

# החינוך ההנדסי בבית הספר התיכון בארה"ב

ירון דופלט, המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים, קריית הטכניון, חיפה

yarondoppelt@gmail.com

## תקציר

מהן המגמות בפיתוח חינוך הנדסי בארצות המפותחות ובארצות המתפתחות בעולם? מה מקומו של חזון החינוך ההנדסי בארצנו? שאלות אלה נמצאות כיום בראש מעייניהם של מורים המובילים את החינוך הטכנולוגי בבתי הספר בישראל, אך קולם אינו נשמע וקובעי המדיניות החינוכית משנים אותה כמעט כקצב החידושים הטכנולוגיים בעולם. מאחר שבארה"ב קיימת מסורת, לפיה אין תוכנית לימודים אחידה לכל 50 המדינות, ומאחר שקיימים רק מספר מצומצם מאוד של מקצועות חובה וכל היתר הוא בגדר בחירה, בחרתי לסקור בתמציתיות דווקא את הנעשה בארה"ב. סקירה זו עשויה להאיר באור חדש את הכיוונים האפשריים לקובעי המדיניות בארצנו, מתוך תקווה להחזיר עטרה ליושנה, וכדי לא לפגוע בחוסנה החברתי והכלכלי של מדינת ישראל בעתיד.

## מטרות החינוך הטכנולוגי בעולם

לפי צוגה (Zuga, 1989), מחשובי החוקרים של החינוך הטכנולוגי בארה"ב, מטרות החינוך הטכנולוגי כוללות: לימוד אינטגרטיבי של תחומי ידע שונים (Integration of Disciplines), לימודי הכשרה מקצועית כדי לאפשר תעסוקה מכובדת (Career and Vocation), צריכה ביקורתית (Critical Consumerism), פיתוח מיומנויות (Skills Development), ושילוב בין תעשייה וטכנולוגיה (Industry and Technology). למרות שהמאמר פורסם כבר בשנת 1989 בחרתי לפתוח איתו את הסקירה הנ"ל כי הוא מבהיר את המטרות של חינוך טכנולוגי. צוגה ממשיכה ומפתחת את המטרות לכיוון תכנון תוכניות לימודים בחינוך הטכנולוגי. היא קובעת, שמבחינה אקדמית יש להעריך את ההתפתחות של התעשייה והטכנולוגיה ומבחינה טכנית יש לפתח מיומנויות, ידע וכושר להשתמש בכלים, טכניקות, ומשאבים של מערכות טכנולוגיות, מבחינת פיתוח אינטלקטואלי יש לפתח מיומנויות של חשיבה יוצרת פתרונות לבעיות עכשוויות ועתידיות של החברה באמצעות אמצעים טכנולוגיים, מבחינה חברתית יש ללמד ערכים של השפעה של טכנולוגיה ותעשייה על החברה, ומבחינה אישית יש לאפשר לכל לומד לפתח את הפוטנציאל האישי שלו להשתלב בעבודה אחראית במסגרת החברה המודרנית (שם, 1989).

בתקופה שצוגה כתבה את המאמר שלה רק החל המעבר מחינוך מקצועי, לימודי מלאכה ומקצוע לחינוך טכנולוגי מבוסס הנדסה בארה"ב. מאמרים עדכניים משנת 2006, ומשנת 2008 מלמדים אותנו שני דברים חשובים: האחד, יש נטייה גוברת והולכת בארה"ב להפוך את החינוך הטכנולוגי בבית הספר התיכון לאחד מנושאי הגרעין, או לפחות לתת עידוד משמעותי לתלמידים לבחור קורסים טכנולוגיים כבר במסגרת לימודיהם בבית הספר התיכון (Wright, Waher, Watkins & Scott, 2008). והשני, תלמידים שבוחרים קורסים בחינוך טכנולוגי בתיכון משפרים את הישגיהם הלימודיים במקצועות כמו מתמטיקה, פיסיקה ומדעים (Dayer, Reed & Berry, 2006).

בנוסף, החינוך הטכנולוגי כיום מדגיש לימוד סביב מושגי ליבה (Merrill, Custer, Daugherty, Westrick, & Zeng, 2008). היתרון המרכזי של החינוך הטכנולוגי הוא, שלימוד המושגים מתבצע באמצעות תהליכים של למידה פעילה ופתרון בעיות.

מושגי הליבה העיקריים הם: ניתוח חיזוי (Predictive Analysis), הערכת מגבלות במסגרת תהליך התיכון (Assessing constraints in a design process), ותכנון אופטימלי (Design optimization). מחקר שהתבצע לאחרונה, מדגיש שמורים בחינוך הטכנולוגי נדרשים לשפר את מיומנויות ההוראה שלהם בבואם ללמד מושגים מתחומי לימוד שונים בעזרת תהליך התיכון (Merrill et al., 2008).

טבלה 1 מראה מסגרת לתכנון תוכניות לימודים בחינוך הטכנולוגי המדגישה את המטרות, התכנים והמרכיבים המתייחסים לחמישה מאפיינים: אקדמיים, טכניים, אינטלקטואליים, חברתיים ואישיים. במיוחד מעניינים התהליכים הקוגניטיביים והאישיים שהחינוך הטכנולוגי יכול לעודד.

**טבלה 1: מסגרת לתכנון תוכניות לימודים בחינוך הטכנולוגי (Zuga, 1989)**

תכנון	מטרות ויעדים	תכנים	מרכיבים
אקדמי	להעביר מדור לדור את המורשת התרבותית	מבנים ומושגים	טקסונומיה
טכני	לפתח בוגר המסוגל להשתלב בעולם התעסוקתי	התנהגות נצפית	ניתוח משימות
תהליכים אינטלקטואליים	לשפר מיומנויות חשיבה ופתרון בעיות	תהליכים קוגניטיביים	תהליכים של פתרון בעיות ואיתור תקלות
חברה	לעצב את הסביבה מחדש	צרכים חברתיים או התנהגות מוצלחת בעבודה	בעיות חברתיות או מיומנויות של התאמה לעבודה
אישי	להעלות את המוטיבציה של הלומד ללמוד	תחומי העניין של הלומד בתוך תחום התוכן הנלמד	לומדים חוקרים ומבצעים פרויקטים

צוגה מדגישה, שמסגרת זו חשובה במיוחד להכשרת מורים בחינוך הטכנולוגי. מאז עבודתה הראשונית והחשובה של צוגה חלפו עשרים שנה שבמהלכן עבר החינוך הטכנולוגי מהפכה בארה"ב. עיקר מהפכה זו החל בשנת 1994, בייסוד פרויקט שמטרתו בניית תוכנית לימודים מקיפה שנקראה "טכנולוגיה לכל האמריקאים" (Technology for All Americans Project (TfAAP)). פרויקט זה, שמבוצע על ידי האגודה הבינלאומית לחינוך טכנולוגי (ITEA (2009) יצר ארבעה תוצרים מרכזיים:

1. תוכנית לימודים מקיפה מבוססת 20 סטנדרטים לאוריינות טכנולוגית לכל, מגן הילדים ועד כיתה יב'.
2. תבחינים להשגת היעדים של תוכנית הלימודים בכל הגילאים. שני תוצרים אלו המכילים חוברת של 258 עמודים מרוכזים במסמך קצר תחת השם: Standard for Technology Literacy & Benchmarks (2000, 2007)
3. בשנת 2003 סיים ITEA הכנת ספר נוסף הכולל 152 עמודים המוקדש לנושא: קידום מצוינות באוריינות טכנולוגית: סטנדרטים להערכת תלמידים, להתפתחות מקצועית ולהערכת תוכניות לימודים.
4. חומרי לימוד המאורגנים בקורסים בנושאים טכנולוגיים שונים שפותחו תחת הכותרת "הנדסה באמצעות תכ"ן" Engineering by Design. תוכנית זו באה לידי ביטוי גם בפרויקט רחב היקף הנקרא: "נתיב להנדסה" - Pathway To Engineering™ עליו ארחיב את הדיבור בהמשך.

## מהצטרפות ומדיניות לנעשה בשדה

התקנים, שפותחו בעשור האחרון במערכת החינוך האמריקאית הם תוצר של תהליך אקדמי, שנועד לשפר את מערכת החינוך ולבסס את פיתוח תוכניות הלימוד, חומרי הלימוד, ההוראה והלמידה בבית הספר, וההערכה הפנימית והחיצונית על תקנים ברורים, המגדירים באופן קוהרנטי את נושאי הליבה והמיומנויות שבוגר מערכת החינוך נדרש לדעת בכל כיתה בבית הספר.

תנועת הרפורמה של חינוך מבוסס תקנים (Standard-based Education) שהחלה בארה"ב לפני כעשרים שנה גרמה לפיתוח תוכניות לימודים חדשות ולהטמעת תקנים חדשים במערכות החינוך של המדינות השונות. בארה"ב התפשט בעשור האחרון "פרויקט מוביל דרך" - Project Lead The Way (PLTW, 2009) של תלמידים לעבר חינוך הנדסי (Pathway To Engineering™). פרויקט זה החל בשנת 1998 עם 12 בתי ספר במדינת ניו-יורק, והתפשט כיום לכ- 3500 בתי ספר בהם לומדים כ- 300,000 תלמידים לפי התוכנית, בכל 50 המדינות של ארה"ב.

פרויקט זה מציע תוכנית לימודים דינמית, המתחילה בכיתה ט' ומסתיימת בכיתה יב', מאפשרת לתלמידי תיכון למידה פעילה בסביבה של העולם האמיתי. תוכנית זו בשילוב עם נושאי הליבה הרגילים שבית הספר התיכון (מתמטיקה, מדעים, אנגלית, לימודי היסטוריה ואזרחות) מאפשרת לתלמידים לקבל הכרה בקורסים אלו כפטור בקבלה לאוניברסיטאות בארה"ב. התוכנית מדגישה את המיומנויות הבאות: פתרון בעיות, עבודת צוות, ביצוע חקר, הבנה של השפעות על העולם האמיתי, ניתוח נתונים, למידה מחוץ לכיתה, והצגת פרויקטים לקהל. התוכנית הזו מוצעת לתלמידים עם ציון מינימלי של 75 במתמטיקה של כיתה ח' ברמה הגבוהה. תלמידים שלומדים ברמה הבינונית והנמוכה מתמטיקה עשויים להיתקל בקשיים בתוכנית המוצעת.

התלמידים נדרשים ללמוד שלושה קורסים בסיסיים, קורס התמחות לבחירה ולבצע עבודת גמר. הקורסים הבסיסיים הם:

1. מבוא לתכן הנדסי (Introduction to Engineering Design), שמדגיש את השימוש בתהליך התיכון בדגש על מיומנויות של פתרון בעיות, תלמידים יוצרים ומנתחים מודלים תוך למידה פעילה בסביבה ממוחשבת.

2. עקרונות ההנדסה (Principles Of Engineering), שחושף את התלמידים לחקר מערכות טכנולוגיות ותהליכי ייצור תוך הדגשת השפעות החברתיות של השינויים הטכנולוגיים.

3. אלקטרוניקה ספרתית (Digital Electronics), המלמד ליישם חשיבה לוגית תוך עבודה עם מעגלים אלקטרוניים, שהתלמידים בונים ובודקים את הפונקציונליות שלהם.

קורסי הבחירה הם: הנדסה אוריאנטית (כולל הנדסת חלל והנדסת מערכות), הנדסה ביוטכנולוגית, הנדסה אזרחית ואדריכלות ומערכות ייצור ממוחשבות (כולל גם למידת תכנות של מערכות רובוטיות, כדי שתלמידים יתכננו באמצעות תכנון תלת-מימדי, וייצרו מערכות אוטומטיות מבוקרות מחשב).

עבודת הגמר עוסקת במחקר מקורי שהתלמיד מציג על עבודת תכנון למערכת הנדסית, הפותרת בעיה פתוחה מהעולם האמיתי.

## מיזורי

מדינת מיזורי הייתה בין הראשונות לאמץ את המסקנות של טכנולוגיה לכל האמריקאים. כיום בתוך תוכנית הלימודים הרשמית של בית הספר התיכון מוצעים ארבעה קורסים: יסודות הטכנולוגיה, הערכת-טכנולוגיה, סוגיות בטכנולוגיה ויסודות של תכנון הנדסי.

בקורס "יסודות הטכנולוגיה" התלמידים חווים, באמצעות פעילויות קבוצתיות ויחידניות, יצירת רעיונות פיתוח חדשניים, ופתרונות הנדסיים פרקטיים. בקורס "הערכה של טכנולוגיה" התלמידים לומדים דרכים להעריך את ההתאמה והיעילות של טכנולוגיות שונות, לומדים להעריך את היעילות של רעיון חדש, חדשנות, ומערכות טכנולוגיות. כמו כן, מודגשות בקורס מיומנויות כגון: חשיבה אנליטית, קבלת החלטות ושיפור מתמיד של התכנון.

בקורס "סוגיות בטכנולוגיה" התלמידים חוקרים בצורה ביקורתית דוגמאות היסטוריות ועכשוויות של טכנולוגיות והשפעתן על הסביבה. התלמידים מציעים פתרונות חלופיים תוך שימוש בחקר מקרה, תלקיטים, וסמינרים קבוצתיים. השפעות גלובליות, חברתיות וכלכליות, הנוגעות לטכנולוגיה, נדונות בקורס.

בקורס "יסודות התיכון הנדסי" התלמידים מחולקים לקבוצות פרויקט ומיישמים מושגים ומיומנויות מתחומי הטכנולוגיה, המדע והמתמטיקה כדי לפתור בעיות תכנון הנדסיות ותיכון חדשני. התלמידים חוקרים, מפתחים, בודקים ומנתחים תיכון הנדסי תוך שימוש בקריטריונים, כגון: יעילות התיכון, בטיחות, גורמי אנוש ואתיקה (Missouri Technology Education Guide, 2002).

## פנסילבניה

למדינת פנסילבניה מסורת ארוכת שנים של השקעה חסרת תקדים בחינוך. שכר המורים במדינה זו הוא מן הגבוהים בעולם. כדי לבחון את איכות החינוך הטכנולוגי במדינה, בחרתי להתבונן בדרישות הסיום (Graduation Requirements) של אחד מבתי"ס הטובים במדינה זו (North Allegheny District, 2009). בבית ספר זה 94% מבוגריו זכאים להמשך לימודים באוניברסיטה (College).

מבנה הלימודים כולל 8 נקודות זכות בכל שנה מארבע השנים בתיכון. בכיתה ט' יש 5 נושאי חובה עם נקודה לכל נושא ועד 3 נקודות לימודי בחירה (2 מהם חובה). בכיתה י' ובכיתה יא' 4.5 נקודות חובה ו- 3.5 נקודות לימודי בחירה (2 מהם חובה). בכיתה יב' 2.5 נקודות חובה ו- 5.5 נקודות לימודי בחירה (4 מהם חובה). בבית ספר זה מוצע נתיב טכנולוגי שלם ועשיר לתלמידי התיכון. תלמידים יכולים לתכנן את לימודיהם כבר מכיתה ט' להשלמת נתיב טכנולוגי עשיר המקנה להם נקודות זיכוי באוניברסיטאות.

בראיון שהתבצע באמצעות הדואר האלקטרוני, עם מנהל בית הספר מסתבר שעם קבלת ההכרה של אוניברסיטאות בקורסים ההנדסיים המוצעים כרצף (כמגמה) בבית הספר התיכון עלה מספר התלמידים בעלי ההישגים הגבוהים שבחרים רצף של קורסים הנדסיים. במקביל, מספר התלמידים שבחרו קורס ייחודי כמו סרטוט בעזרת מחשב. תלמידים זכאים לשלוש נקודות זכות מהאוניברסיטה עבור כל קורס הנדסי אותו הם לומדים ועד לשש נקודות מקסימום.

## צפון דקוטה

הנחיות המדינה קובעות, כי כל בית ספר חייב לתת קורס אחד של 150 שעות בשנה בכל ארבע הכיתות של בית הספר התיכון. טבלה 2 מדגימה מגוון של קורסים המוצעים בבתי הספר של מדינת North Dakota. חלק מהקורסים מומלצים ע"י המדינה במיוחד עבור תלמידי תיכון North Dakota (Career Cluster, 2007).

### טבלה 2: מגוון קורסים שמוצעים לבחירה מחייבת עבור תלמידי תיכון

שם הקורס	מומלץ לכיתות	נושאים
עבודת חקר טכנולוגית	יא' – יב'	העבודה תבצע בהנחיית מנחה.
התנסות בתעשייה	יא' – יב'	ההתנסות מלווה על-ידי תוכנית לימוד בהנחיית מורה, שמבקר גם במקום התעסוקה. מקום התעסוקה רשאי לשלם לתלמיד (מעל גיל 16)
יישומי טכנולוגיה	ט' – יב'	התוכנית חושפת את התלמידים לפעילויות, שמטרתן השגת כל 20 הסטנדרטים לחינוך הטכנולוגי.
סדנא בטכנולוגיות ייצור (יש גם קורס תיאורטי)	ט' – יב'	קורס מבוא לעיבוד חומרים, וניהול הייצור המדגיש את תהליכי הייצור וניהול הייצור במטרה ליצור מוצרים ומבנים בדגש על השפעת הטכנולוגיה בסביבה.
טכנולוגיית בנייה	ט' – יב'	לימוד הטכנולוגיה, שקשורה למבנים ציבוריים ולמגורים, הכולל תיכון ותכנון. בניית דגמים מחומרים מגוונים ובשיטות שונות
יסודות הטכנולוגיה	ט' – יב'	לימוד מושגי מפתח ותהליכים בטכנולוגיה. התלמידים מתכננים ומפתחים המצאות ופתרונות הנדסיים כדי ללמוד על טכנולוגיה. זהו קורס שמומלץ על-ידי המדינה.
השפעות הטכנולוגיה	ט' – יב'	תלמידים מפתחים מיומנויות כדי להעריך באופן עקבי טכנולוגיה. המיומנויות המודגשות בקורס הן: חשיבה אנליטית, קבלת החלטות, וטכניקות לעיצוב מוצר. זהו קורס מומלץ לתלמידי תיכון ע"י המדינה.
המצאתיות וחדשנות	ט' – יב'	תלמידים מתנסים בפעילויות תכנון מוצר כדי להבין כיצד קריטריונים, מגבלות ותהליכים משפיעים על תהליך התיכון. סערת מוחות, הדמיה, מידול, בנייה, בחינה, ושיפור התכנון יתורגלו במהלך הקורס. קורס מומלץ לתלמידים ע"י המדינה.
מערכות טכנולוגיות	ט' – יב'	תלמידים מתכננים מערכות טכנולוגיות, כולל פיתוח הקשרים עם מערכות אחרות. התלמידים מגדירים קריטריונים, בוחנים ומעריכים מערכות כמו: תחבורה, מידע, ביוטכנולוגיה. קורס מומלץ לתלמידי תיכון ע"י המדינה.

## מרילנד

במדינת מרילנד, למשל, כל תלמידי כיתה ט' מחויבים לקחת קורס של "יסודות הטכנולוגיה". בכיתות י' עד יב' תלמידים נדרשים לבחור מסלולי בחירה בתחומי ההנדסה, המסחר, ניהול עסקי ועוד. בתחום ההנדסה מוצעים שמונה קורסים לבחירה המחולקים לשלוש קבוצות: יסודות (עקרונות של הנדסה, מבוא להנדסת תיכון ואלקטרוניקה ספרתית), קורס המשך (יצור בעזרת מחשב, הנדסה

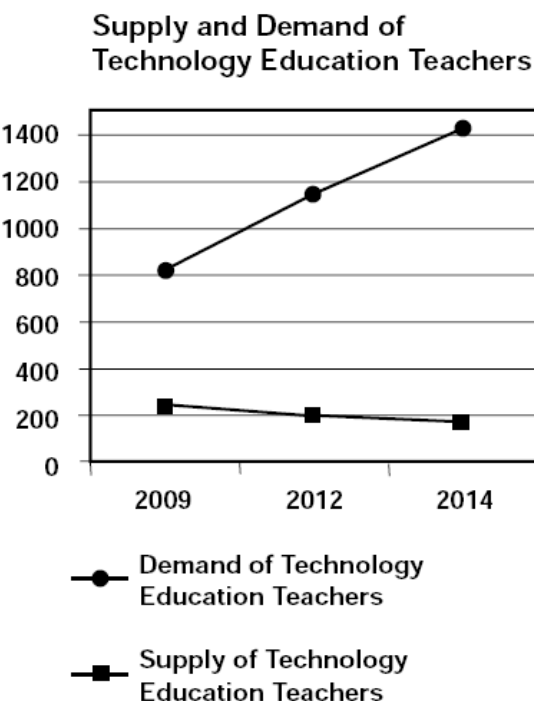
אזרחית וארכיטקטורה, הנדסה אווירונאוטית והנדסת ביוטכנולוגיה), וקורס התמחות (תכנון הנדסי ופיתוח).

תלמידים, שבוחרים ללמוד קורסים במסגרת החינוך הטכנולוגי בנוסף ללימוד המסורתי של מתמטיקה, אנגלית ומדעים, לוקחים את כל קורסי היסוד, קורס אחד מתקדם וכן את קורס השיא. תלמידים אלו זכאים לדיפלומה טכנית של המדינה המזכה גם בנקודות זכות בקבלה ללימודים במכללות ובאוניברסיטאות של המדינה (Gilli, Holly, & Mikos, 2008).

לסיכום תת-פרק זה, העוסק בחינוך הטכנולוגי בארה"ב, ניתן לומר, כי בארה"ב נפל דבר. הממשלה הפדראלית ומחלקות החינוך במדינות רבות מכירות כיום בצורך של החברה לאפשר למספר גדול יותר של תלמידים לסיים את בית הספר עם אפשרות לרכוש השכלה על תיכונית ולהשתלב כאזרחים יוצרים בחברה. לכן, החליט הממשל הפדראלי לתמוך בהקצאת משאבים לבתי ספר, שיאפשרו חינוך טכנולוגי מתקדם המשלב את תהליך התיכון ההנדסי ומיומנויות של חשיבה טכנולוגית (National Science Board, 2003).

## הערות לסיכום

ממגוון התוכניות המופעלות במדינות שונות בעולם (ואלו רק מבחר מצומצם) ניתן ללמוד שתוכנית לימודים קוהרנטית אינה יכולה לכלול 30 ש"ש בלבד מתוך כ-105 ש"ש הנלמדות במשך 3 השנים



בבית הספר התיכון. תוכניות הלימודים בחינוך הטכנולוגי במדינות שונות פותחות בפני בוגרי בית הספר התיכון מגוון רחב של אפשרויות לימוד.

הראיה, מחקר חדש שבוצע בשנת 2009 מראה, כי בארה"ב לבדה המחסור במורים לחינוך הטכנולוגי בכלל, ולחינוך הטכנולוגי בבתי הספר התיכוניים, בפרט, גדל. איור 1 ממחיש את המחסור המדאיג לאור הגידול בהיצע הקורסים בנושאים טכנולוגיים המוצעים בבתי הספר התיכוניים בארה"ב (Moye, 2009).

### איור 1: הביקוש וההיצע של מורים לחינוך הטכנולוגי בארה"ב

אחוז הסטודנטים בגילאי 25-29 בארה"ב, שהשלימו את לימודיהם לתואר ראשון הוא רק 31%, למרות ש-70% סיימו בית ספר תיכון, וכ-70% גם מנסים ללמוד לתואר ראשון, אך רק 58% מהסטודנטים, שמנסים מיד לאחר התיכון ללמוד לתואר ראשון גם מצליחים לסיים אותו (Digest of Education, 2008). בנוסף, אחוז הסטודנטים, שבוחר במקצועות הנדסיים בלימודיהם באוניברסיטה נמוך, נתון, שמחזק את המחסור הצפוי במהנדסים בארה"ב.

לפי הממצאים של דוח הערכה על תוכנית PLTW, ניתן לראות כי אחוז גבוה של סטודנטים במקצועות הנדסיים למדו בתיכון במסגרת הפרויקט. יתרה מזו, מבין סטודנטים אלו אחוז המסיימים תואר ראשון גבוה ביותר (PLTW Data Digest, 2009). למעשה, אנו רואים שדווקא בעשור האחרון מדינות רבות בארה"ב מציעות תוכנית לימודים רחבה, כפי שהחינוך הטכנולוגי בישראל היה בין השנים 1994 ל-2003 (הרפורמה שניתנת לכינוי תוכנית לחינוך הנדסי במדינת ישראל).

לימודי המדע-טכנולוגיה בחט"ב בהיקף של 6 שעות, לכל שנה בחטה"ב, כפי שהוצהר בתוכנית הלימודים שפורסמה ב-1996 בישראל מספיקות לשם רכישת האוריינות המדעית טכנולוגית. תלמיד שבוחר במסלול לימודים טכנולוגי מוגבר הכולל מקצועות הנדסיים המהווים תחום דעת מובנה ומושתת על עקרונות הנדסיים ומדעיים, בהחלט יכול לפתח את כישוריו ולהכין את עצמו לכניסה ללימודים אקדמיים באוניברסיטאות, או ללימודים על תכונניים במכללות. תלמיד שלומד מקצועות מדעיים בלבד מכין את עצמו היטב ללימוד תחומים מדעיים, ואילו תלמידים, שאינם בוחרים מקצועות מדעיים או טכנולוגיים מן הראוי, שילמדו עד סוף כיתה יב' את המקצוע שתוכנן לשם כך מוט"ב – מדע וטכנולוגיה בחברה.

מניסיון החיים שלי, אני משוכנע, שלימוד בקרה במכונות ללא מכניקה הנדסית, ולהפך, אינו יכול לשמש מנשא ללימוד התמחות בהנדסת מכונות, כמו מכטרוניקה, מערכות תעופה או מערכות ייצור ממוחשבות. אפילו במגמת הנדסת אלקטרוניקה רבים המורים, שיסכימו כי לימוד הפיסיקה היום אינו מחליף את לימוד המקצוע מערכות חשמל, שהיה נהוג כמקצוע בסיס בנוסף למקצועות אלקטרוניקה ומחשבים כמנשא להתמחויות השונות. מורים מובילים בתחום הנדסת הבנייה והאדריכלות טוענים, שלימוד ההתמחות של הנדסת בנייה או של אדריכלות נמצא בשפל חסר תקדים בגלל היותו על מקצוע יסוד שלם. התבוננות בתוכניות הלימוד של החינוך הטכנולוגי, ובאופן בה מיישמים אותן במדינות שונות בעולם בכלל, ובארה"ב בפרט, מזכירה לנו כי תכנון מבנה חזק אינו אפשרי ללא יסודות יציבים.

לסיום, אעלה נקודה מדאיגה נוספת, אשר צריכה להדליק "אור אדום" אצל קובעי המדיניות בישראל. הנתון האמריקאי של מחסור במורים טכנולוגיים חבוי גם במדינה שלנו. בשדה כבר מרגישים את המחסור. אולם המחסור עדין חבוי משני טעמים עיקריים: האחד, "אמא רוסיה" השקיעה את מיטב משאביה בחינוך דור של מהנדסים, מדינת ישראל קלטה מהנדסים רבים, שחלקם השתלבו בהוראת מקצועות המדעים, חלקם בהוראת המקצועות הטכנולוגיים וחלקם השתלבו בתעשייה. מורים ומהנדסים אלו, עומדים בקרוב לצאת לפנסיה לאחר שירות נפלא למדינה שלנו. הטעם השני, עוסק במהות הסיפא של מאמר זה. הוצאת מקצוע יסוד אחד מהמגמות הטכנולוגיות גרמה גם לכך, שהתלמידים מקבלים פחות שעות לימוד במקצועות הטכנולוגיים. מכאן שלכאורה נדרשים פחות מורים.

אוסף ואומר, כי אם המדינה לא תשקיע בהכשרת מורים חדשים במיוחד לחינוך הטכנולוגי, נמצא את עצמנו במשבר מחריף בכל תחומי ההנדסה והתעשייה. אין מדינה בעולם שיכולה לאורך זמן לחיות רק על עורכי דין ואנשי רוח (כבודם במקומם מונח). פיתוח המדינה ומניעת אבטלה הינם צרכים קיומיים של כל מדינה ותלויים כיום, אך ורק בתעשייה מפותחת ומתקדמת, שנותנת שכר הולם לפועל, לטכנאי, להנדסאי ולמהנדס שעובד בה.

- Digest of Education (2008). *National Center for Educational Statistics*. Retrieved on January 3, 2010 from: <http://nces.ed.gov/programs/digest/d08>.
- Gilli, M. L., Holly, S. J.-M., & Mikos, M. P. (2008). *PLTW: Project leads the way*. Maryland State Department of Education. Retrieved on November 30, 2009 from: <http://www.marylandpublicschools.org/NR/rdonlyres/E4BE30EF-C723-4A04-9D6E-DFDBEF67DE7F/18555/CTEBook101509.pdf>
- ITEA (2009) *Standard for Technology Literacy & Benchmarks and other resources*. Retrieved on December 23, 2009 from: <http://www.iteaconnect.org/TAA/PDFs/Benchmarks.pdf>,  
<http://www.iteaconnect.org/TAA/PDFs/xstnd.pdf>  
<http://www.iteaconnect.org/TAA/PDFs/AETL.pdf>
- Missouri Technology Education Guide (2002). *Chapter 1: High School Technology Education*. Missouri Department of Elementary & Secondary Education. Division of Career Education. Retrieved November 30, 2009 from:  
[http://dese.mo.gov/divcareered/TechEd/Curriculum\\_Guide\\_Chapter\\_1.pdf](http://dese.mo.gov/divcareered/TechEd/Curriculum_Guide_Chapter_1.pdf)
- Missouri Technology Education Guide (2002). *Chapter 6: High School Technology Education Module Curriculum*. Missouri Department of Elementary & Secondary Education. Division of Career Education. Retrieved on July 16, 2009 from:  
[http://dese.mo.gov/divcareered/TechEd/Curriculum\\_Guide\\_Chapter\\_6.pdf](http://dese.mo.gov/divcareered/TechEd/Curriculum_Guide_Chapter_6.pdf)
- National Science Board (2003). *The Science and Engineering Workforce Realizing America's Potential*. The National Science Foundation, NSB 03-69. Retrieved on July 16, 2008 from: <http://www.nsf.gov/nsb/documents/2003/nsb0369/>
- Moye J. J. (2009). Technology education teacher supply and demand - A critical situation. *Journal of the Technology Teacher*, 69(2), 30-36. Retrieved on December 23, 2009 from: <http://www.iteaconnect.org/Publications/TTT/oct09.pdf>
- North Allegheny District (2009). *Program of Studies*. Retrieved on November 30, 2009 from: <http://www.northallegheny.org/programofstudies/programofstudies.htm>
- North Dakota Career Cluster (2007). *Science, technology, engineering & mathematics: Sample North Dakota Career Cluster Plan of Study*. Retrieved on January 3, 2010 from: <http://www.nd.gov/cte/services/career-clusters/plans-of-study/STEM.pdf>
- PLTW - Data Digest (2009). *A Comprehensive Review of Statistical Assessments*. pp. 1-36. Retrieved on January 3, 2010 from: <http://www.fhs.d211.org/departments/appliedtech/PLTW%20ACT%20REPORT%202009.pdf>
- PLTW - The Project Lead The Way (2009) Middle school program, *Gateway To Technology (GTT)*, and high school program, *Pathway To Engineering (PTE) curriculum*. Retrieved on November 30, 2009 from: <http://beta.pltw.org/node/17>.