

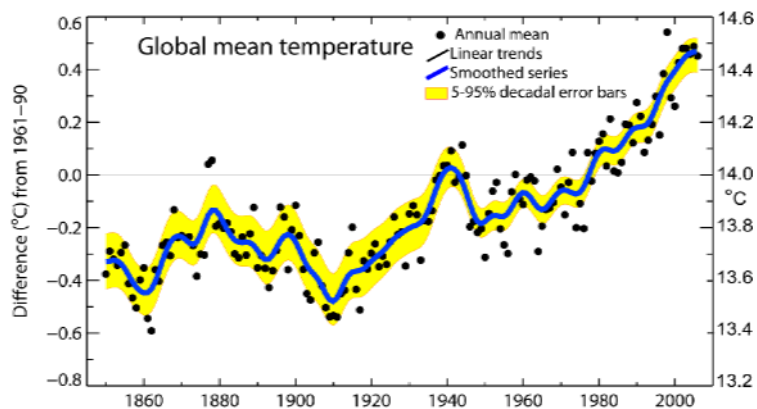
בית על החוף בעידן ההתחממות - כלום לא השתנה?

מאת

ד"ר בועז ברזילי¹

מבוא

בשנים האחרונות מעסיקה את העולם סוגיית ההתחממות הגלובלית. סגן נשיא ארצות הברית לשעבר, אל גור, זכה בפרס נובל על מאמציו בתחום ההתחממות הגלובלית, ובכלל זה סרטו "אמת מטרידה" העוסק בכך. ביחד עמו זכה בפרס הנובל הפאנל הבין-ממשלתי לשינוי האקלים (Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC) שהוקם בשנת 1988 וכבר בשנת 1990 הנפיק את הדו"ח הראשון שתמך בגישה של ההתחממות הגלובלית. הציבור בעולם נחשף לאזהרות מצד אחד ולהרגעות מצד אחר. במעורפל שומעים על התחממות, שכתוצאה ממנה יעלה מפלס פני הים ותתרחשנה הצפות, ולעומת זה תחזיות של התקררות, שמקורה בעצירת זרם הגולף וחזרה לעידן הקרח. רוח התקופה דורשת פחד וקול זעקה נשמע. גם הזועקים לא תמיד יודעים למה.



עליית הטמפרטורה הממוצעת משנת 1850 (מקור: IPCC 2007)

ישראל היא מדינה השוכנת לאורך החוף וערים ראשיות בה סמוכות לרצועת החוף: תל-אביב, אשדוד, אשקלון, הרצליה, נתניה, חדרה, נהריה. משום כך, לישראל פוטנציאל להיות משופעת מעליית מפלס פני הים. יחד עם זאת, הסמיכות לים, גם באזורים שעלולים להיפגע מהתחממות זו, עדיין נתפסת כגורם חיובי ומשביח של נדל"ן.

1. ד"ר בועז ברזילי - שמאי מקרקעין פעיל וגיאוגרף המתמחה בתכנון עירוני באוניברסיטת תל-אביב.

בעוד העולם מתכוון להרחיק את המים מאזורים מאוכלסים על-ידי הקמת סכרים וכד', השוק הפרטי בישראל בונה על רצועת החוף, תוך השתדלות מכוונת להתקרב ככל הניתן לקצה. בתים על קצה הצוק באזורי חוף שווים לעתים כפול ויותר מכך מבתים דומים במרחק קצר מהם, שאינם נמצאים על הצוק, הגם שנשקף מהם נוף מלא לים. "חוף פרטי" הפך למונח שגור המתאר שימוש בקטע חוף כחלק ממיזם מגורים או אחר. העולם מפחד, מתריע, מתכוון ובישראל - עולם כמנהגו נוהג. האם עשירי ישראל יודעים משהו שאף אחד אחר אינו יודע? או, האם יש כאן כשל שוק שראוי לתת עליו את הדעת?

הסקירה שלהלן תהווה תמצית של המאורעות האקלימיים בעולם, הקשורים להתחממות הגלובלית ותחזיותיו, תוך צמצום הדיון להשפעות שיש להן קשר עם שוק הנדל"ן שליד החוף. לאחר מכן אדון בתמצית בהשפעות המיוחדות לישראל בכלל ולהשפעות המיוחדות למצוק החופי בפרט, תוך התמקדות בהשפעות הקשורות לשוק הנדל"ן. ההשלכות המתוארות הן במסגרת צפי של 35 שנים קדימה, שזו תקופה מוחשית, שלא ניתן לפטור אותה בתנועת יד. יתירה מזו, מכיוון שהנזק מצטבר ואינו יציר בן יומו, ההפסד הכספי על השקעות כושלות יובחנו, בחלק מן המקומות המועדים לפגיעה, כבר בשנים הקרובות.

התחממות גלובלית ועליית מפלס פני הים

גורמים רבים משפיעים על אקלים כדור הארץ, חלקם לטווח הארוך וחלקם לטווח הקצר. בטווח הארוך המשפיע העיקרי הוא מיקום הרכסים המרכזי אוקיאניים (מיקום היבשות וחיבור האוקיינוסים). הניתוק בין יבשת אוסטרליה ואנטארקטיקה לפני למעלה מארבעים מליון שנים הביא להתפתחות זרם ימי באזור הקוטב הדרומי. ניתוקה של אנטארקטיקה מדרום אמריקה, כעשרים מליון שנים לאחר מכן, הביא לרצף ימי סביב אנטארקטיקה, שהלך והתקרר, ובאמצעות שקיעת זרמיו הקרים קירר את האוקיינוסים ואת העולם כולו. התרוממות הרים במרכז אמריקה ובדרומה הביא לנתק מוחלט בין האוקיינוס השקט לאוקיינוס האטלנטי לפני כשני מליון שנים, וזה מצידו גרם לתקופות מחזוריות של התקררות והתפשטות קרחונים. בשני מליון השנים האחרונות, אם כן, מיקום היבשות הינו הסיבה המרכזית לתקופות הקרח המחזוריות.

זווית נטיית ציר הסיבוב של כדור הארץ לעומת השמש, אף לה השפעה על האקלים (הזווית נעה במחזוריות של 41,000 שנים לערך).

לתופעות הנ"ל תופעות-משנה כמו התאיידות מים, שקיעת מלחים שמשקלם דוחק את זרם האוקיינוסים וגורם לזרמים בתחתית האוקיינוס, פיזור החום הנאגר במים וכד'.

במשך פחות משני מליון שנים פקדו את העולם חמש תקופות קרח, שהאחרונה בהן החלה לפני 75,000 שנים לערך. באותה תקופה ירדו פני האוקיינוסים בכמאה ועשרים מטרים, זאת כאשר הטמפרטורה הממוצעת ירדה בפחות מחמש מעלות צלזיוס בלבד! מזה כאחת עשרה אלף שנים, נמסים הקרחונים ופני הים כבר עלו יותר ממאה מטרים, לעומת מפלסם בתקופת הקרח האחרונה. ב-6,000 השנים האחרונות חלה התייצבות במפלס פני הים ובהתנהגות הקרחונים הגדולים (המסה וקפיאה תדירה ועמה עלייה וירידה חלופות במפלס פני הים למפלסו הנוכחי).

את המחזוריות הטבעית לא המציא האדם. היא חלה ותחול גם בלעדיו. אלא שתהליכים שהיינו רגילים לחשוב עליהם במונחים של מאות, אלפי ומליוני שנים, מתכווצים לאחורנה לשנים ולעשרות שנים. כמו שלט-רחוק של טלוויזיה, בני האדם מריצים קדימה את התופעות האקלימיות. הגם שהסיבות להתחממות שנויות במחלוקת, קיימת הסכמה כללית בדבר תהליכי ההתחממות שעובר כדור הארץ. הסכמה קיימת גם ביחס לתופעות המיוחדות הנקשרות להתחממות: יותר ויותר תופעות טבע קיצוניות מתחוללות, פריסת הגשמים משתנה, גשמים מתאחרים לבוא וכשבאים הם ניתכים בכמויות שלא הורגלנו בהן; פריסת הגשמים שונה גם מבחינת מיקומם גיאוגרפי - יותר גשמים במקום אחד, פחות גשמים במקום אחר. תופעות אלו, אם תמשכנה, עלולות לגרום להתייבשות מקורות מים ולהצפת אזורים אחרים.

הפאנל הבין-ממשלתי לשינוי אקלימי (ipcc) מצא, כי הטמפרטורה הממוצעת במאה העשרים עלתה בקצת יותר מ-0.7 מעלות. הסיבה העיקרית לכך היא תהליכי התייעוש, כריתת יערות ותהליכי עיור. אלא שבאחת-עשרה השנים האחרונות נמצאה העלייה הגדולה ביותר מאז החלו רישומי הטמפרטורה של כדור הארץ (1850). לפיכך, הצפי הוא להתחממות רבה יותר בעשורים הקרובים. בישראל ההשפעות קיצוניות יותר.

מה היה לנו?

הטמפרטורות הממוצעות בהמיספרה הצפונית במהלך המחצית השנייה של המאה ה-20 היו גבוהות מבכל תקופה אחרת של 50 שנה במהלך 500 השנים האחרונות וכנראה, הגבוהות ביותר במהלך 1,300 השנים האחרונות (IPCC 2007, McCarthy et al. 2001). על פי ה-IPCC (Report 2007), מפלס הים עלה, בממוצע גלובלי, ב-1.8 (טווח של 1.3-2.3) מ"מ בשנה החל מ-1961, ומאז 1993 הוא עולה בקצב של 3.1 (טווח של 2.4-3.8) מ"מ לשנה, הודות להתרחבות פני הים כתוצאה מההתחממות והמסת קרחונים ולוחות הקרח בקטבים.

ההתחממות הגלובלית תורמת לעליית החומציות של האוקיינוסים. אוקיינוסים סופגים CO₂ מהאטמוספירה, דבר המוביל לשינויים כימיים במים ולהפיכתם לחומציים יותר. ההחמצה שהחלה היא תהליך בלתי הפיך, שתיקונו באופן טבעי הינו תהליך ממושך של עשרות אלפי שנים (Raven et al. 2005). תהליך זה גורם ויגרום שינויים גדולים בתפקוד ובמבנה מערכות אקולוגיות ובשירותים שהמערכות מספקות לאדם.

המסה מואצת של קרחונים הרריים, כיסוי מופחת של שלג באזורים בקווי רוחב גבוהים בשתי ההמיספרות וצמצום ים הקרח הארקטי מגדילים את מספרם וכמותם של אגמים קרחוניים, את אי יציבות הקרקע בהרים וגורמים לשינויים בכמה מערכות אקולוגיות באנטרקטיקה ובאזורים ארקטיים (IPCC 2007).

נמצאה עלייה בכמויות המשקעים באזור המזרחי של צפון ודרום אמריקה, צפון אירופה וצפון ומרכז אסיה. מגמת התייבשות נצפתה באגן הים התיכון, דרום אפריקה וחלק מאזור

דרום אסיה. בצורות קיצוניות וארוכות יותר התרחשו באזורים נרחבים החל משנות ה-70, בעיקר באזורים טרופיים וסוב-טרופיים.²

נצפתה עלייה בתדירות אירועי גשם חריגים במרבית האזורים בעולם ועלייה גלובלית באירועים הנובעים מעליית מפלס ים קיצונית, כולל צונאמי (שייתכן שיהפוך תופעה מוכרת גם בישראל - ראו להלן). נרשמה ירידה בכמות הימים והלילות הקרים ובכמות אירועי קרה במרבית אזורי היבשה. לעומת זאת, ימים ולילות חמים עלו בשכיחותם. גלי חום הפכו יותר תדירים מעל מרבית אזורי היבשה (IPCC 2007).

לשינויי האקלים השפעה ישירה ועקיפה גם על בעלי חיים שונים, כגון תנודות בזמני הטלה של מיני ציפורים רבות, השפעה על מין עוברי צבים והקדמה במועדי נדידת ציפורים ובזמני פריחה והוצאת עלים בעצים (McCarty 2001). תופעות אלו עלולות להוביל לפגיעה במגוון הביולוגי ולהכחדת מינים.

אולם ממוצע עולמי עלול להטעות. הוא אינו קנה המידה היחיד (כאמור, בתקופת הקרח האחרונה ירדה הטמפרטורה בפחות מחמש מעלות בממוצע עולמי) כאשר באזור מסויים עולה בעשר מעלות, בעוד אזור אחר אינו מושפע כלל, נהיה עדים לעלייה ממוצעת של חמש מעלות. על-כן, ממוצע של מעלה עלול בטווח הקצר להיות הרה אסון לאזור מסוים ובעל השפעה פחותה באזור אחר. ממדידות מאיצי ההתחממות הנוכחיים (למשל, כמות ה-CO₂) ניתן אולי להסיק, כי במהלך המאה העשרים ואחת תעלה הטמפרטורה בתנופה גדולה יותר. הטווח השמרני של ההערכה נע בגבולות של 2 מעלות עד שנת 2045 לערך - תופעה שבאופן טבעי וללא התערבות האדם הייתה, ככל הנראה, מתרחשת במשך זמן ממושך מאוד ביחס לחיי אדם.

מה יהיה לנו?

במהלך שני העשורים הקרובים צפויה התחממות של כ-0.2°C לעשור. ההתחממות תהיה גדולה יותר מעל אזורי היבשה ובקווי רוחב הצפוניים הגבוהים ופחות מעל האוקיינוס הדרומי (בקרב אנטארקטיקה) וחלקים של האוקיינוס הצפון-אטלנטי. התוצאות תתבטאנה בעלייה בתדירות גלי החום, אירועי חום קיצוני ואירועי משקעים קיצוניים; עלייה בעוצמת המשקעים בקווי רוחב גבוהים והפחתה במשקעים ברוב האזורים הסוב-טרופיים, בהמשך למגמות שנצפו עד היום; עלייה בעוצמת סופות ציקלון ונדידה לכיוון הקטבים של מסלולי סופות טרופיות אשר יובילו לשינויים בדפוסי רוח, משקעים וטמפרטורות. כן תימשך הצטמצמות כיסוי שלג וקרחוני ים. ים הקרח הארקטי צפוי להיעלם כמעט לחלוטין לקראת סוף המאה ה-21 (IPCC 2007).

אזורים חצי ארידיים, כמו אגן הים התיכון ומערב ארצות הברית, יסבלו ממחסור במשאבי מים בעקבות שינויי האקלים (IPCC 2007), ביחד עם ירידה באיכות המים ועמה עלייה

2. עיריית גולן-אנגלקו וישעיהו בראור (2008), המשרד להגנת הסביבה, לשכת המדען הראשי, היערכות ישראל לשינויי אקלים גלובליים.

בשכיחות מחלות, זיהומים וכד' (National Assessment Synthesis Team 2000). צפויה פגיעה במערכות אקולוגיות יס-תיכוניות, בעקבות ההפחתה במשקעים וביערות הגשם (IPCC 2007).

עליית טמפרטורות מעבר ל- 1.5°C - 2.5°C עלולה להוביל להכחדה של 20%-30% מהמינים שהוגדרו עד היום. עליית טמפרטורות מעבר ל- 3.5°C עלולה לגרום לכך ש-40%-70% מהמינים ייכחדו (IPCC 2007).

עומסי החום הגבירו את שיעור התמותה במדינות שונות (McCarthy et al. 2001). הסיבות למרבית מקרי המוות שאירעו בעת גלי חום במהלך העשור האחרון היו קשורות ישירות לחום. אוכלוסייה במרכזים עירוניים, הנשמרים חמים גם במהלך הלילה, רגישה יותר לחום מאשר אזורים כפריים. אי הקלה בעומס החום בלילות מגבירה את שיעור מקרי המוות בעקבות חום. אוכלוסייה מבוגרת, ילדים קטנים, עניים וחולים הם בסיכון גבוה (2000 National Assessment (Synthesis Team).

עליית טמפרטורות תורמת אף לזיהום האוויר באזורים עירוניים, על ידי יצירת התנאים להיווצרות מזהמים שניוניים כגון אוזון, בעלי השפעות חמורות על הבריאות: מחלות נשימה, בעיות לב, פגיעה במערכת החיסון, עליית הסיכון לסרטן ומחלות נשימתיות (WHO 2003, McCarthy et al). חשיפה למחלות קשורות מים יכולה להיגרם בעקבות חשיפה למים מזוהמים, אכילת מאכלי ים ממים מזוהמים, אכילת מוצרים טריים שהושקו או עובדו במים מזוהמים או מפעילויות כגון דיג או שחייה במים מזוהמים.

לצד אלו קיימות תופעות כגון תהליכי תיעוש בעולם בעולם המגבירים אף הם את ייצור הפחמן הדו-חמצני. תהליכי היפוך בצמחייה (שתקופות של חום גבוה עלולות לפגוע בתהליכי הפוטוסינתזה עד כדי הפסקת ייצור חמצן ואפילו פליטת פחמן דו-חמצני), צמצום צמחיה בריכוזים גדולים בעולם וכד'. לתופעות אלו יש השלכות על התחממות כדור הארץ, אם כי מידת השפעתן טרם הובררה.

בסיכום הדברים, במשך 35 השנים הבאות צפויה הטמפרטורה לעלות בממוצע של 1-2 מעלות ומפלס פני הים יעלה בקצת פחות מחצי מטר. יש לשים לב, כי מדובר בעלייה אנכית של מי הים, לא בהתפשטות אופקית. מבחינה אופקית יתפשט הים על עשרות ומאות קילומטרים, ומקומות שכיום הם בקו המים יוצפו לחלוטין. בעולם צפויה נדידת אוכלוסייה ממקומות שיהפכו למדבר למקורות מספקי מים, ממקומות מוצפים למקומות יציבים. התחזיות נוקבות במספרים של מליוני בני אדם שיתניידו - 100 מיליון תושבים נמצאים בתחום שיוצף (אשר היום בגובה פני הים הממוצעים)³ והיתרה נפגעים עקיפים. להתרחשות תהליכים אלו אנו מתחילים להיות עדים בזעיר אנפין כבר היום, ובעתיד, איים רבים יכוסו מים ותושביהם יאלצו להגר. מקורות המים המתוקים יצטמצמו עקב המלחת מי תהום בעקבות עליית מפלס הים. רמז לתופעות אלו רואים כבר היום בחלק מאיי האוקיינוס

3. Leatherman, S. P.; Zhang, K.; Douglas, B. C. **Sea level rise and coastal erosion**, EGS - AGU - EUG Joint Assembly, Abstracts from the meeting held in Nice, France, 6 - 11 April 2003, abstract #454

השקט ואף בישראל, בה חלק נרחב מהמים מסופק מאקוויפר ההר הסמוך לרצועת החוף. מדובר על-כך שתוך פחות מחמש עשרה שנים, הודו וסין, צפופות האוכלוסין, יסבלו ממחסור חמור במים עד כדי סכנה ממשית להעלמות מי התהום הראויים לשתיה בהודו. לא הזכרנו עוד את המתרחשות הצבאיות החדשות שלעולות להיווצר, מחלות חדשות שלא הכרנו עד היום, שינוי מאזנים אקולוגיים וכד'.

ההיסטוריה הארוכה של העולם מלמדת, שתקופות חום עשו טוב לעולם. הן המיתו זנים והצמיחו זנים אחרים. המסת קרחונים ותקופות חום הם שיצרו את המוטציות והביאו לעולם את היונקים. בתקופות אלו התפתח ראשית הגזע של האדם. בתקופות של שינוי יש מרוויחים ויש מפסידים. בתקופות החום הנוכחית, האנושות, כפי שאנו מכירים אותה היום, ככל הנראה - ברובה תפסיד.

ארץ ישראל בכפר הגלובלי

ארץ ישראל איננה אי בודד במערכת הגלובלית. אדרבא. תכונותיה הגיאוגרפיות של ישראל כמדינת חוף, שטחה הקטן יחסית, אזורי האקלים המקיפים אותה, בין מדבר לאקלים ים-תיכוני כל אלה גורמים לכך שלישראל פוטנציאל פגיעה לא פחות מהמוצע העולמי. מהסיבות המוזכרות לעיל, שינוי אקלים, אף אם הוא מצומצם, יכול להשפיע על מדינה שלמה. גורם משמעותי נוסף הוא פריסת האוכלוסיה באזורים מצומצמים יחסית, ההופכת אותה לפגיעה יותר. כבר היום אנו מרגישים צורך הולך וגובר להתמודד עם מחסור צפוי במים. מחסור זה עלול לגבור עם עלייה במפלס פני הים והמלחת מאגרי מים באזורים הסמוכים לקו החוף. אנו חשים בהתייבשות מאגרי מים קיימים ומייחלים לעלייה פתאומית של מי הכנרת, כפי שהיתה בתחילת שנות התשעים של המאה העשרים (אם כי עתה רווחות הדעות, שאירוע היה יוצא דופן ונבע בין היתר מהשלכות הסופה "אל-ניניו" שפקדה את חופי אמריקה אותה העת). אנו עדים לירידה באיכויות המים והמלחת מקורות קיימים. החקלאות משנה פניה. באזורים נרחבים יובשו פרדסים וגידולים צורכי מים.

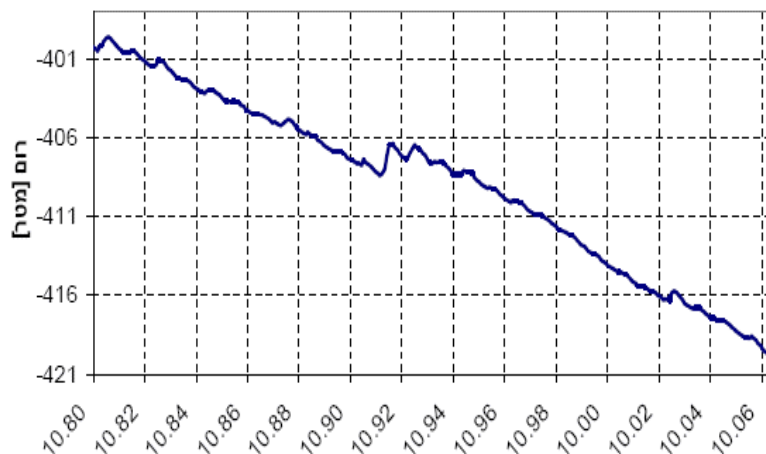
בשלושים השנים האחרונות הובחנה מגמה של התחממות של כ- 2°C , בעיקר בשעות הלילה בכל העונות (Saaroni 2003). יש מגמת הקצנה בטמפרטורות העונתיות- קיץ חם יותר וחורף קר יותר. טמפרטורות המכסימום והמינימום בישראל בקיץ עלו בין השנים 1964-1994 בקצב ממוצע של כ- 0.21°C (טמפרטורת המינימום) ו- 0.26°C (טמפרטורת המקסימום) לעשור (Ben-Gai et al. 1999). מגמות אלו תואמות את המגמות החזויות משינוי האקלים.

על פי נתונים שנאספו על ידי Saaroni, ארבע מתוך חמש השנים החמות ביותר (1996, 1998, 2000, 2001, נכון לשנת 2003) קרו במהלך 7 השנים שקדמו לפרסום המחקר, דבר התואם את ניתוח נתוני הטמפרטורות הגלובליות בדו"ח IPCC 2001. עם זאת, טמפרטורות המכסימום והמינימום בחורף נמצאות דווקא במגמת ירידה. לכן, **בממוצע שנתי**, אין בהכרח עלייה בטמפרטורה, כפי שזו מתבטאת באזורים רבים בעולם (אלפרט ובן צבי 2001).

מבחינת המשקעים, זריעת עננים מלאכותית מוסיפה כיום כ-13% לכמות הגשם השנתית באזור הררי הצפון (רוזנפלד ולהב, 2006) תוך התמעטותם בדרום (גבירצמן 2002). בדיקת מגמות ממוצעות במשך חמש שנים באזור הכנרת, ללא חורף 1991/2, מצביעה על

התייבשות מאז 1987 (אלפרט וכן צבי 2001). רצף של חמש שנים שחונות והפחתה במים הזורמים לכינרת מלמדים על בעייתיות צפויה במשק המים.

מפלס ים המלח נמצא בירידה מתמדת החל מ-1982, בקצב ממוצע של כמטר לשנה (השירות ההידרולוגי 2007) והוא מגיע לקווים האדומים.



(מהלך שנתי של מפלס ים המלח החל מ-1980. מקור: השירות ההידרולוגי 2007).

החל מ-1990 מובחנת עלייה של כ-10 מ"מ לשנה במפלס הים התיכון (Shirman 2003). ישנם שינויים תקופתיים בממוצע השנתי של מפלס פני הים, אשר לא ניתן להסבירם על ידי מחזוריות גאות ושפל הנוצרת מסטיית הירח (במחזוריות של 18.6 שנים). החל משנות ה-90 עליית מפלס הים התיכון קשורה לאפקט ההתחממות (Shirman 2003).

כאשר מדברים על ממוצע טמפרטורה עקבי בישראל או על עלייה ממוצעת מתונה, יש לזכור כי ממוצע אינו המדד היחיד. מסתבר, שבעוד הטמפרטורה הממוצעת בחורף יורדת, הטמפרטורה הממוצעת של הקיץ עולה⁴. כתוצאה מכך, יותר גשמים יורדים בפרק זמן קצר יותר, דבר המקשה על אגירת מי גשמים. מאידך, בקיץ, יותר מים מתאדים. מאזן המים בישראל הולך ונגרע והצפי הוא שימשיך להיגרע.

בעוד הממוצע העולמי צופה עלייה ממוצעת של מעלה אחת בשלושים וחמש השנים הבאות, בישראל עלול ממוצע זה להגיע ליותר משתי מעלות. מפלס הים יתנהג באחידות עקב מעברי מים בין אוקיינוסים וימים (כ-ס"מ לשנה). עליית טמפרטורה ומפלס פני הים אין פירושה

4. T. Ben-Gai, A. Bitan, A. Manes, P. Alpert, S. Rubin: Temporal and Spatial Trends of Temperature Patterns in Israel/Theoretical and Applied Climatology no. 64, 1999

רק מחסור במים - הם יגרמו לשינוי במגזר החקלאי, לסחף גובר בתקופות החורף, לירידה באיכות מי השתייה, להצפות, למידבור (למשל של הנגב) ולקריסת מבנים ותשתיות שלא ערוכים היום לתופעות של הצפה/סערות. שינויי טמפרטורה ולחות עלולים לגרום לקשיים תברואתיים ולפגיעה באוכלוסיה חלשה. יש לזכור, כי שינויים החזויים לתקופה של 35 שנים אינם בני-יום; הם הדרגתיים וכבר התחלנו להרגיש אותם: כבר זכינו לביקור נחלי ארבה שהגיעו ממצריים לאזור הדרום בארץ ישראל והשמדת יבול, אנו רואים תחלואה גוברת בבתי חולים ותופעת "הקשישה במסדרון" הפכה מראה רגיל ושכיח, אנו רואים שינויים בהרגלי חקלאות (ייבוש פרדסים הפך תופעה שכיחה), אנו רואים ירידה באיכות המים הגוררת שימוש גובר במסננים ומטהרים, ירידה קבועה במפלס הכנרת, תקיפה של זני מחלות חדשים ומחודשים (קדחת הנילוס וכד'), שריפות הולכות ומתרבות משנה לשנה ועוד כהנה וכהנה.

ההתיישבות העירונית

הרס המצוק וצמצום שטח חופי הים נובעים לא רק מעליית מפלס הים אלא גם ובעיקר מפעילויות אנושיות.⁵ כבישים, מבנים ומערכות ביוב מרכזים את מי הנגר העילי לעבר אזורים מסוימים במצוק; אלו מצידם חופרים, מעמיקים ומרחיבים את התפוררותו של המצוק באותם האזורים ומסייעים לקריסתו. בנוסף, הם מונעים מצמחייה חופית לצמוח במקום, אותה צמחייה ששורשיה סייעו לשמירת יציבות המסלע החופי. פעילויות של נגר עילי אנכי, פנימי (מערכות ביוב ובורות ספיגה), פגיעה אופקית של מי הים וקורוזיה ומחסור בצמחייה תומכת, מאיצים את קריסת המצוק. לאלו נוספים מבנים על חוף הים המונעים נדידת חולות ולפיכך, החולות הנודדים צפונה מנמיכים את מפלס החולות ואלו מצידם מזמינים את מי הים המתקרבים למסלע עליו התשתיות. אפשר לראות את הרס המצוק כריפוי עצמי של הטבע: המסלע המתפורר משלים חול חסר, שממשיך ונודד, וכך הלאה. הטבע מנסה לרפא את מעשי האדם, על חשבוננו של האדם.

בתחום העירוני קיימת תופעה המכונה "איי חום עירוניים". הטמפרטורה בתוך העיר מושפעת גם היא באופן ברור מפעילויות אנוש. כשנכנסים לעיר צפופה כמו תל-אביב, הטמפרטורה עולה, ולתחושת המועקה מצטרף חוסר האוורור. המתנגדים לתיאוריות ההתחממות טענו, כי ההתחממות העולמית אינה תופעה גלובלית אלא קשורה בתהליכי עיור המוסברים בציפוף עירוני הגורם לעליית טמפרטורה, ומשזו נמדדת בתוך הערים, נוצר לנו רושם של התחממות גלובלית. מדידות הלוויינים מסייעות לנו לאט לאט להבין, כי מדובר בתופעה החוצה את האפקטים העירוניים ולהפריך דעה זו.

מגמת ההתחממות באזורים צפופי אוכלוסין מהירה יותר עקב תופעת אי החום האורבאני (Ziv et al. 2005), לפיה יש עלייה בטמפרטורה בריכוזים עירוניים כתוצאה מפליטת חום של רכבים, פעילות תעשייתית, היעדר אוורור, רמת החזר קרינה נמוכה של האספלט ועוד. אפקט זה מגביר את עומס החום ונמדד בהעצמת הטמפרטורה, לחות יחסית והורדת

J. C. Doornkamp, Coastal flooding, global warming and environmental management, Department of Geography, University of Nottingham, Nottingham, NG7 2RD, UK.

מהירות הרוח. אינטנסיביות אי החום האורבאני גבוהה יותר בלילות הקיץ, וגוברת עם הזמן הודות לאורבניזציה הגדלה (Potchter et al. 2006).

עליית מפלס פני הים ב-10 מ"מ לשנה פירושה 30 ס"מ בשלושים שנים. עלייה של 30 ס"מ עלולה להביא להצפת שטחים של קרוב לשישים מטרים ביבשה, על פי הערכה זהירה. במקומות מסויימים נמדדה בשנים האחרונות נסיגה ממוצעת של מטר אחד בקו המים בכל שנה. באזורים אלו עומדים בתים במרחק של פחות מעשרים מטרים מקו המים. אם תימשך המגמה, ייפגעו מעגנים ואזורי נופש שליד החוף, יעלם כמעט לחלוטין חוף הים, בעלי חיים וצמחים הקיימים בסביבה החופית ייכחדו, שכן לא יוכלו לנדוד מזרחה עקב השטחים הבנויים. התקרבות הים מזרחה (המורגשת מאוד כבר כיום), התדלדלות צמחייה מקומית, התחזקות מי נגר עיליים בעקבות שינויים במשטר הגשמים, התגברות סערות ושכיחותם של אירועים קיצוניים, יגרמו, כל אחד את חלקו, לקריסת מצוקים. את קריסת המצוקים כבר התחלנו לראות ואלו, מצידם, כבר גבו נפגעים (אפולוניה, בית ינאי וכד'). גם חוף אילת יתכסה מים וייפגעו שימושים בסמיכות לו. עד כאן התחזית הנוחה.

קריסת מדפי קרח בקטבים, שהיא התרחיש הגרוע, אבל אפשרי, תביא לעליית מפלס מי הים בחמישה מטרים. המשמעות בישראל היא, הצפות של שכונות שלמות במרכזי ערים ראשיות, הצפת שכונת בת-גלים בחיפה, הצפת מערב תל-אביב עד שפך הירקון בסביבות רחוב אבן גבירול⁶. המחיר שלהלן אינו נוגע לתרחיש זה. הוא נוגע לתרחיש המתון והזהיר ביותר מבין אלו הקיימים של עליית מפלס המים בסנטימטר לשנה, תוך שכיחות גבוהה של אירועים אקלימיים חריגים.

להלן אמקד את ההתעניינות לתקופה חזויה של שלושים וחמש שנים. תקופה זו נתפסת ואינה נראית רחוקה מדי עבור העוסקים בנדל"ן ובהשקעות לטווח ארוך. אי אפשר לפתור אותה בתנועת יד מבטלת. אולם התופעות המתוארות לא יחלו בעוד שלושים וחמש שנים, אלא זמן רב קודם לכן, והן ילכו ויצטברו: בתים יקרוסו על מצוקיהם, חופים יעלמו, התעוקה העירונית תגדל, המחסור במים יורגש.

הרס המצוק

טמפרטורות הים והאוקיינוסים עשויות לעלות באופן משמעותי עד 2100. עלייה באי יציבות אטמוספירית עשויה להוביל לעלייה בעוצמת סופות והוריקנים אשר יגרמו לעלייה בגובה ובגודל גלי הים החודרים ליבשה. כך, מי ים יכולים לחדור עמוק יותר לפני הים, לאזורי יישובים באזורים נמוכים, ולהרוס את מקורות המים ואת משאבי הטבע החופיים. גלי צונאמי יכולים לפגוע בחופי הים התיכון בעקבות עלייה פתאומית ורבה במפלס הים, ואירועים שכאלה קרו בעבר בלבנון, באיי יוון, באיטליה ובסיציליה. עם זאת, אם העלייה בטמפרטורה תגרום לעלייה באידוי, יכול הדבר להוות גורם שימתן את עליית פני הים (Melloul and Collin 2006).

6. מפות תרחיש ראו ב"אדם טבע ודין" דו"ח 2007.

עלייה של מטר אחד במפלס תוביל לאובדן של כ-8,400 דונם חוף והנזק שייגרם מכך מוערך בכ-4-5 מיליארד ש"ח (יהושע 2003). חגורה שרוחבה 50-100 מטר בחופים חוליים, שהם יותר ממחצית אורכו של חוף ישראל תוצף; היקף מפרצי החופים הסלעיים יגדל ויזיז את קו הסערות כ-100 מטר בממוצע מזרחה בחופים חוליים ועד 60 מ' מזרחה בחופים המגדדים את רכס דור (Melloul and Collin 2006). עליית מפלס של 0.1 מ' תוביל לנסיגת קו החוף ב-2-10 מטר - דבר שיוביל לאובדן של 0.4-2 קמ"ר כל 10 שנים (Klein et al. 2004).

הרס המצוק החופי רב יותר ככל ששפת הים צרה יותר, כיוון שאז גם סערות גלים בינוניות יפגעו במרגלות המצוקים ויגדדו אותם. מכאן, שככל שמפלס הים יעלה וקו החוף ינוע מזרחה, הרס מצוקי החוף וקצב נסיגתו יגדלו. מצוקי החוף נפגעים כבר היום מתהליכי הגידוד הגורמים לנסיגתם. בתהליך הגידוד, גלי הים מתנפצים אל הסלעים ומכים בעיקר בחלקו התחתון של המצוק, המכות החוזרות ונשנות של הגלים יוצרות שקע בבסיס המצוק, ההולך ומעמיק עם הזמן, עד שחלקו העליון של המצוק מתמוטט. כך המצוק "נסוג לאחור". עלייה של מטר אחד במפלס הים צפויה להגדיל את קצב נסיגת המצוק מקצב מירבי של 22 ס"מ ל-61 ס"מ בשנה, ותוחלת החיים של חלקי הרכס הגבוהים תתקצר כמעט פי שלושה (דו"ח החברה להגנת הטבע 2004).

בחופים חוליים, שהם יותר ממחצית אורכו של חוף ישראל, ינועו קווי המים על פני משטחי ליחוד ששיפועם המצוי הוא 1%-2% (משטח ליחוד הוא הרצועה שרוחבה כמה עשרות מטרים, שהיא הגבול בין הים והיבשה). עלייה של מטר אחד במפלס הים במשך מאה שנים תציף חגורה שרוחבה 50-100 מטר, כרוחבה המשוער של הרצועה שהוצפה ב-4,000 השנים האחרונות. אולם, כאמור, הדיון כאן מצטמצם לטווח נראה לעין של 35 שנים.

המחיר לבעלי המקרקעין

"אני גרה פה 65 שנה. מאז, המצוק התקרב באיזה 22-25 מטר"⁷, כך מתארת תושבת בית ינאי את המצוק, שבינתיים כבר הספיק לנגוס מספר מטרים מחלקתה. "אנחנו מרגישים שאנחנו חיים על זמן שאול, כל פעם שיש סערה אנחנו עצבניים", מספר תושב ביישוב⁸. הבעיה בקריסת המצוק היא חוסר הנימוס שלו: הוא לא מודיע מתי הוא קורס, ונוהג להגיע בהפתעה. הוא לא קורס בפריסה שווה לאורך זמן. המתח נצבר בו וקריסתו פתאומית בגושים גדולים. לעתים, על הגוש נמצאים מבנים, תשתיות ואנשים.

ממש בסמוך למצוק שנפל נערכו בשנים האחרונות מספר עסקאות. נכסים סמוכים למצוק, שצופים אל הים, שהם בסכנת קריסה גבוהה, נמכרו ב-4-5 מיליון דולרים; נכסים סמוכים ממזרח, הגם שהם צופים לים באופן ישיר, נמכרו ב-1-1.5 מיליון דולרים. באזור המצוק של הרצליה (רחוב גלי תכלת) נסחרים מגרשים על המצוק ב-5,000-7,000 / מ"ר קרקע ואילו קצת מזרחה משם ב-2,000-3,000 / מ"ר קרקע.

7. עתון הארץ "מפולת" שחר אילן.
8. שם.

מחירי המקרקעין במגרשים בעלי סיכון גבוה להיפגע בשנים הקרובות מלמדים על כשל שוק. אחד המגרשים היקרים בהרצליה, שנמכר לפני זמן מה, תלוי כמו וו מעל החוף, כאשר כל תחתית המצוק נהרסה. ייתכן שהרוכש ידע על תכונה זו טרם הרכישה, אולם בחן אותה במונחים רומנטיים של יחסי ים-סביבה כשאינו ער לסכנה הקרובה. האפשרות הסבירה יותר היא, שהוא לא בדק, ואם בדק - הוא לא ידע מה ההשלכות. הוא לא הביא בחשבון את הסכנה בה הוא נתון ונתפס לכשל שוק שנחזה היום בשוק הנדל"ן המיוחד המתואר.

מסתבר, שרבים מרוכשי הנדל"ן המצוי בסמוך לקו החוף חסרים את הידע או המידע הרלוונטי כעולה מסקירתנו לעיל, מידע אשר הינו בעל השלכות על מחירי הנדל"ן בהווה ובעתיד.

אחרית דבר

תקופה של שלושים וחמש שנים בשוק הנדל"ן היא כבר תקופה מוחשית, נצפית. תקופה זו מחושבת בתשואה הכלכלית של יזמי הנדל"ן. הערכה זהירה, למשך תקופה זו, מלמדת על נזק ניכר צפוי למצוק החופי ולשינויים אורבאניים לאותם היישובים סמוכי החוף. השינויים אינם בני יום, הם הדרגתיים, בעלי אופי הולך ומחמיר; חלקם מורגשים כבר היום, חלקם יורגשו בהמשך, רובם יורגשו בעוד 35 שנים.

יחד עם זאת, נצפית בישראל תופעה הקשורה לשוק הנדל"ן ולפיה קרקעות בעלות סיכון פגיעה גבוה יחסית, נסחרות במחיר שאינו משקלל את הסיכונים החזויים. מדובר בכשל שוק. היזמים והמשקיעים לטווח ארוך בנדל"ן המיוחד הנדון אינם מודעים לסכנות האפשריות, או שהם הולכים שולל אחר תפיסות מסורתיות. הם עלולים למצוא עצמם בהפסד כספי ניכר, כאשר התופעות תתחוררנה ותהפוכנה ממשיות ומוחשיות, ולעת יתפסו את מקומן הראוי בשיח התכנוני והציבורי.

בימים אלו, משרד ראש הממשלה והמשרד להגנת הסביבה יוזמים מסמך שיפרט את מדיניות הטיפול בנושא המצוק החופי בהיבט הפיזי, ההנדסי, הכלכלי והמשפטי. אחת ההמלצות המרכזיות של מסמך זה, כפי שמשקף בשלב זה, היא הכנת תוכנית אב ותוכנית מתאר ארצית להתמודדות עם התמוטטות המצוק במסגרת שינוי לתמ"א 13. שינויים, ככל שיעסקו בעתיד, לא יוכלו למנוע את הנזק. לכל פתרון אפשרי קיים מחיר. צמצום הבנייה בקו החופי לא מתמודדת עם בנייה שכבר נעשתה. הקפת המצוק בקירות בטון תפגע בנוף החופי וכוחה לעמוד בפני איתני הטבע מוטלת בספק. תוספת מאסיבית של שוברי גלים תפגע אף היא בנוף החופי ובשימושי החוף הנהוגים היום, ויעילותם לאורך זמן אף היא מוטלת בספק. לטבע דרכים משלו לעקוף מכשולים שהקים האדם. הדיון בשאלות, על מי ועל מה ראוי להגן ובאיזה מחיר, טרם החל. טרם נכנס לשיח התכנוני והציבורי הדיון בשאלה, על מי תוטל השתתפות בעלות, מי יהנה ממנה ומהם מקורות המימון הכוללים.

מדינת ישראל מתפארת בפיתוח שנעשה במשך שישים שנות קיומה. לפיתוח יש מחיר והמחיר אינו מנותק מאירועים גלובליים. לצד המשך הפיתוח, בשישים השנים הבאות תצטרך ישראל להתמודד עם שאלת צמצום המחיר בגין פיתוח שכבר נעשה.

מקורות

- אלפרט פ. ובן צבי א. 2001. השפעת שינויים אקלימיים על זמינות משאבי המים בישראל. דו"ח שהוגש לנציבות המים.
- השירות ההידרולוגי. 2007. סיכום עונת הגשמים 2006/7 ומאפייניה ההידרולוגיים העיקריים. דו"ח הידרו/5/2007. השירות ההידרולוגי. רשות המים. ירושלים.
- רוזנפלד ד. ולבה ר. 2006. הערכת פוטנציאל הגברת הגשם בארץ בשיטות זריעה שונות. מחקרים בתחום המים. יום עיון ספטמבר 2006. נתניה. משרד התשתיות הלאומיות. נציבות המים. אגף מחקרים.
- Alpert P., T. Ben-Gai, A. Baharad, Y. Benjamini, D. Yekutieli, M. Colacino, L. Diodato, C. Ramis, V. Homar, R. Romero, S. Michaelides and A. Manes, 2002: The paradoxical increase of Mediterranean extreme daily rainfall in spite of decrease in total values. *Geophys. Res. Lett.*, 29, 11, 31-1 – 31-4, (June issue).
- Ben-Gai T., Bitan A., Manes A., Alpert P. and Rubin S. 1999. Temporal and Spatial Trends of Temperature Patterns in Israel. *Theor. Appl. Climatol.* 64, 163-177 (1999)
- Ben-Gai T., Bitan A., Manes A., Alpert P. and Rubin S., 1998. "Spatial and temporal changes in annual rainfall frequency distribution patterns in Israel", *Theoretical and Applied Climatology*, 61, 177-190.
- IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A.(eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 104 pp.
- 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
- National Assessment Synthesis Team. 2000. *Climate change impacts on the United States: The Potential Consequences of Climate Variability and Change*. Cambridge University Press. 2000.
- Potchter, O., Yaacov, Y., Oren, G. 2006. The Magnitude of the Urban Heat Island of A City in An Arid Zone: the Case of Beer Sheva, Israel, *Proceeding of the 6th International Conference on Urban Climate, Gothenburg, Sweden*, pp 450- 453.
- Raven J. Caldeira K., Elderfield H., Hoegh-Guldberg O., Liss P., Riebesell U., Shepherd J., Turley K., Watson A., Heap R., Banes R., Quinn R. 2005. Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide. Policy document 12/05. The Royal Society. London. Available at: www.royalsoc.ac.uk
- Saaroni H., Z. Baruch, J. Edelson and P. Alpert .2003. *Long term variations in summer temperatures over the east Mediterranean*. *Geophysical Research Letters*. Vol. 30. No.18. 1946. CLM 8 (1-4).
- Schwartz E. 2005. Malaria – A Disease that Refuses to Die but Continues to Kill. *IMAJ* 2005; 7:404–405.
- Shirman, B. 2003. East Mediterranean sea level changes over the period 1958–2001. *Isr. J. Earth Sci.* 53: 1–12.
- Ziv, B., H. Saaroni, A. Baharad, D. Yekutieli, and P. Alpert (2005), Indications for aggravation in summer heat conditions over the Mediterranean Basin, *Geophys. Res. Lett.*, 32,LXXXXX, doi:10.1029/2005GL022796.