



משרד התחבורה והבטיחות בדרכים
השירות המטאורולוגי הישראלי



תחזיות מטאורולוגיות לטווחי זמן שונים לטובת משק האנרגיה

עמיר גבעתי, ראש השירות המטאורולוגי



אקלים ואנרגיה

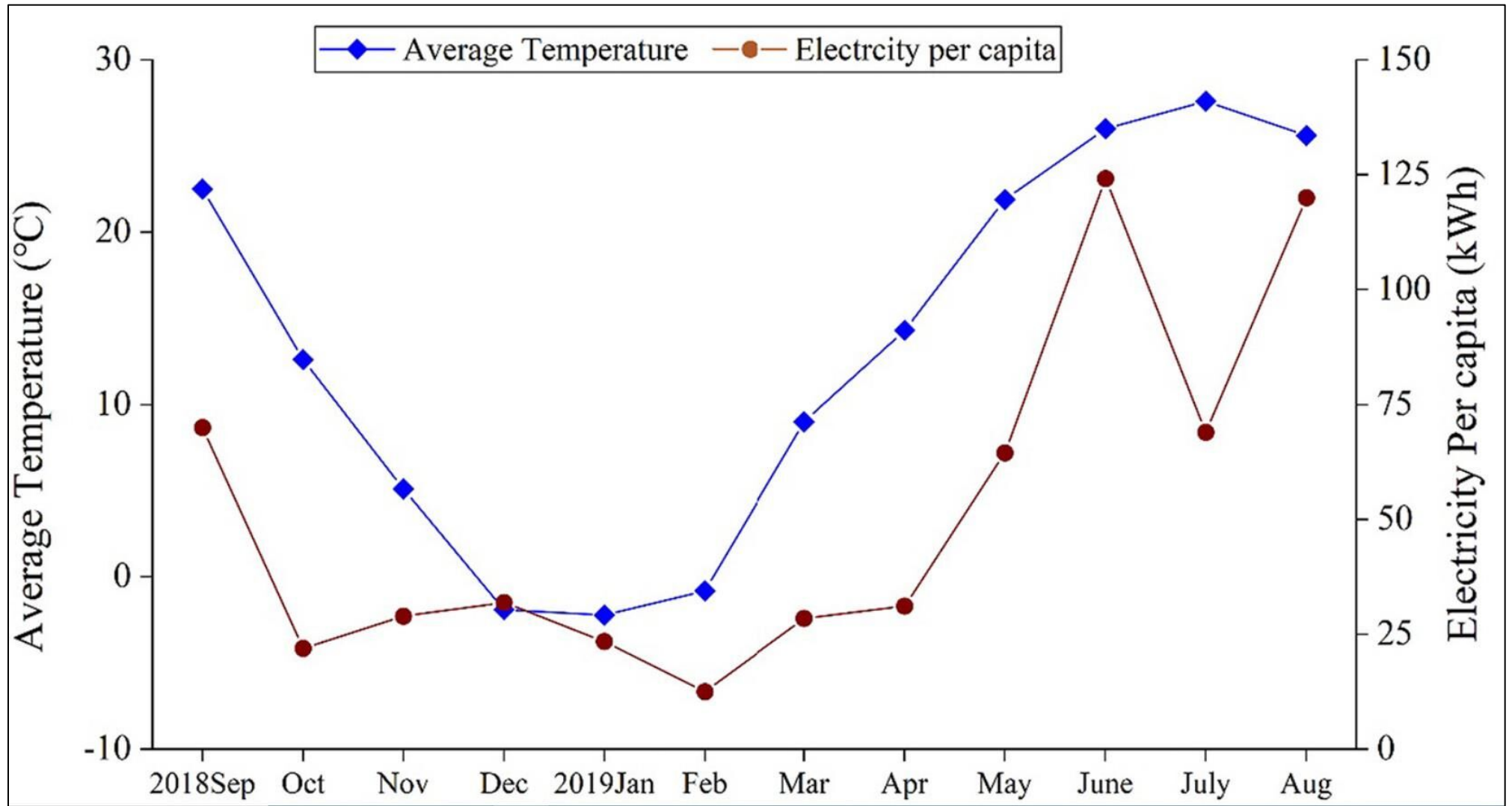
- ❑ האקלים משפיע על כל תחומי החיים
- ❑ סקטור האנרגיה (כמו גם מים, תחבורה וחקלאות) רגיש במיוחד לפרמטרים האקלימיים השונים
- ❑ האקלים משפיע הן על הביקוש לאנרגיה (טמפרטורות גבוהות ונמוכות) והן על ההיצע (בעיקר מתחדשות)
- ❑ מנהלי הרשת יודעים לתרגם פרמטרים מטאורולוגיים לביקוש והיצע במשק החשמל. האתגר הוא להשתמש בתחזיות מטאורולוגיות מדויקות ככל שניתן (מהשתנות עננות ורוחות על בסיס דקתי לטובת חישוב פוטנציאל אנרגיות מתחדשות ועד אנומליות של טמפ' לימים, שבועות ואף חודשים קדימה לטובת תכנון תמהיל האנרגיה).

תוכן עניינים

▫ השפעות האקלים על ביקוש והיצע לאנרגיה

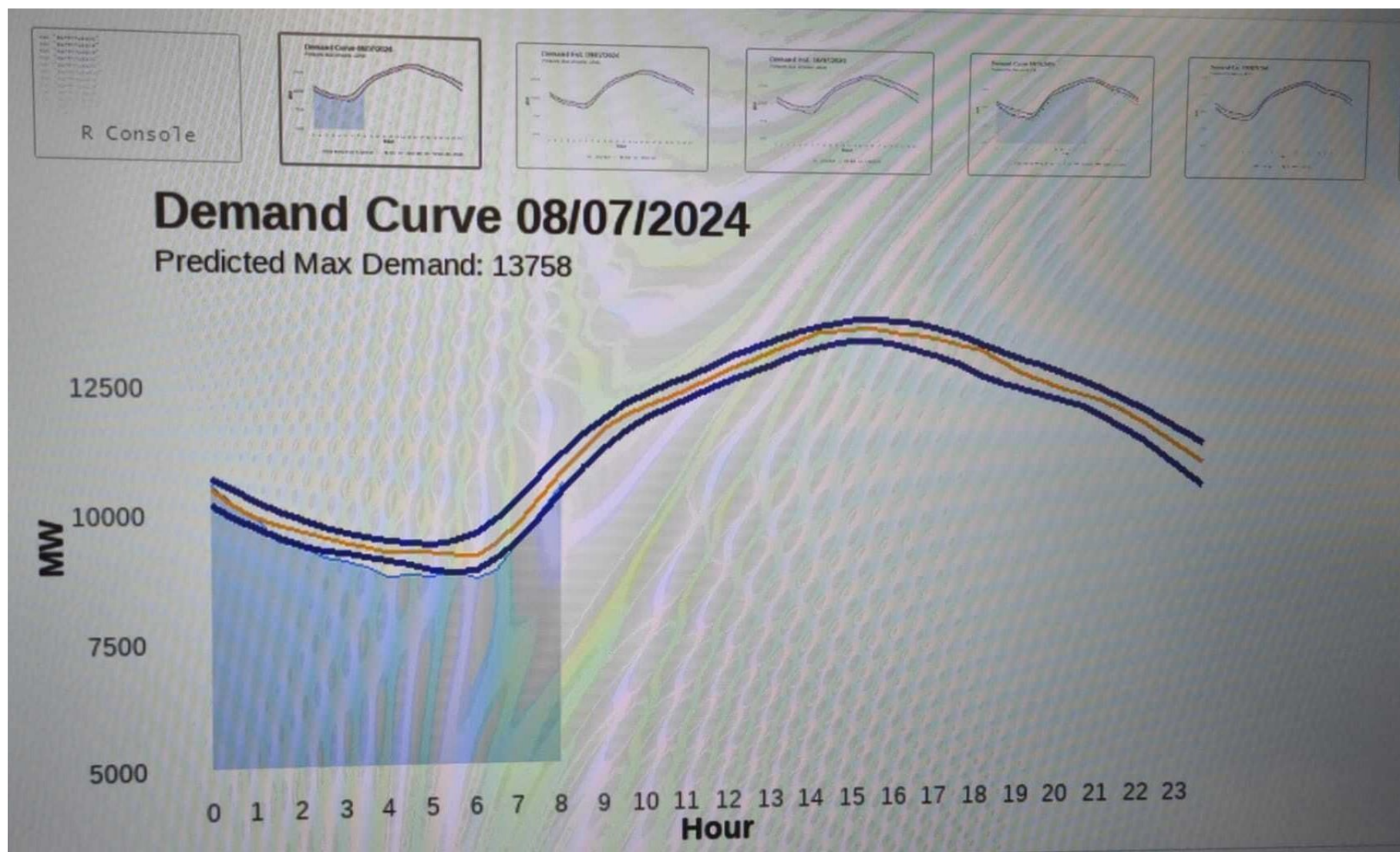
▫ מגמות אקלימיות נצפות וחזויות בישראל בעשורים הקרובים

▫ כלים מבצעיים לחזוי היצע וביקוש לאנרגיה לטווחי זמן שונים

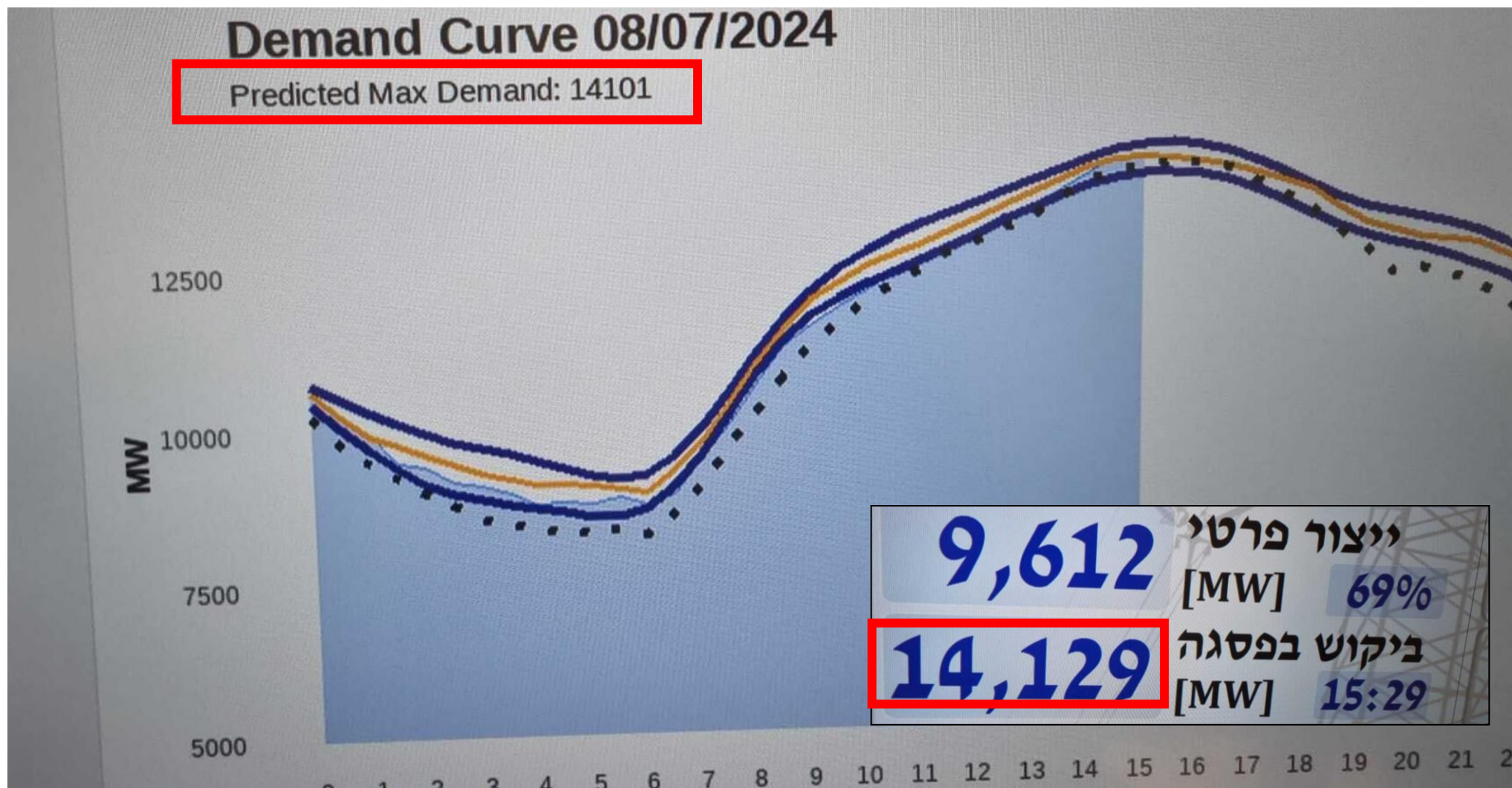


Xiao-Qiao Liu, Chen Zhang, Yi Zhou, Hua Liao, Temperature change and electricity consumption, Science of The Total Environment, 2021,

תחזית צריכת חשמל של נגה: מקור נתונים מטאורולוגים – שמ"ט



תחזית צריכת חשמל של נגה: מקור נתונים מטאורולוגים – מודל שמ"ט משודרג, ל-120 שעות קדימה





הביקוש לחשמל גדל על היצע החשמל בשל צירוף של נסיבות וכשלים ובניהם: חברת נגה בצעה הערכת חסר של הירידה בהספק של חלק גדול מיחידות ייצור החשמל בשל עומס החום; מספר יחידות יצור לא היו שמישות בגלל תחזוקות או תקלות עוד טרם האירוע; תהליך גיבוש תחזיות הביקוש בהתאם לתחזית מזג האוויר בנגה לא היה מדויק מספיק ולא לקח בחשבון סטיות ראליות מתחזית הביקוש; ומערך ניתוקי הצרכנים המתופעל על ידי נגה וחברת החשמל במשותף לא עבד בצורה תקינה ויעילה מספיק.

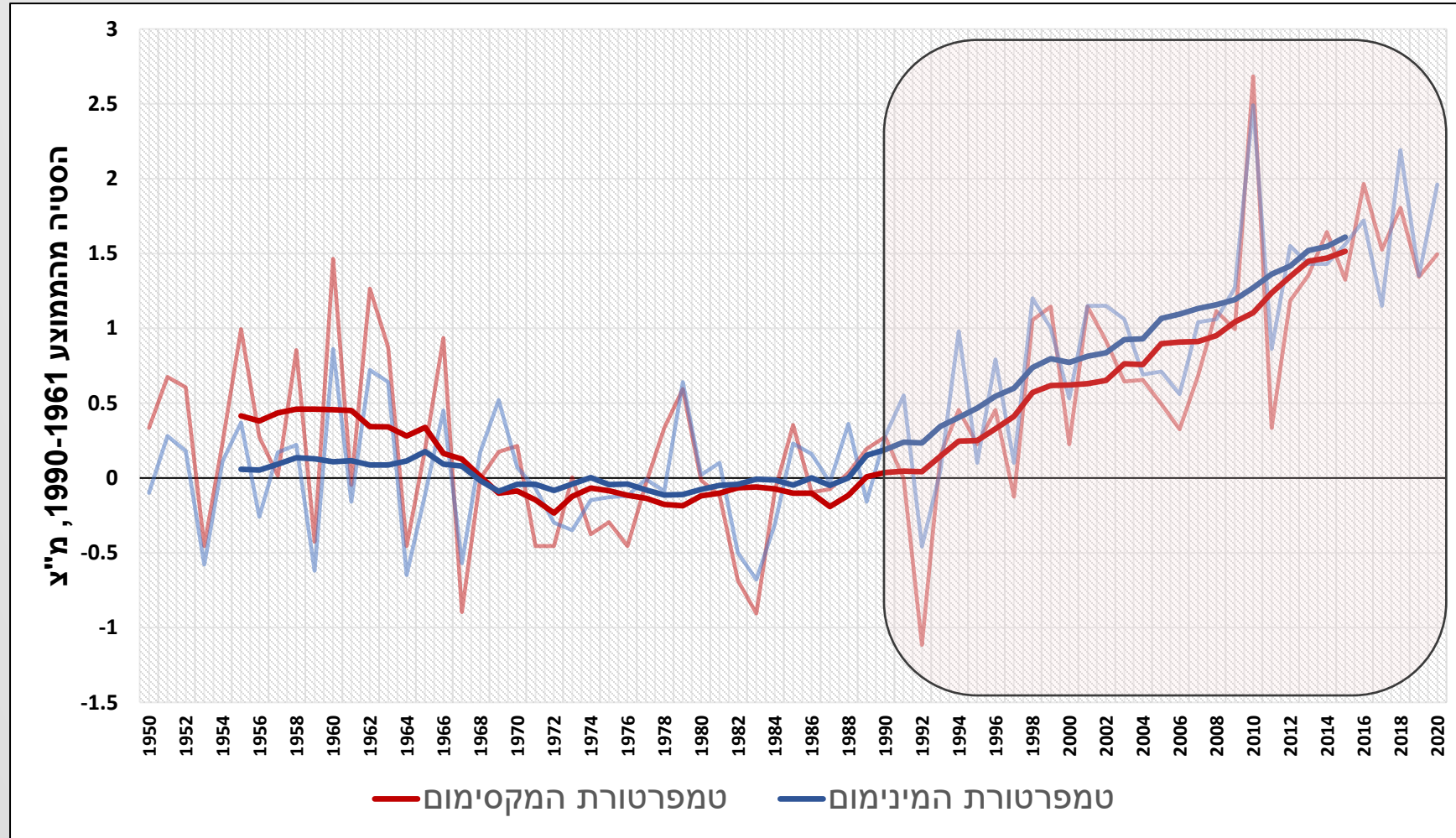
עם זאת, על אף המחסור וניתוק הצרכנים, יש לציין לטובה כי מערכת החשמל לא התדרדרה למצב סיכון שהיה עלול להתבטא בהפסקות חשמל כלל ארציות ממושכות. זאת בזכות מיומנות אנשי המקצוע המתפעלים את המערכות בחברות הממשלתיות נגה, חברת חשמל ונתיבי הגז הטבעי, אשר ניהלו את המשבר בצורה מקצועית ויעילה, תוך תקשורת טובה ויעילה.

הלקחים העיקרים מן האירוע, אשר כבר החלו להיות מיושמים בשטח, כוללים בין היתר, בחינה מחודשת של נהלי החירום של חברת נגה ושל מערך ניהול ניתוקי הצרכנים בנגה ובחברת חשמל, ביצוע עבודת מטה בנגה לשיפור תחזיות הביקוש והתאמתם למגמות מזג אוויר קיצוני. כמו כן, הוחלט כי תתבצע באופן מידי בריכוז חברת נגה עבודה לבחינה מחודשת של ההערכה של ירידת הספקים ותקלות ביחידות הייצור כתוצאה מעומסי חום וצעדים להתמודד עם ירידה זו.

נוהל ניתוק הצרכנים יעודכן ויוגדרו קריטריונים ברורים ושקופים לביצועו וכן יגובשו נהלים לשיפור התקשורת בין חברת נגה לחברת החשמל בשגרה ובחירום, אשר יכללו נוהל מסודר לשיפור העברת המידע למקבלי ההחלטות בזמן אמת. כמו כן, הוחלט כי בשבועות הקרובים תתבצענה סדרה של הערכות מצב על מנת לוודא הימנעות מאירועים כאלו בקיץ הקרוב.

צוין כי בהמשך להפקת הלקחים בראשות מנכל משרד האנרגיה והתשתיות, קובי בליטשטיין, פירסמה שבוע שעבר רשות החשמל שימוע להרחבת הסדרי ה"השלה מרצון", מה שיאפשר לחברת ניהול המערכת לבקש בזמן מחסור בחשמל ממשתמשי חשמל גדולים להפסיק את השימוש בשעות מסוימות. עוד בהקשר של האירועים האחרונים, יש לציין כי שר האנרגיה והתשתיות, ח"כ ישראל כ"ץ, חתם ביום חמישי האחרון על האישור להפעיל את תחנת הכוח "צומת", שתייצר חשמל בהספק כולל של כ-396 מגה וואט, תחנה זו היא תחנה "פיקרית" אשר תייצר חשמל בעיקר ברגעי שיא הצריכה ותופעל על ידי נגה בהתרעה קצרה, דבר שיקל על ניהול המערכת ויגדיל את הגמישות שלו.

מגמות טמפרטורת המקסימום והמינימום הממוצעת



ממוצע נע 11 שנים

1950-2020

טמפרטורת המקסימום
עלתה בשיעור של כ-

0.21 מ"צ/עשור

טמפרטורת המינימום
עלתה בכ-

0.25 מ"צ/עשור

1991-2020

טמפרטורת המקסימום
עלתה בשיעור של כ-

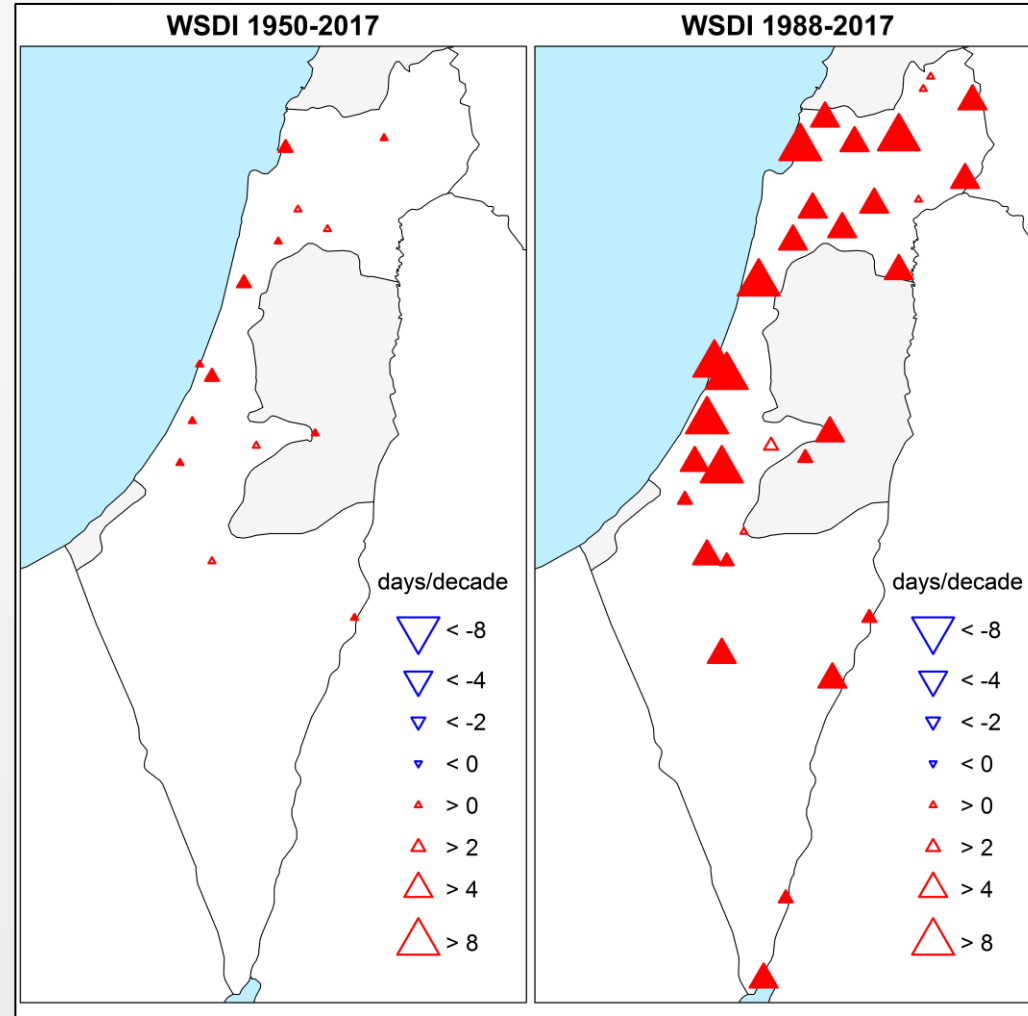
0.59 מ"צ/עשור

טמפרטורת המינימום
עלתה בכ-

0.58 מ"צ/עשור

שינויים במשך גלי החום

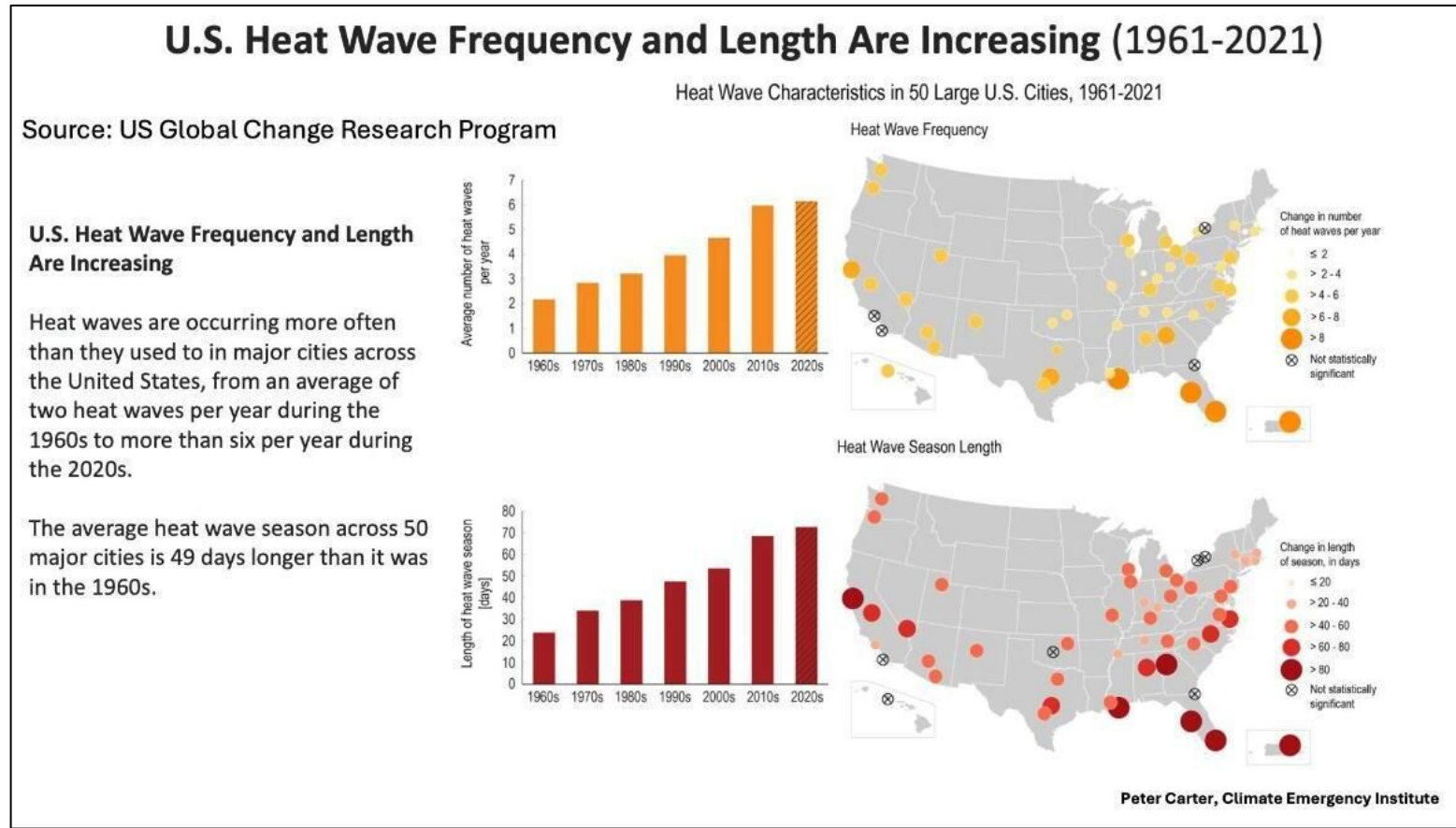
Warm Spells



(Yosef et al., 2019)

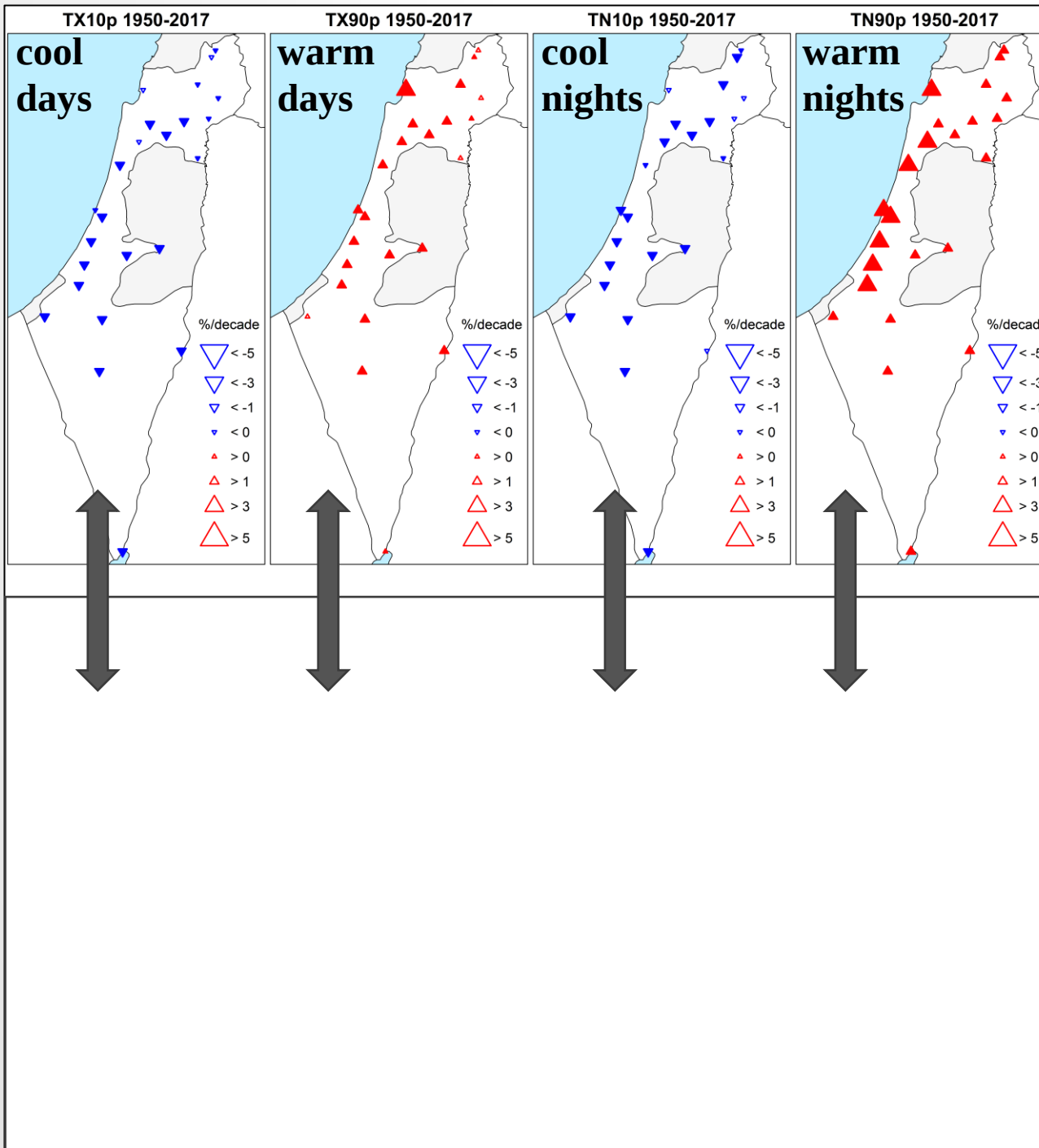
WSDI: Annual count of days with at least 6 consecutive days when TX > 90th percentile

הגידול במספר גלי החום ומשכם בארה"ב



1950-2017

1988-2017

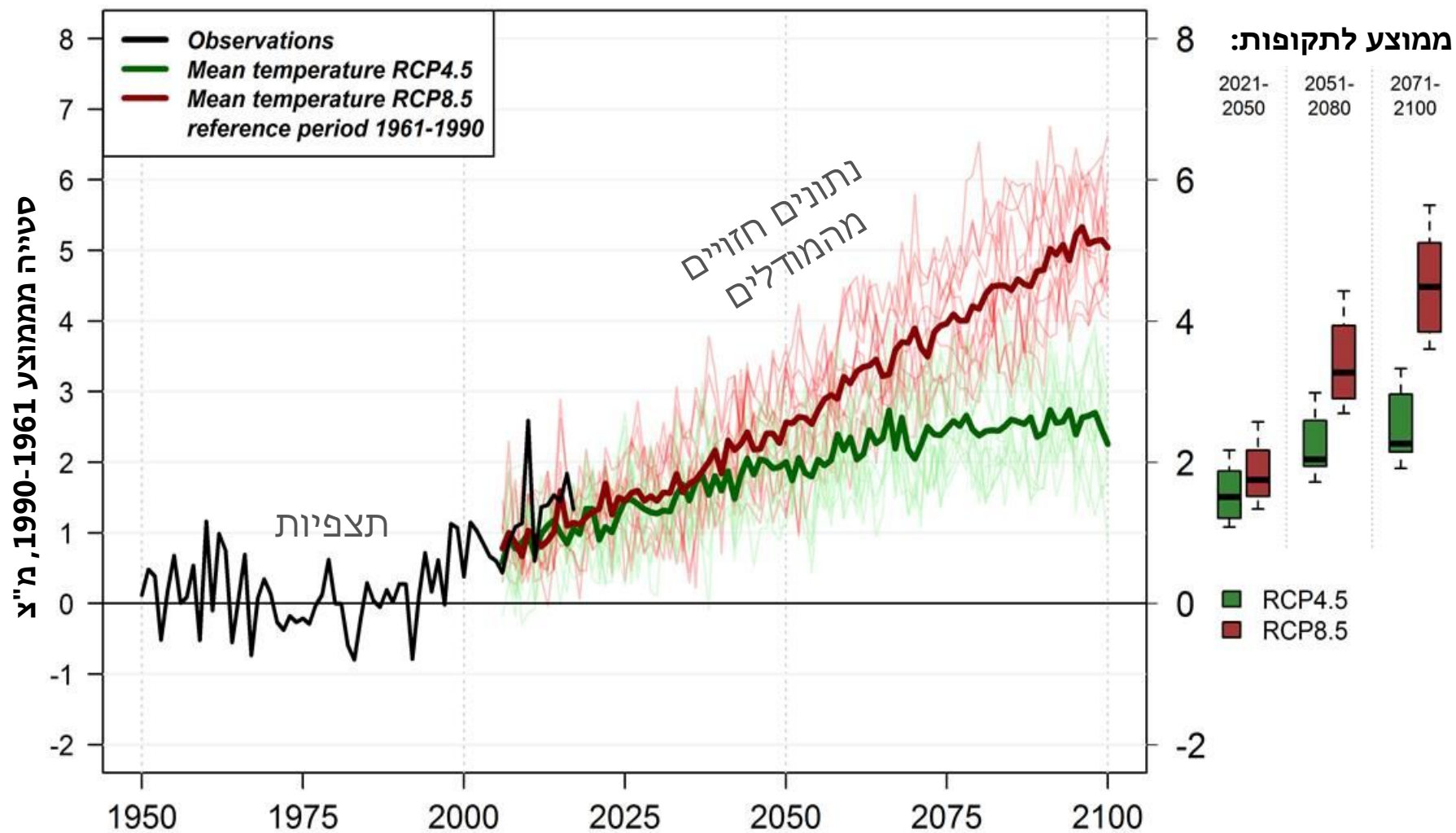


מגמות בתדירות מספר הימים/לילות החמים/קרים

The annual trends of:
TX10p (cool days),
TX90p (warm days),
TN10p (cool nights)
TN90p (warm nights).
(unit: % / decade).

Upward red triangles represent increasing trends, downward blue triangles decreasing trends. Different sizes of triangles indicate different magnitudes of trends. Significant changes ($p \leq 0.05$) are indicated by filled triangles. (Yosef et al., 2019)

השינוי הצפוי בטמפרטורה הממוצעת השנתית בישראל ביחס לתקופת יחוס 1961-1990



מגמת גלי חום קיצוניים במרכז ישראל (טמפרטורות של 45 מעלות)

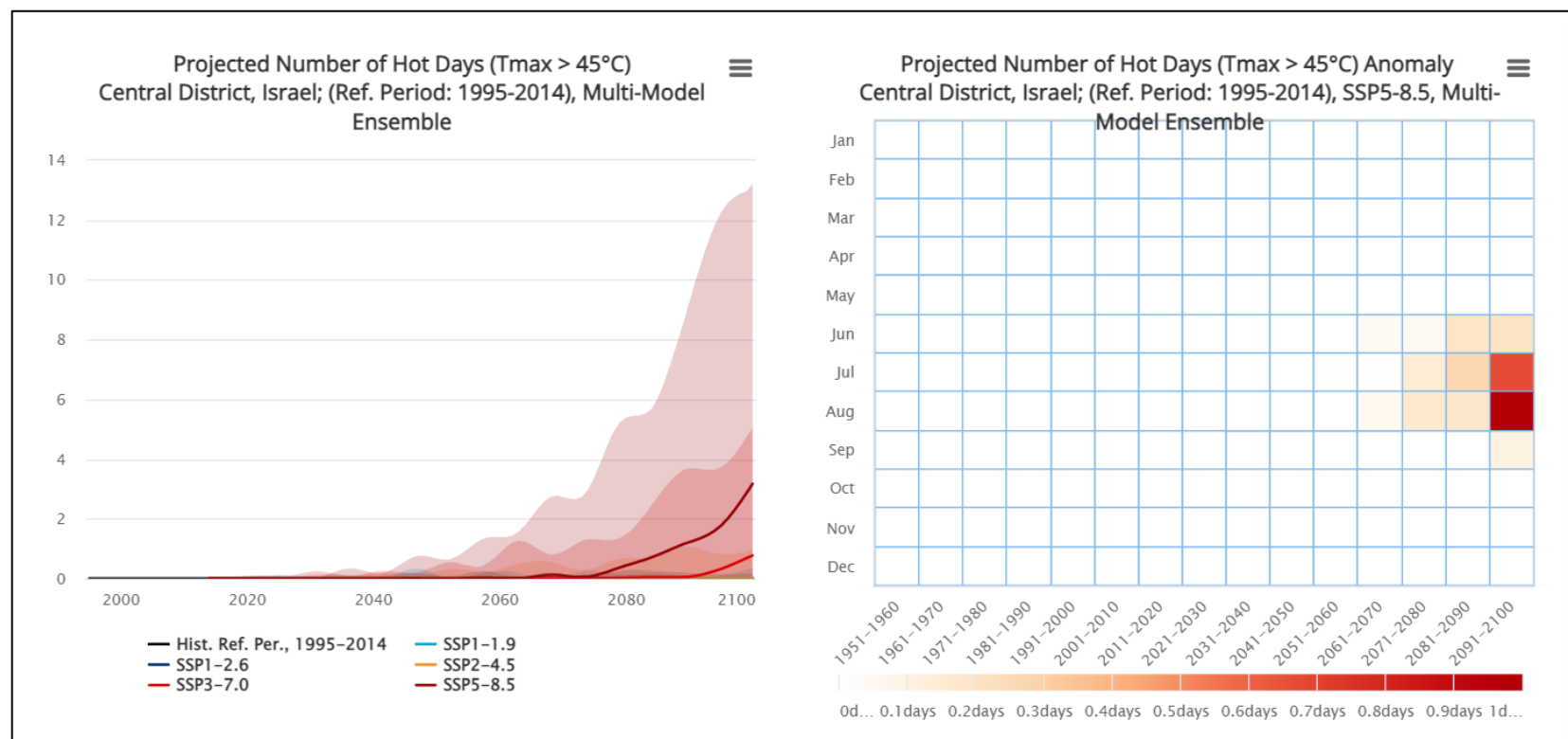
Projected heat waves: 45 degrees

תדירות גלי חום קיצוניים:

2020-2025: אחת לשנה

2040-2060: 2-3 פעמים בשנה

2070-2100: 4-5 פעמים בשנה

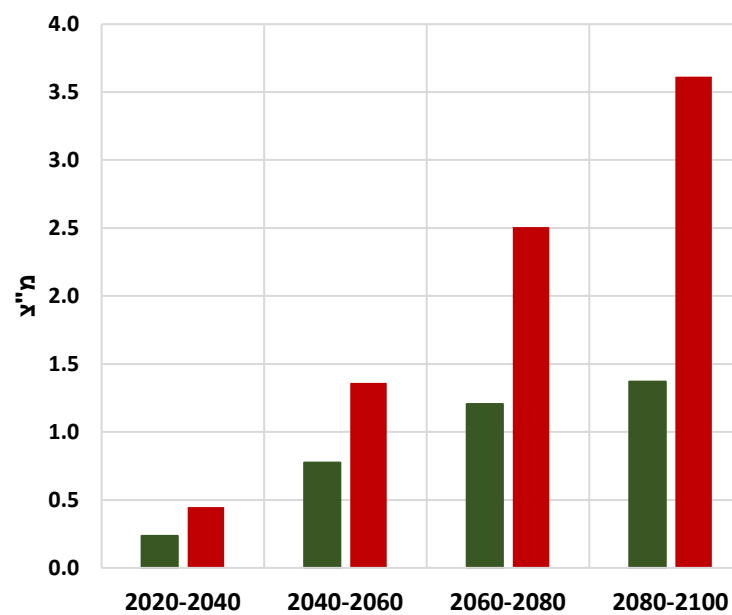
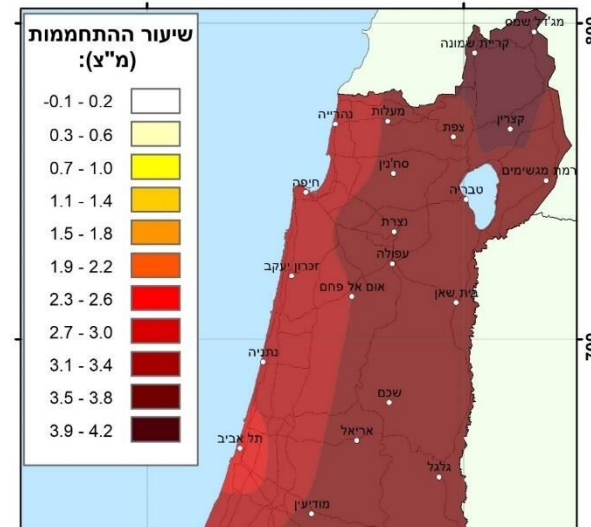
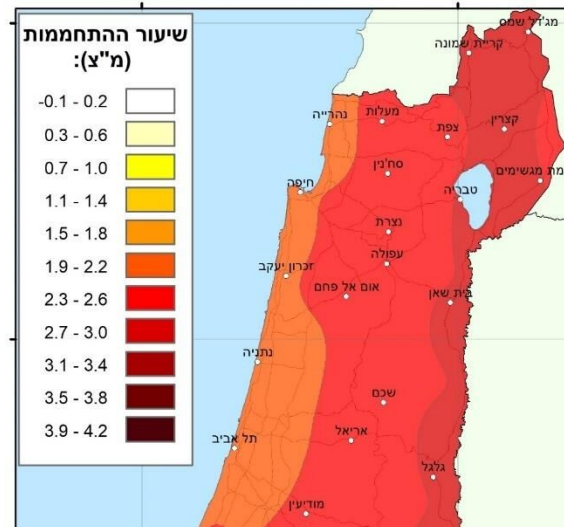
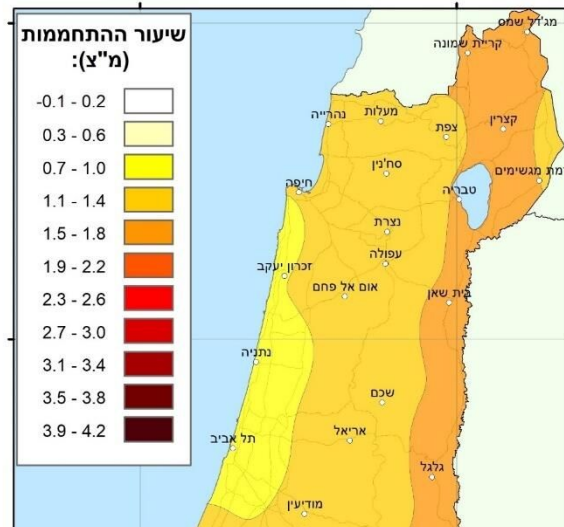
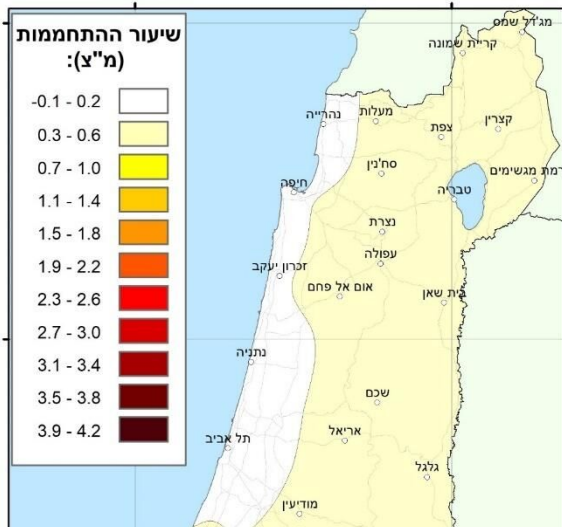


Tm, 2021-2040, RCP 8.5

Tm, 2041-2060, RCP 8.5

Tm, 2061-2080, RCP 8.5

Tm, 2081-2100, RCP 8.5

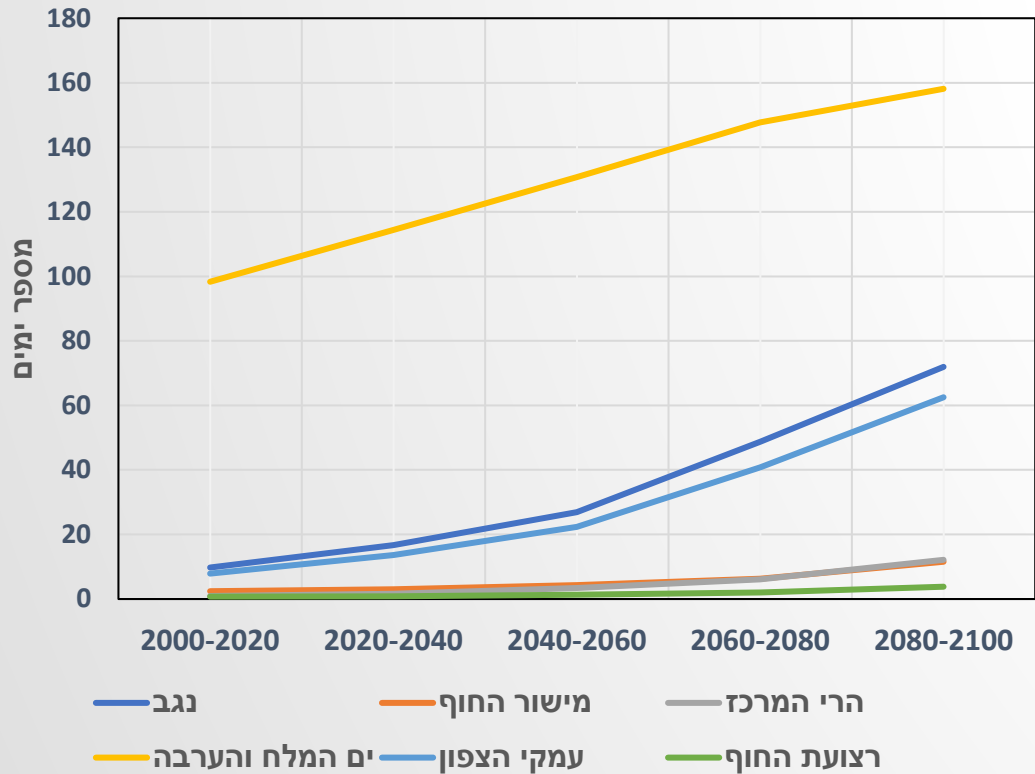


■ תרחיש מתון - RCP4.5 ■ תרחיש חמור - RCP8.5

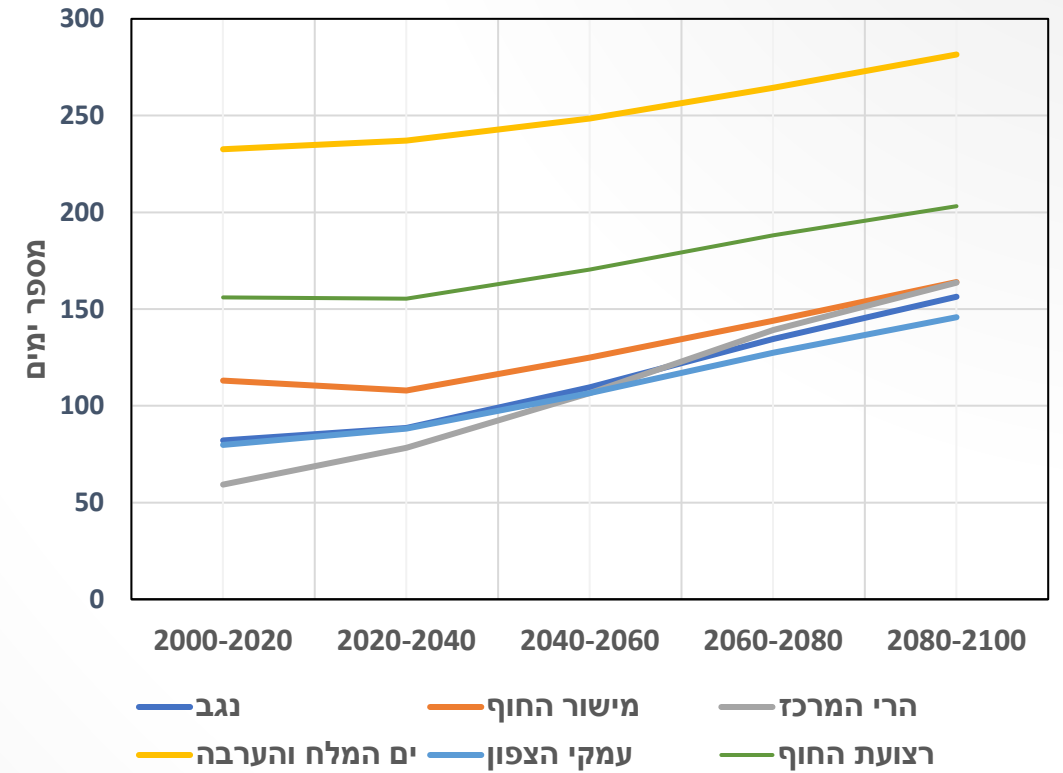


ימים ולילות חמים 2000-2100

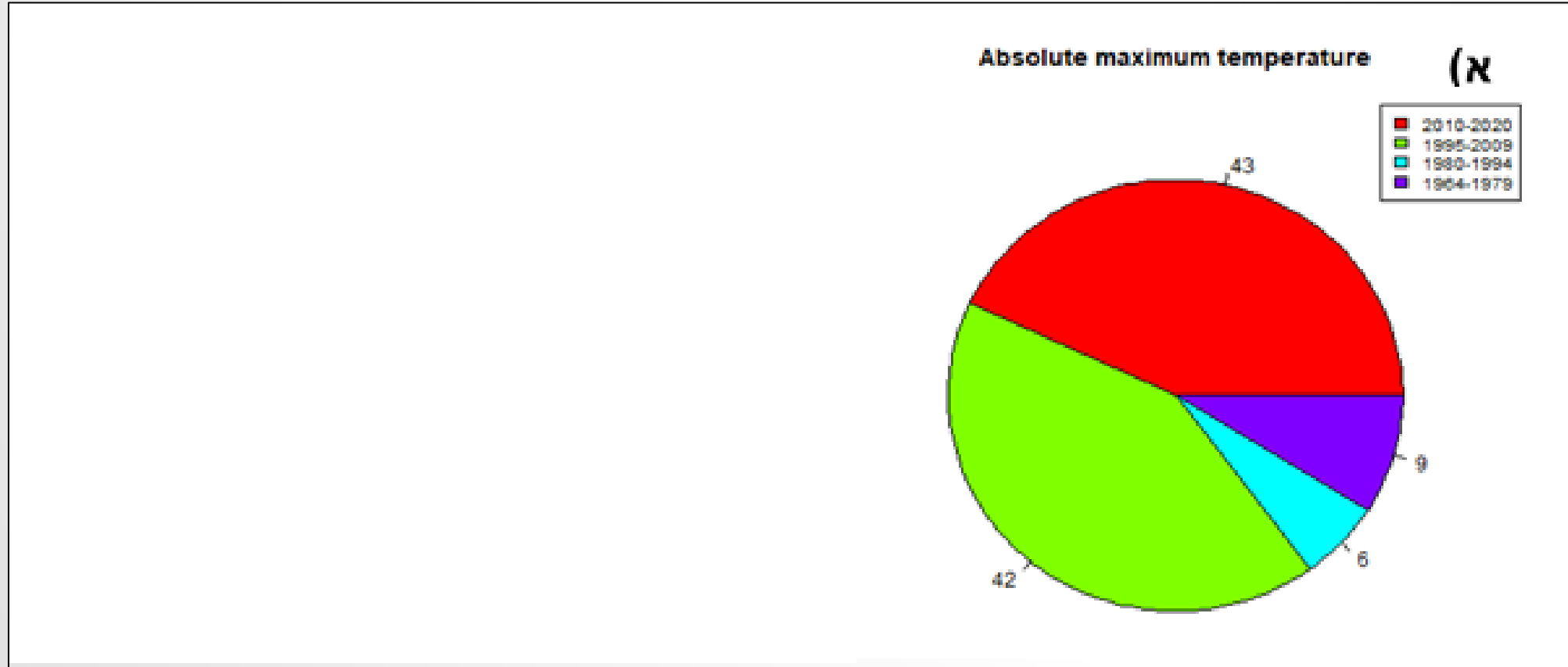
מספר ימים מעל 38 מ"צ



מספר לילות מעל 20 מ"צ



שבירת ערכי שיא בטמפרטורה



החלק היחסי באחוזים של שבירת שיאי ערכי קיצון של טמפרטורת מקסימום (א) ומינימום (ב), בתקופות:
2020-2010 (אדום), 2009-1995 (ירוק), 1994-1980 (תכלת), 1979-1964 (סגול). (אילוטוביץ וחוב', 2024).

ערכי טמפרטורת שיא עד סוף 2100 (מ"צ)

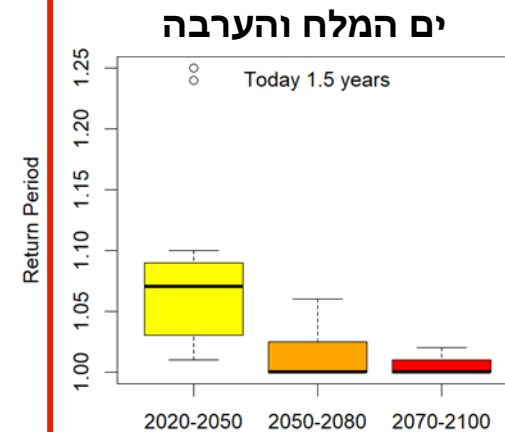
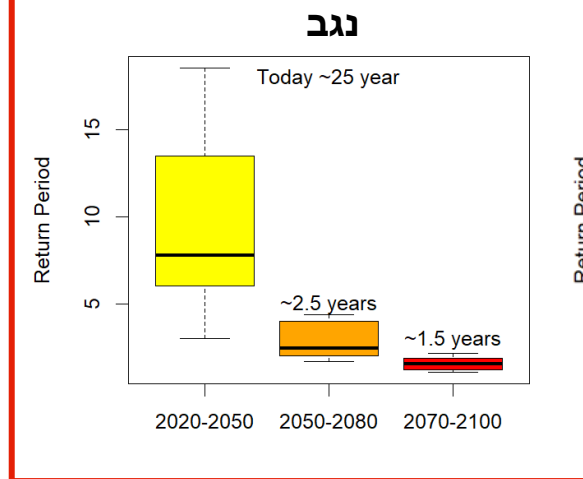
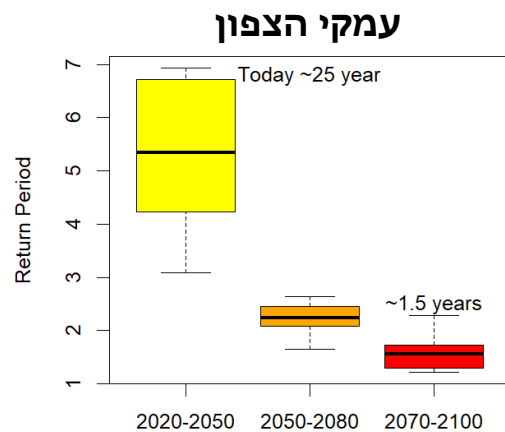
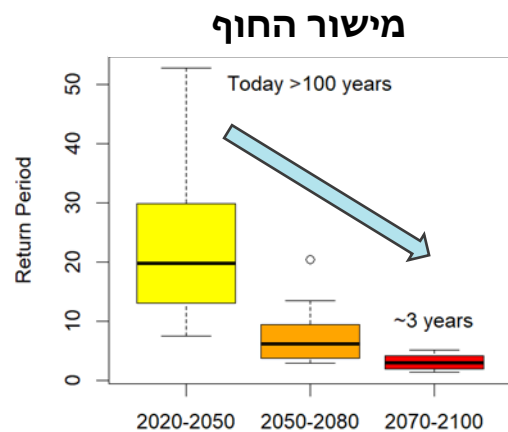
טמפרטורה מינימלית הגבוהה ביותר (לילות חמים)

2080-2100	2060-2080	2040-2060	2020-2040	2000-2020	אזור
33.5 (32.2, 34.6)	33.1 (31.5, 34.6)	31.8 (30.3, 35.7)	30.6 (29.6, 32.1)	28.5	עמקי הצפון (עפולה)
34.3 (33.3, 35.8)	32.9 (31.9, 34.4)	32.6 (30.3, 35.6)	31.4 (30.0, 33.7)	29.2	רצועת החוף (תל אביב)
33.3 (32.0, 34.9)	31.8 (30.8, 33.5)	31.3 (28.8, 34.7)	30.2 (29.3, 32.9)	28.9	מישור החוף (בית דגן)
36.5 (34.5, 38.4)	35.3 (33.9, 36.9)	36.1 (32.9, 38.0)	33.1 (31.1, 35.2)	31.6	הרי המרכז (ירושלים)
32.8 (31.6, 34.2)	31.7 (30.9, 34.3)	31.5 (29.6, 34.2)	29.9 (27.7, 31.1)	27.1	נגב (באר שבע)
42.4 (41.1, 44.4)	40.7 (38.9, 41.3)	40.7 (39.0, 42.6)	38.2 (36.2, 41.7)	36.5	ים המלח והערבה (סדום)

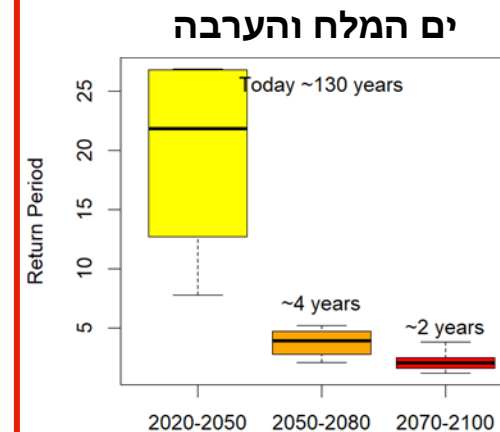
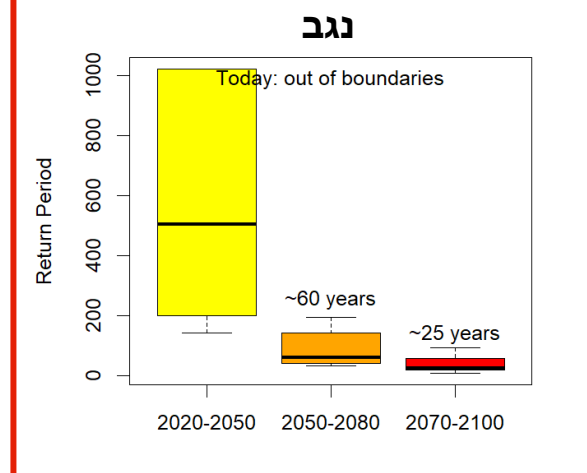
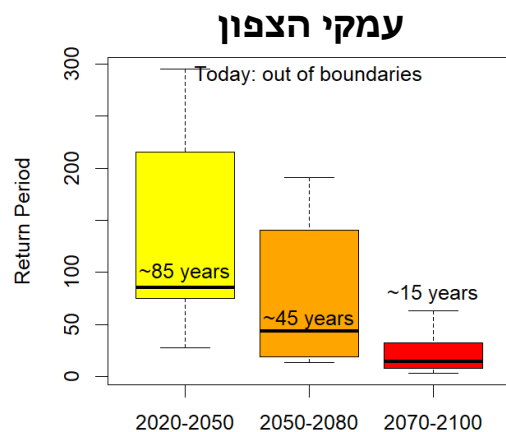
טמפרטורה מקסימלית (ימים חמים)

2080-2100	2060-2080	2040-2060	2020-2040	2000-2020	אזור
51.0 (50.1, 52.2)	49.5 (48.5, 51.7)	49.4 (47.5, 50.4)	47.5 (46.2, 48.9)	44.1	עמקי הצפון (עפולה)
47.4 (45.4, 49.4)	44.5 (42.2, 46.2)	44.2 (42.2, 46.5)	42.4 (41.0, 42.8)	41.5	רצועת החוף (תל אביב)
48.6 (47.1, 50.5)	46.7 (45.3, 49.5)	47.4 (46.0, 48.8)	44.2 (43.7, 45.2)	43.5	מישור החוף (בית דגן)
46.1 (44.1, 48.0)	45.3 (44.0, 46.4)	44 (42.5, 45.8)	43 (40.8, 44.4)	42.7	הרי המרכז (ירושלים)
50.3 (47.8, 52.2)	48.4 (47.4, 50.3)	48.3 (45.9, 50.6)	45.8 (45.1, 47.5)	44.6	נגב (באר שבע)
53.9 (51.7, 54.7)	52.9 (51.3, 53.9)	51.1 (50.4, 53.4)	50.5 (48.7, 52.2)	49.9	ים המלח והערבה (סדום)

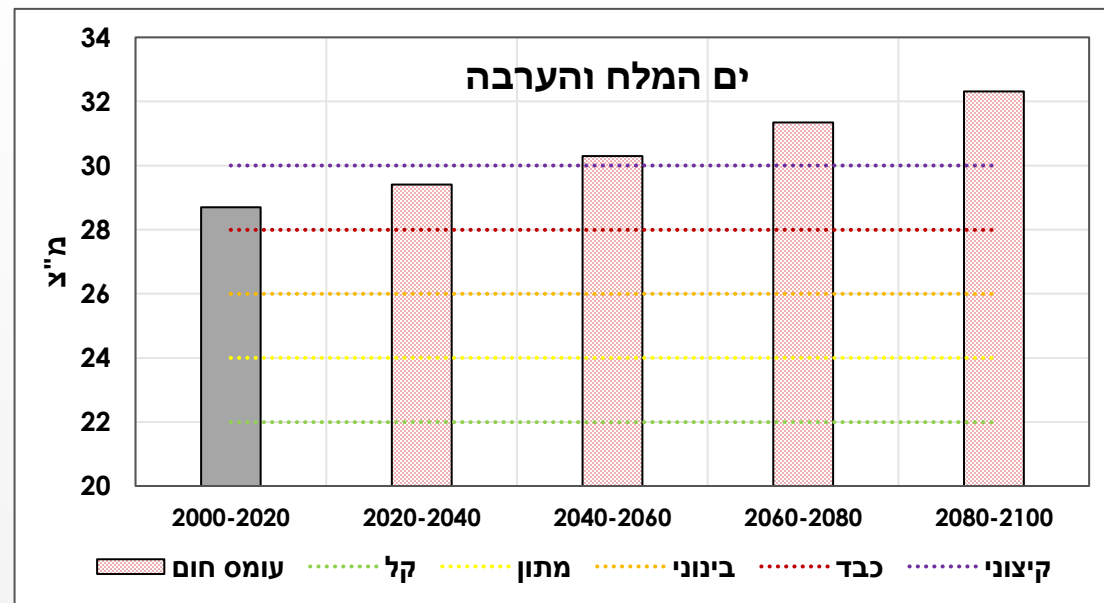
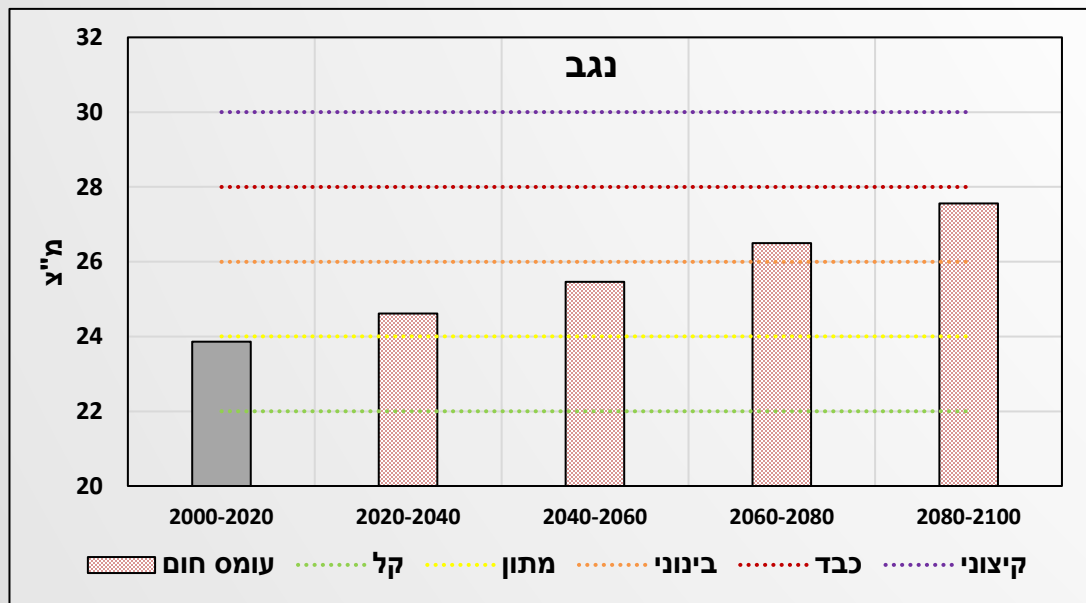
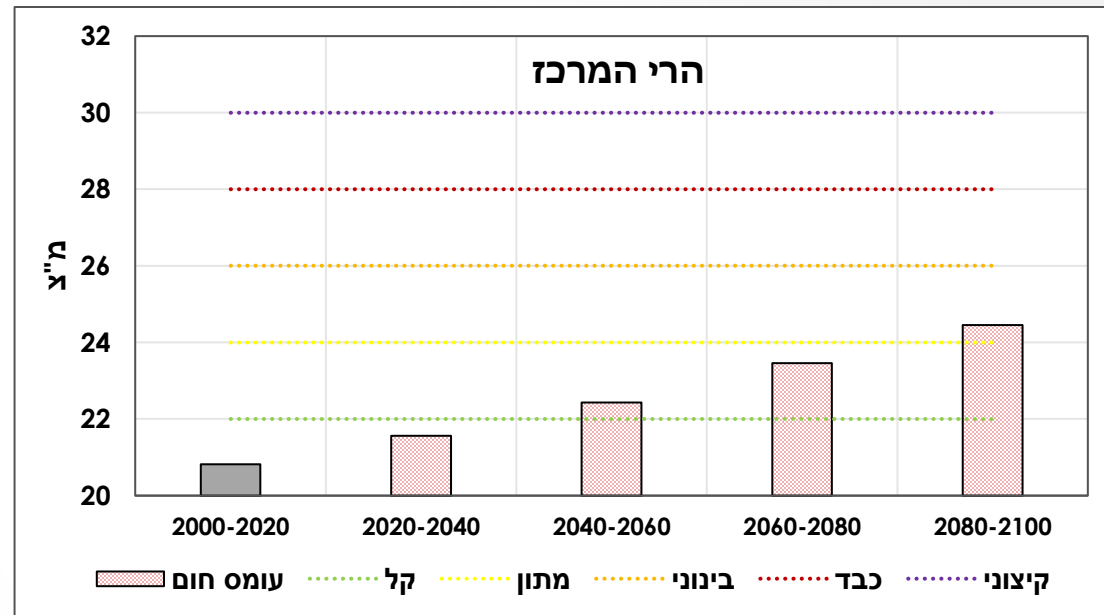
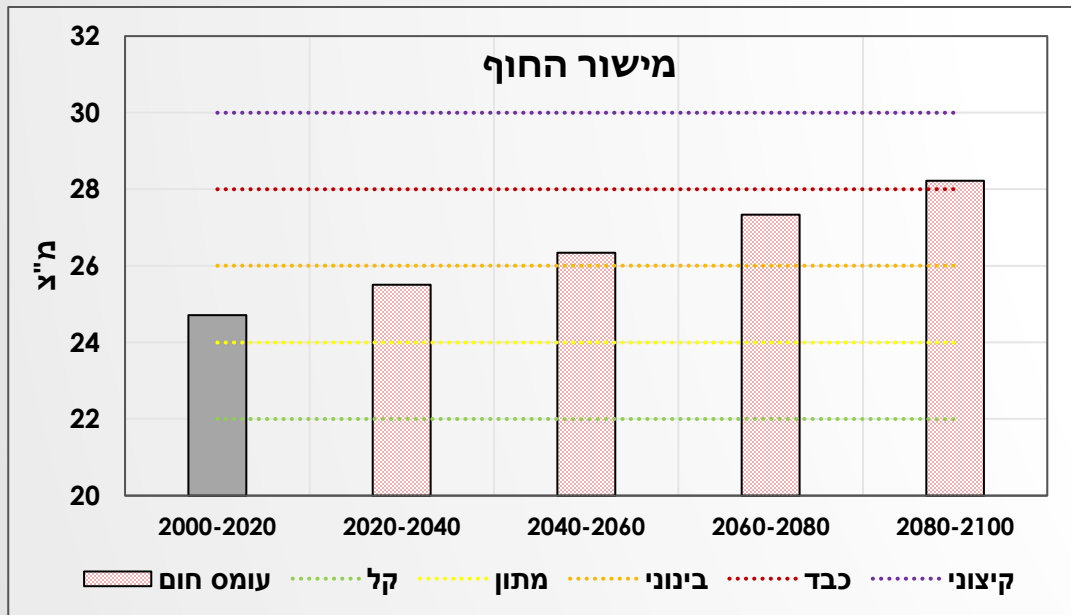
הסתברות לקבלת טמפרטורה קיצונית של 45 מ"צ ומעלה



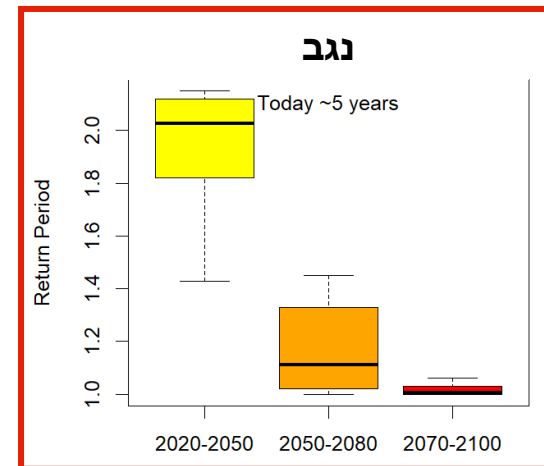
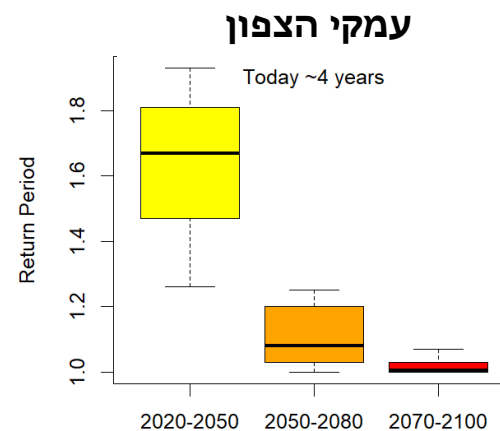
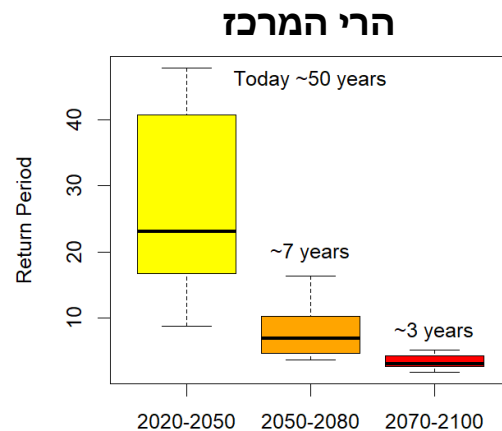
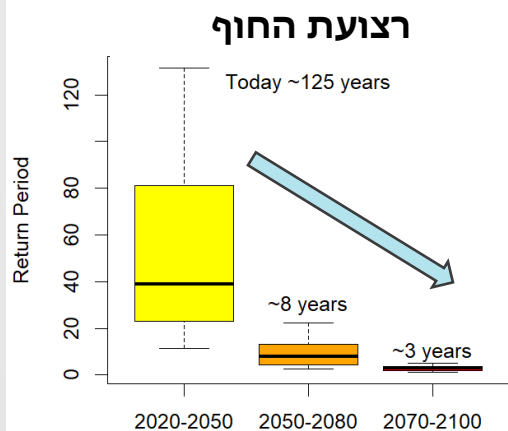
הסתברות לקבלת טמפרטורה קיצונית של 50 מ"צ ומעלה



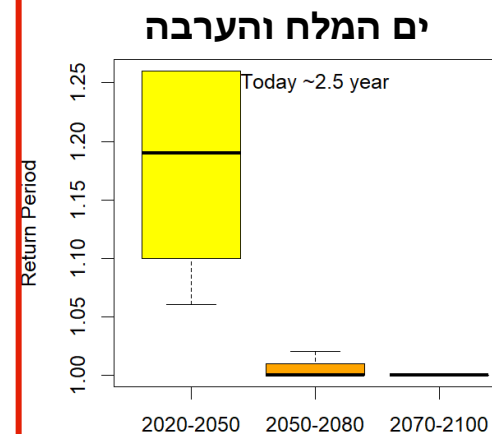
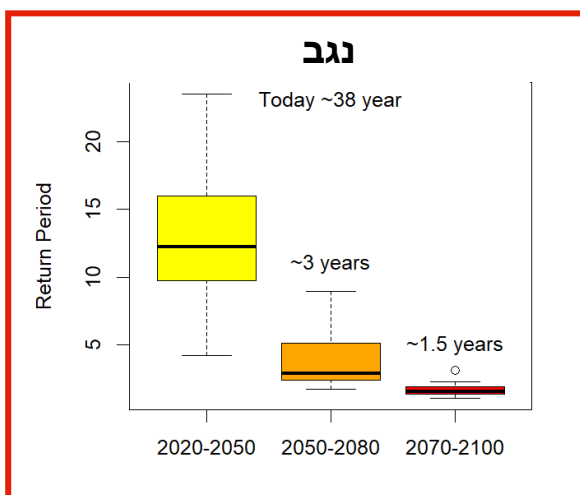
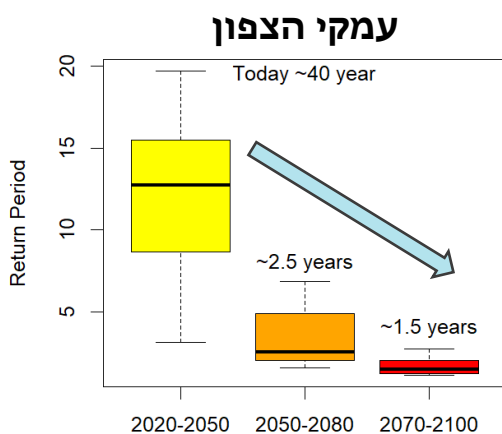
מגמות עומס חום



הסתברות לקבלת עומס חום קיצוני של 33 (יחידות אי נוחות)



הסתברות לקבלת עומס חום קיצוני של 35 מ"צ (יחידות אי נוחות)

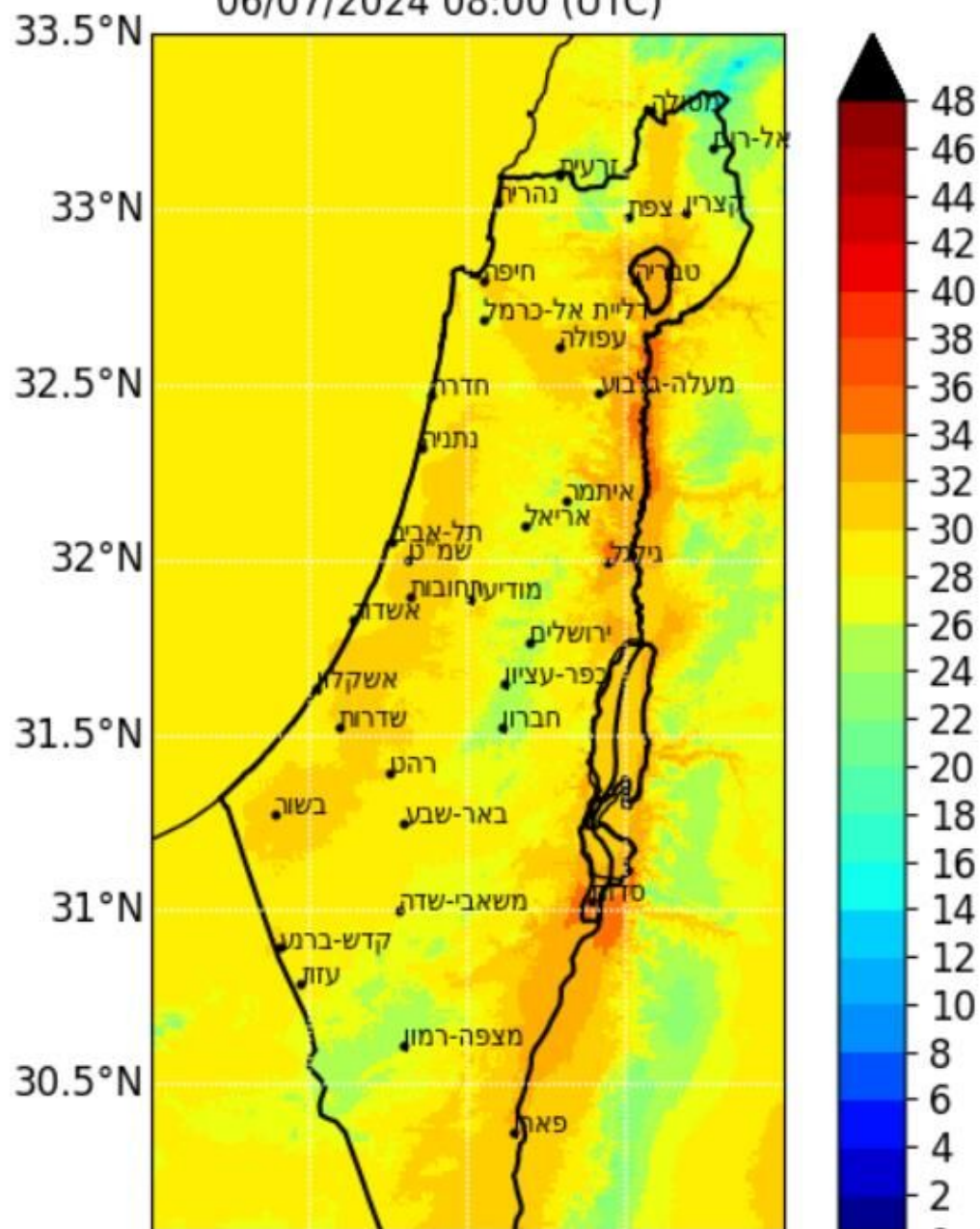


תחזיות מטאורולוגיות לטווחי זמן שונים לטובת חיזוי ביקושים במשק האנרגיה

- ❑ תחזית ברזולוציה לכל מקודה בארץ, עבור כלל הפרמטרים המשפיעים על ביקוש והיצע האנרגיה, ברזולוציה שעתית לטווח של 120 שעות. רמת הדיוק עבור חיזוי הטמפרטורות גבוהה מ-90%. עבור עומסי חום היא מעט יותר נמוכה (עקב השונות המרחבית של הלחות באטמוספירה).
- ❑ תחזית לאנומליות טמפ' ל-30 ימים הקרובים (בחלוקה לשבועות) אשר מתעדכנת מדי יום
- ❑ תחזית לטווח ארוך: אנומליות טמפ' חזויות ל-3 חודשים קדימה

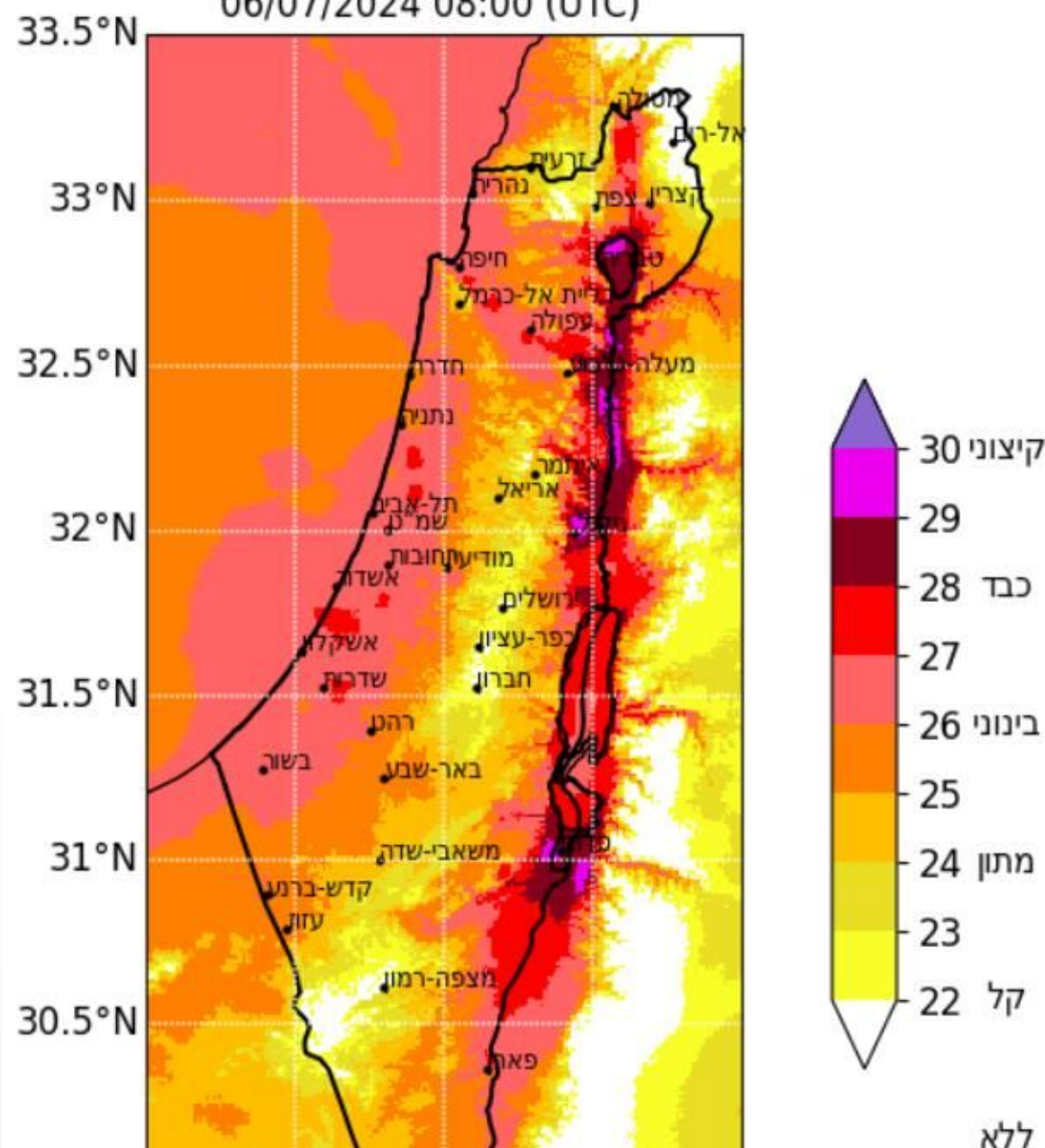
טמפרטורה ב-2 מטר [° צלזיוס]

06/07/2024 08:00 (UTC)



מדד עומס חום [° צלזיוס]

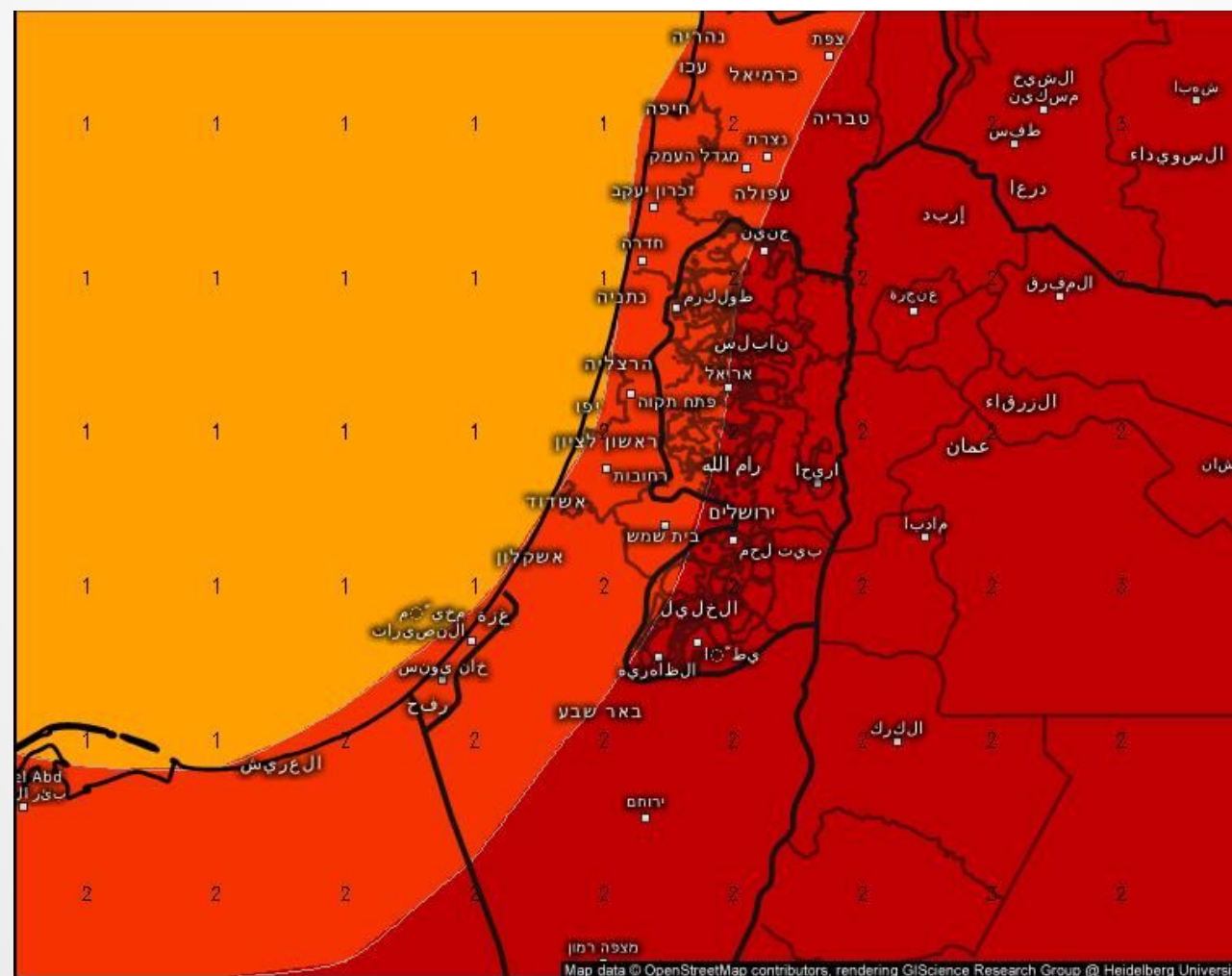
06/07/2024 08:00 (UTC)



תחזית מטאורולוגית שעתית לכל פרמטר לצורך מידול ביקושים

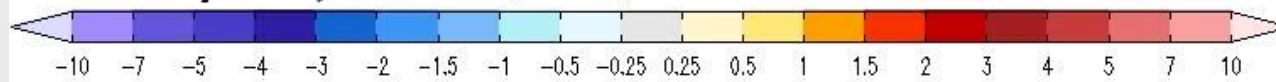
A	B	C	CA	CB
	DATE	HH(UTC)	JERUSALEM_CENTRE	JERUSALEM_GIVAT_RAM
0	MIN	-	19.9	19.6
1	MAX	-	34.7	34.5
2	AVG	-	28.2	27.8
3	08-07-2024	00	22.7	21.9
4	08-07-2024	01	21.4	21
5	08-07-2024	02	20.7	20.3
6	08-07-2024	03	19.9	19.6
7	08-07-2024	04	20.4	20
8	08-07-2024	05	22.1	21.8
9	08-07-2024	06	24	23.8
10	08-07-2024	07	26	25.8
11	08-07-2024	08	27.7	27.5
12	08-07-2024	09	28.9	28.7
13	08-07-2024	10	29.6	29.3
14	08-07-2024	11	29.8	29.4
15	08-07-2024	12	29.6	29.3
16	08-07-2024	13	29.2	28.9
17	08-07-2024	14	28.5	28.1
18	08-07-2024	15	27.4	27
19	08-07-2024	16	26.2	25.8
20	08-07-2024	17	24.9	24.5
21	08-07-2024	18	24.1	23.7
22	08-07-2024	19	23.8	23.2
23	08-07-2024	20	23.8	23.2
24	08-07-2024	21	23.9	23.5
25	08-07-2024	22	24.2	23.7
26	08-07-2024	23	24	23.6

תחזית לאנומלית טמפ' שיצאה בסוף מאי עבור יוני 2024

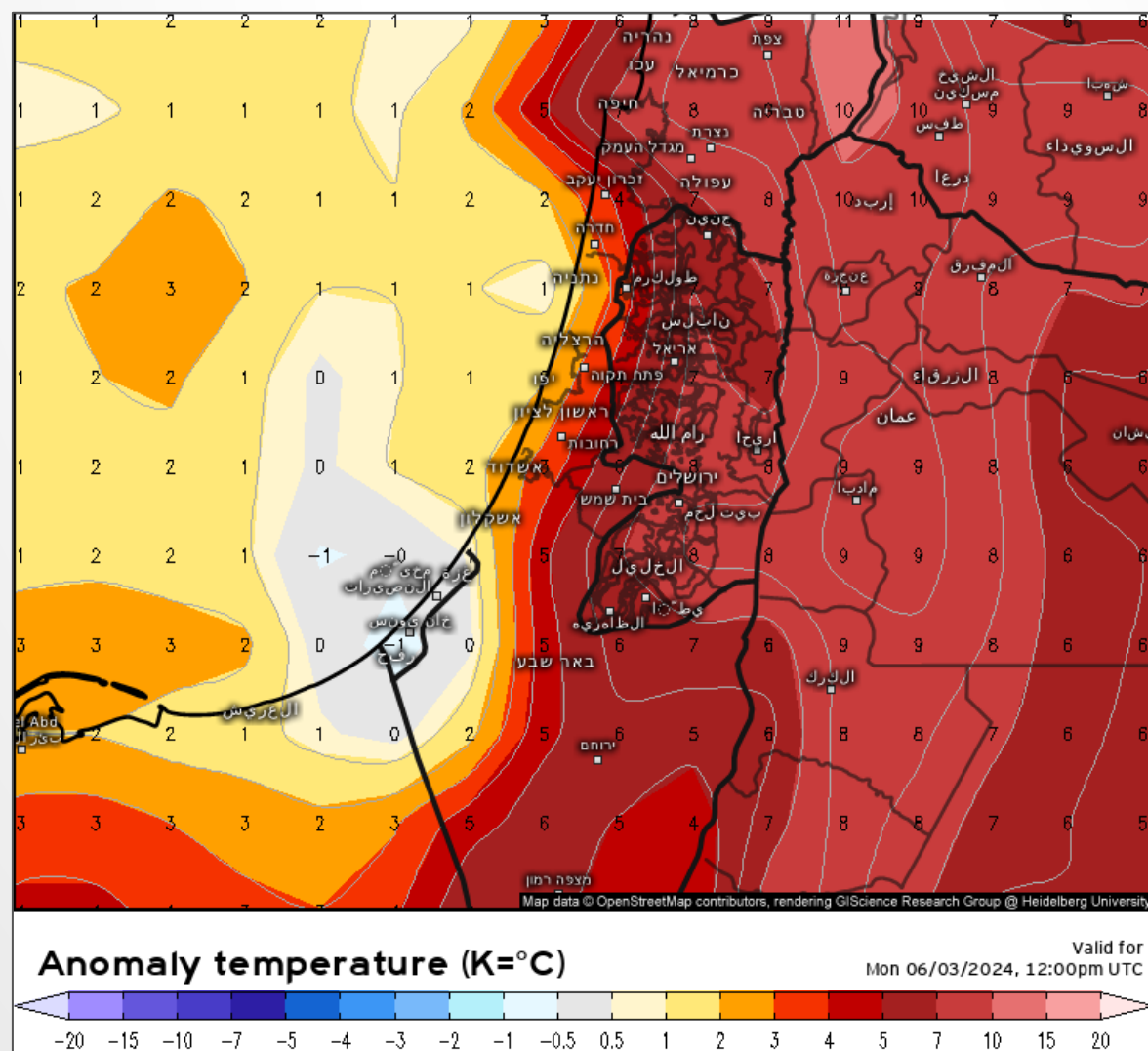


Anomaly temperature (K=°C)

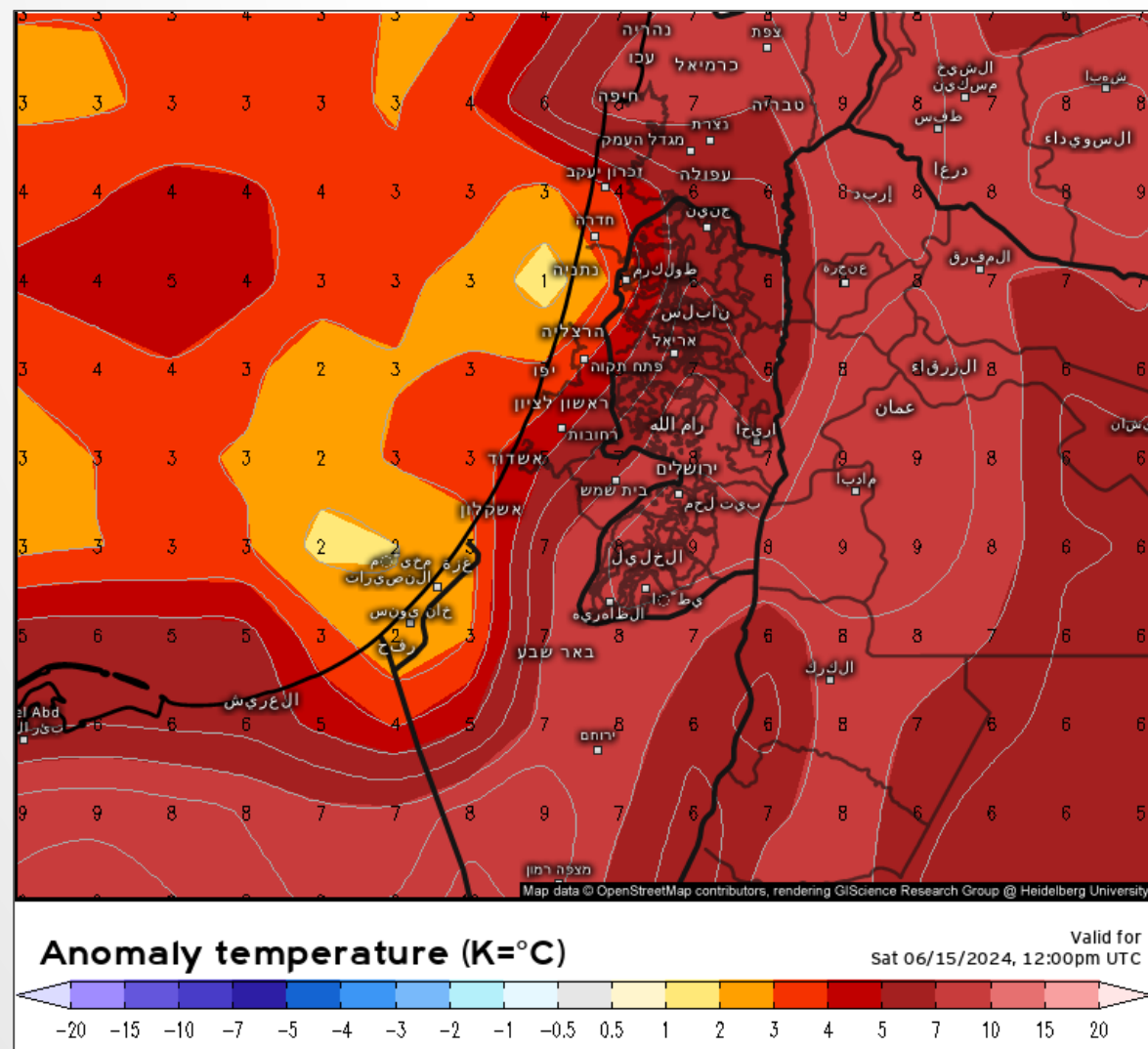
Valid for
June 2024



תחזית לאנומלית טמפ' עבור גל החום בתחילת יוני שיצאה בסוף מאי 2024: 7-10 מעלות מעל לממוצע העונתי בפנים הארץ



תחזית לאנומלית טמפ' עבור גל החום באמצע יוני שיצאה בתחילת יוני 2024: 7-9 מעלות מעל לממוצע העונתי בפנים הארץ



מסקנות

1. דוחות השירות המטאורולוגי מבציעים על אינדיקציה ברורה למגמות האקלימיות החזויות ולאלו שכבר משפיעות על ישראל.
2. לשינויים אקלימיים אלו יש השלכות ניכרות על כל תחומי החיים בישראל: בריאות, מים, תשתיות, ניקוז, חירום, חקלאות, **אנרגיה**, סביבה ועוד.
3. על כל רשות:
 - לנתח את השפעת שינויי האקלים פעילותם, לאור המגמות הנצפות.
 - להעריך את ההשלכות והרגישויות שיש לכל רשות, לאור המגמות החזויות.
4. שינויים אלו מחייבים תכנון והערכות מקדימה.