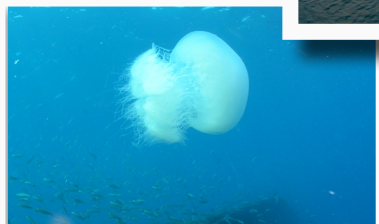


הערכה אסטרטגית ימית רבתי לישראל 2018/19

עורך ראשי: פרופ' שאול חורב
עורך והפיק: אהוד גובן



"מתנת הנילוס" – משאב החול הימי של ישראל: מקורות, שימושים וכמויות

דב צביאלי

מבוא

החול הרבוד בחופי הים התיכון של ישראל ובקרקעית הים הסמוכה אליהם, הוא משאב טבע מתכלה בעל ערך סביבתי גבוה. משאב זה מנוצל לצרכים שונים אותם ניתן לסווג לשתי קבוצות עיקריות: מילוי מבנים ימיים בחול, וניוד החול על קרקעית הים וברצועת החוף היבשה. בקבוצה הראשונה, משמש החול שנחפר בים להקמת רציפים וייבוש שטחים בנמלים ומעגנות ונגרע מתוך הסביבה הימית. בקבוצה השנייה, החול נחפר במקום מסוים בים או ברצועת החוף היבשה ומועבר למקום אחר שבו פועלים זרמים היכולים להמשיך להסיע אותו. המאמר הנוכחי סוקר את מקורות החול הימי לאורך חופי ישראל, מאפייניו הפיזיים והשימושים העיקריים בו בעבר ובהווה.

רקע פיזי

חופי ישראל – מאפיינים מורפולוגיים

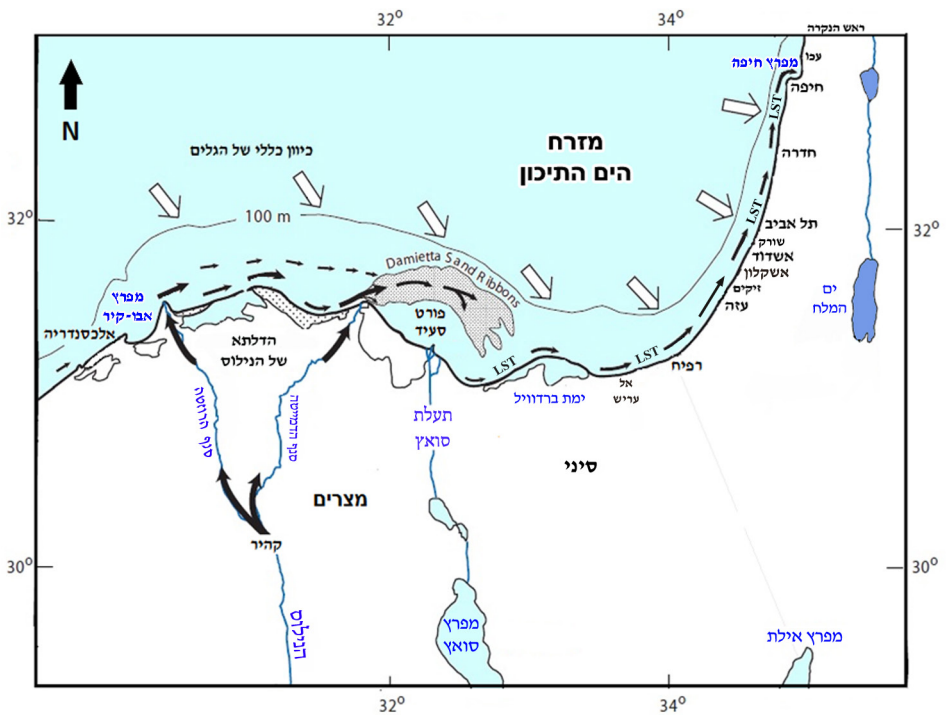
קו החוף הים תיכוני של ישראל נמשך לאורך כ-195 ק"מ, מזיקים בדרום ועד ראש הנקרה בצפון (איור 1). קו החוף קשתי וחלק, למעט ראש הכרמל הבולט אל הים, מפרץ חיפה ומספר בליטות חוף סלעיות (לדוגמה: יפו, עתלית, ראש עכו וראש הנקרה).

מרבית החופים מזיקים ועד צפון מפרץ חיפה הם חוליים ולעומתם מרבית החופים מצפון לראש עכו ועד ראש הנקרה (חופי הגליל המערבי) סלעיים. קטעי חוף רחבים (50–100 מ') משתרעים בעיקר בדרום ישראל (זיקים עד שורק) ובהמשכם דיונות רחבות, וקטעי החוף צרים (10–30 מ') שכיחים לאורך חופי השרון (צפון תל אביב עד חדרה) ובעורפם מתנשא מצוק כורכר שגובהו 10–50 מ'. מערבית לחופי ישראל משתרע מדף יבשת מתון שקצהו בעומק כ-100 מ' ורוחבו המרבי כ-20 ק"מ (Almagor and Hall 1984).

התא הליטורלי של הנילוס

חופי דרום-מזרח הים התיכון, ממפרץ אבו-קיר (ליד אלכסנדריה שבמצרים) ועד לצפון מפרץ חיפה, שייכים לתא חופי מהארוכים בעולם (650 ק"מ) המכונה התא הליטורלי של הנילוס (Inman and Jenkins, 1984) (איור 1). בתא חופי זה מתקיים מחזור סדימנטרי שלם הכולל: מקור (הנילוס) שסיפק את עיקר הסדימנטים לתא, זרמים המסיעים את הסדימנטים לאורך חופי התא, ואזורי שקיעה סופיים בהם מורבדים הסדימנטים היוצאים

מהמערכת הפעילה של התא. במהלך המאה ה-20 נעשו פעולות רבות לסכירת הנילוס, בראשם הקמת הסכרים באסואן. עקב כך, ירדה דרמטית ספיקת מימי הנהר ופחתו כמעט לחלוטין כמויות החול, הטין והחרסית הגדולות שהובלו אל הים התיכון (Nir 1989). כתוצאה מכך, התפתחו תהליכי סחיפה דרמטיים בחופי הדלתה ובמדף היבשת הרדוד מולם. מאז הקמת סכר אסואן "הגבוה" (1965), מהווים חופי הדלתה של הנילוס וקרקעית הים הסמוכה אליהם, מקור החול העיקרי המזין את התא הליטורלי של הנילוס. על פי הערכות יחלפו מאות שנים עד שמאגרי החול האדירים בדלתה יסחפו ויעלמו (Rohrlich and Goldsmith 1984). גם לאחר מכן יהיו עדיין עתודות חול גדולות מאוד לאורך חופי צפון סיני ורצועת עזה שיבטיחו את המשך הסעת החול אל חופי ישראל.



איור 1: מודל כללי של מסלול הסעת החול העיקרי לאורך חופי "התא הליטורלי של הנילוס", ממערב הדלתה של הנילוס ועד מפרץ חיפה (שונה על פי Inman 2003)

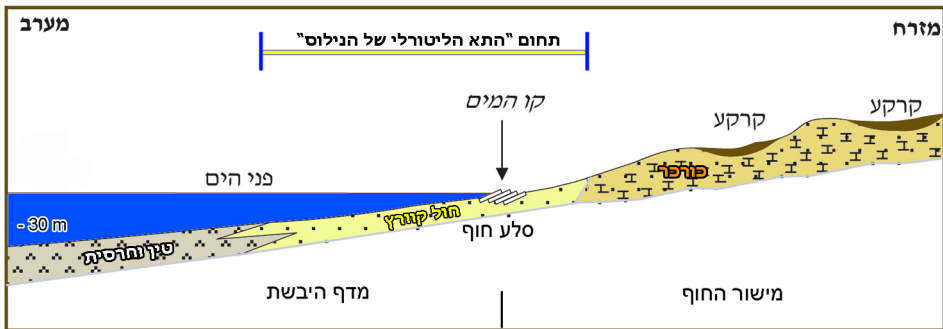
חופי ישראל – מאפיינים סדימנטולוגיים

חופי ישראל, מזיקים ועד צפון מפרץ חיפה וקרקעית הים הסמוכה אליהם, הם אגפו הצפוני של "התא הליטורלי של הנילוס". הסדימנט העיקרי הבונה חופים אלה ורבוד על קרקעית הים מולם, הוא חול קוורץ עדין גרגר (אלמוגי-לבין ואחרים 2012; Almagor et al. 1998; Nir 1984; Emery and Neev 1960; Hartman 1988). חול זה נוצר ברובו מבליית סלעי

גרניט השכיחים במדבר נוב (צפון-מזרח סודן). בחולות הנילוס מצויים גם מינרלים שחורים בכמויות קטנות, שהתבלו מסלעי בזלת הנפוצים ברמת חבש (אתיופיה). מינרלים אלה מהווים סמן של חולות הנילוס המבדיל אותם מחולות אחרים (Pomerancblum 1966; Stanley 1989).

בניגוד לחולות הקוורץ הבונים את מרבית חופי ישראל, הסדימנט העיקרי הבונה את חופי הגליל המערבי הוא חול קרבונטי בינוני עד גס גרגר. חול זה מורכב בעיקר מרסק צדפים, קונכיית ושלדים של בעלי חיים ימיים והוא תוצר של פעילות ביולוגית עשירה באזורי מצע סלעיים, השכיחים לאורך חופי הגליל המערבי (באומן 1972; גיא 1992; סיוון 1996; Emery and Neev 1960; Nir 1984).

רצועת החול לאורך חופי ישראל, משתרעת עד עומק מים של 30 ± 5 מ' ורוחבה המרבי כ-3 ק"מ (איור 2). מערבה, פוחתת משמעותית כמות החול בקרקעית מדף היבשת ואת מקומו תופסים סדימנטים דקים (טיין וחרסית) שמקורם בנילוס (אלמוגי-לבין ואחרים 2012; Almagor 1964; Almagor et al. 1998; Nir 1984; Sandler and Herut 2000; Stanley et al. 1989).



איור 2: חתך סדימנטרי סכמטי (ללא קנה מידה) לרוחב מישור החוף והאזור הרדוד של מדף היבשת (שונה על פי אלמגור ופרת 2012)

הסעת חול מהדלתה של הנילוס לחופי ישראל

עדויות מורפולוגיות מראות כי כיוון ההסעה העיקרי של החולות לאורך חופי הדלתה של הנילוס וצפון סיני הוא ממערב למזרח (Manohar 1981; Sharaf El Din and Mahar 1997; Stanley 1989; Zaghloul et al. 1982). הלאה לאורך חופי רצועת עזה ודרום ישראל, משתנה כיוון ההסעה העיקרי לצפון-מזרח וממשיך ומשתנה לצפון-צפון-מזרח לאורך חופי השרון והכרמל. בסוף מסעו עוקף החול את ראש הכרמל, נכנס אל מפרץ חיפה ושוקע בו (Carmel et al. 2007; Zviely et al. 2007; Perlin and Kit 1999; Emery and Neev 1960; Stanley 1985; איור 1).

הערכות כמותיות שבחנו את פוטנציאל הסעת החול (שטף החול) מהדלתה של הנילוס ועד דרום ישראל, מראות ירידה ברורה בכמות החול המוסעת לאורך החוף. לדוגמה: בפורט סעיד מוערך כי שטף החול הוא כמיליון מ"ק, נטו לכיוון דרום-מזרח בשנה ממוצעת (Khalifa et al. 2009) והוא פוחת באל עריש ל-700 אלף מ"ק, נטו לכיוון מזרח-צפון-מזרח בשנה ממוצעת (Frihy et al. 2002). הלאה במרכז רצועת עזה ממשיך לרדת שטף החול לכ-350 אלף מ"ק, נטו לכיוון צפון-מזרח בשנה ממוצעת (Bosboom 1996; Delft Hydraulics 1994) וסמוך אליו בחוף זיקים לכ-300 אלף מ"ק, נטו לכיוון צפון-מזרח בשנה ממוצעת. ראוי לציין כי הערכות שטף אלה מיוחסות רק להסעת החול המתרחשת על ידי זרמים מושרי-גלים (wave-induced longshore currents) הנוצרים באזור החופי (littoral zone), ואינן לוקחות בחשבון את הסעת החול המתרחשת על ידי זרמים מושרי-רוח (wind-induced longshore currents) (Kit and Sladkevich 2001). תרומת הזרמים מושרי-רוח להסעת החול באזור החופי היא זניחה, אולם מחוץ לאזור המשברים (breaker zone) ועד עומק מים של כ-30 מ', היא משמעותית מאוד (צביאלי 2006). לפי הערכה ראשונית, כמות הסעת החול לאורך חופי רצועת עזה וישראל, המתרחשת על ידי זרמים מושרי-רוח, היא כ-100 אלף מ"ק, נטו לכיוון צפון בשנה ממוצעת (פרופ' אליעזר קיט, מידע בע"פ 2018). מכאן שאם מסכמים את כמויות שטף החול בחוף זיקים ("שער הכניסה הדרומי לישראל"), המוסעות על ידי זרמים מושרי-גלים ומושרי-רוח גם יחד, אזי ניתן להעריך כי בשנה ממוצעת "מקבלת" ישראל כמות חול נטו של כ-400 אלף מ"ק.

כריית חול בחופים

עד ראשית המנדט הבריטי, נעשה שימוש בלבנים שנחצבו וסותתו מסלעים מקומיים להקמת מבנים (לדוגמה: כורכך, סלע חוף, גיה, דולומיט ובזלת). לאחר הקמת בית החרושת למלט "נשר" בשנת 1923, החלה בנייה של בתים מלבני בטון ולבני סיליקט, ששולבו באלמנטים יצוקים של בטון ופלדה. לצורך ייצור הבטון נדרש מלט וחול שנכרה באותם זמנים מהחופים והדיונות במישור החוף. עד שנות ה-30, התבצעה כריית החול באופן ידני והובלתו בעיקר על ידי גמלים והחל משנות ה-40 גם באמצעים מכניים. לאחר מלחמת העצמאות, הוקמו במהירות עשרות אלפי בתים ושיכונים חדשים, דבר שדרש כמויות חול גדולות שניכרו באזור החוף. חול זה הכיל בתוכו חלקי כורכך ורסק צדפים אשר טייבו את איכות הבטון, וזאת בהשוואה לבטון שיוצר מחול הומוגני שנכרה בדיונות בפנים היבשה, שהיו מרוחקות מאות מטרים עד קילומטרים ספורים מהחוף. שיטת כריית החול בשפת הים הייתה באמצעות דחפורים, אשר גילחו את פני החוף עד לגובה פני הים וכן יצרו בורות חפירה בעומק של מספר מטרים. בקטעי חוף שבהם הפריעו סלעי חוף (beachrock) לפעילות הכרייה, הם רוסקו ונעקרו ממקומם ונערמו בעורף החוף. על פי הערכה, עד סוף תקופת המנדט ניכרו בחופי ישראל כ-6 מיליון מטרים מעוקבים (מ"ק)

של חול, ועוד כ-4 מיליון מ"ק בשנים 1964–1948 (ניב ואחרים 1963; ניר 1976). כתוצאה מהכרייה האינטנסיבית, נוצר גירעון מקומי במאזן החול בקטעי חוף רבים, דבר שגרם לנסיגת קו החוף שלהם מזרחה וצמצום רצועת החוף היבשה בעשרות מטרים (דוח ועדת הזיפיץ 1964: נספחים 1 ו-4). בשנת 1964 הוקמה ועדה לבדיקת נושא כריית החול בחוף הים, שהמליצה על הפסקת הכרייה באזור החוף והפניית הכורים לאזורי הדיונות. בעקבות המלצת "ועדת הזיפיץ", הוציא שר הפיתוח והשיכון דאז יוסף אלמוגי, ביום 31.5.1964, צו בדבר הכרזת אזור סגור האוסר בין השאר כריית חול בשטח שגבולו 150 מ' מזרחה לקו חוף הים התיכון ו-150 מ' מערבה לו. עקב הצו הופסקה פעילות הכרייה המאורגנת על ידי אגודות הכורים השיתופיות (לדוגמה של קיבוץ החותרים וקיבוץ פלמחים). מרבית חופי ישראל שבהם התקיימה כריית חול אינטנסיבית השתקמו עם השנים, עם זאת חלק מהחופים (כמו לדוגמה בגליל המערבי חשופים מחול גם היום).

פעילויות ושימושים עכשוויים בחול ימי

מילוי מבנים ימיים

במהלך המאה ה-20, הוקמו לאורך חופי ישראל נמלים ומעגנות (מרינות), הכוללים רציפים ושטחי תפעול נרחבים. לצורך ההקמה, נדרשו כמויות חול גדולות שנחפרו מקרקעית הים בסביבת מבנים ימיים אלה. לפי הערכה, כמות החול הכוללת ששימשה למילוי הרציפים ושטחי תפעול בנמלים ובמעגנות במאה ה-20 היא כ-10 מיליון מ"ק, מתוכם כ-4.3 מיליון מ"ק להקמת נמל חיפה והרחבתו עם השנים (דן דיקסטרו, מידע בע"פ 2018). מתחילת המאה הנוכחית, חל גידול דרמטי בכמויות החול שנחפרו בסביבת נמלי חיפה ואשדוד, לצורך הקמת רציפי מכולות חדשים. עיקר החול נוצל למילוי מסוף "הכרמל" (2.3 מיליון מ"ק), מסוף "איתן" (רציפי נמל "היובל") (2.5 מיליון מ"ק), מסוף נמל "המפרץ" (כ-2.10 מיליון מ"ק) (איור 3) ומסוף נמל "הדרום" (כ-9 מיליון מ"ק).

שמירת עומקי תפעול בנמלים ומעגנות

חפירת חול וסדימנטים אחרים בקרקעית הים בסביבתם של מבנים ימיים בישראל, מבוצעת גם לצורך שמירת עומקי התפעול של כלי השיט העוגנים בהם. פעולות שגרתיות אלה מבוצעות בנפחים גדולים בתעלות השיט, פתחי הכניסה, מעגלי התמרון וליד הרציפים בנמלי אשדוד וחיפה, וכן באופן מצומצם בפתחי הכניסה ובאזורים נוספים בנמלי קצא"א (אשקלון) וחדרה, במרינות (אשקלון, אשדוד, תל אביב והרצליה) ובמעגנות אחרות (מעגן "אשכול", נמל יפו, מעגן "רידינג", נמל עכו).

מרבית כמויות החול שנחפרו באזורי השיט והעגינה של האוניות בנמלים, שימשו כאמור לעיל להקמת רציפי מכולות חדשים. יתר הכמויות הוטלו במים עמוקים או סמוך לחופים,

בהתאם לגודל גרגר החול ותכולת המזהמים בהן. ראוי לציין סדימנטים מזהמים (בכלל זה: חול, טין, חרסית ומשקעי נמל), סולקו לאתרי הטלת פסולת ימית ("אפסילון" ו"אלפא") הנמצאים במים עמוקים, הרחק מעבר למדף היבשת של ישראל.

בניגוד ליעדי ההטלה של החול שנחפר בנמלים, החול שנחפר בסביבת המרינות והמעגנות הוטל ברובו במים רדודים (עומקים 5–10 מ') ובמרחק של עד כ-5 ק"מ צפונה מאזור החפירה. מהנתונים הקיימים ניתן להעריך כי כמות החול הנחפרת בשנה רגילה בכלל המרינות והמעגנות בישראל היא 100–200 אלף מ"ק. למרות פעילות שכיחה זו, אין נתונים של כלל כמויות החול שנחפרו עד כה בסביבת המרינות והמעגנות. יתר על כן, לא תמיד נוצלו במלואן כמויות החול שאושרו לחפירה על ידי הרשויות.



איור 3: ייבוש בחול של שטח מסוף המכולות בנמל "המפרץ", על ידי אוניית המחפר "שחף" (צולם על ידי עמרי בן אליהו, 16.11.2017)

העברת חול באזור נמל אשדוד ונמל חיפה

משנות ה-60 ועד שנות ה-90 (כולל), הוקמו לאורך חופי ישראל נמלים, מעגנות, עשרות שוברי גלים מנותקים ומבנים ימיים קטנים אחרים. כלל המבנים הימיים הפריעו ועדיין מפריעים באופן זה או אחר למשטר הזרמים הטבעי בסביבתם, וכתוצאה מכך התפתחו שינויים מורפולוגיים מקומיים בקרקעית הים ובחופים הסמוכים להם (אלמגור ופרת 2012;

דרור, 2017; ניר 1976, 1989; צביאלי 2000, 2006; Golik and Rosen 1999). למרות שהתפתחה סחיפת חול ברורה לאורך קטעי חוף רבים הסמוכים למבנים הימיים, לא נקטו הרשויות בישראל פעולות לתיקון המצב.

במהלך שנות ה-90, חל שינוי בגישת גורמי התכנון והסביבה, בהקשר לפעולות הנדרשות להתבצע על מנת להפחית את ההפרעה של המבנים הימיים על הסעת החול הטבעית לאורך החוף. כפועל יוצא מכך ועל פי הוראות תוכנית המתאר הארצית תמ"א 13/ב/2 ("נמל היובל"), נדרשה לראשונה רשות הנמלים והרכבות דאו (חברת נמלי ישראל כיום) להעביר חול שהצטבר מדרום לנמל אשדוד לאזורים מצפון לו.

במהלך השנים 2000–2004, נחפרו בקרקעית הים (עומקים 6–10 מ') בין מרינה ונמל אשדוד כמויות חול גדולות, שהוטלו מצפון לתחנת הכוח "אשכול", בעומקים 6–10 מ'. פעולות העברת החול התקיימו ארבע פעמים ובכל פעם הועברה כמות חול של כ-180 אלף מ"ק (סה"כ כ-720 אלף מ"ק). עקב נסיגה של עשרות מטרים שהתפתחה בקו החוף מדרום לנמל אשדוד ולאחר פנייה בנושא של עיריית אשדוד למשרד להגנת הסביבה, הוחלט להשהות את המשך העברת החול עד לבירור הסיבות לנסיגה.

במאי-אוגוסט 2011, חידשה חברת נמלי ישראל (להלן חנ"י) את העברת החול מדרום לנמל אשדוד לאזורים שמצפון לו. במהלך פעילות זו נחפרה מדרום לנמל כמות חול של כ-99 אלף מ"ק שימשה להזנת קטע חוף הנמצא מצפון לתחנת הכוח "אשכול" (ראה הזנת חופים בהמשך) (צביאלי 2014). העברות חול נוספות בוצעו על ידי חנ"י באפריל-מאי 2013 (103 אלף מ"ק) ובספטמבר 2016 (כ-100 אלף מ"ק). החול שנחפר בשנים 2013 ו-2016 הותז לכיוון החוף על ידי אוניית המחפר ELBA, תוך כדי הפלגתה על קו עומק 5 מ'. נתיב ההפלגה נמשך לאורך מספר קילומטרים, מצפון לתחנת הכוח "אשכול" (צביאלי 2017). ראוי לציין כי העברת החול באזור נמל אשדוד מאז שנה 2011, נערכה במסגרת "מנגנון ניהול משאב החול החופי", שפעולותיו, גבולות אחריותו והרכב צוותו, נקבעו בנספח להוראות תמ"א 13/ב/1/א' ("נמל הדרום") (צביאלי 2014).

בשנים האחרונות, בוצעו גם מספר העברות חול מאזור שובר הגלים הראשי של נמל חיפה לחופי קריית חיים. העברת החול הראשונה בוצעה על ידי חנ"י בנובמבר 2011 ובפברואר 2012 ובמהלכה הוזנה כמות חול של 50.6 אלף מ"ק, מול חופי הרחצה של קריית חיים. החול, נחפר משטח יעודי לאורך שובר הגלים הראשי של הנמל, שהוגדר בהוראות תמ"א 13/ב/1/א (פרויקט הכרמל – שלב א') כמקור להזנת חופי הקריות וחופי הכרמל. פעילות דומה בוצעה על ידי חברת תשתיות נפט ואנרגייה (תש"ן) באוקטובר 2016 ובמהלכה הוזנה כמות חול של 100 אלף מ"ק, לאורך גדר חוות מיכלי הדלק בדרום קריית חיים. העברת החול האחרונה בוצעה על ידי חנ"י במאי-יוני 2017 ובמהלכה נחפרה כמות חול

של 185,000 מ"ק משטח מרוחק יותר משובר הגלים הראשי של נמל חיפה, שסומן כמקור חול למלוי מסוף המכולות של "נמל המפרץ". כלל כמות החול שנחפרה בפעם האחרונה, הוזנה לאורך החוף בחלק הדרומי של חוות המיכלים.

הזנת חופים בחול

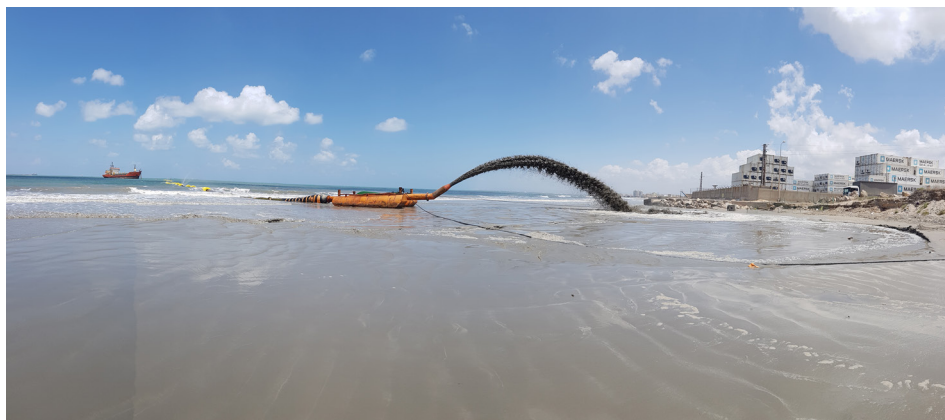
הזנת חופים בחול (sand beach nourishment) הינה שיטה "רכה" (soft solution) להרחבת חופים ו/או להגנתם מפני תהליכי סחיפה, המתרחשים עקב גורמים טבעיים ואנושיים. באמצעות שיטה זו מוסיפים לחוף חול ממקור חיצוני, באמצעים טכנולוגיים שונים. עבודות שבוצעו בסביבת נמלי אשדוד וחיפה בשנים האחרונות, הראו כי הטלת חול על קרקעית הים בעומקים גדולים מ-5 מ', אינה תורמת ישירות להרחבת חופים הנמצאים מול אזור ההטלה שנסחפו וככל הנראה רוב החול המוטל ממשיך ונע הלאה לאורך החוף ומתפזר על קרקעית הים ו/או מורבד בחופים רחוקים יותר. לאור זאת הוחלט במשרד להגנת הסביבה לשנות את שיטת ההטלה ולהזין את החול הנקי שנחפר בסביבת הנמלים, כמה שניתן סמוך לחוף.

הזנת חול ראשונה, בוצעה במאי-אוגוסט 2011 לאורך קטע של כקילומטר, שגבולו הדרומי נמצא כ-1.5 ק"מ מצפון למוצא מי הקירור של תחנת הכוח "אשכול". סך כמות החול שהוזנה הייתה כ-314 אלף מ"ק, מתוכה כ-99 אלף מ"ק חול נחפרו כאמור לעיל בין מרינה ונמל אשדוד וכ-215 אלף מ"ק נחפרו בתחום נמל אשדוד. הזנת החול בסמוך לחוף, בוצעה באמצעות צינור גמיש שדרכו הזרם חול רווי מים מאוניית המחפר EDT SIMI, שעגנה בעומק של כ-6 מ'. בסיום ההזנה התרחב החוף בעשרות מטרים ומרבית סלעי החוף שהיו חשופים כוסו בחול. בסיור שנערך באביב 2012 מצפון למוצא מי הקירור של תחנת הכוח "אשכול", לא נראה זכר להזנת החול המסיבית ולאורך קו המים נחשפו מחדש סלעי החוף (צביאלי 2014). מיפוי בתימטרי שבוצע ביולי 2012, הראה כי מחצית מכמות החול שהוזנה יצאה מתוך האזור והמחצית האחרת נדדה לחלק העמוק שלו (Sladkevich et al. 2012) בנסיבות אלה הוחלט במסגרת "מנגנון ניהול משאב החול החופי", לא להמשיך עם פעולות ההזנה בסמוך לקו החוף ולנסות להבין ולחקור את הסיבות לשרידות קצרת המועד של ההזנה.

שני קטעי חוף נוספים בהם בוצעה הזנת חול מסיבית בשנים האחרונות, נמצאים בקריית חיים. הסיבה להזנת החול, היא סחיפה חריפה שהתפתחה בחוף בדרום חוות המיכלים (צביאלי 2016) ובחופי הרחצה המוכרזים של קריית חיים (צביאלי 2017א). הזנת החול הראשונה, בוצעה כאמור לעיל בנובמבר 2011 ובפברואר 2012 ובמהלכה הוזן חול בארבע נקודות, מחוף "כאן" בצפון ועד חוף "יהודית נאות" בדרום (כ-800 מ'). עקב מגבלה טכנית של צינור הזנה קצר יחסית שהיה זמין באותם ימים, הוזן החול בעומק 3 מ' ולא בסמוך יותר

לחוף. עדויות שנאספו לאחר סיום ההזנה, הראו כי לא חל שינוי ברוב חופי קריית חיים ולעומת זאת נצפו דיונות קטנות צפונה משם בחזית הטיילת בדרום קריית ים. באפריל 2016, ביצעה חנ"י הזנת חול בכמות של 45 אלף מ"ק לאורך חוף "יהודית נאות" (300 מ') וכן הזינה ב-25 אלף מ"ק נוספים קטע חוף קצר (100 מ') בחלק המרכזי של גדר חוות המיכלים. הזנה נוספת לאורך קטע של 500 מ' בחלק הדרומי של הגדר, בוצעה על ידי תש"ן באוקטובר 2016, בכמות של 100 אלף מ"ק. כשבועיים לאחר סיום הזנת החול, החלה להתפתח סחיפה ברצועת החוף החדשה שנבנתה, וזאת עקב ים גבה גלי. ב-17 לנובמבר פקדה את מפרץ חיפה סערת גלים אופיינית ובמהלכה רוב כמות החול שהוזנה לאורך החלק הדרומי של הגדר נסחפה. בתחילת דצמבר 2016, פקדה את אזורנו סערה גלים קיצונית ובמהלכה נמדדו מחוץ למפרץ חיפה גלים שגובהם המשמעותי הגיע ל-5.2 מ' וגובהם המקסימלי עד כ-10 מ'. כשבוע לאחר הסערה ניכר היה כי לאורך החלק הדרומי של הגדר נותרה רצועת חוף יבשה צרה מאוד ועד סוף החורף גם היא הוצפה. עקב ניתוק המעבר הרגלי לאורך גדר חוות המיכלים וכן סחיפה חריפה שהתפתחה בחוף "חלוצי התעשייה" הנמצא מדרום אליה, ביקש המשרד להגנת הסביבה מחנ"י לבצע הזנת חול נוספת. לאור זאת ביצעה חנ"י בחודשים מאי-יוני 2017, הזנת חול בכמות של 185 אלף מ"ק, בקטע המשתרע מדרום לנקז "חלוצי התעשייה" ועד מרכז חוף חוות המיכלים (כ-600 מ'). בסיום ההזנה התרחב קטע החוף שהוזן ב-40 מ' בממוצע ושרד עד סוף הסתיו. בראשית החורף (דצמבר 2017) החלה מחדש להתפתח סחיפה בחלק הדרומי של הגדר ועד אמצע ינואר 2018 הגיעו כבר מי הים אליה. במצב הנוכחי (שלהי סתיו 2018) מציף הים בקביעות קטע חוף שאורכו כ-300 מ' בדרום חוות המיכלים.

אזור נוסף שבו בוצעה הזנת חול בשנים האחרונות, הוא חוף "ברנע" הנמצא בצפון חוף אשקלון. חוף זה משתרע מצפון לשוברי הגלים המנותקים של מרינה אשקלון ובעורפו מצוק כורכר תלול ובלתי יציב, שנסוג עד כ-30 מ' מאז שהוקמה המרינה (1995–1997). באוגוסט 2015, ביצעה החברה הממשלתית להגנת מצוקי חוף הים התיכון בע"מ (להלן: החברה להגנת המצוקים) הזנת חול ראשונה לאורך קטע של 700 מ' מחוף "ברנע" (איור 5). לצורך ההזנה הועברה כמות חול של 71 אלף מ"ק, שנחפרה לצורך שמירת עומקי התפעול בנמל קצא"א (אשקלון). הזנת החול בוצעה מקו החוף ועד עומק מים של 2 מ', באותה שיטה שיושמה על ידי חברת EDT מצפון לנמל אשדוד ובחופי קריית חיים. בסיומה ההזנה התרחב החוף ב-30 מ' לערך, אולם נסוג חזרה לרוחבו המקורי במהלך חורף 2015–2016. בשנתיים האחרונות ביצעה החבר להגנת המצוקים פעולות נוספות של הזנת חול וזאת באמצעות צינור פלסטיק באורך כקילומטר, שהונח לאורך שפת הים. דרך צינור זה הוזרם חול לחוף "ברנע", שנשאב מקרבת פתח מרינה אשקלון. ההזנה גרמה להתרחבות מסוימת של החוף, שגם היא לא שרדה זמן רב.



איור 4: הזנת חול סמוך לקו המים בחוף "חלוצי התעשייה" (דרום קריית חיים), על ידי אוניית המחפר "EDT SIMI" (23.5.2017)



איור 5: הזנת חול סמוך לקו המים, לאורך המצוק בחוף "ברנע" (צפון אשקלון) (21.7.2015)

העברת חול בחופי רחצה

השיטה המקובלת כיום בישראל להרחבה עונתית של חופי רחצה מוכרזים, היא ניווד חול מחופים סמוכים על ידי משאיות וטרקטורים. שיטה זו המיושמת בתל אביב, חיפה, הרצליה וכן בערים ומועצות אזוריות נוספות, מבוצעת בדרך כלל על ידי אגפי התפעול ומחלקות החופים של הרשות המקומית. גופים אלו משנעים טרם עונת הרחצה, אלפי מטרים מעוקבים של חול ואף יותר, בין חופים הנמצאים בתחום שיפוטם.

הנחת העבודה היא שהחול שנכרה בחוף המקור מתמלא מחדש תוך מספר חודשים ועל בסיס ניסיון העבר קובעת העיריה את כמות החול המועברת לחוף היעד. עם זאת ישנן שנים שבהן לא מצטבר מספיק חול בחוף המקור ואז גם בחוף זה מפתחים תהליכי סחיפה, העלולים לפגוע בו קשות. ראוי לציין כי נושא העברת החול על ידי העיריות אינו מוסדר על ידי הרשויות הממשלתיות וברוב הפעמים העברת החול מתבצעת ללא ידיעת גורמי המקצוע במשרד להגנת הסביבה, האמונים על הגנת הסביבה החופית.

הטמנת צנרת ימית

במהלך המאה ה-20, הונחו על קרקעית הים החולית לאורך חופי ישראל, עשרות צינורות תת-ימיים לצרכים שונים (לדוגמה: הזרמת דלקים לחוף ממקשרים ימיים, והזרמה לים של שפכים מטופלים, תמלחות ונגר עירוני). לכל אלה הצטרפו ב-15 השנים האחרונות צינורות שאורכם עשרות קילומטרים רבים, השייכים למערך הולכת הגז הטבעי בים ותפעולו, וכן צינורות בעלי קוטר גדול במיוחד (1.5–2.5 מ') השייכים למתקנים להתפלת מי ים שהוקמו באשקלון, אשדוד, פלמחים, שורק וחדרה. כלל הצינורות לעיל שינו מקומית את המורפולוגיה של קרקעית הים החולית בסביבתם וכתוצאה מכך נוצרו לעיתים בעיות בטיחות המסכנות את שלמות הצינורות ובמספר מקרים אף פגעו בהם, דבר שגרם במצב הטוב לנזק כספי ובמצב הרע לאירוע של זיהום ים בשמן.

על מנת להטמין בקרקעית הים החולית צנרת של מערך הגז הטבעי או צנרת התפלה, נחפרה בדרך כלל תעלה שרוחבה 20–100 מ', עומקה 2–5 מ' מפני הקרקעית הטבעית, וכמות החול שנכרתה בה עשרות עד מאות אלפי מטרים מעוקבים. החול שנחפר בתוואי התעלה, הוטל לרוב על קרקעית הים באתר אכסון זמני הסמוך אליה, במטרה להשתמש בו לכיסוי התעלה לאחר הנחת הצנרת בתוכה. לעיתים החול נסחף מאזור האכסון הזמני וכפתרון לבעיה שנוצרה ביקשו בעלי הצנרת מהמשרד להגנת הסביבה, להקצות חול לכיסוי התעלה משטח חלופי בים. מאחר והחול הימי הוא משאב טבע יקר מציאות ולכרייתו בקרקעית הים ישנן משמעויות סביבתיות, לא תמיד אישר המשרד בקשות אלה.

סיכום ומסקנות

1. מאז סיום הקמת השלב הראשון של סכר אסואן הגבוה (1965), מהווים חופי הדלתה של הנילוס וקרקעיתה מקור חול עיקרי המזין את "התא הליטורלי של הנילוס". על פי הערכות יחלפו מאות שנים עד שמאגרי החול האדירים בדלתה יסחפו ויעלמו. גם לאחר מכן יהיו עדיין עתודות חול גדולות מאוד לאורך חופי צפון סיני ורצועת עזה שיבטיחו את המשך הסעת החול אל עבר חופי ישראל.

2. לפי הערכה, כמות החול המוסעת כיום אל דרום ישראל מרצועת עזה, היא כ-400 אלף מ"ק, נטו בכיוון צפון בשנה ממוצעת. כמות זו כוללת את החול המוסע באזור החופי על ידי זרמים מושרי-גלים (כ-300 אלף מ"ק) וכן את החול המוסע מחוץ לאזור המשברים עד עומק מים של כ-30 מ', על ידי זרמים מושרי-רוח (כ-100 אלף מ"ק).
3. אם מניחים שבאלפי השנים האחרונות לא השתנו דרמטית ולפרקי זמן של מאות שנים מאפייני הסעת החול לאורך חופי ישראל (צביאלי 2006; Zviely et al. 2007), אזי ניתן להעריך, לדוגמה, כי ב-4,000 השנים האחרונות (בהן מפלס הים באזורנו היה דומה להיום) הוסעה אל ישראל מרצועת עזה כמות חול אדירה בסדר גודל של 1.6 מיליארד מ"ק. כמות חול זו התפזרה בעיקר על מדף היבשת הרדוד מזיקים ועד צפון מפרץ חיפה, ריפדה את החופים ונושבה גם פנימה אל מרחבי הדיונות במישור החוף. המסקנה מכך היא שגם אם בעתיד תפסק לחלוטין הסעת החול מרצועת עזה לישראל, עדיין יהיו זמינות במדף הרדוד של ישראל כמויות חול אדירות לצרכים שונים של המשק. האתגר הגדול יהיה כיצד לנצל ולנהל משאב חיוני זה, בלי לפגוע במורפולוגיה של החופים ובערכי טבע אחרים.
4. מתקופת המנדט הבריטי ועד שנת 1964, ניכרו בחופי ישראל כ-10 מיליון מ"ק חול, אשר שימשו להקמת היישוב העברי בארץ ישראל ובניין המדינה בראשית דרכה. כמויות חול נוספות ניכרו בחופים גם לאחר איסור הכרייה, אולם אין נתונים אודותם. עם השנים התרחבו מחדש מרבית החופים שבהם התקיימה כריית חול מסיבית והטראומה הסביבתית שפעילות זו הותירה, ניכרת כיום רק במספר מוגבל של קטעי חוף שעדיין נותרו סחופים (לדוגמה מצפון לנמל אשדוד).
5. עבודות ומחקרים מראים כי רוב המבנים הימיים שהוקמו בישראל מאז שנות ה-60, מפריעים להסעת החול לאורך החוף וכתוצאה מכך התפתחו שינויים מורפולוגיים חיוביים ושליילים בקרקעית הים בסביבתם ובחופים הסמוכים להם. למרות כי בחלק מהחופים הסמוכים למבנים ימיים התפתחה סחיפה משמעותית (לדוגמה: מצפון לנמל קצא"א באשקלון, מצפון לשוברי הגלים המנותקים של מרינה אשקלון, מצפון לנמל אשדוד ומצפון לשוברי הגלים המנותקים של מרינה הרצליה), לא נכון להסיק מכך כי קיימת בעיה כללית של חוסר בחול לאורך חופי ישראל, שרבים בציבור אף קושרים אותה בטעות להקמת סכר אסואן.
6. אם אכן היה חוסר בחול לאורך חופי ישראל, אזי צפוי היה שבעשרות השנים האחרונות תתפתח מגמה ברורה וכוללת של נסיגה ברוחב החופים. העובדות מראות תמונה שונה, המלמדת כי הנסיגה התפתחה בעיקר בחופים בהן הייתה כרייה מסיבית של חול לבנייה ובקטעי חוף הנמצאים בצדם של מבנים ימיים, הפונה אל "מורד" הזרם לאורך החוף. לעומת זאת בחופים שבהם לא הייתה כרייה או שאינם סמוכים למבנים ימיים,

לא נצפה שינוי מהותי ברוחב החוף בעשרות השנים האחרונות (דרור, 2017). יתר על כן, בקטעי חוף הנמצאים בצדם של מבנים ימיים, הפונה אל "מעלה" הזרם לאורך החוף (לדוגמה: מדרום לנמל קצא"א באשקלון, מדרום לנמל אשדוד, מצפון לשוברי הגלים המנותקים בחוף נתניה ומצפון לתחנת הכוח בחדרה) חלה דווקא התרחבות מהותית של החופים.

7. כמות החול שנחפרה במדף היבשת ונעשה בה שימוש למילוי רציפים ושטחי תפעול בנמלים ובמעגנות, מהקמת נמל חיפה (1929–1932) ועד סיום הקמת נמל "הדרום" (צפי דצמבר 2018), היא כ-34 מיליון מ"ק. מתוך כמות זו, נעשה שימוש בכ-24 מיליון מ"ק חול להרחבת נמלי אשדוד וחיפה, בשנים 2000–2018. הגידול הדרמטי שחל בכמויות החול שנדרשו למילוי רציפי הנמלים החדשים, מחייב תשומת לב רבה, ניטור רב-שנתי ומעקב רצוף אחר ההשפעות על הסביבה הימית והחופית, העלולות להתפתח בטווח הזמן הקרוב והרחוק כתוצאה מחפירה מסיבית זו.

8. כחלופה סביבתית "רכה" לבעיות מקומיות של סחיפת חופים, בוצעו לראשונה בישראל הזנות חול מצפון לנמל אשדוד (2011), בקריית חיים (2011, 2016–2017) ובצפון אשקלון (2015). פעולות ההזנה בוצעו סמוך ככל הניתן לקו החוף, בכמויות חול שונות (עשרות עד מאות אלפי מ"ק בכל פעם) ובדרך כלל באביב או בסתיו. בסיום ההזנה, התרחבו קטעי החוף בעשרות מטרים ולכאורה הושגה המטרה. אולם תוך שבועות עד חודשים ספורים מסיום ההזנה, התפתחה מחדש סחיפה בחופים ועד סיום החורף הקרוב חזרו שוב לרוחבם המקורי. הסיבות לשרידות קיצרת המועד של פעולות הזנת החול עדיין נחקרות. כמו כן נצבר נסיון שמראה כי הזנת חול בכמות של 300 מ"ק למטר רץ, שתבוצע בראשית האביב, עשויה לאפשר לציבור הרחב להנות מחופי רחצה רחבים בעונות הקיץ והסתיו.

9. היוזמה של עיריות ומועצות אזוריות לפתור בעיות מקומיות של סחיפת חופי רחצה, על ידי שינוע חול מחופים סמוכים הנמצאים בתחום שיפוטן, נותנת מענה עונתי לצורכי הציבור. עם זאת מאחר וההחלטה לגבי מקור החול המיועד להעברה וכמותו מסתמכת בדרך כלל על "הנסיון" של אנשי הרשות המקומית ולא על ידי מומחה בר סמכא, קיים סיכון לפגיעה קשה במורפולוגיה של החוף שממנו נכרה החול.

10. לשימושים בחול הימי היבטים סביבתיים, כלכליים וחברתיים ומכאן החשיבות המדעית לעיסוק בו. כמו כן לאור הצרכים ההולכים וגדלים לחול זה והסכנה הממשית לפגיעה בסביבה הימית עקב השימושים בו, קיימת חשיבות רבה לקביעת מדיניות לאומית ברת קיימא לניהול משאב ייחודי זה.

מקורות

- אלמגור, ג', פרת, א' 2012. *חוף הים התיכון של ישראל*. המכון הגיאולוגי, דוח GSI/28/2012, מהדורה שלישית מורחבת, ירושלים, 438 עמ'.
- אלמוגי-לבין, א', קלבו, ר', אלישיב, ה', אמית, ר', הרלבן, י', חרות, ב' 2012. מאפייני הסדימנט של מדף היבשת הים תיכוני הרדוד של ישראל (10-100 מ'). דוח משרד האנרגיה והמים, ES-57-2012, המכון הגיאולוגי GSI/27/2012, ודוח החברה לחקר ימים ואגמים, H68/2012: 33 עמ'.
- באומן, ד' 1972. *אכזיב ראש הנקרה*. מורפולוגיה וסדימנטים של רצועת החוף. המחלקה לגיאוגרפיה, האוניברסיטה העברית, ירושלים, 53 עמ'.
- גיא, ר' 1992. *הגיאומורפולוגיה של אזור החוף בין נהריה וראש הנקרה בהולוקן*. עבודת גמר לקבלת תואר מוסמך, החוג לציויליזציות ימיות, הפקולטה למדעי הרוח, אוניברסיטת חיפה, 174 עמ'.
- דוח ועדת הזיפיץ. 1964. *מוגש לשר הפיתוח והשיכון*, ירושלים, 33 עמ' ונספחים.
- דרור, א' 2017. *שינויים מורפולוגיים בחופי הים התיכון של ישראל*. חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה", החוג לגאוגרפיה ולימודי סביבה, הפקולטה למדעי החברה, אוניברסיטת חיפה, 130 עמ' ונספחים.
- ניב, ד', ניר, י', פומרנצבלום, מ' 1963. *הבעיות הכרוכות בכרית זיפיץ בחופי הים התיכון של ישראל*. המכון הגיאולוגי, דוח קג"ר 19/63 עמ'. נספח לדוח ועדת הזיפיץ – מוגש לשר הפיתוח והשיכון, פברואר 1964, ירושלים.
- ניר, י' 1976. *שוברי-גלים מנותקים, דרבנות, וגופים מלאכותיים אחרים בחוף הים התיכון, והשפעתם על מבנה החוף של ישראל*. המכון הגיאולוגי, דוח מס' ג"י/76, ירושלים, 34 עמ'.
- ניר, י' 1989. *חופי הים התיכון של ישראל וצפון סיני – היבטים סדימנטולוגיים*. המכון הגיאולוגי, דוח GSI/39/88, ירושלים, 130 עמ'.
- סיוון, ד' 1996. *פלאוגיאוגרפיה של חוף הגליל ברביעון*. המכון הגיאולוגי, דו"ח GSI/18/96. העבודה הוגשה כחיבור לשם קבלת "דוקטור לפילוסופיה", במחלקה לגיאולוגיה, המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים, 214 עמ'.
- צביאלי, ד' 2000. *השפעת הקמת המרינה בהרצליה על רוחב החופים בסביבתה*. עבודת גמר לקבלת תואר מוסמך, החוג לגאוגרפיה, אוניברסיטת חיפה, 101 עמ'.

צביאלי, ד' 2006. תהליכים סדימנטולוגיים במפרץ חיפה והקשרם לתא הליטורלי של הנילוס. חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה", החוג לגאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה, 211 עמ'.

צביאלי, ד' 2014. שינויים מורפולוגיים בסביבת נמל אשדוד בשנים 2000-2012. הוכן עבור המשרד להגנת הסביבה, על ידי דב צביאלי – תהליכים חופיים וימיים בע"מ, זיכרון יעקב, 29 עמ'.

צביאלי, ד' 2016. חוות דעת בהקשר לסיבות לסחיפת רצועת החוף החולית לאורך גדר חוות המיכלים של תש"ן בקרית חיים, והמלצות לשיקום חופי הקריות והמשך הבנייה של הגדר החדשה. הוכן עבור המשרד להגנת הסביבה, על ידי דב צביאלי – תהליכים חופיים וימיים בע"מ, זיכרון יעקב, 21 עמ'.

צביאלי, ד' 2017א. שינויים מורפולוגיים בפרופיל החוף החולי לאורך חופי דרום-מזרח מפרץ חיפה בשנים 1997-2016. הוכן עבור המשרד להגנת הסביבה, על ידי דב צביאלי – תהליכים חופיים וימיים בע"מ, זיכרון יעקב, 8 עמ' ונספח פרופילים.

צביאלי, ד' 2017ב. שינויים מורפולוגיים לאורך חופי אשדוד בשנים 1946-2013 ופוטנציאל החול הרבוד לאורך שובר הגלים הראשי של נמל אשדוד ומדרום לו. הוכן עבור המשרד להגנת הסביבה, על ידי דב צביאלי – תהליכים חופיים וימיים בע"מ, זיכרון יעקב, 35 עמ'.

Almagor, G. 1964. *Studies of sediments in core samples from the shelf off Tel Aviv-Palmahim coast, Israel*. Geological Survey of Israel, Report QGR/2/64, Jerusalem, 80 pp.

Almagor, G., Gill, D., Perath, I. 1998. Marine sand resources offshore Israel. Geological survey of Israel, Report GSI/25/98, Jerusalem, 62 pp.

Bosboom, J. 1996. *Port of Gaza, morphological modeling*. Delft Hydraulics, Report H20-11, 32 pp. and appendices.

Carmel, Z., Imman, D., Golik, A. 1985. Directional wave measurements at Haifa, Israel, and sediment transport along the Nile littoral cell. *Coastal Engineering* 9: 21-36.

Delft Hydraulics. 1994. *Port of Gaza, Basic Engineering Study*. Final Report part 11, Coastal Impact Study, Delft, Nederland, 85 pp.

Emery, K. O., Neev, D. 1960. Mediterranean beaches of Israel. *Geological survey of Israel, Bulletin* 26: 1-24.

- Frihy, O. E., Badr, A. A., Selim, M. A., El Sayed, W. R. 2002. Environmental impacts of El Arish power plant on the Mediterranean coast of Sinai, Egypt. *Environmental Geology* 42: 604–611.
- Hartman, D. 1988. *Coastal sands of the southern and central part of the Mediterranean coast of Israel – Reflection of dynamic sorting processes*. Ph.D. Thesis, Aarhus University, Denmark.
- Inman, D. L. 2003. Littoral Cells. Coastal Morphology Group, Integrative Oceanography Division, Scripps Institution of Oceanography, San Diego, 1-19; and in: Schwartz, M.L., (ed.), *Encyclopaedia of Coastal Science*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Inman, D. L., Jenkins, S. A. 1984. The Nile littoral cell and man's impact on the coastal zone of the southeastern Mediterranean. *Scripps institution of oceanography, Ref. Series*, 84-31, 43 pp.
- Khalifa, M. A., El Ganainy, M. A., Nasr, R. I. 2009. Wave transformation and longshore sediment transport evaluation for the Egyptian northern coast, via extending modern formulae. *Journal of Coastal Research*, 25(3): 755–767.
- Kit, E., Sladkevich, M. 2001. Structure of offshore currents on sediment Mediterranean coast of Israel. *6th workshop on physical processes in natural waters*. Casamitjana, X., (ed.), Girona, Spain, pp 97–100.
- Manohar, M. 1981. Coastal processes at the Nile Delta coast. *Shore and Beach* 49(1): 8–15.
- Nir, Y. 1984. *Recent sediments of the Israel Mediterranean continental shelf and slope*. PhD thesis, University of Gothenburg, Sweden, Department of Marine Geology, 149 pp.
- Perlin, A., Kit, E. 1999. Longshore sediment transport on Mediterranean coast of Israel. *Journal of waterway, port, coastal, and ocean engineering* 125(2): 80–87.
- Pomerancblum, M. 1966. The distribution of heavy minerals and their hydraulic equivalents in sediments of the Mediterranean shelf of Israel. *Journal of Sedimentary Petrology* 36(1): 162-174.

PortConsult. 1987. *Assistance to fishermen, Gaza Strip, Final report of study on fishery port – Gaza*. PortConsult Consulting Engineers A/S, Copenhagen: 78 pp.

Rohrlich, V., Goldsmith, V., 1984. Sediment transport along the southeast Mediterranean: A geological perspective. *Geo-Marine Letters*, 4, 99–103.

Sandler, A., Herut, B. 2000. Composition of clays along the continental shelf off Israel: contribution of the Nile versus local sources. *Marine Geology* 167: 339–354.

Sharaf El Din, S. H., Mahar, A. M. 1997. Evaluation of sediment transport along the Nile Delta coast, Egypt. *Journal of Coastal Research* 13(1): 23–26.

Sladkevich, M., Levin, A., Kit, E. 2012. *Preliminary assessment of bathymetric changes within the dredging and dumping sites due to nourishment operation in the Ashdod Region in 2011*. CAMERI – Coastal and Marine Engineering Research Institute, Interim Report P.N.771/12. Prepared for: Israel Ports Development and Assets Company Ltd, Technion City, Haifa, 28 pp.

Stanley, D. J. 1989. Sediments transport on the coast and shelf between the Nile Delta and Israeli margin as determined by heavy minerals. *Journal of Coastal Research* 5(4): 813–828.

Zaghloul, Z. M., Taha, A. A., Hamama, H. H. 1982. Distribution and drifting of sea bottom sediments off Ras El-Barr to Port Said and their erosion-accretion significance. *Egypt Journal of Geological Special Issue (Part 1)*: 25–46.

Zviely, D., Kit, E., Klein, M. 2007. Longshore sand transport estimates along the Mediterranean coast of Israel in the Holocene. *Marine Geology* 237: 61–73.