

ראיון: שחר בוקמן
עורך אקולוגיה וסביבה

אור פילק
מערכת אקולוגיה וסביבה

ציטוט מומלץ

בוקמן ש פילק א. 2023. לא מזג האוויר השתגע, אלא אנחנו – ריאיון עם פרופ' אפרת מורין על שיטפונות וחיזויים. *אקולוגיה וסביבה* 14(2).



פרופ' אפרת מורין: "כמדענית לא הייתי אומרת שמזג האוויר משתגע. הוא לא משתגע. הוא ממשיך לפעול לפי חוקי הטבע, כפי שתמיד פעל. אם כבר, אולי אנחנו אלה שהשתגענו, בכך שהעלינו בדרמטיות את ריכוזי הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה והובלנו לשינויים חסרי תקדים בתנאי האקלים ובתופעות שנובעות ממנו."

לא מזג האוויר השתגע, אלא אנחנו – ריאיון עם פרופ' אפרת מורין על שיטפונות וחיזויים

[הפנים של המדע](#)

גיליון קיץ 2023 / כרך 14(2)

3 באוגוסט, 2023

פרופ' אפרת מורין היא הידרו-מטאורולוגית העוסקת בחקר סופות גשם, נגר עילי, שיטפונות ושינוי האקלים תוך שימוש במודלים ושיטות של חישה מרחוק. פרופ' מורין היא חברת סגל במכון למדעי כדור הארץ על שם פרדי ונדין הרמן באוניברסיטה העברית בירושלים.

איך הגעת לחקר חיזוי משקעים ושיטפונות?

בניגוד להרבה אחרים, אילו היית שואל אותי כילדה, כנערה, או אפילו כסטודנטית בתחילת התואר הראשון, אם אתעסק בשיטפונות ובגשם, הייתי עונה שזה בכלל לא הכיוון שלי. בתואר הראשון למדתי מתמטיקה ומדעי המחשב, וזה מה שעניין אותי. לתחום השיטפונות נחשפתי דווקא בגלל אבא של בעלי, שהיה איש קרקע ומים. עזרתי לו בתכנות כלי מחקר לניתוח ולהצגה של נתוני גשם ונגר, וכך נחשפתי לעולם הזה, והוא ריתק אותי. שיניתי כיוון, עשיתי תואר שני במדעי האטמוספירה, ומאז אני חוקרת את התחום.

גם בן הזוג שלך הוא חוקר באקדמיה. לטובת הקוראים נספר שפרופ' שי מורין הוא אנטומולוג המתמחה ביחסי חרק-צמח, בפקולטה לחקלאות, מזון וסביבה ברחובות. אומנם אתם לא מאותו התחום, אבל האם הזוגיות שלכם הביאה לשיתוף פעולה מחקרי?

תמיד חיפשנו חפיפה בין תחומי העניין שלנו ודרכים לעשות מחקר משותף, וגם הצלחנו. שי חוקר חרקים, והם מושפעים מאוד מטמפרטורת הסביבה. יש לנו מאמרים ופרויקטים משותפים שעוסקים בהשפעת שינוי האקלים על אוכלוסיות של מזיקי חקלאות ובחיזוי מוקדם של מאפייני האוכלוסיות על בסיס חיזוי מזג אוויר. אנחנו אפילו מנחים דוקטורנטית יחד, שהיא כמו

הילדה האקדמית שלנו.



פעולות חילוץ בעקבות שיטפון בנחל החוצה את כביש ים המלח, מרץ 2009. "אם יש לעשייה שלי יכולת להשפיע אפילו על בן אדם אחד, אז זה יהיה אולי הדבר הכי גדול שאני יכולה לעשות" | צילום: דניאל ונטורה, ויקימדיה, [CC BY-SA 4.0](#)
אפרת, כמי שעוסקת בפיתוח יכולות לחיזוי שיטפונות ובמתן התרעה מוקדמת, שהם עניינים של חיים או מוות, מה מהווה מניע חזק יותר עבורך: הסיפוק של הצלת חיים או התסכול מהמצב הנוכחי?

המוטיבציה שלי היא הרצון להעמיק ולהבין מבחינת הפן המדעי, אבל חשוב לי, כמו להרבה מאוד חוקרים, שהידע יצא ממגדל השן ויגיע לגורמים הרלוונטיים. לכן, חשוב להבין איך מתקשרים את המדע אל קובעי המדיניות ואל השטח, כדי שהדברים שאנחנו מפתחים יוטמעו בפרקטיקה. אם יש לעשייה שלי יכולת להשפיע אפילו על בן אדם אחד, אז זה יהיה אולי הדבר הכי גדול שאני יכולה לעשות.

מצד אחד, בזכות שיפורים טכנולוגיים מצליחים להתריע באופן מדויק יותר ולחזות בצורה טובה יותר את פיזור המשקעים, ומצד שני, לנוכח משבר האקלים אנחנו חשופים לשיטפונות בתדירות ובעוצמה גבוהות יותר מבעבר. את חושבת שבעתיד הטכנולוגיה תצליח לגשר על הפער או שזו תהיה בעיה שרק תלך ותחריף?

ראשית, לא בטוח שבכל מקום בישראל יהיו יותר שיטפונות, ובכלל – אני נזהרת מהצהרות כאלה, אם הן אינן מגובות בנייתו מעמיק. מה שיותר ברור לנו הוא שעוצמת הגשם עולה, ובעקבות זאת, יחד עם הבינוי המואץ, מספר מקרי ההצפות בערים גדל אף הוא. אבל לא אוכל לומר בוודאות שהמצב הזה בכל השטחים הפתוחים בארץ. המחקרים שלנו מראים שיחד עם העלייה בעוצמות הגשם יש הפחתה בכמויות הגשם הכלליות וכן ירידה בשטח הכיסוי ובמשך הסופות. השילוב של השינויים הללו יביא, ככל הנראה, להקטנת הספיקה השיטפונית בחלק מהאזורים בארץ. זהו נושא מורכב, והמחקר עליו בעיצומו. באופן כללי, ולא רק בישראל, השינוי בעוצמת השיטפונות אינו אחיד. למשל, מחקרים מראים שבאזורים מסוימים באירופה נרשמה עלייה בספיקת השיטפונות, בעוד שבאזורים אחרים באירופה נמצאה דווקא ירידה. לכן, אני חושבת שהנקודה המשמעותית היא שכל הזמן מתרחשים שינויים שמשפיעים מאוד על התהוות השיטפונות ועל עוצמתם – גם באקלים עצמו וגם בתכסית פני השטח.

כשאנחנו רוצים לחזות שיטפונות, אנחנו למעשה בוחנים את המודלים שבנינו ומכיילים אותם לפי נתוני עבר. אך כאשר התנאים כל הזמן משתנים, צריך לשנות גם את הכיול עצמו בתדירות שהולכת וגוברת. הצורך בשינוי מתמיד מקשה על היכולת שלנו לחזות קדימה, אך אף על פי שיש אי-ודאות גדולה, יכולת חיזוי מזג האוויר והגשם בהחלט השתפרה. עם זאת, שיטפונות רגישות מאוד לאי-ודאות, וזהו פער שעדיין רחוק מלהיפתר. אנשים שאינם מהתחום נוטים לחשוב שאם נדע לחזות בדיוק איך תיראה מערכת גשם, נוכל לחזות בצורה מדויקת גם את הזרימה בנחלים, אבל יש עוד משתנים רבים המשפיעים על היכולת לחזות עוצמה של שיטפון ואת מיקומו בזמן ובמרחב.



הצפה בעכו, ינואר 2007. "לא בטוח שבכל מקום בישראל יהיו יותר שיטפונות". מספר מקרי ההצפות בערים עתיד לגדול, אבל לא בשטחים הפתוחים. המטרה לא צריכה להיות למנוע את השיטפונות עצמם, אלא למזער את הסכנה לאדם, לתשתיות ולמערכות אקולוגיות | צילום: Minor Prophet, פליקר, [CC BY 2.0](https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/)

הפער נובע ממגבלה של המודלים או ממחסור בידע?

הוא נובע משני הדברים. קודם כול, אין פרמטרים עבור כל ס"מ רבוע בשטח. דבר נוסף הוא המורכבות הכל כך גדולה, שבגללה הרבה מהמודלים לא היו מצליחים לדייק בחיזוי השיטפון גם אילו הנתונים היו קיימים. לכן, מגבלת המודלים ומגבלת הנתונים יחדיו מקשות על החיזוי. נוסף על כך, אף על פי שחיזוי מזג האוויר השתפר, המיקום, התזמון ועוצמות הגשם בסופות לא לגמרי מדויקים. אני מאמינה שהמצב עשוי להשתפר באמצעות טכנולוגיות שיספקו נתונים חדשים ושישכללו יכולות חישוביות ושיטות חישוביות, אבל אני מעריכה שזה לא יקרה כל כך מהר. שיטות מתקדמות של למידת מכונה בהחלט יכולות לשפר את חיזוי השיטפונות, אבל לא מדובר במעשה פלאים שיקפיץ את יכולת החיזוי בעשרות אחוזים. נדרשים עוד מאמץ מדעי וזמן עד שנגיע לדיקו שהיא משמעותית טוב יותר, וכמובן שלשיפורים טכנולוגיים וחישוביים יהיה בכך חלק חשוב.

כשמשווים את יכולות החיזוי כיום לזו שהייתה למשל לפני 30 שנה, האם השתפרנו?

לפני 30 שנה יכולת החיזוי הייתה גרועה בהרבה מהיכולת כיום. היכולת להעריך את עוצמות גשם הייתה נמוכה מאוד בגלל הרזולוציה הנמוכה יחסית שהייתה למודלים לחיזוי מזג אוויר. בשנים האחרונות חלה קפיצת מדרגה, וכיום מודלים של מזג אוויר יכולים לייצג תהליכים של גשם קונוקטיבי בצורה מפורשת (קונוקציה, הסעה אנכית, היא תהליך של עליית אוויר באטמוספירה בגלל הבדלים בצפיפות האוויר, והיא המנוע העיקרי להיווצרות עננים ולערבוב של אוויר. לדוגמה, קונוקציה מניעה תהליך התפתחות וגדילה של ענני קומולוס, הנפוצים במערכות מזג אוויר של אפיק ים סוף, שאחראיות לרבים מן השיטפונות בנחלי הדרום והמזרח – ש"ב וא"פ). כיום, כאשר עוצמות הגשם הגבוהות, שהן אלה שיכולות לגרום לשיטפונות, נחזות בצורה הרבה יותר מדויקת, גם היכולת שלנו לחזות שיטפונות השתפרה רבות.



הצפות ברחובות תל-אביב, דצמבר 1949. יכולות החיזוי בעבר היו גרועות בהרבה מאלה שיש לנו כיום. טכנולוגיות החיזוי הקיימות כיום מאפשרות פיתוח מודלים לחיזוי מזג אוויר ברזולוציה גבוהה הרבה יותר, המאפשרים להעריך את עוצמות הגשם בצורה מדויקת יותר, ולפיכך לחזות את המיקום והעיתוי של שיטפונות, אך עדיין לא בדיוק מוחלט | צילום: בנו רותנברג, אוסף מיתר והאוסף הלאומי לתצלומים על שם משפחת פריצקר, הספרייה הלאומית, [CC BY 4.0](#)

נמין אגואיסטי, כאשר אנו דנים בשיטפונות, אנחנו בעיקר עסוקים בהשפעה שלהם על האדם. האם שיטפונות פוגעים גם במערכות אקולוגיות?

אומנם אני לא אקולוגית, אבל אם נוציא מהמשוואה את האדם ואת השפעותיו על כדור הארץ, ניווכח כי שיטפונות הם תופעה טבעית שיש לה תפקיד אקולוגי. זו תופעה שתמיד קרתה וצריכה להמשיך לקרות. לא צריך לשאוף שהשיטפונות ייפסקו, אך היינו רוצים כמובן למזער את הסכנה לאדם ולתשתיות. מערכות אקולוגיות מושפעות לא רק משיטפונות, אלא גם משינויים במשטר הזרימה. למשל, מחקרים מצביעים על הפחתה במספר ימי הגשם ובכמות הגשמים באזורנו. הדבר מקטין את נפחי זרימות הבסיס בנהלים ועלול לפגוע במערכות אקולוגיות. השפעה כזו של שינוי האקלים עשויה להיות הרסנית לטבע לא פחות מאשר עלייה בתדירות ובעוצמה של שיטפונות. חשוב לומר שסחף קרקע במהלך שיטפונות גדולים מאיים גם הוא על המערכת האקולוגית, וככלל – אחד הסיכונים הגדולים למערכת האקולוגית הוא הזיהום שיצר האדם ושנסחף עם השיטפון.

אנחנו שומעים כל הזמן ש"מזג האוויר השתגע": השנה היו פחות ימי גשם במהלך החורף, ואילו ביוני עוד זכינו למספר ימי גשם מפתיים. האם השונות הגבוהה מקשה על החיזוי?

כמדענית לא הייתי אומרת שמזג האוויר משתגע. הוא לא משתגע. הוא ממשיך לפעול לפי חוקי הטבע, כפי שתמיד פעל. אם כבר, אולי אנחנו אלה שהשתגעו, בכך שהעלינו בדרמטיות את ריכוזי הפחמן הדו-חמצני באטמוספירה והובלנו לשינויים חסרי תקדים בתנאי האקלים ובתופעות שנובעות ממנו. ככלל, מזג אוויר משתנה כל הזמן. השונות הטבעית שלו כל כך גדולה, שגם

בלי קשר לתהליכים של שינוי האקלים ישנם אירועים חריגים ושנים חריגות. למשל, אם נבחן תצפיות מעשרות השנים האחרונות, נראה כי זאת לא הפעם הראשונה שאנחנו עדים לגשמים בחודש יוני בישראל. אבל השנה היה משהו חריג במספר הפעמים שזה קרה ובהיקף המרחבי. חשוב להדגיש שמדענים הצליחו להראות בסבירות גבוהה מאוד שחלק מהתופעות החריגות האלה ברחבי העולם קשורות לשינויים באטמוספירה, שנובעים מההתחממות העולמית. הכוונה לאירועים מסוימים של גלי חום, המסת קרחונים ושלגים, גשם קיצוני ואירועי בצורת. המסר מכך עבורנו, אנשי המעשה והמדע העוסקים בחיזוי של גשם ושיטפונות, הוא שאנחנו חייבים לפתח כלים הרבה יותר גמישים המותאמים לאקלים המשתנה.



'מדענים הצליחו להראות בסבירות גבוהה מאוד שחלק מהתופעות החריגות האלה ברחבי העולם קשורות לשינויים באטמוספירה, שנובעים מההתחממות העולמית. הכוונה לאירועים מסוימים של גלי חום, המסת קרחונים ושלגים, גשם קיצוני ואירועי בצורת' | צילום: Dave Edens, פליקר, [CC BY-NC-ND 2.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/)

שינוי האקלים והשפעתו על אירועי מזג אוויר קיצוניים מאיימים על אזורים רבים בעולם, אך לא בצורה אחידה. האם החיזוי מאפשר לאתר אזורים פגיעים במיוחד?

ניתן להפעיל מודלים שמדמים שיטפונות כדי לזהות אתרים פגיעים יותר או פחות. ניתן גם להשתמש בליווינים כדי לנטר הצפות משיטפונות באזורי נהרות, ולהשתמש בניתוחים סטטיסטיים כדי להעריך את הסיכויים להצפות. היכולות הללו מתפתחות כל הזמן ומאפשרות חיזוי ברזולוציה גבוהה יותר. שילוב של חישה מרחוק, מודלים וכלים סטטיסטיים אפשר לנתח תא שטח ולהצביע על אזורים פגיעים במיוחד.

מהם תחומי הידע הרלוונטיים לשם כך?

ראשית, מובן מאליו שהידרולוגיה היא תחום הידע הבסיסי לזיהוי ולמיפוי של אזורים מועדים לסכנה. נוסף על כך, הבנה סטטיסטית היא קריטית, מכיוון שאנחנו רוצים לדבר במושגים של הסתברויות ששיטפון יגיע או לא לאזור מסוים. ישנם תחומי ידע רבים נוספים שרלוונטיים למאמץ של תרגום סיכונים לנזקים: אנשי הנדסה ומהנדסי ניקוז שיוודעים לחשב נפחי הזרימה ויכולות של מערכות הניקוז עצמן ולקשר ביניהם; כלכלנים בפרט ואנשי מדעי החברה בכלל, הדרושים לתרגום הנזק לפגיעה באוכלוסייה ובמשק; מדענים שהתמחותם היא בהבנת התגובה של האוכלוסייה במקרה של התרעה.

איך את מתמודדת עם הרצון להגביר מודעות מצד אחד ועם הצורך להביא את הידע המדעי בצורה מדויקת מצד שני?

זה אכן מורכב מאוד. חשוב לי להציג את ממצאי המחקרים שלנו, אבל אני נוטה להיות זהירה באופן הצגתם, כיוון שיש תמיד הנחות שנעשו. במודלים שמשמשים אותנו עדיין יש אי-ודאות גדולה, שחשוב מאוד להעריך אותה מחקרית ולהכיר בה. אבל מכיוון שאנשים אוהבים לשמוע דברים מאוד ברורים, קשה להסביר ולהעביר את המשמעות של אי-ודאות. זה נכון גם בהיבטים מעשיים של קבלת החלטות. לדוגמה, בהקשר של חיזוי שיטפונות, בגלל כל הסיבות שהזכרתי קודם, לא ניתן לחזות בדיוק של 100% איפה, מתי ובאיזו עוצמה יהיה השיטפון, אבל כן ניתן להעריך זאת בסבירות מסוימת. הבעיה שמקבלי ההחלטות עשויים להבין מכך שהחיזוי אינו אמין, ולא לבצע את הפעולות הנדרשות. אם נציג את החיזוי תוך התעלמות מהאי-ודאות שבו, ייתכן שיהיה קל יותר להניע תגובה ופעולה, אך כמובן שאז המציאות בשטח עשויה להיות שונה מזו שהתרענו עליה (למשל, השיטפון יהיה בסופו של דבר בנחל המרוחק מספר קילומטרים). השאלה איך להביא את המידע באופן שבו הוא אפקטיבי עבור מקבלי ההחלטות דורשת מבחינתי עוד לימוד ומחקר בפני עצמה.



שיטפון בנחל שחורת עובר דרך המחצבה שליד מחסום הכניסה לאילת | צילום: עופר בר ינאי, באדיבות רשות ניקוז ונחלים
ערבה. הצילום הוצג בתערוכה "נפי המים הייחודיים לערבה ולנגב המרכזי-דרומי", שנערכה ביוזמת הרשות

מה היית מיעצת למקבלי ההחלטות העוסקים בהיערכות לשיטפונות ובהתערה מפניהם?

קודם כול, חשוב שיהיה שיח דינמי יותר בין החוקרים למקבלי ההחלטות. חשוב שיהיה לכולנו מקום לשמוע ולהשמיע. ייתכן שלשם כך דרוש מתווך שיגשר על פערי השפה. אני מעורבת לא פעם במחקר שממומן על-ידי משרדי ממשלה, אך בשל אותם פערים אין ביטוי מעשי לממצאים שעולים במחקרים. אני לא אומרת שפשוט לתרגם ממצאים מדעיים להחלטות ולמדיניות, אבל אני חושבת שכדאי להתאמץ ולחפש דרכים טובות יותר להעברת המסר בצורה ברורה, מובנת ומדויקת. נוסף על כך, אני ממליצה גם למקבלי ההחלטות להכיר שיטות חדשות ועדכניות שכבר נכנסו לעולם המחקר, אך עדיין לא לעולם המעשה. יתרה מכך, רצוי לבחון כמה שיטות במקביל, תוך פתיחות וגמישות, דבר שעשוי לשפר את הדיוק ולמזער אי-ודאות.

אפרת, לסיום, איזה מסר חשוב לך להעביר לקוראות ולקוראים?

הייתי רוצה שידעו עד כמה התחום הזה מרתק, ושהוא כולל נושאים מעניינים שנמצאים בחזית המדע וגם בעלי חשיבות מעשית לחיים שלנו פה. לצערי, אני שומעת מכל הכיוונים עד כמה חסרים בארץ הידרולוגיות והידרולוגים. חשוב שיצטרפו עוד חברה צעירים לתחום ההידרולוגיה, שיותר סטודנטיות וסטודנטים יבואו ללמוד הידרולוגיה, ואחר כך ימשיכו במחקר או ישתלבו בעשייה הפרקטית.