מדינת ישראל

השרות ההידרולוגי

רשות המים

המצב ההידרולוגי באגן ההיקוות של הכנרת וצפי לשנים הבאות

עמיר גבעתי,

השירות ההידרולוגי - רשות המים

- מצב מקורות המים בסתיו 2017: אגן ההיקוות של הכנרת
- מגמות הידרו-אקלימיות נצפות ? האם ישנה מגמה ?

  (משקעים, ספיקות, נפחי זרימה)
- תרחישים לקיץ 2018
- תחזיות ארוכות טווח לאגן הכנרת ? לאן הולכת הכנרת ?

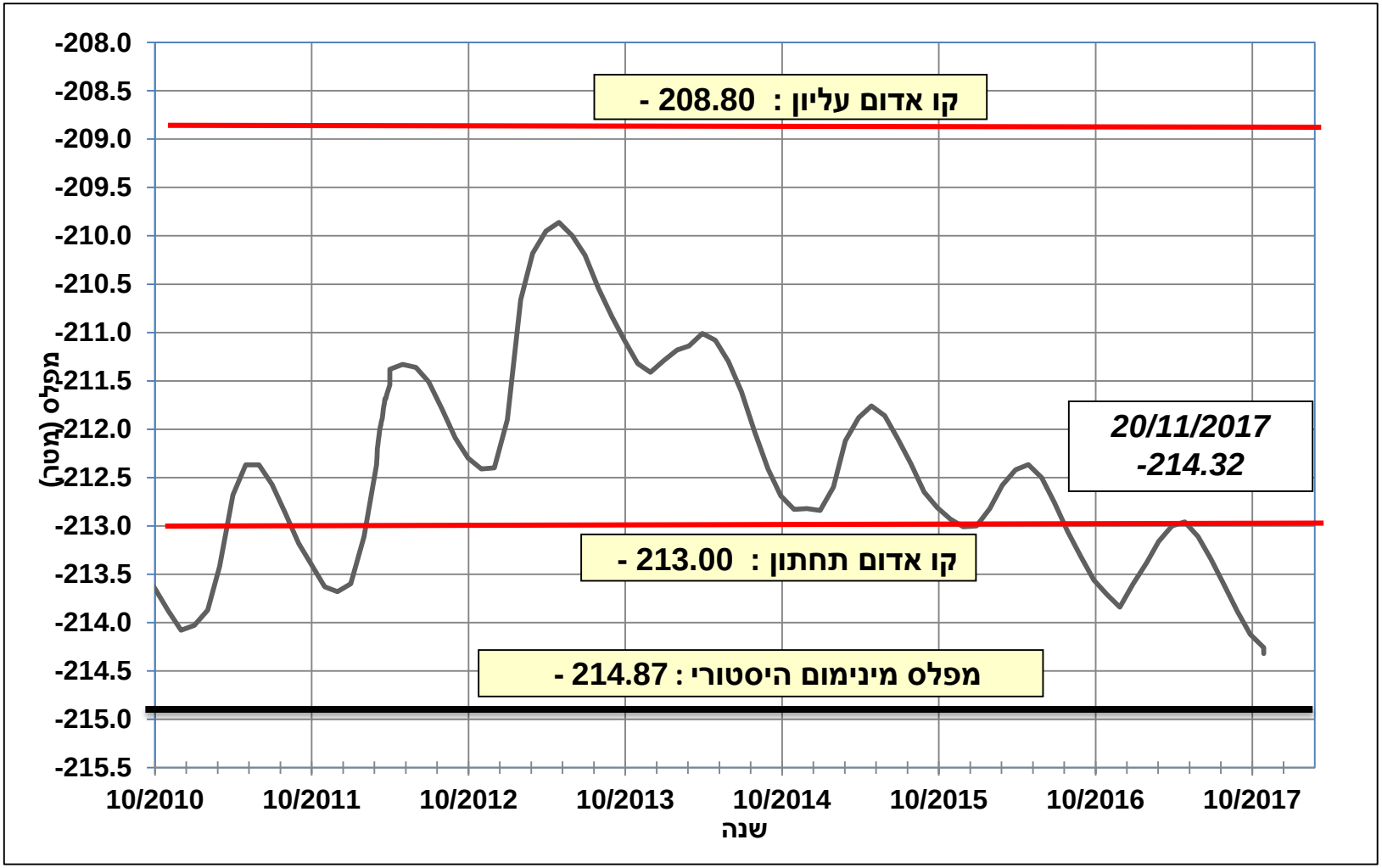
מפלס הכנרת ב-20.11.17: 214.32 - מ'

מפלס מינימום חזוי בכנרת ב - 2017: 214.37 - מ'

מפלס מינימום חזוי בכנרת ב- 2018: 215.00 - מ' ???

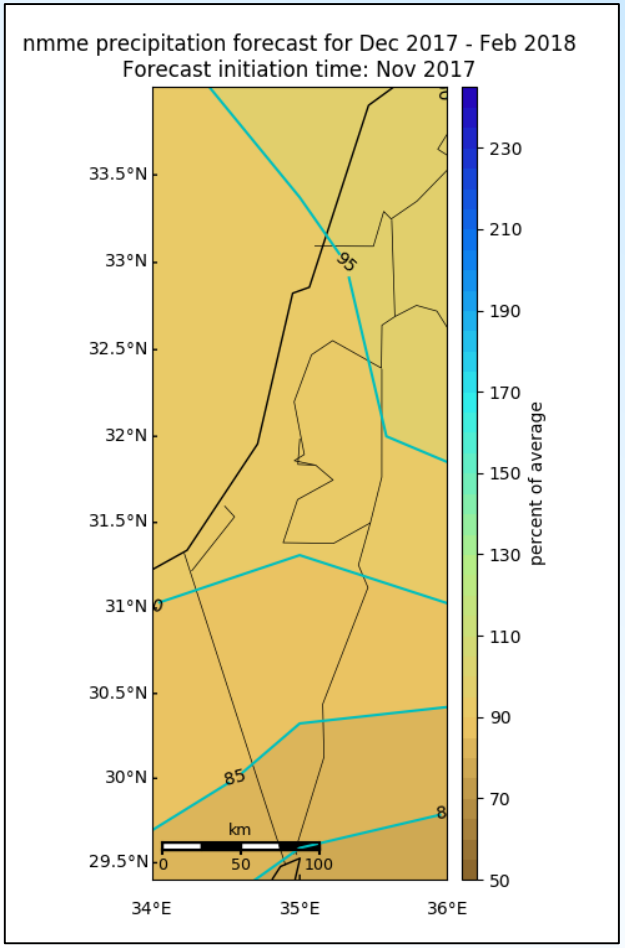
מפלס השפל ההיסטורי הידוע בכנרת: 214.87- מ' ב-01.12.2001

מפלס הכנרת בשנים האחרונות

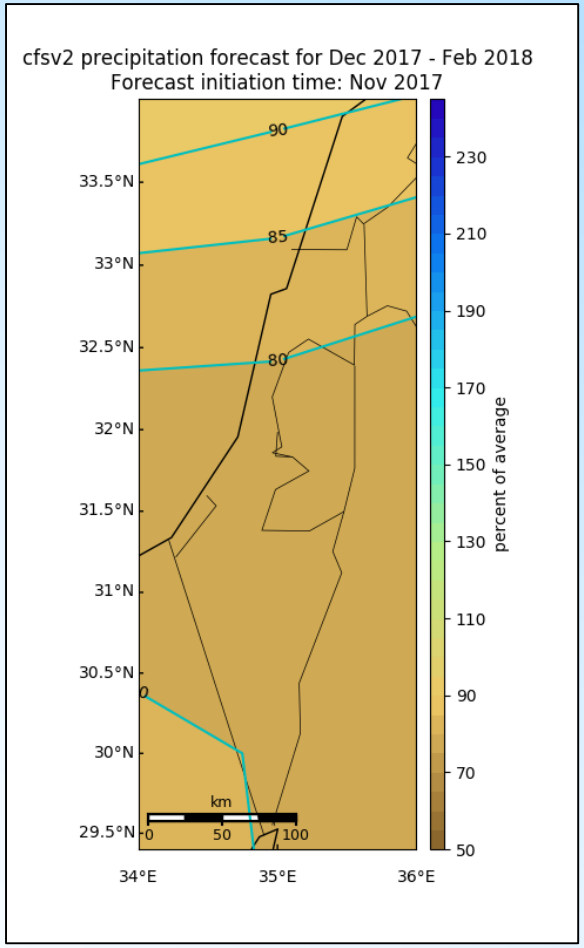


כמויות משקעים מצטברות בתקופה דצ' 2017 – פב' 2018
ב -% ביחס לממוצע הרב-שנתי לתקופה זו על פי אנסמבל של 8 מודלים (NMME):
ועל פי המודל "הטוב ביותר (CFSV2)

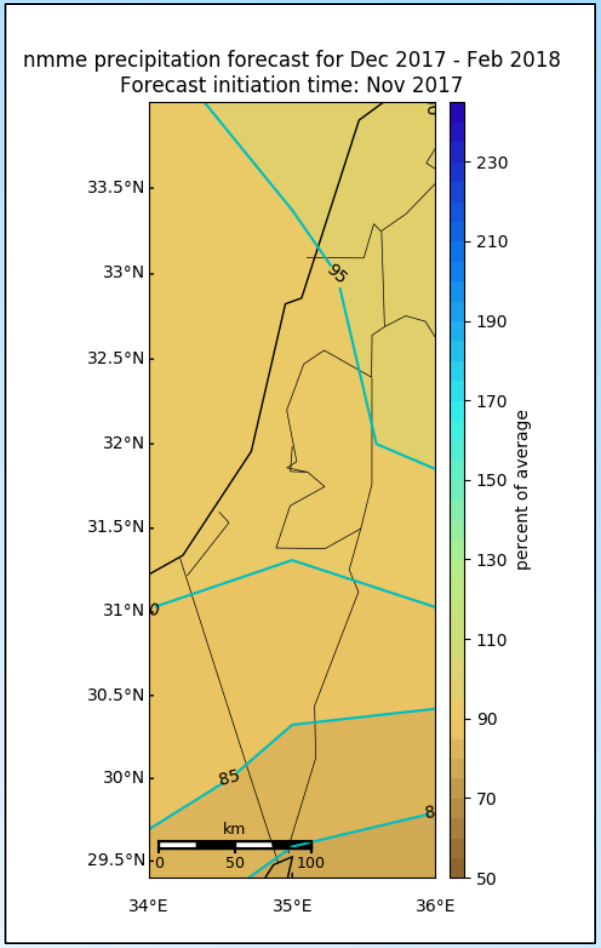
NMME



CFSV2



ECMWF



תרחישי גשם לשנת 2017/18
לצורך חישוב מילוי חוזר במערכת הארצית:

- על פי ממוצע כלל המודלים (8 במספר) התרחיש הסביר לשנת 2017/18 הינו **85% גשם ביחס לממוצע** (2010-180)
- מתוך 8 מודלים 7 מצביעים על כמויות נמוכות מהממוצע ורק מודל בודד (NASA) מצביע על כמויות מעל לממוצע והוא זה "שמושך" את האינסמבל כלפי מעלה.
- מודל ה- CFSV2 שנמצא כמדויק ביותר לאזורנו החמיר בעדכון אוקטובר את הצפי שלו והוא עומד על **80-85%** (ראו שקף 2) ועל כן מומלץ להישאר עם הצפי של 85% בשקלול ארצי.
- לאור ההחמרה בצפי של ה-CFSV2 מוצע לקחת בחשבון גם תרחיש של 60% גשם בלבד.

נפחי מים זמינים חזויים בכנרת בשנת 2017/18 בתרחישי גשם שונים:

תרחיש גשם (%)	נפח מים זמינים (מלמ"ק)	שינוי אוגר (מלמ"ק)	מפלס חזוי בסיום שנה הידרולוגית (מ')
100	260	120	-213.37

בכל תרחישי הגשם מפלס הכנרת יישאר עמוק מתחת לקו האדום ועל כן מומלץ לא להגדיל את ההפקה גם בשנת גשם ממוצעת

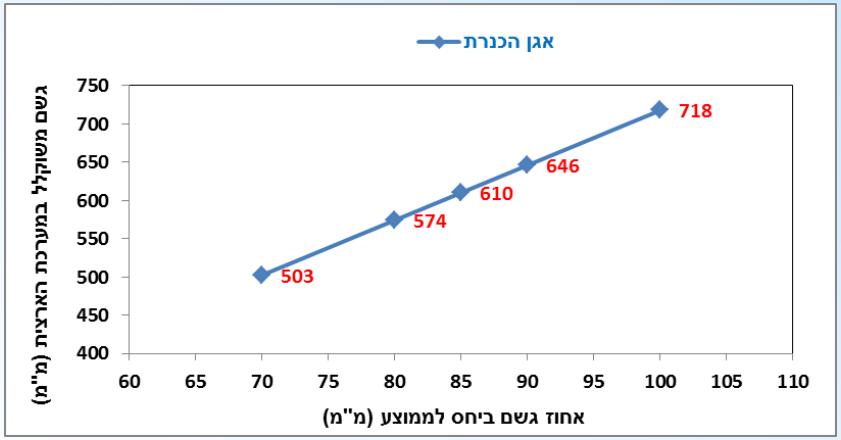
70	-12	- 143	-215.00

פירוט רכיבי מאזן כנרת חזוי לשנה ההידרולוגית 2017/18: 70% גשם

2017/18	2017 אוק	2017 נוב	2017 דצמ	2018 ינו	2018 פבר	2018 מרץ	2018 אפר	2018 מאי	2018 יונ	2018 יול	2018 אוג	2018 ספט	2018 אוק	2017/8 שנה הידרולוגית
מים זמינים (מלמ"ק)	-16.0	-10.0	5.0	36.0	35.0	20.0	19.0	-10.0	-21.0	-29.0	-20.2	-21.0	-16.0	-12
כניסות מהירמוך (מלמ"ק)		1.2	1.8	2.0	2.0	1.0								8
הפקה למפא"ר (מלמ"ק)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	5.0	6.0	6.0	5.0	5.0	0.0	30
הפקה ישירה (מלמ"ק)	9.0	5.4	2.5	1.3	2.5	4.4	8.0	10.8	12.2	13.7	12.8	9.4	9.0	92
הזרמה לירדן הדרומי (מלמ"ק)	0.6	1.3	1.3	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	9
סך הכל יציאות (מלמ"ק)	9.6	6.7	3.8	2.1	3.2	8.1	8.8	16.5	19.0	20.4	18.6	15.2	9.6	131
שינוי אוגר	-25.6	-16.7	1.2	33.9	31.8	11.9	10.2	-26.5	-40.0	-49.4	-38.8	-36.2	-25.6	-144
שינוי מפלס (ס"מ)	-0.16	-0.10	0.01	0.21	0.19	0.07	0.06	-0.16	-0.25	-0.30	-0.24	-0.22	-0.16	-0.88
מפלס כנרת חזוי בתחילת כל חודש	-214.11	-214.26	-214.37	-214.36	-214.15	-214.95	-213.88	-213.82	-213.98	-214.23	-214.53	-214.77	-214.99	

תחנות גשם למעקב בעונת הגשמים 2017/18
לצורך הקצאות מים לחקלאות:
אגן כנרת

גשם ביחס לממוצע (%)	כמות גשם מצטברת ממוצעת* לתקופה 01.09-31.03 (מ"מ)	כמות גשם שנתית ממוצעת* (מ"מ)
70	503	541
80	574	618
85	610	657
90	646	695
100	718	773



תחנות גשם באגן כנרת:
- מרום גולן
- כפר גלעדי

* ממוצע: 1986-2017

מגמות נצפות באגן ההיקוות
של הכנרת בעשורים האחרונים

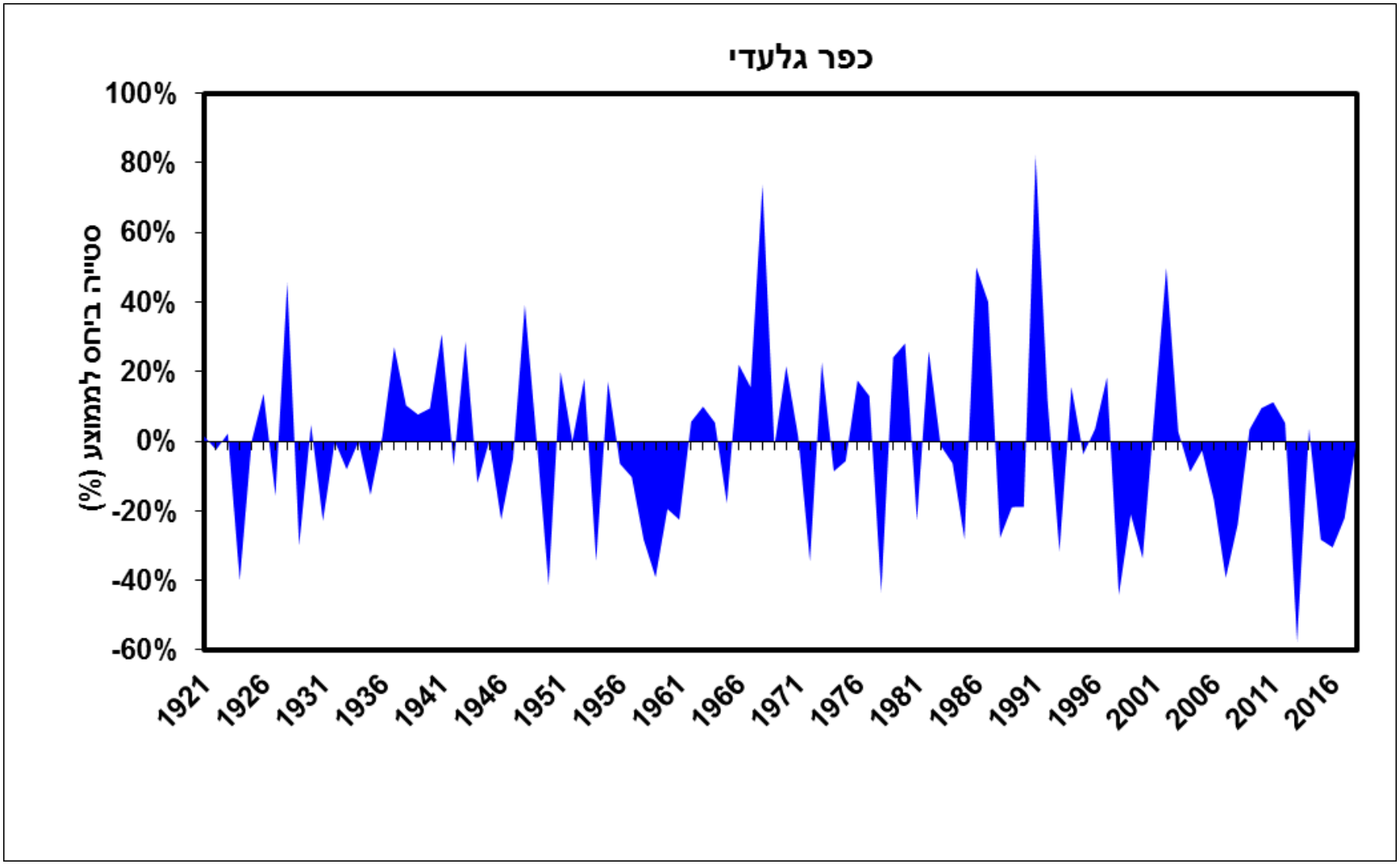
- עבודות קודמות הצביעו על מגמת פחיתה בכמויות משקעים באגן ההיקוות של הכנרת (זיו וחב', 2013), וכתוצאה מכך בשפיעת המעיינות, בזרימות בנחלים ובנפחי המים הזמינים בכנרת (רימר וחוב', 2011, גבעתי וחוב' 2007,2013, 2017).

- ירידה זו מיוחסת בעיקר לפחיתה במשקעים במעלה אגן ההיקוות ופחות לעלייה בצריכת המים באגן (גבעתי ורוזנפלד, 2013).

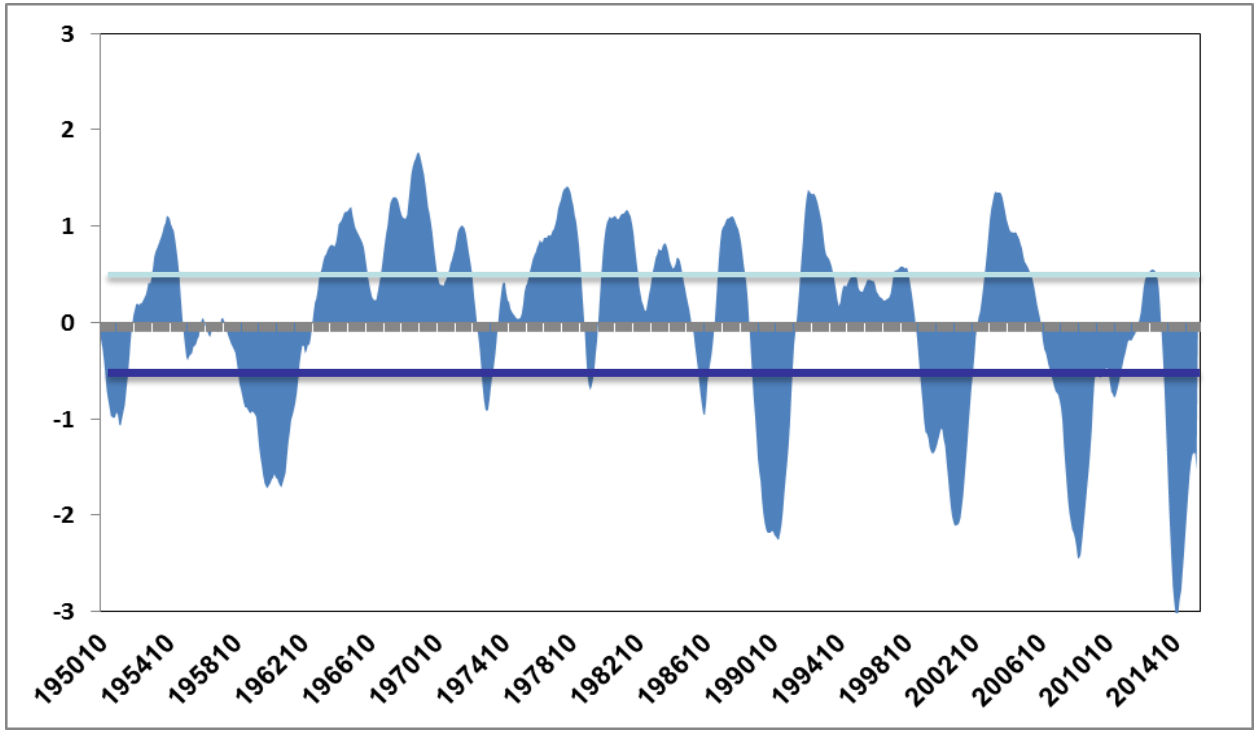
- במקביל, מתועדת גם עלייה בתנודתיות של המשטר ההידרולוגי, התארכות פרקי יובש, והחרפה באינדקס הבצורת (עלייה בעוצמת הבצורת, במשכה ובעומקה).

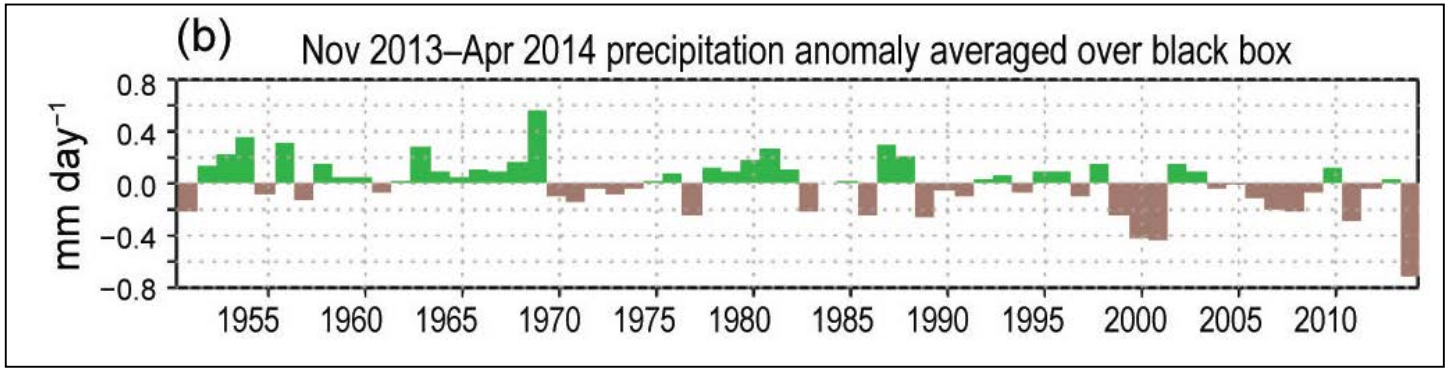
- ניתוח של המודלים האקלימיים (גלובאליים ואזורים) וכן הבנה של המגמות הפיסיקאליות של הסירקולציה הגלובאלית במאה ה-21 מצביעים על כך שמגמות אלה עוד יחריפו בעשורים הקרובים (גבעתי ורוזנפלד, 2013).

סדרת משקעים מייצגת לאגנים צפוניים: כפר גלעדי



Drought index for the Dan spring

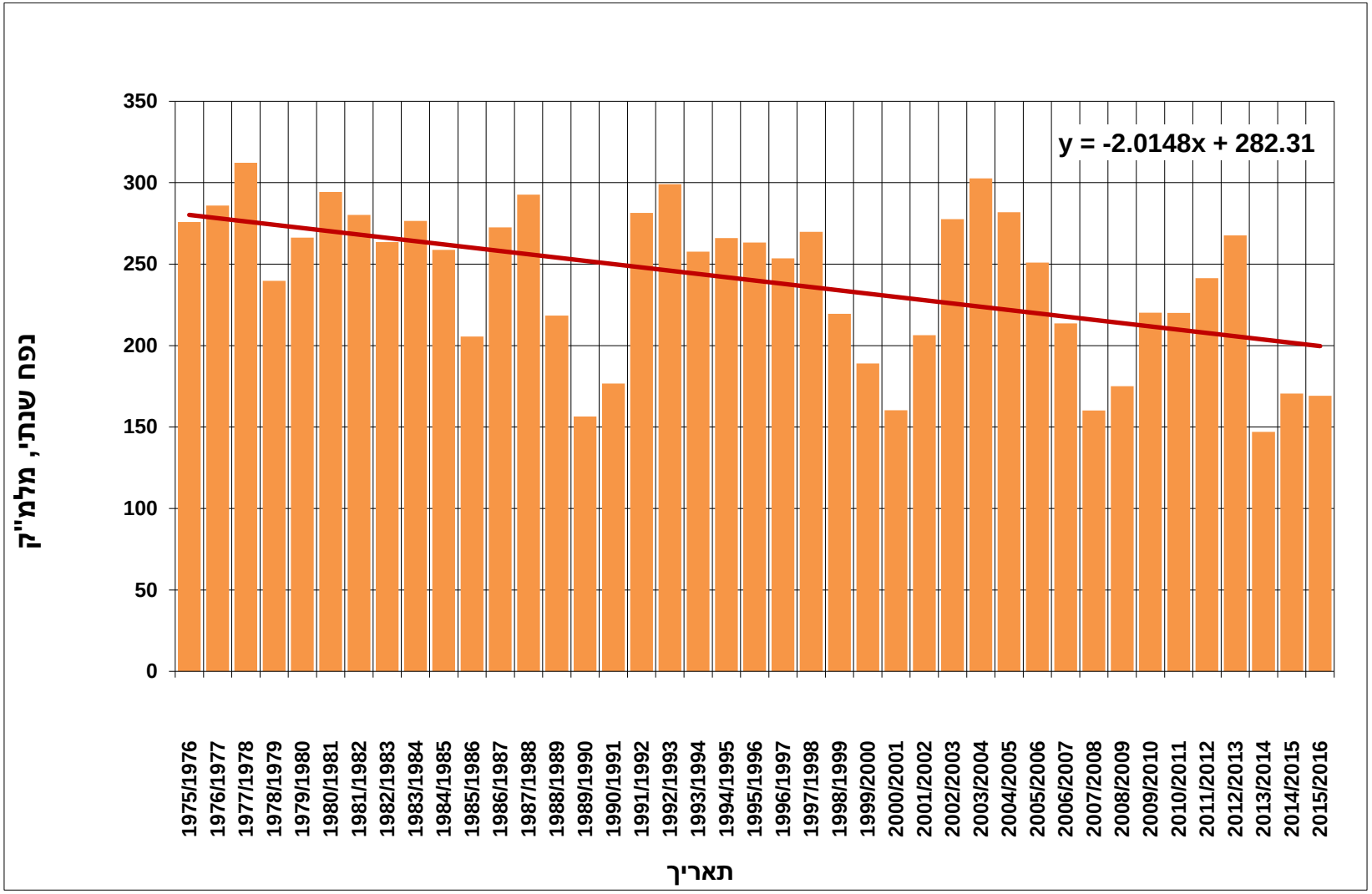




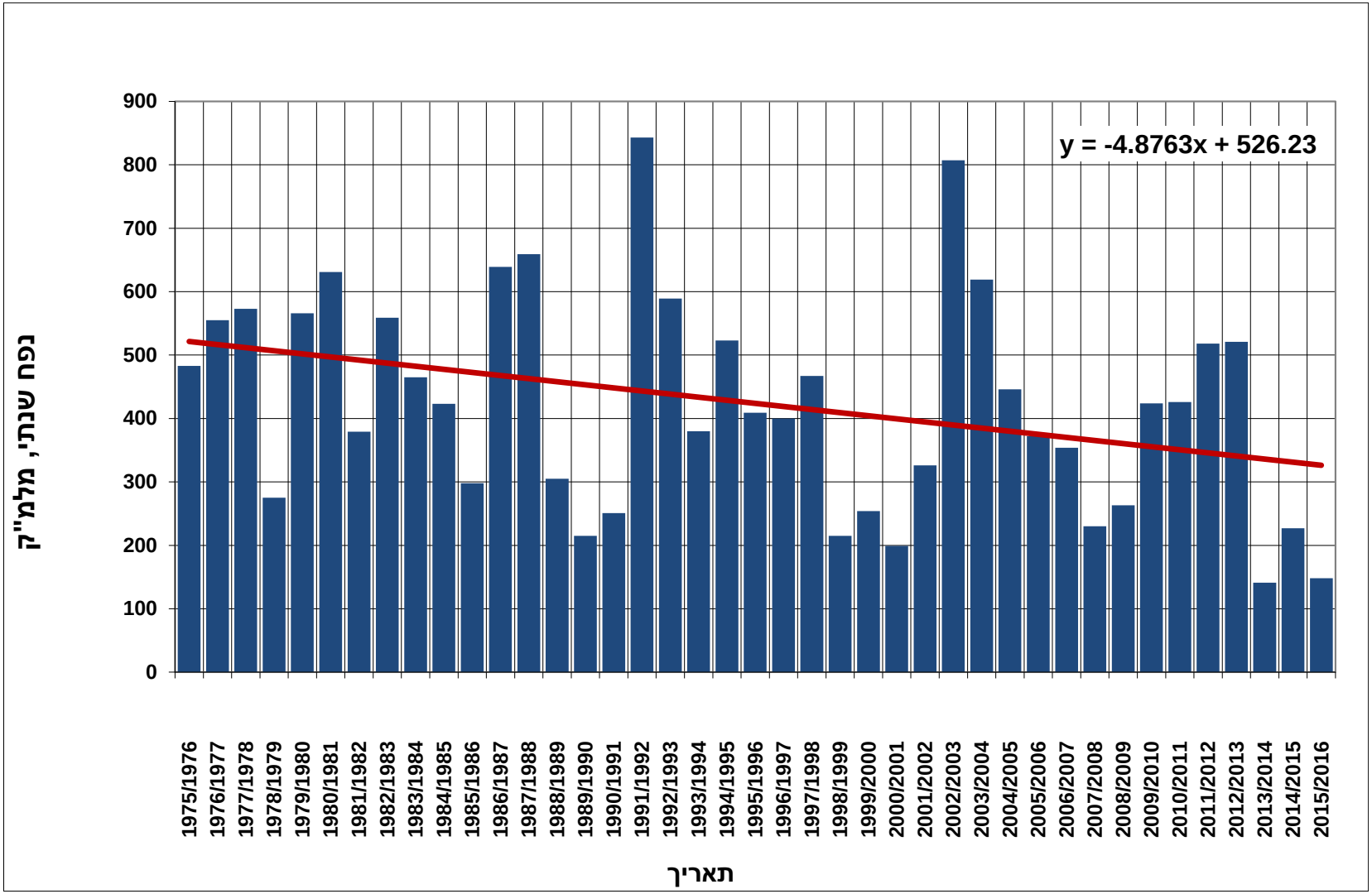
Petersen et al., 2016: DROUGHT IN THE MIDDLE EAST AND CENTRAL – SOUTHWEST ASIA DURING WINTER 2013/14, BAMS

נפחי זרימה שנתיים: סיכום עיינות דן: ירידה מובהקת סטטיסטית

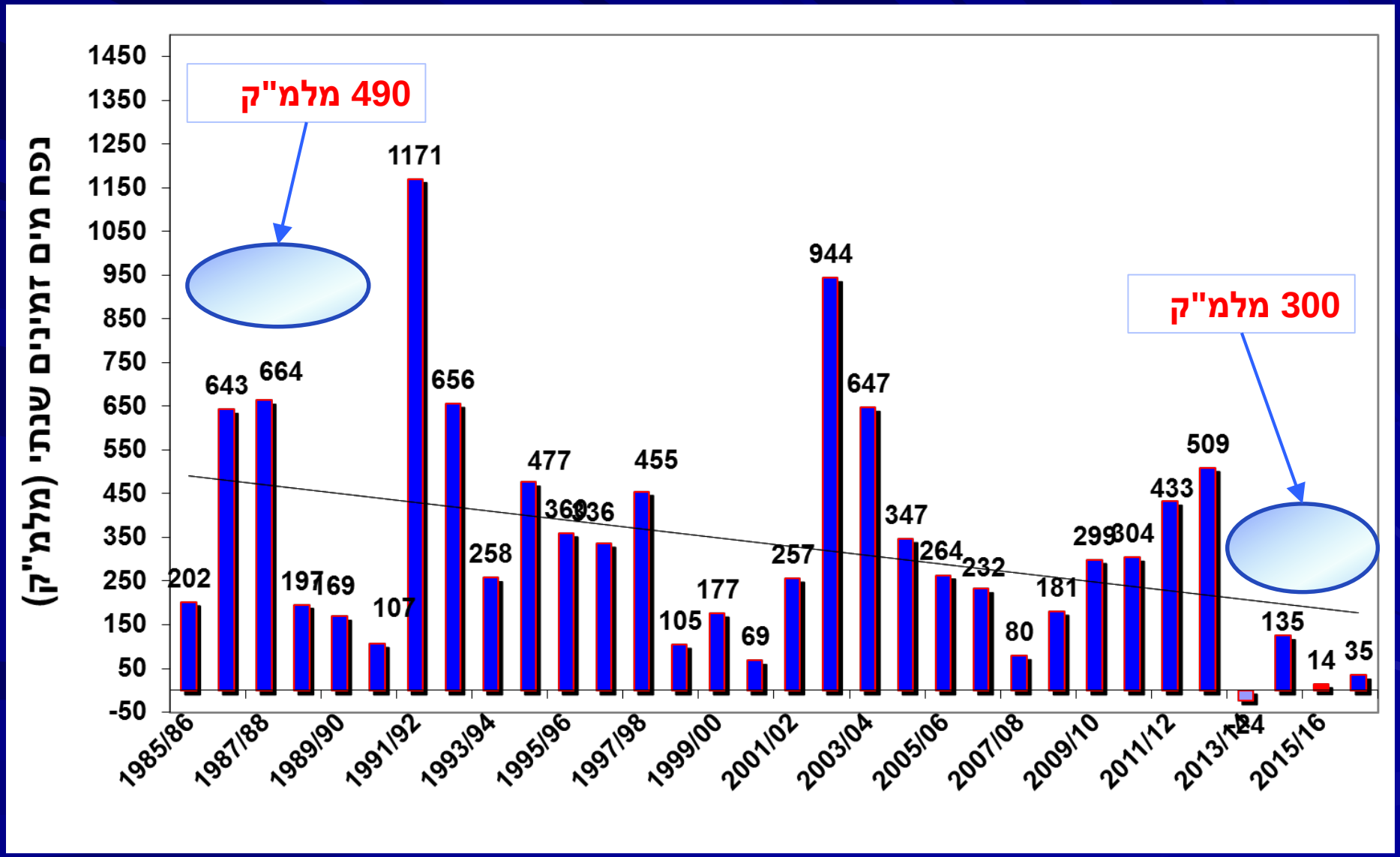
Pvalue = 0.005



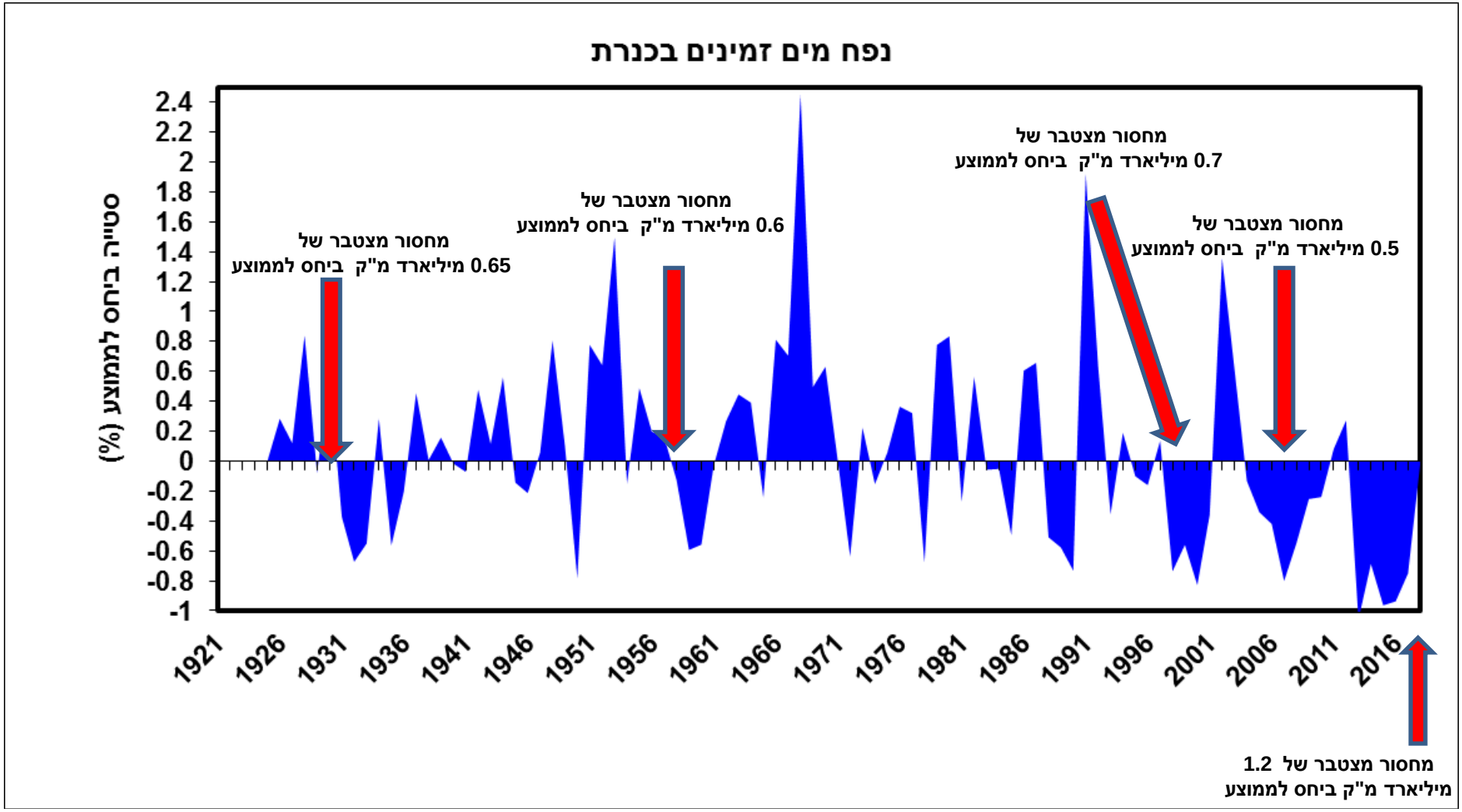
מגמת נפחי זרימה בנהר הירדן-גשר הפקק



נפחי מים זמינים בכנרת

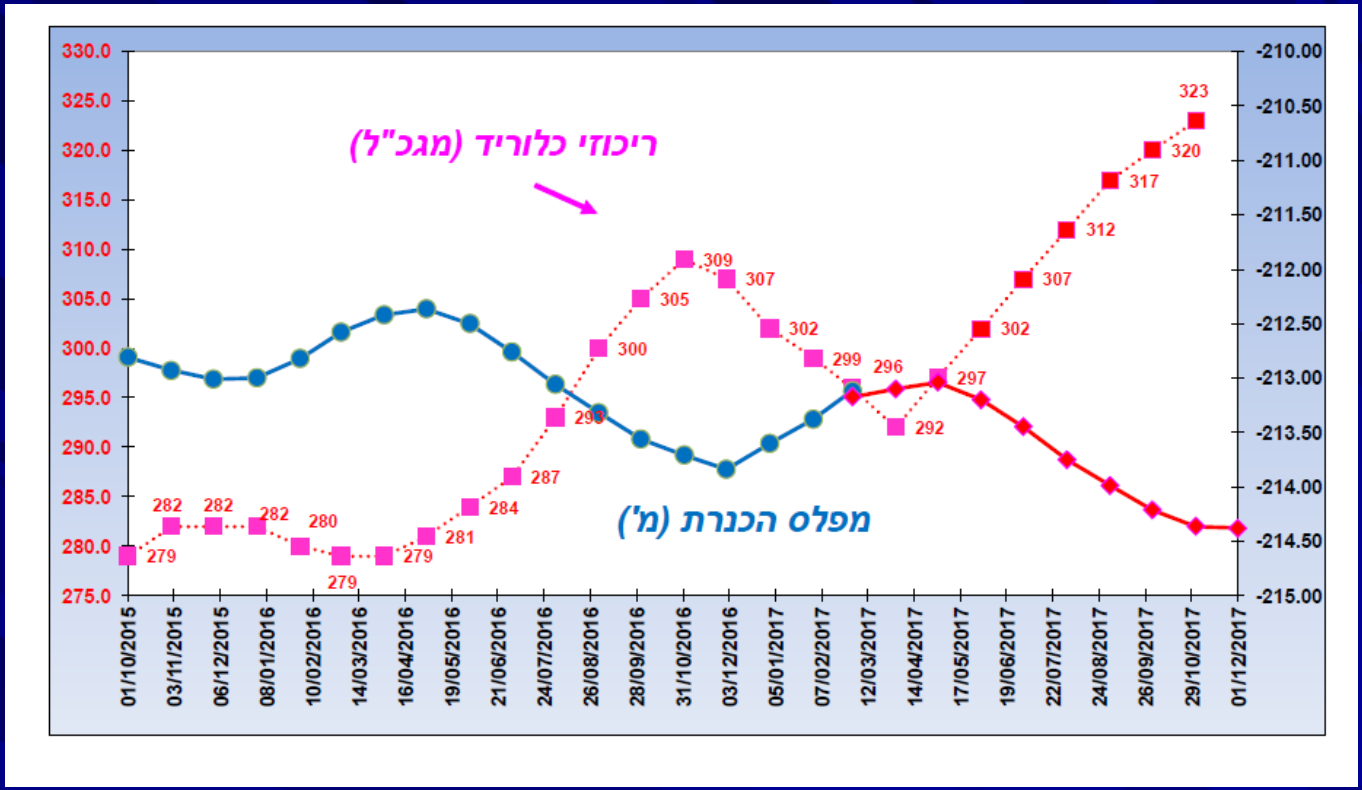


נפח מים זמינים בכנרת בכל שנה ביחס לממוצע הרב שנתי

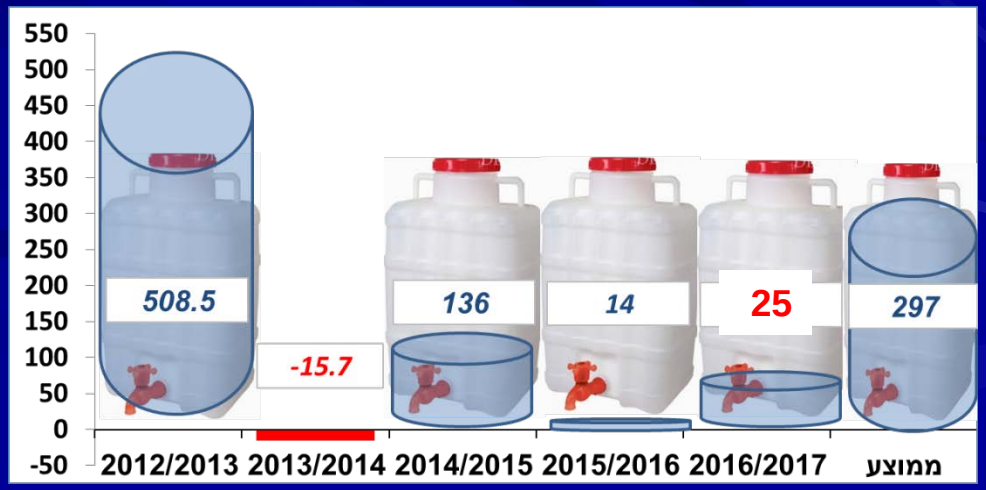


- באגנים הצפוניים: כנרת וגליל מערבי, המחסור המצטבר בנפחי המים ב-4 השנים האחרונות הוא הגדול ביותר המתועד ב-100 השנים האחרונות !
- בסתיו הקרוב תגיע השפיעה במעיינות הדן והבניאס לשפל מאז החלו המדידות.
- נפחי השאיבה למפא"ר ירדו בסדר גודל ביחס למצב עד לפני כמה שנים
- המשטר ההידרו-אקלימי בצפון נמצא במגמת שינוי חריפה ומהירה יותר מאשר נחזה.

מפלס הכנרת וריכוזי מליחות עד שנת 2018



כניסות מים לכנרת בניכוי התאדות



מוכנות לשנת 2017/18:

A game changer ?

במידה וגם השנה הבאה תהיה שחונה, ייווצר "משחק חדש" באגן הכנרת ובאגם עצמו:

- מפלס הכנרת יקבע שפל היסטורי חדש (נמוך מ-215 - מ')
- רמות המליחות באגם יחזרו לרמות שקדמו להפעלת המ.מ.מ
- סכנה ממשית להתייבשות מעיין הבניאס בפעם הראשונה בהיסטוריה המתועדת
- ספיקות שפל היסטורית במעיינות הדן (נמוך מ-2 מ"ק/שנייה)

מומלץ להיערך גם לתרחיש זה גם אם אי הודאות

עדיין גבוהה בשלב זה !!!

מגמות משקעים חזויות למערכת הארצית

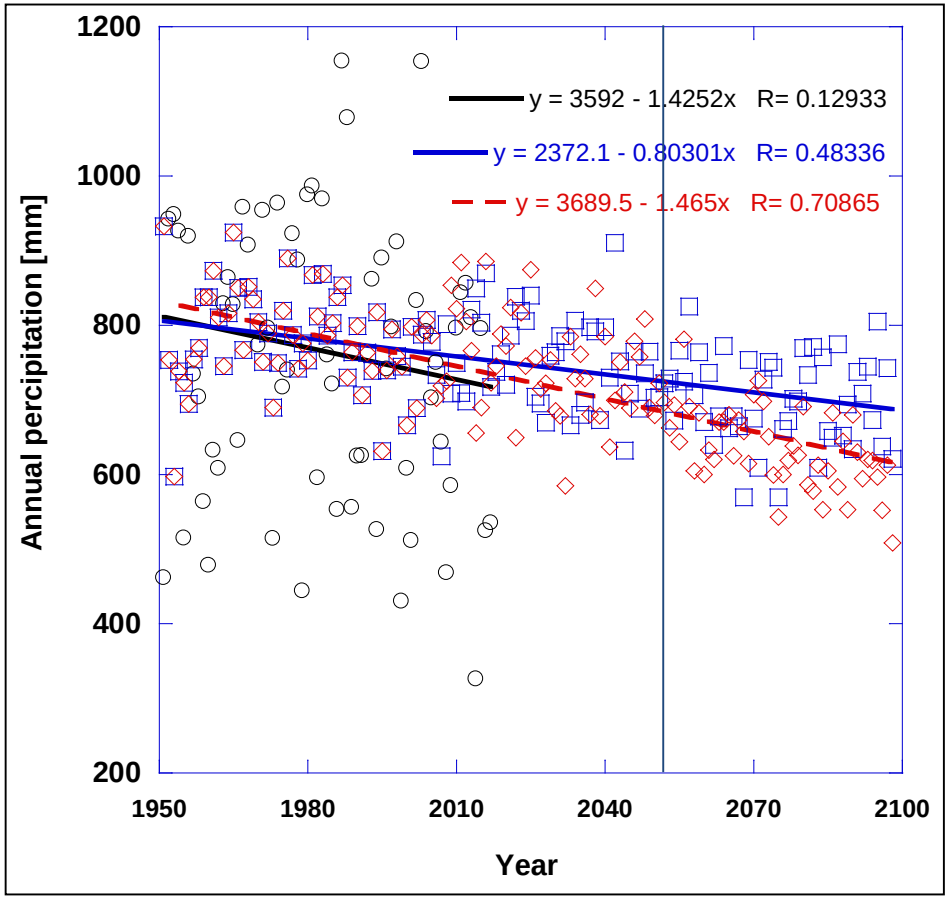
מגמות משקעים חזויות לתקופות שונות על פי מודלים שונים.

באדום: ממוצע כלל המודלים

Model	RCP4.5 2020-2049/ 1979-2005 [%]	RCP8.5 2020-2049/ 1979-2005 [%]	RCP4.5 2050-2079/ 1979-2005 [%]	RCP8.5 2050-2079/ 1979-2005 [%]
Ensemble mean	**96.5%**	**94.7%**	**89.5%**	**84.5%**
CESM-WRF	84.4%	83.0%	76.0%	64.2%
SMHI_NOAA-GFDL-GFDL-ESM2	92.6%	92.3%	96.0%	79.7%
SMHI_NCC-NorESM-LR	97.9%	93.4%	89.0%	82.8%
SMHI_MPI-M-MPI-ESM-LR	91.2%	100.4%	83.0%	82.7%
CLMcom_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	100.7%	87.6%	95.0%	79.0%
CLMcom_ICHEC-EC-EARTH	97.4%	96.5%	78.9%	78.2%
KNMI_ICHEC-EC-EARTH	102.3%		90.1%	
DMI_ICHEC-EC-EARTH	89.8%	79.3%	81.6%	74.9%
KNMI_MOHC-HadGEM2-ES	94.2%		93.7%	
SMHI_CCMA-CanEMS2	91.9%	96.4%	90.9%	85.3%
SMHI_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	105.8%	89.7%	99.8%	94.5%
SMHI_ICHEC-EC-EARTH	107.2%	106.0%	98.5%	91.5%
SMHI_MIROC-MIROC5	105.0%	108.7%	91.7%	95.7%
SMHI_MOHC-HadGEM2-ES	89.6%	90.0%	85.4%	83.0%

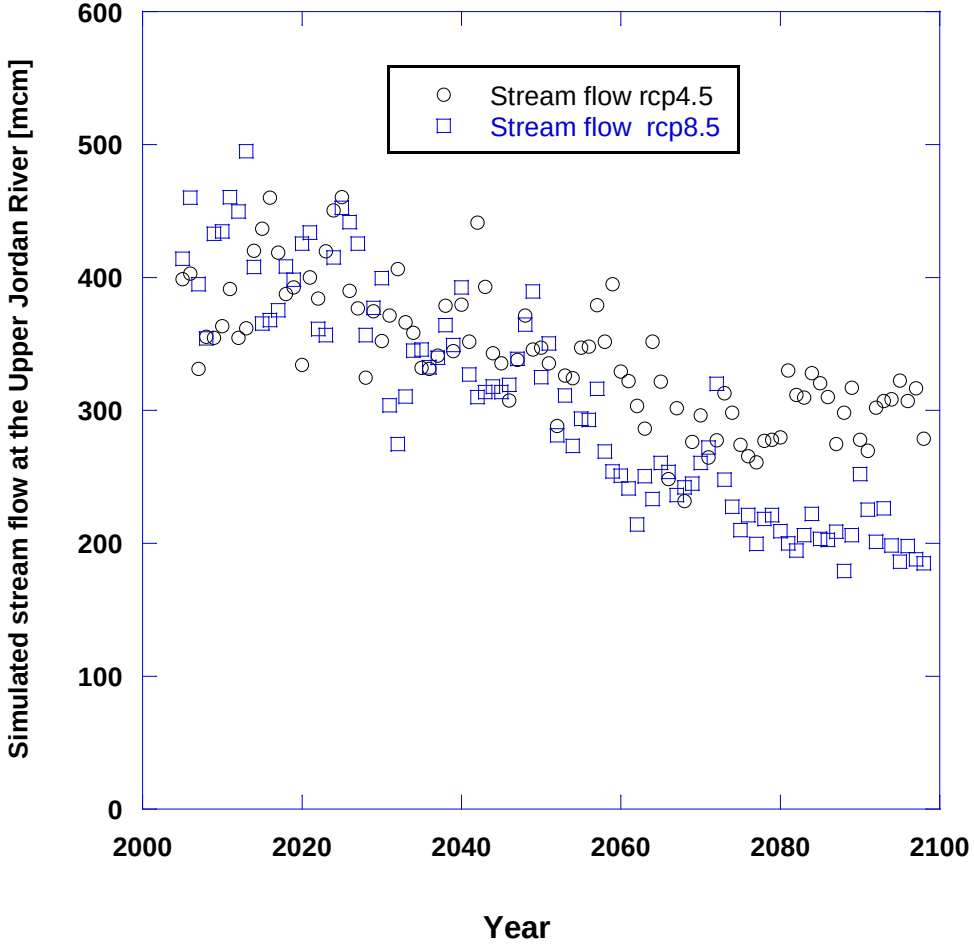
מגמות משקעים חזויות לתקופות על פי ממוצע כלל המודלים ב-2 תרחישים שונים.

בשחור: מגמת המשקעים המדודה באגנים הצפוניים



מילוי חוזר צפוי – אגן כנרת

נפחי זרימה חזויים בנהר הירדן על פי ממוצע כלל המודלים ב-2 תרחישים שונים.



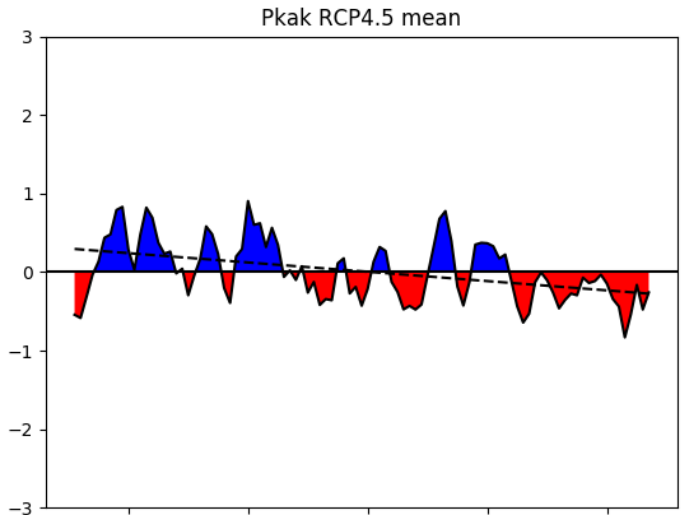
מגמות נפחי זרימה חזויים בנהר הירדן לתקופות שונות על פי מודלים שונים.
באדום: ממוצע כלל המודלים

Model	RCP4.5 2020-2049/ 1979-2005 [%]	RCP8.5 2020-2049/ 1979-2005 [%]	RCP4.5 2050-2079/ 1979-2005 [%]	RCP8.5 2050-2079/ 1979-2005 [%]
Ensemble mean	**87.4%**	**81.2%**	**70.6%**	**61.3%**
CESM-WRF	78.8%	58%	74%	46%
SMHI_NOAA-GFDL-GFDL-ESM2	76.7%	78.0%	70.7%	53.7%
SMHI_NCC-NorESM-LR	85.2%	83.4%	64.2%	64.3%
SMHI_MPI-M-MPI-ESM-LR	74.9%	93.1%	57.6%	56.6%
CLMcom_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	90.9%	68.6%	79.5%	49.9%
CLMcom_ICHEC-EC-EARTH	90.5%	97.6%	54.9%	59.2%
KNMI_ICHEC-EC-EARTH	104.4%		80.2%	
DMI_ICHEC-EC-EARTH	73.8%	54.0%	55.0%	48.8%
KNMI_MOHC-HadGEM2-ES	78.1%		66.4%	
SMHI_CCMA-CanEMS2	75.3%	85.4%	65.3%	56.6%
SMHI_CNRM-CERFACS-CNRM-CM5	99.1%	75.2%	87.5%	73.3%
SMHI_ICHEC-EC-EARTH	109.4%	105.4%	85.9%	72.6%
SMHI_MIROC-MIROC5	115.0%	109.0%	77.5%	74.7%
SMHI_MOHC-HadGEM2-ES	71.8%	68.7%	60.9%	50.3%

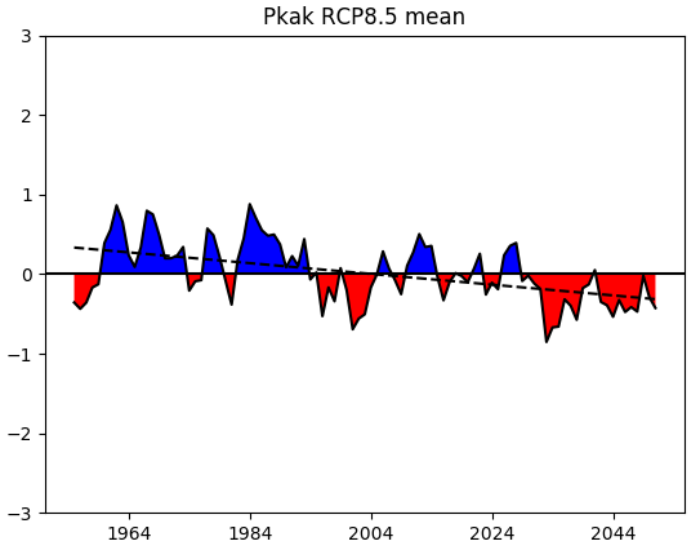
תחזיות הידרו-אקלימיות לעשורים הקרובים בתרחישים שונים

אינדקס הבצורת החזוי לאגן הכנרת על פי ממוצע של 13 מודלים אקלימיים שונים ב-2 תרחישי פליטת CO_2 שונים

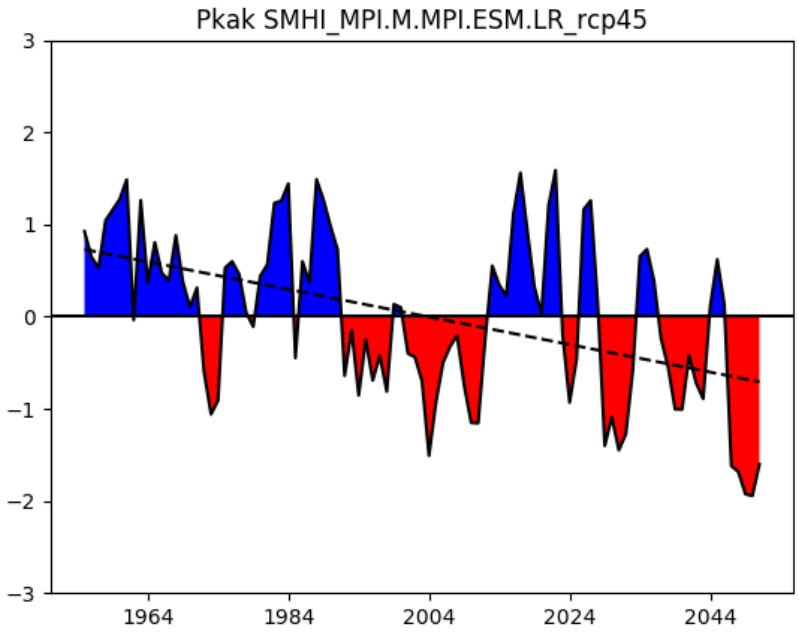
תרחיש של "עסקים כרגיל"

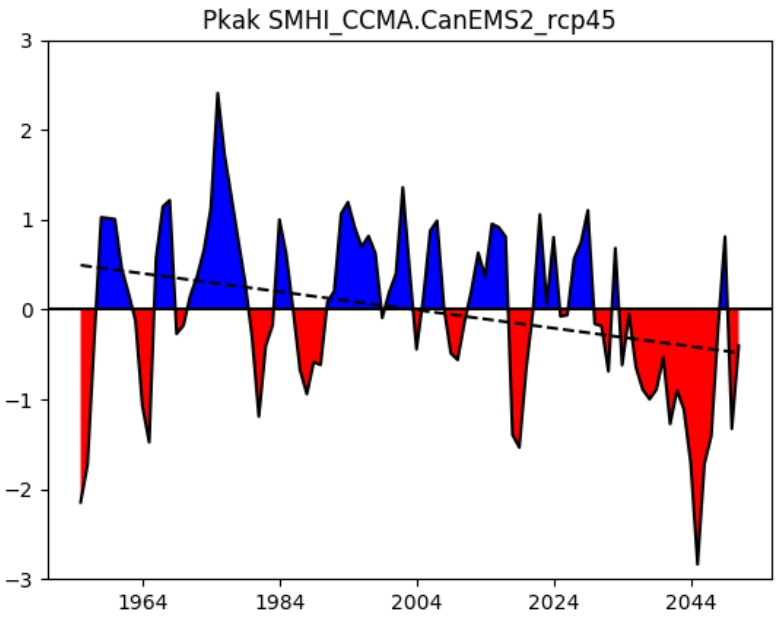


תרחיש של "התחממות מואצת"



האנסמבל "מחליק" את ההבדלים בין המודלים. ישנם מודלים המציגים תרחישי בצורת חמורים הרבה יותר, גם ב- RCP4.5



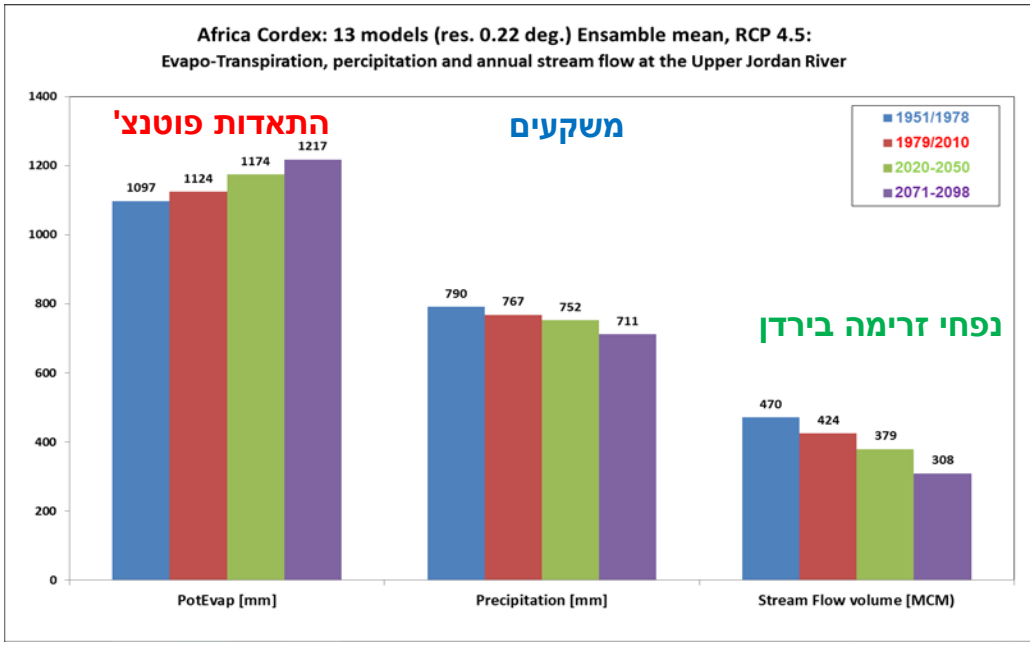


האם להיערך על פי האנסמבל ? על פי תרחיש הקיצון ? RCP4.5, RCP8.5?

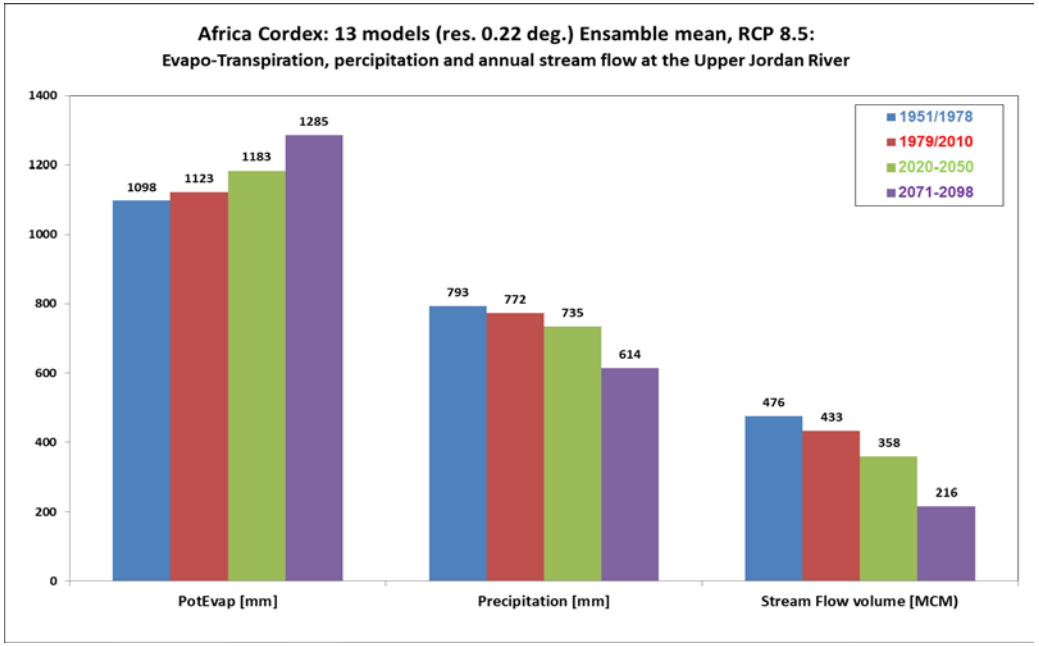
תוצאות: התאדות, משקעים, נפחי מים בתרחישים שונים

- Evapo-transpiration
- Precipitations
- stream flow at the Jordan River

תרחיש של "עסקים כרגיל"

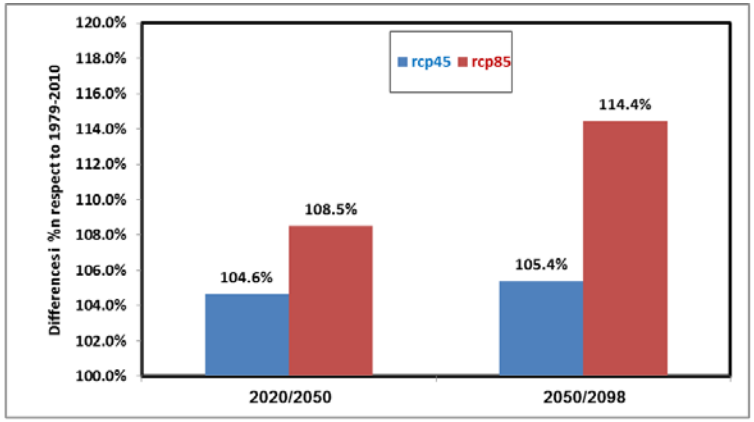


תרחיש של "התחממות מואצת",

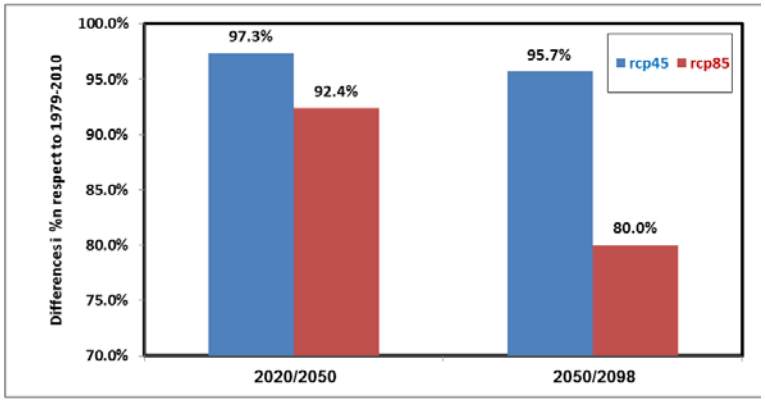


שינוי באחוזים בתקופות 2020-2050 ו-2050-2098 לעומת התקופה 1979-2005

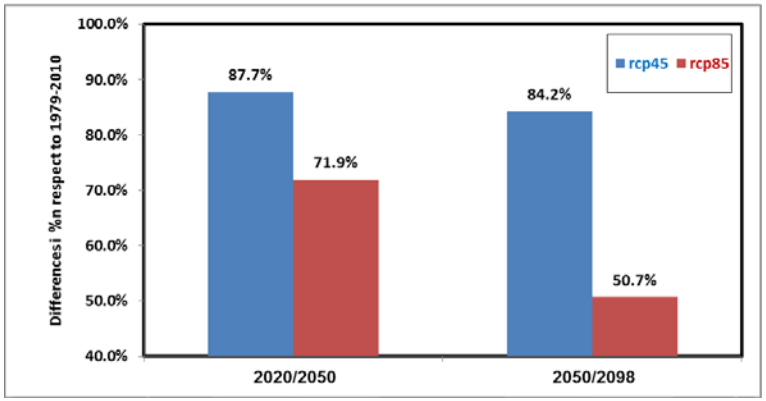
Evapo-transpiration [mm]



Precipitation [mm]



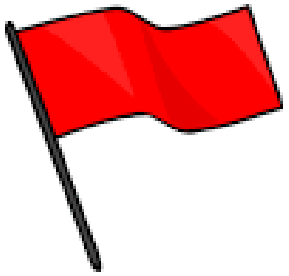
Stream flow -Jordan River [mcm]



סיכום

- השירות ההידרולוגי מתריע מזה עשור על שינויים מובהקים במשטר ההידרולוגי אשר מיוחס לשינויי האקלים, בעיקר באגנים הצפוניים (כנרת, גליל מערבי). בפועל, השינויים הנצפים מהירים וחריפים מאשר נחזו.

- המודלים מזהים היטב את המגמות ואת התגובות במחזור ההידרולוגי לשינויי האקלים (יחס אי-ליניארי בין הגשם לנגר, שינוי במקדמי המילוי החוזר) אבל לא את הקצב והעוצמה.



סיכום

- על פי ממוצע כלל המודלים האקלימיים (כ-15 במספר) כמויות המשקעים בשקלול ארצי צפויות לפחות **בכ-5 אחוזים** בתקופה 2020-2040 ביחס לתקופה 1979-2005.
- עיקר הפחיתה תהיה באגנים הצפוניים ובאזורי ההר.
- על פי ממוצע כלל המודלים, נפחי המילוי החוזר באגנים הצפוניים צפויים לפחות **בטווח של 11-19% אחוזים** בתקופה 2020-2040 ביחס לתקופה 1979-2005.
- המשמעות של כך הינה אובדן של כ-80 מלמ"ק בנפחי הזרימה בנהר הירדן (מ-400 ל-300 מלמ"ק) וכ-100 מלמ"ק בנפחי המים הזמינים בכנרת (ממוצע של כ-220 מלמ"ק ב-2040)
- הנקודה החשובה ביותר: המודלים ההידרולוגיים מצביעים על שינוי מדוד **וצפוי ביחס גשם/העשרה**/מילוי חוזר, שינוי ביעילות ההמטרה: שינוי של 5% בכמויות המשקעים השנתיות יגרום לשינוי גדול הרבה יותר בנפחי המילוי החוזר. המגמות אינן ליניאריות וכדאי להפנים זאת.