

בדיקת חריגות אירוע מזג האוויר 25-27 באפריל 2018

עמוס פורת

נועם חלפון

אבנר פורשפן

בית דגן, אוגוסט 2018

חריגות אירוע 25-27 באפריל 2018

עמוד	תוכן
3	תיאור כללי
3	הקדמה
3	מצב סינופטי ומהלך האירוע
4	כמויות הגשם באירוע
6	תופעות מזג האוויר הבולטות באירוע ומידת חריגותן
6	עוצמות הגשם לפרקי זמן קצרים
9	כמויות גשם ואזורים חריגים ב-25 באפריל
11	כמויות גשם ואזורים חריגים ב-26 באפריל
13	כמויות גשם ואזורים חריגים ב-27 באפריל
13	רוחות
14	ברד
15	חריגות כוללת של האירוע
15	סיכום
16	נספח

1. תיאור כללי

א. הקדמה

ב-25-27 באפריל 2018 פקד את ישראל אירוע מזג אוויר שכלל תופעות מזג אוויר קיצוניות של עוצמות גשם חזקות, ברד ומשבי רוח חזקים. שטפונות עזים שנוצרו בנחלים גרמו ל-13 הרוגים, רובם בצפון הערבה וכן בנגב ובאזור גוש עציון. נגרמו נזקים לחקלאות בעיקר באזור דרום הכנרת ועמק בית שאן וכן היו הצפות בערים שונות (ירושלים, תל אביב, ראשון לציון ועוד). הדו"ח שלהלן סוקר את עוצמות הגשם, הרוח והברד באזורים השונים באירוע הזה ואת מידת חריגותם.

ב. מצב סינופטי ומהלך האירוע

ב-25-27 באפריל 2018 פקדו את אזורנו תאי עננות מפותחים שהביאו עימם גשמים חזקים, ברד כבד, סופות רעמים ומשבי רוח חזקים. שטפונות שנוצרו בעקבות העננות המפותחת גרמו להרוגים בעיקר בצפון הערבה וכן באזור גוש עציון ובנגב. המצב הסינופטי שגרם להיווצרות העננים המפותחים היה שקע רום (בשכבות הבינוניות והגבוהות של האטמוספירה) ואפיק בשכבות הנמוכות. מרכזו של שקע הרום היה מעל סיני ודרום הארץ ב-25 בחודש והוא נע באיטיות מזרחה, כך שב-26 באפריל הוא היה מעל ירדן וצפון מערב חצי האי ערב וב-27 בחודש מעל מזרח ירדן ומערב עירק. שקע הרום לווה באוויר קר, והשילוב של האוויר הקר בשכבות הגבוהות של האטמוספירה עם אוויר חם ולח בשכבות הנמוכות, גרם לאי יציבות אטמוספירית ולהיווצרות של ענני סערה (קומולונימבוס) מפותחים מעל מזרח הים התיכון.

עננים אלו נכנסו בשעות הבוקר של ה-25 באפריל לצפון הארץ (מכיוון מזרח) ובשעות הצהריים הם התפתחו מעל דרום הארץ ונעו צפונה אל מרכזה. ב-26 באפריל כיוון של רוחות הרום השתנה, כך שהן היו בעלות רכיב צפוני. בהתאם לכך נעו עננים מפותחים מלבנון דרומה והם הגיעו אל צפון הארץ בשעות הצהריים ובהמשך אל מרכזה ודרומה. במקביל נוצרו עננים מפותחים מעל דרום הארץ (מדבר יהודה, הערבה ומזרח הנגב) כבר בשעות הצהריים המוקדמות ותאי גשם שהו מעל אזור זה ברציפות משעות הצהריים ועד שעות הערב המאוחרות. ב-27 באפריל נוצרו בשעות הצהריים ואחר הצהריים עננים מפותחים בעיקר במזרח הארץ – בערבה, במזרח הנגב ובגולן. התאים במזרח הנגב נעו דרומה ועזבו את הארץ דרך אילת בשעות הערב.

הגשמים התאפיינו בעוצמות חזקות מאוד, אולם כיוון שהיתה רוח דומיננטית (בשל קיומו של שקע הרום), משך שהייתם מעל כל אזור היה קצר. בעקבות זאת התקבלו עוצמות קיצוניות לפרקי זמן קצרים של 10-15 דקות על פני אזורים נרחבים. היו מקומות בהם העננים שהו לפרקי זמן ארוכים יותר או שהיו מספר גלים של עוצמות גשם חזקות ואז התקבלו כמויות גדולות לפרקי זמן ארוכים יותר. לדוגמה, בנגבה נמדדו 56 מ"מ בתוך שעה אחת (ב-25 באפריל בשעות אחר הצהריים).

הגשמים לוו בברד כבד באזורים שונים וכן במשבּי רוח חזקים שהגיעו בחלק מהמקומות ליותר מ-70 קמ"ש ואף ליותר מ-90 קמ"ש.

ג. כמויות הגשם באירוע

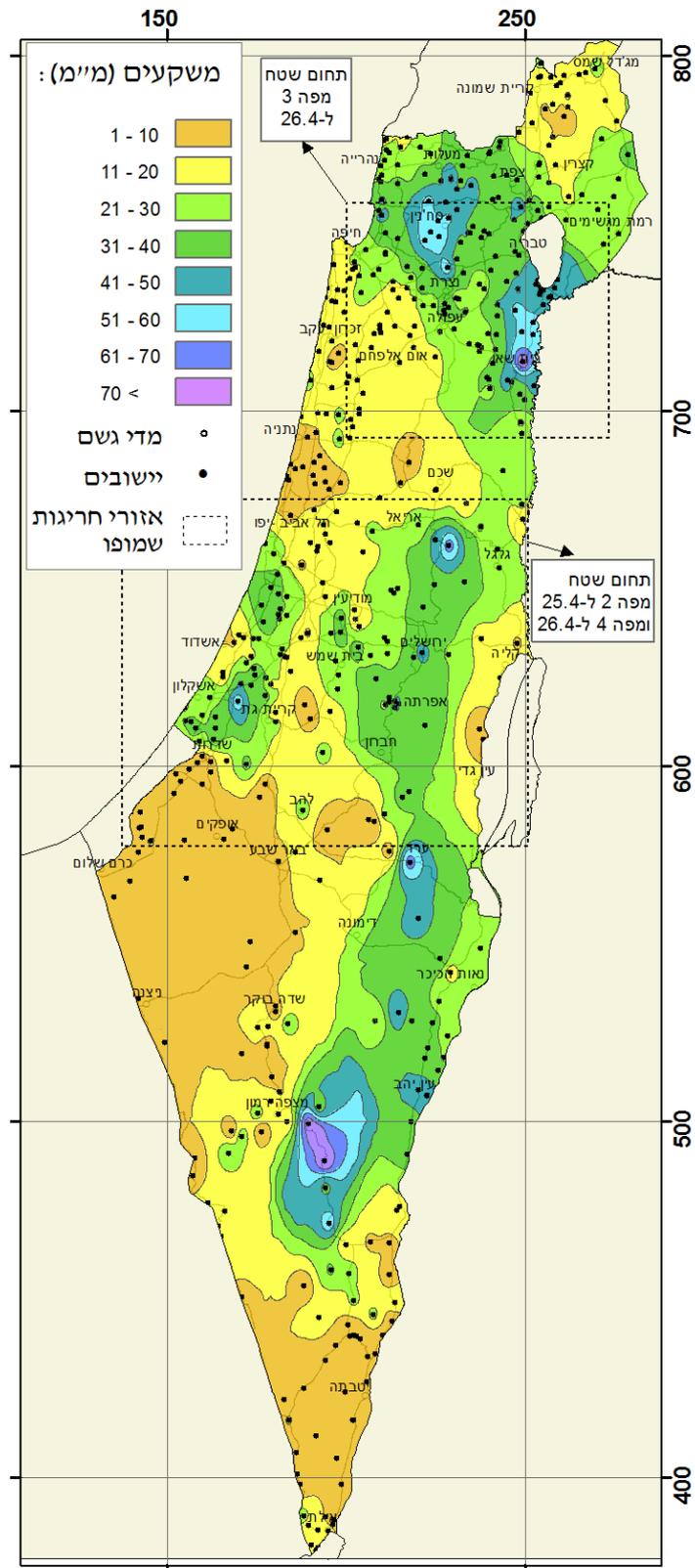
במערכת נמדדו כמויות של כ-20-50 מ"מ עם שונות אזורית ניכרת בהתאם למיקום העננים המפותחים ותנועתם. הגשמים נשאו אופי מקומי, ובשל עוצמות הגשם הגבוהות המאפיינות רק שטח מוגבל בתוך תאי הגשם, נוצרו הבדלים גדולים בכמות הגשם בין מקומות שהיו במוקד התאים העוצמתיים למקומות סמוכים שהיו בשוליים. השונות הגבוהה של כמויות הגשם היומיות ניכרת לעין במפה 1 המציגה את כמויות הגשם שירדו בכל האירוע (25-27 באפריל). האזורים בהם ירדו הכמויות הגדולות ביותר הם הגליל התחתון, עמק בית שאן והכנרת, מישור החוף הדרומי, הרי המרכז, מזרח הנגב וצפון הערבה. כמויות קטנות יותר של גשם ירדו בכרמל, בשרון ובנגב המערבי.

כמויות יממתיות גדולות של 30-45 מ"מ נמדדו ב-25 באפריל בחלקים המרכזיים של הגליל; במישור החוף המרכזי-דרומי (ראשון לציון-רחובות) נמדדו 30-35 מ"מ וכמויות דומות ירדו גם בשפלה הדרומית. בתחנה בנגבה נמדדו 59 מ"מ. ב-26 באפריל נמדדו כמויות גדולות של 30-45 מ"מ באזור דרום הכנרת – עמק בית שאן, ובחמדיה אף נמדדו 72 מ"מ. באזור הרי ירושלים, בגוש עציון, בדרום הר חברון ובאזור ערד ירדו 30-35 מ"מ.

ב-27 באפריל ירדו בערד 27 מ"מ, דרומה משם במכתש רמון נמדדו עשרות מילימטרים¹ ובאילת ירדו 12 מ"מ.

הכמויות בכל אחת מהיממות אינן חריגות, פרט לכמות היממתית בחמדיה (ב-26 באפריל) שהיא השנייה בגודלה מתחילת המדידות בתחנה זו ב-1943 וכן כמות הגשם במכתש רמון ב-27 בחודש שיתכן כי היתה חריגה אף היא אך בהעדר נתון יומי רשמי לא ניתן לקבוע זאת בוודאות.

¹ כ-70 מ"מ ויותר נמדדו בתום האירוע במכתש רמון במספר מדי גשם זעירים של מו"פ ערבה, מרביתם ירדו ב-27.4.



מפה 1: כמות הגשם המצטברת (מ"מ) ב-25-27 באפריל 2018

2. תופעות מזג האוויר הבולטות באירוע ומידת חריגות

א. עוצמות הגשם לפרקי זמן קצרים

כללי

כפי שצוין בהקדמה ובסקירה הכללית, עוצמות הגשם המשמעותיות היו לפרקי זמן קצרים של עד שעה אחת ובדרך כלל לפרקי זמן של 10-15 דקות. ברוב המקרים, באזורים בהם חלפו התאים המפותחים ביותר (ראו מיפויים בהמשך), ירדו בתוך 10 דקות כמחצית מגשמי היממה ואף יותר מכך. בהתאם לכך בוצעה באזורים אלה השוואה בין כמויות הגשם העשר דקות המקסימליות לבין ערכי הסף לחריגות לפרק זמן זה (ראו מפות 2-4). סף החריגות נקבע על פי תקופת חזרה ממוצעת של 18 שנים (הסתברות שנתית של 5.5%) וכן נבדקה החריגות לתקופת חזרה ממוצעת של 100 שנים (1%). ערכי הסף לחריגות לפרק זמן של 10 דקות נקבעו על בסיס החישובים והמפה של עוצמת הגשם המקסימלית (מ"מ לשעה) למשך 15 דקות בהסתברות של 5% (עוצמות גשם בישראל, 1998²). על בסיס מפה זו והכפלה במקדם של 1.18 הופקו טבלת נתונים ומפה של עוצמת הגשם המקסימלית (מ"מ לשעה) למשך 10 דקות בהסתברות של 5.5% ובעזרת הכפלה במקדם של 1.55 הופקו טבלת נתונים ומפה לערך עוצמת הגשם בהסתברות של 1%. הסבר לאופן קביעת סף החריגות ל-10 דקות ומיפוי משתנה זה ניתן לראות בנספח.

כמויות הגשם המקסימליות לעשר דקות התקבלו משני מקורות:

1. תחנות אוטומטיות של השירות המטאורולוגי עם נתונים בכל דקה, כך שניתן לקבל ערך מקסימלי לעשר דקות "נעות". לנתונים בוצע תיקון על פי טבלת כיוול³.
 2. תחנות אוטומטיות של גופים אחרים (בעיקר משרד החקלאות) בהם מתקבלים נתונים בכל עשר דקות שלמות (ולא בכל דקה). לנתונים אלו בוצע תיקון כדי להתאימם לערך המקסימלי לעשר דקות "נעות".
- באשר לתחנות ידניות עם נתוני גשם יומי בלבד, הרי שנתונין הושאו עם נתונים יומיים בתחנות סמוכות בהן קיים ערך עשר דקותי מדוד ובעזרת השוואה זו נקבעה חריגות⁴. הסבר מפורט יותר על תהליך קביעת ערכי הסף לחריגות ועל חישוב עוצמות הגשם המקסימליות העשר דקותיות בתחנות השונות מוצג בנספח.

² מורין י., שרון ד., ורובין ש., 1998: *עוצמות גשם בישראל – מבחר תחנות*. בית דגן, 149 עמ'.

³ בעת ירידת גשם בעוצמה גבוהה מדי גשם אוטומטיים מסוג tipping bucket לא מצליחים למדוד את כל מי הגשם, הסיבה לכך הוא שמי גשם ממשיכים לזרום תוך כדי תחילת תנועת התרוקנות הכף מבלי להימדד. לכן לכל סוג מכשיר יש עקום כיוול משלו המסופק ע"י היצרן ומאומת גם במעבדת הכיול בשירות המטאורולוגי.

⁴ נעשה ניסיון מתקדם יותר להיעזר במכס הגשם לצורך תיחום ומיפוי, אך השוואת ערכי המכ"ם לנתוני הגשם המדודים העלתה כי כל ניסיון להפעיל כלי אוביקטיבי כמותי המבוסס על המכ"ם אינו מהימן מספיק והמקסימום שניתן לעשות בעזרת המכס הוא זהויה כללי של מיקום תאי העוצמות הגבוהות ואופן התקדמותם והתחשבות במידע זה לצורך התיחום העדין של גבול אזור החריגות.

ערכי הסף לחריגות לכמויות גשם עשר דקות

להלן טווחים מקורבים של ערכי הסף לחריגות לכמויות גשם עשר דקות באזורים השונים (בסוגריים עוצמות הגשם במוצע על פני 10 דקות):

אזור	סף חריגות בהסתברות 5.5%	סף חריגות בהסתברות 1%
מישור החוף	18-15 מ"מ (108-90 מ"מ בשעה)	23-20 מ"מ (138-120 מ"מ בשעה)
גליל, גולן, שפלה, עמק יזרעאל, הנגב, עמק הירדן, ים המלח והערבה	14-12 מ"מ (84-72 מ"מ לשעה)	19-15 מ"מ (114-90 מ"מ בשעה)
שומרון, הרי יהודה, עמק החולה והכנרת	11-8 מ"מ (66-48 מ"מ לשעה)	14-11 מ"מ (84-66 מ"מ בשעה)

חריגות הגשם ב-25-27 באפריל

בטבלה 1 מוצג בכל תחנה אוטומטית ההפרש בין כמות הגשם המקסימלית לעשר דקות לבין ערך הסף לחריגות. הפרש חיובי משמעותו שכמות הגשם שירדה היתה חריגה והפרש שלילי משמעותו שהכמות היתה נמוכה מסף החריגות.

הפרשים אלה ממופים במפות 4-2 על פי מפתח צבעים וגם שם מוצגות כל תחנות הגשם ולצדן כמות הגשם היומית. מפות אלה מתמקדות מראש באזורים בהם נמצאו ערכים 10 דקות חריגים והם:

- ב-25 באפריל מישור החוף הדרומי והמרכזי, השפלה ומערב הרי יהודה (מפה 2).
- ב-26 באפריל הכנרת, העמקים, הגליל התחתון המזרחי והגלבוע (מפה 3) וכן אזור יהודה ושומרון (מפה 4).
- שטח החריגות ב-27 באפריל באזור מזרח הנגב לא מופה עקב מיעוט מדי גשם באזור זה ועניין מועט בשל דלילות האוכלוסייה והחקלאות באזור, אך בכל האזור הזה ובפרט ברצועה בה ירדו כמויות סופתיות גבוהות מ-30 מ"מ (בקעת ערד, מישור רותם וימין, המכתש הקטן ומזרח בקעת צין, אזור עין יהב, מזרח מכתש רמון והמישר) לא ניתן לשלול עוצמות גשם חריגות לפרק זמן של 10 דקות ב-27 בחודש ובחלק מאזורים אלה גם בשני ימי האירוע האחרים.

טבלה 1 – כמות הגשם העשר דקות (מ"מ) ביחס לסף החריגות לפרק זמן זה

תחנה	תאריך	כמות מקס' ל-10 ד'	סף חריגות ל-10 ד'	הפרש מסף החריגות	תחנה	תאריך	כמות מקס' ל-10 ד'	סף חריגות ל-10 ד'	הפרש מסף החריגות
ראש הנקרה	25.4	1.3	16.4	-15.1	אבני חפץ	25.4	3.9	13.5	-9.6
גשר הזיו	26.4	2.6	16.4	-13.8	בקעות	26.4	9.3	10.4	-1.1
שבי ציון	25.4	1.7	16.6	-14.9	הר ברכה	26.4	3.1	9.8	-6.7
עכו	25.4	4.4	16.6	-12.2	קרני שמרון	26.4	3.5	12.3	-8.8
אפק	25.4	3.2	16.7	-13.5	איתמר	26.4	6.4	9.8	-3.4
אפק שדות	25.4	4.5	16.4	-11.9	חוות שחרית	25.4	8.7	12.2	-3.5
חיפה בז"ן	26.4	1.5	17.0	-15.5	הר חרשה	25.4	10.6	9.8	0.8
חיפה טכניון	25-26.4	1.2	17.2	-16.0	טלמון	25-26.4	9.3	9.8	-0.5
חיפה	25.4	1.3	17.2	-15.9	גמזו	25.4	6.1	13.7	-7.6
עין כרמל	26.4	2.2	17.6	-15.4	מבוא חורון	25.4	2.6	12.2	-9.6
עין השופט	25.4	1.9	16.4	-14.5	נחשון	25.4	6.7	13.1	-6.4
זכרון יעקב	26.4	3.7	17.5	-13.8	צובה	26.4	5.0	9.8	-4.8
גלעד	26.4	2.9	16.4	-13.5	ירושלים מרכז	26.4	17.1	9.5	7.6
בקעת הנדיב	25.4	2.3	17.2	-14.9	ירושלים ג. רם	26.4	11.8	9.4	2.4
נמל חדרה	25.4	11.1	17.7	-6.6	מעלה אדומים	26.4	8.1	9.8	-1.7
עין החורש	25.4	3.5	16.8	-13.3	בית ג'ימל	25.4	11.5	12.4	-0.9
אחיטוב	26.4	9.2	16.1	-6.9	נתיב הל"ה	25.4	13.4	12.2	1.2
להבות חביבה	26.4	8.9	15.3	-6.4	ראש צורים	26.4	10.4	9.2	1.2
בחן	25.4	3.9	15.1	-11.2	מצוקי דרגות	26.4	0.7	12.1	-11.4
מדרשת רופין	26.4	1.7	16.9	-15.2	דורות	25.4	7.7	13.6	-5.9
תל מונד	25.4	2.3	16.5	-14.2	להב	25.4	11.4	9.4	2.0
שפיים	25.4	1.8	17.7	-15.9	סוסיא	25.4	7.6	7.9	-0.3
תל אביב חוף	25.4	21.9	17.7	4.2	שני	25.4	0.8	7.9	-7.1
בית גמליאל	25.4	19.4	15.7	3.7	גילת	25.4	0.9	10.7	-9.8
אשדוד נמל	25.4	1.5	17.7	-16.2	אופקים	26.4	0.4	10.6	-10.2
יבנה קבוצה	25.4	12.7	16.1	-3.4	באר שבע	25.4	6.3	9.0	-2.7
חפץ חיים	25.4	23.6	14.8	8.8	ערד	27.4	10.8	9.0	1.8
רבדים	25.4	5.7	14.4	-8.7	נבטים	25.4	5.2	7.9	-2.7
עזריקים	25.4	8.6	16.0	-7.4	חלוצה	25.4	4.6	13.8	-9.2
ניצן	25.4	3.8	17.5	-13.7	צומת הנגב	27.4	3.3	7.9	-4.6
משואות יצחק	25.4	11.6	15.6	-4.0	רביבים	26.4	1.6	8.8	-7.2
נגבה	25.4	21.5	15.2	6.3	אשלים	26.4	4.5	9.8	-5.3
אשקלון נמל	25.4	8.1	17.7	-9.6	קדש ברנע	25.4	0.8	9.9	-9.1
גת	25.4	6.4	13.7	-7.3	שדה בוקר	27.4	1.7	8.9	-7.2
קרית גת	25.4	13.8	13.3	0.5	עזוז	25.4	0.1	9.8	-9.7
כפר עזה	25.4	0.9	15.1	-14.2	עבדת	27.4	5.2	8.8	-3.6
נירים	25.4	1.6	15.3	-13.7	כרם רמון	27.4	5.3	9.6	-4.3
בשור	25.4	2.2	14.3	-12.1	מצפה רמון	26.4	3.7	9.8	-6.1
כפר גלעדי	26.4	1.9	9.9	-8.0	נאות סמדר	25.4	2.6	9.8	-7.2
מנרה	25.4	1.7	10.2	-8.5	דפנה	25.4	0.6	10.4	-9.8
אילון	26.4	1.2	16.1	-14.9	כפר בלום	26.4	0.7	9.8	-9.1
ברעם	26.4	4.7	11.4	-6.7	החולה	25.4	1.9	10.0	-8.1
גורן	26.4	2.1	15.9	-13.8	איילת השחר	26.4	2.8	9.8	-7.0
צוריאל	26.4	2.3	14.7	-12.4	כפר נחום	25.4	0.7	9.8	-9.1
צפת הר כנען	26.4	3.3	10.3	-7.0	בית ציידא	26.4	1.6	12.9	-11.3
חרשים	26.4	1.5	14.2	-12.7	צמח	26.4	17.0	9.9	7.1
כרמיאל	26.4	4.1	15.5	-11.4	מסדה	26.4	18.9	10.1	8.8
עמיעד	26.4	10.7	10.7	0.0	שדה אליהו	26.4	18.0	9.9	8.1
אשחר	26.4	4.4	15.2	-10.8	ביצות ארגמן	26.4	2.0	12.4	-10.4
דיר חנא	26.4	1.2	10.3	-9.1	גלגל	25.4	6.7	11.9	-5.2
בית נטופה	26.4	5.8	14.4	-8.6	בית הערבה	25.4	13.6	16.1	-2.5
נווה יער	26.4	2.8	16.1	-13.3	עין גדי	26.4	2.9	12.1	-9.2
תבור - כדורי	26.4	9.6	13.2	-3.6	סדום	25.4	3.2	9.8	-6.6
יבנאל	26.4	15.8	11.8	4.0	חצבה	26.4	7.4	9.8	-2.4
אכסאל	26.4	6.1	14.2	-8.1	פארן	25.4	5.6	9.8	-4.2
אלונים	25.4	2.4	16.1	-13.7	לוטן	25.4	7.5	9.8	-2.3
סירין	26.4	25.1	11.8	13.3	יטבתה	25.4	0.3	9.8	-9.5
עפולה ניר העמק	26.4	5.1	13.8	-8.7	אילת	26.4	7.0	9.8	-2.8
תל יוסף	26.4	11.7	12.2	-0.5	מרום גולן	25.4	1.1	12.7	-11.6
מעלה גלבוע	26.4	13.8	10.3	3.5	גמלא	25.4	1.4	12.0	-10.6
חוות עדן	26.4	20.3	9.8	10.5	אבני איתן	26.4	2.1	11.9	-9.8

1) כמויות גשם ואזורים חריגים ב-25 באפריל

כמויות הגשם המקסימליות לעשר דקות

כמויות הגשם המקסימליות לפרק זמן של 10 דקות שנמדדו בפועל הגיעו ל-19-24 מ"מ במספר תחנות במישור החוף המרכזי והדרומי. בחלק מהתחנות בשפלה הגיעו כמויות הגשם ל-12-14 מ"מ, בשומרון ל-9-11 מ"מ, בהרי יהודה ובצפון הנגב ל-5-8 מ"מ. ביתר חלקי הארץ הכמויות היו קטנות יותר.

האזורים החריגים

במפה 2 מוצגת בכל תחנה כמות הגשם היממתית ב-25 באפריל באזור הרלוונטי לתיחום שטח החריגות. הכמות מוצגת בצבעים שונים על פי מידת החריגות של כמויות הגשם העשר דקות המקסימליות המדודות (בתחנות אוטומטיות) או המוערכות (בתחנות ידניות).

במפה 2 ניתן לראות גם פוליגונים של האזורים בהם היו עננים מפותחים על פי מכ"ם הגשם. בעזרת השילוב של נתוני הגשם המדודים וניתוח תמונות מכ"ם הגשם תוחמו האזורים בהם כמויות הגשם העשר דקות המקסימליות היו חריגות. ההנחה הבסיסית היא שהיו עוצמות גשם חריגות באזורים בהם זהו עננים מפותחים ובתנאי שבסמיכות לאזורים אלה ישנן תחנות בהן עוצמות הגשם עברו את ערך הסף לחריגות (בהסתברות של 5.5%)⁵.

העננים נבנו בדרום הארץ בשעות הצהריים והתקדמו צפונה בשעות אחר הצהריים. רצועת הפוליגונים במישור החוף המרכזי והדרומי מייצגת את התקדמות תא העוצמות העיקרי מדרום לצפון. ככל שתא זה נע צפונה כך הוא הפך למקור הגשם העיקרי של הכמות היממתית.

בהתאם לכך, דרומית לאשקלון ישנן תחנות בהן ירד גשם יממתי של 30-40 מ"מ שלא נכללו באזור החריגות משום שהצטבר בהן גשם מתאי עננות נוספים בשעות הצהריים, אחר הצהריים ואף בשעות הלילה. לעומת זאת בקצה הצפוני, בתחנת תל אביב חוף, אליה הגיע התא בטרם נכנס לים, למעלה מ-80 אחוז מכמות הגשם היממתית ירדה בתוך 10 דקות. לכן באזור הצפוני אפילו כמות יממתית של 22-23 מילימטר יכולה הייתה להכיל בתוכה פרק זמן של 10 דקות בו העוצמות היו חריגות.

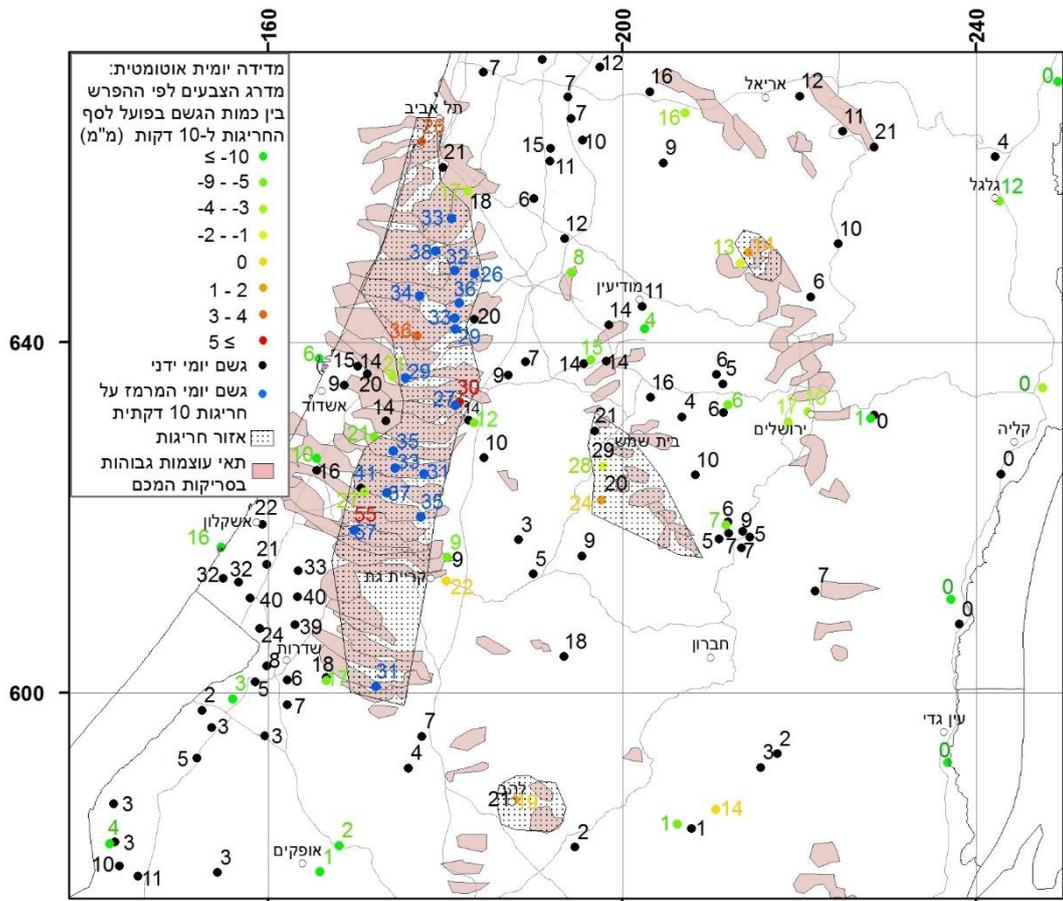
באשר להסתייעות במכ"ם הרי שניכר שכמויות הגשם היומיות באזורים שממזרח לציר מעבר התא העיקרי נמוכות משמעותית מהכמויות שנמדדו על ציר התקדמות שלו. לכן ניתן היה לתחם את הגבול המזרחי של אזור החריגות בעזרת הדי המכ"ם.

⁵ כאמור הסתמכות ישירה על הנתונים הכמותיים של מכ"ם הגשם לא הוכיחה את עצמה וזוהו פערים משמעותיים בין הכמויות המחושבות לפי המכ"ם לכמויות המדודות בפועל מבלי שניתן להחיל פקטור תיקון דומה אפילו לתחנות סמוכות.

בצד המערבי לעומת זו חלה ירידה הדרגתית בכמויות הגשם המדודות למרות שהעוצמות שהשתקפו במכ"ם לא היו פחותות מאלו שהשתקפו מחלקו המזרחי. לכן בצד מערב התיחום בוצע תוך התייחסות לכמות הגשם יומית ולא חפף למיקום השתקפות גבול התא במכ"ם. פירוט נוסף על תיחום אזור החריגות מופיע בנספח.

ראוי לציין כי היו מקומות בהם חריגות הגשם היתה בולטת במיוחד. בתחנות בחפץ חיים ובנגבה כמויות הגשם העשר דקתיות עלו על סף החריגות בהסתברות של 1% (תקופת חזרה ממוצעת של 100 שנה) ובתל אביב חוף ובבית גמליאל הן היו קרובות מאוד אליו.

אזור נוסף בו נחצה סף החריגות נמצא בשפלה (באזור עמק האלה) וכן שטח מצומצם בצפון מערב הרי יהודה ואזור להב. באזורים פנימיים אלה סף החריגות של עוצמות גשם גבוהות נמוך ביחס לחוף ולכן אפילו כמות יממית של 15-20 מ"מ שירדה ברובה הגדול בתוך 10 דקות העידה על עוצמות חריגות (לדוגמה בהר חרשה). כמו כן יוזכר אזור דרום הר חברון – ערד ודרומה משם, שם היו עוצמות חריגות באופן מקומי, בכל אחד מימי האירוע.



מפה 2: כמויות הגשם היממיתות ב-25 באפריל ואזור חריגות עוצמות הגשם הגבוהות. הערכים מציינים את כמויות הגשם היומיות וסקלת הצבעים ירוק עד אדום מציינת את ההפרש בתחנות האוטומטיות בין כמות הגשם המקסימלית שהצטברה בעשר הדקות לבין סף החריגות.

2) כמויות גשם ואזורים חריגים ב-26 באפריל

כמויות הגשם המקסימליות לעשר דקות

ב-26 באפריל נכנסו תאי גשם מפותחים מכיוון מזרח לאזור הכנרת ונעו בהמשך דרומה. התחנה בה התקבלו כמויות הגשם הגדולות ביותר לפרק זמן של 10 דקות ב-26 באפריל היא רמת סירין (הגליל התחתון הדרום מזרחי) עם 25 מ"מ. בתחנות באזור עמק בית שאן, דרום הכנרת והגלבוע ירדו 15-20 מ"מ, בתחנת ירושלים מרכז ירדו 17 מ"מ ובמעלה גלבוע 14 מ"מ. בתחנות שונות ביהודה ובשומרון ירדו 8-11 מ"מ ובערבה 7-8 מ"מ. ביתר חלקי הארץ הכמויות היו קטנות יותר. מאחר שהגשם התמקד ביום זה בתחנות פנימיות, בהן סף החריגות נמוך יותר, הרי שסף החריגות נחצה שם באופן מרשים יותר ובחלק מהתחנות התקבלו עוצמות גשם עשר דקות נדירות במיוחד.

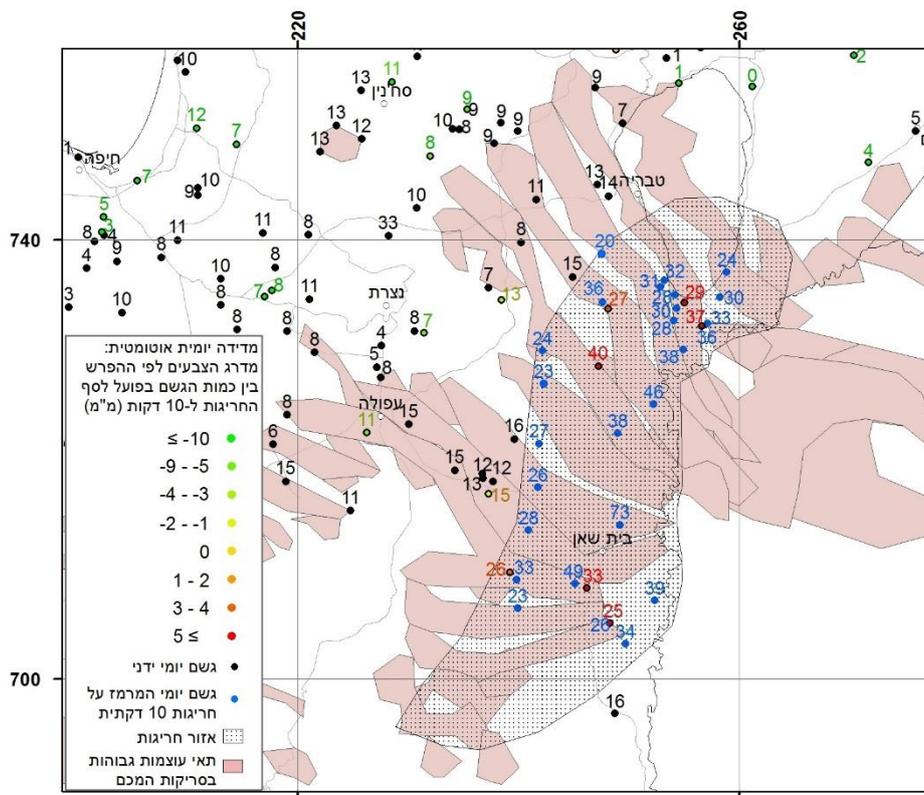
האזורים החריגים

בדומה להסבר על מפה 2, ניתן לראות במפות 3 ו-4 את כמויות הגשם היממתיות, את מידת החריגות של הכמויות העשר דקות המקסימליות על פי סקלת צבעים, את הפוליגונים של האזורים בהם היו עננים מפותחים ואת תיחום האזור החריג מבחינת עוצמות הגשם העשר דקות.

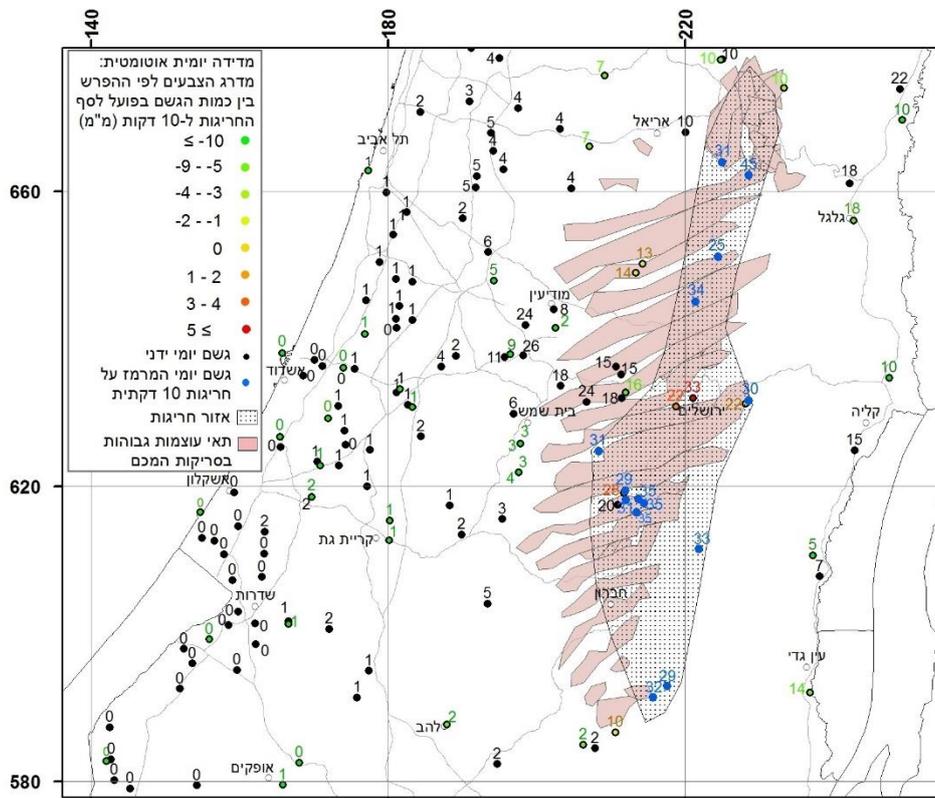
גם באירוע הממופה במפה 3, נראה כי תא הגשם העיקרי שנע מדרום הכנרת לשומרון הניב עוצמות מרשימות מאוד מתחת לחלקו המזרחי, ואילו תחת חלקו המערבי ירד גשם בעוצמה פחות מרשימה על אף שבמכ"ם לא ניכר הבדל בין ההחזרים בצד המערבי של התא להחזרים בצדו המזרחי. כלל זה נכון גם לתאים המפותחים שהתפתחו מאוחר יותר בהרי המרכז ונעו דרומה (מפה 4).

מתוך שתי המפות ניתן לתחם שני אזורים עיקריים בהם יש להניח שהיו עוצמות גשם חריגות: (1) האזור המשתרע מדרום הכנרת אל הגלבוע ועמק בית שאן. כמויות הגשם באזור זה חצו גם את סף החריגות בהסתברות של 1%.

(2) אזור גב ההר מגבול השומרון בצפון, דרך הרי ירושלים ועד דרום הר חברון. בירושלים כמויות הגשם עלו גם על סף החריגות בהסתברות של 1%.



מפה 3: כמויות הגשם היממתיות ב-26 באפריל ואזור חריגות עוצמות הגשם הגבוהות בצפון



מפה 4: כמויות הגשם היממתיות ב-26 באפריל ואזור חריגות עוצמות הגשם הגבוהות במרכז להסבר על הצבעים השונים ועל הערכים במפות 3 ו-4 ראו ההסבר למפה 2

3) כמויות הגשם המקסימליות לעשר דקות ב-27 באפריל ומידת חריגות

ב-27 באפריל המערכת נחלשה ותאי הגשם הממטירים התמעטו, אולם במזרח הנגב ובערבה עדין התפתחו תאים עם עוצמות גשם גבוהות. אזור זה אינו מכוסה ע"י רשת מדי גשם צפופה ובפרט מדי גשם אוטומטיים ולכן רק בערד זוהתה כמות 10 דקתית חריגה של 11 מ"מ. במדי הגשם האוטומטיים במרכז הנגב ובצפון הערבה ירדו 5 מ"מ בעשר דקות וביתר האזורים פחות מ-3 מ"מ. יחד עם זאת נתוני הספיקה במזרח הנגב ובמכתש רמון וכן מדידות סופתיות המסתמכות על רשת מדי גשם זעירים מלמדות כי חריגות הגשם ב-27.4 איננה מתוחמת מקומית לאזור ערד אלא ככל הנראה משתרעת לאורך מזרח הנגב הרחק דרומה עד אזור מכתש רמון והמישר ולכל הפחות לא ניתן לשלול חריגות שכזו בשטח נרחב זה.

ב. רוחות

במהלך האירוע נמדדו רוחות חזקות, אולם משכן היה קצר, כיוון שהן לא נבעו מסיבות סינופטיות – האפיקיות בקרקע היתה רדודה, כך שבדרך כלל נשבו רוחות שגרתיות של כ-10 עד 15 קמ"ש עם משבים של כ-20 קמ"ש במישור החוף ובשפלה ו-20-25 קמ"ש עם משבים של 35-40 קמ"ש בהרים.

הרוחות החזקות נשבו בפרק זמן קצר בזמן מעבר העננים המפוחחים. אלה יצרו בקרבתם משבי רוח חזקים, עקב זרמי אוויר יורדים מהענן שבמגעם עם הקרקע הופכים מזרמים אנכיים לרוחות אופקיות. בתחנות רבות נמדדו רוחות בעוצמה של יותר מ-40 קמ"ש ומשבים של יותר מ-70 קמ"ש. במספר תחנות נמדדו רוחות חזקות במיוחד. בחלקן משך נשיבת הרוחות החזקות התמיד במשך למעלה מ-10 דקות כך שנמדדו הן רוחות חזקות והן משבים חזקים⁶: במצוקי דרגות נמדדו רוחות של 65 קמ"ש עם משבים של 96 קמ"ש, בפארן רוחות בעוצמה דומה עם משבים של 89 קמ"ש, באוניברסיטת חיפה 62 קמ"ש עם משבים של 82 קמ"ש. בתחנות אחרות משך נשיבת הרוחות החזקות היה קצר, כך שבלטו בהן בעיקר המשבים: בצפת הר כנען 99 קמ"ש, בבית דגן 93 קמ"ש, בעין כרמל 92 קמ"ש ובחוות עדן 91 קמ"ש. משבי רוח כאלה אינם שכיחים ולא מתרחשים בכל שנה, אולם הם אינם חריגים ומתקבלים אחת לכמה שנים (אחת ל-2-3 שנים במישור החוף ובהרים ואחת לכ-5 שנים בעמקי הצפון ובשקע הירדן).

⁶ מהירות הרוח מבוטאת הן ע"י ערך ממוצע ל-10 דקות והן ע"י מהירות המשב המקסימלי שהוא ערך השיא המתקבל מתוך דגימות המתבצעות כל שתי שניות.

ג. ברד

דיווחים והערכה

בארץ אין מדידה מכשירית של תופעת הברד⁷ (כפי שיש לגבי פרמטרים מטאורולוגיים אחרים כמו טמפרטורה, רוח, גשם, וכו'). לפיכך הדיווחים על ברד הם חלקיים, וניתן לקבל מידע על התופעה רק אם מועבר אלינו דיווח מיוחד כתצפית עין של צופים מטאורולוגיים. לאור זאת יש קושי בתיחום של האזורים בהם ירד ברד כבד ובהערכה של גודלו.

כדורי ברד נוצרים בתוך ענני קומולונימבוס עם זרמים אנכיים חזקים. ככל שהזרמים האנכיים בענן חזקים יותר ותכולת המים בו גדולה יותר עולים הסיכויים ליצירת כדורי ברד גדולים. ב-25-26 באפריל היו ענני קומולונימבוס מפותחים מאוד באזורים שונים בארץ ולכן סביר להניח שנוצרו בהם כדורי ברד גדולים. דיווחים על ברד משמעותי התקבלו בעיקר ב-25 באפריל, אולם היו גם דיווחים על ברד ב-26 בחודש.

ב-25 בחודש בשעות הצהריים התקבלו דיווחים על ברד כבד בצפון הנגב (בערד, בדימונה ובבאר שבע). על פי סרטונים שצולמו כדורי הברד נראים גדולים, בקוטר של מספר סנטימטרים. נגרם נזק לרכוש, בעיקר למכוניות. בשעות אחר הצהריים התקבלו דיווחים על ברד בדרום מישור החוף והשפלה ובהמשך גם במישור החוף המרכזי. דיווחי הברד התקבלו מצופי תחנות גשם באזורים הללו וכן ממשרד החקלאות (כולל נזקים לחקלאים במישור החוף הדרומי). דיווחים על ברד התקבלו גם ממספר מקומות בצפון הארץ ובשומרון. מבחינת הזמן והמקום דיווחי הברד מתאימים לתנועת העננים המפותחים המשתקפת במכ"מ. ב-26 באפריל היו דיווחים על ברד בעיקר בהרי יהודה ובאזור גוש עציון בשעות הערב. לא היו דיווחים על ברד כבד, למעט דיווח על הצטברות מקומית של שכבת ברד באפרת.

מידת החריגות של הברד

אירועי ברד מתרחשים בכל עונת הגשם, אולם רוב האירועים הקיצוניים של הברד, בהם מתקבלים כדורי ברד גדולים, מתרחשים בעונת הסתיו (אוקטובר ונובמבר) ולעיתים באביב (באפריל ובמאי), כאשר תכולת הלחות באוויר ואי היציבות האטמוספירית גבוהות במיוחד ועובי האטמוספירה התחתונה (הטרופוספירה) הוא גדול ביחס לעונת החורף.

אחת לכמה שנים מתרחש אירוע קיצוני בו מדווח על ברד בקוטר של מספר סנטימטרים (לרוב עד 5 ס"מ ובעל תפרוסת מרחבית מצומצמת). מצב בו יורד ברד של מספר סנטימטרים על אזור נרחב, כפי שקרה באוקטובר 2015 הוא חריג. באירוע הנוכחי תפרוסת הברד ב-25 באפריל היתה נרחבת וכללה הן את צפון הנגב והן את דרום מישור החוף והשפלה וחלקים ממישור החוף המרכזי. יחד עם זאת כדורי הברד לא היו, ככל הנראה, גדולים במיוחד – לא התקבלו דיווחים על 4 ס"מ ויותר. לכן ספק אם ניתן להגדיר את תופעת הברד באירוע כחריגה.

⁷ למעט מכשיר בודד שמפענח את סוג המשקעים המוצב בבית דגן.

ד. חריגות כוללת של האירוע

מבין שלושת המשתנים המטאורולוגיים שבלטו באירוע: עוצמות הגשם, משבי הרוח והברד, היו אלה עוצמות הגשם שלגביהן התקבלו ערכים חריגים בחלק מאזורי הארץ. העוצמות לפרקי זמן קצרים של פחות משעה ובעיקר לפרקי זמן של 10-15 דקות היו חריגות עם תקופת חזרה ממוצעת גדולה מ-18 שנים ובמספר מצומצם של אזורים אף עם תקופת חזרה ממוצעת של 100 שנה. האזורים בהם בלטה החריגות הם מישור החוף המרכזי עד צפון מערב הנגב, אזור דרום הכנרת עד עמק בית שאן ואזור הרי יהודה עד דרום הר חברון. בהתייחס למשתנים האחרים: משבי הרוח במהלך האירוע היו חזקים מאוד וכן היו דיווחים על ברד ממקומות רבים בארץ, בחלק מהמקרים על ברד כבד. יחד עם זאת לא נראה שמשבי הרוח או הברד היו חריגים – הם מתקבלים אחת לכמה שנים.

בהתייחס לאירוע בכללותו: אחת לכמה שנים מתרחשים אירועי מזג אוויר קיצוניים שלעיתים גורמים לנפגעים, אולם קשה להשוות בין אירוע לאירוע, כיוון שלכל אחד ישנם מאפיינים ייחודיים משלו. עם זאת ניתן להעריך שמבחינת מגוון התופעות הקיצוניות, התפרוסת הנרחבת של התופעות ומשך האירוע (3 ימים) מדובר באירוע שלא התרחש מאז אוקטובר 1997. אירועים בסדרי גודל דומים התרחשו לפני כן בנובמבר 1994, באוקטובר 1987 ועוד. אירועים קיצוניים מסוג זה התרחשו בדרך כלל בחודשי הסתיו. ניתן לציין גם אירועים שהתרחשו באביב, כמו במאי 2001, אפריל 1985, מאי 1982, מאי 1963, אפריל 1961 (אם כי הם היו ככל הנראה בהיקף מצומצם יותר).

3. סיכום

האירוע שפקד את ישראל ב-25-27 באפריל 2018 התאפיין בתופעות מזג אוויר קיצוניות שכללו עוצמות גשם חזקות לפרקי זמן קצרים, משבי רוח חזקים וברד על פני אזורים נרחבים בארץ.

ניתוח האירוע מעלה שבחלקים שונים במישור החוף הדרומי והמרכזי, בשפלה, בכנרת, בעמקים ובגליל התחתון המזרחי, באזור גב ההר ובצפון מזרח הנגב אירעו עוצמות גשם חריגות לפרקי זמן קצרים של כ-10 דקות ובחלק מהמקרים הן היו חסרות תקדים. את הרוחות והברד לא ניתן להגדיר כחריגים, אולם האירוע בכללותו היה יוצא דופן במשכו הארוך ובמגוון התופעות הקיצוניות והתפרוסת הנרחבת שלהן.

נספח: הסבר מפורט על המיפוי

כללי

מיפוי חריגות גשם מתבסס על ההפרש בין כמות הגשם שירדה בפועל באירוע הממופה לבין סף חריגות מחושב. במקרה של חוק אסון טבע מדובר על גשם בהסתברות שנתית של 5.5%. הפרש חיובי משמעותו חריגה מעבר לערך הסף ולכן אזור החריגות מתוחם לאזור בו ההפרש בין המפות הוא חיובי.

כשמדובר על חריגות של גשם יומי – סופתי, ניתן לייצר בקלות מפות חריגות אובייקטיביות. זאת משום שבשירות המטאורולוגי קיימות, כמוצר מדף, מפות של סף חריגות עבור גשם מצטבר ל-1 עד 5 ימים רצופים. מפות אלו מבוססות על סטטיסטיקה ארוכת טווח שחושבה לחלון זמן אחיד של 62 שנים. הגשם בסופה מסוימת ממופה אף הוא בקלות יחסית, מאחר שנתוני גשם יומי לאירוע מסוים זמינים בלמעלה מ-400 תחנות ברחבי הארץ. כך מופקת מפת הפרש מדויקת יחסית, בין מפת האירוע למפת סף החריגות, שעל בסיסה מתוחם האזור החריג באופן אובייקטיבי. כשמדובר על עוצמות גשם רגעיות ל-10 דקות המיפוי מורכב יותר ויתואר להלן.

חישוב כמות הגשם העשר דקתית באירוע

חישוב כמויות גשם עשר דקתיות בתחנות האוטומטיות של השירות המטאורולוגי (השמ"ט)
מיפוי כמויות גשם לפרקי זמן קצרים מיממה מתבסס על מדי הגשם האלקטרוניים בלבד, המהווים רק כרבע ממדי הגשם הפעילים בארץ. באירועים עם עוצמות גשם רגעיות גבוהות קשה למנגנון היפוכים, ה-Tipping bucket, שקיים במדי הגשם האלקטרוניים, לעמוד בקצב ירידת הגשם ונוצרת הערכת חסר במדידה. ככל שבדקה אחת יש יותר היפוכים של מנגנון ה-Tipping bucket כך הערכת החסר גדלה⁸.

טבלה 2 מציגה את אופן הכיול של עוצמות הגשם על פי סף הגשם הדקתי שנמדד במכשיר בהתאם להנחיות היצרן של מדי הגשם של השירות המטאורולוגי. הטבלה מתאימה ספציפית לסוג המכשור בשירות המטאורולוגי והיא מחייבת רזולוציה דקתית, כזו שאינה מסופקת ע"י מדי הגשם שאינם של השירות המטאורולוגי.

⁸ לדוגמה, הערך הדקתי המקסימלי שנמדד באירוע הוא 4.6 מ"מ בחפץ חיים. כלומר המכשיר עשה 46 היפוכים של מנגנון Tipping bucket ב-60 שניות בלבד תוך זרימה רצופה של מים. במקרה שכזה רק 77% ממי הגשם נמדדים במכשיר ו-23% יורדים תוך כדי היפוך המנגנון מבלי להימדד.

טבלה 2: טבלת תיקון הגשם הדקתי בעת עוצמות גשם גבוהות

ערך מדוד	ערך מתוקן	ערך מדוד	ערך מתוקן	ערך מדוד	ערך מתוקן
0.7	0.71	2.1	2.34	3.5	4.26
0.8	0.81	2.2	2.47	3.6	4.41
0.9	0.92	2.3	2.59	3.7	4.56
1.0	1.03	2.4	2.73	3.8	4.71
1.1	1.14	2.5	2.86	3.9	4.86
1.2	1.26	2.6	2.99	4.0	5.02
1.3	1.37	2.7	3.13	4.1	5.17
1.4	1.49	2.8	3.26	4.2	5.33
1.5	1.60	2.9	3.40	4.3	5.49
1.6	1.72	3.0	3.54	4.4	5.65
1.7	1.84	3.1	3.68	4.5	5.81
1.8	1.96	3.2	3.82	4.6	5.97
1.9	2.09	3.3	3.97	4.7	6.13
2.0	2.21	3.4	4.11	4.8	6.30

חישוב כמויות עשר דקות בתחנות אוטומטיות של גופים אחרים

יתר מדי הגשם האוטומטיים מספקים נתונים עשר דקתיים בלבד, כך שלא ניתן לשערך את כמויות הגשם המדויקות בהם באמצעות טבלת הכיול. בנוסף, הנתונים מתייחסים רק לעשר דקות שעון (ספרת הדקות תמיד 0) ולא לכל טווח של 10 דקות שיכול להתחיל בכל דקה (עשר דקות "נעות") כפי שזה ניתן בתחנות השמ"ט.

כדי לנסות ולהשוות בין נתוני השמ"ט לנתונים בתחנות אוטומטיות אחרות, נערך ניסיון לשערך את כמויות הגשם העשר דקתיות ה"נעות" (תוך שיערוך כיול העוצמות). זאת באמצעות היחס בין כמות הגשם שירדה ב-10 דקות וב-20 דקות שעון לבין כמות הגשם העשר דקתית "הנעה" המקסימלית לאחר תיקון (טבלה 3).

טבלה 3 – הדמיון בין הגשם העשר דקתי המקסימלי המתוקן לממוצע הגשם בין 10 ו-20 דקות שעות

תחנה	10 ד' מתוקן	10 ד' שעות	20 ד' שעות	ממוצע 10-20	הפרש	תחנה	10 ד' מתוקן	10 ד' שעות	20 ד' שעות	ממוצע 10-20	הפרש
כפר גלעדי	1.9	1.7	2.5	2.1	0.2	תל אביב - חוף	21.9	18.4	22.5	20.5	-1.5
דפנה	1.3	1.1	1.5	1.3	0.0	בית דגן	13.6	11.4	15.7	13.5	-0.1
כפר בלום	4.3	3.8	4.7	4.3	-0.1	גלגל	6.7	6.5	7.8	7.2	0.5
מרומ גולן	2.1	1.9	3.2	2.6	0.5	הר חרשה	10.6	7.4	12.0	9.7	-0.9
ראש הנקרה	1.3	1.3	2.5	1.9	0.6	אשדוד	1.5	1.4	1.8	1.6	0.1
אילון	1.2	1.2	2.0	1.6	0.4	נחשון	6.7	5.8	8.0	6.9	0.2
איילת השחר	4.3	3.4	5.1	4.3	-0.1	יבנה, קבוצה	12.7	8.8	15	11.9	-0.8
שבי ציון	1.7	1.7	2.4	2.1	0.4	בית הערבה	1.6	1.6	2.4	2.0	0.4
צפת	4.1	3.9	6.0	5.0	0.8	חפץ חיים	23.6	17.9	27.6	22.8	-0.8
חרשים	2.6	2.1	3.2	2.7	0.1	צובה	5.0	4.5	5.8	5.1	0.2
עמיעד	10.7	7.0	11.2	9.1	-1.6	ים מרכז	17.1	11.8	20.2	16.0	-1.1
גמלא	4.9	4.8	6.3	5.5	0.7	מעלה אדומים	8.1	6.6	9.5	8.0	0.0
אשחר	5.3	3.7	6.3	5.0	-0.3	ים גבעת רם	11.8	7.4	12.8	10.1	-1.7
כפר נחום	7.0	6.9	7.7	7.3	0.3	ניצן	3.8	2.5	5.0	3.8	-0.1
בית ציידא	5.5	5.2	8.7	6.9	1.5	בית ג'ימל	11.5	10.7	16.8	13.7	2.2
אפק	3.2	3.0	4.0	3.5	0.3	נתיב הל"ה	13.4	10.4	15.3	12.9	-0.6
לב כנרת	3.5	3.2	3.6	3.4	-0.1	ראש צורים	10.4	9.5	10.9	10.2	-0.2
אבני איתן	2.1	2.0	2.7	2.4	0.3	נגבה	21.5	19.1	28.9	24.0	2.5
חיפה בז"ן	2.6	2.5	2.7	2.6	0.0	אשקלון	8.1	7.8	10.2	9.0	0.9
חיפה טכניון	5.2	3.2	5.4	4.3	-0.9	גת	6.4	6.1	6.8	6.4	0.1
חיפה אונ'	3.4	3.0	3.7	3.4	-0.1	מצוקי דרגות	0.7	0.7	1.1	0.9	0.2
נווה יער	2.8	1.8	3.1	2.5	-0.4	דורות	7.7	4.7	9.2	7.0	-0.8
תבור - כדורי	9.6	8.1	10.1	9.1	-0.5	עין גדי	2.9	2.7	3.3	3.0	0.1
צמח	17.0	12.0	22.8	17.4	0.4	להב	11.4	9.5	15.9	12.7	1.3
יבנאל	15.8	12.6	19.5	16.1	0.2	שני	0.8	0.7	0.9	0.8	0.0
מסדה	18.9	16.4	28.8	22.6	3.7	בשור, חווה	2.2	2.2	3.0	2.6	0.4
עין כרמל	3.4	2.8	3.8	3.3	-0.1	באר שבע	6.3	6.2	6.9	6.6	0.2
עין השופט	1.9	1.8	2.9	2.4	0.5	ערד	10.8	8.5	15.5	12.0	1.3
עפולה	5.1	3.9	6.0	5.0	-0.2	נבטים	5.2	3.9	6.0	4.9	-0.2
זיכרון יעקב	3.7	3.7	4.5	4.1	0.4	צומת הנגב	3.3	2.4	4.4	3.4	0.1
גלעד	2.9	2.0	3.3	2.6	-0.2	סדום	3.2	3.0	5.1	4.1	0.8
תל יוסף	11.7	9.1	12.4	10.7	-0.9	שדה בוקר	1.7	1.1	1.8	1.5	-0.3
מעלה גלבע	13.8	12.1	16.2	14.1	0.4	עזוז	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
חדרה, נמל	11.1	8.0	13.7	10.9	-0.3	עבדת	5.2	4.5	7.3	5.9	0.7
חוות עדן	20.3	13.2	23.4	18.3	-2.0	חצבה	7.4	6.5	9.3	7.9	0.5
שדה אליהו	18.0	15.6	19.6	17.6	-0.4	מצפה רמון	3.7	3.7	4.6	4.2	0.5
עין החורש	3.5	3.5	6.1	4.8	1.3	פארן	5.6	4.0	7.7	5.9	0.2
קרני שומרון	3.5	3.4	4.1	3.8	0.2	נאות סמדר	2.6	2.1	3.6	2.9	0.2
איתמר	6.4	3.8	7.6	5.7	-0.7	יטבתה	0.3	0.2	0.3	0.3	-0.1
אריאל	4.5	3.6	6.9	5.3	0.7	אילת	7.0	6.9	8.3	7.6	0.6

מהטבלה עולה כי באירוע הספציפי הממופה יש דמיון רב בין הערך המתקבל מממוצע עשר דקות ועשרים דקות שעון לבין הערך העשר דקות ה"נע" המקסימלי לאחר תיקון (טעות אבסולוטית של 0.6 מ"מ, טעות RMSE של 0.85 מ"מ וסטייה של 0.1 מ"מ בלבד). משום כך בתחנות האוטומטיות שאינן של השמ"ט שוערך הגשם המקסימלי ב-10 דקות "נעות" בכל חלון זמן נתון (כולל תיקון משוערך של עוצמות) בעזרת הערך הממוצע בין כמות הגשם המקסימלית שהצטברה בהן ב-10 דקות שעון לכמות המקסימלית שהצטברה בהן ב-20 דקות שעון.

שיערוך כמויות עשר דקות מתוך מדידות יומיות

כאמור מרבית תחנות הגשם הפעילות אינן תחנות אוטומטיות אלא תחנות ידניות בהן כמות הגשם נאגרת ונמדדת פעם ביממה.

שיערוך גשם עשר דקות מתוך כמויות גשם יומיות הוא שיערוך לא מדויק בהגדרה. אומנם באירוע זה, בחלק מהאזורים הרלוונטיים, התקבלו 50% ויותר מכמויות הגשם היומיות בעשר דקות, אך גשם עוצמתי מטבעו הוא בעל השתנות מרחבית נרחבת ולכן קשה להחיל מקדם מסוים של יחס בין הכמות העשר דקותית לכמות היומית אפילו עבור תחנות סמוכות.

שיערוך גס של הכמויות העשר דקותיות מתוך הכמויות היומיות בוצע רק באזורים בהם היתה אינדיקציה מתחנות אוטומטיות לכמויות חריגות. באזורים אלה נבחנו מיקומם של תאי הגשם העוצמתיים שנצפו במכ"ם ביחס למדידות היומיות ונבחנו גם כמויות הגשם היומיות בתחנות אוטומטיות סמוכות ומידת חריגות כמות הגשם העשר דקותית בהן. השיערוך היה דיכוטומי: חריג או לא, ללא שיערוך כמותי מדויק. ההחלטה אם כמויות/עוצמות הגשם בתחנות הן חריגות או לא בוצעה על פי אנלוגיה לתחנה אוטומטית סמוכה ראו פירוט בתת הפרק "תיחום האזור החריג".

חישוב סף החריגות

חישוב זמני החזרה לעוצמות גשם לפרקי זמן קצרים של עד 240 דקות, בוצע עבור הפרסום עוצמות גשם בישראל (מורין וחוב, 1998⁹) והוא התבסס על סרטי עוצמות גשם. מאז, מדידת עוצמות הגשם השתנתה והיא מבוססת על נתוני תחנות אוטומטיות בלבד, אך טרם בוצעה בשירות המטאורולוגי עבודה מקיפה במטרה לחבר את שתי סדרות הנתונים ולייצר סדרה ארוכה ומעודכנת שעל בסיסה ניתן לעדכן את זמני החזרה לעוצמות גשם שונות.

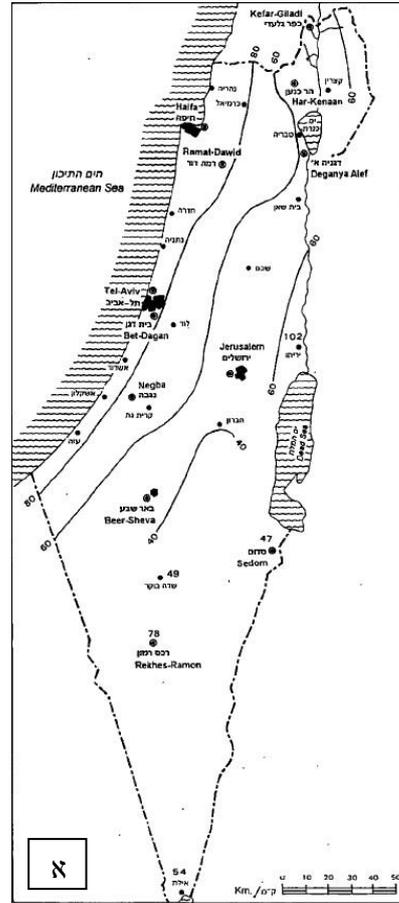
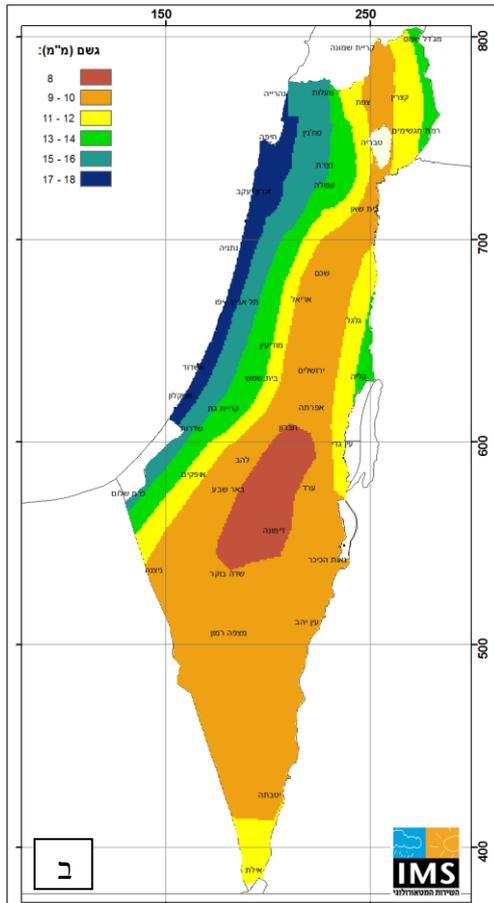
⁹ מורין י., שרון ד., ורובין ש., 1998: עוצמות גשם בישראל – מבחר תחנות. בית דגן, 149 עמ'.

בהיעדר עיבוד מעודכן, עבודה זו התבססה על זמני החזרה והעיבודים מ-1998. יחד עם זאת לא סביר שעוצמות הגשם פחתו ב-20 השנים האחרונות, ולכן אין להניח שכמות הסף לחריגות היתה נמוכה יותר אילו התבססנו על נתונים מעודכנים. בחיבור עוצמות הגשם בישראל הוצגה מפה של עוצמת הגשם ל-15 דקות בהסתברות של 5% (מפה 5 א'). מפה זו עברה דיגיטציה והיוותה בסיס למפת סף החריגות ל-10 דקות בהסתברות של 5.5%. ההתמרה בין שתי המפות בוצעה על ידי השוואת עוצמת הגשם בתחנות שונות ובחינת היחס בין שתי העוצמות המחושבות - ראו טבלה 4.

מהטבלה עלה כי היחס בתחנות הלא מדבריות הוא 1.18 בקירוב ולכן הוכפלה המפה של עוצמת הגשם הרבע שעתית בהסתברות שנתית של 5% במקדם של 1.18 לצורך הפקת מפה מקורבת של עוצמת הגשם בהסתברות שנתית של 5.5% ב-10 דקות. מפה זו, שהיתה נתונה בערכים של מ"מ/שעה, חולקה ב-6 וכך התקבלה כמות הגשם המצטברת ב-10 דקות המהווה את סף החריגות (מפה 5 ב').

טבלה 4: יחס עוצמת הגשם (מ"מ/שעה) בין הסתברות של 5% ב-15 דקות ל-5.5% ב-10 דקות

תחנות	15-5% ד'	10-5.5% ד'	יחס
ת"א שדה דב	88.0	104.4	1.186
בית דגן	80.4	97.2	1.209
לוד	75.6	87.0	1.151
תל נוף (ח. חיים)	68.0	81.0	1.191
קבוצת יבנה	99.2	118.8	1.198
נגבה	67.2	84.0	1.250
בית ג'ימל	64.8	70.8	1.093
ירושלים	49.6	58.8	1.185
חברון	41.6	45.6	1.096
הזורעים	54.8	63.0	1.150
גינוסר	49.6	61.2	1.234
דגניה	49.6	58.2	1.173
טירת צבי	54.4	67.8	1.246
ממוצע			1.182
יריחו	93.2	99.6	1.069
ערד	44.4	48.0	1.081



מפה 5 – א) מפת עוצמת הגשם המקסימלית ל-15 דקות בהסתברות 5% של מורין וחוב' (1998)
 לעומת ב) כמות הגשם המצטברת בהסתברות 5.5% ל-10 דקות.

תיחום האזור החריג

לאחר שהופקה מפה רציפה של סף החריגות ל-10 דקות, חולצו ממנה ערכי סף החריגות בכל התחנות האוטומטיות הפעילות, וניתן היה לקבוע אם הערך שהצטבר בהן גבוה מסף החריגות או נמוך ממנו ובכמה מילימטרים, כמפורט בטבלה 1.

באשר לתחנות הידניות בהן רזולוציית המדידה היא יומית, הרי שההחלטה אם התחנות חריגות או לא, בוצעה על פי אנלוגיה לתחנה אוטומטית סמוכה. אם בתחנה האוטומטית סף החריגות נחצה באופן ברור ובתחנה הידנית הכמויות היו דומות לכמויות היומיות שהצטברו בתחנה האוטומטית, הרי שהיה יסוד סביר להניח שגם בה נחצה ערך הסף העשר דקתי. בהתאם, גם אם בתחנה אוטומטית סמוכה נמדד ערך עשר דקתי גבולי או מעט נמוך מערך הסף, אך במד הגשם הקונבנציונלי כמות הגשם היומית היתה גבוהה באופן משמעותי מזו שנמדדה באותו מדיד אוטומטי, ההנחה היתה שעיקר הפרש נובע מהעוצמה העשר דקתית (שמשתנה באופן חריף במרחב ביחס לכמויות הרקע). לכן גם במקרה זה ההנחה היתה שבתחנה הקונבנציונלית נחצה סף החריגות.

באשר לתיחום שטח החריגות, ניכר שהיתה חפיפה די טובה בין מיקום הקצה המזרחי של תאי הגשם במכ"ם להפחתה בכמויות המדודות בשטח ולכן התיחום במזרח התבסס על מיקום הגבול המזרחי של התאים במכ"ם. תיחום הגבול המערבי של אזור החריגות בכל שלוש המפות היה בעייתי יותר מאחר שבנתונים המדודים חלה הפחתה הדרגתית במשקעים כלפי מערב, בעוד שבאזור זה המכ"ם הציג החזרים גבוהים. לכן התיחום המערבי בוצע באופן סובייקטיבי תוך הסתמכות על ערך הסף היומי המרמז על חריגות עשר דקתית. ערך הסף עצמו לא היה בהכרח קבוע והשתנה בהדרגה לאורך האזור הממופה. כך לדוגמה ניתן לראות במפה 2 שאפילו ערך יומי של 40 מ"מ מדרום לאשקלון לא בהכרח העיד על 10 דקות חריגות בשל ריבוי תאי גשם באזור זה לאורך מספר שעות. זאת בשעה שבדרום תל אביב נחצה סף החריגות כבר תחת כמות יומית של 25 מ"מ משום שכמעט כל הכמות היומית ירדה באזור זה תוך 10 דקות בלבד.