

אז איך דדלוס ואיקרוס הצליחו לעוף? פרויקט חקר בגן*

דוד ברודי

אנשי חינוך בתחום המתמטיקה לגיל הרך התאמצו בשנים האחרונות להרחיב את תכניות הלימודים בתחום זה מעבר לעיסוק במספר ובגיאומטריה. הם ביקשו לכלול בתכנית חשיבה מתמטית, פתרון בעיות אותנטיות, איסוף נתונים כמותיים ושימוש נכון בהם. בשינויים אלה יש משום התפתחות חיובית עבור קהילת מחנכי הגיל הרך, שכבר שנים רבות ראו את פיתוח כישורי החשיבה כאחד מתפקידיה המרכזיים של הגננת. הרחבת התכנית להוראת המתמטיקה מוסיפה, מעבר להוראת מספרים וצורות, גם למידה המעסיקה את מוחם של הילדים בתהליכים מתמטיים אמתיים.

סקירת תכניות הליבה במתמטיקה בארה"ב, בקנדה ובאוסטרליה מעידה על כך שמושם דגש בתהליכי החשיבה ולא רק ברכישת מיומנויות ספציפיות. לדוגמה, הארגון הלאומי של מורי המתמטיקה בארה"ב¹ פרסם סטנדרטים לגני חובה המדגישים פתרון בעיות ותהליכי חשיבה בנוסף לשלושה יעדים עיקריים והם: ייצוג מצבים כמותיים, תקשורת עם האחרים לגבי מצבים אלה והתחברות באופן ענייני לרעיונות מספריים.² תכנית הליבה באונטריו שבקנדה מוסיפה לאלה גם ניהול נתונים כמותיים לנושאים יותר מסורתיים כגון תחושת המספר וקביעת כמויות.³ במדינת טסמניה שבאוסטרליה היעדים העיקריים כוללים שאילת שאלות והגעה לתשובות, ניהול של נתונים כמותיים ופענוחם, מדידה, אומדן, שפה מרבית ומיפוי. בשלוש הדוגמות הללו ניתנה תשומת לב לתהליכים מתמטיים בכל סעיפי התכניות.

הגישה הנכונה להנחלת מושגים מתמטיים בגיל הרך שנויה במחלוקת. תכניות מובנות עם פעילויות מוכתבות אומצו במיוחד באוכלוסיות מגוונות בארה"ב.⁴ מצדה האחד של

* פורסם בהד הגן, עא (ב) (תשס"ז), עמ' 64-73.

1. National Council of Teachers of Mathematics – NCTM

2. NAEYC and NCTM, 2002

3. Ministry of education, Tasmania, Australia, 2003

4. קלמנטס וסראמה, 2002, עמ' 163-166; דובס, דוקטורוף ופישר, 2003, עמ' 20-22.

המחלוקת עומדים תומכי ההוראה הפורמלית והשיטתית ומצדה האחר תומכי שיטת הפרויקט שבו הילדים פועלים בסביבה מתוקשרת.⁵ לפי הגישה השנייה, הלמידה האמתית מתרחשת בסיטואציה שבה כל משימה היא תלויה הקשר. כלומר, אין מטלות סתמיות אלא רק פעילויות עם קשר הדוק לסיטואציה האמתית שבה הילד נמצא. התומכים בלמידה מתמטית דרך ההקשר האוטנטי רואים בגישת הפרויקט מתודה מתאימה במיוחד להשגת מטרות כגון רכישת ידע הסביבה הקרובה והרחוקה, למידת כישורי חקר וטיפוח האוריינות המתמטית והאוריינות הלשונית.⁶ בעבר הושם דגש על הפוטנציאל של פרויקט החקר לטפח למידה, ולאחרונה גם מופיעה התייחסות מחקרית לתוכן המתמטי של הפרויקט. מימוש הסטנדרטים של תכניות הלימודים במתמטיקה נבדק באופן שיטתי על ידי קבוצת חוקרים ממדינת אילינוי שבארה"ב, ונמצא כי למידה משמעותית מתרחשת בדרך של פרויקטים.⁷ גינסבורג ושותפיו⁸ גילו שילדים עוסקים בחמישה סוגי פעילות מתמטית במשחק השגרתי בגן: דגמים וצורות, דינמיקה, יחסים, מיון ומספרים. בדומה לכך בדק המחקר של ברודי⁹ לעומק את הלמידה המתמטית שהתרחשה בפרויקט חקר בגן הניסוי של מכללת אפרתה (גילאי 3-4). במחקר זה התגלה עיסוק מתמטי רב בפרויקט של הפיכת קופסת קרטון גדולה לאוטובוס בתיווך הגנת.

על בסיס המחקר של גינסבורג, ברודי ואחרים עודדו מרצי המכללה את הסטודנטיות במסלול לגיל הרך להוביל פרויקטים של חקר בשנה השנייה של לימודיהן. הסטודנטיות תיעדו את עבודתן עם הילדים וניתחו את ממצאיהן לגבי הפן המתמטי של הפרויקטים. כל פרויקט התאפיין במעורבות ממשית של הילדים בקביעת היעדים ובקבלת החלטות על ביצועם במגוון פעילויות. הואיל והילדים היו מעורבים יום יום בקבלת החלטות לגבי כיוון הפרויקטים, הם היו אלה שכיוונו את הלמידה. העיסוק המתמטי נבע מתוך הצורך של הילדים להשיג את היעדים שלהם. כך הם למדו שחשיבה מתמטית היא שפה נוספת, דרך אחרת להבין את עולמם הקרוב והרחוק. שפה זו הפכה גם לכלי לשינוי הסביבה לשם השגת מטרותיהם. קיימים סוגים שונים של פרויקטים. סלון מפרטת שלושה סוגים לפי מידת היוזמה בכל אחד מהם: פרויקט המיועד לאירוע או למטרה, פרויקט יזום על ידי ילדים ופרויקט חקר.¹⁰ הסטודנטיות במכללה עסקו במגוון רחב של פרויקטים. לצורך הדגמת חשיבה מתמטית בתוך הפרויקטים נבחרו ארבעה פרויקטים למאמר זה. הפרויקטים של חקר הסביבה התמקדו האחד בציפורים ובתעופה והאחר בנדנדה. הפרויקטים של

5. סלע, 2002, עמ' 52-61; סלע, 2002, עמ' 56-63; סקולר, 2000.

6. כץ וצ'ארד, 1989.

7. וורסלי, בנק והאריס הלם, 2009, עמ' 44-49.

8. גינסבורג, נוריוקי וקיונג'יה, 1999, עמ' 88-100.

9. ברודי, 2003, עמ' 36-45.

10. סלאן, 1999, עמ' 44-49.

המשחק הסוציודרמטי עסקו בהכנת בסיס צה"ל ובהכנת ספינת שודדי ים. בשני סוגי הפרויקטים השתמשו הילדים בסוגים אחדים של חשיבה מתמטית. אחד הפרויקטים, כנפי תעופה, יפורט בהמשך. שאר הפרויקטים: נדנדה, בסיס צה"ל וספינת שודדי ים יתוארו בקצרה תוך התמקדות בלמידה המתמטית שבהם ופחות בצורת הפעלתם.¹¹

1. פרויקט מעולם הטבע – כנפי תעופה

פרויקט התעופה התחיל עם בדיקת קן שהובא לגן. בין השאלות הרבות שנשאלו הייתה השאלה: 'איך הציפור עפה?' בנוסף לכך כמה ילדים אף רצו לעוף בעצמם. בעקבות רעיון זה הסטודנטית קראה את האגדה על דדלוס ואיקרוס מן המיתולוגיה היוונית. האגדה מספרת על שני אנשים שניסו לעוף על ידי התקנת כנפיים מלאכותיות לגופם. הסטודנטית הראתה לילדים איורים של הסיפור וגם תמונות של מכונת התעופה שניסה לבנות ליאונרדו דה וינצ'י. הילדים גילו עניין בנושא והציעו להכין כנפיים בדרכים שונות, בעיקר על ידי הדבקת נוצות למוטות. הפרויקט עסק בהכנת הכנפיים ובניסיון לעוף בעזרתן ואף נערך דיון מסכם (כמובן צוינה בפני הילדים הסכנה שבניסיון שכזה).

הפעילות סביב נושא התעופה הובילה לפתרון בעיות מתמטיות בשלושה תחומים: מדידה, סימטריה ומספר. במדידה עסקו בהקשר להכנת הכנפיים. בנושא זה נתקלו הילדים בבעיות רבות שהצריכו מדידת משקל ואורך. לדוגמה, הם שיערו שקלילות חומר הכנפיים תתרום ליעילותן בתעופה. בהתחלה הם התלבטו אם להשתמש בברזל או בעץ והחליטו שעץ עדיף, משום שהוא קל יותר. ילד אחד אמר: "הברזל ייפול למטה. הוא כבד מדי". הם הגיעו למסקנה זו ללא בדיקה אמפירית אלא על בסיס הידע הקודם שלהם על שני החומרים. אחרי שבחרו בעץ להכנת הכנפיים, הם חיפשו ענפים מתאימים בחצר הגן. איסוף הענפים הוביל לוויכוח על סוג הענפים הנדרש. הם העדיפו את הדקים בגלל משקלם הקל יחסית. שימוש במושגים קל / כבד (מסת החומר) היה משמעותי ביותר בתהליך החשיבה במקרה זה.

בשלב של קביעת אורך הענף התגלתה חשיבה אנלוגית. ילד אחד מדד ענפים מול זרועו ומצא אחד שהתאים. ילדים אחרים התנגדו לבחירת הענף. אחר טען שהחבר שמדד את הענף הוא קטן, לכן הענף לא יתאים לשאר הילדים. ילד אחר המשיך את כיוון המחשבה: "זה מתאים לך כי היד שלך קטנה, אך זה לא מתאים לי. צריך ענף יותר גדול שיתאים לכולם". החשיבה האנלוגית כאן מתבטאת בשלושה שלבים:

11. אני מודה לסטודנטיות שאפשרו לי להשתמש בדוחות של הפרויקטים להכנת המאמר: מאירה הבל, מיכל בוגט, שני ולנסקי ונעמי אואליד.

בשלב הראשון, הילדים קבעו שוויון בין אורך זרוע הילד המודד לבין הענף. בשלב השני הם השוו בראש את אורך זרועותיהם לזרועו של הילד המודד וקבעו שאיבריהם ארוכים יותר. בשלב השלישי הם הסיקו שהענף המתאים לזרועו של הילד הקטן קצר מדי לזרועות הארוכות שלהם. בסוף הם הגיעו למסקנה שצריך לחפש ענף ארוך יותר. בהכנת זוג הכנפיים עסקו הילדים בשאלות של סימטריה שיקופית. אחרי שמצאו ענף ארוך דיו, הם חיפשו ענף שווה באורכו ולא מצאו. אי השוויון בין הענפים הפריע להם לפי היגיון הקשר בין אורך למשקל: "זה לא טוב שאחד ארוך מהשני כי הוא יותר כבד ולא נצליח לעוף". עקב חשיבה זאת הם החליטו שצריך לחתוך את אחד הענפים הארוכים יותר לגודל שווה. דוגמה נוספת של שאלת הסימטריה עלתה בשלב עיצוב הכנפיים. הילדים ביקשו ציור של כנף כדי להכין סרטוט תכנון, והעתיקו אותו בעזרת שולחן האור. כשסיימו הבינו שהם צריכים תמונת כנף נוספת בכיוון ההפוך מהמקור. כדי ליצור את התמונה החליטו הילדים להפוך את התמונה המקורית על שולחן האור ובכך להשיג ציור סימטרי והפוך מהציור הראשון.

חקר מדידת הכנף והציור הסימטרי נבעו מהצורך בשני פריטים סימטריים – ענף שווה משקל (לכן השוו אורך) ותמונה הפוכה. בשני המקרים הילדים הפעילו אסטרטגיות מתמטיות על מנת להגיע לפתרון.

נוסף למדידה ולסימטריה עסקו הילדים גם במושגי המספר סביב כמות הנוצות שעמדה לרשותם להכנת הכנפיים. הם היו צריכים להחליט כמה זוגות כנפיים להכין – זוג אחד לכל ילד או זוג אחד לכל הקבוצה. הם טענו פה אחד שתעופה מצריכה כמות גדולה של נוצות, לכן הסטודנטית הביאה לן שקית מלאה נוצות להכנת הכנפיים. הילדים החליטו לחלק את הנוצות באופן שווה אך תוצאות החלוקה היו מאכזבות משום שכל ילד קיבל כמות קטנה למדי. הם הגיעו למסקנה שאין די נוצות לכנפיים אישיות. העיסוק המספרי התחיל באומדן מוטעה, לפיו יש די נוצות להכנת זוג כנפיים לכל ילד. ההחלטה לבדוק במדויק את כמות הנוצות היא אסטרטגיה מתמטית מובהקת, והיא הובילה להחלטה אחרת, המתאימה יותר לכמות החומר שעמד לרשותם. בסוף השבוע, אחרי שהילדים טרחו להכין את הכנפיים המשותפות והדביקו את כל הנוצות על שני הענפים הדקים השווים באורכם, הגיע היום הגדול, שבו הם ניסו לעוף. למרות קריאותיהם של ילדים אחרים שאמרו להם שלא יצליחו לעוף, הילדים היו נחושים בדעתם לנסות. הם יצאו לחצר, וכל אחד בתורו החזיק את הכנפיים, עמד על השולחן, נפנף חזק בכנפיים וקפץ (גם כאן חשוב היה להזכיר את הסכנות בהתנסות כזאת לבד ללא השגחה). הם לא נחלו הצלחה רבה. אפילו הילדים שקפצו די גבוה הודו שזאת לא תעופה ממשית. אכזבתם הובילה את אחד הילדים לשאול: "אז איך דדלוס ואיקרוס הצליחו לעוף?" התשובה שקיבל מחבריו בקבוצה מעידה על הבחנה טובה בין מציאות ופנטזיה: "זה לא סיפור אמיתי". למרות ההרגשות הקשות, היה סיפוק רב מתהליך החקר עצמו. בהמשך

הדיון המסכם שהתפתח לאחר הניסיון הכושל, באו לידי ביטוי סוגי חשיבה מתמטית. להלן הסברי הילדים לכך שלא הצליחו לעוף:

ילד: "הציפור מצליחה לעוף, כי הכנפיים שלה יותר גדולות מהגוף שלה, ואילו הכנפיים שבנינו יותר קטנות מהגוף שלנו".

ילדה: "הציפור מצליחה לעוף כי היא קטנה".

ילד: "ואנחנו לא הצלחנו לעוף כי אנחנו כבדים מדי".

ילד אחר לא ויתר: אולי העצים מכבידים על הכנפיים? אולי צריך רק נוצות?!" (ואז

הוא לקח עשר נוצות בכל יד וניסה לעוף, אך גם הפעם ללא הצלחה).

פרויקט התעופה מראה עד כמה השאלה הפשוטה של ילד: "איך אנחנו יכולים לעוף?" יכולה להוביל לפיתוח חשיבה מתמטית אמיתית. בכל שלב חיפשו הילדים פתרונות לבעיות המעשיות על מנת להשיג יעד שהם קבעו לעצמם. בנוסף לכך גילוי הסקרנות בפרויקט עודד שיקול דעת ואסטרטגיות מגוונות, שהיו גם מעבר ליכולתם של הילדים על פי הגיל ההתפתחותי שבו הם מצויים.

2. פרויקט מהעולם הפיזיקלי

משחק בנדנדה שבחצר עורר את הרעיון לפרויקט אחר: הילדים ניסו להרים את הסטודנטית שישבה בצדה האחד של הנדנדה בעוד על צדה האחר של הנדנדה עלו כמה ילדים. בניתוח חוויה זאת הסטודנטית שמה לב שהילדים התעניינו בנושא שיווי המשקל בנדנדה. במשך שבוע ערכו הילדים ניסויים רבים עם נדנדת החצר בעזרת קוביות בגדלים שונים. בנוסף לכך הם הכינו נדנדות מקוביות עץ מוצקות, ובנו דגמים של הנדנדות מגרוטאות. ניסויים אלה נגעו בשלושה סוגי שאלות מתמטיות עיקריים: מדידת משקל, מספר וגיאומטריה. בניסיון של הילדים לאזן את הנדנדה הם בדקו את היחס בין גודל החפץ לבין משקלו. להלן שורת שאלות החקר שהם בדקו:

1. האם קובייה הגדולה שבחצר תהיה יותר כבדה משלושה ילדים?
2. האם קובייה אחת יכולה להתנדנד לבד בנדנדה?
3. מה יקרה אם נשים קובייה אחת קטנה בצד אחד ושלוש קוביות קטנות בצד השני?
4. האם שלוש קוביות קטנות יצליחו להרים קובייה אחת גדולה?
5. האם שלוש קוביות קטנות יצליחו להרים שני ילדים?

בדיקת שאלות אלה גרמה להם להפעיל חשיבה מתמטית, תוך שהם עוסקים בכמויות שונות של קוביות, בצורות שונות ובגדלים שונים. הם תיעדו את מסקנותיהם בציור ובפיסול. כל ניסוי גרם לניסוח שאלות והשערות חדשות. תהליך החקר הבלתי פוסק תמך בחשיבה מתמטית ברמה גבוהה.

הילדים גם עסקו בחשיבה מתמטית בתחום הגיאומטריה, כאשר הם התבקשו להכין נדנדה חדשה לחצר עם ספסל עץ הפוך. הם דנו ביניהם והפעילו שיקול דעת לגבי צורת בסיס הנדנדה החדשה – והגיעו למסקנה שבסיס משולש יהיה הבסיס היציב ביותר. כדי להכריע בנושא הם היו צריכים להתמודד עם התכונות השונות של קוביית הספוג: תיבה, קובייה, גליל ומנסרה, שמהן בחרו בסיס מתאים. כמו בפרויקט התעופה, רמת השאלות ותהליך הבדיקה היו ברמת תפקוד גבוהה במיוחד, הרבה יותר מזו שהילדים היו רגילים לעשות בפעילויות השגרתיות בגן.

3. פרויקט מעולם החברה: בסיס צה"ל בחצר

המשחק הסוציודרמטי משמש קרקע פורייה לפרויקט החקר עבור הגנת המעוניינת לאפשר לילדים לקחת חלק פעיל בעיצוב הסביבה הלימודית שלהם. מוצגים כאן שני פרויקטים המבוססים על הכנת סביבה למשחק סוציודרמטי: בסיס צה"ל בגן חובה וספינת שודדי ים בגן טרום חובה. פרויקטים אלה נשענים על ההנחה שילדים מסוגלים לקחת חלק פעיל בהכנת פינת המשחק הסוציודרמטי ואף לומדים רבות בתחומים מגוונים ומשמעותיים בתהליך עצמו.

פרויקט צה"ל התחיל כנושא עיוני עם שאלות רבות, ונמשך בביקור בספרייה ובחיפוש תשובות. עם הידע שהם צברו כתשתית החליטו הילדים להקים בסיס צה"ל בחצר ולשחק בו. תכנון הבסיס והקמתו הובילו אותם לשאלות מתמטיות בתחומים של מדידה, יחסיות וגיאומטריה. הילדים החליטו על מרכיבי הבסיס: גדר, חדר אוכל, מרפאה, שירותים, טנקים וגי'פ. הם איתרו פינה בחצר להקמת הבסיס והחליטו להשתמש ברשת הסוואה כדי לתחום אותו. כאשר גילו שהרשת קצרה מדי ליצירת הגדר הם הציעו לתלותה בעזרת חוט. הם אמדו את אורך החוט הדרוש והכינו אותו, אך הוא היה קצר מדי. הם למדו מהניסיון והביאו חוט ארוך יותר שהתאים לשטח. תיקון האומדן מבטא חשיבה מתמטית מעניינת. הלמידה החשובה כאן היא תיקון הטעות והמשך מבוקר של אסטרטגיית הניסוי והטעייה. בהכנת הטנק הם עסקו במושג 'פרופורציה'. כאשר חיפשו חומר לתותח ביקשו לאתר גליל קרטון בגודל מתאים לאורך הטנק. המדידה שביצעו בהקשר זה היא ברמה גבוהה יותר מזו הנדרשת בהשוואה ישירה או בקביעת אורך בעזרת מידות מוסכמות. המדידה שלהם הצריכה חשיבה על יחסיות בין שני חפצים: הטנק והתותח. עיקרון דומה הופעל

בחיפוש פצצות לתותח. הילדים רצו למצוא בגן חפצים מתאימים לקוטר התותח שייכנסו פנימה. הם גילו שלא כל חפץ מתאים לכך והפעילו שיקול דעת בבחירת ה"פצצות" (הערה: חשוב לעודד את הילדים לגלות פנים נוספות של הצבא פרט לנשק).

גיאוטריה היא מושג חשוב, שבו השתמשו בהכנת השולחן לחדר האוכל מקוביות חלולות. הילדים רצו שולחן מלבני, אבל הקוביות לא התאימו. לכן הם נאלצו לשים יחד משולשים למיניהם על מנת ליצור את המלבן הדרוש. הפתרון לא היה פשוט כלל, והילדים הרכיבו מלבן מושלם עלידי הצמדת משולשים זה לזה בצורה מקורית.

העתקה מספרים בדרך כלל אינה נחשבת כחשיבה מתמטית אלא כפעילות מכנית בלבד, אבל בפרויקט צה"ל, מראה הספרות הפך להיות נושא לדיון ולהפעלת שיקול דעת. הילדים רצו להכין לוח רישוי לג'יפ שבנו. ילד אחד העתיק מספרים ללוח, אך הוא כתב את הספרה שבע הפוך. חלק מהילדים לא קיבלו "טעות" זו ודרשו תיקון. הפנייה (ואולי הדרשה) לסטנדרטים של מראה מוסכם של הספרות הפנתה את תשומת לב הילדים לעובדה שספרה יכולה להיכתב גם בצורה לא נכונה.

4. פרויקט מעולם הדמיון: ספינת השודדים בחצר

פרויקט השודדים קיבל השראה ממשחק ספונטני שנערך בקרב קבוצת ילדים. הסטודנטית שמה לב להתעניינות הילדים בשודדי ים והציעה לקבוצה לבנות ספינה. בדומה לבניית הבסיס הצבאי, גם בניית ספינת השודדים הובילה לשאלות אותנטיות במדידות, בגיאוטריה ובהתמצאות במרחב. מקור המידע לילדי גיל שלוש היה ספר מאויר ודגם צעצוע של ספינת שודדים.

הילדים התרשמו מההגה בספינה, אולי בגלל הדמיון שלו לפריט זה במכונות של הוריהם, וביקשו להכין הגה לספינה. הם חיפשו חפצים עגולים בכיתת הגן ודנו ביתרונות ובחסרונות של כל חפץ בנפרד. הם הפעילו שיקול דעת הן לגבי גודל ההגה הרצוי והן לגבי האפשרות לסרטט בעזרתו עיגול על גבי קרטון. להכנת משוטים הביאו הילדים מקלות באורכים שונים. אחרי שבדקו את כל המקלות הם בחרו במקלות המתאימים ביותר באורכם. החשיבה המתמטית כאן באה לידי ביטוי בשיקול הדעת לגבי תכונת החפץ על-פי מטרת השימוש בו. הילדים בחרו רק בדברים ארוכים ושטוחים. בהמשך ניסו לצייד את הספינה באביזרים הדרושים, התעניינו בהטלת עוגן מהספינה לעבר ה"חוף" (ארגז החול הסמוך). הם מדדו חוט אחד שבעזרתו יקשרו את העוגן, על מנת שיגיע למטרה. כמו כן הם מדדו חוט נוסף שיוכלו להוסיפו לחכה, על מנת שהחוט יגיע ל"מים" שמתחת לספינה ולדגים השוחים בהם. בשני המקרים, של העוגן ושל החכה, הם קבעו אורך מסוים ומדדו אם החוט מתאים למרחק שנקבע.

הכנת מפת האוצר גילתה חשיבה מתמטית מעניינת. אחרי שהילדים החליטו להטמין את האוצר שהכינו בתיבת החול, הם סרטטו מפה המראה איך להגיע מכניסת החצר למחבוא. הרצון לחקות את המפה מסיפורי השודדים הניע אותם לתרגם את המסלולים שבהם צעדו בחצר לממד גרפי. בניסיון הראשון בסרטוט מפה הם אמנם התקשו לצייר את המסלולים בצורה אמינה, אך הניסיון הביא אותם להקיש בין מראה החצר לבין הייצוג הגרפי במפה. לדוגמה, הם רצו ללכת מסביב למתקנים כדי להגיע לתיבת החול, לכן הם סרטטו קווים מפותלים במקום ישרים. התיאום בין צורת הקו לבין המסלול הרגלי בצורתו מעיד על התמודדות עם התמצאות במרחב ועל שימוש בייצוג גרפי.

דין וסיכום

הפרויקטים של החקר ושל עולם הטבע והפיזיקה שונים במהותם מהפרויקטים בהשראת המשחק הסוציודרמטי. עיון בעולם הטבע והפיזיקה בנוי סביב שאלות חקר שניתן לבדוק ברמה אמפירית בעזרת ניסויים. במקרים אלה הילדים קבעו יעדים – בפרויקט התעופה היעד לטווח הארוך היה לעוף ויעדי הביניים היו קשורים להכנות לקראת הניסוי העיקרי. בפרויקט הנדנדה, הילדים קבעו שאלות חקר רבות, שכל אחת מהן היתה מבוססת על השערה מסוימת אשר נבדקה במהירות רבה. בשני הפרויקטים עסקו הילדים במדידות ובקשר בין משקל לבין משתנה אחר. שניהם גם עסקו ביחסים פיזיקליים: בתעופה התעניינו הילדים בסימטריה, ובנדנדה – בגיאומטריה. העיסוק במספר בכל אחד מהפרויקטים שירת את צורך החקר – אומדן וחלוקה בתעופה ומושגי שוויון בנדנדה. על מנת להגיע לניסיון העיקרי בתעופה היה דרוש תכנון רב, אשר מצריך חשיבה מתמטית. כשהניסוי נכשל הילדים אמנם התאכזבו, אך אחרי פורקן הרגשות המשיכו לדון בניסוי ובתוצאותיו ברמה מתמטית. בנדנדה הוביל כל ניסוי לשאלת חקר חדשה ולחשיבה המתמטית הכרוכה בה. ניתן להסיק ששני פרויקטים אלה היו מתמטיים במהותם.

אף על פי שתחומי החשיבה המתמטית היו דומים בפרויקטים הקשורים למשחק הסוציודרמטי, טיב החשיבה בהם היה שונה. היות שהיעדים בפרויקטים אלה השתנו מיום ליום בעקבות צרכי המשחק, גם שאלות החקר השתנו. המדידות היו פונקציונליות, וכוונו להשגת מטרת משחק ברורה. הגיאומטריה גויסה לפתור בעיה בהכנת ציוד. אחרי שהמטרה הושגה היא נשכחה. בכל שלב שבו נתקלו הילדים בבעיה, הם פתרו אותה בעזרת כלים מתמטיים והמשיכו לשחק עד שנתקלו בבעיה הבאה. בטווח הרחוק רצו הילדים להמשיך לשחק, ורצונם זה היה היעד ולא החשיבה המתמטית. פרויקטים אלה לא היו מתמטיים מיסודם, אלא היו למידה באמצעות משחקים מעולמם של הילדים. המתמטיקה שירתה את מטרת המשחק.

לסיכום, בשני סוגי הפרויקטים עסקו הילדים בחשיבה מתמטית שהייתה בלתי נפרדת מהחקר. לאור התיאורים שלעיל קשה להכריע איזה סוג פרויקט עדיף לפיתוח החשיבה המתמטית. בסביבה חינוכית המכבדת את רצון הילד לפעול לפי תחומי התעניינותו ניתן להסיק ששני סוגי הפרויקטים חשובים. כל סוג ימשוך ילדים אחרים, וייתכן שכל סוג יעניין ילד בשלבי התפתחותו השונים בשנותיו בגן. ערנות הגנת לסוגי הפרויקטים משמשת עבורה כלי חשוב לפיתוח החשיבה המתמטית הן אצל ילדים האוהבים משחק והן אצל ילדים המעדיפים את הניסוי המובנה.

השתתפות הילדים בפרויקטים משני הסוגים מעניקה לגנת הזמנות מצוינת ללמוד על החשיבה המתמטית של כל ילד וילד. על מנת לסייע בפיתוח החשיבה של הילד על הגנת לתעד את השאלות ואת המסקנות העולות מתהליך החקר. הלם וגרונלונד¹² מציעות מגוון כלי הערכה ללמידה בדרך פרויקט החקר: תלקיט אישי, תוצרים אישיים או קבוצתיים, תצפיות, רפלקציה אישית וחומר נרטיבי של הפרויקט. לגנת לא נותר אלא לחזור לרישומים ולצירורים ולפענח את הביטויים המתמטיים והאורייניים של ילדי הגן אשר באים לידי ביטוי בעקבות פרויקט חקר.

רשימת קיצורים וביבליוגרפיה

- ברודי, 2003 ד' ברודי, 'גלגולה של קופסת קרטון: ללמוד בעזרת קופסת קרטון – חקר מקרה בגן הניסויי במכללת אפרתה', **הד הגן**, סז (ג) (2003), עמ' 36-45.
- גינסבורג, נוריוקי וקיונגהי, H. Ginsburg, I. Noriyuki and S. Kyoung-Hye, 'Young Children doing Mathematics, Observations of Everyday Activities', in: J. Copley (Ed.), *Mathematics In The Early Years*, Reston Va (1999), pp. 88–100.
- דובס, דוקטורוף ופישר, J. Dobbs, G., D. Doctoroff and P. Fisher, *Teaching Children Mathematics*, 2003, pp. 20–22.
- הלם וגרונלונד, 2000 J. Haris Helm and G. Gronlund, Linking Standards and engaged learning in the early years, *Early Childhood Research and Practice* 2 (1) (2000).

12. הלם וגרונלונד, 2000.

- M. Wesley, S. Beneke and J. Haris Helm, 'Planning and Integrating Math Standards in Project Work', *Young Children*, 58 (1) (2003), pp. 44–49. וורסלי, בנק והאריס הלם, 2003
- L.G. Katz and S.C. Chard, *Engaging Children's Minds: The Project Approach*, New Jersey, 1989. כץ וצ'ארד, 1989
- M.W. Sloane, 'All Kinds of Projects for your Classroom', *Young Children* 54 (4) (1999), pp. 44–49. סלואן, 1999
- ע' סלע, 'אחת, שתיים שלוש, מתמטיקה מהוקשרת', **הד הגן**, 66 (4) (2002), עמ' 52–61. סלע, 2002,
- ע' סלע, 'נקודת מוצא אפשרי לעיסוק משמעותי במדע בגיל הרך', **הד הגן** 67 (1) (2002), עמ' 56–63. סלע, 2002,
- D. Schuler, *The Project Approach: Meeting the State Standards*, *Early Childhood Research and Practice* 2 (1) (2000). סקולר, 2000 (כ"ע) אינטרנטי
- D. Clements and J. Sarama, *Mathematics Curricula in Early Childhood*, *Teaching Children Mathematics*, 2002, pp. 163–166. קלמנטס וסראמה, 2002