

חופי ישראל 2004

דוח החברה להגנת הטבע
ופורום ארגוני החוף
על מצב חופי הים התיכון

עליית מפלס הים

דוח
מס' 5

מוגש לשרה לאיכות הסביבה
יוני 2004

עריכה:	ניר פפאי - החברה להגנת הטבע
עריכה לשונית:	שחר הרמלין - החברה להגנת הטבע
כתיבה:	דב רוזן, מיכה קליין, מיכל לייכטר, איתמר פרת, נחום יהושע, אבי מלול, אהוד גלילי, יעקב ניר, ניר פפאי
עיצוב גרפי:	אורי קרמן
צילומים:	יעקב ניר, אהוד גלילי, יעקב שרביט, איתמר פרת, בועז רענן, גולן מקס, ערן טננבאום, אלבטרוס, ניר פפאי
מיפוי:	יחידת ה-GIS, מכון דש"א, החברה להגנת הטבע
ציור השער:	מנשה קדישמן

בסיוע קרן ברכה





- החברה להגנת הטבע ● אדם טבע ודין ● רשות הטבע והגנים ● מגמה ירוקה ● פעולה ירוקה ● גרינפיס ● עמותת האדריכלים ● אגודת אדריכלי הנוף ● ועד פעולה - בת-גלים ● פורום ארגוני סביבה - חיפה ● מחמל"י ● המרכז הים תיכוני הבינ"ל לארכיטקטורה ● העמותה למען תכנון ופיתוח איכותי בחיפה ● קס"מ סובב רמת הנדיב ● העמותה לאיכות סביבה וחיים בנהריה ● כחול-ירוק - עמותה לאיכה"ס בחוף הכרמל ● ועד דייגי יפו ● הועד להצלת חופי קרית-ים ● העמותה לפיתוח קהילתי בעכו ● חוק הטבע ● נגב בר-קיימא ● סניפי החברה להגנת הטבע בחדרה ובאשקלון ● אדם וים ● המועצה לשימור אתרים ● יפו יפת ימים ● סניף פעילות הציבור של החלה"ט בת"א ● סניף פעילות הציבור של החלה"ט בחיפה ● ועד דייגי הקישון ● בית ספר שדה שקמים ● פארק החולות ● הגל הירוק ● התאחדות לצלילה ● צוקי ים ● הפורום הציבורי לאיכות הסביבה באשדוד ● היחידה לארכאולוגיה ימית ברשות העתיקות

תוכן:

עמוד

5	/ רמי לרנר	פתח דבר	
6	/ ניר כפאי	תמונת מצב - חופי ישראל 2004	
18		מבוא	
21	/ דב ס. רוזן	שינוי מפלס הים ובחינת ההשלכות על מצב חופי הים התיכון של ישראל	פרק 1
29	/ ד"ר מיכה קליין, מיכל לייכטר	שינויים רצנטיים בגובה פני הים בחופי ישראל ובחופי הים התיכון	פרק 2
35	/ איתמר פרת	השפעת עליית מפלס הים על רצועת החוף ועל המצוק החופי	פרק 3
41	/ נחום יהושע	הערכה כלכלית לנזקים הצפויים לשטחי החוף של ישראל כתוצאה מעליית פני הים	פרק 4
45	/ ד"ר א. מלול	השלכות עליית מפלס הים התיכון על אקוֹיפר החוף	פרק 5
49	/ אהוד גלילי	הרס ערי החוף העתיקות של ישראל בשנות האלפיים - אסון לאומי	פרק 6
53	/ ד"ר יעקב ניר	ההשלכות הצפויות לחופי הים של ישראל כתוצאה מפעולות בחופי צפון סיני ורצועת עזה	פרק 7

השתתפו בכתיבת החוברת:

דב רוזן, מנהל המחלקה לגיאולוגיה ימית ותהליכים חופיים, חקר ימים ואגמים לישראל

ד"ר מיכה קליין, המחלקה לגיאוגרפיה, אוניברסיטת חיפה

מיכל לייכטר, סטודנטית לתואר שני, אוניברסיטת חיפה

איתמר כרת, גיאולוגי ימי ואוקיאנוגרף

נחום יהושע, כלכלן סביבתי

ד"ר אבי מלול, השירות ההידרולוגי, נציבות המים

אהוד גילי, מנהל היחידה לארכיאולוגיה ימית, רשות העתיקות

ד"ר יעקב ניר, גיאולוגי ימי

ניר כפאי, מתכנן אזורי וסביבתי, רכז חופים וים, החברה להגנת הטבע



פתח דבר

החברה להגנת הטבע וארגוני סביבה נוספים מנהלים בשנים האחרונות מאבק רחב היקף, לשמירת הסביבה החופית לטובת הציבור הרחב.

מאבק זה, אף שלא תם וככל הנראה נעסוק בו גם בעתיד, בהחלט נשא פירות. כיום, ניתן לראות שינוי משמעותי בשורה של תחומים: ככלל, לא החלה בשנים האחרונות בנייתם של פרויקטים גדולים לאורך החוף; מוסדות התכנון הפנימו בדרך כלל את החשיבות של שמירת רצועת החוף פתוחה לכל; שורה של פסיקות, שניתנו על ידי בתי המשפט בשנים האחרונות, מלמדת כי השינוי חלחל גם למערכת המשפטית; הציבור אינו אדיש יותר לפגיעה בחוף על סף ביתו, ומוכן להיאבק למען שמירה על זכויותיו; רבים מנבחרו הציבור - חברי כנסת ושרים - נכונים כיום לקדם חקיקה המגינה על החופים, וזאת חרף התנגדותם של גורמי הון שונים.

כאמור, המלאכה אמנם לא תמה, אך לאחר 'קרב הבלימה' שניהלו ארגוני הסביבה בשנים האחרונות, חייבים אנו כעת להרים מעט את הראש מעל פני המים ולהסתכל קדימה.

דוח זה, על מצב חופי הים התיכון של ישראל, יוצא זו השנה החמישית ברציפות ומתקשר ליום הסביבה הבינלאומי, המצוין בימים אלה ברחבי העולם כולו. בניגוד לדוחות הקודמים, שעסקו בעיקר בבעיות השעה ובניסיון 'לכבות שריפות', מנסה הפעם הדוח להביט לאופקים אחרים, כדי להקדים תרופה ל"מכות" עתידיות.

אם עד היום היה עיקר המאבק לשמירה על החופים כנגד כוחות השוק והנדל"ן, מציף הדוח הנוכחי איום חדש, שמקורו בכוחות הטבע, עם או בלי קשר ישיר לפעילות האדם - עליית מפלס פני הים. כיום, אין מחלוקת על כך שמפלס הים עולה, ככל הנראה כתוצאה מ"אפקט החממה". השאלה המרכזית היא קצב עליית המפלס על ציר הזמן. בשנים האחרונות הולכות ומצטברות העדויות להאצה משמעותית בקצב עליית המפלס, אולם הנושא טרם חלחל לסדר היום הציבורי בארץ ולזה של מקבלי ההחלטות. הדוח מנסה, לראשונה, לבחון את ההשלכות הצפויות של עליית מפלס פני הים באספקטים שונים: כלכליים, פיזיים, גיאוגרפיים, הידרולוגיים ותרבותיים.

במטרה לבחון את ההשלכות הצפויות מעליית המפלס, פנינו לשורה של מומחים בתחומים שונים, שהתבקשו לבחון, כל אחד בתחומו, את ההשלכות הצפויות של עליית מפלס פני הים. ניירות העמדה גובשו בדוח למסמך אחד, המנסה להציג את האספקטים השונים של הבעיה.

בהזדמנות זו, אני מבקש להודות לכל הכותבים, שניאותו להירתם למלאכה ולהקדיש מזמנם היקר לטובת קידום הנושא.

אני תקווה, כי דוח זה ידרבן את כל הגורמים הרלוונטיים, ובראשם ממשלת ישראל, לנקוט בכל הצעדים כדי להקדים תרופה למכה, ולהיערך מבעוד מועד להתמודדות עם הנושא.

רמי לרנר

מנכ"ל החברה להגנת הטבע



תמונת מצב חופי ישראל 2004

ניר פפאי



הדוחות הקודמים בחנו את מצב החופים על פי נושאים (בנייה, גידור, מרינות וכד'). אולם כאשר אנו מדברים על חוף הים, אנו מתכוונים למעשה למכלול רחב, הכולל רצועות שונות שלכל אחת מאפיינים ייחודיים ושימושים נבדלים: הרצועה הימית, רצועת החוף ועורף החוף. משום כך, בחרנו השנה לבחון את תמונת מצב חופי הים התיכון בדרך מעט שונה, בהתאם לאותן רצועות. גם הצעת החוק הממשלתית לשמירת הסביבה החופית, אשר עברה בקריאה ראשונה ביולי 2003 ותפסה את מקומה של הצעת החוק הפרטית, מתייחסת לרצועות אלו. הסעיפים המרכזיים בהצעת החוק המתייחסים לרצועות השונות, שולבו בדוח.

את המגמות העולות מתוך הדוח ניתן לסווג לאלו שבמגמת נסיגה, לאלו שבמגמת שיפור ולאלו שללא שינוי.

במגמת נסיגה:

- א. התנערות רשויות מאחריותן - רשויות ממלכתיות המתנערות מאחריותן, ובחרות בדרך הקלה והנוחה. כך לגבי איסור סיטונאי על רחצה בחופים, וכך גם לגבי דרישות משטרתיות שרירותיות לכאורה לגידור קטעי חוף.
- ב. "ישרא-בלוף" בתכנון - ועדות תכנון ויזמים מוצאים דרכים יצירתיות במיוחד לקדם ולאשר פרויקטים שנויים במחלוקת, כגון שכונת וילות במסווה של מצוקת דיור, בניית מלון בים במסווה של שיקום מצודה, שכונת מגורים בשימוש חורג ועוד.
- ג. סגירת חופים לאירועים - המגמה של סגירת חופים לאירועים הולכת וצוברת תאוצה. העובדה, כי בית המשפט המחוזי בבאר שבע בחר שלא להתמודד עם התופעה - אינה תורמת לכך, בלשון המעטה.

במגמת שיפור:

- א. איסור נסיעת כלי רכב בחוף - במהלך השנה האחרונה החל משרד הפנים, בשיתוף הרשויות המקומיות ורשות הטבע והגנים, לאכוף את חוק איסור נסיעת כלי רכב בחוף, אשר אושר לפני שבע שנים.

ללא שינוי במגמה:

- א. זיהום הים נמשך, ונותר כמעט ללא כל שינוי בהשוואה לשנים קודמות. כך גם לגבי ההמלצות לאופן הניטור של איכות המים בחופי רחצה, אשר ממשיות להעלות אבק.
- ב. תשלום בחופים - בכל הקשור לגביית תשלום בחופים ניתן להצביע על מגמות סותרות: לצד גביית תשלום מהולכי רגל (בכלל זה במסווה של גביית תשלום עבור חניה), ניתן לציין שיפור מסוים בעקבות הפסקת הגבייה בחופי הרצליה וגבעת אולגה.



רצועת הים

הים התיכון של ישראל, בשונה מרבות מהמדינות השוכנות לחופיו מצפון, אינו כה צלול, עמוק ושקט, אלא מתאפיין בבתימטריה מתונה, במשטר סערות חזק ובערבול גדול של החול במים, עובדה היוצרת לעיתים עכירות מסוימת של המים. תנאים אלה, בנוסף על טמפרטורות נוחות לרחצה, הביאו לכך שהשימוש המאפיין ביותר את הים התיכון של ישראל הוא לרחצה ולספורט ימי לסוגיו. השנה, נאסרה הרחצה בחלקים נכבדים של הרצועה הימית, ואילו האזורים המוסדרים לרחצה הצטמצמו משמעותית. מבחינת זיהום הים, קשה להצביע השנה על התקדמות כלשהי.



התרחצת בחוף שאינו מוכרז - סיכוי רב שעברת עבירה פלילית שדינה קנס או מאסר

לקראת פתיחת עונת הרחצה, פירסם משרד הפנים את דוח פרישת חופי רחצה מוכרזים וחופים אסורים לרחצה, הממפה בצורה מסודרת את החופים לפי צו הסדרת מקומות רחצה, התשס"ד 2004¹. השוואה בין הצו החדש לצווים הקודמים מעלה תמונה מדאיגה בשני נושאים מרכזיים: אורך החופים המוכרזים הכוללים שירותי הצלה הצטמצם משמעותית מ-18 ק"מ ל-13.3 ק"מ בלבד, בעוד שאורך החופים האסורים לרחצה עלה באופן דרמטי מ-13 ק"מ לכ-70 ק"מ. במסגרת זו, לא נכללו מרבית השטחים הסגורים מסיבות בטחוניות. מכאן, שבפועל כ-100 ק"מ של חוף אסורים לרחצה, שהם כ-50% מרצועת חוף הים התיכון של ישראל. חלק מהגידול ניתן להסביר במיפוי מחודש ועדכני של החוף, אולם בדיקה פרטנית מלמדת כי בחלק מהמקרים מדובר באיסור רחצה גורף. לדוגמה, אסורים לרחצה מרבית חופי נתניה, חופי אשקלון והחופים מצפון לעכו, כפי שניתן להתרשם מהמפות².

המשמעות בפועל היא, כי אדם המתרחץ בחוף המוגדר כאסור לרחצה מבצע עבירה פלילית, בגינה ניתן להעמידו לדין. אם יורשע העבריין, ייגזרו עליו קנס או מאסר, תלוי בנסיבות³.

חופים אסורים לרחצה			חופים מוכרזים			
מספר החופים	אורך בק"מ	אחוז מאורך החוף	מספר החופים	אורך בק"מ	אחוז מאורך החוף	
102	18.0	9.1%	22	12.9	6.5%	צו ישן
87	13.3	6.7%	66	69.2	35.1%	צו חדש
-15	-4.7		+44	+56.3		פער בין הצווים

סעיף 1 לחוק הסדרת מקומות רחצה, תשכ"ד - 1964, קובע כי בסמכותו של שר הפנים לאסור בצו את הרחצה בחלק של חוף ים שגבולותיו מסומנים בצו, אם הרחצה באותו חלק עלולה לדעתו לסכן חיים. כמו כן רשאי השר, לאחר התייעצות עם שר הבריאות, לאסור רחצה כאמור אם זו עלולה לפגוע בבריאותם של המתרחצים. כלומר, שר הפנים יכול לאסור רחצה בחוף מסוים, תוך הנמקת האיסור בסיכון חייהם של בני אדם או בפגיעה בבריאותם. כמו כן, מסמיך החוק בסעיף 3 את שר הפנים לקבוע בצו שמקום פלוני יהיה מקום רחצה מוכרז.

סעיף 12 לחוק הסדרת מקומות רחצה קובע, כי המתרחץ במקום שהרחצה בו אסורה דינו קנס, וכי המתיר לקטין שבחטותו או בפיקוחו, ושטרם מלאו לו 15 שנה, להתרחץ במקום שהרחצה בו אסורה, או אינו מונע מבעדו להתרחץ כאמור כאשר יש ביכולתו לעשות זאת - דינו קנס או מאסר של חודש.

בדברי ההסבר לחוק משנת 1964 נאמר: "... הפרת איסור הרחצה או עבירה על צו או חוק עזר שהותקנו מכח החוק המוצע יהיו עבירות קנס, ושוטר או פקח של רשות מקומית יוכל למסור לעבריניים, בו במקום, הזמנה לדין שיש עימה ברירה לתשלום קנס קצוב ללא משפט. פקח של רשות מקומית יכול גם לדרוש מכל מי שעבר לעיניו עבירה על החוק המוצע, או על צו או חוק עזר לפיו שיהיה עצמו, ואם סירב להזדהות יוכל הפקח לעצרו עד לבוא שוטר ...". פרשנות ברוח זו לחוק כבר ניתנה בפסק דינו של השופט ברלינר בבית המשפט המחוזי בחיפה, שקבע כמובן מאליה כי המתרחץ במקום שהרחצה בו אסורה עובר עבירה⁴.

קשה להשתחרר מהתחושה, לפיה נוקט משרד הפנים בדרך הקלה, איסור הרחצה, ובכך מוריד מעצמו את האחריות לנושא. הרי לפי גישה זו, ניתן לאסור את הטיולים ברחבי הנגב משום שמסוכן לטייל...





זיהום ים - עברה שנה ושום דבר (כמעט) לא השתנה

הדוח השנתי לבחינת איכות מימי החופין של ישראל בים התיכון לשנת 2002, אשר פורסם במהלך שנת 2003 על ידי חקר ימים ואגמים לישראל, אינו נושא עימו כל בשורה גדולה. סיכום הממצאים העיקריים וההמלצות המופיעות בדוח, זהים כמעט לחלוטין לאלה שפורסמו בשנה שעברה.

הממצאים העיקריים: "כמויות משמעותיות של חומרים אנתרופוגניים מוחדרות למימי החופין של ישראל בים התיכון, הן ממקורות נקודתיים (מוצאי שפכים ונחלי החוף) והן ממקורות מבוזרים (מי נגר והסעה אטמוספירית). כתוצאה מכך, נמצא זיהום משמעותי במתכות כבדות, נוטריאנטים וחומרים אורגניים שונים בכמה מוקדים לאורך החוף, ובמיוחד במפרץ חיפה, בנמלים ובמעגנות, באזור המוצא הימי לבוצה מהמפעל לטיהור שפכי גוש דן (שפד"ן), בסמוך למוצא הימי של 'אגן כימיקלים', בבתי הזיקוק באשדוד ובסמוך למוצאים של חלק מנחלי החוף".

לפי כללי אמנת ברצלונה, אשר אושרה על ידי מדינת ישראל וקיבלה ביטוי בחוקים למניעת הזרמה לים, חל איסור להזרים או להטיל פסולת אל הים, למעט לפי היתר זמני של ועדה בינמישרדית, שהרכבה קבוע בחוק. למרות זאת, קיימים לאורך חופי הארץ מספר לא קטן של מוקדי הזרמה של שפכים תעשייתיים ו/או ביתיים, אשר הזרמתם מתאפשרת. להלן תיאור נקודות ההזרמה העיקריות לאורך חופי הים התיכון, כפי שפורסם בדוח שנערך השנה על ידי עמותת 'צלול'.



הביוב העירוני של נהריה נשפך לים

1. **ביוב נהריה** - עיריית נהריה המשיכה גם השנה להזרים את הביוב העירוני לים, לאחר סינון ראשוני בלבד.

2. **ביוב עכו** - גם עיריית עכו המשיכה השנה להזרים את הביוב העירוני לים, לאחר סינון ראשוני בלבד.

3. **מוצא נחל נעמן** - הזיהום העיקרי בנחל הוא תוצאה של ביוב תעשייתי ממפעל "מילואות", המורכב משלושה מפעלים: "מילובן", "מילועוף" ו"מילואור". כמו כן, מזוהם הנחל מביוב המזרם מקיבוצי הסביבה, עין המפרץ וכפר מסריק, ומחזירות הממוקמות ליד נחל עיבלין.

4. **מוצא השפכים של מפעל "תעשיות אלקטרו-כימיות"** - מהווה מקור עיקרי לזיהום בכספית של מי מפרץ חיפה. יחד עם זאת יצוין, כי זיהום זה נמצא במגמות ירידה בשנים האחרונות.

5. **נחל הקישון** - המזהמים העיקריים הם: מתקן טיהור שפכים חיפה וחמשת המפעלים - חיפה כימיקלים, גדות (פטרוכימיה וביוכימיה), בתי זיקוק, כרמל אולפנינים ודשנים. כמו כן, לאורך הנחל ממוקמים מפעלים נוספים, אשר שפכיהם מתנקזים לנחל ומהווים מזהמים משניים, כגון חברת החשמל, מפעל שמן, פז, סונול, דור אנרגיה, סולתם, תלמה, אגד. הסדימנט (קרקעית) בנחל הקישון הוא המזוהם ביותר במתכות, ובמיוחד בכספית, מבין נחלי החוף.

6. **שפכי בריכות דגים במעגן מיכאל** - שפכים אלה כוללים הפרשות דגים ושאריות מזון, המכילים ריכוזים גבוהים של חנקן אנאורגני, בעיקר אמוניה וניטרט. אלה עלולים לגרום לפריחה של אצות מיקרוסקופיות, שלאחר מכן מפרישות חומרים רעילים למים.

7. **נחל חדרה** - המים מזוהמים בעיקר במעלה הנחל, ומזרמים לים בסמוך למוצא מי תחנת הכוח בחדרה. מקורות הביוב העיקריים כוללים תקלות במכון הטיהור של מפעלי נייר חדרה; זיהום תעשייתי מאזור התעשייה חדרה-צפון - מוסכים, מסגריות וכו'; גלישות ביוב של ערערה, אום אל פאחם וכפרים נוספים במעלה אגן הניקוז.

8. **נחל אלכסנדר** - מעלה הנחל סובל מזיהום תעשייתי כבד, כתוצאה מהזרמת ביוב מיישובים ביהודה ובשומרון, בעיקר משכם ומטול כרם. חלק מביוב גולמי זה מטופל במאגר יד חנה. במורד הנחל מספר מקורות זיהום נוספים, בהם בריכות הדגים של קיבוץ מעברות והרפתות של קיבוץ גבעת חיים.

9. **נחל פולג** - במעלה הנחל שפכים מיישובים ביהודה ובשומרון. נוסף עליהם אזור התעשייה על גדות נחל רעננה, הזורם לנחל פולג, ותקלות של מכוני הטיהור רעננה וקולחי השרון.



10. **חוף הרצליה** - זיהום הים נובע בעיקרו כתוצאה מעומסים, מתקלות ומגלישות של מכון הטיהור של הרצליה, המזרים בימים כסדרם מי ביוב מטהרים לעומק הים.



השפכים של 'תעשיות אלקטרוכימיות'

11. **מוצא השפד"ן** - בוצה של שפכי גוש דן, הכוללת גם מתכות כבדות, המוזרמת בהיקף של 15,000 מ"ק ליום לעומק הים.

12. **נחל שורק** - לאחר הקמת מתקני הטיהור של שפכי ירושלים ובית שמש, וחיבור שפכי רחובות לשפד"ן, מקור הזיהום העיקרי של הנחל כיום הינו שפכי עיריית יבנה, וכן "גלישות" ממתקני טיפול שונים במורד הנחל.

13. **נחל לכיש** - זרימה קבועה, אם כי קטנה יחסית בהיקפה, של ביוב עירוני, הזורם לים ממתקן הטיפול של עיריית אשדוד.

14. **אגן כימיקלים** - במוצא הצינור של אגן כימיקלים, מול תחנת הכח באשדוד, נמדדו ריכוזים גבוהים של כרום ושל מנגן.

ניטור ומידע חלקי בכל הקשור לזיהום הים בחופי רחצה

בדיון שנערך בחודש מאי בוועדת המשנה למפגעי איכות הסביבה בכנסת בנושא מפגעים סביבתיים בחופי רחצה, עלו מספר סוגיות אשר נותרו ללא מענה - בכל הקשור לאיכות המים בחופי רחצה, הניטור והמידע הנמסר לציבור. אגב, תהיות אלו הועלו כבר בדוח חופי ישראל 2000:

- הניטור נערך אך ורק בחופים המוכרזים, שהם כ-6.5% מאורך החופים הכולל (13 ק"מ מתוך 197 ק"מ), ואינו נותן מענה למתרחצים בחופים שאינם מוכרזים.
- הניטור נערך רק בעונת הרחצה, ובכך אינו נותן מענה לקהלים שבוחרים להתרחץ או לגלוש מחוץ לעונה.
- בפעולת הניטור מעורבים שלושה גופים שונים: הרשות המקומית, הדוגמת, משרד הבריאות, הבודק, ומשרד הפנים, הסוגר את החוף במקרה של זיהום.
- התקן הנוכחי מתייחס למספר הקוליפורמים כאינדיקטור לאיכות המים, ואינו מספיק רגיש למזהמים אחרים.
- לציבור אין יכולת לדעת את איכות המים בחוף, אלא רק אם רמות הזיהום עומדות בתקן או חורגות ממנו.
- המידע לציבור אודות ממצאי הניטור אינו נגיש וזמין במרבית חודשי השנה ובמרבית החופים בארץ. אין פרסום בתחנות ההצלה, בעיתונות ובתקשורת המקומית, ואף לא באתרי אינטרנט⁵.

הצעת החוק לשחירת הסביבה החופית בהתייחס לרצועת הים:

- פגיעה בסביבה החופית** - פעולה של אדם, לרבות כל אחת מאלו, הגורמת לשינוי ניכר במהלך ההתפתחות הטבעית של הסביבה החופית:
- (1) פגיעה במערכות אקולוגיות המתקיימות בסביבה החופית.
 - (2) פגיעה בטבלאות גידוד ומסלע, במערות ובמצוקים טבעיים, בדיונות חול ובאזורי שפך של נחלים, המצויים בסביבה החופית.
 - (3) פגיעה בקו המגע בין הים והיבשה ושינויו.
 - (4) פגיעה בזרימה ובתנועה הטבעית של החול החופי ובמי הים.
 - (5) גרימת סיכון או נזק לאזורי מחייה של מיני צומח או בעלי חיים, ולרבייתם בסביבה החופית.





רצועת החוף

רצועת החוף הינה הרצועה הסמוכה לקו המים. להוציא מספר מפרצים ומעט קטעים בהם רצועת החוף הינה סלעית או מעשה ידי אדם, ניתן לאפיין את רוב רצועת חוף הים התיכון של ישראל כישרה, הכוללת רצועה חולית שרוחבה עשרות מטרים (בד"כ בין 20 ל-100 מ'). ייתכן, וכתוצאה מכך, בניגוד למדינות ים תיכוניות שכנות, בהן הבילוי המועדף הוא השיט לאורך החוף, בישראל המאפיין העיקרי והדומיננטי הוא הבילוי ברצועת החוף עצמה. חלק הארי של האוכלוסייה המגיעה לחוף הים שוהה ברצועה זו, והיא מהווה את "מגרש המשחקים" של הציבור הרחב להליכה, למנוחה, למשחק ולפעילויות רבות אחרות. במרבית האזורים העירוניים מהווה רצועה זו את החזית, או את חלון הראווה העירוני, המקשר בין העיר לבין הים.



לאורך רצועת החוף המשיך השנה המאבק, שעיקרו מתומצת לשאלה "למי שייכת רצועת החוף?". גם השנה לא חלה התקדמות משמעותית בכל הקשור לסגירת המרחב הציבורי, המתבצעת בדרכים שונות: גידור חופים, סגירתם לטובת אירועים מסחריים וגביית תשלום על כניסה לחופים.

גידור חופים וסגירתם בחסות משטרת ישראל

המדיניות של משטרת ישראל ביחס לאבטחת חופים משתנה מאזור לאזור. על אף העובדה שחלק הארי של החופים העירוניים - ובכלל זה ת"א, חיפה, אשדוד, אשקלון ונתניה - פתוח לכל, ישנם גורמים המציבים בפני חלק מהרשויות דרישות הנראות בלתי מובנות, והן שגורמות לגידור חופים ולסגירתם. בחלק מהרשויות לא רק שדרישות אלו מתקבלות בברכה, הרשויות ממש להוטות לממשן משום שהן מהוות עבורן חלון הזדמנויות לגידור החוף ולסגירתו בתשלום. כך נעשה בשנה שעברה בחוף האקוודוקט בקיסריה, עת גודר החוף באמתלה ביטחונית, וכך גם נעשה השנה ניסיון לגדר את חוף מכמורת בעמק חפר.

במכתב שהוציא רכז רישוי עסקים במשטרת נתניה בחודש מרץ 2004, לקב"ט המועצה האזורית עמק חפר, הוא כותב (ס. ד): "מבחינה בטיחותית וביטחונית, יש לבצע גידור לאורך כל חוף הרחצה".

חוסר האחידות בדרישות המשטרתיות תמוה בפני עצמו. מעבר לכך, גם במקרה זה הרשות בוחרת בדרך הקלה ביותר להתמודד עם נושא שבאחריותה. מדיניות אשר בוודאי אינה תואמת הן את לשון החוק האוסר לגדר בתחום ה-100 מ' מקו המים, והן את המדיניות הרואה בחופים שטח פתוח רציף לכל אורכו. בנוסף, בדרך זו משמשת המשטרה עלה תאנה למארגני אירועים מסחריים בחופים, ותירוץ לגדר את החוף ולסגרו באופן בלתי חוקי.

סגירת חופים לאירועים - אין הכרעה ואין אכיפה

השנה פסק בית המשפט המחוזי בב"ש בעתירה (עת"מ 269/02), שהגישה החברה להגנת הטבע באמצעות הקליניקה לצדק סביבתי באוניברסיטת ת"א, כנגד האירועים המתקיימים ברצועת החוף בניצנים. החברה להגנת הטבע הגישה את העתירה, כאשר זיהתה מגמה הולכת וגוברת של אירועים פרטיים ומסחריים לאורך החופים, הגורמים לסגירת החוף בפני הציבור הרחב. על אף שהשופט, ברוך אזולאי, נמנע מלדון בסוגיה העקרונית, הוא כותב בפסק הדין כי אין שום נימוק סביר, שיצדיק הימנעות של הוועדה המחוזית מלאכוף את החוק כנגד הפעולות האסורות המתבצעות בחוף. השופט אזולאי קבע גם, כי המועצה האזורית, החברה הכלכלית ואף מנהל מקרקעי ישראל פועלים שלא כדין "בכך שהם נותנים הרשאה או רשיונות עסק לפעולות, הנעשות במבנים שהוקמו ללא היתרי בנייה לשימושים המנוגדים לתכניות המתאר...". יתרה מזאת, השופט קובע כי "מוטלת על



המועצה האזורית ויושב הראש שלה, על המנהל ועל החברה הכלכלית, החובה להימנע ממתן רשיון עסק וממתן הרשאה לפעולות הנעשות שלא כדין, ולפעול להפסקת פעולות הנעשות בניגוד להרשאה שניתנה, או ללא רשיון עסק ביחס לפעולות המחייבות רשיון עסק".



ניצנים. חוף מגודר למשך חודש וחצי בגלל אירוע של ארבעה ימים

על אף אמירות מפורשות אלו של בית המשפט, לא רק שגורמי האכיפה לא פעלו להפסקת הפעולות הנעשות בניגוד לחוק, אלא אף נתנו להם היתר לא חוקי. וכך, גם השנה עולם כמנהגו נוהג, הגדרות בחוף ניצנים הוקמו כבר בראשית מרץ - כחודש לפני פסטיבל בומבמלה, על אף התחייבות מפורשת של יו"ר החברה הכלכלית לחוף אשקלון לח"כ יורי שטרן, כי הגדרות יוצבו רק שלושה ימים לפני האירוע. מפעילי החוף גם לא מיהרו לפרק את הגדרות, ורק כתוצאה מהתערבות החברה להגנת הטבע פורקו הגדרות כשבועיים מתום האירוע. הנה כי כן, אירוע הנמשך ארבעה ימים גרם לסגירת החוף לחודש וחצי. החברה להגנת הטבע הגישה ערעור על פסק הדין לבית המשפט העליון.

גבייה מהולכי רגל במסווה של חנייה

גביית תשלום מהולכי רגל באופן ישיר נעשית כיום רק בחופים הבאים: חוף הצוק בת"א, חוף דור, חוף נווה ים, החוף השקט בחיפה והחוף העירוני בנהריה. אולם בפועל, ישנה גבייה עקיפה מהולכי רגל בשורה של חופים ובשיטות שונות, להלן שתי הנפוצות שבהן:



חוף הצוק. גובים תשלום מהולכי רגל

א. גביית התשלום על החנייה מתבצעת במרחק רב מאוד מהחוף (יותר מק"מ), וכך נאלץ הציבור לשלם בצורה עקיפה על הכניסה לחוף. דרך פעולה זו נהוגה בחופי פלמחים, ניצנים והבוניים.

ב. גביית תשלום בגין חנייה בסמוך לחוף, ומניעת כל אפשרות לחנות באזור הגובל. לשיטה זו דוגמאות רבות, ודי עם נציין את חוף תל ברוך בת"א, חוף בית ינאי, חוף מכמורת ורבים אחרים. בשנה שעברה נקטה החברה לפיתוח קיסריה בדרך דומה, עת החלה לגבות כסף עבור החנייה בחוף האקוודוקט. לצד מאבק ציבורי של תושבי אור עקיבא, הגישה עמותת 'אדם טבע ודין' עתירה בנדון נגד המועצה האזורית חוף הכרמל.

בעתירה נטען, כי גביית התשלום "הינה הגבלת חופש התנועה והגישה החופשית של הציבור אל חופי הים, אשר הם משאב ציבורי המיועד לשימוש חופשי של כלל הציבור, ולהנאתו ורווחתו של כל יחיד מכלל הציבור, אשר לו הזכות לגישה חופשית וכניסה חופשית לחופי הים, כפי שזכותו לנוע בכל דרך ברחבי המדינה". כמו כן נכתב, כי הדבר מהווה "פגיעה בזכות הקניין של הציבור, ובזכותו לאיכות חיים וסביבה נאותים, כל זאת ללא אסמכתא חוקית כלשהי, ובלא שקדם לכך איזון אינטרסים ראוי, הקבוע בחוק".

מצד שני, מן הראוי לציין את עיריית הרצליה, אשר החליטה לבטל את גביית התשלום מהולכי רגל, שהייתה נהוגה בחופי העיר, ואת עיריית חדרה, אשר הפסיקה לגבות כסף בחניון הציבורי הסמוך לחוף אולגה. כמו כן, יש לציין לטובה את עמדת מנכ"ל משרד הפנים, כפי שבאה לידי ביטוי בראיונות בתקשורת ערב פתיחת עונת הרחצה, בהן צוטט אומר: "לאף גורם פרטי, ציבורי או עסקי אין זכות לגבות דמי כניסה לחופי הים של מדינת ישראל".



הצעת החוק לשמירת הסביבה החופית בהתייחס לרצועת החוף :

שמירה על איכות הסביבה החופית

(א) לא תאושר תכנית המייעדת קרקע בתחום חוף הים לבנייה, לעבודה או לשימוש כמשמעותם לפי חוק התכנון והבנייה, ולא יותרו או יאושרו עיסוק, פעולה, עבודה או שימוש בתחום חוף הים הטעונים אישור, רשיון או היתר לפי כל דין, אלא אם כן מתקיימים כל אלה:

- (1) מיקומם בתחום חוף הים חיוני לנוכח טיבם ואופיים.
- (2) הם לתועלת הציבור.
- (3) הובטח כי יינקטו האמצעים המיטביים הדרושים כדי למנוע פגיעה בסביבה החופית, וכדי לשקם את הסביבה החופית ולהשיב את המצב לקדמותו אם תיגרם פגיעה כאמור; אמצעים כאמור ייקבעו בתכנית, באישור, ברשיון או בהיתר, לפי העניין.



זכות הציבור למעבר חופשי

(א) תחום חוף הים יהיה פתוח ונגיש להליכה רגלית לכל אורכו.

(ב) לא יקים אדם מכשול, גדר או מעצור אחר, החוסם את המעבר החופשי לאורך תחום חוף הים, אלא אם כן פעל בהתאם לתכנית או לפי אישור, רשיון או היתר, שניתנו בהתאם להוראות לפי סעיף 3.

(א) השר רשאי להורות לרשות מקומית להכשיר תוואי מעבר להולכי רגל אל תחום חוף הים שבשיפוטה, באופן שיאפשר גישה ומעבר חופשי להולכי רגל לתחום חוף הים.



עורך החוף

עורך החוף הוא החלק האחורי של רצועת החוף מנקודת המבט של הים, או חזית העיר מנקודת המבט של העיר. בדרך כלל זוהי נקודת המגע בין הבנוי לפתוח, בה רצועת החוף והים משמשים כתפאורה מרהיבה. באזורים העירוניים מגדירה רצועה זו במידה רבה את מהות הקשר בין העיר והים. בשנים עברו, שימש עורך החוף כחצר אחורית לעיר, ואליו נדחקו שימושים נחותים כגון מזבלות, בתי קברות, שטחי אימונים, כבישים ועוד. ברבות השנים, זוהה הפוטנציאל הנדל"ני של עורך החוף, ושורה של פרויקטים מגלומניים הוקמו ברצועה זו. ניסיון העבר מלמד, כי עורך חוף שאינו מתוכנן כהלכה, הבנוי בצורה חומתית, עלול להאפיל ולגמד את החוף, לצמצם את רצועת החוף למינימום ולשלול את הזכות ליהנות הן ממבט פתוח לים, והן מרוח הים.



סי אנד סאן

כפר הים



מגדלי חוף הכרמל

מספר דוגמאות מהשנה האחרונה מעלות את החשש, כי על אף הניסיון המר - לא הופנם הלקח לגבי הצורך להתחשב בפיתוח עורך החוף. יתרה מכך, נראה שדבר לא השתנה, למעט אולי השיטה והיעלמות הבושה. בעבר, מכרו דירות למגורים במסווה של דירות נופש, היום בונים שכונה לעשירים במסווה של הרחבה לקיבוץ במצוקת דיור, בונים פנטהאוז במסווה של קיוסק ומתכננים מלון על המים במסווה של שיקום מצודה טמפלרית.

'געש על הים'. תחילת העבודות



"געש על הים" - שכונה לעשירים במסווה של מצוקת דיור בקיבוץ געש

פרנסי קיבוץ געש, השוכן סמוך לים, פנו לוועדות התכנון על מנת שיאפשרו את הרחבת הקיבוץ, וזאת לאור מצוקת הדיור הקיימת במקום. ועדות התכנון נענו לבקשה, ואישרו תוספת של 120 יחידות. אלא שבגעש חשבו אחרת, והחליטו לפתור את מצוקת הדיור של אנשי האלפיון העליון, שטרם הספיקו לרכוש קרקע בארסוף, שליד קיבוץ שפיים.



במהלך השנה האחרונה החל מיזם משותף של קיבוץ געש ושל חברת "סקום", לבנות ולשווק את שכונת "געש על הים" - 30 בתים צמודי קרקע על מגרשים בגודל של דונם ויותר. מהלך זה לא נעשה במחטף, אלא באישור הוועדה המקומית חוף השרון, שאישרה ביועצין אף את הקמתן של בריכות שחייה פרטיות בתחום המגרשים. בעקבות פנייה של מפלגת הירוקים בהרצליה, פנה היועץ המשפטי לממשלה לבית המשפט, וזה הורה להפסיק את העבודות בפרויקט.

'מקום למחשבה על הים' - שכונת חגורים במסווה אלטרנטיבי



מקום למחשבה. חוף נווה ים

העובדה שחוף נווה ים מיועד לתיירות ולנופש, לא הפריעה לשמונה-עשרה משפחות ויחידים להתיישב בתחילת ספטמבר 2003 בקרוואנים. החזון שעמד לנגד עיני הקבוצה, 'מקום למחשבה', היה להקים מקום הכולל סדנאות, תזונה וחינוך אלטרנטיבי, לידה טבעית ועוד. בראשית הדרך הם חתמו הסכם חכירה לשנה עם קיבוץ נווה ים, עם אופציה לעוד ארבע שנים. ראש המועצה האזורית חוף הכרמל דאג, אריה שימחוני, אישר את המאחז הפירטי עד לתאריך ינואר 2004, ועל פי בקשתם האריך אותו מיד עד

1/6/04, סמוך לתום שנת הלימודים. התרעה של הממונה על הפיקוח במחוז חיפה "כי המשך השארת המבנים במקום לאחר 1 בינואר '04 תהווה הפרת חוק", לצד פעילות משפטית של עמותת 'כחול - ירוק', לא נשאו פרי. יתרה מכך, חברי הקבוצה, אשר עשו ככל הנראה שיעורי בית ולמדו מנסיונם 'המוצלח' של עברייני בנייה אחרים לאורך החוף, שכרו לאחרונה את עו"ד תמי שפיר שתכשיר להם את השרץ, וזו כבר פנתה לקבלת היתר לשימוש חורג המתיר מגורים במקום.

מלונאות בים ובצל חומות עכו העתיקה במסווה של שיקום מצודה טמפלרית

הוועדה המחוזית לתכנון ולבנייה צפון הפקידה במהלך השנה שעברה תכנית מתאר לעכו העתיקה (ג/10895). התכנית בכללותה נועדה "לאפשר את פיתוחה של עכו העתיקה, תוך שמירה קפדנית על אופייה המיוחד". אלא שבמסגרת זו, החליטו יזמי התכנית לייעד שטח למלונאות בהיקף של כ-250 חדרים באזור ייחודי, לאורך חומות עכו העתיקה ובשטח הים. מנהל היחידה לארכיאולוגיה ימית ברשות העתיקות, אהוד גלילי, כותב כי מדובר ב"אזור ימי ייחודי, עתיר ערכי תרבות, טבע ונוף". יתרה מכך, העיר עכו הוכרזה בשנת 2000 ע"י ארגון אונסקו כאתר מורשת עולמית, ונכס תרבות של כלל האנושות. ככזו, נדרשת הקפדה יתרה על שימור נופיה וחזותה של העיר, כדוגמה ייחודית לעיר ים תיכונית עתיקה הנושקת לים. פרופ' מייק טרנר, יו"ר הוועדה הישראלית למורשת עולמית, כותב כי "ספק עם בנייה במקום זה תוכל לעמוד בקריטריונים של אתר מורשת עולמית".

הנימוק המרכזי להקמת מלון באזור רגיש זה, הינו כי בדרך זו תשוקם מצודה טמפלרית. אולם בדוח סקר ארכיאולוגי תת ימי - עכו מערב משנת 1995, שנערך ע"י אהוד גלילי ויעקב שרביט מרשות העתיקות, נכתב במסקנות (סעיף ה'): "על פי הממצאים

עכו העתיקה. שטח המיועד למלון בים. מתוך תוכנית המתאר.





אשדוד. הדמייה של הבינוי בעורף המרינה



השינויים המוצעים ע"י העירייה: 1. הקטנת השטח הציבורי המרכזי וייבוש האגם. 2. השטח שבין הטיילת לבנייני המגורים משנה ייעוד מתיירות ומסחר למגורים פרטיים. 3. גובה המלונות בחוף יהיה 30 קומות. 4. שטח ציבורי נוסף בעורף המרינה (במקום במרכז)

הארכיטקטורה ברורה כי עמדו במקום מבנים מהתקופה הצלבנית שנהרסו או פורקו. יחד עם זאת, לא ניתן לאמור בוודאות כי השרידים הקיימים הם יסודותיה של המצודה הטמפלרית. קשה להשתחרר מהתחושה, כי מדובר בניסיון ציני להציג בנייה מלונאית במסווה של שיקום ושחזור מצודה טמפלרית, שכלל לא ברור אם היתה קיימת.

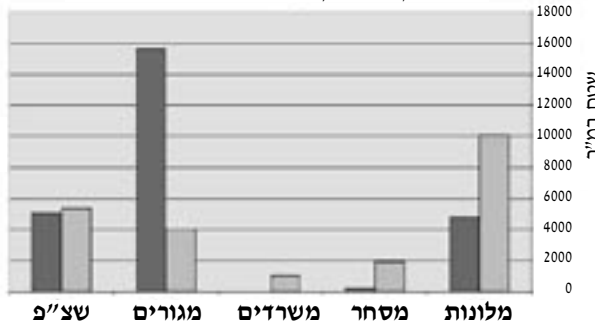
מרינה אשדוד - תסריט צפוי מראש⁶

לפני כ-20 שנה נערכה תכנית מתאר לחוף הים של אשדוד, ובמסגרתה נקבעו מספר עקרונות: א. אזור המרינה יהיה המוקד של תיירות ובילוי. ב. באזור המרינה יהיה אזור מגורים בהיקף של 220 יחידות דיור, עבור בעלי הסירות מהארץ ומהעולם.

מאוחר יותר, נערך סקר היתכנות לפרויקט, בו נמצא שהוא אינו כלכלי ולכן יש להוסיף עוד 500 יחידות דיור בחלק המערבי של המרינה. בפועל, אישרו בתכנית 960 יחידות דיור רגילות, ויצרו שכונת מגורים לכל דבר. אך בכך לא תם הסיפור. בימים אלה מקדמים היוזמים, בשיתוף העירייה, שינוי לתכנית המרינה: תוספת של עוד 275 יחידות דיור על חשבון שטחי מלונאות, הגבהה של המלונות הנתרים לכדי 30 קומות, וצמצום השטח הציבורי המרכזי, ובכלל זה ייבוש האגם שתוכנן במרכזו.

וכך, במרוצת השנים, בתהליך צפוי מראש, הופך "מוקד של תיירות ובילוי" לשכונת מגורים לכל דבר ועניין.

השוואה בזכויות הבניה במרינה במ"ר מימין - מצב קיים. משמאל - מצב מוצע



פנטהאוז במסווה של קיוסק בהכשר הוועדה המחוזית

חשבנו שהכל כבר נאמר על ה'קיוסק' של אשדוד, אלא שהשנה נתנה הוועדה המחוזית לתכנון ולבנייה דרום הכשר לאחד הסמלים של בנייה בלתי חוקית לאורך החוף - 'קיוסק' בן ארבע קומות שבראשו פנטהאוז. אמנם, אין זה המבנה הגדול ביותר לאורך החוף, אך דרך אישורו מסמלת אולי יותר מכל את חוסר היכולת של מוסדות התכנון לעמוד מול אדם כוחני, שעושה ככל העולה על רוחו ובסופו של יום עוד מקבל פרס מהוועדה. הוועדה התפתלה, ומצאה ניסוח חדשני לחוק התכנון והבנייה כדי להכשיר את המבנה - הקומה העליונה של המבנה הוגדרה כ'קומה טכנית'. הוועדה העדיפה לא לשמוע ולא לראות עדויות, לפיהן בעל הקיוסק מתגורר בנוחות ב'קומה הטכנית'. גם העובדה כי הקיוסק רשום במשרד הפנים כמען מגוריו הרשמי, לא הצליחה לבלבל את הוועדה. וכך, על אף שביט המשפט פסק כבר לפני זמן רב שיש להרוס את הקומות העליונות של המבנה, והתנגדויות של עיריית אשדוד, תושבי העיר והארגונים הירוקים, נותרה הוועדה בשלה.

אישור התכנית המופקדת במתכונתה הנוכחית מהווה נקודת שיא לכשל אכיפתי מתמשך, המתבטאת בשיתוף פעולה בלתי מובן עם פורע חוק, תוך פגיעה בזכויות הקניין והשוויון של כלל הציבור. הכשר כולל בדיעבד על ידי הרשויות האמונות על שמירת החוק, בייחוד בעבירה נמשכת ובוטה כגון זו, משדר לציבור מסר קלוקל של עידוד עבריינות, וזאת בניגוד מוחלט למדיניות תקינה של המנהל ולאינטרס הציבורי. החברה להגנת הטבע, הפורום הציבורי לאיכות הסביבה באשדוד ואדם טבע ודין הגישו ערעור למועצה הארצית על החלטה זו.



הקיוסק והפנטהאוז באשדוד. הוועדה המחוזית הכשירה את עבירות הבניה



דווקא על רקע הדוגמאות שהוצגו, מן הראוי לציין לטובה את הנחיות מנכ"ל משרד הפנים, גדעון בר-לב, מראשית השנה, הקובעות בין היתר כי: "התופעה של עבריינות בנייה היא תופעה קשה וחמורה, המחייבת התייחסות מחמירה מצד כל גורמי השלטון המופקדים על הנושא... **מרכיב ההרתעה בסוג עבריינות זו הוא מרכיב קריטי**, לאור ריבוי העבירות והרווחים הכלכליים הכרוכים בביצוען. אישור תיקון או שינוי לתכנית, בדיעבד, לשם הכשרת עבירות בנייה בוטות, **משדר מסר שלילי לציבור ופוגע ביסוד ההרתעה שבאכיפה**... יתרה מזאת, לעיתים קרובות, בלחץ העובדות המוגמרות, מאשרים מוסדות התכנון תיקונים ושינויים, **שלא עולים בקנה אחד עם עקרונות התכנון הראוי**, ושלא היו מתאשרים מלכתחילה. בכך ניתן עידוד לעבריינות וחוטאים יוצאים נשכרים... במסגרת דיון במוסדות התכנון בתכניות מסוג זה, מוטלת חובה על מוסדות התכנון ליתן דעתם לנסיבות שהובילו לבקשה הנדונה ולתכליתה, **ולתת את המשקל הראוי, בין היתר, לאינטרס הציבורי המובהק שבאי עידוד עבריינות כאמור**" (ההדגשות לא במקור).

הצעת החוק לשמירת הסביבה החופית בהתייחס לעורף החוף :



הבטחת הנוף ואויר הים

7. לא תאושר תכנית המייעדת קרקע לבנייה בתחום חוף הים, ובאזורים הגובלים בתחום חוף הים ולא יינתן היתר בהתאם לתכנית כאמור, אלא באופן המבטיח את שני העקרונות הבאים:
- (1) שמירת המבט הפתוח לים מכיוון היבשה.
 - (2) זרימה בלא הפרעה של אוויר הים אל היבשה.

הערות

1. כל החופים שאינם חופים מוכרזים, או חופים אסורים לרחצה, מוגדרים ככאלה בהם האחריות על הרחצה מוטלת על המתרחץ עצמו, והרשות המקומית אינה מחוייבת להעמיד בהם שרותים כלשהם.
2. מיפוי מפורט על גבי תצלומי אוויר ניתן למצוא באתר משרד הפנים www.pnim.gov.il
3. מבוסס על חוות דעת משפטית של הקליניקה לצדק סביבתי באוניברסיטת ת"א.
4. ת"א 1520/99, אלעד קריאל נ' קיבוץ משמר העמק.
5. מן הראוי לציין לטובה את המוקד העירוני של עיריית ראשון לציון, המעדכן באופן יומיומי על מצב חופי הרחצה בעיר. כמו כן, לטענת משרד הבריאות, נתוני הניטור בחופים המוכרזים מתפרסמים בחודשים יולי - אוגוסט באתר האינטרנט של המשרד.
6. מבוסס על מאמרו של אינג' יוסף ווסט. הן המאמר והן ההדמיה והגרף מופיעים באתר הפורום הציבורי לאיכות הסביבה באשדוד www.ashdod.info

מבוא

עליית מפלס פני הים היא, ככל הנראה, אחת התופעות המדאיגות ביותר אשר תתרחשנה כתוצאה מהשינוי האקלימי. כיום, סבורים מרבית החוקרים בעולם כי אנו נמצאים בעיצומו של תהליך שינוי האקלים, שעיקרו בא לידי ביטוי בעליית הטמפרטורה, הנובעת בעיקרה מפליטת גזים לאטמוספירה - תופעת החממה.

החשיבות שמייחסות כיום מדינות העולם לשינויים בגובה פני הים, קשורה לעובדה שיותר משני מיליארד איש (כ-40% מאוכלוסיית העולם) גרים בטווח של 100 ק"מ מקו החוף, מה שאומר כי חלק גדול מהם צפוי להיות מושפע מעלייה מואצת של גובה פני הים. כך גם לגבי מרבית הערים הגדולות בעולם הנמצאות באזורי חוף.

כדי להבין את התופעה לעומקה, ולהיות מסוגלים לחזות את פני העתיד, פועל פאנל בינ-ממשלתי של האו"ם וארגון המטאורולוגיה העולמי, העוסק בהערכת שינויי אקלים גלובליים (IPCC). הדוח האחרון שפורסם בשנת 2001 מלמד, כי ב-100 השנים האחרונות חלה עלייה מואצת בגובה פני הים, ביחס לעלייה שהתרחשה ב-2,000 השנים האחרונות. העלייה במפלס פני הים נובעת מעליית הטמפרטורה על פני כדור הארץ, הגורמת להתפשטות תרמלית (שינוי נפחי) של האוקיינוסים, ולהפשרה של קרחונים. בניסיון לחזות את העתיד בתחום זה, מציג הפאנל שורה של תרחישים לעליית פני הים הגלובאלי, הנעים על פני משרעת רחבה (עלייה של 10-90 ס"מ עד שנת 2100).

המשרעת הרחבה של התחזיות העולמיות, כמו גם השונות במרחב ובזמן של מפלס הים, מחייבות התייחסות פרטנית יותר. על כן הוקמו בעשור האחרון, הן באירופה והן סביב הים התיכון, צוותי מחקר משותפים, העורכים מחקר וניטור מפורטים לבחינת עליית המפלס. מחקרים אלה מבוססים על עשרות תחנות ניטור, המצוידות במיטב הטכנולוגיה הקיימת.

הממצאים העדכניים מלמדים על עלייה דרמטית במפלס פני הים התיכון בעשור האחרון, עלייה הגדולה בסדר גודל מקצב העלייה במאה ה-20 - עלייה רב שנתית ממוצעת של כ-10 מ"מ לשנה! קצב עלייה זה נמדד בתחנות מדידה בישראל, ותואם את הקצבים שנמדדים בחלקים אחרים של הים התיכון.



צילום לוויין של מזרח הים התיכון

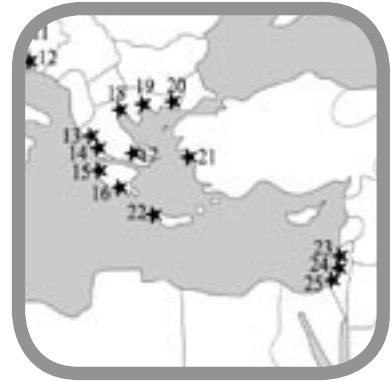
עליית פני הים החזויה צפויה להשאיר חותם שונה במדינות שונות, גם מפני שהיא לא תהיה אחידה באזורים השונים על פני כדור הארץ, אך בעיקר בגלל הרגישות השונה של המדינות / האזורים לנושא זה. רגישות זו נובעת בעיקרה מהתנאים הגיאוגרפיים והאקלימיים, ומשימושי הקרקע לאורך החוף. בעשור האחרון החלו להתבצע בעולם מחקרים, אשר בדקו את השפעתה הצפויה של עליית פני ים בחתך מקומי של מדינות או אזורים. מרבית ההערכות הללו הניחו תרחישים וטוחי זמן מקובלים. התרחיש המקובל ביותר הוא מדידה של עליית פני ים של 1 מטר לטווח זמן של כ-100 שנה (עד 2100), כאשר טווח זמן אלטרנטיבי הינו עד שנת 2060. נקודת זמן זו היא מדד מקובל (benchmark) במחקרים הבודקים השפעות של תופעות הקשורות בתוצר תופעת החממה (נקודת זמן זו מציינת את השנה בה, על פי התרחישים הקיימים, יגיע ריכוז ה- CO_2 באטמוספירה לרמה הכפולה מרמתו לפני העידן התעשייתי).

מאחר שבישראל טרם נערכה עבודה אשר בחנה את ההשלכות הכוללות של עליית המפלס, מנסה דוח זה לראשונה להתמודד עם הנושא. ההשלכות הן כמובן רבות ושונות, ובמסגרת זו לא ניתן היה לכלול את כולן. בחרנו להתייחס לשורה של תחומים הנוגעים לציבור הרחב, כגון אובדן שטחי חוף כתוצאה מהצפה ומארוזיה; המלחת אקוויפר החוף; הרס מצוקים ופגיעה בערכי מורשת ותרבות. על אף הקושי הכרוך בתחזיות לטווח ארוך, השתדלנו ככל הניתן לכמת את ההשלכות הצפויות בצורה ברורה.



נקודת המוצא של הדוח הינה העלייה הצפויה במפלס פני הים. מאחר שהעדויות לעלייה הדרמטית במפלס הים בשנים האחרונות, לה עלולות להיות השלכות קשות על תחומים שונים, כפי שעולה מהדוח, מחייבות התייחסות מעמיקה - בחרנו לפתוח את הדוח בהצגה מפורטת של הנתונים לאשורם משתי נקודות מבט מעט שונות.

שני הפרקים הראשונים מציגים את המידע העדכני ביותר בכל הקשור לעליית המפלס בחופי ישראל ובים התיכון. הכותבים, מהבכירים בתחום זה בארץ, מגיעים כל אחד בדרכו למסקנה, כי עליית המפלס שנמדדה בעשור האחרון בחופי ישראל, ובחלקים אחרים של הים התיכון, גבוהה משמעותית מהתחזיות לעליית מפלס הים העולמי.



על בסיס ממצאים אלה, ביקשנו משורה של מומחים לנסות ולהעריך את ההשלכות של עליית מפלס פני הים. על מנת ליצור מכנה משותף, המקובל גם בעולם, קבענו את עליית המפלס במטר אחד כנקודת בסיס להתייחסות.

הפרק השלישי עוסק בהשלכות של עליית מפלס הים על רצועת החוף ועל המצוק החופי. הממצאים העולים מפרק זה, הנתמכים גם בפרקים נוספים, מלמדים כי עלייה של מטר אחד במפלס פני הים צפויה לגרום לנסיגה משמעותית של קו החוף מזרחה, וכי לכך עלולות להיות השלכות כבדות גם על המצוק החופי. בחופים חוליים תגרום עליית המפלס להצפה של רצועת חוף ברוחב של 50-100 מ', ובחופים סלעיים מעט פחות מכך. בנקודה זו חשוב לציין, כי מעטים מאוד החופים החוליים בארץ שרוחבם יותר מ-100 מטר. עליית המפלס צפויה גם להאיץ משמעותית, ולמעשה לשלש את קצב את נסיגת המצוק החופי עד לקצב של כ-60 ס"מ לשנה, בעיקר כתוצאה של קיצור מחזור הגלישות (משך הזמן בין גלישה אחת לשנייה).



הפרק הרביעי בדוח מנסה להעריך באמות מידה כלכליות את הנזק הציבורי של אובדן שטח חוף, המהווה מוצר ציבורי משמעותי. כדי לכמת את הנזק הכלכלי, נאמד אובדן שטחי חוף כתוצאה מעליית מפלס פני הים במטר אחד. אובדן כזה נובע בעיקרו משני תהליכים במקביל: ארוזיה, שמשמעותה הסרה פיזית של סדימנטים מהחוף, והצפה כתוצאה ישירה של עליית המפלס. הניתוח שנערך מלמד, כי עלייה במפלס פני הים במטר אחד תגרום לאובדן שטחי חוף בהיקף של כ-8,400 דונמים. בקטעים נרחבים (עשרות ק"מ) מדרום לפלמחים ובין גבעת אולגה לחיפה, ייגרעו מרצועת החוף כ-75 מ' בממוצע, ובמקטעים רבים יגיע קו החוף עד ממש למרגלות המצוק. הנזק הכלכלי של אובדן שטחי החוף כמוצר ציבורי (רצועת חוף פתוחה) נע על פני משרעת רחבה, בהתאם לשער הניכיון (ריבית). התרחיש הממוצע (3% ריבית) אומד את הנזק בכ-7 מיליארד ש"ח. מן הראוי להדגיש, כי אומדן זה אינו מתייחס לנזקים ישירים ועקיפים לתשתיות ולמבנים ביבשה ובים. כמו כן, יש להביא בחשבון כי על פי הנתונים העולים מפרק זה, חלק הארי של רצועת החוף של ישראל ייעלם, ויוותרו מעט מאוד חופים ראויים לרחצה. מכאן ניתן להניח, כי הנזק לציבור והביטוי הכלכלי שלו יעלה משמעותית בציר הזמן.



הפרק החמישי בדוח בוחן את ההשלכות של עליית מפלס הים התיכון על אקוויפר החוף. על אף שאקוויפר החוף נסתר מהעין הציבורית, הוא מהווה את אחד המקורות העיקריים של מים שפירים בישראל. חשיבותו נובעת מגודלו, ממיקומו ומהשימוש בו כמאגר רב שנתי של מערכת המים הארצית. בשנים עברו סיפק אקוויפר החוף כרבע מתצרוכת המים של ישראל. במשך השנים, כתוצאה משאיבה מואצת, ירד מפלס המים באקוויפר ונוצרו "מכתשים הידרולוגיים", הנתונים בסכנה במקרה של חדירת מי ים. ככל שהשיפוע באזור נמוך יותר והקרבה ל"מכתשים ההידרולוגיים" גדולה יותר, תהיה הפגיעה באיכות מי האקוויפר משמעותית יותר. מהממצאים עולה כי עליית מפלס פני הים במטר אחד, באזורים בעלי שיפוע טופוגרפי נמוך, הסמוכים ל"מכתשים הידרולוגיים", צפויה לגרום לאובדן של יותר מ-25 מיליון מ"ק של מים שפירים לכל ק"מ חוף.



הפרק השישי בדוח עוסק בהיבט אותו קשה לכמת כלכלית וכמותית, אך הינו בעל חשיבות עמוקה מבחינה תרבותית - השלכות עליית מפלס פני הים על ערי החוף העתיקות של ישראל. התרבויות הקדומות הותירו שפע של שרידים עתיקים לאורך חופי ישראל, המהווים פרק חשוב בהיסטוריה של ארץ ישראל, נכס תרבותי ומשאב תיירותי. התערבות האדם במערכת החופית בשנים האחרונות הביאה לתהליך הרס מואץ של אתרים אלה, ובראשם אתרי החוף באשקלון, באפולוניה ובקיסריה. לאור התחזיות לעלייה במפלס פני הים העולמי, ועימה היעלמות שטחי חוף והרס מצוקים, צפויה האצה בתהליך ההרס, ועולה החשש כי בתוך זמן קצר ייעלם חלק ניכר מערי החוף העתיקות של ישראל.



הפרק השביעי אינו עוסק בצורה ישירה בהשלכות של עליית מפלס הים על חופי ארצנו, אלא מציג איום נוסף, העלול להעצים את הבעיות שתוארו לעיל. למעט הפרק העוסק באקוויפר החוף, נוגעות שאר ההשלכות של עליית המפלס לשינויים הצפויים ברצועת החוף. מכיוון שחופי ישראל הינם הקצה הצפוני של התא החופי של הנילוס, פוגעת כל התערבות לאורך תא זה, שאורכו כ-700 ק"מ, בנדידת החול החופי, ועלולה לגרום לנזק ישיר או עקיף לחופי ישראל. פרק זה מתייחס להשלכות העלולות להיות על מצב חופי ישראל, כתוצאה מהקמת מבנים ימיים ומכרייה בחופי צפון סיני ורצועת עזה. ההערכה היא, כי בנייה של נמל עמוק מים בעזה, לצד כרייה מואצת של חולות החוף וללא מנגנון פיצוי כגון העברה מלאכותית של חול, יפגעו בהסעת החולות. בשלב ראשון, עלולות תופעות אלו לגרום להרס חופי רצועת עזה, בהמשך לכרסום בחופי דרום ישראל, ובכך להעצים את ההשלכות הישירות של עליית מפלס הים.



אחרית דבר

הדוח הנוכחי בא להציף (תרתי משמע) נושא הרחוק מעט מהזרקור הציבורי, ומהעיסוק היומיומי בבעיות השעה. יחד עם זאת, הנתונים ההולכים ומצטברים בנוגע לקצב עליית מפלס פני הים אינם יכולים עוד להישאר נחלתם של מומחים, הדנים בכך במסגרות אקדמיות בלבד. ההאצה הדרמטית בקצב עליית מפלס פני הים בשנים האחרונות, מחייבת אותנו להתעורר ולהיערך מבעוד מועד. לא ניתן עוד לדחות את העיסוק בסוגייה זו בטענה שאחרינו המבול. מספיק להסתובב לאורך חופי ארצנו לאחר החורף האחרון, ולראות את הרס המצוקים והחופים, כדי להבין שהמבול כבר כאן.

דוח זה אינו מתיימר להקיף את כל ההשלכות של עליית המפלס, אלא לכוון זרקור לכמה מהן. מאחר שהנושא רחב ומורכב, אין גם מקום במסגרת זו להיכנס להמלצות פרטניות. ואולם, הממצאים העולים מדוח זה מחייבים את מקבלי ההחלטות בדרגים הגבוהים ביותר לעשות מעשה ולקחת יוזמה. אל לנו לחכות עד שהאדמה תפער את פיה, כפי שמתרחש בים המלח, כדי לקבל החלטות. על ממשלת ישראל מוטלת האחריות לטפל בנושא, להקצות את הכסף הדרוש ולהקים צוות בינמשרדי, אשר יכלול גם נציגי ציבור. הצוות יצטרך להעמיק את ידיעתו בתחומים הרלוונטיים השונים, על מנת לגבש המלצות אופרטיביות להתמודדות עם הנושא.

ניר פפאי

רכז חופים וים, החברה להגנת הטבע

שינוי מפלס הים ובחינת ההשלכות על מצב חופי הים התיכון של ישראל

דב ס. רוזן

עליית הטמפרטורה הגלובלית גורמת לעליית מפלס הים, בעיקר על ידי שינוי נפחי ובמידה קטנה יותר - על ידי הפשרת חלק מכיפות הקרח בקטבים. בעשור האחרון נמדדה עלייה רב שנתית ממוצעת של כ-10 מ"מ בשנה במזרח הים התיכון ובמרכזו - גידול דרמטי לעומת קצבים שנמדדו בעבר. עליית המפלס צפויה לגרום לנסיגה משמעותית של קו החוף מזרחה, ולכך עלולות להיות השלכות כבדות גם על המצוק החופי וגם על מי התהום.

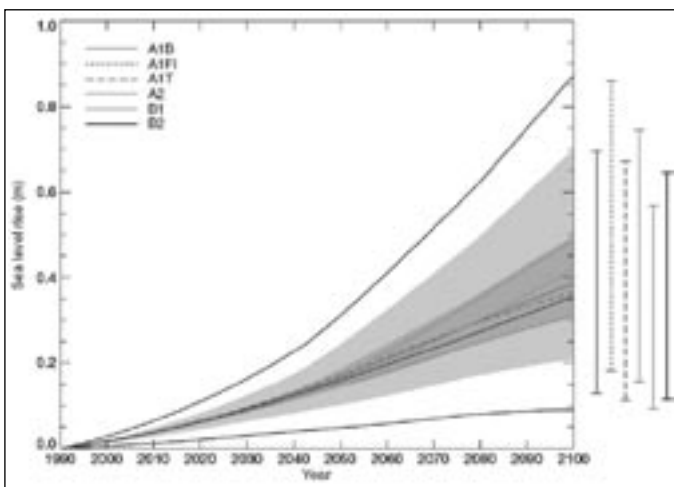
מבוא

בדוח ההערכה השלישי (TAR) שפירסם* הפאנל הבין-ממשלתי לשינוי האקלים (IPCC), הפועל מטעם תכנית הסביבה של האו"ם (UNEP) והארגון המטאורולוגי העולמי (WMO), הוצגו תחזית ואומדנים להשפעות שינוי האקלים בכדור הארץ במאה ה-21, על פי תרחישים שונים בהתייחס להשפעת תופעת החממה ולפעולות אנוש וטבע אחרות בעבר, בהווה ובעתיד.

אחת ההשפעות של שינוי האקלים (ויש קביעה ברורה כי אנו כבר נמצאים בתהליך שכזה), היא עלייה של מפלס פני הים כתוצאה מעליית הטמפרטורה על פני כדור הארץ. עליית הטמפרטורה גורמת לעליית מפלס הים, בעיקר על ידי שינוי נפחי (steric effect), ובמידה קטנה יותר על ידי הפשרת חלק מכיפות הקרח באזורי הקטבים. התחזית של העלייה הממוצעת העולמית לשנת 2025 של מפלס הים, ביחס למצב בשנת 1990 ועל פי תרחיש של "עסקים כרגיל" והנחות נוספות שונות (ללא צמצום פליטות CO₂), הינה בין 3 עד 14 ס"מ. התחזית לשנת 2050 עומדת על בין 5 ל-35 ס"מ, והתחזית לשנת 2100 היא עלייה של בין 9 ל-88 ס"מ (איור מס' 1). אומדנים דומים הציגו תמונה דומה (Douglas et al. 2001). על פי IPCC, גם אם תצומצם כמות גזי הפליטה המזיקים, או אפילו תיפסק לחלוטין פליטתם, תופעת החממה תמשיך להתקיים עוד מאות רבות של שנים. למרות התחזית לעלייה העולמית של מפלס פני הים (עלייה אאוסטטית) בהשפעת תופעת החממה, יהיה שינוי מפלס הים היחסי (ביחס ליבשה במקום מסוים) שונה מאזור אחד למשנהו, כאשר יש לקחת בחשבון את המיקום על פני כדור הארץ, וכן תנועות הפלטות הטקטוניות באותו אזור**.

איור מס' 1

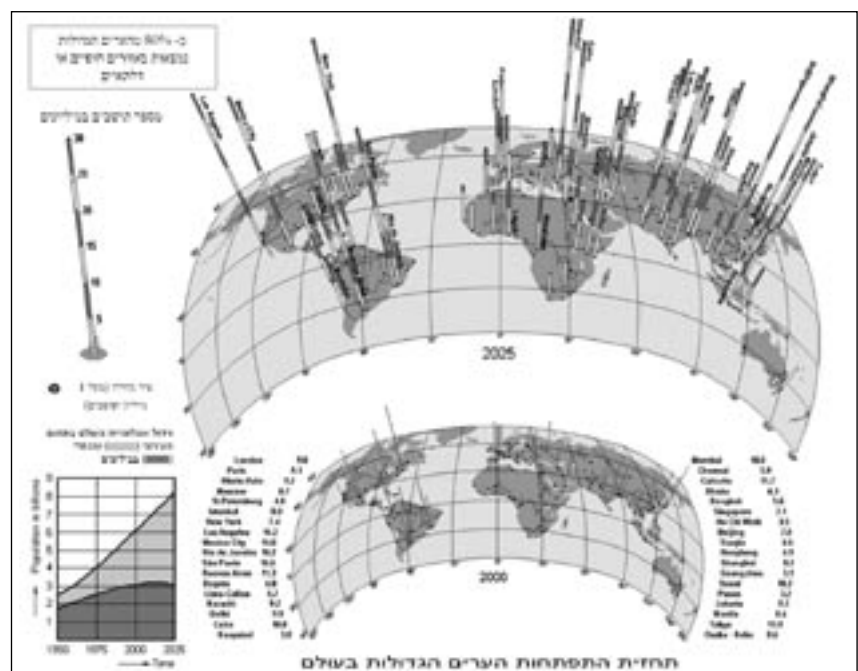
תחזית עליית מפלס הים העולמי הממוצע עד 2100, לפי שישה מודלים שונים במצב "עסקים כרגיל" (בעקבות TAR Group 1 IPCC - 2001)



אחת ההשפעות של שינוי האקלים היא עלייה של מפלס פני הים, כתוצאה מעליית הטמפרטורה על פני כדור הארץ

דב ס. רוזן - מנהל המחלקה לגיאולוגיה ימית ותהליכים חופיים, חקר ימים ואגמים לישראל, מתאם תכנית MedGLOSS לים התיכון והים השחור וחבר בצוות המומחים לתכנית GLOSS של IOC/UNESCO.

מאז סוף שנות ה-80' של המאה שעברה, מנוהל ניטור מפלס הים בכל העולם על ידי הוועדה הממשלתית לאוקיאנוגרפיה (IOC) של UNESCO, בשיתוף WMO דרך תכנית המעקב העולמי אחר מפלס הים (GLOSS). תכנית זו הינה חלק מתכנית גדולה יותר לניטור העולמי של האוקיאנוסים (GOOS), אשר כוללת גם תת-תכנית לניטור העולמי של אזורי החוף (COOM). בפרסום הדן בהערכות לניטור אזורי החוף (UNESCO,2003) הוצגה רשימה של גורמים מחוללים טבעיים ואנטרופוגניים לשינויים באזור החוף, ומולם התחומים הצפויים להשפעות ולשינוי בגלם. בגורמים הטבעיים נכללו: התחממות עולמית ועליית מפלס הים, סערות ואירועי מזג אוויר קיצוני אחרים, זרמים בסדר גודל אוקיאני, אירועים סיסמיים, גלים, מועדי ים ונחשולי סערות, זרימת נהרות ומי תהום. ברשימת הגורמים המחוללים האנטרופוגניים נכללו: ייצוב פיזי מחודש של הסביבה, השתנות המחזור ההידרולוגי, ניצול מקורות חיים ודוממים, השתנות מחזורי נוטריאנטים, תשומות סדימנטים, זיהום כימי, תשומות פאטוגני אדם, הכנסת מינים זרים. ברשימת התופעות שנדרש לנטר נכללו: תנודות במפלס הים, שינויים במצב הים, שינויים בזרמי פני שטח וזרמים תת מימיים, אירועי שיטפונות חופיים, שינויים בקו החוף ובקרקעית הים הרדוד של אזור החוף ועוד. על פי אותו מסמך, מושפעות האוכלוסיות החופיות משורה של סכנות טבעיות, ביניהן ארוזיה (גריעה), חדירת מי ים למי תהום, שקיעה (עקב שאיבת יתר), שיטפונות וגלי צונמי על ידי זרימות נחלים ונחשולי סערות. החשיפה לסכנות טבעיות אלו צפויה לגדול, הן עקב גידול צפיפות האוכלוסין באזורים חופיים נמוכים והן עקב תופעות של שינוי האקלים העולמי (כגון עליית מפלס הים והתכנות גידול שכיחות אירוע מצבי מזג אוויר קיצוניים). אומדנים אחרונים של התפלגות אוכלוסיית העולם*** מצביעות כי: (א) מספר התושבים המתגוררים בקרבת אזור החוף (עד 100 ק"מ מרחק מקו החוף ועד רום 100 מ' מפני הים הבינוניים) היה בשנת 1990 כ-1.9 ביליון, או כ-38% מאוכלוסיית העולם (מספר קטן מאומדנים אחרים - Hinrichsen, 1998); (ב) כ-40% מהאוכלוסייה השוהה באזורי החוף תופסת 4% מכלל הקרקע של אזורי החוף בצפיפות אוכלוסיות של כ-1,000 איש\ק"מ². האזורים הצפופים ביותר הם באירופה ובדרום, בדרום-מזרח ובמזרח אסיה. לכן, על אף ריכוז האוכלוסין באזורי החוף, ברוב השטחים החופיים צפיפות האוכלוסין דלה; (ג) למרות ש-11 מתוך 15 הערים הגדולות בעולם (עם ריכוזי אוכלוסייה של יותר מ-10,000 איש\ק"מ²) נמצאות באזורי חוף, רק כ-10% של אוכלוסיית אזורי החוף מתגוררת בערים אלו. רוב האוכלוסייה החשופה מתגוררת בערים קטנות או באזורים כפריים, למשל באזורים דלתאיים (1,000 איש\ק"מ²). ואולם, מגמת המעבר לערים צפויה לגדול בקצב מואץ, ולגרום לשינוי מגמות ריכוז האוכלוסין. המחשה לכך מוצגת באיור מס' 2.



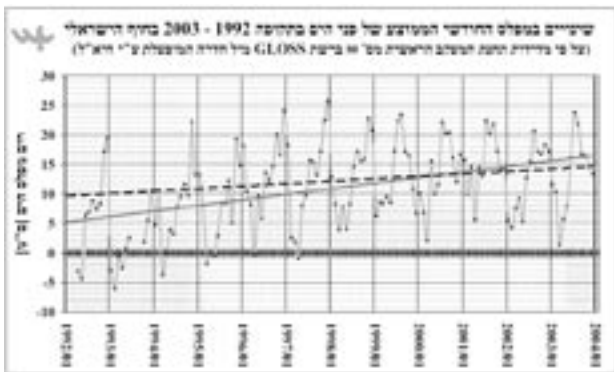
איור 2
תחזית גידול האוכלוסין בערים הגדולות בעולם
(בעקבות Waterman and Liesting, 2002).

לאור מידע הרקע דלעיל במאמר זה, אנו מבקשים להתייחס להשפעות שינוי מפלס הים והתכנות שינוי אקלים הרוחות והגלים על מצב החופים בישראל. זאת, על בסיס מידע שנאסף ומעובד בהתמדה על ידי חקר ימים ואגמים לישראל (חיא"ל) במכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה שבחיפה, בפעילות ניטור ומחקר של הסביבה הימית בארץ ובעולם.

ניטור שינוי מפלס הים

האתגר של הניטור, ההבנה והחיזוי של עליית מפלס הים נובע מהשינוי (variability) בזמן ובמרחב של המפלס, כמו גם מריבוי הגורמים המשפיעים על המפלס. על בסיס נתוני מדידות מלוויני טופקס ופוסאידון (Cazenave and Nerem, 2003), בשנים 1993-2003 עמד קצב עליית מפלס הים על ממוצע עולמי של 0.4-2.6 מ"מ\שנה. גם חי"ל, כמו מכוני מחקר אוקיאנוגרפי אחרים בעולם, החל בתחילת שנות ה-90 של המאה שעברה במחקר מוגבר בנושא שינוי מפלס הים בחופי ישראל. כיום, משמש חי"ל כמוקד לפעילות המחקר לניטור שינויים במפלס בים התיכון ובים השחור, וזאת על ידי ייזום וקבלת ניהול רשת תחנות הניטור של מפלס הים - MedGLOSS, הרשת האזורית לים התיכון המהווה תת-רשת צפופה ל-GLOSS. רשת MedGLOSS מופעלת בחסות שני ארגונים בינלאומיים, הוועדה הבינלאומית לחקר המדעי של הים התיכון (CIESM) ו-UNESCO/IOC, בהשתתפות 17 מדינות בים התיכון ובים השחור.

בנוסף, מאז נובמבר 2003 משתתף חי"ל, יחד עם עוד 20 ארגונים אירופיים, בפרויקט RI-ESEAS במימון תכנית המחקר של האיחוד האירופי, לשיפור תשתיות המחקר ולניטור שינויים במפלסי הימים סביב אירופה. במסגרת הפרויקט, נקבעו המקומות החשובים ביותר לשדרוג תחנות ניטור סביב אירופה, וכעת כמעט הושלם שדרוג מערכות הניטור של מפלס הים ושל תזוזות נקודות הבקרה לייחוס מפלסי הים לרשת הייחוס היבשתית העולמית (ITRF). חי"ל הציבה חמש תחנות ניטור מפלס הים בחו"ל (במלטה, קפריסין, קרואטיה, רומניה ואוקראינה), וזאת בנוסף לתחנה המופעלת בחדרה ולתחנה חדשה שתוצב בקרוב באשדוד, המשדרות מידע כמעט בזמן אמת. כמו כן, במשימות הפרויקט כלולים גם ניתוח נתוני מפלס הים ותזוזות הקרקע בימים סביב אירופה ובמקומות נבחרים בעולם באופן שיטתי ואחיד, לאומדן מדויק יותר של מגמות השתנות מפלס הים בטווח זמן ארוך (מעשור ועד מאה שנה). ממצאי ביניים של המחקר יוצגו בהרחבה בכנס שיתקיים בתחילת נובמבר 2004 במלטה.

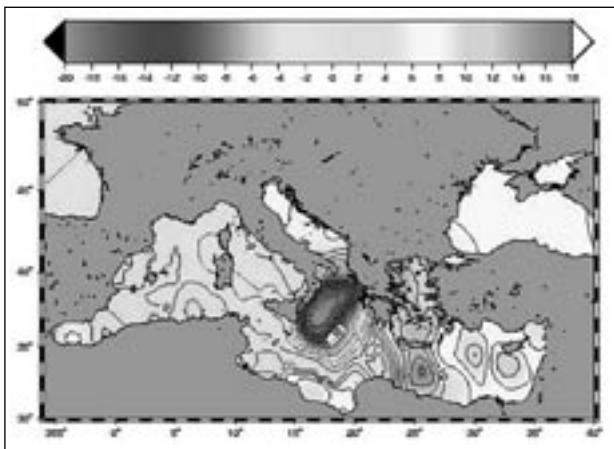


איור מס' 3 - השתנות קצב עליית מפלס הים בחוף הישראלי בים התיכון בשנים האחרונות.

בעשור האחרון (1992-2003) נמדדה עלייה רב שנתית ממוצעת של כ-10 מ"מ\שנה (רוזן, 2002), לעומת קצב הקטן בסדר גודל כמעט (1-2 מ"מ\שנה בממוצע) במהלך יתר המאה ה-20. לעומת זאת, בהתייחסות לחצי תריסר השנים האחרונות מצאנו כי עליית מפלס הים מתונה יותר, בסדר גודל של 5 מ"מ\שנה (איור 3).

המצב מפתיע עוד יותר, לאחר שמדידות מפלס הים מלוויינים הראו כי אין אחידות בקצב ובמגמת שינוי מפלס הים התיכון בעשור האחרון (FENOGGIO-MARC, 2002). למרות שסדר הגודל והעלייה של מפלס הים תואם את המדידות בתחנת GLOSS מס' 80 בחדרה, הרי שמדידות הלוויינים הראו בתקופה 1992-2000 קצב עלייה שנתית של כ-20 מ"מ באזור האי כריתין, ולעומת זאת ירידה במפלס הים באזור הים היוני (Ionian sea), מול חופי איטליה.

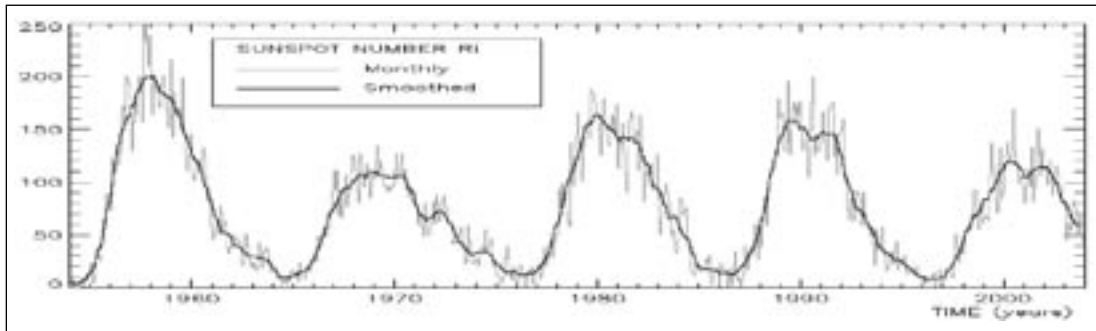
הממצאים שמוצגים באיור 3 מצביעים למעשה על נוכחות שתי תופעות רב שנתיות: האחת תנודה במחזור של עשור (decadal fluctuation), והשנייה, כנראה, עלייה בהשפעת תופעת החממה, בעלת קצב דומה לקצב הממוצע העולמי החזוי. כמו כן, תנודות מפלס הים הרב שנתיות בסקלת עשור תואמות להפליא את המידע באיור 4. באיור זה באים לידי ביטוי מורכבות הזרימות והגורמים הפועלים בים התיכון, במיוחד במרכזו ובמזרחו, בכך שנראה כי אין מצב של "כלים שלובים" פשוט עקב כיווני שינוי שונים של המפלס בחלק המזרחי ובים היוני.



איור מס' 4 - שינוי מפלס הים בים התיכון ממדידות לוויני טופס\פוסאידון בתקופה 1992-2000 (בעקבות Fenoglio-Marc, 2002).

על פי ניטור אוקיאנוגרפי של הזרימות באזור זה ידוע, כי המקור למי הביניים הלבנטיניים שהיה לפני סוף שנות ה-80 של המאה שעברה בים האדריאטי, שם נוצרו וזרמו לאגן המזרחי של הים התיכון, השתנה בתחילת שנות ה-90 (Malanotte-Rizzoli et al. 1996). מאז ועד 2002 עבר המקור להיווצרות מים כבדים אלה לים האגאי, אך ב-2002 שוב נצפתה יצירת זרימת מי הביניים מהים האדריאטי. לפיכך, תהליך זה נראה קשור עם תופעות תנודות גלובליות כגון "El Niño/La Niña", העשויות להשפיע על אקלים הרוחות באזורנו דרך המונסונים החודרים מהאוקיאנוס ההודי (Pinaridi, דווח אישי). מאידך, תנודתיות זו, כמו גם שינוי הטמפרטורה והאקלים, נשלטים באופן ברור על ידי קרינת השמש. על פי תצפיות של הכתמים בשמש שהחלו במאה ה-17 (Eddy, 1980; Wei-Hock and Yaskell, 2003), קיימת

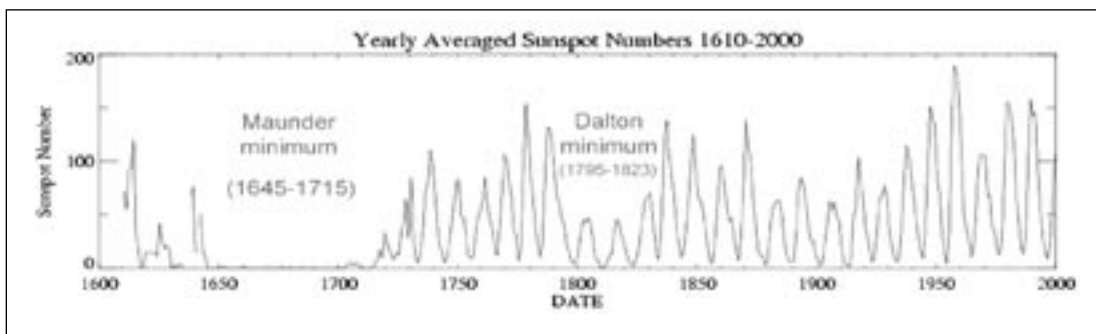
מחזוריות בהעצמת כמות כתמי השמש. המחזוריות הגבוהה הינה בקצב של כמעט 11 שנה (איור 5), ותואמת בצורה טובה את השנים 1992-2002. על פי אותם מחברים, ניתן ללמוד גם כי קיימת מחזוריות נוספת, בקצב של 22 שנה, של מינימום כמות כתמי השמש. כמו כן, על פי מחקרים שביצעו משפחת Maunder, התגלה קשר בין אירוע "תקופת הקרח הקטנה" (1645-1715) לתקופה של כמות מזערית של כתמי שמש (אינדקס כתמי שמש נמוך). אירוע זה זכה בכינוי "Maunder minimum" (איור 6). Eddy, שהמשיך את עבודתו של Maunder, הראה כי במהלך 7,000 השנים האחרונות היו 10 תקופות של "Maunder minimum", האחרונה שבהן בין השנים 1795-1823 ("minimum Dalton"). כל תקופה כזו התאפיינה במזג אוויר קר מאוד. לפיכך, צריך להתייחס לשינוי האקלים הצפוי לא רק בהקשר לתופעת החממה, אלא גם ביחס לקרינת השמש. קרינת השמש משפיעה כמובן ישירות על ידי הקרינה האינפרא-אדומה, המגיעה לכדור הארץ ואינה מוחזרת לחלל עקב חסימת גזי CO₂ וגזים אנטרופוגניים אחרים. מאידך מעריכים, כי קרינת השמש משפיעה גם על הטעינה החשמלית של חלקיקים באטמוספירה (כולל אירסולים) המהווים גרעיני עיבוי ליצירת עננים, אשר פועלים כחסמים של כל קרינת השמש, ובאופן זה להקטנה של תופעת החממה (Wei-Hock and Yaskell, 2003).



איור מס' 5

מחזוריות כמות כתמי השמש

בעקבות (<http://sidc.oma.be/>; SIDC, RWC Belgium)



איור מס' 6

שינוי אינדקס מספר כתמי השמש השנתית מאז 1610 ועד 2000

(בעקבות; <http://science.nasa.gov/ssl/pad/solar/> NASA)

התכנות השפעת האקלים על משטר הרוחות והגלים

בנוסף להשפעת שינוי האקלים על מפלס הים, יש להביא בחשבון גם את ההשפעה האפשרית על משטר הרוחות ועל גלי הרוח (לצרכינו, בתחום הרלוונטי לחוף הישראלי). זאת, בנוסף לתחזיות של התכנות הגדלת השכיחות של אירועי מזג אוויר קיצוניים שהזכרנו לעיל, וכן של הגדלת משרעת התנודות. כיום, מאופיין משטר הגלים בחוף הישראלי על ידי כיוון גלים שולטים (הגבוהים ביותר) מערבי בקרוב (המשתנה לאורך החוף בסדר גודל של מספר מעלות בודדות), עם כיווני גלים שכיחים במרווח הכיווני מדרום-



בעשור האחרון נמדדה עלייה רב שנתית חמוצעת של כ־10 מ"מ לשנה, לעומת קצב הקטן בסדר גודל כמעט במהלך יתר המאה ה־20

מערב ועד צפון (Rosen, 2002). עקב מיקומו היחסי של החוף הישראלי בים התיכון, כיוון הגלים השולטים לא צפוי להשתנות, היות שכיוון נשיבת הרוחות ממערב למזרח (בקרוב) הינו בעל אורך משב הרוח המרבי עבור החוף הישראלי. לעומת זאת, עד היום (וכנראה במספר אלפי השנים האחרונות) שכיחות הגלים מהתחום הדרום-מערבי עד מערב צפון-מערב היתה גדולה יותר בדרך כלל מאשר שכיחות הגלים מהכיוונים הצפוניים יותר. מכיוון שעוצמת הסעת הסדימנטים לאורך החוף תלויה ישירות בזווית ההתקרבות של הגלים עם הניצב לקו החוף (ככל שהזווית גדולה יותר ההסעה גדולה יותר), ניתן לומר כי בממוצע רב שנתי, הסעת הסדימנטים נטו לאורך החוף בתא החופי של הנילוס עד היום הינה לכיוון צפון, כאשר היא קטנה ככל שמצפינים מעזה עד מפרץ חיפה. רק בשנים שקטות יחסית, בהן לא היו סערות חזקות מערביות, גברה תרומת הגלים הצפון-מערביים עד צפוניים באזור שמחיפה עד בין חדרה לשפיים בקרוב, להסעה שנתית נטו דרומה. בעתיד, אם ישתנו שכיחות הרוחות ועוצמתן, עלול הדבר להביא גם לשינוי רב שנתי בכמויות השנתיות המוסעות, ואולי אפילו בכיוון ההסעה נטו בממוצע רב שנתי. מנתוני הגלים שנמדדו בארץ מאז 1958 (ברמות שונות של דיוק כתלות ברמת הדיוק של שיטות המדידה שהלכו והשתפרו, במיוחד מאז 1992), ניתן לסנן את הסערות הגדולות אשר אירעו מאז 1958. ניתן לציין כי הסערות הגדולות ביותר שנמדדו היו בדצמבר 1964, בינואר 1968, בדצמבר 1980, בדצמבר 1991, בפברואר 1992 ובפברואר 2001. אם נשווה מועדים אלה עם אזור 5, ניתן לראות שמלבד 1964 - לגבי כל היתר ישנו מתאם גבוה מאוד עם מחזוריות של שיא מספר כתמי השמש (ואו גוברת קרינת השמש), ונראה כי אכן אירועי מזג אוויר קיצוני קשורים מאוד לפעילות השמש.

השפעת עליית מפלס הים והשינוי הצפוי במשטר הרוחות והגלים על מצב החוף הישראלי

מזה שנים רבות מתבצעים בחיא"ל מחקרים בקשר למשטר הסדימנטולוגי בחוף הישראלי, בעיקר בתא החופי של הנילוס. ממצאי המחקרים שבוצעו, וההמלצות שניתנו על ידי חוקרי חיא"ל, הביאו לשינוי מדיניות פיתוח וניהול החופים בישראל. בין פעילויות אלו ראוי להזכיר זיהוי ההשפעות של מבנים חופיים של לכידת חול בצד הדרומי למבנה, וגריעה זמנית בצד שמצפון למבנה, אימוץ המדיניות של אי כריית חול מתחום מי הים הרדוד מ-30 מ', שינוי הגדרת מיקום קו המים הגבוהים בקשר לרוחב רצועת החוף של 100 מ' בתמ"א 13, והעברה מלאכותית של חול לשם שימור על מאזן הסעת החולות לאורך החוף. בהקשר לפרויקט לבדיקת התכנות הקמת איים מלאכותיים, וכן בהקשר לעבודות הכנת תסקירי ההשפעה על הסביבה של הרחבת נמל אשדוד ונמל חיפה, נאספו נתונים רבים על מצב החופים מבחינת הארוזיה החופית ונסיגת המצוק החופי.

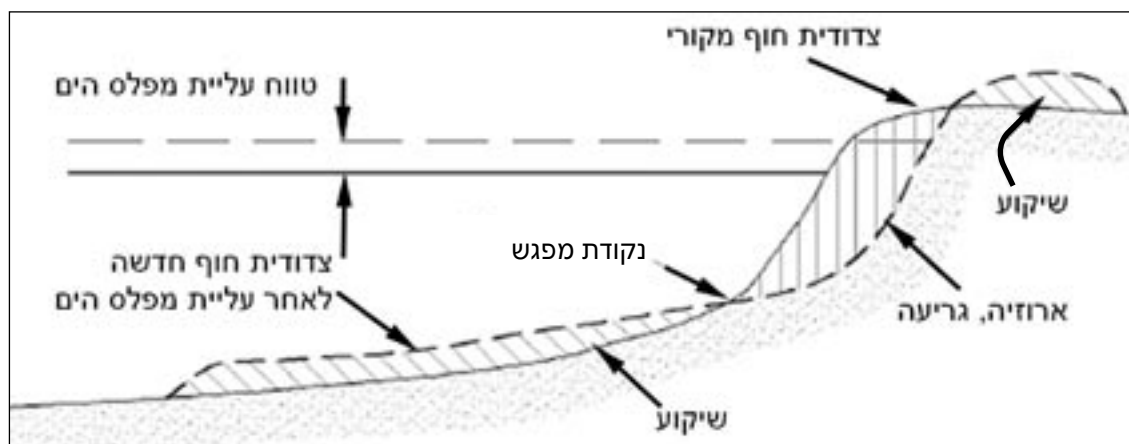
בים התיכון אין מצב של "כלים שלובים", בו עליית המפלס אחידה. בחלקו המרכזי והמזרחי של הים עליית המפלס רבה יותר

מאז 2002 משתתף חיא"ל בתכנית MAMA של האיחוד האירופי, יחד עם גופי מחקר מכל המדינות שלאורך חופי הים התיכון וכן גופים בינלאומיים, במטרה ליצור רשת יס-תיכונית לקידום פעילות ניטור וחיזוי הסביבה הימית. במסגרת תכנית זו פיתח ומפעיל חיא"ל אתר אינטרנט להגנה מפני הרס חופים, ולניהול חופים כוללני בר קיימא למדינות הים התיכון (<http://cerospig.ocean.org.il/>). בשנתיים האחרונות בוצעו פעולות ניטור שינוי מיקום קו המים באזור בין בת ים לנחל פולג, ולראשונה בוצעו מיפויים חוזרים באבחנה גבוהה של המצוק החופי, דבר שסיפק בקרוב מאוד מידע כמותי מדויק על קצב נסיגת המצוק החופי בתחום הנ"ל בשנים האחרונות. מידע זה מאפשר הערכה איכותית של השפעות עליית מפלס הים והתכנות שינוי אקלים הגלים והרוחות בחוף הישראלי, והתייחסות למדיניות ניהול בר קיימא הדרושה לאזור החוף הישראלי. אומדנים איכותיים אלה מוצגים להלן. ואולם, לשם קבלת אומדנים כמותיים, יהיה צורך להשתמש בכלים מתקדמים ובהמשך ניטור הסביבה של אזור החוף, על פי הקווים שהכין COOP שהוזכר במבוא. אחד הכלים החשובים הינו המודל הסדימנטולוגי והסביבתי התלת מימדי DELFT3D, המתקדם מסוגו בעולם, שנרכש בשנה שעברה על ידי חיא"ל במימון ממלכתי, ומופעל בשיתוף המכון הישראלי לחקר הנדסה ימית.

מבחינת השפעת עליית מפלס הים והתכנות גידול טווח התנודות של מפלס הים על מצב החוף הישראלי, אנו מתייחסים בעיקר לחוף הישראלי בים התיכון. מובן מאליו כי עליית מפלס הים תפגע באזור הדלתה של הנילוס, ותגרור להגברת הנסיגה של חופי הדלתה. למרות מאמצי מצרים להגן על חופים אלה, יש להניח כי יימשך לפחות באופן חלקי ההרס ונסיגת הדלתה של הנילוס, שיגדילו את מקור החול שיוכל להיות מוסע לכיוון החוף הישראלי בתא החופי של הנילוס. זאת, בתנאי כי לא ישתנה במיוחד משטר הרוחות והגלים מבחינת התפלגות כיוונית באזור זה.

בחוף הישראלי עצמו, אם לא יינקטו אמצעי הגנה, צפויה עליית מפלס הים לגרום להגברת קצב הנסיגה של קו המים מזרחה, ולפחות זמנית להצרה של החופים לרגלי המצוק החופי, להמשך הרס במצוק החופי ולהשתנות צדודית החוף המקומית. כמו כן, תגרור עליית מפלס הים לעלייה במשכי הזמן של הצפת אזורי חוף רדודים וחדירת מי הים בתוך מוצאי נחלים. עליית מפלס

הים לא מתבטאת בפעילות ישירה של גריעת החוף, כי אם ביצירת תנאי נגישות לגלים לקטעי החוף הרדודים, וכבר בזמן סערות חלשות יחסית לגריעה בתחתית המצוק החופי, פעולה שבעבר התרחשה רק בזמן סערות חזקות מאוד ובעת אירועי נחשולי סערה (storm surge). צדודית החוף צפויה להשתנות בקרוב בהתאם ל-"כלל Bruun" (Bruun, 1962). על פי גישה זו, אף כי היא מהווה מודל פשטני דר-ממדי של שינוי צדודית החוף, תנוע צדודית החוף בתנאי עליית מפלס הים לכיוון החוף ובהסטה כלפי מעלה - לשם יצירת צדודית זהה, כאשר חלק החוף שייגרע משפת הים יוסע הימה לשיקוע בירכתי החוף (איור מס' 7).



איור מס' 7

השתנות צדודית החוף תוך נסיגת קו החוף בהשפעת עליית מפלס הים לפי כלל Bruun

מאחר שנסיגת החוף על פי כלל Bruun היא בעיקר תיאור איכותי, פותחו מודלים מורכבים יותר לתיאור שינוי הצדודית החופית בהשפעת עליית מפלס הים. אך גם מודלים אלה הם עדיין סכמתיים. מודל מתאים לאומדן אמיץ של השינויים הצפויים בתרחישי עליית מפלס ים ושינוי משטר הגלים, הוא מודל DELFT3D שהוזכר לעיל. לפיכך, אין אנו נוטים לתת אומדן כמותי מדויק של מידת נסיגת קו החוף, אם כי המדובר בנסיגה בסדר גודל שבין כמה עשרות בודדות ועד מאות מטרים עד סוף המאה הנוכחית, ולא אחידה לאורך החוף, כתלות במידת העלייה היחסית של מפלס הים בחוף הישראלי ובחזק רכסי הכורכר הרדודים והמצוק החופי. כמו כן, הדבר תלוי במדיניות ובאמצעים שישומו להתמודדות מול המצב המתפתח.

השפעה אחרת של עליית מפלס הים הינה המלחה נוספת של האקוויפר החופי. במצב הנוכחי, של גירעון במי התהום עקב שאיבת יתר של עשרות שנים, כבר נפגע האקוויפר החופי עקב חדירת הפן הביני מזרחה, וכל תוספת בהתקדמות מזרחה רק תרע את המצב. בהקשר זה ייאמר, כי הוצע לשאוב מים מליחים להתפלה ממי התהום בקרבת החוף ביבשה - כפתרון זול של שאיבת מי ים להתפלה. לדעתנו, פתרון זה אינו נכון, היות שבשנים גשומות לא יהיה היכן לאגור את מי הגשם עקב הפיכת האקוויפר למלוח (להרחבה בנושא, ראו גם את מאמרו של מלול, א. בדוח זה).

השפעות נוספת של עליית מפלס הים: השפעה סוציאלית, היות שנסיגה של קו החוף תפגע בתיירות ובפעילות הנופש והקיט, ותחייב הסטת פעילויות ומבנים מזרחה לקו החוף הנוכחי; הצורך בהשקעת משאבים בהגבהת מבנים חופיים וחיזוקם, בהגבהת רציפים בנמלים, בבריכות השקטה ובמעגנות; הקטנת גרדיינט הזרימה של מוצאים ימיים והגברת שיקוע סדימנטים בפתחי נחלים, תופעות שיחייבו השקעת משאבים ניכרים לתיקון המצב.

מבחינת השפעת התכנות שינוי משטר הרוחות והגלים, הדבר תלוי בסוג השינוי. אם לא תשתנה ההתפלגות הכיוונית לא תהיה השפעה נוספת על מצב החופים. אולם כפי שהוסבר מקודם, אם ייווצר שינוי כיווני באקלים הגלים, יכול הדבר לגרום להגברת ההרס של החופים, ומאידך לשינוי נטיית קו החוף הכללי, אך זאת בתהליך איטי של עשרות עד מאות שנים.



עליית מפלס הים צפויה לגרום להגברת קצב הנסיגה של קו המים מזרחה, להצרה של החופים ולהרס המצוק החופי

היערכות למצב של עליית מפלס הים ושינוי אקלים

ההיערכות למצב של עליית מפלס הים ושינוי האקלים נבחנה על ידי Metz et al (IPCC 2001) ואחרים (Klein et al., 2001). קיימות שלוש אפשרויות עקרוניות של היערכות למצב המתפתח: (א) הסגה מבוקרת של קו החוף, כלומר אי נקיטת כל אמצעים למניעת ארוזיה; (ב) בניית מחסומים קשים (קירות ים ו\או שוברי גלים גבוהים רציפים) לחסימת הפעילות הארוזיבית שתפתח; (ג) התאמה למצב המתפתח תוך נקיטת אמצעי מיגון במקומות קריטיים, הסטת מבנים, חיזוק מבנים והגבהתם, הזנה מלאכותית של חופים במקומות אחרים.

מצב החוף הישראלי בים התיכון, הנמצא כבר כיום בתהליך מתון של נסיגה, וקוטן השטח של מדינת ישראל מול ביקושי האוכלוסין הנוכחיים והעתידיים לשטחים באזור החוף, אינם מרשים לדעתנו בחירה בחלופה א' כמדיניות ניהול חופים כוללת בר קיימא. גם חלופה ב' אינה מעשית, כי משמעותה בניית "גדר הפרדה" לאורך כל החוף הישראלי.

נותרת לכן רק החלופה השלישית, של צורך בהתאמה למצב של עליית מפלס הים ושינוי האקלים. משמעות הדבר היא התארגנות לביצוע פעולות שונות, חופפות או מפצות, כגון בניית קיר ים מגן וסופג גלים לאורך רכסי הכורכר, בקטעים רגישים למצבים של סערות מאוד חזקות ו\או אירועים קיצוניים; כיסוי הקיר במיכלי בד גיאוטקני גמיש מלאים בחול, וריפוד בחול של כל רצועת החוף להרחבת החוף באופן מלאכותי על ידי חול מובא בעל גודל גרגר ודרוג מתאים; הגבהת מבנים ורציפים וחיזוקם וריפוד החופים בשכבת חול מיובא, שתחודש אחת לעשר שנים או יותר. פעילות כזו תשמר את החופים, אך צפויה להיות יקרה. לפיכך, יש צורך בהתארגנות של המדינה בנדון, כולל עריכת בדיקה מסודרת במודל שנרכש לתרחישים שונים של עליית מפלס הים ושינוי האקלים, תוך הגברת מאמץ הניטור

של הסביבה הימית (מפלס הים, רוחות, גלים, זרמים, שינויים בקרקעית הים, בקו המים ובמצוק החופי, תנועות סקטוניות), היות שאלה הפרמטרים הבסיסיים המשמשים כתשומה בבדיקת תרחישים.

מקורות

רוזן ד.ס., 1996, העתיד טמון בחול, מסע אחר - המגזין הגיאוגרפי הישראלי, כרך 57, עמ' 135-116, יוני 1996.

Brachia V., Rosen D.S., (1993), World coast 1993, Country description - Israel, in Proc. World Coast 1993 - Intl. Conf. On Coastal Zone Management, Nordwijk, the Netherlands, Nov. 1993, 14 pp.

Cazenave, A. and Nerem R.S., 2003, Present-day Sea Level Change: Observations and Causes, Reviews of Geophysics, 64pp.

Church, J.A. et al. 2001, Changes in Sea Level. In Climate Change 2001, The Scientific Basis, edited by J.T. Houghton, IPCC TAR Working Group I, Cambridge University Press., Cap. 11, pp. 639-694. <<http://www.ipcc.ch>>

Douglas B.C., Kearney M.S., and Leatherman S.P., 2001, Sea level rise history and consequences, Academic Press, San Diego, California, USA, 232pp.

Fenoglio-Marc L., 2001, Analysis and representation of regional sea-level variability from altimetry and atmospheric-oceanic data, Geophysical Journal International, Vol. 145, pp. 1-18.

Hinrichsen, D., 1998. Coastal Waters of the World: Trends, Threats, and Strategies, Washington, D.C., Island Press, 275 pp.

Klein R.J.T., Nicholls R.J., Ragoonaden S., Capobianco M., Aston J., and Buckley E.N., 2001, Technological options for adaptations to climate change in coastal zones, J. Coastal Research, Vol. 17, no. 3, pp. 531-543.

**נסיגת קו החוף הצפויה
כתוצאה מעליית מפלס
הים עד סוף המאה
הנוכחית, תנוע בין עשרות
למאות מטרים**

McCarthy J.J., Canziani O.F., Leary N.A., Dokken D.J., and White K.S., Ed. 2001, Climate Change 2001, Impacts, Adaptation, and Vulnerability, IPCC TAR Working Group II, Cambridge Univ. Press.

Metz B., Davidson O., Swart R., Pan J., Ed. 2001, Climate Change 2001, Mitigation, IPCC TAR Working Group III, Cambridge Univ. Press.

Malanotte-Rizzoli P., Robinson A. R., Roether W., Manca B., Bergamasco A., Brenner S., Civitarese G., Georgopoulos D., Haley P. J., Kioroglou S., Kontoyannis H., Kress N., Latif M. A., Leslie W. G., Ozsoy E., Ribera d'Alcala M., Salihoglu I., Sansone E., and Theocharis A., 1996, Experiment in Eastern Mediterranean Probes Origin of Deep Water Masses, EOS Transactions, Vol. 77, No. 32.

Nicholls, R.J. and Small, C., 2002, Improved estimates of coastal population and exposure to hazards, EOS, 83, 301.

Rosen D.S., 2002, Long term remedial measures of sedimentological impact due to coastal developments on the South-Eastern Mediterranean coast, Proc. Littoral 2002, The Changing Coast EUROCOAST/EUCC, Ed. EUROCOAST, paper 40, Vol 2., pp.322-331, Porto, Portugal, Sept. 2002.

Small, C. and Nicholls, R.J., 2003, A global analysis of human settlement in the coastal zone, Journal of Coastal Research

Waterman R.E., and Liesting P.T.A., 2001, Integrated Coastal Policy via Building with Nature,.

Wei-Hock Soon W., Yaskell S.H., 2003, The Maunder minimum and the variable Sun-Earth connection, World Scientific, N.J., USA, 278pp.

UNESCO, 2003, The Integrated, Strategic Design Plan for the Coastal Ocean Observations Module of the Global Ocean Observing System, GOOS Report No. 125; IOC Inf. Documents Series N°1183;

הערות:

.Church et al, 2001; Metz et al.; McCarthy et al *

בהשפעת רעידות אדמה, שאיבת יתר של מי תהום, תגובת שחרור מעומס של הקרקע באזורים שהיו עמוסים קרחונים, שיקוע או ארוזיה של סדימנטים על מדף היבשת הרדוד של הימים ועוד. **

Nicholls and Small, 2002; Small and Nicholls, 2003 ***

שינויים רצנטיים בגובה פני הים בחופי ישראל ובחופי הים התיכון

מיכה קליין, מיכל לייכטר

עליית מפלס פני הים נובעת בעיקרה מאפקט החממה, הגורם לעלייה בטמפרטורת המים ולהמסה של קרחונים. בעשור האחרון נמדדו בחופי ישראל, כמו גם בחלקים אחרים של הים התיכון, קצבי עלייה של כ־10 מ"מ בשנה במפלס הים. עלייה זו גדולה בכמעט סדר גודל בהשוואה לעלייה הממוצעת במאה ה־20, וגבוהה משמעותית מהתחזיות הממוצעות לעליית מפלס הים העולמי.

מבוא

החשיבות המיוחסת כיום לשינויים בגובה פני הים קשורה בהשפעה של תהליך זה על השינוי של המערכות האקולוגיות באזורי החוף. נכון ל־1994 כ־2.1 מיליארד איש (37% מאוכלוסיית העולם) גרים בטווח של 100 ק"מ מקו החוף (Douglas, 2001). חלק נכבד זה מאוכלוסיית העולם צפוי להיות מושפע מעלייה מואצת של גובה פני הים.

עלייה בגובה פני הים יכולה לגרום, בנוסף על הצפה של מקומות נמוכים, גם להמלחה של אזורים בקרבת החוף, לחדירה של מי מלח למי תהום, לאירווייה של חופים ולתופעות נוספות, אשר ישנו את הנוף החופי. קיימת הסכמה בין חוקרים רבים, כי במאה השנים האחרונות חלה עלייה מואצת בגובה פני הים, ביחס לעלייה בגובה פני הים שהתרחשה ב־2,000 השנים האחרונות.

ה־IPCC הינו פנל משותף של האו"ם ושל ארגון המטאורולוגיה העולמי, העוסק בהערכת שינויי אקלים גלובליים ומטרתו איסוף מידע מדעי, סוציולוגי ואקונומי בנושא שינויי אקלים, וכן בחינת ההשפעות ודרכי ההתמודדות עם התופעה. הדוחות שלו (2000, 2001) מייחסים את עיקר העלייה הגלובלית בגובה פני הים להתפשטות תרמלית של האוקיינוסים, הנובעת מעלייה בטמפרטורת המים, ולהמסה של קרחונים (בעיקר יבשתיים) כתוצאה מאפקט החממה. הערכת דוחות אלה היא, כי במאה הבאה יעלה גובה פני הים בכ־10-90 ס"מ וזאת על פי תרחישים שונים של פליטת גזי חממה לאטמוספירה. העלייה הגלובלית הממוצעת, שחוקרים רבים מסכימים כי התרחשה במאה ה־20, היא של 5-20 ס"מ (ראה טבלה מספר 1).

**עיקר העלייה הגלובלית
בגובה פני הים נובעת
מאפקט החממה - הגורם
לעלייה בטמפרטורת המים
ולהמסה של קרחונים**

מדידת שינויים בגובה פני הים

מאמר זה מבוסס על עבודת מחקר, שנעשתה בחוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה באוניברסיטת חיפה. המאמר מציג את מגמת השינוי העכשווית לאורך חופי ישראל, והשוואתה לשינוי בגובה פני הים באזורים השונים של הים התיכון. העבודה התמקדה רק בשינויים הנרשמים על ידי מראוגרפים (Tide gauges). אלה הם שינויים בממוצע השנתי של גובה פני הים היחסי, המבוססים על ממוצע שנתי של גובה פני הים שנמדדו במרווחים של שעה. כיום, בעידן המכשור האוטומטי, המידע לחישוב ממוצע גובה פני הים זמין. מעט מאוד תחנות מדידה התקיימו לפני 1870, ולכן מידע ממראוגרפים על שינויים בגובה פני הים היחסי קיים רק לגבי המאה ה־20. מידע זה הוא המדויק ביותר לחקר שינויים בגובה פני הים (Emery and Aubrey, 1991).

המראוגרף הינו מכשיר שתפקידו מדידת מפלס גובה פני הים. במהלך המאה ה־20 היו פעילים בעולם כ־1,000 מראוגרפים למשך פרקי זמן משמעותיים. המראוגרפים הראשונים היו מורכבים מעט דיו שחובר למצוף וממנגנון של שעות. כיום פעילים מראוגרפים סיפרתיים, אשר הנתונים מהם מתקבלים ישירות במחשב. מטרתם הראשונה של המראוגרפים היתה לצורך ניווט בימים, ולא לצורך מידע. מסיבה זו, נמצאים מראוגרפים רבים באזורי נמל או בשפכי נהרות - אלה הם מקומות בהם צפיפות

ד"ר מיכה קליין, מרצה בחוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה
מיכל לייכטר, תלמידת M.A. בחוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, אוניברסיטת חיפה

המים משתנה מאוד, וכמו כן הם נתונים להשפעה של שקיעה כתוצאה מדחיסה של סדימנטים. בנוסף לכך, יכולה המדידה להיפגע גם מגלים, אשר גורמות ספינות שנכנסות ויוצאות מנמלים (Pirazzoli, 1998).

Pirazzoli (1998) מחלק את הגורמים לשינויים בגובה פני הים היחסי לשינויים תקופתיים - תלויי גאות, אקראיים - מושפעים מתנאים מטורולוגיים והידרולוגיים, או מונוטוניים - מושפעים מתנועות איאוסטטיות או טקטוניות. חוקרים שונים מחשיבים תקופות זמן שונות של רצף נתונים ממראוגרפיים כלגיטימיות לניתוח. יש הטוענים, כי על מנת לנתח מגמות שינוי צריך רצף נתונים של 15-20 שנה, ויש הטוענים כי לשם ניתוח דרוש רצף של לפחות 60 שנה. אחת הבעיות הגדולות בשימוש במראוגרפים היא ניפויים מהמדידה של הגורמים שאינם איאוסטטים.

הגמות שינויים בגובה פני הים בעולם

טבלה 1 מציגה ערכי עלייה ממוצעת גלובלית בגובה פני הים, כפי שמצאו חוקרים שונים במאה השנים האחרונות לפי נתונים ממראוגרפים. קיימת הסכמה בין חוקרים רבים, כי השינוי הממוצע בגובה פני הים לתקופה זו הוא בין 0.5-2 מ"מ/שנה.

טבלה 1: עלייה בגובה פני הים הגלובלי ב-100 השנים האחרונות על פי חוקרים שונים

Source	Region	Date used (years)	SLR (mm/yr)
Gornitz and Lebedeff (1987)	Global	1880-1982	1.2 ± 0.3
Trupin and Waht (1990)	Global	1900-1979	1.7 ± 0.1
Douglas (1991)	Global	1880-1980	1.8 ± 0.1
Peltier and Tushingham (1991)	Global	1920-1970	2.4 ± 0.9
Shennan and Woodworth (1992)	North Occidental Europe	-	1.0 ± 0.15
Gornitz (1995b)	Eastern USA	-	1.5
Unal and Ghil (1995)	-	1807-1988	1.62 ± 0.38
Douglas (1997)	Global	-	1.8 ± 0.1

בעמודה הראשונה מצוין החוקר, בשנייה אזור המחקר, בשלישית היקף המחקר בשנים וברבעית מצוינת העלייה בגובה פני הים במ"מ/שנה שנמצאה בכל אחד מהמחקרים. מקור: (Brochier and Ramieri, 2001)

הגמת השינויים בגובה פני הים התיכון

מדידות מראוגרפים בים התיכון

Brochier and Ramieri (2001) מביאים בעבודתם מדידות שנעשו על ידי חוקרים שונים באזור הים התיכון. ברוב המחקרים מתקבלת עלייה ממוצעת של כ-1-2 מ"מ/שנה (ברוב המחקרים הערך קרוב יותר ל-1 מ"מ/שנה), טבלה 2 מביאה תוצאות מחקרים במקומות שונים באזור (לשם השוואה מוצגת תחנה אחת מצפון אירופה), מנתוני מראוגרפים.

טבלה 2: קצב עליית גובה פני הים באזורים שונים בים התיכון לפי חוקרים שונים

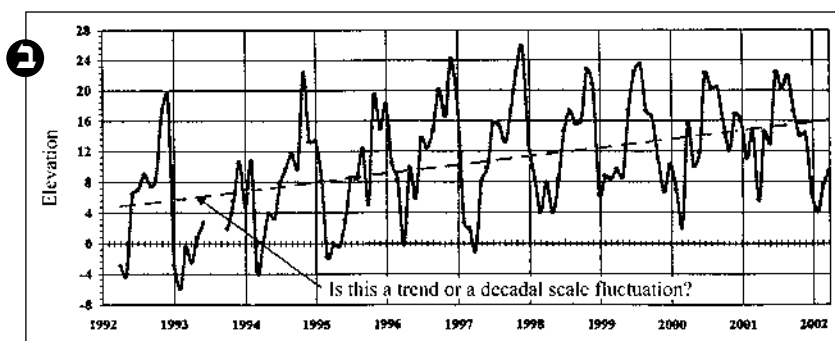
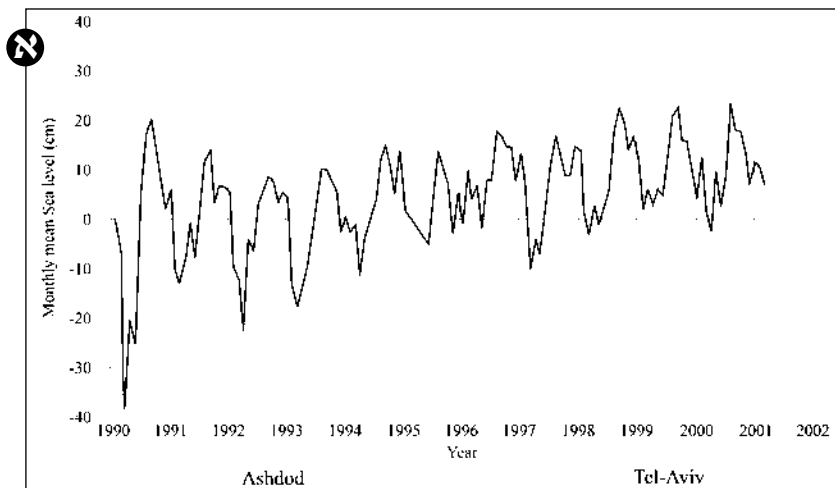
Source	Region	SLR (mm/yr)
Shennan and Woodworth (1992)	North-Western Europe	1.0 ± 0.15
Milliman (1992)	Mediterranean basin	1-2
Piervitali et al. (1997)	Central and western Mediterranean	1.5
Nichollas and Hoozemans (1996)	Genoa (1930-1992)	1.2
Zerbini et al. (1996)	Genoa (1884-1988)	1.3
Nichollas and Hoozemans (1996)	Marseilles (1885-1992)	1.2
Zerbini et al. (1996)	Marseilles (1885-1989)	1.1

בעמודה הראשונה מצוין החוקר, בשנייה אזור המחקר ובשלישית מצוינת העלייה בגובה פני הים במ"מ/שנה שנמצאה בכל אחד מהמחקרים. מקור: (Brochier and Ramieri, 2001)

מגמות השינוי בגובה פני הים בחופי ישראל

גולדשמיט וגלבו (1986), מצאו כי למרות שנמצאו מגמות או סדרות של מספר מוגבל של שנים, המאופיינות בעלייה או בירידה במפלס הים, לא ניתן לקבוע עלייה ברורה בגובה פני הים לאורך חופי הים התיכון של ישראל. "אין עלייה או ירידה במפלס פני הים הממוצע לטווח ארוך, בהן ניתן להבחין לאורך כל תקופת הרישום (1956-1983)".

איור 1. השינויים בגובה פני הים בישראל בשנים 1990-2002



א' (למעלה) תחנות אשדוד ותל-אביב (אחרי שירמן 2001).
ב' (למטה) תחנת חדרה (אחרי רוזן 2002).

שתי עבודות עכשוויות מנתחות את שינויי גובה פני הים בחופי ישראל בשנים האחרונות.

Rosen (2002) מציין, כי ב-10 השנים שבין 1992-2002 נרשמה עלייה בגובה פני הים של כ-10 מ"מ/שנה בתחנת חדרה (איור 1 ב'). הוא מציין, כי עלייה זו גבוהה באופן מובהק מהמגמה של עלייה בעבר בשיעור של 1-1.8 מ"מ/שנה.

Shirman (2001) מנתח נתוני גובה פני הים בחוף הישראלי בתקופה שבין 1958-2001, המכסה שני מחזורים אסטרונומיים. זאת על מנת להשוות את ממוצע גובה פני הים לדטום הנוכחי, ולגלות מאפייני שינויים בגובה פני הים. הנתונים מתחנות אשקלון, אשדוד ות"א מראים גלי גאות אסטרונומית כמעט מקבילים בזמן ובאמפליטודה, ולכן ניתן לחבר את הנתונים מתחנות אלו לסט נתונים מורכב אחד. נתונים מאשדוד ומת"א בין השנים 1990-2001 מראים עלייה של יותר מ-10 ס"מ בגובה פני הים בעשור (איור 1 א'). עליית מפלס זו באה בהמשך לעלייה של 5 ס"מ בין השנים 1977-1991, ומשמעותה עלייה של 15 ס"מ בדור האחרון.

נתוני העלייה המדודה במפלס הים בחופי ישראל הושו לתונים מדודים מתחנות שונות בים התיכון.

הנתונים מתחנות הים התיכון

ארגון ה-PSMSL (Permanent Service for Mean Sea Level) עוסק באיסוף מידע על גובה פני הים מרשת גלובלית של מראוגרפים מאז 1933. הנתונים שינותחו בעבודה זו הם נתוני RLR - "Revised Local Reference", מתוך אתר האינטרנט של ארגון ה-PSMSL. ה-PSMSL מקבל ערכים חודשיים ושנתיים מיותר מ-1,800 מראוגרפים ברחבי העולם. הנתונים שמגיעים מכל רשות מספקת מידע נקראים נתונים מטריים.

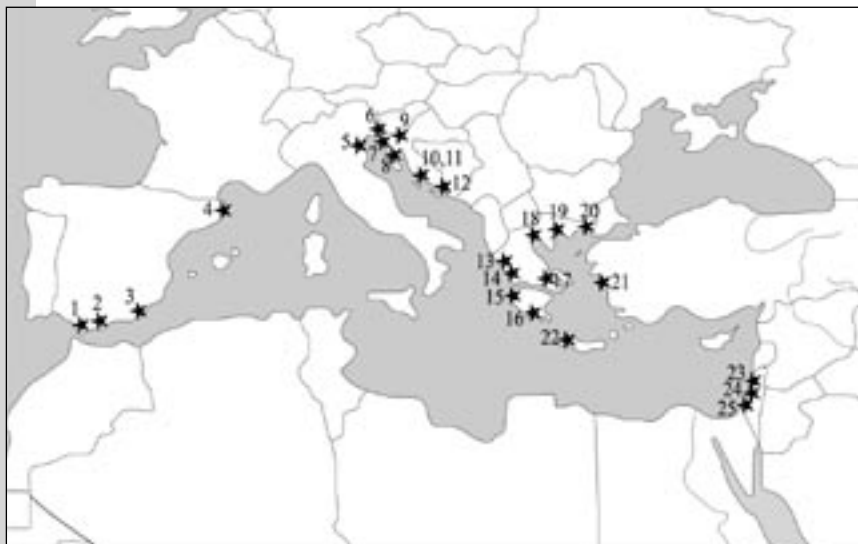
על מנת לנתח סדרות נתונים לאורך זמן, מושווים הנתונים החודשיים והשנתיים לדטום משותף הנקרא RLR.

הנתונים שנבחרו לניתוח בעבודה זו הם נתונים שנתיים מתחנות ברחבי הים התיכון, המתייחסים לשנים 1990-2000 בלבד. בנייתו משתתפים נתונים מ-23 תחנות מדידה (איור 2), אשר סיפקו נתונים בין השנים 1990-2000. לשם ניתוח המגמות, מוצגות גם 4 תחנות בעלות הרישום הארוך ביותר.

**קצב עליית פני הים התיכון
שנמדד לאורך חופי ישראל,
תואם את הקצבים שנמדדים
בחלקים אחרים של הים
התיכון**

איור 2. מיקום התחנות שנתוניהם מוצגים בעבודה זו

1. (220031) MALAGA
2. (220041) ALMERIA
3. (220005) ALGECIRAS
4. (220081) L'ESTARTIT
5. (270054) VENEZIA P.D Salute
6. (270061) TRIESTE
7. (279003) LUKA KOPER
8. (280006) ROVINJ
9. (280011) BAKAR
10. (280021) SPLIT RT. Marjana
11. (280031) SPLIT Harbour
12. (280081) DUBROVNIK
13. (290001) PREVEZA
14. (290004) LEVKAS
15. (290017) KATAKOLON
16. (290021) KALAMAI
17. (290034) KHALKIS North
18. (290051) THESSALONIKI
19. (290061) KAVALLA
20. (290065) ALEXANDROPOULIS
21. (290071) KHIOS
22. (290097) SOUDHAS
23. HEDERA
24. TEL-AVIV
25. ASHDOD



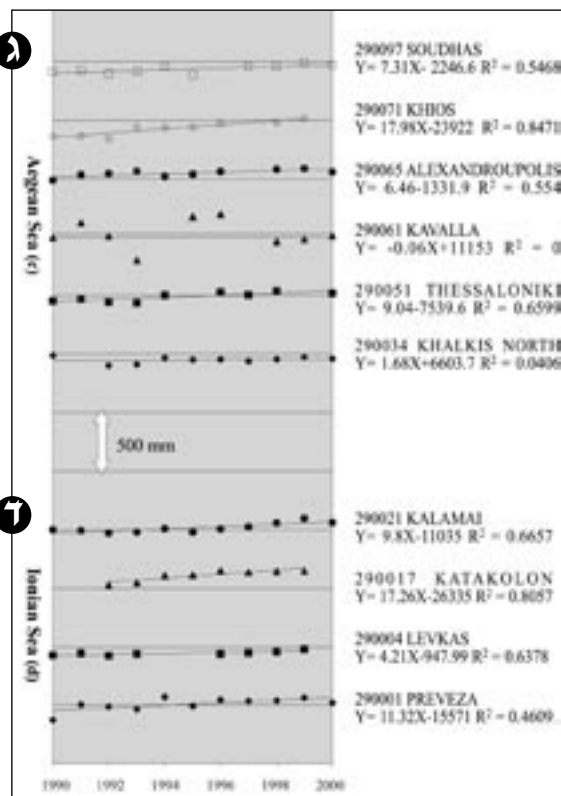
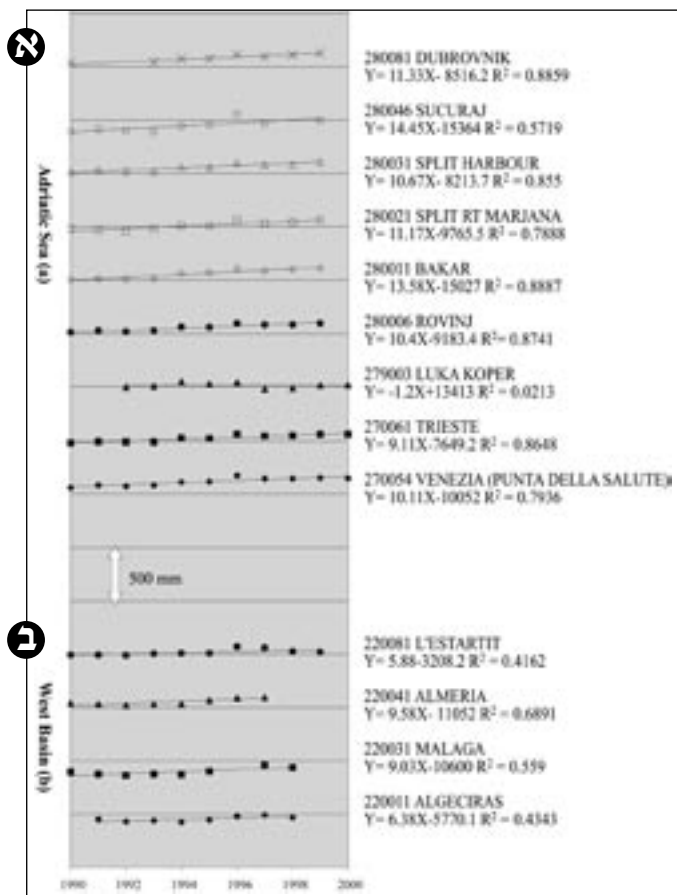
האזור חולק לארבעה אזורים: האגן המערבי - 4 תחנות, הים האדריאטי - 9 תחנות, הים היוני - 4 תחנות, והים האגאי - 6 תחנות.

יש לציין, כי אין תחנות שניתן לנתח את רישומם באזור דרום הים התיכון ומזרחו, ורוב סדרות הנתונים רבות השנים הן מאזור צפון מערב הים התיכון.

התוצאות

איור 3 מציג את מגמות השינוי באזורים השונים.

איור 3. העלייה בגובה פני הים בעשור 1990-2000 בתחנות נבחרות בים התיכון



א) בים האדריאטי
 ג) הים האגאי
 ב) במערב הים התיכון
 ד) הים היוני
 נוסחת קו במתאם ומקדם המתאם ניתנת לכל תחנה.

באגן המערבי (איור 3 ב') קיימת מגמה של עלייה גבוהה בהרבה מהמוצע הגלובלי של גובה פני הים. בתחנות (L'estartit (220081) ו-Algerias (220011), גובה פני הים עולה בכ-6 מ"מ בשנה, ובתחנות Malaga (220031) ו-Almeria (220041), גובה פני הים עולה בכ-9 מ"מ בשנה. זהו שיעור עלייה גבוה, כמעט פי 10 מהמוצע הגלובלי (יש לציין, כי אף על פי שבאגן המערבי של הים התיכון קיימות תחנות ותיקות ביותר כמו מרסיי וגנואה, הרי דווקא לעשור 1990-2000 המידע במאגר המידע על תחנות אלה חלקי).

איור 3 א' מציג את המגמה בתחנות הים האדריאטי, מגמת העלייה חזקה יותר מזו שבאגן המערבי. חוף מתחנת Luka koper (279003) שמראה ירידה של 1.2 מ"מ/שנה, כל שמונה התחנות האחרות מראות מגמת עלייה של יותר מ-9 מ"מ/שנה, ואף 14 מ"מ/שנה.

איור 3 ג' מראה מגמה פחות אחידה בים האגאי, למרות שגם כאן רוב התחנות הן במגמת עליה גדולה בגובה פני הים. באזור זה נמדדה העלייה הגבוהה ביותר בכל התחנות, בתחנת Khalkis North (290034) העלייה היא 17.978 מ"מ/שנה.

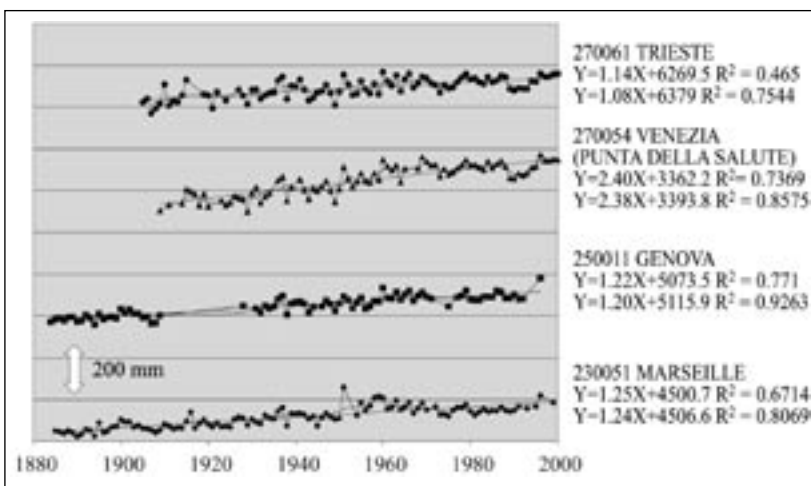
איור 3 ד' מראה, כי גם בים היוני כל התחנות הן במגמת עלייה חדה בגובה פני הים, ממוצע ארבע התחנות הוא של 10.6 מ"מ/שנה, אם כי יש לציין כי בתחנה אחת העלייה גבוהה בהרבה מהמוצע ובאחת נמוכה בהרבה.

כדי לבדוק האם העלייה המהירה שנמדדת בעשור 1990-2000 דומה לעלייה בעשורים אחרים במאה ה-20, נותחו כל התחנות לחלקי זמן קצרים. בתקופה 1896-1922 היו שמונה תחנות פעילות בים התיכון, וקצב העלייה הגבוה ביותר לתקופה נמדד בונציה ועמד על 3.7 מ"מ/שנה. בתקופת הזמן 1920-1950 היו רק ארבע תחנות פעילות בים התיכון. קצב העלייה הגבוה ביותר בתקופה זו נמדד בונציה, ועמד על 2.59 מ"מ/שנה. בשנים 1950-1970 קצב העלייה הגבוה ביותר נמדד בונציה והיה 4.7 מ"מ/שנה. בשנות ה-70 נמדדה עלייה גבוהה מאוד בשתי תחנות בים היוני, Kalamai, 16.5 מ"מ/שנה, Patrai, 15.6 מ"מ/שנה ובים האגאי בתחנת Kavalla - 17.5 מ"מ/שנה. בשנות ה-80 נמדדה עלייה גדולה בתחנה אחת בים היוני, Patrai - 14.5 מ"מ/שנה, ולעומת זאת ירידה מאוד גדולה של 25.4 מ"מ/שנה בתחנת Posidhonia.

עלייה בקצבים דומים של כ-10 מ"מ/שנה בחמישה אזורים שונים של הים התיכון, מצמצמת את האפשרות כי הסיבה לעלייה היא טקטוניקה מקומית.

על מנת להדגיש את העלייה המהירה שנמדדת בעשור האחרון, מוצגת כאן גם המגמה המתקבלת מניתוח ארבע תחנות בים התיכון שבהן יש נתונים לתקופה של כ-100 שנה.

איור 4. העלייה בגובה פני הים בתחנות בעלות רישום ארוך בים התיכון (1880-2000)



לכל תחנה שתי נוסחאות: הנוסחה הראשונה - נוסחת קו הריגרסיה לנתונים שנתיים. הנוסחה השנייה - לנתונים של ממוצע רץ ליחידות זמן של חמש שנים.

ניתוח סדרת הנתונים השלמה של ארבע התחנות הפועלות לאורך הזמן הרב ביותר, מראה כי מגמת השינוי בגובה פני הים היא של גנואה (1.2246 מ"מ/שנה), מרסיי (1.245 מ"מ/שנה), טרייסט (1.1369 מ"מ/שנה) וונציה (2.3961 מ"מ/שנה). באיור 4 ניתנות שתי משוואות גרסיה לכל תחנה: המשוואה הראשונה מתייחסת לסדרת שנים רצה, והשנייה לסדרת שנים המביאה ממוצע רץ לחמש שנים (שיטת ממוצע-רץ מקובלת כשרוצים למתן את ההשפעה של שנים חריגות). ממוצע העלייה בגובה פני הים הגלובלי ב-100 השנים האחרונות נע בין 0.5-2 מ"מ בשנה (Brochier and Ramieri, 2001; Douglas, 2001). התחנות בים התיכון, המקיימות סדרת נתונים של כמאה שנה, אכן עומדות בטווח הממוצע הגלובלי. תחנת ונציה מראה עלייה גבוהה יותר, וזאת בשל שקיעה של היבשת.

קצב גבוה של עלייה בפני הים התיכון שנמדד בתחנות בישראל, הן בצפון הארץ (רוזן) והן בדרומה (שירמן), בשיעור של יותר מ-10 מ"מ/שנה בשנים 1990-2000 - תואם את הקצבים שנמדדים בחלקים אחרים של הים התיכון. קצבים אלה גדולים בסדר גודל שלם מהקצבים שנמדדו במאה השנים האחרונות.

בהנחה כי השיפוע המאפיין את החוף הישראלי הוא כ-1%-5%, הרי עלייה של 0.1 מטר מביאה לתזוזת קו החוף מזרחה בשיעור של 2-10 מטר. אורכו של החוף הישראלי הוא בקירוב כ-200 ק"מ, ולכן המדובר באובדן נכסי ציבור של 0.4-2 קמ"ר, או 400-2,000 דונם.

ביבליוגרפיה

- גולדשמיט, ו. וגלבוט, מ., 1986. גאות ושפל בישראל. אופקים בגיאוגרפיה, 15, החוג לגיאוגרפי, אוניברסיטת חיפה, עמ' 21-46.
- Brochier, F. and Ramieri, E., 2001. Climate Change Impact of the Mediterranean Coastal Zones. Venice, 82 p.
- Douglas, B. C., An Introduction to Sea Level. in Douglas, B. C., Kearney, M. F., Leatherman, S. P., 2001. Sea Level Rise History and Consequences. Academic press, USA, pp. 1-11
- Emery, K.O. and Aubrey, D. G., 1991. Sea Levels, Land Levels and Tide Gauges. Springer-Verlag, NY, 237 p.
- Hinrichsen, D., 1997. Coastal Waters of the World. Island Press, USA, pp. 75-85.
- IPCC, 2000. Special Report on Emissions Scenarios - Summary of Policymakers. 20 p.
<http://www.ipcc.ch>
- IPCC, 2001. Climate Change 2001: The Scientific Basis - Technical Summary. pp. 22-83.
<http://www.ipcc.ch>
- Jeftic, L., Keckes, S. and Pernetta J.C., 1996. Climatic Change and the Mediterranean. Hodder Headline Group, London, UK, pp. 1-26.
- Pirazzoli, P. A., 1998. Sea-Level Changes - The Last 20,000 Years. John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England, 211 p.
- Rosen D. S., 2002. Long Term Remedial Measures of Sedimentological Impact Due to Coastal Developments on the South Eastern Mediterranean Coast. Littoral 2002 22-26 September, Porto, Portugal.
http://www.feem.it/web/activ/_activ.html
- Shirman B., 2001. Israel Coast Sea Level Changes During 1958-2001. Survey of Israel, Report No RD4/1.17pp.
<http://www.pol.ac.uk/PSMSL/>

השפעת עליית מפלס הים על רצועת החוף והמצוק החופי

איתמר פרת

השתנות קו החוף אינה נקבעת רק על ידי מפלס הים, אלא על ידי גורמים נוספים. ואולם, עלייה של מטר אחד צפויה להציף בחופים חוליים רצועה ברוחב של 50-100 מ', ובחופים סלעיים רצועה צרה מעט יותר. עליית המפלס צפויה להאיץ משמעותית את נסיגת המצוק, עד לקצב של כ-60 ס"מ בשנה, בעיקר כתוצאה מקיצור מחזור הגלישות - משך הזמן בין גלישה אחת למשנה.

רקע

פני הים התיכון בעלייה מתמדת מאז תחילת ההולוקן, אך ב-4,000 אלפי השנים האחרונות הם עלו בכ-1 מטר בלבד¹. ב-2,000 השנים האחרונות הואט קצב העלייה וכמעט נעצר, אם כי יש עדויות ארכיאולוגיות לתנודות מפלס רב-שנתיות, בסדרי גודל של עשרות סנטימטרים.

מקומם של קווי חוף אינו נקבע על ידי מפלס הים בלבד, אלא גם על ידי מאזן הגידוד/צבירה (abrasion/accretion) של כל קטע חוף בפרק זמן נתון. אם עליית מפלס תהיה מלווה בצבירת חול רבה, לא ינועו קווי החוף לכיוון היבשה, וייתכן אף כי ינועו הימה. לחילופין, אם הגידוד גדול באורח עקבי מן הצבירה, ינועו קווי החוף לכיוון היבשה גם אם מפלס הים יציב.

מחקרי חוף רבים לאורך חופי ישראל, שהתמקדו על קטעי חוף קצרים ולתקופות קצרות, מצביעים בעיקר על גידוד אפיזודי או על שוויון, ומייחסים שינויים מקומיים לפעילות אנוש. תנודות מפלס, שמקורן בתהליכים ימיים בלבד, אינן מושפעות מן הנעשה על החוף, והן אינן שונות בחופים חוליים ובחופים בעלי מצוק עורפי.

יש לקחת בחשבון כי פרמטרים אלה (מאזן גידוד/צבירה במישור האופקי, עליית/ירידת המפלס בכיוון האנכי), אף כי הם פועלים בזמן זמנית, אינם תלויים זה בזה. לפיכך, יש לבדוק כל אחד מהם בנפרד כאשר באים לשחזר קווי חוף מקומיים עתיקים, ולבנות תחזית.

טיב הגבול ים-יבשה בחופנו

גבול הים והיבשה בחופנו² משתרע על רצועה שרוחבה עשרות מטרים, היא רצועת הליחוד (swash zone). גבולה התחתון של רצועת הליחוד הוא קו השפל הקיצון (lowermost ebb mark), שהוא גם גבולו העליון של האזור שלעולם אינו חשוף ממים. גבולה העליון של רצועת הליחוד הוא קו הסערות העליון. בחוף ישראל מגיעים גלי סערה עד רום 6 מ' מעל קו השפל.

בתוך הרצועה הזו אין קו מים קבוע, ומה שמסומן במפות כקו המים אינו אלא מעין קו הסתברותי, אשר האזור שמתחתיו מוצף יותר מ-50% מהזמן. הסתברות זו מושפעת בעיקר משני גורמים בלתי תלויים: עוצמתם ותכיפותם של הגלים הלוחכים את החוף ("אקלים הגלים"), והמורפולוגיה הרגעית של רצועת הליחוד על אזוריה השונים.

גורם נוסף המשפיע על מקום קו המים (שהוא, כאמור, גבול מדומה המפריד שני אזורים הסתברות) הוא תגובת אותה מורפולוגיה מקומית לשינויים. תגובה זו מושפעת בעיקר משני גורמים, בלתי תלויים אף הם: אותו אקלים גלים שצוין לעיל, וחוזק התשתית, אשר בחופנו עשויה חול ואבן חול. זו האחרונה. מופיעה בכל דרגות הליכוד, מכורכר פריך עד סלע-חוף (beachrock) קשה יחסית.

לכאורה, לא תשפיע עליית מפלס הים על אף אחד מהגורמים האלה. רצועת הליחוד תועתק, בקצב עליית המפלס, לכיוון היבשה, וכל תהליכיה ימשיכו להתרחש שם כפי שהם מתרחשים במקומה הנוכחי.

איתמר פרת - מוסמך בגיאולוגיה-מינרלוגיה וזואולוגיה (האוניברסיטה העברית 1965); מוסמך באוקיאנוגרפיה וגיאולוגיה ימית (האוניברסיטה של קליפורניה 1968); לשעבר חוקר במכון הגיאולוגי בנושא הגיאומורפולוגיה של חוף הים התיכון.

על סמך הנחה זו יש מקום לשתי שאלות: (א) האמנם יתחולל או לא יתחולל שינוי בתהליכים הפועלים כיום ברצועת הליחוד? (ב) היכן תהיה רצועת הליחוד המועתקת, והאם שיעור ההעתקה יהיה אחיד לאורך החוף כולו?

חוף פולג חוף חולי



השפעתה של עליית מפלס הים בחופים חוליים

בחופים חוליים, שהם יותר ממחצית אורכו של חוף ישראל, יועתקו קווי המים על פני משטחי ליחוד (swash zones) ששיפועם המצוי הוא 1%-2%. עלייה של 1 מ' תציף איפה חגורה שרוחבה 50-100 מ' - כרוחבה המשוער של הרצועה שהוצפה ב-4,000 השנים האחרונות.

האם תשפיע עליית המפלס ב-1 מ' על מאזן הגידוד/צבירה? בהנחה שאקלים הגלים לא ישתנה בתקופת העלייה, ובסיס הגלים ימשיך ויישאר בתחומי רצועת החול של המפתן העליון, לא יחול כל שינוי בכמות החול הזמין לצבירה על רצועת הליחוד, ורוחבה של הרצועה לא יושפע מכך.

עם זאת, העתקת רצועת הליחוד תביא את חלקה או רובה מעבר לעורף החוף דהיום, לאזורים בעלי שיפוע גדול בהרבה משיפוע הרצועה כיום. שיפוע זה יאט את נדידת הרצועה מזרחה, אבל גם יגרום לגל העולה (uprush) להיעצר ולהשקיע את החול המעורבל בו. פחות חול יובא אל האזור שיש בו פוטנציאל של נישוב לעבר היבשה. באזורים אלה תפחת אספקת החול המנושב, ותגבר החשיפה של מדרונות כורכר מערביים, כגון רכס מגדים מצפון לעתלית וחופי הגליל מצפון לעכו.

ברצועת ליחוד משופעת יותר, תגדל האנרגיה הערבולית של הגל היורד (backrush), וזה יסחוף הימה חול שהושקע על ידי הגל העולה. תופעה זו נצפית היום בחופים תלולים במיוחד (כגון גבעת אולגה - תל גדור), העשויים חול שאירי גס וחצץ. תופעה זו תתרחב לחופים אחרים. תיאורטית, תִּרְפָּא אספקת החול ליבשה רק במפלסי ים גבוהים ביותר, אשר יציפו את פתחי הנחלים ושאר פערים, ויחדרו אל המרזבות השטוחות ממזרח לרכסי החוף באשר הם.

עליית מפלס בחופים סלעיים

חופים סלעיים מצויים רק מקיסריה וצפונה, עם קטעים רצופים באזור דור-הבונים ועתלית, ולסירוגין מעכו וצפונה, ובעיקר בקטע אכזיב-ראש הנקרה. קטעים סלעיים אלה, העשויים כורכר מלוכד היטב בצמנט גירי, ואכולי בליה צמֶחֶית ושקעים קרסטיים, אינם אלא שארית מדרונו המזרחי של רכס דור, אשר נפרץ במקומות רבים על ידי מפרצים סהרונים. רבים ממפרצים אלה שימשו עוד בימי קדם כמחצבות כורכר, שנפרצו לכיוון הים (מיקומן הנוכחי של המחצבות, ושימור תעלת הדוברות שלהן לכיוון הים, הוא אחת ההוכחות לאיטיות עליית המפלס במהלך 2,000-3,000 השנים האחרונות).

יציבות ממושכת של מפלס הים יצרה צנירי גלים וטבלאות גידוד במדרונות הכורכר המשתפלים לים, והתארכות שולחנות של פְּרָמִטִידים ("ערוגות ים") בהמשך הימי של אותן טבלאות. עליית מפלס בחופים אלה תקטע הן את תהליך הצנירה (שהוא ביסודו תהליך ביוגנטי איטי בתוך טווח הגאות הממוצע), והן את תהליך בניית שולחנות הורמטידים. בגלל השיפוע המערבי הניכר של חופים סלעיים אלה, תהיה נדידת קווי החוף פחותה מאשר בחופים חוליים. אספקת חול לרצועת הנישוב, שהיא קטנה גם כיום, תפחת עוד יותר.

חוף גדור חוף סלעי





חוף נתניה חוף מצוקי

עליית מפלס בחופים צוקיים

רוב החופים הצוקיים של ישראל, כולל הקטע הארוך ביותר - הוא מצוק השרון - הם פן גידוד מערבי של רכס דור. במקומות רבים נעלמו רוב חלקו המערבי של הרכס ואף קו פסגותיו. כיום, גודע המצוק למרבית אורכו את מה שהיה המדרון המזרחי, המשתפל מזרחה אל המרזבה המקבילה לו.

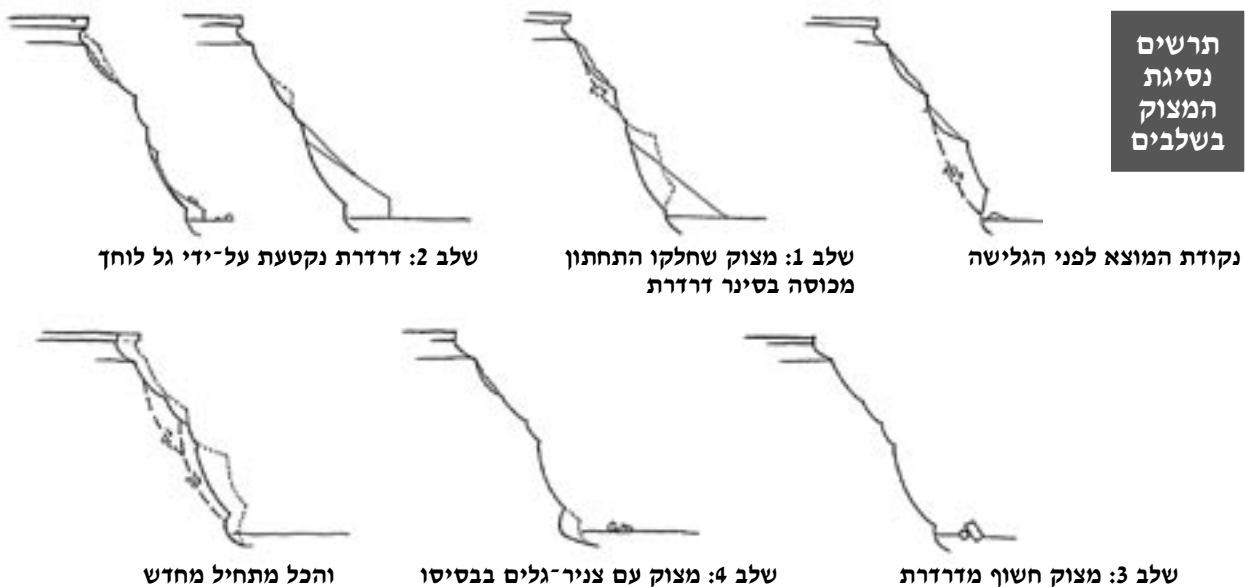
למרות שכיום אנו מצויים בתקופה של עליית המפלס האיטית ביותר בכל ההולוקן, נמדדו קצבי נסיגה גבוהים למדי של החוף הצוקי. מחברים שונים הציעו קצבי נסיגה ממוצעים של עשרות ס"מ בשנה. שיעור הנסיגה הנמוך ביותר שנמדד הוא 15-22 ס"מ לשנה (פרת 1982). לפי נתון זה, נסוג המצוק לפחות 600 מ' במהלך 4,000 השנים האחרונות, אותה תקופה שבה התקדמו קווי המים בחוף החולי כ-100 עד 200 מ'.

קשה ליישב הבדל זה בקצבי נסיגה, שממנו משתמע כי רכס דור הזדקר מאות מטרים הימה, בעוד שאר החופים היו כבר כמעט במקומם הנוכחי. אולם יש לזכור כי רכס דור הוא צר יחסית, וכי מדרונו המערבי - זה שרובו חסר כיום - לא נמשך יותר מ-200-300 מ' מערבה.

הגלישות אשר גורמות לנסיגת המצוק, וצלקותיהן הרצופות היוצרות את חזיתו, אינן תוצאה של עליית מפלס הים אלא של גלי הסערות, המגיעים אל בסיס המצוק וחושפים אותו מדרדרת, דבר המאפשר את המשך תהליך הגלישה האפיזודית של פני המצוק (פרת 1982; פרת ואלמגור 1996). הגורמים היחידים הקובעים את קצב התהליך, הם חוזק המצוק והאקלים הרב-שנתי של הגלים. ללא עליית מפלס הים, תעבורנה שנים רבות עד שבסיס המצוק ייסוג אל מעבר לקו הסערות - מצב זה נצפה מפלמחים ודרומה, לאורך קטעים קצרים בלבד.

אם יואץ קצב עליית המפלס, סביר שתואץ נסיגתו של המצוק, וזאת בעיקר עקב קיצור מחזור הגלישות שלו.

אם יואץ קצב עליית המפלס, סביר שתואץ נסיגתו הרב-שנתית של המצוק, אולם לא בגלל הלמות גלי הים בבסיסו, אלא בגלל קיצור מחזור הגלישות שלו. כיום, כאשר מפלס הים יציב, גולשים פני המצוק בתהליך מחזורי (פרת 1982) שניתן לציין בו ארבעה מצבים, אשר כל אחד מהם מתקיים פרק זמן קצוב ואז עובר למצב הבא: (1) מצוק שחלקו התחתון מכוסה בסינר דרדרת; (2) דרדרת קטועה על ידי הגל הלוחץ; (3) מצוק חשוף מדרדרת; (4) מצוק עם צניר-גלים בבסיסו. רק מתוך מצב 4 תתחולל גלישה.



פרת העריך, כי תקופת ההֶזָר (repetition time) לכל גלישה היא בין 5 ל-20 שנה, בהתאם לחוזק הסלע. פרק זמן זה עשוי מתקופות השתתותם של מצבים 1 עד 4. כזה הוא הקצב כאשר מפלס הים הוא יציב, אבל עליית מפלס של 1 מ' תביא את קו השפל עד קרוב למקום שבו נמצא בסיס המצוק היום. תוך כדי תנועה זו, תגדל תכיפות הגעתו של הגל העולה אל בסיס המצוק, וזמן שהייתו של סינר דרדרת על רצועת הליחוד (מצבים 1-2) יתקצר בהדרגה. כל דרדרת תסולק סמוך לגלישתה. כמו כן, יתקצר מאוד שלב 3 - צניר גלים ייווצר כמעט מיד עם סילוק הדרדרת האחרונה.



צוקי ים התמוטטות של המצוק בחורף האחרון

אם מצבי 1-3 יקוּזוּ מהמחזור, יתקיים מצב 4 במשך 3 עד 10 שנים (בהתאם לחוזק המקומי של הסלע). אומדן זה מבוסס בחלקו על ניטור התנהגות המצוק במשך כ-20 שנה, ובחלקו על נפישות מצבי המצוק לאורך קטעים מדגמיים (פרת ואלמגור 1996).³

עם ביטול מצבים 1 עד 3 תגדל נפישות מצב 4, מ-36% ל-100%, והדעת נותנת כי קצב נסיגת המצוק יגדל בשיעור דומה. היינו, מקצב מרבי של 22 ס"מ בשנה לקצב מרבי של 61 ס"מ בשנה. אם בתוך 100 שנה ייסוג החוף החולי בכ-100 מ', אזי ייסוג המצוק בכ-60 מ' ותוחלת החיים של חלקי הרכס הגבוהים תתקצר כמעט פי שלושה. הקצב יחזור ויואט עם התייצבות פלס הים.

גלישה אופיינית

מצוק השרון



האם יישמר הקו האחיד של החוף?

ברור הדבר, כי אם מפלס הים יעלה, ויוצפו אזורים בעלי טופוגרפיה לא-אחידה, לא יישמר המתאר הקווי, הכמעט-מרידיאלי של רצועת החוף הנוכחית. קדמותיו של החוף הסלעי יהפכו לשרטונות ולאיים, כפי שקורה כבר כיום בחוף דור-נחשולים. פתחי נחלים יהפכו ללגונות שתחדורנה גם למרזבה המערבית, אף כי גם אחרי עליית מפלס של 1 מ' יישארו רוב שטחיה של מרזבה זו ברום גבוה מפני הים, ורום זה אף יגבה כתוצאה מהתייצבות החולות המנושבים, החודרים אליה בפרקי זמן לא-אחידים (פרת 1983).

קצב עליית המפלס ושינוי פרופיל מצוק השרון: עדות מן הרכס הטבוע

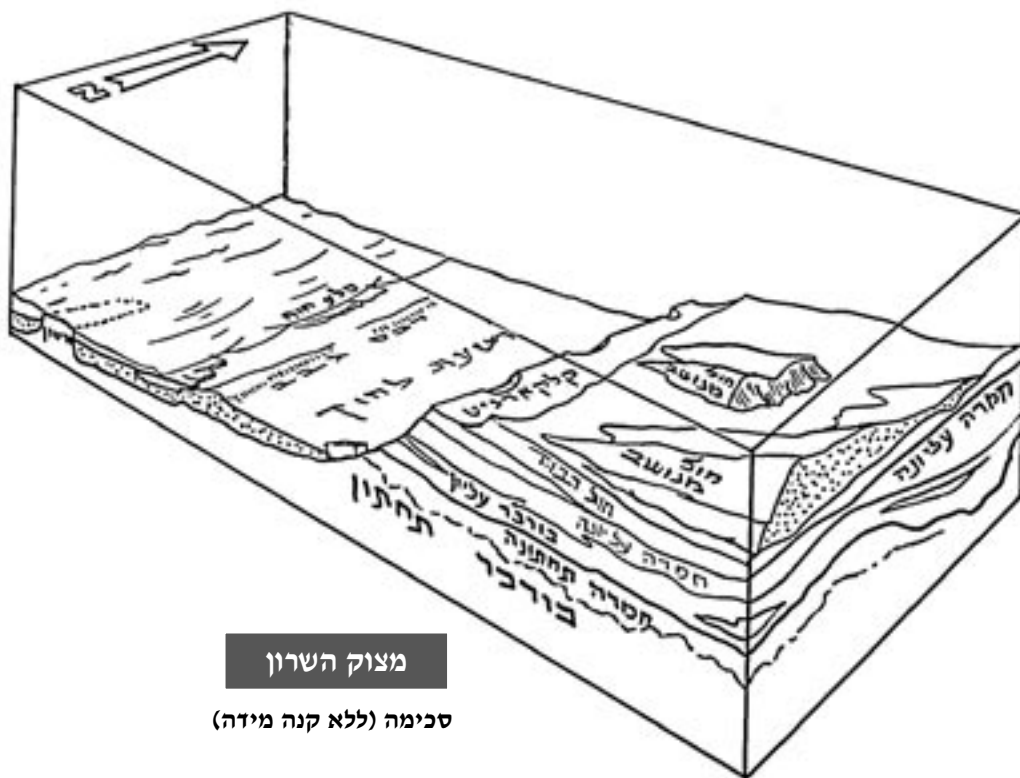
רכס הכורכר הטבוע ממערב לקו החוף דהיום (אלמגור והול 1984) הוצף בראשית ההולוקן, כאשר עליית מפלסי הים היתה מהירה פי כמה מזו של 4,000 השנים האחרונות. שיפועיו המערביים של הרכס הטבוע הם מתונים, ובשום מקום לא נצפתה בהם מורפולוגיה צוקית, גם לא בקטעים הקבורים כיום תחת חול וטיין.

ייתכן, כי בגלל הקצב המהיר של עליית מפלס הים לא היתה שהות מספקת ליצירת צנירי גלים במדרונו המערבי של הרכס, ועל כן לא נוצרו התנאים לגלישת פלחים או טבלאות של סלע, וליצירת מצוקים או מדרגות. לחלופין, ייתכן שהמדרון המערבי של אותו רכס עשוי רצף של צנירי גלים שהקציעו את המדרון לשיפוע מתון יחסית, ללא צלקות גלישה צוקיות. אם חל המקרה הראשון, שמר הרכס הטבוע על מורפולוגיה של דיונה מאובנת, בדומה לרכס חדרה-הרצליה ורכס רמת גן, אשר הים לא נגע בהם עד היום. במקרה השני, מייצג הרכס הטבוע את ליבתו המשומרת של רכס כורכר, בדומה לחופים הסלעיים של חופי דור-הבונים, עתלית, ואכזיב-ראש הנקרה.

בתחזית של עליית מפלס של 1 מ' ל-100 שנה, תואץ אמנם נסיגתו של מצוק השרון, אולם בשלביה הראשונים לא תיעלם



עליית מפלס הים במטר אחד תגדיל את נסיגת המצוק לקצב של כ-60 ס"מ בשנה



מצוק השרון

סכימה (ללא קנה מידה)

רצועת הליחוך, ועדיין לא יתבטלו שלבים 1-3. גלישות תבואנה בתכיפות מוגברת, אך תוצאתן תמשיך להיות מצוק העשוי צלקות גלישה רצופות. למען הבהירות: במקומות שבהם רוחב רצועת הליחוך בחזית המצוק הוא בין 50 ל-100 מ', התקדם קו המים הממוצע כ-50 מ', בעוד שהמצוק נסוג כ-30 מ'. היינו, רצועת הליחוך פחתה ב-20 מ' ב-50 שנה. בקצב זה, כאשר מפלס הים יגיע לשיאו הצפוי כעבור עוד 50 שנה, אכן תוצר מאוד רצועת הליחוך, ובחוף שרוחבו היה בתחילה רק 50 מ' - היא עשויה להיעלם זמנית.

סיכום

מצוק השרון



1. עליית מפלס של 1 מ', בקצב מהיר או איטי, תביא את קו הסערות כ-100 מ' בממוצע מזרחה בחופים חוליים, ועד 60 מ' מזרחה בחופים המגדדים את רכס דור. באותם חופים יקטן רוחבה של רצועת הליחוך, ובמקומות אחדים היא אף אולי תיעלם זמנית, עד שעליית מפלס הים תיעצר וגידוד המצוק ישוב לקצבו הנוכחי.
2. כמו כן, תגדיל עלייה כזו במפלס הים את הקף מפרצי החופים הסלעיים.
3. מבנים הנמצאים עד 100 מ' מקו הסערות דהיום, עלולים להימצא בתחומי רצועת הליחוך. אלה שבראש המצוק, וביניהם כבישים ומגרשי חנייה - ייכנסו לתחום הגלישה הפוטנציאלית.
4. בחופים חוליים וחופים סלעיים עלולה אספקת החול המנושב לפחות, אבל מחיקת קטעי מצוק נמוכים במהלך עליית המפלס תפתח שערים חדשים לחול המנושב.
5. הרגולריות של רצועת החוף הנוכחית עלולה להתחלף בחוף אירגולרי של קדמות ונסגות, ופה ושם מפרצים ולגונות בפערי נחלים עכשוויים או פוסיליים.
6. לא ניתן לחזות שינויים בשיעורי גידוד או צבירה של חופי הארץ. שיעורים אלה אינם תלויים בגובה מפלס הים, ובקצבי עלייה צפויים (בסדרי גודל של מילימטרים לשנה לא ישתנה משטר התנדודות האקראיות של אספקת חול או סחיפתו).

הערות:

¹ נתונים שרוכזו ע"י סיון ושות' 2001.

² לצורך פשטות הדיון, לא נכללים כאן שינויים מעשה ידי אדם.

³ יש לציין, כי לא ידוע מדוע לא מתחוללת גלישת מצוק מיד עם יצירת צניר הגלים. מסתבר כי נחוץ איזה תהליך של "התעייפות" בטרם ייגזר פלח חזיתי מן המצוק. ריבוי הגלישות במהלך מחציתו השניה של החורף, בשיא תקופת הגשמים, מעלה סברה כי הרויית חלקו הגלוי של המצוק במים מגדילה את משקלו עד מעבר לקוהזיה הכוללת שלו, והדבר יוצר מישור גזירה בין חלקו הרווי (הכבד יותר) וחלקו היבש של הכורכר. הסבר זה טעון הוכחה נסיונית.

הערכה כלכלית לנזקים הצפויים לשטחי החוף של ישראל כתוצאה מעליית פני הים

נחום יהושע

עלייה במפלס פני הים במטר אחד תגרום לאובדן שטחי חוף בהיקף של כ-8,400 דונם, וזאת כתוצאה מארוזיה ומהצפה. בקטעים נרחבים מדרום לפלמחים ובין גבעת אולגה לחיפה ייגרעו מרצועת החוף כ-75 מ' בממוצע. במקטעים רבים יגיע קו החוף למרגלות המצוק. הנזק הכלכלי של אובדן שטחי החוף כמוצר ציבורי (שטח פתוח) נאמד במיליארדי ש"ח.

רקע

מטרת המחקר, שתמציתו מובאת להלן, הינה אומדן כלכלי של הנזק הצפוי לישראל כתוצאה מעליית פני הים התיכון. המחקר מתמקד באובדן שטח בעקבות הצפה מתמדת וארוזיה, וכולל ניסיון לאמוד את הנזק, אשר עתיד להיגרם כתוצאה מאובדן שטחי חוף. לפיכך, כולל המחקר שני מרכיבים עיקריים: האחד - אומדן של שטחי החוף שיאבדו לחוף הישראלי כתוצאה מעליית פני ים, והשני - אומדן של הנזק מבחינה כלכלית. קרי, כימות ערכו של השטח האובד מבחינה כספית. הנחת המחקר המרכזית היא עלייה של מטר אחד במפלס פני ים בטווח זמן של כ-60 שנה (עד שנת 2060). נקודת זמן זו תוחמת את גבול המחקר (על מנת לא לקבל ערכים אינסופיים). הנחה זו הינה הנחה נפוצה ומקובלת במחקרים מסוג זה.

**עליית פני הים גורמת
לאובדן שטחי חוף, וזאת
כתוצאה הן מארוזיה
שמשמעותה הסרה פיזית של
סדימנטים מהחוף, והן
מהצפה**



תל-אביב הצפת החוף בעת סערה, 2004

אומדן השטח שיוצף

השלב הראשון של המחקר הינו, כאמור, אומדן של היקף השטח האובד. זוהי לרוב הבעיה המרכזית, וזאת עקב מחסור בנתונים מדויקים על אזור המחקר. עליית פני ים עשויה להפעיל שני מנגנונים עיקריים אשר עשויים לגרום לאובדן שטח: ארוזיה והצפה. ארוזיה משמעותה הסרה פיזית של סדימנטים מהחוף על ידי פעילות הגלים, בעוד הצפה היא למעשה הצפתו של שטח חוף, הנמצא מתחת למפלס הים לאחר עלייתו. המנגנון העיקרי של אובדן שטח נקבע בכל אזור על פי הגיאומורפולוגיה של החוף.

חופים אשר בהם קיים סלע פריך, או חופים חצויים וחוליים, נתונים לרוב לארוזיה יותר מאשר להצפה. באזורים בהם החוף הינו בעל שיפוע מתון במיוחד, ובאזורי חוף הבנויים סלע קשיח, המנגנון הדומיננטי לרוב הינו הצפה. חשיבות רבה קיימת גם

נחום יהושע - כלכלן סביבתי. המאמר מבוסס על: יהושע, נ., השפעת השינוי האקלימי על חופי ישראל - הערכה כלכלית של הנזקים הצפויים לשטחי החוף של ישראל עקב עליית פני הים, עבודת מוסמך, אוניברסיטת חיפה, הפקולטה למדעי החברה החוג לניהול משאבי טבע וסביבה. העבודה נערכה בהדרכת פרופ' מרדכי שכטר וד"ר נועם גרינבאום, נובמבר 2003.

לקרבת אזור שבירת הגלים אל החוף, בעיקר בתקופת החורף. חשוב להדגיש, כי קשה מאוד לקבוע באופן גורף מהו המנגנון הרלוונטי עבור יחידות חוף ארוכות, וכמעט תמיד אובדן השטח הינו שילוב של שני המנגנונים הנ"ל (Klein & Sterr, 2000).

אובדן שטח הנגרם מהצפה נמדד באמצעות מודל הצפה פשוט. קרי, כל השטחים הנמצאים מתחת לגובה עליית המפלס יאבדו. הדרך הפשוטה והנפוצה למדוד אובדן שטח הנגרם על ידי ארוזיה הינו חוק ברון (Brunn 1962): המודל של ברון מכיל כלל אצבע פשוט, הטוען כי עלייה במפלס בגובה X תגרור נסיגה של החוף למרחק הגדול פי 50-100 מגובה העלייה במפלס (לדוגמה, עלייה של 1 מטר תגרור נסיגת חוף של 50-100 מטר). על פי Bruun, את כלל האצבע הנ"ל ניתן להחיל על חופים שהם חוליים, ישרים, ובשיווי משקל יחסי.

לפיכך, חולק החוף הישראלי לתשעה מקטעים, שעבור כל אחד מהם נקבע מנגנון אובדן שטח דומיננטי (ארוזיה או הצפה). החלוקה נערכה על בסיס גיאומורפולוגי, והסתמכה על חלוקות

קודמות, בעיקר על החלוקה המפורטת אצל אלמגור, 2002. לחישוב ההצפה נעזרנו במפת ממ"ג, אשר כללה חלק מהחוף הישראלי ומפות טופוגדסטריות. לחישוב הארוזיה נעזרנו בחוק ברון. להלן המקטעים השונים והיקף אובדן השטח הצפוי בהם:

מקטע / חישוב	מקו רוחב עד קו רוחב	אורך מקטע בק"מ	מנגנון אובדן שטח	סה"כ הצפה בדונם	ממוצע דונם הצפה לק"מ חוף / נסיגה של קו החוף במטרים
ראש הנקרה - עכו	270-259	11	הצפה	484	44
עכו עד קרית ים	259-250	9	הצפה	420	47
חיפה - עתלית	247-235	12	ארוזיה	1,080	75
עתלית - גבעת אולגה	235-206	29	הצפה	2,519	82
גבעת אולגה עד בית ינאי	206-200	6	הצפה	119	19
בית ינאי - שדה דב	199-170	29	הצפה	564	19
שדה דב עד בת ים	170-158	12	הצפה	355	29
בת ים - פלמחים	158-152	6	הצפה	272	45
פלמחים - אשקלון	152-125	27	ארוזיה	2,227	75
חוף אשקלון	124-115	9	הצפה	215	27
חוף זיקים	115-110	5	ארוזיה	412	75
סה"כ				8,387	50 (ממוצע)

ניתן לראות, כי קיימים הבדלים משמעותיים בהיקף הנסיגה בין מקטעי החוף השונים. באזור הדרום (גבעות פלשת) היקף הנסיגה הוא משמעותי ברוב מקטעי החוף - מדרום לפלמחים (למעט חוף אשקלון המצוקי) ייגרעו 75 מ' מרצועת החוף. בחופי המרכז, עקב המצוק, היקף הנסיגה הוא קטן יחסית (בין 19 ל-45 מ'), ואולם אפשרי כי במקרים רבים, תגרורם עליית פני הים להיעלמותה של רצועת החוף הצרה הקיימת. בין גבעת אולגה לחיפה יעמוד היקף הנסיגה על כ-80 מ' בממוצע. בחופים הצפוניים השונות היא גדולה מאוד. קיימים אזורי סלע קשיח (כמו ראש הנקרה) בהם אובדן השטח הינו אפסי, ולעומתם שפכי נחלים, בהם צפוי אובדן שטח משמעותי. בממוצע, תעמוד נסיגת החופים מקרית ים צפונה על כ-45 מ'.

אומדן ערך החוף

על פי הממצאים, עיקר שטחי החוף אשר עתידיים לאבד הם ברובם חופי רחצה, שמורות חופיות ושטחים אחרים, אשר מהווים שטח ציבורי למטרות נופש ופנאי. הבעיה העיקרית הנוצרת היא כיצד



לאורך עשרות ק"מ צפוי קו החוף לסגת בשיעור של כ-75 מ' בממוצע, ולגרור לאובדן כולל של אלפי דונם שטחי חוף



נתניה

רצועת החוף תוצף עד למרגלות המצוק

אובדן צפוי של רצועת חוף

כתוצאה מעליית מפלס פני הים במטר אחד, על פי מקטעים



לאמוד את ערך השטח, שכן בניגוד לקרקע פרטית, אשר הינה בעלת ערך שמאי, קרקע זו אינה נסחרת. לכן, יש להשתמש בשיטות אומדן ערך של מוצר ציבורי (Non Market). תחום זה, של אומדן מוצרים ציבוריים, הפך נפוץ מאוד בעשורים האחרונים, במהלכם פותחו מספר מתודולוגיות לאומדן ערכים אלה.

לפיכך, שלב האומדן הכלכלי (השלב השני) כלל שני שלבי משנה עיקריים: בראשון, נעזר המחקר בכלי המכונה Benefit Transfer. כלי זה מאפשר שימוש בערכים שהתקבלו עבור נכסים סביבתיים דומים והשלכתם לאזור הנחקר. לפיכך, נלקחו ערכי חוף (שנאמדו למטרות שונות באמצעות המתודולוגיות שהוזכרו) ממחקרים שונים בעולם, ולאחר ההתאמה הדרושה הוסקו מהם ערכים עבור החוף הישראלי.

ואולם, על מנת להימנע ממצב בו כל שטחי החוף האובדים מקבלים ערך זהה, נערכה בשלב המשנה השני חלוקה נוספת של החוף. בשונה מהשלב הראשון, לא התבסס צעד זה על חלוקת החוף על בסיס גיאומורפולוגי, כי אם על בסיס ערכיות. החלוקה לקחה בחשבון פרמטרים שונים (כגון נגישות לריכוזי אוכלוסייה, חשיבות מבחינת ערכי טבע וארכיאולוגיה, ייעוד סטטוטורי ועוד). הפרמטרים מתבססים בחלקם הגדול על ניתוח ערכיות, שנערך במסגרת מסמך המדיניות של הוועדה למימי חופין (1999).

משילוב של ערכי החוף השונים והערכיות השונה, ניתן הערך הכספי של מקטעי החוף השונים. בשילוב עם אומדן היקף אובדן השטח (במקטעים השונים) - ניתן היה לאמוד במחקר זה את הערך הכולל של הנזק מעליית פני ים, בהתייחס למימד הנחקר (אובדן שטח). ערך זה נמדד במונחים שנתיים. לדוגמה, לפי החישוב שהוצג ערכו של דונם חוף לשנה באזור חולות זיקים הינו כ-13,900 ש"ח לשנה. לעומת זאת, ערכו של דונם חוף במרבית חופי ת"א, הינו כ-188,000 ש"ח לשנה.

בניסיון להפוך את הערכים שהתקבלו ממונחים שנתיים לכוללים, התעוררו מספר בעיות המתייחסות למימד הזמן: לדוגמה, כיצד לאמוד את הנזק מתופעה שמתרחשת בהדרגה, ולאורך

תקופת זמן כה ארוכה? בספרות קיימים מספר פתרונות לנושא, כאשר הנפוץ מביניהם הוא פריסת הנזק באופן ליניארי. החישוב נערך באופן הבא: טווח הזמן המוערך הינו כ-60 שנה. קביעת נקודת זמן הבסיס לשנת 2000 מצביעה על כך, שנזקי התופעה יגיעו לידי היקף מקסימאלי בשנת 2060. סך הנזק העתידי יהווה סכימה של הנזק השנתי מהוון לשנת 2000, אולם בכל אחת מ-60 השנה הראשונות יחושב הנזק השנתי לפי חלקו היחסי בהתאם להתקדמות ליניארית. לדוגמה, בשנה הראשונה הנזק מוערך ב-1/60 של סך הנזק השנתי, בשנה השנייה 2/60 וכך הלאה. הנזק היחסי לכל שנה מהוון לשנת הבסיס. בנוסף, יש להוסיף את הנזק שייגרם כל שנה לאחר שהתופעה תגיע למלוא היקפה בשנת 2060. לפיכך, נוסף לנזק היוון לאינסוף של הנזק השנתי משנת 2060 והלאה.



שדות ים הצפת החוף בעת סערה, 2004



היקף השטח האובד ברצועת החוף כתוצאה מעלייה של מטר אחד במפלס הים - נאמד בכ־8,400 דונם

שאלה נוספת המתקשרת למימד הזמן, מתייחסת לשער הניכיון (ריבית) המתאים להפחתת הנזק. שער ניכיון מקובל הינו 6%, אולם עם זאת קיים ויכוח בקרב החוקרים על מידת ההתאמה של שער ניכיון כזה לאומדן נזק, הנגרם מתופעות כמו השינוי האקלימי. השאלות המועלות הינן בעיקרן שאלות של צדק בין דורי וכו'. קיימים חוקרים, הטוענים כי אין להפחית את הנזקים כלל (שער ניכיון 0). במחקר זה נעשה שימוש בשלושה שערים מייצגים: 0%, 3% ו-6%.

סיכום

היקף השטח האובד כתוצאה מעלייה של מטר אחד במפלס הים הוא כ-8,400 דונם. תוצאות הכימות הכלכלי של הנזק מתחלקות לתרחישים שונים, המתייחסים להנחות המחקר. טווח הנזק נע בין 1 (בשער היוון גבוה - 6%) ל-11 (שער היוון 0%) מיליארד ₪ (נזק מהוון כולל), כאשר התרחיש הממוצע עומד על כ-7 מיליארד.

מספרים אלה אמנם נראים משמעותיים, אולם בהתייחסות כוללת, ובהתחשב בכך שמדובר בתקופה כה ארוכה, ניתן לומר (בהסתייגויות הנדרשות) כי רגישותו של החוף הישראלי (ביחס למדינות אחרות) לאובדן שטח עקב עליית פני ים היא נמוכה יחסית, ונובעת בעיקרה מההיקף המצומצם של אובדן השטח הצפוי. יחד עם זאת, יש להביא בחשבון שלפי מספרים אלה במקומות רבים ייעלמו החופים לחלוטין, או שישארו מקטעי חוף קטנים בלבד. בנוסף יש לזכור, כי אובדן שטח הינה רק אחת מהתופעות העשויות ללוות עלייה אפשרית של פני ים.

לעומת ההיקף המצומצם יחסית של אובדן השטח, עולה מהמחקר כי ערכו של שטח החוף הישראלי הינו גבוה יחסית, ולפי החישוב הערך הממוצע עומד על כ-70,000 ש"ח לדונם לשנה. סביר להניח כי ערך זה יעלה עם התחזקות מגמות הלחץ על החופים כמשאב טבע ולחצי מימוש נדל"ניים, אשר יקטינו את היקף שטחי החוף לשימוש הציבור.

מקורות שהוזכרו:

IPCC 2001: *Climate Change 2001 the Scientific Basis, Technical Summary of the WG I Report*. New York., Cambridge University Press.

Klein, R., Sterr. H., & Reese, S., 2000: *Climate Change and Coastal Zones: An Overview of the State of the Art on Regional and Local Vulnerability Assessment. Reports on latest research*. Milano., Fondazione eni Enrico Mattei.

Bruun p., 1962.: Sea level rise as a cause of shore erosion. *Journal of the waterways and harbour division*. Proceeding of the American society of Civil Engineers, 88, 117-130.

אלמגור ג., 2002: חוף הים התיכון של ישראל, משרד התשתיות הלאומיות, המכון הגיאולוגי, ירושלים

הועדה למימי חופין א', 1999: מימי החופין של ישראל, משרד הפנים, מדינת ישראל.

השלכות עליית מפלס הים התיכון על אקוויפר החוף

ד"ר א. מלול

אקוויפר החוף הוא אחד המקורות העיקריים של מי התהום בישראל. חשיבותו נובעת מגודלו, ממיקומו ומשימוש בו כמאגר רב שנתי של מערכת המים הארצית. במשך השנים, כתוצאה משאיבה מואצת, ירד מפלס המים באקוויפר. עליית מפלס הים תעמיד בסכנה עשרות עד מאות מיליוני מטרים מעוקבים של מים שפירים. ההערכות הן שעליית המפלס במטר אחד, תגרום לכניסת מי ים לאקוויפר ולהמלחת עשרות מלמ"ק של מים שפירים לכל ק"מ חוף.

רקע הידרוגיאולוגי של אגן החוף

אגן החוף משתרע ממורדות הכרמל בצפון עד לסיני בדרום, ומרגלי ההרים במזרח ועד הים במערב. עובי האקוויפר משתנה בהדרגה, החל ממטרים ספורים במזרח עד ל-150 מטרים בסמוך לחוף במערב. האקוויפר בנוי משכבות חול, אבן חול גירית וקונגלומרטים, שהם סלעים מוליכים, וכן טיט וחמרה שהם סלעים מוליכים למחצה. שכבות אטימות של חרסית (עד ל-5 ק"מ מהחוף) מחלקות את האקוויפר בעומק לתת-אקוויפרים. חלק משכבות החרסית העמוקות מתעבות מערבה לתוך הים, עד כדי ניתוק חלק מתת האקוויפר עם הים. החלק הפתוח עם הים הוא בד"כ האופק העליון המכונה תת אקוויפר AB (טולמץ' י. 1977, 1978).

חשיבותו של אגן החוף

אקוויפר החוף הוא אחד המקורות העיקריים של מי תהום בישראל. חשיבותו נובעת מגודלו, ממיקומו, ומשימוש בו כמאגר רב שנתי של מערכת המים הארצית. בשנות הבצורת שאבו ממנו יותר מחצי מיליארד מטר קוב לשנה (מלמ"ש), המהווים כרבע מסך הצריכה השנתית של ישראל.

התפתחות מצב מי התהום באקוויפר

בשנות ה-30, היה כיוון הזרימה השליט ממזרח למערב, עם גרדינט הידרולוגי הקרוב לאחד פרומיל ($1.0 \text{ }^{\circ}/_{100}$) - עלייה במשטח פני מי התהום במטר אחד לכל 1,000 מ' מרחק מקו החוף מזרחה). רוב מי האקוויפר היו ראויים לשתיה, והצטיינו במליחות נמוכה (50 עד 100 מיליגרם כלור לליטר) ובזיהום בלתי ניכר (ריכוז חנקות של פחות מ-10 מיליגרם לליטר). במשך השנים, עקב שאיבה מואצת, חלה הרעה באיכות המים ובכמותם, ובקרב החוף נרשמה ירידה עד למפלסים שליליים. במספר אזורים לוותה הירידה במפלס ביצירת "מכתשים הידרולוגיים", ובחדירת מי ים. "מכתשים הידרולוגיים" הינם שקעים הידרולוגיים עם מפלסים שליליים (בין 1-3 מטרים מתחת פני הים), שמרכזם במרחק שבין 1 ל-3 ק"מ מקו החוף. שקעים שממוקמים בקרבת אזורי שאיבה הם אלה של חדרה, רמת גן, ת"א, חולון, וכן בדרום - באזורי החוף בין אשדוד - ארז - שקמה - ניר עם. כל חדירה עמוקה יותר של מי ים באזורים אלה מעמידה בסכנה עשרות עד מאות מיליוני מטרים מעוקבים של מים שפירים. חדירת מי ים היא המשטח הדמיוני, המפריד בתת הקרקע בין מי ים לבין מים מתוקים ומכונה גם "פן ביני". "בוהן הפן הביני" הוא המרחק המרבי מהחוף, שאליו מגיע משטח זה.

בשנים האחרונות, הגיעה באזור גוש דן בוהן חדירת מי ים עד למרחק מקסימאלי של כשני ק"מ מהחוף (רצועה הידרולוגית 132). עומק חדירת מי הים מתייחס בעיקר לתת-אקוויפר B, בו מתבצעת רוב השאיבה. באזורים רבים, עולה עומק חדירת הפן הביני

ד"ר אבי מלול - הידרוגיאולוג, השירות ההידרולוגי, נציבות המים, משרד התשתיות הלאומיות.

על 1,000 מ', אך יש עדיין אזורים בהם החדירה היא פחות מ-500 מ' מהחוף. ברוב האזורים, משערים כי קצב התקדמות ממוצע של הפן הביני הוא בין 0 ל-50 מ' בשנה. במספר אזורים, בהם היתה חדירה עמוקה של מי ים לאקוויפר, הצטמצמה השאיבה וננטשו קידוחים אחדים (דוח השירות ההידרולוגי, 2003).

באזורים אחרים, כדי למנוע הרעה במצב ההידרולוגי, מקטינים את השאיבה ומחדירים מים לאקוויפר ממקורות שונים (המוביל הארצי, קולחי השפד"ן, מי שיטפונות וכו'). ההחדרה תורמת אמנם לעלייה במליחות, אך שיעור ההמלחה מההחדרה הינו כאין וכאפס לעומת המלחה אפשרית עקב חדירת מי הים.

נתוני דוח השירות ההידרולוגי (2003) מלמד כי בבדיקות שנעשו בבארות שאיבה בשנים האחרונות, נמצא כי כ-56% מהמים הם באיכות טובה (כלומר, מים בהם ריכוז הכלורידים פחות מ-250 מג"ל, וריכוז החנקות פחות מ-45 מג"ל); כ-31% מים באיכות מספיקה (מים שבהם ריכוז הכלורידים נע בין 250 ל-600 מג"ל וריכוז החנקות פחות מ-45 מג"ל, או מים בהם ריכוז הכלורידים נמוך מ-250 מג"ל וריכוז החנקות נע בין 45 ל-70 מג"ל); וכ-13% של מים באיכות גרועה (ריכוז כלורידים של יותר מ-600 מג"ל וריכוז חנקות של יותר מ-70 מג"ל). השאלה העומדת בפנינו היא מהן ההשלכות האפשרויות של עליית מי הים על איכות המים באקוויפר החוף.



**חדירה עמוקה יותר של מי ים
באזור החוף מעמידה בסכנה
עשרות עד מאות מיליוני
מטרים מעוקבים של מים
שפירים**

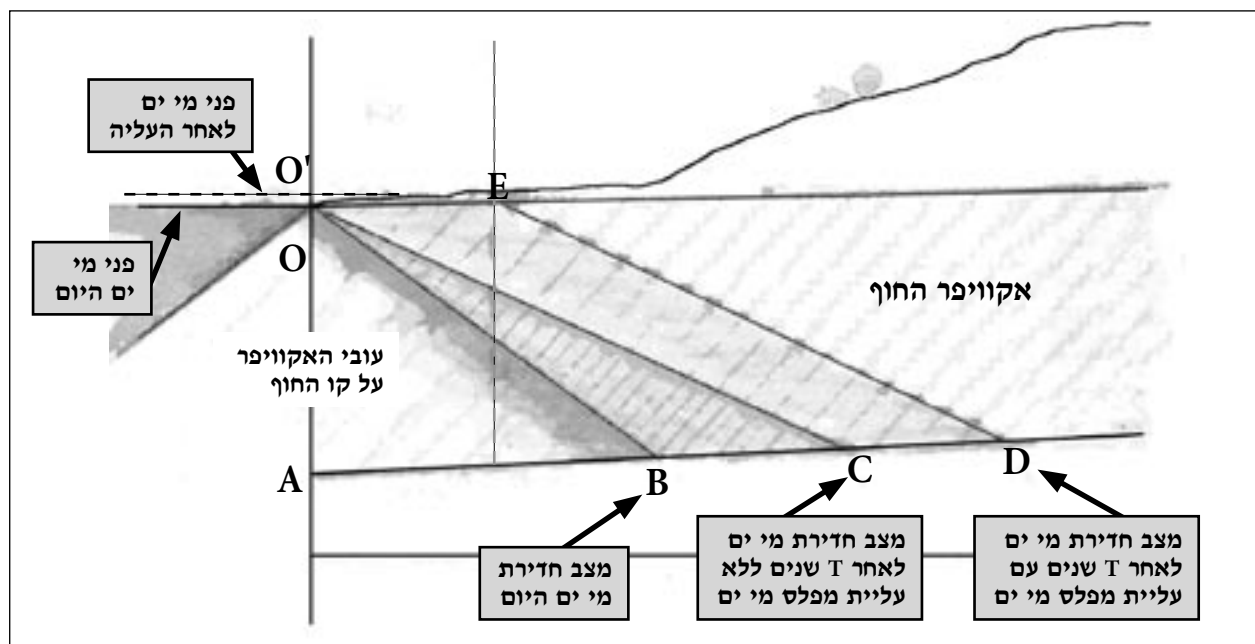
התרחיש הצפוי והשלכותיו

להלן נתייחס לשלושה תרחישים של עליית מפלס פני הים בעוד 50 שנה. אפשרות אחת היא עלייה של 10 ס"מ, לפי הערכת המינימום של ה-IPCC, אפשרות שנייה היא עלייה של 50 ס"מ, והאפשרות השלישית היא עלייה של 100 ס"מ.

אם המגמות ההידרולוגיות ימשיכו כפי שהן היום, ועם קצב חדירת מי הים יעמוד על כ-10 מ' בשנה, באזורים בהם מיקום בוהן הפן הביני הוא 1,000 מ' מהחוף (מצב B בתרשים), יהיה המיקום החדש, אחרי 50 שנה, כ-1500 מ' מקו החוף הנוכחי (מצב C בתרשים). באזורים בהם נמצאת כבר החדירה בין 1500 ל-2000 מ', עלול להגיע הפן הביני למרחק שבין 2000 עד 2500 מ'.

אם יש גם עלייה של פני הים לפי גובה צפוי (של כ-10 ס"מ, 50 ס"מ, 100 ס"מ - מצב O'-O בתרשים), תתווסף ההשפעה של כניסת מי ים (שטח O'EDC בתרשים) בתוך האקוויפר בהתאם לעלייה (קטע O'E בתרשים). כאמור לעיל, תהיה הפגיעה בעיקר באופק האקוויפרי העליון, בו הקשר אל הים ברור יותר.

תרשים סכמתי של חדירת מי ים באגן החוף של ישראל כתוצאה של ניצול יתר ועליית פני מי ים התיכון



בטבלה המצ"ב, בעמודה (5), נאמד בקירוב רב אובדן האוגר החד פעמי (נפח מי התהום המתוקים שהולכים לאיבוד באקוויפר) עקב חדירת מי ים כתוצאה מהמגמות ההידרולוגיות השליליות בהווה ובעתיד באקוויפר. בעמודה (6), נאמד האובדן ברזרבה החד פעמית כתוצאה מעליית פני הים בלבד, לפי הגבהים האפשריים הנ"ל ובהתאם לשיפוע טופוגרפי של כ-1% וכ-1.0°.

מהטבלה הזו ניתן ללמוד, כי לאחר 50 שנה, באזורים הנמוכים לכל אורך החוף, בעליית פני הים ב-10 ס"מ יגיע אובדן הרזרבה החד פעמית בשיפוע טופוגרפי של $1.0 \text{ }^{\circ}/_{\infty}$ לכ-2.5 מלמ"ק לק"מ חוף. אם יש עשרה אתרים כאלה לאורך החוף, המדובר בכ-25 מלמ"ק. ואולם, עם עליית פני ים של כ-1 מ' מגיע אובדן הרזרבה החד פעמית באותו שיפוע ליותר מפי עשרה, ואם יש עשרה אתרים כאלה המדובר בכ-250 מלמ"ק. ככל שהשיפוע הטופוגרפי באזור נמוך יותר, והקרבה ל"מכתשים ההידרולוגים" גדולה יותר, תהיה הפגיעה באיכות מי האקוויפר משמעותית יותר בכל מקרה. ברור גם שהנזק עלול להיות גדול יותר באם העלייה הזו תהיה קרובה למוקדי השאיבה שיש בקרבת החוף.

טבלה: אובדן הרזרבה החד פעמית באופק העליון של אקוויפר החוף בתרחישים שונים

תוספת אובדן אוגר ל-1 ק"מ חוף בגלל עליית מי ים (במלמ"ק)	סה"כ אוגר אבוד ל-1 ק"מ חוף בגלל כניסת מי ים באגירות של 0.25 (במלמ"ק)	חדירת מי ים (במ') בשיפוע טופוגרפי מקו החוף		עובי תת-אקוויפר עליון במערב (במ')	תרחיש
		$1 \text{ }^{\circ}/_{\infty}$	1%		
(6)	(5)	(4)	(3)	(2)	(1)
	18.750	1500	1500	100	א לפני עליית פני הים
0.269	19.019		1510	100.1	ב אחרי עליית פני הים ב-10 ס"מ
2.521	21.271	1600			
1.350	20.100		1550	100.5	ג אחרי עליית פני הים ב-50 ס"מ
12.656	31.406	2000			
2.712	21.462		1600		ד אחרי עליית פני הים ב-100 ס"מ
25.437	44.187	2500		101	

הערות לאופן חישוב ערכים בטבלה:

בעמודה (5): במקרה של תרחיש א': חישוב סה"כ אובדן הרזרבה החד פעמית באוגר הכללי. זהו אובדן האוגר המים המתוקים כתוצאה מחדירת מי ים. אך ללא עלייה של פני הים (מצב C בתרשים). הערך מתקבל על ידי המכפלה של משולש OAC באגירות של האקוויפר של 0.25 על קטע של 1 ק"מ.

בעמודה (5): במקרים של תרחישי ב', ג', ו/או ד': חישוב אובדן הרזרבה החד פעמית הכוללת את העלייה של פני מי ים. החישוב נעשה גם במקרה של שיפוע של 1% ו/או $1 \text{ }^{\circ}/_{\infty}$ בעמודה 3 (מצב D בתרשים). הערך הזה מתקבל על ידי המכפלה של שטח הטרפז (O'BDE) באגירות של האקוויפר של 0.25 על קטע של 1 ק"מ חוף.

בעמודה (6): הערך של תוספת אובדן אוגר של הרזרבה החד פעמית כתוצאה מעלייה של פני הים בלבד, הבא לידי ביטוי בשטח האזור (O'EDC בתרשים). ערך זה מתקבל עבור כל אחד מהתרחישים (ב', ג', ו/או ד') על ידי ההפרש בעמודה (5) בין הערך של התרחישים הנ"ל והערך של אובדן הרזרבה בתרחיש א' באותה עמודה.

נוסף על ההשפעה על אקוויפר החוף, באזורים רדודים עם שיפועים טופוגרפיים נמוכים, כמו בשפכי נחלים ובאזורים בהם יש לגונות ואגמים ליד החוף, יהפכו המים המתוקים למים מליחים, ו/או למי ים. כמו כן, יפגע השינוי בטמפרטורה בשיווי המשקל הכימי ואקולוגי, מצב לו יהיו השלכות על ההרכב הליטולוגי של הריפים, על אוכלוסייתם וסביבתם. התוצאה: החיים האקולוגיים באזור ישתנו.

יחד עם זאת יתכנו גם תרחישים אופטימיים יותר במקרים הבאים:

- שינויים אקלימיים יגרמו ליותר גשם. עליית המשקעים תגרום לעלייה בגובה מפלס פני מי התהום, ולירידה במליחות בשכבה העליונה של פני הים.
- אם ניקח בחשבון כי בתוך האגן הים תיכוני תגרום העלייה בטמפרטורה לעלייה באידוי, יכול הדבר להוות גורם שימתן את עליית פני הים.
- המגע של חדירת מי הים במים המתוקים שבתוך האקוויפר, יכול להביא לשינויים בליטולוגיה, וליצירת משטח אטום יחסית שיעקב את קצב חדירת מי הים.



חסקנות והמלצות כלליות

- מהנתונים הנ"ל נראה, כי באזורים רדודים עם שיפועים טופוגרפיים נמוכים מ- $1/100$, קיימת סכנה של אובדן רזרבה חד פעמית בגודל של עשרות מלמ"ק לכל ק"מ חוף.
- מוצע לקבוע "קווים אדומים" באזורים המערביים של האגן, בהם השיפוע הטופוגרפי נמוך במיוחד וקיימים אזורים שאיבה של מים שפירים במזרח. איתור מדויק של אותם אזורים נמוכים, מותנה במפה טופוגרפית ברזולוציה גבוהה ביותר. באותם אזורים צריך להיערך על ידי בנייה של מערכות מיגון ומכשולים, שיתגברו על חדירת מי ים נוספת עקב עליית מי ים.
- הערכה כלכלית על ידי בדיקת העלות של אמצעי הגנה למקרים הנ"ל.
- רצוי ללמוד יותר על ההתנהגות של המערכות ההידרולוגיות במצבים קיצוניים (בצורת ו/או חורף גשום במיוחד). המידע שיתקבל יתרום לכיול טוב יותר של מודלים לתפעול האקוויפר, ולחיזוי חדירת מי ים בתרחישים קיצוניים.

רשימת ספרות

טולמץ' י. (1977, 1978) אטלס הידרולוגי של ישראל : חתכי רוחב ואורך אזור החוף אזור אשקלון ואשדוד רצועות 100 עד 112 וכן 113 עד 122 דו"ח השרות ההידרולוגי

דו"ח הידרו של השרות ההידרולוגי (2003) התפתחות ניצול מצב מקורות המים בישראל עד בסתיו 2002. דו"ח השרות ההידולוגי יולי 2003, 300 עמ'.

Cnrs info : \ thermique dilatation and rise of water : surestimation of the rise of water level: <http://www.cnrs.fr/Cnrspresse/html/n400rd06.htm> (in French

הרס ערי החוף העתיקות של ישראל בשנות האלפיים - אסון לאומי

אהוד גלילי

התרבויות הקדומות הותירו שפע של שרידים עתיקים לאורך חופי ישראל, המהווים פרק חשוב בהיסטוריה של ארץ ישראל, נכס תרבותי ומשאב תיירותי. התערבות האדם במערכת החופית בשנים האחרונות הביאה לתהליך הרס מואץ של אתרים אלה, ובראשם אתרי החוף באשקלון, באפולוניה ובקיסריה. פני הים העולמי, החשש הוא שתוך זמן קצר ייעלם חלק ניכר מערי החוף העתיקות של ישראל.

רקע

התרבויות הקדומות הותירו אחריהן שפע של שרידים עתיקים לאורך חופי ישראל. השרידים החופיים והימיים מהווים פרק בהיסטוריה של ארץ ישראל, והם נכס תרבותי ומשאב תיירותי בעל פוטנציאל כלכלי.

אזור החוף רגיש לשינויים. לכל הפרעה במערכת הסביבתית יכולות להיות השפעות הרסניות. פעילות האדם באזור החוף (בעיקר כריית חול לבנייה ובניית שוברי גלים מנותקים, נמלים, מרינות ובריכות קירור של תחנות כוח) גרמה לשינויים קיצוניים במאזן החולות לאורך החוף.

המחסור בחול גרם לחשיפת השרידים העתיקים, שהיו מכוסים בחול ומוגנים על קרקעית הים. בהיעדר שכבת חולות מגינה, נפגעים האתרים התת-ימיים וערי החוף העתיקות כתוצאה מארוזיה ומהרס של גלי הים.

הסיבות להרס המצוק וערי החוף



- עליית מפלס הים
- טקטוניקה
- ארוזיה ימית
- כריית חול
- מבנים ימיים
- התחממות האטמוספירה
- הזרמת נגר עילי למצוק

מעקב שוטף של עשרות שנים באתרי עתיקות בחוף הישראלי, ומחקרים שונים בתחום הסדימנטולוגיה והטקטוניקה בקו החוף, מגלים כי תהליך ההרס של ערי החוף העתיקות אשקלון, יבנה-ים, אפולוניה וקיסריה הינו מהיר ביותר, ונובע בעיקר מהתערבות האדם במערכת החופית.



אתרי עתיקות חופיים בישראל
הנמצאים בסכנת הרס

אהוד גלילי - ארכיאולוג, ראש היחידה לארכיאולוגיה ימית ברשות העתיקות

הרס אתרי החוף באשקלון

בניית המרינה באשקלון, הרחבת הנמל ובריכת הקירור של חברת החשמל מדרום לעיר, גרמו לגריעה משמעותית של חול באזור החוף. המחסור בחול גרם לחשיפת קטעים נרחבים של קרקעית הים ולהרס רב בחופים. הסרת החולות גרמה לחשיפתם ולגילויים של שרידים עתיקים רבים על קרקעית הים ובחוף. אליה וקוץ בה - חשיפה מהירה של השרידים הארכיאולוגיים על ידי גלי הים והזרמים, גורמת להרס השרידים העתיקים. בהיעדר שכבת חול מגינה, מתמוטט המצוק החופי ונסוג בקצב מהיר, מה שגורם להרס מסיבי למבנים ולחומות העתיקות, שחלקים רבים מהם מתמוטטים וצונחים לים.



התמוטטות קטעי חומה עתיקה צפונית למרינה **אשקלון**



באר עתיקה שנחשפה בחוף מצפון למרינה (חורף 2003)

אשקלון

בשנים האחרונות נחשפו בחזית תל אשקלון יסודותיהן של החומות, והתברר כי חלקים מהן אינם מבוססים על סלע הכורכר, אלא בנויים על גבי שכבות חול. סחיפת החול וחשיפת היסודות גורמים להתמוטטויות רחבות היקף של חומות הים באזור התל. מצב דומה של הרס מהיר וארוזיה מתקדמת נוצר בשנים האחרונות ביישוב החופי מהתקופה הביזאנטית, שנחשף צפונית לאשקלון לאחר השלמת פרויקט המרינה. חומות הים, שנחשפו לראשונה, מתמוטטות ונופלות לים בנסיבות דומות לאלו של חומות אשקלון.

ההרס באזור אתר אפולוניה

מחקרים שביצעו חוקרים באמצעות צילומי אוויר, ותצפיות שביצענו לאורך החוף ועל קרקעית הים, מלמדים כי בעקבות בניית המרינה בהרצליה חלה נסיגה משמעותית בקו החוף, והחל תהליך מואץ של הרס המצוק החופי. על קרקעית הים נחשפו אזורים נרחבים שלא נחשפו בעבר, נתגלו שרידי כלי שיט ומטענים - לרבות מטען אבני ריחיים מבזלת, תותח ברזל וממצאים רבים אחרים - ונגרם הרס מסיבי לשרידי עיר החוף אפולוניה.



אפולוניה

מבט לצפון

אפולוניה

התמוטטות
קטעי חומה
באורך עשרות
מטרים בחזית
התל



קיסריה

הרס עתיקות



הרס החוף בקיסריה

תחנת הכוח שנבנתה בחדרה גרמה למחסור בחול, ולארוזיה בחופים שמצפון לה. חוף הים באזור שמדרום לקיבוץ שדות ים הוצר, ונדרשו פעולות מיגון וביצור בחוף המרכז הימי ובאזור העתיקות שמדרום לעיר הצלבנית. כמו כן, חל תהליך מואץ בהרס החומות, וחלקים שלמים מהעיר העתיקה מתמוטטים ונופלים לים.

סיכום

אם יימשך התהליך בקצב הנוכחי, ולאור התחזיות לעלייה במפלס הים העולמי, ייעלם בתוך 10-20 שנה חלק ניכר מערי החוף העתיקות של ישראל. הטיפול בהרס ערי החוף העתיקות חייב להיעשות עכשיו, לפני שיהיה מאוחר מדי. רשות העתיקות פועלת בהקשר זה במספר תחומים, בשיתוף עם גופים ומוסדות שונים: סקר שימורי וסקר רמות סיכון בערי החוף העתיקות, כולל דרכים מומלצות לטיפול על פי סדר עדיפויות; תכנית חירום להצלת חומת הים באשקלון בשיתוף חברת החשמל; מיגון אתר אפולוניה בשיתוף רשות הטבע והגנים, עיריית הרצליה ואוניברסיטת תל אביב; פעילות בוועדת הפנים ואיכות הסביבה של הכנסת במסגרת החוק לשמירת הסביבה החופית.

לאור התחזיות לעלייה
במפלס הים העולמי, ייעלם
בתוך 10-20 שנה חלק ניכר
מערי החוף העתיקות של
ישראל

ההשלכות הצפויות לחופי הים של ישראל כתוצאה מפעולות בחופי צפון סיני ורצועת עזה

ד"ר יעקב ניר

חופי ישראל הינם הקצה הצפוני של התא החופי של הנילוס. כל התערבות לאורך תא זה, שאורכו כ-700 ק"מ, פוגעת בנדידת החול החופי ועלולה לגרום לנזק ישיר או עקיף לחופי ישראל. בנייה של נמל עמוק-מים בעזה, לצד כרייה מואצת של חולות החוף, יפגעו בהסעת החולות ועלולות להביא בשלב ראשון להרס חופי רצועת עזה, ובשלב שני לכרסום בחופי דרום ישראל.

מבוא

חופי ישראל מצויים בקצה "התא החופי של הנילוס", שתחילתו בסמוך לאלכסנדריה וקצהו בראש עכו, מרחק של כ-700 ק"מ. זהו אחד מתאי החוף הארוכים בעולם, וכל מחסום או פגיעה אחרת, המצויים בדרך נדידת החול החופית, משפיעים במישרין וגורמים לנזקים ניכרים בחלקי התא המצויים בצד "מורד זרם החול". מקורו של רוב החול המצוי בתא זה הינו בנילוס, ועיקרו המינרל קוורץ (SiO_2). איתו מגיעים גם מינרלים כבדים בכמויות לא גדולות, ועליהם מתווספים, לאורך דרך נדידת החול ובכמויות לא גדולות (5%-10%), שברי צדפים ממקורות מקומיים. מקור גרגרי החול בעיקר באבני חול נופיות ובזלות שבהרי אתיופיה, משם הם נודדים בעזרת מי ה"נילוס הכחול" ויובלו האטברה (Atbara), המגיע מאריתריאה. תרומתו של ה"נילוס הלבן", שמקורו באגם ויקטוריה והפוגש בנילוס הכחול בבירת סודאן, חרטום, הינה קטנה ביותר הן מבחינת כמויות המים, והן מבחינת הטענות. זאת, מאחר שעיקרם "מתבזבז" ושוקע בביצות ה"סוד" שבדרום סודאן. גם לוואדיות המנקזים לנילוס בסודאן ובמצרים, הזורמים מדי מספר שנים, תרומה מסוימת למערכת החול של הנילוס. תרומתו של נחל אל-עריש, המנקז שטח ענק בצפון סיני, הינה גדולה בסדימנטים חוליים, וזאת במהלך שיטפונות המתרחשים רק אחת לכמה עשרות שנים. נחלי ישראל, רובם נחלי אכזב, מספקים לחופי הים התיכון כמויות מזעריות של חול, בעיקר עקב היותם זורמים באזורים גירניים חסרי שכבות חול. לעומתם, תורמים מצוקי הכורכר (בעיקר בחופי השרון) כמויות לא קטנות של חול קוורץ עדין גרגר ושבבי סלע כורכר לווחי, בתהליך נסיגתם מזרחה.

בחלקו הראשון של התא, לאורך דלתת הנילוס ובחופי צפון סיני, נודד החול ממערב למזרח, בעוד שבאזור רצועת עזה הולך החוף ומתעגל - יוצר קשת שכיוונה הכללי הופך מדרום-מערבי לצפוני במרכז חופי ישראל ובצפונה. כמות החול הנודדת לאורך חופים אלה הולכת וקטנה עם השתנות זווית החוף מכיוון מערב-מזרח, לצפון מזרח ולצפון. מחסומים מכל סוג שהוא, מלאכותיים וטבעיים כאחד: נמלים, מעגנות, שוברי-גלים מנותקים, דורבנות, מבני חוף, או מכשולים טבעיים כגון דלתת נחל אל-עריש, אשר פרצה ימה תוך שנים שלוש יממות בסוף שנת 1975, גורמים לנזקים נכבדים ב"מורד זרם החול". כל אלה גורמים לעצירת זרם

דלתת הנילוס

צילום לוויין - החלק המצרי של התא החופי של הנילוס



Jacques Desclouiers
MODIS LAND
Rapid Response Team
NASA/GSFC
Satellite Terra
Sensor Modis
Date: 3 june 2002

ד"ר יעקב ניר - גיאולוג ימי וחופי, לשעבר חוקר במכון הגיאולוגי בירושלים, חוקר נושא החופים בישראל, סיני הדרומית והצפונית, וקפריסין מאז שנת 1968.

החול, הצטברותו בצד "מעלה הזרם" (כלומר הצד ממנו מגיע), וחסרונו בצד "מורד הזרם" (הצד אליו מוסע החול). על חסרון החול ומצב גריעה בחוף שבמורד הזרם מתווסף תהליך שבירת הגלים אל קצות המבנה הימי, הגורמת להרס החוף. פגיעתה של הסרת חול מהחוף או הים הרדוד מכל סיבה שהיא, למטרות בנייה או כל מטרה אחרת, אף היא קשה ביותר בחופים בהם החול נכרה, וכן באלה המצויים במורד הזרם. כתוצאה מכך, גְדֵלָה עוד יותר הארוזיה במורד זרם החול.

הרס משמעותי ביותר אירע בעבר וקורה גם כיום לאורך חופי דלתת הנילוס. ההרס התרכז במספר מוקדים גדולים, וגרם שם לנסיגה של עשרות ומאות מטרים בתקופה קצרה ביותר. הסיבה להרס זה היא חסימת הנילוס באסואן, שמימיו הכילו טעונת בכמות שנתית שבין 100 ל-150 מיליון טון. טעונת זו הכילה בעיקר חרסיות וטינים, אולם גם אחוז מסוים של חול. מאז נסכר הנילוס בשנת 1964 ב"סכר הגבוה" ("סאד אֶל עֶאלי"), הוא סכר אסואן, שוקעת כל טעונת הסדימנט באגם נאצר ואינה מסוגלת לצאת ממנו. מאחר שהתהליכים החופיים אינם "מתחשבים" במצב החדש, וממשיכים באותה עוצמה, תוצאות אי הספקת החול היו הרסניות: ארוזיה של קטעי חוף ארוכים, חדירת מי הים לתוך לגונות פנימיות, הרס מבנים בחוף, הצורך בהזת מגדלורים ועוד. בעבר הלא רחוק היו אלה חופים יציבים, ובחלקים אף

מתרחבים וגדלים (פרט כמובן לשינויים עונתיים חורף-קיץ הגורמים להצרה והתרחבות החוף בהתאמה). בעבר, היו חופי הדלתא משוחררים כמעט לחלוטין ממבנים ימיים, אולם לפני כעשור הקימו נמל עמוק מים ליד השפך המזרחי של הנילוס, זה של דמיטה (דומיטה), מבנה החוסם באופן מאוד משמעותי את נדידת החול האורך-חופית, וגורם לנוקים נכבדים בהמשך הנדידה מזרחה.

חופי צפון סיני ורצועת עזה

כאמור, עוצמת הזרימה של החול החופי לאורך חופי סיני (כ-210 ק"מ אורכם) ורצועת עזה (כ-40 ק"מ אורכם) הינה אינטנסיבית מאוד, וזאת עקב היות קו החוף בזווית חדה לחזיתות גלי סערות החורף (שעיקרן מערביות או דרום-מערביות), המייצרת זרמי אורך-חוף בעוצמה גדולה. כתוצאה מכך, פוטנציאל ההסעה שם גדול, והכמויות המשוערות הנודדות בצפון סיני מוערכות ביותר מחצי מיליון מ"ק/שנה. כמות זו הולכת ופוחתת לכ-400,000 מ"ק/שנה בחופי דרום ישראל.

עם כניסת ישראל לצפון סיני ביוני 1967, כמעט ולא היו בחופיו גופים מלאכותיים אשר הפריעו לזרימת החול האורך-חופית, למעט: א. לאורך השרטון של ימת ברדוויל, ממערב לאל-עריש, נפרצו שתיים או לסירוגין שלוש פרצות לשם הזרמת מי הים התיכון לימה, כדי שזו האחרונה לא תתייבש ושלל דגיה לא יאבד. מאחר שהיה ברור כי הפרצות תסתמנה במהירות, נבנו בשתיים מהן - "בוֹע'אז נֶאֱחָד" ו"בוֹע'אז תְּנִיין" - דורבנות אשר צריכים היו לעכב את ההסתמות. ב. בחוף מציידה (לא הרחק מ"חירבת ימית") נתקעה דוברת אשר חסמה באופן זמני את זרימת החול החופי. ג. כרייה מסיבית ביותר של חול בחופי אל-עריש, אשר בוצעה בסוף שנות ה-60, וגרמה להרס ניכר בעשרות בתי-קיט חופיים.



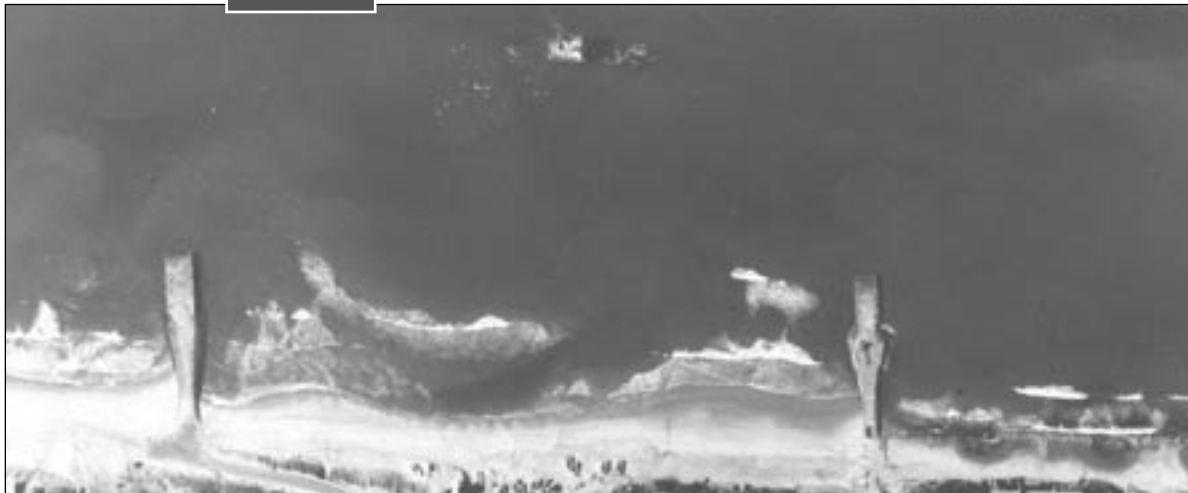
אל-עריש כריית חול

בפועל, למעט הנקודות שפורטו, היו חופי צפון סיני משוחררים ממבנים ימיים. גם לאורך חופי רצועת עזה, פרט למזח עמודים עתיק ושבור בחוף העיר עזה, לא היו כל מבנים ימיים.

עם כיבוש רצועת עזה וצפון סיני בשנת 1967, לצד השיפור במצב הכלכלי ושיקום ענף הבניה, הוגברה כריית החול הן באזור אל-עריש והן לאורך רוב חופי הרצועה. מאחר שלממשל הישראלי היה קשה לאכוף את החוקים אשר שררו בישראל, המורים על איסור גמור של כריית חול בחוף, נמשכה הכרייה במלוא הקצב. לאור הקושי באכיפה התיר הממשל הצבאי בשנת 1974 המשך כרייה בשני מוקדים בלבד: בחוף רפיח וליד שפך נחל עזה. קביעת שתי הנקודות הביאה בחשבון... "שלא ניתן בצורה דרסטית וחד פעמית להפסיק את הכרייה, ויש לראות בהיתר הקיים כשלב ביניים". רק לאחר פניות של רשות שמורות הטבע והמכון הגיאולוגי, אשר לוו בעריכת סיורים בשטח, צומצמה הכרייה במידה מסוימת, אולם הכרייה הלא חוקית נמשכה בהיקפים משמעותיים.

בשנת 1972 נבנו בחוף העיר עזה שני מזחים ניצבים לחוף, כרציפים לטעינה ולפריקה של סחורות. לאחר תקופה לא ארוכה של תפעול, עלתה אניית משא על שרטון בין שני המזחים, מצב שעוד הגביר את עצירת ההסעה של החול. כתוצאה מכך, חופי צפון העיר ומחנה הפליטים "שאטי" החלו להיהרס. על מנת להפסיק את ההרס, הוקמו תשעה קירות ים קצרים בקו המים, אשר בעורפם התפתחו שרטומים (tombolo).

חופי עזה **מזחים ניצבים לחוף**



שורה של שוברי גלים מנותקים שהוקמו בסוף שנות ה-70. תוך זמן לא רב מולא המרווח בין השוברים לחוף בחול

חופי עזה



עד ראשית שנות ה-80' כמעט ולא היו לאורך חופי סיני מבנים מלאכותיים, אשר הפריעו לזרימת החול האורך-חופית

הקמת מעגן קטן לשימוש חיל הים בצפון השרטון של צ'בחת ברדוויל, באזור מונס קסיוס-אל גאלס, בו קיימת התרחבות משמעותית של שרטון ברדוויל ("פורט מוסא" שליד מוצב "דפנה"), באמצעות הקמת שוברי גלים הבנויים צוללת ודוברות שלא בשימוש, הביאה לשיבוש של מהלך החול החופי. התוצאה הייתה ארוזיה אדירת ממדים בדיונה הגבוהה של מונס קסיוס. היה זה מצב קלאסי, בו המעגן נסתם בחול בעוד החוף שבמורד הזרם נהרס כתוצאה ממחסור בחול, ובעיקר משבירת הגלים אל קצות הצוללת הטבועה. פרט למבנים אלה, לא הוקמו כל מבנים ימיים לאורך חופי צפון סיני ועזה עד שנת 1982, עת ישראל נסוגה לגבול הבינלאומי עם מצרים.

מיד עם יציאת ישראל מצפון סיני בתחילת שנות ה-80' הקימו המצרים מעגן דיג ממזרח אל-עריש, בשכונת אבו-סקל. נמל זה עיכב את תנועת החול, דוגמת העיכוב שנגרם בשנת 1975 על ידי דלתת נחל אל-עריש. כתוצאה מכך, החלו המצרים מקימים סדרה של דורבנות אבן קצרים ופרימיטיביים ביותר. עם הזמן, כאשר הסתבר להם כי הם העתיקו ו"דחפו" את ההרס מזרחה, הוקמו עוד דורבנות. לאחר יציאת ישראל מרוב שטחי רצועת עזה, בשנת 1994, החלו בבניית נמל עזה החדש, נמל שבנייתו הופסקה, אולם הוא בולט ימה כמה מאות מטרים, ומשפיע השפעה ניכרת על האזור שמצפון לו.

ניתוח, סיכום, והמלצות

העובדה כי חופי הדלתא וצפון סיני רוויים בחול, ומצויות בחזיתם רזרבות גדולות של חול, לא מנעה התפתחות מוקדי הרס שמקורם במבנים הימיים המעטים, ובכריית החול החופי. גם נמל עזה הראשון וגם זה הנוכחי, הבולט ימה כמה מאות מטרים, פוגעים בחופים המצויים במורד הזרם וגורמים שם להרס הדורש התייחסות, ובעיקר נקיטת אמצעי הגנה.

מאחר שחופי צפון סיני וחופי רצועת עזה מצויים ב"שורש" קו נידת החולות לעבר חופי ישראל, חייבת מדינת ישראל להיות מודעת ורגישה לכל המתנהל בחופים אלה מבחינת ניצול החול, בניית מבנים ימיים וכד'. אם תצא ישראל מהרצועה, וכאשר המצב הכלכלי באזור ישתפר, צפויה תנופת הבנייה להתחדש, ושוב יחל ניצול מרבי של חולות החוף. כתוצאה מכך, ייהרסו כל חופי הרצועה ובעקבותיהם, כעבור זמן לא רב, יחל גם כרסום של חופי דרום ישראל. ברור, כי יקשה עלינו למנוע את ניצול רזרבות החול המועטות שברצועה, גם בים וגם בחוף. הדרך היחידה למניעת אפשרות של תהליך הרסני זה הינה אספקת חול ממקורות חיצוניים ובמחירים סבירים, הן ממקורות ישראליים, ובעיקר מדינות החול של צפון סיני, מקור אשר ללא כל ספק בעתיד הלא רחוק יצטרך להיות המקור העיקרי לחול גם לתעשיית הבנייה במרחבי ישראל.

אספקת החול מהמערכת החופית של דלתת הנילוס עדיין מתפקדת במלואה, וזאת עקב הימצאות עתודות חול גדולות שם, וכן בחופי צפון סיני. קשה להעריך מה הוא משך הזמן בו ישררו תנאים חיוביים אלה, אולם על ישראל להיות מוכנה ליום בו עלול המצב להשתנות. על גבו של מצב זה יש גם להתכונן לעלייה מוגברת של מפלס הים, אשר השפעתה תהיה משמעותית וקריטית לגבי רוב חופי ישראל, בעיקר לחופי המצוקים, בהם אין "עורך רך" שיספוג את העלייה בנסיגה, בעוד שבאזורים בהם לא קיים מצוק בעורפו של החוף עדיין תשאיר רצועה חופית. כל זאת, בהנחה סבירה למדי כי עליית המפלס לא תשפיע משמעותית על כמות החול המגיעה לחופי ישראל.

היות שמוקדי ההרס בחופי דלתת הנילוס וצפון סיני מצויים בסביבה עשירה בחול, חופי דרום ישראל אינם נפגעים ישירות. אולם אם ימשיכו החופים שם להיהרס, וכתוצאה מכך יהיה צורך להגן עליהם בשיטה הקיימת של סדרות מתמשכות של דורבנות ו/או שוברי-גלים, לא יארך הזמן וההרס יגיע גם לחופי רצועת עזה, ולאחר מכן יזנב בדרום חופי ישראל.



אל-עריש דרבנות אבן אשר "דחפו" את ההרס מזרחה

פיתוח נמל עמוק-מים בעזה עלול לסכן בצורה משמעותית ביותר את כל החוף המצוי מצפון לו, וזאת משלוש סיבות עיקריות: **1.** עצירת זרם החול לתקופה די ארוכה, עד שהחול המגיע יצליח לעקוף את הנמל. **2.** השפעת שובר הגלים על האזור שבסמוך לו, ובעיקר במורד זרם החול. **3.** הסכנה כי השלטונות יאפשרו שימוש בחול המצטבר מדרום למטרות בנייה, וכך כמעט שלא יהיה סיכוי לזרם החול לעקוף את הנמל (תופעה המתרחשת לאחר זמן, כשההצטברות במעלה זרם החול מגיעה לשיאה, ואז מתקיים תהליך איטי של עקיפת המבנה הימי). ההתחייבות של שלטונות הרצועה והמתכננים מהולנד לשנע אל מעבר לנמל כלפי צפון כמות מסוימת של חול לתקופה מוגבלת של חמש שנים מחד, וחוסר האפשרות להשפיע על המשך תהליך שינוע החול, מסיבות הכרוכות בשיבוש היחסים בין מדינת ישראל ל"רשות הפלסטינית", הינן נקודות הראויות להתייחסות מיידית.