

קשיי תלמידים במשימות PISA בתחום הגיאומטריה (מרחב וצורה) מנקודת מבטם של מורים מנוסים

ד"ר נדב מרקו

14/08/2026



תוכן העניינים

קשיי תלמידים במשימות PISA בתחום הגיאומטריה (מרחב וצורה) מנקודת מבטם של מורים מנוסים	1
תוכן העניינים	2
תקציר מנהלים	4
1 מבוא	6
2 מתודולוגיה	7
2.1 מערך המחקר	7
2.2 משתתפים	8
2.3 כלי המחקר והמשימות	10
2.4 הליך המחקר	11
2.5 ניתוח הנתונים	12
2.6 מיקום החוקר (Positionality)	13
3 ממצאים	13
3.1 קשיי תלמידים במשימות אוריינות וגיאומטריה במרחב	13
3.1.1 מתמטיזציה של סיטואציה אוריינית/חזותית לא שגרתית	16
3.1.2 בנייה והפעלה של דימוי מרחבי מתוך ייצוג דו־ממדי	17
3.1.3 אומדן, קירוב וקבלת תשובה שאינה מדויקת	19
3.1.4 קנה מידה, יחידות מידה ויחסי גודל במישור ובמרחב	20
3.1.5 פירוק ייצוג עמוס וסינון מידע רלוונטי	21
3.1.6 קושי רגשי-התנהגותי מול משימה לא שגרתית	22
3.2 סיבות לקשיים	23
3.2.1 סיבות לקשיים ברמת הכיתה והמורה	23
3.2.1.1 חשיפה ושגרה	25
3.2.1.2 דחיקת גיאומטריה	25
3.2.1.3 הוראה פרוצדורלית שאינה חורגת מספרי הלימוד	26
3.2.1.4 המחשות פיזיות וכלים דיגיטליים	26
3.2.1.5 נורמות כיתתיות של דיוק ונימוק	27
3.2.1.6 מוכנות ועמדות מורים כלפי הוראת משימות אוריינות בגיאומטריה	28

28.....	3.2.1.7 זמן ועומס הכנה.....
29.....	3.2.2 סיבות לקשיים ברמת המערכת.....
31.....	3.2.2.1 הטמעה קוריקולרית מאוחרת, שולית או לא־ספירלית.....
32.....	3.2.2.2 לחץ הספק, מדידה ותמריצי הערכה.....
33.....	3.2.2.3 ספרי לימוד וחומרי הוראה שאינם מכוונים מספיק לז'אנר פיזה.....
33.....	3.2.2.4 מחסור בתשתיות מקצועיות וידע מצטבר.....
34.....	3.2.2.5 מאפייני מבחן פיזה כז'אנר חיצוני לבית הספר.....
35.....	3.3 דרכי התמודדות אישיות של המורים.....
36.....	3.3.1 בין "להכין למבחן" בין "לטפח יכולת מתמטית רחבה".....
37.....	3.3.2 אוריינות כשגרה: חשיפה מתמשכת במקום הכנה נקודתית.....
38.....	3.3.3 בין פתרון מודגם לבין שיגור-חקירה-דיון.....
38.....	3.3.4 המחשבות, יישומים וגוף: קודם לחוות, אחר כך לדמיין ולחשב.....
39.....	3.3.5 שינוי הנורמות של מה מותר לעשות במתמטיקה.....
39.....	3.4 המלצות המרואיינים ברמה המערכתית.....
40.....	3.4.1 עיגון האוריינות בתוכנית הלימודים מגיל צעיר ולאורך זמן.....
40.....	3.4.2 הקצאת זמן ייעודי ואחריות מערכתית.....
40.....	3.4.3 התאמת מנגנוני הערכה.....
41.....	3.4.4 פיתוח ספרי לימוד, מאגרים וחומרי הוראה.....
41.....	3.4.5 הכשרת מורים וקהילות מקצועיות.....
42.....	3.4.6 שינוי התרבות המתמטית הבית־ספרית.....
42.....	3.4.7 חיזוק מיומנויות מרחביות, מדידתיות וייצוגיות.....
42.....	3.4.8 הרחבת הלמידה מעבר לשיעור המתמטיקה.....
43.....	4 סיכום מתחים מארגנים בהמלצות המרואיינים.....
45.....	5 מגבלות המחקר.....
45.....	6 רשימת מקורות.....
47.....	נספח א' שאלות לראיון מבוסס משימות והמשימות עליהן המרואיינים נשאלו.....

תקציר מנהלים

דו"ח זה בוחן את קשיי תלמידי ישראל במשימות PISA בתחום הגיאומטריה, ובפרט בתחום „מרחב וצורה“, מנקודת מבטם של עשרה מורים ומורות מנוסים למתמטיקה. המחקר נערך בעקבות הפער שנמצא במבחן PISA 2022 בין הישגי תלמידי ישראל לבין ממוצע ה־OECD בתחום זה, ומבקש להבין כיצד מורים מפרשים את מקורות הקושי ואילו כיווני פעולה הם מציעים לשיפור ההוראה והלמידה. המחקר נערך כמחקר איכותני מרובה־מקרים, המבוסס על ראיונות חצי־מובנים עם עשרה מורים, מדריכים, רכזים ומובילי קהילות מקצועיות. בראיונות הוצגו למורים משימות PISA נבחרות בגיאומטריה מישורית ומרחבית, והם התבקשו לזהות את קשיי התלמידים, להסביר את מקורותיהם, להציע דרכי התמודדות בכיתה ולהצביע על מענים מערכתיים אפשריים.

מן הראיונות עלו שישה מוקדי קושי מרכזיים: קושי במתמטיזציה של סיטואציה אוריינית או חזותית לא שגרתית; קושי בבניית דימוי מרחבי מתוך ייצוג דו־ממדי; קושי באומדן, בקירוב ובקבלת תשובה שאינה מדויקת; קושי בקנה מידה, ביחידות מידה וביחסי גודל; קושי בפירוק ייצוג עמוס ובסינון מידע רלוונטי; וקושי רגשי־התנהגותי מול משימה לא מוכרת. ממצאים אלה מלמדים כי הקושי אינו מתמצה בחוסר ידע מתמטי, אלא נוגע גם להרגלי חשיבה, לפרשנות של ייצוגים, לגמישות בפתרון בעיות ולביטחון של תלמידים מול משימות שאינן דומות לתרגילים שגרתיים.

המורים ייחסו את הקשיים לשתי רמות עיקריות. ברמת הכיתה והמורה הודגשו היעדר חשיפה שיטתית למשימות אורייניות ומרחביות, דחיקת הגיאומטריה, הוראה פרוצדורלית הנשענת במידה רבה על ספרי לימוד, שימוש מוגבל בהמחשות ובכלים דיגיטליים, ונורמות כיתתיות המדגישות דיוק, דרך פורמלית ושימוש בכל הנתונים. ברמה המערכתית הודגשו הטמעה קוריקולרית לא מספקת, לחץ הספק והערכה, מחסור בחומרי הוראה מותאמים ובתשתיות מקצועיות, ופער בין ז'אנר משימות PISA לבין תרבות ההערכה הבית־ספרית בישראל.

ביחס לדרכי ההתמודדות, המורים הציעו מגוון גישות: חשיפה מתמשכת למשימות אורייניות, שימוש בהמחשות, בקוביות, במודלים וביישומנים, עבודה קבוצתית ודיון בדרכי פתרון, פיתוח הרגלי אומדן וסינון מידע, ומתן לגיטימציה לפעולות כגון סימון על שרטוט, קירוב ושימוש בהיגיון מתמטי. לצד זאת, עלה מתח בין הכנה מפורשת למשימות דמויות PISA לבין טיפוח יכולות מתמטיות רחבות שאינן מצטמצמות לאימון לקראת מבחן.

ברמה המערכתית הצביעו המרואיינים על הצורך לשלב אוריינות וחשיבה מרחבית לאורך זמן, להבטיח להן מקום ממשי בשגרת ההוראה, לפתח חומרי הוראה ומעטפת פדגוגית למורים, לחזק את הפיתוח המקצועי ולהרחיב את השימוש בהמחשות ובייצוגים מגוונים. ניתוח דבריהם העלה ארבעה מתחים מרכזיים: בין הטמעה בתוכנית הלימודים לבין הקצאת זמן ייעודי; בין פיתוח יכולות עומק לבין היכרות עם תצורת המבחן; בין מדידה ואחריות מערכתית לבין בעלות מקצועית של המורים; ובין הוספת דרישות חדשות לבין תיעדוף מחודש של הזמן והתכנים הקיימים.

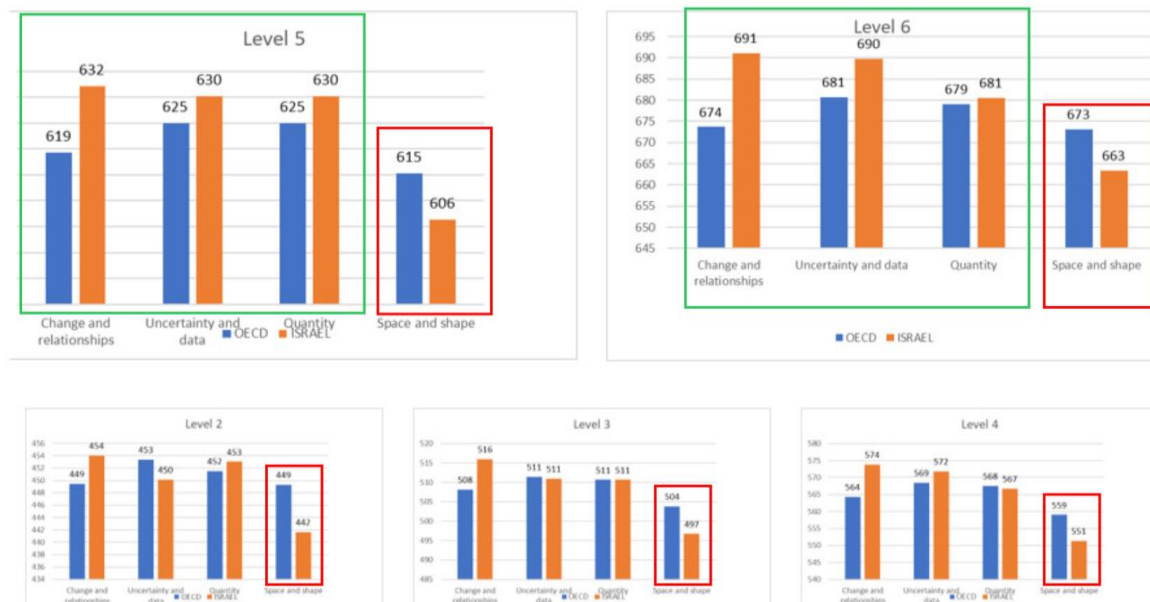
מסקנת הדו"ח היא שאין לראות בקושי של תלמידי ישראל בתחום מרחב וצורה בעיה של הכנה נקודתית למבחן בלבד. דברי המורים מצביעים על חולשה רחבה יותר באופן שבו תלמידים פוגשים גיאומטריה, מרחב, ייצוגים חזותיים ואוריינות מתמטית לאורך שנות הלימוד. מכאן שההתמודדות עם הקושי מחייבת תשומת לב הן לפיתוח מתמשך של יכולות מתמטיות-מרחביות והן להיכרות שיטתית עם משימות לא שגרתיות ועם אופני הייצוג והמענה הנהוגים בהן.

1 מבוא

מבחן PISA בוחן את יכולתם של תלמידים בני 15 להפעיל ידע מתמטי בהקשרים שאינם בהכרח דומים למשימות הלימודיות השגרתיות בבית הספר. בדו"ח קודם שהוכן עבור קרן טראמפ על הישגי תלמידי ישראל במתמטיקה במבחן PISA 2022, נמצא כי לצד פער כללי בין הישגי ישראל לבין ממוצע ה-OECD, בולט במיוחד הקושי של תלמידי ישראל בתחום התוכן "מרחב וצורה". תחום זה כולל הבנה גאומטרית ומרחבית, זיהוי ואפיון של צורות וגופים, חישובי שטחים ונפחים, עבודה עם זוויות, אורכים, ממדים ויחסי גודל. על פי הדו"ח, הציון של תלמידי ישראל בתחום זה היה 450 נקודות, לעומת 471 בממוצע ה-OECD, והוא הוצג כתחום שבו ניכר פער משמעותי במיוחד ביחס לתחומי התוכן האחרים (איור 1; פלטניק ואחרים, 2024). נוסף על כך, ניתוח אחוזי התשובות המלאות והתשובות השגויות חזק את המסקנה כי שאלות צורה ומרחב מציבות אתגר ייחודי לתלמידי ישראל.

איור 1

השוואה בין ישראל לממוצע OECD לפי תחומי תוכן ורמות בקיאות. הפער השלילי הגדול ביותר בכל רמות הבקיאות הוא בתחום צורה ומרחב (גיאומטריה).



מטרת המחקר הנוכחי היא לבחון כיצד מורים מנוסים למתמטיקה מסבירים את הקושי של תלמידים בישראל ברכיבי הגיאומטריה במבחני PISA, ובפרט במשימות המדגישות חשיבה מרחבית. בעוד שהדו"ח הקודם הצביע על דפוסי ההישגים ועל מוקדי הקושי ברמת הנתונים, המחקר הנוכחי מבקש ללמוד מן השדה: באמצעות שיחות עם עשרה מורים מנוסים סביב משימות נבחרות, נבחן כיצד הם מפרשים את מקורות הקושי, אילו פערים הם מזהים בין הדרישות הגלומות במשימות מסוג זה לבין תוכנית הלימודים הרשמית וההוראה הנהוגה בפועל, ובאילו היבטים של ידע, מיומנויות או הזדמנויות ללמידה הם תולים את קשיי התלמידים. נוסף על כך, המחקר מבקש לזהות, מתוך השיח עם המורים, כיוונים אפשריים לחיזוק ההוראה והלמידה בתחומי הגיאומטריה המרחבית והחשיבה המרחבית.

מתוך רקע זה נגזרות שאלות המחקר הבאות:

1. אילו קשיים מזהים מורים מנוסים בהתמודדות תלמידים עם משימות PISA בתחום הגיאומטריה המרחבית והחשיבה המרחבית?
2. כיצד מסבירים המורים את מקורות הקשיים הללו?
3. אילו דרכי התמודדות פדגוגיות מציעים המורים ברמת ההוראה בכיתה?
4. אילו המלצות מערכתיות מציעים המורים לחיזוק ההוראה והלמידה בתחום זה?

2 מתודולוגיה

2.1 מערך המחקר

המחקר נערך כמחקר איכותני מרובה-מקרים, המבוסס על ראיונות חצי-מובנים עם עשרה מורים ומורות מנוסים למתמטיקה. מטרת המחקר הייתה לברר כיצד מורים מנוסים מזהים ומפרשים את הקשיים שתלמידים עשויים לחוות בהתמודדות עם משימות PISA בגיאומטריה מרחבית, וכן אילו דרכי התמודדות הם מציעים ברמת ההוראה בכיתה וברמה המערכתית. הבחירה במערך איכותני נבעה מן הרצון להגיע להבנה עשירה ומפורטת של נקודת המבט המקצועית של המורים, ולא רק למפות את שכיחותן של תשובות או עמדות. בהתאם לכך, הראיונות התמקדו בהסברים, בהבחנות ובדוגמאות שהמורים הציעו ביחס למשימות, לתלמידים, להוראה ולמערכת החינוך.

המחקר נשען על היגיון של חקר מקרים מרובה, שבו כל מרואיין נתפס כמקרה מקצועי בפני עצמו, ובמקביל נערך ניתוח השוואתי בין המקרים לצורך איתור תמות חוזרות, דפוסים משותפים והבדלים בין גישות פדגוגיות שונות (Stake, 2013). ניתוח הנתונים שילב ניתוח תוכן איכותני מונחה ואינדוקטיבי: מצד אחד, ארבע שאלות המחקר שימשו מסגרת מארגנת ראשונית לניתוח; מצד אחר, הקטגוריות הפנימיות בכל תחום גובשו מתוך דברי המרואיינים עצמם, ולא הוכתבו מראש. שילוב זה נשען על גישות לניתוח תוכן איכותני המאפשרות לנוע בין קטגוריות מוקדמות לבין קטגוריות הצומחות מן הנתונים עצמם (Hsieh & Shannon, 2005; Mayring, 2015).

2.2 משתתפים

במחקר השתתפו עשרה מורים ומורות למתמטיקה בעלי ניסיון הוראה מגוון, שחלקם משמשים גם בתפקידי הדרכה, ריכוז מקצועי, הובלת השתלמויות או עבודה עם תלמידים מצטיינים. המשתתפים מייצגים מגוון של הקשרים בית-ספריים: חטיבות ביניים, תיכונים, כיתות מצוינות, כיתות עתודה מדעית-טכנולוגית, וכיתות ברמות לימוד שונות בחטיבה העליונה. מאחר שמטרת המחקר הייתה לקבל נקודת מבט מקצועית עשירה על משימות מאתגרות בגיאומטריה מרחבית, נבחרו משתתפים שניתן לראות בהם מורים מובילים או בעלי ניסיון משמעותי בהוראת מתמטיקה.

טבלה 1

פרטי המשתתפים, כפי שנאספו בעת ביצוע הראיונות.

#	שם	תפקיד / מקום עבודה	רקע וניסיון
1	איילת קריספין	מדריכה ארצית חט"ב	32 שנות הוראה; 17 שנות הדרכה פדגוגית; דוקטורנטית בחינוך מתמטי באוניברסיטה העברית. בעלת תואר שני בהוראת מתמטיקה מהאוניברסיטה העברית ותואר ראשון בהוראת מתמטיקה ממכללת דוד ילין

2	תובל אבישי	מורה במישור אדומים	7 שנות הוראה; דוקטורט בחינוך מתמטי באוניברסיטה העברית לקראת סיום.
3	מיכל לוי מדמון	מורה בחטיבה ותיכון; מנהלת ומנחה קהילות מורים מקצועיות לומדות בטכניון	22 שנות הוראה; הוראה ב־4 יח"ל; מלמדת קבוצות מצוינות בחטיבות ביניים; מחברת הספר "זמן להוראה"; דוקטורנטית בחינוך מתמטי באוניברסיטת חיפה
4	אלי נצר	מורה בתיכון ובחטיבה	16 שנות הוראה; מלמד בחטיבה ובתיכון (בשנת ביצוע המחקר לימד כיתות ט', י"א וי"ב)
5	אורית אביטל לוי	מעבירת השתלמויות מחשב"ה. מורה בחטיבה	כ-30 שנות ניסיון בהוראה; רכזת מקצוע המתמטיקה
6	מאור מדמון	רכזת מתמטיקה בתיכון בויאר, ירושלים.	10 שנות ניסיון בהוראה בתיכון ובחטיבה; מדריכה פדגוגית במכללת דוד ילין; בתהליך השלמת תזה לדוקטורט בחינוך מתמטי במכון ויצמן
7	וואפא פדול	מדריכה בפרויקט מחשב"ה	31 שנות הוראה; מדריכה בית־ספרית; מלמדת כיתות ז', ח', ט'
8	חיים פודה	אורט שמעון פרס יקנעם	שנה תשיעית בהוראה; מלמד כיתות ח', י' 5 יח"ל, י"א 5 יח"ל; רכז מקצוע שש־שנתי
9	מנוחה פרבר	מורה בתיכון הימלפארב	מעל 30 שנות ניסיון בהוראה; דוקטורנטית בחינוך מתמטי במכון ויצמן לקראת סיום
10	הילה דיין ארוש	מורה בתיכון ובחטיבה	4 שנות ניסיון בהוראה; מלמדת כיתות ז', ח' עתודה / מצוינות, י"א 4 יח"ל

גיוס המשתתפים נעשה באופן מכוון ומתגלגל. בשלב הראשון פניתי למורים ולמורות מובילים שהיו מוכרים לי מהקשרים מקצועיים שונים. בנוסף, נעזרתי בהמלצות מקרן טראמפ ובהמלצות של מדריכה ארצית למתמטיקה, אשר

הפנתה אותי למורים מובילים, מדריכים ומעבירי השתלמויות שעזרתי להם. שיטת גיוס זו התאימה למטרת המחקר, משום שהמחקר לא ביקש לייצג סטטיסטית את כלל אוכלוסיית המורים, אלא לאסוף ידע מקצועי עשיר ממורים מנוסים ומעורבים בשדה.

לא ניתן תגמול כספי או אחר למשתתפים. כל המשתתפים הסכימו להתראיין למשך כחצי שעה, וכן הסכימו ששמותיהם יופיעו בדו"ח.

2.3 כלי המחקר והמשימות

כלי המחקר המרכזי היה ראיון חצי־מובנה שהתבסס על ארבע משימות PISA בגיאומטריה מישורית ומרחבית (ראו נספח א'). המשימות שנבחרו למחקר נלקחו מתוך החוברת "אוריינות מתמטית: שאלות לדוגמה בעברית", שפורסמה על ידי ראמ"ה לאחר פרסום תוצאות מחקר פיזה 2012 (ראמ"ה, 2013). הבחירה במשימות ממועד זה נבעה בראש ובראשונה ממגבלת הזמינות: לאחר מבחן PISA 2022 לא שוחרר לציבור מספר מספק של משימות בתחום "מרחב וצורה", ולכן לא ניתן היה לבנות מהן לבדן מערך משימות מגוון לצורכי הראיונות. הבחירה בארבע משימות רשמיות מאותו מועד מבחן, שהיו זמינות בנוסח עברי מלא, אפשרה לשמור על אחידות במאפייני המשימות ולהשיג פיזור רחב יחסית של רעיונות ודרישות מתמטיות. המשימות נבחרו משום שהן עוסקות בתחום "מרחב וצורה" ודורשות התמודדות עם ייצוגים חזותיים, מבנים תלת־ממדיים, אומדן, קנה מידה, פירוק ייצוגים מורכבים וקישור בין ידע גיאומטרי לבין הקשר מציאותי או פסאודו־מציאותי. מטרת השימוש בהן לא הייתה לשחזר את פריטי מבחן PISA האחרון, אלא לעורר שיחה מקצועית על קשיים אפשריים של תלמידים ועל האופן שבו מורים מפרשים דרישות מרכזיות בתחום. עם זאת, שנת פרסום המשימות מגבילה את יכולתן לייצג את מלוא מאפייניהם של הפריטים ושל הממשק הממוחשב העדכני.

לפני הראיון נשלחו למרואיינים השאלות והמשימות, כדי לאפשר להם לעיין בהן מראש. בעת שליחת המשימות הודגש כי מטרת הראיון אינה לבחון את יכולתם של המורים לפתור את המשימות בעצמם, אלא להיעזר במומחיותם המקצועית כדי להבין כיצד תלמידים עשויים להתמודד עמן: אילו קשיים עשויים להתעורר, מה עשויות להיות הסיבות לקשיים אלה, כיצד היו המורים מתמודדים עמם בכיתה, ואילו מענים מערכתיים עשויים לסייע.

מבנה הראיון כלל ארבעה מוקדים עיקריים, בהתאם לשאלות המחקר:

1. אילו קשיים תלמידים עשויים לחוות בהתמודדות עם המשימות?
2. מהן הסיבות האפשריות לקשיים אלה?
3. כיצד היית מתמודד/ת עם קשיים אלה בכיתה?
4. אילו פתרונות או שינויים מערכתיים יכולים לסייע לתלמידים בהתמודדות עם משימות מסוג זה?

2.4 הליך המחקר

הראיונות התקיימו במועדים שנקבעו עם כל אחד מן המשתתפים, ונמשכו כשלושים דקות לכל הפחות. הראיונות התנהלו כראיונות חצי־מובנים: מצד אחד, נשמרה מסגרת קבועה יחסית של שאלות סביב ארבעת מוקדי המחקר; מצד אחר, במהלך הראיון נשאלו שאלות הבהרה ושאלות המשך בהתאם לדבריו של כל מרואיין. כך, למשל, כאשר מורה הצביע על קושי מסוים של תלמידים, נשאלו שאלות המשך על מקור הקושי, על מופעים אפשריים שלו בכיתה, על דרכי הוראה רלוונטיות ועל התנאים המערכתיים הנדרשים כדי להתמודד עמו. אופן פעולה זה תואם את ההיגיון של ראיון איכותני חצי־מובנה, שבו קיימת מסגרת שאלות משותפת, אך נותר מקום להעמקה, להבהרה ולמעקב אחר משמעויות העולות מתוך דברי המשתתפים.

במהלך הראיונות הוצגו שתי המשימות הראשונות לכל המשתתפים, ולאחר מכן נבחרה משימה שלישית בהתאם לזמן שנותר ולמהלך השיחה. כאשר נותר זמן רב יותר, נבחרה משימת הגלדריה, שהייתה ארוכה ומורכבת יותר; כאשר הזמן היה מוגבל יותר, נבחרה משימת תוכנית הדירה, שהייתה קצרה וממוקדת יותר. מבנה זה אפשר לשמור על אחידות יחסית בין הראיונות, ובה בעת להתאים את הראיון למגבלות הזמן ולדינמיקה שהתפתחה עם כל מרואיין. הראיונות התקיימו ב-Zoom והוקלטו ותומללו לצורך ניתוח. בשלב התמלול והעיבוד נשמרו שמות המשתתפים, בהתאם להסכמתם המפורשת להופעת שמם בדו"ח.

2.5 ניתוח הנתונים

ניתוח הראיונות נעשה בשני שלבים מרכזיים. בשלב הראשון נערך ניתוח ברמת כל מרואיין בנפרד. עבור כל ראיון נבנו "פתקים" אנליטיים בתוכנת Miro, שכל אחד מהם כלל טענה או תמה מקומית מדברי המרואיין, בצירוף ציטוטים תומכים מתוך התמלול. הפתקים אורגנו לפי ארבע שאלות המחקר: קשיי תלמידים, סיבות לקשיים, דרכי התמודדות אישיות של המורה בכיתה, והצעות להתמודדות ברמה המערכתית. שלב זה אפשר לשמר את הייחודיות של כל מרואיין ואת ההקשר שבו נאמרו הדברים, לפני המעבר להכללות רחבות יותר. במובן זה, הניתוח שמר תחילה על ההיגיון של מקרה יחיד, ורק לאחר מכן עבר להשוואה בין־מקרים, כפי שמקובל במחקר איכותני מרובה־מקרים (Stake, 2013). שמירת ההקשר המקומי של כל מרואיין דומה גם לרגישות של חקירה נרטיבית לאופן שבו משתתפים מארגנים ומנסחים את ניסיונם המקצועי, גם אם המחקר הנוכחי אינו מחקר נרטיבי במובנו המלא (Clandinin & Caine, 2008).

בשלב השני נערך ניתוח רוחבי בין כלל הראיונות. בשלב זה זוהו תמות חוזרות, דפוסים משותפים, הבדלים בין מרואיינים ומוקדי מתח בין גישות שונות. הקידוד היה בחלקו מונחה ובחלקו אינדוקטיבי: ארבע שאלות המחקר שימשו מסגרת ראשונית ומכוונת, אך הקטגוריות הפנימיות — למשל סוגי הקשיים, סוגי הסיבות או סוגי דרכי ההתמודדות — גובשו מתוך החומר האמפירי עצמו. גישה זו נשענת על הבחנה מקובלת בין ניתוח תוכן מונחה, שבו קטגוריות ראשוניות נגזרות משאלות המחקר או מן המסגרת התיאורטית, לבין ניתוח תוכן אינדוקטיבי, שבו קטגוריות מתפתחות מתוך הנתונים עצמם (Hsieh & Shannon, 2005; Mayring, 2015).

בפרקי הממצאים אומצה אסטרטגיית הצגה שונה במקצת ביחס לכל אחת משאלות המחקר. ביחס לקשיי התלמידים ולסיבות לקשיים, הממצאים מוצגים כמעין "ארסנל" של קשיים והסברים אפשריים. בחירה זו נובעת מכך שבתחומים אלה נמצאה חזרתיות גבוהה יחסית בין המרואיינים, והופיעה מידה רבה של הסכמה סביב סוגי הקשיים המרכזיים. לפיכך, מטרת ההצגה אינה לאפיין פרופילים של מרואיינים אלא לפרוס באופן שיטתי את מגוון הקשיים והסיבות שעלו מדברי המורים. לעומת זאת, ביחס לדרכי ההתמודדות האישיות של המורים בכיתה, הממצאים מדגישים יותר את השונות בין גישות פדגוגיות. בתחום זה הראיונות לא חשפו רק רשימת פעולות מוסכמת, אלא גם הבדלים באופן שבו מורים מבינים הכנה למשימות לא שגרתיות, תרגול, פיתוח חשיבה מרחבית, תיווך חזותי, עבודה עם שרטוטים,

שיח כיתתי ועידוד עצמאות של תלמידים. לכן, בפרק זה הממצאים מאורגנים סביב רצפים קוטביים או מתחים פדגוגיים, המאפשרים להציג את המגוון בין גישות המורים.

ביחס להצעות המערכתיות, הניתוח התמקד במיפוי רחב של דרכי פעולה אפשריות שעלו מן הראיונות. מאחר שחלק זה משמש בסיס לפרק הסיכום, נשמרו בו גם הצעות ברמות פעולה שונות: פיתוח מקצועי של מורים, שינוי חומרי הוראה, שילוב משימות דמויות PISA בשגרה, טיפוח חשיבה מרחבית לאורך זמן, התאמות בהערכה, ועבודה מערכתית עם מורים סביב משימות לא שגרתיות. הדו"ח אינו מכיל המלצות מטעם מחבר הדו"ח ומבקש לייצג את דברי המורים ולסכם מבלי לגזור מכך צעדי פעולה אופרטיביים מוכללים.

2.6 מיקום החוקר (Positionality)

יש להביא בחשבון את מיקומו של החוקר ביחס לשדה. המחקר נערך על ידי חוקר ישראלי העוסק בהוראת מתמטיקה, בפיתוח מקצועי של מורים ובמשימות מתמטיות אורייניות בהקשרים מציאותיים. מצד אחד, מיקום זה עשוי לתרום להבנה עמוקה של השפה המקצועית, של ההקשרים הבית-ספריים ושל הדקויות הפדגוגיות שעלו בראיונות. מאידך, הוא עשוי גם ליצור הנחות מובלעות או מובנות מאליהן ביחס להוראת מתמטיקה, להכשרת מורים או למערכת החינוך. לכן, במהלך הניתוח נעשה מאמץ להבחין בין דברי המרואיינים עצמם לבין הפרשנות המחקרית שניתנה להם. הכרה זו בתפקידו הפעיל של החוקר בתהליך המחקר והפרשנות עולה בקנה אחד עם דיונים על מיקום החוקר, יחסי פנים-חוץ והאפשרות שהיכרות עמוקה עם שדה המחקר תסייע בהבנת הנתונים אך גם תייצר אזורי עיוורון פרשניים (Milner, 2007; Tillman, 2002).

3 ממצאים

3.1 קשיי תלמידים במשימות אורייניות וגיאומטריות במרחב

ניתוח הראיונות מצביע על כך שהמורים מתארים את קשיי התלמידים במשימות הקשורות למרחב וצורה על פני מספר רב של מימדים ואינם מזהים רק קושי מרכזי יחיד. הקשיים מתפרשים על פני שישה מוקדים מרכזיים: (1) מתמטיזציה של סיטואציה אוריינית או חזותית לא שגרתית; (2) בנייה והפעלה של דימוי מרחבי מתוך ייצוג דו-ממדי;

(3) אומדן, קירוב וקבלת תשובה שאינה מדויקת; (4) קנה מידה, יחידות מידה ויחסי גודל במישור ובמרחב; (5) פירוק ייצוג עמוס וסינון מידע רלוונטי; (6) קושי רגשי-התנהגותי מול משימה לא שגרתית. תתי-הפרקים הבאים מציגים כל אחת מן הקטגוריות הללו, את פניה השונים, ואת הציטוטים המרכזיים התומכים בה. טבלה 2 מסכמת את ששת קטגוריות-העל לפי נוכחותן בקרב עשרת המרואיינים.

טבלה 2

פירוט הקשיים לפי שיש קטגוריות-העל ולפי משתתפים.

משתתף/ת	1.1 מתמטיזציה של סטואציה אוריינית/חזותית לא שגרתית	1.2 בנייה והפעלה של דימוי מרחבי מתוך ייצוג דו-ממדי	1.3 אומדן, קירוב וקבלת תשובה שאינה מדויקת	1.4 קנה מידה, יחידות מידה ויחסי גודל במישור ובמרחב	1.5 פירוק ייצוג עמוס וסינון מידע רלוונטי	1.6 קושי רגשי-התנהגותי מול משימה לא שגרתית
אורית	✓	✓	✓			✓
איילת		✓		✓	✓	✓
חיים	✓	✓	✓	✓	✓	
מנוחה	✓	✓	✓	✓	✓	
תובל	✓	✓	✓	✓	✓	
הילה	✓	✓	✓	✓		✓
מאור	✓	✓	✓	✓	✓	✓
אלי	✓	✓	✓	✓		
מיכל	✓	✓	✓	✓		✓

וואפא	✓	✓	✓	✓	✓	✓
סה"כ	9 (90%)	10 (100%)	9 (90%)	9 (90%)	5 (50%)	5 (50%)

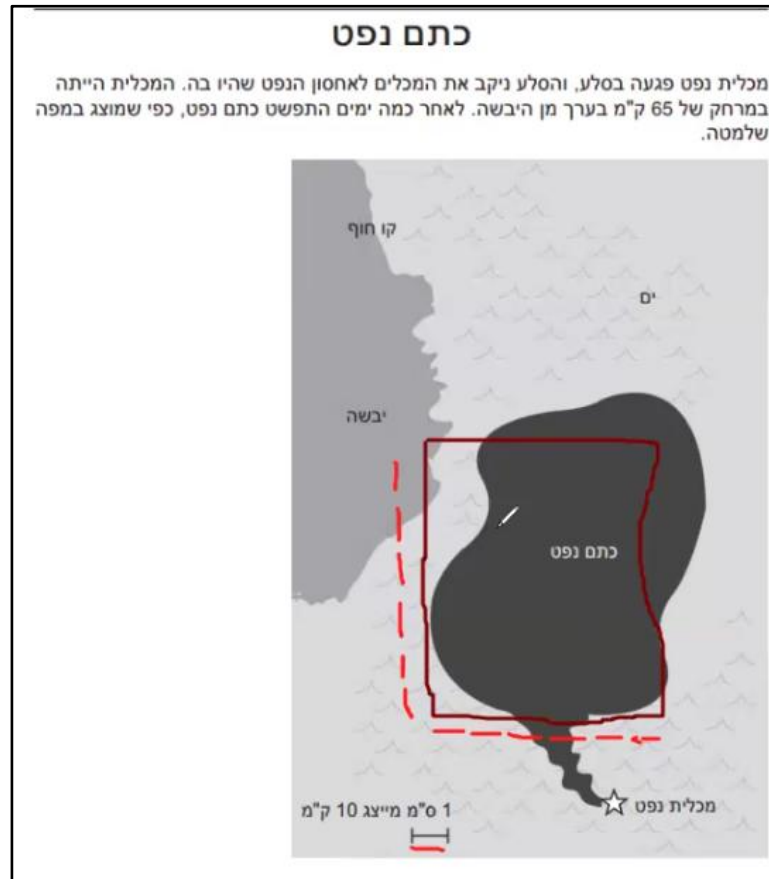
3.1.1 מתמטיזציה של סיטואציה אוריינית/חזותית לא שגרתית

קטגוריה זו מתייחסת לקושי של תלמידים לזהות את המבנה המתמטי של סיטואציה שאינה מוצגת כתרגיל בית-ספרי מוכר. במשימות מסוג זה התלמידים נדרשים לתרגם סיפור, תמונה, מפה, גוף או מצב יומיומי לפעולה מתמטית. הם צריכים 'לפשפש בארגז הכלים המתמטי' שברשותם ולזהות איזה כלי כדאי להפעיל. הקושי אינו בהכרח בפרוצדורה המתמטית עצמה אלא בזיהוי הבעיה המתמטית ובבחירת הכלי המתאים לפתרונה.

הילה מנסחת זאת בצורה ישירה ביחס למעבר ממלל למתמטיקה: "הכי קשה איתם זה ההבנה של להעביר ממילולי למתמטיקה. וואי זה ממש קשה" (תור 10, 02:47). היא מוסיפה כי "הם רואים הרבה מלל... וזה קשה" (תור 10, 02:47), ובהמשך מדגישה כי חלק מן התלמידים "פשוט יעזבו" כאשר המלל הרב מרתיע אותם (תור 48, 12:22). כלומר, עוד לפני הפעלת כלי גאומטרי או אלגברי, עצם הכניסה למשימה נתפסת כמכשול. גם אורית מצביעה על אותו קושי, ומדגישה את היעדר הסימון הבית-ספרי הברור של "איזה נושא זה": "לא כתוב להם למעלה 'בעיית אוריינות בנושא משפט פיתגורס'. הם צריכים להרים את הראש ולהבין באילו פרוצדורות מתמטיות להשתמש" (אורית, תור 50, 21:11). הילה אף היא מצביעה על אותו אתגר: "כן לוקח להם זמן להבין מה מתוך ארגז הכלים להפעיל" (הילה, תור 40, 09:44). מאור מחדדת את ההיבט הנורמטיבי של הקושי: תלמידים עלולים להיתקע כי הם מצפים שמה שמופיע במבחן יהיה "משהו שכבר ראינו" (מאור, תור 17, 09:45). מכאן שהקושי במתמטיזציה קשור גם להרגלי למידה: תלמידים מחפשים תבנית מוכרת, וכאשר היא אינה מופיעה הם מתקשים להפעיל חשיבה מתמטית עצמאית (ראו גם אזור 2).

איור 2

צילום מסך מתוך הראיון עם אלי: שימוש בכלי מתמטי בסיסי של חישוב שטח מלבן כדי להעריך שטח של צורה בלתי מוכרת: "יש שונות די גדולה. יכול להיות שיהיו כאלה שבכלל לא יענו ויגידו: לא למדנו, ביי." (אלי, תור 16, 8:05)



3.1.2 בנייה והפעלה של דימוי מרחבי מתוך ייצוג דו־ממדי

קטגוריה זו כוללת קשיים שבהם תלמידים נדרשים לבנות דימוי מרחבי מתוך ייצוג שטוח, חלקי או חזותי, ולאחר מכן לבצע עליו פעולות שונות בדמיון (כגון ספירה, סיבוב מנטלי, בחינת יחסים בין גדלים). הכוונה היא לקריאת מבט־על, מבט־צד או תמונה תלת־ממדית, להשלמת מידע שאינו נראה (או שנראה באופן מעוות עקב זווית התצוגה הדו־ממדית), לזיהוי מה מוסתר ומה גלוי, ולפעולות דמיוניות כגון סיבוב, שינוי נקודת מבט או "השטחת" גוף למבט אחר.

הקושי מופיע בבירור במשימות הקוביות. מאור מתארת את המשימה כמחייבת מניפולציה מנטלית מורכבת: “ברור למה זה קשה. כי הם צריכים לעשות מניפולציה בראש. זה לוקח רגע. אתה אומר ‘מלמעלה’, והשאלה היא האם המבט שקיבלנו הוא מלמעלה או לא מלמעלה, מה מסתיר ומה לא. יש פה הרבה” (מאור, תור 9, 03:21). היא מוסיפה כי התלמיד צריך “מצד אחד לסובב, מצד שני לשמור על הסדר היחסי” (מאור, תור 11, 04:47). כלומר, לא מדובר רק בראייה של אובייקט, אלא בשמירה דינמית על יחסים מרחביים תוך שינוי נקודת מבט. מנוחה מתארת זאת כקושי בהבנת מערכת מושגים שאינה נוכחת מספיק בלמידה הבית-ספרית: “יש כאן סיפור של דו-ממד ותלת-ממד, סוג של היטל או מבט, זווית הסתכלות, מבט-על, מבט מהצד הזה, מבט מהצד הזה — מושגים שהייתי מנסה להכניס” (מנוחה, תור 8, 03:04). היא מוסיפה שאפילו להבין מה פירוש “מבט-על” אינו מובן מאליו: “אפילו להבין מה זה ‘מלמעלה’, למרות שעל פניו זה יחסית ברור” (מנוחה, תור 8, 03:04).

הילה מצביעה על אותו מוקד דרך שאלת הפרשנות של המבט: “אולי הם לא היו מבינים במלל ‘מבט על’” (הילה, תור 10, 02:47), ומדמינת תלמידים שואלים: “רגע, המבט על זה מה שמצולם? זה מה שמלמעלה?” (הילה, תור 10, 02:47). גם וואפא מדגישה את ייחוד הקושי התלת-ממדי: “השאלה שונה כי היא תלת-ממד” (וואפא, תור 19, 06:38). יחד, הציטוטים מצביעים על כך שהקושי אינו רק “לראות במרחב”, אלא לבנות דימוי מרחבי פעיל מתוך ייצוג דו-ממדי ולהפעיל עליו פרשנות (ראו גם איור 3).

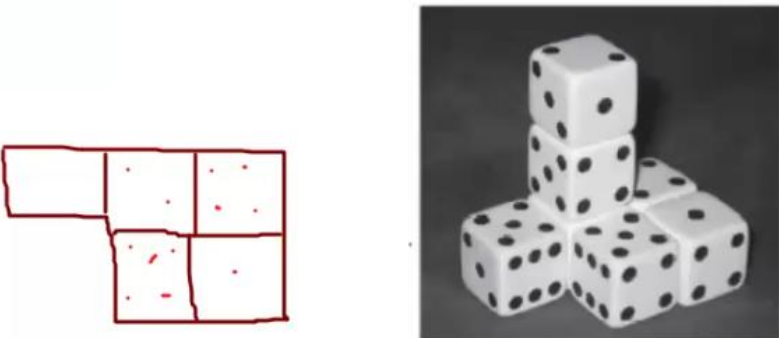
איור 3

צילום מסך מתוך הראיון עם אלי: "חשבתי שהם צריכים לצייר איך זה נראה מלמעלה, לעשות סקיצה של הריבועים מלמעלה, עוד לפני שמתייחסים לנקודות... הראש שלי עבד על זה, אבל זה לא אומר שככה עובד הראש של התלמידים. יש פה מורכבות..." (תור 6, 3:10).

מבנה מקוביות

בתמונה למטה מופיע מבנה הבנוי משבע קוביות משחק זהות, שפאותיהן ממוספרות מ-1 עד 6.

↓ מבט על



כשמסתכלים על המבנה מלמעלה, אפשר לראות רק 5 קוביות.

PM937Q01-0 1 2 9

מבנה מקוביות

כמה נקודות בסך הכול רואים כשמסתכלים על המבנה הזה מלמעלה?

מספר הנקודות שרואים:

3.1.3 אומדן, קירוב וקבלת תשובה שאינה מדויקת

קטגוריה זו מתייחסת לקושי של תלמידים לעבוד עם "בערך": להעריך גודל, לקרב צורה לא מוכרת לצורה מוכרת, לבדוק סבירות של תשובה, או לקבל תשובה מקורבת כלגיטימית. המורים מתארים את האומדן לא רק כמיומנות טכנית, אלא כתרבות מתמטית חלשה יחסית בבית הספר, שבו תלמידים רגילים לחישוב מדויק ולתשובה אחת (ראו 'מתמטיקה של אומדן ומתמטיקה של דיוק' אצל מרקו ושות', 2024; precision vs. approximation mathematics אצל Marco & Palatnik, 2024).

לגבי שאלת כתם הנפט אלי מצביע על הקושי המרכזי באופן הבא: "זו בעצם שאלה של הערכה, ואנחנו כמעט לא שואלים אותם שאלות של הערכה. יותר חישוב ממש; הם רגילים לכתוב תשובות מדויקות מאוד. כאן צריך להעריך." (תור 12, 4:49). חיים מצביע על כך באופן מפורש: "הנושא של אומדן הוא נושא מאוד מפוספס בתוכנית הלימודים בחטיבה, ולכן החלוקה לצורות שאנחנו כן יודעים לחשב עליהן את השטח, בעייתית" (חיים, תור 14, 07:34). כלומר, כאשר מופיעה צורה שאינה ניתנת לחישוב ישיר, תלמידים חסרים את הפרקטיקה של פירוק, קירוב והערכה. מנוחה ותובל מתארים את הקירוב כפעולה שיש ללמד במפורש: "אחד, לעשות קירוב למלבן או לצורה מוכרת — זה משהו שהם לא רגילים אליו... זו יוריסטיקה או פרקטיקה שצריך ללמד, כי זה לא בא טבעי" (תובל, תור 18, 7:57). כלומר, הבעיה אינה רק אידיעה של נוסחה, אלא היעדר הרגל לראות בצורה לא סדירה אובייקט שאפשר לקרב למבנה מתמטי מוכר.

מיכל מרחיבה זאת לרמת האיודאות במשימה: "אנחנו לא מביאים להם שאלה של כל כך הרבה איודאות. אנחנו אוהבים להביא תשובות עם פתרון מאוד ברור" (מיכל, תור 24, 13:09). לכן, הקושי באומדן הוא גם קושי מתמטי וגם קושי אפיסטמי: מה נחשב תשובה תקפה כאשר אין פתרון מדויק, יחיד וסגור. מאור מחדדת את הקשר בין אומדן לבין הציפייה לדיוק ולנורמות מתמטיות בכיתותיה: "אני לא חושבת שעובדים איתם על אומדנים. התשובות שלנו במתמטיקה הן תמיד מדויקות" (מאור, תור 26, 16:03). בהמשך היא מתארת כיצד גם ניסוח מספרי מקורב עלול להיתפס כמסוכן: "בערך 30 קמ"ר הוא משפט שתלמידים לא היו מוכנים להגיד... זה מפחיד אותם כי זה נתפס כלא מדויק, ובשבילם לא מדויק זה טעות" (מאור, תור 29, 18:51).

3.1.4 קנה מידה, יחידות מידה ויחסי גודל במישור ובמרחב

קטגוריה זו מתייחסת לקשיים בהבנת יחסים כמותיים בין ייצוג למציאות: קנה מידה במפה, המרות בין סנטימטרים, מטרים וקילומטרים, יחסי שטח, ומעבר מיחידת אורך ליחידת שטח. בניגוד לאומדן, שמדגיש עבודה עם קירוב, כאן המוקד הוא הבנה מדידתית וכמותית של יחסי גודל מרחביים.

הילה, למשל, מצביעה על קנה מידה כתחום שנמצא על גבול המתמטיקה והגיאוגרפיה ולכן עלול "ליפול בין הכיסאות": "קנה מידה, מפות כזה... וואי עלתה לי עכשיו מחשבה שאולי זה משהו שלא נגעתי באזור הזה" (הילה, תור 26, 06:11). היא מוסיפה: "זה מרגיש לי כאילו זה לא האזור שלי, זה אזור של גיאוגרפיה כזה, זה לא אני"

(שם). כלומר, הקושי אינו רק של התלמידים, אלא משקף עמימות קוריקולרית: מי אחראי ללמד את המעבר בין מפה, מידה ומציאות. וואפא מציגה טענה דומה אך חריפה יותר ביחס להוראה בפועל: “בשנים האחרונות כמעט לא לימדו קנה מידה... לכן שאלה כזאת היום, אם יש מבחן טימס או פיזה, נכשלים בגדול” (וואפא, תור 27, 12:10). גם היא טוענת שעל מורי השל”ח והגיאוגרפיה ללמד נושאים אלה (ראו להלן סעיף 3.4.8). אצל תובל מופיע פירוט של הפעולה הנדרשת במשימת המפה והוא מתאר את הקושי “להעריך כמה פעמים ה-10 קילומטר או ה-1 סנטימטר נכנסים בתוך זה” (תובל, תור 22, 09:38). חיים מדגיש את בעיית ההמרות עצמה: “האורך הוא 0.2 מילימטר, זה לא כל כך טבעי... ההמרות” (חיים, תור 16, 11:03), ואף מוסיף כי “יש תלמידים שזה מדהים, הם לא יודעים כמה מטרים יש מקילומטר” (תור 18, 12:30). הקטגוריה מצביעה אפוא על פער יסודי בין ידע פורמלי על מידות לבין שימוש גמיש ביחסי גודל בתוך הקשר מציאותי.

3.1.5 פירוק ייצוג עמוס וסינון מידע רלוונטי

קטגוריה זו עוסקת בקושי של תלמידים לברור מתוך טקסט, שרטוט, מפה או סיטואציה את המידע הדרוש לפתרון, ולהתמודד עם מידע עודף או מסיח. בניגוד לתרגילים בית-ספריים רבים, שבהם כמעט כל נתון שניתן אמור לשמש, משימות אורייניות כוללות לעיתים פרטים מיותרים, רקע סיפורי או ייצוג חזותי עמוס. לכן הקושי הוא גם קוגניטיבי וגם נורמטיבי: תלמידים צריכים להבין שמותר לא להשתמש בכל הנתונים.

מאור מנסחת זאת בצורה חדשה ביחס לשאלת תוכנית הדירה. מבחינתה, הפעולות המתמטיות מוכרות, אבל הקושי הוא בזיהוי שלהן בתוך עומס הפרטים: “מבחינת הפעולות המתמטיות הם ראו כאלה: שטח שמחלקים לצורות ומחשבים בנפרד, או משלימים ומחסרים. לכן זו שאלה מעניינת — למה הם לא מזהים? יכול להיות שיש פה יותר מדי דברים והם לא מסוגלים לפרק... כאן צריך להוריד הרבה מידע לא רלוונטי” (מאור, תור 35, 24:55). תובל מתאר את אותו עניין כיכולת לברור נתונים מתוך מציאות: “חלק מהעניין הוא להיות מסוגל לברור מתוך המידע הקיים את הנתונים הרלוונטיים לחישוב שאתה רוצה לעשות” (תובל, תור 52, 21:24). הוא מסביר שהפער נעוץ בהבדל בין שאלות ספר לבין מצבים מציאותיים: “בדרך כלל בגיאומטריה כשאני מלמד תלמידים שנתקעו, אני אומר: תראו, יש פה נתון שלא השתמשתם בו עדיין... כלומר השאלות בנויות כך שמשתמשים בנתונים. זה הפער בין שאלות בטקסטבוק לבין העולם האמיתי” (תור 54, 22:16). חיים מצביע על אותו מוקד בשפה של מסיחים: “לתלמיד ממוצע,

ויש בה [בשאלה] לא מעט נתונים שלא צריך אותם... כל צד שמאל הזה הוא הסחה" (חיים, תור 24, 15:19). מאור מוסיפה לכך ממד של הרגל בחינה: "יש לנו הרגל שאם נשאר נתון ולא השתמשתם בו, כנראה פספסתם משהו" (מאור, תור 41, 29:18). לכן סינון מידע אינו רק מיומנות טכנית; הוא שינוי בכללי המשחק שהתלמידים רגילים אליהם.

3.1.6 קושי רגשי-התנהגותי מול משימה לא שגרתית

קטגוריה זו מאגדת קשיים שאינם מתמטיים במובן הצר, אלא קשורים להיבטים רגשיים-התנהגותיים באופן שבו תלמידים ניגשים למשימה לא מוכרת: פחד, הימנעות, חוסר ביטחון, או תחושה שלא לגיטימי להשתמש בדרך לא פורמלית. היבטים אלה אינם מחליפים את הקשיים המתמטיים שתוארו לעיל, אלא יושבים עליהם ומעצימים אותם. מצטיירת כאן תמונה של תלמידים שאינם בהכרח חסרי יכולת, אלא מתקשים לפעול באפקטיביות כאשר המשימה אינה מזוהה, אינה מובילה לאלגוריתם מוכר, או אינה נראית כמו שאלה מתמטית רגילה.

אורית מתארת את הקושי כקודם לעצם ההתמודדות: "תלמיד שלא מאמין בעצמו אפילו לא מגיע למצב של לנסות. לפעמים אתה לא באמת יודע אם הם מתקשים או לא, הם פשוט לא מנסים" (אורית, תור 12, 02:55). כלומר, מבחינתה לעיתים אי-הפתרון אינו עדות ישירה לקושי קוגניטיבי, אלא לתגובה של הימנעות לפני שהמשימה בכלל מעובדת. איילת מחדדת את אותו מוקד באופן מפורש במיוחד. ביחס למשימת הקוביות היא אומרת כי "באיזשהו מקום הם ניגשים לזה בפחד" ומסבירה כי הקושי "נובע מחוסר ביטחון ומפחד" (איילת, תור 13, 06:03). בהמשך היא מתארת את הפחד לא רק כתגובה פנימית אלא גם כתופעה חברתית-כיתתית: "אם זה בנים, הם יגידו בביטחון את התשובה. אם זה בנות, לא בטוח שהן יגידו... כי יש פחד לטעות בציבור" (איילת, תור 23, 13:29). במקרה אחר היא מתארת רגע של שבירה מול מספרים לא שלמים וייצוגים לא מוכרים: "אני מדברת על ילדים שמסתכלים על נתון, כמו שמורה אמר: הם יצאו לפרסומות כבר מזמן, הם לא איתך... שם יש שבירה והם אומרים 'אני לא יכול' זה לא משנה אם השאלה קלה. איבדנו אותם בגלל חוסר חשיפה..." (איילת, תור 37, 22:35). לכן, אצלה הפחד אינו תוספת חיצונית לקושי המתמטי, אלא חלק מן האופן שבו תלמידים פוגשים את המשימה.

מאור מוסיפה רובד של "סמכות" לפעול מתמטית: "אולי יש כאן עניין של סמכות: מי אני שאפעיל שיטה משל עצמי כדי לאמוד את הדבר הזה?" (מאור, תור 26, 16:03). מיכל מצביעה על נורמה דומה כאשר היא אומרת שתלמידים

רגילים לכך שבמתמטיקה לא עושים פעולות "לא נקיות": "לא רק שלא אומרים להם לעשות, אלא אומרים שאסור לעשות" (מיכל, תור 26, 13:49). לכן הקושי הרגשי-התנהגותי אינו רק פחד אישי, אלא גם תוצר של תרבות מתמטית שבה טעות, ניסיון, אומדן, סימון חופשי ומידול לא פורמלי אינם תמיד נתפסים כלגיטימיים.

הילה מתארת תופעה דומה ביחס לשאלות אוריינות: "[תלמידים] אחרים היו מרימים ידיים, אתה מבין?" (הילה, תור 34, 07:39). עם זאת, היא גם מציגה את ההיפוך האפשרי: תלמידים שמתורגלים בשאלות כאלה "לא מפחדים מהדברים האלה" (הילה, תור 34, 07:39), ובהמשך היא אומרת על תלמידה: "אם אני נותנת להם משימה עכשיו, זה לא מפחיד אותם. 'אה סבבה, מודל... סבבה עשיתי את זה'" (הילה, תור 90, 21:52). כלומר, הפחד אינו תכונה קבועה של תלמידים, אלא קשור להתנסות, להרגלים ולנורמות כיתה (ראו סעיף 3.3.2).

3.2 סיבות לקשיים

בתת-הפרק הקודם תוארו הקשיים שהתלמידים חווים בעת התמודדות עם משימות פיזה במרחב וצורה. תת-הפרק הנוכחי עובר משאלת ה"מה" לשאלת ה"מדוע": מהם הגורמים שהמורים מייחסים להיווצרותם של קשיים אלה. במהלך הניתוח התברר כי חלק מן ההסברים שנוסחו תחילה כסיבות "ברמת התלמיד" מתארים למעשה את הקושי עצמו, למשל קושי באומדן, במעבר בין ייצוגים, בראייה מרחבית או בברירת מידע. לכן, כדי להימנע מחזרה על פרק הקשיים, אורגנו הסיבות בשתי רמות עיקריות: רמת הכיתה, ההוראה והמורה; ורמת המערכת, תוכנית הלימודים וההערכה.

3.2.1 סיבות לקשיים ברמת הכיתה והמורה

ברמת הכיתה והמורה נכללות סיבות הקשורות למה שמתרחש או אינו מתרחש בשיעורי המתמטיקה עצמם: אילו סוגי משימות תלמידים פוגשים, אילו נורמות פתרון נבנות בכיתה, עד כמה גיאומטריה ומרחב נלמדים בפועל, באילו כלים והמחשבות משתמשים, ומהי מידת המוכנות של המורים להוביל משימות אורייניות, חזותיות ולא־שגרתיות. ברמה המערכתית נכללות סיבות רחבות יותר, שאינן תלויות רק במורה יחיד: מיקום האוריינות והגיאומטריה בתוכנית הלימודים ובספרי הלימוד, לחץ ההספק וההערכה, מאגרי המשימות, ההשתלמויות, והאופן שבו מבחנים חיצוניים כמו פיזה מתוקשרים ומוטמעים במערכת. טבלה 3 מציגה את נוכחות הקטגוריות הללו בקרב המרואיינים.

טבלה 3

שכיחות התמות המרכזיות שנמצאו בנוגע לסיכנות לקשיים ברמת המורה והכיתה.

מורה	3.2.1.1 חשיפה ושגרה	3.2.1.2 דחיקת גיאומטריה	3.2.1.3 הוראה ספרית- פרוצדורלית	3.2.1.4 המחשות וכלים דיגיטליים	3.2.1.5 נורמות כיתתיות של דיוק ונימוק	3.2.1.6 מוכנות ועמדות מורים	3.2.1.7 זמן ועומס הכנה
אורית	✓		✓	●		✓	✓
וואפא	✓		✓	✓		●	
מיכל	✓	✓	✓	●	✓	✓	✓
תובל	✓		●	✓	✓	✓	●
מנוחה	●	●			✓		
אלי	✓	●	●		✓	✓	
חיים	✓	✓	●		✓	✓	✓
מאור	✓	●	●		✓	●	
איילת	✓	✓	●	✓	✓	✓	●
הילה	✓		✓		●	✓	✓

50%	80%	75%	40%	65%	45%	95%	אחוז* מהמורים
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------------------

מקרא: ✓ = מופיע בבירור, ● = מופיע חלקית / בעקיפין.

*בחישוב אחוז השכיחות: ✓ = 10%, ● = 5%.

3.2.1.1 חשיפה ושגרה

קטגוריה זו מתייחסת להיעדר מפגש עקבי ושיטתי של תלמידים עם משימות אורייניות, חזותיות, מרחביות ולא-שגרתיות. הטענה המרכזית של כמה מהמורים היא שהתלמידים אינם בהכרח חסרי יכולת, אלא חסרי הרגל: הם לא פוגשים מספיק משימות שבהן צריך להבין סיטואציה, לבחור כלי מתמטי, לאמוד, לפרש ייצוג חזותי או להתמודד עם שאלה שאין לה תבנית מוכרת מראש. לכן, כאשר משימה כזו מופיעה במבחן, היא נחוות כזרה ומאימת.

אורית מנסחת זאת באופן הבא: "אני חושבת שהילדים מאוד חכמים, אבל הם פשוט לא נחשפים. אי אפשר לעשות שבוע אורייניות ולסיים עם זה; זה חייב לבוא במנות קטנות, כל פעם קצת" (אורית, תור 46, 16:56). גם מיכל מדגישה את ההיבט של ההיכרות הקודמת: "הקושי הוא שהם לא נחשפים לדברים כאלה לפני זה" (מיכל, תור 11, 6:53). וואפא מוסיפה כי "התלמידים שלנו לא רגילים לשאלות כאלה" וכי הם "יותר בטכניקה, משוואות וחישובים" (וואפא, תור 17, 5:07). כלומר, החשיפה אינה רק עניין של כמות תרגול, אלא של בניית שגרה כיתתית שבה שאלות כאלה נתפסות כחלק טבעי מן המתמטיקה.

3.2.1.2 דחיקת גיאומטריה

קטגוריה זו מתייחסת לדחיקה, דילוג או הימנעות מהוראת גיאומטריה, מרחב ותכנים קרובים. בניגוד לקטגוריה הקודמת, העוסקת בחשיפה כללית למשימות אורייניות, כאן הדגש הוא על מעמדה הפגיע של הגיאומטריה עצמה בתוך ההוראה השוטפת. כמה מן המרואיינים מתארים מצב שבו מורים נוטים לעבור מהר יותר אל אלגברה, פונקציות ותרגילים מוכרים, בעוד גיאומטריה, ראייה מרחבית, שאלות מילוליות וייצוגים חזותיים נדחקים לשוליים.

מיכל מציגה את הטענה הזו בצורה חזקה במיוחד: "הכול מתחיל ונגמר במורים לדעתי. הם הרבה פעמים בורחים מגיאומטריה ואוהבים את המשוואות, הפרוצדורות והאלגברה" (מיכל, תור 2, 1:14). בהמשך היא מתארת פרקטיקה ממשית של דילוג: "מורים פשוט מדפדפים את זה בספר, הולכים לעמודים שיש בהם משוואות ותרגילים מוכרים, פרבולה וחקירת פונקציות וכל האלגברה" (שם). איילת מצביעה על בעיה דומה כבר ביסודי: "הרבה פעמים המורות ביסודי לא מלמדות את כל הנושאים, מדלגות או משאירות כמה שיעורים לסוף השנה" (איילת, תור 14, 7:30), ובהמשך מוסיפה כי מורות בהשתלמויות שהיא מעבירה אומרות לה: "לא הייתה גיאומטריה השבוע, לא הייתה גיאומטריה החודש" (תור 18, 9:44). מכאן שהקושי במשימות מרחביות אינו מוסבר רק כחולשה של תלמידים, אלא כתוצר של היעדר רצף הוראה בגיאומטריה.

3.2.1.3 הוראה פרוצדורלית שאינה חורגת מספרי הלימוד

קטגוריה זו מתייחסת להוראה הנשענת בעיקר על ספר הלימוד, על פרוצדורות מוכרות, על נוסחאות ועל תרגול טכני. במשימות פיזה, לעומת זאת, התלמיד אינו מקבל תמיד סימון ברור של הנושא המתמטי, ולעיתים עליו לזהות בעצמו האם נדרש שימוש ביחס, קנה מידה, אומדן, שטח, פירוק צורה או ראייה מרחבית. כאשר ההוראה השוטפת מכוונת בעיקר ל"סוגי תרגילים" מוכרים, תלמידים עלולים לחפש נוסחה במקום לפרש את המצב.

וואפא מתארת זאת כך: "התלמידים בדרך כלל רגילים לשאלות טכניות יותר. המורים תלויים בספר יותר מדי" (וואפא, תור 17, 5:07). הילה, שמקפידה לחשוף את תלמידי החטיבה שלה למשימות אוריינות ממאגר מאו"ר, משתמשת בניסוח דומה ביחס לתלמידי תיכון שלא למדו אצלה בחטיבה ועל כן אינם רגילים למשימות אוריינות: "הם נורא כזה 'תני לי את הנוסחה, נעשה את זה', נורא נורא טכניים" (הילה, תור 18, 4:30). גם אורית מדגישה את הצורך לצאת מן המסגרת של ספר הלימוד: "תדע שיש מלא כאלה [משימות אוריינות], רק צריך לצאת מהספר" (אורית, תור 53, 23:26). במובן זה, ההוראה הפרוצדורלית הממוקדת בספר הלימוד אינה רק סגנון הוראה, אלא גורם שמצמצם את רפרטואר הפעולה של התלמידים כאשר הם נדרשים להתמודד עם סיטואציה חדשה.

3.2.1.4 המחשבות פיזיות וכלים דיגיטליים

קטגוריה זו מתייחסת לשימוש מצומצם בהמחשבות, מודלים פיזיים, כלים מוחשיים, אפליים דיגיטליים וייצוגים חזותיים דינמיים. במשימות מרחב וצורה, תלמידים נדרשים לעיתים לסובב אובייקט בדמיון, להבין מבט־על, לפרק

צורה, להעריך שטח או לתרגם בין ייצוג דו־ממדי ותלת־ממדי. כאשר ההוראה אינה מספקת התנסויות מוחשיות או דינמיות מספיקות, היכולת המרחבית נשארת מופשטת מדי ולא מתפתחת דרך פעולה.

איילת מסבירה כי “מורה יכול ללמד עם תמונות, אבל כשיש תמונה לא בטוח שילד יכול לסובב אותה במוח אם הוא לא נגע בזה בידים” (איילת, תור 14, 7:30). וואפא מתארת מעבר חד מדי מן המוחשי למופשט: “ביסודי נותנים לתלמידים לגעת בדברים, אבל כשמגיעים לחטיבת הביניים הדבר הופך יותר מופשט, וסומכים על התלמידים כאילו שהם כבר יודעים ומכירים” (וואפא, תור 19, 6:38). תובל מציע את אותו כיוון מן הצד הפדגוגי: “קחו בריסטול ותנסו למקם, תגזרו עיגולים כאלה” (תובל, תור 37, 16:08), ובהמשך מציע גם “גרירה דיגיטלית” ב-“איזשהו אפלט” (תור 41, 17:10). כלומר, ההמחשה נתפסת כמשאב יעיל לפיתוח אינטואיציה מרחבית וגמישות במעבר בין ייצוגים. עם זאת, המרואיינים ציינו ששימוש בהמחשות כאלה עדיין אינו שכיח דיו בכיתות בישראל.

3.2.1.5 נורמות כיתתיות של דיוק ונימוק

קטגוריה זו מתייחסת לפער בין הנורמות המתמטיות הנבנות בכיתה לבין הנורמות הנדרשות במשימות פיזה. בשיעורי מתמטיקה רגילים תלמידים לומדים לעיתים קרובות שצריך תשובה מדויקת, דרך מלאה, נימוק, שימוש בכל הנתונים, והימנעות מאומדן או מתשובה מקורבת. אולם במשימות פיזה נדרשים לעיתים פתרון מהיר, הערכה סבירה, ברירת מידע, סימון על שרטוט, או תשובה שאינה מלווה בהוכחה פורמלית. לכן דווקא תלמיד שהפנים היטב את נורמות הכיתה עלול להתקשות.

מאור מנסחת זאת סביב הקושי באומדן: “אני לא חושבת שעובדים איתם על אומדנים. התשובות שלנו במתמטיקה הן תמיד מדויקות” (מאור, תור 26, 16:03) ומוסיפה כי “בערך 30 קמ”ר הוא משפט שתלמידים לא היו מוכנים להגיד; 30 קמ”ר מפחיד אותם כי זה נתפס כלא מדויק, ובשבילם לא מדויק זה טעות” (תור 29, 18:51). תובל מצביע על נורמה אחרת: “בדרך כלל בגיאומטריה כשאני מלמד תלמידים שנתקעו, אני אומר: תראו, יש פה נתון שלא השתמשתם בו עדיין”, ומסביר כי “השאלות בנויות כך שמשמשים בכל הנתונים. זה הפער בין שאלות בטקסטבוק לבין העולם האמיתי” (תובל, תור 54, 22:16). חיים מוסיף את נורמת הנימוק: “אני לא מקבל תלמידים שיגידו לי התשובה היא ארבע. בלי דרך, בלי הסבר” (חיים, תור 32, 21:57). כלומר, חלק מן הקושי נוצר לא מפני שהתלמידים

“לא יודעים מתמטיקה”, אלא מפני שהם יודעים מתמטיקה בית-ספרית באופן שאינו תמיד תואם את דרישות הז'אנר של פיזה.

3.2.1.6 מוכנות ועמדות מורים כלפי הוראת משימות אורייניות בגיאומטריה

קטגוריה זו מתייחסת למידת המוכנות של מורים ללמד משימות פיזה: ניסיון קודם, ידע פדגוגי-תוכני, ביטחון, עמדות כלפי משימות אורייניות, ותפיסות לגבי מה נחשב “מתמטיקה אמיתית”. כמה מן המרואיינים מדגישים כי המורה עצמו צריך ללמוד כיצד ללמד משימות כאלה: אילו שגיאות צפויות, אילו ייצוגים עוזרים, איך מתווכים בלי לפתור במקום התלמיד, ואיך בונים בהדרגה הרגלי חשיבה לא-שגורתיים.

תובל מתאר זאת במפורש במונחי ידע פדגוגי-תוכני: “זה סוג של PCK: אנחנו יודעים את החומר, ואז חושבים איך ללמד אותו, אילו שגיאות יהיו, אילו דוגמאות לתת” (תובל, תור 60, 26:40). הוא מוסיף: “אתה שואל אותי מה אני מעריך — אני מנחש, כי לא לימדתי את זה. תן לי לעשות את זה שנה-שנתיים ואוכל להגיד איפה תלמידים נופלים” (שם). מיכל מדגישה את ממד העמדה והזהות המקצועית: יש מורים ש”פחות חושבים שזה מתמטיקה” ואף “אומרים בפה מלא שהם פחות מאמינים בזה” (מיכל, תור 2, 1:14). לכן, לדבריה, צריך “לאפשר למורים זמן להסתכל על הדברים האלה, לאהוב אותם, לרצות אותם, להתנסות בהם, להפוך את זה למשהו של המורים ולא להנחתה ממשרד החינוך” (תור 5, 3:14). מכאן שהסיבה לקושי אינה רק מחסור במשימות, אלא גם מחסור בבעלות מקצועית של מורים על סוג המשימות הזה.

3.2.1.7 זמן ועומס הכנה

קטגוריה זו מתייחסת לאילוצי הזמן של המורה: עומס תוכנית הלימודים, לחץ ההספק, צורך להכין משימות מורכבות, והקושי לשלב אותן בשיעור רגיל בלי לפגוע בהתקדמות בחומר. גם כאשר מורים רואים ערך במשימות אורייניות, הם מתארים אותן כדורשות זמן, תכנון, בחירה, בדיקה והתאמה. לכן, בהיעדר מבנה קבוע או תמיכה, קל לדחות אותן לטובת התרגול המוכר.

הילה אומרת כי משימות כאלה “לא תמיד תרגילים סופר קלים” ולכן “צריך לשבת רגע לפעמים. צריך רגע לעצור את היום ורגע להסתכל, שאני נותנת להם משהו שהוא פתיר ובסדר” (הילה, תור 76, 18:29). חיים מצביע על אותה

בעיה מצד תוכנית הלימודים: "תוכנית הלימודים מאוד מאוד עמוסה", ובהמשך מתאר כי "המורים שלי מגיעים חנוקים בסוף השנה לעמוד בפריסה" (חיים, תור 44, 28:17). בהמשך הוא מחדד את המחיר של הוראה מעמיקה יותר: "זה טיים קונסיומר רציני... אני יכול בשיעור של שעתיים לעשות תרגיל אחד. זה לא פשוט" (תור 52, 45:52). לכן, זמן ועומס אינם רק תנאי רקע; הם פועלים כסיבה ממשית לכך שתלמידים אינם נחשפים באופן עקבי למשימות שמפתחות את היכולות הנדרשות בפיזה.

3.2.2 סיבות לקשיים ברמת המערכת

לאחר הדיון בסיבות הקשורות ברמת הכיתה והמורה, תתפרק זה מתמקד בגורמים מערכתיים רחבים יותר. הכוונה כאן אינה לחזור על אותן תמות בניסוח כללי יותר (למשל, שתלמידים אינם נחשפים למשימות פיזה או שמורים אינם משלבים אותן מספיק) אלא לזהות את התנאים המבניים שמעצבים את שגרת ההוראה מלכתחילה. כלומר, בעוד הסיבות ברמת הכיתה והמורה עסקו בפרקטיקות הוראה, בהרגלי כיתה, בבחירות פדגוגיות ובתפיסות מורים, הסיבות המערכתיות עוסקות במבנה תוכנית הלימודים, באילוצי ההערכה, בספרי הלימוד, בתשתיות המקצועיות ובמאפייני הז'אנר של מבחן פיזה עצמו ששונה מפורמט ההיבחנות הנהוג בישראל.

מן הראינות עלו חמש קטגוריות מרכזיות של סיבות מערכתיות: הטמעה קוריקולרית מאוחרת, שולית או לא-ספירלית; לחץ הספק, מדידה ותמריצי הערכה; ספרי לימוד וחומרי הוראה שאינם מכוונים דיים לז'אנר פיזה; מחסור בתשתיות מקצועיות ובידע מצטבר; ומאפייני מבחן פיזה כז'אנר חיצוני לבית הספר. טבלה 4 מסכמת את המצאות תמות אלינו בקרב המרואיינים.

טבלה 4

שכיחות התמות המרכזיות שנמצאו בנוגע לסיבות לקשיים ברמה המערכתית.

מורה	3.2.2.1 הטמעה קוריקולרית לא-ספירלית	3.2.2.2 לחץ הספק, מדידה ותמריצי הערכה	3.2.2.3 ספרים וחומרי הוראה	3.2.2.4 בתשתיות מקצועיות וידע מצטבר	3.2.2.5 פיזה כז'אנר חיצוני לבית הספר
אורית	✓	●	●	●	
וואפא	✓	✓	✓		●
מיכל	✓	✓	✓	●	
תובל	✓	✓	✓	✓	●
מנוחה	●				✓
אלי	✓			✓	●
חיים	✓	✓		✓	✓
מאור	●				✓
איילת	✓	●		●	
הילה	✓	✓	●	✓	

אחוז* מהמורים	90%	70%	40%	55%	45%
------------------	-----	-----	-----	-----	-----

מקרא: ✓ = מופיע בבירור, ● = מופיע חלקית / בעקיפין.

*בחישוב אחוז השכיחות: ✓ = 10%, ● = 5%.

3.2.2.1 הטמעה קוריקולרית מאוחרת, שולית או לא-ספירלית

קטגוריה זו מתייחסת לכך שאוריינות מתמטית, גיאומטריה שימושית, חשיבה מרחבית, אומדן, קנה מידה ויחס אינם נבנים תמיד כרצף תוכני מתמשך. לפי כמה מן המורים, הבעיה אינה רק שמורה מסוים אינו משלב משימות פיזה בכיתה, אלא שהמערכת אינה מבנה את המפגש עם סוג החשיבה הזה מגיל צעיר, באופן עקבי וספירלי. כתוצאה מכך, תלמידים פוגשים משימות מרחביות-אורייניות מאוחר מדי, באופן נקודתי מדי, או לאחר שנושאים רלוונטיים כבר נלמדו ונשכחו.

אורית מנסחת זאת כבעיה של כניסה מאוחרת מדי של האוריינות: "מכניסים את זה בעיקר בחטיבת הביניים פתאום, אבל זה חייב להיכנס כבר בגן" (אורית, תור 44, 15:23). היא מבהירה שהעניין אינו רק גיל החשיפה אלא מבנה ההתפתחות: "צריך להיחשף לדברים האלה בצורה ספירלית: בהתחלה לשאול על היקף, אחר כך על שטח, אחר כך על דברים מתקדמים יותר, ולתת להם את המושגים הבסיסיים בתוך שאלות כאלה" (שם). וואפא מתארת בעיה דומה ביחס לקנה מידה, יחס ופרופורציה: "מאז הקורונה ועד היום, מ-2020, וגם עם המלחמות, צמצמו נושאים בתוכנית הלימודים כדי להספיק. בשנים האחרונות כמעט לא לימדו קנה מידה, ואפילו נושא היחס והפרופורציה לא נלמד כנושא בפני עצמו" (וואפא, תור 27, 12:10). לכן, לדבריה, כאשר מופיעה שאלה כזו במבחני פיזה או טימס, "נכשלים בגדול" (שם). ההיבט הספירלי חוזר גם אצל וואפא סביב נושא השטחים: "אם אני מלמדת לפי הפריסה מלבן ושטחים בחודש נובמבר בכיתה ז' [...] ואז מפסיקה, והוא רואה תמונה כזאת בכיתה י' או בסוף ט', הספירליות הזאת לא נמצאת" (תור 51, 25:51).

מיכל מצביעה על אותו מגנן דרך מיקומם השולי של נושאים מרחביים בתוכנית: "יש את זה בנספחים לפעמים, אבל מדלגים עליהם כשיש מלחמה, כשאין זמן או כשלא מספיקים את תוכנית הלימודים. רושמים לא ללמד פיתגורס

במרחב או נושאים דומים" (מיכל, תור 13, 7:35). גם איילת מתייחסת להוצאה או דחיקה של נושאי יסוד: "נכון להיום, כבר כמעט חמש שנים, נושא קנה מידה הוצא מתוכנית הלימודים; עכשיו מחזירים אותו בתוכנית החדשה המעודכנת" (איילת, תור 28, 15:42). מכאן עולה כי הקושי במשימות פיזה אינו רק תוצר של משימה בודדת, אלא של מסלול לימודי שאינו מבטיח הצטברות הדרגתית של הכלים הנדרשים לה.

3.2.2.2 לחץ הספק, מדידה ותמריצי הערכה

קטגוריה זו מתייחסת למבנה התמריצים של מערכת החינוך: תוכנית לימודים עמוסה, פריסות הוראה, מבחני מפמ"ר, בגרות ומדדי הצלחה בית-ספריים. בשונה מן הקטגוריה הקודמת, כאן הדגש אינו על מה נכלל או לא נכלל בתוכנית, אלא על מה מקבל קדימות בפועל. כמה מן המורים טוענים כי גם כאשר אוריינות, אומדן או משימות פיזה נתפסים כחשובים, מערכת המדידה וההספק דוחפת מורים להעדיף חומר שנמדד ישירות, תרגול מוכר והכנה לבחינות חיצוניות.

הילה מנסחת את המתח הזה בצורה ישירה. מצד אחד, היא אומרת על כיתת עתודה: "בעיקרון אני חושבת שכיתת עתודה חייבת אוריינות. חייבת. זה א' ב'" (הילה, תור 58, 14:53). מצד שני, כאשר עולה האפשרות להוריד חומר לטובת אוריינות, היא מיד מציינת את מגבלת המדידה: "אבל, זה בעיה מבחינת [...] מבחני סוף שנה של מפמ"ר [...] כאילו בסוף בסוף צריך למדוד אותי" (שם). כפי שהוזכר לעיל, חיים מתאר את אותו לחץ כבעיה מבנית של עומס: "תוכנית הלימודים מאוד מאוד עמוסה", ובהמשך מוסיף כי גם בבית ספר עם יחסית הרבה שעות, "המורים שלי מגיעים חנוקים בסוף השנה לעמוד בפריסה" (חיים, תור 44, 28:17). לכן, הרחבה של הוראה אוריינית או מרחבת נתפסת בעיניו כקשה ליישום ברמה הארצית: "זה לא מציאותי [...] הכל זה סוג של ריצה" (שם).

תובל מוסיף ממד נוסף: שאלת האחריות (accountability). לדבריו, הבגרות מייצרת אחריות אישית ומוסדית ברורה, ואילו פיזה אינה פועלת כך: "בגרות חשובה גם למורה ברמה האישית. אני חתום על ההצלחה או אי-ההצלחה של התלמידים שלי. ההורים יודעים, בית הספר יודע, כולם יודעים" (תובל, תור 58, 24:04). לעומת זאת, "בפיזה, אין לאף אחד accountability. זה לא בדיוק בודק את בית הספר; זה בודק את 'ילדי ישראל'" (שם). מכאן הוא מסיק שאם המערכת הייתה מודדת גם את התחום הזה, מורים היו מתארגנים אחרת: "פתאום מורים יתחילו לשאול

אם יש חוברת שאלות פיזה. אולי במקום חמש שעות רגילות בשבוע יעשו שעה פיזה" (שם). כלומר, הקושי של תלמידים בפיזה קשור גם לכך שהמערכת אינה מייצרת תמריץ מספיק חזק לפתח את סוג היכולות שפיזה בודקת.

3.2.2.3 ספרי לימוד וחומרי הוראה שאינם מכוונים מספיק לז'אנר פיזה

קטגוריה זו מתייחסת למעמדם של ספרי הלימוד וחומרי ההוראה כגורם מתווך בין תוכנית הלימודים לבין מה שקורה בכיתה. אין מדובר כאן רק בכך שמורים "נשארים בספר", אלא בכך שהספרים עצמם קובעים במידה רבה מה נחשב חלק לגיטימי ושגרתי מן ההוראה. כאשר ספרי הלימוד אינם כוללים מספיק משימות גיאומטריות מגוונות, חזותיות, יומיומיות, מרחביות, אומדניות או פתוחות, גם המפגש של תלמידים עם ז'אנר פיזה נשאר תלוי ביוזמה אישית של מורים.

מיכל מנסחת זאת בצורה החריפה ביותר: "ספרי לימוד בראש ובראשונה, כי אצל רוב המורים זה קודש הקודשים, ומה שלא כתוב בספר לא קורה" (מיכל, תור 42, 21:58). היא משווה זאת להתנסות שלה במסגרת סיור במערכת החינוך בהולנד: "בלט מאוד שספר הלימוד שלהם דומה למשימות פיזה: צבעוני, חי, מלא צורות ומחיי היום-יום. ספרי הלימוד חייבים להתכתב עם הדבר הזה" (שם). כלומר, בעיניה ספר הלימוד אינו רק מקור לתרגול, אלא מגנון מערכתי שמעצב את גבולות הדמיון הפדגוגי של המורים ואת סוגי המשימות שתלמידים תופסים כחלק מן המתמטיקה. וואפא מתארת תהליך שינוי שמתחיל להתרחש במערכת, ובכך מלמדת גם על החסר שהיה קודם: "בשנה הבאה, בחופשת הקיץ, יצאו ספרים לפי תוכנית הלימודים החדשה, שגם כל הזמן נוגעת בשאלות פיזה, טימס ודברים אורייניים. זה צריך לשפר את המצב" (וואפא, תור 54, 27:46). תובל מציע ניסוח מערכתי דומה כאשר הוא מדמין מצב שבו פיזה אינה תוספת חיצונית אלא חלק ממבנה ההוראה: "[במצב אידיאלי] היה לו [למורה] ספר לימוד רגיל וספר לימוד לפיזה, והוא היה נמדד גם על זה וגם על זה" (תובל, תור 68, 30:56). לכן, החוסר בספרים ובחומרי ההוראה אינו רק חסר טכני במשימות זמינות, אלא חוסר במנגנון שמתרגם את המדיניות לשגרת הוראה ממשית.

3.2.2.4 מחסור בתשתיות מקצועיות וידע מצטבר

קטגוריה זו עוסקת בתשתיות המקצועיות הנדרשות כדי שמשומות פיזה לא יישארו יוזמה מקומית של מורה בודד: מאגרי משימות, הכשרת מורים, קהילות מקצועיות, זמן ללמידה משותפת, מדריכים למורה, וגם משוב אמפירי על

אופן ההתמודדות של תלמידים עם משימות פיזה. ברמה זו, הסיבה לקושי אינה רק היעדר משימה בכיתה, אלא היעדר מערכת מקצועית שמאפשרת למורים ללמוד כיצד ללמד את המשימות הללו, לזהות קשיים חוזרים ולכנות ידע הוראתי מצטבר.

אלי מצביע על הצורך במאגר משימות כבסיס לשילוב שיטתי: "אם הייתי מלמד בשנה הבאה כיתה ט' והיה לי מאגר של שאלות כאלה, הייתי מצרף לכל מבחן שאלה כזאת. הייתי נותן להם גם לתרגל בבית, ואז שואל שאלה כזאת בבחינה" (אלי, תור 37, 18:04). הוא מוסיף שהמורה עצמו זקוק ללמידה מתוך ההתנסות: "גם אני בעצמי צריך להבין מה הקשיים שלהם; כרגע אני לא יודע לומר" (שם). בהמשך הוא מצביע על בעיה ייחודית לפיזה: המורים אינם רואים את עבודת התלמידים ולכן אינם יכולים ללמוד מן השגיאות: "אנחנו לא יודעים איך היה להם, כי הם יושבים עם מחשב, עושים את המבחן והולכים הביתה. אתה לא נמצא איתם שם, ואתה אף פעם לא רואה מה השאלות ואיך הם מתמודדים" (תור 39, 19:01).

מנוחה מנסחת את אותה נקודה כהצעה מערכתית: "אם רוצים להשיג תחום מסוים, לא לדחוף אותו בכוח לתוכנית הלימודים אלא להקדיש לו שעה ייעודית" (מנוחה, תור 31, 25:32). לדבריה, אי אפשר לומר למורה "יש לך אותן שעות כמו עד היום, אבל תלמד גם פיזה"; במקום זאת "צריך להקדיש לזה שעה ספציפית" (שם). היא מוסיפה כי הדבר "דורש הכשרת מורים לעניין, חומרי לימוד טובים, וגם מדריך למורה" (שם). הילה, מנקודת מבט חיובית, מדגימה מה קורה כאשר קיימת רשת מקצועית תומכת: "יש לנו צוות מהמם, כאילו סופר תומכים, מעבירים מלא מלא מידע, מלא מאגרים" (הילה, תור 78, 19:20), ובהמשך מוסיפה: "אני ממש בכל הקבוצות של העמ"ט ועשיתי השתלמות שלה כמובן, אז מלא רעיונות מגניבים [...] לא כולם [המורים] ככה" (תור 80, 20:01). כלומר, כאשר התמיכה המקצועית קיימת, היא מאפשרת למורה לשלב משימות כאלה; כאשר היא אינה קיימת, ההטמעה נשארת מקרית ותלויה במוטיבציה אישית.

3.2.2.5 מאפייני מבחן פיזה כז'אנר חיצוני לבית הספר

קטגוריה זו מתייחסת לכך שחלק מן הקושי אינו נובע רק מן התלמיד, מן המורה או מן התוכנית, אלא ממאפייני הז'אנר של משימות פיזה עצמן: ניסוח, פורמט ממוחשב, זמן קצר, היעדר דרך פתרון נדרשת, סימון על גבי שרטוט, שימוש בהקשרים יומיומיים שאינם בהכרח מוכרים, ולעיתים גם עמימות או מסיחים שאינם נוגעים לליבת הרעיון

המתמטי. במובן זה, פיזה אינה רק "עוד מבחן במתמטיקה", אלא ז'אנר חיצוני לתרבות ההערכה הבית-ספרית הרגילה.

מנוחה מדגישה במיוחד את המרחק בין מה שפיזה מציגה כהקשר יומיומי לבין עולמו של התלמיד. במשימת כתם הנפט היא אומרת: "מה שמטריד אותי הוא שמי שכותב את השאלות האלה חושב שהוא מביא בעיה מחיי היום-יום, אבל לא מבין כמה היא רחוקה מחיי היום-יום של התלמיד" (מנוחה, תור 16, 16:09). היא מפרטת: "התלמיד לא יודע מה זה מכלית, ובטח שלא יודע שהיא בים" (שם). מבחינתה, חלק מן הקושי נוצר כאשר המשימה בודקת הבנת ניסוח, הרגלי קריאה או ידע הקשרי, ולא רק את הרעיון המרחבי-מתמטי. הפורמט עצמו עולה גם הוא כגורם. ביחס למשימת כתם הנפט מנוחה אומרת: "אני מנסה להבין לפי קנה המידה, אבל זה קשה אם אין סרגל או כלי מדידה" (תור 17, 17:24), ובהמשך מוסיפה: "אני גם מתקשה לענות על זה בעצמי בלי דף. יכול להיות שאם זה היה מולי על דף היה לי קל יותר" (תור 19, 19:04). קושי זה מתקשר גם לממצאי מחקר קודם על האופן שבו 12 תלמידות ביצעו מבחן פיזה מצומצם במתמטיקה (פלטניק ואחרים, 2024). שם נמצא כי הממשק הממוחשב הקשה במיוחד על תלמידות שלא היו מורגלות בעבודה בסביבה ממוחשבת, לרבות הקלדה, פתיחת מחשבון על המסך ומעבר קדימה ואחורה בין מסכי השאלות. קושי זה בלט במיוחד בקרב התלמידות החרדיות.

מאור מצביעה על צורת תשובה שאינה שגרתית לתלמידים: "לא ברור לי איך מצפים ממני לענות... אולי דווקא סימון על השרטוט נוח לתלמידים, אבל זו לא תשובה שהם רגילים להגיש" (מאור, תור 37, 27:00). אלי מציין דבר דומה: "כמעט אנחנו לא מבקשים מהם לסמן בציור כתשובה. אין כמעט שאלות שבהן אומרים: תסמן בציור והלאה, דפדף לשאלה הבאה" (אלי, תור 28, 15:39). חיים מצביע על פער אחר בין מבחני פיזה למבחנים במערכת הישראלית: "כל מבחן שרק צריך בו תשובות סופיות או שאלון רב ברירה, מתנגש עם ערכים מאוד חשובים שלי בתור מורה ורכז" (חיים, תור 38, 24:31). לכן, אחת הסיבות המערכתיות לקושי היא עצם הפער בין דרכי ההערכה של פיזה לבין דרכי ההערכה והעבודה המתמטית שהתלמידים והמורים רגילים אליה בבתי הספר בישראל.

3.3 דרכי התמודדות אישיות של המורים

בשני תתי-הפרקים הקודמים נותחו הקשיים והסיבות לקשיים באופן תמטי: מטרת הניתוח הייתה להפשיט את דברי המורים מן המקרה האישי ולבנות ארסנל רחב ככל האפשר של קשיים אפשריים ושל גורמים המסבירים אותם. במובן

זה, כל תוספת של מורה הרחיבה את ההבנה הכללית של האתגרים הכרוכים במשימות מרחביות ואורייניות מסוג פיזה. כמו כן, בחלק מן הקשיים ובחלק מן הסיבות נמצאה חזרתיות בין מרואיינים שונים, כך שניתן היה לדבר על מוקדי קושי משותפים יחסית.

בתת־הפרק הנוכחי נקודת המבט משתנה. כאשר המורים נשאלו מה היו עושים בכיתתם כדי לעזור לתלמידים להתמודד עם קשיים אלה, התשובות לא התכנסו למודל אחד. להפך: כאן התגלתה שונות פדגוגית משמעותית. חלק מן המורים מציעים הכנה ישירה יותר למשימות דמויות פיזה; אחרים מסתייגים מהכנה כזו ומבקשים לטפח יכולת כללית, עמוקה וגמישה יותר. חלקם מדגישים פתרון מודגם והוראה פרונטלית; אחרים מציעים עבודה בקבוצות, חקירה ודיון. חלקם מבקשים להכניס לכיתה קוביות, חוטים, גזירות, לגו או יישומנים; אחרים מתמקדים דווקא בכלים קוגניטיביים וסמיוטיים כגון בניית תוכנית פתרון, סימון על השרטוט, זיהוי מידע רלוונטי או מתן לגיטימציה לאומדן ול־common sense.

לכן, בניגוד לתת־הפרקים הקודמים, הניתוח כאן אינו מבקש לטשטש את ההבדלים בין המורים, אלא להציב אותם במרכז. דרכי ההתמודדות יוצגו כרצפים של גישות הוראה, ולעיתים כגישות המזוהות עם מרואיינים מסוימים. השימוש בשמות המורים אינו נועד לבנות "טיפוסי מורים" סגורים, אלא להשתמש במרואיינים כעוגנים אמפיריים לגישות פדגוגיות שונות: גישת מאור ומנוחה של טיפוח יכולת עומק ולא אימון לפריט; גישת אלי וחיים של תרגול, פתרון מודגם והכנה מפורשת יותר; גישת מיכל, הילה ווואפא של עבודה קבוצתית וחקירה; וגישה חומרית־חוויתית הבולטת במיוחד אצל איילת, וואפא ותובל.

3.3.1 בין "להכין למבחן" לבין "לטפח יכולת מתמטית רחבה"

זהו כנראה הציר המרכזי ביותר בתת־הפרק. בקצה אחד מופיעה גישה פרגמטית של הכנה מפורשת: לתת לתלמידים משימות דומות, לתרגל, לפתור מבחנים, לשלב שאלות מסוג זה בשיעורי בית ובמבחנים, ולהרגיל את התלמידים למבנה ולדרישות של המשימה. אלי, למשל, אומר שאם היו לו חומרים מתאימים הוא היה נותן להם גם לתרגול וגם למבחן, ואף מציין שאם היה מלמד בשנה הבאה כיתה ט', היה מצרף למבחן שאלה כזאת (תור 37). חיים מציג עמדה דומה כאשר הוא אומר שהיה עובר עם התלמידים על מבחן, פותר שאלה־שאלה, ומראה פתרון מלא (תור 40, 42:25). מנגד נמצאת גישה המתנגדת להכנה ישירה לפריטי מבחן. מנוחה אומרת שהיא אינה מכינה במיוחד לפיזה

או לטימס, אלא מנסה ללמד באופן עמוק כך שהתלמידים יהיו מוכנים גם למשימות כאלה: "אני לא מכינה את התלמידים שלי במיוחד לפיזה או לטימס... אבל אני משתדלת ללמד כל כך טוב שהם יהיו מוכנים" (תור 14, 14:53).

מאור מנסחת זאת בחריפות רבה יותר, כאשר היא מתנגדת לתרגול נקודתי של שאלות דומות ואומרת: "לתרגל איתם בדיוק כאלה זה לא ללמד מתמטיקה, זה לאלף כלבים" (תור 45, 32:57). היא אומרת שהיא תשאף לזהות "מה הדבר העמוק שחסר": האם מדובר באמונה לגבי מתמטיקה, בהרגלי בחינה, בראייה מרחבית, בפירוק צורה או ביכולת להשתמש בהיגיון וב־"common sense" (תור 45, 32:57). היא מבהירה: "אני לא אכין אותם למגדלים של קוביות דווקא, אבל אם יש בעיה בראייה מרחבית אני אלך למקום היחיד בחטיבה שיש בו ענייני מרחב—כיתה ז' עם תיבות וקוביות—ואשאל מה אני יכולה לעשות שם כדי לוודא שיכולות בסיסיות של ראייה מרחבית יש [להשלים] לתלמידים שלי. משם שיפעילו קומון סנס" (תור 23, 13:45). כלומר, כמו מנוחה, גישתה של מאור אינה ישירה למבחן, אלא הכנה כללית יותר דרך התעמקות בתוכנית הלימודים הקיימת.

3.3.2 אוריינות כשגרה: חשיפה מתמשכת במקום הכנה נקודתית

בין ההכנה הישירה לבין ההתנגדות לאימון למבחן והתמקדות בתוכנית הלימודים הקיימת, מופיעה גישת ביניים חשובה: יצירת שגרה מתמשכת של משימות אורייניות, חקרניות ולא שגרתיות. זו אינה בהכרח הכנה ישירה למבחן פיזה, אך היא גם אינה מסתפקת בהוראת המתמטיקה הרגילה. אורית היא הדוגמה הבולטת לכך. היא מתארת תרגול קבוע ומתמשך של משימות אורייניות באמצעות מאגר מאו"ר: "אני ממש מקפידה לעשות שעה שבועית של אוריינות" (תור 19, 6:15). כלומר, הפתרון שלה אינו "שבוע הכנה" או "מבחן לדוגמה", אלא הטמעה קבועה של סוג המשימות בתוך שגרת ההוראה. הילה מציעה גישה דומה, אך מתארת אותה דרך הדימוי של "חיסון": חשיפה חוזרת ונשנית למשימות לא שגרתיות אמורה להפוך את המפגש עם משימות כאלה לפחות מאיים ופחות זר. לדבריה, אם התלמידים יתמודדו לאורך זמן עם משימות אורייניות, בכיתה ט' הם יהיו "מחוסנים יותר" לשאלות מסוג זה (תור 22, 5:30).

גם וואפא קרובה לגישה זו, כאשר היא מסבירה שהיא כמעט לא מלמדת רק מתוך הספר, אלא מביאה שאלות מבחוץ כדי לפתח חשיבה ואוריינות (תור 54, 27:46).

3.3.3 בין פתרון מודגם לבין שיגור-חקירה-דיון

ציר מרכזי נוסף של שונות נוגע לארגון העבודה בכיתה. בקצה אחד עומדת הוראה פרונטלית יחסית, שבה המורה מדגים פתרון, עובר עם התלמידים על משימות, מראה כיצד לארגן את המידע, כיצד לבנות תוכנית פתרון וכיצד להגיע לתשובה. חיים למשל אומר שהיה עובר עם התלמידים על מבחן, פותר שאלה-שאלה על הלוח, ומציג פתרון מלא (תור 40, 25:42). לצד זאת, הוא מדגיש גם את הצורך בתוכנית פתרון: לא רק "לראות" את התשובה, אלא לדעת כיצד לתכנן את הדרך אליה. בקצה האחר עומדת גישה של למידה-שיתופית ממוקדת תלמיד. מיכל היא אחת המייצגות הבולטות כאן. היא מדברת על שיטת "שיגור, חקירה, דיון" ומתארת מהלך שבו המורה משגרת את הבעיה, התלמידים עובדים עליה, ורק אחר כך מתקיים דיון כיתתי בדרכי הפתרון (תור 38, 19:58). היא גם מדגישה עבודה בקבוצות: לתת לקבוצות להתמודד עם המשימה, לשמוע דרכים שונות, ולאפשר לתלמידים להגיע בעצמם אל אסטרטגיות הפתרון. הילה וואפא משלבות בגישתן אלמנטים קבוצתיים ופרונטליים בשלבים מאוחרים שבהם המורה מסכמת ומעלה פתרון מוסבר על הלוח (הילה, תור 64, 15:53).

3.3.4 המחשבות, יישומונים וגוף: קודם לחוות, אחר כך לדמיין ולחשב

ציר נוסף מבחין בין דרכי התמודדות הנשענות על אמצעים חומריים, חזותיים וגופניים לבין דרכי התמודדות הנשענות בעיקר על כלים קוגניטיביים וסמיוטיים. איילת היא העוגן החזק ביותר לגישה החומרית-חזותית. היא אומרת: "כדי שיהיה לי השכל לחשוב על התשובה, אני חייבת לחוות בעצמי" (תור 49, 31:29). במקום אחר היא מסבירה שכאשר התלמידים נוגעים באובייקטים ויכולים לסובב אותם, יש להם אחר כך אפשרות "לסובב את זה במוח" (תור 16, 8:35). כלומר, ההמחשה אינה רק כלי עזר חיצוני; היא נתפסת כבסיס לבניית יכולת דמיון מרחבי והפעלתו בעת הצורך. גם מיכל, אורית וואפא משתלבות בציר זה. מיכל מדברת על שימוש ביישומונים ובאמצעים דיגיטליים כדי להמחיש מצבים גיאומטריים ותלת-ממדיים (תור 35, 18:38). אורית מזכירה שימוש בקוביות, חוטים, סרגל, מדידה וגזירה כחלק מן ההתנסות (תור 28, 8:12). וואפא מציעה, למשל, פירוק לצורות מוכרות, צביעה, חלוקה לחלקים ושימוש באמצעים מוחשיים כדי להפעיל את החשיבה (תור 35, 16:21).

תובל מצטרף עקרונית לגישה זו. הוא מציע להביא קוביות, גזירות, בריסטולים, אפלטים ואמצעים נוספים כדי שהתלמידים יוכלו לבנות, לפרק ולראות את המבנה (תור 37, 16:08; תור 41, 17:10). עם זאת, חשוב לשמר את

המורכבות בדבריו: תובל מציין כי בשיעור רגיל הוא לא בהכרח עושה זאת בפועל — “לא קרה. בשיעור רגיל לא קרה” (תור 39, 16:58). לכן אצלו מדובר בעיקר בפדגוגיה אפשרית שהוא מזהה כחשובה. נציין כי במדגם שלנו לא מצאנו מורים שמתנגדים עקרונית ובמפורש לשימוש באמצעי המחשה. תובל מהווה דוגמא לכך שלמרות שגישה זו נתפסת כיעילה לא תמיד נעשה בה שימוש מאילוצים שונים. הסיבות לכך יכולות להיות מגוונות ודורשות מחקר נפרד.

3.3.5 שינוי הנורמות של מה מותר לעשות במתמטיקה

מעבר לשאלת הכלים ושיטות ההוראה, חלק מן המורים מציעים לשנות את החוזה הדידקטי עצמו מול מסגרות היבחנות שונות: מה נחשב פתרון לגיטימי, אילו פעולות מותר לעשות, ומהי בכלל “עבודה מתמטית” במשימה כזאת. מאור מדגישה את הצורך לתת לתלמידים רשות להשתמש ב־“common sense”, באומדן ובהערכה. היא מסבירה כי “המילה ‘בערך’ משנה את כללי המשחק”, ושהיא נותנת לתלמידים רשות להעריך ולא לחשב בדיוק (תור 31, 20:44). זהו שינוי חשוב: במקום לראות באומדן פתרון “פחות מתמטי”, הוא הופך לכלי לגיטימי ונדרש. אילת מציעה שינוי נורמות מסוג אחר: היא מדגישה את החשיבות של סימון על השרטוט, קישור בין ייצוגים, והפיכת השרטוט למרחב עבודה פעיל. כאשר המשימה דורשת סימון על הציור, איילת אינה רואה בכך בעיה אלא דרך לארגן את המידע וליצור משמעות מתוך הייצוג (שם). גם אורית והילה מדגישות את החשיבות של ריבוי דרכים, הצגת פתרונות של תלמידים, ושיח כיתתי שבו תלמידים יכולים לראות שאפשר להגיע לפתרון ביותר מדרכ אחת (תור 48, 41:18; תור 66, 15:53).

3.4 המלצות המרואיינים ברמה המערכתית

כאמור, לאחר שתיארו את קשיי התלמידים, את הסיבות האפשריות להם ואת דרכי ההתמודדות האישיות שלהם כמורים, המרואיינים התבקשו להתייחס גם לרמת המערכת: מה צריכה מערכת החינוך לעשות כדי לסייע לתלמידים להתמודד טוב יותר עם משימות אוריינות מתמטיות, ובפרט עם משימות מרחביות דוגמת משימות PISA. בדבריהם עלו המלצות רבות ומגוונות שאינן מתכנסות לכדי פתרון יחיד. להפך, התמונה המצטברת מצביעה על הצורך במהלך מערכתי רב־שכבתי: שינוי בתוכנית הלימודים, הקצאת זמן, פיתוח חומרי הוראה, הכשרת מורים, התאמת מנגנוני הערכה, טיפוח תרבות בית־ספרית של חשיבה פתוחה, וחיזוק מיומנויות מרחביות, ייצוגיות ואורייניות לאורך שנים.

3.4.1 עיגון האוריינות בתוכנית הלימודים מגיל צעיר ולאורך זמן

המלצה מרכזית שעלתה בדברי המרואיינים היא שלא להשאיר את האוריינות המתמטית כתחום חיצוני, מזדמן או "תוספת", אלא לעגן אותה בתוך תוכנית הלימודים מגיל צעיר ולאורך זמן. אורית טענה כי "מכניסים את זה בעיקר בחטיבת הביניים פתאום, אבל זה חייב להיכנס כבר בגן" (תור 44, 15:23), והדגישה כי אפשר להתחיל משאלות פשוטות של היקף, שטח ויחסי גודל עוד לפני פורמליזציה מלאה. בהמשך היא ניסחה זאת כהחלטה מערכתית עקרונית: "לא עושים את זה כאתר נוסף, משהו מעבר לתוכנית הלימודים, אלא ממש in-house, שזה שלנו" (תור 61, 28:08). גם מיכל הצביעה על כך שכאשר משימות כאלה מופיעות רק בנספחים, הן נוטות להידחק החוצה כשאין זמן, ולכן יש להעביר אותן אל מרכז ההוראה ולא להשאיר אותן בשוליים.

3.4.2 הקצאת זמן ייעודי ואחריות מערכתית

לצד העיגון הקוריקולרי, כמה מן המרואיינים הדגישו כי לא ניתן לצפות ממורים ללמד אוריינות משמעותית בלי להקצות לכך זמן. מנוחה טענה כי אם המדינה רוצה לקדם את התחום, עליה "לא לדחוף אותו בכוח לתוכנית הלימודים אלא להקדיש לו שעה ייעודית" (תור 31, 25:32), והוסיפה שאין לומר למורה: "יש לך אותן שעות כמו עד היום, אבל תלמד גם פיזה" (שם). תובל הציע כיוון דומה: "אולי במקום חמש שעות רגילות בשבוע יעשו שעה פיזה" (תור 58, 24:04). אצל תובל המלצה זו קשורה גם לשאלת האחריות: בעוד שבבגרות ברור מי נמדד ומי אחראי, ב-PISA "אין לאף אחד accountability" משום שזה "בודק את 'ילדי ישראל'" ולא בית ספר או מורה מסוים (תור 58, 24:04). לכן, לדבריו, יש להפוך את התחום ליעד מערכתי ממשי, ולא לציפייה כללית ובלתי מחייבת.

3.4.3 התאמת מנגנוני הערכה

כמה מרואיינים קשרו את השינוי הרצוי גם למנגנוני הערכה. מנוחה הציעה להגדיר את האוריינות כיעד וללוות אותו ב"הערכות ביניים כדי למדוד אם באמת יש התקדמות" (תור 32, 26:37). הילה הדגישה כי כל עוד מבחני המערכת אינם משקפים את חשיבות האוריינות, המורה מקבלת מסר סותר: מצד אחד מצופה ממנה לטפח אוריינות, ומצד אחר "בסוף בסוף צריך למדוד אותי" לפי מבחנים שאינם בהכרח כוללים רכיבים כאלה (תור 58, 14:53). אלי הציע

פתרון פשוט ברמת בית הספר: אם היה לו מאגר שאלות מתאים, הוא היה "מצרף לכל מבחן שאלה כזאת" (תור 37). כלומר, ההערכה אינה רק כלי מדידה, אלא מנגנון שמסמן למורים ולתלמידים מה נחשב חלק מן המתמטיקה הנלמדת.

3.4.4 פיתוח ספרי לימוד, מאגרים וחומרי הוראה

ציר המלצות בולט נוסף נוגע לפיתוח חומרי הוראה זמינים, מסודרים ונגישים. מיכל הדגישה את חשיבות ספרי הלימוד משום ש"אצל רוב המורים זה קודש הקודשים, ומה שלא כתוב בספר לא קורה" (תור 42, 21:58). לכן, לדבריה, ספרי הלימוד צריכים לכלול משימות צבעוניות, מציאותיות, חזותיות ומרחביות כחלק מן הרצף הרגיל. וואפא הצביעה אף היא על התלות של מורים בספרים, וטענה כי הספרים החדשים צריכים לכלול יותר "שאלות פיזה, טימס ודברים אורייניים" (תור 54, 27:46). מנוחה הוסיפה שלא די במשימות לתלמידים, אלא נדרש גם "מדריך למורה" שיציע דרכי הוראה, קשיים צפויים ואופני תיווך (תור 31, 25:32). אורית והילה הדגישו גם את הצורך במאגרים נגישים כמו מאגר מאו"ר, כך שמורה יוכל "להיכנס לאתר, לפתוח ולהוציא" משימה מתאימה לעבודה בכיתה (אורית, תור 53, 23:26). יחד עם זאת, מלבד אורית והילה, רק שני מורים נוספים ציינו שהם מכירים את מאגר מאו"ר, אך ציינו שהם אינם משתמשים בשאלות ממנו באופן קבוע בכיתותיהם.

3.4.5 הכשרת מורים וקהילות מקצועיות

המרואינים הדגישו כי הוראת משימות אורייניות ומרחביות דורשת ידע הוראתי ייחודי, ולא רק היכרות עם התוכן המתמטי. תובל תיאר זאת כ-PCK (Pedagogical Content Knowledge) "אנחנו יודעים את החומר, ואז חושבים איך ללמד אותו, אילו שגיאות יהיו, אילו דוגמאות לתת" (תור 60, 26:40). מנוחה הציעה להשקיע בהכשרת מורים ייעודית, בחומרים טובים ובקהילות מקצועיות, תוך הכרה בזמן המורים ובערך עבודתם; לדבריה, בקהילות מצליחות בעבר שהיא לקחה חלק בהובלתן המורים קיבלו תשלום והיו להם "שעות קבועות" לכך במערכת (תור 35, 28:09). מיכל הדגישה שהשינוי צריך לעבור דרך המורים ולא כהנחתה בלבד: יש לאפשר למורים "זמן להסתכל על הדברים האלה, לאהוב אותם, לרצות אותם, להתנסות בהם" ולהפוך את התחום ל"משהו של המורים" (תור 5, 3:14). הילה אף היא הדגישה את חשיבותן של קבוצות מקצועיות, צוותים בית-ספריים, השתלמויות וקבוצות שיתוף חומרים כבסיס להפצה רחבה.

3.4.6 שינוי התרבות המתמטית הבית-ספרית

מעבר לשינויים בתוכנית, בזמן ובחומרים, כמה מן המרואיינים הצביעו על צורך לשנות את התרבות המתמטית עצמה: להרגיל תלמידים לכך שמתמטיקה אינה רק שחזור של תרגילים מוכרים, אלא גם התמודדות עם מצב חדש, הפעלת היגיון, בחירת מידע רלוונטי ושימוש בייצוגים לא שגרתיים. מאור התנגדה לתפיסה שלפיה הכנה לפיזה היא תרגול של שאלות דומות בלבד, וטענה כי "לתרגל איתם בדיוק כאלה זה לא ללמד מתמטיקה, זה לאלף כלבים" (תור 45, 32:57). במקום זאת, היא מציעה לברר מהו "הדבר העמוק שחסר": אמונה לגבי מה מותר במתמטיקה, הרגלי בחינה, או מיומנות כמו ראייה מרחבית ופירוק צורה (שם). בהמשך לכך, וואפא ומיכל הציעו להרחיב את המפגש עם משימות כאלה גם דרך חידות, ימי שיא, חדרי בריחה, קופסאות בריחה והפסקות פעילות, כדי להפוך התמודדות עם אי-שגרתיות לחלק מן התרבות הבית-ספרית ולא רק להכנה נקודתית למבחן.

3.4.7 חיזוק מיומנויות מרחביות, מדידתיות וייצוגיות

חלק מן ההמלצות התמקדו במיומנויות ובתכנים שהתלמידים צריכים לפתח באופן שיטתי. אורית הצביעה על חסר בנושאים כמו קנה מידה ויחס, וטענה כי "בחטיבת הביניים את הנושא של קנה מידה בכלל הורידו" ולכן תלמידים "לא נחשפים לזה כל כך" (תור 16, 5:21). מאור הציעה לבדוק באופן מכוון האם בחטיבת הביניים אכן מפתחים ראייה מרחבית, במיוחד סביב תיבות וקוביות בכיתה ז' (תור 21, 12:41; תור 23, 13:45). וואפא הדגישה את הצורך להמשיך בעבודה מוחשית גם בגילים מבוגרים יותר, ולא להפסיק עם מודלים, בנייה ומשחקים עם המעבר לתיכון (תור 19, 6:38). מיכל הוסיפה את תרומתם של יישומנים וכלים דינמיים לפיתוח תפיסה מרחבית, וטענה כי מורים שמכירים ומשתמשים בכלים אלה מקלים גם על תלמידיהם (תור 13, 7:35).

3.4.8 הרחבת הלמידה מעבר לשיעור המתמטיקה

לבסוף, כמה מן המרואיינים הציעו להרחיב את העיסוק באוריינות מרחבית מעבר לשיעור המתמטיקה הרגיל. וואפא הציעה לחבר בין מורי מתמטיקה, שלי"ח וגיאוגרפיה סביב משימות של מפות, קנה מידה ואומדן (תור 31, 14:24). חיים הציע הרחבה עקרונית יותר וטען כי "צריך להפסיק להסתכל על כל מקצוע כמקצוע שעומד בפני עצמו"; מתמטיקה צריכה להיות מחוברת לפיזיקה, לביולוגיה, לכימיה ולתחומים נוספים (תור 48, 37:04). הוא הוסיף גם

את הצורך לפתח למידה עצמית, למשל באמצעות סרטונים, מצגות ותרגול מונחה, כדי שתלמידים "יפתחו יכולת לעבוד עם עצמם" (תור 50, 41:18). המלצות אלה מצביעות על כך שאוריינות מתמטית־מרחבית נתפסת לא רק כתחום תוכן מתמטי, אלא כיכולת פעולה רחבה בתוך מגוון הקשרים מציאותיים, חזותיים ובין־תחומיים.

4 סיכום: מתחים מארגנים בהמלצות המרואיינים

אפשר לסכם את ההמלצות המערכתיות שעלו מן הראיונות באמצעות ארבעה מתחים מרכזיים. מתחים אלה אינם סתירות בין עמדות המורים, אלא נקודות הכרעה תכנוניות שהמערכת צריכה להביא בחשבון אם ברצונה לקדם באופן רציני את תחום האוריינות המתמטית, ובפרט את הגיאומטריה המרחבית והחשיבה המרחבית.

המתח הראשון הוא בין הטמעה בתוך תוכנית הלימודים הקיימת לבין הקצאת זמן ייעודי למעין תוכנית מקבילה של הכנה למבחנים בינלאומיים. אורית, וואפא והילה מדגישות כי האוריינות המתמטית אינה יכולה להישאר תוספת חיצונית או פעילות העשרה, אלא צריכה להפוך לחלק פנימי מתוכנית הלימודים ומהשגרה הבית־ספרית. גישה זו מקבלת ביטוי חד גם בדבריה של מאור, שמציעה להתמודד עם הקשיים העולים במבחני פיזה דווקא דרך העמקה בתוכנית הלימודים הקיימת. גישה זו מניחה כי הידע והמיומנויות כבר מצויים בתוכנית הלימודים, ולכן אין צורך בתוספות חיצוניות אלא בהוראה איכותית וממוקדת יותר. לעומת זאת, מנוחה ותובל מדגישים כי ללא שעה ייעודית, תוספת זמן או זמן "צבוע" במערכת, התחום ימשיך להידחק אל מול עומס ההספק וההכנה להערכות הקיימות. אין כאן סתירה הכרחית: הטמעה אמיתית דורשת גם עיגון קוריקולרי וגם זמן הוראה מוגדר. כלומר, אין די בכך שהאוריינות "תופיע" בתוכנית הלימודים; עליה לקבל מקום ממשי בלוח הזמנים של ההוראה.

המתח השני הוא בין הכנה ארוכת טווח של יכולות עומק לבין הכנה מיידית לתצורת מבחן ספציפית וזרה. מצד אחד, כמה מן המרואיינים מדגישים את הצורך בחומרי הוראה, מאגרים, ספרים ומשימות דמויות פיזה, כדי שהתלמידים יכירו את סוג המשימות, את מבנה השאלות ואת צורות המענה הנדרשות. צורך זה אינו טכני בלבד: מבחן PISA מציב בפני תלמידים תצורת עבודה שאינה שכיחה דיה בבית הספר — שאלות מרובות מלל, מידע עודף, סימון על גבי שרטוט, אומדן, תשובות שאינן בהכרח מדויקות, ממשק ממוחשב, ולעיתים קרובות גם היעדר דרישה להצגת דרך הפתרון. במובן זה, לישראל יש בעיה כפולה: מצד אחד, תלמידים רבים אינם מפתחים לאורך השנים את יכולות העומק הנדרשות למשימות אלה; מצד אחר, גם תצורת המבחן עצמה זרה להם ואינה מתורגלת כחלק משגרת ההוראה

וההערכה. מן הצד האחר, מאור מזהירה מפני הניסיון לפצות על פער עומק באמצעות אימון נקודתי בפריטי מבחן דומים. כאשר תלמידים לא פיתחו לאורך השנים ראייה מרחבית, גמישות בייצוגים, אומדן, פירוק צורות והפעלת common sense מתמטי, הכנה קצרה לפני מבחן עלולה להפוך לתרגול שטחי. במובן זה, לבקש מתלמיד להתמודד היטב עם משימות המבוססות על יכולות שלא פותחו אצלו לאורך השנים דומה לדבריה של מאור לדרישה "מדג לטפס על עץ". המערכת נדרשת לשני מהלכים משלימים: פיתוח ארוך טווח של יכולות עומק בגיאומטריה מרחבית ובאוריינות מתמטית, לצד חשיפה שיטתית והוגנת לתצורות המשימות, לשפת המבחן ולאופני המענה הנהוגים ב-PISA.

המתח השלישי הוא בין מדידה, תמריצים ואחריות מערכתית לבין בעלות מקצועית של המורים. תובל מדגיש כי כל עוד התחום אינו נמדד ואינו מלווה במנגנון של אחריות, קשה לצפות שמורים ובתי ספר יפנו לו מקום של ממש. מנגד, מיכל מזהירה מפני הנחתה מלמעלה ומדגישה שהשינוי צריך להפוך ל"משהו של המורים": תהליך שבו מורים מתנסים, מבינים, משתכנעים, מפתחים חומרים ומרגישים בעלות מקצועית על התחום. מכאן עולה מתח תכנוני חשוב: המערכת צריכה להגדיר יעד ברור, לייצר אחריות ולשלב את התחום בהערכה, אך לעשות זאת דרך קהילות מקצועיות, פיתוח משותף, התנסות ולמידה של מורים ולא רק באמצעות כפייה חיצונית.

המתח הרביעי נוגע לשאלה של עומס ותיעדוף בתוכנית הלימודים. חלק מן ההמלצות עשויות להישמע כתוספת לעומס הקיים: עוד משימות, עוד מיומנויות, עוד יחידות הוראה, עוד ימי שיא ועוד הערכה. אולם הילה מנסחת באופן ברור כי אם צריך, היא הייתה מעדיפה להוריד נושא אחר ולא לוותר על אוריינות. אמירה זו מדגישה כי קידום התחום אינו יכול להתבסס רק על הוספה, אלא מחייב בחינה מחודשת של מה נלמד, כמה זמן מוקדש לכל תחום, ואילו נושאים מקבלים עדיפות. אם חשיבה מרחבית ואוריינות מתמטית הן יעד מרכזי, יש להקצות להן מקום ממשי בתוך המסגרת הקיימת, גם במחיר של צמצום או ארגון מחדש של נושאים אחרים.

ארבעת המתחים הללו מצביעים על כך שהמלצות המורים אינן מצטרפות לרשימת פעולות נקודתיות בלבד, אלא משרטטות את תנאי ההיתכנות של שינוי מערכתי. שינוי כזה צריך להיות גם קוריקולרי וגם ארגוני; גם מבוסס חומרים ומאגרים וגם מכוון ליכולות עומק; גם חושף תלמידים לז'אנר ההערכה של PISA וגם נמנע מאימון טכני בפריטי

מבחן; גם מלווה בהערכה ובאחריות וגם נבנה מתוך בעלות מקצועית של מורים; וגם מוכן לשנות סדרי עדיפויות, ולא רק להוסיף דרישות חדשות למערכת קיימת.

5 מגבלות המחקר

למחקר מספר מגבלות. ראשית, מדובר במדגם מכוון של מורים מובילים ומנוסים, ולכן אין לראות בו מדגם מייצג של כלל מורי המתמטיקה. שנית, הראיונות עסקו בפרשנות של המורים ביחס לקשיי תלמידים אפשריים, ולא בתצפית ישירה בתלמידים הפותרים את המשימות. לפיכך, הממצאים מלמדים על הידע המקצועי, ההשערות והניסיון המצטבר של המורים, ולא על ביצועי תלמידים בפועל. שלישית, מאחר שהראיונות נמשכו כחצי שעה בלבד, עומק הדיון בכל משימה השתנה בהתאם לזמן שנותר ולדינמיקה של כל ראיון. מגבלות אלה מגדירות את גבולות הפרשנות של הממצאים: הדו"ח מציג מיפוי עשיר של ידע מורים מנוסים על קשיי תלמידים במשימות גיאומטריה מרחבית, ולא מדידה כמותית של שכיחות הקשיים בקרב תלמידים.

6 רשימת מקורות

- מרקו, נ', פלטניק, א', ווקנין, א' (2024). מעניקים משמעות לבעיות מילוליות: המודל הרב-ממדי לעיצוב בעיות בהקשר. על"ה: עלון למורי המתמטיקה, 62, 7–18.
https://newhighmath.haifa.ac.il/images/data2/alle_62/Marco_Palatnik_Vaknin_Alle62.pdf
- פלטניק, א', מרקו, נ', גבריאלוב, ו', וקרמי, א' (2024). בחינת הישגי תלמידי ישראל במתמטיקה במבחן PISA 2022. קרן טראמפ. [קישור לדו"ח](#).
- ראמ"ה. (2013, נובמבר). אוריינות מתמטיקה: שאלות לדוגמא בעברית: שוחררו לפרסום בסיום מחקר פיזה 2012. משרד החינוך. [קישור לחוברת המשימות המלאה](#)
- Clandinin, D., & Caine, V. (2008). Narrative Inquiry. In Lisa M. Given (Ed.), *The Sage Encyclopedia of Qualitative Research Methods* (pp. 542–545). SAGE Publications, Inc.
<http://dx.doi.org/10.4135/9781412963909.n275>
- Hsieh, H. F., & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative Health Research*, 15(9), 1277–1288. <https://doi.org/10.1177/1049732305276687>
- Marco, N., & Palatnik, A. (2024). Teachers pose and design context-based mathematics tasks: What can be learned from product evolution? *Educational Studies in Mathematics*, 115, 223–246.
<https://doi.org/10.1007/s10649-023-10271-8>
- Mayring, P. (2015). Qualitative content analysis: Theoretical background and procedures. In A. Bikner-Ahsbahr, C. Knipping and N. C. Presmeg (Eds.), *Approaches to qualitative research in*

mathematics education (pp. 365–380). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-017-9181-6_13

Milner, H. R. (2007). Race, culture, and researcher positionality: Working through dangers seen, unseen, and unforeseen. *Educational Researcher*, 36(7), 388–400. <https://doi.org/10.3102/0013189X07309471>

Stake, R. E. (2013). *Multiple case study analysis*. Guilford Press.

Tillman, L. C. (2002). Culturally sensitive research approaches: An African-American perspective. *Educational Researcher*, 31(9), 3–12. <https://doi.org/10.3102/0013189X031009003>

נספח א' שאלות לראיון מבוסס משימות והמשימות עליהן המרואיינים נשאלו.

לגבי המשימות הבאות נשאל:

1. איך תלמידים היו ניגשים למשימה הזאת?
2. באילו קשיים הם היו נתקלים? [מה הקשיים הספציפיים לגיאומטריה?]
3. מה הסיבות לקשיים האלה?
4. מה היית עושה כדי לעזור לתלמידים שלך להצליח במשימה כזו?
5. באופן כללי, כיצד ניתן לשפר את ההצלחה של תלמידי ישראל במשימות כאלו במבחנים בינלאומיים?

מבנה מקוביות

בתמונה למטה מופיע מבנה הבנוי משבע קוביות משחק זהות, שפאותיהן ממוספרות מ-1 עד 6.



מבט על



כשמסתכלים על המבנה מלמעלה, אפשר לראות רק 5 קוביות.

PM937Q01 – 0 1 2 9

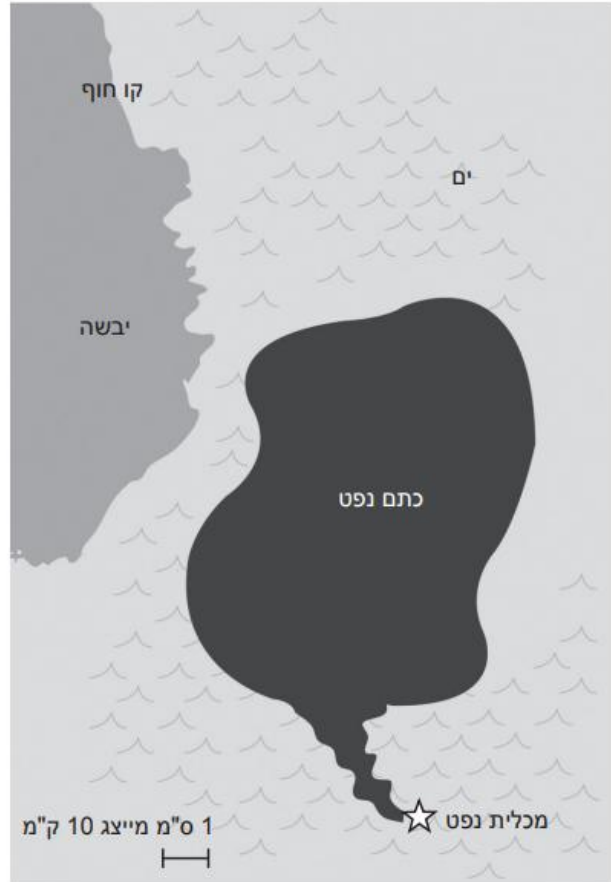
מבנה מקוביות

כמה נקודות בסך הכול רואים כשמסתכלים על המבנה הזה מלמעלה?

מספר הנקודות שרואים:

כתם נפט

מכלית נפט פגעה בסלע, והסלע ניקב את המכלים לאחסון הנפט שהיו בה. המכלית הייתה במרחק של 65 ק"מ בערך מן היבשה. לאחר כמה ימים התפשט כתם נפט, כפי שמוצג במפה שלמטה.



PM00RQ01 – 0 1 9

כתם נפט

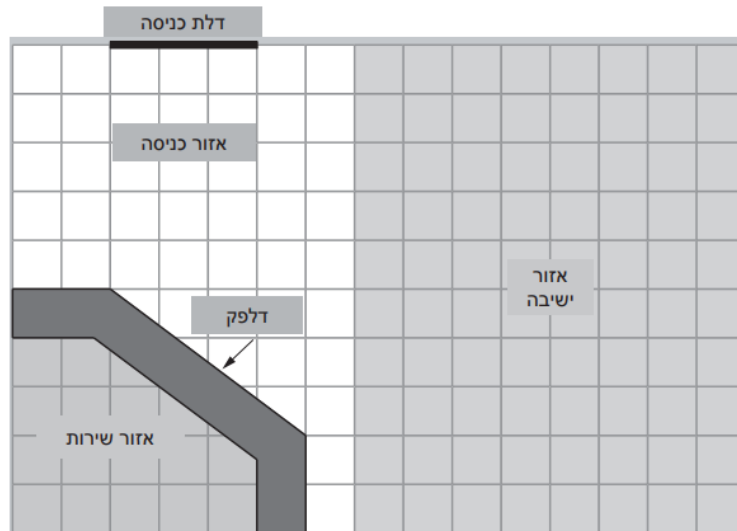
היעזרו בקנה המידה של המפה, והעריכו מה גודל השטח של כתם הנפט בקילומטרים מרובעים (קמ"ר).

תשובה: קמ"ר

גלידרייה

לפניכם תכנית מבנה הגלידרייה של מרים. מרים משפצת את הגלידרייה.

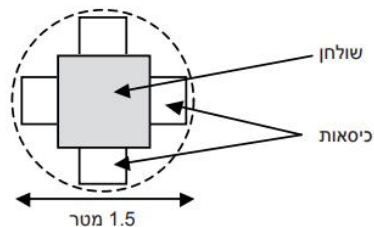
אזור השירות מוקף בדלפק.



הערה: כל משבצת בסרטוט מייצגת 0.5×0.5 מטר.

PM00LQ03 - 0 1 9

גלידרייה



מרים רוצה להציב בגלידרייה שלה מערכות ישיבה המורכבות משולחן ומארבעה כיסאות, כמו זו המוצגת למעלה. העיגול מייצג את השטח הנדרש לכל מערכת ישיבה.

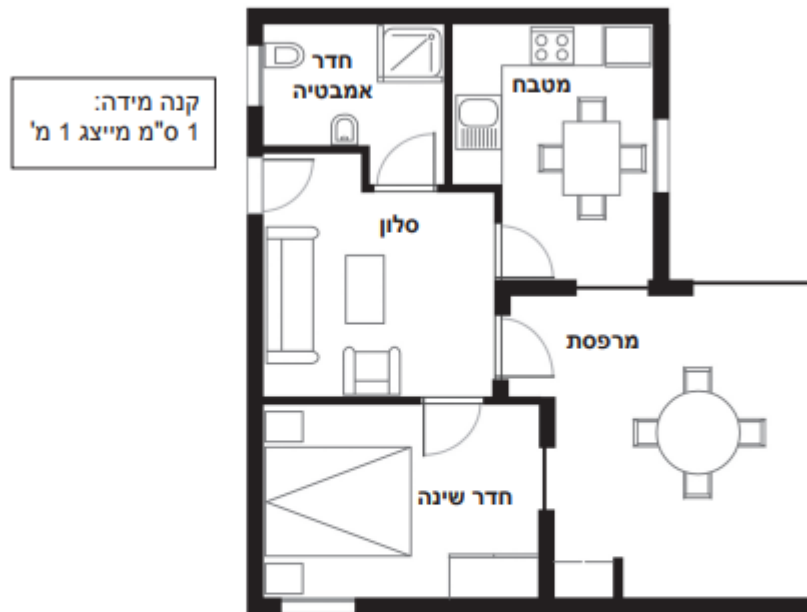
על מנת שיהיה ללקוחות ד' מקום כשהם יושבים, יש למקם כל מערכת ישיבה (המוצגת על ידי העיגול) לפי האילוצים האלה:

- יש למקם כל מערכת ישיבה במרחק של לפחות 0.5 מטר מהקירות.
 - יש למקם כל מערכת ישיבה במרחק של לפחות 0.5 מטר ממערכות הישיבה האחרות.
- מהו המספר המקסימלי של מערכות ישיבה, שמרים יכולה להכניס לאזור הישיבה (המסומן באפור) בגלידרייה שלה?

מספר מערכות ישיבה:

קניית דירה

לפניכם התכנית של הדירה שההורים של אלעד רוצים לקנות ממשרד תיווך.



PM00FQ01 – 0 1 9

קניית דירה

כדי להעריך מה השטח של הדירה כולה (כולל המרפסת והקירות), אפשר למדוד את הגודל של כל חדר, לחשב את שטחו ולחבר את כל השטחים יחד.

עם זאת, ישנה שיטה יעילה יותר להעריך מה השטח הכולל, ולפיה צריך למדוד רק 4 אורכים. סמנו בתכנית למעלה את **ארבעת** האורכים הנדרשים כדי להעריך מה השטח הכולל של הדירה.