

אורי דיין

המחלקה לגיאוגרפיה, האוניברסיטה
העברית בירושלים

ברוך זיו

המחלקה למדעי הטבע והחיים,
האוניברסיטה הפתוחה

איתמר לנסקי

המחלקה לגיאוגרפיה וסביבה,
אוניברסיטת בר-אילן

פבל חיין

השירות המטאורולוגי הישראלי

מאמר זה עבר שיפוט עמיתים

ציטוט מומלץ

דיין א, זיו ב, לנסקי א וחיין פ. 2022.
אסון נחל צפית כביטוי קיצוני
לסופות גשם בנגב. *אקולוגיה וסביבה*
13(1): 58–65.



בשיטפון הבזק הקטלני ביותר מאז קום המדינה, שנוצר בעקבות אירוע גשם חריג בעוצמתו, נספו עשרה מצעירי המכונה הקדם-צבאית "בני-ציון" ב-26 באפריל 2018 | צילום אילוסטרציה, באדיבות יחידת חילוץ ערבה

אסון נחל צפית כביטוי קיצוני לסופות גשם בנגב

26 באפריל, 2022

גיליון אביב 2022 / כרך 13(1)

[חזית המחקר](#)

על קצה המזלג

- באפריל 2018 נספו עשרה צעירי מכינה קדם-צבאית בשיטפון הבזק הקטלני ביותר מאז קום המדינה.
- שאלה מרכזית, הנוגעת לחיי אדם, היא אם ניתן לחזות שיטפון בזק שכזה.
- הצלחת החיזוי המפורט של עוצמות הגשם ומשכו תלויה בסוג מערכת מזג האוויר.
- כשברקע שולטת מערכת גשם בסקאלה סינופטית – כפי שהיה באותו שיטפון בזק קטלני – יורדים גשמי זעף שהם בעלי השתנות מקומית מטבעם. אף על פי שניתן לחזות מראש שיש סיכוי גבוה לשיטפונות, תחזית חמורה אך כללית זו אינה מסוגלת לקבוע באילו נחלים יתפתחו השיטפונות ובאילו שעות בדיוק.
- לכן, בעת מערכת גשם בסקאלה סינופטית יש להתייחס לאזהרות מפני שיטפונות כרלוונטיות עבור כל ערוץ מדברי, בכל מהלך הסופה.
- היכולת לזהות את מיקומם ועיתויים המדויק של תאי הגשם מהסוג שחולל את השיטפון בנחל צפית מוגבלת. לאחרונה פיתח השירות המטאורולוגי שיטה לשיפור חיזוי ענני גשם מסוג זה, והיא נכנסת לשימוש מבצעי.

מערכת אקולוגיה וסביבה

תקציר

באסון השיטפון בנחל צפית, שאירע ב-26 באפריל 2018, נספו עשרה תלמידי המכינה הקדם-צבאית "בני ציון". הדבר אירע בעיצומו של פרק גשם חריג בעוצמתו לעונה. מחקר זה מנסה להצביע על הגורמים לחומרת השיטפון, תוך התייחסות למידת חריגות האירוע, ליכולת לחזותו ולשאלה אם הוא סממן לשינוי אקלימי. לשם כך שילבנו נתוני גשם והדמיות מכ"ם של השירות המטאורולוגי, הדמיות לוויין, נתונים מעובדים של מרכזי חיזוי עולמיים ונתונים שעובדו במודל COSMO של השירות המטאורולוגי. איתור מקורות הלחות, החיונית להתפתחותם של ענני סערה, בוצע באמצעות שחזור מסלולי גושי האוויר המגיעים לישראל בגבהים השונים של האטמוספירה.

תפוקת הגשם של שקע ברומטרי ברום נקבעת על פי היחס בין עומקו לרוחבו. בחינת השיטפונות שאירעו בסוף האביב ב-33 השנים האחרונות בנגב הראתה שבאירוע הנוכחי היה יחס זה הגבוה ביותר מאלה שנמדדו בתקופה זו של השנה. שהייתו של שקע מעל אזור מסוים נוטה להחריף את השפעותיו. בסופה זו השקע האט את התקדמותו עם הגעתו לדרום הארץ, והשפעתו על אזורנו נמשכה שלושה ימים. עוצמת הגשם הגיעה ל-180 מ"מ לשעה, והסבירות להתרחשות אירוע כזה נמוכה מאחוז וחצי לשנה. כמות הגשם החריגה בנחל צפית, של 50 מ"מ תוך שעותיים, נבעה מהתכנסות של לחות בגבהים שונים ממקורות שונים, שיצרה רצף לחות בכלל העמודה האטמוספירית ו"אפקט רכבת" של תאי הגשם. אף על פי שלא ניתן לקבוע מראש בדיוק באילו נחלים יתפתחו השיטפונות ובאילו שעות, חומרת הסערה, כפי שהשתקפה במודלים השונים, גרמה לגופי החיזוי להתריע על סכנת שיטפונות בכל הנחלים בדרום.

מבוא

בשיטפון הבזק הקטלני ביותר מאז קום המדינה, שנוצר בעקבות אירוע גשם חריג בעוצמתו, נספו עשרה מצעירי המכינה הקדם-צבאית "בני-ציון" ב-26 באפריל 2018. הגשם פקד את תת-אגן צפית, המצוי בחלקו הצפון-מזרחי של אגן נחל צין, במשך שעותיים, בין השעות 11:40 ל-13:40, וכמותו, על פי הערכה ממכ"ם, הגיעה ל-50 מ"מ. כמות זו חריגה ביחס לכמויות המשקעים היממתיות המאפיינות אזור מדברי זה, ששיעורן כ-5 מ"מ, ועולה פי חמישה מעבר לסף של 25 האחוזונים העליונים.

האירוע התאפיין ב'גשמי זעף', היורדים במטחים רבי-עוצמה בפרקי זמן קצרים, לרוב במשך פחות משעה, והשיטפון שנגרם מהם מכונה "שיטפון בזק" (flash flood). בין 25 ל-27 באפריל 2018 ירדו גשמי זעף במספר אתרים ברחבי המדינה, כגון סחנין, עמק חרוד, הרי יהודה והשפלה הדרומית (בלוויית ברד כבד), והדבר פורסם על-ידי השירות המטאורולוגי^[2] ונותח בהרחבה במאמר מפורט^[3].

שיטפונות באזור זה בסוף האביב אינם נדירים. בניתוח כלל אירועי השיטפונות בנגב, שהתבסס על תקופת מחקר של 48 שנים^[1], נמצא שכ-15% מסך השיטפונות הגדולים בנגב, שזמן חזרתם לפחות חמש שנים (כלומר שבכל שנה יש הסתברות של 20% ששיטפון לפחות בסדר גודל זה יתרחש), נצפים בחודשים אפריל ומאי. בדיקה שנעשתה כחלק מאותו מחקר הראתה שהשיטפון שהמאמר מתמקד בו הוא חלק מ-28 ימי שיטפונות שנכללו ב-12 סופות שאירעו באזור במהלך 33 השנים 1986–2018 בחודשים הללו.

גשמי זעף מתרחשים בהתקיים שלושה תנאים: לחות גבוהה, כוחות המעלים את האוויר כלפי מעלה, מה שגורם להתעבות ולהתפתחות העננים, ואטמוספירה בלתי יציבה, מצב המעודד את המשך עלייתם של זרמי האוויר. אי-יציבות מתקיימת כאשר שכבות האטמוספירה הנמוכות חמות במידה קיצונית בהשוואה לגבוהות. כדי ללמוד על תרומתם של המנגנונים שהיו מעורבים ביצירת גשמי הזעף באירוע זה, ושקבעו היכן בדיוק יתרחשו השיטפונות, היה צורך לשלב מידע ממספר מקורות. במאמר מתוארים התהליכים שגרמו להתפתחות סופת הגשם, ולאירוע השיטפון של צפית בפרט, תוך התייחסות לשאלות הבאות: עד כמה היה האירוע חריג בעוצמתו? האם ניתן היה לחזותו, ואם כן, באיזה טווח זמן? האם הוא מבטא שינוי אקלימי שמשמעותו החמרה באירועים מסוג זה?



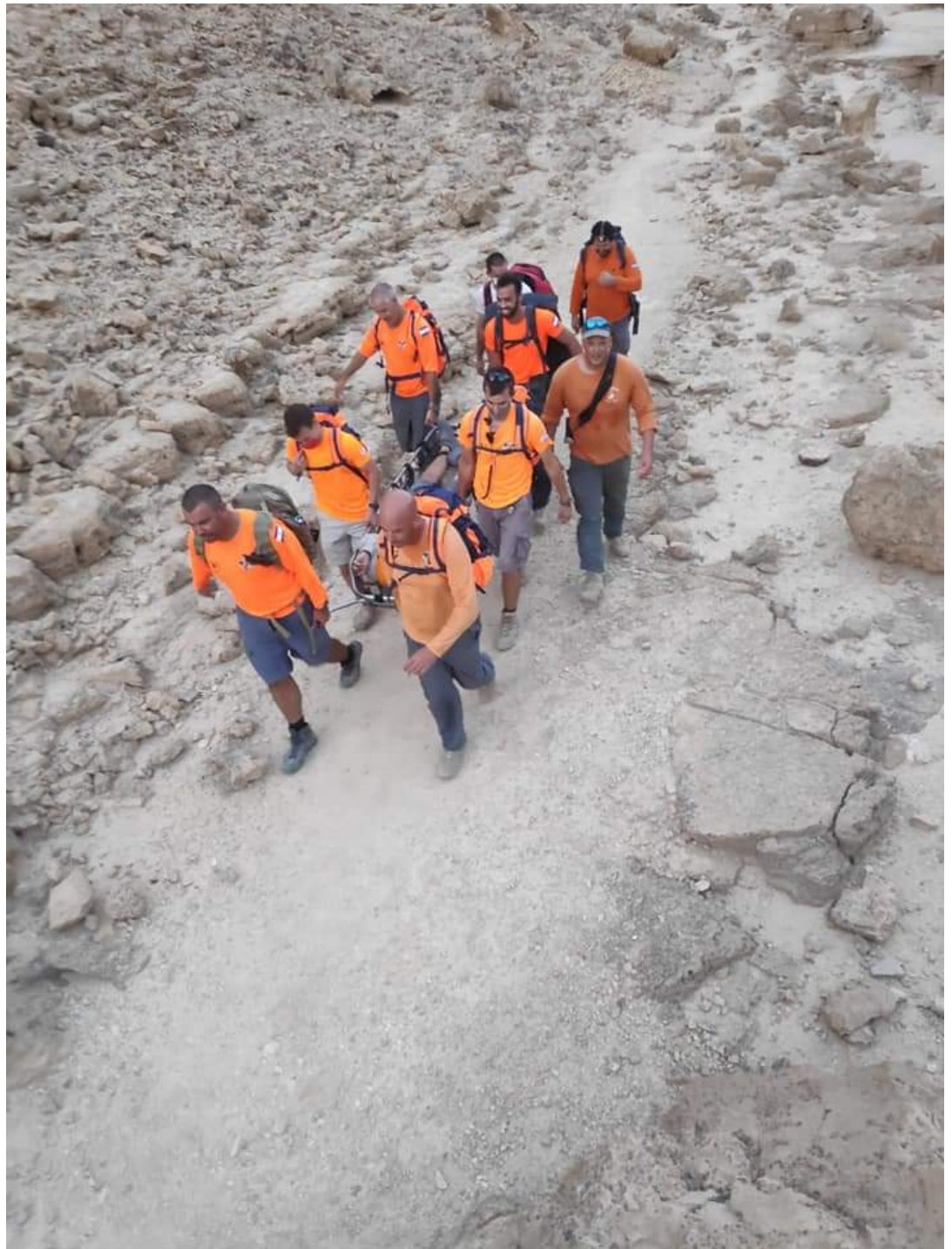
ענני סערה (קומולונימבוס). עננים מסוג זה מכילים כמות גדולה של טיפות גשם, ולכן חלקם התחתון כהה. החלקים העליונים מאופיינים בצורה שטוחה, בהירים משום שהם מחזירים היטב את קרינת השמש, וחלק מהם גם מבהיקים מכיוון שהם מכילים קרח. מטייל באזור מועד לשיטפונות הרואה באופק ענן כזה, ייטיב לעשות אם לא ייכנס לערוצי נחלים, ואם הוא נמצא בערוץ – ימהר לצאת / צילום: ברוך זיו

שיטות ומקורות מידע

נתוני הגשם מופו על-ידי שילוב של מדידות ממדי הגשם והדמיות מהמכ"ם של השירות המטאורולוגי בתדירות דגימה של חמש דקות, שהוסבו לעוצמות גשם^[6]. פרופילים אנכיים של הטמפרטורה לצורך הערכת האי-יציבות ושיעור הלחות הופקו מפרופיל הטמפרטורה והלחות, כפי שנמדדו ברדיוסונדה (מכשיר המופרח באמצעות בלון, ומודד ומשדר נתונים מטאורולוגיים מהאוויר) בבית דגן ומנתונים מעובדים של מרכזי החיזוי העולמיים. גובה פסגות העננים, הקובע במידה רבה את עוצמת המשקעים, חושב על פי נתוני הערוץ האינפרה-אדום של הלויין METEOSAT-MSG של האיחוד האירופי, הנדגמים ברציפות מדי שעה.

כדי לזהות את הגורמים שהשפיעו על תפוסתם והתפתחותם של ענני הגשם, ניתחנו את שדה הרוח בגבהים שונים מעל המזרח התיכון ודרום אירופה. המערכת הסינופטית (בסדר גודל של מאות קילומטרים), שקבעה מתי ירדו הגשמים, ואת חלקי הארץ שיושפעו ממנה, זוהתה, כמפורט במאמר^[5], על-ידי מיפוי הנתונים האטמוספריים של המרכז הלאומי לחיזוי סביבתי (NCEP) והמרכז הלאומי למחקר אטמוספרי (NCAR) בארה"ב. נתונים אלה ניתנים ברזולוציה של כ-250 קילומטרים. כדי לעדן את התמונה ולזהות את השעות והאזורים שהפעילות בהם מוגברת, השתמשנו בנתונים ברזולוציה גבוהה יותר, של כ-30 ק"מ, שמקורם במרכז האירופי לחיזוי לטווח בינוני (ECMWF). כדי להתחקות אחר גורמים מטאורולוגיים בקנה מידה מקומי ביצענו הדמיות של התנאים האטמוספריים באמצעות מודל COSMO, שהרזולוציה שלו 2.8 ק"מ. COSMO הוא מודל שפותח על-ידי קונסורציום אירופי, ומאז 2017 גם בהשתתפות השירות המטאורולוגי שלנו.

איתור מקורות הלחות בוצע באמצעות שחזור מסלולם של גושי האוויר המגיעים לישראל בגבהים השונים של האטמוספירה. השחזור נעשה באמצעות תוכנה ייעודית (Hysplit Model) של הסוכנות הלאומית האמריקאית לחקר האוקיינוסים והאטמוספירה^[7] (NOAA). התוכנה מתבססת על נתוני הרוח במרחב.



אף על פי שלא ניתן לקבוע שסופה זו משקפת מגמה אקלימית, מצאו המחקרים אישוש לתחזית שלפיה צפויה החמרה בתופעת השיטפונות/ צילום אילוסטרציה, באדיבות יחידת חילוץ ערבה

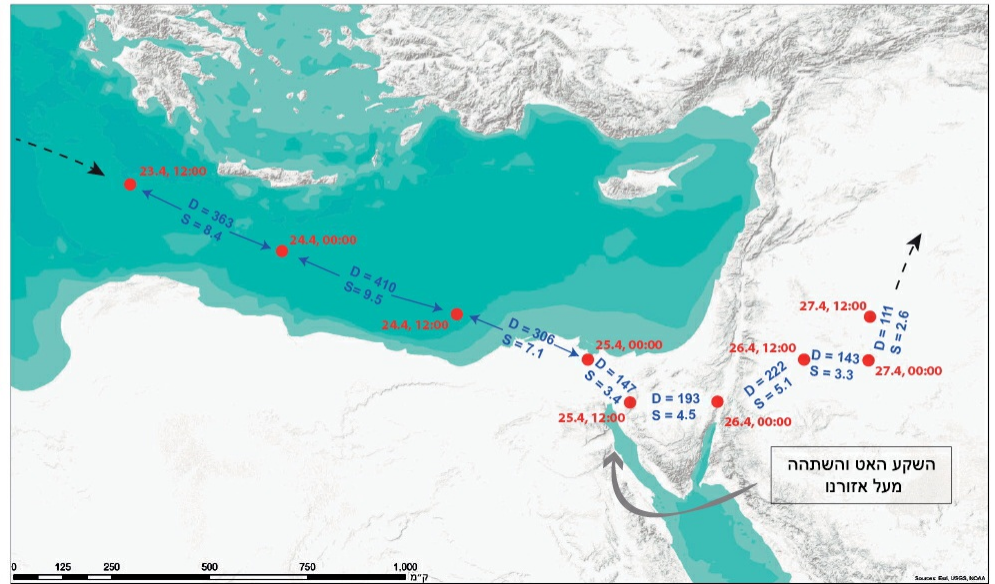
תוצאות: מהלך הסופה

יומיים לפני יום האסון, ב-24 באפריל, התקרב לאזורנו מכיוון צפון-מערב (ממרכז אירופה) שקע בשכבות העליונות של האטמוספירה. במהלך התקדמותו הוא שימר את תכונותיו "החורפיות והקרות" האופייניות לקווי רוחב הצפוניים יותר. ב-25 באפריל האט השקע את תנועתו והשתהה מעל דרום הארץ (איור 1), וכך גרם להתקררות בשכבות העליונות ולהגברת האי-יציבות. באותו זמן נבנה שקע נוסף בשכבות הנמוכות מעל צפון סעודיה, עם אפיק לירדן (איור 2). שקע זה גרם לרוח צפון-

מערבית, שהחדירה לחות מהים התיכון לאזור. נוכחות השקע בשכבות הנמוכות בשילוב האי-יציבות והסעת הלחות, יצרה תנאים מיטביים לירידת משקעים. ואכן גשם החל לרדת ביום זה, והתגבר למחרת.

איור 1. התקדמות שקע הרום שגרם לשיטפון

מיקום וקצב התקדמותו של שקע הרום, אשר האט את התקדמותו עם הגעתו לצפון סיני לקראת חדירתו האיטית לדרום הארץ. כל נקודה אדומה מציינת את מיקומו של השקע בתאריך ובשעה שלידה, ובין הנקודות מצוינים המרחק ביניהן (D, ק"מ) והמהירות הממוצעת של השקע (S, מטר לשנייה) במקטע המתאים.



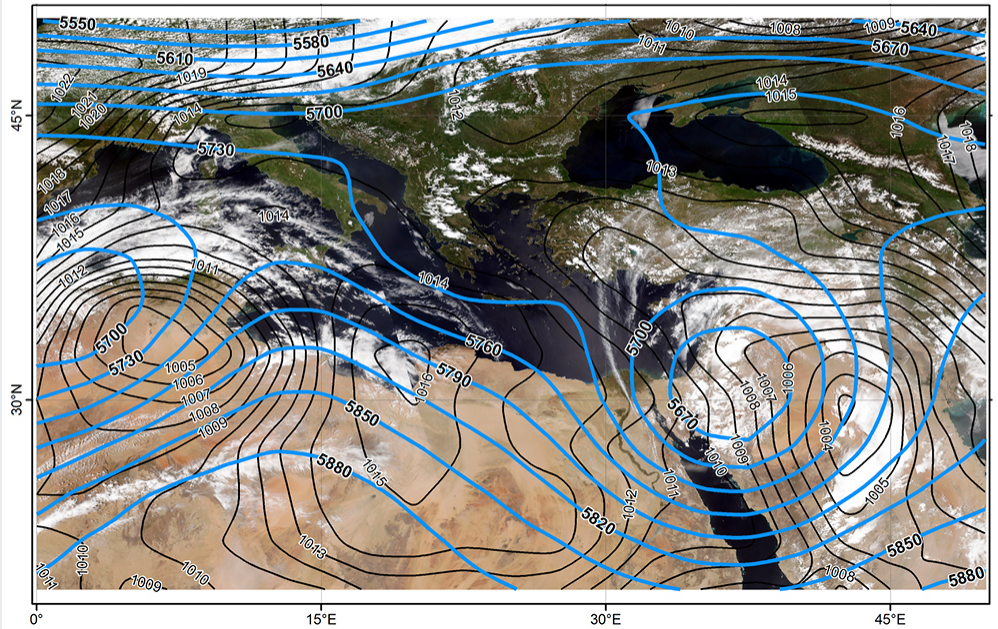
איור 1

התקדמות שקע הרום שגרם לשיטפון

מיקום וקצב התקדמותו של שקע הרום, אשר האט את התקדמותו עם הגעתו לצפון סיני לקראת חדירתו האיטית לדרום הארץ. כל נקודה אדומה מציינת את מיקומו של השקע בזמן המצוין לידה, ובין הנקודות מצוינים המרחק ביניהן והמהירות הממוצעת של השקע במקטע המתאים.

איור 2. התנאים הסינופטיים ביום השיטפון בנחל צפית

תמונת לוויין מהסדרה MODIS של המזרח התיכון ביום 26 באפריל 2018, בשעה 14:00 זמן מקומי. בתכלת: קווי הגובה של משטח הלחץ 500 הקטופסקל (כ-5,500 מטר); בשחור: קווי הלחץ בגובה פני הים (הקטופסקל). באדיבות משה (קוקו) ארמון.



איור 2

התנאים הסינופטיים ביום השיטפון בנחל צפית

תמונת לוויין מהסדרה MODIS של המזרח התיכון ביום 26 באפריל 2018, בשעה 14:00 זמן מקומי. בתכלת: קווי הגובה של משטח הלחץ 500 הקטופסקל (כ-5,500 מטר); בשחור: קווי הלחץ בגובה פני הים (הקטופסקל). באדיבות משה (קוקו) ארמון.

גשמים שירדו במהלך הסופה היו בעלי אופי מקומי, כפי שמתואר בדו"ח השירות המטאורולוגי [2]. הגשם הצטיין בעוצמות גבוהות ובהבדלים חריפים בין מקומות קרובים מבחינת הכמות המצטברת. מבחינה זו האירוע היה שונה מהמקובל בסופות הגשם החורפיות, מאחר שבהן הכמויות מתחלקות בצורה אחידה יותר. ייחוד נוסף של סופה זו הוא שהגשם פקד את רוב חלקי הארץ, וכמויות של עשרות מילימטרים ירדו גם בדרום הנגב.

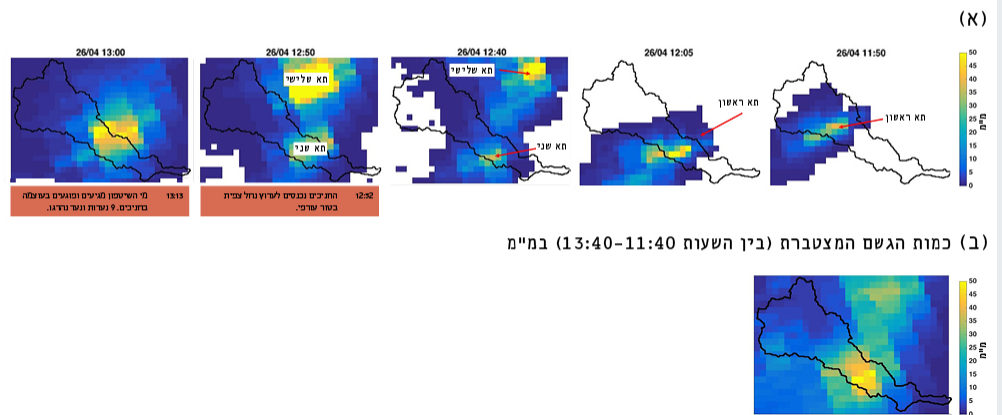
אחד משיאייה של הסופה התרחש באזור נחל צפית. על פי נתוני מכ"ם הגשם, עוצמתו הגיעה ל-180 מ"מ לשעה. ההערכה נעשתה על סמך תדירות דגימה של חמש דקות, ומבדיקת נתונים היסטוריים עולה כי עוצמה שכזו נמדדת פעם ב-75 שנה [6]. שלושה תאי גשם פקדו את הנחל בזה אחר זה במהלך השעתיים (איור 8), ויצרו בערוץ זרימה חזקה שגרמה לאסון.

כדי להעריך את מקומה של סופה זו באקלים האזור, השווינו את המאפיינים הסינופטיים שלה לאלה של 11 סופות נוספות שפקדו את האזור בסוף האביב (אפריל-מאי) ב-33 השנים האחרונות, ויצרו שיטפונות בנגב. ב-11 מ-12 הסופות היה נוכח באזור שקע בשכבות הגבוהות. היחס בין עומק השקע והרדיוס שלו קובע את מידת חומרתו. הערך המרבי שנצפה במהלך הסופה הנוכחית היה הגבוה ביותר שנמדד עד כה, ושני הערכים במקומות הבאים נמדדו בטווח שבע השנים האחרונות שבתקופת המחקר.

נושא הטעון הסבר הוא כיצד הגיעה לחות רבה לעומק הנגב ויצרה את כמות הגשם החריגה. על פי רוב, הרוח הצפון-מערבית מחדירה לחות ברום הנמוך מהים התיכון לאזור החוף ולמורדות המערביים של הרי יהודה, ורק חלק קטן מהלחות מגיע אל מעבר לקו פרשת המים. דבר זה מסביר את כמות המשקעים הממוצעת הנמוכה באזור צפית. הגשמים הכבדים שנצפו בפנים הארץ בסערה זו מעידים על כך שמקורות הלחות לא היו מוגבלים לרמות הנמוכות של האטמוספירה. ניתן לזהות מקור של לחות ברום הבינוני על סמך שחזור מסלול גוש האוויר שהגיע לצפית בזמן סופת הגשם (איור 4א). גם תמונת אדי המים של הלוויין מהלילה שקדם לאירוע (איור 4ב) מראה שובל של אוויר לח ברום הבינוני, שמקורו מזרחית ללבנט, ושחדר לישראל באיגוף שמאלי (בהתאם לזרימה סביב שקע) בעוברו מעל הים התיכון.

איור 3. מהלך התפתחותם של ענני הגשם שגרמו לשיטפון בנחל צפית

א. הדמיות מכ"ם המראות את התקדמות תאי הגשם מעל אגן נחל צפית (גבול האגן מסומן בקו השחור);
ב. מפת כמות הגשם הכוללת. ממדיה של כל מפה – 20x20 ק"מ. באדיבות יאיר רינת.



איור 3

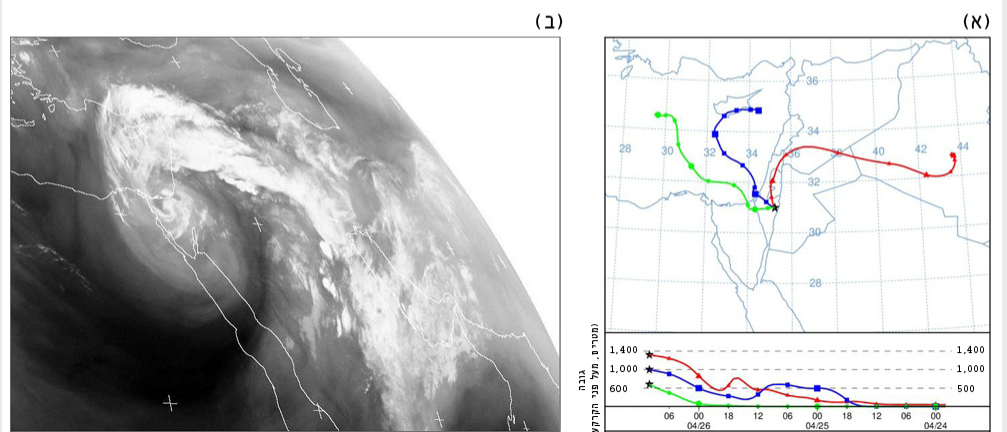
מהלך התפתחותם של ענני הגשם שגרמו לשיטפון בנחל צפית

א. הדמיות מכ"ם המראות את התקדמות תאי הגשם מעל אגן נחל צפית (גבול האגן מסומן בקו השחור);
ב. מפת כמות הגשם הכוללת. ממדיה של כל מפה – 20x20 ק"מ (באדיבות יאיר רינת).

איור 4. שחזור מסלול גוש האוויר שהגיע לצפית בזמן סופת הגשם

א. תמונת המסלולים של גושי האוויר שהגיעו לאזור צפית (מסומן בכוכבית) בזמן הגשם. המסלול בגובה 1,400 מטר (באדום) מראה לחות המגיעה ממזרח, בעוד ששני המסלולים הנמוכים יותר (בכחול ובירוק) מצביעים על לחות ממקור ים תיכוני. הצטברות האוויר הלח משני מקורות אלה יצרה עמודה אטמוספירית עבה המכילה לחות רבה.

ב. תמונת ערוץ אדי המים שצולמה מהלוויין METEOSAT-MSG. שובל לחות משתרע מסוריה לעבר מזרח הים התיכון, ומתעקל בצורה ספיקלית לעבר הנגב.



איור 4

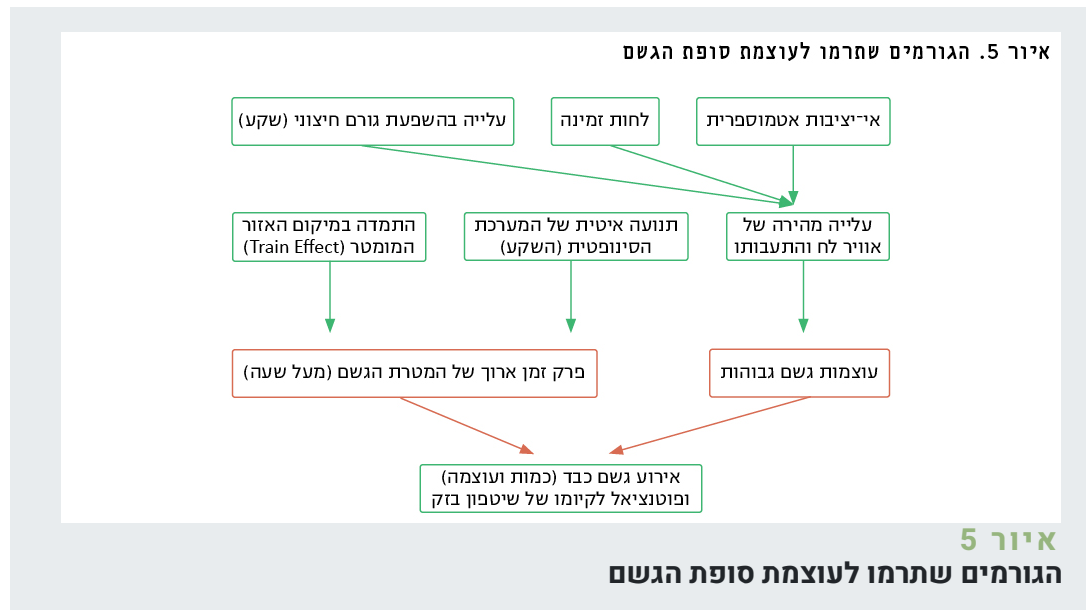
שחזור מסלול גוש האוויר שהגיע לצפית בזמן סופת הגשם

א. תמונת המסלולים של גושי האוויר שהגיעו לאזור צפית בזמן הגשם. המסלול בגובה 1,400 מטר (באדום) מראה לחות המגיעה ממזרח, בעוד ששני המסלולים הנמוכים יותר (בכחול ובירוק) מצביעים על לחות ממקור ים תיכוני. הצטברות האוויר הלח משני מקורות אלה יצרה עמודה אטמוספירית עבה המכילה לחות רבה.

ב. תמונת ערוץ אדי המים שצולמה מהלוויין METEOSAT-MSG. שובל לחות משתרע מסוריה לעבר מזרח הים התיכון, ומתעקל בצורה ספיקלית לעבר הנגב.

דיון וסיכום

כמות הגשם באזור נחל צפית ועוצמתו חריגות גם עבור עונה זו וגם בכלל. הסבירות הסטטיסטית לעוצמת הגשם הרגעית שנמדדה, שהגיעה ל-180 מ"מ לשעה, היא אחת ל-75 שנה. נתונים אלה, והמעבר החוזר ונשנה של תאי הגשם מעל אגן ההיקוות של הנחל, גרמו לתוצאות הטרגיות של שיטפון הבזק. עוצמתו של אירוע זה ניתנת להסבר על-ידי מספר גורמים, המוצגים באיור 5.



הגורם בסקאלה הסינופטית הוא שקע הרום. היחס בין העומק שלו לרדיוס היה הגדול ב-33 השנים האחרונות (עבור עונה זו). השקע תרם לריבוי המשקעים בכלל שטח המדינה. איטיות תנועתו של שקע הרום אפשרה למסות של אוויר לח להתכנס לאזור בגבהים שונים ולהזין את ענני הגשם. השקע תרם גם לאי-יציבות עקב הגעת אוויר ממוצא אירופי שגרם לאנומליה של 4- מעלות ברום הגבוה. האי-יציבות גברה גם עקב חימום הקרקע על-ידי קרינת השמש החזקה בעונה זו. התוצאה הייתה פסגות עננים גבוהות, שהגיעו לגובה של 9 ק"מ (כפי שחושב מתוך תמונות לוויין), פי 1.5 מהגובה האופייני בענני הגשם החורפיים. חומרת השיטפון באזור צפית נבעה בעיקר מהעובדה שתאי הגשם עברו בזה אחר זה מעל אותו אגן ההיקוות, תופעה המכונה "רכבת תאי גשם" (train effect)^[4]. תופעה זו גרמה להצטברות של כמויות גשם נדירות, עד 50 מ"מ, תוך שעתיים מעל אגן צפית, כפי שניתן לראות בניתוח המבוסס על סדרת הדמיות המכ"ם^[6]. רכבת זו "חבה" את קיומה במידה רבה להשתהותו של שקע הרום באזור.

כדי לבחון אם סופה זו משקפת מגמה אקלימית, נחוצה תקופת התייחסות ארוכה מאשר 33 השנים שנבדקו בהן סופות גשם דומות באזור הרלוונטי. יתרה מזו, אירוע קיצוני אחד אינו יכול להוות בסיס לאישוש מגמה אקלימית. עם זאת, יש לציין שהעובדה שב-33 שנות המחקר כ-58% ממספר סערות הגשם (57% ממספר הימים שאירעו בהם השיטפונות) אירעו בחציה השני של תקופה זו, עולה בקנה אחד עם התחזית שלפיה צפויה החמרה בתופעת השיטפונות.

שאלה מרכזית הנוגעת לגורלם של הנספים באסון היא אם היה ניתן לחזות את האירוע. תנאים הדומים לאלה שתוארו לעיל עלולים להיווצר בהיקף מצומצם, ואז השיטפון מקומי וקשה לחיזוי. מאידך גיסא, כמו במקרה הזה, הם עלולים להתקיים במקומות רבים, כשברקע שולטת מערכת גשם בסקאלה סינופטית. משמעות הדבר היא שהסיכוי לשיטפונות באירוע זה היה גבוה, וניתן לחיזוי מראש. ואכן, אזהרות על כך ניתנו בתקשורת. עם זאת, גשמי זעף הם בעלי השתנות מקומית מטבעם, ולכן תחזית כללית לשיטפונות עדיין אינה מבטיחה שבכל נחל וערוץ יזרמו המים בעוז, וגם אינה מסוגלת לקבוע מראש בוודאות באילו נחלים יתפתחו השיטפונות ובאילו שעות בדיוק. [טבלה 1 ואיור 5](#) מציגים את הגורמים הרלוונטיים להתרחשות השיטפון, את טווח החיזוי ואת האמצעים המשמשים לכך.

הצלחת החיזוי המפורט של הגשם תלויה בסוג מערכת הגשם. פעילות הנגרמת ממערכת חורפית בעלת חותם סינופטי דומיננטי, נחזית בדרך כלל בהצלחה על-ידי מודל COSMO בעל סריג עדין, המאפשר הדמיה ישירה של עננות מפותחת. עם זאת, יכולתו לזהות את מיקומם ועיתוי המדויק של תאי הגשם מהסוג שחולל את השיטפון בנחל צפית מעט מוגבלת. ואכן, העננות שגרמה לשיטפון, לא נחזתה בזמן אמת במקום הנכון על-ידו. שיפור בחיזוי של ענני גשם מסוג זה הושג לאחרונה בשימוש במכלול

(אנסמבל) של תוצרי הרצות המודל, ובמתן תחזית הסתברותית למיקום מוקדי המשקעים ועיתויים. גישה זו פותחה בשנתיים האחרונות בשירות המטאורולוגי ומבוצעת בו באופן מבצעי.

טבלה 1. הגורמים הרלוונטיים להתרחשות השיטפון, טווח החיזוי והאמצעי המשמש לכך

גורם	טווח החיזוי	אמצעי החיזוי
שכיחות עונתית (קרוב ל-1 בשנה, בממוצע)	לא רלוונטי	ידע סטטיסטי
אופי המערכת הסינופטית	3-4 ימים	מודלים עולמיים לחיזוי
מהלך התנועה והממדים של שקע הרום	2-3 ימים	מודלים עולמיים לחיזוי
הסיכוי לחדירת גשמי הזעף לדרום הארץ	יום-יומיים	מודל חיזוי אזורי
תופעת רכבת חאי הגשם (Train Effect)	כ-3 שעות	לוחיות, מכ"ם

טבלה 1

הגורמים הרלוונטיים להתרחשות השיטפון, טווח החיזוי והאמצעי המשמש לכך

הלכה למעשה

ד"ר נועם חלפון, אגף אקלים, השירות המטאורולוגי

סופת הגשם המתוארת במאמר זה הייתה חלק מאירוע מזג אוויר חריג ברמה הארצית ביחס לעונות האביב בעשורים האחרונים. התופעות החריגות היו ממוצע מרחבי חריג של הגשם היממתי מעל שטח ישראל וגבוה בהרבה מהנורמה בשולי עונת הגשם, ושכירת שיאי עוצמות גשם רגעיות בתחנות רבות ובמשך שלושה ימים רצופים. החוקרים ניתחו בצורה יפה את האירוע בכללותו תוך הדגשת חריגותיו.

באירוע נמדדו ספיקות נדירות במספר אגני ניקוז, אך דווקא באגן נחל צפית עצמו לא התרחש אירוע נדיר בזמן חזרה של פעם ב-75 שנים. למשל, ב-29.10.2004 התרחשה בצפון מזרח הנגב סופת גשם שהתאפיינה בכיסוי נרחב של עננות ממטירה בעוצמות גבוהות, וזו הביאה בנחל צפית לספיקה גדולה יותר מפי שבעה מהאירוע ב-2018 ולספיקות נדירות גם באגני היקוות סמוכים.

באשר לשאלה אם סופה חמורה משקפת מגמה אקלימית, אני שותף לקביעת הכותבים שאירוע קיצוני אחד איננו יכול לאשש מגמה אקלימית, ויתרה מכך, 33 שנים אינן מספיקות אף הן לאישוש מגמות של שינוי אקלים.

מקורות

1. כהנא ר. 1999. ניתוח סינופטי הידרולוגי של שיטפונות הנגב (עבודה לקבלת תואר מוסמך). ירושלים: האוניברסיטה העברית בירושלים.
2. פורת ע, חלפון נ ופורשפן א. 2018. בדיקת חריגות אירוע מזג האוויר 25-27 באפריל 2018. השירות המטאורולוגי הישראלי.
3. Dayan U, Lensky IM, Ziv B, and Khain P. [Atmospheric conditions leading to an exceptional fatal flash flood in the Negev Desert, Israel](#). *Natural Hazards and Earth System Sciences* **21**: 1583-1597.

4. Doswell C. 1987. [The distinction between large-scale and mesoscale contribution to severe convection: A case study example](#). *Weather and Forecasting* **2**(1): 3-16.
5. Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. [The NCEP/NCAR 40-years reanalysis project](#). *Bulletin of the American Meteorological Society* **77**(3): 432-472.
6. Rinat Y, Marra F, Armon M, et al. 2021. [Hydrometeorological analysis and forecasting of a 3-day flash-flood-triggering desert rainstorm](#). *Natural Hazards and Earth System Sciences* **21**: 917-939.
7. Stein AF, Draxler RR, Rolph GD, et al. 2015. [NOAA's HYSPLIT atmospheric transport and dispersion modeling system](#). *Bulletin of the American Meteorological Society* **96**(12): 2059-2077.

קריאה נוספת

במאמר מסוכם מחקר מפורט של תאי הגשם שגרמו לשיטפון בנחל צפית, ויש בו מידע מקצועי בנושא אנליזה של הדמיות מכ"ם.

Rinat Y, Marra F, Armon M, et al. 2021. [Hydrometeorological analysis and forecasting of a 3-day flash-flood-triggering desert rainstorm](#). *Natural Hazards and Earth System Sciences* **21**: 917-939.

כותבי המאמר הנוכחי מפרטים כאן את התנאים האטמוספריים שהביאו להיווצרות הסופה. בעזרת עיבוד מידע ממקורות שונים הם מנתחים את הגורמים הדינמיים שתורמו לתאי הגשם העיקריים, תוך מתן דגש לאירוע בנחל צפית.

Dayan U, Lensky IM, Ziv B, and Khain P. [Atmospheric conditions leading to an exceptional fatal flash flood in the Negev Desert, Israel](#). *Natural Hazards and Earth System Sciences* **21**: 1583-1597.

פרסום מיוחד מטעם מחלקת האקלים של השירות המטאורולוגי, שבוחן בכלים סטטיסטיים את מידת חריגות של עוצמות הגשם שנמדדו בחלקי הארץ השונים במהלך הסופה שתוארה במאמר זה.

פורת ע, חלפון נ ופורשפן א. 2018. בדיקת חריגות אירוע מזג האוויר 25-27 באפריל 2018. השירות המטאורולוגי הישראלי.