

# במרכז

קובץ מחקרים  
כרך ג'

---

זמן

---

עורכים:  
גיא ד' שטיבל  
עידו קוך  
אבנר אקר  
אמיר גורזלזני  
יותם טפר  
עמית שדמן  
שלומה דן-גור



# במרכז

קובץ מחקרים  
כרך ג'

מחקרי הכנס השנתי "במרכז" השלישי  
פרי שיתוף פעולה בין מרחב מרכז של רשות העתיקות, החוג לארכיאולוגיה ותרבויות המזרח הקדום  
והמכון לארכיאולוגיה ע"ש סוניה ומרקו נדלר של אוניברסיטת תל אביב, והמכון לארכיאולוגיה של אוניברסיטת  
בר-אילן, שהתקיים ב-9 יוני, 2022 באוניברסיטת בר-אילן

כריכה: פסל יאנוס, גן הקיץ, סנט פטרסבורג (istock)

מנהלת מחלקת פרסומים: ציפי קופר-בלאו  
עוזר מנהלת מחלקת פרסומים: דניאל קליימן  
עיצוב גרפי: אילת גזית

© המכון לארכיאולוגיה, אוניברסיטת תל אביב, רשות העתיקות ואוניברסיטת בר-אילן, תשפ"ג

מסת"ב 8-071-266-965-978  
הודפס בישראל תשפ"ג

# במרכז

קובץ מחקרים

כרך ג'

זמן

עורכים:

גיא ד' שטיבל, עידו קוק, אבנר אקה, אמיר גורזלזני,  
יותם טפר, עמית שדמן ושלומה דן-גור

אמרי וקלייר יאס פרסומים בארכאולוגיה  
המכון לארכאולוגיה, אוניברסיטת תל אביב

## רשימת מחברים ועורכים

גולן, דור  
רשות העתיקות  
dorg@israntique.org.il

גורזלזני, אמיר  
רשות העתיקות  
amir@israntique.org.il

גורין-רוזן, יעל  
רשות העתיקות  
gorin@israntique.org.il

גנדלמן, פטר  
רשות העתיקות  
petergen@israntique.org.il

דן-גור, שלומה  
רשות העתיקות  
salomec@israntique.org.il

הדד, אלי  
רשות העתיקות  
haddad@israntique.org.il

ואן דן ברינק, אדווין  
רשות העתיקות  
edwincmvandenbrink@gmail.com

זליגמן, יוחנן (ג'ון)  
רשות העתיקות  
jon@israntique.org.il

טל, גלית  
רשות העתיקות  
galitta@israntique.org.il

טנדלה, אברהם ש'  
רשות העתיקות  
avrohomt@israntique.org.il

אנקה, יעקב  
אוניברסיטת אריאל ומו"פ מזרח  
kobia@ariel.ac.il

אקה, אבנר  
אוניברסיטת בר-אילן  
avner22@hotmail.com

אקרמן, אורן  
אוניברסיטת אריאל  
orenac@ariel.ac.il

אשר, יותם  
רשות העתיקות  
yotama@israntique.org.il

בוארטו, אליזבטה  
מכון ויצמן  
elisabetta.boaretto@weizmann.ac.il

בן-דב, יונתן  
אוניברסיטת תל אביב  
jonbendov@tauex.tau.ac.il

בן-מלך, ניצן  
אוניברסיטת תל אביב  
nitsanbm@gmail.com

בקסטון, ברידג'ט  
אוניברסיטת רוד איילנד  
babuxton@uri.edu

ברילובסקי-רוכסר, לנה  
רשות העתיקות  
lenab@israntique.org.il

גדות, יובל  
אוניברסיטת תל אביב  
gadot@tauex.tau.ac.il

קירזנר, דן  
רשות העתיקות  
dankir@israntique.org.il

קריספין, שחר  
רשות העתיקות  
shahark@israntique.org.il

ראוכברגר, ליאור  
רשות העתיקות  
liorra@israntique.org.il

רגב, יוהנה  
מכון ויצמן  
johanna.regev@gmail.com

רגב, ליאור  
מכון ויצמן  
Lior.Regev@weizmann.ac.il

רוט, הלנה  
אוניברסיטת תל אביב  
helenaroth@mail.tau.ac.il

רוסקין, יואל  
אוניברסיטת בר אילן  
joel.roskin@biu.ac.il

שדמן, עמית  
רשות העתיקות  
shadman@israntique.org.il

שטיבל, גיא ד'  
אוניברסיטת תל אביב  
guystiebel@tauex.tau.ac.il

שרביט, יעקב  
רשות העתיקות  
koby@israntique.org.il

תלמי, לימור  
רשות העתיקות  
talmi@israntique.org.il

טפר, יותם  
רשות העתיקות  
yotam@israntique.org.il

טקסל, איתמר  
רשות העתיקות  
itamart@israntique.org.il

יקואל, אריולה  
רשות העתיקות  
eriola@israntique.org.il

לוי, איתן  
אוניברסיטת ברן  
eythan.levy@gmail.com

מינץ, יבגניה  
מכון ויצמן  
eugenia.mintz@weizmann.ac.il

מסארווה, דוראר  
רשות העתיקות  
dorar@israntique.org.il

נגורסקי, אלה  
רשות העתיקות  
alla@israntique.org.il

נדב-זיו, ליאת  
רשות העתיקות  
nadavziv@israntique.org.il

עז, עוזי  
רשות העתיקות  
ad@israntique.org.il

עוזיאל, ג'ו  
רשות העתיקות  
joshepu@israntique.org.il

קוך, עידו  
אוניברסיטת תל אביב  
idokoch@tauex.tau.ac.il

קושניר, אורי  
המכללה האקדמית להנדסה ע"ש סמי שמעון  
uriku@ac.sce.ac.il

## תוכן עניינים

v\*, v רשימת מחברים

ix\*, ix פתח דבר

- 1 תובנות אודות התרומה של תיארוך רדיומטרי לשחזור עברה של ירושלים: מבט מהישוב של תקופת הברונזה הקדומה  
יוהנה רגב, ג'ו עוזיאל, יובל גדות, הלנה רוט, יבגניה מינץ, ליאור רגב  
ואליזבטה בוארטו  
1\*
- 2 שעון החול: תיארוך סדימנטים ארכאולוגיים בשיטת ה-OSL  
ניצן בן-מלך  
1
- 3 מודל חישובי לכרונולוגיה מוחלטת בארכאולוגיה  
איתן לוי  
17\*
- 4 סודם של הפירים מהתקופה הכלקוליתית – תובנות משיטת הלומיניסנציה הניידת (POSL): אתר ניסים אלוני 2, תל אביב  
אורן אקרמן, אריולה יקואל, אדווין ואן דן ברינק, יעקב אנקה,  
יותם אשר ויואל רסקין  
21
- 5 מאפיינים גאולוגיים וגאוכימיים, וגילי השקעה יחסיים בעזרת מדידות לומינסנציה של חול קווארצי-קלצי המסייעים לניתוח אתר קבורה הלניסטי ברחוב שערי ניקנור, יפו  
יואל רסקין, ליאור ראוכברגר, גלית טל ויותם אשר  
39
- 6 "יבנה ושדותיה": עדויות ארכאולוגיות לזמן שעמד מלכת?  
אלי הדד, ליאת נדב-זיו ויוחנן (ג'ו) זליגמן  
51

79	7	”ההולכים בחושך ראו אור גדול“: מערת כפר ברא בין התקופה הניאוליתית לברונזה הקדומה אברהם ש' טנדלר, לנה בריילובסקי-רוכסר ושחר קריספין
101	8	תל יחם: שרידי ישוב מבוצר מתקופת הברונזה התיכונה, מתקופת הברונזה המאוחרת, ומתקופת הברזל בצפון השרון דור גולן ודוראר מסארווה
115	9	תל קטרה לאור חפירות הצלה: סקירה ראשונית אלה נגורסקי ואיתמר טקסל
129	10	לוחות שנה משרדיים מיהודה בתקופת הברזל השנה הסכמטית של 360 יום יונתן בן-דב
155	11	בור ללא תחתית: עדות לישוב ולתעשיית זכוכית בשלהי התקופה הרומית באם אל-זינאת יעל גורין-רוזן, לימור תלמי ודן קירזנר
35*	12	בין קיסריה מריטימה לקיסריה: העיר בין 640/641 ל-750 לסה”נ פטר גנדלמן ועוזי עד
183	13	קיסריה מבניה להרס: ממצאים חדשים מעונות חפירה וסקר 2015–2022 יעקב שרביט, ברידג'ט בקסטון ואורי קושניר
67*, 207		תקצירים



# סודם של הפירים מהתקופה הכלקוליתית – תובנות משיטת הלומיניסנציה הניידת (POSL): אתר ניסים אלוני 2, תל אביב

אורן אקרמן, אריולה יקואל, אדווין ואן דן ברינק,  
יעקב אנקר, יותם אשר ויואל רסקין

## הממצא הארכאולוגי

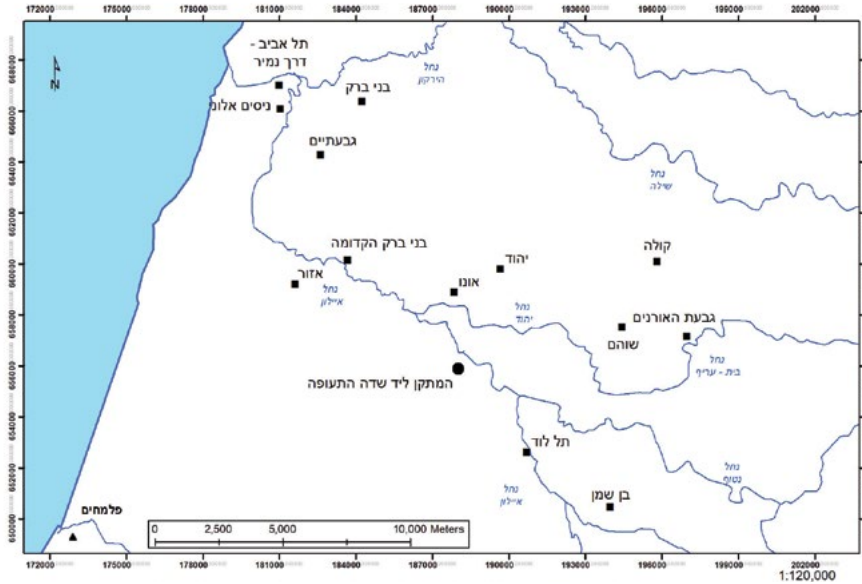
### פירים ובורות

אתר החפירה ברחוב ניסים אלוני 2, בתל אביב נמצא כ-300 מ' מצפון לתחנת רכבת סבידור-מרכז וכ-200 מ' ממערב לנחל האיילון (איור 1).<sup>1</sup> שטח החפירה השתרע על כ-4 דונם והתגלו בו ממצאים רבים – כולל הממצא הבולט של 113 בורות ופירים (איור 2) המתוארכים לתקופה הכלקוליתית המאוחרת (תוצאות החפירה פורסמו לאחרונה; ואן דן ברינק ואחרים 2019; 2021).

---

\* אורן אקרמן ויעקב אנקר: אוניברסיטת אריאל; אריולה יקואל, אדווין ואן דן ברינק, ויותם אשר: רשות העתיקות; יואל רסקין: אוניברסיטת בר-אילן

1 החפירה נערכה בחודשים יולי-ספטמבר 2017 (חפירת בדיקה והצלה במגרש: הרשאה מס' A-8066; נ"צ 180980-1089/666028-087) לקראת הקמת מגדל מגורים. החפירה, מטעם רשות העתיקות ובמימון חברת בסה, נוהלה על ידי א' יקואל וא' ואן דן ברינק, בסיועם של י' יוניש וא' ירושביץ (ניהול שטח), ד' אבו סלאח, ל' ראוברגר וי' יוניש (הכנת שטח ובדיקות מקדימות), ע' עד ול' וינבלום (תמיכה טכנית), י' עמרני וא' בכר (מנהלה), י' שמידוב, ר' משייב ומ' קונין (מדידות ושרטוט), א' דגוט (GPS), א' פרץ (צילום שטח), מ' שויסקיה (ציור כלי חרס), ו' אשד (אנתרופולוגיה), א' אקרמן (גיאומורפולוגיה), נ' שאקי (קידוחי ליבה), נ' מרום, ה' רשף ומ' לב (ארכאוזואולוגיה), פ' גנדלמן (הנחיה), א' קמיסקי (רפאות), י' מרמלשטיין וא' מרקן (צילום אויר), ר' קפול וס' ווינר (דגימות קרקע). כמו כן סייעו מ' עגמי, ד' ברקן וד' בן-עמי ממרחב מרכז של רשות העתיקות.



איור 1: מפת איתור (שרטוט: אנג'לינה דגוט)

הבורות והפירים נחלקים על פי צורתם לארבע קבוצות:

1. **בורות עגולים ורדודים (1–2 מ' עומק)** נכרו בעיקר לתוך קרקע חמרה סטרילית. בקבוצה זו נכללים שלושה טיפוסים הנבדלים זה מזה על פי קוטרם (קטן – קוטר 0.5–0.6 מ', בינוני – כ-1 מ' ומעלה). בחלק מהבורות נמצא מילוי של סדימנט בגוון חום מעורב בשברי קרמיקה, עצמות בעלי חיים וצור וחלק מהבורות נמצאו ריקים מממצא ארכאולוגי (איור 3: א–ג).
2. **בורות פעמוניים** שנכרו בסלע הכורכר, רובם בחלק המזרחי של שטח החפירה. בתוך הבורות נמצאו מכלולים דומים לאלה שנמצאו בבורות העגולים והרדודים (איור 3: ד).
3. **פירים צרים ועמוקים (1–2 מ' קוטר, 3–6 מ' עומק)** שנכרו בעיקר לתוך החמרה הסטרילית. בקבוצה זו נכללים שלושה טיפוסים הנבדלים זה מזה על פי צורתם – פיר בעל רוחב אחיד, פיר קוני, הולך וצר בכיוון התחתית, פיר בעל נישה רחבה בשליש התחתון. בחלק מהפירים המילוי מורכב מסדימנטים



איור 2: א) צילום אוויר של האתר; ב) תוכנית האתר



איור 3: א) בור עגול רדוד, קטן; ב) בור עגול רדוד בינוני; ג) בור עגול רדוד גדול; ד) בור פעמוני; ה) פיר קוני ופיר בעל נישה רחבה בעומק



איור 3: 1) פיר עם חלל תת-קרקעי בעומק

חומים, חלק מהפירים הכילו ממצא ארכאולוגי וחלק לא הכילו ממצא. בחלק מהפירים המילוי הכיל שברי כורכר, חול וסדימנט חום אנתרופוגני שחתם את ראש המילוי (איור 3: ה).

4. פיר הנפתח לחלל תת-קרקעי – נחשף רק פיר אחד מטיפוס זה. בחלל נמצאו שברי קנקנים באתרם וכן כלי צור ועצמות בעלי חיים (איור 3: ו).

### ממצאים

בתוך הפירים והבורות נאספו, מכלול קרמי, כלי צור, כלי אבן ועצמות בעלי חיים (ואן דן ברינק ואחרים 2019; 2021). עיקר ממצא כלי החרס כולל כלים פתוחים וכלים סגורים, בזיכים, קערות V קטנות ובינוניות ששפתן מעוטרת לעתים בצבע אדום בחלקן הפנימי, קערות על בסיס שלהן חלונות, מגוון גדול של אגנים גדולים, קנקנים בעלי צוואר, פערורים, פכים, סירי בישול, מעט משקולות נול ופקקים ושברים של מחבצות האופייניות לשלב הראשון של התקופה הכלקוליתית המאוחרת, דבר הנתמך גם בתוצאות תיארוך פחמן 14. ממצא כלי הצור כולל, להבי מגל, כלים דו-פניים ומיקרוליתים האופייניים גם כן לתקופה הכלקוליתית המאוחרת (ואן דן ברינק ואחרים 2021).

ממצא כלי האבן מכיל בעיקר קערות בזלת, חלקן מעוטרות. מכלול הפאונה מכיל בעיקר חזירים, צאן ובקר שמוכרים מאתרי התקופה הכלקוליתית המאוחרת ובשכיחיות דומות, כפי שאופייני לאתרי החבל הים-תיכוני של הארץ בתקופה. בחלק מהפירים נמצאו חלקי בעלי חיים בארטיקולציה חלקית, ביניהם גולגולת שלמה של כלב, וכן נמצאה קבורה של אדם שאינה אופיינית לאופי האתר. ממצאי החפירה מעלים מספר שאלות כגון, מדוע באתר זה נחפרו מעל 100 פירים? למה הם שימשו הפירים? כדי לתת מענה לשאלות אלו יש להכיר גם את המאפיינים הסביבתיים של האתר וכן ללמוד את אופי הפירים והמילוי שלהם.

### רקע גאוגרפי סביבתי של מרחב האתר

האתר ממוקם בחלקו המרכזי של מישור החוף (איור 1). האזור מורכב מסדרה של רכסי כורכר מאורכים ועמקים בין-דיונריים (אבוס) ביניהם (אלמגור תשס"ו; זילברמן ואחרים 2006; צוער 2000; גבירצמן, נצר וקצב 1998).

רכסי הכורכר נחצים בכמה ערוצים טבעיים המנקזים את ההרים והגבעות ממערב אל הים התיכון. העמודה הסדימטרית של רכסי הכורכר מורכבת באופן כללי משכבות של כורכר (אבן-חול מלוכדת על ידי פחמת הסידן), חמרה וקרקות חוליות. בשקעים בין הרכסים הצטברו תוצרי בליה של רכסי הכורכר, וקרקות חמרה חוליות עד חרסיתיות וגרומוסול חרסיתי (דן, פיין ולביא תשס"ז; זינגר 2007).

האקלים של האזור הוא ים תיכוני לח למחצה (קאפלה וברוינס 2010), מאופיין בקיץ חם ויבש ובחורף קר וגשום. הטמפרטורה השנתית הממוצעת היא 21 מעלות צלזיוס. העונה הגשומה נמשכת בדרך כלל מאוקטובר עד מאי, וממוצע המשקעים השנתי הוא 500–550 מ"מ (על פי השירות המטאורולוגי הישראלי 2022).<sup>2</sup> צמחייה טבעית כמעט ואינה קיימת באזור, בשל הפיתוח המסיבי העירוני והחקלאי.

מיקומו הספציפי של האתר הוא על מדרון של רכס כורכר כ-200 מטרים מערבית לנחל האיילון הזרם צפונה בין רכסי כורכר, כקילומטר אחד מהמפגש שלו עם נחל הירקון. השפך הירקון לים התיכון נמצא כ-1 ק"מ מערבית למפגש (איור 1). לכן נראה שאפיק האיילון בחלק הסמוך לאתר הוא כאסטואר (בורק ואחרים 2017), המכיל מים

2 נדלה 18 בנובמבר, 2022, <https://ims.gov.il/he/ClimateAtlas>

מלוחים הזורמים באופן טבעי מהים לתוך ערוץ הנחל. המבנה הסדימנטארי של האתר מורכב כאמור לעיל, מכורכר, חול וקרקע של חמרה. זהו מבנה נקבובי ביותר, המשמש כִּאֲקוּה (אקוויפר) חופשית של מים מתוקים (אבישר ואחרים 2004).

## מתודולוגיה

לצורך דיון בשאלות המחקר, בוצע לימוד של המילוי בשני פירים מייצגים, האחד בעל מבנה של נישה רחבה בעומק (פיר 56, איור 3: ה') והשני בעל מבנה קוני ומכיל מילוי הומוגני למדי (פיר 62, איור 3: ה').

המילוי של פיר 56 נחקר על ידי תיאור הפרופיל בחתך חשוף שיוצר במהלך החפירה הארכאולוגית (איור 3). מילוי פיר 26 נחקר על ידי קידוח ליבה שבוצע מפני השטח לעומק של כ-4.5 מטרים. החתך בפיר 56 תואר בשטח והחתך של פיר 26, תואר במעבדה. התיאור כלל אפיון פדוסדימנטארי של מבנה הסדימנטים, המעברים בין שכבות שונות והצבע שלהם. במעבדה נמדד המרקם (גודל גרגר, איור 4) של סדימנטים. לצורך הבנת אופי תהליך המילוי של הפירים ואפיון הגיל היחסי של היחידות, הסדימנטים נמדדו בעזרת ערכים גסים של סיגל הלומינסנציה שהצטבר בסדימנט מאז קבורתו, זאת בעזרת קורא לומינסנציה נייד (POSL) (איור 5).

## מדידת המרקם – גודל הגרגר

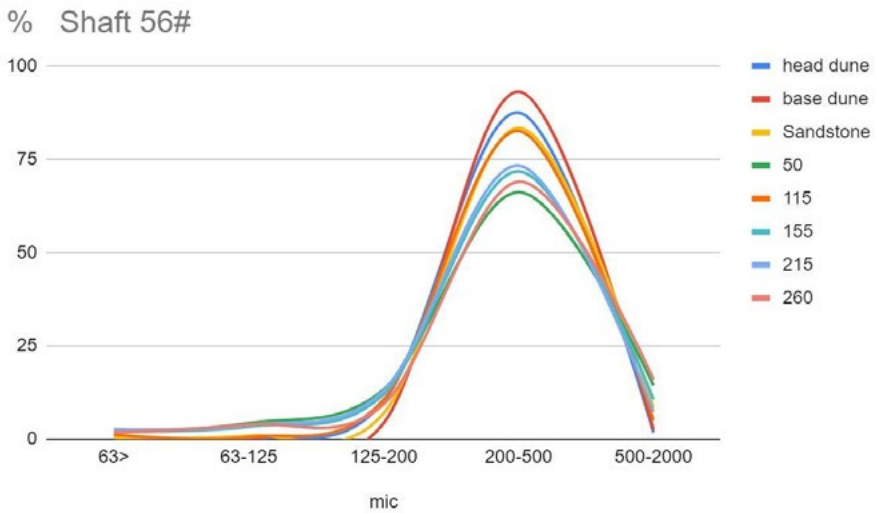
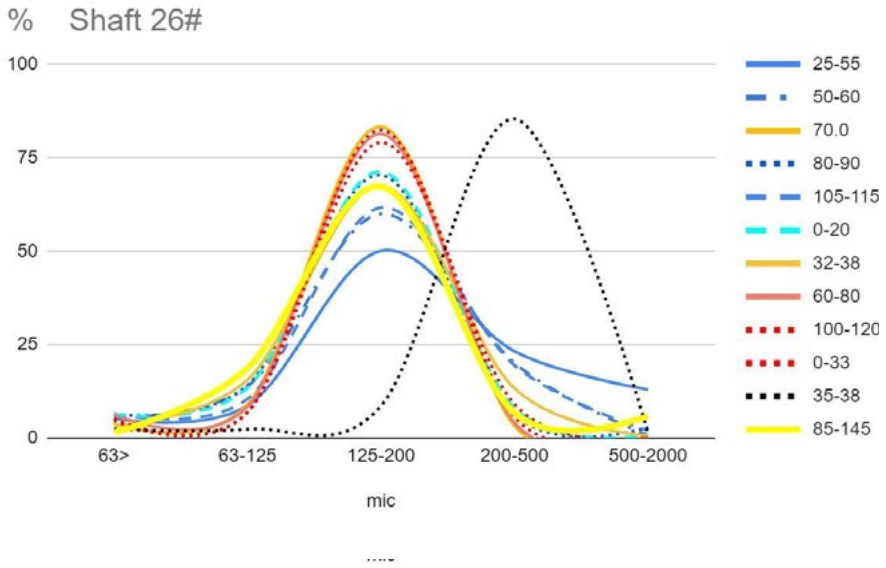
מדידת התפלגות גודל הגרגר ומרקם הסדימנטים

מדידת התפלגות גודל גרגירי (גרנולומטריה) החומר הדק (> מ"מ) של דגימות הסדימנטים בוצעו בשיטת הסינון היבש, באמצעות סט נפות סטנדרטיות (בגדלים של 63, 125, 200, 500 ו-2,000 מיקרון) (איור 4).

מדידת אות הלומינסנציה (POSL)

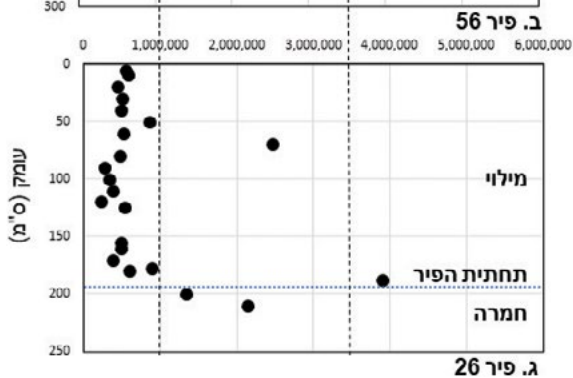
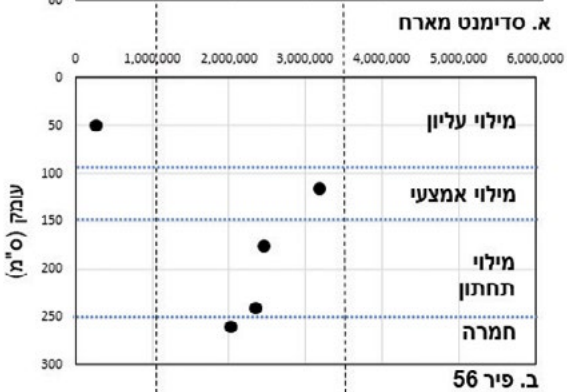
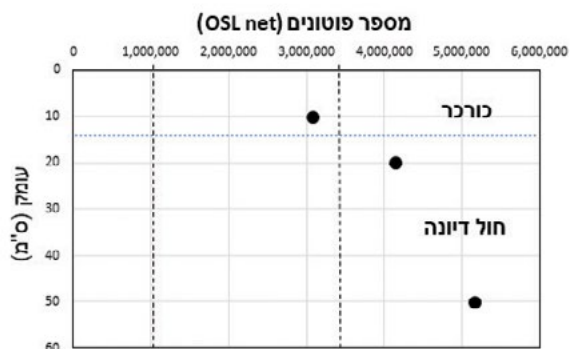
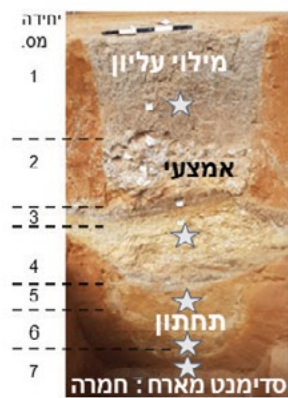
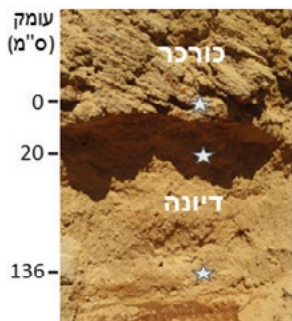
מדידה באמצעות קורא לומינסנציה נייד (POSL) בוצעו לסדימנטים בפרופיל של פיר 56 ופיר 26 ושל הסדימנט המארח בתחתית הפירים וברכס הכורכר הסמוך (איור 5: א'). לצורך מניעה של חשיפת הדגימות לאור, בחתך הפתוח, פיר 56, הדיגום בוצע מתחת לבד אטום לאור, והדגימות העוברו למעבדה בשקיות פלסטיק אטומות לאור. בקידוח בפיר 26, הסדימנט נקדח לתוך גליל אטום לאור (גליל פלסטיק צבוע בשחור). הסדימנטים יובשו בטמפרטורה של 50 מ"צ. הסדימנטים נטחנו בעדינות במכתש ועלי





איור 4: התפלגות גודלי גרגר של סדימנט המילוי בפירים 26 ו-56





איור 5: תוצאות מדידות קורא הלומינסציה (OSL)

באופן ידני וסוננו דרך נפה של 2 מ"מ. כל דגימה של סדימנט במשקל של 6 גרם, חולקה לשתי תת דגימות של 3 גרם, כל אחת לצורך ביצוע שתי מדידות של אות ה-POSL. המדידה בקורא ה-POSL בוצעה על הסדימנט בתפזורת לפי פרוטוקול CV, שפותח על ידי סנדרסון ומרפי (2010).

שיטת ה-OSL מבוססת על מדידת אלקטרונים המצטברים בתהליך טבעי בסדימנטים הקבורים בתנאי חושך, בסריג הגביש של מינרלי הקוורץ והפלדספאר (פורת ואחרים 2016). חשיפה לשמש משחררת את האלקטרונים שהצטברו. במעבדה, קורא ה-POSL מקרין אור כחול או ואדום המשחרר את האלקטרונים שהצטברו והם נמדדים באות (סיגנל ה-POSL) לומינסנציה, המוצגת על ידי ערכי ספירת פוטונים (photon counts), שיטת מדידה התופסת תנופה בשנים האחרונות (רסקין, אשר ובנסטיין 2021). ערכי הלומינסנציה יהיו גבוהים יותר בהתאמה לזמן שחלף מאז שהסדימנט נקבר (סנדרסון ומרפי 2010). מכאן השערת העבודה הראשונה היא שערכי POSL גבוהים עשויים להצביע על חומר קדום יחסית (התוצאות מוצגות באיור 5). השערת עבודה שנייה היא, שכשהצטברות מילוי מתרחשת על פני תקופה ארוכה, אות ה-POSL יורד בהדרגה מלמטה למעלה. כשהמילוי הצטבר על פני פרק זמן קצר, אות ה-POSL יהיה דומה או בעל משרע קטן, לאורך כל הפרופיל (יטאח ואחרים 2019).

#### מדידת בליעת אינפרה אדום (FTIR)

לצורך הבנת האופי המינרולוגי של מילוי הפירים, בוצעה מדידה באמצעות ספקטרוטר אינפרה אדום (Fourier transform infrared spectroscopy, i.e. FTIR) לסדימנטים בפרופיל של פיר 56. הסדימנטים שנמדדו ב-POSL הועברו למדידות המשך ב-FTIR כדי להשתמש באותם האבקות על מנת להסביר את: (1) ההרכב המינרולוגי, (2) יחסי כמות הקוורץ לסיגנל ה-OSL (נורית LED כחולה), (3) יחסי הסיליקטים לקרבונטים, כיון שיש הנחתה של סיגנל ה-OSL מקוורץ שמעורבב עם כמות שמעל ל-50% קרבונטים (פורת ואחרים 2019).

## תוצאות

### הסדימנט המארח

חתך מייצג של המבנה הפדוסדימנטארי של האתר אופיין בשולי האתר. החתך מורכב מיחידה של כורכר על גבי דיונת חול ובתחתיתה קרקע של חמרה (איור 5: א').

### **פיר 56: מילוי וחומר מארח**

משקע המילוי בפיר מורכב משבע יחידות עיקריות, כדלקמן (איור 5: ב'):

- יחידה 1: 0–64/57 ס"מ: מילוי עליון
- יחידה 2: 64/57–90/85 ס"מ: שברי סלעים ושרידים ארכאולוגיים
- יחידה 3: 90/85–110/100 ס"מ: חרסית עליונה
- יחידה 4: 100–120 ס"מ: מילוי אמצעי – חול למינרי, שברי כורכר ותצבירי מנגן
- יחידה 5: 140–170 ס"מ: חרסית תחתונה
- יחידה 6: 50–170 ס"מ: מילוי תחתון, חול למינרי
- יחידה 7: 250+ ס"מ: חמרה, קרקע בבסיס הפיר, חומר מארח

### **מילוי פיר מס' 26 (איור 5: ג')**

- יחידה 1: 0–182 ס"מ: מילוי עליון
- יחידה 2: 182–190 ס"מ: תחתית הפיר
- יחידה 3: 190–354 ס"מ: חמרה, קרקע בבסיס הפיר, חומר מארח

### **גרנולומטריה**

ההרכב הגרנולומטרי הכללי של הסדימנטים באתר מורכב מחול דק ובינוני, המהווה 94%–100% מסך כל הסדימנט. בפיר 56, המקטע הדומיננטי (59%–62%) הוא חול בגודל של 200–500 מיקרון, ובפיר 26, המקטע הדומיננטי (50%–83%) הוא חול בגודל של 125–200 מיקרון. המילוי העליון (יחידה 1) של שני הפירים מכיל חומר עדין יותר יחסית בהשוואה לסדימנטים בחלקים התחתונים יותר (איור 4).

### **מדידת אות הלומינסנציה (POSL)**

#### **סדימנט מארח (איור 5: א')**

ערכי ה-OSL שהתקבלו בחתך של הסדימנט המארח, הראו עלייה הדרגתית של עוצמת הסיגנל עם העומק, מכ-3 מיליון פוטונים בשכבת הכורכר, ל-4–5 מיליון בחול הדיונרי.

#### **פיר 56 (איור 5: ב')**

בתחתית הפיר, על גבי החמרה, התקבלו ערכי אות ה-POSL של כ-2 מיליון פוטונים. ביחידות שמעל התקבלו ערכים גבוהים יותר, של 2.3–3 מיליון פוטונים. דבר זה עשוי

להעיד שהקרקעית הייתה חשופה לשמש לזמן קצר, אולי במהלך כריית הפיר או זמן קצר לאחר מכן. הערכים הגבוהים יותר של היחידות שמעל הן עדות לסדימנט עתיק יותר, שגלש לתוך הפיר, ללא איפוס מלא. ערכי יחידה 4, דומים לערכים של הכורכר (כ-3 מיליון). ביחידה העליונה התקבלו הערכים הנמוכים ביותר (כ-0.2 מיליון), נראה שהיא צעירה באופן משמעותי מהסדימנט המארח (כורכר וחול).

לסיכום האמור לעיל, הפיר נחפר ויתכן והקרקעית נחשפה לזמן קצר לשמש. חומר המילוי ביחידות התחתונה והאמצעיות (יחידות 4 ו-6) הינו חולי ובעל ערכי POSL גבוהים יחסית, דבר המעיד על כך שמקור חומר המילוי הוא החול והכורכר הנמצאים בסמוך לפיר. תהליך המילוי בהתחלה היה איטי יחסית שכן ערכי החמרה על גבי החומר המארח (יחידה 7) דומים למדי למילוי התחתון (יחידה 6). תהליך ההצטברות של המילוי התחתון והאמצעי, יחידות 6 ו-4 בהתאמה, עשוי היה להיות מהיר כיוון שהערכים גבוהים משמעותית. המשקע של המילוי התחתון (יחידה 6) הוא בעל מבנה למינרי ומכיל תצבירי מנגן ושכבת חרסית הדקה מעליו (יחידה 5), כולם סימנים של מים עומדים (דאמורה, סטיוארט והאלדסון 2004).

יחידה 2 היא אנתרופוגנית שכן היא מכילה חרסים ושברי סלעי כורכר. המילוי העליון (יחידה 1), חתם את הפיר, ככל הנראה חומר איאולי מעורב בחול מקומי, בעל צבע כהה יותר משאר היחידות מטה (איור 5: ב).

### פיר מס' 26 (איור 5: ג')

תוצאות מדידת האות של ה-POSL שהתקבלו הראו שלכל יחידה ערכים מאפיינים כמפורט מטה:

- יחידה 1: המילוי, הערכים נעים בין ~0.23 ל~0.9 מיליון. עם חדירה של חמרה עם ערכים גבוהים של ~2.5 מיליון.
- יחידה 2: החלק התחתון של הפיר, הערכים גבוהים משמעותית ועומדים על ~4 מיליון.
- יחידה 3: חמרה, הערכים נעים בין ~1.4 ל~2.3 מיליון.
- יחידה 4: חול הדיונה, הערכים נעים בין ~1.9 ל~6.2 מיליון.

לסיכום, הפיר נחפר לתוך החמרה, יתכן הי היה חשוף לזמן קצר, עת חול קדום יותר גלש מטה (יחידה 2). סימני גלי (gley) וחמצון שנצפו בסדימנטים בתחתית הפיר, עשויים להוות עדות למים עומדים.

המילוי, יחידה 1, נצבר על ידי חומר צעיר יותר בתהליך מהיר יחסית שכן ערכיו נמוכים יותר ובטווח ערכים קטן יחסית (~0.23 ל~0.9 מיליון) לכל אורך היחידה. דבר שמתאים למילוי מהיר של חומר אנתרופוגני, המכיל חרסים וכורכה. השוואת הערכים של המילוי העליון בין שני הפירים, מראה שבמילוי העליון של פיר 25, הערכים גבוהים יותר (~0.5–0.85 מיליון), בעוד שבפיר 56 הם משמעותית נמוכים יותר (~0.2 מיליון).

## מינרולוגיה

ההרכב המינרולוגי של המילוי בפיר 56 הראה שכל היחידות עשירות בקוורץ עם כמויות שונות של קלציט. יחידה מספר 1 (המילוי העליון) עשירה בקוורץ בכמות פי 6 יותר מקלציט. יחידה מספר 3 (יחידה כהה, מתחת לחרסים) דומה ליחידה 1, כשהמינרל הדומיננטי הוא קוורץ בכמות פי 5.5 מקלציט. דוגמה מתחתית יחידה מספר 4 מראה שקוורץ עדיין דומיננטי, אך עם כמות הרבה יותר גדולה של חרסיות, והרבה פחות קלציט, כשהקוורץ הוא בכמות פי 11 יותר מקלציט. דוגמת ביקורת של החמרה הראה שיש כמות חרסיות כמו ביחידה מספר 4 (תחתית הפיר), והקוורץ בכמות גבוהה פי 20 מכמות הקלציט.

## דיון

### תפוצה מרחבית של פירים כלקוליתיים

השרידים שהתגלו בחפירה מצטרפים לממצאים מהחפירות הקודמות שנערכו באזור בשנים 2005 ו-2010, באתר דרך נמיר. שם התגלו בהן שרידי ישוב מהתקופה הכלקוליתית המאוחרת (התרבות הע'סולית) ובהם שרידי מבנים, בקרבת האתר התגלתה תעלת מים, מחוזקת באבני כורכה, שסיפקה לתושבים מי השקיה. בסביבת הבתים נחפרו ממגורה, תשעה עשר בורות וארבעים וחמישה פירים שנכרו בשכבת החמרה, הקרקע המאפיינת את האזור (ואן דן ברינק 2006, 2011; ואן דן ברינק ואחרים 2016). נראה שבתקופה הכלקוליתית המאוחרת באזור זה, הייתה פעילות רחבת היקף.

תופעות תת-קרקעיות כמו בורות מוכרת מאתרים כלקוליתיים נוספים בארץ ישראל. אך תופעת הפירים תועדה עד כה רק בתל אביב וביהוד (יקואל 2019; תש"ף);

תשפ"ב; יקואל וואן דן ברינק 2014; ואן דן ברינק ואחרים 2019; יקואל, אקרמן ואלישע 2018; גוברין ובן-ארי 2015; יטאח ואחרים 2019).

לשאלת השימוש של הפירים, ההמצאות של סימני חמצון וגלי במשקעים בתחתית הפירים הם עדות למים עומדים. בנוסף במקרים רבים, קיימת גומחה בחצי הגובה של הפיר (איור 5: ב'), המצביעה על אירוזיה מקומית ועשויה לסמן את מפלס הקדום של המים בפיר. תוצר שקיעה של מפלס המים העומדים יצרו תחילה בלייה כימית מוגברת בנקודה זו, דבר שיצר קריסה של חומר ויצירת הגומחה. במפלס זה ניתן לראות גם פעילות של חיזוק שבאה לידי ביטוי במילוי של שברי סלע. מכאן ניתן להניח שהפירים נחפרו לצורך שימוש לבארות מים.

הופעת בארות ליד אפיק נחל איילון מעלה שאלה נוספת: מדוע לחפור באר ליד נחל איתן, המוביל מים בכל ימות השנה? כאמור לעיל, חלק זה של הנחל הינו אסטואה, המכיל מי ים מלוחים, בנוסף הנחל במרחב זה, יצר ביצה בעלת נגישות נמוכה ומים שאולי גם היו מזהמים. הפתרון שמצאו התושבים הקדמונים של האתר, חפירת בארות על גב המדרון, במפלס גבוה מהנחל, תוך הגעה למי התהום המתוקים הנמצאים מעל פני מי הים המלוחים (פן הביניים, מפלס המגע בין המים המתוקים לבין המים המלוחים שחודרים מהים).

שאלה נוספת שעולה היא: מדוע היה צורך לכרות כל כך הרבה פירים, 113 במספר? תשובה אפשרית לכך ניתן לקבל מתוך תצפית בעובי היחידה החולית בתחתית הפירים. בפיר 56 היא מגיעה לכ-40 ס"מ בעוד שבפיר 26, לס"מ בודדים בלבד. ערכי המילוי שחתם את הפירים נמוכים יותר בפיר 56 בהשוואה לפיר 26, בנוסף הערכים של המילוי בפיר 26, אחידים למדי לכל אורך החתך. כמות הקלציט שנמצאה במילוי פיר 56 גבוהה פי 5-6 מכמות הקוורץ, גם ביחידה העליונה וגם באמצעית (יחידות 1 ו-3 באיור 5). אך כיון שערכי ה-POSL גבוהים במילוי העליון (יחידה 1) נראה שכמות הקלציט שנצפתה לא משפיעה ישירות על הנחתת הסיגנל OSL ביחידה 3, ולכן ערכי ה-POSL של פיר 56 מעידים על שימוש בזמן ארוך. כל אלה מצביעים שפיר 56 היה פתוח ושימוש זמן ארוך מזה של פיר 26.

עדויות ותובנות אלו, עשויות להוביל לרעיון שחלק מכריית הפירים לצורך שימוש כבארות לא הצליחה ולכן הפיר נסתם באשפה, בפרק זמן קצר יחסית לאחר חפירתו. זאת בניגוד לבאר שהייתה פעילה זמן רב, התמלאה בחול מקומי ובדפנות שלה נוצרה גומחה, תוצר בליה של המפלס העליון של מי התהום. נותרת עדיין השאלה מדוע לא כל הפירים הגיעו אל מי התהום? לכך אין תשובה.

לסיכום, נראה שכל הפירים הפכו לבורות אשפה; במקרים מסוימים, זה התרחש מיד לאחר כרייתם, כיוון שהם לא הצליחו לשמש כבארות; יתכן שפירים אחרים שמשו כבארות פרק זמן מסוים ולאחר שיצאו מכלל שימוש הפכו לבורות אשפה. המספר הגדול של פירים עשוי לנבוע מכך שהם היו תוצאה של ניסוי וטעיה או מכך שההתיישבות באתר הייתה ארוכת טווח.

## ביבליוגרפיה

אבישר ואחרים 2004  
 Avisar, D., Rosenthal, E., Shulman, H., Zilberbrand, M., Flexer, A., Kronfeld, J., Ben Avraham, Z. and Fleischer, L. 2004. The Pliocene Yafo Formation in Israel: Hydrogeologically Inert or Active? *Hydrogeology Journal* 12: 291–304.

אלמגור תשס"ו  
 אלמגור, ג'. תשס"ו. **חוף הים התיכון של ישראל** (דו"ח מס' GSI/02/13). ירושלים.

בורק ואחרים 2017  
 Burke, A.A., Wachsman, S., Avnaim-Katav, S., Dunn, R.K., Kowalski, K., Pierce, G.A. and Peilstöcker, M. 2017. Jaffa's Ancient Inland Harbor: Historical, Cartographic, and Geomorphological Data In: Burke, A.A., Strange-Burke, K. and Peilstöcker, M., eds. *The History and Archaeology of Jaffa 2* (The Jaffa Cultural Heritage Project Series 2; Monumenta Archaeologica 41). Los Angeles: 89–110.

גבירצמן, נצר וקצב 1998  
 Gvirtzman, G., Netszer, M. and Katsav, E. 1998. Last-Glacial to Holocene Kurkar Ridges, Hamra Soils, and Dune Fields in the Coastal Belt of Central Israel. *Israel Journal of Earth Sciences* 47: 29–46.

גוברין ובן-ארי 2015  
 Govrin, Y. and Ben-Ari, N. 2015. Geographical and Environmental Background. In: Govrin, Y. Excavations at Yehud: The 2008–2009 Seasons. *NGSBA Archaeology* 3: 11–13.

דאמורה, סטיוארט והאדלסטון 2004  
 D'Amore, D.V., Stewart, S.R. and Huddleston, J.H. 2004. Saturation, Reduction, and the Formation of Iron–Manganese Concretions in the Jackson–Frazier wetland, Oregon. *Soil Science Society of America Journal* 68: 1012–1022.

דן, פיין ולביא תשס"ז.  
 דן, י', פיין, פ' ולביא, ח'. תשס"ז. **קרקעות ארץ-ישראל**. תל אביב.

ואן דן ברינק 2006  
 ואן דן ברינק, אק"מ. 2006. תל אביב, דרך נמיר. **חדשות ארכיאולוגיות 118**.  
[http://www.hadashot-esi.org.il/report\\_detail.aspx?id=409&mag\\_id=111](http://www.hadashot-esi.org.il/report_detail.aspx?id=409&mag_id=111)

ואן דן ברינק 2011  
 ואן דן ברינק, אק"מ, 2011. תל אביב, דרך נמיר. **חדשות ארכיאולוגיות 123**.  
[http://www.hadashot-esi.org.il/report\\_detail.aspx?id=1787&mag\\_id=118](http://www.hadashot-esi.org.il/report_detail.aspx?id=1787&mag_id=118)

ואן דן ברינק ואחרים 2016  
 van den Brink, E.C.M., Barzilay, O., Vardi, J., Cohen-Weinberger, A., Lernau, O., Shilstein, S. and Horwitz, L.K. 2016. Late Chalcolithic Settlement Remains East of Namir Road, Tel Aviv. *Mitekufat Haeven: Journal of the Israel Prehistoric Society* 46: 20–121.



ואן דן ברינק ואחרים 2019

van den Brink, E.C.M., Ackermann, O., Anker, Y., Dray, Y., Itach, G., Jakoel, E., Kapul, R., Roskin, J. and Weiner, S. 2019. Chalcolithic Groundwater Mining in the Southern Levant: Open, Vertical Shafts in the Late Chalcolithic Central Coastal Plain Settlement Landscape of Israel. *Levant* 51: 236–270.

ואן דן ברינק ואחרים 2021

van den Brink, E.C.M., Jakoel, E., Yaroshevich, A., Hruby, K., Rosenberg, D., Chasan, R., Ackermann, O., Anker, Y., Roskin, J., Eshed, V., Peters, I., Kapul, R., Asscher, Y., Perry Gal, L. and Boaretto, E. 2021. Additional Late Chalcolithic Shafts and Pits East of Namir Road, Tel Aviv. *Mitekufat Haeven: Journal of the Israel Prehistoric Society* 51: 136–224.

זילברמן ואחרים 2006.

זילברמן, ע', אילני, ש', נצר-כהן, ח' וקלבו, ר'. 2006. מיפוי גיאומורפולוגי-ליתולוגי של רצועת החוף של ישראל (דו"ח מס' GSI/22/06). ירושלים.

זינגר 2007

Singer, A. 2007. *The Soils of Israel*. Berlin.

יטאח ואחרים 2019

Itach, G., van den Brink, E.C.M., Golan, D., Zwiebel, E.G., Cohen-Weinberger, A., Haklai, G., Shemer, M., Ackermann, O., Regev, J., Boaretto, E. and Turgeman-Yaffe, Z. 2019. Late Chalcolithic Remains South of Wienhaus Street in Yehud, Southern Sharon Coastal Plain, Israel. *Mitekufat Haeven: Journal of the Israel Prehistoric Society* 49: 190–283.

יקואל 2019

יקואל, א'. 2019. תל יהוד. **חדשות ארכיאולוגיות** 131. [http://www.hadashot-esi.org.il/report\\_detail.aspx?id=25669&mag\\_id=127](http://www.hadashot-esi.org.il/report_detail.aspx?id=25669&mag_id=127)

יקואל תש"ף

יקואל, א'. תש"ף. שרידים מהתקופות הכלקוליתית עד העות'מאנית בשוליים המערביים של תל יהוד. **עתיקות** 99: 1\*–24\*.

יקואל תשפ"ב

יקואל, א'. תשפ"ב. שרידים מהתקופות הכלקוליתית, הרומית, הביזנטית והעות'מאנית ביהוד, "שוק אשכנז". **עתיקות** 105: 1\*–42\*.

יקואל וואן דן ברינק 2014

יקואל, א' וואן דן ברינק, אק"מ. 2014. תל יהוד, פרויקט לוגנו. **חדשות ארכיאולוגיות** 126. [http://www.hadashot-esi.org.il/report\\_detail.aspx?id=13708&mag\\_id=121](http://www.hadashot-esi.org.il/report_detail.aspx?id=13708&mag_id=121)

יקואל, אקרמן ואלישע 2018

יקואל, א', אקרמן, א' ואלישע, י'. 2018. יהוד, רחוב העצמאות 33. **חדשות ארכיאולוגיות** 130. [http://www.hadashot-esi.org.il/report\\_detail.aspx?id=25442&mag\\_id=126](http://www.hadashot-esi.org.il/report_detail.aspx?id=25442&mag_id=126)

סנדרסון ומרפי 2010

Sanderson, D.C., and Murphy, S. 2010. Using Simple Portable OSL Measurements and Laboratory Characterisation to Help Understand Complex and Heterogeneous Sediment Sequences for Luminescence Dating. *Quaternary Geochronology* 5: 299–305.

פורת ואחרים 2016

פורת, נ', אבנר, ע', שם טוב, ר', הולצר, א' וקולסקה הורוביץ, ל'. 2016. מלכודות הנמרים בנגב ותיארוך בשיטת ה-OSL. *קדמוניות* 151: 18–24.

פורת ואחרים 2019

Porat, N., López, G.I., Lensky, N., Elinson, R., Avni, Y., Elgart-Sharon, Y., Faershtein, G. and Gadot, Y. 2019. Using Portable OSL Reader to Obtain a Time Scale for Soil Accumulation and Erosion in Archaeological Terraces, the Judean Highlands, Israel. *Quaternary Geochronology* 49: 65–70.

צוער 2000

Tsoar, H. 2000. Geomorphology and Paleogeography of Sand Dunes that Have Formed the Kurkar Ridges in the Coastal Plain of Israel. *Israel Journal of Earth Sciences* 49: 189–196.

קאפלה וברוינס 2010

קאפלה, ה"ח וברוינס, ה"ג. 2010. מגמות אקלימיות בישראל 1970–2002: חם וצחיח יותר בפנים הארץ. *אקולוגיה וסביבה* 1: 16–22.

רסקין, אשר ובנסטיין 2021

רסקין, י', אשר, י' ובנסטיין, נ'. 2021. ייעוד ושלבי התפתחות של קירות טרסות-ואדי ושדה בעמק נחל זנוח בשפלת יהודה. *מחקרי יהודה ושומרון* ל: 189–220.