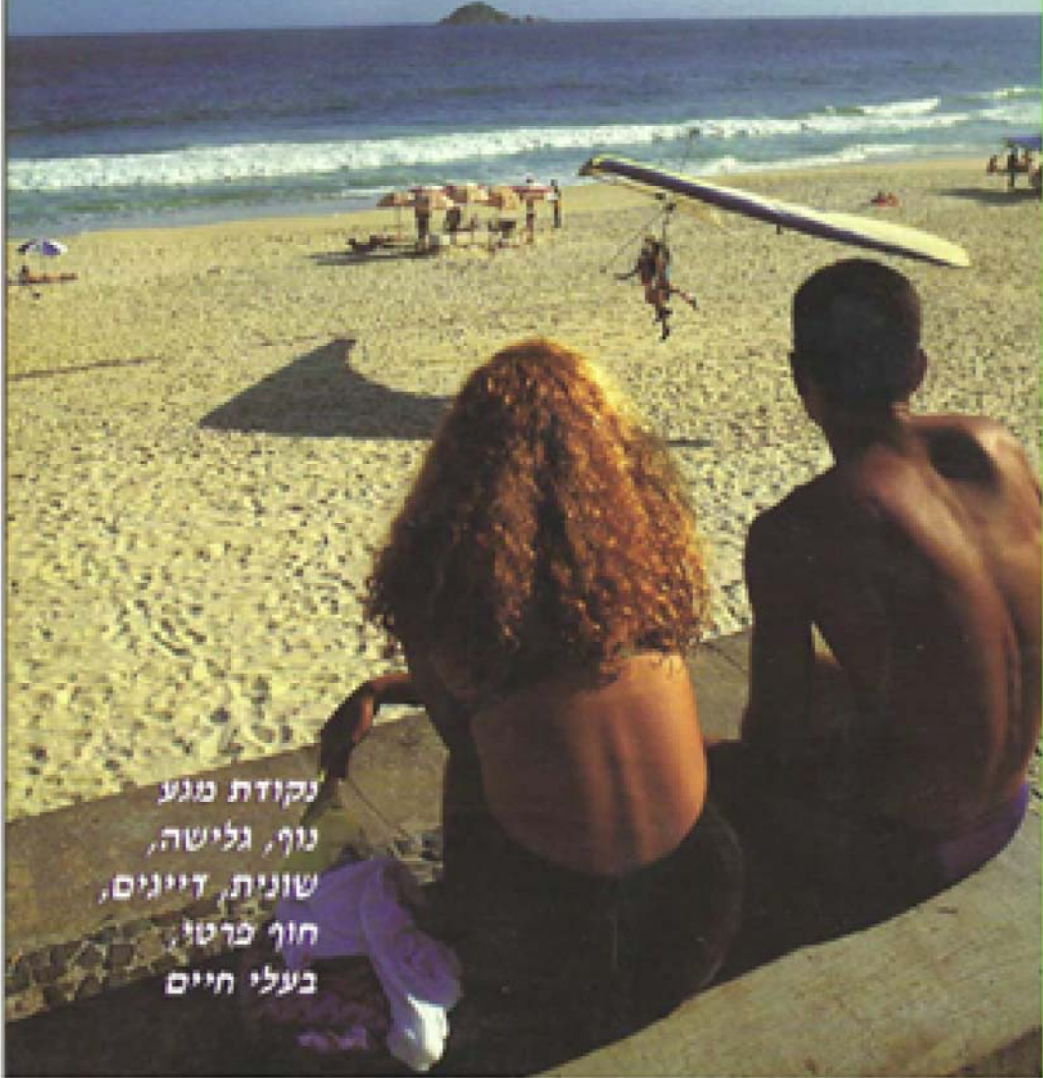


מסע אחר

גיאוגרפי

חופים



נקודת מגע
נוף, גלישה,
שונית, דייגים,
חוף פרטי,
בעלי חיים

היום הוא יום
טוב. קשה להאמין
לעובד המדינה
שהוא יתעורר
ביום הזה. זהו יום
טוב. זהו יום טוב.
זהו יום טוב. זהו יום טוב.
זהו יום טוב. זהו יום טוב.
זהו יום טוב. זהו יום טוב.
זהו יום טוב. זהו יום טוב.

היום
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.

היום
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.

היום
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.

היום
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.

היום
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.

היום
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.

היום
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.



היום הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.
הוא יום טוב.

היום הוא יום טוב.

היום הוא יום טוב.

היום הוא יום טוב.

מסע אחר

גיאוגרפי

12 עיר סלון
על חוף סקנדט טנגו של אנשים ותרבות, אך
אננו מבינים עליו ומה הם יחזקתו

28 התמנה הגדולה
על החלשים המזלם ליעות זה חף זול
הפירות המאומצלות והאקולוגיות

48 סביבו הולדת והטל
הם חיים תושבים לילית וחלשים על לא
הוא, הלילה סדך חיים.

64 ביצי תהוב
הוא מנסה
הקצה טעמו דייגים וכן לעיות חיות

82 סלע סלע או חלום
אנו בן בטיט
זאת השל סגון קרמול, סמכות.

88 סגון סגון סמכות
ביקד בעות האלמוגים הקומה האלמוג.

98 חוף סרטי - סרויקט שלמים
זאת ארסל, של שלם, של קשר, השל והחיות,
שי מוט, איל בטיט, שסמן לב, דתן בלחץ

118 הסידו סגון בחול
סחוד סחול עלול לשנות את זה חוף סנדל.
הה חוף סחול גלם זה אים סלמכות.

138 סל סלום חיותים עם הסלום
על חוף סגון סן חיות לים זול סקנים,
סלחום, אים, אים והסלום.

148 חי טשים, חיותים על זה חוף. ארית וסנדל
אלפי חיותים חיים על חוף סקנים סלחום
חיותות בלח סוקט.

152 סחוד חמס של חיותים
סגנים עם דייגים סקנות חיים בעלם.

164 סגון סגון סגון סוקט חוד

הכוד סחול חיות חיותים סן סלום

סגון סגון סגון סוקט חוד

העתיד טמון בחול

כתבו: דב ס. רוזן



תהליכים טבעיים כהסעת חולות
בזמן סערות, פעילות הרוח,
המחוללת את הגלים ומביאה חול
משפת הים אל היבשה, ופעילות
הגשם, התורם לחלק מהרס המצודה
החופי, מעצבים את פני החופים
ברחבי העולם. בעולם: חוף כהבל
בדיטני, צרפת.



העולם עומד להשתנות. מחסור בחול עלול לשנות את קו החוף בישראל. עליית גובה פני הים תשנה את קו החוף בעולם. שינויים טבעיים ואנושיים מחייבים את המתכנני גנים והמהנדסים לפעולה נמרצת. השאלה הגדולה היא מה כדאי לעשות? האם לבנות שוברי גלים או איים מלאכותיים? האם משתלם ומותר להתערב בפעולתו של הטבע וכמה זה יעלה לנו?

משמאל: העלייה החזויה בגובה פני הים תגרום להצפת אזורי חוף רדודים, ויהיו לה השלכות חברתיות וכלכליות, כנדידת תושבים. הבעיה תהיה חמורה במיוחד במקומות שבהם פני הים גבוהים כבר כיום, כמו בצילום – לאורך החוף ההולנדי.

למטה: חוף נתניה. בנייה מעין זו מסייעת בלכידת החול המוסע לאורך החוף. כל מבנה ימי, שמוקם באיזור החוף, לוכד כמות חול, הנגרעת מהאספקה האורכית, עד להיווצרות שיווי משקל אזורי חדש.

בעשור האחרון פורסמו כמה ממצאים ארכיאולוגיים, שהתגלו בקרבת החוף, המחזקים את הדעה שחוף ים התיכון באיזור ישראל נמצא בנסיגה. בין הממצאים היו שלדי אדם מהתקופה הניאוליטית, שהתגלו על קרקעית הים, בעומק של כשמונה מטרים באיזור עתלית, חשופים אך שלמים וספינת עץ בת אלפיים שנה, שנמצאה במצב מעולה עם מרבית מטענה בעומק של 2.5 מטר, ליד חוף קיבוץ מעגן מיכאל. ברור לכל, שאם ממצאים אלה לא היו מכוסים בשכבת חול עבה עד גילויים, היו מתפוררים, נשברים לחתיכות ומתפוררים על פני שטח נרחב. קיומם מצביע על כך ששכבת חול בעובי משמעותי, שכיסתה את קרקעית הים בעבר, נגרפה

דב ס. רוזן – מומחה להנדסת חופים וים. חוקר במכון לחקר ימים ואגמים. מנהל חברת ים-חוף רוזן בע"מ לתכנון חופים וימים.



צילום: דניאל סמית



הסכר האחרון בפרויקט הדלתא של הולנד הושלם באביב 1987. שלושים שנים רצופות נמשכה בדרום מערב הולנד בניית מערכת סבוכה של סכרים ומרוקטים הנדסיים, שבאה להגן על איזור הדלתא מפני הצפה.

צילום: הראל סטנטון

הצפת אזורי חוף רדודים, ויהיו לה השלכות חבר-תיות וכלכליות, כנדידת אוכלוסייה. הבעיה תהיה חמורה במיוחד במקומות שבהם פני הים גבוהים כבר כיום, כנגלדש, האיים המלדיביים, בערים כונציה, ובאזורים שונים לאורך החוף ההולנדי והדני.

המצב הנתון של החופים ואילוץ הקרקע בארץ מחד גיסא וההתפתחות העתידית, ובכלל זה גידול האוכלוסין והתיירות במאה ה-21 מאידך גיסא, יגרמו לכך, שהדרישות לבנייה לאורך החופים ובים ילכו ויגברו. זאת במקביל למחסור בחול בחופים, מחסור שיגבר מהסיבות שתוארו לעיל. כדי להבין כיצד ניתן להתמודד עם הצרכים האלה, תוך התחשבות בתהליכים שאירעו ושעוד צפויים להתרחש, נסקור פעילויות שנקטו במדינות אחרות.

הציל את הולנד

נשוא תהליכי הסעת הסחופת (הסדימנטולוגיים)

כיוון התקרבות הגלים והניצב לקו החוף, הרי ששינוי באקלים הגלים והרוחות, עלול להשפיע על כמויות הסדימנטים, שמוסעים לאורך החופים, או אלה שמוסעים לכיוון הים העמוק, או המנושבים על ידי הרוחות אל הדיונות בחוף.

התחזיות המקובלות כיום כסבירות ביותר, מבשרות על עליית פני הים בעולם בגובה של כ-20 סנטימטרים בשנת 2030, ואפילו על עלייה בגובה 70 סנטימטרים בשנת 2100. רוב המדענים מסכימים כיום, שהעלייה בגובה פני הים לא תהיה אחידה על פני כל כדור הארץ. בחלק מן האזורים תיתכן עלייה של פני הים ביותר ממטר אחד, לעומת אזורים אחרים, בהם לא תורגש העלייה כלל, או אף תהיה ירידה במפלס. פערים אלה נובעים מן התנאים האזוריים ומגורמים כתנועות טקטוניות, שקיעת קרקע עקב שאיבה מואצת של מי תהום ועוד.

התחזית היא שעליית פני הים תגרום לחתירה (הרס, ארוזיה) של חופים, המלחת מי-תהום,

לאחרונה ממקומה. פירוש הדבר – גירעון במאזן הסעת החולות בים, באיזור הישראלי של חוף הים התיכון.

מה גורם לתופעה זו, ומה הם הפתרונות שיאפשרו למנוע את ההרפתקה? איך ניתן ללמוד מנסיון של מדינות אחרות, שניסו לפתור בעיות דומות ומה הם השיקולים, בהם יש להתחשב, כדי לבחור את הפתרונות הנכונים לאזורנו?

לאן נעלם החול?

המחסור הנוכחי בחול שנמצא בים נגרם, כך מסתבר, מתהליכים טבעיים ומפעילויות אנושיות. בין התהליכים הטבעיים ניתן למנות את הסעת החולות, בעיקר בזמן סערות; פעילות הרוח, המחוללת את הגלים ומביאה חול משפת הים אל היבשה, ביוצרה דיונות, ופעילות הגשם, התורם לחלק מהרס המצוק החופי.

הפעילות האנושית, שהתעצמה באיזור החוף הישראלי לאחר הקמת המדינה, הטביעה עד עתה את חותמה על מצב החולות בים בשתי דרכים עיקריות. הראשונה היא כרייה מואצת של חול משפת הים לצורכי בנייה. פעילות זו נמשכה מאז הקמת המדינה ועד 1965, כאשר הופסקה מכוח החוק. ב-1963 בלבד נכרו יותר ממיליון מטרים מעוקבים של חול, שהם שווי ערך לכמות שמביר אים הגלים מחופי סיני במשך כשלוש שנים רגילות. הדרך השנייה היתה הקמת מבנים ימיים כנמלים, מעגנות, בריכות השקטה ושוברי גלים, שלוכדים חלק מהחול המוסע לאורך החוף, על ידי הפעולה המשולבת של גלים וזרמים. כל מבנה ימי, שמוקם באיזור החוף, לוכד כמות חול מסוימת, הנגרעת מהאספקה האורכית, עד להיווצרות שיווי משקל משקעי (סדימנטולוגי) אזורי חדש, שבמקרים מסוימים עלול להימשך עשרות שנים.

לכך מצטרפות עוד שתי פעילויות אנושיות, שאת השפעותיהן עדיין לא מרגישים בחופי ישראל, אך ההנחה הרווחת היא, שהן יורגשו במאה הבאה. הפעילות הראשונה היא סכירת הנילוס בסכר אסואן הגבוה, שהסתיימה ב-1965. עקב כך לא מגיעה יותר סחופת (סדימנטים) לדלתא של הנילוס. בעבר הוסעו החולות משם, בעזרת הפעור לה המשולבת של הגלים והזרמים, לאורך חופי סיני, ובהמשך, לאורך החוף הישראלי, עד מפרץ חיפה. ההסעה האורכית הולכת ומצטמצמת לאורך החוף מדרום לצפון, עקב שינוי כיוונו של קו החוף ביחס לכיווני הגלים, השולטים בזמן הסערות הגדולות. יתרת החול מוסעת בחלקה אל הים העמוק ובחלקה מוסעת על ידי הרוח משפת הים אל הדיונות בגב החוף. פעילות זו עדיין לא מורגשת אצלנו, כיוון שגלי הים עדיין מוציאים מספיק חול בחופי סיני, וכך יקרה כנראה גם במאה הבאה, אך הדבר מורגש היטב במצרים, שם נסוגה כבר שפת הים בדלתא של הנילוס ביותר מקילומטר.

פעילות אנושית נוספת, שלה משמעות רבה, היא המהפכה התעשייתית, שהואצה במאה ה-20. הבינוי לכך מורגש בהגדלת כמויות האנרגיה הנצרכות, ובמקביל בפליטה גוברת והולכת של דיר-תחמוצת הפחמן וגזים מזיקים אחרים לאטמוספירה, וכן כריתה הולכת וגוברת של יערות, שמשמעותה הקטנת היכולת לספוג את הפחמן הדו חמצני מהאוויר.

כל אלה גרמו להיווצרות "תופעת החממה" – התחממות כדור הארץ עקב צבירת הגזים האלה באטמוספירה, שבפעולתם, כמסנן חור-כיווני, מונעים מחלקה של קרינת השמש, המוחזרת מפני כדור הארץ, להיפלט אל החלל החיצון. בין תוצרי הלוואי של תופעת החממה, מונים המומחים את העלייה הצפויה במפלס הים העולמי ושינויי אקלים, כולל אפשרות לשינוי כיווני ועוצמת הרוח חות, הגלים וכמויות המשקעים בעולם. מאחר שכמויות הסדימנטים, המוסעים לאורך החופים, תלויות בעוצמת הגלים ובגודל הזווית, שנוצרת בין

טרדם, שהינו שווה בקירוב לרום רב שנתי של פני הים הממוצעים. רומים אלה נקבעו על בסיס בדיקות, שנועדו למצוא את המצב הטוב ביותר. באופן זה נשמר טווח מועדיהם בתוך האיזור הכלוא, כ-2.7 מטרים, שהם כ-75 אחוזים מהערך המקורי. השערים תוכננו לעמוד בעומסים, הנגרמים גם במצבים קיצוניים של מפלסי ים, גלים וזרמים, המתרחשים בממוצע רק אחת לארבעת אלפים שנה.

בניית הסכר הכתיבה הכנת תשתית מתאימה. לשם כך נבנו שטיחי בד גיאוטכני ממולאי אבנים, בעלי מידות ענקיות, נבנה מפעל מיוחד לבנייתם וספינות מיוחדות להנחתם על קרקעית הים.

יוצרים קו חוף

כדי לשפר את מצב החופים של הולנד הוצעה תוכנית נוספת. בהתאם לתוכנית זו, שכיום בוצעו כבר חלקים ניכרים ממנה, הוחלט ליצור קו חוף חדש לאורך תוואי קו החוף של דרום הולנד, צפונה (תוכנית ראשונה) ודרומה (תוכנית שנייה) ל-



היפאנים הם המתקדמים ביותר בעולם בבניית איים מלאכותיים על-ידי ייבוש שטח ים. בציור - תוכנית יפאנית לבניית עיר המיועדת למגורים ותעשייה על אי מלאכותי.

בתחילת 1930 נחסמה ימת הזוידר זא על-ידי סכר, הידוע כ-"BARRIER DAM", שאורכו 30 קילומטר, ובו מספר שערים. הסכר, המחבר את מחוז פריסלנד וצפון הולנד, הפך את הימה לאגם, והפך בהדרגה לאגם מים מתוקים, אגם ייסל. עם יצירת האגם החלו ליישב את הבריכות הענקיות, שנוצרו. עד עכשיו יושבו ארבע בריכות, שסיפקו 1,650,000 דונם קרקע חדשה, שנוצלה כמקום מגורים ופעילות כלכלית עבור כמה מאות אלפי תושבים. שטח שתי הבריכות, שיושבו ראשונות, משמש לחקלאות; קרקע הבריכה השלישית משמשת הן לחקלאות והן למגורים ונופש, ותחום הבריכה הרביעית משמש רק למגורים, נופש ותעשייה.

ב-1 בפברואר 1953, בעקבות גאות קיצונית, שלווה בסערות חזקות צפון-מערביות, הופר האי זון הרופף באיזור החוף הדרומי של הולנד. הסכרים נפרצו במקומות רבים, שטחים גדולים הוצפו ו-1,835 אנשים טבעו. אסון זה הביא להקמת אגף מיוחד במשרד התחבורה והעבודות הציבוריות ההולנדי, שעמד מאחורי ביצוע "תוכנית הדלתא", שמטרתה היתה סגירת שפכי הנהרות בדחייפות המירבית.

תוך שימוש במגוון האמצעים הטכנולוגיים המודרניים והידע החדש, הושגו שינויים מהותיים בקו החוף של דרום-מערב הולנד. כיום כל שפכי הנהרות נחסמו על-ידי סכרים, מלבד ה-"NEW WATERWAY" (WESTERN SCHELDT) וה-"סלקט המערבי" (WESTERN SCHELDT) שנותרו פתוחים, כדי לאפשר גישה לנמלי רוטרדם ואנוורפ.

ה"סלקט המזרחי" (EASTERN SCHELDT) נסגר על-ידי בניית סכר למניעת הצפה בעת סערות והתפתחות נד רוח (עליית פני הים בקרבת החוף, עקב נשיבת הרוח על פני הים לכיוון החוף). הסכר הינו באורך של 3,200 מטרים ועשוי מ-65 עמודי בטון ענקיים, עליהם תלויים 62 שערי פלדה. במצב של תפעול רגיל מורמים השערים, ומאפשרים זרימת מי הים אל ומתוך הסלקט המזרחי דרך שלושת התעלות שלו, HAMMEN, SCHAAAR VAN ROGENPLAAT ו-ROOMPOT. כשהים סוער מוגפים השערים, כדי למנוע הצפת השפך, עקב עליית מפלס המים. ההר לנדים בחרו בשיטת סגירה זו, כדי לאפשר לצדפות ולבעלי החיים מימיים, הזקוקים לתנועת המים המושפעת ממועדי הים, להמשיך להתקיים בשפך. ביצוע פרויקט זה הסתיים בהצלחה ב-1987. הסף התחתון של הסכר, שבו ננעלים השערים, עשוי קורות בטון, כשהקצה העליון שלהם מתאים לרום הקרקעית, שנע בין 4.5 מטרים ל-10.5 מטרים מתחת לרום הייחוס של אמסטרדם. הסף העליון של הפתחים הוא מטר מעל רום הייחוס של אמס-



צילום אוויר של חוף נורמנדי, צרפת. במהלך עשרות השנים האחרונות חלה התקדמות אדירה בכל תחומי המחקר. כיום משתמשים החוקרים במדי-גלים אוטומטיים, המודדים גם את כיוונם של הגלים והזרמים. לאחרונה יש התקדמות רבה גם בתחום המיפוי המדויק של קרקעית הים, בעזרת ציוד איכון לוויינים.

14.5 מיליון תושבים, 60 אחוזים מהם בשטחים הנמוכים. תת-הקרקע באיזור מורכבת בעיקר מחול ומחרסיות, שהושקעו על ידי הנהרות והים במשך אלף השנים האחרונות. קו החוף הנוכחי מהווה את הגבול בין הים הצפוני לבין אותם מצבורי משקעי נהרות, שבמהלך הזמן ידעו תקופות של צבירה איטית לצד תקופות נסיגה, עקב אסונות טבע פתאומיים. התרחשות סערות ב"זמנית עם מפלסי ים גבוהים ושיטפונות מהנהרות, גרמו ליצירת פתחים בשרטונות החול, שנוצרו באופן טבעי לאורך החופים.

מתיישבי חבל ארץ זה נלחמו מאז ומתמיד להציל את הקרקע מהפעולה ההרסנית של הים. אמצעי הגנה טבעיים, כדיונות חול, ואמצעי הגנה מלאכותיים, כסכרים וקירות ים חזקים, מניגים על אזור ריה הנמוכים של הולנד, כנגד מיהים, שהציפו שטחים אלו באזורי הפתח (INLET) והמוצא של הנהרות.

כהגנה מפני חלחול מי הנהרות, מ-התהום והגשם מופעלות תחנות שאיבה מודרניות, המרחיקות את תוספת המים ללא הרף. בעבר היתה הולנד מאוימת משני צירים: אחד מכיוון צפון, דרך הימה זיודר זא (ZUIDER ZEE), שכיום הפכה לאגם ייסל (IJSELMEER), לכיוון מרכז הולנד; השני, רב-זרועות, מכיוון דרום, דרך שפכי הנהרות והנחלים של דרום הולנד ושל זילנד (ZEELAND) למרכז הולנד.

בחופים זוכה לתשומת לב רבה מאוד בעולם, ומאז תחילת שנות השישים חלה התקדמות רבה בהבנת התהליכים ההידרודינמיים והגיאורמורפולוגיים, המתרחשים בחוף הים. במקביל, מסוף שנות השישים, ובמיוחד בעשור האחרון, חלה התקדמות רבה בפיתוח של ציוד לאיסוף מידע סביבתי, ויש יותר ידע ואמצעים לעריכת מחקרים סדימנטולוגיים. אם עד תחילת שנות השבעים נמדדו הגלים רק בתצפית עין, הרי מתחילת שנות השבעים הופיעו מדי-גלים אוטומטיים למדידת גובהם וזמן המחזור שלהם, ובתחילת שנות השמונים הופיעו כבר מדי-גלים, היכולים למדוד גם את כיוונם ומכשירים למדידת ריכוז הסדימנטים בעמודת המים בים. גם בנושא מדידת הזרמים חלה התקדמות מקבילה, וההתקדמות האחרונה חלה במיפוי מדויק של קרקעית הים, בעזרת ציוד איכון לוויינים הפרשי (GPS) ומדידה בעלי ערוצי סריקה מרובים.

את אחד הפתרונות המעניינים למחסור בחול בים מציעה הולנד. מדינה זו שוכנת בדלתא של נהרות הריין (RHINE), מאוזה (MEUSE) וסקלט (SCHELDT). שטחה של הולנד, כולל אגמים, שפכי נהרות ותחומי מים טריטוריאליים, משתרע על פני 41,160 קילומטרים רבועים, מהם 34,000 קילומטר רבועים הם יבשה. יותר ממחציתו של שטח זה מצויה מתחת לפני הים, מוגנת על ידי סכרים ושיאיבה מתמדת. בשטח זה התגוררו ב-1985 כ-

מגדל לקידוח נפט בלב ים, מול חופי פהוקט, תאילנד. בכנס שהתקיים לאחרונה דנו חוקרים בדרכי הקמת איים מלאכותיים, איים צפים, הנעים ממקום למקום ואיים שנקבעו במקום אחד בעזרת מילוי, עמודים, או ציפת יתר וכבלים מיוחדים.

צילום: חנון ישיבר



שטחי תשתית לאזורי מגורים, תעשייה, חקלאות ימית, גידולי פרחים ושמורת טבע. היא יוצרת רווח סביבתי, תוך חיזוק הכלכלה והקטנת האבטלה. התוכנית השנייה מטרתה יצירת חצי-אי, המחובר לתחום תוכנית יורופורט (פיתוח איזור נמל רוטר-דם וסביבתו). על חצי האי, שהוא שטח מיובש של ים, נוצר איזור לאחסון וטיפול בכל סוגי השפכים, ובנוסף שטחי תעשייה ונמל, שטחי תשתית ושמו-רת טבע.

בכל התוכניות הללו מנוצלים תהליכי ההסעה הטבעיים בחופי הולנד, תוך אספקת חול על-ידי העמקת שפך תעלת יור-מיזזה ואספקה נוספת מקרקעית הים הצפוני במקביל לחוף, במרחקים של שלושה עד עשרה קילומטרים ממנו. בנוסף לתוכנית זו הוצעו עוד שלוש תוכניות פיתוח חופים. גם שלוש התוכניות האחרות נוקטות בגי-שות מורכבות ומשולבות, תוך טיפול בקטעי חוף נוספים, קטנים יותר.

הלקח מהולנד הוא שניתן ליצור חופים חדשים, אך צריך להשתמש בעקרונות של מדיניות חופית משולבת, תוך בנייה בהתאמה לתנאי הטבע. השיטה שנקטו ההולנדים היתה הזנה מלאכותית של חול, שבניגוד למצב בחופי ישראל, מצוי די בשפע על מדף היבשת של הולנד וכריתו זולה יחסית.

גם חופי ספרד בים התיכון ובאוקיינוס האטלנטי

NEW WATERWAY, המהווה את הכניסה לנמל רוטר-דם, אחד הנמלים ההומים ביותר בעולם. צפונה משם אמור קו החוף להגיע עד בירת הולנד דה האג, כולל העיר סכונינגן והנמל שלה. השטח שיי-וצר בין קו החוף העתידי וקו החוף הישן מולא עד מעל מפלס פני הים בחול, אותו כרו ממעמקי הים, תוך יצירת דיונות ושטחים נוספים, כגון שטחי מגורים, נופש ואגמים. אחד ההיבטים המעניינים של תוכנית זו הוא שיטת הבנייה. היבט חשוב אחר הוא הדרישה לתכנון משולב של כל הפיתוח באי-זור החופי.

התוכנית הראשונה כוללת יצירת קו של דיונות ראשיות, במקביל לקו החוף החדש, עם רצועת חוף לפניהן, ורצועה שנייה של דיונות, מאחורי הדיונות הראשיות, שתוקם בזווית לקו החוף החדש. התוכ-נית ביטלה את הדורבנות (שוברי גלים ניצבים לקו החוף) שנבנו, על-ידי כיסוים בחול. התוצאה היתה ייבוש מי הים בצורת טריז לקו החוף הקיים. שלב זה יצר 30,000 דונם בעזרת 360 מיליון מטרים מעוקבים של חול למילוי. התוכנית הוכנה במטרה לשפר את הבטיחות, ולמנוע סכנות, הנגרמות מהצפות (כולל התחשבות בעליית מפלס הים, בהשפעת תופעת החממה) ולהגדיל את מאגר המים המתוקים במי התהום שתחת הדיונות, שנוצרו על השטח המיובש. לתוכנית מטרות רבות, ביניהן פיתוח פעילויות נופש שונות, נמל חדש,

רצועת החול הרחבה והמפורסמת בחוף של ריו דה ז'נירו, ברזיל. באתרי תיירות רבים בעולם מתמודדים מהנדסים עם בעיית הסעת החול מרצועת החוף, הגורמת להצרתה ואפילו להיעלמותה. הלקח שנלמד הוא, שניתן ליצור חופים חדשים, אך צריך להשתמש בעקרונות של מדיניות חופית משולבת, תוך בנייה בהתאמה לתנאי הטבע.



א.א.א. - ט.א.א.

כרבע משטחה של הולנד נמוך
מגובה פני הים. ב-1953 הציפו בליל
סופה אחד גלי ענק את הסכרים
וסוללות ההגנה. 1,835 בני אדם
נהרגו באסון הטבע, ו-47,000 בתים
נהרסו.

צילום: הראל סטנטון



צילום: uti.abc

מכיוון שהחוף הישראלי צפוי למחסור הולך וגדל של חול, מוצעת בניית שלוחות או אצבעות ים, מדרום עתלית בצפון הארץ ועד ראשון לציון. באופן זה ניתן יהיה ליצור קו חוף חדש ולהגדיל את אורך החופים ואת שטח הקרקע בקרבת הים. בצילום: המרינה החדשה שנבנתה בהרצליה.

כדי ליצור חופים חוליים יושמה טכניקת שוברי הגלים המנותקים. עד 1994 נבנו יותר מ-50 קילור-מטרים של שוברי גלים מנותקים לאורך חופי יפאן. אמצעי זה הוכיח את עצמו כאמצעי יעיל להגנת החוף. עם זאת, כאשר החופים, שבמורד כיוון הסעת החול לאורך החוף, הם חוליים יש להגן עליהם. בעיקר כשנוצרת ארוזיה בחופים, שבקצה שרשרת שוברי הגלים המנותקים.

היפאנים הם אולי המתקדמים ביותר בעולם בבניית איים מלאכותיים על-ידי ייבוש שטחי ים. מפורסמים ביותר האיים במפרץ אוסקה, שנבנו לצורך מגורים, תיירות, נמלים, תעשייה ושדה התעופה, כמו רוקו אילנד (ROKO ISLAND) ופורט אילנד (PORT ISLAND), שדה תעופה קאנסאי (KANSAI) ועוד.

ברעידת האדמה, שאירעה בתחילת 1995 באזור קובה, נפגעו קשה הרציפים של האיים פורט אילנד ורוקו אילנד, שנבנו ליד העיר קובה, הנמצאת במפרץ אוסקה, בגלל הנזלת קרקע (LIQUEFACTION) – מעבר ממצב מוצק למצב נוזלי צמיג בזמן רעידת האדמה) של חלק מהמילוי של האיים. לצורך יצירת האיים, גולח הר שלם, ששטחו הפך לשטח מיושר למגורים, ואבניו המפוררות הועברו על גבי סרט נע והושקעו בים.

למרות שהאסון פקד את יפאן רק בתחילת 1995,

סבלו מחתירה מואצת. לשם שיקומם והרחבתם בוצעו פרויקטים נרחבים ביותר של הזנת חופים מלאכותית (עשרות מיליוני מטר מעוקבים של חול). מקור החול, כמו בהולנד, היה מצבורים שנמצאו במים עמוקים יחסית, לאחר שנקבע כי גדל הגרגרים מתאים לביצוע הזנה מלאכותית. יש לציין שעדיין אין שם אמצעים לשמר את החומר שהוזן כבר, אלא יש לבצע הזנת חוזרות, כשהמצב מצריך זאת.

המקרה הספרדי מלמד, שניתן ליישם הזנה מלאכותית נרחבת, כאשר יש מקורות זמינים של חול בעלות נמוכה. קיימות טכניקות בדוקות לביצוע פעילות כזו, כולל בתנאי ים דומים לתנאים בחופי ישראל.

איים מלאכותיים

המקרה של יפאן שונה מהמקרים הקודמים. יפאן כידוע מורכבת מארבעה איים גדולים ולמעלה מ-5,000 איים קטנים. האורך הכולל של חופיה מגיע ל-34,500 קילומטרים בקירוב, כ-90 אחוזים מהיקף כדור הארץ. חופי יפאן חשופים למצבי ים גבוהים, טייפונים, זרמים חזקים ורעידות אדמה, היוצרות גלי צונמי הרסניים. הדבר לא הפריע ליפאנים להתמודד עם הצורך להגדיל את שטח היבשה וליצור חופי רחצה.



ללא הסכרים וסוללות המגן היו מוצפים כ־60 אחוזים משטחה של הולנד במים מדי יום. העלייה הצפויה בגובה פני הים בעולם מציגה בפני ההולנדים בעיות חדשות, ודורשת פתרונות מתחכמים יותר, כדי להתגונן מפני התצפות.

צילום: חראל סטנטון

משמאל למטה: שדה התעופה באיים המלדיביים נבנה על שטח שיובש מהים.

צילום: יואל שניידר

גם אומדן עלויות החול החפור שגיי כנראה, וזאת מכיוון, שגם אילו הוענק רישיון לחפור חול בין קווי העומק שהציע המאמר, הרי כמות החול שם נמוכה ומהווה רק כ־25 אחוזים מכלל חומר הקרקעית. לכן יהיה צורך לחפור כמויות חול גדוד לות בהרבה, ובעלויות מוגדלות.

נראה כי עלות הקרקע באי המתואר בשיטה שהוצעה, תהיה גבוהה יותר, כ־1,200 דולר למטר רבוע. גם במחירי כזה, כשמחירו של מטר רבוע באי זור תל־אביב מגיע ל־3,000 דולר, הבנייה כדאית עדיין מבחינה עסקית. עם זאת כדאי לזכור שלא כזה, שיבנה במרחק המוצע מהחוף, תהיה השפעה שלילית על הסביבה החופית.

אי כזה יפעל למעשה כשובר גלים, המגן על קטע החוף שמאחוריו. עקב כך, באיזור המוגן יהיה גובה הגלים קטן מאשר באזורים הלא מוגנים. כתוצאה מכך צפויה התפתחות זרמים בקרבת החוף, שיופנו מהתחום שמחוץ לאיזור המוגן אל תוך האיזור המוגן, ובעקבותיהם תיווצר לשונית חול, תופעה



העיר תל־אביב, שיבנה במרחק של כקילומטר מחוף הים הנוכחי, ושטחו הכולל יהיה קרוב ל־1,000 דונם. אי זה ישתרע בין קווי העומק עשרה עד 24 מטרים בקירוב, כדי לא לחסום את רצועת המשב־רים מחד גיסא, ולא לייקר את עלות הפרויקט על ידי בנייתו במים עמוקים יותר מאיך גיסא. עלות הקרקע באי כזה, שאמור גם לטפל בצורה יעילה בכל השפכים שייצרו תושביו, נאמדה על ידי שני הפרופסורים בכ־700 דולר למטר רבוע.

נתון זה התבסס על אומדנים של מהנדסים הולנדיים, ולפיהם ניתן יהיה לחפור חול בתחום קווי העומק 20 עד 30 מטרים, בעלות של שלושה עד חמישה דולר למטר מעוקב, ובהתחשב בכך שהעל־יות של אפר פחם יהיו דומות או נמוכות יותר. אלא שאפר פחם בכמויות הדרושות לא יהיה זמין למעשה לפני תחילת שנות האלפיים, וגם לאחר מכן לא תהינה הכמויות הדרושות זמינות באופן מיידי. כתוצאה מכך תימשך בניית אי כזה זמן רב, מה שיגדיל את עלויות המימון באופן ניכר.

כבר בנובמבר אותה שנה, לאחר שנבדקו ונלמדו השינויים בתכנונם ובבנייתם של האיים שניזוקו, הציגו מהנדסים יפאנים, בכנס על ערים ימיות, תוכניות לבניית שרשרת איים במפרץ אוסקה, המחוברים על־ידי מנהרה תתי־ימית צפה, בה ינועו רכבות וכלי רכב בשני מפלסים. בכנס, שהתקיים בנסיכות מונקו (שגם שטחה קטן ביותר ויש תוכ־ניות להרחיבה לכיוון הים) הוצגו רעיונות שונים בנוגע לאיים למגורים – כמו איים צפים, הנעים ממקום למקום ואיים שנקבעו במקום אחד באמצ־עים שונים, כגון מילוי (הדרך הקונבנציונלית), עמודים, או ציפת יתר וכבלים מיוחדים (TENSION LEG PLATFORMS).

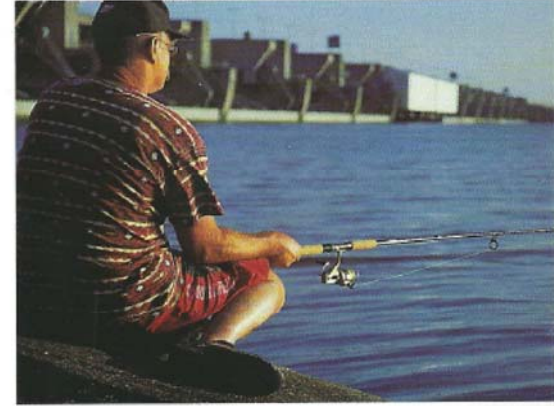
מנסיון היפאנים אפשר ללמוד מספר לקחים. לקח ראשון הוא ששוברי גלים מנותקים יעילים, אך אם החוף אינו סלעי יש להתמודד עם החתירה של החופים בקצה האיזור המוגן. לקח נוסף הוא שניתן לבנות איים מלאכותיים, שיספקו דרישות קרקע למטרות שונות, אך יש לנקוט בשיטות תכנון מחמירות, תוך התחשבות בידע העדכני ביותר ותוך בקרת ביצוע קפדנית. את האיים מומלץ לתכנן בצורת לגונות עם תעלות מים, שיוכלו לשמש כנתיבי תחבורה, אך גם יספקו מים לכיבוי אש, במקרה של ניתוק מערכות תשתית בזמן רעידות אדמה חזקות ופריצת שריפות. הטכנולוגיה להקמת איים מלאכותיים כאלה קיימת וזמינה.

מחירו של אי

כפי שתיארנו בתחילה, מצב החופים בישראל מדאג. תחזיות גידול האוכלוסין, כתוצאה מגידול טבעי בעקבות העלייה הנרחבת, ותחזיות לגידול התיירות חייבות להביא בחשבון ביקוש גובר והולך של שטחי קרקע בקרבת הים, שם מתגוררים כיום כבר 60 אחוזים מאוכלוסיית ישראל. לפי התחזיות יתעצמו ההתפתחות התעשייתית, המסחרית והתיירותית. כבר כיום נמצאות בשלבי תכנון ותה־ליכי אישור שונים תוכניות ל־17 מעגנות בחוף הים התיכון של ישראל. הסכמי השלום יצרו צורך גובר בהרחבה מיידית של הנמלים בחיפה ובאשדוד. באשדוד מתכננים להרחיב את הנמל על ידי הארכת שובר הגלים הראשי, עד קו עומק 22 מטרים. שובר זה יגדיל את מידת החסימה במעבר החולות מדרום לצפון, אם כי רשות הנמלים והרכבות תהיה נכונה ככל הנראה לדאוג להעברת החול, שיחסם על ידי הארכת שובר הגלים הראשי.

הפרופסורים ג. שלף, י. צימלס ומ. בורט הציגו לבנות איים מול חופי ישראל, כפיתרון לביקוש הגובר בקרקע. במאמר, שהוצג בכנס במונקו, הציגו שלף וצימלס תוכנית במסגרתה יוקמו חמישה עד שישה איים לאורך החוף בין תל־אביב לחיפה, שייבנו בחלקם בעזרת אפר פחם ובחלקם ממילוי חול, שיחפר מקרקעית הים.

במאמרם הציגו קווים למבנהו של אי כזה מול



דיין לצידו של הסכר החדש, שהוקם באיזור הדלתא בדרום הולנד. סכר זה נסגר בממוצע רק פעם אחת בשנה, במהלך סופות חזקות.

המוכרת כבר במקרה של שוברי גלים מנותקים. בגלל גודל האי, גם אם הוא ימצא במרחק של כק"ל לומטר מהחוף, צפויה התפתחות לשון חול משמעותית, שתחסום את רוב ההסעה האורכית, ות"ר עיב את החופים שמצפון לאי המוצע, שמצבם כבר היום אינו שפיר.

כפיתרון הציעו המתכננים העברה של חול מהצד הדרומי לצד הצפוני באופן תקופתי או שוטף, תהליך הדומה לזה שהוזכר בהקשר הרחבת נמל אשדוד. אם נניח שיידרש להעביר כמויות של כ-200,000 מטרים מעוקבים בשנה ממוצעת, ועלות העברת מטר מעוקב היא חמישה דולר, עדיין מדובר בעלות של מיליון דולר לשנה לאי יחיד, וזהו סכום לא קטן, אם כי נסבל.

להרחיב את החוף

תוכנית אחרת, המאמצת את העיקרון לבנות עם הטבע הצעתי לגבי מפרץ חיפה. התוכנית כוללת ייבוש נרחב במפרץ, ללא גרימת השפעות סביבתיות שליליות. יחד עם משרד גרנות אדריכלים הצעתי תוכנית הכוללת ייבוש היס בצמוד לשובר הגלים של נמל חיפה, תוך יצירת שטח של כ-2,000 דונמים, שבו ייבנו מבני מגורים, מסחר ותיירות וכן נמל חדש לחילי היס, אליו יועברו כל פעילויות החיל בחיפה. מאחר שהייבוש מתוכנן במפרץ, המוגן חלקית מעוצמת הסערות, עלות בניית שוברי הגלים קטנה באופן משמעותי מאשר עלות הבנייה בים הפתוח. בכך מיושם העיקרון של בנייה תוך התחשבות בטבע, ומתקבלת עלות קרקע נמוכה יחסית של כ-300 דולר למטר רבוע. זאת בהנחה שכמויות החול הגדולות, הדרושות כחומר המילוי, יובאו מהדיונות בסיני, בעלות של כ-12

דולרים למטר מעוקב. לגבי החופים מראשון לציון עד חיפה, הצעתי תוכנית חלופית לתוכנית האיים, המבוססת על העיקרון של התפתחות חופים יציבים בין ראשי חוף קשיחים (HEADLANDS - אזורים על החוף, שאינם נחרסים על-ידי פעולת הגלים), כאשר המרחק בין שני ראשי חוף הוא 15 קילומטרים בקירוב. התפתחות כזאת מוכרת בהרבה מקומות בעולם, ובחופי מזרח הים התיכון קיימות דוגמאות כמפרץ חיפה והמפרץ שמדרום לצור בלבנון.

מכיוון שהחוף שלנו צפוי למחסור בחול במאה הבאה, נראה כי יש להתאים את צורת החוף למצב העתידי. לשם כך מוצעת בניית שלוחות או אצבעות ים, מדרום עתלית בצפון הארץ ועד ראשון לציון. גם באיזור שבי ציון קיים פוטנציאל לכך. צורת השלוחות תהיה כצורת טרפז שווה שוקיים, כאשר הבסיס הקצר בקו החוף הנוכחי ובמקביל לו, והבסיס הארוך על קו העומק 30 מטרים, במרחק שבין 2.5 עד שלושה קילומטרים מהחוף. ברור שבנייה כזאת תחסום לגמרי את ההסעה האורכית ואת אספקת החול מדרום לצפון. לפיכך, סדר ביצוע שלוחות אלה יהיה מצפון לדרום, לפי קצב שייקבע תוך התחשבות בצורכי הקרקע.

בין כל שתי שלוחות כאלה תבוצע הזנת חול חד פעמית, על ידי יבוא חול מסיני. באופן זה ניתן יהיה ליצור קו חוף חדש במצב של יציבות דינמית, ולהגדיל את אורך החופים ואת שטח הקרקע המצוי בקרבת הים. יצירת חוף מפורץ תאפשר, כמו כן, פעילות חקלאית ימית מוגברת. יציבות החופים החדשים עשויה גם להקטין את מידת ההמלחה של מי התהום במאגר החוף, עקב עיבוי רצועת החוף ומניעת חתירתו. חלק מהשלוחות הללו יוכלו לשמש לפיתוח שדות תעופה, להקמת מתקנים להמתקת מי ים (בגלל הקרבה המיידית למים עמריקים) ולניצול אנרגיית הגלים והרוח.

גם במפרץ אילת צפוי ביקוש לקרקע בקרבת שפת הים. אחת הדרכים להתמודד איתו היא באמצעות בניית תעלת הימים בין אילת לים המלח. אולם נראה כי יש להתמודד גם עם גידול התיירות במפרץ אילת. בגלל המדרון התלול של חופי אילת, ובגלל החשש לפגיעה באלמוגים ובחי ובצומח שם, לא כדאי לבנות באיזור זה אי על קרקע מיובשת. אולם ניתן להציע את הקמתו של אי צף, המעוגן לקרקעית על-ידי כבלים עם חופי רחצה, מתקני נופש ומלונות. אי כזה לא יזהם את הים ויטפל וימחזר את השפכים שיווצרו עליו.

צריך, אם כן, להתאים פתרונות שנוסו בארצות אחרות לתנאיו המיוחדים של האיזור שלנו. הטכניקה נולוגיות לטיפול בחופי ישראל על פי צרכי העתיד, תוך התחשבות בתהליכים הכלליים הקיימים והצפויים וניצול מירבי של העיקרון לבנות תוך התחשבות ובהתאמה לטבע, יבטיחו, שגם בעתיד ניתן יהיה ליהנות מהשהייה בים בכל המובנים. ☺