



מדינת ישראל
משרד התחבורה
השירות המטאורולוגי

השוואת שלוש תקופות תקן סטנדרטיות בכמות הגשם בישראל 1931-2020

נועם חלפון ויצחק (איציק) יוסף

סימוכין: 4000-0804-2021-0000106
בית דגן, שבט התשפ"א – פברואר 2021

השוואת שלוש תקופות תקן סטנדרטיות בכמות הגשם בישראל

2020-1931

(דו"ח מחקר מס' 0000106-2021-0804-4000, פברואר 2021)

נועם חלפון ויצחק (איציק) יוסף

עם תום שנת 2020, הארגון המטאורולוגיה העולמי (WMO) ממליץ על פרסום של ממוצע המשקעים לתקופת תקן סטנדרטית חדשה 2020-1991. תקופה זו באה אחרי תקופת התקן הסטנדרטית 1990-1961, ששימשה למספר גדול של מחקרים בנושא שינויי אקלים בעולם ולכן בחינת השינויים בין שתי התקופות מעוררת עניין. על אף שבמרבית מדינות העולם, ממוצע הגשם השנתי מחושב קלנדרי מינואר ועד דצמבר, באזורנו נטול המשקעים בקיץ, ממוצע הגשם השנתי מחושב לפי "שנת גשם" המתחילה בחודש אוגוסט ומסתיימת בחודש יולי בשנה אחר כך. כך ממצעים 30 עונות גשם מלאות ונמנעים מלחתוך את שתי העונות שבשולי התקופה בצורה מלאכותית בין דצמבר לינואר. בנוסף, הדבר מאפשר שימוש בכמויות הגשם העונתיות הנמדדות באמצעות אוגרי הגשם, המפוזרים בנגב ובערבה, בהן מבוצעת מדידה אחת בשנה, בתום עונת הגשם. לאור זאת, חושבו ממוצעי הגשם ל-30 שנות גשם מלאות 1990/1 – 2019/20 בדומה לפרסום השמ"ט ב-1990, בו חושבו הממוצעים לתקופה 1960/1 – 1989/90.

פרוט והרחבה לגבי [אופן חישוב ממוצעי כמויות גשם ומיפויים לתקופת התקן 2020-1991](#), ניתן למצוא בפרסום שלנו באתר השירות המטאורולוגי.

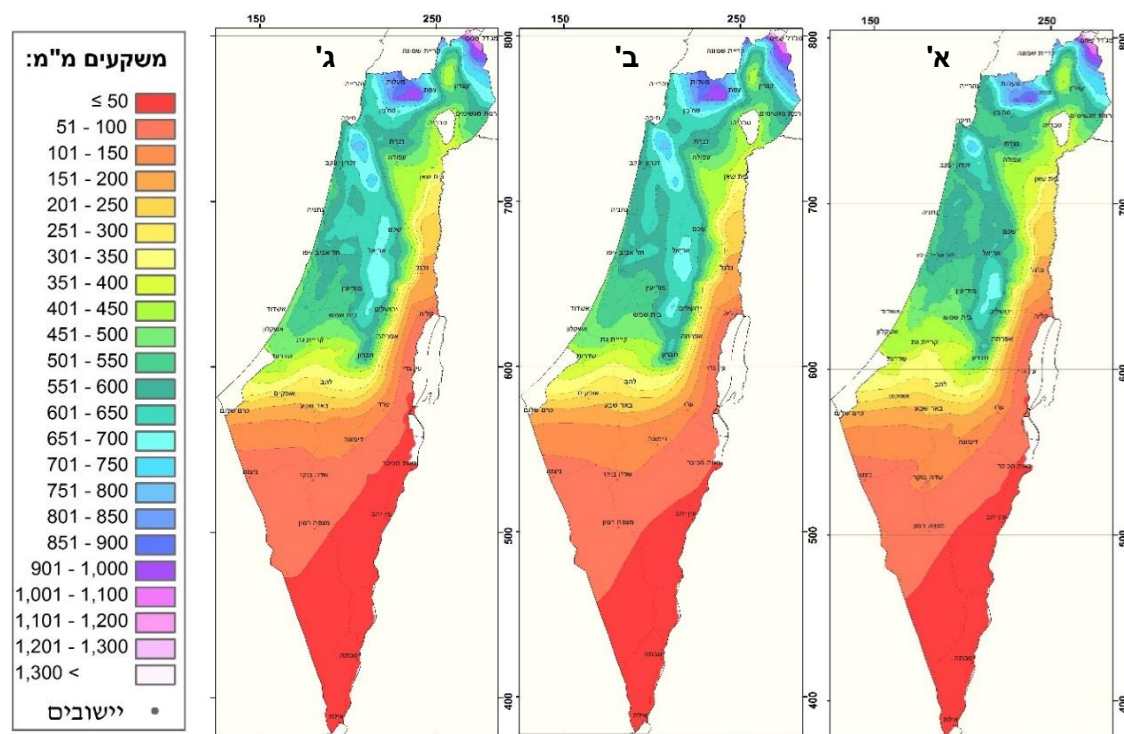
בעבודה זו נעמוד על ההבדלים בין כמויות הגשם השנתיות והחודשיות עבור שלוש תקופות תקן: 1960-1931, 1990-1961 ו-2020-1991, פרספקטיבה ארוכה של 90 שנים. בנוסף, את מספר ימי הגשם מעל סף נתון נבחן על-ידי השוואה בין שתי התקופות האחרונות וכן בסדרת זמן של 70 שנים¹.

א. כמות שנתית ממוצעת

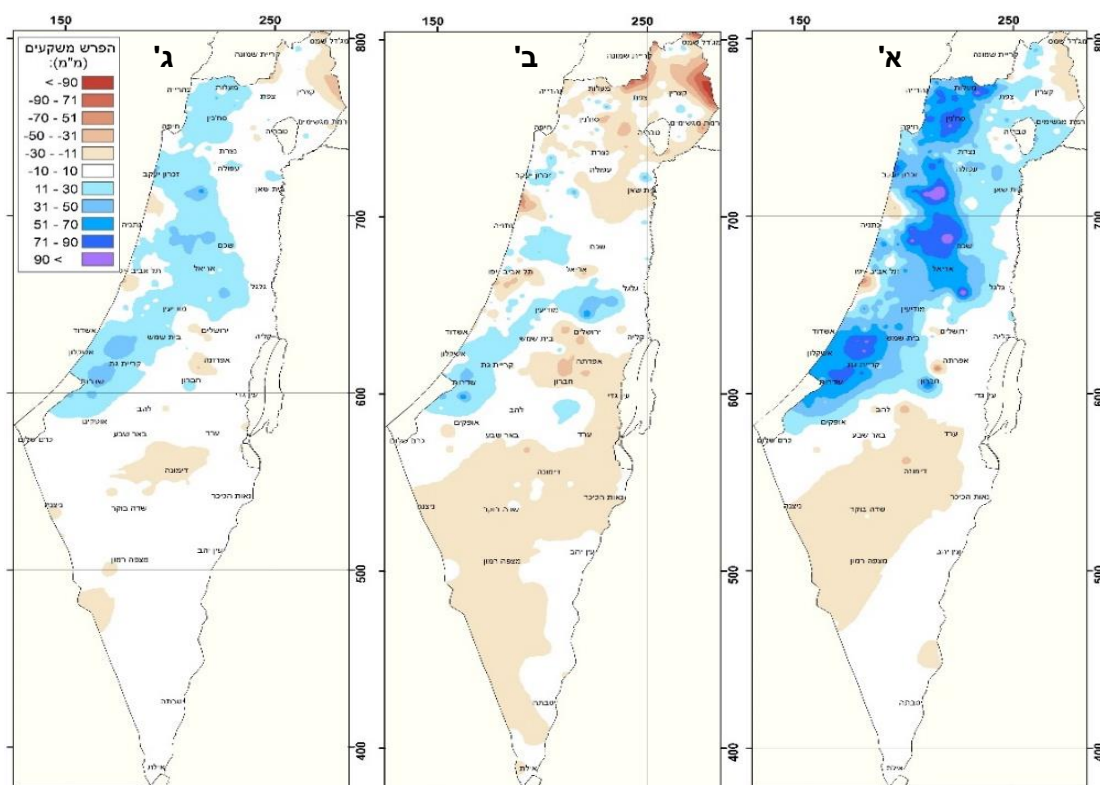
באיור 1 מוצגת הכמות השנתית הממוצעת עבור כל אחת מתקופות התקן. ניתן לראות כי רב הדומה על השונה בשלוש התקופות ובפרט בשתי התקופות האחרונות הגשומות במעט ביחס ל-1960-1931. באיור 2 ניתן לראות את ההפרש בין תקופת התקן האחרונה (2020-1991) לשתי התקופות שקדמו לה ולממוצע ארוך הטווח לכל 90 השנים הממוצעות (2020-1931). ברמה המקומית ישנם אזורים בהם כמויות המשקעים פחתו בתקופה הנוכחית ביחס לתקופת התקן הקודמת, 1990-1961, כגון הגולן והגליל המזרחי, אך במקביל ישנם גם אזורים בהם הכמויות עלו במעט, כגון בגליל המערבי ובמישור החוף הדרומי. ניתן לראות שבתקופת התקן האחרונה קיימת עליה במשקעים ביחס לתקופה 1960-1931 (א').

ביחס לתקופת התקן 1990-1961 (ב') ישנן סטיות קטנות הנעות במרבית שטחי הארץ בין (+30) ל-(-30) מ"מ עם נטייה לירידה קלה של כ-5 מ"מ בממוצע ואילו ביחס לממוצע לתקופה 2020-1931 התקופה האחרונה מאופיינת בסטיות קלות עם נטייה לעליה קלה של כ-10 מ"מ בממוצע.

¹ לא נמצא בידנו רצף נתונים יומיים איכותיים לשנות ה-30 וה-40 במאה הקודמת.

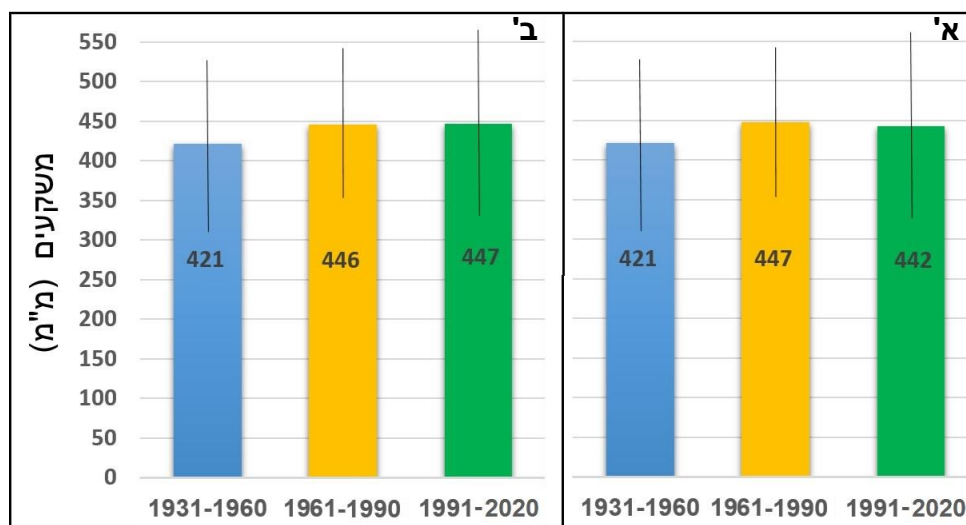


איור 1. כמות המשקעים הממוצעת (מ"מ) השנתית בתקופה (א') 1960-1931, (ב') 1990-1961, ו- (ג') 2020-1991.



איור 2. מפת הפרשים (מ"מ) בין הגשם השנתי הממוצע בתקופה 2020-1991, ל-1960-1931 (א'), 1990-1961 (ב') ולממוצע ארוך הטווח 1931-2020 (ג').

ממצא זה מתבטא גם באיור 3א' המציג את ממוצע הגשם המרחבי בכל השטח שמעל קו הגשם 100 מ"מ². ניתן לראות כי בשטח שמקו זה וצפונה עלה ממוצע הגשם המרחבי בכ-5% בין התקופה 1931-1961 ל-1961-1990 (עליה לא מובהקת סטטיסטית ברמת מובהקות $P \leq 0.1$ לפי מבחן Wilcoxon), וירד באופן מאוד זניח בין התקופה 1990-1961 לתקופת התקן החדשה. ההבדל הזניח בין שתי התקופות האחרונות ניכר על רקע סטיית התקן של הממוצע המרחבי של כמות הגשם העונתית המוצגת באיור 3א'. באיור 3ב' ניתן לראות כי מספיק שמשנים את אופן חישוב הממוצע של תקופת התקן משנת גשם לשנה קלנדרית (קרי, ינואר 1991 – דצמבר 2020 במקום אוגוסט 1990 – יולי 2020) בכדי לקבל שוויון בכמות המשקעים בין שתי תקופות המיצוע האחרונות. הדבר נגרם בשל כניסת נתוני סתיו 2020 הגשום יחסית על חשבון נתוני חודשי ראשית העונה 1990/1 שהיו יבשים באופן חריג.



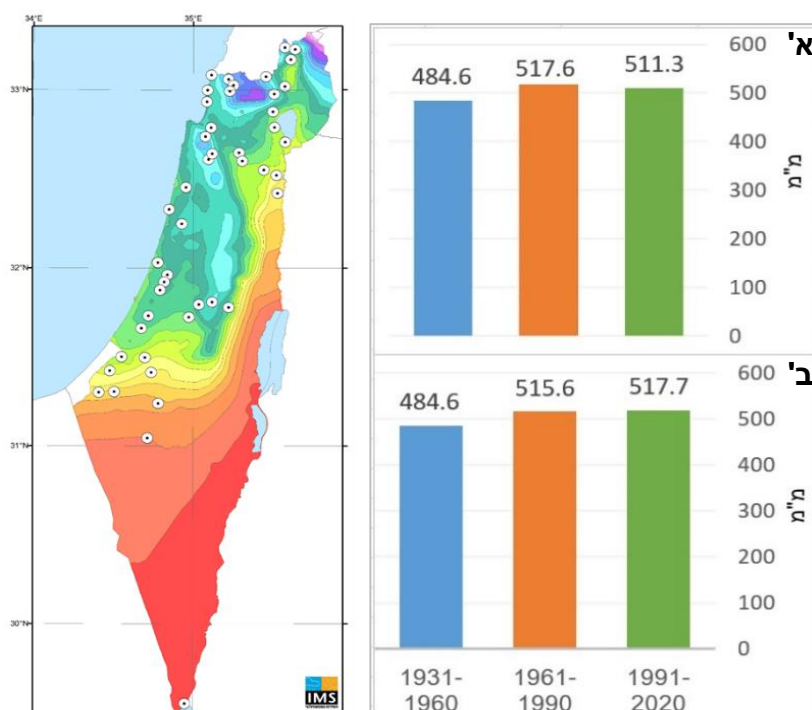
איור 3. ממוצע המשקעים המרחבי של סריגי מפות הגשם, מאיזוהיטה 100 מ"מ וצפונה, ב-3 תקופות התקן, לפי מיצוע "שנות גשם" (א') ומיצוע שנים קלנדריות (ב'). קווים אנכיים מציינים את סטיות התקן של כמויות הגשם השנתיות ב-3 התקופות.

כדי לוודא שתמונה זו אינה נובעת בחלקה מהאינטרפולציה המרחבית, נבחנו גם נתוני 48 תחנות ותיקות להן יש נתונים מהימנים גם עבור תקופת המיצוע 1960-1931 (איור 4). גם במקרה זה הפער בין ממוצע הגשם בשתי התקופות האחרונות מזערי ומתבטל לו היינו מחשבים ממוצע ל-30 שנים קלנדריות. הערכים האבסולוטיים גבוהים מערכי המיפוי משום שמרבית התחנות הוותיקות נמצאות באזורים גשומים יחסית.

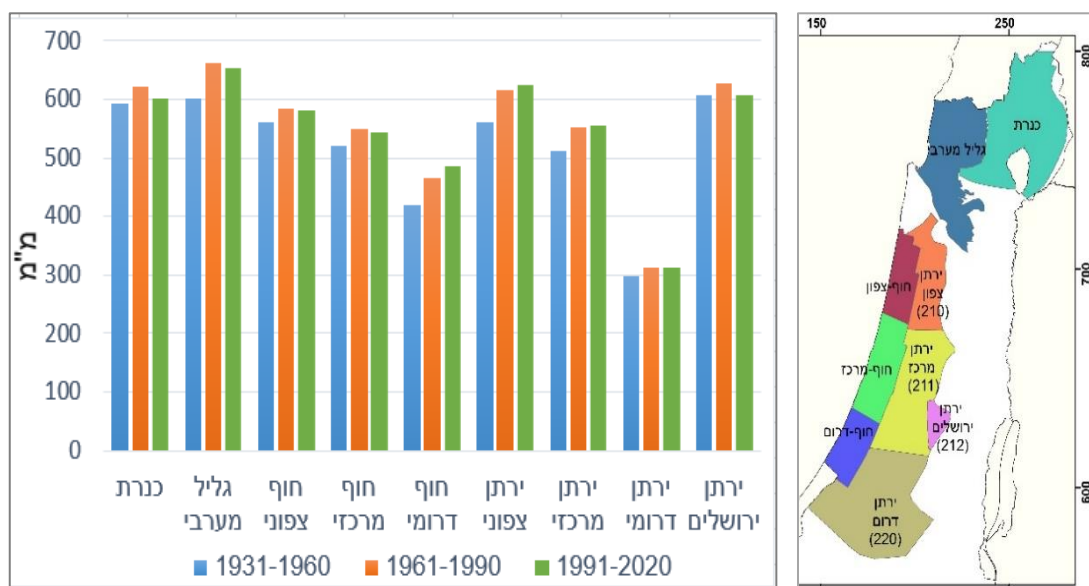
גם בבחינה אגנית של תשעת האגנים ההידרולוגיים העיקריים בישראל, הכנרת ו-8 אקוויפרים ראשיים, לא נמצאו הבדלים משמעותיים ומובהקים בין תקופות התקן השונות (איור 5)³. אם נתייחס להבדלים הקלים בין התקופות באגנים השונים הרי שבכל האגנים התת-קרקעיים העיקריים והכנרת, מבין שלוש תקופות התקן, התקופה האחרונה תמיד נמצאת מעל התקופה 1931-1961. בדרך כלל התקופה 1991-2020, מאופיינת בכמויות גשם ממוצעות שאינן שונות בהרבה

² קו זה נקבע לפי ממוצע רב שנתי ארוך טווח של 65 שנות מדידה: 1952/3-2016/7.
³ בהפעלת מבחני T ערך המובהקות (P Value) המינימלי לא ירד אל מתחת לסף 10%. אולם, תנאי הנדרש לשימוש במבחן T הוא התפלגות נורמלית, ותנאי זה אינו מתקיים עבור כל הסדרות. לפיכך בחנו את המובהקות גם באמצעות מבחן Wilcoxon שהוא מבחן אפרמטרי בו אין צורך להניח דבר על צורת ההתפלגות. גם לפי מבחן זה לא ניתן היה לדחות את השערת האפס ברמת מובהקות של 10% ומטה.

מהערכים בתקופה 1961-1990. באגן הכנרת ואגן הרי ירושלים תקופת התקן האחרונה קרובה בערכיה לתקופה 1931-1960, אך עדיין גבוהה במעט ממנה.



איור 4. כמו איור 3, רק עבור כמות הגשם השנתית הממוצעת (מ"מ) לפי 48 תחנות, שתפרוסתן מוצגת במפה שמשמאל (על רקע ממוצעי 1991-2020). א' ממוצע לפי "שנת גשם" ו- ב' ממוצע לפי שנה קלנדרית.

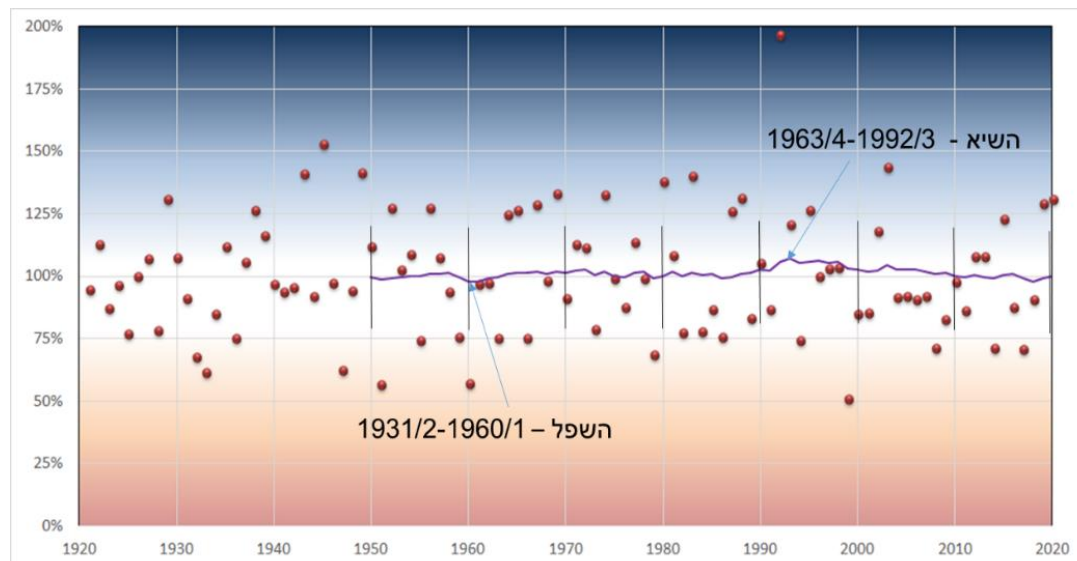


איור 5. ממוצעי הגשם השנתיים המרחביים (מ"מ) באגנים ההידרולוגיים העיקריים.

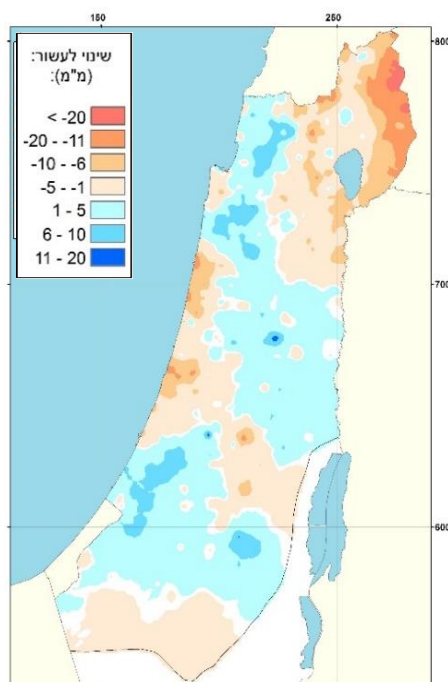
כזכור, הראנו באיור 3 כי שינוי קל בתקופת התקן עשוי להשפיע על כמות הגשם הממוצעת הרב-שנתית. באופן דומה, יש להביא בחשבון שההבדלים הקטנים בממוצע בין שתי תקופות עשויים לנבוע מתוספת או גריעה של שנה בודדת ולפיכך קרוב לוודאי שלא נכון לפרשם כעדות לשינוי אקלימי. כניסת שנה גשומה על חשבון שנה יבשה או להיפך יכולה להשפיע על ממוצע מרחבי נע של

30 שנה עד לכדי קרוב ל-3% ובאופן נקודתי אפילו יותר (למשל ברמת התחנה). כך לדוגמה, הממוצע הנע ל-30 השנים האחרונות צפוי לרדת בתום השנה הבאה (1992-2021) עם יציאת כמות הגשם החריגה שירדה בעונת 1991/2 מהחישוב. מקרה דומה ואף קיצוני יותר, התרחש באגן הכנרת עם יציאת עונת 1968/9 הגשומה מהחישוב וכניסתה של עונת 1998/9 היבשה במקומה.

המחשה לכך ניתן לראות באיור 6 המציג את אחוז הגשם השנתי מהממוצע הרב שנתי לפי 15 תחנות ותיקות הפרוסות מכפר גלעדי ועד באר שבע במשך 100 השנים האחרונות (1921-2020) ואת הממוצע הנע ל-30 שנים הנגזר מהן. באיור בולטת חריגותה של עונת 1991/2 שהיתה גשומה מיתר השנים האחרות באופן משמעותי וכן עונת 1998/99 שהיתה יבשה במיוחד ובפרט ביחס ל-60 עונות הגשם האחרונות.



איור 6. אחוז הגשם השנתי ביחס לממוצע ארוך הטווח (1921-2020) המבוסס על 15 תחנות ותיקות מכפר גלעדי ועד באר שבע. בסגול ממוצע נע ל-30 שנה וקווים אנכים מציינים את הממוצע בתום כל עשור.

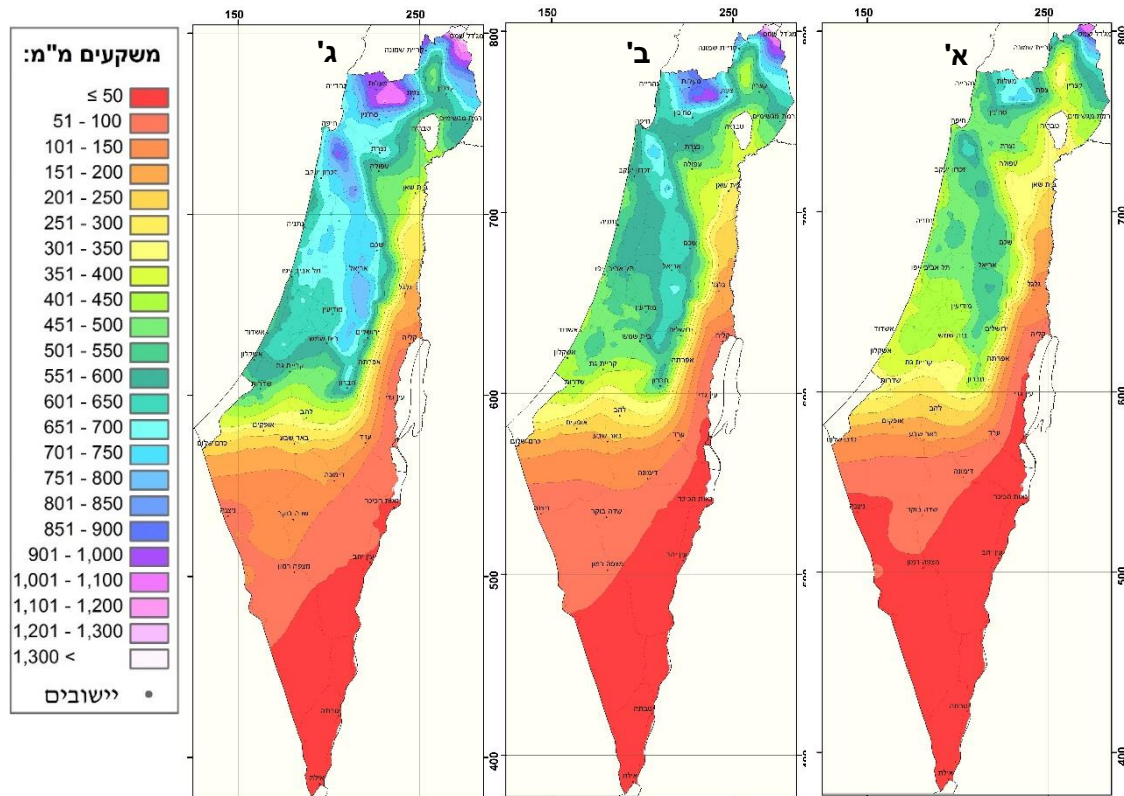


מגמות המשתנות המשקעים עם הזמן נבחנו גם באמצעות רשת נקודות סריג צפופה של 1*1 ק"מ שדגמה את ערכי הגשם השנתי מתוך מפות גשם שנתיות לתקופה 1952/3-2019/20 ויצרה סדרה עתית לכל נקודת סריג. בחינה זו, הן באמצעות רגרסיה לינארית פשוטה (OLS) והן על-ידי מיפוי המגמה באמצעות Theil-Sen estimator הנחשבת לשיטת מהימנה ויציבה יותר לחישוב מגמות (איור 7), מראה מגמות שינוי קלות, שאינן מגיעות ולו באחת מבין 17,825 מנקודות הסריג לכדי מובהקות סטטיסטית (ברמה של $P \leq 0.05$).

איור 7. מגמות השתנות המשקעים לתקופה 1952/3-2019/20 באמצעות Theil-Sen estimator, ל-17,825 נקודות סריג.

ב. כמות שנתית חצינית

מעבר למיפוי הכמות השנתית הממוצעת, הופקו גם מפות (איור 8) המציגות את כמות הגשם השנתית החצינית לתקופת התקן 1991-2020 וכן הכמות עבור הרבעון התחתון והעליון (דהיינו הכמות השווה או הגדולה המתקבלת ב-75% או 25% מהשנים בהתאמה).

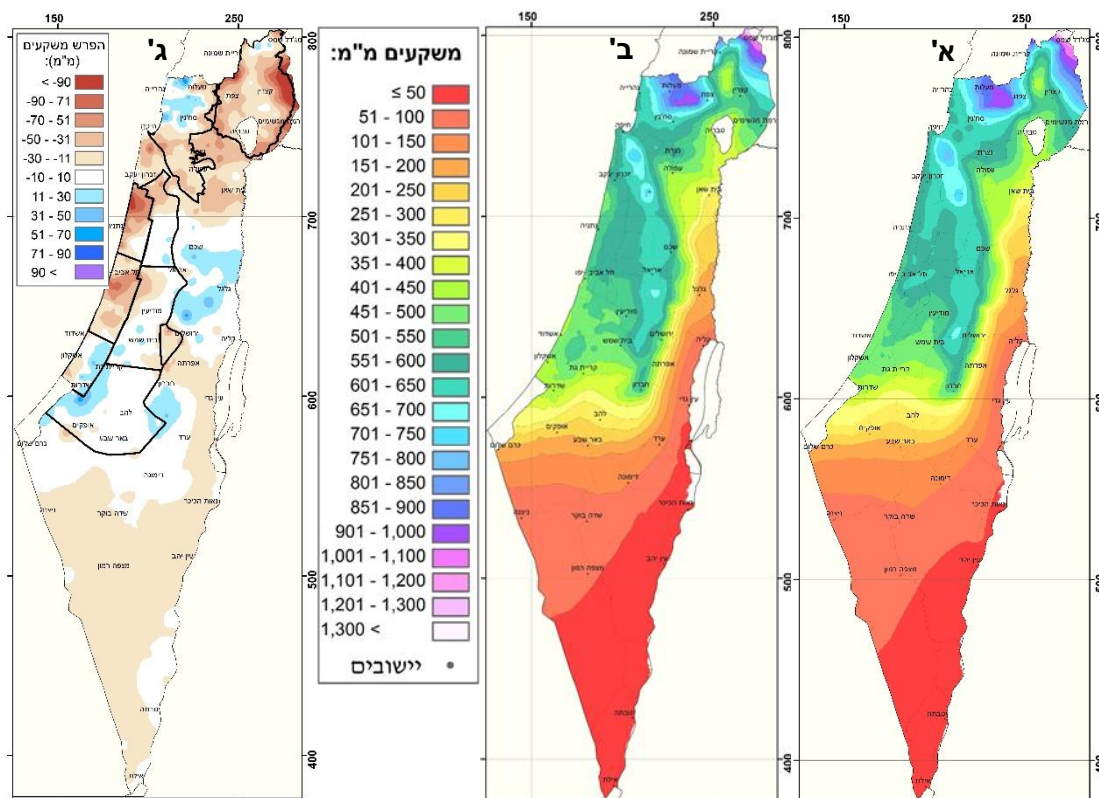


איור 8. כמות הגשם השנתית עבור הרבעון התחתון (א'), החציון (ב') והרבעון העליון (ג'), בתקופה 1991-2020.

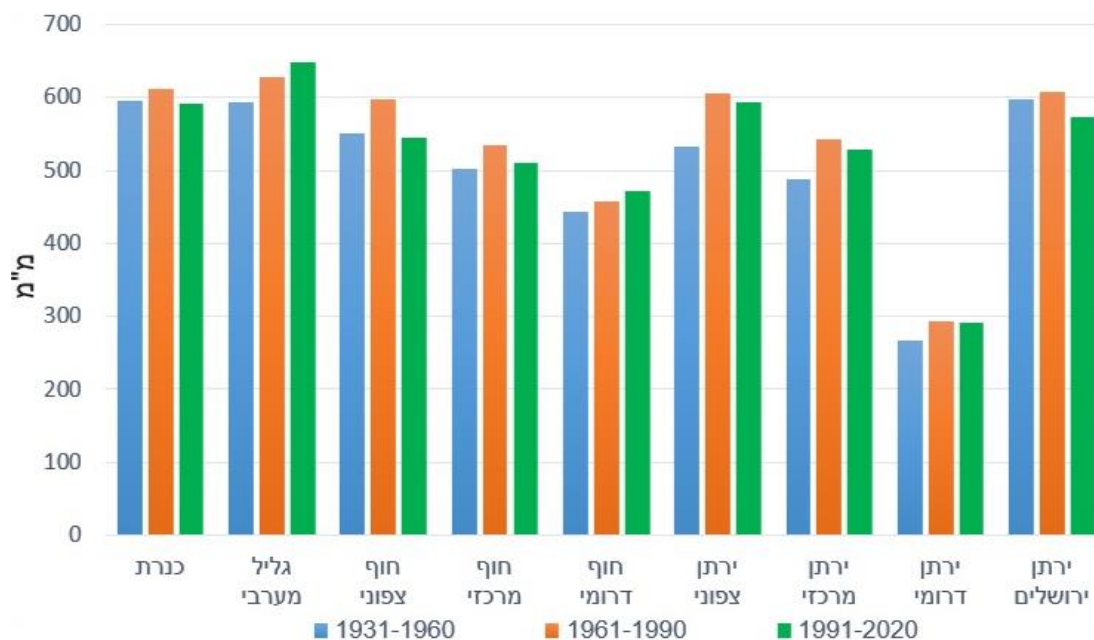
מיפוי זה מאפשר השוואת תקופות מיצוע שונות לא רק על פי הממוצע אלא גם על פי החציון, המהווה ערך מרכזי שאינו מושפע משנים קיצוניות (גשומות ו/או יבשות מאוד). הערכים החציניים בשתי תקופות המיצוע האחרונות וההפרש ביניהן, מוצגים באיור 9, ממנו ניתן ללמוד שבמרבית האזורים הערך החציני ב-30 השנים האחרונות נמוך ביחס לערך החציני בתקופה 1961-1990 ורק באזורים מצומצמים יחסית, הערך החציני עלה במקצת.

אמנם ישנו דמיון מרחבי בין מפת הפרשי הערך החציני (איור 9ג') ומפת הפרשי הממוצע (איור 9ב'), כאשר האזורים החיוביים ביותר נמצאים בגליל המערבי ובמישור החוף הדרומי בעוד שהשלילים ביותר נמצאים בגליל העליון המזרחי והגולן, אך כל המפה היא במגמה שלילית יותר מזו של הפרש הממוצעים.

ממצא זה ניכר גם באיור 10 המציג את החציון של ממוצע הגשם המרחבי העונתי באגנים העיקריים ובו ניתן לראות ירידות מסוימות של ערך זה במרבית האגנים ההידרולוגיים העיקריים ביחס לתקופה 1961-1990. יחד עם זאת, הוא עדין גבוה במרבית האגנים מחציון 1931-1960 ובגליל המערבי וחוף דרומי, אף גבוה מחציון תקופת התקן 1961-1990. מבחן Wilcoxon שאינו מושפע מערכים חריגים אלא מתייחס לדירוג הערכים בדומה לחציון (כפי שהוסבר בסעיף א'), לא מצא כי השינויים בין חציוני שלוש התקופות מובהקים, לא ברמת האגנים ולא ברמה הארצית.



איור 9. כמות המשקעים החציונית בתקופה 1990-1961 (א'), 2020-1991 (ב') וההפרש בין זו האחרונה לקודמתה תוך שילוב גבולות האגנים ההידרולוגיים העיקריים (ג').

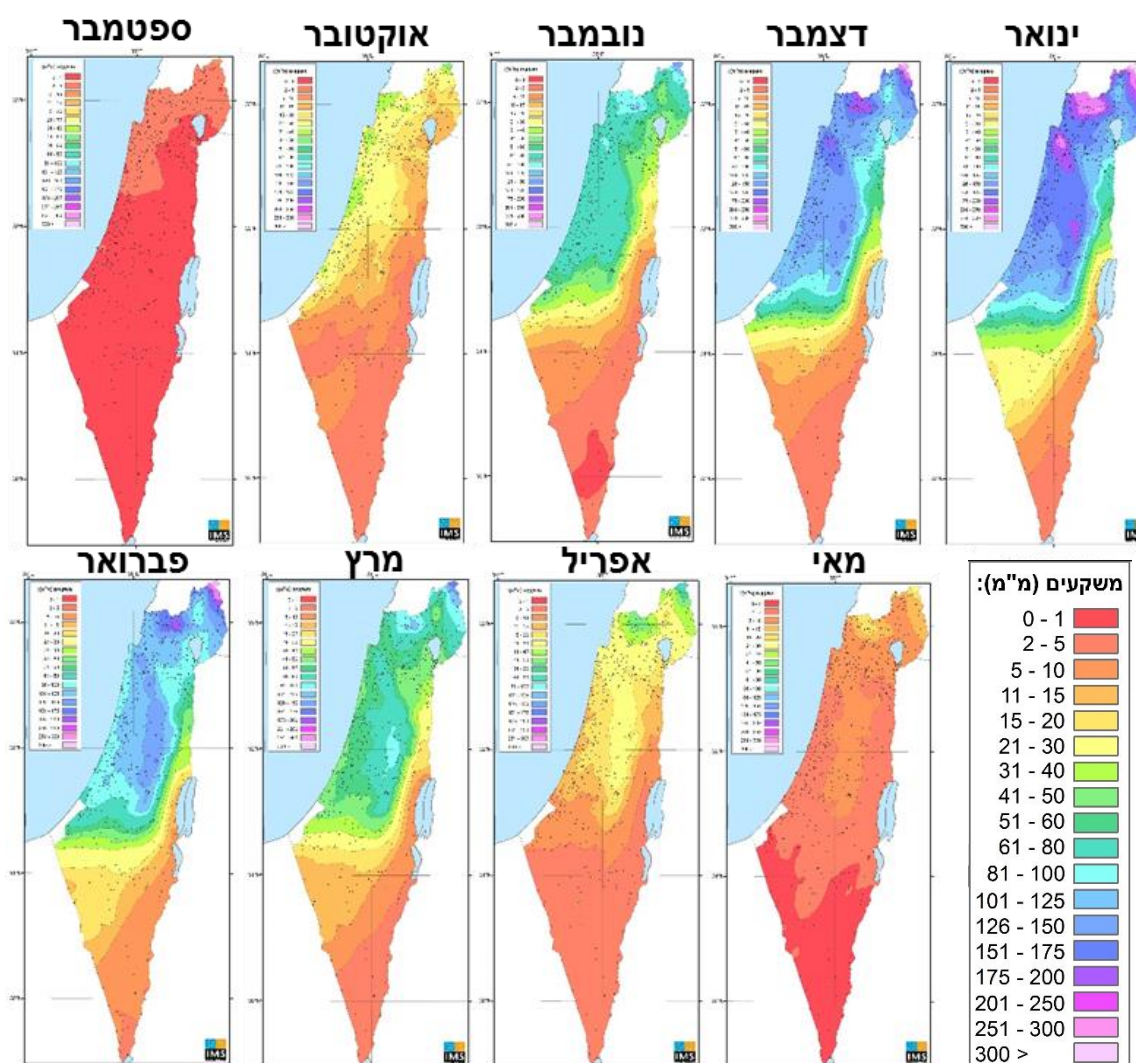


איור 10. כמות הגשם החציונית של ממוצע הגשם המרחבי באגנים ההידרולוגיים העיקריים בתקופת התקן האחרונה אל מול שתי התקופות הקודמות.

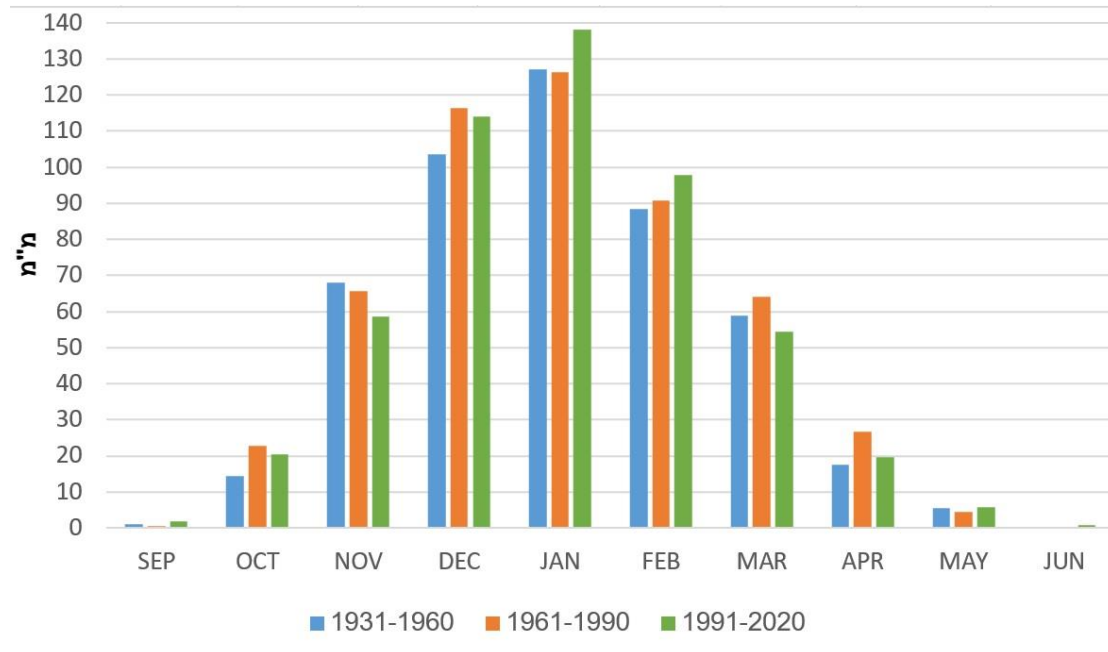
ג. כמות הגשם החודשית הממוצעת וחלוקת הגשם על פני עונות השנה

בחינת הממוצע הרב-שנתי של כמויות הגשם החודשיות מראה כי בדומה לכמות הגשם השנתית הממוצעת, חלו שינויים מתונים בין שלוש תקופות התקן ההיסטוריות. מבין השינויים היותר משמעותיים ניתן לציין את התחדדותו של חודש ינואר כחודש הגשום ביותר בשנה בתקופת התקן האחרונה, אל מול הפחתה מסוימת, שאינה מובהקת סטטיסטית, בחודשי עונות המעבר (בכללם בחודשים נובמבר ומרץ). בחודשי השולים ספטמבר ומאי חלה עליה קלה ולא מובהקת של מילימטרים ספורים ביחס לתקופה 1961-1990 ואף התרחשו מספר מקרים של גשם ממשי בחודשי הקיץ עצמם, יוני-אוגוסט כך שממוצע יוני הגיע בחלק מהתחנות ל-1-3 מ"מ.

איור 11 מציג את כמויות הגשם החודשיות הממוצעות לתקופה 1991-2020 ואיור 12 את כמות הגשם החודשית הממוצעת ב-48 תחנות וותיקות ביחס לממוצע החודשי, באותן תחנות, בשתי תקופות המיצוע הקודמות.



איור 11. כמות הגשם החודשית (מ"מ) ספטמבר עד מאי, בתקופת התקן 1991-2020.



איור 12. כמות הגשם החודשית הממוצעת (מ"מ) ב-3 תקופות התקן, בהסתמך על מיצוע ל- 48 תחנות ותיקות (ראו מפת מיקומי התחנות באיור 4).

השינויים החודשיים במוצעי תקופות התקן לשני הכיוונים (עליה או ירידה) הינם מסדר גודל של כ- 5%-10%. יש לזכור שתחת ההשתנות הגבוהה של כמויות הגשם החודשיות, שינויים אלו אינם גדולים, ועשויים להצטמצם ובמקרים קיצוניים אף להתבטל עם הסטה של תקופת התקן בעונת גשם אחת (כפי שהראנו בסעיף א'). רק בפברואר ונובמבר נמצאה מגמת שינוי עקבית בהשוואת שלוש תקופות התקן (עליה בפברואר וירידה בנובמבר). ביתר החודשים, כיוון השינוי בין 1960-1931 ל-1990-1961 לא נמשך גם בינה לבין תקופת התקן האחרונה.

תוצאות מבחן Wilcoxon למדגמים בלתי תלויים המשווה את דירוג הנתונים בין התקופות, (כך שהשפעת החודשים הגשומים במיוחד שיכולה להגיע אף ל-300% ויותר מהממוצע פוחתת משמעותית), לא זיהו שינויים מובהקים ($P \leq 0.05$) בין תקופת התקן האחרונה לקודמותיה. בהשוואה בין 1990-1961 ל-1960-1931 נמצאה עליה מובהקת במשקעי אוקטובר ואילו ביתר החודשים לא נמצאו הבדלים מובהקים גם בין שתי תקופות אלו.

באיור 13, נבחנו המגמות הלינאריות של הגשם החודשי ב- 90 השנים האחרונות⁴, 1931-2020. באיור זה ניכר כי המגמות אינן מובהקות ($P \leq 0.05$) ומאופיינות בשונות מוסברת מזערית (עד כ- 1%) בכל החודשים. ככלל נראה כי קיים פיזור די אקראי של ממוצע כמויות הגשם החודשיות, עם ערכים גבוהים באופן חריג או נמוכים באופן חריג שהתקבלו בעבר הרחוק יחסית בדומה להופעתם בתקופה המאוחרת. אומנם במקרים של שונות בין שנתית גבוהה כמו בגשם חודשי קיים קושי לזהות מגמה כאשר היחס בין האות (הסיגנל) לשונות נמוך (low signal to noise ratio), אך העובדה שבכל

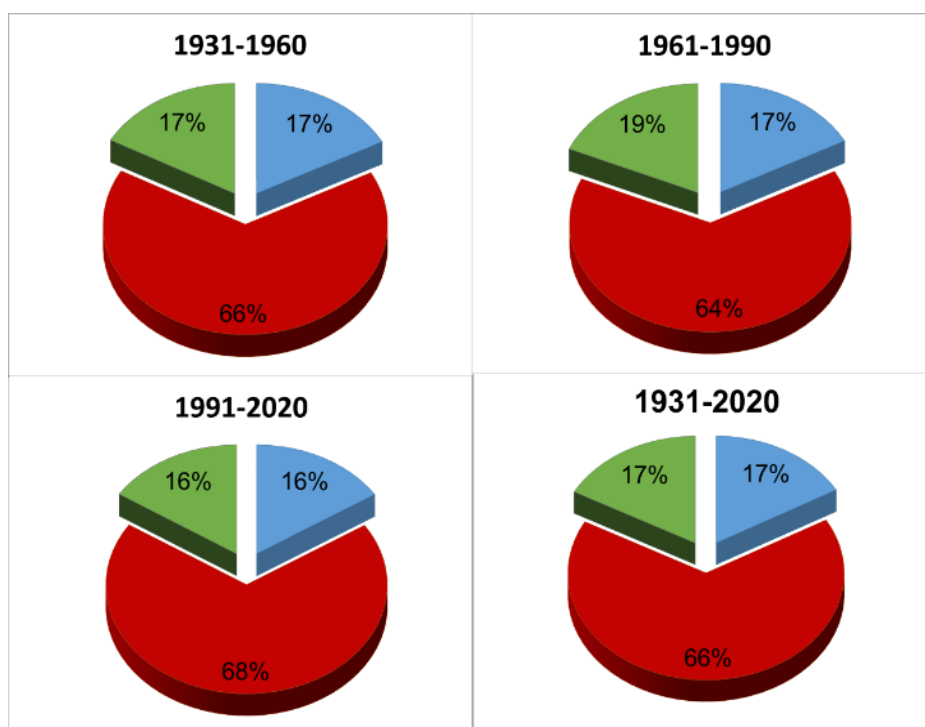
⁴ בחינה זו מבוססת מאוקטובר 1952 על ממוצע מרחבי חודשי של הגשם בכל שטח המדינה שאינו מאופיין באקלים צחיח קיצוני (100 מילימטר ויותר). עד מאי 1952 הערכת הכמות החודשית מתבססת על סכימת כל נתוני התחנות הפעילות באותו חודש וחלוקתה בסכום הגשם החודשי הממוצע באותן תחנות (1961-1990). כך מתקבל אחוז הגשם החודשי ממוצע 1961-1990 וזה מוכפל בממוצע המרחבי של סריג הגשם החודשי (גם כן מקו 100 מ"מ וצפונה) לתקופה 1961-1990.

החודשים שיפועי המגמות כמעט מאוזנים עם הטיות קלות ביותר ומנוגדות מצביעה על כך שכנראה לא מדובר על מיסוך המגמה אלא על היעדר שינוי.



איור 13. ממוצע מרחבי של כמות הגשם החודשית הממוצעת בחודשי עונת הגשם בשנים 1931-2020 ומגמת השינוי הלינארית.

באופן טבעי, בהיעדר שינויים משמעותיים בכמות החודשית, גם בחלוקת הגשם לפי עונות השנה, לא חלו שינויים גדולים, כפי שניתן לראות באיור 14. האיור מציג את התפלגות כמויות הגשם לפי העונות סתיו (ספטמבר-נובמבר), חורף (דצמבר-פברואר) ואביב (מרץ-מאי). מאיור זה עולה כי כלל האצבע ולפיו שני שלישים מכמויות הגשם השנתיות יורדים בחורף, והיתר מתחלק לכשישית בסתיו וכשישית באביב, נשמר פחות או יותר בכל התקופות. בתקופה 1961-1990 הריכוז החורפי הצטמצם במעט בעיקר בזכות משקעי אביב מעט גבוהים יותר ואילו בתקופה האחרונה הוא שוב התגבר בדומה למצב ב-1931-1960 וכן בדומה לממוצע לכל 90 השנים. מכאן שגם עיתוי המשקעים במהלך העונה, בדומה לכמות השנתית הממוצעת, לא עבר שינויים מהותיים. כאמור, בתקופת התקן האחרונה, הופיעו בקיץ מספר אירועי גשם (בראשם האירועים ביוני 1992, יוני 2018 ויולי 1995), אך למרות שבחלק מהתחנות ממוצע כמות הגשם הקייצית לא היתה אפסית, היא לא הגיעה לכדי 1% מהגשם השנתי בשום תחנה.



איור 14. התפלגות הגשם השנתי הממוצע לפי עונות: סתיו (ספטמבר-נובמבר) בתכלת, חורף (דצמבר-פברואר) בבורדו ואביב (מרץ-מאי) בירוק. החישובים מבוססים על 48 התחנות המוזכרות באיורים 4 ו-12.

ד. מספר ימי גשם בחלוקה לספים שונים

כחלק מהכנת הממוצעים לתקופת התקן החדשה, 1991-2020, חושבו ומופז מספר ימי הגשם מעל ספים שונים ליום: 0.1, 1, 5, 10, 25 ו-50 מ"מ/יום. זאת בדומה לפרסום הקודם שהתייחס לתקופה 1981-2010. ראה איור 15.

באיור זה ניתן לראות את העדיפות שיש לצפון הארץ ומערבה בקטגוריות של ימי הגשם מעל הספים הנמוכים. מספר ימי גשם בכמות של לפחות 0.1 מ"מ/יום מגיע לכ-70 ימי גשם בגליל המערבי והחרמון ואילו כמות זו פוחתת עד כדי 45 ימים בחלקים הדרומיים והמזרחיים של האזור האקלימיים הים תיכוני ופחות מכך באזורים הצחיחים והצחיחים למחצה. מטבע הדברים, ככל שעולים בערך סף הגשם היומי, מספר הימים מצטמצם ותפרוסתם מזכירה יותר את מפת הגשם השנתית.

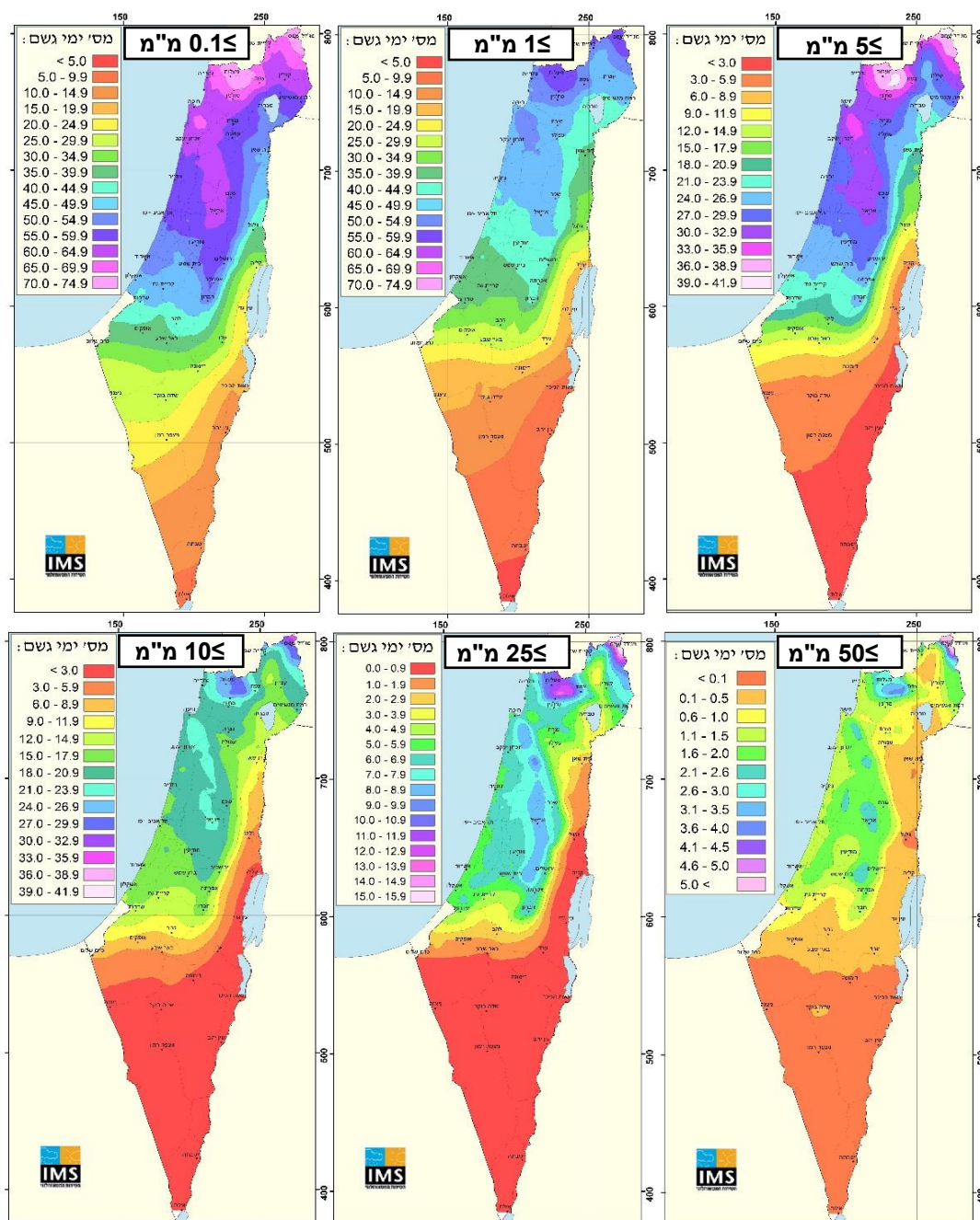
איור 16, משווה את מספר ימי הגשם, בין שתי תקופות התקן האחרונות, בספים שונים: 1, 10, 20 ו-50 מ"מ/יום ב-60 תחנות וותיקות והומוגניות, הפרוסות בכל רחבי הארץ (ראו פירוט בנספח 1). באיור זה ניכר כי מספר ימי הגשם בתקופה הנוכחית קטן יותר בסף הנמוך של 1 מ"מ/יום ביחס לתקופה הקודמת 1961-1990. אם בתקופת הממוצע 1961-1990 מספר ימי הגשם (1 מ"מ/יום ומעלה), במרבית התחנות באזור האקלימי הים תיכוני של הארץ נע בין 45 ל-55 (איור 16א'), הרי שבתקופה האחרונה הוא הצטמצם בכ-5 ימי גשם ונע בין 40 ל-50 ימים בממוצע, ירידה של כ-10%. עוד עולה כי, ככל שעולים לספי גשם גבוהים יותר, הפער בין שתי התקופות מצטמצם. עבור סף של 10 מ"מ/יום ההפחתה במספר ימי הגשם מזערית, עבור 20 מ"מ אין מגמת הפחתה כלל ואילו בימי גשם מסף של 50 מ"מ/יום ויותר יש עליה במרבית התחנות, אך מבחינה אבסולוטית הגידול הוא מינורי ונע סביב תוספת של רבע יום בממוצע.

איור 17 מציג על גבי מפות את ההפרש בין ממוצע מספר ימי הגשם בין התקופה 1991-2020 ל-1961-1990, ב-60 התחנות הומוגניות, בספים 1, 10 ו-50 מ"מ/יום. ההבדל בין התקופות מובהקות התוצאה נבדקו באמצעות מבחן Wilcoxon מאחר שבחלק מהמקרים (בספים הגבוהים בפרט) לא ניתן לערוך מבחן T עקב התפלגות לא נורמלית של המשתנה.

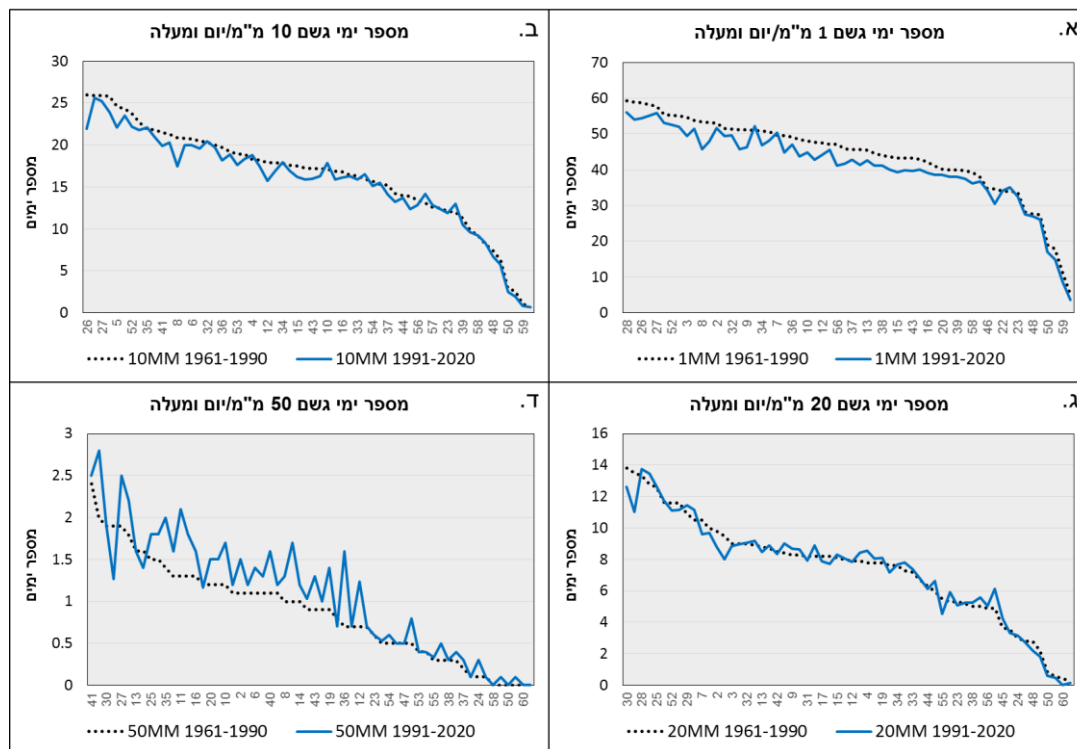
כפי שניתן להתרשם גם באיור זה, קיימת נטייה להפחתה במספר ימי הגשם בעיקר בספים הנמוכים (1 עד 10 מ"מ/יום). בסף של 20 מ"מ/יום המגמות מעורבות וב-50 מ"מ/יום במרבית התחנות קיימת נטייה לעליה במספר ימי הגשם. עם זאת במרבית המקרים המגמות לא היו מובהקות. רק ב-20 מתוך 300 המבחנים שבוצעו (60 תחנות * 5 ספים) נמצא הבדל מובהק סטטיסטית ($P \leq 0.05$) בין שתי תקופות תקן אלו. למעלה ממחצית המקרים המובהקים מתייחסים לירידה בימי גשם מסף מילימטר. מקרים אלו התרכזו בעיקר באזור המדברי של הארץ ובצפון מזרחה. בשאר הספים נמצאו לכל היותר 3 תחנות עם מגמה מובהקת, כאשר בסף של 50 מ"מ/יום ומעלה נמצאה עליה מובהקת במספר הימים בשתי תחנות בשולי עמק יזרעאל (גבעת עוז והזורע).

הארכת התקופה הנבדקת בעשור נוסף ובחינת מגמות שינוי משנות ה-50 (באמצעות Theil-Sen estimator) העלתה כי עבור ספי הגשם הנמוכים עדין נצפית מגמת ירידה במרבית התחנות אך היא מובהקת סטטיסטית ($P \leq 0.05$) בשלושה מקרים בלבד. בבחינת השינוי במספר ימי הגשם ב-70 השנים האחרונות בספים של 20 מ"מ/יום ו-50 מ"מ/יום במרבית המקרים לא נמצאו מגמות כלל. מגמת הירידה במספר הכולל של ימי הגשם אל מול עליה במספר ימי הגשם עם כמות יומית גבוהה מוזכרת לא פעם כתופעה נלווית להתחממות הגלובלית, כאשר מספר רב יותר של ימי גשם בספים הגבוהים עשוי לנבוע, בין היתר, מעליה בעוצמות הגשם, ובפרט במישור החוף שם גשם יומי רב

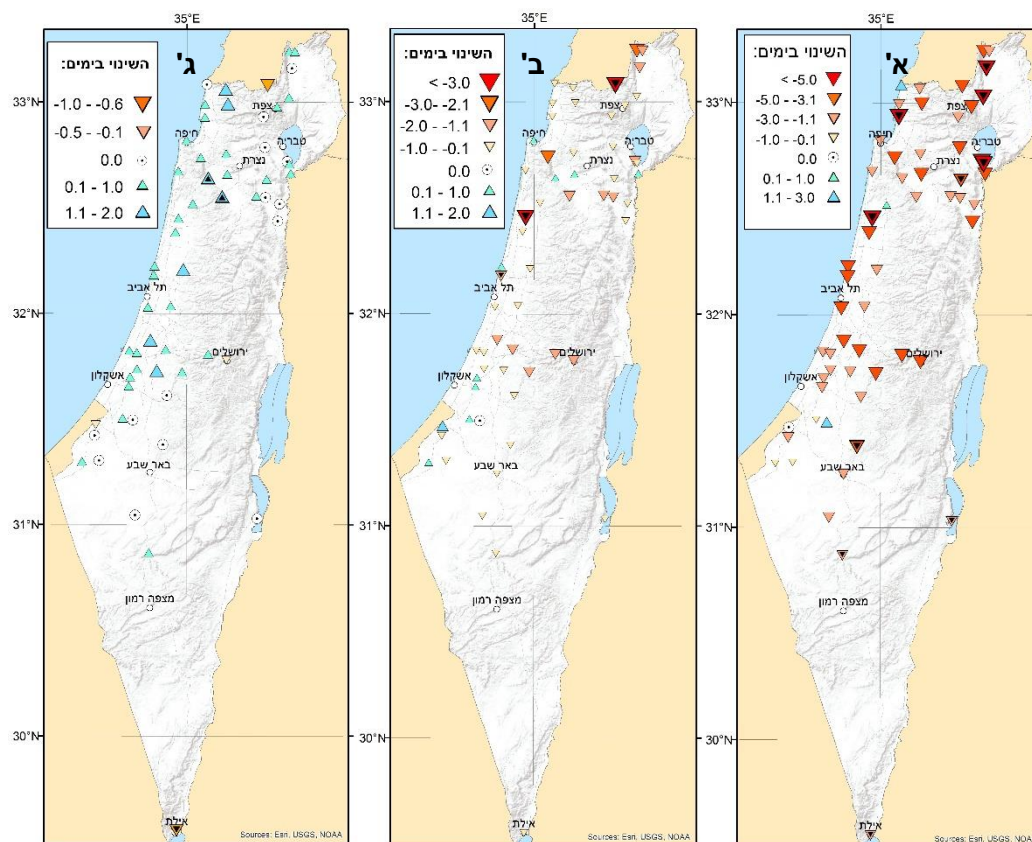
נקשר בעוצמות גבוהות ובינוניות ולא בירידת גשם במשך זמן רב כמו בהרים. עם זאת לא נמצאה עליה מובהקת במספר ימי הגשם בספים הגבוהים בתחנות החוף.



איור 15. מפות מספר ימי הגשם הממוצע בשנה בתקופה 1991-2020, לפי ספים שונים של כמות הגשם היומית.



איור 16. ממוצע מספר ימי הגשם, לשתי תקופות 1990-1961 (נקודות שחורות) ו-1991-2020 (כחול), בחלוקה לארבעה ספים: א) 1 מ"מ/יום; ב) 10 מ"מ/יום; ג) 20 מ"מ/יום; ד) 50 מ"מ/יום. בכל פאנל מוצגות 60 תחנות המסודרות בסדר יורד מהערך הגדול ביותר של כל סף בהתאם לתקופה 1990-1961 (ראו המפתח בין מספרי התחנות לשמותיהן בטבלה שבנספח).



איור 17. ההפרש בין ממוצע מספר ימי הגשם בתקופה 1990-1961 ל-1991-2020 בימים מעל סף 1 מ"מ/יום (א'), 10 מ"מ/יום (ב') ו-50 מ"מ/יום (ג'). משולשים פנימיים שחורים מציינים שינוי מובהק ($P \leq 0.05$).

ה. סיכום

עם תום עונת 2019/2020 בוצע חישוב של ממוצעי הגשם לתקופת התקן הסטנדרטית 1991-2020. החישובים בוצעו לכמויות השנתיות והחודשיות בנוסף להתייחסות גם לערכים חציוניים ורבעוניים. כמו כן חושב המספר הממוצע של ימי הגשם מעל ספים שונים. ערכים אלה מופו ומוצגים בדו"ח זה. מעבר להצגת התוצרים החדשים בוצעה בדו"ח השוואה של הממצאים אל מול שתי תקופות התקן הקודמות, 1961-1990 ו- 1931-1960.

בכל הבחינות שבוצעו על הגשם השנתי זוהו מגמות חלשות ולא מובהקות של ירידה בגליל המזרחי והגולן אל מול עליה במשקעים בגליל המערבי ומישור החוף הדרומי ומגמות מעורבות ביתר האזורים. ממצאים דומים התקבלו כבר במפת השוואת התקופות 1981-2010 ו- 1961-1990 שמופיעה באטלס האקלימי הקודם.

ככלל, השינויים בממוצעים היו קטנים ולא מובהקים ודי בשינוי מתודולוגי המיצוע מ-30 שנות גשם לשנים קלנדריות (כלומר שינוי בשיוך פחות מחצי עונה מתקופה אחת לתקופה אחרת) בכדי להוביל לשיווין כמעט מוחלט בין שתי התקופות 1961-1990 ו- 1991-2020 מבחינת הממוצע המרחבי של כמות הגשם השנתית.

בחינת מגמות מרחביות בהשתנות הגשם השנתי מעונת 1952/3 ועד 2019/20, על פני כ- 18,000 נקודות סריג, לא מצאה שינויים מובהקים סטטיסטית ($P \leq 0.05$) באף אחד מחלקי הארץ וכן באגנים ההידרולוגיים התת-קרקעיים העיקריים ובאגן הכנרת.

בחינת הבדלים בגשם החציוני העלתה כי ערך זה בתקופה 1991-2020 נמוך במרבית האגנים ההידרולוגיים ביחס ל- 1961-1990 ובמקצתם גם ביחס לתקופה 1931-1960. עם זאת, גם במקרה זה לא נמצא שינוי מובהק באף אחד מהאגנים והתקופות שנבחנו.

בדומה לממוצע הגשם השנתי, גם בבחינת הגשם החודשי נמצאו מגמות השתנות קלות ולא מובהקות סטטיסטית לאורך 90 השנים האחרונות. רק בפברואר ונובמבר מגמת השתנות הכמות החודשית התמידה בין תקופת המיצוע (בפברואר עלתה ונובמבר ירדה) ואילו ביתר החודשים לא חל שינוי עקבי. ממצא זה עולה לא רק מהשוואת ממוצעים אלא גם מבחינת סדרות הזמן הארוכות של הגשם החודשי ב-90 השנים האחרונות.

בשונה מהגשם החודשי והשנתי בהם המגמות מעורבות וחלשות, במספר ימי הגשם של 1 מ"מ/יום ומעלה, זוהתה הפחתה בימי הגשם בין התקופה האחרונה לקודמתה כמעט בכל התחנות, הפחתה בשיעור של כ- 10% שנמצאה מובהקת ב-11 מתוך 60 תחנות הומוגניות (רובן תחנות פנימיות ומדבריות). בספים גבוהים יותר המגמה חלשה יותר ולא מובהקת למעט מקרים בודדים, ובסף 50 מ"מ/יום היא אף מתהפכת למגמה של עליה במספר ימי הגשם במרבית התחנות, אך נותרת לא מובהקת.

בהיעדר סדרות גשם רבות ואיכותיות לתקופה 1931-1960 ניתן היה להאריך את הבחינה רק עד ראשית שנות ה-50, ולבחון את המגמה הלינארית של השינוי במספר ימי הגשם עם הזמן. בבחינה זו נמצאו אותן מגמות בהשתנות הגשם היומי, אך מספר המקרים המובהקים פחת כמעט לאפס.

נספח 1 – טבלת התחנות המופיעות בניתוח השתנות מספר ימי הגשם מעל ספים שונים

שם תחנה	מס' תחנה	אינדקס	שם תחנה	מס' תחנה	אינדקס
לביא	213598	31	כפר ראש-הנקרה	110050	1
אלון הגליל	213905	32	עברון	110502	2
גזית	216101	33	עכו	110698	3
שריד	220601	34	חיפה (נמל)	120202	4
הזורע	220901	35	יגור	120750	5
גבעת עוז	221751	36	עין כרמל	121051	6
עין חרוד	230300	37	רגבים	121900	7
בית השיטה	230453	38	גן שמואל	131002	8
חמדיה	230601	39	עין החורש	131599	9
חולדה	243150	40	געש	133649	10
קריית ענבים	243500	41	איל	133850	11
ירושלים	244731	42	כפר שמריהו	134100	12
בית ג'מל	246550	43	בארות יצחק	136580	13
בית גוברין	247550	44	מקווה ישראל	136650	14
להב	248397	45	גן שלמה	138250	15
דורות	250151	46	ניר גלים	140050	16
רוחמה	250250	47	קבוצת יבנה	140201	17
אורים	251550	48	באר טוביה	140801	18
באר שבע	251691	49	כפר מנחם	140852	19
רביבים	252506	50	משואות יצחק	141150	20
שדה בוקר	253000	51	נגבה	141746	21
מעין ברוך	310051	52	נחל עוז	143952	22
נאות מרדכי	310603	53	בארי	144249	23
איילת השחר	311204	54	מגן	144800	24
כנרת (מושבה)	320405	55	כפר גלעדי	210151	25
דגניה א'	320502	56	יראון	210650	26
אשדות יעקב	321148	57	אילון	210748	27
שדה אליהו	321802	58	יחיעם	211350	28
סדום	337000	59	צפת (הר-כנען)	211900	29
אילת	347702	60	פרוד	212601	30