



עורכים: איתן קליין | אברהם (אבי) ששון | איילת לוי-רייפר | אשקלון וסביבותיה

אשקלון וסביבותיה

קובץ מחקרים על מישור החוף הדרומי ושפלת יהודה

עורכים: איתן קליין | אברהם (אבי) ששון | איילת לוי-רייפר

הסדרה: מחקרי אשקלון

דסל'נג

אשקלון וסביבותיה

קובץ מחקרים על מישור החוף הדרומי ושפלת יהודה
מוגש לד"ר נחום שגיב לרגל פרישתו לגמלאות

עורכים

איתן קליין, אברהם (אבי) ששון, איילת לוי-רייפר

המכללה האקדמית אשקלון

רסלינג



תש"ף - 2020

Ashkelon and Its Environs

Studies of the Southern Coastal Plain and the Judean Foothills
in Honor of Dr. Nahum Sagiv

Editors: Eitan Klein, Avraham (Avi) Sasson and Ayelet Levy-Reifer

Ashkelon Studies Series

Academic Board:

Prof. Yitzhak Reiter, Ashkelon Academic College

Prof. Zeev Safrai, Bar-Ilan University

Prof. Yigal Levin, Bar-Ilan University

Language editor: Ella Golan

Graphic Design: Studio Iditanat

Cover Design: As We Design

All Hebrew rights reserved by

© RESLING Publishing and Ashkelon Academic College

Resling, Sderot Yehudit 35, Tel Aviv 6701637

www.resling.co.il

Printed in Israel, 2020

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לאחסן במאגר מידע,
לשדר או לקלוט בכל דרך או בכל אמצעי אלקטרוני,
אופטי או מכני או אחר – כל חלק שהוא מהחומר שבספר זה.
שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בספר זה
אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמוציא לאור.

עריכת לשון: אלה גולן

סדר דפוס: סטודיו עידית ענת

עיצוב עטיפה: As We Design

www.resling.co.il

רסלינג, שדרות יהודית 35, תל אביב 6701637

טל: 03-6956704

נדפס בדפוס קורדובה בע"מ, חולון
© כל הזכויות שמורות להוצאת רסלינג ולמכללה האקדמית אשקלון

נדפס בישראל, תש"ף

תוכן עניינים

רשימת המשתתפים / 7

הקדמה / 9

נחום שגיב - מלח הארץ במחקר ובהוראה / 13

שער ראשון

בתי חווה, כפרים, מצודות וערים - מתקופת הברונזה ועד לתקופה הפרסית

תהליכי התיישבות בתקופת הברונזה הקדומה II-I בשפלת יהודה לאור שינויי אקלים וסביבה איילת לוי-רייפך, אורן אקרמן, יצחק פז ויואל רסקין / 21

הצצה למנהגי הפולחן הכנעני בתל בורנה בתקופת הברונזה המאוחרת איציק שי, אהרן טבגר וכריס מקיני / 47

בית חווה משלהי תקופת הברזל מדרום לתל בית מרסים סער גנוך, שפרה וייס ואמיל אלג'ם / 59

'מצד הקילומטר העשירי': יישוב ותחנות דרכים מבוצרת מהתקופה הפרסית בנתיב העשרה יעל עבאדי-רייס / 85

שער שני

יהודים, נוכרים ונוצרים - מחקרים בתקופות הקלאסיות

חרותות כלי שיט מהתקופה ההלניסטית-רומית הקדומה בחללים תת-קרקעיים בשפלת יהודה איתן קליין ובוטז זיסו / 105

חפירות בית האחוזה הרומי ומאגר המים בח'רבת אל-דוואימה (אמציה) - חיי מותרות ומערכות מסתור מהתקופה הרומית ולדיק ליפשיץ ודניאל וורגה / 133

היישוב הפגאני בתקופה הרומית המאוחרת בחורבת עתרי בוטז זיסו, אמיר גנוך, איתן קליין ורותי ג'קסון-טל / 161

כנסיות בטיטורייט אשקלון - סמכות דתית או מעוז כלכלי נורית פייג / 205

בין ניצנה לאשקלון - מיפוי מערכות חקלאות מהמאות השישית-שמינית לסה"נ מוטי היימן / 229

שער שלישי

מישור החוף הדרומי מימי הביניים ועד לעת החדשה

**אשקלון כמרחב לחימה: נקודת מבט נופית על קרבות ופעולות מצור מימי
ממלכת ירושלים רפאל י' לואיס / 267**

**'לא למאמינים בלבד' – התפתחותו ותפקודו של אתר שייח' עוואד בחולות
אשקלון אברהם (אבי) ששון / 295**

**בייאר אל-בדווי – בית באר על אם הדרך בין מג'דל-אשקלון לחמאמה
ותפקודו המרחבי יואב גולסט ואברהם (אבי) ששון / 329**

**לחימה תת-קרקעית ברצועת עזה והמורכבות הצבאית בהתמודדות מולה
יואל רסקין / 369**

הקדמה ותקצירי מאמרים באנגלית / V-XXII

רשימת המשתתפים

אמיל אלג'ם מרחב דרום, רשות העתיקות
ד"ר אורן אקרמן החוג ללימודי ארץ-ישראל וארכיאולוגיה, אוניברסיטת אריאל
יואב גולסט מוסמך החוג ללימודי ארץ-ישראל, אוניברסיטת חיפה
אמיר גנור היחידה למניעת שוד עתיקות, רשות העתיקות
סער גנור מרחב דרום, רשות העתיקות
ד"ר רותי ג'קסון-טל המכון לארכיאולוגיה, האוניברסיטה העברית בירושלים
ד"ר מוטי היימן החוג ללימודי ארץ-ישראל וארכיאולוגיה, אוניברסיטת אריאל
שפרה וייס מרחב דרום, רשות העתיקות
ד"ר דניאל וורגה מרחב דרום, רשות העתיקות
פרופ' בועז זיסו המחלקה ללימודי ארץ-ישראל וארכיאולוגיה, אוניברסיטת
בר-אילן
ד"ר אהרן טבגר החוג ללימודי ארץ-ישראל וארכיאולוגיה, אוניברסיטת אריאל
ד"ר רפאל י' לואיס החוג ללימודי ארץ-ישראל, המכללה האקדמית אשקלון
ומכון זינמן לארכיאולוגיה, אוניברסיטת חיפה
ד"ר איילת לוי-רייפר החוג ללימודי ארץ-ישראל, המכללה האקדמית אשקלון
ולדיק ליפשיץ מרחב דרום, רשות העתיקות
ד"ר כריס מקיני המחלקה להיסטוריה, אוניברסיטת טקסס, קורפוס כריסטי
ד"ר יעל עבאדי-רייס מרחב דרום, רשות העתיקות
ד"ר יצחק פז רשות העתיקות
ד"ר נורית פייג רשות העתיקות
ד"ר איתן קליין היחידה למניעת שוד עתיקות, רשות העתיקות והחוג ללימודי
ארץ-ישראל, המכללה האקדמית אשקלון
ד"ר יואל רסקין המעבדה האנליטית, תחום חפירות, סקר ומחקר רשות
העתיקות, המעבדה לגיאומורפולוגיה ולומינסנציה ניידת, המכון ללימודי
ים, אוניברסיטת חיפה, הר הכרמל, והחוג ללימודי ארץ-ישראל, המכללה
האקדמית אשקלון
פרופ' איציק שי החוג ללימודי ארץ-ישראל וארכיאולוגיה, אוניברסיטת אריאל
ד"ר אברהם (אבי) ששון החוג ללימודי ארץ-ישראל, המכללה האקדמית
אשקלון

לחימה תת-קרקעית ברצועת עזה והמורכבות הצבאית בהתמודדות מולה

יואל רסקין

תקציר

בעשרות השנים האחרונות התפתחה פעילות גורמי טרור וגרילה כממד התת-קרקעי הרדוד ברצועת עזה. הפעילות, שהחלה במנהרות הברחה קטנות בין שני צידי רפיח, החצויה בין עזה לסיני, הפכה לעורק תנועה תת-קרקעי למעבר סחורות ובהמשך לבניית תשתיות לחימה מגוונות ואפקטיביות. התפתחות זו היא תוצאה של שילוב ייחודי בין תנאים היסטוריים, גיאולוגיים, גיאוגרפיים, מדיניים וצבאיים. התנאים הגיאוגרפים והגיאולוגיים של עזה מהווים תשתית חשובה לכך: הגיאולוגיה של תת-הקרקע הרדוד מאפשרת כריית מנהרות בעזרת כלי עבודה בסיסיים וידע גיאולוגי מקומי. מנגד, אותם מאפיינים מקשים על איתור חללים תת-קרקעיים מפני השטח בעזרת שיטות ומערכות גיאורטכנולוגיות וצבאיות מקרוב ומרחוק.

התפתחות לוחמת תת-הקרקע ברצועת עזה עברה שלבים רבים: כמשך עשורים המציאות והמאפיינים היחודיים של התווך התת-קרקעי והאיום שבו לא הביאו את מקבלי החלטות הביטחוניות למצוא פתרונות למציאות של אפקטיביות מבצעית נמוכה כנגד איומי תת-הקרקע. עובדה זו הניעה את הזרוע הצבאית של החמאס ברצועת עזה לפתח את תת-הקרקע מבחינה לוגיסטית, התקפית והגנתית מראשית שנות האלפיים ועד ימינו.

במאמר זה אסקור את האלמנטים המרכזיים ואת ההתפתחות המרשימה של ניצול המרחב התת-קרקעי לצורכי לחימה שונים במרחב רצועת עזה, את המשמעות העתידית של זירה זו ואת המורכבות שבהתמודדות הצבאיות מולן.

מבוא

השימוש במנהרות ותת־הקרקע (תת"ק) לצרכים צבאיים, הגנתיים והתקפיים ולשימושים אזרחיים מוכר בעולם ובארץ ישראל מזה אלפי שנים (Shay 2014). כיום מצויים ברחבי מדינת ישראל מגוון מערכות תת"ק פעילות ושרידים של מערכות אלה: מערכות קבורה קדומות, מתקני מים היסטוריים, מנהרות לאורך המוביל הארצי וקו צינור הנפט אשקלון-אילת, ומנהרות של כבישים ומכרות. כיום, בעידן המודרני, תת־הקרקע הרדוד מהווה ממד מפותח, חיוני ונפוץ בבנייה פרטית וציבורית, בחנייה ובפריסת תשתיות.

מערכת הביטחון של מדינת ישראל מתמודדת עם איומי מנהור ומערכות תת־קרקעיות ברצועת עזה מאז מימוש הסכם השלום עם מצרים בשנת 1982. בעקבות "אירועי אל-אקצה" בשנת 2000, ההתמודדות של ישראל מול התעצמות המנהרות גדלה ומלווה בפגיעות טקטיות, חלקן בעלות משמעות אסטרטגית. פגיעות אלה כללו בין היתר את התפוצצות הנגמ"ש נושא חומר נפץ בציר "פילדלפי" ברפיח (2004) ואת המערכה הטקטית, המדינית והאסטרטגית של ישראל סביב חטיפתו והשבתו של רב"ט גלעד שליט (בשנת 2006). שליט נחטף דרך מנהרה התקפית חודרת בעקבות כשל במענה המבצעי הטקטי וכשל מערכתי בזמן ניהול הקרב מייד לאחר ביצוע החטיפה (איסור מוחלט של כניסה צבאית לרצועת עזה וירי על החוליה הנסוגה לעצירת מהלך החטיפה).

מבצע "צוק איתן" (בקיץ 2014) כלל אירועים טקטיים התקפיים מוצלחים של החמאס שבוצעו על ידי שימוש בתת־הקרקע: חדירות של חוליות דרך מנהרות לישראל ותקיפת חיילי צה"ל, חטיפה והרג סגן הדר גולדין תוך שימוש במנהרה לא מוכרת בסוף המבצע, ושימוש נרחב בתת־הקרקע על ידי ארגוני גרילה וטרור שונים לצורכי שיגור פצמרים ורקטות תלולי מסלול מתוך בורות שיגור לאורך כל שלבי הלחימה. ההתנהלות המסורבלת של צה"ל לאיתור ולהשמדת המנהרות ההתקפיות ואי־הצלחה לצמצם את הירי תלול־המסלול מרחבי רצועת עזה לאורך שלבי המבצע הביאו לכך שלוחמת תת־הקרקע של החמאס הניבה תוצאות אסטרטגיות חיוביות לחמאס.

רק בשנת 2018, ארבע שנים לאחר מבצע "צוק איתן" ו־30 שנה מאז ראשית ההתמודדות הגיאומטכנולוגית של מערכת הביטחון, ובהשקעה של סכומי עתק, נפרסה מערכת מכשול הגנתי מרשימה וככל הנראה גם אפקטיבית על חשבון שטחים חקלאיים של יישובי עוטף עזה. מכשול זה מכוון כנגד

מנהרות התקפיות בלבד. מערכת הביטחון גם מתחילה לאתר קטעי מנהרות התקפיות שלא הושמדו במלואן במבצע "צוק איתן", לצד מנהרות שהתווספו מאז, ומצליחה להשמיד באפקטיביות קטעי מנהרה. נראה שהצלחות אלה הן בין השאר תוצאה של הפעלת מטה בזרוע היבשה וגופים אוגדתיים מקצועיים־ייחודיים (מעבדה) שהוקמו לאחרונה (זיתון תשע"ח).

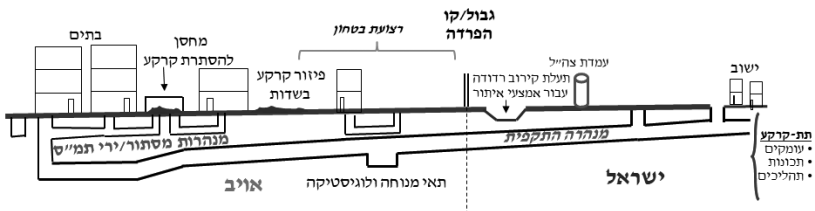
רבות נכתב על אודות סוגיית המנהרות ולוחמת תת־הקרקע ברצועת עזה; רוב הדברים נכתבו בזירה התקשורתית ומעט מאמרים בכמות אקדמאיות/צבאיות מקצועיות (Marcus 2019). חלקם נכתבו בעברית (יצחק תשס"ט; כפיר תש"ע; רסקין תשס"ב; רסקין ואהרוני תשס"ב; Almog 2004), ופרסומים בין־לאומיים התמקדו בצד המדיני של התחום (Pelham 2011). חלק מהפרסומים רוויים בניסיונות רעועים להציג את התפתחות התת־ק"ק של רצועת עזה כניסיון תמים להתמודד מול תוקפנות מדינית וצבאית ישראלית. לאחרונה פורסם ספר מקיף על לוחמה תת־קרקעית ומשמעותה המשפטית והמדינית (Richmond-Barak 2017). אלא שסוגיית תת־הקרקע לא הוצגה בספר בצורה הוליסטית, על מאפייני המנהרות ומורכבות הלוחמה. כמו כן לא נערך מחקר מעמיק על אודות השפעת התנאים הגיאוגרפיים והגיאולוגיים של רצועת עזה על ההתפתחות איום התת־ק"ק על ישראל. מנגד, הגישה המקצועית־ארגונית של מערכת הביטחון של ישראל וההיתכנות הפיזיקלית הבסיסית לפיתוח שיטות איתור טכנולוגיות וגיאורטכנולוגיות אמינות לא נדונו לעומק בכמות ציבוריות. כמאמר זה אסקור את האלמנטים המרכזיים וההתפתחות של ניצול המרחב התת־קרקעי לבניין הכוח והלחימה בתוך רצועת עזה וסביבה. המאמר מצביע על המורכבויות של ההתמודדות הצבאית מול האיומים של ניצול התת־ק"ק ומנסה להסביר את הסיבות המקצועיות והארגוניות לקשיי ההתמודדות של צה"ל בעזרת ניתוח ידע צבאי, גיאולוגי וגיאוגרפי, ומידע שהתפרסם בתקשורת הציבורית. היעדר גישה פיזית למנהרות וכן ידע מוגבל הנובע מרמת סיווג גבוהה מהווים מגבלה אינהרנטית למאמר זה.

רקע מקצועי

התפיסה האנושית של מנהרות ומערכות תת־קרקעיות

מנהרות ומערכות התת־ק"ק של רצועת עזה שונות ממנהרות המוכרות בעולם האזרחי. מנהרות הן לרוב מעשה ידי אדם לצורכי מחסה, והן מהוות בעיקר ציר

תנועה נסתר לשימושים רבים. מנהרה היא חלל תת־קרקעי המכיל גז/אוויר ומהווה "הפרעה" ואנומליה בתכונות הגיאומכניות והגיאופיזיות של תת־הקרקע (צליח תשע"ה). לרוב מנהרות נחפרות בסלע או במשקעים (כמו חול, אבק וסחף נחלים) טבעיים בעלי ליכוד וחוזק המאפשרים כריית חלל די יציב. לרוב אין מנהרות בשכבת הקרקע המגיעה לפני השטח ומשמשת לחקלאות, וזאת בשל רדידותה, לכידותה וחוזקה המכני הנמוך (איור 1).



איור 1: חתך סכמטי של מנהרה התקפית חודרת עם מרכיבים חלקיים של מנהרות עומק (עדכני ל-2014) (מעובד מרסקין ואחרים תשע"ד).

במרבית המקרים המנהרה היא מעשה ידי אדם. למנהרה פתחי יציאה וכניסה ותוואי מאורך ביניהם ובו עשויים להיות חללים בגדלים שונים והסתעפויות. פתחי הכניסה והיציאה יכולים להיות דרך פירים אנכיים או בתוואי משופע. מקובל לדמיין מנהרה עם תוואי בודד בעל שיפוע אופקי ודי אחיד, כפי שמוכר במנהרות אזרחיות, אך כיום בעזה ישנן רשתות של מנהרות בשיפועים שונים. לכן נכון להציג את המנהרות בצורה כללית ומורכבת יותר - כמערכות תת־קרקעיות.

קיים בלבול בהבחנה בין מנהרה למערה - מערה היא בדרך כלל חלל שנוצר בתהליכים טבעיים בתוך סלע בעל פתח ברופן המדרון/מצוק, ובו כניסה מרכזית אחת. למערות מגוון צורות גיאומטריות, גדלים ואורכים. ישנם גם חללי תת־קרקעיים ללא פתחי כניסה ויציאה, הנחשפים בפעולות כרייה, ואלה גם הם מערות. בעקבות ההתפתחות והמגוון של מאפייני החללים התת־קרקעיים ברצועת עזה ניתן להגדירם כ"חללים בתת־הקרקע".

ייעודים עיקריים בתת־הקרקע

לאורך ההיסטוריה האנושית ניצול תת־קרקע לצרכים צבאיים התבצע בעיקר בעימותים נייחים יחסית ולאורך גבולות על מנת לחצות קווים גיאוגרפיים. במלחמת העולם ה-1 נחפרו מנהרות מתחת לעמדות אויב. קוריאה הצפונית כרתה בסלע מנהרות לוגיסטיות חוצות־גבול מאות מטרים מתחת לשטח לכיוון דרום קוריאה (Richemond-Barak 2017). במלחמת וייטנאם התת־קרקע שימש לאחסון ומסתור אך גם לתנועה ופעילות התקפית דינמית (Mangold and Penycate 2005). לרוב, מערות תת־קרקע התקפיות הופעלו בשטחים לא עירוניים (Reece 1997). במקרים רבים מערכות תת־קרקע שימשו את הצד החלש/העני ברמה הטקטית והמערכתית, ואחת הסיבות לכך הינה היעדר שליטה של הצד החלש על פני השטח. גם כריית מנהרות בריחה ממחנות או בתים תוך ניצול מערכות תת־קרקע (כגון צנרת של ביוב/תשתיות) היא דוגמה טובה למציאות כזו. מנהרות כאלה מכונות מנהרות clandestine (סודיות ומוסתרות). לרוב הפעלת מערכות תת־קרקע בידי הצד החלש הביאה לקשיים ואבדות רבות בצד החזק וכן למערכה ארוכה ומסובכת שלבסוף הוכרעה וידו של הצד החזק על העליונה. השימוש במנהרות כרוך בסיכונים רבים כפי שמוכר גם בקרב כורי פחם - מנהרות מהוות מלכודת אנושית במהלך כרייתן, שגרת החיים בהן, הלחימה בתוכן ואף במהלך השמדתן. מנהרות שנכרות ללא הקפדה על כללים מקצועיים הן מסוכנות מאוד. במסגרת כריית מנהרות ברצועת עזה, עשרות נערים וילדים מצאו את מותם מקריסות.

קשיי תפיסה

לבני האנוש ההולכים על פני כדור הארץ במרחב תלת־ממדי שקוף של אוויר ישנו קושי תפיסתי בהבנת המציאות והמשמעויות של מרחב תת־קרקעי תלת־ממדי ורדוד מתחת לרגליים. המנהרה נסתרת מסביבת האדם וחשוכה. בני אנוש נרתעים מתת־הקרקע. קבורת בני אדם בתרבויות רבות מתרחשת בחלל תת־קרקעי רדוד מתחת לפני השטח, עובדה שאולי מייצרת דחייה טבעית מממד זה של המרחב. לתת־הקרקע דימויים מאגיים כמו גיהנום ושואל, ביטויים של החטא והרוע. מנגד, השמיים נתפסים כמרחב של אמונה, תקווה, ישועה ומימוש. ואולם בערים גדולות ישנן תשתיות וחללים מלאכותיים רבים שהם תת־קרקעיים (עבור רכבות, חניונים, מערכות ניקוז וביוב וכולי), וברובן האדם מרגיש די נוח כי הן מונגשות מפני השטח, מוארות ומאווררות, ואינן מצריכות

מגע ישיר עם המסלע, הקרקע, המשקעים והלחות הטבעית. בכל זאת, גם מערכות התת"ק המודרניות האזרחיות "סובלות" מהיעדר תשומת לב של מקבלי החלטות ומערכת המשפט, ולכן הן בעלות אופי משפטי אזרחי וצבאי מעורפל (Richmond-Barak 2017) המאפשר לגורמים לא מדיניים לעשות בהן שימוש נרחב לצורכי פעילויות יזומות ואלימות; כך למשל, כריית מנהרה התקפית לתוך תת-הקרקע של מדינה ריבונית אינה נתפסת כהפרה ברורה של ריבונות.

תופעה מעניינת על אודות השימוש וההתמודדות הצבאית עם מערכות תת"ק הינה אי-רציפות כבניית תורות לחימה והטמעת לקחים עבור לחימה שכזו, אף אחרי גמר המערכה, הן אצל הגורם המפעיל והן אצל הגורם המתמודד (כפיר תשע"ח בעל-פה). הסבר מוצע לאניגמה זו היא שאצל הגורם המפעיל, שלרוב הוא החלש, ההפסד לא אפשר או דרבן כתיבה צבאית והיסטורית בנדון, ואצל הצד המנצח, הקשיים והמורכבות של ההתמודדות עם לחימת תת"ק (אורך ואופי המערכה, אבידות והיעדר ניצחון מוחלט) לא יצרו מוטיבציה לכתיבה והנצחה של דרך החתחתים הארוכה עד להכרעה ולסיום הלחימה.

סיווג מנהרות ומערכות תת-הקרקע

כיום ברצועת עזה ישנם שלושה סוגים עיקריים של מערכות תת"ק. מציאות זו מצביעה על המורכבות והשכלול של ניצול התת"ק ברצועה - ולכל מערכת ייעוד שונה (טבלה 1):

- (1) מנהרות הברחה
- (2) מנהרות התקפיות (איור 1)
- (3) מנהרות עומק

לחימה תת-קרקעית ברצועת עזה והמורכבות הצבאית בהתמודדות מולה

הערות	ייעוד	מאפיין	התחלה	סוג המנהרה
במשך עשורים אלה המצרים עשו מעט מאוד כנגד התופעה	הברחה של: * טובין ומוצרי צריכה שאינם מועברים דרך ישראל ומצרים * אמצעי לחימה וחומרים תומכים * פעילים בארגוני הגרילה/טרור מתוך רצועת עזה ואליה	פירי כניסה ויציאה מוסתרים, בעיקר בשטח רפיח העזתית פיר בשדה בשטח המצרי	~1982	הברחה
השפעה פסיכולוגית עצומה	* התקפה על חייל צה"ל או אזרחים במחנות, יישובים או בשטח פתוח * חטיפה של חיילים ואזרחים	פירי כניסה ויציאה רדודים בשדה/מבנים וחלל קטן מתחת ליעד המותקף	2004	התקפה - חוצה גבול/קו הפרדה
נסתר יחסית	* פיקוד ושליטה של הנהגת החמאס ומפקדים בכירים במקום מוסתר * התקפות פתע במסגרת מתקפה של צה"ל והסתתרות טקטית. ירי תלול מסלול מגוון, אפקטיבי ומוגן	כניסה ממבנים או ירי ממשטחים מוסתרים בשטחים פתוחים, פרדסים ומטעים. הסתעפויות רבות	2007	עומק

טבלה 1: סוגים עיקריים של מערכות תת-קרקעיות ברצועת עזה.

מנהרות רצועת עזה התפתחו לפי הסדר הבא, לכל סוג מנהרה כמה וריאציות (טבלה 2):

יואל רסקין

מחקר מודיעין על אודות אנשים / פעילים	איתור פעילות / חפירה / פעילות במנהרה	איתור סימנים מעידים של חפירה והפעלת מנהרה	איתור של פירי מנהרה והתוואי שלה	לחץ פוליטי לצמצום בניית מערכי תת"ק והפעלתם	מניעה פיזית של מנהרות קיימות	שליטה בתצפית ושליטה קרקעית על מרחבי כריית המנהרות
לאיתור מיקום נקודת כניסה למנהרה	שיטות גיאורפיזיות (גיאופונים) על פני השטח הפרוסות מעל (או בתעלה רדודה להכנסת אמצעים) ובניצב לציר המנהרה	חישה מרחוק בחיישנים מוטסים ולוויינים לצורך: טופוגרפיה מדויקת, שינויי טמפרטורה בפני השטח ספקטרו (גוויני צבע), שינוי כוח כבידה ומגנטיות	שיטות גיאורפיזיות על פני השטח מעל מנהרה	לחץ אפקטיבי על ישויות שכנות (מצרים)	תעלה ואולי מילוי במים להחלשת חוזק הקרקע. חפירה עד לתוואי המנהרה	הרחבת רצועת ביטחון בתוך רצועת עזה להרחקת פירי/קטעי תוואי מנהרות
לגילוי יזמי חפירה, מנהלי חפירה, חופרים ומפעילים		ניתוח ופענוח צילומי אוויר תקופתיים. מערכת גילוי שינויים אוטומטית על בסיס סדרות זמן של צילומי אוויר	שיטות פולשניות נקודתיות מעל תוואי מנהרה: מד חדרות קוני CPT עם חיישנים או קידוחים יעודיים	לחץ על מפעילי מנהרות מקומיים או מתנגדיהם	קיר ברזל (שיגומים) לעומק רב	שליטה במערכות תצפית קרקעיות (איסוף קרבי)
		אמצעים פסיכולוגיים (למשל dowsing pendulum)		לחץ על הריבון ברצועה	פיצוץ מדויק של קטע תוואי או פיר, או פיצוץ מרחבי של אזור חשוד במנהרות מהקרקע/ אוויר	פינוי אוכלוסייה עוינת באזורים חשודים
					מעצר פעילים	בריחה או פינוי של חיילים ואזרחים
						פעולות מבצעיות נקודתיות/ רחבות

טבלה 2: גישות מרכזיות בהתמודדות מול איומים בתת-הקרקע.

אגף התכנון (אג"ת) בצה"ל הגדיר כבר ב-2008 את סוגי המנהרות האלה, יחד עם סוג רביעי: מנהרות אסטרטגיות או בונקרים תת-קרקעיים בעומק שטח האויב (אגף התכנון תשס"ח; דו"ח מבקר המדינה תשע"ז).

מנהרות ההברחה בין רצועת עזה למצרים מהוות ציר כלכלי חשוב למעבר סחורות, אמצעי לחימה ואף מעבר של פעילי טרור וגרילה. כך המנהרות מהוות אמצעי לבניין הכוח הצבאי ברצועת עזה. לאור השימוש האינטנסיבי במנהרות ההברחה וריבוי התפתחה תפיסה שמנהרות ההברחה הן בעיקרן אזוריות ולכן אין טעם להשמידן. גם בקרב גיאוגרפים מסוימים באקדמיה, אפילו עד למבצע "צוק איתן", מנהרות אלה נתפסו כבעלות חשיבות כלכלית רבה אך חסרות משמעות כאיום צבאי (רובין תשע"ג: בע"פ). מנהרות התקפיות כוללות מנהרות המיועדות להפעלת חומר נפץ מתחת לתשתיות ישראליות (מוצבים, יישובים, מעברים) ולהעברת לוחמים לצורכי תקיפה וחטיפת חיילים ואזרחים ישראלים בתוך רצועת עזה ומחוץ לה. מנהרות התקפיות חודרות מתחת לפני השטח לתחומי מדינת ישראל, תופעה שאינה מוכרת כנגד כוחות השיטור והצבא המצריים.

בידינו מעט מידע גלוי על מערכות התת"ק בעומק רצועת עזה; מערכות אלה מרוחקות קילומטרים אחדים מאזורי החיכוך עם ישראל וממוקמות בפרדסים ובמטעים ובעיקר בשטח בנוי המאוכלס בצפיפות. ישנן מנהרות לפיקוד ושליטה ומנהרות לחימה המחברות בין מבני ציבור ובתי מגורים; ישנן מנהרות וחללי תת"ק ייעודיים לירי תלול-מסלול אוטומטי וחצי-אוטומטי תוך הסרת מכסה מוסווה; סביר שיש גם מערכות לשימושים נוספים. מערכות תת"ק אלה קשות לזיהוי בשיטות פענוח קונוונציונליות של מפענחים של צילומי אוויר והדמאות גם אם הללו באיכות טובה (גובה צילום נמוך, יכולת הפרדה גבוהה). התקפות מהאוויר של מערכות התת"ק לירי תלול-מסלול לרוב אינן מביאות לאבידות ישירות של מפעילי הירי, ומנגד ירי לא מדויק עלול לפגוע באזרחים וילדים המתגוררים בסמוך (Richmond-Barak 2017).

ברצועת עזה שלוש מערכות התת"ק משלימות זו את זו כדי ליצור אפקט אסטרטגי: מנהרות ההברחה קריטיות לניהול כלכלת עזה (ליתר דיוק כלכלת החמאס) ולבניין הכוח הצבאי של החמאס; מנהרות העומק משמשות לפיקוד, אחסון וירי תלול-מסלול טקטי ואסטרטגי לתוך עומק ישראל; ומנהרות התקפיות מהוות נדבך מרכזי של מערך המתקפה נגד אזרחי ישראל וצה"ל, וגורם הרתעה פסיכולוגי. מערכות התת"ק של רצועת עזה מהוות איום ומשפיעות רבות על ניהול מערכה אסטרטגית מדינית וצבאית מול ישראל, וזאת למרות נחיתות צבאית של חמאס מול ישראל בכל מרכיבי העימות למעט תחום התת"ק.

כריית מנהרות וממדיהן

במשך שנים, עד למבצע "צוק איתן", דיווחי לוחמים וגורמי הנדסה יצרו את הרושם שמנהרות עזה נחפרו בעומק של כ-4-14 מ' מתחת לפני השטח, למרות שמויעות שרווחו כבר בשנת 2005 (סביב עקירת גוש קטיף) שישנן מנהרות בעומק של כ-30 מ'. ההשערה שעומק המנהרות היה די קבוע בטווח של 4-14 מ' חוזקה מנתוני מהירות גלים סיסמיים בתת"ק הרדוד שנמדדו באזור כרם שלום (Hatzor et al. 2009). שם, בעומק של עד 4 מ', מהירות הגלים נמוכה יחסית ומצביעה על צפיפות וליכוד חלש של המשקעים והקרקות הקבורות (פליאוסוליטים). מעומק 14 מ' ומטה מהירות הגלים עולה במהירות, דבר המצביע על צפיפות וככל הנראה ליכוד גבוה יותר עקב דחיסת המשקעים על ידי מסת (משקל) המשקעים מעליהם. חוזק וליכוד מוגבר של התשתית התת-קרקעית עשויים להאט את הכרייה ולהקשות על תנאי החפירה ואיכותה, וכך גם איכות האוויר הירודה בעומק הארמה. מאז מבצע "צוק איתן" ישנם דיווחים רבים על מנהרות בעומק רב יותר, אך לא ברור אם עומקן נמדד במסגרת המבצע. העזתים פיתחו עם הזמן יכולות חפירה לעומק במקביל לשיפור ההפעלה של אמצעים שתומכים במהלך הכרייה.

תנאים גיאוגרפיים וגיאולוגיים והשפעתם על פעילות תת-קרקעית

גיאולוגיה

התפתחות התת"ק ברצועת עזה נבעה מצירוף של כמה תנאים גיאוגרפיים. בחלקים משמעותיים של רצועת עזה קיימים תנאים פיזיים מעולים לחפירה מערכות תת-קרקעיות - מיקומה בפינה הדרום-מזרחית של הים התיכון ובשולי רצועת המדבריות העולמית הביא עם הזמן להתפתחות אזור מפגש של משקעים שונים שהוסעו על ידי הרוח, בעיקר חול מנושב (איאולי, aeolian). החול הגיע מהחוף או משדה הדיונות של צפון סיני ואבק דק הגיע ממערב, בעיקר מצפון-אפריקה. תשתית מעורבת של אבק וחול (סיין, loam) הצטברה והתפתחה עם הזמן לחתך גיאולוגי בתת-הקרקע הרדודה הבנויה משכבות של חול מלוכד. המאפיינים הגיאורטכניים של החתך הקלו מאוד על כריית המנהרות. הטופוגרפיה של רצועת עזה מוכתבת על ידי רכסי אבן-חול (כורכר) שבעבר, עד לפני כ-50,000 שנה, הצטברו כדיונות מאורכות לאורך שולי חוף הים. זאת בהתאם למיקום הכללי של חוף ים התיכון הקדום שהיה לעיתים

מערבה יותר ולעיתים פנימה יותר מקו החוף הנוכחי (Porat et al. 2004). דיונות מאורכות אלה היו שונות מאוד מהדיונות המוכרות כיום במישור החוף ולכן קיים קושי לרמיין אותן. שלושה רכסי כורכר משתרעים לאורך רצועת עזה ובמקביל לקו החוף, ומתנשאים במזרח הרצועה לגובה של עד כ-90 מ' מעל פני הים (איור 2). דרגת הקושי של הכורכר, הסלע הטבעי היחיד ברצועת עזה, אינה אחידה, אך לרוב הוא אינו קשה מאוד (Ubeid 2013; Yaalon 1969). אין דיווחים או עדויות על מנהרות הברחה הכרויות בכורכר, לפחות עד להשתלטות החמאס על הרצועה ב-2007. זאת ככל הנראה, עקב הליכוד הלא אחיד והקושי הגבוה יחסית של הסלע במקומות מסוימים ביחס לקרקעות קדומות (Frydman 2000; Wittke 2002). עם התפתחות תעשיית מנהרות הברחה אחרי 2007 סביר שנכרו מנהרות או קטעי מנהרות גם בכורכר.

בין רכסי הכורכר וסביבם ישנם עמקים הממולאים בחתך של כמה מטרים של משקעים הכוללים חול מנושב ואבק ותוצרי בלייה ושטיפה קדומים מרכסי הכורכר (Dan et al. 1964). למשקעים מרכיב חולי משמעותי ומשתנה והליכוד שלהם בנוי מגיר (קלציום קרבונט) שמקורו מאבק ושרידי בעלי חיים ימיים זעירים שנשבו מהחוף ליבשה יחד עם החול. תהליך של השקעת חול ואחר כך השקעת אבק גרמה להתפתחות קרקע. מחזורים, לרוב של אלפים עד עשרות אלפים של שנים שבהן התפתחו קרקעות בעקבות פלישות חול או לם (משקע הבנוי מחול דק, טין ואבק) התרחשו לחילופין (בתקופות שבהן נשבו רוחות חזקות מהמוכר היום) ויצרו חתך תת-קרקעי הכולל שכבות של "קרקעות עתיקות קבורות" (פליאוסולים, palaeosols). קרקעות קבורות אלה התקשו עם הזמן בעקבות הלחץ המצטבר והגדל שהופעל עליהן עם המשך הצטברות משקעים בפני השטח והתקשות גיר מומס (Zilberman et al. 2007; Hatzor et al. 2009; Roskin et al. 2013). כיום אין כמעט הצטברות של משקעים (חול ואבק) על פני השטח.

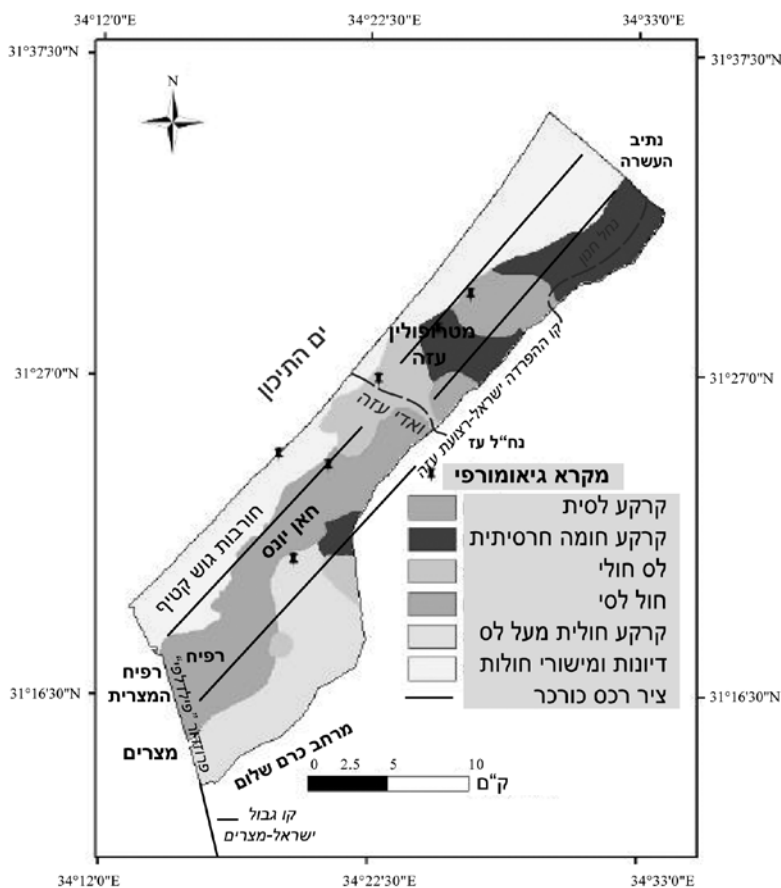
ככל שמדרמים ברצועת עזה, הופעת רכסי הכורכר בנוף מצטמצמת והמרכיב החולי במשקעים גדל (ביחס לאבק) בעמקים בין הרכסים ובמישורים בדרום-מזרח הרצועה (Ravikovitch 1953). החתך של קרקעות חוליות קבורות מגיע לעומק של יותר מ-15 מ'. בצפון-מזרח הרצועה המשקעים בנויים בעיקר ממשקעי לם (שמכסים את מרחב באר שבע-נתיבות), שהם בעלי מרכיב חרסיתי וטיני גדול יותר מאשר בדרום. גם חתך הלם מכיל קרקעות קדומות שבהן תכולת גיר משמעותית. הקרקעות הקדומות של החול והלם המלוכדים בגיר נוחות מאוד לחפירת מנהרות, והשכבות הגרניות הקשות יותר מאפשרות ייצוב דפנות המנהרה תוך כדי כרייה.

החלק המערבי של רצועת עזה מכוסה בשדות של מישורי חול בלתי מלוכדים ודיונות שנמשכו מהחוף. ממחקרים שנעשו בעבר בדיונות דומות במישור החוף של מדינת ישראל, ומבחינת יחסי הגומלין בין דיונות החול לאתרים ארכיאולוגיים בעזה, ידוע שכמות משמעותית של חול זה התפשטה והצטברה סביב התקופה הביזנטית (לפני כ־1400–1700 שנה) וייתכן שהדיונות התפתחו רק סביב המאה התשע־עשרה לסה"נ (Roskin et al. 2015, 2017). מכיוון שהחול אינו מלוכד אין כמעט כריית מנהרות במשקע זה. למרות זאת נעשו בראשית שנות האלפיים ניסיונות כרייה ראשוניים בחול, אולי על ידי חופרים לא מקצועיים.

חשיבותם והשפעתם של מערכת הניקוז, המים העיליים והמים התחתיים ברצועת עזה

משחר ההיסטוריה החיים והחקלאות הענפה בעזה מבוססים על ניצול מי תהום גבוהים. מפלס מי התהום מתקרב לפני השטח בהדרגה לכיוון הים (מערב) מעומק של כ־70–100 מ' במזרח למטר אחד במערב סמוך לחוף (Melloul and Collin 2000). ברצועת עזה מאות בארות שעומקן גדל עם הזמן, במיוחד מאז תחילת השימוש במערכות שאיבה מתקדמות, דבר שהביא לירידה של מפלס מי התהום ופגיעה באיכות המים (Gvirtzman 1994). עומק מי התהום קרוב יחסית לפני השטח בעמקים בין רכסי הכורכר, שם פרוסות קרקעות דקות גרגר פוריות ושם נמצאות רוב בארות הרצועה. בארות אלה מהוות את התשתית לחיים בעבר ובהווה. לא מוכרות מנהרות הכרויות בתוך מי התהום ברצועה. הנחת היסוד של צה"ל הייתה שבתווך זה לא יחפרו מנהרות. ראוי לציין שמנהרות הברחה בגבול מקסיקו וארצות הברית באזור סן דייגו חפורות בתוך מי התהום (Sloan et al. 2015). באזור החוף מי התהום הגבוהים (בעומק 1–2 מ') שימשו במאה העשרים לחקלאות המבוססת על חפירה בחול עד לסמוך למפלס מי התהום וכן לשאיבת מים באמצעים מכניים פשוטים מתוך בור רדוד. שיטה זו מוכרת ברצועת עזה כ"חקלאות המואצי" וכפי הנראה התפתחה במישור החוף של ישראל בתקופה האסלאמית הקדומה, לפני כאלף שנים (Taxel et al. 2018). גם מערכת הניקוז הטבעית ברצועת עזה יוצאת דופן ומוכתבת על ידי רכסי הכורכר ופלישת החולות. היום, רק נחל הבשור שמכונה "ואדי עזה" בתוך הרצועה, המנקז כ־3,000 קמ"ר של צפון־מערב הנגב, חוצה את כל מרכז הרצועה ונשפך לים התיכון (El-Khoudary and Anan 1985) (איור 2). רכסי

הכורכר (או רכסי הדיונות הקדומות דאז) חסמו אפיקים והיטו אותם לכיוון צפון־מזרח (ניר 1970: 55), ובנוסף, פלישות תקופתיות של חולות רדודים מכיוון הים במשך מאות אלפי שנים (Roskin et al. 2013) סתמו מערכות ניקוז קדומות. אי לכך גם בחתך התת־הקרקעי הרדוד של הרצועה, למעט באגן נחל הבשור, יימצאו מעט תוצרים של נחלים כגון חלוקי נחל, העלולים להקשות על כרייה וייצוב של חללי המנהרות (Zaineldeen et al. 2014).



איור 2: מפת סוגי קרקעות ועיקריות ואלמנטים מרכזיים ברצועת עזה (עיבוד: י' רסקין, מבוסס על Dan et al. 1964).

פלישת החולות והתפשטות שדות דיונות לכיוון צפון-מזרח מקו החוף ב־2000 השנים האחרונות השפיעו מעט מאוד על מערכות הניקוז. התקרמות החול והדיונות דחקה חלק מהערוצים כלפי צפון וסתמה את מעברי הערוצים ברכסי הכורכר. כתוצאה מתהליכים אלה ישנם ערוצים חסומים בצפון ובמרכז הרצועה (למעט נחל בשור).

קו ההפרדה בין ישראל לרצועת עזה (מהסכמי רודוס ב־1950) והגבול בין רצועת עזה למצרים חוצים מרכיבי נוף בעלי חתך גיאולוגי שונה, דבר המשפיע על המאמץ הגיאורטכני הנדרש לכריית מנהרות באזורים השונים. בקו רצועת עזה-מצרים קשה לחפור בחולות הבלתי מלוכדים לאורך מקטע של כ־2 ק"מ דרומה מהחוף. בדרום-מזרח הרצועה נפרס מישור חולי נרחב שהוא למעשה המשך של מישור פתחת כרם שלום בישראל, המשמש לחקלאות ענפה. החתך התת-קרקעי מתחת למישור חולי זה הינו התשתית הנוחה ביותר לחפירת מנהרות. במרחב זה, ובעיקר מאז נסיגת צה"ל מרצועת עזה, אכן נחפרו גם מנהרות הברחה למצרים וגם מנהרות התקפה רבות לישראל, בהן "מנהרת גלעד שליט", מנהרת התקפה על מגדל כרם שלום בתחילת מבצע "צוק איתן" ו"מנהרת הדר גולדין" בסוף מבצע "צוק איתן". במרחב זה, לאורך ציר פילדלפי מדרום לרפיח ועד למעבר כרם שלום, התפתחה בצורה גלויה תעשיית מנהרות ההברחה (מבקר המדינה תשע"ז).

בין מרכז הרצועה לישראל ישנם רכסי כורכר ויובלים של נחל הבשור המקשים על חפירת מנהרות התקפיות-חודרות ארוכות. מצפון לאגן נחל הבשור, באזור מעבר נחל עוז, משתרע עמק מתון של נחל ארז (מיובלי נחל שקמה); העמק ויובליו ממולאים בחתך של קרקעות עתיקות ממשקעי לס וממשקעים חרסיתיים יותר. קו הגבול הצפוני בין ישראל לעזה באזור נתיב העשרה דומה לקו הדרומי באזור רפיח, אך רכסי הכורכר מפותחים יותר והמשקעים בעמקים הם בעלי מרכיב דק יותר. משקעים אלה נוחים לכריית מנהרות, ואכן באזור זה נכרו מנהרות מאז נסיגת צה"ל ב־2005, רבות מהן נכלמו בידי כוחות צה"ל.

שלבי התפתחותה של פעילות לחימה תת-קרקעית ברצועת עזה ומאפייניה

שלבי פעילות הלחימה התת-קרקעית ברצועת עזה הוכתבו מהתנאים הגיאורפולטיים, מתפיסת מציאות שונה בכל צד, מעוצמת הביטחון השוטף ומהמענה לאיומי תת-הקרקע של מערכת הביטחון של ישראל.

לחימה תת-קרקעית ברצועת עזה והמורכבות הצבאית בהתמודדות מולה



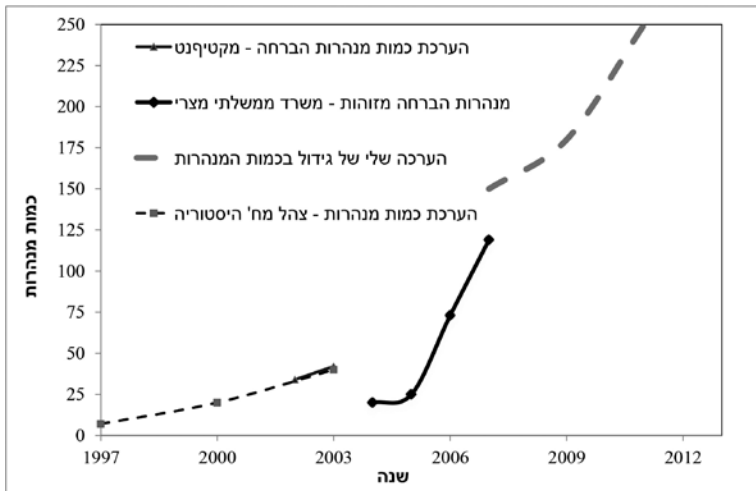
איור 3: שלבי התפתחות המנהרות ואירועים מדיניים ואסטרטגיים (מקור: י' רסקין).

לרוב, כל שלב היווה שלב מקדים לזה שאחריו. השלבים גם השפיעו מאוד על אופי המערכה שכל צד יזם. כל השלבים מתייחסים לצד העזתי היוזם, למעט השלב האחרון שבו ישראל נחושה להתייחס לאיום שכבר מומש ושעדיין מאתגר ומתגבר (טבלה 2):

א. שלב הבוסר - 1982-1994: כרייה והפעלה של מנהרות הברחה ברפיח החצויה בין ישראל למצרים. המנהרות אפשרו מעבר של בני משפחה ומעט טובין. למרות שהמנהרות אינן משמשות לטרור, כבר בשלב זה ישראל מתחילה להתעניין במענה גיאורטכנולוגי (בק וקרבצוב תש"ן; חרש בע"פ) ופונה לחברות אזרחיות למציאת שיטות לאיתור מנהרות.

ב. שלב ההתפתחות - 1994-2000: לאורך תקופה זו ישנה עלייה במספר מנהרות ההברחה לטובין ואמל"ח בין רפיח המצרית לרפיח העזתית שעברה לשליטת הרש"פ במסגרת מימוש הסכם אוסלו. בתקופה זו פרודור המכונה (ציר) פילרלפי, ברוחב של כ-200-250 מ', שהפריד בין רפיח העזתית ורפיח

המצרית, נותר בשליטת צה"ל (מעל הקרקע) ותחתיו נכרות ומופעלות מנהרות. **ג. התעצמות ראשונה - 2000-2004:** הגברת הברחות אמל"ח וכריית מנהרות ברפיח בעקבות "אירועי אל-אקצא" בשנת 2000 (איור 4). כתוצאה מההכנות של צה"ל לפלוש לרצועה במסגרת מבצע "חומת מגן", ברפיח העזתית פירי מנהרות ההברחה מוסתרים היטב בבתים, לעיתים מתחת לרהיטים ועריסות. צה"ל מבצע פעולות קרקעיות לאיתור פתחי מנהרות בבתים בהצלחה חלקית, ונתון לביקורת בין-לאומית על פגיעה בבתי אזרחים (Ahmad 2011). מערכת הביטחון מגדילה את ההתקשרויות עם חברות אזרחיות במטרה למצוא פתרון גיאורטכנולוגי.



איוור 4: קצב התפתחות מנהרות הברחה ברצועת עזה (נתונים ממקורות שונים).

צה"ל מפתח פעילות הנדסית רחבת היקף ומיישם אותה בניסיונות איתור מנהרות והשמדתן. הפעילות כוללת קידוחים, פיצוצים תת-קרקעיים ובניית קיר שיגומים בעומק 4 מ' ובגובה של כ-8 מ' לאורך פרודורו פילדלפי. הפיצוצים מביאים לפגיעה בחלק מהמנהרות, בעיקר בקטע העובר מתחת לפרודורו. כשנוצר שקע בקרקע לאחר פיצוץ, אנשי ההנדסה מדווחים על השמדה ללא בדיקה ואימות פולשני בחתך התת-ק. פעילות הפיצוצים מתבצעת מבלי לדעת מהו האפקט המצטבר שלהם על תכונות תת-הקרקע ופני השטח. ישנו חשש שיתפתחו חללים תת-קרקעיים שיתמוטטו ויהוו מלכודות לכוחות ובעיקר

לכלי הרכב הקרביים הכבדים הפועלים על פני השטח. קיר השיגומים חודר לעומק 4 מ' בלבד, ככל הנראה עקב מגבלת תקציב (כפיר תשע"ח: בע"פ), ולמעשה מאפשר חפירה של מנהרות בעומק רב יותר. לצד זה הוא מגן על תנועת צה"ל מאחורי הקיר ובנסתר מבתי רפיח העזתית. חיל ההנדסה מפעיל גם צוות מנהרות החודר לתוך המנהרות ומבצע תיעוד בסיסי. ב-2004 הצוות מקבל מעמד רשמי ומתרחב ליחידה בשם סמו"ר.

צה"ל ממנה את חיל ההנדסה לאחראי על תחום התת"ק. החיל אינו ממפה את תת-הקרקע מבחינה גיאולוגית וגיאור-הנדסית כדי להבין מהן תכונות התווך של כריית המנהרות, איך המבנה הגיאולוגי משפיע על הפיצוצים ומהן השיטות הגיאור-טכנולוגיות הנכונות. במסגרת ניסיונות ההתמודדות, חיל ההנדסה חופר "שטח מודמה" לפרוזדור פילדלפי בשטח חקלאי בצפון-מערב הנגב. פעילות זו מתבצעת ללא הסדרה, תכנון או סקר מקצועי-גיאולוגי לבדיקת דמיון החתך הגיאולוגי של האתר למצב באזור רפיח. צה"ל אינו בודק איך כורים מנהרה באמצעים ידניים העומדים לרשות העזתים אלא חופר בשטח הניסוי מנהרות באמצעים מכניים. השטח המדמה נהפך לאתר ניסויים שבו מבוצעים ניסויים רבים, בעיקר של אמצעים גיאור-פיזיים של חברות אזרחיות. עקב סמיכות האתר לבסיסים ויישובים הוא אינו מאפשר בדיקה של השפעת פיצוצים על מנהרות.

הפעילות בציר פילדלפי הניבה תוצאות חלקיות ולא מדודות תוך זריעת הרס הנדסי רב לפרוזדור ושוליו, הרס של עשרות בתים בשולי רפיח ונזק לחתך התת"ק הרדוד. שינוי טופוגרפי זה, לצד שינוי בתכונות המכניות של חלקו העליון של החתך, גרם להיווצרות שלוליות ענק בחורף. במקומות מסוימים חלחלו מים מהשלוליות לתוך מנהרות וגרמו להתמוטטות. צה"ל אינו פועל בשלב זה לצבירת ידע כמותי מדויק של מנהרות קיימות ומנהרות מושמדות, ולמרות מאמציו הרבים ההברחות דרך המנהרות ממשיכות. המצרים אינם מונעים את ההברחות, שמתחילות במצרים ובסיני, וגם לא פוגעים בפירי המנהרות שלרוב מחופים במכסה פשוט (פח, עץ) בשדות פתוחים. ממשלת ישראל אינה דורשת ממצרים לעצור את ההברחות וצה"ל נושא בנטל.

ד. פריחה וניצול ההצלחה - 2004-2005: בעקבות הפעילות ההנדסית המסיבית מעל פני השטח לאורך פרוזדור פילדלפי מחלחלת התודעה ברצועת עזה שאין לישראל מענה אפקטיבי. חמאס מגביר ומפתח את הפעילות בתת"ק ופותח בפיצוצים מתחת לעמדות ומוצבים של צה"ל דרך מנהרות התקפיות (שב"כ תשס"ד). מתקפה זו מפתחת הרתעה פסיכולוגית על חיילי צה"ל. עמדות, מחנות ויישובים מפונים באופן מיידי כשיש דיווח של חיילים/אזרחים

על שמיעת קולות כרייה מתחת לפני השטח, גם כשאין כל אימות מודיעיני, הנדסי וגיאורטכנולוגי לכך.

גורמים בצה"ל מבינים שאין מענה יעיל לשני סוגי המנהרות הפעילות. הרמטכ"ל משה יעלון ממנה את הגיאולוג המנוסה (אל"מ במיל') יוסף לנגוצקי להכין נייר עמדה יסודי בנדון. לנגוצקי עובר בין היחידות הרבות בצה"ל (מפ"את, חילות הנדסה ומודיעין, פיקוד דרום, אוגדת עזה ועוד) העוסקות בתחום ומגיש דו"ח מפורט. בשל לחצי ההכנות למבצע ההתנתקות וסיום תפקידו של הרמטכ"ל ההתייחסות לסוגיה והטיפול בה חלקי מאוד בממצאים (לנגוצקי תשע"ד; רסקין ואחרים תשע"ד). לנגוצקי שולח מכתבים רבים למקבלי ההחלטות במערכת הביטחון ובממשלה בנדון אך מקבל תגובות רפויות, אם בכלל.

נראה שהאפקט התודעתי של המנהרות ההתקפיות הוא אחד מהזרזים לנסיגה ולפינוי צבאי ואזרחי חפוז של ההתיישבויות ברצועת עזה בקיץ 2005 (מבצע ההתנתקות). למרות ההסכמה העקרונית במערכת הביטחון למהלך, ישנם קולות שמציעים לשמור על פרודור פילדלפי כדי לאפשר שליטה עתידית, ולו חלקית, על המשך ההתחמשות וההתעצמות של רצועת עזה דרך המנהרות שמספרן הולך ורב.

ה. הזנחה ישראלית מול ההתחמשות בעזה - 2005-2007: מערכת הביטחון של ישראל משרדת התנערות מרצועת עזה בעקבות הנסיגה החד-צדדית במבצע ההתנתקות. התקווה וההערכה של מקבלי ההחלטות ושל הקצונה הבכירה של צה"ל היא שהצבא לא ישוב לרצועת עזה ושאין צורך רב במודיעין תשתיתי על הרצועה בכלל ועל המנהרות בפרט. מאמצי המחקר והפיתוח של משרד הביטחון למציאת מענה לאיום התת-ק נתפסים כפחות רלוונטיים עקב נטישת פרודור פילדלפי. ואולם בעקבות נטישת צה"ל את הציר מנהרות ההברחה לאורך פילדלפי בין עזה למצרים מתרחבות בגודלן ובפריסתן המרחבית. סחורות ואמל"ח עוברים דרכן ללא הפרעה ובבניית דפנות המנהרות נעשה שימוש בכטון ולא רק בעץ ככעבר (איור 4). רצועת עזה ממשיכה להתחמש דרך המנהרות, וכתוצאה מכך המדיניות בישראל נוטה להקפיד על כניסה ויציאה של סחורות דרך מעברים בשליטה ישראלית (מדיניות זו מעודדת את תעמולת ה"מצור" של החמאס). ההתחמשות מאפשרת לחמאס לפתח את הייצור העצמאי של אמצעי הלחימה שלו ולאיים בפתחתה של מערכה ארוכה ודי רציפה של ירי תלול-מסלול (פצצות מרגמות ורקטות קאסם) לעבר יישובים ישראליים.

בנוסף נכרות מנהרות התקפיות לעבר מדינת ישראל לאורך קו ההפרדה. מאמץ חדש זה נבלם בקלות וביעילות על ידי צה"ל במבצעים ממוקדים וחודרים בשולי שטח הרצועה, אך לאחר מספר חודשים הפסקת פעילות מבצעית זו, בעיקר מסיבות מדיניות, מביאה לפיתוח מחדש של מנהרות התקפיות חודרות. מנהרה באורך של כקילומטר נחפרת וממומשת במסגרת התקפה משולבת בתוך ישראל באזור כרם שלום, והחייל גלעד שליט נחטף ומוברח לעזה דרכה שנה אחת בלבד אחרי מבצע ההתנתקות.

1. ההתבססות - 2007-2009: בהיעדר מענה ישראלי לאיומי המנהרות או מהלך כלשהו מצידה של מצרים, ובהמשך להצלחה בחטיפת גלעד שליט, תחום לוחמת התת"ק בעזה מתרחב ללא הפרעה. מתפתחת תפיסת לוחמה הוליסטית בעזרת סוגי מערכות התת"ק של החמאס. התת"ק מושמש בעומק הרצועה לעמדות ירי תלול-מסלול. נחפרות מנהרות גישה לעמדות ירי, למוקדי אחסון של אמצעי לחימה וכן למפקדות. ערנות של קציני מודיעין השטח של צה"ל חושפת בורות שיגור של ירי תלול-מסלול, אך ישנו קושי באיתור כל העמדות.

מנהרות ההברחה גדלות וכמויות גדולות של אמל"ח וסחורות ממצרים מועברות דרכן. ישנה מודעות רבה בעולם ובישראל לשימוש החופשי של מנהרות ההברחה, שבחוגים מסוימים בישראל נתפסות כלגיטימיות. המנהרות נתפסות כציר כלכלי "עוקף" וכמעבר סחורות המשלים את המעבר המוגבל (מסיבות ביטחוניות) במעברים המסודרים לכיוון ישראל. נחפרות מנהרות התקפיות לכיוון ישראל תוך הקפדה על רמת מידור גבוהה.

דו"ח מבקר המדינה ב-2007 מצביע על ליקויי מערכת הביטחון וקורא להקים גוף בצה"ל שיחקור ויכוון את הטיפול באיום התת"ק. גוף כזה מוקם ומציג שני תוצרי מחקר, אך עקב תיעדוף פנימי של המשאבים המוקצים לכך הוא מתפרק לאחר חודשים מספר. במבצע "עופרת יצוקה" בראשית 2009 פוגע צה"ל באופן חלקי במנהרות התקפיות ובמנהרות עומק באזורים כבושים. ישראל מחליטה לא לכבוש את מרחב מנהרות ההברחה של פילדלפי, דבר המאפשר את המשך התחמשות הרצועה.

2. ההתעצמות השנייה - 2009-2014: בהיעדר מענה ישראלי יעיל למנהרות, וכחלק מהפקת לקחי "עופרת יצוקה", ניצול התת"ק בידי החמאס עובר למישורים אסטרטגיים וניכרת התגברות עצומה בכריית כל סוגי המנהרות. כ-35 מנהרות התקפיות נחפרו וחלקן חודרות מאות מטרים לתוך ישראל. רק ב-2013 ישראל מזהה לראשונה, ודי במקרה, מנהרה התקפית

בשטחה. חמאס מפתח תורת לחימה בעזרת תת־הקרקע, ותרבות חברתית נרקמת סביב מערכות התת־ק"מ הגוונות: ילדי קייטנות בעזה מבקרים במנהרות וזוגות נישאים מצטלמים מתחת לפני השטח. רק במהלך מבצע "צוק איתן" נחשף היקף המערך התת־קרקעי של רצועת עזה. זאת בשל כישלון מערכת הביטחון הישראלית למנוע ירי תלול־מסלול לעבר מטרות אזרחיות בישראל, היעדר מענה טכנולוגי הוליסטי, סרבול תהליך איתור מנהרות מבצעיות והשמדתן, והיעדר תורת לחימה אסטרטגית וטקטית בתת־ק"מ. נראה שהיעדר מודיעין מדויק על "מנהרת הדר גולדין" בשולי רפיח בסוף המבצע ממחיש את הפער המקצועי של צה"ל וגופי המודיעין בתחום, זאת על אף שפתח פיר המנהרה נמצא סמוך למגדל מאולתר (הנצפה משטח ישראל ובצילומי אוויר) הממוקם בצורה אנומלית לסביבתו ובבסיסו ערימות עפר, סימן קלאסי של פסולת מנהרה.

ח. ההתעוררות הישראלית/מצרית - 2014-2018: במסגרת לקחי מבצע "צוק איתן" ישראל משקיעה בהדרגה משאבים משמעותיים לבניית יחידות מקצועיות של מהנדסים וגיאולוגים; להקמת מכשול תת־קרקעי נרחב ולבניית תו"ל מבצעי לזרועות השונות של צה"ל. גם המצרים מתחילים להשמיר מנהרות ולמנוע פעילות תת־קרקעית במרחב רפיח, למשל על ידי הצפה במי ים. ההצלחה הישראלית מחייבת את החמאס לשנות את אופי המתקפה, שבשלב כתיבת מאמר זה (אוגוסט 2018) מתבססת על הפגנות מעורבות של אזרחים ופעילי טרור/גריילה על גדר הפרדה, ירי ושילוח בלוני נפץ ואש לתוך ישראל.

תנאי בסיס גיאוגרפיים-אנושיים להתפתחות השימוש והלוחמה בתת־הקרקע

קביעת קו גבול בין־לאומי ללא התחשבות בתנאים גיאוגרפיים

מעבר לנסיבות השונות שציינתי, שאפשרו את התפתחות לוחמת התת־ק"מ, ישנם גורמי רקע גיאוגרפיים-מדיניים עיקריים שתרמו להיווצרות תנאים להתפתחות מערך התת־ק"מ ברצועת עזה. הסיבה הראשונה והתשתיתית הינה ההחלטה המדינית במסגרת הסכם השלום עם מצרים לקבוע ולקבע את קו רפיח־טאבה כגבול בין־לאומי. קו רפיח־טאבה נקבע כקו הפרדה שרירותי שהכובשים הבריטים כפו על השלטון העות'מאני בארץ ישראל ב־1906 (Warburg 1979), ללא התחשבות בתנאים הגיאוגרפיים בין הפינה הדרום־

מזרחית של הים התיכון לראש מפרץ עקבה. קו זה נהפך לקו גבול בין ישראל למצרים במסגרת הסכמי שביתת הנשק ב-1950. במסגרת אחזקת חצי האי סיני בידי ישראל בשנים 1967-1982 סימני קו זה טושטשו בשטח והעיר רפיח על תושביה התפשטה משני צידי הקו. עם הסכם השלום עם מצרים, קו רפיח-טאבה קם לתחייה ומומש בפעם הראשונה כגבול בין-לאומי רשמי בין ישראל למצרים, וזאת למרות שהיה ברור שהקו אינו עובר לאורך תוואי טופוגרפי ועל כן קשה לשליטה משני עבריו. הקו גרם להפרדה מלאכותית של רפיח וכתוצאה מכך גם לפיצול משפחות. בהמשך, קו זה היה מרחב נוח לחצייה של עשרות אלפי מסתננים אפריקאים (משנות התשעים ועד 2013) ממצרים לתוך ישראל, בין השאר בהיעדר שליטה ישראלית על הקו (גם בשל מגבלות משפטיות) ועקב שליטה מצרית חלשה בסיני (Sharp 2008; Nichols and Jacobsen 2011). ההסתננויות הביאו את ישראל, לאחר עשרות שנים, לבניית מכשול מורכב בעלות של מעל מיליארד וחצי שקלים לאורך הגבול בשנים 2010-2013 (גרינברג תשס"ח).

חלק מההשפעות של הפיכת קו רפיח-טאבה לגבול בין-לאומי היו ידועות מראש. לקראת חציית רפיח בשנת 1982 במסגרת מימוש הסכם השלום ופיצול המשפחות בין רפיח המצרית לרפיח העזתית, ישראל הציעה למצרים שכל העיר רפיח תהיה בשליטתה, לצד פיצוי בשטח אחר. מצרים התנגדה בתוקף למרות ההד הציבורי בארץ בנדון (Shipler 1982).

פיצול העיר והקושי במעבר בין מצרים לרצועת עזה הקשו מאוד על מפגשי המשפחות. מציאות חדשה זו הביאה לחפירה הראשונה של מנהרות בשנות השמונים (חרש תשס"ה). החפירות הראשונות בוצעו בעיקר בידי חופרי בארות עזתים. בתחילה פירי המנהרות התבססו על פירי בארות; חופרי הבארות שהכירו את המבנה הגיאולוגי הרדוד של הרצועה ואת אופן החפירה כחתך זה הוסיפו לפירי הבארות מחילה אופקית שחיברה בין רפיח המצרית לרפיח העזתית.

קביעת קו גבול חדש לאורך תוואי לא טבעי טומנת בחובה אתגרים רבים. מצב גיאופוליטי דומה קיים בגבול ישראל-לבנון בעקבות הנסיגה החד-צדדית של ישראל בשנת 2000, שכן גם גבול זה אינו נשען על קו טבעי. במרחב זה ישנו חשש למנהרות התקפיות חודרות. כיוון שבגבול לבנון התשתית בנויה בעיקר ממסלע קרבוני ימי (גיר, קירטון ודולומיט) שהוא לרוב קשה, כריית מנהרות אפשרית אך מחייבת משאבים רבים יותר מאשר ברצועת עזה. אי לכך כריית מנהרות על ידי חיזבאללה סבירה אל מול יעדים אסטרטגיים משמעותיים כגון פלישה קרקעית ותת-קרקעית משולבת לצורך אחיזת שטח בגליל.

נסיגה חד-צדדית אל מאחורי קו הפרדה/גבול מול שטח בנוי של ישות אל-מדינתית אלימה

בעקבות הנסיגות החד-צדדיות של צה"ל מרצועת עזה בעקבות הסכמי אוסלו ב-1994, מרצועת הביטחון של לבנון בשנת 2000 והנסיגה המלאה מרצועת עזה (ההתנתקות) ב-2005, התפתחה בסמוך לאזורים מיושבים בישראל מציאות חדשה שבה צה"ל אינו שולט בפעילות שמעבר לקו ההפרדה/הגבול. השטחים שישראל הותירה ללא שליטה עברו לידי גורמים אל-מדינתיים (non-state actors) מוסלמיים המורכבים בין השאר מארגוני טרור וגרילה ולא מצבא סדיר. הימצאותם של גופים אלימים בסמוך לקווי ההפרדה ובשטח בנוי (ערים, עיירות וכפרים) הקלה מאוד על התארגנות הגנתית והתקפית של גופים אלה נגד ישראל ועל הגישה לכרייה ותפעול של מערכי תת"ק (Geist Pinfold 2019). ייתכן שחוסר ההתחשבות בתנאים הגיאוגרפיים במסגרת ההתבססות על קו הפרדה ללא רצועת ביטחון היה תוצאה של אופטימיות מדינית וצבאית בישראל וכמובן של אי-הבנה או התעלמות מהמשמעות של התפתחות מערך התת"ק ברצועת עזה, אך במרחבים אלה העוינות התודעתית והמעשית כלפי ישראל התעצמה בניגוד לתחזיות של המודיעין ושל מקבלי ההחלטות בישראל. הנסיגות הישראליות לא הביאו להכרה המיוחלת מכיוון הצד השני, אלא היו הוכחה פיזית שישראל נסוגה בשל האלימות שהופנתה כלפי כוחותיה. כך, בהיעדר אזורי חיץ טבעיים בין ישראל לאויביה, נוצרו תנאים מעולים לניצול תת"ק לשימושי גורמי גרילה וטרור שונים.

שליטה צבאית קרקעית טובה

התפתחות איומי התת"ק לאחר הנסיגה מעזה ב-2005 נבעה גם מהשליטה הצבאית הישראלית המיטבית שתוכננה ונפרסה סביב רצועת עזה מעל פני השטח. כוחות צה"ל הפרוסים בשטח חייבו את הארגונים בעזה לפתח אמצעים הגנתיים והתקפיים דרך האוויר והתת"ק. ברו"ח מנהלת ההתנתקות הצבאית בשנת 2005 הודגש שצה"ל ערוך מבצעית מחוץ לרצועה על הקרקע, אך אין לו מענה לאיומים דרך האוויר ולאיומי תת"ק.

התמודדות מול איומי תת־הקרקע

מרכיבי ההתמודדות מול איומי תת־הקרקע

איום המנהרות כולל מרכיבים רבים המקשים על מענה מדיני, גיאורטכנולוגי וצבאי־מבצעי: מפעילי המנהרות (ארגון), המתכננים (בעלי מקצוע), המנהלים והחופרים, ציוד החפירה, בעלי השטח של פירי המנהרות, המאפיינים הפיזיים השונים והמשתנים לאורך חלל/מנהרה, תכונות וטיב האוויר בחלל ומגוון המאפיינים הגיאורטכניים והגיאורפיזיים של שכבות המשקעים/הקרקעות מעל וסביב החלל התת־קרקעי - כל אלה משתנים בין אזורים גיאוגרפיים, סוגי מנהרות ואיכות האמצעים העומדים לרשות מפעילי המנהרה. במציאת מענה אפקטיבי לאיומי המנהרות השונים יש להתחשב ברוב המרכיבים והמשתנים שצוינו ולהתעדכן בשינויים החלים בהם בהתאם למאפייני המנהרות ולשינויים טכנולוגיים, צבאיים ומדיניים. הבנה זו קריטית לצורך פיתוח מענה כנגד האיום (טבלה 2 מסכמת את עיקרי הגישות ודוגמאות לכל גישה).

כדי להבין את משמעות המידע על אודות כל מרכיב יש להיעזר בבעלי מקצוע ייחודיים בכל תחום. להבנת התכונות הפיזיות של תת־הקרקע יש לחקור בעזרת גיאולוגיים הנדסיים וגיאורפיזיקאים שמתמחים בחתך הגיאולוגי הרדוד. כדי לדעת מה האמצעים העומדים לרשות מבצעי החפירה ומיהם האנשים המבצעים יש לקבל מידע מודיעיני מפורט. בהינתן מידע מודיעיני על חפירת מנהרה איש המודיעין צריך לפרש ולפרוט את האמצעים והניואנסים ההנדסיים והגיאולוגיים של כרייה בתת־הקרקע.

שיטות לאיתור מנהרות וחללים בתת־הקרקע

שיטות איתור מערכות תת־ק"ק כוללות איתור פיזי של מרכיבי המנהרה ואיתור פעילות סביב המנהרה או בתוכה. בשטח אויב מאמץ זה מתבצע לרוב מרחוק, כך שאיתור פיזי של המנהרה עצמה אינו אפשרי כיוון שהמנהרה נסתרת מפני השטח. לכן מאמצי האיתור מכוונים לסימנים של כרייה כגון בניית מבני מסתור, שינויים של תכונות הקרקע וזיהוי ערימות קרקע אינדקטיביות לכרייה שמקורן בתת־ק"ק של אותו אזור. כדי להבחין בסימנים על פני השטח המעידים על חפירה יש להיעזר בגיאורמורפולוגים מנוסים. איתור של מנהרה כולל את כל שלבי ההתפתחות והבנייה שלה: כריית פיר ומחילת המנהרה, ייצוב הדפנות, שימוש ותחזוקה. מאמצי האיתור יכולים להיות עבור קטע או פיר מנהרה בלבד. שיטות

האיתור רבות ולא אדון כאן בפרטיהן. היעדר הגישה וחוסר היכולת להפעיל אמצעים גיאורטכנולוגיים מעל המנהרות (כגון מכ"ם חודר קרקע) מקשים עוד יותר על מאמצי האיתור. איתור מרחוק של סימנים המעידים של מנהרות הוא מסובך בשל פעילות אזרחית ערה גם בסביבות המנהרות.

האתגר במענה טכנולוגי

כבר ב־1990 המאמץ לאיתור מנהרות רפיח הוגדר כבעל חשיבות ביטחונית מדרגה ראשונה (בק וקרבצוב תש"ן). עד לאחרונה לא נמצא פתרון גיאורטכנולוגי לאיתור מנהרות, וייתכן שהחיפוש אחר מענה מוחלט כזה היה שגוי מלכתחילה, שכן הקושי בגילוי מנהרות או חפירת מנהרות מוכר בעולם עשרות שנים (Sloan 2015). למרות מציאות זו והמלצת מבקר המדינה (תשס"ז) לא הוקם גוף מקצועי במערכת הביטחון שיכלול בעלי ניסיון בתחום לצורך מתן מענה ארגוני וגיאורטכנולוגי משולב.

- לקושי של מערכת הביטחון בהתמודדות עם אתגר המנהרות כמה היבטים: ההיבט התפיסתי-ארגוני - זה"ל, ובמיוחד גופי המודיעין, אינם מייחסים חשיבות מספקת לפני השטח והקרקע כבואם ללמוד על תשתיות המנהרות שבונה האויב (דקל-דליצקי תש"ע; רסקין ואהרונר תשע"ב). אך לאחרונה, ובמיוחד מאז מבצע "צוק איתן", נראה שישנה תפנית במערכת הביטחון ביחס להבנת החשיבות של מבנה הקרקע עבור פעילות צבאית.
- ההיבט המקצועי - מקצועות הגיאולוגיה אינם מוכרים ואינם מובנים לאנשים מן היישוב, כך שמשמעויות גיאולוגיות וגיאורטכניות לרוב רחוקות מתודעת מקבלי ההחלטות בתחום הביטחון (רסקין ואחרים תשע"ד).

היתכנות לאיתור מנהרות

במקרים מסוימים ניתן לאתר מנהרה בשיטות גיאורטכניות וגיאורפיזיות של חישה מקרוב באמצעות חיישנים ומערכות הפרוסות על פני השטח. לקרקע תכונות גיאורמכניות (הנדסיות) וגיאורפיזיות רבות, המשתנות עבור כל סביבה (חתך) של מנהרה ומשפיעות על תצורת המענה הגיאורטכנולוגי ואיכותו. משמעות הדבר היא שהצלחה של שיטה מסוימת במקום אחד, למשל מכ"ם חודר קרקע, אינה מנבאת הצלחה דומה במקום אחר. במשך שנים תובנה זו

לא הוטמעה בקרב מקבלי ההחלטות בצבא, אשר מייד לאחר הצלחה חלקית בסביבה אחת דרשו להפוך את המענה למבצעי עבור כל מרחב הרצועה, טרם בדיקה מקיפה של המערכת.

שיטות גיאורטכניות

תכונות גיאורטכניות של הקרקע כוללות בין השאר מקדמי גזירה, מקדמי פאוסון, ריבוד הקרקע, ורטיבות הקרקע (צל"ח תשע"ה; Sloan et al. 2015). שיטות גיאורטכניות לאיתור מנהרות כוללות קידוחים וחפירות שלרוב מונחים על ידי מהנדסי קרקע או גיאולוגים הנדסיים. בצה"ל קציני הנדסה מבצעים פעילות גיאורטכנית.

חפירה עד לעומק של מנהרה מצריכה פינוי כמות עצומה של משקעים וקרקעות ויצירת גישה פיזית לבדיקת המנהרה. ככל שמעמיקים בתת-הקרקע רוחב החפירה גדל מסיבות בטיחותיות (יצירת מדרגות, לרוב בגובה של כ-2.5 מ'), ועובדה זו מביאה לסילוק של נפח רב של חומר. גם חפירה הפוגעת במנהרה עלולה למוטט את חלל המנהרה ולהסתיר את גילוייה מעין החופר. כך למשל, החפירות למציאת קטעים רבים של מנהרת החטיפה של גלעד שליט לא צלחו. הדרך של קידוח הקרקע מהירה יותר ופחות פוגעת בסביבה, אך היא מספקת מידע נקודתי בלבד, כך שכדי לאתר חלל בתת-ק"ק נדרשים קידוחים רבים.

שיטות גיאורפיזיות

שיטות גיאורפיזיות מבוססות על תכונות ההתפשטות של גלים בתת-הקרקע כפי שנרשם בחיישן המונח לא הרחק מאזור המנהרה, לרוב על פני השטח. שיטות אלה מאפשרות סריקת חתך של תת-הקרקע מפני השטח ואינן גורמות נזק לקרקע (צל"ח תשע"ה; Wang et al. 2017). התשתית המדעית לשיטות אלה מתבססת על חמישה סוגי גלים המתפשטים בתת-הקרקע ושונים זה מזה בזמן היווצרותם, במהירותם, בטווח שלהם ובתכונות נוספות המוכרות לבעלי מקצוע בלבד. גיאורפיזיקאי מנוסה בלבד יכול להוביל ניסיונות איתור בשיטות אלה, אך זה"ל לא גייס ולא הכשיר אנשי מקצוע כאלה.

שיטות גיאורפיזיות מנסות לגלות אנומליה של חלל או פעילות תת-קרקעית בין שכבות המשקעים והקרקעות הקבורות. כיוון שלכל קרקע יש תכונות גיאורפיזיות רבות כמו מוליכות חשמלית, מקדם דיאלקטרי וסופסטיביליות מגנטית,

אפשר לנסות לגלות את ההפרעה באמצעות שינויים ואנומליות בהחזרים של השידורים האקטיביים האלקטרו-מגנטיים מתת-הקרקע, לאפיין אותם ולפרשם. יכולת הגילוי של החיישנים תלויה בתכונות החשמליות של הקרקע ובמידת האנומליה. כדי לגלות חלל תת-קרקעי או תנועה תת-קרקעית יש לגלות את האנומליה על ידי שידורים אקטיביים של גלים אלקטרו-מגנטיים או אקוסטו/סיסמיים, או על ידי האזנה פסיבית לגלים אקוסטו/סיסמיים הנוצרים עקב פעולת חפירה (צליח תשע"ה). כיוון שכל הגלים מגיעים לאותו חישן, קשה מאוד להפריד בין הגלים השונים ולזהות אנומליה הנובעת מחלל חפור ולא מתופעה טבעית בתת-הקרקע. פענוח כזה דורש ניסיון ומיומנות גבוהה. שינויים בתכונות המנהרות מחייבים התאמת השיטות הגיאורפיזיות והתאמת שיטות הפענוח של הממצאים. קיים קושי לגלות מנהרה בעלת ממדים קטנים ביחס לעומק וביחס לאורך הגל שמשודר. ממדי המנהרות עד מבצע ההתנתקות היו קטנים, לרוב כמטר אחד בקוטר, דבר שהקשה מאוד על הגילוי בשיטות גיאורפיזיות. עלייה בגודל חתך המנהרה וחיזוקה בבטון או קורות מתכת עשויה להקל על איתור החלל בשיטות גיאורפיזיות, ואולם חפירת המנהרות לעומק רב יותר מקשה על זיהוין.

סיכום ומבט לעתיד

התפתחות התת-קרקעית עזה התאפשרה הודות לכמה תנאי רקע: (1) היעדר ניתוח מעמיק של ההשלכות של קביעת קווי גבול מדיניים מבלי להתחשב בתנאים הגיאוגרפיים שהכתיבה מציאות שהביאה להתפתחות ניצול תת-הקרקע ברצועת עזה; (2) חוסר ההבנה שהיעדר טיפול אפקטיבי ממושך כנגד פעילות תת-קרקעית ענפה, הגם שזו משמשת תחילה בהברחת טובין ולא בהברחת אמצעי לחימה, הביאה להרחבת ניצול הממד התת-קרקעי ובניית תורות לחימה בצד של רצועת עזה; (3) חוסר ההבנה של מורכבות התוך התת-קרקעי בקרב אנשי מערכת הביטחון מנע פיתוח מקצועי וארגוני שהיו עשויים לתת לצה"ל מתודות אפקטיביות נגד המנהרות הרבה לפני מבצע "צוק איתן". עם זאת נראה שכיום צה"ל מתמודד ביותר יעילות ומקצועיות עם מנהרות התקפיות לאורך קו ההפרדה עם עזה, ומגבש מוכנות הגנתית והתקפית מקצועית לקראת עימותים תת-קרקעיים בזירות נוספות. ההתמודדות עם מנהרות עומק כתשתית לפיקוד ושליטה, והירי תלול-המסלול לתוך ישראל, הם לא פחות קריטיים, ודורשים שיטות מחקר ועבודה אחרות (Baker 2012).

איום המנהרות ברצועת עזה אינו מהווה איום אסטרטגי ממשי על מדינת ישראל אלא הוא איום בעל משמעות אסטרטגית, וזאת מכמה סיבות: (1) המנהרות אפשרו הברחה מסיבית של אמל"ח לרצועה, דבר שהביא לכניין כוח ולאיום הצבאי של החמאס; (2) המנהרות ההתקפיות הביאו את ישראל לפתוח במערכה קרקעית (מבצע "צוק איתן") כשצה"ל אינו מוכן מבחינה מבצעית להתמודדות מקיפה עם איום התת"ק; (3) במהלך מבצע "צוק איתן" צה"ל לא הצליח לצמצם את הירי תלול-המסלול, שחלקו המשמעותי נורה מתוך מתחמי התת"ק; (4) שחרור המחבלים תמורת החטוף רב"ט גלעד שליט הגביר את איום הטרור על ישראל. נראה שגם איום התת"ק, ובמיוחד הרכיב הפסיכולוגי שלו, לצד איומי טרור אחרים, היווה מנוף לנסיגת צה"ל ולסילוק ההתיישבות הישראלית מרצועת עזה.

לוחמת התת"ק נהפכה לחלק אינטגרלי של לוחמת גרילה נגד מדינות מערביות (Roskin in press; Richemond-Barak 2017; Bulmer 2018). ההצלחה והתפתחות התת"ק ברצועת עזה בראשית שנות האלפיים היוו מרכיב משמעותי במגמה מצערת זו. כעת נראה שניצול התת"ק במסגרת מאבקים של גופים אל-מדינתיים עם מדינות מערביות עלול לזלוג ולהתרחב בעתיד הקרוב לתוך מדינות מערביות, גם בשטחים עירוניים. כיום די מובן שמקבלי החלטות ישקלו בכובד ראש את האפשרויות לאיומים דרך תת-הקרקע לפני קבלת החלטות מדיניות וצבאיות הקשורות בתכונות הגיאוגרפיות של מרחב הלחימה.

רשימת מקורות

- אגף התכנון (אג"ת), תשס"ח, מפת דרכים ללחימה במימד התת-קרקעי – יכולות, פערים וכיוונים לבניין יכולות מבצעיות, גרסה 1.0.
- יצחק, א', וקרביב, א', תש"ן, סקר היתכנות לאיתור מנהרות בעזרת שיטות סייסמיות באיזור רפיח, חברת התשתית לנפט בע"מ.
- גרינברג, ח', תשס"ח, "גבול מצרים: כך נראית גדר בשווי 1.4 מיליארד ש", *Ynet*, 14 במרץ 2008.
- דקל-דליצקי, א', תש"ע, מודיעין תלוש מהקרקע – הצלחה וכשלון בעבודת המודיעין הגיאוגרפי, אלקנה.
- זיתון י', תשע"ח, "צפו: מעברת 'המוח' לגילוי מנהרות חמאס", *Ynet*, 15 באפריל 2018.
- חרש, י', תשס"ה, דברים בע"פ על ההתמודדות הראשונית של צה"ל עם מנהרות רפיח.
- כפיר, י', תש"ע, "שליטה ללא חיכוך", מערכות 435, עמ' 64-67.
- , תשע"ח, דברים בע"פ במסגרת שולחן עגול במרכז הרב-תחומי בהרצליה, לדגל

- Richemond-Barak, D., 2017, *Underground Warfare*, Oxford University Press.
- לנגוצקי, י', תשע"ד, איום המנהרות (מצגת), הרצאה במכון למחקרי ביטחון לאומי.
 צליח, י', תשע"ה, "מדוע כל כך קשה לגלות מנהרות?", כנס קבוצת מחקר גיאומורפולוגי
 ישראלי - ספר תקצירים, תל אביב.
- מבקר המדינה, תשס"ז, דו"ח המנהרות משנת 2007, ירושלים.
 -----, תשע"ז, ההתמודדות עם איום המנהרות, ירושלים.
- רובין, ר', תשע"ג, התייחסות בע"פ לסמינר של י' רסקין, המחלקה לגיאוגרפיה, האוניברסיטה
 העברית, "ניתוח גיאוגרפי של התפתחות מנהרות ההברחה מצרים-רפיה ומנהרות
 התופת והחטיפה ברצועת עזה".
- רסקין, י', תשע"ב, "מדוע לעומק הבעיה", אב"ג, עמ' 8-9.
 רסקין, י', ואהרוני, א', תשע"ב, "הגיאולוגיה והגיאוגרפיה בשירות הצבא", מערכות 441,
 עמ' 46-53.
- רסקין, י', גביש, א', רסקין, נ', וליפשיץ, ה', תשע"ד, הצעה מקצועית-ארגונית להתמודדות
 עם איומי ה"מימד השישי" - תת-הקרקע. הוגש למבקר המדינה, צה"ל, שר הבטחון
 וחברי ועדת חוץ וביטחון.
- שב"כ, תשס"ד, "מנהרות בשימוש הטרור", סיכום 4 שנות עימות - נתונים ומגמות בטרור,
 ירושלים, עמ' 26-27.
- Ahmad, N.A., 2011, *Gaza: A Case Study of Urban Destruction through Military Involvement*, M.A. thesis, Temple University, Philadelphia.
- Almog, D., 2004, "Tunnel vision in Gaza", *Middle Eastern Quarterly* 11, pp. 3-11.
- Baker, C.R., 2012, *The Strategic Importance of Defeating Underground Facilities*, M.A. thesis, Army War College, Carlisle Barracks, PA.
- Bruins, H.J., and Yaalon, D.H., 1992, "Parallel Advance of Slopes in Aeolian Loess Deposits of the Northern Negev, Israel", *Israel Journal of Earth Sciences* 41, pp. 189-199.
- Bulmer, M.H., 2018, "Geological Considerations of Contemporary Military Tunnelling near Mosul, Northern Iraq", *Geological Society, London, Special Publications*, 473, pp. 241-265.
- Dan, J.Z., Raz, Z., and Koyumdjiski, H., 1964, *Soil Survey Manual*, Bet Dagan.
- El-Khoudary, R.H., and Anan, H.S., 1985, "Preliminary Study on the Geology and Geomorphology of Wadi Gaza, Gaza Strip", *Proceedings of the 2nd Jordanian Geological Conference*, pp. 531-539.
- Furst-Nichols, R., and Jacobsen, K., 2011, "African Refugees in Israel", *Forced Migration Review* 37, pp. 55-56.
- Frydman, S., 2000, "Shear Strength of Israeli Soils", *Israel Journal of Earth Sciences* 49 (2), pp. 55-64.
- Geist Pinfold, R., 2019, "Territorial Withdrawal as Multilateral Bargaining: Revisiting Israel's 'Unilateral' Withdrawals from Gaza and Southern Lebanon", *Journal of*

- Strategic Studies*, pp. 1-32.
- Gvirtzman, H., 1994, "Groundwater Allocation in Judea and Samaria", *Studies in Environmental Science* 58, pp. 205-218.
- Hatzor, Y.F.H., Gvirtzman, I., Wainshtein, I., and Orian, I., 2009, "Induced Liquefaction Experiment in Relatively Dense, Clay-Rich sand Deposits", *Journal of Geophysical Research* 114, B02311, doi:10.1029/2008JB005943.
- Mangold, T., and Penycate, J., 2005, *The Tunnels of Cu Chi: A Harrowing Account of America's Tunnel Rats in the Underground Battlefields of Vietnam*, Novato.
- Marcus, R.D., 2019. "Learning 'Under Fire': Israel's Improved Military Adaptation to Hamas Tunnel Warfare", *Journal of Strategic Studies* 42 (3-4), pp. 344-370.
- Melloul, A.J., and Collin, M.L., 2000, "Sustainable Groundwater Management of the Stressed Coastal Aquifer in the Gaza Region", *Hydrological Sciences Journal* 45 (1), pp. 147-159.
- Pelham, N., 2011, "Gaza's tunnel complex", *Middle East Report* 41, p. 261.
- Porat, N., Wintle, A.G., and Ritte, M., 2004, "Mode and Timing of Kurkar and Hamra Formation, Central Coastal Plain, Israel", *Israel Journal of Earth Sciences* 53 (1), pp. 13-25.
- Ravikovitch, S., 1953, "The Aeolian Soils of the Northern Negev. Proc. Int. Symp. on Desert Research, Jerusalem", *Special Publication* 2, pp. 404-433.
- Reece, A. D., 1997, *A Historical Analysis of Tunnel Warfare and the Contemporary Perspective*, School of Advanced Military Studies, Fort Leavenworth, KS.
- Richmond-Barak, D., 2017, *Underground Warfare*, Oxford.
- Roskin, J., 2020, "The Role of Terrain and Terrain Analysis on Military Operations in the Late Twentieth to Early Twenty-First Century: A Case Study of Selected IDF Battles", in: P.L. Guth (ed.), *Military Geoscience: Bridging History to Current Operations*, New York, pp. 145-160.
- Roskin, J., Katra, I., Porat, N., and Zilberman, E., 2013, "Evolution of Middle to Late Pleistocene Sandy Calcareous Palaeosols Underlying the Northwestern Negev Desert Dunefield (Israel)", *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 387, pp. 134-152.
- Sharp, J.M., 2008, *The Egypt-Gaza Border and its Effect on Israeli-Egyptian Relations*, CRS Report for Congress, Foreign Affairs, Defense, and Trade Division, Jerusalem.
- Shay, S., 2014, *Syria and the Sub Terrain Warfare - The Hamas Connection*, Updating Israel's National Security Doctrine Policy Paper, Institute for Policy and Strategy, Herzliya.
- Shipler, D., 1982, "Israelis Ask Egyptians to Redraw Border a Bit", *New York Times*, January 19, 1982.
- Sloan, S.D., Peterie, S.L., Miller, R.D., Ivanov, J., Schwenk, J.T., and McKenna, J.R., 2015, "Detecting Clandestine Tunnels using Near-Surface Seismic Techniques", *Geophysics* 80 (5), EN127-EN135.

- Taxel, I., Sivan, D., Bookman, R., Roskin, J., 2018. "Early Islamic Inter-Settlement Agroecosystems in Coastal Sand, Yavneh Dunefield, Eastern Mediterranean Coast, Israel", *Journal of Field Archaeology* 43 (7), pp. 1-19.
- Ubeid, K.F., 2013, "The Origin, Nature and Stratigraphy of Pleistocene-Holocene Palaeosols in Wadi Es-Salqa (Gaza Strip)", *Serie Correlacion Geologica* 29 (2), pp. 63-78.
- Wang, Y., Miller, R., Peterie, S., Sloan, S., Moran, M., Cudney, H., 2017, "Tunnel Detection by Full-Waveform Inversion at Yuma Proving Ground, Arizona", in: A.M. Popovici and S. Fomel (eds.), *SEG Technical Program Expanded Abstracts 2017*, pp. 2660-2665 (electronic resource).
- Warburg, G.R., 1979, "The Sinai Peninsula Borders, 1906-47", *Journal of Contemporary History* 14 (4), pp. 677-692.
- Wittke, W., 2002, "Geotechnical Model, Design and Monitoring as a Basis for a Safe and Economic Construction of Tunnels", *ISRM International Symposium-EUROCK 2002*, pp. 126-132.
- Yaalon, D., 1967, "Factors Affecting the Lithification of Eolianite and Interpretation of its Environmental Significance in the Coastal Plain of Israel", *Journal of Sedimentary Petrology* 37, pp. 1189-1199.
- Zaineldeen, U., Qahman, K., and Al-Dasht, J., 2014, "Geological Structure of the Coastal Aquifer in the Southern Part of the Gaza Strip, Palestine", *Arabian Journal of Geosciences* 7 (10), pp. 4343-4354.
- Zilberman, E., Porat, N., and Roskin, J., 2007, *The Middle to Late Pleistocene sand Sheet Sequence of Kerem Shalom, Western Negev, an Archive of Coastal Sand Incursion, Geological Survey of Israel Report*, Jerusalem.

תודות

ברצוני להודות לעמיתים וידידים על שעות של שיחות ודיונים. ראויים לציון המהנדס והגיאולוג א' גביש, פרופ' דפנה ריצמונד-ברק, הפיזיקאי י' צליח והגיאולוג י' חרש. אני מודה לגיאוגרפיים הצבאיים א' אהרני וד"ר עמירם אורן, וליהודה כפיר על הערותיהם המעניינות והבונות על טיוטת המאמר. כן תודות לרעייתי היקרה ד"ר ניצה רסקין על עריכת המאמר. אני מודה למבקרים ד"ר אבי ששון וד"ר אורן אקרמן על הערותיהם המדויקות שהביאו לשיפור משמעותי באופן הצגת הדברים. מאמר זה נכתב בקיץ 2018.

The Development of Underground Activity and Guerrilla Warfare in the Gaza Strip and the Complexities of Combatting It

Joel Roskin

Clandestine and underground activity and guerrilla warfare in the Gaza Strip have been continuously developing over the past four decades. Underground activity began in the 1980s with the establishment of a smuggling route via clandestine tunnels between the Egyptian and Gazan sides of the divided city of Rafah. Today Hamas oversees a vast network of different types of tunnels intended for military engagement with Israel.

The development of the Gaza tunnel networks, mainly within a sequence of calcareous and sandy palaeosols, is the story of a combination of geological, historical, political and military geographical factors. The shallow subsurface geology in many parts of the Strip makes tunneling easy. At the same time, these factors also pose significant difficulties for tunnel detection and destruction using military, geo-technological engineering techniques.

Underground activity in the Strip developed along many stages. Israeli decision makers failed to comprehend fully the potency of the underground threat and the complexities of developing a holistic toolbox of military, technological and engineering solutions. The futile response of the Israel Defense Forces (IDF) in effectively identifying and destroying the tunnels motivated Hamas to remarkably expand the underground network for defensive and offensive engagement with Israel. This paper reviews these developments and the reasons behind them, and discusses the complexities of combatting them.

Table of Contents

List of Authors / 7

Introduction / 9

Dr. Nahum Sagiv: Researcher of the Land of Israel / 13

Farmhouses, Villages, Fortresses and Cities: From the Bronze Age to the Persian Period

Ayelet Levy-Reifer, Oren Ackermann, Yitzhak Paz and Joel Roskin

The Impact of Climate and Environmental Changes on Settlement Processes during the Early Bronze Age I-II in the Judean Lowlands, Israel / 21

Itzhaq Shai, Aharon Tavger and Chris McKinny

A Glimpse into the Canaanite Ritual Practices at Tel Burna during the Late Bronze Age / 47

Saar Ganor, Shifra Weiss and Emil Aldjam

A Late Iron Age Farmhouse near Tel Beit Mirsim / 59

Yael Abadi-Reiss

The "Tenth Kilometer" Persian Fort, Nativ HaAsara / 85

Jews, Pagans and Christians: New Studies of the Classical Period

Eitan Klein and Boaz Zissu

Graffiti of Boats from the Hellenistic and Early Roman Periods in Underground Chambers in the Judean Foothills, Israel / 105

Vladik Lifshits and Daniel Varga

Excavations in the Roman Estate of Horvat Duwayma (Amatziya): A Luxurious Living and Hiding Complex of the Roman Period / 133

Boaz Zissu, Amir Ganor, Ruth E. Jackson-Tal and Eitan Klein

The Late Roman-Period Settlement at Horvat 'Ethri, Judean Shephelah / 161

Nurit Feig

Churches in the Territory of Ashkelon: A Religious Authority or Economic Stronghold / 205

Moti Haiman

Between Nessana and Ashkelon: Mapping Agricultural Systems of the 6th-8th Centuries CE / 229

The Southern Coastal Plain from the Middle Ages to Modern Times

Rafael Y. Lewis

Ashkelon as a Landscape of Conflicts: Landscape Perspectives on Battles and Siege Operations from the Days of the Latin Kingdom of Jerusalem / 267

Avraham (Avi) Sasson

Not for Believers Only: The Development and Function of the Sheikh Awad Site in the Sands of Ashkelon / 295

Yoav Gulst and Avraham (Avi) Sasson

Bayarat el-Badawi at the Midpoint between Majdal-Ashkelon and Hamama and Its Regional Function / 329

Joel Roskin

The Development of Underground Activity and Guerrilla Warfare in the Gaza Strip and the Complexities of Combatting It / 369

Introduction and English Abstracts / V-XXII

Ashkelon and Its Environs

Studies of the Southern Coastal Plain and the
Judean Foothills in Honor of Dr. Nahum Sagiv

Eitan Klein, Avraham (Avi) Sasson and Ayelet Levy-Reifer
Editors

Ashkelon Academic College

רסלינג



2020