

לבנות ולהיבנות -

על פיתוח חשיבה הנדסית בגן הילדים

אלי שפיר

סגנית מנהלת מרכז דע-גן, המרכז

הארצי לקידום מתמטיקה, מדע וטכנולוגיה בחינוך
הקדם-יסודי ודוקטורנטית בתחום החינוך מדעי-
טכנולוגי, בית הספר לחינוך, אוניברסיטת בר אילן

אורנית ספקטור-אלי

חברת סגל אקדמי

בכיר, ראש התוכנית להוראת המדעים ומנהלת מרכז
דע-גן, המרכז הארצי לקידום החינוך המתמטי, המדעי
והטכנולוגי בחינוך הקדם-יסודי, בית הספר לחינוך,
אוניברסיטת בר אילן

הגבוהה, רק מעטים מהם בוחרים במסלול שיוביל לקריירה
בתחומים אלה.

הנדסה וטכנולוגיה

אנו חיים בעידן של שינויים מהירים. יכולתנו ללמוד מהר
ולהמציא אסטרטגיות ומוצרים חדשים, בהתאם לשינויים
סביבנו, היא מפתח להישרדות ולצמיחה (Bransford, 2007).
גישה זו באה לידי ביטוי בחייהם המקצועיים של מהנדסים. על
מהנדסים לעבוד עם טכנולוגיות חדשות, עם מגוון של אנשים,
כחלק מצוותים בין-תחומיים ועל פרויקטים מורכבים, תוך
כדי עמידה בדרישות למומחיות מותאמת ומדויקת. מנקודת
מבטו של מחנך, זה העולם שאנו מורשים לילדים ועלינו
להיערך להכנת הילדים אליו. לכן, חובה עלינו לחשוב על
פיתוח המיומנויות הנדרשות ועל עיצוב סביבות למידה ישימות
ומתאימות עבור ילדים צעירים. צורך זה יוצר את סדר היום
של הדיסציפלינה החדשה של חינוך להנדסה (Haghig, 2005).
ככל שהחברה שלנו הופכת להיות תלויה יותר ויותר בהנדסה
ובטכנולוגיה, כך חשוב יותר שאזרחי המדינה יהיו אוריינים
מבחינה הנדסית וטכנולוגית.

הנדסה וטכנולוגיה הם מושגים השזורים זה בזה ובחברה. כדי
להבין את ההבדל ביניהם, יש להבין את משמעותם. ההנדסה,
המבוססת על תהליך התכנון (Design), היא יישום ידע מדעי,
ידע מתמטי וניסיון לצורך תכנון וייצור עצמים או תהליכים
שימושיים. המדע הוא ידע שהושג באמצעות מחקר על נושא
או תופעה בעולם הטבעי, והוא מבוסס על היגיון וניסויים
שניתנים לאימות (מדע הוא, למשל, מחקר בפיזיקה גרעינית).
הנדסה היא מחקר ויישום של ידע מדעי, אך מטרתה לייצר
מוצר מלאכותי (למשל, כור גרעיני). טכנולוגיה היא היישום -
ייצור המוצר אשר נועד לתת מענה לצורכי האנושות. טכנולוגיה

במחקר שנערך בארצות הברית, חוקרים שאלו מאות ילדים
בני שלוש עד שבע: "מה עושים מהנדסים?". התשובה הנפוצה
ביותר הייתה: "אני לא יודע". לטענת החוקרים, תשובה זו
משקפת את חוסר ההבנה הבסיסי, שמתחיל כבר בגיל הצעיר
לגבי תחום ההנדסה (Pantoya et al., 2015). תחום ההנדסה
הוא אחד מתחומי ה-STEM (Science, Technology, Engineering,
Mathematics), אשר בהקשר החינוכי מייצג מדיניות חינוכית
גלובלית, שמטרתה לשפר יכולות וידע בתחומים אלה כהכנה
לתעסוקה ולהתפתחות אישית בעולם המודרני.

המחקר מראה כי עמדותיהם של רוב הילדים הצעירים כלפי
מקצועות ה-STEM הן חיוביות וכי הם מעוניינים ללמוד תחומים
אלה (Osborne, Simon & Collins, 2003; Riegle-Crumb, Moore
& Ramos-Wada, 2010). אולם, בשלב מסוים לאורך נתיב
הלמידה בבית הספר, תלמידים רבים מאבדים את התעניינותם
במקצועות ה-STEM, ועד שהם נכנסים ללימודי ההשכלה

על בסיס מחקרים בתחום, אנו, כותבות מאמר זה, טוענות כי רכיבים של התהליך ההנדסי כבר קיימים בעצם פעילותם של ילדים צעירים בגיל הרך. ילדים צעירים הם מהנדסים באופן שבו הם פועלים וחוקרים את העולם, במובן זה שהם משנים את העולם כדי לספק את צורכיהם ואת רצונותיהם. על ידי בחינה של מה שילדים צעירים בונים, מעצבים ויוצרים באופן ספונטני ובהתלהבות רבה, אנו מגלים את הפוטנציאל של שילוב החינוך ההנדסי בחינוך הכולל בתחומי ה-STEM לילדים בגיל הרך, בדרך המכבדת ומתחשבת ברעיונותיהם ויכולותיהם (Meeteren & Zan, 2009).

גננת אשר מודעת לפוטנציאל של חינוך הנדסי וקידום הרגלי החשיבה ההנדסיים של הילד כתורמים להתפתחותו ולשילובו במאה ה-21, ותארגן סביבה חינוכית המקדמת חשיבה מסוג זה, תביא למימוש הפוטנציאל העצום של חינוך בתחומי ה-STEM בכלל ובתחום החינוך ההנדסי (E) בפרט ותתרום לשילובו המוצלח של הילד בחברה המשתנה.

אנו מבקשות להציע דרכי הוראה לגננת בתחום זה על פי שלושת העקרונות שפורסמו בדו"ח האקדמיה הלאומית להנדסה, שמצביע על כך, שחינוך הנדסי יכול לעורר עניין ולשפר את הלמידה במתמטיקה ובמדע, כמו גם לשפר את ההבנה של הנדסה וטכנולוגיה (Committee on Standards for K-12 Engineering Education, 2010).

על פי הדו"ח, על החינוך ההנדסי:

1. לשים דגש על תכנון הנדסי.
2. לשלב ידע מתמטי, מדעי וטכנולוגי מתאימים מבחינה התפתחותית.
3. לקדם הרגלי חשיבה הנדסיים - EHoM (Engineering Habits of Mind)



לימור לביא, גן פיקוס, רינתיה

יכולה להתקיים גם ללא הידע המדעי והמתמטי. כך, טכנולוגיה עוסקת בתהליך של פתרון בעיה - TPS (Technological Problem Solving), בין אם מדובר בתהליך מובנה ומתוכנן מראש ובין אם מדובר בתהליך פתוח ודינמי (Mioduser, 1998). הנדסה מוסיפה לתהליך הטכנולוגי את הביסוס המדעי.

התהליך ההנדסי

חשיבה הנדסית-טכנולוגית מזמנת אופני חשיבה מגוונים, כמו פתרון בעיות, חשיבה מסתעפת, חשיבה מטאפורית וחשיבה אנלוגית. תרגול אופני חשיבה אלה מסייע ללומדים להגיע לפתרונות יצירתיים בשעה שהם מעורבים בתהליכי המצאה (Johri & Olds, 2011). התהליך ההנדסי כולל שלבים מספר: פירוש מצב בעייתי דרך הבנת הבעיה והמערכת שיש לייצג כמודל, העלאת רעיונות ראשוניים לפתרון הבעיה, בחירת רעיון וניסוחו בצורה שתאפשר את בחינתו, בחינת הרעיון וניתוח התוצאות. התוצאות המתקבלות משמשות לשיפור המודל או הרעיון או לדחייתו, לבחינת המודל בתנאי היישום שלו ולתיעוד המודל במהלך כל תהליך הפיתוח. תוצרי הלמידה הם מודלים הניתנים לתיעוד, שיתוף ושימוש מחדש, והם מאפשרים למורה או לגננת לעמוד על החשיבה המושגית של תלמידיהן. תהליכים אלה בונים יכולת תקשורת בכתב ובעל פה ויכולת עבודת צוות, שתי מיומנויות שהן חשובות להצלחה בתחום ההנדסה.

חשיבה הנדסית מוקדמת

מספר הולך וגדל של מחקרים מצביעים על הצורך לשפר את ההבנה שלנו על אודות מה שנחשב לניצנים של חשיבה הנדסית, בייחוד בחינוך בגיל הרך. תחום ההנדסה התפתחותית, שהוא תחום חדש בחינוך ההנדסי, מתמקד בחקירה שיטתית של המבשרים החינוכיים של חשיבה הנדסית בילדות המוקדמת.

אוונג'לו ושותפיה (Evangelou et al., 2010) טוענים, שחינוך הנדסי מוקדם צריך להתבסס על הסקרנות ועל העצמאות הטבעית של ילדים לצורך למידה עצמית. יש לעצב תוכנית לימודים המעודדת חקירה ועיצוב בגבולות התפתחותיים ותרבותיים מתאימים. בנוסף, נדרשת הכשרה הולמת לגננות, שהן שותפות קריטיות בתמיכה בתהליכי הלמידה של ילדים. כך, אם נבין כיצד והיכן מתחילה הלמידה ההנדסית המוקדמת ונפתח תוכניות לימודים מותאמות גיל ודרכי הוראה מותאמות, נוכל לייצר מהנדסים בעלי הכשרה טובה יותר.

בגיאתי ואוונג'לו (Bagiati & Evangelou, 2011) טוענות, כי העיתוי הנכון ביותר ליישום למידה נובע מתוך האמונה הבסיסית החזקה שחוויות מוקדמות משפיעות על חוויות דומות בשלב מאוחר יותר בחיים. כך, חוויות הנדסיות חיוביות בגיל הרך הן נקודת פתיחה לרפורמה בחינוך ההנדסי.

כן, בעוד שילדים צעירים יכולים לחשוב בשלושה ממדים, הם מתקשים לייצג תמונה מנטלית תלת-ממדית על מישור דו-ממדי. הדרישה להציג תוכנית על נייר תדרוש מהם אנרגיה מנטלית רבה, שעדיף שתוקדש לבניית העיצוב המנטלי שלהם. בנוסף, תוכניות התכנון של ילדים צעירים הן דינמיות ומתפתחות כאשר הם בונים או עובדים עם רכיבי היצירה.

לעומת זאת, מיודוסר ושותפיו טוענים כי שרטוט מסייע לחשיבה ולרפלקציה לפני תהליכי התכנון והבנייה, במהלכם ולאחריהם. השרטוט מייצג את מטרת התכנון, מטפח חשיבה מקדימה וממחיש את ייצוג המבנה ומה נדרש כדי לבצעו (Mioduser, et al., 2008).

חיזוק לתהליך העיצוב ההנדסי המוצג לעיל, נוכל למצוא גם במחקר אשר בדק שלבי עיצוב בסיסיים (Fundamental Design Process - FDP) בקרב ילדי גן (Bagiati & Evangelou, 2016). במחקר נמצא דמיון בין הדרכים שבהן ילדים צעירים ניגשים למשימת בנייה חדשה ובין הדרכים שבהן משתמשים מהנדסים מקצועיים. ילדים מזהים צרכים ובעיות, קובעים יעדים, בוחנים פתרונות, משתפים פעולה זה עם זה ומלווים את רעיונותיהם של אחרים, הן מבחינת מראה העיצוב והן מבחינת תפקודו. יתר על כן, נראה כי שלבים אלה של ה-FDP מתקיימים כתהליך איטרטיבי (חוזר על עצמו, לולאתי), המונחה על ידי הספונטניות של הילד, מותאם לתכונות הפיזיקליות של החומר ומותאם באופן גמיש לצורכי המשימה.

שילוב ידע מתמטי, ידע מדעי וטכנולוגיה

רכיב השיפור הוא חלק בלתי נפרד מהרכיבים האחרים בתהליך התכנון ההנדסי, והוא מדגים בצורה המיטבית כיצד חינוך בתחומי ה-STEM עובד בצורה הטובה ביותר כאשר כל ההיבטים של ה-STEM נלקחים בחשבון (Katehi et al., 2009), משום שבהפעלת רכיב זה יש גם שילוב של ידע ומיומנויות מתאימות של מתמטיקה, מדע וטכנולוגיה.

הילדים משפרים את עיצוביהם כל הזמן. הבנתם המתפתחת את האילוצים הפיזיקליים, אשר מכתבים להם מה אפשר לעשות ומה אי אפשר בתכנון, נרכשת תוך תהליך של ניסוי וטעייה, תהליך שהוא הכרחי לפיתוח ההבנה של חוקי הפיזיקה. הרצון לעצב ולבנות מאפשר לילדים פיתוח חשיבה מרחבית והבנה מעשית של חוקים פיזיקליים. הוא גם מספק סיבה למנות, למדוד ולהשוות, להתייחס למרחב ולזמן ובקיצור - לשלב ידע מתמטי, ידע מדעי וטכנולוגיה בעשייה.

הרגלי חשיבה הנדסיים

דו"ח של האקדמיה המלכותית להנדסה בבריטניה מציע תובנות חדשות על הדרכים שבהן יכולה מערכת החינוך להכשיר מהנדסים בדרכים יעילות יותר. הדו"ח מזהה שישה הרגלי חשיבה הנדסית (Engineering Habits of Mind, EHoM)

יש אשר יתמיהו וישאלו - תכנון הנדסי בגיל הרך? האם לא מוקדם מדי? ואנו טוענות - אכן כן! ילדים צעירים יכולים לחשוב, לתכנן, ליצור, לפתור בעיות, להתנסות, לבחון, להתאים, לשתף פעולה, להסביר - בקיצור, יכולים להשתתף בתהליך התיכון כאילו היו מהנדסים צעירים. על הגננת ליצור בגן סביבה ואווירה שתעודדנה תרגול מיומנויות אלה וקיום תהליכי תיכון.

קנינגהם והסטר (Cunningham & Hester, 2007) מציינים את תהליך העיצוב ההנדסי, אשר עשוי לכלול את הרכיבים הבאים:

לשאול - מה הבעיה? מה עשו אחרים? מה הם האילוצים?

לדמיון - מהם הפתרונות? לאפשר סיעור מוחות ולבחור את הרעיון הטוב ביותר.

לתכנן - לצייר תרשים, ליצור רשימות של החומרים הנדרשים ליצירת המוצר.

ליצור - לעקוב אחר התוכנית, ליצור את המוצר ולבדוק אותו.

לשפר - לשוחח על מה עובד, מה לא ומה יכול לעבוד טוב יותר. להתאים את העיצוב כדי לשפר את המוצר ואז לבדוק שאכן חל שיפור.

קנינגהם והסטר מצאו כי אצל ילדים צעירים, תהליך התכנון ההנדסי אינו חייב להיות להתרחש בשלבים אשר מתבצעים בזה אחר זה, אלא גם בשלבים בלתי תלויים, שיכולים להיחקר בו-זמנית (לעיתים, בתוך שניות ספורות). במקרים רבים, כל שלב יכול להוביל במהירות לשאלות חדשות. בדומה למהנדסים בתחום, הילדים יכולים לעבור בין השלבים השונים על פי מה שהפריקט או השאלה מכתבים, ואין חובה לעבור את השלבים באופן מובנה ומדורג.

השימוש שעושים הילדים הצעירים ברכיבים שונה אף הוא באופן שבו הם עורכים סיעור מוחות, מתכננים, יוצרים ומשפרים. לדוגמה, לגבי רכיב השאלה - ילדים לא תמיד דבקים בשאלה אחת. לעיתים קרובות הם מסתקרנים מעבודתם של עמיתיהם ונוטשים את השאלה המקורית שלהם כדי לעבוד לצד עמיתיהם, או עמם, כדי לפתור את אתגר העיצוב שלהם.

עוד מצאו קנינגהם והסטר כי ילדים ממוזגים יחד את רכיבי הדמיון, התכנון, היצירה והשיפור. את רכיב התכנון הם מבצעים באופן לא פורמלי. ביחס לרכיב זה, החוקרים סבורים כי ילדים ממלילים את תוכניותיהם או שיש להם דימוי מנטלי שלהן בראשם, אך כמעט תמיד אינם מרגישים צורך לשרטט את תוכניתם על הנייר לפני שהתחילו לבנות או במהלך הבנייה. לטענת החוקרים, לילדים יש תמונה מנטלית של מה שהם רוצים שיתקיים והם להוטים לממש את הרעיון שלהם באמצעות החומרים שעומדים לרשותם. עבור ילדים צעירים, לחייב אותם לשרטט את הרעיון שלהם לפני שהם מעצבים אותו, נראה כהפרעה מיותרת ושימוש לרעה בזמן יקר. כמו



אתי סגל, גן נורית, אריאל

אשר, יחדיו, מתארים את הדרכים שבהן מהנדסים חושבים ופועלים. על פיו הוצע המודל לזיהוי הרגלי חשיבה הנדסיים (Lucas, et al., 2014).



מודל הרגלי חשיבה הנדסית

Engineering Habits of Mind, EHoM

(Lucas, Claxton et al., 2014)

להלן פירוט המעגלים המרכיבים את המודל:

1. המעגל הפנימי - ליבת החשיבה ההנדסית: ליצור 'דברים' שעובדים ולגרום להם לפעול בצורה מיטבית.
2. המעגל האמצעי - ששת הרגלי החשיבה ההנדסית: חשיבה מערכתית, התאמה, הגדרת בעיה, פתרון בעיה בדרכים יצירתיות, המחשה ושיפור.
3. המעגל החיצוני - הרגלי חשיבה הקשורים ללמידה באופן כללי: סקרנות, פתיחות לרעיונות חדשים, גמישות, תעוזה, שיתוף פעולה, רפלקציה ושיקולים אתיים.

ששת הרגלי החשיבה ההנדסית

על פי לוקאס, קלקסטון והנסון (Lucas, Claxton & Hanson, 2014), קיימים שישה הרגלי חשיבה הנדסית:

חשיבה מערכתית - ראייה בו-זמנית של כל המערכת בשלמותה, ראיית כל חלקיה בנפרד והבנה כיצד הם מתחברים זה לזה. חיפוש עקבי אחר דפוסים, הבנת ההשפעות ההדדיות ויכולת לבצע סינתזה לצורך מציאת פתרון מיטבי.

הגדרת בעיה - זיהוי צרכים קיימים, בחינת פתרונות שנמצאו יעילים בעבר לפתרון בעיות דומות.

המחשה - יכולת לנוע מהמופשט למוחשי, לנתח בצורה מחשבתית ממדים חומריים של פתרון בעיה.

פתרון בעיה בדרכים יצירתיות - יישום טכניקות מתחומים שונים, העברת ביקורת בונה על התהליך, יצירת פתרונות תוך שיתוף פעולה עם חברי צוות.

התאמה - בחינה, ניתוחים חוזרים, הרהורים, חשיבה מחודשת, שינוי דרכי חשיבה וביצוע על מנת לפתור את הבעיה.

שיפור - ניסיון בלתי מתפשר של השבחת המוצר דרך עריכת ניסויים, שיפור ועריכת ניסויים חוזרים, השערת השערות והסקת מסקנות, מאמצי עיצוב, תכנון ובניית אב טיפוסים.

לטענת החוקרים, אפשר להתגבר על המחסור במהנדסים בטווח הארוך על ידי כך שמערכת החינוך תלמד את הילדים לחשוב 'כמו מהנדסים', מה שניתן להשיג על ידי פיתוח הרגלי חשיבה הנדסיים (EHoMs). יתרה מכך, החוקרים טוענים כי פיתוח הרגלי חשיבה הנדסיים יסייע להצלחה בחיים בכלל, כי המודל מאמן את הפרט לפתור בעיות. בהמלצות ליישום המודל, החוקרים מציעים את שיטת למידה המבוססת על בעיות ופרויקטים (problem-based and project-based learning) כיעילה במיוחד בהכשרת הילדים ללמוד לחשוב כמו מהנדסים (Lucas, et al., 2014).



אתי סגל, גן נורית, אריאל



לימור לביא, גן פיקוס, רינתיה



לימור לביא, גן פיקוס, רינתיה



רוני אלטמן, מנהלת מרכז העשרה מדעי, גוש עציון



דנה סמסון, גן שילה, ראש העין



דנה סמסון, גן שילה, ראש העין



דנה סמסון, גן שילה, ראש העין

חפצים, לאופן השימוש בהם, למבנה שלהם ולתכונות החומרים שמהם הם עשויים (Evangelou et al., 2010).

רצוי לארגן לילדים סביבה שבה מתאפשר כר נרחב לפעילות חופשית ולאפשר זמן ממושך לעשייה ולהתנסות, שבמהלכו הם יכולים 'לצאת מהקופסה'.

מומלץ להקים ולהפעיל בגן סדנת חומרים עשירה, מגוונת, זמינה ובטיחותית, הכוללת חומרים אשר מזמנים תכנון, בנייה, הרכבה ופתרון בעיות (עם דגש על חומרים בשימוש חוזר). הסדנה תכלול מגוון אריזות ומכלים, מגוון חומרים (ספוגים, ניילונים, משטחי קרטון, צמר גפן, צמר, עץ ועוד), אביזרי חיבור למיניהם (סלסילי בגדלים שונים וברוחב שונה, גומיות, שדכנים, צמדנים, סוגי דבק שונים ועוד) וכלי עבודה (מספריים, מברגים, קאטר, מחורר ועוד).

על הפעילות בסדנה להיות חופשית ולאפשר לילדים לבנות על פי רצונם ודמיונם. אפשר לזמן מדי פעם אתגר הנדסי, שיצריך את הילדים למצוא פתרון לבעיה שצצה. הפעילות בסדנה תאפשר לילדים היכרות מעמיקה עם חומרים ותכונותיהם והתנסות בתהליך בנייה וברכיבי תהליך התיכון, תוך פיתוח חשיבה, יצירתיות ודמיון. קופסאות קרטון בגדלים שונים הן חומר מצוין לבנייה עבור ילדים צעירים, שיכולים לראות בדמיונם איך קופסה פשוטה יכולה להיות עולם ומלואו. היא יכולה להיות קסדת לוחם, בית לבובות, הבית של בילבי או חלק מעבודה משותפת של ילדי הגן בבניית העיר ירושלים. אפשר

סביבה חינוכית המקדמת הרגלי חשיבה הנדסית

כפי שנטען קודם במאמר זה, ילדים יכולים להשתתף בתהליך התכנון ממש כמו מהנדסים צעירים. התבוננות בילדים בסביבתם הטבעית מגלה שיש להם צורך פנימי לחקור, להתערב, להבין ולהפעיל את הסביבה הטבעית והמלאכותית. ילדים משתמשים בידע האינטואיטיבי שלהם על חומרים, קוביות ומבנים בדרך הדומה מאוד לתהליך העיצוב ההנדסי. אי לכך, הגננת יכולה וצריכה לנצל את הפעילויות שמתרחשות בכיתות הגן בגיל הרך כדי לטפח את היכולות המתפתחות של ילדים צעירים בהנדסה ובעיצוב. לדוגמה, משחקי ילדים המתרגלים מיומנויות של תצפית והתנסות, מובילים להתפתחותם של מודלים אינטואיטיביים לגבי האופן שבו דברים פועלים; העשרת הסביבה הלימודית בגן בערכות בנייה ובמשחקי הרכבה; והתנסות עם חומרים שונים והכרת תכונותיהם: נייר (קרטון), פלסטיק, ספוג, עץ ועוד.

סדנה לבנייה ויצירה

במשחק חופשי עם חפצים, בין אם הם מוכרים להם ובין אם לאו, ילדים מפגינים סקרנות, עניין, מוטיבציה ויכולת להסיק מסקנות. ילדים מארגנים את ההבנה שלהם על חפצים סביב מושגים של תפקוד, למשל, ממה הם עשויים? ילדים מנסים להבין את הכוונות של מי שיצר את החפץ ושמים לב ל'טיפוס'

אפשר להציע לילדים בשלב מאוחר יותר. תהליך הבנייה על פי דגם מזמן תרגול מיומנויות של פענוח תרשים, יכולת לעבור מדו-ממד לתלת-מימד, עבודה בשלבים וכן הלאה, אך הוא גם יכול לחסום יצירתיות ודמיון. לכן, יש לאפשר את שני סוגי ההרכבה - הרכבה חופשית והרכבה על פי דגם.



מלי ניסים, גן ערבה, אריאל

להציע לילדים חומרים נוספים המאפשרים תכנון ובנייה, כמו גילי קרטון או ספוגים גדולים, שלקצותיהם אפשר לחבר צמדנים וכך ליצור את האפשרות לחבר בין חלקי ספוג שונים.

עבודה עם עץ מזמנת היכרות עם החומר עצמו, שממנו אפשר ליצור אינספור דברים. כדאי להשיג שאריות עץ (משויפות ובטיחותיות) מהנגרייה הקרובה וליצור סביבה בטוחה לעבודה עם עץ. עבודה עם עץ כרוכה גם בשימוש בכלי עבודה, כמו פטיש, מסמרים, שופין ומשורית. כלים אלה יעמדו לרשות הילדים, תוך הקפדה על כללי זהירות מחמירים.

חצר הגן היא מרחב למידה אשר בו אפשר לזמן לילדים חומרים גדולים או התנסות במרחב עם חומרים שאיתם יפעלו באופן חופשי. קרטונים גדולים, ארגזים, סדין, חבלים ואטבים - מי צריך יותר מזה?

משחקי הרכבה

כיום מוצעים בשוק משחקי הרכבה רבים ומגוונים המיועדים לילדים בגיל הרך. ביניהם: הארכיטקט הצעיר, K'NEX, לייזר, קפלה, צורות מגנטיות, טיק טק, קשקשים, קליקס, מקליקונים ו-Magical Blocks. על הגננת לבחון משחקים אלה בקפידה ולהבין מה מציע כל אחד מהם מבחינת פיתוח מיומנויות - הרכבה וחיבור, דמיון ויצירתיות, בצד תכנון ופתרון בעיות.

רבים ממשחקי ההרכבה מגיעים עם חוברות דגמים, שעל פיהם ניתן לבנות דגמים מסוימים. אנו סבורות, שבשלב ראשון יש לאפשר לילדים להתנסות עם משחק ההרכבה על פי רצונם, ללא הוראות או חוברת דגמים. כך הם יוכלו להכיר את המשחק על כל אפשרויותיו ולתת דרור לדמיונם. את חוברות הדגמים



מלי ניסים, גן ערבה, אריאל





רוני אלטמן, מנהלת מרכז העשרה מדעי, גוש עציון



אתי סגל, גן נורית, אריאל



רוני אלטמן, מנהלת מרכז העשרה מדעי, גוש עציון

ערכות לגו עשירות בחלקים הבסיסיים תאפשרנה לילדים לבנות ולהתנסות בהמצאות ויצירות. ערכות נושא מגבילות לפעמים את הדמיון ולכן, לטעמנו, לא מומלץ להכניסן לגן. אפשר להכין בקלות שולחן לגו, שעליו יבנו הילדים, או ליצור קיר בנייה, המאפשר בנייה מסוג אחר.

מרכז הבנייה

משחק חופשי, בלתי מובנה, עם גופי בנייה¹ וחלקים רופפים (חלקי בנייה ללא חיבור ביניהם) אחרים נחשב על ידי מחנכים בגיל הרך כמספק לילדים צעירים הזדמנויות ייחודיות לבנות מערכות יחסים חיוביות ולהקל על למידה מוקדמת, התפתחות גופנית ומוכנות לכישורים הנדרשים בבית הספר. קיימים כמה מחקרים, המתעדים את השפעותיו של משחק עם יחידות עץ של גופי בנייה וחומרי בניין אחרים, קטנים יותר. משחק בגופי בנייה נקשר להצלחה אקדמית במתמטיקה (Wolfgang et al., 2001) יכולות מרחביות (Casey et al. 2008) וכישורי אוריינות (Stroud, 1995).

יכולתם של ילדים להמיר רעיון שנרקם בדמיונם לכדי מבנה או מוצר ממשי (כמו בניית ארמון או יצירת מכונית מגרוטאות) היא צעד חשוב לקראת פיתוח חשיבה הנדסית. דרך התנסויותיהם, ילדים מפתחים הבנה של תכונות חומרים ואף של חוקי הפיזיקה.

לבנייה בגופי בנייה יש מגבלות ברורות מאוד כחומרי בנייה, מכיוון שדבר לא מחבר אותם יחד. כאשר ילדים בונים בגופי בנייה הם חייבים לעבוד תוך התחשבות בצורתם, במשקלם, במרקם שלהם (החיכוך שנוצר ביניהם) ובמיקומם כדי לפתח את השלמות המבנית של יצירותיהם (Brophy & Evangelou, 2007). הילדים חוקרים מושגים יחסיים, כגון קל יותר או כבד יותר, תוך התמקדות ביחסים בין גופי הבנייה. יתר על כן, ילדים

זוכרים את הלגו? כן... משחק ההרכבה המפורסם ביותר בעולם, שרבים שיחקו בו בילדותם וששום סביבת למידה בגן לא תהיה שלמה בלעדיו. אז הנה כמה עובדות על הלגו:

אבני הלגו הומצאו בשנת 1932 על ידי הנגר הדני אולה קירק כריסטיאנסן, בסדנתו אשר בבילנד בדנמרק. השם לגו הוא קיצור של הצירוף leg godt, שמשמעותו בדנית הוא 'שחק יפה'. משמעות נוספת של המילה Lego היא 'אני מרכיב' בלטינית, אך החברה טוענת שזהו צירוף מקרים בלבד. בתחילה היו אבני המשחק עשויות מעץ, אך במהלך שנות ה-40 של המאה ה-20 החלה חברת לגו לעבוד לייצור אבני משחק עשויות פלסטיק, שהן עמידות יותר ובטוחות יותר. הייחוד באבני הלגו, בניגוד לקוביות רגילות, הוא שכאשר מחברים ביניהן, הן נתפסות זו בזו ואינן מתפרקות בקלות.



לימור לביא, גן פיקוס, רינתיה

1 איך אומרים: קוביות או גופי בנייה? מאחר שבמרכז הבנייה ניתן למצוא, מלבד קוביות, גם גופים מסוגים נוספים, כגון גלילים, תיבות או פירמידות, אין זה נכון לקרוא למשחק במרכז הבנייה משחק בקוביות. אנו מאמינים כי הגננת צריכה לשמש מודל בהתנהגותה ובשפה שבה היא משתמשת. לכן, המלצתנו היא להשתמש במושג הנכון מתמטית - גופי בנייה.

יש לאפשר לילדים. תחילתו של מפגש הבוקר אינו בהכרח סיומו של תהליך הבנייה. יש לאפשר המשכיות וזמן מספק לכל ילד הפועל במרכז הבנייה.

יש לדאוג שבמרכז הבנייה יהיו גופי בנייה איכותיים בכמות מספקת. יש להתמקד בגופי בנייה בסיסיים, ואפשר להעשיר באביזרים ובחומרי בנייה נוספים. מגוון רחב של אביזרים מקדם את איכות הבנייה ואת המשחק הסוציו-דרמטי, ושניהם חשובים מאוד בגיל זה. עם זאת, יש לשים לב שלעיתים, בשל תוספות האביזרים, המשחק הסוציו-דרמטי הופך לעיקר הפעילות ולא הבנייה עצמה.

תוספת אביזרים תתרום לבנייה בהתאם לאופי האביזר ולתכונותיו. לדוגמה, תוספת קרשים באורכים שונים תביא לתכנון ולבנייה של מבנים שבהם יש התנסות עם שיפועים, שיווי משקל וכדומה. תוספת מסגרות עץ תביא לבניית מבנים גדולים, מורכבים ודמיוניים, ובעיקר לחשיבה 'מחוץ למסגרת'.



אתגרים הנדסיים

מיוסר ושותפיו מדווחים על התפתחות קוגניטיבית ומטה-קוגניטיבית בגנים שהועשרו בערכות בנייה שאינן נמצאות בדרך כלל בגני ילדים. בנוסף, בפני ילדי הגן הוצבו מטלות בנייה מאתגרות, שדרשו התמודדות לא רק עם היבטים מבניים, אלא גם עם היבטים מכניים ואף תהליכיים. במהלך הבנייה התבקשו הילדים לשקף תהליכים רפלקטיביים על פעולתם באמצעות שיום חלקים, רכיבים ותפקודם או דיון בתהליך הבנייה עצמו. ילדי הגן יכלו להיעזר באופני ייצוג שונים (כמו שרטוט היטלים ממבט צד וממבט על או שרטוט בתלת-ממד אל מול דו-ממד) (Mioduser, et al., 2008).

חפצים מוחשיים, כמו גם ייצוגים של החפצים בספרים וברישומים, הם אמצעים מעשיים לחשיפת ילדים למוצרים הנדסיים. יתרונותיה של חקירת החפצים בפועל היא הארכת משך זמן החקירה של החפצים ועלייה בתשומת הלב ל'טיפוסי' חפצים, לאופן השימוש בהם, למבנה שלהם ולתכונות החומרים שמהם הם עשויים. פעולות חקר וגילוי אלה הן חלק מהניסויים שעורכים ילדים בחומרים, בדיוק כמו המהנדסים המקצועיים, אשר עושים זאת לעיתים קרובות בניסיון להכיר טוב יותר את החומר ולמצוא דרכים להבין טוב יותר את הבעיה כדי למצוא לה פתרונות מתאימים (Bairaktarova, et al., 2011). אי לכך, בנוסף להעשרת הסביבה בחפצים שבהם יבנו הילדים ויתנסו, עלינו גם לזמן להם אתגרים הנדסיים, אשר יעוררו את חשיבתם

מתפתחים פיזית באמצעות ביצוע הפעילות המוטורית הנדרשת בעת הבנייה. תהליך בנייה שמתבצע כפעילות קבוצתית, מזמן תרגול וטיפוח מיומנויות חברתיות ותקשורתיות. מיומנויות של יצירתיות ופתרון בעיות מתחזקות בהקשר המאפשר הזדמנות לחקור חומר חדש ולעבוד עם בעיות עיצוב פתוחות. כך, בנייה בגופי בנייה היא פעילות עם קשר ישיר להנדסה אזרחית ואדריכלות, המאפשרת לילדים לתרגל בפועל תהליך של עיצוב ובנייה.

נציין להלן כמה עקרונות לארגון מרכז הבנייה, שיזמנו תהליכי בנייה משמעותיים. ראשית דבר, בנייה משמעותית במרכז הבנייה לא תתאפשר בלי שני דברים מרכזיים: מרחב בנייה וזמן. על מנת שמרחב הבנייה יהיה משמעותי לילדים עליו להיות גדול ומזמין, כזה שבו יכולים הילדים לפעול מבלי להיות מוגבלים על ידי שטח מצומצם או שטיח התוחם את האזור. בגנים קטנים, שאין בהם מרחב גדול, כדאי לחשוב על אפשרויות יצירתיות, כגון בנייה בשטח המפגש, במרפסת או בחצר. תהליך הבנייה במרכז הבנייה דורש זמן ממושך, שאותו



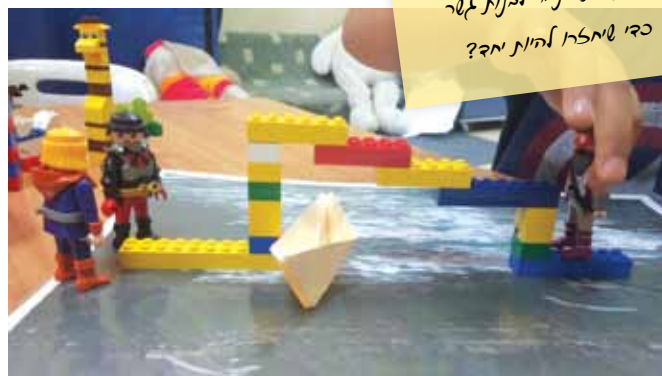
ורד ברנהולץ, גן ציפורן, רעננה

צ'ארלס לאיש מהמבצר
להגן בבטחה למנות
באמצעות טקטיות ואסטרטגיה



רוני אלטמן, מנהלת מרכז העשרה מדעי, גוש עציון

כיצד נוכל לעזור להבנים
משני גדות הנהר לבנות גשר
כדי שימשיכו להיות יחד?



טלי שכטר



צ'ארלס לקופיץ לבנות
מהפצצה אל פני המים

רוני אלטמן, מנהלת מרכז העשרה מדעי, גוש עציון

ויעזרו להם לפתח את המיומנויות הנרכשות תוך כדי ההתנסות בסביבה.

האתגר ההנדסי שיוצב בפני הילדים יכול להיות מחיי היומיום של הגן, בעיה שבה נתקלנו וצריך למצוא לה פתרון. הגננת יכולה להציג את האתגר ההנדסי באמצעות סיפור דמיוני. לדוגמה: שני חברים יצאו יחד לטיול, אך כל אחד מהם הגיע לגדה אחרת של הנהר. כיצד נוכל לעזור להם לבנות גשר כדי שיחזרו להיות יחד? עלינו לבנות את הגשר ביבשה ולא במים, על הגשר להיות יציב ולאפשר מעבר סירה מתחתיו.

אתגר הנדסי יכול להיות המצאה שנועדה לענות על צורך של האדם. אפשר להתחיל בחקר הקיים (מדוע הומצאו כיסא, שולחן, עיפרון וכדומה), תוך כדי הכרת הסביבה הטכנולוגית שלנו. המצאות הילדים תתחלנה בזיהוי צורך או בעיה, תמשכנה דרך איסוף מידע, העלאת רעיונות לפתרונות העונים על הצורך ובחירת פתרון מוביל ותגענה עד תכנון מפורט של המוצר, בנייתו, הערכתו ושיפורו.

להלן דוגמה:

הבעיה - איזו תרופה מתאימה למחלה?
הפתרון - מחלק תרופות לפי מחלות.
"בשלט מכניסים את מספר המחלה, המנעול נפתח ודוחף תרופה. היא נוזלת במשפך ובדיוק לוקחים מה שצריך"



ריקי קורלי, גן אורנים, כפר ויתקין



אייך נשקה
את הוולטר הרחוק
מברא המים?

דנה סמסון, גן שילה, ראש העין

סיכום

סביבה המקדמת חשיבה הנדסית טכנולוגית צריכה לאפשר כר נרחב לפעילות חופשית. בסביבה זו יוצעו לילדים מגוון חומרים פשוטים או מורכבים, אשר יזמנו לילדים, הסקרנים מטבעם, התנסויות בתכנון ובנייה תוך כדי ניסוי וטעייה. כך יפתחו הילדים הרגלי חשיבה הנדסית. על הגננת להיות מודעת לכך שהילדים עוברים תהליך ולכן לאפשר להם 'להיות שם', להתנסות, לחקור, להיכשל, לנסות שוב ולבנות בעצמם את המושגים שלהם על העולם המהונדס סביבם.

תודות לגננות המשתלמות
בקורס חשיבה הנדסית טכנולוגית,
שתרמו מידיעותיהן והביאו את עצמן,
את האני מאמין שלהן ואת וחשיבתן
היצירתית לקורס ובכך תרמו לידע
המצטבר שהוצג במאמר זה.



רשימת ספרות

Bagiati, A. and Evangelou, D. (2011). Starting young: outcomes of a developmentally appropriate PreK engineering curriculum. *Research in Engineering Education Symposium*, Madrid, Spain, October 4-7.

Bagiati, A. and Evangelou, D. (2016). Practicing engineering while building with blocks: identifying engineering thinking. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24(1), 67-85. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2015.1120521>

Bairaktarova, D. Evangelou, D. Bagiati, A. and Brophy, S. (2011). Engineering in young children's exploratory play with tangible materials. *Children, Youth and Environments*, 21 (2): 212-235.

Bransford, J. (2007). Preparing people for rapidly changing environments. *Journal of Engineering Education*, 96(1), 1-3.

Brophy, S. P., & Evangelou, D. (2007). Precursors to engineering thinking (Pet). In: *Proceedings of the Annual Conference of the American Society of Engineering Education*. Honolulu, HI. Available in: file:///C:/Users/user/Downloads/precursors-to-engineering-thinking-pet.pdf

Casey, B. M., Andrews, N., Schindler, H., Kersh, J. E., Samper, A. and Copley, J. (2008). The development of spatial skills through interventions involving block building activities. *Cognition and Instruction*, 26(3), 269-309.

Committee on Standards for K-12 Engineering Education. (2010). *Standards for K-12 engineering education?* Washington, DC: National Academies Press.

Cunningham, C. M. and Hester, K. (2007). Engineering is elementary: an engineering and technology curriculum for children. In: *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition, Honolulu, HI*.

Evangelou, D., Dobbs-Oates, J., Bagiati, A., Liang, S. and Choi, J. Y. (2010). Talking about artifacts: preschool children's explorations with sketches, stories, and tangible objects. *Early childhood research & practice*, 12(2), n2.

Haghigi, K. (2005). Quiet no longer: birth of a new discipline. *Journal of Engineering Education*, 95(4), 351-353.

Johri, A. and Olds, B. M. (2011). Situated engineering learning:

bridging engineering education research and the learning sciences. *Journal of Engineering Education*, 100: 151-185.

Katehi, L., Pearson, G. and Feder, M. (2009). The status and nature of K-12 engineering education in the United States. *The Bridge*, 39(3), 5-10.

Lucas, B., Claxton, G. and Hanson, J. (2014). *Thinking like an engineer: implications for the education system*. A report for the Royal Academy of Engineering Standing Committee for Education and Training. Royal Academy of Engineering.

Mioduser, D. (1998). Framework for the study of cognitive and curricular issues of technological problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 8(2), 167-184.

Mioduser, D., Levy, S. T., Kuperman, A. and Rudolf, L. (2008). Design and learning in the kindergarten. In: D. Kiperman, O. Dagan and M. de Vries (Eds.), *PATT 20 proceedings* (pp. 262-274). Tel Aviv: Ort Israel.

Osborne, J., Simon, S. and Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.

Pantoya, M. L., Aguirre-Munoz, Z. and Hunt, E. M. (2015). Developing an engineering identity in early childhood. *American Journal of Engineering Education*, 6(2).

Riegle-Crumb, C., Moore, C. and Ramos-Wada, A. (2010). Who wants to have a career in science or math? Exploring adolescents' future aspirations by gender and race/ethnicity. *Science Education*, 95(3), 458- 476.

Stroud, J. (1995). Block play: building a foundation for literacy. *Early Childhood Education Journal*, 23(1), 9-13.

Van Meeteren, B. and Zan, B. (2010). Revealing the work of young engineers in early childhood education. In: *Collected Papers from the SEED (STEM in Early Education and Development) Conference*.

Wolfgang, C., Stannard, L. and Jones, I. (2001). Block play performance among preschoolers as a predictor of later school achievement in mathematics. *Journal of Research in Childhood Education*, 15(2), 173-180.