה לפורמולציות כלשהן. פורמולציה טיפוסית בנויה מהחומר הפעיל, רכיבים המפזרים את החומר הפעיל ומסייעים ליישומו, חומרים להגנת הפורמולציה מפגעי הזמן, וחומרי צבע, ריח וכו' התורמים למופע אסתטי של המוצר. התחום מגוון. ברור גם כי אין מאפייני תכשיר קוסמטי כדין אלו של דיו דיגיטאלי או שמן מנוע.

ב-2002 הסתכמו מכירות כימיקלים בארה"ב-458 ביליון \$; שוק ה-specialty chemicals באותה שנה בארה"ב הגיע ל-110 ביליון \$. השוק מוחזק ע"י חברות בינוניות רבות ולהן מחזור מכירות בן 50-500 מיליון \$ כל אחת. בארה"ב לבדה זוהו כ-200 חברות המתחרות בשוק זה.

• מאפייני השוק: על היצרן לשלוט בטכנולוגית השימוש במוצרו, לקיים מערך שיווק והפצה עד הצרכן הסופי, ולהיות מסוגל לפתח תוצרים באופן עצמאי. התחרות קשה, ומונעת לעיתים על ידי

שיקולים שאינם טכניים. במידה רבה השוק מקומי ומפוצל. מצויים בשוק יצרנים בלתי מקצועיים רבים. קל יחסית להעתיק פורמולציות, ויצרנים סובלים מזייפנים.

- מאפייני הייצור: עקרונית, מתקני הייצור פשוטים; בדרך כלל מערבליים, מייבשים, וכדו'. עם זאת, פורמולציות מודרניות הולכות ונעשות מורכבות יותר ויותר. את התגובה הכימית מחליף תחכום פיסיקלי. במקרים אלה יש חשיבות רבה לתהליך הייצור.
- מאפייני המו"פ: הידע בתחום אינו גלוי, והוא מושג לרוב בדרך של ניסוי וטעייה. פורמולציות נשענות על עקרונות התרמודינאמיקה של ערבוב, שיווי משקל של פאזות, תמיסות, כימיה של פני שטח, כוחות בין-מולקולאריים, קולואידים, אמולסיות (תחליבים) וסוספנסיות (תרחיפים). חלקם (אמולסיות, למשל) בהגדרה אינם יציבים. בגלל מאפיינים אלה פיתוח פורמולציה יכול להיות מורכב ומסובך, ודורש ניסיון מקצועי רב.

הגורמים שמניעים את עולם הפורמולציות וה-specialties הם:

- שיקולים של איכות סביבה ובטיחות משפיעים בכל התחומים ועל הימצאותם של תכשירים בשוק, החל באמלגם לסתימות שיניים, וכלה בחומרי הדברה. לעיתים חומרים נכנסים ויוצאים מהשוק רק בשל גורם זה.
- היצמדות לענפים אחרים: טכנולוגיות כימיות "רודפות" אחרי טכנולוגיות אחרות (לא כימיות) שפורצות דרך ומתמרצות חדשנות פורמולטורית שיהיה בה כדי לענות על הצרכים החדשים. לדוגמא, תחום הדיו הדיגיטאלי מזנק, במענה לצרכים של תעשיות המיקרו אלקטרוניקה והמחשבים.
- חזירת מוצרים קיימים לשווקים חדשים כתוצאה משינויים בבסיס הצרכנים בשווקים קיימים (למשל: שוק הגברים בתכשירי הקוסמטיקה) או שווקים חדשים (למשל – אסיה).
- דרישות צרכניות ואופנתיות – למשל תכשירי קוסמטיקה בעלי תכונות רפואיות, נטייה למוצרים טבעיים, תוספי מזון, תוספי בריאות.
- פיצול לגומחות – התאמות לשימוש הספציפי ביותר: דיו לאריזות, דבקים לשימוש רפואי.

בין הכיוונים בעלי הפוטנציאל לגרום שינוי משמעותי בטכנולוגיה של הפורמולטוריקה, המובילים בהן: ננו-טכנולוגיה, מיקרואנאפסולציה ונוזלים מורכבים, כפי שנפרט בהמשך.

- ננו-חומרים - צפויים להקנות תכונות משופרות, כגון אריזות לא-חדירות לגזים, פיגמנטים שקופים, עמידות לשריטות, חוזק מכני ועוד ועוד. בשטח זה קיימת התפתחות מואצת בשנים האחרונות. כמעט כל תחום של specialties בודק את "גבולות הגזרה" של השימוש בננו-חומרים; אבל מספר הפרסומים והפטנטים קטן באופן מפתיע במרבית התחומים, מלבד בתחום התרופות. גם נתוני השוק מצביעים על פער גדול בין הציפיות ומימושן.

NIH רואה את תחום ה-Nano medicine כאחד מחמישה תחומים מועדפים והקציב לכך 144 מיליון \$ נ-2005. ואילו ה-Big Pharma דווקא כמעט אינן משקיעות כסף וכוח אדם בננו-

טכנולוגיה ליישומים תרופתיים .

מיקרואנקפסולציה - בנושא זה מצויים פי 2.5 יותר פרסומים מאשר בנגנו-חומרים, והתחום מצוי בגידול מתמיד מ-1960 ועד היום. תחום התרופות מוביל בפער גדול בפרסומים ובפטנטים. צבעים ודטרגנטים מצויים בסוף טבלת החדשנות. המדינות המובילות ברוב האפליקציות הן: יפן בראש, ארה"ב קרובה, הודו וקנדה מתבלטות בנושא התרופות.

- נוזלים מרוכבים (Soft condensed matter, Composite Liquids, Complex Liquids): בעצם מדובר בטכנולוגיות ישנות, ה"מאוררות" ונחקרות שוב/מחדש כעת. הביטוי "חומר רך" הוטבע ע"י Pierre Gilles de Gennes בנאומו בקבלת פרס נובל בשנת 1991. ה"חומרים הפעילים" בקבוצה זו מסוגלים ליצור מבני ביניים בין מוצק לנוזל. בנוזלים מרוכבים מתקדמים יש חשיבות מכרעת ל הבנת התנהגות הפאזות במערכת (נוזל-נוזל, מוצק-נוזל). התחום קשה ואתגרי ויש המגדירים אותו כ-"formidable intellectual challenge". אין בנמצא תיאוריה, או מודל ממוחשב, או יכולת ניסויית להבנת יחסי מבנה-תכונות-פעילות ברמה של אינטראקציה אטומית או מיקרוסקופית. אין גם הבנה מספקת של תפקיד ביחס להתנהגות על פני שטח הפנים כמו בסינתזה הכימית. דוגמאות למערכות המורכבות הן גבישים נוזליים, מיקרואמולסיות, קצפים, מערכות סול-ג'ל, ועוד. יש להן תפקיד במערכות רבות מאד, כגון: צבע, מזון, קידוחי נפט, טיפול בקרקע, קוסמטיקה, תצוגות (displays). ניתן להשפיע על גבישים נוזליים ע"י שדות חיצוניים (אלקטרו-אופטיים, מגנטו-אופטיים, אופטו-אופטיים). התקנים ממוצקים רכים (Soft Solid Devices) הם התקנים פוטו-חשמליים, פוטוניים, אופטואלקטרוניים, חיישנים כימיים ואפילו - רקמות מלאכותיות. אמולסיות מרובות מרכיבים (multiple), למשל - משולשות, נקלטו כבר היטב בתחום הקוסמטיקה: הן מאפשרות שימוש בחומרים שעלולים להגיב זה עם זה, באנזימים, ויטמינים ועוד. אמולסיות אל-מימיות מאפשרות שימוש ברכיבים רגישים להידרוליזה ופוחחות פתח למערכות חדשות של הובלת תרופות.

ובישראל?

ניתוח המצב מול היכולות המצויות בישראל מביא לדירוג תחומים אפשריים לפיתוח בארץ, לפי סדר יורד של מידת התאמתם והפוטנציאל שלהם:

- דפוס דיגיטאלי, תרופות ושיטות יישומן, חומרי טעם וריח.
- פולימרים מיוחדים, תוספים למזון, תוספים לחומרי בניה.
- אנזימים, כימיקלים לאלקטרוניקה, קוסמטיקה וטואלטיקה; תוספים להזנת בע"ח, חומרים לטיפול במים, חומרי הדברה.

בכל מקרה - בשוק הישראלי אין מסה קריטית מספקת של כימאים, ידע ותשתית ברמת מפתחי הפורמולציות, ובעיקר ברמת שוק צרכני הפורמולציות.

הקשיים לפיתוח/צמיחת התחום הם: גודל השוק הישראלי אינו מספיק.

חשובה מעבדה אפליקטיבית.

יש חסר בתרבות המוצר הדרושה.

מצד שני, התפתחה תרבות צריכה של "מותגים", ולכן התחרות מול מוצרי יבוא הולכת ונעשית קשה

יותר. חברות שפיתחו טכנולוגיה גילו שקשה למכור טכנולוגיה ועברו לפיתוח מוצרים.

המלצת הועדה היא לפיכך:

- השקעה בתחומים צומחים – בתחום המיקרואנקפסולציה יש חברות שצוברות ידע, וטכנולוגיות חדשות ומעניינות נמצאות בפיתוח.
האם ניתן למנף את התחום? אולי תוכנית מגנט המצליחה מטעם המדען הראשי תוכל לסייע? מוצע לבצע סקר טכנולוגיות למיקרואנקפסולציה בארץ באופן שיאפשר לחברות הגדולות ליצור קשרי שת"פ כדי לשדרג את מוצריהן.
- בתחום ננו-חומרים פועל מאגד NFM במסגרת מגנט, בהרכב מצוין למנוף תחום הננו-חלקיקים. ידע נוסף מצטבר בעיקר במכוני המחקר האקדמי בתחום ננו-חוסיות. עם זאת, נראה שמדובר במו"פ לטווח ארוך, אותו יובילו החברות הגדולות. הכול מרגישים שיש כאן בסיס לחדשנות. לפי שעה, התחום טרם פריך.
- פיתוח חומרי גלם חדשים - נוזלים מרוכבים ונוזלים יוניים: פיתוח ארוך טווח עם פוטנציאל גבוה לתעשייה הכימית, ליצרני חומרי הדברה, ולתעשיות מתקדמות. קיימות קבוצות חזקות באקדמיה וראוי כי החברות החזקות יגבירו את התמיכה במחקרים בתחומים אלה.
- היצמדות לפלחי שוק חזקים ועתירי מו"פ: יש לעודד פיתוח מוצרים בתחומי הדיו הדיגיטאלי ודבקים לשימוש רפואי ואלקטרוני. מוצע לבצע סקר צרכים ויכולות בתחום.
תחום ה"קוסמצבטיקלז" (קוסמטיקה רפואית), הוא חדשני, ונותן תשובה לצורך שיווקי ברור. גם בתחומים אלה לא ניתן "לרדוף" אחרי שאר העולם רק בפיתוח עצמי. את הבסיס יש לבנות ע"י רכש של חברות מתאימות, ולהשלים את הנדרש ע"י מו"פ עצמי.
- בשולי הדברים, כיוון רב-תחומי המומלץ ומתאים לתעשייה הישראלית הוא הובלת תרופות: פיתוח טכנולוגיות לייצור תרופות המכוונות אל אתרי פעולה ספציפיים בגוף. לפורמולציות יש מקום נכבד בתחום זה, ומומלץ לפתחן כתחום עתיר המצאות - על רקע התשתית המדעית המפותחת בישראל במדעי החיים, בעיקר נוכח ההתקדמות המדהימה של הודו (וסין אחריה) בתחום הסינתזה והפיתוח של תרופות גנריות.

6. תחום חומרי ביניים אורגניים מתקדמים

חומרי ביניים מיוצרים כחומרי מוצא לסיומתה כימית של תרכובות מורכבות סופיות במוצרים אחרים, לרוב תרופות, חומרי הדברה, פיגמנטים, תוספי מזון ועוד. חומרי הביניים הם בעיקר חומרים אורגניים, בעלי מורכבות כימית בינונית, וטווח מחירים בין 1 ל-100 \$ לק"ג. קיימים עשרות אלפי מוצרים אשר מגיעים בצריכה שנתית עולמית עד לעשרות אלפי טון בשנה. יש מספר מועט של יצרנים בעולם לכל חומר (באופן טיפוסי בין 3 ל-20) ומספרם יורד עם עליית מורכבות המוצר. ייצור חומרי ביניים נעשה לרוב בתהליכים מנתיים בריאקטורים של 16-2 מ"ק. מערכות הייצור גמישות ורב-תכליתיות. ידע תהליכי אינו זמין והוא נרכש לרוב עם הזמן ע"י פיתוח עצמי. בתעשייה זו מתבטאות, יותר מאשר בכל קבוצת כימיקלים אחרת, היכולת והחוכמה הסינתטית של החברה. תהליך מוצלח או לקוי יהוו את כל ההבדל בין מוצר מרוויח או מפסיד. זכות הקיום תלויה בקיום שוק לחומר הסופי וביכולות השיווק של היצרן.

יצרני חומרי ביניים לתעשייה הכימית מתאפיינים ונבדלים בינם לבין עצמם בטכנולוגיות, במגוון הציוד ובנפחו, ובעמידה בתקני הייצור. הצורך בכמויות קטנות מכתוב את הדרישה לסל מוצרים, כדי לוודא שימוש מלא בציוד. יש חשיבות גבוהה מאד לגמישות ולשליטה מרבית בטכנולוגיות שונות.

לסיכום, התנהלות שוק חומרי הביניים מוכתבת במידה רבה ע"י שוק התרופות.

בהתאם להגדרות שונות, מכירות specialties וחומרי ביניים הן 100-200 ביליון \$ לשנה. מספר היצרנים בעולם, לרבות במזרח הרחוק, כ-1500. חברות גדולות בד"כ מייצרות משפחות של חומרים מסביב לחומר ביניים מרכזי, המוגדר key starting material - חומר מוצא מהותי. חברות בינוניות מנצלות את יתרונן במיקוד ובגמישות. חברות קטנות – מחירן בשוק הולך ועולה והן נבלעות בחברות הגדולות.

ככלל, שוק חומרי הביניים במצוקה. "ההבטחה" של שנות ה-90 לייצור 60-80 תרופות חדשות בשנה אינה מתממשת. עודף קיבולת ייצור (25-40%) נוצר ע"י קצב ייצור תרופות איטי והחזרת ייצור שהיה בידי גורמי מיקור-חוץ ("out sourcing") לבית יצרני הפארמה. יצרניות החומרים הסופיים לוחצות להורדת מחירים. היצרניות אינן מתלהבות לאשר ספקים רבים בשל תקנים, רגולציות, מכסים.... ומשקלה של התמחות טכנולוגית ביצירת יתרון יחסי הולך וקטן. תרופות בהן החומר הפעיל אינו chemical entity, אלא biological entity נוגסות בשוק חומרי הביניים.

בשוק חומרי הביניים ניתן לראות שחיקה ברווחיות, סגירת מפעלים, ארגון מחדש של חברות. התפתחות קריטית בקצב הגידול מתרחשת בהודו ובסין. בשנות ה-80 עברו מפעלים שלמים המייצרים כימיקלים מאירופה וארה"ב להודו, בגלל לחצים של גופים בתחומי הגנת הסביבה. ההודים השתמשו בכך כמנוף והודו אכן הולכת ומתפתחת כספק ויצואן, ומדביקה פערי איכות ואספקה. הודו קיבלה על עצמה את כללי "ארגון הסחר העולמי" החל מ-1.1.2005 בתחום ההגנה על הידע. לפני 3-4 שנים לא היו בהודו חברות

מורשות FDA - היום יש 165!

ב - 2003 התעשייה הביוטכנולוגית בהודו גדלה ב - 40%, והגיעה ל-700 מיליון \$ בשנה. נראה שהמעבר להודו לייצור לפי דרישה (Pharmaceutical custom manufacturing), הוא בלתי נמנע. בסין יש כיום מעל 3800 מפעלים המייצרים 9200 חומרי ביניים ו-specialties, בתפוקה של 7.8 מיליון טון.

התעשייה במערב (ובישראל) מחפשת תשובות לשאלה: "מה הלאה"? יש המציעים תשובות טקטיות: לשפר ניצולות, לפתח טכנולוגיות יותר טובות להפרדות וטיהור, להרחיב את השימוש בקטליזה, ליישם/ להתרכז בהנדסת עלות/תועלת, בפיתוח נישות ייחודיות ונדרשות, בפורמולציות חדשות ויעילות יותר של תרופות נדרשות. הפתרון האמיתי יגיע במעבר ממוצרי "me-too" למוצרים חדשניים וטכנולוגיות חדשניות.

כיוונים נבחרים:

- חומרים פעילים בעלי פעילות גבוהה - השוק "עולה מדרגה" ממאפיינים של חומרי ביניים למאפיינים של כימיקלים עדינים. הכמויות מגיעות לסדר גודל של פי 10-20 פחות מ-API "רגילים". הגימלון ההנדסי פחות תובעני, והתהליכים הכימיים מורכבים יותר. הדגש הוא על טיפול בכמויות קטנות והגברת הרגישות לזיהומים בתהליך הייצור, ופחות על יעילות וזמן.
- ביוקטליזה = סינתזה בעזרת אנזימים: אנזימים מסייעים בתהליכים בהם נדרשת יצירה או שמירה על כיראליות – וכאלה הם מרבית החומרים הפעילים בפרמצבטיקה ובחומרי הדברה. גוברת הכניסה של שימוש בטכנולוגיות לייצור אנזימים (יציבים, לשימוש חוזר/ מיוצבים במטריקס/קולונות) לתעשייה הכימית המשתכללת.
- יסודות מרכזיים חוץ מפחמן? - יש המציעים לצאת מה"קופסה": האם ניתן לכנות זאת כימיה אורגנית אלטרנטיבית? הכיוון המתבקש ביותר ואשר נבדק מפעם לפעם הוא אנלוגים סילניים לנגזרות פחמן. בעבר עלו מחשבות על כימיה חדשה (ופחות רעילה) המצפה שימציאו אותה.
- קטליזה הטרוגנית: לחצים של פעילים בתחומי איכות הסביבה מחז ומגמת הירידה במחירי חומרי הביניים, דוחפים את יצרני חומרי הביניים לכיוון פיתוחם של תהליכים קטליטיים – בעיקר קטליזה הטרוגנית בייצור רציף. פתרון זה מתאים לייצור מוצרי צריכה commodities (מרבית התהליכים החדשים שנקלטים בשוק לייצור קומודיטי מבוססים על קטליזה הטרוגנית). גישה זו קשה הרבה יותר ליישם בתהליך כימי בן 15 שלבים, והפיתוח הוא ארוך טווח. לכן נדרש מהפך ושינוי תרבותי אצל יצרני חומרי הביניים, מתקני העבר אינם מתאימים לכך ודרושות השקעות נוספות.
- כימיקלים אולטרא-טהורים לתעשיית המיקרו-אלקטרוניקה: לכך נדרשים חומרים מיוחדים (specialties) בדרגות ניקיון גבוהות ביותר. הכמויות בצמיחה – התחום אטרקטיבי אולי יותר משוק החומרים לתרופות. אולי ניתן לנצל עדיין את יתרונות העבר מול יצרני מזרח אסיה.

ואצלנו?

ארבע חברות ישראליות פיתחו את ענף הייצור הגנרי לדרגת "אמנות- תעשייתית": טבע, תרו, אגיס ומכתשים-אגן. כולן בעלות חוזק בכימיה "חזקה" ויצירתית ויוצרות שוק ה"שבוי" לכימיקלים מתוצרתן. בשנים האחרונות ניתן לרכוש את הרכיבים ל... בשלב ה"לפני אחרון" - API (בהודו (וסין אחריה), והייצור הישראלי מתמקד בשלב האחרון ובעמידה בקפידה הרגולטורית המתבקשת. אסיה נעצרה בחומר ה"לפני אחרון" בשל העדר רישוי. בעוד x שנים גם יתרון זה ייעלם.

יצרניות ישראליות של חומרי ביניים (אך לא החומרים הסופיים) הן מעטות, קטנות עד בינוניות בגודלן ומצבן אינו קל, בדומה למצב בעולם כולו. יצרניות commodities שניסו "לעלות כיתה" ולייצר חומרים מורכבים יותר נכשלו לרוב בשל הבדלי תרבות הייצור, תרבות השיווק, ותרבות המו"פ.

בהתחשב במשך הפיתוח הארוך הנדרש של חומרים אלה, בהיקף הכספי הנמוך של המוצר הבודד, ובתחרות ההולכת ומתגברת מן המזרח הרחוק – כדאיות ההשקעה בפיתוח עצמי של תהליכי ייצור של חומרי ביניים מוטלת בספק. רכישות ומיזוגים נראים כמוצא סביר.

תחום חומרי הביניים, שנחשב כמתוחכם וייחודי - הפך לנחלת הרבים, והיתרון היחסי נתון בספק. החברות בתחום זה תצטרכנה לעשות תפנית טכנולוגית, כל אחת בכיוונים המתאימים לה, כדי לשמור על עמדת יתרון. לא עוד "סתם סינתזות", אפילו הן בנות שלבים אחדים.

המלצת הועדה לפיכך, היא להתמקד בכיוונים הבאים (בעיקר בהיבט של פתוח ידע):

- חומרים למיקרו-אלקטרוניקה, הדמייה וענפי היי-טק אחרים, מזעור ואינטגרציה עם מערכות ממוחשבות וניהול ידע.
 - קטליזה הטרוגנית - ירוקה, חדשנית, ודורשת יצירתיות.
 - ייצור כימיקלים בשיטות אגרונומיות וביוטכנולוגיות, תוך שימוש בהנדסה גנטית.
 - ייצור כימיקלים ע"י אנזימים בשיטות מתקדמות.
- יש מקום לאגד את הידע הקיים באקדמיה בתחומים אלה ולבחון חבירה עם הודו המתפתחת, ע"י כך שנציע לה את היתרונות שבידנו בתחומים בהם הם עדיין לא שולטים..

7. תחום אנרגיה

הנחת היסוד לדיון במקורות אנרגיה היא כי הדלקים הפוסיליים (נפט, פחם, גז) יתכלו, בקצב הצריכה הנוכחי, תוך כמה עשרות שנים וכי בעשור הנוכחי מגיעה תפוקת הנפט הגולמי לשיאה ההיסטורי (Oil Peak) מציאת מקורות אנרגיה חילופיים הוא נושא קריטי ובעל פוטנציאל כלכלי עצום. הדגש הוא כמובן על פתוח מקורות אנרגיה מתחדשים על פי הפירוט הבא:

כוחות הטבע: חום השמש מניע גם את הרוח, אנרגיה שניתן ללכוד באמצעות טורבינות רוח. כמו-כן, הרוח וחום השמש גורמים למים להתאדות. כאשר אדי מים אלו הופכים לגשם או לשלג ויורדים מטה לתוך נהרות או לתוך נחלים, האנרגיה שלהם יכולה להילכד ככוח הידרואלקטרי.

ביו-מסה: מי הגשמים והשלגים עם אור השמש גורמים לצמחים לגדול. החומר האורגני המרכיב את הצמחים ידוע בשם 'ביו-מסה' (*biomass*).

ניתן לקבל ביו-מסה מפסולת אורגנית בכלל, ולא רק מצמחים (כולל קומפוסט).

הביו-מסה יכולה לשמש לייצור חשמל, כמו כן ניתן להפוך אותה לתחליפי דלק, בעיקר לייצור קיטור, ומתאן כתחליף לסוגי דלק המשמשים לתחבורה, או להופכה לכימיקלים שימושיים.

השימוש בביו-מסה עבור כל אחת ממטרות אלו קרוי 'אנרגיית ביו-מסה'.

מימן: מימן מצוי הן בתרכובות אורגניות רבות והן במים. זהו היסוד הנפוץ ביותר על פני כדור הארץ, אולם הוא אינו קיים באופן טבעי כגז: הוא מצוי תמיד בתרכובות עם יסודות אחרים. כאשר המימן משתחרר מהיסוד האחר שהוא קשור אליו בתרכובת, ניתן לנצלו לשריפה כדלק או להמירו לחשמל.

השאלה המתבקשת היא: כמה אנרגיה יש להשקיע בתהליך האלקטרוליטי לפרוק המים, כיצד לאחסן את הדלק המימני, כיצד לשחררו בשעת הצורך ומה מחיר שלושת השלבים לעומת האנרגיה המתקבלת בתהליך הבעירה?

לא כל משאבי האנרגיה המתחדשת מקורם בשמש. אנרגיה גיאותרמית עושה שימוש בחום הפנימי של כדור הארץ למגוון שימושים, בכללם ייצור כוח חשמלי, וכן חימום וקירור של בניינים.

אנרגיה ימית מקורה בגאות ובשפל של האוקיינוסים בהשפעת הגרוויטציה של הירח ושל השמש על כדור הארץ. לאנרגיה הימית (*ocean energy*) מספר מקורות נוספים, כדלהלן:

בנוסף לאנרגיית הגאות והשפל, קיימת אנרגיה בגלי האוקיינוס, אשר מונעים הן ע"י הרוח והן ע"י הגאות והשפל. השמש מחממת את פני השטח האוקיינוס יותר מאשר את עומק האוקיינוס, ובכך נוצר הפרש טמפרטורות שיכול לשמש כמקור אנרגיה.

היתרון באנרגיה מתחדשת הוא שאינה נגמרת וכן אינה מזהמת.

המלצות הועדה לתחום האנרגיה היא להשקיע בתחומי נישא מבטיחים דוגמת חומרים אורגניים לתאים סולאריים מתקדמים ובטריות נטענות, בהם הושגו מספר פריצות דרך מהותיות על ידי חוקרים ישראלים. כמו כן ראוי להשקיע במקורות אנרגיה מתחדשים בהם יש גם תרומה סביבתית דוגמת ביודיזל וביומסה. יש גם מקום לפתוחים חדשים בתחום האנרגיה הגיאותרמית בה יש לחברת "אורמת" הישראלית הישגים מרשימים ואולי אף לחזור לחקר וניצול אבן הביטומן. להערכתנו אין מקום לעסוק בתחומים עתירי משאבים דוגמת ייצור ואגירת מימן או תאי דלק לשימוש במכוניות.

תעשייה כימית וסביבה (תקציר)

א. הצגת הדילמה

התעשייה הכימית מצוייה במשבר ביחסיה עם הגופים הסביבתיים, הממלכתיים והולונטריים ועם הקהילה: יש לה דימוי ירוד, והיא נתפסת בציבור כאויבת הסביבה ומקור לחומרים הפוגעים בבריאות הציבור, אשר מרעילה את האוויר, המים והקרקע ומתנהגת כגוף חזק של בעלי הון המתעשרים על חשבון בריאות הציבור והעובדים. הקונפליקט הוא מתמיד ואינו מאפשר פיתוח מוסדר בנתיב מוסכם וברור.

הצוות ראיין נציגי תעשייה ממשלה ואקדמיה כדי להבין את השקפות המבט, הדילמות וההצעות האפשריות לפתרון.

בראיונות אלה בלט הניכור, וכתוצאה ממנו וכן מהלחץ שמפעיל הציבור על הרשויות, נוצר קושי רב ברישוי כל פעילות שגרתית ובוודאי פעולות לפיתוח התעשייה. קשה מאד לקבל אישורים להקמת מפעלים חדשים, מאחר וראשי רשויות וגופים ממלכתיים מקשים מאד על קבלת אישורים אלה. בתכניות המתאר הארציות החדשות (תמ"א 35) אין לפי שעה פתרון מספק לאזורי פיתוח עבור התעשייה הכימית. כיום פועלת התעשייה הכימית בסביבה עסקית גלובלית פתוחה לכל, ושיקוליה הינם בהתאם. כתוצאה ממצב זה מתחזקת נטיית התעשייה לנדוד לחו"ל, וזאת בנוסף לסיבות הנוגעות לכלל התעשיות בעולם המפותח, כמו עלויות העבודה. מספר רב של מפעלים ישראליים כבר מעבירים פעילויות ייצור לחו"ל, כשאין מדובר רק בתעשייה כימית כבדה אלא גם במפעלי כימיה עדינה ואחרים, אשר דווקא בהשראת פוטנציאל ההתרחבות הניכר שלהם, אינם מוכנים לאבד זמן בסחבת ש"מיטת סדום" הישראלית מועידה להם.

עם זאת, לתעשייה הכימית תרומה חשובה לכלכלה הישראלית, (כפי שפורט במקום אחר בדו"ח), ולכן חיוני, במסגרת הכנת תכנית אב לתעשייה הכימית בישראל, להסדיר יחסי תעשייה וסביבה ולקבוע כללי משחק מקובלים ויעילים בנושא זה. פרק זה מנתח את המצב הקיים ומעלה הצעות לתיקון המצב. הנושא נדון בהרחבה בסיכום מפורט, במסגרת הדו"ח המלא.

ב. האם יש מקום לתעשייה כימית בישראל ?

לתעשייה הכימית חלק נכבד בתל"ג בישראל. (ראה פרק "תכנית לאומית"). יחד עם זאת, אין התשובה לשאלה המוצגת בראש פרק זה טריוויאלית ומוסכמת: בין אנשי הסביבה בארץ, כולל האישים הקובעים את מדיניות המשרד לאיכות הסביבה יש הטוענים בצורה מפורשת כי "במדינת ישראל, הקטנה והצפופה, אין מקום לקיום תעשייה כימית העלולה להוות גורם סביבתי מכביד"...

גישה זו מעלה פרובלמטיקה חשובה, אשר לה משמעות מרחיקת לכת:

לכאורה, וכך אולי נראים הדברים אצל חלק מאנשי הסביבה, קיימת תעשייה כימית "מלכלכת" ולעומתן תעשיות אחרות, "נקיות" כביכול. אין הדבר כך! תעשיית המתכת למשל, מייצרת פגעי זיהום קשים; מפעלי התעשייה האווירית, התעשייה הצבאית ואחרים השאירו טביעת אצבע מזהמת ברורה סביב אתריהם; תעשיית הדלקים, כולל מערכות הובלת הדלק, תחנות התדלוק ומיכלי הדלק לחימום ביתי מהווים גורם מזהם בעייתי לא פחות,

ואולי יותר מזה של התעשייה הכימית; אפילו תעשיות הטכנולוגיה העילית משתמשות בכימיקלים רעילים ומייצרות שפכים בעייתיים! כמו כן אין לשכוח, שהקיום והשגשוג של חבלי ארץ חשובים בישראל תלויים כמעט בלעדית בפיתוח תעשיות המינרלים בפרט ו"תעשיות התהליך" בכלל.

להערכתנו, אין אפשרות לקיים את כלכלת ישראל ללא תעשייה "מזהמת". יש כמובן צורך בבקרה והפחתת הזיהום למינימום המאפשר "קיום יחד" בריא, אך לא ניתן להתקיים ללא התעשייה. כתנאי ראשון להפקת תכנית אב לתעשייה הכימית בישראל דרושה החלטה ממלכתית כי אכן יש מקום לתעשייה זו. במידה ומתקבלת ההחלטה הזו, יש לדרוש כי מדיניות זו תחייב את כל משרדי הממשלה.

המשך הדיון בפרק זה יוצא מההנחה כי מדינת ישראל רוצה בהמשך קיום תעשייה כימית, אחרת יש לדון במדיניות ניוון התעשייה, ולבסוף – פירוקה (ויצירת מקורות פרנסה חליפיים לאוכלוסיה הרלבנטית...).

ג. הכשלים ביחסי תעשייה, ממשל וחברה

1. התעשייה

חלק גדול מהתעשייה הכימית (ותעשיות אחרות בישראל) "הרוויחה" בעבר ביושר את התדמית המזהמת. במהלך שנים רבות לא הראתה התעשייה התייחסות מספקת לבעיות הסביבה: תעשיות רבות פלטו מזהמים לנחלי הארץ, גזים מזהמים מארובות המפעלים וזיהמו את הקרקע סביב למפעלים ויצרו מוקדי זיהום מסוכנים ובולטים. יש לציין כי שנים רבות התקיימה תופעה דומה לחלוטין בעולם כולו, אך בישראל נמשך נוהל נפסד זה, גם באותן שנים בהם התעשיות המקבילות בעולם כבר עמדו (או הועמדו...) על הצורך למנוע זיהום, ופיתחו את האמצעים הדרושים לכך. אף שאנשי התעשייה בארץ היו מודעים לצורך להקטין את הפגיעה בסביבה ובבריאות, ולאמצעים הנדרשים לכך, הם פעלו ליד ואקום תחיקתי ואכיפה לקויה ולא פעלו בנחישות מרבית להפעלת טכנולוגיות חדשות ונקיטת אמצעים להקטנת הפגיעה בסביבה בהיקף הנדרש. העובדה, לה מודע הציבור ומודעים מוסדות הממשל, הינה כי מסביב לרוב המפעלים הכימיים הותיקים קיימים מוקדי זיהום וכי לא ננקטה יזמה עצמית לטיפול יסודי במטרדים אלו. יש לציין כי כיום מתחולל שינוי בגישה, אך קשה לשנות את התייחסות הציבור ואף קשה ויקר לתקן ולנקות את מפגעי העבר.

התעשייה לא הבינה מספיק מהר כי חוקי המשחק השתנו וכי עליה לפעול ביתר נחישות למניעת זיהום ופגיעה בסביבתה. היחס בין מירב המפעלים לבין הממסד הסביבתי היה יחס של עימות מתמיד. מצד התעשייה היה ניסיון להימנע ממילוי דרישות עד לרגע האחרון, תוך הצנעת הבעיות. יחס זה גרם לכך שבממסד ובציבור נוצר כלפיה יחס של אי אומון.

התעשייה נהגה בחוסר שקיפות. בעולם המפותח מקובל כיום כי האזרחים בסביבת המפעל, ובוודאי הממסד יודעים מה מתרחש בו, מה הם המזהמים הנפלטים ממנו ומה נעשה להקטנת הפליטה. בארץ אין כמעט שקיפות והפצת אינפורמציה על-ידי המפעלים, דבר המוביל לחששות, חשדות וחוסר אומון.

התעשייה לא פעלה בעבר וכמעט ואינה פועלת כיום להביא את דברה, לציבור בכלל ולציבור החזי בשכנות למפעל בפרט. בדיונים רבים טוענים אנשיה כי הם פעלו רבות לפתרון הבעיות הסביבתיות וכי אין מודעות ציבורית לכך; מודעות ציבורית והבנה בין התעשייה לקהילה אינן דברים הנולדים מעצמם, ויש לטפח אותם!

2. הממשל

הממשל הסביבתי במדינת ישראל מאד מורכב במבנהו ובדרכי עבודתו. התעשייה פועלת במסגרת בה היא חייבת להסדיר את יחסיה בתחום הסביבה עם סדרה ארוכה של גורמי ממשל, שבהרבה מקרים אינם מתואמים ביניהם:

- (1) המשרד לאיכות הסביבה : המשרד הראשי, האגפים, מחוזות המשרד.
- (2) משרדי ממשלה כמו משרד הפנים ומערכת התכנון שלו, משרד הבריאות, משרד התשתיות, משרד החקלאות ועוד, כולל משרד ראש הממשלה.
- (3) היחידות ואיגודי הערים לאיכות סביבה הכפופות לשלטון המקומי.
- (4) השלטון המקומי.
- (5) שרותי הכבאות.
- (6) צה"ל/פיקוד העורף.
- (7) אחרים (רשויות נחל, נציבות המים, משרד התשתיות, מ"י,.....)

חקיקה ותקינה: קיימת מציאות של חוסר בהירות, שונות בדרישות של גורמים שונים באותה המערכת, שינוי תכופ של הדרישות המתרחש לעיתים תוך פרקי זמן קצרים יחסית (ומצד שני ניצול מצב זה על ידי התעשייה לאי עשייה או לעשייה חלקית ולא מספקת בשלב הראשון, ועשייה עודפת ויקרה עקב אכיפה מחמירה בהמשך). אי היציבות השלטונית המאפיינת את ממשלות ישראל, ממשלות המתחלפות לעתים תכופות וחוסר במערך יציב של CIVIL SERVICE מביאים לשינויים תכופים במדיניות. כדוגמה, השינויים במדיניות לגבי סילוק שפכי תעשייה למפרץ חיפה, מהחלטה על מוצא ימי, לביטולו, חזרה למוצא ימי וביטולו בשנית, כל זאת במהלך 15 שנה. אין חקיקה ותקינה המגדירים בצורה ברורה את הדרישות מהתעשייה, בצורה מוגדרת שתאפשר למנהל בתעשייה לדעת מה עליו לעשות ולא להזדקק להחלטות אד הוק של פקידים מרשויות שונות.

מציאות זו תורמת לחיזוק וכפילויות של הביורוקרטיה, ותלות של התעשייה לא במערכת ביורוקרטית היררכית, מסודרת, מאורגנת וברורה אלא, במקרים רבים, בגורמים המקומיים או בגורמים ספוראדיים בתוך המערכות הממסדיות, כולל החלטות שרירותיות בדרגים השונים ובמסגרים השונים. קיים חוסר עקיבות ואחידות במערכת יישום הדרישות הסביבתיות, במערך הפיקוח ובמערך האכיפה המופעלים ע"י השלטון המקומי והמערכות הארציות השונות.

יתרה מכך, היעדר מערכת ברורה של חקיקה ותקינה, ו/או של הסכמות ואמנות ארציות, מחליש את המסד הסביבתי, פוגע בקהילה ומוסיף עוצמה לפעילות הארגונים הירוקים המתרכבים, אשר תופסים יותר ויותר את מקומו של המינהל הסביבתי ומתחרים זה בזה על תשומת לב הציבור. תופעת ה"נימבי" מתחזקת, בין השאר בגלל חוסר האמון של התושב וההרגשה כי עליו לקחת בידיו את ההגנה על סביבתו הקרובה.

במערכת השלטונית הישראלית קיים בהכרח חוסר במקצוענים, בעלי ניסיון מעשי ביישום טכנולוגיות בכלל וסביבתיות בפרט. הדבר נובע מהעובדה כי אנו חיים במדינה קטנה שאינה מסוגלת להעמיד מערכת מקצועית ענפה וכוללת כמו אלה הקיימות בארה"ב או בקהילה האירופית. בנוסף לכך, היחידות השונות העוסקות בנושאי הסביבה במשרדים השונים הינן קטנות ותקציבן דל. מאד קשה במערכת כזו להגיע להתמחות ולמקצוענות ארוכת טווח. החסר במקצוענות מחד גיסא, וחוסר בהידברות ופתיחות בין הממשל לתעשייה מאידך גיסא, מביאים לעיתים להתלת תנאים על התעשייה שאינם ברי השגה ולעיתים מביאים אפילו להזנחה של תנאים חיוניים לשמירת הסביבה. חוסר הסבלנות והסובלנות, המאפיינים את המציאות הישראלית, מעמידים את התעשייה בפני דרישות שאינן סבירות מן הבחינה הכלכלית, אשר מסכנות את ההשקעה הרבה שנעשתה בה עד כה (כולל השקעות נכבדות בתחום הסביבתי), ואינם מאפשרים את המשך פיתוח התעשייה בישראל.

כשם שמקובל כי האדם אינו יכול להתקיים בלי "חילוף חמרים" דינאמי, יש להכיר בצורך הבלתי נמנע בסילוק פסולות תעשייתיות לאחר שעברו טיפול נאות. כך למשל ברור כי יש לסלק מהמפעלים תמלחות (תמיסות מלחים ניטרליים), שנוצרות בתהליכי הייצור או במהלך הטיפול בשפכים ואין דרך לסילוקן הכימי, או העלמתן מעשה "הוקוס-פוקוס" ... העמדת התעשייה בפני דרישה של "אפס פליטות", דרישה שאינה סבירה, מביאה לכך שלא נעשה דבר. ראה בנספח לגוף פרק הסיכום.

3. הציבור והתקשורת

לארגונים סביבתיים וולונטריים (ארגונים ירוקים, NGO) תפקיד ומקום מרכזיים בהתייחסות הציבור. ארגונים אלו מטבעם אינם מציגים גישה מאוזנת והם מושפעים מאד מרגשות הציבור המרגיש פגוע על ידי התעשייה. מטבע הדברים, הפעילים בארגונים הסביבתיים (הארציים ועוד יותר מכך בארגונים המקומיים הקמים לעתים AD HOC, הינם בעלי עמדות קיצוניות ואינם בהכרח בעלי מקצוע. (אגב, אין זה מתפקידם של הגופים הסביבתיים לבטא עמדות אובייקטיביות, ולכן מוצדקת הצגת עמדות מקוטבות על ידם). חלק מהעמדות המובעות על ידי ארגונים כאלו יוצר היסטריה ציבורית בלתי מאוזנת, כשבדרך כלל התקשורת נרתמת לכך. יש לציין כי ברוב המקרים לתקשורת אין די ידע מדעי וטכנולוגי, ולכן היא נגררת לצייר את המציאות המורכבת בגישה שטחית, תוך העדפת סנסציות על ידע.

חשוב לציין כי לא התעשייה ולא הממשל אינם פועלים מספיק לייצר אינפורמציה מאוזנת שתגיע לציבור. עם זאת ראוי לומר בחיוב רב, כי לציבור בארץ יש בימינו מודעות רבה לצורך בסביבה נאותה ונקייה; הוא אינו מוכן יותר להשלים עם פגיעות בסביבה ודורש כי התעשייה תפעל בצורה תקינה. מודעות זו של הציבור מאד חשובה ומהווה מסגרת בה אמורה התעשייה לפעול, וזו חייבת ללמוד זאת ולהכיר בכך.

ד. הצעת פתרונות

ההצעות המוצגות עוצבו לאחר סדרת פגישות עם כל הגורמים הרלוונטיים במשק, המתוארות בנספחים לסיכום המלא.

1. התעשייה

(1) מצד התעשייה נדרשת יזמה סביבתית וחברתית.

התעשייה הכימית סובלת מתדמית ציבורית ירודה בתחום הסביבתי, תדמית הגורמת להתנגדות עזה לכל ניסיון לפתח ולהקים מפעלים כימיים חדשים גם באזורי תעשייה מוכרזים.

התעשייה הכימית בכללותה חייבת לשנות (ותהליך זה אכן החל) את גישתה ולהפנים את הצורך בהתנהלות סביבתית ראויה, שקופה כלפי הקהילה והרשויות: החוסר בשקיפות גורם לפחדים בציבור הקשורים לפגיעה בבריאות, אשר תכופות אינם נסמכים על עובדות ואפילו הפוכים למציאות. התעשייה העדיפה עד היום ל"הוריד פרופיל" במקום להזים את החששות ולהדגיש את חשיבותה למשק, לכלכלה ולצמצום מעגל האבטלה.

יש צורך לפתח מערכת הידברות עניינית המביאה בחשבון את כלל הצרכים של כל השותפים במעגל הסביבתי העוטף את התעשייה (הממסד, הציבור, הארגונים הירוקים והלקוחות).

יש מקום שהתעשייה הכימית, שפועלת גם בחו"ל ושצברה ניסיון רב וידע רחב בתחום הסביבתי תיטול יוזמה ותהפוך לגורם מוביל ומנהיג בחדשנות סביבתית, החל מתחום הניהול דרך טכנולוגיות וכלה בקשרים עם הקהילה.

יש צורך שהתעשייה תפתח מדיניות סביבתית ארוכת טווח ותוכניות פעולה ליישומה בכל התחומים הרלוונטיים – השקעות במניעת זיהום ובהפסקתו, בתחזוקת המערכות הסביבתיות, בקשרי קהילה ובמערכת יחסי הציבור החייבת לתמוך בעשייה הסביבתית.

על התעשייה ליטול יזמה, להציע ולבצע צעדים להקטנת טביעת הרגל הסביבתית שלה תוך הטמעת גישה סביבתית ראויה ואמצעים טכנולוגיים מתאימים, והעמקת האחריות הסביבתית של מנהלי התעשייה הן במישור הפנימי והן כלפי הקהילה בקרבה הם פועלים.

כל זאת חשוב לבצע תוך כדי פתיחות לקהילה והבלטת העשייה הסביבתית.

(2) התעשייה חייבת להקדיש מאמצים להידברות אמיתית עם הקהילה. יש להדגיש ולהביא לתקשורת ולקהילה את הצדדים החיוביים שבתעשייה, תוך שקיפות ורצינות. יש להימנע בכל מחיר מטיוח והסתרת האמת: אלה מתגלים במוקדם או במאוחר ופוגעים באמינות.

(3) נדרשת גישה חדשנית שתשלב בתוכה את המתודולוגיות החדשות הנהוגות במדינות ה-OECD כמו הטיפול במקור, אחריות על המוצר לכל אורך חייו, מחזור והשבה ועוד.

(4) התעשייה צריכה ליזום כניסה מקצועית לעולם הטכנולוגיות הסביבתיות, מחזור מרבי של פסולות ושפכים, ייצור מוצרים ירוקים והשתלבות בתקני הסביבה העולמיים (ISO ואחרים).

2. המערכת השלטונית

חיוני להגיע למסגרת מקצועית ויציבה של הנחיות, תקנות ומערכת אכיפה. המערכת השלטונית חייבת לשדר לתעשייה מסרים ברורים ויציבים תוך מתן זמן נאות ליישומם ובטחון בכך שלא יהיו שינויים תכופים בדרישות. יש לקיים מערכת מנהלית מתאימה תוך קיום הידברות שוטפת עם התעשייה, על מנת לקדם את מצב הסביבה בישראל תוך מתן אפשרות לפתח בארץ תעשייה בת קיימא ותחרותית כפי שמקובל במדינות המפותחות. התקנים הסביבתיים והדרישות מהתעשייה חייבים להיות מבוססים על שיקולים מקצועיים, כלכליים וסביבתיים אמינים וברורים. לא יתכן מצב בו הדרישות מהתעשייה יהיו שרירותיות, אפילו לא למראית עין או לכאורה.

חייב להתקיים אפיק לקביעה אובייקטיבית של התקנים והדרישות וכן אפיק לערעור על קביעות ודרישות של הממסד (או מצד מי מרשויות המשנה או מי מהעובדים בממסד וברשויות המשנה שלו), שאינן מעשיות.

מוצע להקים ליד המשרד לאיכות הסביבה מועצה מקצועית לקביעת תקנים והחלטות מקצועיות בהקשר לדרישות מהתעשייה. מועצה זו תהווה מעין רשות שיפוטית עצמאית שליד הרשות המבצעת. היא תורכב בעיקרה מאנשי מקצוע שאינם קשורים ישירות לתעשייה או למשרד (אנשי אקדמיה, אנשי תעשייה שפרשו מעבודתם ואנשי ציבור). המועצה תמליץ על תקנים ודרישות מהתעשייה ועל לוחות זמנים ליישומם, בהסתמך בין השאר על הצעות עובדי המשרד, ועדות משנה וכו'; כן תשמש המועצה ועדת ערעורים לגבי הדרישות מהתעשייה. יש לציין כי הקמת מועצה מייעצת לגבי קשרי ממשל – תעשייה הוצעה גם בקהילה האירופית. ההחלטות לגבי תקנים ודרישות מהתעשייה יהיו תקפות לתקופה של עשר שנים מזמן קבלתן, תוך רביזיה כנדרש ("אופק מתגלגל"). שינויי תקן או דרישה מהתעשייה בתוך תקופה זו יחייבו נסיבות מיוחדות והחלטה ברורה ומנומקת של המועצה, על בסיס נסיבות אלו.

החלטות המשרד והמועצה יאכפו בצורה ברורה, תוך שיתוף במידת האפשר, אך לא כתנאי, של מוסדות התעשייה.

(הערה: במידה ולא ניתן יהיה להקים גוף מקצועי כזה על ידי המשרד לאיכות הסביבה, ניתן להקים גוף כזה על ידי התעשייה בליווי ותמיכה ממשלתית. בצוותים המקצועיים חייבים להשתתף אנשי מקצוע מהטובים בארץ בצד נציגי ציבור, גופים סביבתיים וולונטריים ואם ניתן, אישים מהממשל).

יש לעגן בחקיקה רחבה ומעמיקה את כל הפעילות הסביבתית ואת המשכיות החלטות ממשלה וכך להגיע, בדומה לנעשה בארצות אירופה למשל, לתכניות רב שנתיות, כשהיעדים נקבעים מראש לטווח זמן ארוך ועל התעשייה מושת לוח זמנים הגיוני ליישומם, וזאת במקום החלטות מתחלפות תדירות ודרישות לביצוע בטווחי זמן שלעתיים אינם מעשיים.

יש לעבור ממתן ערכי סף פליטות שונים, ליעדי הפחתה המביאים בחשבון את יכולתה של התעשייה לבצע שיפורים הדרגתיים.

על הממשלה לסייע ביד התעשייה בפעולתה להכרת הציבור בחשיבות התעשייה ובתרומתה לחברה ולכלכלה.

3. הציבור, גופים סביבתיים, האקדמיה והתקשורת

יש ליצור הבנה בקרב הציבור לחשיבות התעשייה ולחשיבות פיתוחה עבור כלכלת המדינה ורווחת הציבור. הדבר מחייב עבודה ממושכת ומתואמת מצד התעשייה. אין פתרון פלא שישנה את דעת הציבור מיידית: יש צורך בפעולת הסברה בתקשורת, בפגישות עם גופים סביבתיים, נציגי הציבור בכלל והציבור המתגורר בשכונות למפעלים בפרט, במהלך תקופה ארוכה כדי לשנות את ההתייחסות. יש להגיע לשיתוף הציבור (על מוסדותיו השונים), הגופים הסביבתיים והאקדמיה כגוף מקצועי ומדריך, בהתוויית הכיוונים לפיתוח התעשייה ולבקרה על מניעת פגיעתה בסביבתה. (ניתן להקים ועדות משותפות בצמוד למחוזות המשרד או בצמוד לרשויות מקומיות).

לאקדמיה תפקיד חשוב בחינוך מהנדסי כימיה מצד אחד ומהנדסי סביבה מצד שני, אלא שכיום מתבצע הדבר במסגרת פקולטות שונות עם מעט מאד הפריה הדדית; זו עשויה להביא להצגת בעיות הענף בצורה מאוזנת ויסודית בפני הלומדים באקדמיה כמו בפני הציבור הרחב. אפשר וצריך לתקן ולשפר!

4. אכיפה

יש להגיע למערכת אכיפה ברורה, קשיחה ובעלת תגובה מהירה, המתבססת על מערכות מסודרות כמצוין לעיל.

5. מיקום פיסי של התעשייה הכימית, אזורי תעשייה ותשתית

כאמור בתחילת הדו"ח, אין בתכנית המתאר הארצית תמ"א 35 איתור מספק לאזורי תעשייה כימית. ישנם "אזורי תעסוקה" המאפשרים לכאורה קיום-יחד של תעשייה, מסחר ואפילו בתי אבות. למעשה, מבחינת תכנית המתאר הנוכחית, צפוי חיכוך מתמיד בין התעשייה למשתמשים האחרים, דבר המביא לחוסר יציבות של התעשייה במקום, במיוחד תחת הלחץ הפופוליסטי של העיריות ודעת הקהל. יש הכרח בשיפור המצב על ידי תקנונים מתמחים לאזורי התעסוקה השונים.

אזורים קיימים:

1. מפרץ חיפה. מדובר באתר התעשייה הפטרוכימית אליו יתווספו כ 1000 דונם ממזרח לו,
2. רמת חובב,
3. מישור רותם,
4. איזור אשדוד.

לכל אחד מהאזורים האלה יתרונות וחסרונות: הקרבה למגורי אדם היא הקריטריון בעל המשקל הכבד ביותר בדעת הקהל, אבל לאופייניים כמו כיווני רוח, הסמיכות לאקוויפרים ואפיקי מים וכן למוצא אפשרי לשפכים מנוטרלים ומטופלים (תמלחות) יש חשיבות אובייקטיבית רבה.

יציין כאן שהאתר היחיד במדינת ישראל בו מתקיים כיום סילוק תמלחות בצורה מסודרת ומקובלת על כל הנוגעים בדבר, כולל השלטונות ואזרחי הסביבה, הוא מישור רותם שבנגב, שתמלחותיו מוזרמות בצינור פוליפרופילן לים המלח, בצורה מפוקחת וממוסדת. תכנית האב של אותו אתר כוללת גם הקצאת שטח ניכר לתחנת-כוח פרטית (האחים עופר זכו במכרז, אבל למיטב ידיעתנו לא התחילו בעבודות כלל), שתתבסס על קו הגז הטבעי האמור להגיע לסדום בשנת 2007 ותוכל (עקרונית), אם יוחלט על כך בזריזות ויינקטו מבעוד זמן הצעדים הפורמאליים הדרושים) לשמש גם מוקד לאיסוף וניטור השפכים המטופלים של המפעלים, כולל מפעלי דימונה, השבה מרבית ובמידת ההיגיון הכלכלי של מי-תעשייה (משאב חיוני המצוי בחסר!) מהשפכים והקזת העודפים לים המלח בצינור הקיים ובאלה שיצורפו לו; וכן מקור לאספקה מרכזית של קיטור תעשייתי למפעלים הקיימים במישור רותם, ואלה שניתן לבנות עוד באתר רחב הידיים הזה, אשר נראה לנו מתאים ביותר להוות מודל מוצלח לאתר פיתוח של התעשייה הכימית בישראל (הצהרה ממשלתית עקרונית בכיוון זה נשמעה לאחרונה, אבל איננו יודעים עדיין מה משמעותה המעשית...).

תשתיות לאזורים השונים

בכל האזורים הנ"ל קיימת תשתית של אספקת מים, חשמל ודלק. כמו כן מתוכננת תשתית לאספקת גז לכל האתרים.

כל האתרים מרושתים ומשורתיים על ידי קווי תחבורה יבשתית נאותים. עם השלמת אתר הרכבת ברמת חובב, יש אליהם גם הובלה רכבתית.

בכל האתרים (פרט למישור רותם) חסרה תשתית מוסכמת לסילוק פסולות, ובעיקר סילוק שפכי תעשייה.

נחזור ונאמר: לא ניתן לקיים תעשיית כימיה, או מזון, או מתכת וכו' ללא פתרון לסילוק שפכים.

שפכים רעילים חייבים להיות מופרדים במקורם, לצורך טיפול במפעל ו/או סילוק מוסדר לאתר פסולת רעילה. שפכים מהולים מחייבים טיפול וטיהור על ידי המפעל או במסגרת התארגנות קשיחה וברורה של מספר מפעלים עד לרמה המאפשרת סילוק למתקן ביוב עירוני או לים. סילוק לים ניתן לשקול בחיפה, אשדוד ואפילו ברמת חובב. פתרון זה מחייב ניקוי השפכים לרמה בה עיקר החומר המומס יהיה מלח שאינו מסכן את איכות המים בים (אבל אסור שיגיע למקורות מים מתוקים או מליחים). מתחייבת מערכת טיפול מוקדם, ניטור וכמובן הסכמה של הגורמים הרלבנטיים. יש לקבוע בהקדם את העיקרון כי ניתן לסלק שפכים לים ולקבוע לכך תקנים מתאימים (ראה בנספחים לפרק המלא); לא ניתן לקיים תעשייה תחת עקרון של אפס פליטות (כמו שלא ניתן לקיים אוכלוסיה ללא פליטות). פתרון האידוי בבריכות בעייתי בכל מקרה, ובוודאי מחייב סילוק רכיבים פעילים ביולוגית לפני כן. כמו כן ברורה החובה של סילוק השארית כפסולת מוצקה. ריכוז השפכים האלה בתחומי המפעל על-ידי אידוי חלקי של תכולת המים שלהם באמצעים תעשייתיים יקטין את מימדי בעיית הפינוי שלהם, תוך מתן פתרון חלקי למחסור המתמיד במי תעשייה.

קיימת הבעיה של פליטת גזים; הוברר כי הגישה של מיקום התעשייה רחוק מיישובים כדי לאפשר פליטה של גזים מסוכנים ו/או מטרדנים, אינה ישימה בשום מקום ובוודאי לא במדינה צפופה כישאל. על כל מפעל לאמץ טכנולוגיות מתאימות למניעת פליטת גזים כאלה.

מרחק איזור התעשייה משימושי קרקע אחרים

בעיית הריחוק בין התעשייה לשימושי קרקע אחרים נובעת מבעיות אמיתיות של זיהומי אויר ומים, וסיכון במקרים של תקלות בלתי נשלטות. בנוסף קיימות בעיות הנובעות מהתנגדות רגשית של הציבור, התנגדות שניזונה ממפגעי העבר.

בארצות המפותחות, קיימת תעשייה כימית בצמידות לריכוזי אוכלוסיה כשכמעט ולא קיימים מטרדים: ערים קמו וגדלו מסביב למוקדי פרנסה, כולל תעשיות כימיות, והדו-קיום נמשך כיום, לתועלת כל הצדדים והכלכלות הלאומיות. אין שום סיבה בעולם שרמת טיפול ואחריות הדדית כזאת לא יתקיימו בישראל ואין שום הצדקה לפשרות בעניין זה.

יחד עם זאת יש להבטיח מרווח שטח ומרחק מספיק בין התעשייה לבין שימושי קרקע אחרים. מרווח זה ייקבע על סמך סקר סיכונים שיערך לכל איזור תעשייה בנפרד, והוא יוכל השתלב בתכנון "הריאות הירוקות" להן זכאי בימינו כל ישוב אדם...

ה. המלצות לפעולה

1. הממשלה תקבל החלטה ברורה ואופרטיבית התומכת בקיום וקידום התעשייה הכימית בישראל.

מחליטים:

- (1) לאור תרומת התעשייה הכימית למאזן התשלומים של ישראל, לרווחת המדינה ולהגברת התעסוקה, יש לסייע לקיום התעשייה הכימית ולפיתוחה.
- (2) לכל מפעל יוגדר סל דרישות ותקנים סביבתיים מחייבים.
- (3) מפעלים חדשים לא יוקמו ולא יופעלו ללא קיום תנאים אלו.
- (4) מפעלים קיימים יידרשו לעמוד בתנאים הסביבתיים תוך ל"ז מוגדר ואפשרי למימוש התנאים. יש לשקול פעילות אכיפה נמרצות.
- (5) התנאים הסביבתיים שיקבעו למפעלים יהיו בתוקף למשך תקופה של 10 שנים מיום הוצאתם.
- (6) הדרישות הסביבתיות ולוח הזמנים למימושן יוגדרו על ידי ועדה בין משרדית שתמונה במשותף על ידי השר לאיכות הסביבה ושר התעשייה. חברי הוועדה יהיו נציגי משרדי הממשלה, נציגי התעשייה ואנשי אקדמיה.
- (7) עלות מימוש הדרישות הסביבתיות תוכר כהוצאה לצרכי יצור ולצורך מס ולצורך מענקים במידה והגברת היצור (כתוצאה עקיפה של שיפורי התהליך) תצדיק זאת.

2. יקבע תקנון לאזורי תעשייה (אזורי תעסוקה), המגדיר ומאפשר הקמת תעשייה כימית.

התקנון יכולול הגדרת שימושי קרקע מותרים מלבד תעשייה בתוך איזור התעסוקה. כן יוגדרו המרחקים בהם אסורה פעילות אזרחית (מגורים, בתי ספר לסוגיהם, מעונות ואזורי מסחר קמעונאי). מרחקים אלו יוגדרו לאור סקר סיכונים שייערך לכל איזור.

3. על בסיס זה, ייקבעו ויוגדרו במפורש האתרים בהם יתאפשר הפיתוח של תעשיות "מזהמות", כולל (אבל לא רק, כפי שהוסבר בפרק הראשון) תעשיות כימיה. בתכניות אלה יוגדרו מראש שטחי הקרקע, עקרונות המשק האופטימאלי של אנרגיה ומים באתרים על-פי האינטרס הלאומי, האמצעים והמתקנים שיידרשו לטיפול בפסולות ובשפכים של המפעלים (כולל אפשרויות הפינוי הכלכלי של עודפי השפכים המטופלים) לפי מיטב הידע המעודכן הקיים למועד קבלת ההחלטות.

4. על התעשייה להקדיש אחוז משמעותי מתקציבה לקידום הקשרים עם הקהילה. כן תפעל התעשייה בהסברה ופרסום לגבי תרומתה לחברה ולכלכלה ולגבי הפעילויות בהן היא נוקטת למניעת נזקים ולעמידה בתקני איכות הסביבה.

5. התעשייה מיוזמתה תקים צוותים ללימוד הטכנולוגיות הקיימות ומתפתחות בארצות המתקדמות למניעת נזקים סביבתיים, תוך הגדרת מטרות לעמידה בתקני התעשייה בארצות אירופה המערבית. פעילות זו תתקיים במסגרת ארגוני התעשיינים ובקשר עם משרדי הממשלה וארגוני אזרחים.

6. המשרד לאיכות הסביבה יאכוף בקפדנות ובצורה עקיבה את התקנות הסביבתיות לגבי התעשייה.

מדיניות לאומית: למה גוף משותף לממשלה, אקדמיה ותעשייה צריך לעסוק בתכנית

לאומית לענף הכימיה? (תקציר)

א. למה כימיה?

כדי לעמוד על משקלה המכריע של הכימיה בכלכלת ימינו, יביט כל אחד מאתנו סביבו וינסה למצוא פריט אחד – מזון ולבוש ובניין ורהיט וכלי בית ותרופה – שהגיע אליו "ישר מן הטבע", ללא עיבוד, קל או כבד, בתהליך כימי כזה או אחר. אפילו הפירות והירקות הטריים שעל שולחנו דושנו, רוססו וחוטאו, והם נשמרו במקרר (בעזרת רפריג'רנטים!) לפני שהגיעו לשולחן...

לפעמים, כמו במקרה הפרטי של הרפריג'רנטים (CFC), וויקס ו-DDT, מתברר שהברכה של המוצרים הכימיים בטווח הקצר גוררת קללה בטווח הארוך; אבל ערנות הציבור מצד אחד, וכושר הלמידה, ההמצאה, ההסתגלות והתיקון העצמי של התעשייה הכימית מהצד השני, רק הולכים ומעמיקים את חשיבותה בכלכלת כל מדינה מודרנית, ובחיי כל אחד מאזרחיה (כולל "הירוקים" שבהם...).

בעבר, עד שנות השבעים של המאה הקודמת, ענף הכימיה היה החשוב בין ענפי התעשייה הישראלית, הן מבחינת ההיקף והן מבחינת התרומה לתוצר. בשנות השבעים השתנתה התמונה: אלקטרוניקה וענפי היי-טק עלו לגדולה. יחד עם זאת, ענף הכימיה נותר חשוב, רווחי, תורם להכנסה הלאומית, ומנצל היטב את אוצרות הטבע הלא-רבים של ישראל ואת הרמה הגבוהה של המדענים והטכנולוגים שלה; זאת גם בתהליכים ישראליים מקוריים שפותחו בעבר, כאשר החברות היו בבעלות הממשלה וגופים ציבוריים, אשר ראו כחזון ריאלי את פיתוח התעשייה הכימית בארץ על בסיס אוצרות הטבע והישגי המדע של ישראל.

וכאן עולה השאלה: האם השינויים הללו הנוגעים למיקומו ב"ליגת התעשיות" מצדיקים נקיטת אמצעים מיוחדים ע"י הממשלה?

בדרך כלל - לא. במדינות המנוהלות עפ"י עקרונות השוק החופשי, פעולה כזו נדרשת רק כאשר מתפתחים אינטרסים (ותמריצים) מנוגדים בין ההיבט הציבורי/ממשלתי ובין זה הפרטי, למשל כשהממשל מוצא לנכון לקדם ענפים או תחומי כלכלה חדשים, ואילו הסקטור הפרטי (התעשייה, לענייננו) לא יעשה זאת בגלל שתוחלת הרווחים לדעתו אינה הולמת את רמת הסיכון, או שטווח הזמן הכרוך בכך הוא "מעבר לטווח האופק האסטרטגי" הרגיל שלו: תפקידן של הנהלות החברות הרלבנטיות הוא הרי לטפל בשיפור הרווחיות והמעמד של החברות, וזהו מצב תקין - **אלא אם כן מסתמנת/ות תופעה/ות מיוחדת/ות שניתן ליחס להן חשיבות לאומית.**

בתעשייה הכימית הישראלית אכן מסתמנות מספר תופעות שליליות, כפי שיפורט להלן:

- ניכרים: האטה בהשקת מוצרים חדשים.
- מיעוט שינויים מבניים (פרט להפרטה, שקיצרה מאד את טווח האופק בפעילויות פיתוח).
- מיעוט קליטה של טכנולוגיות חדשות.

- היעדר כניסת חברות זרות והשקעות זרות בענף; (למעט בתחום מוצרי הצריכה הכימיים שאינו נדון בשלב זה במסגרת זו).
- ההוצאות למחקר ירדו אל מתחת למקובל בארצות מתועשות.
- התרומה למשק הלאומי של כלל התעשייה הכימית, יחסית למחזור העסקי, היא מתחת לממוצע הארצי של כלל התעשייה הישראלית (נתוני למ"ס, עד 2002 כולל) וגם של תעשיות דומות בעולם.
- התגברו האיומים להישרדות התעשייה והתפתחותה משיקולי איכות הסביבה, וכתוצאה מכך:
- ירידת התדמית של התעשייה הכימית בציבור הרחב; ומכאן – ירידה מתמשכת (שנראה כי נעצרה לאחרונה, כנראה בגלל המשבר שהיה ב"היי-טק") של העניין בלימוד מכלול המקצועות הרלבנטיים לתעשייה הכימית (ראה פרק "חינוך").
- סכנה גוברת של התחרות מארצות מזרח אסיה.

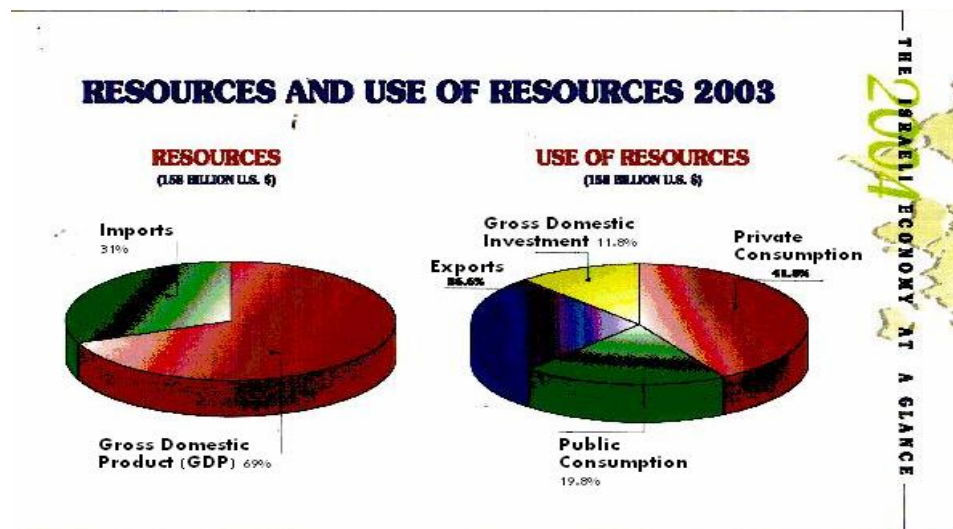
תגובת החברות המובילות בארץ על תופעות אלה משקפת את עניינן במזעור נזקים ומקסום רווחים; למשל: גיוון גיאוגרפי - פניה לייצור במזרח אסיה ו/או במזרח אירופה, רכישת טכנולוגיות (בד"כ ע"י רכישת חברות) כתחליף לפיתוח מו"פ וזירוז כניסה לשוק עם מוצרים חדשים, אימוץ ISO 14000, התמקדות ב"מוצרי ליבה" (Core Business) וגידול חד בהשקעה באיכות הסביבה.

ברור שהעברת השקעות ופעילויות ייצור לחו"ל, תוך שיפור מצב החברות - לא תמיד תואמת את האינטרס הלאומי. על-מנת להביא להתאמת האינטרס הכלכלי של החברות עם האינטרס הלאומי שבמרכזו גידול בתוצר הלאומי, תוך הרחבת מעגל התעסוקה ופיתוח היצוא, **יש לדעתנו לפעול להכנת תכנית-אב** לפיתוח התעשייה הכימית בישראל, כפי שהדבר נעשה במספר ארצות בעולם (אירלנד, סינגפור ועוד); תכנית אשר תמקסם את היתרונות היחסיים של המשק הישראלי. בכך יתאפשרו הכוונה ומיקוד של מאמצי פיתוח התעשייה ותיאום בין שני סוגי האינטרסים החשובים האלה. ספק אם התיאום יוכל להיווצר באופן ספונטאני.

אלו הן הנחות היסוד של פרויקט זה של "מוסד נאמן".

בנקודה זו יש להדגיש שוב, שהאינטרס הלאומי והאינטרס הלגיטימי של החברות הפרטיות לא בהכרח תואמים: חברות עסקיות צריכות להרוויח, לטובת בעלי המניות שלהן; ואילו הממשלה צריכה לדאוג להכנסה לאומית, אשר תספק מקורות כספיים לכל מיני צרכים ושימושים אשר דרושים במשק. חלוקת המשאבים בין השימושים האלה תלויה במדיניות הכלכלית ואינה שייכת לדיון שלנו, אך כל השימושים דורשים אמצעים, וההכנסה הלאומית (המקורות) צריכה לכסות אותם.

בדיאגרמה הבאה ניתן לראות ש-69% של המקורות הזמינים הגיעו בשנת 2003 (ירד ל-65% ב-2004) מהתרומה לתוצר של המשק, והיתר מיבוא אמצעים.



במשק מאוזן הייצוא צריך לשלם את היבוא, אך כל יתר השימושים חייבים להתכסות מהערך המוסף (=התוצר המקומי הגולמי) – או מגיוס כספים מחוץ לארץ בצורה של תרומות ומענקים, הלוואות וכו'. בנוסף, הצרכים גדלים תמיד בגלל הריבוי הטבעי, עליה, צרכי בטחון וכו', ולכן המדינה תמיד זקוקה לצמיחה מתמדת של הערך המוסף ומצפה מהמשק הלאומי שיביא מה שיותר תמ"ג. את זה האחרון, נוכל לחשב לפי הסכום של העודף התפעולי הגולמי (Gross Operational Surplus) של כל הגופים הכלכליים פלוס המשכורות שהם משלמים לעובדיהם; ברור שהמדינה זקוקה למקסימום של המרכיבים האלה.

בניגוד לחשבונות המשק הלאומי, מה שמעניין את התעשייה עצמה הוא **מקסום הרווח הנקי, כלומר העודף התפעולי הגולמי פחות פחת, בלאי, ריבית ומסים**. לכן התעשייה תשתדל שהסעיפים האלה, ובנוסף להם משכורות העובדים, יהיו קטנים ככל האפשר, ויגרעו מה שפחות מהרווחים. לעומת זאת, מקסום הערך המוסף כשלעצמו אינו מטריד את התעשייה.

לפיכך אפשר לצפות, שהמצב האידיאלי מבחינת התעשייה הוא המשך ייצור המוצרים המנוסים והמפותחים, בשוק יציב או גדל, ובמחירים קבועים. אין היא מוקסמת מערך מוסף גבוה, אשר איננו בשבילה פרמטר חשוב, ולעומת זאת היא נזהרת מסיכון והשקעות, הקשורים בהכרח באימוץ מוצרים וטכנולוגיות חדשניים ובלתי-מוכרים לה.

אין זאת אומרת שהתעשייה מתעלמת ממגבלות "מחזור החיים" של מוצרים קיימים, ומהצורך להכניס לשוק מוצרים חדשים: עם הזמן השוק משתנה, מופיעים בו מוצרים וטכניקות חליפיים, ובלחץ התחרות העולמית החברות נאלצות לחדש את סל המוצרים שלהן. באם יוצע להן אז מוצר חדשני המתאים למתכונת המתחלפת בשוק שלהן, סביר שהחברות ישקלו בחיוב את ההשקעה הדרושה כנגד הסיכון. באם בנוסף לכך גורם חיצוני יעזור לחברות להקטין סיכונים, הן עשויות לפנות ביתר רצון לכיוונים החדשים ולמוצרים חדשניים יותר, בעלי ערך מוסף גבוה יותר; עם הזמן מוצרים אלה עשויים להביא להן גם רווח גבוה יותר.

מכאן ברורה החשיבות של תכנית לאומית, שתקבע מטרות וקדימויות בפיתוח התעשייה, כמו את השיטה/ שיטות למימושן, בצורה גמישה המתעדכנת לעיתים מזומנות, תוך ראיית טובת שני הצדדים.

לסיכום: הממשלה תמיד מעוניינת בערך המוסף הגדול ביותר, אך אין היא אמורה לקבל החלטות בעלות משמעות עסקית; החברות העסקיות מעוניינות בעיקר ברווח הנקי, ויקטינו אותו (זמנית) לשם השקעות במוצרים החורגים מהקיים רק באם יש הכרח לחדש את הסל; אבל גם אז יעדיפו כמובן את מינימום הסיכון.

המוצא האידיאלי מניגוד אינטרסים פוטנציאלי זה הוא קידום התעשייה הכימית בעזרת הממשלה: על הממשלה ליצור תנאים כאלה, שלחברות פרטיות יהיה כדאי לפעול לפי האינטרס הלאומי. השאלה היא: באיזה תחומים ובאילו דרכים יכולה הממשלה לפעול כדי שהתמריצים לסקטור הפרטי יקדמו את האינטרס הלאומי?

ב. איך ניתן להגדיל את הערך המוסף?

על מנת להגביר את ההכנסה הלאומית יש להעלות את המחזור של התעשייה במידת האפשר, או את היחס של הערך המוסף למחזור, או את שניהם. אנו נטפל בעיקר בהגדלת יחס הערך המוסף למחזור (יסומן AV/TO), מסיבות שיתבהרו בהמשך.

הידיעה שבענף הכימיה בישראל יחס הערך המוסף למחזור נמוך באופן מיוחד איננה חדשה: לפני 10 שנים פירסם מוסד נאמן את הטבלה המובאת להלן, ממנה נובע שאותו מחזור כספי מביא בארצות מתועשות פי שניים הכנסה לאומית מאשר בישראל. המשמעות היא שמיליון דולר מחזור בכימיה תורם בארה"ב כ- 540,000 דולר להכנסה הלאומית, לעומת ישראל בה התרומה מגיעה רק ל-250,000 דולר.

לצורך ניתוח מה שאפשר לעשות על מנת להגביר את AV/TO, חילקנו את התעשייה הכימית הישראלית ל-4 חלקים, בעלי סדר גודל דומה:

1) פרמצבטיקה (PHARMA); 2) פטרוכימיה (PETRO); 3) מלחי ים המלח (SALTS); 4) אגרוכימיקלים וכימיה בסיסית (AGRO).

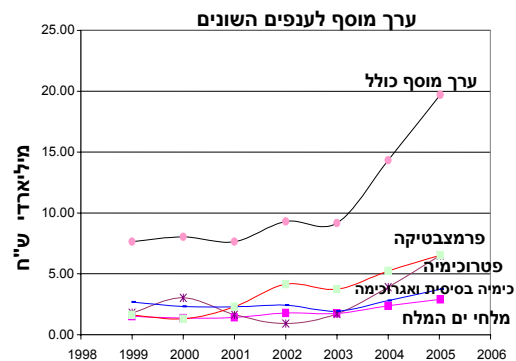
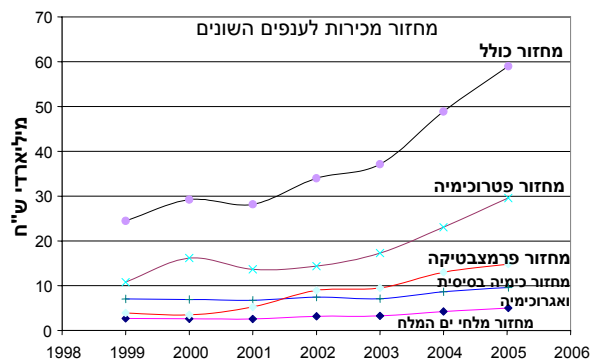
לגבי כל אחד מהם מצאנו את הערך המוסף, את מהלך מחזור המכירות ואת היחס ביניהם, וזאת בשנים 1999 עד 2005 (ל-2005 הוערך על סמך תוצאות חצי שנתיות). הנתונים המתקבלים הוצגו בתרשימים הבאים (פרטים בנספח מס' 1 לגוף הפרק המלא):

TABLE 3
The share of added value in the shipment value
of chemicals (132,133,138)

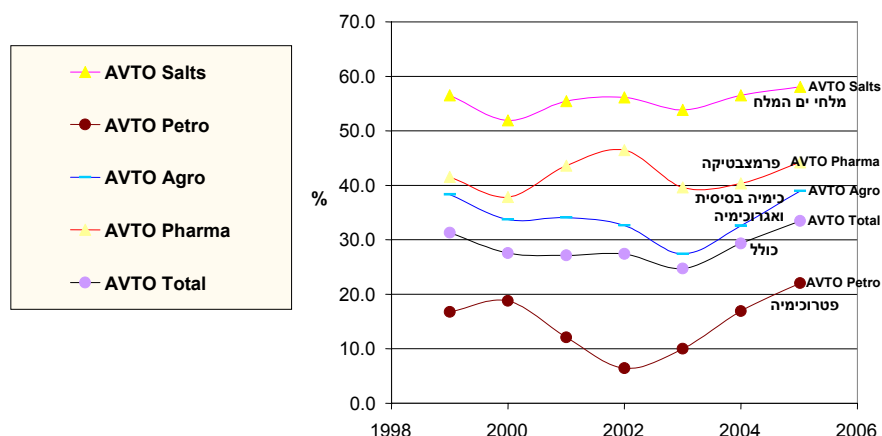
Country	Chemicals added value	Chemical Ratio of shipments	added value to
	\$MMM	\$MMM	shipments (%)
USA	156	288	54
Japan	87	180	48
Germany	56	100	56
France	22	66	33
UK	22	51	43
Italy	17	50	34
China	14	40	35
Spain	9	40	23
Switzerland	9	16	56
S. Korea	6	20	30
Netherlands	7	24	29
Belgium	6	29	21
Denmark	2	4	50
Singapore	1	3	33
Israel	1	4	25

Kehat & Wachs
The Chemical Industry 2000
Neaman Institute 1995

המפתח לגרפים: AV = ערך מוסף, TO = מחזור כספי, AVTO = היחס ביניהם.



יחסי ערך מוסף למחזור באחוזים



העיון בגרף AV/TO מלמד שכל אחד מתת-הענפים של התעשייה הכימית מתנהג בצורה שונה מאד, ולצורך תכנון העתיד אין להסתפק בלימוד הממוצע של התעשייה הכימית (הקו השחור), אשר כמעט לא השתנה במשך 10 השנים האחרונות, מאז שצוטט בטבלה המופיעה בדף 3. על מנת להשליך על ההתפתחות העתידית, צריך לחזות לגבי כל תת-ענף לחוד את קצב גידול המחזור וכן את AV/TO העתידי.

הנחנו ערכים כדלקמן (פירוט ראה בנספח מס' 1 של הדו"ח המלא):

- את הערך של AV/TO נשליך לגבי העתיד לפי הערך הנמדד האחרון, כלומר של 2005.

- את קצב פיתוח המחזור של תוצרת הארץ נקבע לגבי הענפים השונים:

SALTS – 2% לשנה, בגלל מגבלות טכניות וגיאוגרפיות;

PETRO - 3% לשנה על סמך ניתוח של משרד התשתיות;

AGRO – 5% לשנה, תוך התייעצות עם אנשי התעשיות;

PHARMA – 6% לשנה, תוך התייעצות עם אנשי הענף (צוין תחום 6-10%, מתוך זהירות נבחר 6%).

מהסיבות אשר צוינו מעלה, נבדוק את השפעת AV/TO על התכנון הלאומי.

עקרונית יש 3 סוגים של מוצרים אשר לגביהם יחס AV/TO גבוה במיוחד:

(1) כאשר חומרי הגלם זולים במיוחד (למשל אשלג, הקו העליון בגרף, למעלה מ-50%).

(2) כאשר הייצור הוא רב-שלבי, כלומר יש הרבה אינטגרציה אנכית (כמו למשל בתעשיות הכימיות ביפן או בשווייץ).

3) כאשר הגנה פטנטית או אינובטיבית מאפשרת להשיג מחירים גבוהים (מוצרים חדשים, טכנולוגיות חדשות).

חשיבותן של שלוש הנקודות הנ"ל לתכנון לאומי אינה שווה:

1) חומרי גלם משמעותיים, זולים וחדשים, כפי הנראה לא יימצאו בארץ בקרוב (להוציא גז טבעי, אשר יכול להיות מקור לכימיה CI ושורת מוצרים בעלי ערך מוסף גבוה, אך הנושא הזה דורש לימוד נוסף; לכן לא נלקח בחשבון בניתוח הנוכחי).

2) ייצור רב-שלבי: מסיבות שונות אשר לא פה המקום לתארן, קיים בישראל כיוון הפוך: אנו מותרים על חומרי ביניים ומייבאים אותם (ראה מתנול, ויניל-כלוריד והרבה אחרים).

3) מוצרים חדשים, חומרים מוגנים וטכנולוגיות חדישות – כנראה האפשרות המועדפת.

את היתרון הכלכלי הצפוי משיפור AV/TO בדרך זו ניתן להעריך באופן כמותי בשיטה אותה נפרט מיד; אך פה יש להוסיף הבהרה: הערך המוסף הגבוה אינו היתרון היחיד של החומרים החדשים והטכנולוגיות החדשות. יש עוד יתרונות, למשל:

- תמיכה מצד האקדמיה;
- יתרון כוח האדם שלנו במוצרים מתחכמים;
- חדשנות פירושה יתרון (זמני) בתחרות מול המזרח הרחוק;
- אפשרית התפתחות לשימושים ומוצרים חדשים ובלתי צפויים.

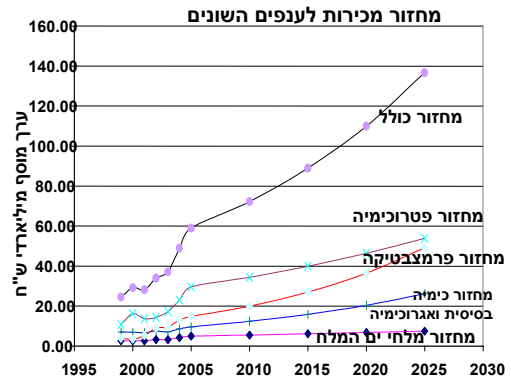
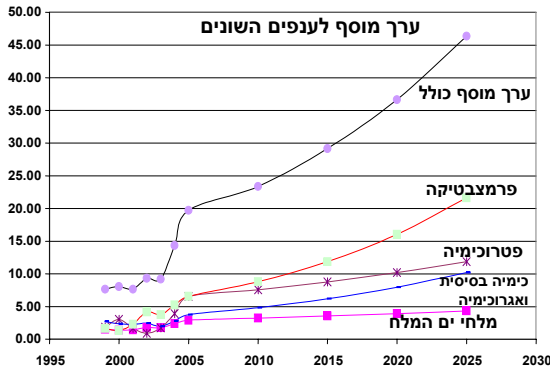
אך נחזור ליתרון הכלכלי: את זה ניתן להציג בצורה כמותית, בשלושה מהלכים:

1. על סמך נתוני הערך המוסף (AV) של הענפים הנסקרים במשך 6 שנים האחרונות – לבצע אקסטרפולציה עד, נניח, שנת 2025; אין זה מתיימר להיות חיזוי, אלא הדגמה לאן מוביל המודל בהנחות הקיימות ("רצף הגידול").

2. לקבוע על סמך ממצאי ועדת הטכנולוגיות החדשות (ראה בפרק המתאים), אילו טכנולוגיות חדשות עשויות לתרום לייצור מוגבר של חומרים כימיים בישראל (כולל רכיבים כימיים של מוצרים "אקזוטיים"), ומה ניתן להניח לגבי הפוטנציאל שלהן בארץ בשנת 2025, בהנחות אשר עליהן הוחלט במסגרת המתאימה.

3. ההשוואה בין תוצאות AV לפי ברירת רצף הגידול (סעיף 1), עם הברירה לאחר הטמעת הטכנולוגיות החדשות (סעיף 2) תיתן אפשרות להעריך באופן מקורב, אך כמותי את החשיבות הכלכלית של הטכנולוגיות החדשות להכנסה הלאומית.

סעיף 1 לגבי הרצף הגידול האינרציאלי בוצע למעשה וסיפק בסיס להשוואת ברירות לעתיד. האקסטרפולציה, בתנאים המפורטים בנספח מס' 1 לפרק המלא, נתנה ערכים של AV ברצף הגידול האינרציאלי (בלי טכנולוגיות חדשות). להלן מובאים תרשימים ל-AV ו-TO אשר מציגים את התוצאות האלה.



התמונה שהתקבלה היא שקיימת תרומה מרבית לערך המוסף הכימי של תת-ענף הפרמצבטיקה, למרות שפטרוכימיה תורמת יותר למחזור. מכאן ברורה חשיבות הניתוח לפי הערך המוסף והגדלת היחס שלו למחזור (למשל על ידי קידום טכנולוגי), כאשר שואפים למקסימום של ההכנסה הלאומית.

אי לכך בחנה ועדת הטכנולוגיות החדשות רשימת טכנולוגיות, אשר להן סיכוי להתפתח ולהוביל צמיחה משמעותית. עבור חלק מהטכנולוגיות החדשות ניתן למצוא תחזית של המחזורים המצופים בשנת 2025, בעולם ובישראל. בהתאם לכך, במסגרת סעיף 2 סוכם עם ועדת הטכנולוגיות החדשות בראשות פרופ' ששון על טבלה המבטאת את הפוטנציאל אשר יכול להיווצר באם הטכנולוגיות אשר סומנו על ידי הוועדה, אמנם יוטמעו בתעשייה הכימית בישראל (מיליארדי \$ לשנה):

טכנולוגיה	מחזור צפוי בעולם \$ Bill.	פוטנציאל בארץ \$ Bill.	AV אפשרי בארץ \$ Bill.	% הייצור הכימי	AV של ייצור כימי \$ Bill.	AV של ייצור כימי NIS bill.
פרמה וביופרמה	1200 כולל	24 ; מזה "ביו" 8	4.4	100	4.4	19.8
אנרגיה	1500 כולל	15 מזה חדש 5	2.8	66	1.8	8.1
סביבה (סנסורים)	500 חדש	5	2.8	66	1.8	8.1
בטחון פנים (HLS)	300 "	9	5.0	33	1.7	7.7
ננוטכנולוגיה	500 "	10	5.5	33	1.8	8.1
ס"ה	3500	37	20.5		11.5	51.8

* 1 דולר = 4.5 ₪ (סדר גודל, לצרכי התייחסות).

הערות:

1. פרט לפרמה ולאנרגיה, אין בארץ תעשייה של ממש בתחומים אשר צוינו מעלה; לכן את הפוטנציאל בארץ של הענפים האלה יש לראות כפוטנציאל חדש, התלוי בפיתוח הטכנולוגיות הנ"ל. אשר לפרמה, נלקחו בסיכום רק 8 מיליארד \$, מתוך כלל הפוטנציאל של 24 מיליארד; זה נובע בעיקר מהעובדה שבעצם רק ביופרמה מהווה טכנולוגיה חדשה. בתחום האנרגיה, נלקחו בחשבון רק 5 מיליארד \$ של האנרגיה המתחדשת, הנוצרת לפי הטכנולוגיות החדשות.

2. הערך המוסף לגבי כל התחומים חושב לפי AV/TO של 55%. הנתון הזה התקבל מסריקה (לא מספקת!) של פרסומי חברות בעולם העוסקות בטכנולוגיות חדשות, אשר מציינות את טווח הערך המוסף של 50% – 80% מהמחזור. הנחנו את הערך השמרני, המתקיים למשל בפרמצבטיקה קונבנציונאלית.

3. את הערך המוסף, בסך של 20.5 מיליארד דולר לשנה (בשנת 2025), מתוכם 11.5 תרומה לתעשייה הכימיה, (או בהתאם 51.8 מיליארד ₪) יש לראות כהכנסה לאומית נוספת, אשר לא תתקבל באם הטכנולוגיות האלה לא יפותחו!

את התרומה של הטכנולוגיות החדשות למשק הלאומי הכי טוב להציג בצורה גראפית, בתרשים אשר מייצג בצורה מוחשית את שלושת התרחישים האפשריים בתעשייה הכימית הישראלית מנקודת הזמן הנוכחית ועד לשנת 2025:

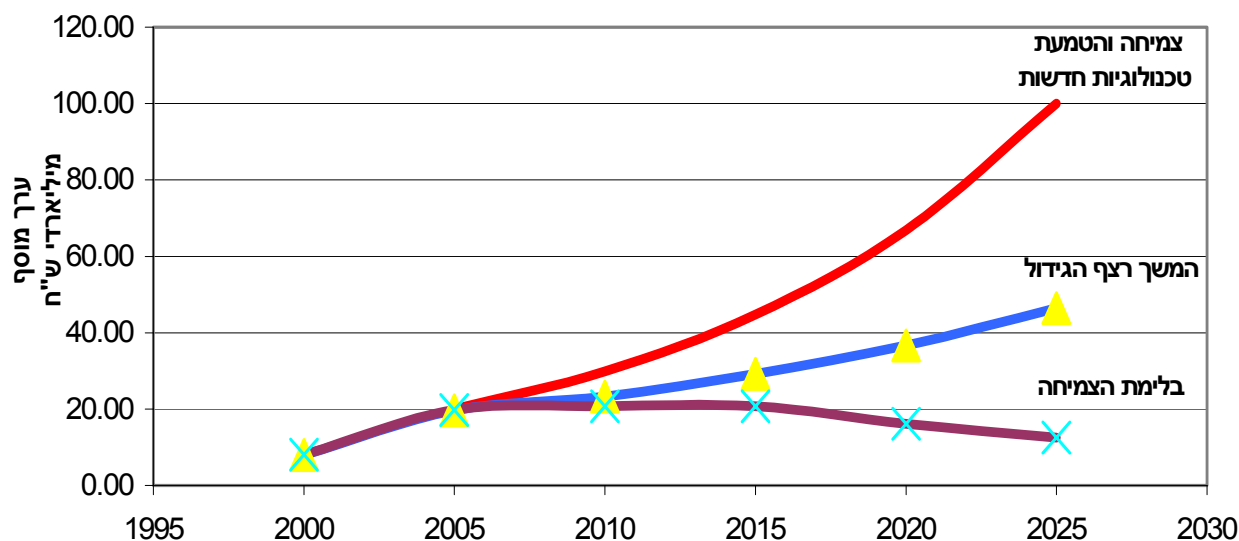
- הקו התחתון (סגול) מייצג את המקרה השלילי, כאשר התפתחות התעשייה הכימית בארץ מופרעת על ידי תנאים מדכאים, אקולוגיים ואחרים, וללא פתרון מוסדר לבעיית התשתיות. זה יביא לניוון התעשייה הכימית או להעברת חלק משמעותי של הפעילות הייצורית שלה לחו"ל; תרחיש כזה עלול להוריד את התעשייה הכימית הישראלית בשנת 2025 לערך מוסף של כ-12.5 מיליארד ₪ לשנה בלבד!

- ההתפתחות האינרציאלית (רצף הגידול) כהמשך של ההנחות הנוכחיות (קו כחול); התרחיש הזה עשוי להביא אותנו בשנת 2025 לסך של 45 מיליארד שקל, תרומה להכנסה הלאומית;

- ההתפתחות האופטימאלית, המבוססת על קליטה טובה של הטכנולוגיות החדשות בתעשייה הכימית (לפי טבלת הועדה לטכנולוגיות חדשות) – **התפתחות זו עשויה להביא להכנסה לאומית של 99 מיליארד שקל לשנה מן התעשייה כימית עצמה (הקו האדום);**

בהמשך הפרק הנוכחי נעסוק בכך, איך אפשר לעלות מהענף המרכזי (הכחול) של התרשים לענף האדום (המאופיין בהיי-טק); אך לא פחות חשוב, ואולי יותר דחוף, לדון בכך איך למנוע הידרדרות מהענף המרכזי לענף התחתון, ובכך למנוע את ההפסד המיותר של כ-33 מיליארד ₪ לשנה לעומת המצב האינרציאלי! על כך נדון בפרק המוקדש למדיניות הסביבה.

שלושה תרחישים אפשריים



ג. מגבלת החיסרון לקוטן:

מוצרי תעשייה אינם נוצרים מאליהם: בני אדם מייצרים אותם, ומחזור המכירות (הממוצע) לעובד מהווה את אחד האינדיקטורים היותר חשובים לחוסנה של התעשייה הרלבנטית. המספרים בתעשייה הכימית כאן נמצאים (סדר-גודל) בתחום \$100-500,000 לעובד לשנה; התעשיות היותר מתוחכמות, במפעלים היותר משוכללים וחדשים, נמצאות בקצה העליון של תחום זה.

מכאן נובע שכדי להוסיף מחזור של 1 מיליארד (ביליון) דולר לשנה, על התעשייה הכימית המתחכמת לגייס (סדר-גודל) כ-2000 עובדים חדשים בעלי השכלה מתאימה; עובדה זו יוצרת גבול עליון לתכניות ההתפתחות של התעשיות המתקדמות, בארץ קטנה כמו ישראל (אבל לא בהודו או בסין!), ומכתיבה יתר תחום ובררנות בהגדרת תחומי הפיתוח המועדפים.

היא מכתיבה גם תכנית פעולה אגרסיבית של חינוך ולימוד המקצועות התומכים בטכנולוגיות המובחרות (על כך בפרק על חינוך), וכן יצירה (יחד עם התעשייה הרלבנטית) של תנאי עבודה אטרקטיביים.

ד. איך ניתן ליישם הטמעת טכנולוגיות חדשות בתעשייה הכימית בישראל?

עקרונית, קיימות שלוש אפשרויות לשילוב הטכנולוגיות החדשות בתעשייה הישראלית:

1. עידוד הקמת שלוחות של חברות בינלאומיות שיפתחו פה מרכזי מו"פ, וימשיכו עד לשלב הייצור בארץ; השיטה עבדה בארץ יפה במיקרו אלקטרוניקה ולא כך בביופרמה (ראה מקרה אינטרפרם); האירים הצליחו בה מאד, עד לשלב מסוים.

2. תמיכה במחקר ובשילבים ראשונים של הפיתוח במסגרת חממות ומיזמי "קרקע בתולה".

3. מינוף הטכנולוגיות החדשות על ידי התעשיות המקורבות לנושא ופעילות בארץ.

אנו גורסים שהדרך השלישית היא היעילה ביותר, מהסיבות הבאות:

- היום קשה יותר למשוך ארצה חברה זרה מאשר בעבר; אמנם יש לנו עדיין גיבוי אקדמי מרשים, אך קיימים בעולם עוד כאלה; וגם אם יבואו חברות זרות, ספק אם ירצו להמשיך בפיתוח עד לייצור בארץ, כי בניגוד לאחרים אין אנו יכולים להבטיח שוק גדול, מקומי או אזורי, או כוח עבודה זול.
- מחקר מוצלח בחממות (אשר הומלץ בעיקר בנושאים ביוכימיים) נתקל לרוב בקשיים בשלבי הפיתוח לקנה-מידה תעשייתי, בגלל חולשה יחסית בביו-הנדסה, וגם בניהול. באם הבעיה נפתרת בעזרת שותף בינלאומי, אין בדרך כלל סיבה למה לא יוציא את הייצור לחו"ל.
- התעשיות המקומיות צריכות לכאורה להיות מעוניינות בדרך השלישית, אשר עשויה לשפר את תרומתן להכנסה הלאומית ולדחות את "הזדקנותן". הצרה היא שהנימוק הזה לרוב אינו כלול בשיקולי החברה, המעוניינת בראש וראשונה ברווח הנראה לעין, כפי שכבר הסברנו; ואילו בשיקולים הממלכתיים הבודקים את התרומה להכנסה לאומית זה כן צריך להיות שיקול חשוב ממדרגה ראשונה, ויש למצוא את הדרך לשכנע את החברה התעשייתית בכיוון זה.
- עם זאת, יש לציין את העובדה שבארה"ב התפתחו הטכנולוגיות החדשות גם בעסקים קטנים ובינוניים, המרוכזים בעיקר סביב האוניברסיטות הטכניות של בוסטון וקליפורניה, ובעזרה מכרעת של חוק BAYH – DOLE (ראה בדו"ח המלא); כלומר אחרי התערבות ממשלתית, שהיא תופעה נדירה בארה"ב!
- לכן אין לפסול את עידודן של תעשיות קטנות ובינוניות ואף חברות הזנק, שכן חברות אלה מצטיינות ביכולות חדשנות והמצאה גבוהות יותר מחברות מסורתיות גדולות. חברות הזנק שיגיעו לפריצות דרך טכנולוגיות בתחומים החדשים תוכלנה להירכש בעתיד על ידי החברות הגדולות. לפיכך תכנית מפורטת של יישום טכנולוגיות חדשות צריכה לשקול את כל האפשרויות אשר הוזכרו מעלה.

על סמך השוואה עם ארצות אחרות, נראה לנו שהמצב יכול להשתפר עד מאד באם תופעל **תכנית לאומית בעלת חזון, אשר תמליץ ותעזור לחברות גדולות בארץ להיכנס לחידושים וטכנולוגיות חדשות** (זאת בתנאים המתאימים), או תמשוך חברות נוספות לעיסוק בכימיה. בתרחיש מתאים, ניתן על ידי אקסטרפולציה להשוות את מצב המשק העתידי, תחת שתי אלטרנטיבות - עם הפעלת התכנית הלאומית, לעומת ברירת המחדל - עסקים כרגיל. זאת הדגמנו לעיל.

באם הדבר יוכר כניתן ליישום, צריך לבצע שני שלבים נוספים:

- הכנת המלצה לגבי כל אחת מהטכנולוגיות החדשות, איך לקלוט אותן במסגרת התעשיות הקיימות, או בעידודן.
- יצירת מסגרת מעקב, אשר תוודא את ביצוע השלבים האלה.

ה. הועדה לתכנון לאומי

תכניות לאומיות, יפות והגיוניות וברורות ככל שיהיו, אינן מתבצעות מעצמן. כמו-כן, ביצוע מוצלח של תכנית לאומית אינו יכול להיות מוגבל ע"י תוחלת התפקוד של ממשלה (ו/או כנסת) אשר במסגרת הקדנציה שלה/ן נוצרה ואושרה התכנית.

עובדה עגומה זו מכתובה יצירת גוף מקצועי א-פוליטי, אשר ישקוד על ביצוע התכנית ועדכונה המתמיד ("אופק מתגלגל"), בהתאם לנתונים המשתנים בהתמדה, בארץ ובעולם. מחוסר הגדרה מוצלחת יותר, יכונה גוף זה להלן "הועדה לתכנון לאומי".

במידה שדבר כזה אפשרי, לוועדה זו לא יהיו אינטרסים אנוכיים (א-פוליטית כבר אמרנו). השיקול היחידי שלה יהיה החזרת טכנולוגיות חדשות לשם הוספת נקודות חוזק נוספות לתעשייה הישראלית ולשם הגדלת ההכנסה הלאומית.

אין "רצפט כללי" לפעולה כזו, עליו אפשר להמליץ לממשלה ולתעשייה.

נראה לנו שהסדר הנכון של פעולת הועדה הוא כדלקמן:

- לאמץ את הרשימה המומלצת של הטכנולוגיות חדשות;
 - ההמלצות צריכות לכלול את הערכת היקף היעד בארץ ואת שיטת היישום;
 - על אלה האחרונות צריכים לדון בפורום הרחב ביותר, לגבי כל טכנולוגיה בנפרד, בנוכחות מעבד הנושא, אנשי מדע וטכנולוגיות רלבנטיות, וכן אנשי תעשייה אשר עשויים להיות מעוניינים בנושא. עירוב של התעשייה בשלב זה, גם אם בתור שומע חופשי, נראה לנו הכרחי.
 - לגבי כל טכנולוגיה בנפרד יש לקבוע איפה צוואר הבקבוק מבחינת היישום: בפיתוח המדעי (מעבדתי), הטכנולוגי או המסחרי. קביעה זו נחוצה, כי בכוחה לקבוע את ההמלצה על דרך היישום (אשר לפעמים יכולה להיות גם מעורבת): כאשר צוואר הבקבוק הוא בפיתוח המדעי – הפעילות צריכה להתרכז במוסדות אקדמיים או חממות; כאשר צוואר הבקבוק הוא בפיתוח הטכנולוגי – במגנטים או (רצוי יותר) באזורי פיתוח מיועדים; ובאם הבעיה היא בעיקר מסחרית (אפליקטיבית) – נחוץ יזם או ראש תחום עסקי אשר יוביל את הפעילות.
 - בנקודה הזו, כאשר תכנית הפעולה מותווית בקווים כלליים, מגיע הזמן לעירוב יישומי של התעשייה. המקרה האופטימאלי הוא, כאשר חברה תעשייתית קיימת ומבוססת משתכנעת, בגלל ראיית העתיד, לאמץ את הפרויקט ונכנסת למו"מ עם הממשלה על תנאי התמיכה. מבחינה טכנית, הדבר יכול להתבצע בכל אחת מהצורות המוזכרות בנקודה הקודמת, וזאת בהתאם לצרכי הפרויקט.
- במקרים פחות מובהקים, פעולת הפיתוח יכולה להתחיל בלי התקשרות מראש עם חברה גדולה, ע"י מימון המדען הראשי, תוכנית מגנט"ט או מיזם של הממציאים, אבל תמיד בקשר של אינפורמציה ותמיכה עם תעשייה או תעשיות רלבנטיות.

- כאשר מגיע השלב של יישום ומסחור, התקשרות עם חברה רצינית הפועלת בארץ מומלצת ביותר. אמנם היו בעבר מקרים של פרויקטים אשר הגיעו לשלב יישום (מדובר בכימיה וביוטכנולוגיה) מתוך מיזמים קטנים או בינוניים, אך במקרה של הצלחה רובם ככולם "זלגו" לחוץ לארץ, ולא הגיעו פה להיקפים שהיו משמעותיים עבור כלכלת המדינה.

תנאי הצלחה

- יש מספר תנאים להצלחה של הסכימה אשר הובאה בפרק הקודם, ואשר מתקיימים כעת רק באופן חלקי:
 - הבנת הממשלה, שכניסה הטכנולוגיות חדשות היא לטובת ההכנסה הלאומית ולכן ראוייה לתמיכה, וזה משתי סיבות:
 - (1) המוצרים המופקים בעזרת הטכנולוגיות החדשות הם בעלי ערך מוסף יותר גבוה, ובמידה וישתלבו בתעשייה הקיימת, יעלו את רמת תרומתה לתוצר הגולמי; זה, כפי שפורט בחלק הראשון, צריך להוות תמריץ לממשלה.
 - (2) כניסה לטכנולוגיות וענפים חדשים, ובפרט כניסה מהירה, יכולה להיות אפקטיבית גם בהגנה בפני המתחרות מן המזרח.
 - הבנת התעשייה, (אשר אמנם אינה מתרשמת מהערך המוסף), שהטכנולוגיות החדשות יכולות להוות הבטחה לרצף גידול חלק בעתיד, כאשר צריך יהיה לרענן ולשדרג את סל המוצרים. אמנם יש בזה סכנות ועלויות, אבל כיוון שהממשלה צריכה להיות מעוניינת בנושא (דווקא בגלל הערך המוסף) – יש מקום לדון בעזרתה.
 - הבנת הממציאים, אשר מעוניינים למכור את הידע אותו פיתחו, ופוזלים לחו"ל, שיש סיכוי סביר לקיצור הדרך – על ידי מימוש בארץ דווקא.

1. לסיכום

הוסברה המוטיבציה של הממשלה, בעד פיתוח טכנולוגיות חדשות בתעשייה המקומית לצורך מקסום ההכנסה הלאומית, לעומת רתיעת התעשייה הכימית הישראלית מפיתוח טכנולוגיות חדשות ובלתי-מוכרות לה, על חשבונה ובסיכון שלה.

כדי להיחלץ מניגוד אינטרסים זה, חשוב שהתעשייה תכיר בקיום מוטיבציה לאומית כנ"ל; יש למצוא את הדרך ליצירת התאמה בין מטרות שני הצדדים לדיאלוג זה, באמצעות תכנית לאומית לעידוד הפיתוח ולהכוונה בתחומים הנבחרים.

באם לתעשייה יהיה ברור שמוטיבציה לאומית כזו קיימת, יהיה יותר קל להגיע לתוצאות במקרים גבוליים.

כמובן שבמקרים כאלה שני הצדדים צפויים לבוא עם יוזמות לסידורים מתאימים, כך שבסופו של דבר הטכנולוגיות החדשות ייקלטו, לטובת ההכנסה הלאומית והתעשייה עצמה.

סביר שקיומה של ועדה לתכנון לאומי של קידום התעשייה יכול לסייע לפתרונות במקרים האלה.

מדיניות היישום של המדיניות

יישום המדיניות חייב להתמקד בו-זמנית בכל שלוש גזרות התשתית שצוינו על-ידי הצוות השונים:

1. פתרון בעיות איכות הסביבה והתשתיות התעשייתיות.
2. הפיכת התעשייה הכימית לשותף חשוב בקליטת הטכנולוגיות החדשות שצוינו.
3. שיפור החינוך וההוראה של מדעי הכימיה של כל הגילאים, ושדרוג ההשקעות בתחום זה.

כיצד להתחיל ואיך להיות אפקטיביים? צריך -

1. להחליט על מדיניות לאומית תומכת בתעשייה הכימית ולהציב לה יעדים כמותיים ארוכי טווח במסגרת תכנית ברורה.
2. להגיע להבנה לאומית של שותפות במימוש המדיניות והתכנית הנגזרת ממנה בין שלושת הגורמים – ממשלה, תעשייה, אקדמיה.
3. למנות וועדה למדיניות לאומית שתהיה גוף פעיל מנחה ומכוון, שבה יהיו מיוצגים התעשייה, הממשלה והאקדמיה. בראשה יעמוד מנהל שיהיה מופקד על פירוט המדיניות והכוונת ביצועה הלכה למעשה. הוועדה תהיה אחראית לבדוק ולוודא שהמדיניות מתבצעת, מתעדכנת פעם בשנה לפחות ושכל הגורמים מתואמים עם התכנית. עבור כל טכנולוגיה חדשה תוקם וועדת יישום שתלווה את הטמעתה בתעשייה; מומלץ שבראשה יעמוד תעשיין.
4. מרב התקציבים שיידרשו לנושא ינוהלו על ע"י הגופים האחראים בממשלה, כל אחד בגזרתו, ועיקר תרומת ההיגוי הלאומי יהיה בהצבת סדרי קדימויות ובתמרוץ האינטגרציה בין כל גופי הממשלה, התעשייה והאקדמיה. תיבנה הערכה מפורטת של התוספות הנדרשות לחינוך ולתשתית.
הערכת הוועדה לכיוונים חדשים הייתה שיידרשו כ- 3000-5000 מיליוני דולר במהלך 20 השנה הבאות, או כ 150-250 מיליון דולר לשנה כדי לממש את מלוא הפוטנציאל הלאומי שהוצג בתחום זה. חלק מהתקציב קיים היום בתקציבי המחקר הממומנים בעיקר ע"י המדען הראשי במשרד המסחר והתעשייה, אך יידרשו הגדלה ושינוי במדיניות העדיפויות.
5. חשוב שבעת מימוש מדיניות הוועדה היא תתחבר למערכים ניהוליים קיימים, הן בנושאי איכות הסביבה, הן בנושאי החינוך והן בעידוד התיעוש של הכיוונים החדשים. בין השאר יוזכרו מדיניות ה-responsible care שמנהלת התעשייה בשת"פ עם גורמים בינלאומיים (ISO וכיו"ב) וחלק מהארגונים הירוקים, תוכנית החממות, תוכנית המגנט, הוועדה לתאום ההשכלה הגבוהה, המועצה הלאומית למחקר ופיתוח, המועצה התעשייתית

שהוקמה לאחרונה, ועדת המקצוע והפיקוח על הכימיה ועוד. כולן תוכלנה להיות לעזר,
אם התעשייה הכימית תחובר אליהן כחלק מתוכנית המימוש בישראל.



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
טל. 04-8292329, פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.neaman.org.il