

The Land of the Negro

A.

ארץ הנגב

אדם ומידבר

חלק א'

Editors :



עורכים

ד"ר אבשלום שמואלי ד"ר יהודה גרדוס

בחסותו של מר אריה ל. דולצין
י"ר ההסתדרות הציונית העולמית והסוכנות היהודית

המכון לחקר המידבר
שדה בוקר

אוניברסיטת תל-אביב
החוג לגיאוגרפיה

אוניברסיטת בן-גוריון
החוג לגיאוגרפיה

ההוצאה לאור של משרד הבטחון

Ruins of the Neger

גשמי הנגב

יעקב כצנלסון

הקדמה

חלפו הזמנים, שבהם נחשב הנגב לארץ בלתי נודעת מבחינה אקלימית. מראשית המדידות האקלימיות והכמעט-רצופות בבאר-שבע (בשנת 1921) עד היום הלכו ורבו התצפיות של אלמנטים אקלימיים שונים, בעיקר של גשם, באזוריו השונים של הנגב. תחנת הגשם של באר-שבע היא הוותיקה ביותר בנגב, ונתוני הגשם הרבים שלה זכו לעיבודים סטטיסטיים יותר מאלו של כל תחנה אחרת בחבל ארץ זה, אולם באר-שבע נמצאת רק במרכז הצלע הצפונית של משולש הנגב, ולכל היותר היא יכולה לייצג את צפון שפלת הנגב בלבד. מעונת הגשם 1934/35 נמדדו גשמים גם בחלקים אחרים של הנגב, כגון - בירעסלוג (משאבי-שדה) בדרום שפלת הנגב, אל-עימארה (אורים) בצפון-מערב הנגב, עוג'ה אל-חפיר (ניצנה) בדרום-מערב שפלת הנגב וכורנוב (ממשית) בצפון-מזרח הנגב (המדידות של תחנות אלה לא היו רצופות). מקצהו הדרומי של משולש הנגב - מאילת שבדרום הערבה - יש נתונים רצופים על גשם פרט ל-3 שנים - מעונת 1940/41 (אוס-דרש) ואילך. בשנים האחרונות לתקופת המנדט הבריטי נוסדו תחנות קלימטולוגיות ברביבים ובגבולות, ותחנות גשם בכמה בת-סיפר של שבטים בדוויים. אולם בחלקים גדולים של האזור, כגון - הר הנגב הגבוה - לא נערכה אף מדידה אקלימית אחת, ולגביהם היו ניחושים ואומדנים בלבד. רק לאחר הקמת המדינה התרחבה בנגב רשת התחנות המטאורולוגיות בכלל ורשת תחנות הגשם בפרט, אם כי ברוב מחציתה הצפונית של הארץ נשארה רשת תחנות הגשם הרבה יותר צפופה. תצפיות סדירות של גשם (אף כי לא תמיד רצופות) החלו בסוף שנות הארבעים ובראשית שנות החמישים בתחנות חדשות באזוריו השונים של הנגב: בדרום מישור-החוף של ארץ-ישראל, הגובל בצפון-מערב הנגב (כגון - בכיסופים, בנירים, במגן ובניר-יצחק), בשפלת הנגב (בגילת ובצאלים), בהרים המרכזיים של הנגב (שדה-בוקר ומיצפה-דרמון) ובערבה (עיני-יהב ויטבתה). בראשית שנות השישים נוספו מדידות גשם בתחנות בהרים המרכזיים (שבטה ועבדת) ובהרים שבצפון-מזרח (ערד ודימונה). מסוף שנות הארבעים ואילך הוקמו אוגרי-גשם רבים במקומות קשים לגישה. במקומות

אלה נערכות המדידות רק פעם אחת או פעמיים בשנה. הנתונים של אוגרי הגשם העשירו את ידיעותינו על התפרוסת של כמויות הגשם השנתיות במרחבי הנגב, באזורים שלפני כן לא ידענו מאומה על גשמייהם. למשל: הודות לאוגרי-הגשם, שבו מודדים גשמים מעונת 1949/50 ואילך בערבת יפרוק (ע'ור אל-עג'רם) - המקום הגבוה ביותר בערבה (240 מ' מעל פני-הים) - אפשר למלא את החסר לגבי הממוצע הרב-שנתי של כמות הגשם גם בחלק זה של הערבה. עם זאת - אין להסיק מהנתונים של האוגרים דבר על מישטר הגשמים (למשל - על הכמויות החודשיות) ועל שכחות ירידתם (למשל - על מיספר ימי הגשם) במקומות שבהם הם מוצבים. רושמי-גשם אוטומאטי, המאפשר לחשב את משכי הגשמים ואת עוצמותיהם בפרקי-זמן קצרים, הופעל בבאר-שבע כבר בעונת 1943/44. במרוצת שנות החמישים צוידו במכשירים רושמים תחנות באזורים שונים של הנגב: במישור-החוף, בשפלה, בהרים המרכזיים ובאילת, ובמרוצת שנות השישים נוספו רושמי גשם בתחנות של אזורים אלה ובתחנות של אזורים אחרים, כגון - ההרים שבצפון-מזרח הנגב וחלקה הצפוני של הערבה.

על סמן הנתונים הרבים, שהצטברו בחמישים השנים האחרונות - ביחוד בשנים האחרונות - נוכל ליצור תמונה נכונה ומפורטת של גשמי הנגב - הרבה יותר מכפי שהדבר היה אפשרי בעבר. בכל זאת - יש לציין, שגם היום כבעבר מועטים הנתונים על הגשם בנגב בהשוואה לנתונים הרבים על הגשם בצפון ישראל ובמרכזה (מבחינת מיספר תחנות הגשם, מיספר שנות המדידה והרישום האוטומאטי); גם מיספר העיבודים הסטטיסטיים של חומר התצפיות והמסקנות הנובעות מהם קטן יותר בנגב. הסיבה לכך היתה תמיד מיעוט היישובים ומיעוט האוכלוסין בנגב בהשוואה לאזורים צפוניים יותר בארץ. בכתיבת חיבור זה היה צורך להתגבר על קשיים שונים, כגון - חוסר רציפות של מדידות גשמים בתחנות מסוימות. לפעמים קרה הדבר דווקא באזורים, שבהם נערכו מעט מדידות, והאיכות של חלק מתצפיות הגשם או של הרישומים האוטומאטיים שלו היתה גרועה. המחבר עשה כמיטב יכולתו כדי להתגבר על קשיים אלה ועל קשיים אחרים, כדי להשלים את החסר (לפי מפות גשם שנתיות, לפי נתונים יומיים של תחנות שכונות וכו') וכדי לתקן את מה שאפשר לתקן. באופן כזה התקבלו סידרות-נתונים די ארוכות ורצופות או, לפחות, ברזמניות. סידרות נתונים אלה איפשרו לקבוע ערכים שונים, לפי קריטריונים קלימטולוגיים-סטטיסטיים, שהיו בלתי

המחבר היה מנהל מחלקת האקלים, ומשנת 1973 ואילך הוא מנהל מחלקת תיעוד אקלימי בשירות המטאורולוגי של מישור-התחבורה.

מכסיקו), סהרה, סיני, ערב ותר (צפון-מערב תת-היבשת של הודו) - בחצי הכדור הצפוני; ומידבריות אטקמה (צילי הצפונית), קלהרי (דרום-מערב אפריקה) וחלק גדול של דרום-מערב אוסטרליה (עד למרכזה) - בחצי הכדור הדרומי. הנגב הוא חלק מהמידבר הפלנטארי. ארץ-ישראל נמצאת, איפוא, על גבול שני אזורים אקלימיים שונים: האקלים היס-תיכוני והאקלים המידברי. מחציתה הצפונית של הארץ נמצאת בחלקו הדרומי של אזור אקלים היס-תיכוני, ולכן היא שייכת לסוג האקלים היס-תיכוני (פרט לשטחים דרומיים במחצית זו, המתחברים ברצועה צרה לעמק-הירדן. בשטחים בודדים אלה קיים אקלים סמיראידי או צחיח-למחצה; ופרט לשטחי מידבר-יהודה, דרום עמק-הירדן ואזור ים-המלח. בשטחים אלה קיים אקלים ארידי או אקלים צחיח); אולם מחציתה הדרומית של הארץ - הנגב - נמצאת על גבול הצפוני של המידבר הפלנטארי ולכן היא חלק ממידבר זה. מכאן ההבדל הבולט בין המחצית הצפונית של הארץ - הגשומה יחסית, בייחוד בחלקה הצפוניים - ובין הנגב. ככל שמדרימים בנגב הולכים וגוברים בו תנאי המידבר.

ארץ-ישראל שוכנת בפינה הדרומית-מזרחית של היס-התיכוני, ואקלימה מושפע בעיקר מן הים הזה. אלמלא היס-התיכוני היו גשמי הארץ מעטים כבארצות קונטיננטליות אחרות, המצויות במזרח התיכון ושוכנות באותם קווי הרוחב, כגון - עיראק ופרס. הנגב אינו נתון בלב המידבר העולמי, אלא כאמור, הוא נמצא בגבולו הצפוני. חלקו הצפוני-מערבי של הנגב אף גובל ביס-התיכוני, והוא מושפע, כמובן, מים זה; בחבל ארץ זה אין אופיו של הנגב בולט כל עיקר, ונכללים בו שטחים, המשתייכים לאקלים צחיח-למחצה. מזרחה ודרומה לנגב הצפוני-מערבי - ככל שמתרחקים מהיס-התיכוני וככל שמעמיקים לחדור לתוך ארץ הנגב - מתבלט יותר ויותר אופיו הנגבי של האזור, וגוברים בו התנאים המידבריים. הנהי-כירן - ברובו המכריע של הנגב שורר אקלים צחיח. עם ההתרחקות מהיס-התיכוני דרומה ומזרחה גדל, בדרך-כלל, התחום השנתי של הטמפרטורה (ההפרש בין הטמפרטורה הממוצעת של החודש החם ביותר בשנה ובין הטמפרטורה הממוצעת של החודש הקר ביותר בשנה), וקטן במקצת הרוחב הגיאוגרפי. לכן גדלה בהדרגה הקונטיננטליות (לפי נוסחת גורדינסקי-קונרד) מעזה, הסמוכה ליס-התיכוני, דרך התחנות של מישור-החוף של הנגב, שפלת הנגב והרי הנגב ועד התחנות של הערבה, עין-יהב ואילת, הרחוקה ביותר מהיס-התיכוני. אפשר לראות זאת בטבלה מס' 1. בטבלה זו בולטת תחנה חריגה אחת - מיצפה-רמון - שבה קטנים התחום השנתי של הטמפרטורה והקונטיננטליות מאלה של שדה-בוקר, על-אף העובדה שמיצפה-רמון רחוקה יותר מהיס-התיכוני. גובהה הרב של מיצפה-רמון (860 מ' מעל פני-הים), התחנה הגבוהה ביותר בנגב, גורם לעלייה רבה יותר של זרמי האוויר מהיס-התיכוני, חוהי, כנראה, הסיבה לכך שאקלים המקום הוא יותר מריטימי. נוסחת הקונטיננטליות של גורדינסקי-קונרד אינה מביאה בחשבון את

ידועים או בלתי מדויקים בעבר, כגון: ממוצעי כמויות הגשם השנתיות, השתנותן של הכמויות הללו ופרמטרים אחרים בהרים המרכזיים של הנגב - כולל הר הנגב הגבוה. אשר להר הנגב - הערכים המחושבים לגביו הפתיעו. דוגמאות אחרות הן המישטר המדויק של הגשמים, הקיים באזורים אחדים בנגב; ממוצעי מיספר הימים - לכל חודש ולעונת הגשמים כולה - שבהם ירדה כמות גשם שווה או גדולה מערכים גבוהים יחסית - כגון 10 ר"מ - בתחנות של אזורים שונים בנגב ועוד. המחבר חישב ובדק היטב את הפרמטרים הסטטיסטיים השונים המופיעים בטבלות, שהתקבלו מהנתונים המקוריים של המדידות, ואת המסקנות המבוססות עליהם. המסקנות הללו הובאו בטקסט של המאמר. לכן מקווה המחבר, שמאמר מעודכן זה על גשמי הנגב עשוי להיות תרומה לקלימטולוגיה של הנגב ולשמש כבסיס נאמן לצורכי מחקר ותיכונן חקלאיים והידרולוגיים.

המחבר מודה לפרופ' יהודה נוימן מהמחלקה למדעי האטמוספירה של האוניברסיטה העברית בירושלים ולמר דניאל אלבשן, מנהל המחלקה לעיבוד נתונים ולייעוץ אקלימי בשירות המטאורולוגי. השניים יעצו בעניינים שונים, וקראו את כתב-היד של מאמר זה. כמרכן מודה המחבר לגב' מאירה כהן מהשירות המטאורולוגי, שהשקיעה עמל רב בהדפסת כתב-היד של המאמר במכונת-כתיבה.

את החוברת "אקלים הנגב" (ראה ברשימת המקורות וההערות) שלח המחבר בצירוף הקדשה לפני 19 שנה לדוד בן-גוריון, "חחה הפרחת הנגב". תואר זה יאה לבן-גוריון גם היום.

התנאים האקלימיים של הנגב

האקלים המצוי בשוליים המערביים של היבשות בקווי הרוחב הסובטרופיים - בערך בין 30 ובין 40 מעלות מצפון ומדרום למשווה - מכונה בשם "אקלים יס-תיכוני". תכונות העיקריות של האקלים היס-תיכוני היא ירידת רוב גשמי השנה בחורף המתון. בקיץ החם, פחות או יותר, אין יורדים גשמים כלל או שכמותם קטנה מאוד. נוסף לקו האופייני של חורב בקיץ וגשמים בחורף, מצטיינים אזורי האקלים היס-תיכוני בשמיים כחולים מעוטי עננים - בייחוד בקיץ - והם נמנים עם חלקי התבל, שבהם מיספר שעות השמש הוא גדול מאוד. בחציו הצפוני של כדור הארץ מצוי אקלים כזה בקליפורניה, בארצות שמסביב ליס-התיכוני - כולל מחציתה הצפונית של ארץ ישראל - ובחלקים של הארצות שמזרחה לה; בחצי הכדור הדרומי - בצילי המרכזית, בקצה דרום-מערב אפריקה, באזור החוף הדרומי והדרום-מערבי של אוסטרליה ובקצה הצפוני של נירזילנד. בכל אחד משני חצאי כדור-הארץ גובל החלק היס-תיכוני (המצוי במערבה של רצועת היבשה הסובטרופית) בצידו המשווני (בערך בין קווי הרוחב 15-30 מעלות), במידבר עולמי, המצטיין בלחץ ברומטרי גבוה ברום (האנטיציקלון הסובטרופי), בטמפרטורות גבוהות, בעונות מעטה ובגשמים זעומים. כאלה הם מידבריות סונורה (צפון-מערב

בשיאם - בהר רמון - עולה הגובה על 1,000 מ' מעל פניהם, בדומה לשיאים של הרי חברון, של הרי שומרון ושל הרי הגליל העליון; אולם כמויות הגשם בהרים אלה קטנות מכפי שסברו תחילה (ראה - הסעיף "כמות הגשם השנתית הממוצעת"). גם בחלקים אחרים - רבים ושונים - של הנגב, מצויים הרים.

● הערבה, שבין ים-המלח ובין מיפרץ-אילת, אורכה כ-170 ק"מ, והיא המשך של בקעת-הירדן וחלק של הריפט הגדול. החלק הצפוני שלה שייך לאיזור ים-המלח, שהוא הנמוך ביותר על-פני כל כדור-הארץ (כ-400 מ' מתחת פניהם). לכן כמעט שלא הובאו ערכי הגשם של סדום בדיונים על הערבה. כמויות הגשם בכל הערבה קטנות מכמויות הגשם בכל שאר אזורי הנגב והארץ כולה (ראה - הסעיף הנוכר לאחרונה), אף כי ברוב שטחה אין הערבה האיזור הנמוך ביותר בארץ. המשולש הגדול של הנגב אינו, איפוא, גוף הומוגני, ובעת הדיון על גשמיו יש לשים לב לשוני הרב שבין אזוריו.

כאשר מתחלפות עונות השנה, באות הארצות בעלות האקלים היס-תיכוני, לסרוגין, תחת השפעת האנטי-ציקלון הסובטרופי, המצוי מעליהן בקיץ, ותחת השפעת השקעים הברומטריים, העוברים בהן בחורף. לפיכך שורר באקלים יס-תיכוני חורב בקיץ, ובחורף יורדים בו גשמים. אזורי האקלים היס-תיכוני שוכנים בקירבת הגבול של הגשמים, היורדים משקעים חזיתיים. באזורים אלה קשורה ירידת גשם, כרגיל, במעבר שקעים חזיתיים. ראשיתה של עונת הגשמים באקלים כזה מתאימה בכל חצי כדור לזמן, שבו מתקרבים מסלולי השקעים לרחבים גיאוגרפיים נמוכים יותר, כשאקלים המידבר הפלנטארי, הנמצא בצידים המשווני של מסלולים אלה, נסוג מפניהם. סוף העונה קשור בתנועה הפוכה של מסלולי השקעים, לרחבים גבוהים יותר, כשאקלים המידבר העולמי מתקדם אחריהם.

בחדשי הקיץ משתרע האנטיציקלון הסובטרופי מן האיים האזוריים מזרחה על-פני המים ("רמת האיים

הטופוגרפיה, המשפיעה גם היא על הקונטיננטאליות. לעומת הרי הנגב, הערבה אינה רק האיזור הרחוק ביותר מהים-התיכון, כגבולו המזרחי של הנגב, אלא היא גם "איזור ירידה" לרוחות המערביות, הגולשות מהרי הנגב שבמערב. מכאן אחוזי הקונטיננטאליות הגבוהים שנרשמו באיזור זה. ההשפעה המריטימית של מיפרץ-אילת על אקלים הערבה היא קטנה מאוד. אחוז הרוחות, הנושבות באילת מהגזרה הדרומית (מכלל הרוחות הנושבות שם) הוא קטן בהרבה מכפי שאפשר היה לצפות ממקום המצוי ליד חופו של מיפרץ.

השוני האקלימי העצום, הקיים בין אזורי ארץ-ישראל, ביחוד מבחינת הגשמים, אינו רק תוצאה של השוני בקווי הרוחב (הגבול האקלימי המובהק, המפריד בין הצפון ובין הדרום), ובקווי האורך (המרחק מהים-התיכון). הטופוגרפיה המגוונת של ארץ-ישראל תורמת אף היא - ובמידה רבה מאוד - לרבגוניות של האקלים בכלל ושל הגשמים בפרט. שלושת האזורים האקלימיים הראשיים הם, לפיכך, אזורים טופוגרפיים: מישור-החוף, איזור ההרים ושקע הירדן. באיזור ההרים נאלצים לעלות זרמי האוויר המערביים הנושאים ענני-גשם מן הים-התיכון. באיזור זה מדובים המישקעים, ואילו בהמשך מסעם של זרמים אלה - בשקע הירדן, שהוא כולו איזור ירידה לגביהם - מעטים הגשמים. מכאן ההבדלים הגדולים בין גשמי האזורים האלה המצויים, למעשה, באותם קווי הרוחב. שלושת האזורים הטופוגרפיים-אקלימיים מחלקים את ארץ-ישראל לאורכה במחציתה הצפונית ובמידה מסוימת - גם בנגב:

- אזורי החוף והשפלה של הנגב, הנמצאים בצפון-מערב הנגב ובצפון. באזורים אלה עדיין מורגשת ההשפעה המרככת והמזגת של הים-התיכון. יורדות בהם כמויות גשם גדולות יותר מאשר בכל שאר אזורי הנגב, ולכן הם מתאימים יותר לחקלאות בעל, אף כי גם בהם קיימת סכנה רבה של בצורות (ראה - הסעיף "השתנות הכמויות השנתיות של הגשם").
- הרי הנגב המרכזיים. הרים אלה הם כעין המשך לקבוצות ההרים, המתמשכות לאורכה של א"י.

טבלה מס' 1
הקונטיננטאליות לפי נורדינסקי-קונד בתחנות הנגב בהשוואה לעזה

מס' סדר	האיזור	התחנה	המרחק (בק"מ) מן הים-התיכון	הרוחב הגיאוגרפי φ (°N)	התחום השנתי (A) של הטמ' (°C)	הקונטיננטאליות לפי הנוסחה $K = \frac{17A}{\sin(\varphi + 10)} - 14$
	א	ב	ג	ד	ה	ו
1.	דרום מישור-החוף (א"י)	עזה	5	31 30	12.6	18
2.	מישור-החוף של הנגב	ניד-יצחק	16	31 15	13.6	21
3.	צפון שפלת הנגב	באר-שבע	46	31 14	14.6	24
4.	דרום שפלת הנגב	משאבי-שדה	64	31 00	15.0	25
5.	הרי צפון-מזרח הנגב	ערד	78	31 15	15.1	25
6.	ההרים המרכזיים של הנגב	שדה-בוקר	74	30 52	15.7	27
7.	הר הנגב הגבוה	מיצפה-רמון	97	30 37	14.8	25
8.	צפון-מרכז הערבה	עיני-הב	121	30 37	17.6	32
9.	דרום הערבה	אילת	205	29 33	17.9	34

ועמוק, ובשכבות הגבוהות משתרע אפיק ממזרח אירופה למזרח היס-התיכון. בנתיב מרדיונאלי של אפיק-רום זה קיימת זרימה צפונית חזקה של אוויר קר מאוד, החודר לאזורנו גם בשכבות הנמוכות ובנתיב ימי קצר - מהחוף הדרומי של טורקיה לחוף ישראל. האוויר היבשתי הקר בא שם במגע עם פני-הים החמים יחסית (טמפרטורת המים פוחתת מחדש נובמבר עד חודש מרץ), וכך נוצרים תנאי הלחות והיציבות מתאימים לירידת גשמים חזקים, המלווים לפרקים בסופות רעמים ובברד.

השקע הברומטרי, המגיע בחוף למזרח היס-התיכון, מתעצם בו או נוצר בו, הוא שקע חיתתי, אך הוא שונה מהשקעים החזיתיים, העוברים בארצות האקלים הממוג, כגון - באירופה המרכזית ובאירופה הצפונית. גשמיים של השקעים הללו יורדים בחלקם בגלל חזיתות חמות ובחלקם בגלל חזיתות קרות. הגשם של חזית חמה יורד מעננים ממשפחת הסטראטוס ("רפידים"), המכסים כשיכבה אחידה חלק גדול של פני-השמיים; גשם כזה אינו חזק, בדרך-כלל, והוא עשוי להימשך ברציפות שעות ואף ימים על-פני שטח נרחב. אולם החזית החמה של השקע הקפריסאי מטושטשת ברוב המיקרים, ואין רישומה ניכר. גשמי ישראל יורדים בעיקרם בגלל חזית קרה ובגלל אי היציבות של גוש אוויר, הבא בעיקר ממזרח אירופה למזרח היס-התיכון, לאחר שהחזית הקרה עוברת מזרחה. במיקרים כאלה יורדים הגשמים מעננים קומוליים ("עבים"), מבודדים זה מזה ומפותחים אנכית, כגון - ענני קומולוס גדול וענני קומולונימבוס. סוג זה של גשם נקרא בשם "מימטר" (Shower); יש לו אופי מקומי, והוא מצטיין בעוצמה ניכרת ובמשך זמן קצר, בדרך-כלל, כלומר - בירידה לסירוגין.

כמויות ממשיות של גשם מתחילות לרדת בצפון הנגב במיקרים רבים באיחור של יום או של יומיים בהשוואה לצפון ישראל או למרכזה. בתחילתה של סופת גשם בארץ שוררת, בדרך-כלל, זרימה דרום-מערבית של אוויר. בדרכו לצפון הארץ ולמרכזה עובר האוויר על-פני הים, ולכן הוא מגיע לאזורים אלה, כשהוא לח ובלתי יציב. לנגב מגיע אוויר זה בדרך היבשה. לאחר שעוברת החזית הקרה, משתנים כיווני הרוחות ליד הקרקע - ולאחר שעובר האפיק ברום, משתנים כיווני הרוחות בכל הגבהים - תחילה לרוחות מערביות ואחר-כך לרוחות צפון-מערביות; או מתאפשרת חדירת האוויר הקר והלח גם לאזורי הדרום של הארץ, ולפעמים אף למרחבי הנגב הרחוק, והגשמים מתפשטים לשם. רק בחלק מהסופות המתרחשות בצפון הנגב מתחילים לרדת גשמים בזרימה דרום-מערבית, בגלל חדירת שקע ברומטרי קר או בגלל חדירת "כיס" אוויר קר לדרום-מזרח היס-התיכון במקום - כרגיל - לצפון-מזרחו של הים (השקע הקפריסאי). אם מרכז השקע נמצא בדרום-מזרח היס-התיכון ("השקע של עזה") או אם חזית קרה נמצאת שם, ואפיק-רום חודר דרומה מעל איזור זה, עשוי האיזור של דרום ישראל לקבל יותר גשם מן הצפון, ואפשר גם שצפון הארץ יהיה נתון באותו זמן לרוחות מזרחיות ערות ויבשות מגשם (ראה - ציור מס' 7).

האזוריים"), ומכסה את מחציתו המערבית של היס-התיכון, רכס ברומטרי חלש מתפשט ממנו לאורך החוף הצפוני של אפריקה, ומגיע עד הנגב. מצפון לרכס זה, מעל מחציתה הצפונית של ארץ-ישראל, משתרע בקיץ בשכבות הנמוכות של האטמוספירה, אפיק ברומטרי קבוע מהמפרץ הפרסי דרך עיראק אל צפון-מזרח היס-התיכון ("האפיק הפרסי"). זוהי שלוחה של השקע המונסוני הגדול מעל צפון-מערב תת-היבשת של הודו. כתוצאה מכך נושבות בארץ-ישראל בקיץ רוחות קבועות מכיוון צפון-מערב ("אטסיות"). רוחות אלה נושאות לחות רבה מהיס-התיכון, אולם תהליך זה מתרחש רק בשכבות הנמוכות של האטמוספירה, בדרך-כלל פחות מ-1,500 מ' מעל פני-הים. בקיץ שולט בשכבות הגבוהות של האטמוספירה מעל דרום-מזרח היס-התיכון רכס הרום של האנטיציקלון הסובטרופי. רכס זה, המצוי מעל דרום-מזרח היס-התיכון, גורם לשקיעה ("התמוככות") של אוויר ממדומים, להתחממותו ולהתייבשותו. התמוככות זו אינה מאפשרת לזרמי האוויר הלחים בשכבות הנמוכות, אלא ליצור עננים מעטים, רדודים ובעלי פסגות נמוכות, ואין עננים אלה מורידים גשם. אומנם הציור של רכס הרום נמצא בעיצומו של הקיץ מדרום לאילת, אולם ההתמוככות המוועת גשם קיימת מעל כל ארץ-ישראל, בייחוד - מעל הנגב.

הגשמים בארץ ישראל פוחתים והולכים מצפון לדרום לא רק מפני שבכיוון זה מתקרבים אל תחום השפעתו של האנטיציקלון הסובטרופי ברום, היוצר את המידבר הפלנטארי; השקעים הברומטריים החורפיים במזרח היס-התיכון מتركזים, לרוב, בין קפריסין ובין החוף הסורי ("השקע הקפריסאי"), והואיל והנגב נמצא בהיקפם של שקעים אלה, רחוק ממרכזם, נהנה הוא רק לפעמים - ובמידה מועטה - מהגשמים שהם משפיעים על מזרח היס-התיכון. במידה שמדרימים - כלומר: במידה שמתרחקים ממרכז השקע הקפריסאי - מתמעטים הגשמים, הן בכמותם והן במימטרי היםים שבהם הם יורדים. בנגב עצמו, שלא כבאזורים האחרים של הארץ, פירושה של הדרמה - נוסף על התרחקות מהשקע הקפריסאי ונוסף על התקרבות אל המידבר - הוא גם התרחקות מן הים: בהמשך למקום, שבו נגמר קו החוף הדרומי של מזרח היס-התיכון, עובר כאילו הגבול הצפוני של הנגב. לגבי איזור זה בלבד - אף זוהי סי

להתמעטות הגשמים ככל שמתקדמים דרומה. השקע הקפריסאי בשכבות התחתונות של האטמוספירה מלווה, בדרך-כלל, באפיק ברומטרי בשכבות גבוהות ("אפיק-רום") ממערב לשקע הפנים. אפיק-הרום עשוי להורים אוויר קוטבי קר מעל אזורנו ובכך - להגדיל בו את אי היציבות ואת כמויות המישקעים (עד שכל המערך הזה של לחצים נמוכים מתמלא או נע מזרחה). רוב הגשמים בנגב, כמו בצפון ישראל, יורדים הודות לשקע הקפריסאי והודות לאפיק-הרום המתאים. גשמים חזקים עלולים לרדת באיזור החוף של ישראל - ובמידה פחותה גם בנגב - כאשר מתקיימים התנאים המטאורולוגיים הבאים: בשכבות הנמוכות מצוי שקע קפריסאי פעיל

עם זאת - יש יתרון בכך, שרוב הגשמים בנגב יורדים בחודשים הקרים, שבהם הגשמים "יעילים" יותר, הואיל ואז פוחתת התאדות המים מהקרקע, קטנה הטראנספיראציה של הצמחים, עוצמות הגשמים אינן גבוהות (הדבר מפחית את הנגר העילי), והגשמים מרוויים את הקרקע, ומעשירים את מי התהום יותר משהם עושים זאת באזורים צחיחים בעלי מישטר של גשמי קיץ (כגון - בסודאן): הגשמים באזורים כסודאן הם פחות יעילים, הואיל ובקיץ מרובה האוופרטראנספיראציה, וגבוהות עוצמות הגשמים, כך שנגרם הפסד למי הגשם גם על-ידי נגר עילי רב יחסית. באזורים צחיחים ובאזורים צחיחים-למחצה דרושה כמות גשם גדולה במישטר גשמי כל השנה, וכמות גדולה יותר במישטר גשמי קיץ - הרבה יותר מאשר במישטר גשמי חורף - כדי להשיג אותם יבולים חקלאיים, כאשר שאר המרכיבים (טיב הקרקע, סוג הגידול וכו') הם שווים. אם נגזר כבר על הנגב, שגשמי לא יהיו מרובים, ושהם ישתנו במידה רבה משנה לשנה וירוכזו בעונה אחת בלבד, אין ספק שמישטר גשמי החורף שלו הוא הרע במיעוטו. בסיכומו של דבר - הנגב, ביחוד חלקו הצפוני, הוא בין הטובים שבמידבריות העולם.

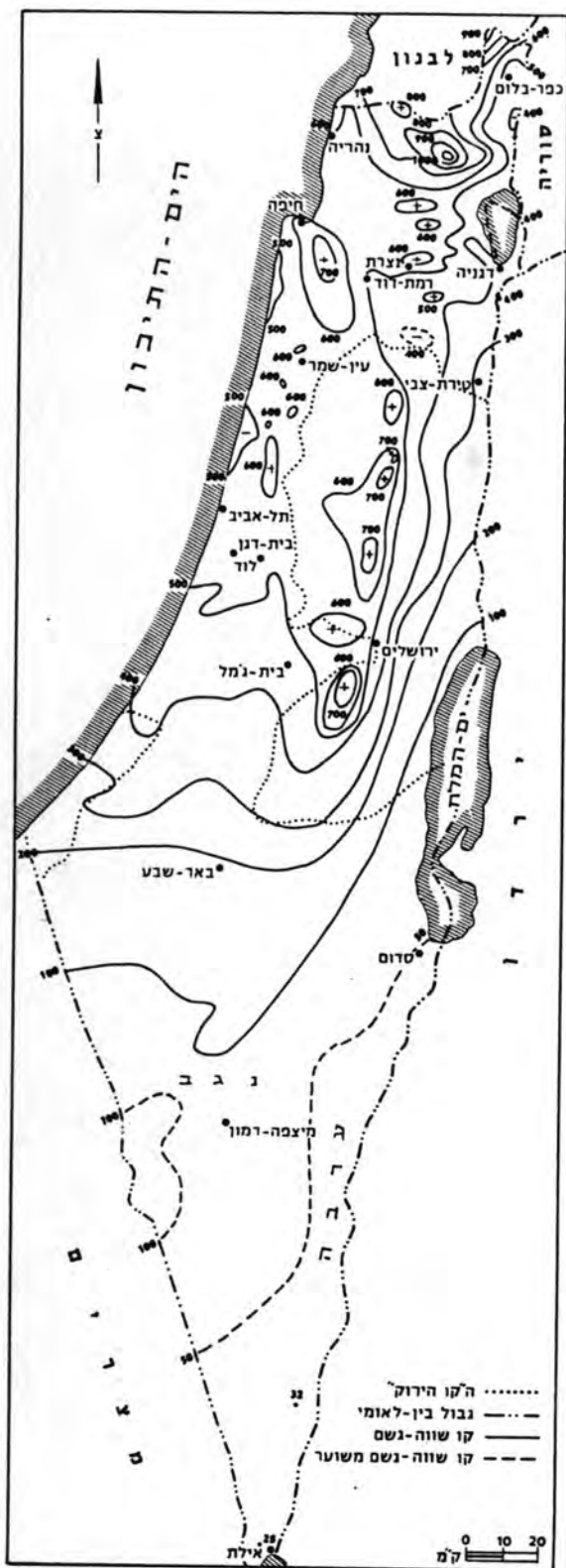
הדרך לחישוב ממוצעי כמויות הגשם בתקופה אחידה

כדי להשוות בין הגשמים במקומות השונים חשוב שהתצפיות תבוצענה מיספר שנים המספיק לחישוב ממוצעים רבי-שנתיים. כמרכן נודעת חשיבות לאחידות התקופה של הממוצעים בתחנות השונות, כלומר: יש חשיבות רבה לכך שהתצפיות תבוצענה באותן השנים עצמן ולא בתקופות-שנים שונות, שהרי כשם שיש שנים גשומות ושנים יבשות, כך יש גם תקופות שלמות שהן גשומות או יבשות (שינויים אקלימיים). במחקרים על גשמי ארצות מסוימות באירופה הסתבר ש-30 שנים אין בהן די לקבלת ממוצעים רבי-שנתיים של כמויות גשם; גשמי ארץ-ישראל במחציתה הצפונית משתנים משנה לשנה במידה רבה יותר מן הגשמים באירופה, וגשמי הנגב משתנים עוד יותר. אין להסתפק, איפוא, בתקופה של 30 שנים לחישוב ממוצעי כמויות גשם בנגב, אולם בהתחשב במיעוט תצפיות הגשם, שנערכו בנגב ובהתחשב בכך שהאירגון המטאורולוגי העולמי (תקנות טכניות, 1959, פרק 1) הגדיר את הממוצעים של הנתונים האקלימיים לתקופת 30 השנים 1931-1960 - כ"נורמאלים קלימטולוגיים סטאנדרטיים", הוחלט לחשב את ממוצעי כמויות הגשם בתחנות הנגב לתקופה תקנית זו. אלא שאף באחת מתחנות הגשם בנגב, פרט לבאר-שבע, לא נמדדו הגשמים ממש בכל 30 השנים - 1931-1960 - כי אם רק בחלק מהן, ובתחנות שונות - רק בחלק קטן. כדי לאפשר את ההשוואה בין הממוצעים של מקומות שונים בנגב צריכים היו לייחס את הממוצעים לתקופת שנים אחידה זו. הפתרון לבעיה זו טמון בשיטות סטאטיסטיות של רדוקציה. לפי עקרון הרדוקציה קיים יחס כמעט קבוע בין כמויות הגשם, היורדות בתקופה זהה - ולא קצרה מדי - בשתי תחנות, השייכות לאותו איזור אקלימי, אינן

מערך לחץ אחר עשוי אף הוא להוריד מימטרים בנגב, ביחוד בחלקו המזרחי (בערבה). מימטרים אלה יורדים לרוב בכמויות קטנות יחסית לכמות השנתית, אך במיקרים מסויימים הם יורדים בעוצמות גבוהות לפרק-זמן קצרים. היס-האדום על מיפוציו אינו משמש, בדרך-כלל, כמקור של לחות לגשמים בגלל מיעוט שטחיו ובגלל מיעוט הרוחות הדרומיות, הנושאות לחות ממנו צפונה. אולם כאשר אפיק-פנים חם מעל ים-סוף ("אפיק ים-סוף") מתפשט צפונה, וגורם לזרימת אוויר חם בשכבות הנמוכות של האטמוספירה לעבר שקע הירדן, וכאשר מתפשט באותה עת אפיק-רום קר דרומה, וגורם לחדירת אוויר קר לשכבות הגבוהות שמעל האוויר החם, גדלה אי היציבות באיזור, אפשר שיתהווה שקע קטן סגור בקצהו הצפוני של אפיק ים-סוף, והזרימה הציקלונית מתחזקת שם. במיקרה כזה יכולה זרימת האוויר מדרום-מזרח להביא לחות של ים-סוף (ואולי אף של האוקיאנוס ההודי) במקום - כרגיל - אוויר יבש מחציה-אירופה; אם קורה כזאת, אפשר לצפות לכך שמלחות זו, ולא רק מהלחות שמקורה בים-התיכון, ייווצרו במזרח ארץ-ישראל עננים מפותחים אנכית, כגון - ענן אלטרקומולוס קסטלנוס, העשוי להתפתח לענן קומולונימבוס, למימטרים ואף למתכי ענן, מלווים לעיתים בסופות רעמים ובברד. אי היציבות במצב סינר פטי כזה גדולה בסתיו ובאביב יותר מאשר בחורף, ולכן מתרחשים מתכי ענן בחודשים שבקצות עונת הגשמים בסף המערבי של בקעת-הירדן, ובמידה פחותה גם בערבה (ראה- ציור מס' 8). החודשים הראשונים והאחרונים של עונת הגשמים חמים מחודשי החורף המרכזיים, ולכן גם הקונוקציה מפותחת יותר בחודשים שבקצות העונה; היא מתגברת בשעות המוקדמות של אחה"צ, אותן שעות שבהן מגיעה בדרך-כלל הטמפרטורה היומית לשיאה, ולכן יורדים בעיקר בשעות אלה גשמים חזקים בפרקי זמן קצרים בבקעת-הירדן ואולי גם בערבה.

הגשם הוא האלמנט האקלימי החשוב ביותר באזורים צחיחים ובאזורים צחיחים-למחצה. להצלחת יבולים חקלאיים דרושים בעיקר חום ומים. גורם המינימום האקולוגי באזורי האקלים הממוזג הוא החום, ובאזורים צחיחים וצחיחים-למחצה - המים. רק כמות מישקעים מתחת לסף קריטי מסויים - ולא שום יסוד אקלימי אחר - עלולה להמית לגמרי את הצומח באזוריה הצחיחים של ארץ-ישראל. יש לומר, כי גם לאחר כל הנסיונות לפת את הבעיה של השקייית הנגב (המוביל הארצי, קידוחים, התפלת המים המלוחים), אנו תלויים עדיין במידה רבה בחסדי שמיים, אם רוצים אנו ביבולים בשטחים החקלאיים של הנגב - "אסם התבואה" של מדינת ישראל. ניצול מי השטפונות בנגב - בין באורח ישיר (שימוש להשקיה) ובין באורח עקיף (העשרת מי תהום) - הוא בעיה חשובה, המצפה עדיין לפתרון המלא. "יעילות" המישקעים בנגב נמוכה לא רק בגלל הממוצעים הנמוכים של כמויות הגשם היורדות בו, אלא גם בגלל השתנותם הרבה בכל תחנה משנה לשנה. השתנות זו מגדילה את חוסר יציבותם של הגשמים מסביב לממוצע.

ציוור מס' 1: ממוצעים רב-שנתיים (1960-1931) של הכמות השנתית של הגשם (מ"מ)



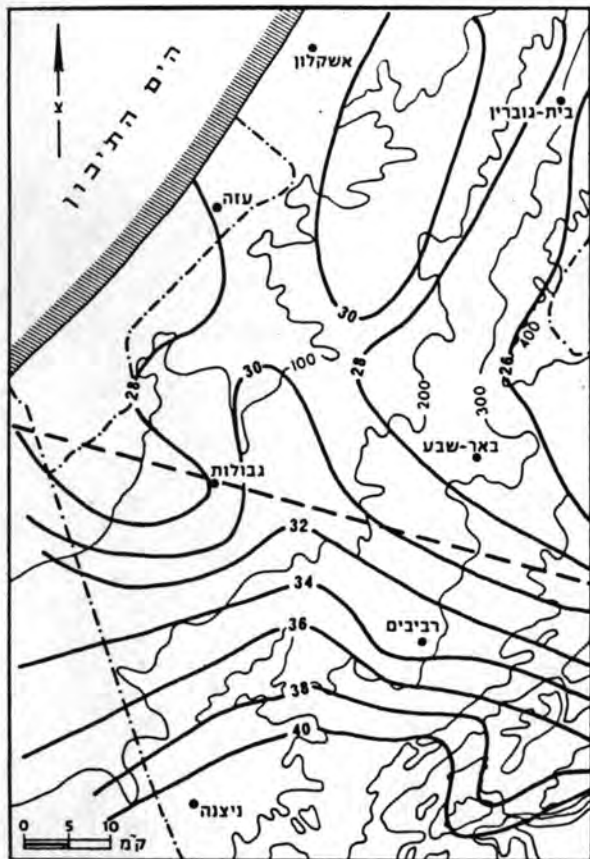
רחוקות זו מזו מבחינה גיאוגרפית, ודומות זו לזו מבחינה טופוגרפית. לפיכך אפשר לאמוד את ממוצע 30 השנים של התקופה 1960-1931 בתחנה שמדדה רק בחלק משנות תקופה זו או בתקופה אחרת על-פי תחנת-בסיס, שמדדה את הגשם בכל שנותיה או כמעט בכלן. אפשר לעשות זאת אם יש לשתי התחנות די שנות מדידה משותפות: היחס בין הכמויות שירדו בתחנת הבסיס ובין הכמויות שירדו בתחנה קצרת התקופה (בתקופה המשותפת) שווה ליחס בין ממוצע התקופה 1960-1931 בתחנת הבסיס (ערך ידוע) ובין הממוצע (לאותה תקופה) בתחנה האחרת; הממוצע האחרון הוא הנעלם, שאותו מוצאים כאיבר רביעי של פרופורציה. על-סמך שיטה זו חושבו ממוצעי כמות הגשם לתקופת התקן 1960-1931 בתחנות של מישור-החוף הדרומי בעיקר לפי תחנת הבסיס באר-טוביה וברוב התחנות של הנגב לפי תחנת הבסיס באר-שבע. בכמה תחנות, המרוחקות מרחק ניכר מתחנות הבסיס, נערכה הרדוקציה בשלבים: הממוצע, שחושב לגבי תחנה קצרת תקופה וקרובה יחסית לתחנת הבסיס, שימש כערך בסיסי לחישוב הממוצע בתחנה אחרת קצרת תקופה ורחוקה יותר מתחנת הבסיס. השימוש בשיטת הרדוקציה הזו בתחנות הנגב מוצדק על רקע העובדה שמקדם המיתאם (קואפיצינט הקורלציה) בין כמויות הגשם שירדו בתחנות שבצפון הנגב ובין כמויות הגשם שירדו בתחנות דרומיות יותר - פרט לדרום הערבה - נמצא מובהק ברמה של 1%. האומדנים, שהתקבלו בשיטת הרדוקציה, מניחים את הדעת גם בהתחשב במדידות הממשיות של כמויות גשם, שנוכרו בתחנות של אזורים שונים בנגב ב-26 שנות התקופה 1949/50-1974/75. ברוב תחנות אלה היו רק הבדלים קטנים בין ממוצעי תקופה זו (אלה מופיעים בטבלה מס' 2) ובין ממוצעי תקופת התקן 1960-1931, שהתקבלו בשיטות הסטטיסטיות שזכרו לעיל. לפי ממוצעים אלה שורטט ציוור מס' 1. ממוצעים אלה מופיעים בטבלה מס' 2 לצורכי השוואה.

כמות הגשם השנתית הממוצעת

מעיון במפת הממוצעים הרב-שנתיים (1960-1931) של כמות הגשם השנתית (ציוור מס' 1) מסתבר, שגשמי הנגב פוחתים מצפון לדרום. הדבר קורה, מפני שבכיוון זה:

- מתקרבים אל מרכז תחום השפעתו של האנטיציקלון הסובטרופי ברום. אנטיציקלון זה יוצר את המידבר הפלנטארי;
- מתרחקים ממרכזי השקעים הברומטריים (השקע הקפריסאי הוא המביא את רובם המכריע של גשמי ישראל. רישומו ניכר גם בנגב ואפילו באילת);
- מתרחקים מן היס-התיכון, שהוא המקור העיקרי לאדי המים המצויים באוויר.

בצפון הנגב עובר קו הגשם של 200 מ"מ במקביל לקו הרוחב מרפיה, הסמוכה ליס-התיכון, עד באר שבע ומזרחה לה, ומשם הוא פונה באורח תלול צפונה מזרחה, אל גשר דמיה שבעמק-הירדן הדרומי. המהלך הישר של קו גשם זה לאורך עשרות קילומטרים מן



ציור מס' 2: ההשתנות היחסית הממוצעת (באחוזים) של כמות הגשם השנתית (1930/31-1959/60)

התקופה, שלגביה חושבו ערכי ההשתנות היחסית בציור מס' 2, קרובה מאוד לתקופת ממוצעי כמויות הגשם, המופיעה בציור מס' 1. בטבלה מס' 2 מצויים ערכים ממוצעים לתקופה אחרת - 1949/50-1974/75 - בתחנות המפוזרות באזורים שונים של הנגב, מדורות עד אילת, ובהשוואה לתל-אביב (רידינג). התחנות מסודרות לפי סדר-גודל יורד של כמות הגשם הממוצעת. בטבלה מס' 2 רואים, כי בד"בד עם התמעטות כמות הגשם הממוצעת (במ"מ) פוחתת, בדרך-כלל, גם הסטייה הממוצעת (במ"מ), אך הדבר קורה במידה קטנה יותר, וכתוצאה מכך גדלה ההשתנות היחסית (באחוזים) עם התמעטות הכמות הממוצעת. נתוני תחנות מסוימות חורגים מכלל זה, מפני שההשתנות היחסית איננה רק פונקציה יורדת של כמות הגשם הממוצעת, אלא היא תלויה גם בגורמים נוספים, כגון - קונטיננטאליות (המרחק מהים-התיכון) וטופוגרפיה (הגורם האורז גראפיה). בגלל סיבות אלה גשמי הערבה הם הבלתי יציבים ביותר בנגב ובארץ כולה. ההשתנות היחסית המאקסימאלית בתחנות המופיעות בטבלה מס' 2 חלה באילת (56%) בגלל מיעוט גשמיה, בגלל ריחוקה

הים מסתבר בכך, שבאיזור זה של דרום מישור-החוף ושל שפלת הנגב רחוקים ההרים מן הים, ועליית כמות הגשם בשל התרוממותם הקלה והאיטית של פני הקרקע שקולה כנגד התמעטות הגשם בגלל הקונטיננטליות, הגוברת לעבר פנים הארץ. המשכו התלול של קו הגשם של 200 מ"מ נובע מהירידה החדה של פני-הקרקע מההרים לעבר אפיקו של הירדן. הקווים של 300 מ"מ ושל 100 מ"מ עוברים בחלקם בהקבלה לקו של 200 מ"מ - מצפון לו ומדרום לו. הקו של 100 מ"מ עובר מצפון לניצנה, מגיע עד לקירבת משאב-ישדה ומשם הוא עובר לממשיית. הקו הזה מצפין באורח תלול, כמו שאר קווי הגשם הצפופים במדרונות המזרחיים של ההרים, בהתאם לקווי הגובה, ומגיע למקום הנמצא קצת מצפון לים-המלח. קו אחר של 100 מ"מ מקיף את החלק הדרומי-מערבי של ההרים המרכזיים של הנגב. בהר הנגב הגבוה, ששיאו עולה על 1,000 מ' מעל פני-הים, אין הגשמים מרובים, כפי שסברו תחילה, בגלל גובה הרב. במיצפה-רמון, למשל, בגובה של 860 מ', מגיעה הכמות השנתית הממוצעת - הן המתוקנת (1931-1960) והן המדודה - ל-78 מ"מ בלבד. קו הגשם של 50 מ"מ יוצא מקו הרוחב 30, המצוי על הגבול המצרי הישן, ומגיע לסדום. רוב נתיבו מקביל לנחל הערבה. הערבה עצמה היא "איזור ירידה" לרוחות המערביות של הגשם. רוחות אלה גולשות מהרי הנגב שבמערב, ולכן הערבה היא היבש באזורי הנגב ובאזורי הארץ כולה: 50 מ"מ - בממוצע שנתי - בסדום (390 מ' מתחת פני-הים), 42 מ"מ בעיר-יהב, 36 מ"מ בערבת יפרוק (המקום הגבוה ביותר בערבה - 240 מ' מעל פני-הים) וכ-30 מ"מ באילת.

השתנות הכמויות השנתיות של הגשם

כאשר ידעים מהו הממוצע הרב-שנתי של כמות הגשם בתחנה מסויימת, אין להסיק מכך אם הכמויות השנתיות הבודדות של הגשם, שמהן התקבל הממוצע הזה, היו קרובות לממוצע או רחוקות ממנו. כדי לדעת זאת יש להשלים את מפת קווי-השווי של הכמות השנתית הממוצעת של הגשם בנגב (ציור מס' 1). אפשר לעשות זאת על-ידי מפת קווי-שווי של ערכים, המבטאים את השתנות הגשמים משנה לשנה, לפי שיטה סטטיסטית מסויימת, לפחות בחלק גדול של צפון-מערב הנגב. לשם כך השתמשנו בציור מס' 2 בשיטה הקרויה "השתנות יחסית (ממוצעת)". הדרך להגדרתה היא כדלקמן: להפריש בין כמות הגשם, היורדת בשנה מסויימת (P_i) ובין הממוצע הרב שנתי של אותו מקום ($F = \frac{1}{n} \sum P_i$) קוראים בשם "סטייה מהממוצע" ($(P_i - F)$). סטייה חיובית היא עודף, ושלילית - גירעון. הממוצע של סטיות שנתיות כאלה בערכיהן המוחלטות קרוי "סטייה ממוצעת" ($\frac{1}{n} \sum |P_i - F|$). ליחס (באחוזים) שבין הסטייה הממוצעת ובין הכמות הממוצעת קוראים בשם "השתנות יחסית" ($\frac{100}{F} \sum \frac{P_i - F}{n}$). מושג זה מביע, איפוא, את חלקו (באחוזים) של העודף הממוצע או של הגירעון הממוצע מכלל כמות הגשם הממוצעת, והוא מורה על מידת חוסר היציבות של גשמי איזור מסויים.

למדי או תלולים מאוד, על כל התוצאות, הנובעות מכך לחקלאות ולמשק המים. גם ההשתנות הביך-שנתית היחסית (באחוזים) גדלה, בדרך-כלל, עם התמעטות הכמות הממוצעת.

לפי שתי השיטות הסטטיסטיות שזכרו לעיל נמוכה ההשתנות (באחוזים) של גשמי ארץ-ישראל באזורים, שגשמיהם מרובים (איזור ההרים ואיזור החוף) וגבוהה באזורים, שגשמיהם מעטים (עמק-הירדן והנגב). יוצא, איפוא, שדווקא האזורים בעלי הכמויות הקטנות, בדרומה של הארץ (וכן במזרחה - בעמק-הירדן), גשמיהם פחות יציבים, ונוטים לתנודות גדולות יותר מאשר אזורי הצפון ואיזור החוף, הגשומים יותר. תופעה דומה מצויה גם בארצות אחרות. לעובדה זו נודעת חשיבות ראשונה במעלה. הגבול הקיצוני לחקלאות-בעל בתנאי האקלים של ארץ-ישראל הוא בין 200 מ"מ לבין 300 מ"מ בשנה (הכמות הדרושה בשנה מסויימת תלויה במרכיבים שונים, כגון - החלוקה העונתית של הגשמים, הטמפרטורות במרוצת העונה וטיב הקרקע), ויוצא שכל בצורת אקלימית באזורים המקבלים כמויות אלה היא גם בצורת חקלאית. לא כך הדבר באזורים הגשומים: באזורים, המקבלים בממוצע 200-300 מ"מ בשנה תהיה גם סטייה קטנה מתחת לממוצע בגדר סכנה ליבולים, שהרי גירעון כזה עלול להוריד את כמות המים מתחת למינימום הקריטי, הדרוש להצלחת גידולים, שאינם נהנים ממנות מים אחרות זולת הגשמים, ואילו לאזורי הארץ הגשומים אין נשקפת סכנה כזאת. יוצא, איפוא, שאם חקלאות הבעל באזורי הארץ הצחיחים והצחיחים-למחצה רגישה

מהים-התיכון ובגלל היותה ב"צל-הגשם" של הרי הנגב. מתוך 33 כמויות הגשם השנתיות, שנמדדו עד כה באילת, היה המינימום המוחלט 3.7 מ"מ והמאקסימום המוחלט היה 77.6 מ"מ. ביממה אחת ירדו באילת 64 מ"מ, והיה זה ערך השווה לכפליים הכמות השנתית הממוצעת (ראה - הסעיף "עוצמות הגשם"). אפילו הממוצע הרב-שנתי לכל העונה עלול לגדול שם במילימטרים אחדים בגלל כמות גשם גדולה, היורדת ביממה אחת. לעומת זאת ההשתנות היחסית במיצפה-רמון (30%) היא בין הנמוכות שבתחנות הנגב, על אף מיעוט גשמיה, מפני שתחנה זו נמצאת בהר הנגב הגבוה (860 מ' מעל פני-הים), המאלץ את זרמי האוויר מהים-התיכון לעלות, ועושה את אקלימו של המקום ליותר מריטימי.

בטבלה מס' 2 מצויים גם ערכים, המבטאים את השתנות הגשמים לפי שיטה סטטיסטית אחרת. לממוצע ההפרשים - בערכיהם המוחלטים - בין כמויות הגשם של שנים עוקבות $(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n-1} (x_{i+1} - x_i))$ קוראים בשם "השתנות בין-שנתית". ליחס (באחוזים) שבין ההשתנות הביך-שנתית של כמות הגשם ובין הממוצע הרב-שנתי של כמות הגשם $(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i)$ קוראים בשם "השתנות בין-שנתית יחסית" $(\frac{1}{x} \sum_{i=1}^n \frac{x_i^2}{x_i})$. אמת-מידה זו מביעה, איפוא, את השינוי הממוצע (תוספת או גירעון), שחל משנה לשנה בכמות הגשם, והיא מביאה בחשבון לא רק את גודל הנתונים (כמו: ההשתנות היחסית ושיטות אחרות), אלא גם את הסדר הכרונולוגי שבו הם אירעו. בדיון אקלימי נודעת לסדר חשיבות, למשל - כאשר יש לקבוע מבחינה כמותית אם השינויים בגשמים משנה לשנה הם חלקים

טבלה מס' 2

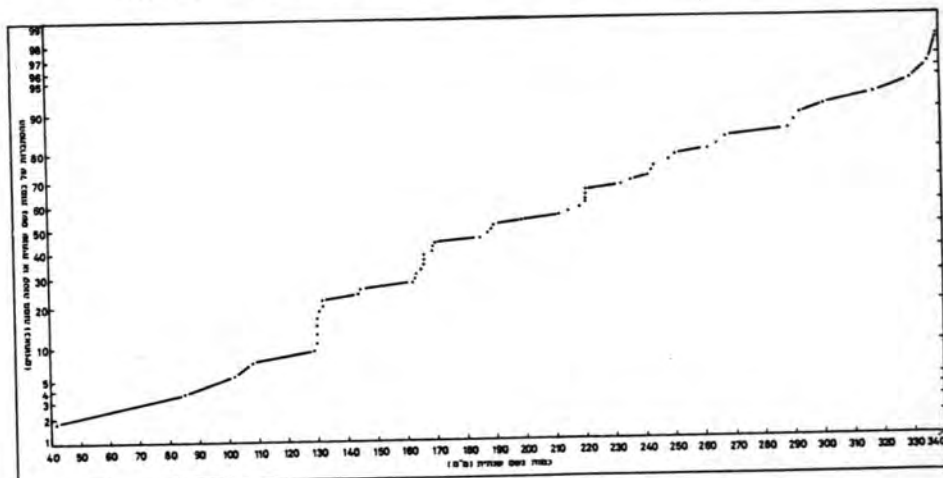
ההשתנות הממוצעת של כמות הגשם השנתית בתחנות הנגב בהשוואה לתל-אביב (רידינג) בתקופה 1949/50 - 1974/75

מס' סדר	תחנה (סדר גודל יורד של כמות ממוצעת כמ"מ)	רוחב (°N)	אורך (°E)	רום (מטר)	כמות הגשם השנתית הממוצעת (כמ"מ) (1931-60)	כמות הגשם השנתית הממוצעת (כמ"מ) (1949/50 - 1974/75)	ההשתנות היחסית (באחוזים)	ההשתנות הביך-שנתית היחסית (באחוזים)	ההשתנות הביך-שנתית (כמ"מ)
	א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט
1.	תל-אביב (רידינג)	32 06	34 47	3	539	563	126.5	22.5	215.2
2.	דרות	31 30	34 39	110	328	354	85.5	24.2	138.9
3.	רוחמה	31 30	34 42	180	318	351	93.5	26.6	144.6
4.	כית-קמה	31 27	34 46	250	315	299	89.3	29.9	131.1
5.	יירים	31 20	34 24	95	284	288	93.3	32.4	123.0
6.	שובל	31 25	34 45	100	278	276	89.9	32.6	130.9
7.	מישמר-הנגב	31 22	34 43	200	244	258	83.7	32.4	125.4
8.	נילח, תחנת ניסיונות	31 20	34 40	150	228	242	70.2	29.0	104.3
9.	מנן	31 18	34 25	135	233	229	72.9	31.8	99.9
10.	אורים	31 19	34 31	90	221	217	67.0	30.9	99.8
11.	כאר-שבע	31 15	34 48	280	204	201	60.9	30.3	93.3
12.	ניר-יצחק	31 14	34 20	70	198	190	56.7	29.8	83.3
13.	צאלים	31 12	34 32	140	168	166	50.1	30.2	75.6
14.	משאבי-שדה	31 00	34 47	350	108	114	37.9	33.2	62.4
15.	רביבים	31 02	34 43	290	108	109	38.5	35.4	62.4
16.	שדה-בוקר	30 52	34 47	470	91	95	36.7	38.6	53.1
17.	מיצפה-רמון	30 37	34 48	860	78	78	23.4	30.0	42.3
18.	ערבת-יפרוק	30 09	35 08	240	42	36	17.5	48.6	25.0
19.	אילת	29 33	34 57	12	-	34.6	19.3	55.7	19.9

כבר לגבי גירעון קטן מהמוצק, על אחת כמה וכמה חמור הנוק הנגרם לה בשנות בצורת, שבהן הגירעון הוא קיצוני. בשטחים החקלאיים המצויים באזורים אלה שכית, איפוא, החשש לאי-הצלחה בחקלאות-בעל. צפון הנגב, שבו עובר קו הגשם השנתי הממוצע של 200 מ"מ, הוא איזור חקלאי מובהק, אך הוא נמצא ממש על "גבול אקלימי" - בין האיזור הצחיח למחצה מצפון לו ובין האיזור הצחיח מדרום לו (לפי שיטת סיווג האקלימים של קפן). בשנה גשומה בנגב זו קו הגשם של 200 מ"מ דרומה. שנה שכזו עשויה להיות שנת ברכה בשטחים החקלאיים של איזור זה. אבל בשנת בצורת נסוג קו זה צפונה, ואז יש הכרח להוסיף לשדות מים בהשקיה, כדי להשיג יבולים נאותים. גבול הצחיחות לפי קפן (או קו הגשם של 200 מ"מ) איננו, איפוא, קו קבוע, אלא הוא מתנווד מדי שנה בשנה בתוך תחום מסויים. קווי הגשם השנתיים של 200 מ"מ צפופים בדרומו של תחום זה יותר מאשר בצפונו. מצב דומה קיים לגבי קווי הגשם של 300 מ"מ. לפי שיטת יעילות המישקעים של תורנטוויט (1931) מקביל תחום תנודות גבול הצחיחות, בעיקרו, לתחום תנודות קווי הגשם השנתיים של 200-300 מ"מ; גם לפי שיטה זו קרוב האיזור, שבו שכיחים קווי הגבול השנתיים של הצחיחות, לדרומו של תחום התנודות יותר מאשר לצפונו, כלומר - בשנים גשומות אין הגבול נע דרומה (ביחס לאיזור השכיח), כפי שהוא נע צפונה בשנים יבשות. השתייכותו של הנגב לאיזור אקלימי שונה בסוגו מזה של מחציתה הצפונית של ארץ-ישראל מתבטאת גם בכך, שלא תמיד קיימת אחידות באופיה של שנת הגשמים בשני החלקים. יש ששנה גשומה מאוד במחציתה הצפונית של הארץ היא שנת בצורת קשה בנגב - ולהיפך. באר-שבע, הנמצאת במרכז הצלע הצפונית של משולש הנגב ועל גבול אקלימי, היא כפי שכבר נאמר התחנה בעלת הסידרה הארוכה ביותר של מדידות גשם בנגב: 54 שנות הגשם 1921/22-1974/75. פירוט כמויות הגשם

השנתיות הבודדות בבאר-שבע והמסקנות הנובעות מנתונים אלה עשויים להיות מאלפים לגבי השטחים החקלאיים הסמוכים. קביעת ההסתברות של ירידת כמות שנתית מסויימת בבאר-שבע על סמך 54 הערכים המדודים נעשית בדרך הבאה: מסדרים את 54 הכמויות השנתיות לפי סדר גודל (מיסדר) עולה, במקום הסדר הכרונולוגי, שבו הן אירעו - מהמינימום המוחלט של 42 מ"מ בשנת הגשם 1962/63 עד המאקסימום המוחלט של 339 מ"מ בשנת הגשם 1964/65. מחשבים את ההסתברות (באחזים) לאירועו של כל איבר שבמיסדר או ערך קטן ממנו (כלומר - ההסתברות של ירידת כל כמות גשם שבמיסדר או כמות קטנה ממנה) לפי הנוסחה $F_{100-\frac{x}{m}} = 1 - \frac{x}{m}$, בנוסחה זו מסמן n את מיספר האיברים שבמיסדר (54) ו-m מסמן את המיספר הסידורי של האיבר במיסדר. כך, למשל, תהיה ההסתברות של ירידת 42 מ"מ או פחות שווה ל- $1 - \frac{42}{339} = 1.8\%$; זו של 190 מ"מ (האיבר ה-28 במיסדר) או פחות - $1 - \frac{28}{339} = 50.9\%$; זו של 339 מ"מ או פחות - $1 - \frac{339}{339} = 98.2\%$. על נייר התפלגות נורמאלית מחולק הציר האופקי באורך פרופורציוני לכמות הגשם השנתית (מ"מ) והציר האנכי (ההסתברות באחזים) של כמות גשם שנתית או של כמות קטנה ממנה) מחולק בהתאם להתפלגות הנורמאלית של גאוס. על נייר זה מסמנים נקודה מתאימה לכל אחת מ-54 הכמויות השנתיות. על-ידי חיבור הנקודות מקבלים קו שבור הקרוב למדי לקו ישר (ציור מס' 3). הממוצע של 54 הכמויות השנתיות, שירדו בבאר-שבע הוא 200 מ"מ, וסטיית התקן $\sqrt{\frac{1}{54} \sum (x_i - \bar{x})^2}$ היא 67.4 מ"מ (היחס בין סטיית התקן ובין הממוצע נקרא בשם "מקדם ההשתנות"). הכמויות השנתיות אינן מתפלגות באופן נורמאלי, אלא רק בקירוב. קו ההסתברות המופיע בציור מס' 3 מאפשר למצוא את הסתברות ירידתה של כמות גשם שנתית מתחת לגבול מסויים או מעל גבול מסויים או בין גבולות מסויימים. לעניין זה יש חשיבות רבה בתיכון החקלאי.

ציור מס' 3: קו ההסתברות (באחזים) של כמויות הגשם השנתיות (מ"מ) בבאר-שבע (על-סמך 54 כמויות שנתיות בתקופה 1921/22-1974/75)



ממוצעי מיספר ימי הגשם בשנה

טבלה מס' 3

מיספר הימים בשנה, שבהם ירדה כמות נשם גדולה מנובלות מסוימים (או שווה להם), ממוצעים לתקופה 1951/52-1975/76

מס' סדר	התחנה (מצפון הנגב לדרומו)	מ"מ			
		≥ 25.0	≥ 10.0	≥ 1.0	≥ 0.1
	א	ב	ג	ד	
1.	דרות	45.5	34.0	11.9	2.88
2.	מישמר-הנגב	41.2	30.3	8.1	1.60
3.	כארשבע	39.3	26.7	5.9	1.04
4.	ניר-יצחק	35.3	26.0	6.3	0.92
5.	משאבי-שדה	28.9	19.6	2.8	0.40
6.	שדה-בוקר	26.0	17.4	2.5	0.16
7.	מיצפה-רמון	23.1	16.1	1.2	0.20
8.	אילת	9.6	5.2	0.9	0.16

* הסדרים נתוני שלוש שנות הגשם - 1951/52, 1955/56, 1956/57.

ובניר-יצחק; 32% - בכארשבע ובמשאבי-שדה; 33% - בשדה-בוקר 46% - באילת. נוסף על הממוצעים הרבי-שנתיים (ל-25 שנות התקופה 1951/52-1975/76) של מיספר ימי הגשם ושל מיספר הימים הגשומים בשנה, מובאים בטבלה מס' 3 גם ממוצעי מיספר הימים, שבהם ירדו 10 מ"מ או יותר וכן ממוצעי מיספר הימים שבהם ירדו 25 מ"מ או יותר. בדומה לכמויות הגשם פוחת מצפון הנגב לדרומו גם מיספר ימי הגשם ומיספר הימים הגשומים, ובדרך-כלל פוחת גם מיספר הימים, שבהם ירדה כמות שווה ל-10 מ"מ ול-25 מ"מ או כמות גדולה יותר.

מישטר הגשמים

מצפון ארץ-ישראל לדרומה מצטמקת והולכת עונת הגשמים בשני קצותיה: בגליל מתחילה העונה ברוב המיקרים בראשית חודש אוקטובר, ואילו בצפון הנגב היא מתחילה, בדרך-כלל, בראשית חודש נובמבר, ובחלקו הדרומי - במועד מאוחר עוד יותר; בגליל מסתיימת עונת הגשמים לרוב במחצית השנייה של חודש מאי, ואילו בצפון הנגב היא מסתיימת, בדרך-כלל, במחצית השנייה של חודש אפריל. אומנם, להלכה, עלול לרדת גשם בכל מקום בארץ גם בחודש ספטמבר - לפני עונת הגשמים, בחודש יוני - אחריה, ואפילו בחודשי הקיץ המרכזיים - יולי ואוגוסט; אך למעשה, נדירים מיקרים כאלה בנגב עוד יותר מאשר במחצית הצפונית של ארץ ישראל. העובדה משמעותית בייחוד כשהמדובר בכמויות ממשיות של גשם, מפני שהנגב, כאמור לעיל, קרוב יותר לתחום השפעתו של האנטיציקלון הסובטרופי, הנמצא במצבו הצפוני ביותר בעיצומו של הקיץ. בעונה זו משתרעת רמת האיים האזוריים מזרחה, ורכס חלש מתפשט ממנה לאורך החוף הצפוני-מזרחי של אפריקה עד הנגב. אפיק-רום פעיל מן הרגיל, התודר דרומה יותר מן הרגיל, ומביא לירידת גשמים ממשיים בלתי רגילים בזמן זה בצפון ארץ-ישראל, מתקשה יותר לחדור עד השטחים שמעל הנגב. ריחוקו של הנגב מהים-התיכון מונע ממנו בקיץ גם גשמים קלים, היורדים בצפון הארץ משקעים רדודים או משאריות של חזיתות קרות חלשות במזרח הים-התיכון. כמרכן מונע ריחוקו של הנגב מן הים-התיכון את האפשרות הקיימת במישור-החוף - שברמה יבשתית מביאה בשעות הבוקר המוקדמות לידי התכנסות אוויר מכיוונים שונים ועל-ידי כך היא מאלצת אוויר זה לעלות עד להיווצרות עננים ולירידת גשמים.

על-אף שטחה הקטן של ארץ-ישראל אפשר להבחין בשינויים החלים במישטר גשמייה מצפון לדרום. במחציתה הצפונית של הארץ שורר מישטר הגשמים הים-תיכוני. אופיינית למישטר זה עלייה תלולה בכמות הגשם מראשית העונה עד החודש המרכזי (בדרך-כלל - חודש ינואר) הקר והגשום ביותר, וירידה תלולה ממנו אל סוף העונה. בצפון הנגב (כארשבע) שורר עדיין המישטר הים-תיכוני, אך ככל שמדרומים בנגב מיטשטש והולך מישטר זה, קשה יותר ויותר לציין מאקסימום בולט בחודש מסויים, והעקום הים-תיכוני החד הולך ומשתטח. כדי לעמוד במדויק על השתנות מישטר הגשמים מצפון

גם מיספר ימי הגשם הוא קריטריון, שיש לדון בו ולחשב את ערכיו הממוצעים. "יום גשם" מוגדר כיממה (24 שעות) - המתחילה בשעה 8 בבוקר - שירד בה גשם בכמות-בת 0.1 מ"מ או יותר. קיים ספק אם יש ערך מעשי או אם יש חשיבות חקלאית לגשם, שכמותו היומית פחותה מ-1 מ"מ. נוסף לכך היה הרישום של ימים כאלה לקוי בתחנות רבות בארץ - וגם בנגב היה כך. מטעמים אלה יש להעדיף את המושג "יום גשום", המוגדר כיממה כנ"ל, שירד בה 1 מ"מ או יותר. הממוצעים של מיספר הימים הגשומים נותנים, איפוא, ערכים ממשיים יותר, והם גם מהימנים יותר מממוצעי מיספר ימי הגשם. אין לזלזל בהבדלים שביניהם על רקע העובדה, שכמויות הגשם היומיות השכיחות ביותר הן דווקא הכמויות היומיות הקטנות ביותר ולא הכמויות הקרובות לממוצע היומי. מנתונים של תחנות, המצויות באזורים שונים במחצית הצפונית של ארץ-ישראל - תחנות שמדדו גשמים בשלמות ובמהימנות במשך שנים לא מעטות - מסתבר, שמיספר הימים, שבהם ירדו כמויות קטנות מ-1 מ"מ, כלומר - בין 0.1 לבין 0.9 מ"מ - מגיע בממוצע ל-20%-25% מכלל ימי הגשם (≥ 0.1 מ"מ) בשנה. בתחנות הנגב גבוה עוד יותר אחוז הימים, שבהם ירדו 0.1-0.9 מ"מ: 25%-45% ממיספר ימי הגשם בשנה. הדבר הוא כך מפני שבנגב מרובים יחסית ימים שבהם ירדו כמויות גשם קטנות. האחוז הזה, המתקבל מהחישוב של:

$$\frac{\text{מס' ימי-גשם בשנה עם } 0.1-0.9 \text{ מ"מ}}{\text{מס' ימי גשם בשנה עם } \geq 0.1 \text{ מ"מ}} = 100$$

שימש כקריטריון למהימנותם של ממוצעי מיספר ימי הגשם, ולפיו נבחרו התחנות, אשר נתוניהן מובאים בטבלה מס' 3 (התחנות מסודרות מצפון הנגב לדרומו). מנתוני טבלה מס' 3 קל להיווכח, ש-25% מכלל ימי הגשם (≥ 0.1 מ"מ) בשנה מקבלים בממוצע כמויות קטנות מ-1 מ"מ ביממה בדורות; 26% - במישמר-הנגב

מאי, שהם לרוב זעומים בתל-אביב, משקלם היחסי בכמות העונתית אינו מבוטל בתחנות הנגב (ראה - טבלה מס' 4).

את מישטר הגשמים אפשר לתאר בדרך נוספת - על-ידי ציון התאריך, שבו מצטבר מתחילת העונה חלק מסוים של הכמות העונתית כולה. הבדלי המישטר בין גשמי החוף ובין גשמי הנגב באים לידי ביטוי מוחשי כשמחשבים את ערכי האחחים, המצטברים בסוף כל חודש מחדשי הגשמים בתחנות שבטבלה מס' 4, וכאשר משרטטים אותם בצורת עקום-הצטברות (עקום אוגיבי) לכל תחנה (ראה - ציור מס' 5). בתיאור גראפי זה רואים בבירור את מידת ההשתנות בכל חודש (אופקיות העקום בחודשים היבשים ותלילותו בחודשים הגשומים) ואת ההבדל הקיים בחלוקה העונתית של הגשמים בין איזור החוף ובין אזורי הנגב. כך מסתבר מציור מס' 5, שהתאריך, שעדיו יורדת במוצע 1/4 הכמות העונתית, נמצא בסוף השבוע הראשון של חודש דצמבר בחוף תל-אביב, באמצע חודש דצמבר בבאר-שבע ובסוף השליש השני של חודש דצמבר במשאבי-שדה. כך מצטברת 1/2 הכמות העונתית בראשית חודש ינואר בחוף תל-אביב, אחרי אמצע חודש ינואר בבאר-שבע ובתחילת השליש השלישי של חודש ינואר במשאבי-שדה. 3/4 הכמות העונתית מצטברת בראשית חודש פברואר בחוף תל-אביב, סמוך לסוף חודש פברואר בבאר-שבע ובראשית חודש מרץ במשאבי-שדה. אשר לאילת הרחוקה, שמישטר גשמייה יוצא דופן ושונה באורח ברור ממישטר ים-תיכוני - בחודשים הראשונים של עונת הגשמים אין פיגור נוסף בתאריכי הצטברות של גשמייה (בהשוואה למשאבי-שדה), אולם מאמצע חודש ינואר בקירוב עד סוף העונה קיים גם באילת פיגור כזה (ראה - ציור מס' 5).

בדברינו על השתנות מישטר הגשמים מצפון לדרום, חזרנו בצורות שונות על ציון העובדה, שבאיזור החוף מרובים גשמי החודשים הראשונים של העונה מגשמי החודשים האחרונים, ואילו בנגב - בייחוד בחלקי הפנימיים והגבוהים מאיזור החוף - נכון בדיוק ההיפך מזה. ההבדל במישטר הגשמים בין איזור החוף ובין אזורי הנגב נובע מפיגור בשינוי העונתי של טמפרטורות הים לעומת השינוי בטמפרטורות היבשה. הגשמים בישראל יורדים, כאשר גושי אוויר קר באים לארץ בעיקר מרוסיה, מהבלקנים או מטורקיה. אוויר זה הוא קר ויבש, אך בעוברו בסתיו על-פני מזרח הים-התיכון, שמימיו חמים ממנו בהרבה, הוא מתחמם בשיכבותיו התחתונות, סופג לתוכו לחות מרובה, ומגיע לחופה של ישראל במצב של איריציבות גדולה. במצב כזה הגירוי בקו החוף די בו להביא להורדת מישקעים, וכאשר עובר האוויר על-פני היבשה הקרה מהים עדיין נמשכת ירידת גשמים מרובים. האוויר מפסיד מלחותו, מגיע לאזורים פנים-יבשתיים כשהוא יציב יותר, ולכן יורדים שם פחות גשמים. באביב, לעומת זאת, הים עודנו קר, גושי האוויר, העוברים על-פניו איריציבותם אינה רבה, וקו החוף אינו מספיק לגרותם במידה רבה. דרושה לכך התרוממותם; זו נגרמת על-ידי אזורים פנים-יבשתיים גבוהים יותר, ולכן מרובים שם המישקעים בעונה זו.

לדרום יש צורך במיספר רב ככל האפשר של שנות מדידה ברזמוניות בתחנות השונות, בגלל ההשתנות הרבה של כמויות הגשם החודשיות משנה לשנה יחסית להשתנות הכמויות השנתיות (ראה - הסעיף "השתנות הכמויות החודשיות של הגשם"), בייחוד בחודשים מעוטי הגשמים שבקצות העונה ובייחוד בתחנות הנגב, שבהן כמויות הגשמים הן קטנות. בציור מס' 4 אפשר לראות השוואה מדוייקת כזאת בין המישטר הים-תיכוני הברור השורר בתל-אביב (ירדינג) ובין המישטרים השוררים בבאר-שבע, במשאבי-שדה ובאילת, לגבי כמויות הגשם החודשיות הממוצעות במילימטרים. בטבלה מס' 4 אפשר לראות זאת לגבי הערכים החודשיים המתאימים המבוטאים באחחים מהכמות השנתית של כל תחנה. ממוצעי תחנות אלה מבוססים על כל כמויות הגשם, שנמדדו ברזמונית ב-30 שנות הגשם הבאות:

1940/41; 1942/43-1946/47; 1949/50-1959/60; 1961/62; 1963/64-1974/75. מציור מס' 4 ומטבלה מס' 4 מסתבר, שהגשום בחודשי העונה - ובאורח ברור בהשוואה לשכניו - בתל-אביב (ירדינג), המצויה במרכז רצועת החוף של ישראל, הוא חודש דצמבר. בשאר חלקי המחצית הצפונית של הארץ חודש ינואר הוא הגשום בחודשי העונה. באיזור החוף, על כל פנים, מרובים גשמי חודש דצמבר במידה ניכרת מגשמי חודש פברואר, ואילו באיזור ההרים שמצפון לנגב נכון ההיפך מזה. לעומת אלה - אין כמעט הבדל בצפון שפלת הנגב (באר-שבע) בין הכמויות הממוצעות של הגשם היורד בחודש דצמבר ובין הכמויות הממוצעות של הגשם היורד בחודש ינואר, וקיים רק הבדל קטן בדרום שפלת הנגב (משאבי-שדה) בין ממוצעי חודש דצמבר לבין ממוצעי חודש ינואר וממוצעי חודש פברואר. בדרום הערבה (אילת) אין כמעט הבדל בין הכמויות הממוצעות של הגשם היורד בחודש דצמבר ובין הכמויות הממוצעות של הגשם היורד בחודש פברואר, אך חודש ינואר מקבל פחות גשם משניהם - בניגוד גמור למתרחש בכל שאר חלקי ישראל.

בעוד שבמחצית הצפונית של הארץ יורדים בממוצע בשלושת החודשים המרכזיים והגשומים ביותר של החורף - דצמבר, ינואר ופברואר - 67%-72% מכמות הגשם של כל העונה, מגיע האחח הממוצע של הכמות בשלושת החודשים האלה בבאר-שבע ל-64%, במשאבי-שדה - ל-61% ובאילת - ל-55% בלבד. ההתרחקות מהים-התיכון בכיוון זה והתגברות התנאים המידבריים עם ההתקרבות לציר הכס הרום של האנטיציקלון הסובטרופי הם המביאים את השינויים האמורים במישטר הגשמים.

גם בהשוואה בין חודשי ה"סתיו" - אוקטובר ונובמבר - ובין חודשי ה"אביב" - מרץ, אפריל ומאי - קיים הבדל בין איזור החוף של ישראל ובין הנגב. בתל-אביב מרובים גשמי חודש נובמבר במידה בולטת מאלו של חודש מרץ, ואילו בתחנות הנגב גשום חודש מרץ מחדש נובמבר. מצב דומה קיים לגבי החודשים בעלי הכמויות הקטנות, בדרך-כלל, שבקצות העונה. בתל-אביב יורד בממוצע בחודש אוקטובר קצת יותר גשם מאשר בחודש אפריל, ואילו בנגב רבים, יחסית, גשמי אפריל. אפילו גשמי חודש

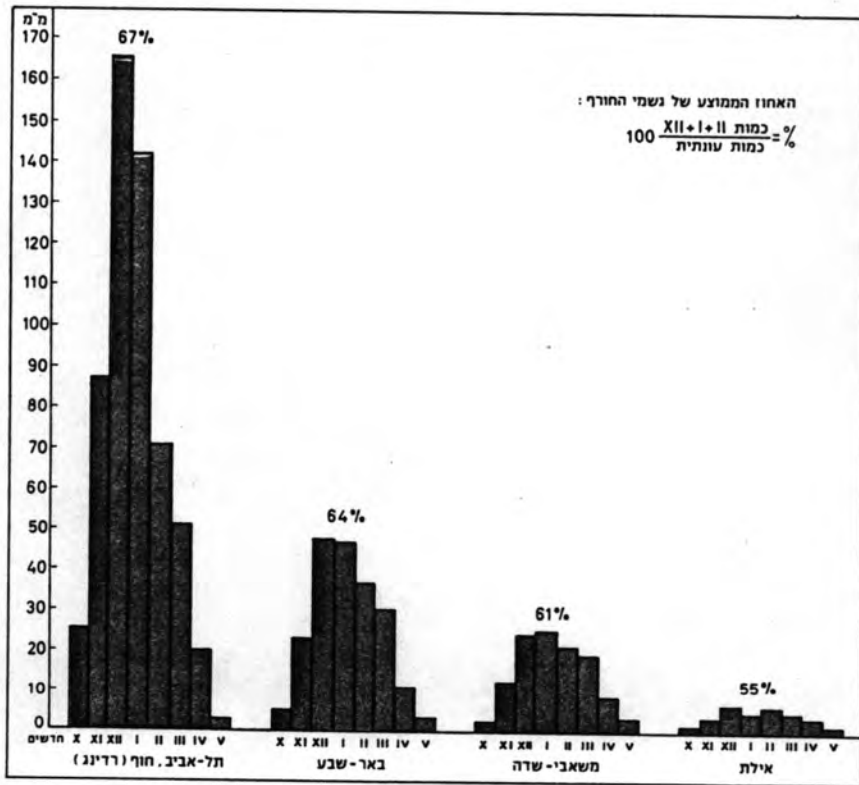
ארץ הנגב - אדם ומידבר

טבלה מס' 4

כמות הגשם החודשית באחוזים מן הכמות השנתית בשלוש תחנות בנגב בהשוואה לתל-אביב (רידינג) ממוצעים ל-30 שנים ברזומניות בתקופה 1974/75-1940/41

מס' סדר	התחנה א	האזור ב	IX-X							
			XI ט	XII ח	I ז	II ו	III ה	IV ד	V-VI ג	
1.	מישור החוף המרכזי	תל-אביב, רידינג	15.5	29.4	25.1	12.6	9.1	3.3	0.5	
2.	צפון שפלת הנגב	באר-שבע	11.2	23.3	22.8	18.0	15.0	5.4	1.8	
3.	דרום שפלת הנגב	משאבי-שדה	10.7	20.9	21.5	18.2	16.5	7.2	3.0	
4.	דרום הערבה	אילת	11.3	20.6	15.3	19.4	15.6	10.6	3.4	

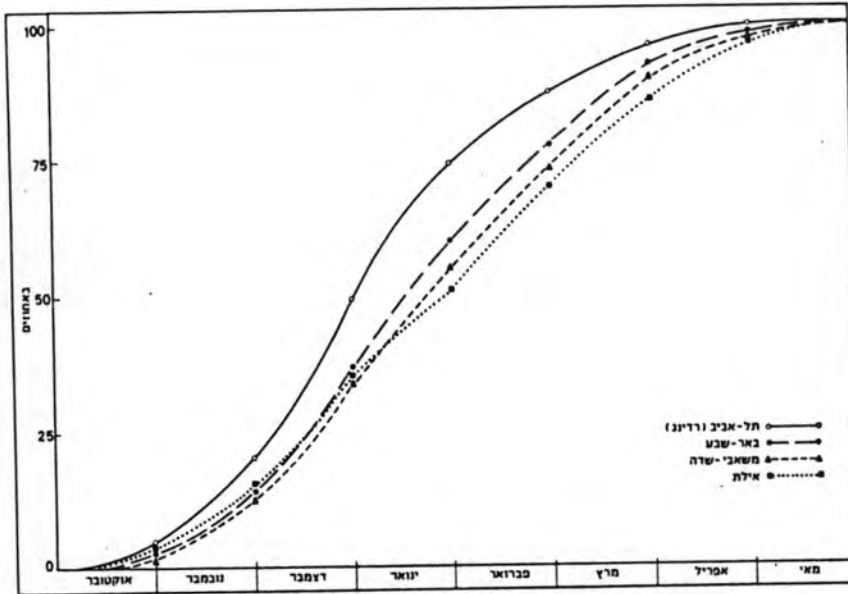
ציור מס' 4: ממוצעים רבי-שנתיים (30 שנים ברזומניות בתקופה 1974/75-1940/41) של כמויות הגשם (במ"מ) בתחנות הנגב בהשוואה לכמויות הגשם בתל-אביב (רידינג)



העונתית, אלא שהגשמים היורדים בחודשי ראשית העונה ובסיומה הם פחות יציבים במידה רבה מאלה היורדים במרכזה, כלומר - הגשמים היורדים בקצות העונה מצטיינים בהשתנות (יחסית) גבוהה מאוד. ואם דברים אלה הם נכונים בדרך-כלל, על אחת כמה וכמה גבוהים אחוזי ההשתנות של כמויות הגשם החודשיות הקטנות בנגב. בטבלה מס' 5 מופיעים הערכים של מדדי הפיזור (סטייה ממוצעת, סטיית תקן) ושל מדדי ההשתנות (השתנות יחסית, מקדם ההשתנות), שכבר הגדרו לעיל, לכל אחד מחודשי עונת הגשמים ולעונה כולה. ערכים אלה מחושבים ל-30 שנות התקופה 1921/22-1950/51 בבאר-שבע. בדומה למה שכבר צויין, כי אחוזי ההשתנות

השתנות הכמויות החודשיות של הגשם

מישטרי הגשמים, שתוארו בסעיף הקודם, היו מישטרים ממוצעים, כלומר - מישטרים המבוססים רק על ממוצעים של כמויות גשם חודשיות; אך למעשה, חלים שינויים גדולים משנה לשנה לא רק בכמות הגשם העונתית (ראה - הסעיף "השתנות הכמויות השנתיות של הגשם") אלא בעיקר בחלוקה לחודשי העונה, היינו - במישטר. קשה למצוא עונה, שכל אחד מחודשיה קיבל - ולו גם בקירוב - את חלקו הממוצע. לא זו בלבד, שההשתנות היחסית - וכן מדדי השתנות אחרים - של כמות הגשם בחודש מרכזי של העונה (למשל: ההשתנות של גשמי 30 חודשי ינואר) גבוהה בהרבה מזו של הכמות



ציור מס' 5: כמויות גשם חודשיות מצטברות באחוזים מהכמות השנתית (באחוזים מצטברים) ממוצעים ל-30 שנים ברזמוניות בתקופה 1940/41-1974/75

פיזור זה אינו מושפע מ-25% של נתוני סידרה מסוימת, הקטנים מהרביעון התחתון ומ-25% של הנתונים הגדולים מהרביעון העליון. "סטיית רביעון" (q) היא הממוצע האריתמטי בין סטיית הרביעון התחתון מהחציון, $(q_1 - q_2)$, ובין סטיית הרביעון העליון מהחציון $(q_3 - q_4)$. סטייה זו שווה, איפוא, למחצית ערכו של התחום הבין-רביעוני $(\frac{q_3 - q_1}{2})$. ליחס (באחוזים) שבין סטיית הרביעון ובין החציון קוראים בשם "השתנות בין-רביעונית" $(\frac{100 \cdot \frac{q_3 - q_1}{2}}{q_2})$. מעיון בטבלה מס' 6 ובנתוני תחנות אחרות (בצפון הארץ) מסתבר, שאין בתחנות שונות מהלך אחד להשתנות הבין-רביעונית מחודש לחודש, אך גם מדד השתנות זה מגיע, בדרך-כלל, לערך המינימום בחודש גשום מרכזי של העונה ולערך המאקסימום בחודש יבש של העונה.

מהאמור לעיל מסתבר, שבדרך-כלל עדיף השימוש בהשתנות הבין-רביעונית על זה שבמדי השתנות אחרים לגבי כמויות גשם חודשיות. ברם, גם תועלתה של שיטת סדר הגודל - כולל ההשתנות הבין-רביעונית - עלולה להיות מוגבלת, כשעוסקים בחודשים מעוטי הגשמים שבקצות העונה, ובייחוד בנגב. אומנם אם כמויות הגשם בחודשי מאי בתל-אביב, למשל, הן אפסיות ביותר מ-1/4 שנות המדידה אך בפחות מ-1/2 ממיספרן - כלומר: כאשר הרביעון התחתון (q_1) בלבד שווה ל-0 - לא יפריע הדבר להשתנות הבין-רביעונית לקבל ערך מסוים (ראה בטבלה מס' 6: הערך של מדד השתנות זה בתל-אביב בחודש מאי, בבאר-שבע בחודש אוקטובר, במשאבי-שדה בחודש אוקטובר ובחודש אפריל ובאילת בכל חודש - מנובמבר עד מרץ). אולם בסידרת כמויות חודשיות, שבה לא ירדו גשמים ביותר ממחצית חודשי

היחסית ואחוזי ההשתנות הבין-שנתית היחסית הם פונקציות יורדות של כמות הגשם השנתית הממוצעת, אפשר לראות בטבלה מס' 5, כי בדרך-כלל ההשתנות היחסית ומקדם ההשתנות הם נמוכים, יחסית, בחודשים הגשומים שבמרכז העונה, ואחוזיהם גדלים והולכים עם התמעטות הכמות החודשית הממוצעת כלפי קצות העונה.

בטבלה מס' 6 מצויים הערכים של מדד פיזור ושל מדד השתנות אחרים. ערכים אלה התקבלו בשיטת סדר הגודל: מסדרים במיסדר את 31 כמויות הגשם (של כל חודש ושל העונה כולה), שנמדדו בתל-אביב (ירדני) - לצורכי השוואה - ובשלוש תחנות הנגב, בתקופה ההה לזו שבצירורים מס' 4 ומס' 5 ובטבלה מס' 4 (ראה פירוט התקופה - בסעיף "מישטר הגשמים") ובתוספת שנת הגשם 1975/76. מחלקים את המיסדר ל-4 חלקים שווים-שכיחות ומקבלים את הערך המרכזי של המיסדר; ערך זה קרוי "חציון" (q_2) . כמויכן מקבלים את הערך המרכזי שבין המינימום ובין החציון; ערך זה קרוי "רביעון תחתון" (q_1) , וכמרכן מקבלים את הערך המרכזי, שבין החציון ובין המאקסימום; ערך זה קרוי "רביעון עליון" (q_3) . ההתפלגות של כמויות הגשם החודשיות רחוקה מההתפלגות הנורמאלית של גאוס עוד יותר מזו של הכמויות השנתיות. במיקרים כאלה מייצגים החציון ושני הרביעונים את ההתפלגות ביתר דיוק מאשר הממוצע האריתמטי וסטיית התקן. החציון הוא יציג בדרך-כלל - פרט למיקרים מיוחדים (ראה להלן). ואשר לרביעונים - בסידרה בלתי נורמאלית חשוב לדעת את התחום הבין-רביעוני $(q_3 - q_1)$, כי הוא אינו תלוי בערכים הקיצוניים, העלולים להיות מיקריים או מוטעים. מדד-

טבלה מס' 5
ההשתנות הממוצעת של כמויות הגשם החודשיות ושל הכמות השנתית
בארשבע בתקופה 1950/51-1921/22

מס' סדר	החודש	כמות הגשם הממוצעת (במ"מ)	ההשתנות הסטיית (במ"מ)	ההשתנות היחסית (באחוזים)	סטיית התקן (במ"מ)	מקדם ההשתנות (באחוזים)
	א	ב	ג	ד	ה	ו
1.	ספטמבר	0.23	0.44	193	1.24	539
2.	אוקטובר	4.2	5.1	121	7.6	181
3.	נובמבר	24.9	20.6	83	24.2	97
4.	דצמבר	40.5	27.8	69	33.2	82
5.	ינואר	46.4	25.2	54	38.1	82
6.	פברואר	43.5	25.3	58	30.9	71
7.	מרץ	27.4	19.2	70	23.2	85
8.	אפריל	8.5	7.9	93	11.0	129
9.	מאי	2.8	4.7	168	7.5	268
10.	שנה	198.4	52.7	27	59.9	30

הסדרה (אך בפחות מ-1/4 מיספר החודשים, וגם החציון אינו יציג, לא רק הממוצע), וכאשר ערכו של q_2 שווה ל-0, עולה ההשתנות הבינרביעונית לאינסוף (בבארשבע ובמשאבישדה בחודש מאי, באילת בחודש אפריל)². לו היו יותר מ-1/4 ממיספר חודשי הסידרה חסרי כל גשם, היה גם הרביעון העליון (q_3) שווה ל-0, ואז ערכה של ההשתנות הבינרביעונית היה בלתי מוגדר (באילת בחודש אוקטובר ובחודש מאי). בטבלה מס' 6 מצויות דוגמאות לכל ארבע האפשרויות בחודשים של ראשית עונת הגשמים ובחודשים של סיומה:

- $q_3 > q_2 > q_1 > 0$
- $q_3 > q_2 > 0 ; q_1 = 0$
- $q_3 > 0 ; q_2 = q_1 = 0$
- $q_3 = q_2 = q_1 = 0$

טבלה מס' 6

ההשתנות הבינרביעונית של כמויות הגשם החודשיות ושל הכמות השנתית בשלוש תחנות בנגב בהשוואה לתלמידי (רידינג) ב-31 שנים בורמנית בתקופה 1940/41-1975/76

בארשבע

מס' סדר	החודש	הרביעון התחתון (במ"מ)	הרביעון העליון (במ"מ)	הרביעון התיכון (במ"מ)	סטיית הרביעון (במ"מ)	ההשתנות הבינרביעונית (באחוזים)
	א	ב	ג	ד	ה	ו
1.	אוקטובר	0.0	1.1	7.2	3.6	327
2.	נובמבר	7.9	20.7	35.3	13.7	66
3.	דצמבר	13.8	33.7	63.3	24.8	73
4.	ינואר	19.3	37.2	54.1	17.4	47
5.	פברואר	6.3	31.2	50.8	22.2	71
6.	מרץ	12.0	22.6	47.5	17.8	79
7.	אפריל	3.3	6.0	13.4	5.0	84
8.	מאי	0.0	0.0	1.6	0.8	∞
9.	שנה	144.9	198.9	248.7	51.9	26

תלמידי (רידינג)

מס' סדר	החודש	הרביעון התחתון (במ"מ)	הרביעון העליון (במ"מ)	הרביעון התיכון (במ"מ)	סטיית הרביעון (במ"מ)	ההשתנות הבינרביעונית (באחוזים)
	א	ב	ג	ד	ה	ו
1.	אוקטובר	3.6	11.5	40.8	18.6	162
2.	נובמבר	24.1	74.1	118.6	47.2	64
3.	דצמבר	75.1	160.3	228.7	76.8	48
4.	ינואר	90.3	136.2	167.0	38.4	28
5.	פברואר	24.5	64.6	119.3	47.4	73
6.	מרץ	28.0	44.5	76.2	24.1	54
7.	אפריל	3.7	12.1	21.5	8.9	74
8.	מאי	0.0	0.5	3.1	1.6	310
9.	שנה	413.9	577.3	673.1	129.6	22

אילת

מס' סדר	החודש	הרביעון התחתון (במ"מ)	הרביעון העליון (במ"מ)	הרביעון התיכון (במ"מ)	סטיית הרביעון (במ"מ)	ההשתנות הבינרביעונית (באחוזים)
	א	ב	ג	ד	ה	ו
1.	אוקטובר	0.0	0.0	0.0	0.0	—
2.	נובמבר	0.0	0.3	3.0	1.5	500
3.	דצמבר	0.0	1.7	9.6	4.8	282
4.	ינואר	0.0	1.4	3.8	1.9	136
5.	פברואר	0.0	1.2	5.4	2.7	225
6.	מרץ	0.0	1.5	7.5	3.8	250
7.	אפריל	0.0	0.0	2.0	1.0	∞
8.	מאי	0.0	0.0	0.0	0.0	—
9.	שנה	13.2	25.6	46.4	16.6	65

משאבישדה

מס' סדר	החודש	הרביעון התחתון (במ"מ)	הרביעון העליון (במ"מ)	הרביעון התיכון (במ"מ)	סטיית הרביעון (במ"מ)	ההשתנות הבינרביעונית (באחוזים)
	א	ב	ג	ד	ה	ו
1.	אוקטובר	0.0	0.3	2.6	1.3	433
2.	נובמבר	2.7	8.5	20.0	8.6	102
3.	דצמבר	3.8	17.8	36.0	16.1	90
4.	ינואר	12.3	22.2	31.0	9.4	42
5.	פברואר	2.0	13.8	35.9	17.0	123
6.	מרץ	6.8	17.4	27.7	10.4	60
7.	אפריל	0.0	2.0	14.3	7.2	358
8.	מאי	0.0	0.0	2.4	1.2	∞
9.	שנה	79.2	107.0	143.4	32.1	30

הנגב. בכל הסוגים האלה של שכיחות מצטברת נראית יפה החלוקה לחודשי העונה כפירוט מאלף, נוסף לסך השנתי של ימי הגשם. כמרכזן מסתבר מטבלה מס' 7, שכאשר גדל הגבול התחתון של כמות הגשם היומית, פוחת במהירות מיספרם של ימים כאלה בכל חודש - בדומה לערכים השנתיים. ממוצעי מיספר הימים, שבהם ירדו 10 מ"מ או יותר, ובייחוד ממוצעי מיספר הימים, שבהם ירדו 25 מ"מ או יותר, עשויים לתת מושג על שכיחות הצפות של שטחים נרחבים בנגב על-ידי גשמים חזקים יחסית. הדבר קורה בייחוד באזורים, שבהם מעטה חדירות הקרקע למי הגשם, כגון - באזורי הלס בשפלת הנגב ובשטחים חשופים מצמחייה ובעלי שיפועים תלולים (ראה - סוף הסעיף "עוצמות הגשם").

ממוצעי מיספר ימי הגשם בחודשי העונה

גם חלוקת ימי הגשם לחודשי העונה דומה, בדרך-כלל, לחלוקה של כמויות הגשם: המיספר המאקסימאלי של ימי גשם מצוי בחודש מרכזי וגשום של העונה (בדרך-כלל - חודש ינואר), ומיספר ימי הגשם פוחת בהדרגה בשני צידי החודש המרכזי, עד שהוא מגיע למינימום בחודשים שבקצות עונת הגשמים. בדומה לערכים השנתיים, שהובאו בטבלה מס' 3, מכילה טבלה מס' 7 ממוצעים רבי-שנתיים (1951/52-1975/76) לכל חודש מחודשי עונת הגשמים. אלה הם ממוצעים של מיספר הימים, שקיבלו כמויות גשם גדולות מ-0.1, מ-1, מ-10 ומ-25 מ"מ (או שוות לכמויות אלה) בשמונה תחנות ברחבי

טבלה מס' 7

מיספר הימים בכל חודש, שבהם ירדה כמות גשם גדולה מנבולות מסוימים (או שווה להם) ממוצעים לתקופה 1951/52-1975/76

מס סדר	החודש								
	א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	
	> 0.1 מ"מ	> 1.0 מ"מ	> 10.0 מ"מ	> 25.0 מ"מ	> 0.1 מ"מ	> 1.0 מ"מ	> 10.0 מ"מ	> 25.0 מ"מ	
	ט	י	יא	יב	יג	יד	טו	טז	
	משמרהנגב				דורות				
1.	0.00	0.1	1.0	1.8	0.04	0.3	1.6	2.2	ספט-אוק
2.	0.12	1.0	4.1	4.9	0.48	1.8	4.5	5.6	נובמבר
3.	0.48	1.7	5.8	7.9	0.88	2.6	6.6	8.5	דצמבר
4.	0.52	2.1	6.4	8.4	0.64	3.0	7.7	9.7	ינואר
5.	0.28	1.5	5.7	7.2	0.48	2.3	6.0	7.9	פברואר
6.	0.12	1.1	5.0	6.8	0.24	1.4	5.0	7.1	מרץ
7.	0.08	0.5	2.0	2.9	0.12	0.5	2.1	3.5	אפריל
8.	0.00	0.1	0.4	1.2	0.00	0.04	0.5	1.1	מאי-יוני
	נירצחק				בארשבע				
1.	0.00	0.2	0.8	1.4	0.04	0.1	0.8	1.4	ספט-אוק
2.	0.12	1.0	3.6	4.7	0.20	0.6	3.5	4.8	נובמבר
3.	0.32	1.2	5.3	7.2	0.32	1.4	5.4	7.6	דצמבר
4.	0.32	1.6	5.6	7.3	0.24	1.6	5.2	8.1	ינואר
5.	0.12	1.1	4.9	6.2	0.12	1.1	5.4	7.4	פברואר
6.	0.04	0.7	3.7	5.4	0.08	0.8	4.2	6.2	מרץ
7.	0.00	0.5	1.8	2.4	0.04	0.3	1.8	2.9	אפריל
8.	0.00	0.04	0.3	0.7	0.00	0.0	0.4	0.9	מאי-יוני
	שדהבוקר				משאבישדה				
1.	0.00	0.1	0.6	0.7	0.00	0.04	0.5	1.1	ספט-אוק
2.	0.04	0.3	1.8	2.7	0.00	0.3	2.1	3.3	נובמבר
3.	0.04	0.7	3.6	5.2	0.12	0.6	3.9	5.5	דצמבר
4.	0.04	0.6	3.7	6.1	0.04	0.8	4.3	6.4	ינואר
5.	0.04	0.5	3.2	4.8	0.08	0.7	3.4	5.8	פברואר
6.	0.00	0.2	2.8	4.0	0.08	0.3	3.4	4.3	מרץ
7.	0.00	0.2	1.4	2.0	0.04	0.2	1.5	2.0	אפריל
8.	0.00	0.0	0.3	0.4	0.04	0.04	0.4	0.5	מאי-יוני
	אילת				מיצפהרמוני				
1.	0.00	0.04	0.1	0.2	0.00	0.1	0.6	1.1	ספט-אוק
2.	0.04	0.1	0.6	1.0	0.05	0.1	1.5	2.5	נובמבר
3.	0.00	0.1	1.1	2.3	0.00	0.2	3.2	4.2	דצמבר
4.	0.04	0.1	1.1	2.2	0.00	0.2	3.9	5.5	ינואר
5.	0.04	0.2	0.8	1.4	0.05	0.3	3.2	4.0	פברואר
6.	0.00	0.1	0.8	1.2	0.00	0.1	2.3	3.3	מרץ
7.	0.04	0.2	0.4	0.9	0.05	0.1	1.2	1.9	אפריל
8.	0.00	0.04	0.2	0.4	0.05	0.05	0.2	0.5	מאי-יוני

* הסדרים נתוני 3 שנות הגשם - 1951/52, 1955/56, 1956/57.

יורדו 10 מ"מ או יותר ר-25 מ"מ או יותר בתחנות שונות בנגב. אם נניח, ש-50 מ"מ הם גבול תחתון של עוצמה יומית גבוהה בארץ-ישראל, נגיע למסקנה מאלפת, שגם השכיחות של עוצמות גשם יומיות גבוהות קטנה בנגב יותר מאשר באזורים השונים המצויים במחצית הצפונית של א"י: מס' הימים בשנה, שבהם יורדו 50 מ"מ או יותר ב-37 השנים של תקופת המדידות 1939/40-1975/76 מגיע בממוצע ל-1.7 ימים בהר כנען שבגליל העליון, ל-1.2 ימים בתל-אביב (רידינג) שבאזור החוף המרכזי ול-0.5 יום בחפצריבה גלבוש שבמק-חרוד. בבאר-שבע (דרום) נרשמו ב-37 השנים הללו רק 2 ימים שבהם יורדו יותר מ-50 מ"מ גשם ובאילת - רק יום אחד. הנה-כירכן - ממוצע מיספר הימים, שבהם יורדו 50 מ"מ או יותר, מגיע בבאר-שבע רק ל-0.05 יום ובאילת רק ל-0.03, הרבה פחות מאשר באזורי הצפון. את השוני בין ערכי השכיחות האלה של עוצמות גבוהות אפשר לבטא גם על-ידי המושג "תקופת החזרה" (הממוצעת). מושג זה שווה לערך ההפוך של השכיחות (מיספר הימים בשנה), ומראה אחת לכמה שנים בממוצע תגיע העוצמה לערך מסויים או תעלה עליו. לפיכך יוצא, שתקופת החזרה הממוצעת של יממה עם 50 מ"מ או יותר היא 0.59 שנה בהר כנען, 0.83 שנה בחוף תל-אביב, 2 שנים בחפצריבה גלבוש, 20 שנה בבאר-שבע ו-33 שנה באילת.

טבלה מס' 8

ממוצעים רבי-שנתיים (1951/52-1975/76) של כמות הגשם, של מיספר ימי הגשם ושל עוצמת הגשם היומית בנגב

מס' סדר	התחנה	רוחב נ"ח		כמות הגשם השנתית (במ"מ)	המיספר השנתי של ימי הגשם (0.1 מ"מ)	עוצמת הגשם היומית (מ"מ/יממה)
		3	1			
1.	דורות	30	31	353	45.5	7.8
2.	מישמר-הנגב	22	31	257	41.2	6.2
3.	באר-שבע	15	31	200	39.3	5.1
4.	ניר-יצחק	14	31	191	35.3	5.4
5.	משאכר-שדה	00	31	113	28.9	3.9
6.	שדה-בוקר	52	30	94	26.0	3.6
7.	מיצפה-רמון	37	30	75	23.1	3.2
8.	אילת	33	29	34	9.6	3.5

* חסרים נתוני שלוש שנות הגשם 1951/52, 1955/56, 1956/57.

מסקנות דומות קיימות לגבי כמויות הגשם המאקסימאליות ליממה. כמות יומית, שעלתה על 200 מ"מ נרשמה כבר במיקרה אחד (9.12.1921) בחיפה (הדר-הכרמל והר הכרמל) ובשני מיקרים (6.11.1938 ו-8.11.1955) במישור-החוף המרכזי. בתל-אביב אפשר לצפות אחת ל-4 שנים בממוצע לאירוע של 100 מ"מ או יותר ליממה; בירושלים - רק אחת ל-12 שנים בממוצע,

עוצמות הגשם

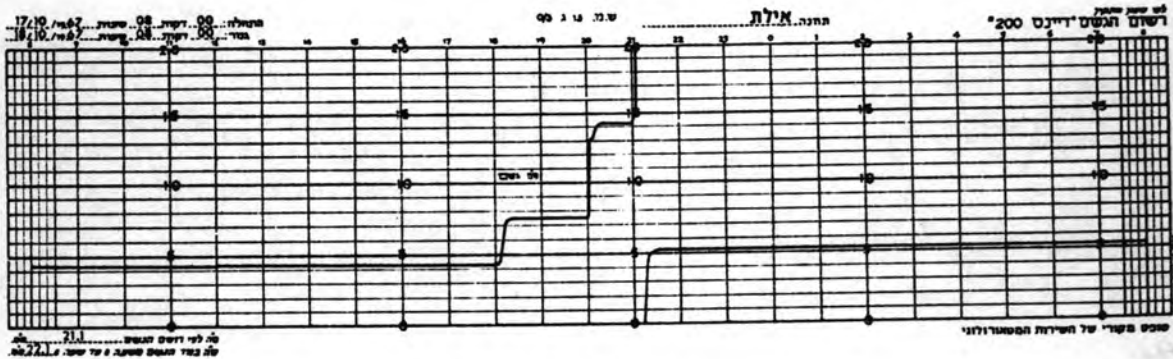
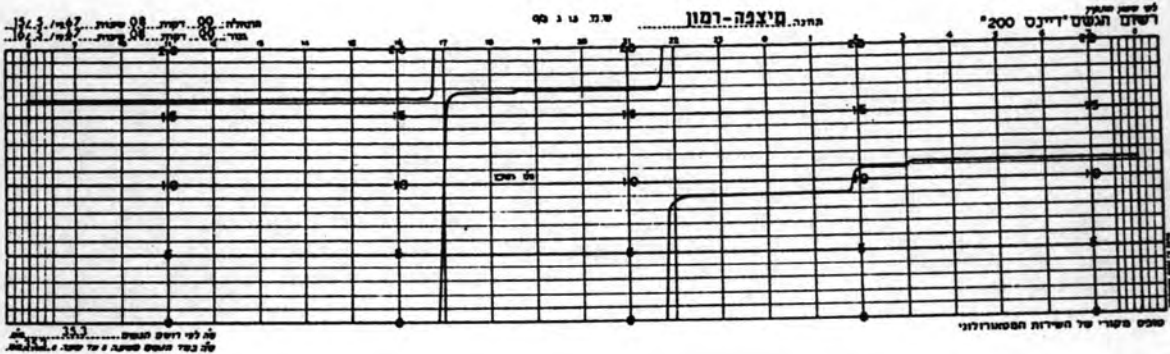
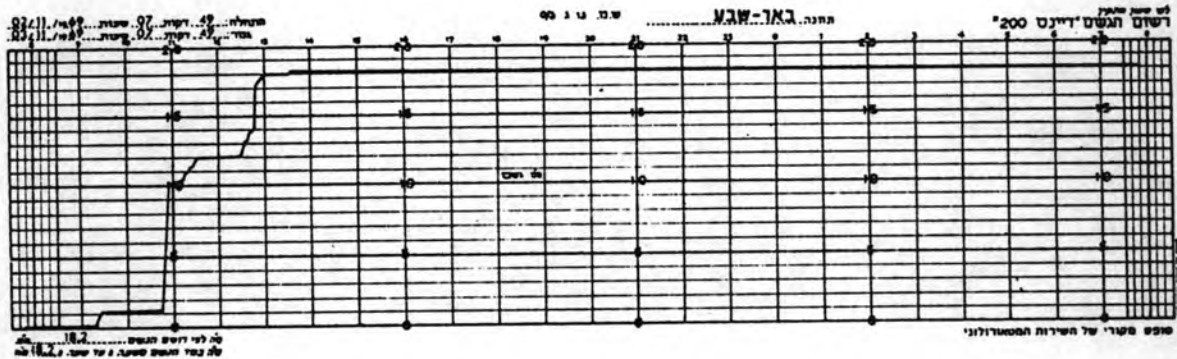
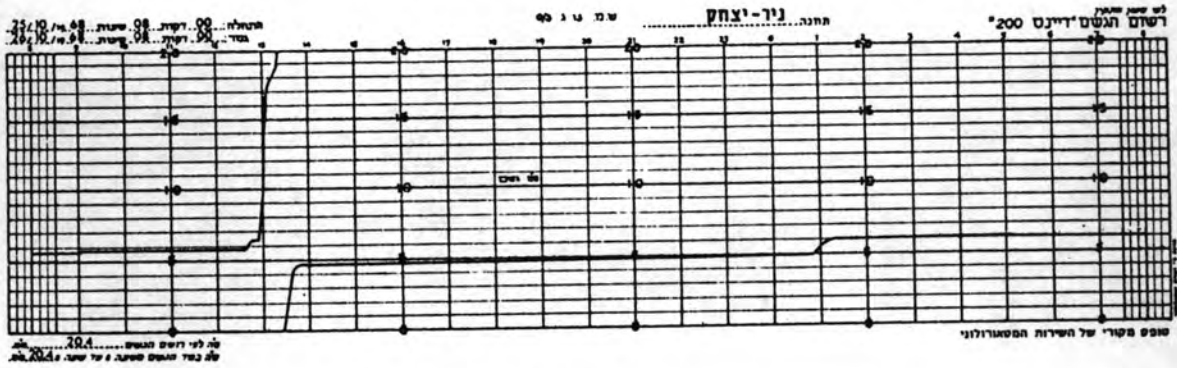
בשם "עוצמת גשם" קוראים לכמות הגשם היורדת ביחידת זמן. ההגדרה מכוונת ליחידת זמן כגון יממה, שעה או דקה. הממוצע השנתי של העוצמה היומית מתקבל על-ידי חילוק כמות הגשם השנתית במיספר השנתי של ימי הגשם. ממוצע זה אינו משתנה כמעט לכל אורך איזור החוף ואיזור ההרים של ארץ-ישראל, פרט לנגב. באזורים הללו הוא קטן מ-10 מ"מ ליממה. אולם באזורים האחרים של הארץ משתנה עוצמת הגשם היומית הממוצעת: בעמק-ירעאל, בעמק-חרוד ובעמק בית-שאן פוחתת עוצמת הגשם ממערב למזרח מ-9.7 מ"מ ביממה בשדה יעקב עד 5.6 מ"מ בבית-שאן, ובבקעת-הירדן היא פוחתת מצפון לדרום מ-8.1 מ"מ ביממה בדפנה עד 3.0 בסדום. גם בנגב פוחת הממוצע השנתי של העוצמה היומית מצפון לדרום. הסיבות לכך הן דומות: בסעיף "כמות הגשם השנתית הממוצעת" כבר צוינו הסיבות לכך שכמות הגשם השנתית הממוצעת פוחתת בנגב מצפון לדרום. המיספר הממוצע של ימי גשם בשנה באיזור זה פוחת אף הוא מצפון לדרום (ראה - הסעיף "ממוצעי מיספר ימי הגשם בשנה"), אך במידה קטנה יותר מכמויות הגשם, כי הגשם מתפשט, בדרך-כלל, על-פני שטח נרחב, כך שלעצם האירוע של ירידת גשם יש אופי פחות מקומי מאשר לכמות הגשם. כתוצאה מכך צריכה להיחלש גם עוצמת הגשם הממוצעת ליממה, בדרך-כלל, כאמור לעיל, מצפון לדרום, ובמידה עוד יותר קטנה (ראה - טבלה מס' 8): כמות הגשם בדורות גדולה פי 10.4 מאשר כמות הגשם באילת, ומיספר ימי הגשם גדול פי 4.7, ולכן פוחת הממוצע השנתי של העוצמה היומית פי 2.2 בלבד - מ-7.8 מ"מ ביממה בדורות (כמו בטבריה) עד 3.5 - באילת (כמו בצפון ים-המלח). עוצמת הגשם היומית הממוצעת קטנה, איפוא, בנגב - ביחוד בחלקי הדרומיים - יותר מאשר באזורי החוף ובאזורי ההרים שבמחצית הצפונית של ארץ-ישראל.

כל הערכים הללו הם ממוצעים שנתיים של עוצמה יומית. בחישובים לכל חודש לחד מתקבלים ערכים שונים של עוצמה יומית ממוצעת. כפונקציה של כמות הגשם ושל מיספר ימי רדתו עוצמת הגשם היא בחינה רבת משמעות מנוקדת הראות של הקלימטולוגיה הטהורה, שכן היא משקפת את השוני בקצב ההשתנות של שני גורמים אלה מחדש לחדש במרוצת העונה ומאיזור לאיזור ברחבי הארץ. לעומת זאת - אין לעוצמה היומית הממוצעת חשיבות מעשית מבחינה הידרולוגית (שטפונות), והיא לקויה גם מבחינה עיונית: בסעיף - "ממוצעי מיספר ימי הגשם בשנה" כבר צויין, שכמויות הגשם היומיות השכיחות ביותר הן הכמויות הקטנות ביותר ולא הכמויות הקרובות לממוצע היומי. כאשר גדלה הכמות היומית פוחתת שכיחותה, ובהגיעה לערכה הממוצע (ראה - טבלה מס' 8), הריהי כבר נדירה יחסית. במיקרים כאלה הממוצע אינו יציב.

עוצמות גבוהות ליממה - על אף נדירותן - מעניינות מבחינה הידרולוגית יותר מהעוצמות הממוצעות. טבלות מס' 3 ומס' 7 מכילות את ממוצעי מיספר הימים, שבהם

גשמי הנגב

ציור מס' 6: רישומים אוטומטיים של גשמים חזקים וקצרים בנגב



לעיתים רחוקות עשויה העוצמה להגיע ל-2 מ"מ בדקה (באר-שבע, 9.11.1966). טבלה מס' 9 וקבוצת הציורים מס' 6 מכילות דוגמאות לכך. ציור מס' 7 מראה תנאים מטאורולוגיים מתאימים לירידת גשמים חזקים בשפלת צפון הנגב: ב-9.11.1966 נמצאה חזית קרה בדרום-מזרח הים-התיכון, ואפיק-רום עמוק חדר דרומה מעל איזור זה. בבאר-שבע נרשמו באותו יום 34 מ"מ, מלווים בסופות רעמים, בברד וברוחות חזקות. הגשם ירד במשך 17 דקות בלבד. יש לזכור כי הכמות הממוצעת לכל חודש נובמבר בבאר-שבע היא 27 מ"מ. ציור מס' 8 מראה את התנאים לירידת גשמים חזקים בערבה: ב-17.10.1967 התפשט אפיק ים-סוף צפונה, ונוצר שקע קטן סגור בקצהו הצפוני, כשהתפשט אפיק-רום דרומה, מעל אפיק הפנים. במצב זה

ובעמק-הירדן נרשם עד כה רק מיקרה אחד כזה (6.4.1961 בשער הגולן, בבית-זרע ובאפיקים; בטבריה, שבה אירעו שטפונות קשים, עדיין לא נרשמו 100 מ"מ מאז התחלת תצפיות הגשמים בשנת 1890). בנגב נדירה מאוד כמות יומית, הגדולה מ-100 מ"מ ועד כה נרשמו שם רק שני מיקרים יוצאי דופן כאלה: בתמד, שמעבר לגבול המצרי הישן (בדרך אילת-סואץ), אירע ביום 18.11.1925 מתך ענן, שהנחית 142 מ"מ בשעות אחדות, וגרם לשטפונות עזים ולנזקים כבדים בנפש וברכוש. באורים (אלעימארה), שבצפון-מערב הנגב, ירדו ביום 18.11.1937 105 מ"מ וביום המחרת - 108 מ"מ. המיקרה הנזכר לאחרונה, שבו ירדו כמויות גשם גדולות מ-100 מ"מ בכל אחד משני ימים רצופים, נדיר מאוד גם במחצית הצפונית של א"י. הדבר נרשם שם רק פעמיים: בימים 6-7 בנובמבר בשנת 1938 בגבעת-השלושה שבפתח-התקוה ובימים 28-29 בדצמבר בשנת 1954 בכמה תחנות באיזור תל-אביב.

כמות הגשם המאקסימאלית ל-2 ימי גשם רצופים פוחתת באזורים השונים של הארץ לפי הסדר הנוכח לגבי השיאים ליממה. לפי נתוני תחנות ותיקות מסתבר, שהכמות המאקסימאלית שנרשמה ביומיים רצופים עלתה על 300 מ"מ (בדצמבר 1921) בחיפה (הדר-הכרמל); על 250 מ"מ (בנובמבר 1938, ובדצמבר 1954) בתחנות שונות באיזור תל-אביב; על 150 מ"מ (בנובמבר 1938) בירושלים; על 100 מ"מ (בדצמבר 1934) בטבריה. כמות השיא ליומיים היתה פחותה מ-100 מ"מ (בינואר 1965) בבאר-שבע. ריכוזן של כמויות גשם עצומות בפרקי גשם (ימי גשם רצופים) מסויימים גורם לשטפונות העזים, הפוקדים לפעמים את אזורי החוף ואת אזורי ההרים של ישראל - בעיקר את מישור-החוף המרכזי. הכמויות המאקסימאליות לפרקי-הגשם בנגב נמוכות במידה בולטת מאלה שבאזורים צפוניים יותר, כפי שהודגם, למשל, לגבי שני ימי גשם רצופים. פרקי-הגשם בנגב קצרים גם בהשוואה לאזורים צפוניים יותר, בדומה לשוני במיספר הכללי של ימי הגשם - כולל ימי הגשם שאינם רצופים.

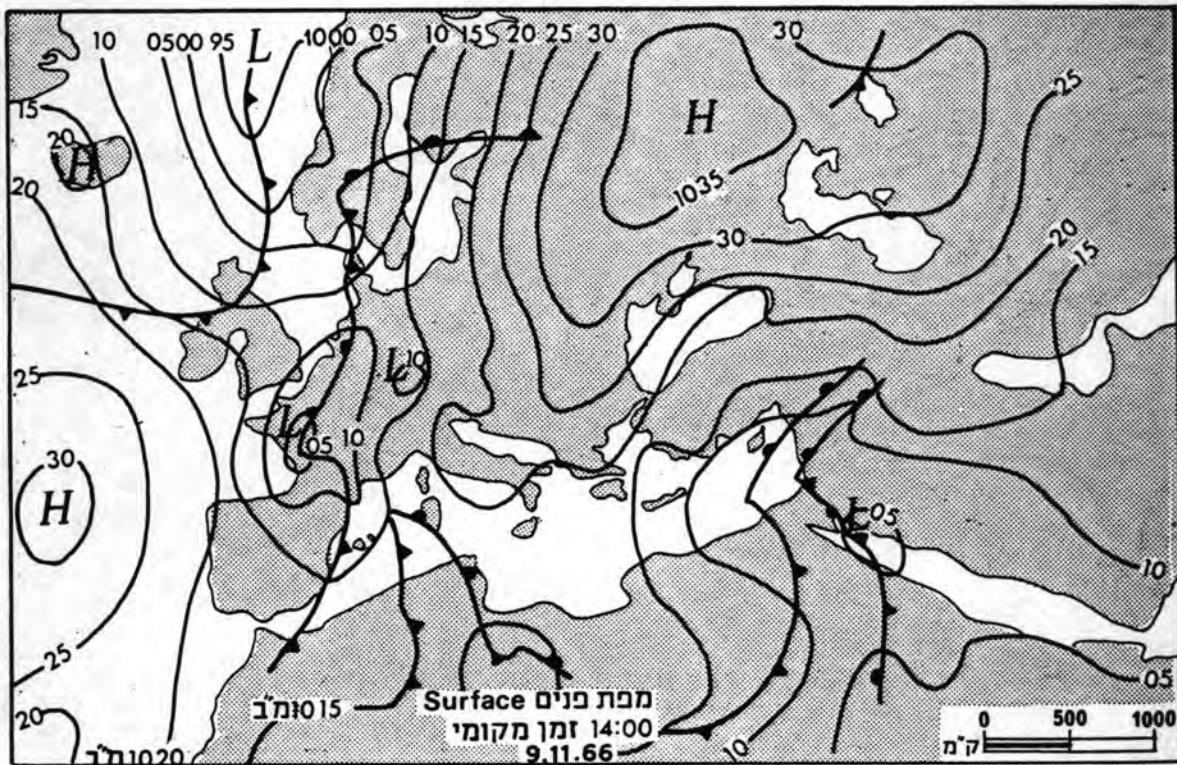
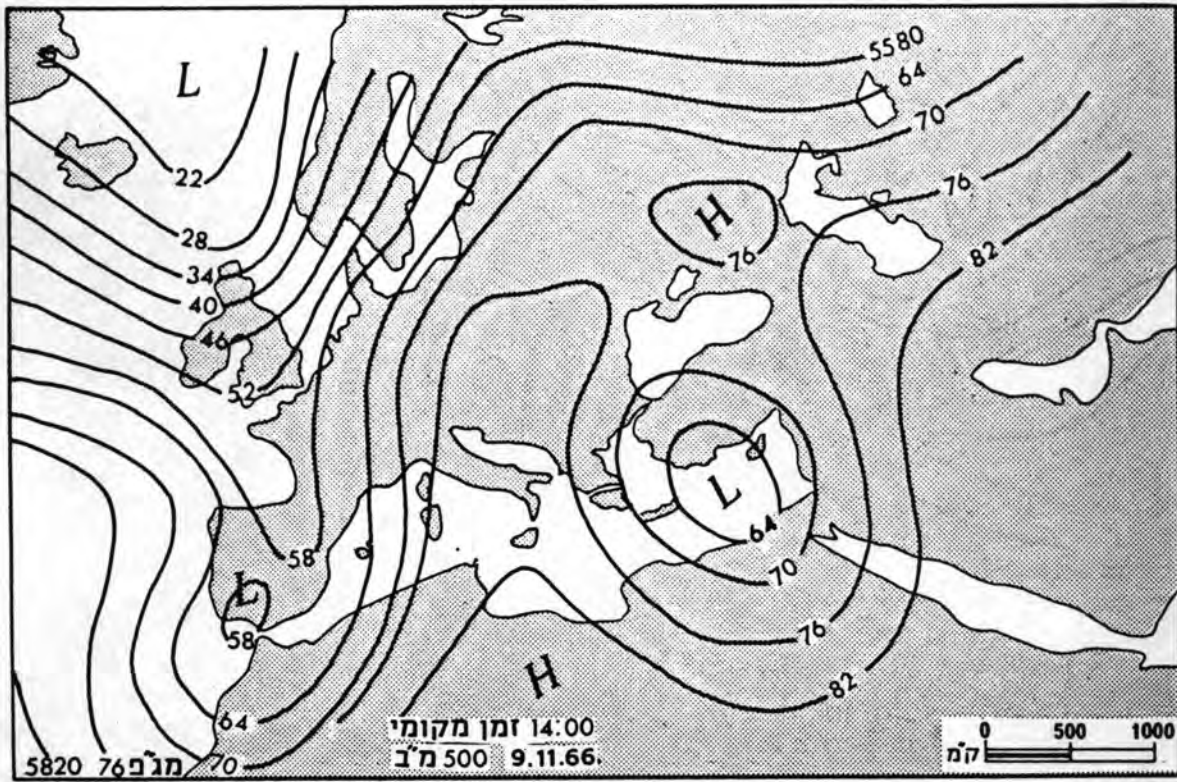
עד כה יכולנו לנתח את נתוני המדידות המרובות שנערכו, ולהסיק מסקנות, כשאנו מסתפקים במדה-הגשם הפשוט. נוסף על הידיעות על הכמות היומית של הגשם ועל מיספר ימי הגשם מאפשר רושם הגשם האוטומאטי לחשב את משכי הגשמים ואת עוצמותיהם בפרקי-זמן קצרים. משך (מיספר שעות) הגשמים בנגב קצר בהשוואה למשך הגשמים בחלקיה הצפוניים של ארץ-ישראל, כשם שכמויות הגשם ומיספר ימי הגשם פחותים בו. כשמחלקים כמות גשם במיספר הדקות, שבהן היא ירדה, מקבלים עוצמת גשם ממוצעת לדקה. במיקרים קיצוניים כבר נרשמו באיזור החוף של ארץ-ישראל ובסוף המערבי של בקעת-הירדן עוצמות של 2 מ"מ לדקה כמאקסימום ממוצע ל-10 עד 25 דקות ואף 3 מ"מ בדקה לזמן קצר מ-10 דקות. לעומת זאת התברר, כי העוצמות לפרקי זמן קצרים בנגב אינן גבוהות, כפי שסברו תחילה: למעשה, עשויה העוצמה המאקסימאלית להגיע ל-1 מ"מ בדקה בלבד, כממוצע של פרק זמן עד 15-20 דקות. רק

טבלה מס' 9

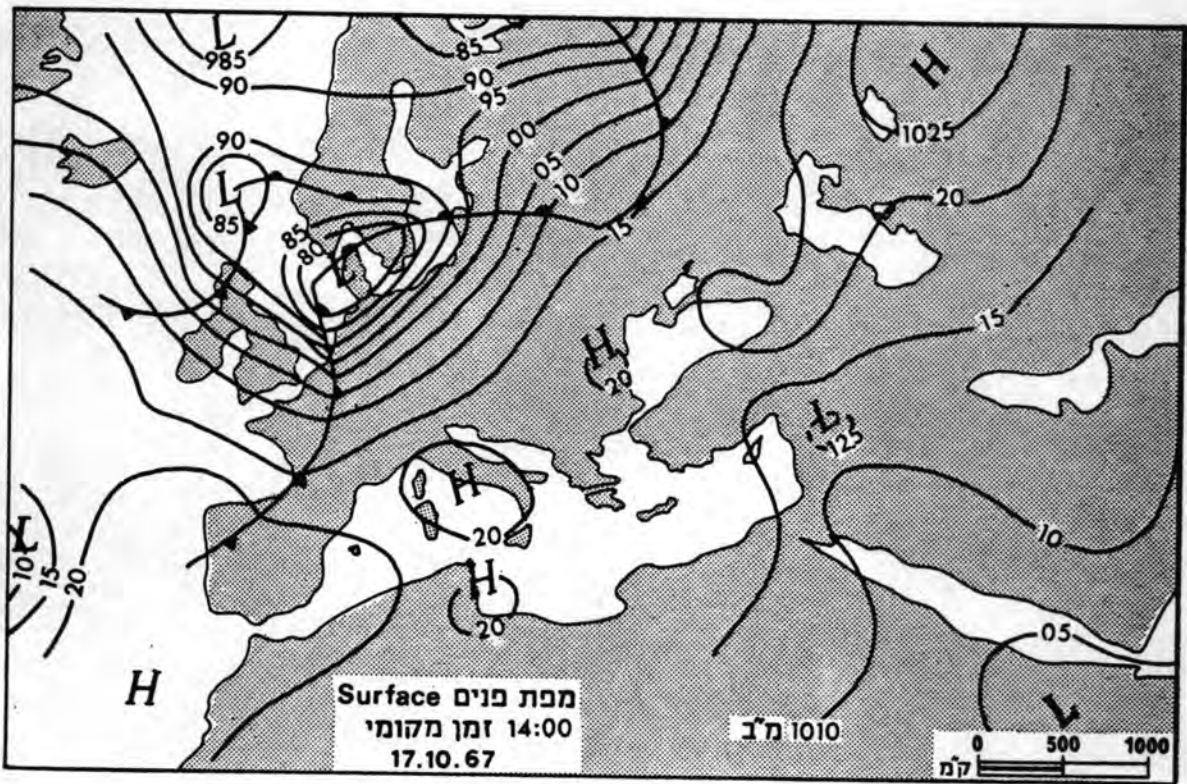
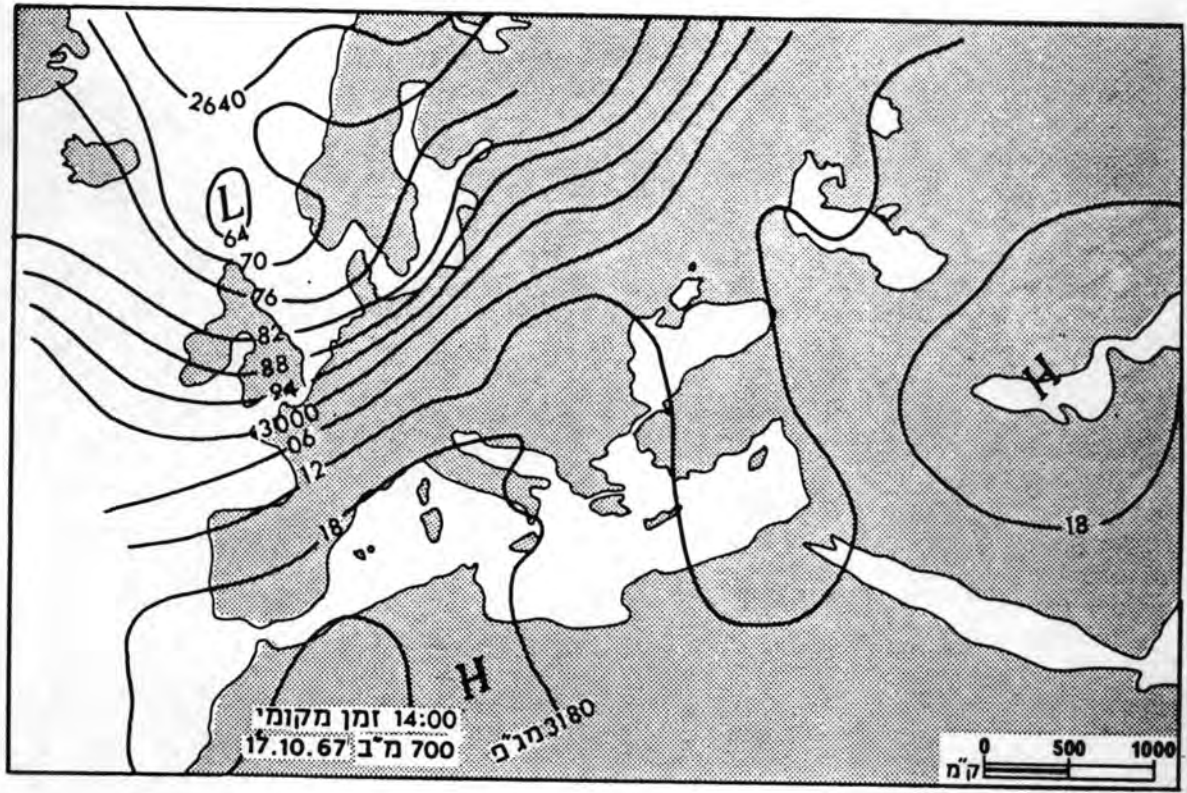
לקט דוגמאות של כמויות גשם מאקסימאליות בפרקי זמן קצרים בנגב

מס' סדר	התחנה	התאריך	שעות (זמן מקומי)		כמות הגשם (במ"מ)
			חמון (בדקות)	חמון (במ"מ)	
ה	ד	א	ב	ג	ה
1.	נדר יצחק (דרום מישור החוף של א"י)	30.10.1961	01 10 - 01 18	18	6.0
		24.4.1963	00 17 - 00 22	5	5.7
		2.4.1965	21 45 - 21 52	7	5.0
		7.12.1966	22 17 - 22 22	5	8.5
		30.12.1967	11 33 - 11 38	5	4.0
		25.10.1968	12 55 - 13 06	11	11.6
		11.2.1974	10 40 - 10 50	10	7.0
2.	באר-שבע (צפון שפלת הנגב)	17.11.1964	11 11 - 11 26	15	20.0
		17.11.1964	11 11 - 11 36	25	26.6
		5.10.1965	18 10 - 18 20	10	12.0
		24.10.1965	00 37 - 00 43	6	5.4
		26.2.1966	19 32 - 19 42	10	9.0
		12.10.1966	10 20 - 10 25	5	4.0
		9.11.1966	בין השעות	9	19.4
		9.11.1966	20 00 - 21 00	8	14.8
		9.11.1966		17	34.2
		26.3.1967	05 00 - 05 05	5	4.0
		2.11.1969	10 47 - 10 55	8	9.0
3.	מיצפה-רמון (הר הנגב הנבוה)	4.11.1958	15 57 - 16 02	5	7.0
		4.11.1958	15 57 - 16 20	23	15.3
		9.11.1966	18 29 - 18 35	6	4.0
		15.5.1967	16 45 - 17 05	20	20.0
		15.5.1967	16 52 - 17 00	8	11.7
		15.5.1967	17 00 - 17 05	5	4.3
		15.5.1967	21 45 - 21 58	13	12.0
		25.11.1968	13 55 - 14 00	5	4.5
		25.11.1968	19 33 - 19 38	5	10.0
		26.4.1970	16 54 - 17 00	6	5.0
		21.1.1971	15 02 - 15 12	10	7.0
4.	אילת (דרום הערבה)	17.10.1967	20 03 - 20 08	5	5.0
		17.10.1967	21 05 - 21 20	15	10.0
		24.11.1968	16 28 - 16 37	9	8.0
		24.11.1972	18 40 - 18 45	5	6.2
		20.2.1975	20 00 - 20 10	10	9.0

ציור מס' 7: תנאים מטאורולוגיים מתאימים לירידת גשמים חזקים בשפלת צפון הנגב ביום 9.11.1966



ציור מס' 8: תנאים מטאורולוגיים מתאימים לירידת גשמים חזקים בערבה ביום 17.10.1967



טבלה מס' 10

הסתברות (באחוזים) של ירידת כמויות נשם (במ"מ) שוות לערכים מסויימים (בנוף הטבלה) או גדולות מהם במשכי זמן מסויימים (שעות) בשתי תחנות בשפלת הנגב בהשוואה לתל-אביב (עירייה)

מס' סדר	התחנה	שעה 1/4				שעה 1/2				שעה 1				שעות 2				מיספר שנות רישום הנשם
		1%	5%	20%	50%	1%	5%	20%	50%	1%	5%	20%	50%	1%	5%	20%	50%	
	א	ב	ג	ד	ה	ו	ז	ח	ט	י	יא	יב	יג	יד	טו	טז	יז	יח
1.	תל-אביב (עירייה)	34	25	20	16	52	38	27	21	77	55	37	28	110	74	50	36	32
2.	באר-שבע	34	19	11	6	44	27	15	8	50	32	19	11	56	36	22	14	16
3.	משאבי-שדה	24	17	11	6	32	22	13	7	38	25	15	9	41	28	17	11	16

הערה: הנתונים שבטבלה מס' 10 הופקו מעקומי עובי הגשם-משך-הסתברות (ציוורים מס: 17, 29, 32) שבחיבור של צבי שיין ונתן בורס: ניתוח עוצמות גשם בישראל, פירסום מס' 92 של הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל, הפאקולטה להנדסה חקלאית, חיפה: מרץ 1970.

סיכום

מכל המפורט בסעיף "עוצמות הגשם" מסתבר, שהנגב אינו מצטיין כלל ועיקר בכמויות גשם גדולות בימי גשם רצופים או בפרקי זמן קצרים של גשם, ואין הוא מצטיין בעוצמות גשם גבוהות - לא ליממה ולא לפרקי זמן קצרים, לא בממוצע ואף לא במיקרים קיצוניים. מהן, איפוא, הסיבות לשטפוונות העזים, הפוקדים אותו, אותם שטפוונות, הגורמים לנזקים כבדים ברכוש ואף לאבידות בנפש? כיצד להסביר את זרימתם של מי שטפוונות אדירים (מיליונים של מטרים מעוקבים), המתנקזים מאזור צחיח זה, דרך אפיקיו הגדולים, לשלושה ימים שונים?

- לים-התיכון - בנחל עזה, שאליו מובילים נחל באר-שבע ונחל עסלוג' וכן בנחל חפיר (ניצנה), המתחבר לנחל עריש;
- לים-המלח - על-ידי נחל פוקרה (ציון) בדרך ישירה, ועל-ידי הגיראפי (פארן) והחיגיאני (חיון) ונחלים אחרים, דרך האפיק המשותף של ואדי ג'יב - הוא "נחל הערבה";
- למיפרץ-אילת - במידה מעטה - מהחלק הדרומי מזרחי של הרי הנגב ומדרום הערבה.

ואלה הן הסיבות לכך:

- תחומי ההתנקזות בנגב גדולים בהרבה מאלה שבמחציתה הצפונית של ארץ-ישראל;
- בנגב חסרה (או מעטה) צמחייה העשויה לגרום להאטת זרימתם של המים ולצימצום הסתחפות הקרקע;
- בהרי הנגב, המצויים בחלקים רבים ושונים של האיזור, מגבירים השיפועים הרבים והתלולים את עוצמת השטפוונות;
- באזורים שונים בנגב גורמות שכבות אטומות-יחסית להאטה בחדירת המים לקרקע, ועל-ידי כך גדל שיעור זרימתם העילית של המים. חדירות הקרקע מעטה בעיקר באזורי הלס בשפלת הנגב וכן - לפי הסדר - בגבעות קירטון חשופות או בעלות כיסוי דק של קרקע בחלקים של הר הנגב הגבוה והערבה, בחמדות המעורבות בלס ובחמדות של הר הנגב.

אירעו באילת סופות רעמים, ובאותו יום ירדו 22 מ"מ - כולל ברד - (נרשמו 5 מ"מ ב-5 דקות), ואילו הממוצע לכל חודש אוקטובר עד מיקרה זה היה באילת 0.5 מ"מ בלבד. גשמים חזקים בפרקי זמן קצרים מצטיינים במקומיות מובהקת. ב-10.11.1943, למשל, ירדו במחנה סדום 57 מ"מ בשעה אחת (בכלל זה: 50 מ"מ - כל הכמות השנתית הממוצעת - בחצי שעה), ואילו בתחנה שליד בית-החרושת של סדום ירדו 2 מ"מ בלבד.

העוצמה הממוצעת לכל משכה של סופת גשם פוחתת ככל שמשך הסופה גדל, כך שמהממוצעים ה"ל של עוצמות הגשם המאקסימאליות לזמן הנמשך עד כ-1/4 שעה אין להסיק על הערכים לפרקי זמן ארוכים יותר; חסר גם מידע על הסתברות אירועה של עוצמה כזאת (1 מ"מ בדקה) או על תקופת החזרה הממוצעת שלה (הערך ההפוך של ההסתברות). כאשר מטפלים בבעיות אלה, אפשר להשתמש בכמות הגשם ("עובי הגשם") במקום בעוצמת הגשם. מובן שכאשר גדל משך הזמן, גדלה גם כמות הגשם המאקסימאלית, העשויה לרדת בו, אך הפרופורציה אינה ישרה. עיבוד הסרטים של רושמי גשם אוטומטיים והשימוש בשיטות סטטיסטיות איפשרו לקבוע את הנתונים המופיעים בטבלה מס' 10. בטבלה זו הבאנו את כמויות הגשם המאקסימאליות לפרקי זמן קצרים אחדים ואת מידת הסתברותן בתחנות של שפלת הנגב בהשוואה לתל-אביב (עירייה). כך, למשל, אפשר להסיק מטבלה מס' 10, שהסתברות לירידת 27 מ"מ או יותר מכך במשך 1/2 שעה בבאר-שבע היא 5%, כלומר - אחת לעשרים שנה בממוצע צפויה כמות מאקסימאלית של 27 מ"מ או יותר ב-1/2 שעה (מיספר שעות הגשם שבטבלה מס' 10 עשוי להכיל הפסקה בירידת הגשם). גם הערכים שבטבלה מס' 10, המתאימים למשך זמן מסויים ולהסתברות מסויימת, פוחתים, בדרך-כלל, כשעוברים מתל-אביב לבאר-שבע ומשם - למשאבי-שדה. כמויות הגשם המאקסימאליות לפרקי זמן קצרים נמוכות, איפוא, בנגב מאלו שבמרכז הארץ (ובצפונה). בציבור רווחות לא מעט גחמות בדבר אירועים, כביכול, של מתכי ענן בנגב.

הערות

5. גנור, אליעזר. "תנודות גבול הארדיות בארץ ישראל". לערך, כרך 13, מס' 4, 1963, ע"ע 136-142.
 6. דלונסקי, יוסף. תיאור יחסי עובי-משך-תקופת חזרה של גשמים באמצעות מונקציה לאימדיית חד-פרמטרית, HG/70/092. תל-אביב: תה"ל, היחידה לניצול מי-גיאות, 1970.
 7. השירות המטאורולוגי הישראלי. "ממוצעים אקלימיים תקינים של כמות גשם 1931-1960". סידרה א' (רשימות מטאורולוגיות), מס' 21, בית-דגן: השירות המטאורולוגי, 1967.
 8. כצלסון, יעקב. "השתנות הגשמים בארץ ישראל והשיטות הסטטיסטיות למדידתה". סידרה ה' (כתבים מטאורולוגיים), מס' 4, ירושלים: השירות המטאורולוגי הישראלי, 1956.
 9. כצלסון, יעקב. "אקלים הנגב". טבע וארץ, כרך א', חוב' 1-ה, 1959, ע"ע 301-318.
 10. כצלסון, יעקב. הגשמים בנגב, התחלקותם ועוצמתם. דרש/59/1271, תל-אביב: משרד-החקלאות, המרכז המשותף להדרכה חקלאית, היחידה להכשרה ולהשתלמות, 1959, ע"ע 1-7.
 11. כצלסון, יעקב. "אקלים ארץ-ישראל לאזוריה". האנציקלופדיה לחקלאות, כרך א', 1966, ע"ע 27-31, 32-37, 41-53, 54.
 12. כצלסון, יעקב. "גשמי ארץ-ישראל כגורם-יסוד במשק המים של הארץ". סידרה א' (רשימות מטאורולוגיות), מס' 24, תל-אביב: השירות המטאורולוגי הישראלי (בשיתוף עם החוג לניאוגראפיה של אוניברסיטת תל-אביב - הוצאת מפעל-השיכפול), 1968/9.
 13. מנה, אורי. "אקלים הנגב לאור המדידות החדשות". ספר העשור של השירות המטאורולוגי למדינת ישראל, 1958, ע"ע 25-36.
 14. מנה, אורי ורוחן, נפתלי. "גשם". אטלס ישראל, גיליון 2/IV, 1957.
 15. משאלי, יעקב. "אקלים ערד". סידרה ה' (כתבים מטאורולוגיים), מס' 25, בית-דגן: השירות המטאורולוגי הישראלי, 1974, ע"ע 7-8, 37 עמודי ציורים.
 16. רוחן, נפתלי. "אזורי אקלים ותנודות קו שווי הגשם השנתי". אטלס ישראל, גיליון 6/IV, 1963.
 17. רוזקינ-שרלין, נורית. קלימטולוגיה סינפטית של גשמי הנגב. ירושלים: המחלקה לניאוגראפיה של אוניברסיטת העברית (כתב מכוון), 1964.
 18. שייך, צבי ובורס, נתן. ניתוח עוצמות גשם בישראל. פירסום מס' 92, חיפה: הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל, הפאקולטה להנדסה חקלאית, 1970, ע"ע 89-103.
 19. Aelion, Eliahu. A Report on Weather Types Causing Marked Storms in Israel During the Cold Season. Series C, No. 10, Tel-Aviv: Isr. Met. Service, 1958.
 20. Ashbel, Dov. "Great Floods in Sinai Peninsula, Palestine, Syria and the Syrian Desert, and the Influence of the Red Sea on Their Formation". QJRMS, Vol. LXIV, No. 277, 1938, pp. 635-639.
 21. Ashbel, Dov. Bio-Climatic Atlas of Israel and the Near East. 21 Jerusalem: Meteorological Department of the Hebrew University, 1950, pp. 7-11, 42-46 (Bilingual - Same as ref. No. 2 in Hebrew).
 22. Dalinsky, Josef. "The Use of Non-Dimensional One-Parameter Functions for the Determination of Regional Rainfall Depth-Duration-Frequency Relations." Bull. IASH, Vol. XVI, No. 2, 1971, pp. 67-77.
 23. Elbhashan, Daniel. "Annual Rainfall in Southern Israel 1930/31 - 1959/60". Agrometeorological Bulletin, Vol. 4/7, 1963, pp. 1-4. (Bilingual - Same as ref. No. 1 in Hebrew).
1. בכל זאת נרשמו מיקרים נדירים של גשמים בנגב, בעיקר בשפלת הנגב, בחודש ספטמבר או בחודש יוני, והיו אף מיקרים יוצאי דופן של גשמים חזקים, כגון 31.5 מ"מ שירדו ב-3/4 שעה, מלווים בסופת רעמים, ביום 11.6.1957 במשאבירשדה. למחרת ירדו 26.5 מ"מ, כולל ברד, בעין-יהב.
 2. מכאן יובן, שאין סתירה בין האמור בסעיף "מישטר הגשמים" - שברוב המיקרים מסתיימת עונת הגשמים בנגב במחצית השנייה של חודש אפריל - ובין האמור בהמשך הדברים באותו סעיף - שמישקלם היחסי של גשמי חודש מאי בכמות השנתית אינו מבוטל בתחנות הנגב. במשאבירשדה, למשל, לא ירדו כלל גשמים ב-22 מתוך 30 חודשי מאי, אך מבין שמונה חודשי מאי, שבהם ירדו גשמים, ירדו בשניים כמות גדולות, והן שהעלו את הממוצע של כל חודשי מאי לערך גדול יחסית: 3.5 מ"מ או 3% מהכמות השנתית במשאבירשדה לעומת 2.6 מ"מ או 0.5% בתל-אביב (ראה - טבלה מס' 4). הממוצע של חודש מאי במשאבירשדה (3.5 מ"מ) גבוה מהרביעון העליון של חודש זה (2.4 מ"מ. ראה - טבלה מס' 6), כלומר - כמות גשם אפסית או קטנה מהממוצע יורדת שם ביותר מ-75% של חודשי מאי, וכמות שווה לממוצע של חודש מאי או כמות גדולה מן הממוצע הזה יורדת במשאבירשדה פחות מאשר אחת לארבע שנים.
 3. התקופה האחידה של 37 שנות הגשם הללו נבחרה כדי להשוות בין האזורים השונים. לפני-כן נרשמו בבאר-שבע 50 מ"מ ביום 21.1.1934 ר 64 מ"מ - היא ליממה מקובלת (24 שעות מן השעה 8) - נרשמו ביום 5.12.1934. ביום 10 בינואר שנת 1965, ירדו בבאר-שבע (מכון הנגב) 46 מ"מ ולמחרת - 45 מ"מ; ב-48 שעות ירדו, איפוא, 91 מ"מ, חוץ היא חדש לפרק זמן זה מאז הוחל במדידות בעונת 1921/22. הכמות, שירדה שם ביממה בלתי מקובלת (24 שעות שלאחר שעה 20.00 ביום 10.1.1965) - 70 מ"מ - היא שיא חדש לפרק זמן זה בבאר-שבע מעונת 1939/40 ואילך. בבאר-שבע (דרום) נרשמו ביממות המקובלות 55 מ"מ ביום 11.1.1965 53 מ"מ - ב-6.2.1972. היממה המקובלת היחידה באילת, שבה נרשמו למעלה מ-50 מ"מ היתה ב-20.2.1975, אז ירדו שם 64 מ"מ - שיא יממתי, השווה לכפליים הכמות הממוצעת לכל העונה (!). הדבר נרשם בתחנה זו, המודדת מעונת 1940/41. בתקופת המדידות היתה באילת עוד יממה אחת - בלתי מקובלת - שבה ירדו יותר מ-50 מ"מ: משעה 20.00 ביום 31.3.1953 ועד אותה שעה ב-1.4.1953 ירדו שם 50.5 מ"מ.
- ביבליוגראפיה**
1. אלבשן, דניאל. "הכמות השנתית של הגשמים בדרום ישראל 1930/31-1959/60". דר"ח אנדר-מטאורולוגי, כרך 4/7, 1963, ע"ע 4-1.
 2. אשבל, דב. אטלס ביראקלימי לארץ-ישראל ולארצות המזרח-הקדוה. ירושלים: המחלקה המטאורולוגית של אוניברסיטת העברית, 1950, ע"ע 42-46, 11-7.
 3. אשבל, דב. אקלים ארץ ישראל לאזוריה. ירושלים: המחלקה המטאורולוגית של אוניברסיטת העברית, 1951, ע"ע 104-110, 123-125, 149-152, 160-161.
 4. אשבל, דב. "שקע ביס-האדום גורם לשברי ענן ולשטפונות כבדים". מטאורולוגיה בישראל, כרך 12, מס' 1, 1976, ע"ע 6-8 (ראה שם גם ע"ע 9-10).

- Shanan Leslie, Evenari Michael & Tadmor Naftali. "Rainfall Patterns in the Central Negev Desert". *IEJ*, Vol. 17, No. 3, 1967, pp. 163-184. .31
- Sharon, David. "Variability of Rainfall in Israel". *IEJ*, Vol. 15, No. 3, 1965, pp. 169-176. .32
- Sharon, David. "Areal Patterns of Rainfall in a Small Watershed as Affected by Wind and Meteorological Conditions". *IASH*, pub. 96, 1970, pp. 3-11. .33
- Sharon, David. "The Spottiness of Rainfall in a Desert Area". *Jor. Hydrol.*, Vol. 17, 1972, pp. 161-175. .34
- Stibbe, Ehud. Hydrological Balance of Limans in the Negev, part III: The Regional Pattern of Annual Extreme Precipitation Events and the Characterization of Rainstorms Causing Runoff in Small Watersheds on the Negev Plateau. Bet-Dagan: Agricultural Research Organization. The Volcani Center. Institute of Soils and Water. Division of Soil Physics, 1976, pp. 1-20. .35
- Israel Meteorological Service. "Climatological Standard Normals of Rainfall 1931-1960." *Series A (Meteorological Notes)*, No. 21, Bet-Dagan: IMS, 1967. (Bilingual — Same as ref. No. 7 in Hebrew). .24
- Katsnelson, Jacob. "The Variability of Annual Precipitation in Palestine". *Arch. Met. Geoph. Blokl*, B 13, 1964, pp. 163-172. .25
- Nir, Dov. "Les Processus Erosifs dans le Nahal Zine (Néguev Septentrional) Pendant les Saisons Pluvieuses (1960/61—1961/62)". *Annales de Géographie*, LXXIII, 1964, pp. 8-20. .26
- Rosenan, Naftali. "Rainfall". *Atlas of Israel*, Sheet IV/2, 1970. .27
- Rosenan, Naftali. "Climatic Regions". *Atlas of Israel*, Sheet IV/3, 1970. .28
- Schein, Zvi & Buras, Nathan. "Rainfall Intensities in Israel". *Isr. J. Earth-Sci.*, Vol. 22, 1973, pp. 15-29. .29
- Schick, Asher. "A Desert Flood (Physical Characteristics, Effects on Man, Geomorphic Significance, Human Adaptation)". *Jerusalem Studies in Geography*, Vol. 2, 1971, pp. 91-156. .30