

שינויי אקלים בישראל – מה צפוי לנו? מגמות, תחזיות ותרחישי ייחוס לאירועי מזג אוויר קיצוניים

אבנר פורשפן

מנהל אגף אקלים

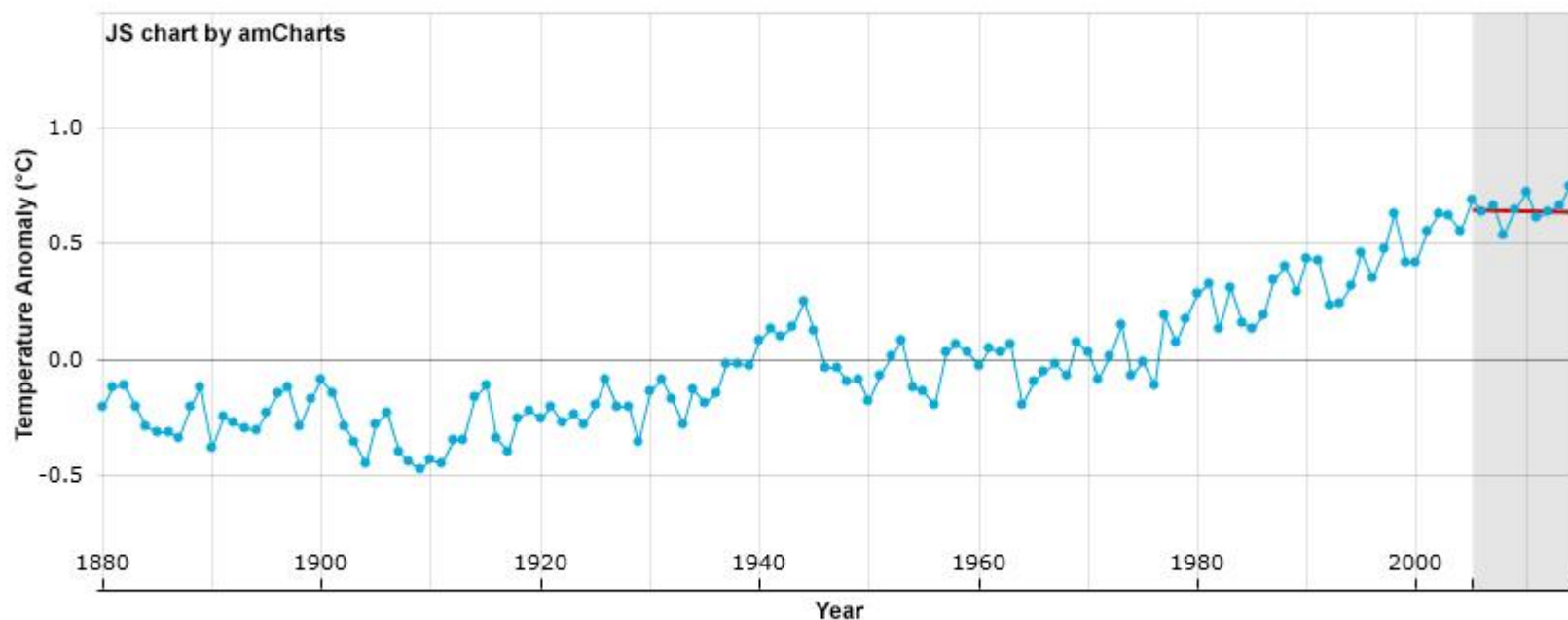
השירות המטאורולוגי

יצחק יוסף, ענת בהרד, לינס אוזן, יצחק כרמונה, נועם חלפון, איזבלה אוסטינסקי-צדקי
יואב לוי, ניר סתיו.

מה זה שינוי אקלימי?

שינוי אקלים - שינוי במצב האקלים שיכול להיות מזהה ע"י שינויים בממוצע ו/או בתנודות סביב הממוצע. על השינוי להתמיד זמן רב, **עשרות שנים** או יותר (IPCC).

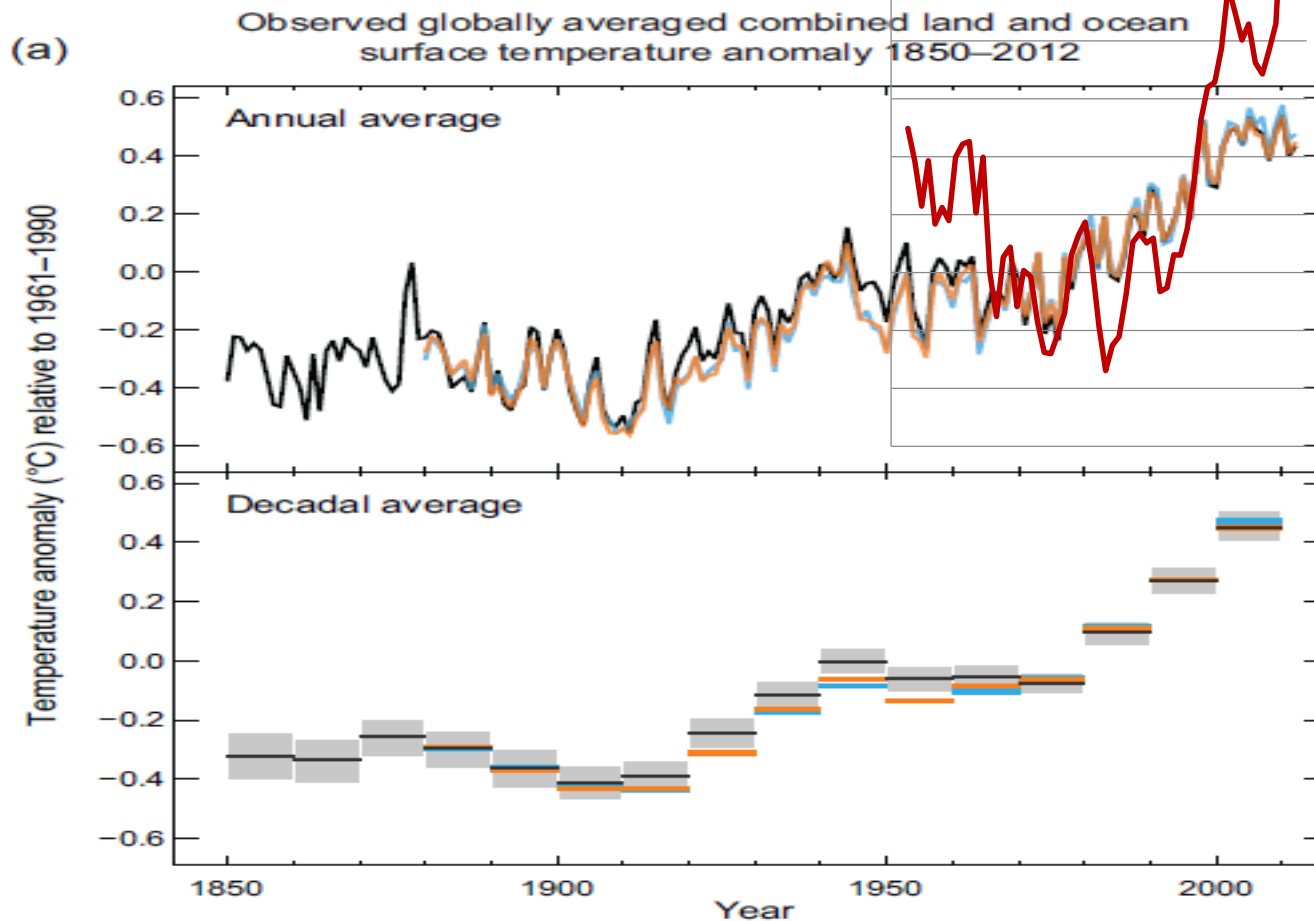
Ten-year Trend (2005-2014) in Mean Temperature Anomalies



התחממות גלובלית

גם ישראל מתחממת

ישראל ←



IPCC 2013 Figure SPM.1 | (a) Observed global mean combined land and ocean surface temperature anomalies, from 1850 to 2012 from three data sets. Top panel: annual mean values. Bottom panel: decadal mean values including the estimate of uncertainty for one dataset (black). Anomalies are relative to the mean of 1961–1990.

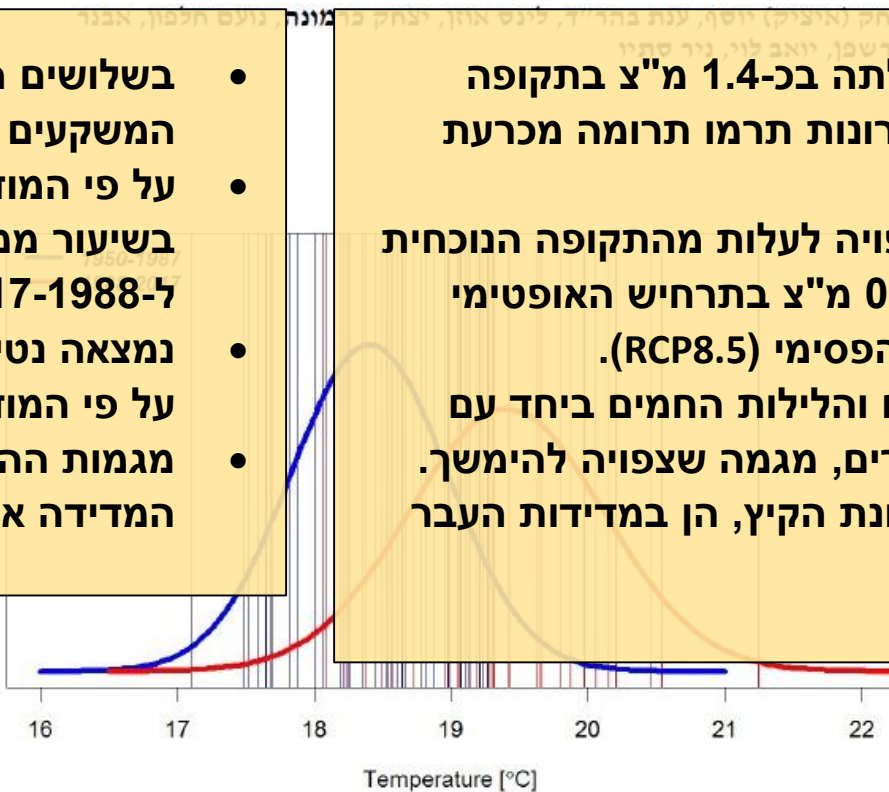
שינוי האקלים בישראל

מגמות עבר ומגמות חזויות במשטר הטמפרטורות והמשקעים

(דו"ח מחקר מס' 0804-2019-0000075, נובמבר 2019)

- בשלושים השנים האחרונות ישנה מגמת הפחתה בכמות המשקעים הכללית.
- על פי המודלים האקלימיים, כמות המשקעים צפויה לפחות בשיעור ממוצע של כ- 10%-20% בתקופה 2071 עד 2100 (ביחס ל-1988-2017).
- נמצאה נטייה להפחתה במספר ימי הגשם בעשורים האחרונים.
- על פי המודלים האקלימיים מגמה זו צפויה להימשך.
- מגמות ההפחתה בכמות המשקעים ובמספר ימי הגשם בסדרות המדידה אינן מובהקות סטטיסטית*.

- הטמפרטורה הממוצעת בישראל עלתה בכ-1.4 מ"צ בתקופה 1950-2017 (שלושים השנים האחרונות תרמו תרומה מכרעת לעליה זו).
- הטמפרטורה הממוצעת בישראל צפויה לעלות מהתקופה הנוכחית (מ-2018) ועד סוף 2050 בעוד כ-0.9 מ"צ בתרחיש האופטימי (RCP4.5) או בכ-1.2 מ"צ בתרחיש הפסימי (RCP8.5).
- נמצאה עליה בתדירות מספר הימים והלילות החמים ביחד עם ירידה בתדירות הימים והלילות הקרים, מגמה שצפויה להימשך.
- מגמת ההתחממות בולטת יותר בעונת הקיץ, הן במדידות העבר והן בתחזיות.



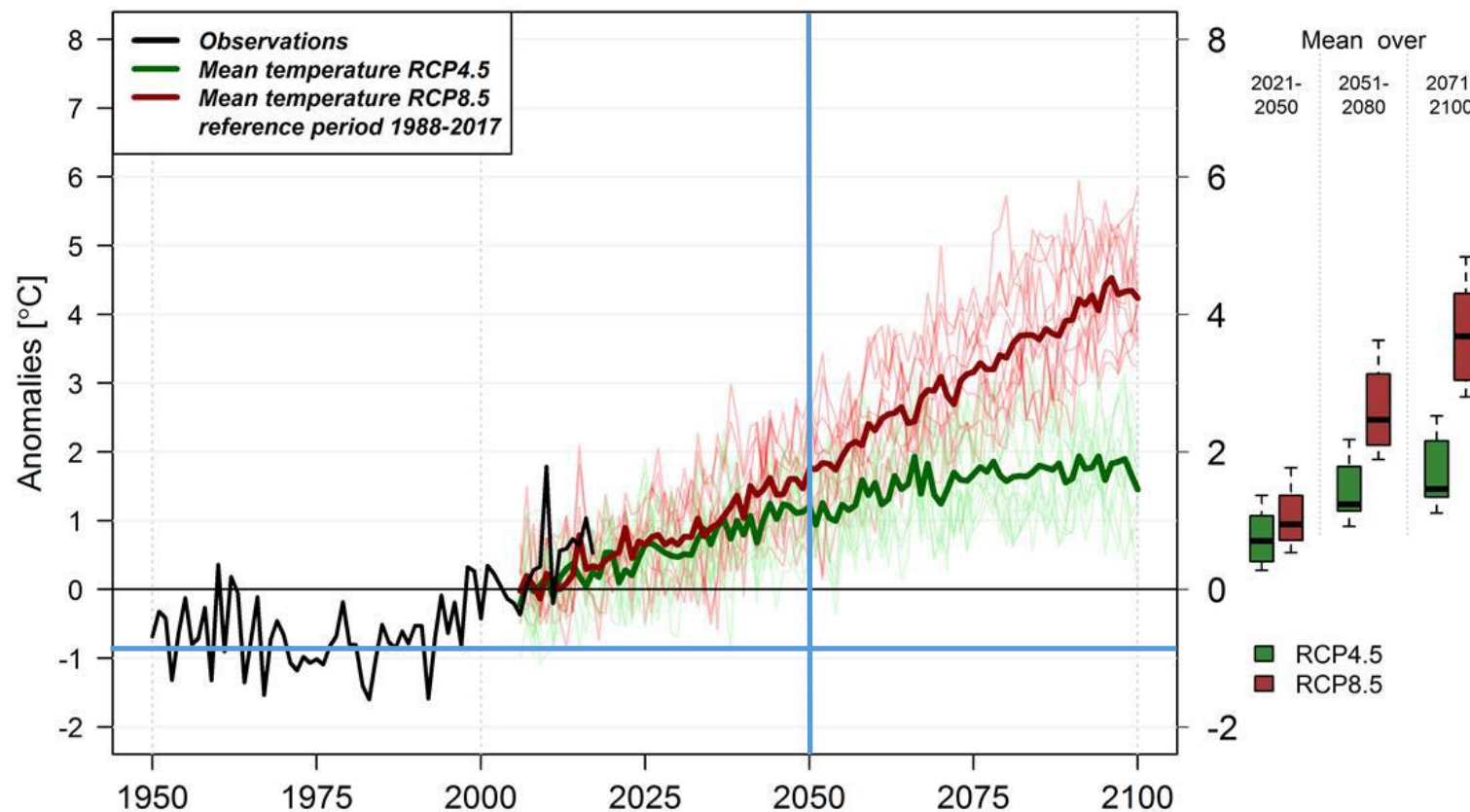
* השגת מובהקות סטטיסטית במגמות הגשם קשה לאור התנודתיות החזקה משנה לשנה, שיעור/עוצמת השינוי ואורך הסדרה.

טמפרטורה: עד 2100 (08/2020)

כאן ביחס לתקופה
 הרצנטית!
 2017-1988

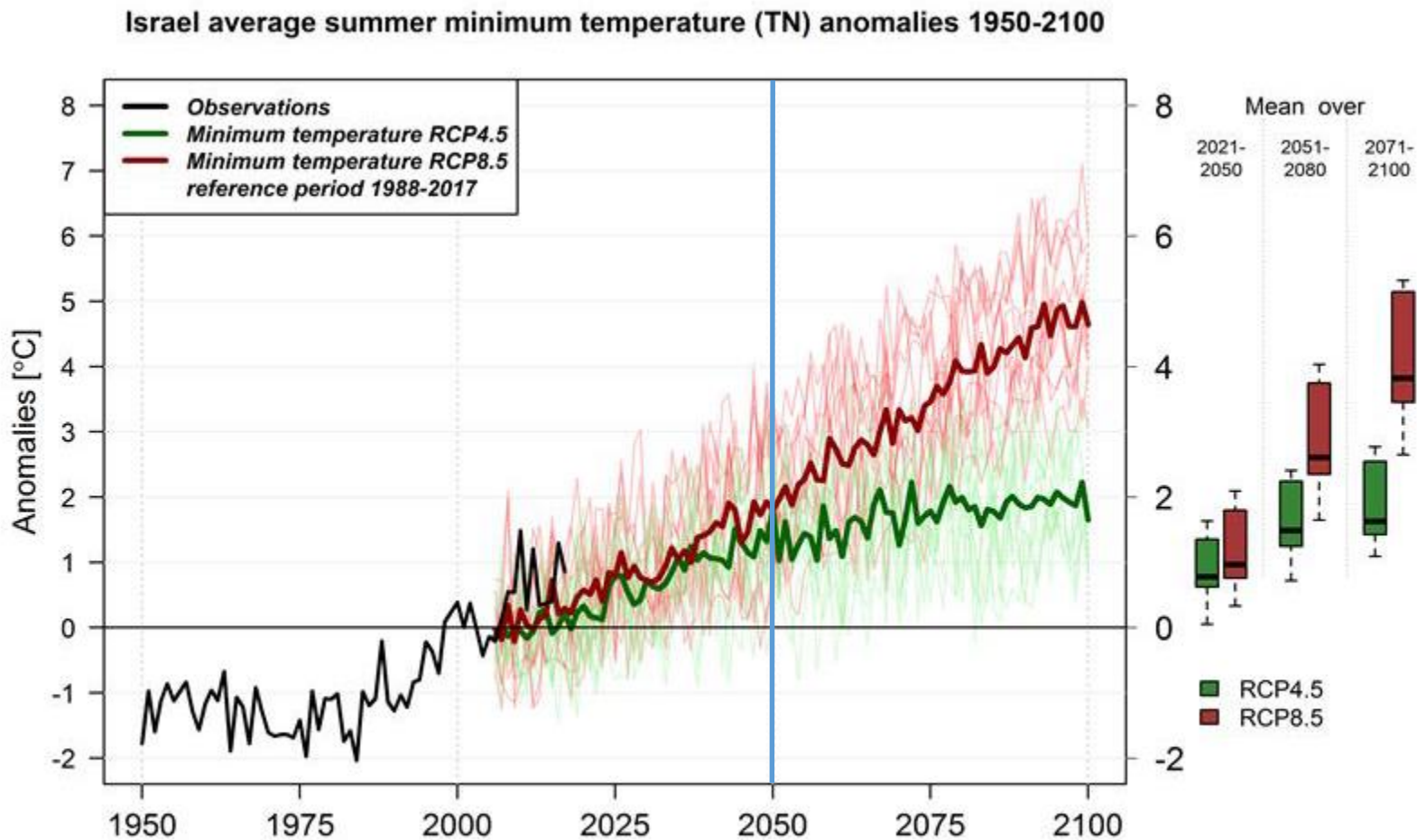
1990-1961

הטמפרטורה השנתית הממוצעת בישראל 1950-2100

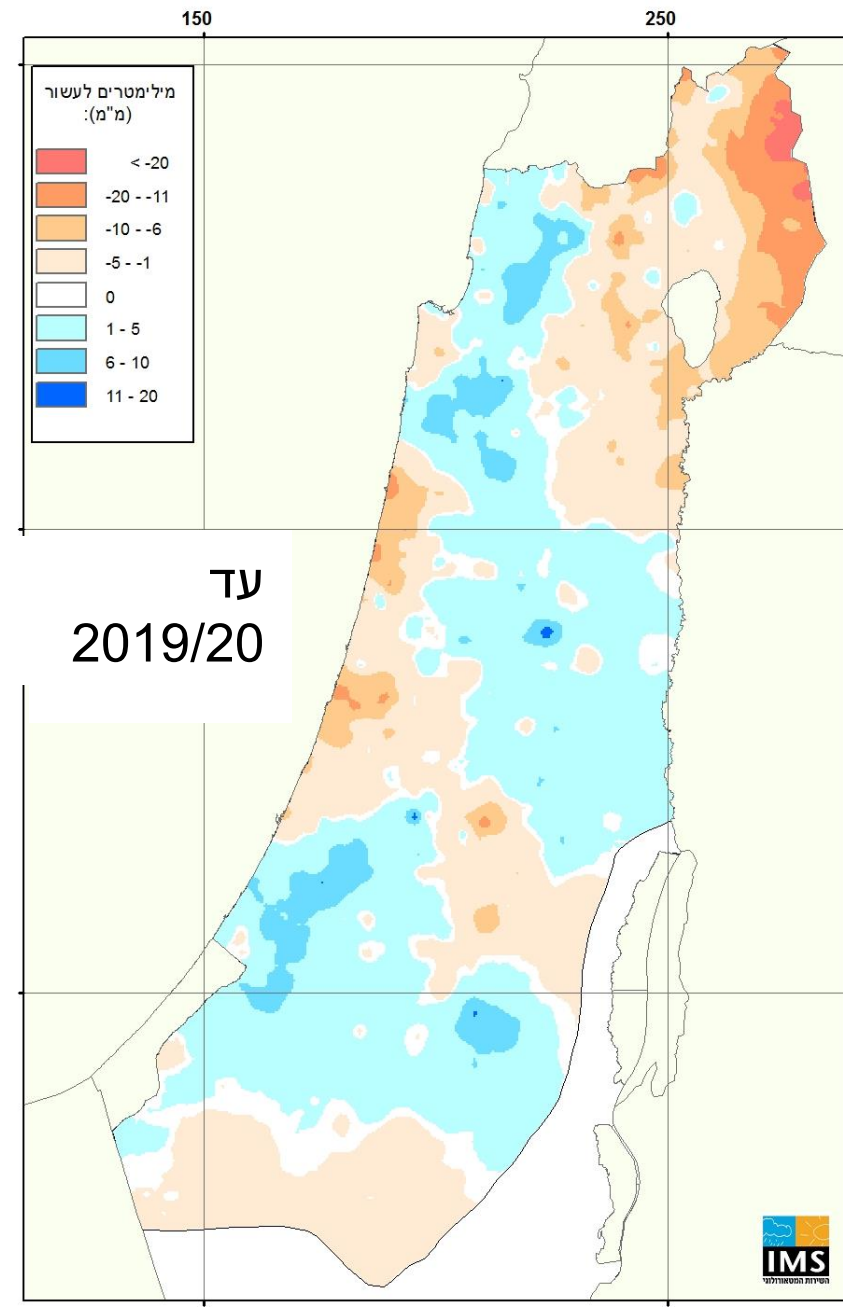
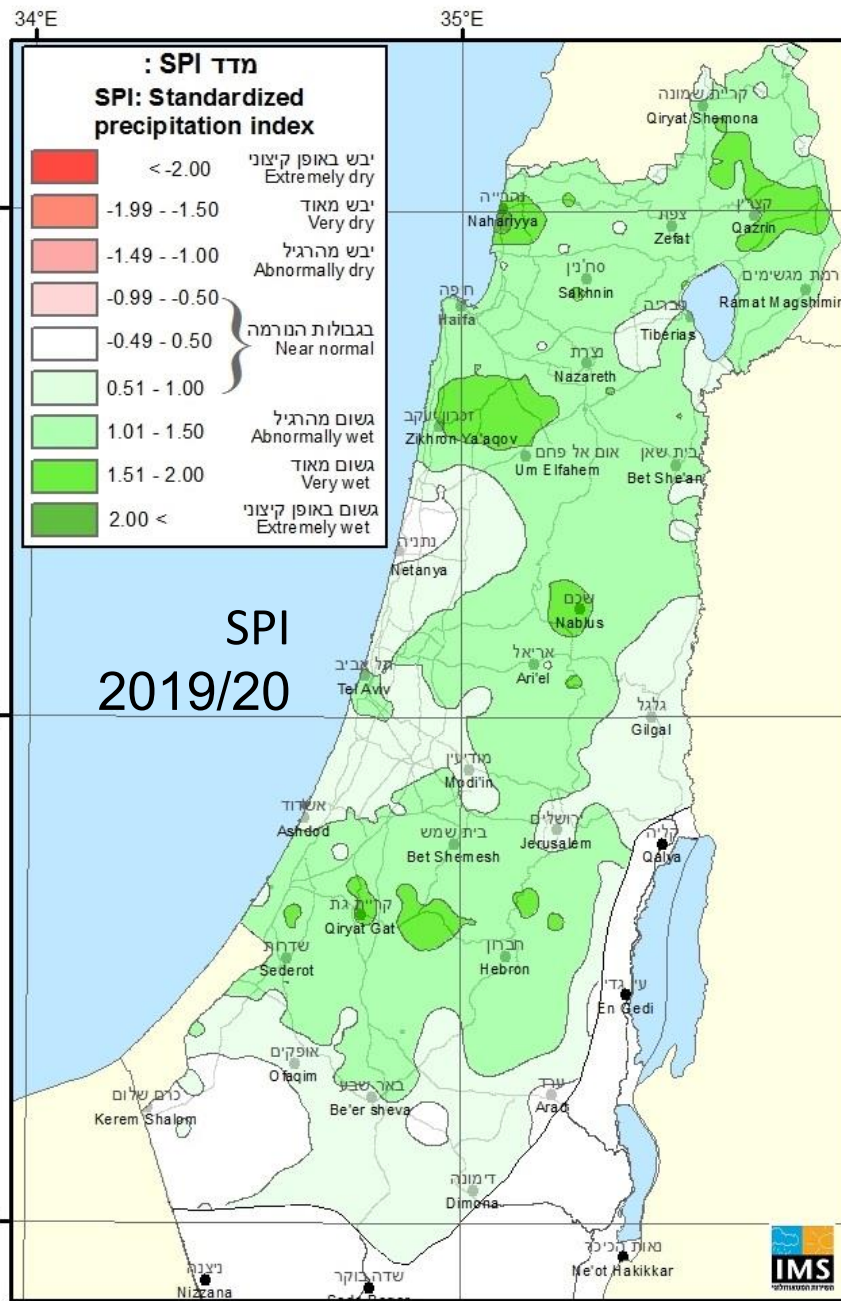
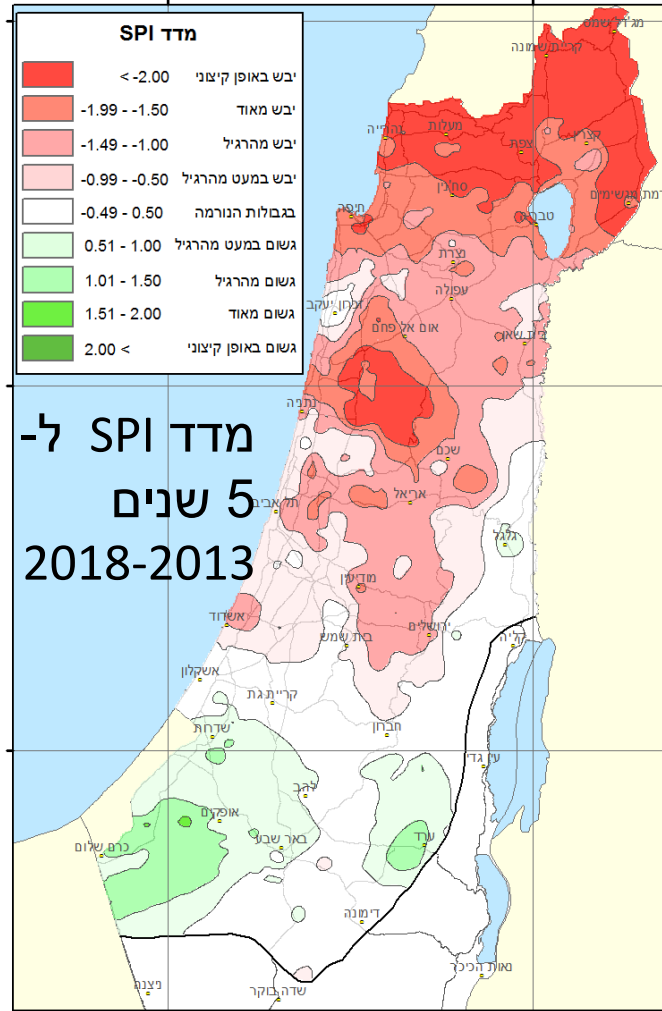


טמפרטורת מינימום בקיץ: עד 2100 (08/2020)

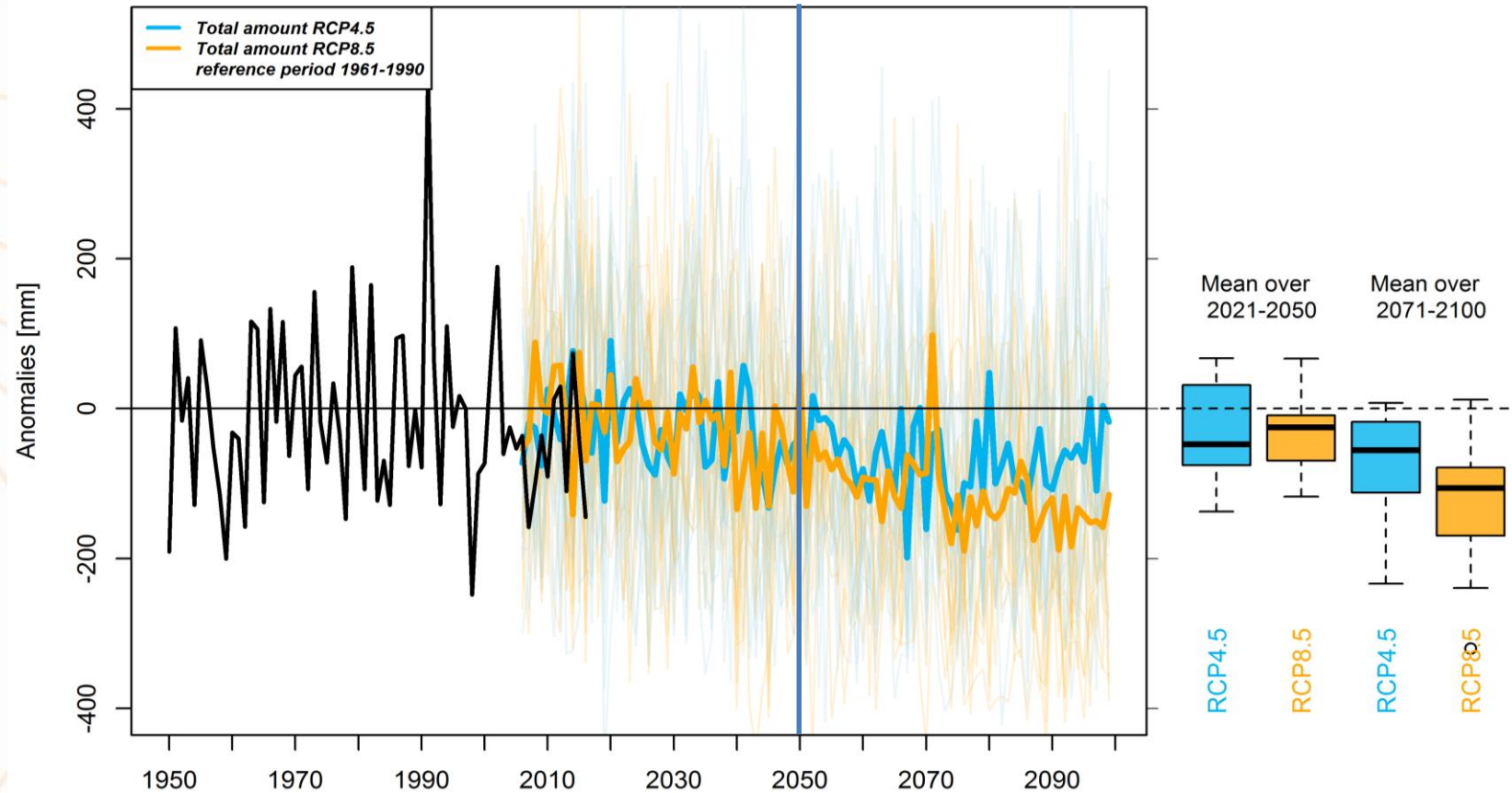
כאן ביחס לתקופה
 הרצנטית!
 2017-1988



משקעים – עד כה

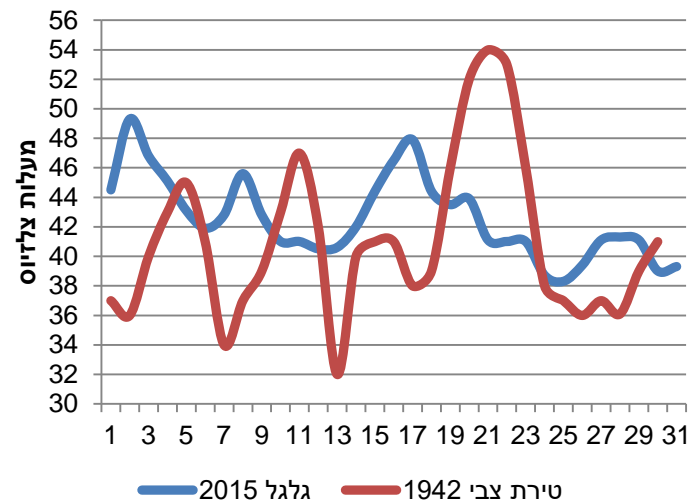


משקעים – הערכה לעתיד



איור 11. השינוי בכמות הגשם הכללית בישראל (מ"מ) ביחס לתקופה 1961-1990. ממוצע התצפיות (בשחור), ממוצע האנסמבל עבור תרחיש RCP4.5 (בתכלת בולט), ממוצע האנסמבל עבור תרחיש RCP8.5 (בכתום בולט). קווים דקים מציינים את פיזור תוצאות המודלים השונים בהתאם לתרחישים RCP4.5 (בתכלת) ו-RCP8.5 (בכתום). תרשימי הקופסה (boxplots) מתארים את התפלגות ממוצעי המודלים השונים לכל תרחיש, לתקופה 2021-2050 ו-2071-2100. חציון ההתפלגות מצויין בקו אופקי שחור.

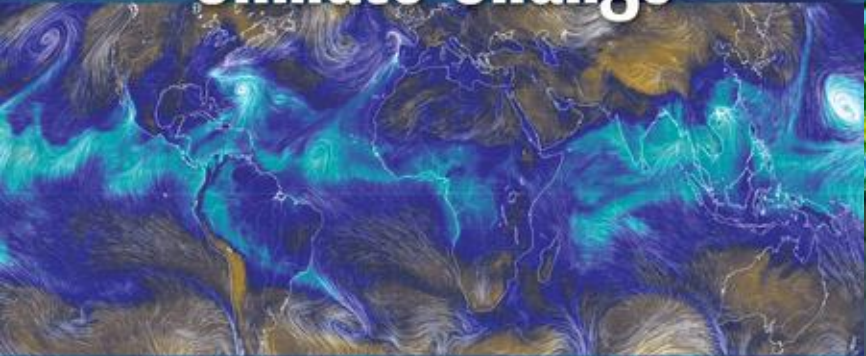
אירועי מזג אוויר קיצוניים מאד



- אירוע מזג אוויר קיצוני, חריג, נדיר ואפילו חסר תקדים יכול להתרחש בכל אקלים שהוא!
- הטמפרטורה הגבוהה ביותר שנמדדה אי פעם בישראל (54 מ"צ) נמדדה ב-1942.
- השלג הכבד ביותר שכיסה את כל הארץ (למעט הערבה) התרחש בפברואר 1950 (שלג בתל אביב!).
- אבל ככל שהעולם חם יותר, הסיכוי שאירועים כאלה, או חמורים יותר, יתרחשו, עולה!



**ATTRIBUTION OF
Extreme Weather Events
IN THE CONTEXT OF
Climate Change**



Attribution of Extreme Events

Thomas C. Peterson, Ph.D.

Principal Scientist, NOAA's National Climatic Data Center
President, WMO Commission for Climatology
July 28, 2015



Extreme event attribution: the climate versus weather blame game

Author: Rebecca Lindsey
December 15, 2016

Print

For more than a decade, scientists have been accumulating evidence that in some places, global warming is making several kinds of extreme weather events more likely or more intense. Heat waves? Check. Heavy downpours? Check. Deeper and more frequent high-tide flooding? Check.



Nuisance high-tide flooding from Puget Sound in Port Orchard, Washington, on January 6, 2010. According to a NOAA study, tidal flooding events in nearby Seattle have increased from roughly once every 1-2 years around

Highlights:

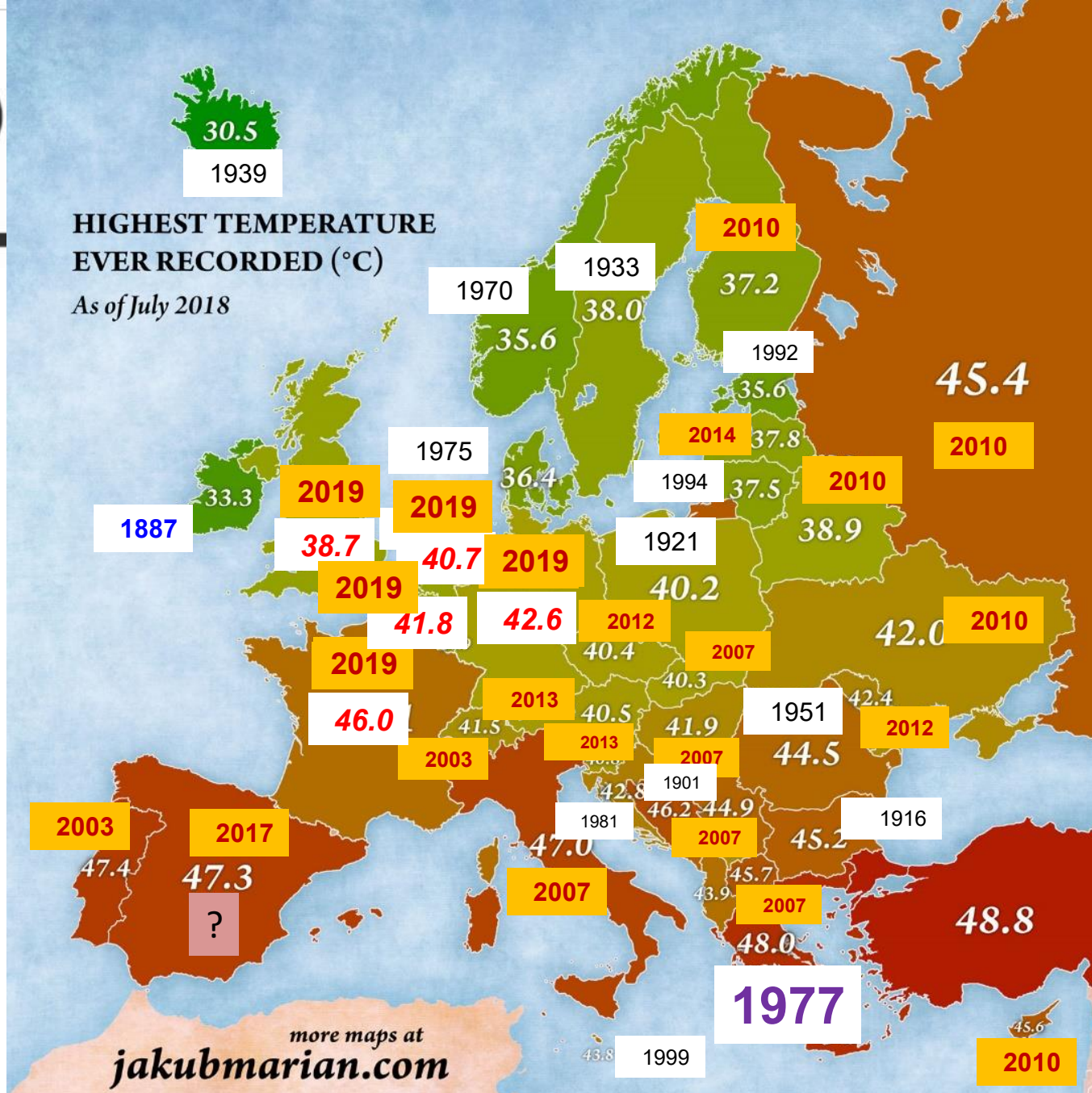
- All extreme events have multiple causes. *Extreme event attribution* is the science of detecting whether manmade global warming was one of them.
- Extreme event attribution can tell us whether global warming made an event more likely or more severe, but it can't tell us if global warming "caused" an event in a yes-or-no sort of way.
- Extreme events related to heat and rainfall are easier to study than extremes related to fires, droughts, or tornadoes.
- Knowing whether global warming influenced the probability or intensity of an extreme weather event can help people in affected communities develop recovery and resilience plans that match their future risk.
- Extreme event attribution is hard to

Highlights:

- All extreme events have multiple causes. *Extreme event attribution* is the science of detecting whether manmade global warming was one of them.
- Extreme event attribution can tell us whether global warming made an event more likely or more severe, but it can't tell us if global warming "caused" an event in a yes-or-no sort of way.
- Extreme events related to heat and rainfall are easier to study than extremes related to fires, droughts, or tornadoes.

Note: Not all the values / years are from an official source but for important countries such as the UK, France, Switzerland and Finland (as an example) the source is the meteorological service

הערה: לא כל הערכים/השנים ממקור פורמלי מאושר אך לגבי מדינות חשובות כמו בריטניה, צרפת, שווייץ ופינלנד (כדוגמה) המקור הוא השירות המטאורולוגי



ככל שהעולם חם יותר, הסיכוי שאירועים כאלה, או חמורים יותר, יתרחשו, עולה!

ככל שהעולם חם יותר, אירועים כאלה, ואף חמורים מהם מתרחשים בפועל!!!

סקירה מקיפה של אירועי מזג אוויר קיצוני

- מראשית שנות ה-20 של המאה הקודמת.

- אירועים מוגבלים בזמן.

פרספקטיבה הסטורית

בסיס לתרחיש ייחוס "חמור- סביר" (הנחיית רח"ל)

<http://www.ims.gov.il/ims/odot/news/extreme+events.htm>

מדינת ישראל
משרד התחבורה
השירות המטאורולוגי



סקירת אירועי מזג אוויר קיצוני בישראל

במשך שנות ההיסטוריה האנושית תועדו אירועי קיצון ברחבי העולם. אירועי קיצון משמעותיים דוגמת: שלגים כבדים, סופות גשמים חזקות, שיטפונות קטלניים, בצורות, גלי חום ועוד, הובילו בדרך כלל להרס רב ולעיתים אף לגביית קורבנות בנפש. סקירה זו מתמקדת באירועים הקיצוניים ביותר אשר פקדו את ארץ ישראל, בין השנים 1920-2015. הסקירה מחולקת לשלושה פרקים עיקריים:

1. [שלגים ואירועי קרה](#)

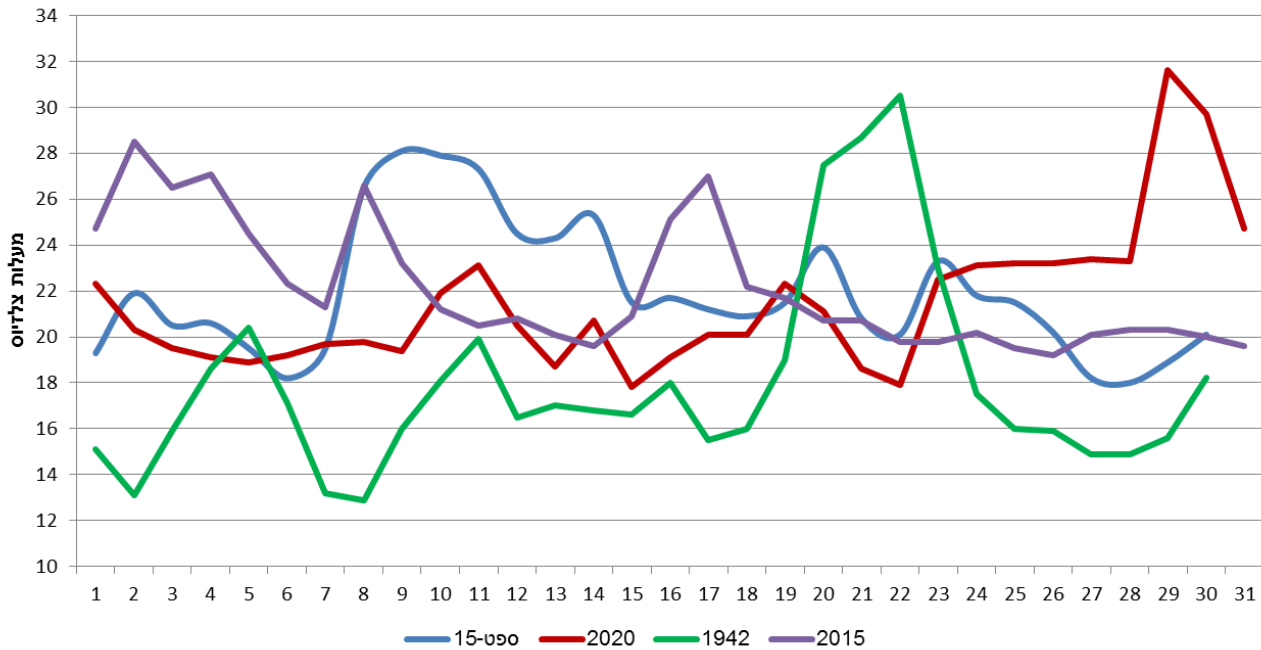
2. [אירועי גשם](#)

3. [שרבים וגלי חום](#)

כל פרק נפתח במבוא קצר ולאחריו תוכן עניינים עם קישורים והפניות לכל האירועים.

תרחיש יחוס – גלי חום ממושכים

טמפרטות מינימום בחודש אוגוסט וספטמבר - ירושלים



• מרחב : כל הארץ.

• משך : 5-7 ימים, לעיתים בשני גלים באותו החוד

• מסגרת הזמן : חודשי הקיץ (יוני עד ספטמבר).

• תיאור : חם מאד ויבש בהרים ובפנים הארץ והבי

(חם ולח) במישור החוף. עומסי חום שוררים כמע

שעות היממה. בשיא: **38-41 מ"צ** במישור החוף

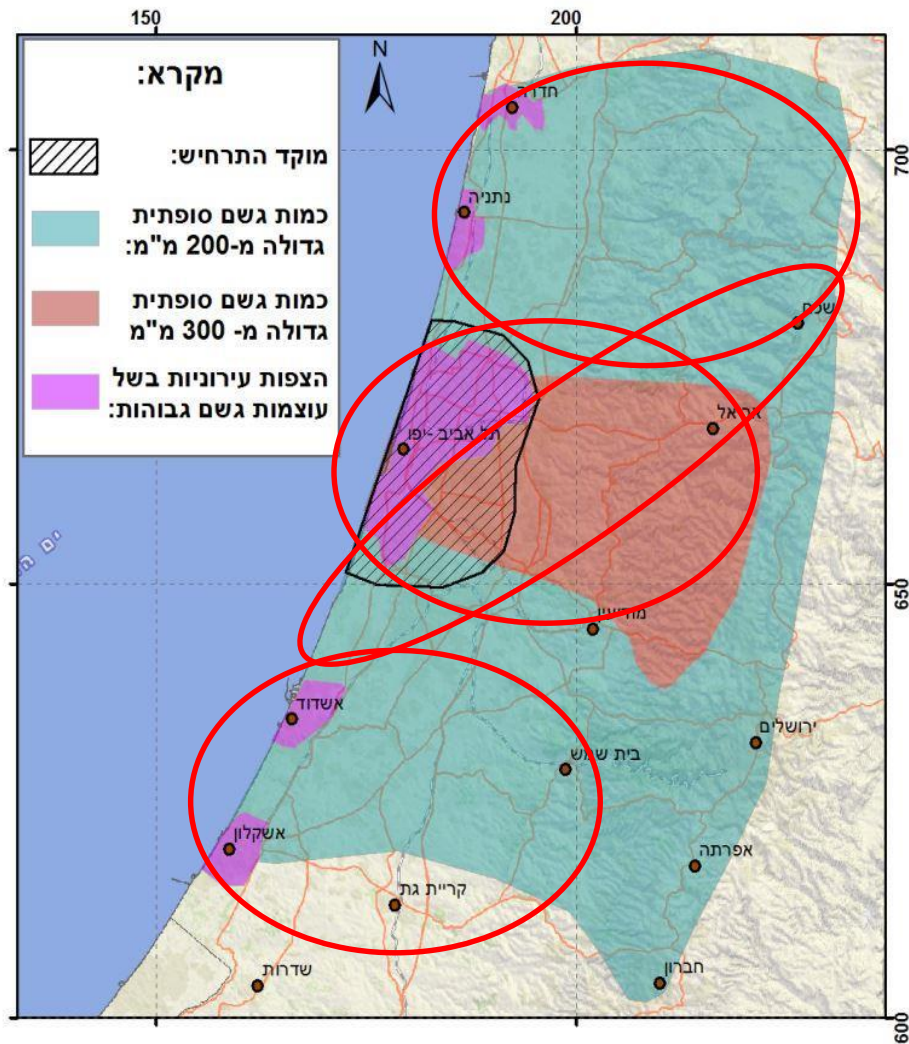
33-34 מ"צ אבל עם לחות יחסית של 65%-70%

ירושלים עם **42.7 מ"צ**! ב-04.09.20. (עומס חום כבד) וטמפרטורות מינימום גבוהות 26-28

נצטרך לעדכן ☺

מ"צ עם לחות יחסית 90% - עומסי חום גם בלילה. **54 מ"צ**! 8/1881 – **44 מ"צ** בירושלים.

תרחיש ייחוס – אירוע גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף



- **מרחב:** גוש דן ובפרט אזורים הסמוכים לנחלים איילון וירקון.

- **משך:** בין יומיים לחמישה ימים.

- **מסגרת הזמן / התכנות:** אוקטובר-פברואר (בעיקר בנובמבר ובדצמבר).

- **תיאור התרחיש:** כ-300 עד 350 מ"מ בגוש דן או במעלה

(150 מ"מ תוך פרק זמן של כ-12 שעות).

עד 250 מ"מ באזורים אחרים.

קושי להצביע מראש על אזור ספציפי שבו יתמקד הגשם ברצועת החוף!

תרחיש ייחוס – אירוע גשם קיצוני בגוש דן ובמישור החוף

- תופעות נלוות משמעותיות: סופות רעמים, **ברד**, רוחות עזות. ודיווחים על **"מערבל רוח דמוי טורנדו"**.
- נזקים / נפגעים על-פי אירועי העבר:

שטפונות קשים בשפלת החוף

אלפי אנשים פונו מבתיהם; נחל מוסררה מאיים להציף השכונות הדרומיות של תל-אביב; החזאי – הגשמים והסופות יימשכו



הגשמים העזים, שהחלו לרדת שלשום בכל חלקי הארץ גברו אתמול בליווי סופות וכרד וגרמו הצפות קשות בשפלת החוף בכמה מעברות ובפרברי תל-אביב השוכנים בקרבת ואדיות. אלפי אנשים פונו מבתיהם ובמקרה אחד – באזור – גוייסה יחידה של חיל-הים, שהביאה סירות-הצלה לשם הוצאת אנשים מנותקים. בפרברי תל-אביב ובמעברות הסמוכות התנדבו רבים להושיט עזרה לנפגעים. לציון מיוחד ראויות החברות מארגון אמהות ועבודות, שהציגו פעילות רבה בהספקת אוכל חם, בגדים יבשים ושמיכות למחסרי קורת-גג. אנשי המשטרה עמדו גם אתמול במרכז פעולות ההגלה. יחד עם מכבי-האש ופלוגות-טופלים מיוחדות של העירייה. במקומות אחרים התגייסו יחידות צה"ל לעזרת הנפגעים בסכנה. נחל מוסררה, שעלה על גדותיו, מאיים להציף את השכר עות הדרומיות של תל-אביב.

מצב חמור בפרברי תל-אביב

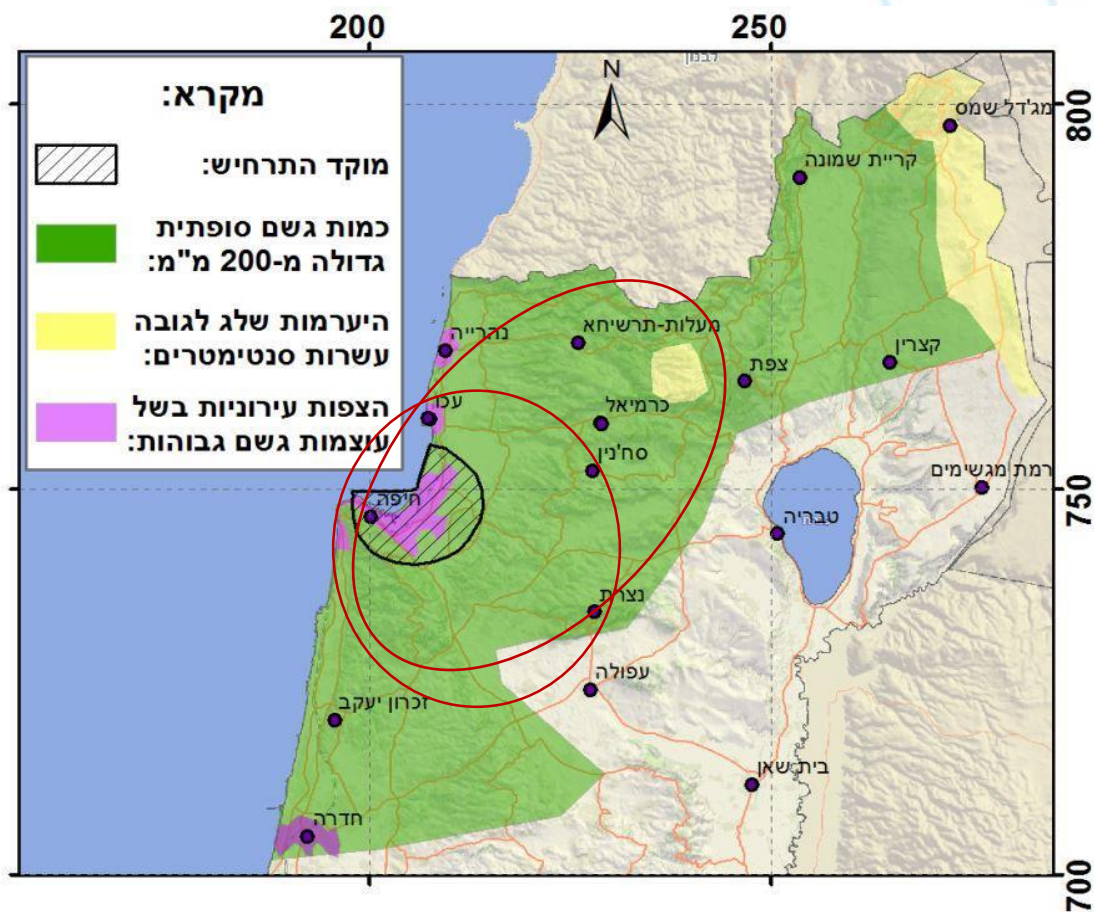
יכולת חיזוי התרחיש:

התראה ראשונית **כ- 5 ימים**
 מראש. מועד התחלת האירוע,

מחסה בבית התרבות של ההסתדרות ושאלו בפעם האלף: עד מתי תפקיד עיריית תל-אביב את שכונתנו? מדוע לא למדו אבות העיר – שתקציבה השנתי מגיע למעלה מ-20 מיליון לירות – לקח מפגעי החורף בשנים עברו יאינם מסדירים אחת לתמיד רשת ביוב תקינה, מידרכות וכל יתר השידושים לה זכאים תושבי שכונת החקוה בת חמש רבבות נפש. בתחילה: מראה טיפוסי במרכז השכונה מאתמול.

צילום: ב. פרמי

תרחיש ייחוס - אירוע גשם קיצוני באזור מפרץ חיפה



- **מרחב**: מפרץ חיפה, העיר התחתית, אזורי הצפה סביב הנחלים קישון, גדורה ונעמן.
- **משך**: בין יומיים לחמישה ימים.

מסגרת הזמן / היתכנות: דצמבר-מרץ. יתכן גם בנובמבר, אך במתווה פחות חמור.

תיאור התרחיש:

כ- **200 מ"מ ויותר** וזאת על גבי קרקע רוויה עוד מגשמים קודמים.

בתחילת האירוע כ- **50-100 מ"מ** תוך שעות בודדות.

ייתכנו נזקים גם עם כמויות קטנות יותר אם השטח היה רווי לפני כן.

תרחיש ייחוס – אירוע גשם קיצוני באזור מפרץ חיפה



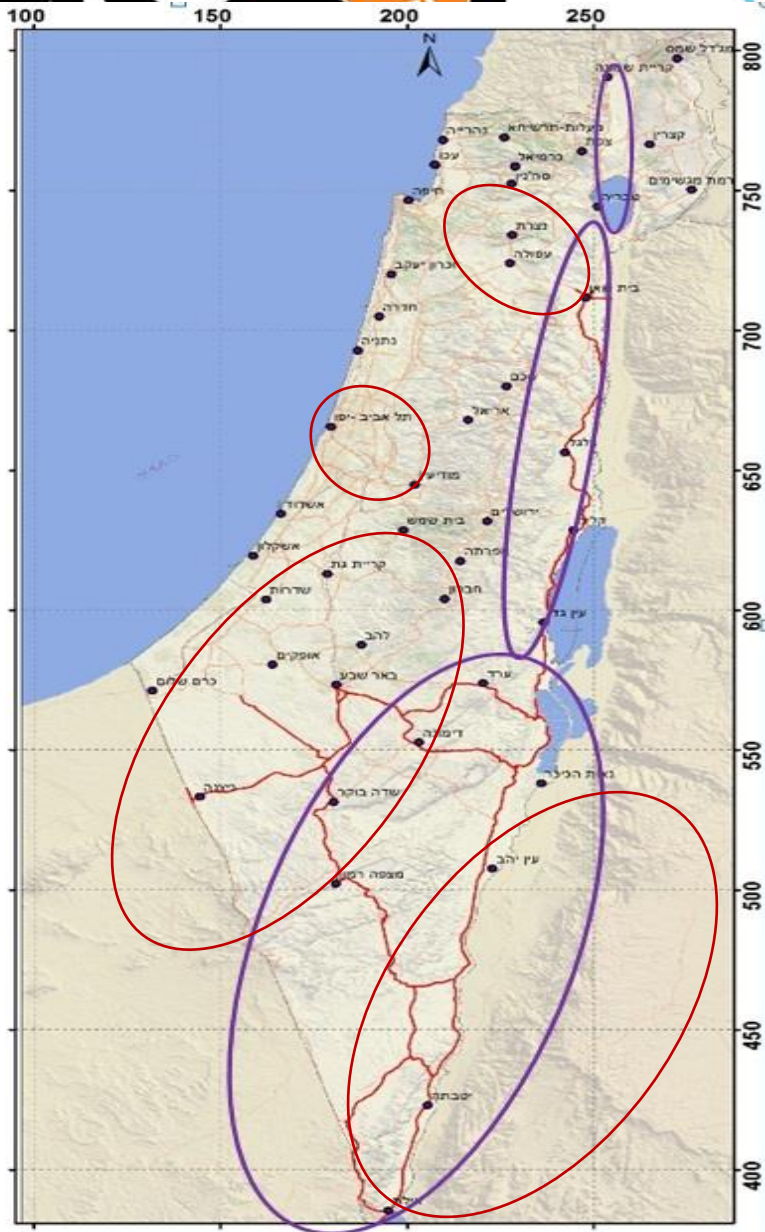
נהרייה מוצפת, ינואר 2020 / צילום: לסקר את יעקב

תופעות נלוות משמעותיות: הן סופות רעמים, **ברד**, ודיווחים על **נזקים / נפגעים על-פי אירועי הצפות נרחבות. חסימת / היצרות התעשייה והמסחר.**

פינוי בתים נרחב באזור הקריות **גלים גבוהים - חדירת מים – הצ**

יכולת חיזוי התרחיש: התראה

מיקוד משך הזמן שבו יתרחש ומידת חריגותו – עד 72-48 שעות לפני תחילתו.



תרחיש ייחוס – ממטרים קיצוניים בדגש על דרום הארץ ומזרחה

- **מרחב:** כל הארץ ובדגש על דרום הארץ ומזרחה (כולל עבר הירדן המזרחי).
- **משך:** שלושה ימים (לעתים נדירות עד שישה ימים).
- **מסגרת הזמן / היתכנות:** ספטמבר-מאי (כל עונת הגשם).
 לרוב: ספטמבר – דצמבר; אפריל-מאי.

תיאור התרחיש: גשם בעוצמה חזקה יורד במקומות רבים בארץ וגורם לשיטפונות בעיקר באזורים המדבריים. לעתים גשם מתון ברציפות; לעתים בעוצמות גבוהות עם הפסקות. כמויות הגשם הגדולות גורמות לסחף רב ולדרדור סלעים, ובאזורים עירוניים להצפות מקומיות.

תרחיש ייחוס – ממטרים קיצוניים בדגש על דרום הארץ ומזרחה

תופעות נלוות משמעותיות: ברקים – קטלני/שריפות, ברד כבד
בקוטר של 4-5 ס"מ, פרצי רוח. "מערבל רוח דמוי טורנדו".

נזקים / נפגעים על-פי אירועי העבר: גלישה של נחשול של מים;
גלישות קרקע; שיטפונות פתע; דליקות; פגיעות מקריסות מבנים
ארעיים ועצים סחיפת קרקע חקלאית.

יכולת חיזוי התרחיש: חיזוי האירוע המטאורולוגי בסבירות גבוהה
כ- 2-3 ימים לפני תחילתו, חיזוי ספציפי של המיקום המדויק של
תאי הגשם הכבד **בהתרעה קצרה בלבד** (לרוב פחות משלוש
שעות).



תרחיש עוצמות גשם קיצוניות בערי החוף

השתלמות מזג אוויר קיצוני – מתאר שיטפונות, המשרד לבט"פ 30.11.2015

מרחב: ערי החוף

משך: מיום בודד, ואף מספר שעות, עד 4 ימים.

מסגרת זמן/היתכנות: סוף ספטמבר עד דצמבר. (עם זאת, אפשרי גם בחורף ובאביב).

תיאור התרחיש: גשם בעוצמות גבוהות לפרקי זמן קצרים. **עשרות מ"מ בתוך מספר שעות.**

תופעות נלוות משמעותיות: סופות רעמים, ברד, רוחות עזות ודיווחים על "מערבל רוח דמוי טורנדו".

נזקים / נפגעים על-פי אירועי העבר:

יכולת חיזוי התרחיש: התראה ראשונית כ- 5 ימים מראש. עם זאת, קשה לקבוע, גם סמוך למועד האירוע, את השילוב של המיקום, משך הזמן ומידת החריגות של האירוע

קושי להצביע מראש היכן תתרחש ההצפה.



רחוב אחוזה ברעננה (צילום: אלה ויינר-בניה)

סיכום

- ישראל מתחממת
- צפי להמשך התחממות משמעותית.
- יש להיערך לאפשרות של הפחתה בכמות המשקעים.
- אירועי מזג אוויר קיצוניים ימשיכו להתרחש. קרוב לוודאי שיהיה גידול בעוצמתם/בתדירותם (במיוחד גלי החום אבל לא רק.....)

היערכות (אבל לא פאניקה)

תרחישי הייחוס לאירועי מזג האוויר הקיצוניים מהווים כלי חשוב בהיערכות זו (עם הערכה לגבי תקפותם אחת למספר שנים)



Changes aren't permanent... but change is!

Lyrics: [Neil Peart](#) and Pye Dubois

In "Tom Sawyer" From "Moving Pictures", RUSH 1981



תודה!

- a) Precipitation regime G applies to all areas in the Netherlands for which the statistics of extreme precipitation is the same as for De Bilt, both for the current climate and for the future.
- b) For the 2004 statistics, 'current' implies the full historical period 1906 - 2003, (without any adjustment for the trend). With the 2015 statistic, 'current' implies the climate around the year 2014 (assuming the trend in the historical period 1906 - 2014).
- c) Precipitation statistics for 2050 wasn't available yet in 2004, but in this review is based on the 2050 precipitation statistic that were included in Meteobase in 2013. The displayed range concerns the scenarios G+ (lowest value) and W (highest value).
- d) The displayed range reflects all four climate scenarios (GL, GH, WL and WH) plus three sub-scenarios ('lower', 'centre' and 'upper'). In most cases, the lowest value corresponds with GH_lower and the highest value with WL_upper.

Increase in precipitation

The new rainfall statistics indicate that the amount of rainfall during extreme rainfall events around 2014, on an annual basis, were 10% higher on average than in the statistics to date. This average applies to rainfall events that occur less frequently than once every two years, to very extreme precipitation with a return period of 100 years. The average increase turns out to be as much as 15 percent if only the winter period was considered.

Some of the currently available statistics are included in table 1. This shows, for example, that up to now, water managers estimated an extreme 24-hour precipitation event of 79 mm at a return period of 100 years. In the new rainfall statistics for around 2014, that has become 85 millimetres. Perhaps even more interesting is the observation that about the same amount of precipitation (77 millimetres in 24 hours) now occurs once every fifty years; so twice as often.

<http://www.h2o-2016.dogma.lshoniim.zfuiim.bkmt.hgsh.bhstbrvut.natont,em.hthtmot,holnd2016>
[watermatters.com/includes/partials/printArticle.php?ed=201604&art=04](http://www.watermatters.com/includes/partials/printArticle.php?ed=201604&art=04) Artikel

Table 1

Precipitation (in millimetres) exceeded once every 10, 50 and 100 years for 24 hours, four and eight days in the 'current' climate and in the climate around 2050, on the basis of annual statistics for precipitation regime G a)

Climate Repetition (year)	Current ^b			2050		
	10	50	100	10	50	100
<i>Duration = 24 hours</i>						
Forecast 2004	54	71	79	57-66 ^c	75-86 ^c	84-96 ^c
Forecast 2015	59	77	85	59-68 ^d	76-90 ^d	85-100 ^d
<i>Duration = 4 days</i>						
Forecast 2004	80	100	109	83-93 ^c	104-116 ^c	113-127 ^c
Forecast 2015	89	112	122	90-101 ^d	112-128 ^d	122-140 ^d
<i>Duration = 8 days</i>						
Forecast 2004	103	124	133	105-117 ^c	127-141 ^c	136-151 ^c
Forecast 2015	116	140	150	117-129 ^d	141-157 ^d	151-168 ^d

a) Precipitation regime G applies to all areas in the Netherlands for which the statistics of extreme precipitation is the same as for De Bilt, both for the current climate and for the future.