יחידת המעבדות ואגן ההיקוות
חבל הירדן
מקורות, חברת המים הלאומית

דו"ח אגן ההיקוות של הכינרת

לשנה ההידרולוגית 2013/14



אוגוסט 2015

יחידת המעבדות ואגן ההיקוות
חבל הירדן
מקורות, חברת המים הלאומית

דו"ח אגן ההיקוות של הכנרת

לשנה ההידרולוגית 2013/14

מאיר רום, תהילה אשרי, דיאגו ברגר, רם פורת
יחידת המעבדות ואגן ההיקוות של הכנרת, חבל הירדן, מקורות

יעל גלבוע, ערן פרידלר
הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון

אוגוסט 2015

תקציר

1.1 גשמי חורף 2013/14[1]

א. עובי הגשם שנמדד בכפר גלעדי במהלך כל חודשי החורף (אוקטובר 2013-אפריל 2014) היה נמוך מהממוצעים הרב שנתיים המחושבים שלושת העשורים האחרונים. בנוסף, מאמצע חודש מרץ 2014 לא נמדדו גשמים בתחנה זו. החודשים דצמבר 2013 ומרץ 2014 היו גשומים יותר אך גם בהם עובי גשם היה נמוך בכ- 20% מהממוצע הרב שנתי.

גם בכינרת ובכלל אגן ההיקוות, עובי הגשם במהלך החורף היה נמוך מהממוצע הרב שנתי, למעט בחודשים דצמבר 2013 ומרץ 2014, שהיו גבוהים מהממוצע. בשאר יודשי החורף, עובי הגשם מסביב לכנרת היה נמוך מאד ונע בין 2%-45% מהממוצע הרב שנתי. לעומת זאת, בחודש מאי 2014 נמדד עובי גשם של 10 מ"מ מסביב לכנרת ו- 30 מ"מ כפר גלעדי, ערכים הגבוהים פי 2 ופי 6 מהממוצעים הרב שנתיים לחודש זה, בהתאמה.

בסיכום החורף, עובי הגשם היה כ- 57% מהממוצע הרב שנתי מסביב לכינרת וכ- 40% באגן ההיקוות. כמויות הגשם שנרשמו כגשם ישיר על הכינרת ובתחנת כפר גלעדי היו בהתאמה 228 ו- 303 מ"מ (אוקטובר 2013-אפריל 2014). **כמויות הגשם השנתיות שנמדדו בכפר גלעדי הינן הנמוכות ביותר מאז החלו המדידות (1927)**.

ב. ניתוח הנתונים של הגשם היומי בכפר גלעדי בשלושת העשורים האחרונים, מלמד:

1. בתקופה זו (1980/81–2013/14) קיימת עליה בזמני ההפוגה שבין אירועי הגשם. מגמת העלייה מובהקת בכל התקופה (p-value=0.006) עם עליה של כ- 0.063 יום\שנה (1.6 ימים ב-25 שנה). מספר ההפוגות הממוצע בחורף 2013/14 עמד על 10 ימים, לעומת 6.5 ימים בחורף 2012/13.
2. בחורף 2013/14 נמדדו 40 ימים גשומים בתחנת כפר גלעדי, 22 ימים פחות מאשר בשנה ההידרולוגית 2012/13.

1.2 כמויות מים זמינים ומפלסי כנרת בחורף 2013/14

א. התפלגות כמויות המים הזמינים השנתית של תקופת עשרים השנים האחרונות שונה באפן מובהק מהתפלגות הכמויות של התקופה שלפניה. הדבר בא לידי ביטוי הן ביבולי המים והן בתצורת מופע השנים השחונות ומופע השנים השופעות.

[1] נתוני הגשמים וספיקות הנחלים התקבלו באדיבות השירות המטאורולוגי והשירות ההידרולוגי בהתאמה.

ב. במהלך השנה ההידרולוגית 2013/14 (אוקטובר 2013–ספטמבר 2014) התקבלה כמות מים זמינים של 23.5- (מינוס 23.5) מלמ"ק. **זאת הפעם הראשונה שהתקבל ערך שלילי מאז החלו מדידות המים הזמינים בשנת 1927. כמות "המים הזמינים" בכל השנה, מהווה את ההפרש שבין כמות המים שנכנסה לאגם לבין הכמות שהתאדתה ממנו במהלך השנה ההידרולוגית (לקסיקון הכנרת, 2003). משמעות הערך השלילי היא שכמות המים שהתאדתה גדולה מכמות המים שנכנסה לאגם.**

ג. גרעון המים הזמינים בשנה ההידרולוגית 2013/14 עמד על כ- 303.5 מלמ"ק ביחס לערך החציוני הרב-שנתי של 15 השנים הקודמות (280 מלמ"ק).

ד. כמות המים הזמינים שהתקבלה <u>בחודשי</u> החורף (אוקטובר 2013–אפריל 2014) הינה 90 מלמ"ק, הכמות הנמוכה ביותר שהתקבלה ב- 30 השנים האחרונות.

ה. המייחד את התפלגות המים הזמינים בשנה הנוכחית משנים קודמות, הוא הכמויות הנמוכות של מים זמינים לאורך כל חודשי החורף, פרט לחודש דצמבר, בו התקבלה כמות מים זמינים השווה לערך החציוני. כמויות המים הזמינים עבור החודשים ינואר, פברואר, מרץ ואפריל היו נמוכות פי 3, 6, 2 ו- 50 מערכי החציון הרב שנתיים המתאימים של 30 השנים האחרונות.

ו. תוספת המים בכנרת במהלך השנה ההידרולוגית הייתה "שלילית", ועמדה על 265- מלמ"ק, כ- 400 מלמ"ק פחות מן התוספת של השנה ההידרולוגית הקודמת. תוספת זאת שקולה לירידת מפלס של 161.5 ס"מ.

ז. משרעת המפלס בשנת 2013/14 הינה 168 ס"מ, כ- 90 ס"מ פחות מן חורף הקודם.

ח. המפלס המינימאלי היה 212.69- מ' (30 לספטמבר 2014) והמפלס המקסימאלי היה 211.01- מ' (1 באפריל 2014).

1.3 <u>ספיקות, עומסי חומרים וריכוזי חיידקים בנחלים</u>

א. ספיקות הנחלים בתחילת השנה ההידרולוגית (חודשים אוקטובר-נובמבר 2013) היו גבוהות יחסית וקרובות לערכי החציון של 28 השנים האחרונות. הספיקות הגבוהות בחודשים אלה מיוחסות לזרימות בסיס גבוהות שמקורן בשנה ההידרולוגית (הגשומה) הקודמת 2012/13.

ב. כמויות הגשמים הנמוכות בהמשך החורף בחודשים ינואר- אפריל 2014, הניבו שפל משמעותי בכל נחלי אגן ההיקוות ועימם עומסי סחף נמוכים משטחי אגן ההיקוות.

ג. בחודשים ינואר-אפריל 2014 היתה בנחל הבניאס ספיקה **<u>הנמוכה ב- 200%</u>** מהערך החציוני. בנחל דן הספיקה הייתה **<u>נמוכה ב 50% עד 80%</u>** מהערך החציוני.

ד. בנחל המשושים ובנחל שניר השפעת החורף השחון הייתה משמעותית יותר. בחודש פברואר 2014 נמדדו בנחל משושים ובנחל שניר ספיקות **<u>הנמוכות ב- 500% ו- 700%</u>** ביחס לערכים החציונים, בהתאמה. **ערכים אלה הינם הנמוכים ביותר שנמדדו מאז החלו המדידות של השירות ההידרולוגי.**

ה. במהלך השנה ההידרולוגית, נכנסו לכנרת מן הירדן כמויות מים של כ-141 מלמ"ק, מתוכן, 120 מלמ"ק, נכנסו בחודשי החורף (אוקטובר 2013-אפריל 2014). כמויות אלו, נמוכות פי 3.5 מן הכמויות שנכנסו לכנרת מן הירדן בתקופה המקבילה אשתקד.

ו. עומס החומרים המרחפים הנכנסים לאגם במהלך השנה ההידרולוגית זו מוערך בלמעלה מ-4,000 טון, פי 9.5 <u>פחות</u> מהכמות שנמדדה בשנה הקודמת. כמות החנקן הכללי מוערכת בכ-332 טון, פי 5 <u>פחות</u> מהכמות שנכנסה לאגם בשנה הקודמת. כמות הזרחן הכללי שנכנסה לכנרת מוערכת בכ-14 טון, סדר גודל <u>פחות</u> מהכמות שנכנסה לאגם בשנה הקודמת.

ז. במהלך שנת 2013/14 התרחשה עלייה חדה בערכים השנתיים של היחס TN:TP בנחלים משושים, שניר וחרמון, בעוד שנחל דן שמר על היחס ההיסטורי. עלייה ביחס זה נגרמה בשל מיעוט הגשמים, שהביאו לסחף מועט של זרחן.

ח. בשנת 2013/14, התפלגות הריכוזים של חיידקי הקולי הצואתי הייתה לרוב בתחום הממוצע של הפילוג הרב-שנתי. בירדן עצמו לא נמצאו חריגות משמעותיות לאורך כל השנה ההידרולוגית.

ט. ריכוזי השיא של החיידקים שנמדדו בראש היניקה למפא"ר היו בכל השנה ההידרולוגית נמוכים מתחת לרבעון התחתון הרב-שנתי.

2. הקדמה

2.1 כללי

מבין חמשת מקורות המים העיקריים של מדינת ישראל: אקוויפר החוף, אקוויפר ההר, אגם הכינרת, מים מותפלים ומים מושבים, מהווה הכינרת מאגר רב-שנתי חשוב של מים שפירים. במהלך 40 השנים האחרונות סיפקה הכינרת בממוצע, באמצעות המוביל הארצי (המפעל הארצי - מפא"ר) ובשאיבה מקומית סביב הכינרת כ- 450 מיליון מטרים מעוקבים בשנה (מלמ"ש), כ- 25% מצריכת המים הכוללת של מדינת ישראל. גם בעידן ההתפלה ישמר מקומה של הכינרת כמקור למי גלם למי שתיה באיכות גבוהה מאד.

איכות מי הכינרת וכמויות המים שניתן לשאוב מהאגם מושפעים מאד מתהליכים טבעיים ומתהליכים מעשה ידי אדם בכינרת ובאגן ההיקוות של האגם. שמירה ברת קיימא על איכות מי הכנרת כמי גלם למי שתיה היא בסדר עדיפות גבוה עבור חברת המים הלאומית "מקורות". מנקודת מבטו של המפא"ר יש להתייחס אל אגן ההיקוות, אל אגם הכינרת ואל המפא"ר כאל מערכת אחת בעלת קשרי גומלין בין מרכיביה.

שטח אגן ההיקוות של הכינרת הוא 2740 קמ"ר שמתוכם כ- 24% מעבר לגבולות מדינת ישראל (תרשים 1). המידע המגיע משטח זה לוקה בחסר בהיבטים של איכות המים, כמויות המים, תוכניות פיתוח ומקורות זיהום.

הנהר המנקז את רובו של אגן ההיקוות של הכינרת הוא נהר הירדן העליון התורם בממוצע רב-שנתי כ- 66% מכלל כניסות המים השנתיות לאגם.

2.2 מטרות הדו"ח

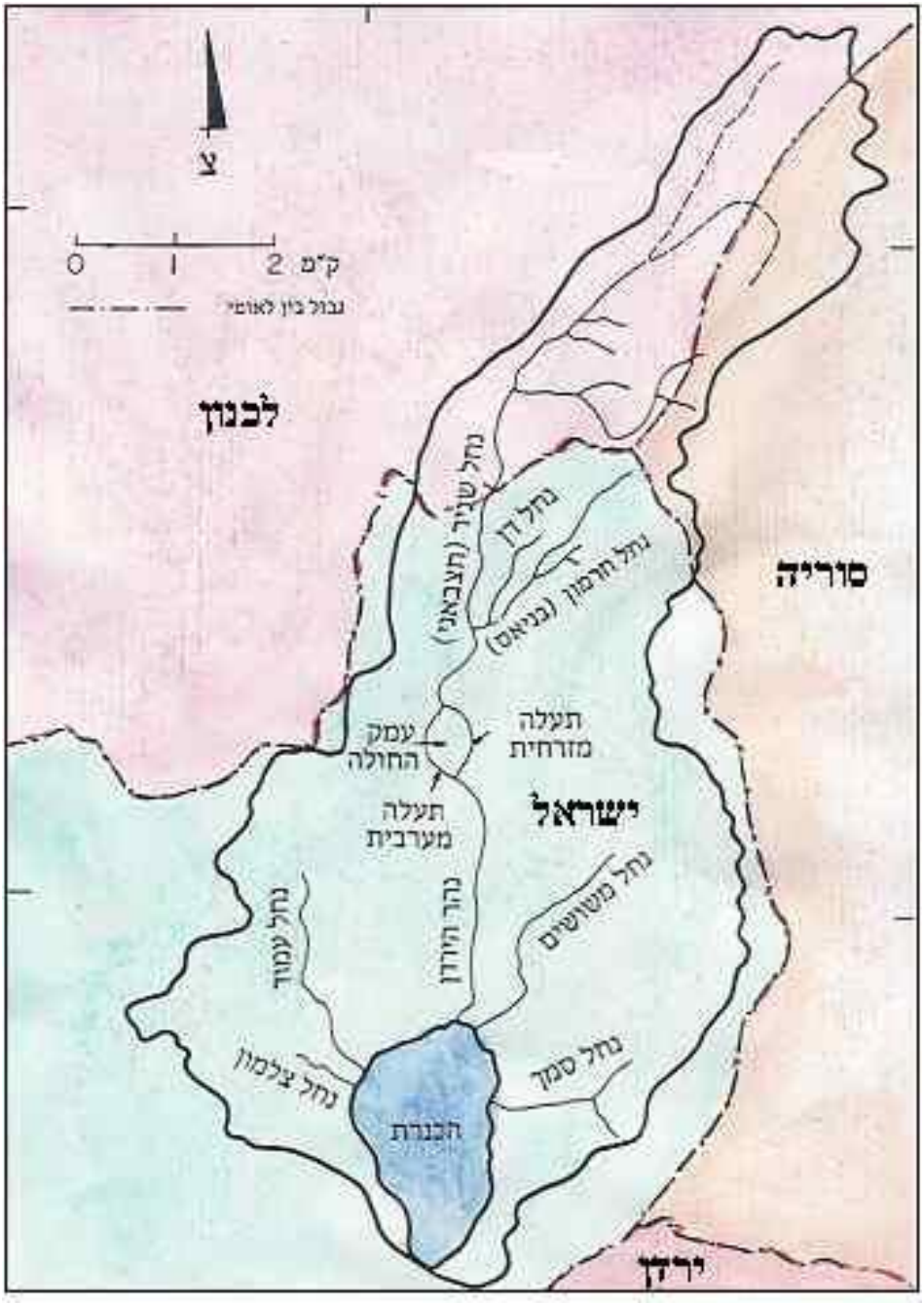
דו"ח השנתי של יח' המעבדות ואגן ההיקוות מתאר כל שנה את אירועי החורף במערכת הכינרת החל מהגשם באגן ההיקוות דרך הזרימות בנחלים, מפלסי הכינרת, כמויות המים הזמינים לשאיבה מהאגם, עומסי החומרים אשר הוסעו בנחלים, אוגר הנוטריינטים באגם וכלה באיכות מי הכינרת כמי גלם למי שתיה (ראה: יחידת המעבדות ואגן ההיקוות, דוחות חורף 2006-2011, יחידת המעבדות ואגן ההיקוות, דוח השנה ההידרולוגית 2012/13).

הדו"ח הנוכחי מסכם את השנה ההידרולוגית 2013/14 .

מטרות הדו"ח הן:

- סיכום ותיעוד ממצאי הניטור לגבי התקופה המדווחת;
- הצגה וניתוח האירועים השונים שהתרחשו באגן ההיקוות בחורף שחלף;
- הצגת סיכום כולל של מערכת אגן ההיקוות, תוך התייחסות לכינרת ולמפא"ר, שמטרתו לאחד את הנתונים השונים במערכת ולהביא תמונה כוללת;

- הבאת המלצות לגבי המשך ביצוע יעדי הניטור שהם מעקב רציף ורב-שנתי אחר איכות וכמות המים באגן ההיקוות.



תרשים 1: מפת אגן ההיקוות של הכינרת.

3.גשמי חורף 2013/14

3.1 מערכת מדידת גשם וספיקות באגן ההיקוות

החל מחודש נובמבר 2000 אוספת יחידת אגן ההיקוות, במסגרת הערכת גשם-נגר, את נתוני הגשם הרגעי במספר תחנות גשם באגן ההיקוות של הכינרת.

מערך תחנות הגשם (תרשים 2) כוללת 21 תחנות המשדרות נתונים כמה פעמים ביום. חלק מהתחנות שייך לשירות המטאורולוגי (תחנות צמח, בטיחה, הר כנען, פיכמן, מתיתיהו, גידולי שדה, אבני איתן, כפר נחום, חרמון ולב כינרת) והשאר ל"מקורות" או במשותף עם השירות המטאורולוגי (תחנות ברכת רם, שניר, כפר גלעדי, איילת השחר, עלמיין אל ג'דידה, ספיר, כורסי, כינר, חמי טבריה, האון ואתר אשכול).

חישוב כמות הגשם הישיר היורד על פני אגן ההיקוות נעשה בשיטה של אינטרפולציה מרחבית על שטח האגן כולו, כל תת-אגן והאגם.

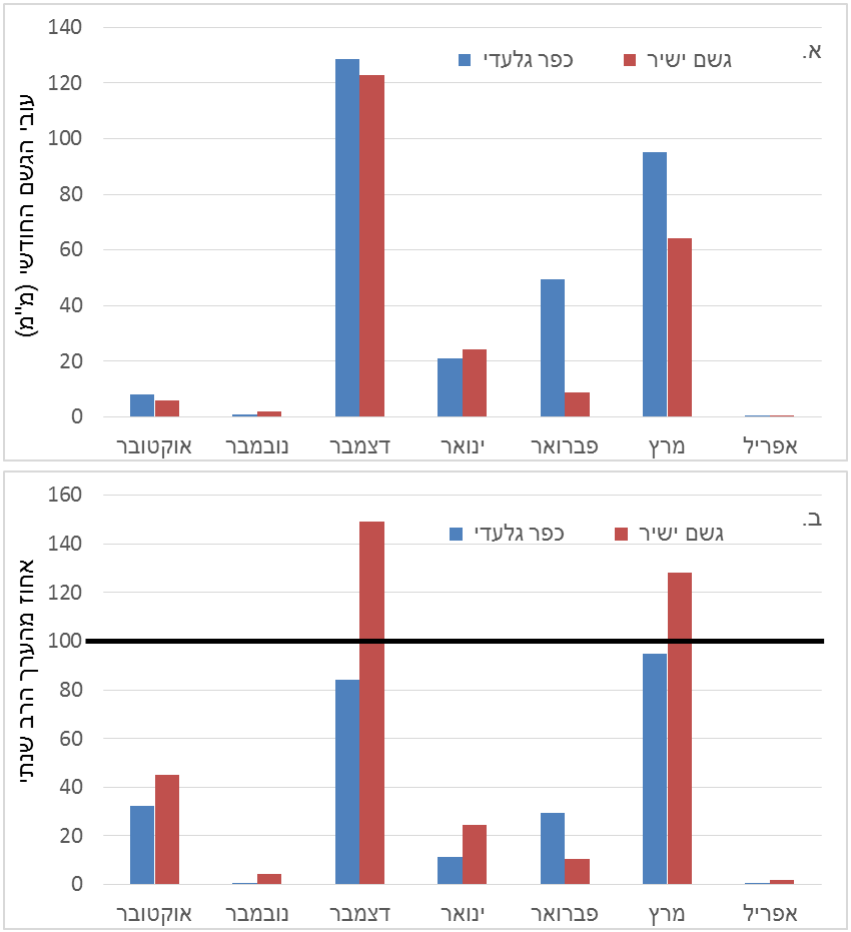


תרשים 2: תחנות גשם ותחנות הידרומטריות מקוונות באגן ההיקוות של הכינרת

3.2 עובי הגשם החודשי והשנתי

3.2.1 נתוני גשם

עובי הגשם שנמדד בכפר גלעדי במהלך כל חודשי חורף 2013/14 היה נמוך מהממוצעים הרב שנתיים המחושבים משנת 1980 (תרשים 3). בנוסף מאמצע חודש מרץ 2014 לא נמדדו גשמים בתחנה זו. גם בכינרת ובאגן ההיקוות עובי הגשם במהלך החורף היה נמוך מהממוצע הרב שנתי, למעט החודשים דצמבר ומרץ. החודשים דצמבר (2013) ומרץ (2014) היו גשומים ועברו בערכם את הממוצעים הרב שנתיים בכינרת ובאגן ההיקוות (תרשים 3). עם זאת, יש לציין כי כמויות הגשמים הגבוהות שהתקבלו בחודשים אלה, מקורם בשני אירועים בודדים (3-15 בדצמבר 2013 ו- 3-14 במרץ 2014).



תרשים 3: א. עובי הגשם החודשי בחודשי החורף 2013/14 בתחנת כפר גלעדי וכגשם ישיר על הכינרת ב. שיעור הגשם החודשי בחורף 2013/14 יחסית לממוצע הרב-שנתי (%) בתחנת כפר גלעדי וכגשם ישיר על הכינרת.

טבלה 1 מציגה את נתוני הגשם של חורף 2013/14 באגן ההיקוות של הכינרת וסביב הכינרת במונחי עובי הגשם חודשי (מ"מ), גשם מצטבר (מ"מ) עובי גשם משוקלל מרחבית (מ"מ), אחוז מהממוצע הרב-שנתי החודשי (2013 - 1980) והאחוז מהממוצע הרב-שנתי (2013 - 1980).

בחורף 2013/14, עובי הגשם היה מעל לממוצע הרב שנתי בחודשים דצמבר 2013 ומרץ 2014 מסביב לכינרת, אך בשאר חודשי החורף היה מתחת לממוצע הרב שנתי. פרט לחודש דצמבר ומרץ, עובי הגשם הנמדד מסביב לכנרת היה כל כך נמוך ונע בין 2%-45% מהממוצע הרב שנתי. יש לציין כי בחודש מאי 2014 נמדד עובי גשם של 10 מ"מ מסביב לכנרת, ערך זה כפול מהממוצע הרב שנתי לחודש מאי.

בתחנה כפר גלעדי לאורך כל חודשי החורף נמדד עובי גשם הנמוך מהממוצע הרב שנתי. החודשים דצמבר 2013 ומרץ 2014 היו גשומים יותר אך גם בהם עובי גשם היה נמוך מערך הממוצע הרב שנתי. בחודש מאי 2014 נמדד עובי גשם 30 מ"מ כפר גלעדי, פי 6 מהממוצע הרב שנתי לחודש מאי.

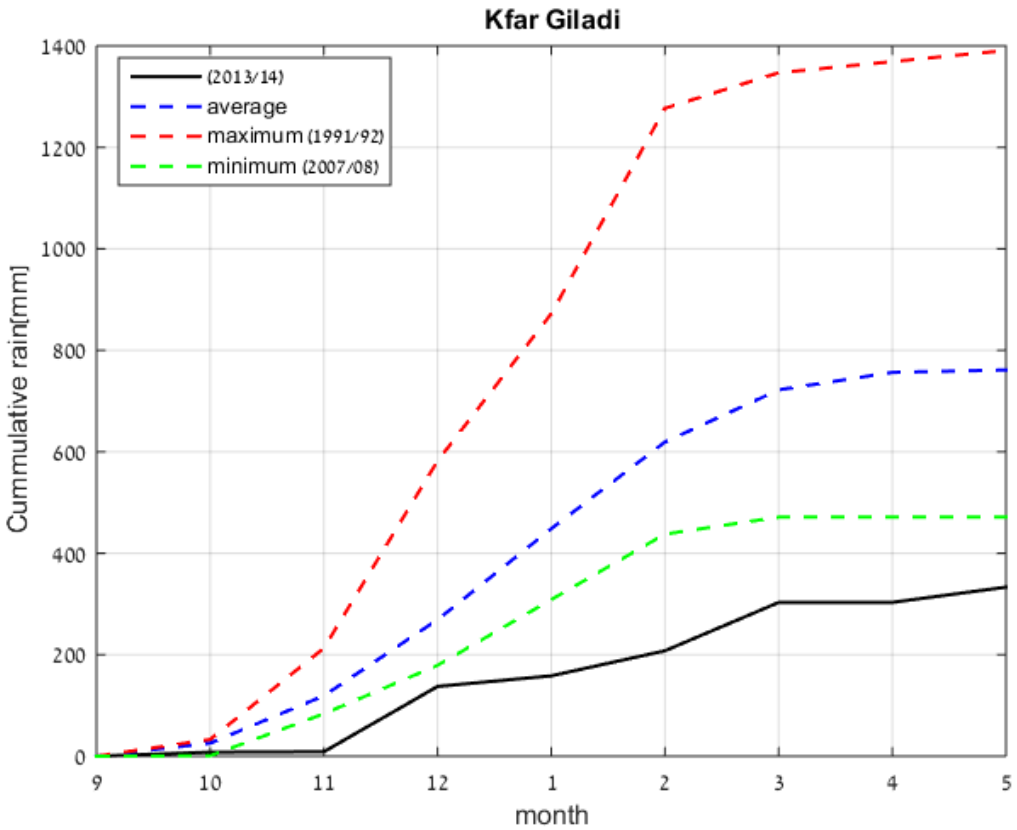
יש לציין כי מאחר ודוח זה מתייחס לחודשים אוקטובר- אפריל כחודשי החורף, נתוני הגשם של חודש מאי אינם נכללים בניתוחי הגשם.

בסיכום החורף, עובי הגשם היה כ- 57% מהממוצע הרב שנתי מסביב לכינרת וכ- 40% באגן ההיקוות. כמויות הגשם השנתיות שנרשמו כגשם ישיר על הכינרת ובתחנת כפר גלעדי היו בהתאמה 228 ו- 303 מ"מ (אוקטובר 2013- אפריל 2014). **כמויות הגשם השנתיות שנמדדו בכפר גלעדי הן הנמוכות ביותר מאז החלו המדידות (1927)**. את התפלגות הגשמים על פני עונת הגשמים, בתחנת כפר גלעדי וכגשם ישיר על הכינרת, ניתן לראות בתרשים 4 ובתרשים 5 באותם תרשימים מוצגים להשוואה הממוצע הרב-שנתי המצטבר, שנה מקסימלית ושנה מינימלית. ב**תרשים 6** מוצגים הגשם היומי והגשם המצטבר יומי בתחנה כפר גלעדי.

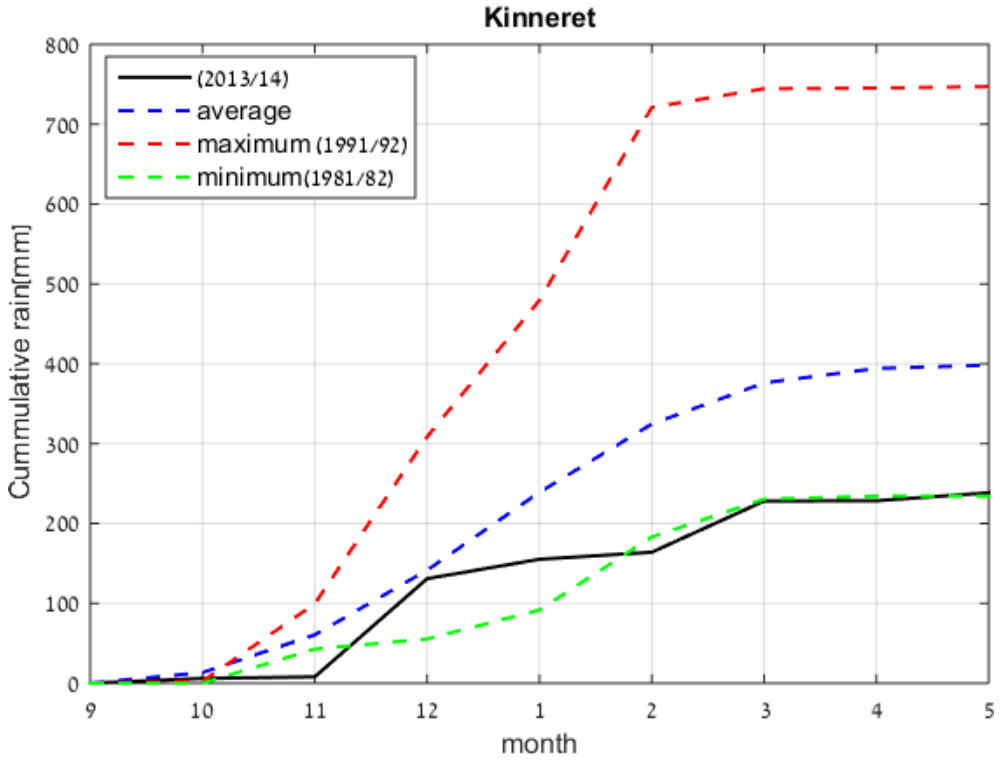
טבלה 1: גשם על הכינרת ובאגן ההיקוות בחורף 2013/14. הנתונים מתחנות מדידה של יח' אגן ההיקוות, השירות המטאורולוגי ומיג"ל

חלוקה גיאוגרפית	שם התחנה	אוקטובר 2013	נובמבר 2013	דצמבר 2013	ינואר 2014	פברואר 2014	מרץ 2014	אפריל 2014	מאי 2014	סה"כ מצטבר[1]
סובב כינרת	בטיחה	1.7	1.0	154.7	32.2	9.6	82.4	1.1	31.7	**282.7**
	כפר נחום	18.7	7.8	132.8	31.5	16.1	82.5	1.3	21.3	**290.7**
	כינר	2.9	1.9	87.4	25.2	12.0	69.0	0.0	0.0	**198.4**
	חמי טבריה	3.8	3.2	110.2	20.2	4.9	55.2	0.0	0.0	**197.5**
	לב כינרת									
	כורסי	3.6	1.0	135.3	18.6	7.1	60.2	0.0	0.0	**225.8**
	האון	6.9	0.3	101.5	16.2	3.5	40.4	0.0	0.0	**168.8**
	צמח	8.1	0.4	121.6	14.9	4.0	64.6	0.9	40.7	**214.5**
	ספיר	3.2	4.9	127.4	18.2	42.4	74.4	0.0	0.0	**270.5**
	גשם ישיר על הכינרת	**6.0**	**2.0**	**122.9**	**24.3**	**8.8**	**64.1**	**0.4**	**10.0**	**228.5**
	אחוז הגשם הישיר על הכינרת	**45.0**	**4.2**	**149.2**	**24.3**	**10.6**	**128.1**	**1.9**	**255.2**	**57.0**
אגן הירדן העליון	חרמון	88.8	1.8	6.9	1.2	120.0	4.3	0.2	2.5	**223.2**
	כפר גלעדי	8.0	0.8	128.7	20.9	49.4	95.2	0.2	30.0	**303.2**
	ברכת רם	60.8	17.0	123.6	19.8	45.9	131.6	0.0	0.0	**398.7**
	שניר	3.2	4.9	127.4	18.2	42.4	74.4	0.0	0.0	**270.5**
	מתיתיהו									
	גדולי שדה	2.2	1.4	113.0	16.6	63.4	63.9	1.1	33.0	**261.6**
	פיכמן	3.0	9.0	162.1	28.1	37.0	122.4	1.2	45.7	**362.8**
	איילת השחר	6.6	0.3	175.7	21.9	18.5	0.7	0.0	0.0	**223.7**
	עלמיין	11.7	0.0	198.9	18.8	11.0	65.3	0.0	0.0	**305.7**
	אחוז הגשם בתחנה כפר גלעדי	**32.1**	**0.9**	**84.2**	**11.5**	**29.6**	**95.0**	**0.6**	**640.0**	**40.0**
	גשם ממוצע על שטח האגן (משוקלל)	**16.9**	**4.8**	**141.5**	**23.5**	**34.0**	**80.4**	**0.4**	**11.7**	**301.4**
האגן המערבי	הר כנען	24.5	0.8	199.0	53.1	24.8	74.0	0.0	0.0	**376.2**
האגן המזרחי	אבני איתן	3.7	0.2	146.9	19.7	6.3	75.6	0.4	25.5	**252.8**

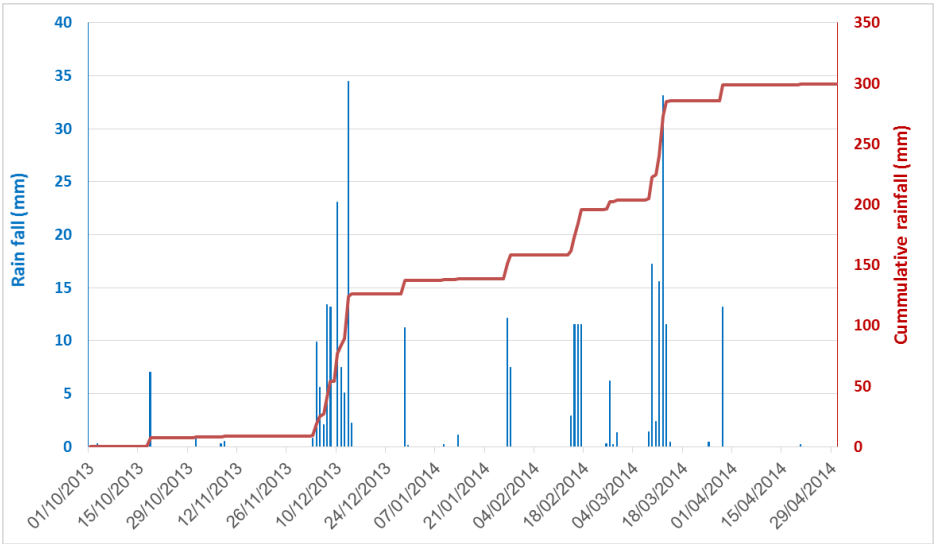
[1] הסיכום המצטבר אינו כולל את חודש מאי (חודשי החורף מוגדרים בדוח זה כאוקטובר- אפריל)



תרשים 4: תחנת כפר גלעדי – עובי הגשם המצטבר בהתחלת החודש



תרשים 5: הגשם הישיר על הכינרת – עובי הגשם המצטבר בהתחלת החודש

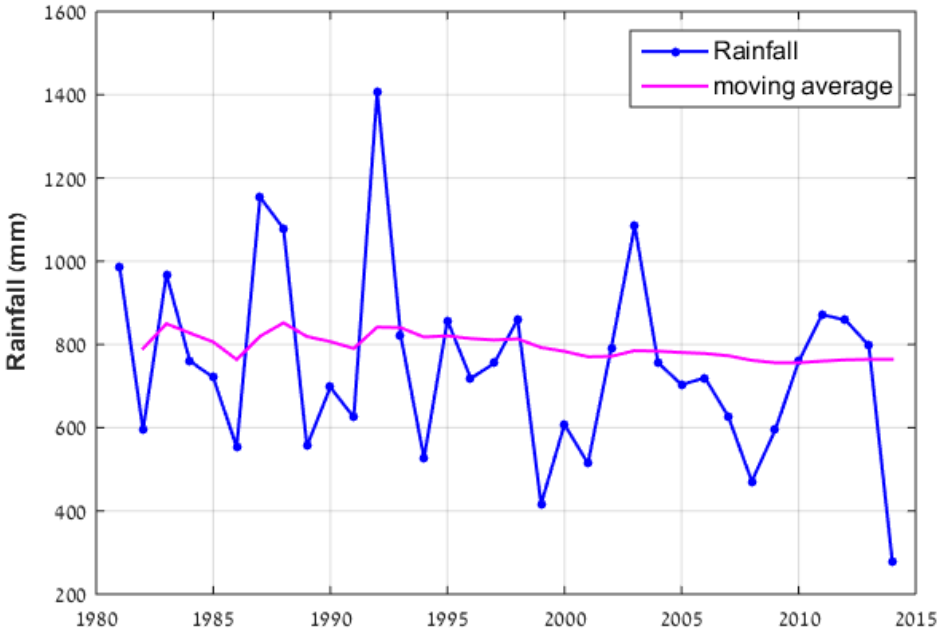


תרשים 6: תחנת כפר גלעדי – עובי הגשם היומי והמצטבר בחורף 2013/14

3.2.2 ניתוח הגשם בתחנת כפר גלעדי

3.2.2.1 מגמות בגשם שנתי

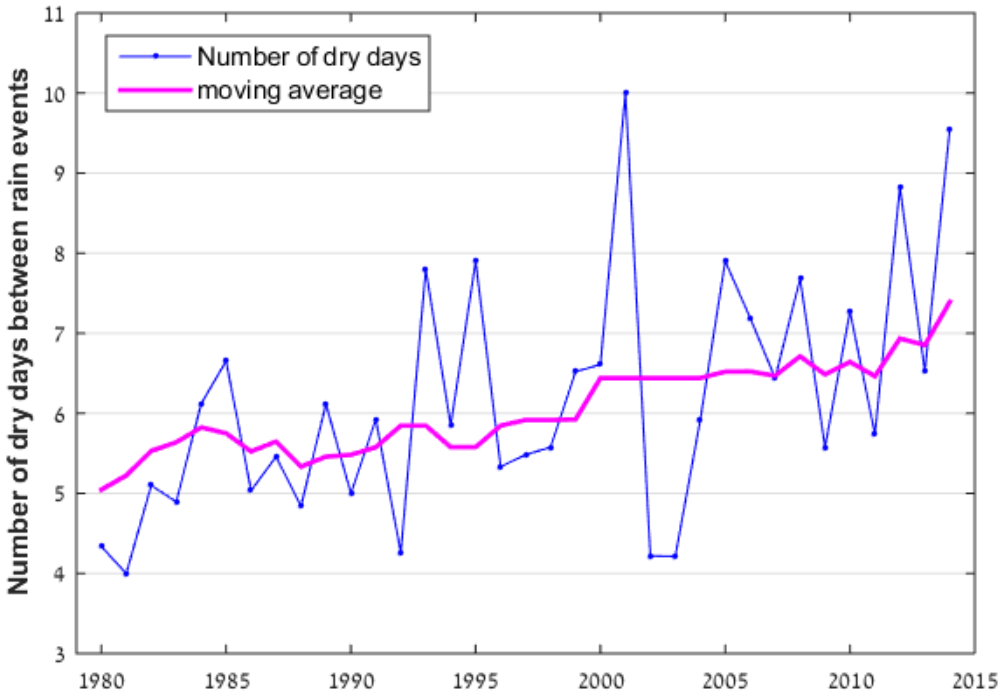
תרשים 7 מציג את השינויים בערכי עובי הגשם השנתי בתחנת כפר גלעדי, החל מהשנה ההידרולוגית 1980/81 ועד היום, 33 שנים. ניתן לראות בברור את כמות הגשמים הנמוכה שנמדדה בתחנת כפר גלעדי בשנה ההידרולוגית 2013/14, כ- 40% מערך הממוצע הרב שנתי.



תרשים 7: נתוני עובי הגשם השנתי בתחנת כפר גלעדי (1980/81 - 2013/14).
הקו בצבע סגול מסמן את הערך הממוצע הנע

3.2.2.2 ניתוח ההפסקות שבין אירועי הגשם

הגשם אינו יורד ברציפות אלא מורכב מרצף של אירועי גשם. אירוע גשם מוגדר בדוח זה כפרק גשם אחד שבינו לבין פרק הגשם העוקב חולפים לפחות 24 שעות ללא גשם. ניתוח הגשם ב- 33 השנים האחרונות מראה שבתקופה זו (2013/14 – 1980/81) הייתה עליה בזמן הפוגה שבין אירועי גשם (תרשים 8). מגמת העלייה מובהקת בכל התקופה (p-value=0.006) עם עליה של כ- 0.063 יום\שנה (1.6 ימים ב-25 שנה). מספר ההפוגות הממוצע בחורף 2013/14 עמד על 10 ימים (לעומת 6.5 ימים בחורף 2012/13). בחורף 2013/14 נמדדו 40 ימים גשומים בתחנת כפר גלעדי, 22 ימים פחות מאשר בשנה ההידרולוגית 2012/13.



תרשים 8: ממוצע ההפסקות בין אירועי גשם עבור כל שנה הידרולוגית החל מ- 1980/81

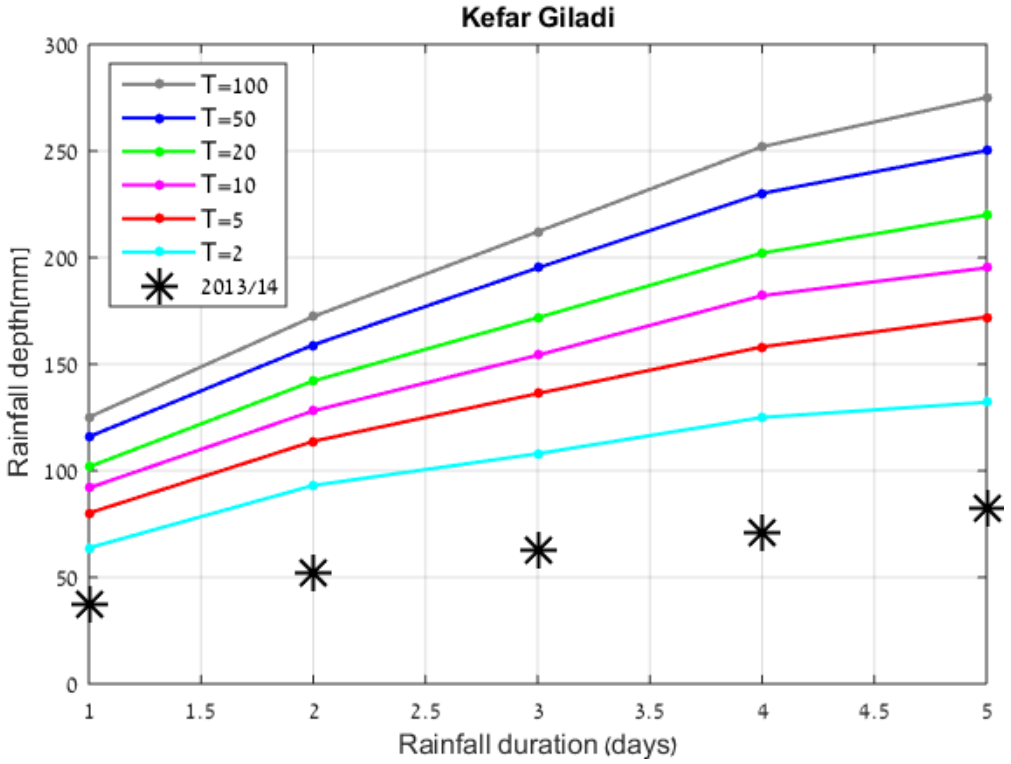
3.3 ניתוח אירועי גשם קיצונים

נערך ניתוח לאירועי הגשם במונחים של משך הגשם, עובי הגשם והשכיחות היחסית של אירועי הגשם הקיצונים של החורף 2013/14. הניתוח מבוסס על נתוני עובי הגשם היומי שנרשמו בתחנת כפר גלעדי ונתוני הגשם הישיר היומי על הכינרת. בתחנת כפר גלעדי נלקחו נתונים היסטוריים רציפים של 47 השנים האחרונות, ובתחנות מסביב לכינרת (מהן מחושב "הגשם הישיר"), של 24 שנים.

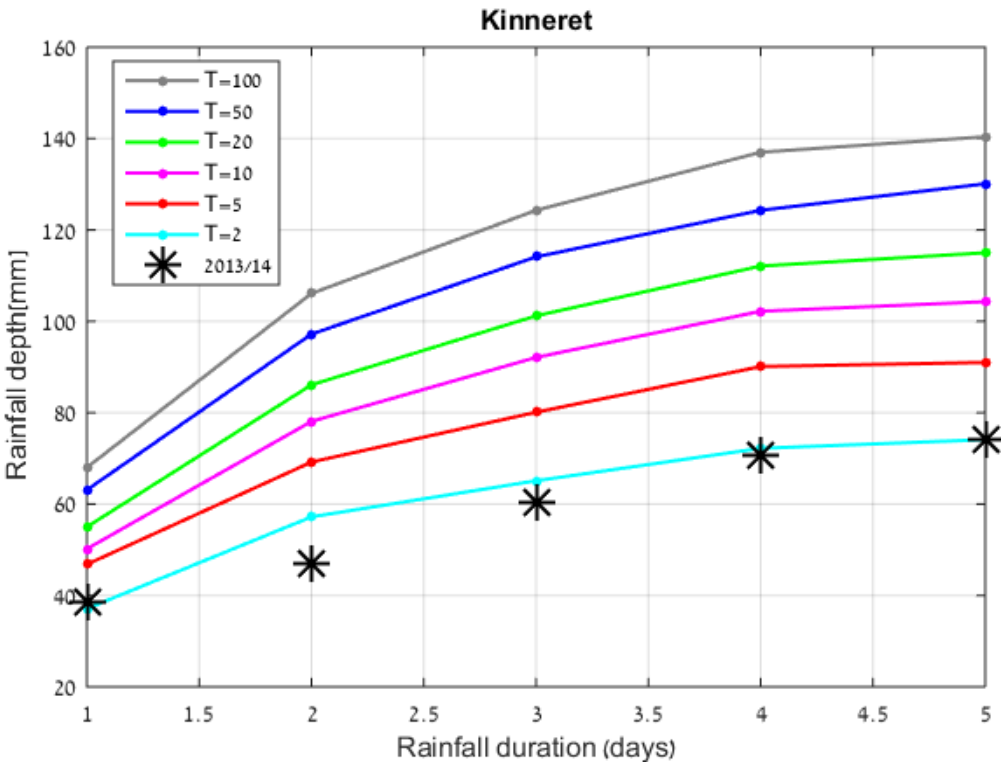
משכי אירועי הגשם שנלקחו לניתוח הם יום אחד עד חמישה ימים. משך אירוע גשם של חמישה ימים נבחר כמקסימלי מפני שהוא משך הזמן הארוך ביותר ללא הפסקת גשם,

המופיע בכל שנה, גם בכפר גלעדי, וגם כגשם הישיר (כאן, "הפסקת גשם" מתייחס ליום שבו לא נרשם גשם בכלל).

תוצאות הניתוח מוצגות תרשים 9 ו- תרשים 10. לדוגמא, בתחנות מסביב לכינרת, זמן החזרה של אירוע גשם הנמשך ארבעה ימים עם עובי גשם מצטבר של 70 מ"מ או יותר הוא שנתיים בממוצע. תרשים 9 מדגיש עד כמה שנת 2013/14 הייתה שחונה ביחס לשנים הקודמות. עובי הגשם המקסימלי שנמדד בתחנה זו נמוך בהרבה ביחס לערכי המקסימליים שנמדדו ב- 47 השנים האחרונות.



תרשים 9: תחנת כפר גלעדי - משך הגשם, עובי הגשם, ותקופת החזרה של אירועי קיצון (אירוע קיצון – האירוע החמור ביותר בשנה). T=זמן חזרה בשנים. * זמן חזרה בשנת 2013/14



תרשים 10: גשם ישיר על הכינרת - משך הגשם, עובי הגשם, ותקופת החזרה של אירועי קיצון (אירוע קיצון – האירוע החמור ביותר בשנה). T=זמן חזרה בשנים. * זמן חזרה בשנת 2013/14

כמויות הגשמים שנמשכו בין יום לחמישה ימים היו נמוכות באופן ניכר, בעלי זמן חזרה של פחות משנתיים בממוצע עבור תחנת כפר גלעדי וגשם ישיר על הכינרת (תרשים 9 ו- תרשים 10). אירועי הקיצון של החורף השחון 2013/14 שנמדדו בתחנת כפר גלעדי ומופיעים תרשים 9 התקבלו במהלך אירוע גשם של חודש מרץ שיאו התקבל ב-12 למרץ 2014. לעומת זאת אירוע הקיצון שנמדד בתחנות מסביב לכינרת ומופיעים בתרשים 10 התקבלו במהלך אירוע גשם של חודש דצמבר שיאו התקבל ב-13 לדצמבר 2013. ב טבלה 2 מוצגת כמות הגשם המירבית שהתקבלה באירועי גשם בעלי משך הגשם שבין יום לחמישה ימים.

טבלה 2: נתוני גשם מקסימליים לאירועי גשם בעלי משך שבין יום ל-5 ימים בכפר גלעדי וכגשם ישיר בכינרת (חודשי החורף מוגדרים כאוקטובר- אפריל)

משך הגשם (ימים)	עובי הגשם (מ"מ) בכפר גלעדי	עובי הגשם הישיר (מ"מ)
1	38.3	38.7
2	48.7	47.1
3	60.2	60.4
4	70.2	70.7
5	79.8	74.0

4. כמויות מים זמינים ומפלסי כנרת בשנת 2013/14

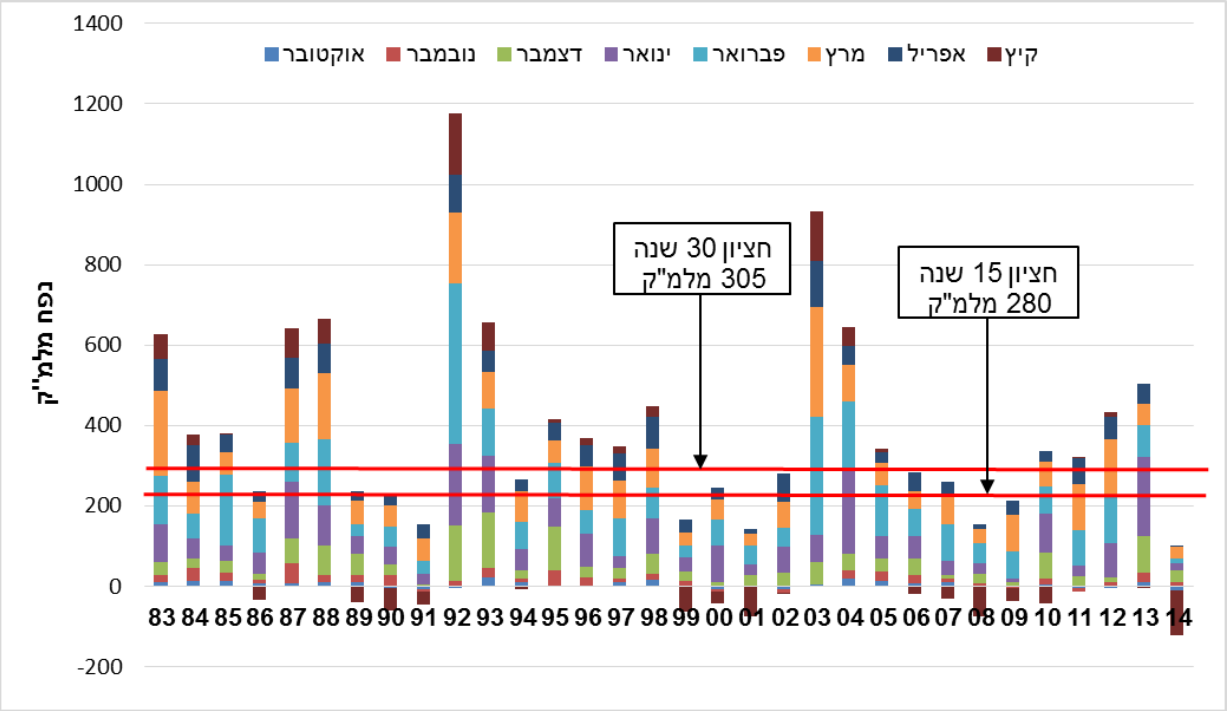
4.1 כמויות מים זמינים

יבול המים בכנרת, או בכינויו האחר "כמות המים הזמינים", מוגדר כסך כל המים הנכנסים לכינרת בהפחתת כמות המים המתאדה ביחידת זמן מוגדרת. ערך זה מחושב למעשה כפונקציה של שינויי המפלס בתוספת כמות המים הנשאבת מן האגם.

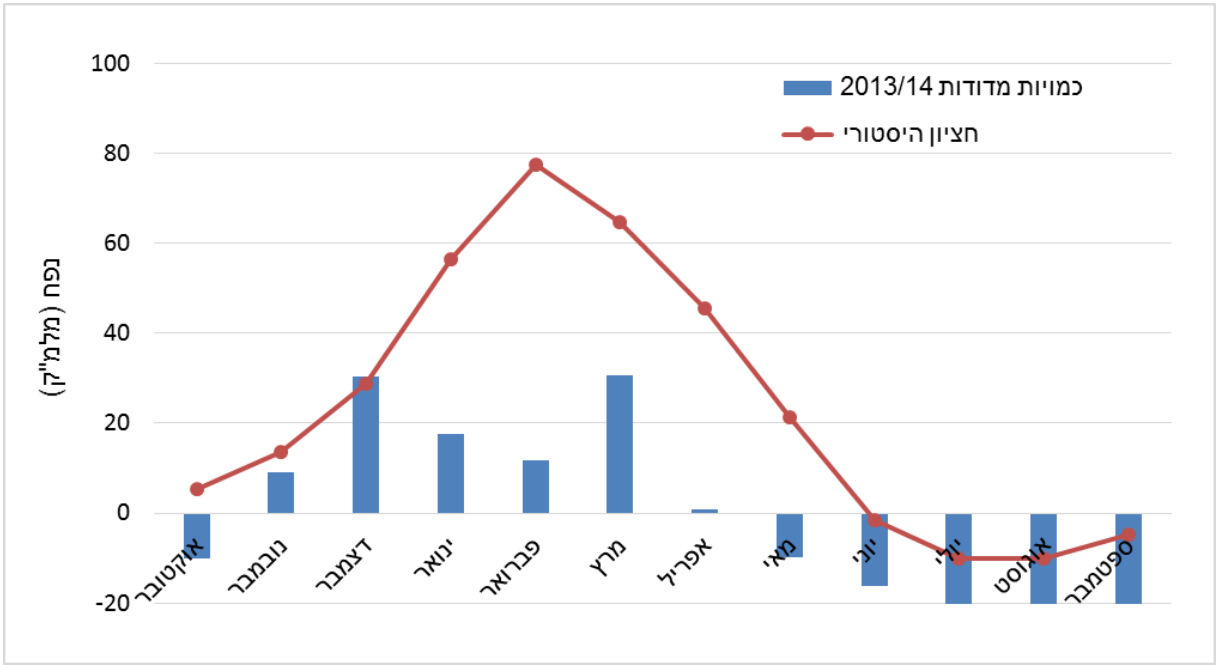
תרשים 11 מציג את התפלגות כמויות המים הזמינים במהלך שנה ההידרולוגית (אוקטובר-ספטמבר) משנת 1968. ניתן לראות, כי התפלגות כמויות המים הזמינים השנתית של עשרים השנים האחרונות שונה לחלוטין מהתפלגות הכמויות של השנים הקודמות. הדבר בא לידי ביטוי הן ביבולי המים והן בתצורת מופע השנים השחונות ומופע השנים השופעות.

במהלך השנה ההידרולוגית 2013/14 (אוקטובר 2013 – ספטמבר 2014) התקבלה כמות מים זמינים של 23.5- מלמ"ק. **זוהי השנה הראשונה מאז החלו המדידות (1927) בה מתקבלת כמות מים זמינים שלילית.** גרעון המים הזמינים בשנה ההידרולוגית 2013/14 עומד על כ- 303.5 מלמ"ק ביחס לערך החציוני הרב-שנתי של 15 השנים הקודמות (280 מלמ"ק). כמות המים הזמינים שהתקבלה בחודשי החורף (אוקטובר- אפריל) הינה 90 מלמ"ק – הכמות הנמוכה ביותר שהתקבלה ב- 30 השנים האחרונות. לשם השוואה בשנות הבצורת של השנים 2000/01 ו- 2007/08 התקבלו כמות מים זמינים שנתית של 66 מלמ"ק ו- 80 מלמ"ק בהתאמה, כמויות נמוכות מאוד איך לא שליליות. בשנים הנ"ל כמות המים הזמינים שהתקבלה בחודשי החורף הייתה 140 מלמ"ק ו-154 מלמ"ק, 160 ו- 170 מלמ"ק יותר מאשר בשנה ההידרולוגית 2013/14 עבור השנים ההידרולוגיות 2000/01 ו- 2008/07 בהתאמה. יש לציין גם את השנה ההידרולוגית 1950/51 , שנת בצורת קשה מאוד, אשר בה חושבו כמות מים זמינים של 103 מלמ"ק, עם זאת מדובר בתקופה שונה מהתקופה הנוכחית, שבה לא היו מאגרים ברמת הגולן וצרכנים במעלה הכנרת.

המייחד את התפלגות המים הזמינים בשנה הנוכחית משנים קודמות, הוא הכמויות הנמוכות של מים זמינים לאורך כל חודשי החורף (אוקטובר- אפריל), פרט לחודש דצמבר, בו התקבלה כמות מים זמינים הזהה לערך החציון של 30 השנים הקודמות (תרשים 12). בחודשים פברואר- אפריל התקבלו הכמויות הנמוכות ביותר של מים זמינים שחושבו ב- 30 השנים האחרונות. כמויות מים זמינים היו נמוכות פי 3, 6, 2 ו- 50 מהערכי החציון הרב שנתי של 30 השנים האחרונות, עבור החודשים ינואר, פברואר, מרץ ואפריל בהתאמה.



תרשים 11: מים זמינים במהלך השנים ההידרולוגיות 1983-2014. הקווים האופקיים מציינים את החציונים של 30 ו- 15 השנים האחרונות, בהתאמה.



תרשים 12: מים זמינים בחודשי השנה ההידרולוגית הנוכחית 2013/14. כל עמודה מציגה את כמות המים הזמינים החודשית. החציון ההיסטורי של 30 השנים הקודמות מוצג ע"י העקומה.

טבלה 3 מסכמת את מאזן המים הזמינים בכנרת לחורף 2013/14. ניתן לראות כי תוספת המים באגם במהלך השנה ההידרולוגית הייתה שלילית ועמדה על 265- מלמ"ק כ- 400 מלמ"ק פחות מן התוספת של השנה ההידרולוגית הקודמת (תוספת המים הזמינים שהתקבלה בשנת 2012/13 הינה 202 מלמ"ק). תוספת זאת שקולה לירידת מפלס של 161.5 ס"מ. (החישוב בוצע באמצעות פונקצית אוגר-מפלס בשימוש הבתימטריה של האגם).

טבלה 3: מאזן מים זמינים ומפלסים לשנה ההידרולוגית 2013/14 (אוקטובר 2013 – ספטמבר 2014)

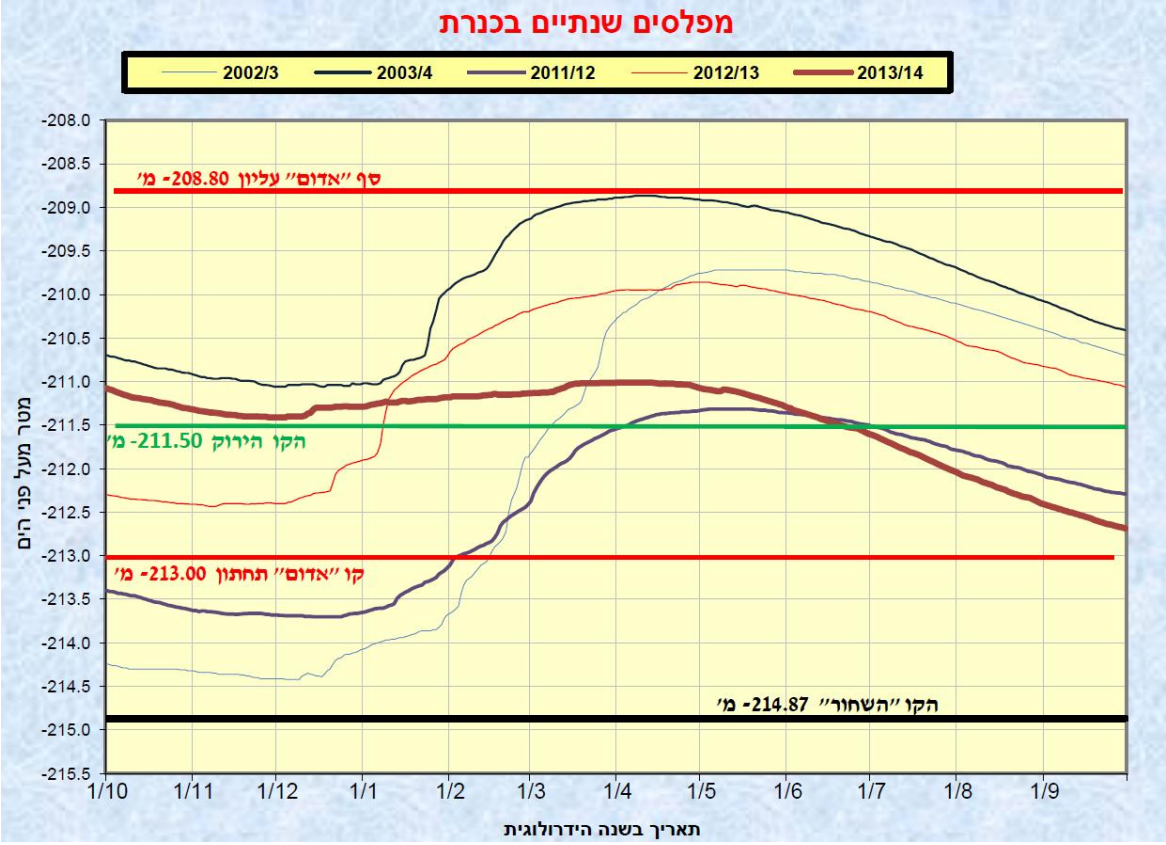
* חלק מן השאיבות פרטיות הוערכו עפ"י תחשיבי השנה שעברה

כניסות (מלמ"ק)	מים זמינים	-23
	הטיות (כגון ירמוך)	17
	סה"כ	**-7**
יציאות (מלמ"ק)	מפא"ר	157
	אחרות	101
	סה"כ	**258**
תוספת מים בחורף (מלמ"ק)		**-265**
מפלס ב-1 באוקטובר 2013 (מטר)		-211.080
מפלס ב-1 באוקטובר 2014 (מטר)		-212.695
עליית המפלס בחורף (בס"מ)		**-161.5**

4.2 מפלסי הכינרת

תרשים 13 מציג את מפלסי האגם בשנים האחרונות בתוך מסגרת חודשי השנה הידרולוגית. ניתן לראות בבירור את המפלס הגבוה בתחילת החורף (הודות לשנת 2012/13) אשר אינו עולה בחודשי החורף ונשאר שטוח עד חודש מאי 2014, מחודש מאי ניכרת ירידה במפלס.

משרעת המפלס בשנת 2013/14 הינה 168 ס"מ, כ- 90 ס"מ פחות מן חורף הקודם. המפלס המינימאלי היה בגובה 212.69- מ' (30 לספטמבר 2014) והמפלס המקסימאלי היה 211.01- מ' (1 באפריל 2014). יש לציין כי למרות החורף השחון השינוי במפלס אינו חד ולאורך כל השנה נשמר המפלס מעל לקו האדום התחתון הודות לניהול שקול של מערך השאיבות מהאגם.



תרשים 13: מפלסי כנרת יומיים בשנים האחרונות בתצוגת שנה הידרולוגית.
שנת 2013/14 מוצגת ע"י הקו החום העבה עד לסוף ספטמבר 2014.

5. ספיקות, עומסים וריכוזי חיידקים בנחלים

5.1 מבוא

הדו"ח הנוכחי מתפרס על פני כל השנה ההידרולוגית 2013/4 ומציג את תמונת העומסים בנחלי האיתן של אגן ההיקוות לאורך תקופה זאת.

דו"ח זה שונה במהותו מדוחות קודמים, מאחר והוא עוסק רק בעומסי החומרים הזורמים בנחלי אגן ההיקוות אל הכנרת ומתייחס לכל חודשי השנה ההידרולוגית ולא רק לחודשי החורף. בדומה לדוחות החורף הקודמים, גם הדו"ח הנוכחי מציג ניתוח של אירועי זיהום יוצאי דופן.

במהלך השנה הקודמת בוצע תיעוד מפורט של חישוב וניתוח העומסים בנהר הירדן (גשר הפקק) בשנים 1971-2012 וזאת במסגרת כתיבת פרק ייעודי בספר הכנרת (בעריכת תמר זוהרי ושו"ת) Lake Kinneret: Ecology and Management בהוצאת Springer. הפרק הנדון מציג סדרות עומסים אחידות לתקופה הנ"ל, עבור החומרים השונים המוסעים בנהר, תוך תיקון הטיה מובנית הנובעת מעצם השימוש במערכת הדיגום האוטומטית. הדו"ח הנוכחי ממשיך לעדכן את סדרות העומסים המתוקנות בגשר הפקק עבור השנה ההידרולוגית 2013/14. בדוחות הבאים יוצגו סדרות עומסים מתוקנות נוספות, המתייחסות למקומות דיגום אחרים.

5.2 התפלגויות יומיות וחודשיות

המדידות של ספיקות הנחלים באגן ההיקוות של הכינרת מתבצעות ע"י השירות ההידרולוגי. הנתונים מדווחים, בדרך כלל, בדוחות של השירות. בנוסף, יחידת המעבדות ואגן ההיקוות מפעילה מזה כבר, שני מדי מפלס, האחד בגשר הפקק (גשר חורי) והשני בנחל משושים, עם שידור מקוון של מדידות רציפות. המפלסים הנמדדים במדי מפלס אלו מתורגמים לספיקות בעזרת עקומות ספיקה-מפלס המופקות באמצעות נתוני תחנות הידרומטריות רלוונטיות. עקומות אלו, יחד עם נתוני ספיקה נוספים מועברים ליחידה באדיבות השרות ההידרולוגי.

אנליזה לריכוזי החומרים הכימיים מתבצעת במעבדת אגן ההיקוות בעוד שספירת החיידקים (MPN/100ml) מתבצעת במעבדה המרכזית לאיכות מים אשר באתר אשכול. שתי המעבדות מוסמכות על פי תקן 17025 ע"י הרשות הלאומית להסמכת מעבדות.

עומסי החומרים בנחלים מחושבים באמצעות הכפלת הספיקה בריכוז החומר, בהתאמה ליחידת הזמן הרלוונטית לאופי הדגימה. כך למשל, דיגום אוטומטי מאפשר חישוב עומס יומי, אשר במעבר על פני כל ימי החודש ניתן להפיק ממנו את העומס החודשי.

חישוב עומסים חודשיים עפ"י דגימה (דו) שבועית ידנית נעשה בצורה דומה אלא שסיכום כל העומסים היומיים המדודים מניב (בחלוקה לסך הספיקות היומיות המתאימות) את

הריכוז הממוצע המשוקלל החודשי. הכפלת ריכוז זה בסך כל הספיקה החודשית (בכל ימי החודש), מניבה את האומדן הנדרש לעומס החודשי. לעיתים מחסור רציף של נתונים יומיים, או/ו קבלת תוצאות חריגות במיוחד, מצריכים ביצוע ניתוחים מיוחדים וחישוב מחדש של אומדנים יומיים עבור ריכוז החומרים ועומסי הנחלים. משימות אלו כרוכות בהצלבה של מדידות המתקבלות משיטות דיגום שונות או מתחנות סמוכות וכן שימוש במודלים סטטיסטיים (כגון, אינטרפולציה ליניארית) לבחינת החריגים ולמילוי הריכוזים החסרים. במקרים מסוימים מתבקשת גם הערכה סובייקטיבית של מומחים לגבי צורת הטיפול בערך הבעייתי. טבלה 4 מציגה את הנתונים החסרים והנתונים החריגים, ואת אופן הטיפול שנעשה בהם, בטרם החלו העיבודים והניתוחים בדו"ח זה.

תרשים 14 מציג את מערך תחנות הניטור שעל פי נתוניהם חושבו ריכוזי ועומסי החומרים המנוטרים. בכל תחנות הניטור מתבצע דיגום ידני. בכל תחנות הניטור מלבד תחנות המעיינות (דן ומעיינות הבניאס) מתקיים גם דיגום אוטומטי המאפשר שקלול ריכוזים ברמה שעתית ויומית.

טבלה 5-טבלה 9 מציגות את ההתפלגויות החודשיות של הספיקות היומיות והחודשיות, את התפלגויות עומסי תרכובות זרחן, תרכובות חנקן וחומר מרחף עבור מעיינות הדן, נחל הבניאס (גשר הבניאס), נחל שניר, נחל משושים והירדן (גשר הפקק) עבור השנה ההידרולוגית 2013/14 בהתאמה. כל החישובים מבוססים על הדיגום האוטומטי, פרט לערכי תחנת מעיינות הדן, בה מתבצעת דגימה ידנית.

תרשים 15- תרשים 23 (אי- זוגיים) מציגים את ההתפלגויות החודשיות של ספיקות המים החודשיות ב- 2013/14 על רקע ההתפלגויות החודשיות של העשורים האחרונים, עבור מעיינות הדן, נחל משושים, נחל הבניאס (גשר הבניאס), נחל שניר, והירדן (גשר הפקק) בהתאמה.

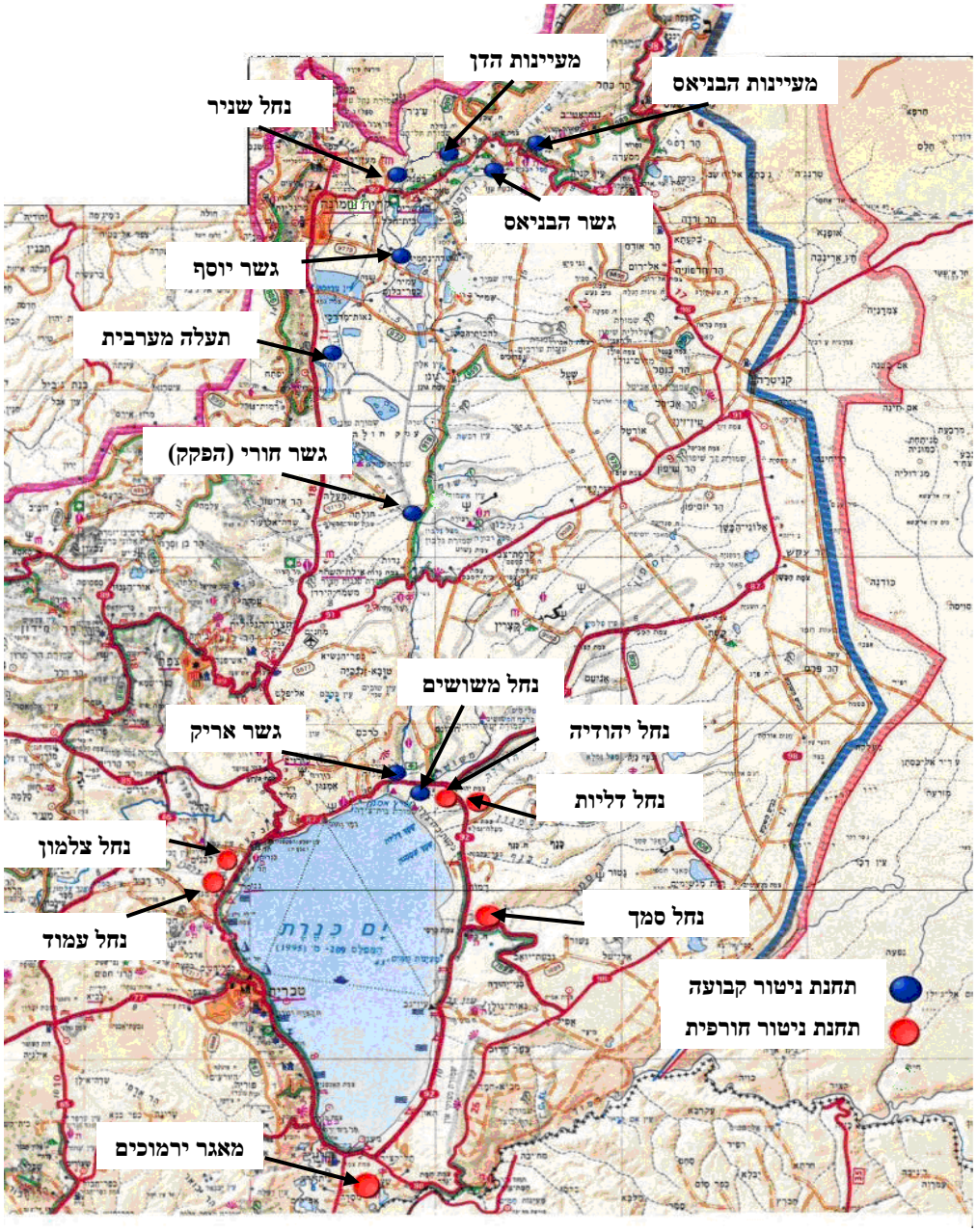
תרשים 16- תרשים 24 (זוגיים) ותרשים 25 מציגים את העומסים חודשיים של תרכובות זרחן, תרכובות חנקן וחומר מרחף בשנת 2013/14 וברקע את ההתפלגויות החודשיות של שני העשורים האחרונים בתחנות השונות. חישובי העומסים בתרשימים אלו מבוססים על מדידות מערך הדיגום הידני, פרט לתחנת גשר הפקק, שבה חושבו העומסים על בסיס המדידות הקיימות של 21 שנות הדיגום האוטומטי האחרונות.

ספיקות הנחלים בתחילת השנה ההידרולוגית (חודשים אוקטובר-נובמבר 2013) היו גבוהות יחסית וקרובות לערכי החציון של 28 השנים האחרונות. הספיקות הגבוהות בחודשים אלה מיוחסות לזרימת בסיס גבוהה שמקורה בשנה ההידרולוגית (הגשומה) הקודמת 2012/13 שאף הביאו לזרימת עומסים גבוהים יחסית לכנרת.

כמויות הגשמים הנמוכות בהמשך החורף, חודשים ינואר- אפריל 2014, הניבו שפל משמעותי בכל נחלי אגן ההיקוות ועימם עומסי סחף נמוכים משטח אגן ההיקוות. בחודשים

אלה זרמה בנחל הבניאס ספיקה **<u>הנמוכה ב- 200%</u>** מהערך החציוני כאשר בנחל דן ספיקה שנמדדה הייתה **<u>הנמוכה ב 50% עד 80%</u>** מהערך החציוני. בנחל המשושים ונחל שניר השפעת החורף השחון הייתה משמעותית יותר, בחודש פברואר 2014 נמדדה בנחל משושים ונחל שניר ספיקה **<u>נמוכה ב- 500% ו- 700%</u>** ביחס לערך החציוני, בהתאמה. **ערכים אלה הינם הנמוכים ביותר שנמדדו בשלושת העשורים האחרונים.**
הספיקה שנמדדה בנחלים בחודשי הקיץ הייתה אף היא נמוכה בצורה ניכרת מהערכים שנמדדו בעבר, בעקבות החורף השחון שלא כלל ירידת שלגים.

במהלך השנה ההידרולוגית (אוקטובר 2013 - ספטמבר 2014) נכנסה לכנרת מן הירדן כמות מים של כ-141 מלמ"ק, כאשר 86% מכמות המים (120 מלמ"ק) נכנסה לאגם בחודשי החורף (אוקטובר 2013 - אפריל 2014). כמות הנמוכה פי 3.5 מכמות מים שנכנסה לכנרת מן הירדן במהלך חודשי החורף הקודם (אוקטובר 2012 - אפריל 2013). עומס החומרים המרחפים שנכנסו לאגם במהלך השנה ההידרולוגית זו מוערך בלמעלה מ-4,000 טון, פי 9.5 פחות מהכמות שנמדדה בשנה הקודמת, כאשר כמות החנקן (הכללי) מוערכת בכ-332 טון (פי 5 פחות מהכמות שנכנסה לאגם בשנה הקודמת). כמות הזרחן (הכללי) שנכנסה לכנרת מוערכת בכ-14 טון סדר גודל פחות מהכמות שנכנסה לאגם בשנה הקודמת.



תרשים 14: מפת תחנות הדיגום באגן ההיקוות

טבלה 4: טבלת חריגים – ריכוזים חריגים או חסרים בתחנות הדיגום

עמודת ההערות מכילה הסבר לאופי הטיפול (באם בוצע) בערכו החריג (חסר) של הפרמטר הכימי (בסימון מקובל ומקוצר)

תחנה	תאריך	פרמטר	ערך מקורי	ערך חדש	הערות
הירדן - גשר הפקק	27.11.13	TP	0.319	0.079	גבוה ללא שינוי בספיקה
	9.12.13	NO3	0.22	1.72	שימוש במכשיר מדידה חדש
		NORG	1.844	0.43	
	10.12.13	NO3	0.239	1.77	
		NORG	2.276	0.5	
נחל חרמון	27.11.13	TP	0.149	0.053	גבוה ללא שינוי בספיקה
	9.12.13	NO3	0.194	1.58	שימוש במכשיר מדידה חדש
		NORG	1.586	0.22	
	10.12.13	NO3	0.199	1.61	
		NORG	1.899	0.28	
	3.1.14	TN	3.09	1.713	גבוה ללא שינוי בספיקה
		NORG	1.681	0.021	
נחל משושים	9.12.13	NO3	0.251	1.89	שימוש במכשיר מדידה חדש
		NORG	2.148	0.438	
	10.12.13	NO3	0.23	2.045	
		NORG	1.942	0.444	
	25.4.14	DP	0.38	0.038	גבוה ללא שינוי בספיקה
נחל שניר	9.12.13	NO3	0.263	2.088	שימוש במכשיר מדידה חדש
		NORG	2.171	0.162	
	10.12.13	NO3	0.273	2.212	
		NORG	2.139	0.143	
	14.8.14	NH4	0.053	0.010	מים עמדו בשוקת. התקלה תוקנה באותו היום
		NO3	1.2	1.179	
		NORG	0	0.121	
		TN	1.25	1.309	
		DP	0.001	0.001	
		TOP	0.003	0.005	
		TP	0.013	0.008	
		TSS	3	2.257	

טבלה 5: מעיינות הדן, ריכוזים חודשיים (ממוצעים) ועומסי מזהמים בשנת 2013/14.

הערכים מבוססים על הדיגום הידני באתר שמורת הטבע. ערכי החנקן האורגני מחושבים יחד עם ערכי הניטריט.

חודש-שנה	יחידות מידה	חומר מרחף SS10	תרכובות חנקן				תרכובות זרחן		ספיקה יומית וחודשית (מלמ"ק) DIS
			אמון NH4	ניטרט NO3	חנקן אורגני NORG	חנקן כללי NTOT	זרחן מומס PO4	זרחן כללי PTOT	
אוקטובר	מ"ג/ל	1.85	0.01	1.19	0.63	1.83	0.01	0.02	0.58
2013	טון/חודש	**33.4**	**0.16**	**21.56**	**11.37**	**33.10**	**0.21**	**0.42**	**18.04**
נובמבר	מ"ג/ל	0.77	0.01	1.26	0.08	1.35	0.01	0.02	0.52
2013	טון/חודש	**12.0**	**0.19**	**19.68**	**1.29**	**21.16**	**0.15**	**0.28**	**15.62**
דצמבר	מ"ג/ל	2.62	0.01	1.30	0.14	1.44	0.01	0.03	0.47
2013	טון/חודש	**38.2**	**0.15**	**18.93**	**2.00**	**21.08**	**0.20**	**0.43**	**14.60**
ינואר	מ"ג/ל	1.71	0.01	1.30	0.49	1.80	0.01	0.03	0.42
2014	טון/חודש	**22.3**	**0.13**	**16.94**	**6.45**	**23.53**	**0.16**	**0.36**	**13.04**
פברואר	מ"ג/ל	1.23	0.01	1.28	0.18	1.47	0.01	0.02	0.41
2014	טון/חודש	**14.1**	**0.13**	**14.61**	**2.00**	**16.74**	**0.11**	**0.24**	**11.41**
מרץ	מ"ג/ל	2.75	0.01	1.25	0.07	1.34	0.01	0.02	0.47
2014	טון/חודש	**39.6**	**0.11**	**18.10**	**1.07**	**19.27**	**0.16**	**0.32**	**14.43**
אפריל	מ"ג/ל	1.77	0.01	1.22	0.13	1.37	0.01	0.02	0.44
2014	טון/חודש	**23.4**	**0.14**	**16.19**	**1.77**	**18.10**	**0.16**	**0.33**	**13.25**
מאי	מ"ג/ל	2.28	0.01	1.21	0.11	1.33	0.01	0.02	0.39
2014	טון/חודש	**26.9**	**0.2**	**14.3**	**1.2**	**15.7**	**0.1**	**0.3**	**11.8**
יוני	מ"ג/ל	1.25	0.02	1.28	0.15	1.45	0.01	0.03	0.33
2014	טון/חודש	**12.2**	**0.2**	**12.6**	**1.5**	**14.2**	**0.1**	**0.3**	**9.8**
יולי	מ"ג/ל	1.93	0.01	1.14	0.19	1.34	0.01	0.03	0.31
2014	טון/חודש	**17.8**	**0.1**	**10.5**	**1.7**	**12.4**	**0.1**	**0.2**	**9.2**
אוגוסט	מ"ג/ל	1.51	0.02	1.24	0.19	1.45	0.01	0.02	0.28
2014	טון/חודש	**12.7**	**0.1**	**10.4**	**1.6**	**12.2**	**0.1**	**0.2**	**8.4**
ספטמבר	מ"ג/ל	1.65	0.01	1.23	0.21	1.45	0.01	0.02	0.25
2014	טון/חודש	**12.2**	**0.1**	**9.1**	**1.6**	**10.8**	**0.1**	**0.2**	**7.4**
סה"כ עומסים (אוק'-ספט'):		**264.8**	**1.7**	**182.9**	**33.6**	**218.2**	**1.7**	**3.5**	**147.0**

טבלה 6: נחל הבניאס, ריכוזים חודשיים (ממוצעים) ועומסי מזהמים בשנת 2013/14.

הערכים מבוססים על ערכים מדודים מן הדיגום האוטומטי. ערכי החנקן האורגני מחושבים יחד עם ערכי הניטריט.

חודש-שנה	יחידות מידה	חומר מרחף	תרכובות חנקן				תרכובות זרחן		ספיקה יומית וחודשית (מלמ"ק)
			אמון	ניטרט	חנקן אורגני	חנקן כללי	זרחן מומס	זרחן כללי	
		SS10	NH4	NO3	NORG	NTOT	PO4	PTOT	DIS
אוקטובר	מ"ג/ל	12.93	0.01	1.72	0.19	1.91	0.01	0.05	0.23
2013	טון/חודש	**91.0**	**0.06**	**12.10**	**1.31**	**13.46**	**0.07**	**0.34**	**7.04**
נובמבר	מ"ג/ל	14.21	0.01	1.72	0.09	1.84	0.01	0.06	0.26
2013	טון/חודש	**110.9**	**0.11**	**13.41**	**0.71**	**14.38**	**0.08**	**0.46**	**7.81**
דצמבר	מ"ג/ל	10.82	0.01	1.48	0.39	1.88	0.02	0.05	0.24
2013	טון/חודש	**81.5**	**0.10**	**11.15**	**2.94**	**14.18**	**0.15**	**0.37**	**7.53**
ינואר	מ"ג/ל	6.22	0.01	1.62	0.32	1.95	0.02	0.04	0.17
2014	טון/חודש	**32.7**	**0.05**	**8.51**	**1.70**	**10.26**	**0.08**	**0.19**	**5.26**
פברואר	מ"ג/ל	11.62	0.01	1.65	0.13	1.80	0.01	0.04	0.18
2014	טון/חודש	**58.0**	**0.04**	**8.23**	**0.66**	**8.98**	**0.07**	**0.22**	**4.99**
מרץ	מ"ג/ל	21.03	0.01	1.60	0.19	1.79	0.02	0.07	0.27
2014	טון/חודש	**176.4**	**0.07**	**13.39**	**1.58**	**15.04**	**0.14**	**0.60**	**8.39**
אפריל	מ"ג/ל	11.13	0.01	1.55	0.17	1.73	0.01	0.04	0.18
2014	טון/חודש	**60.7**	**0.05**	**8.44**	**0.95**	**9.44**	**0.06**	**0.22**	**5.45**
מאי	מ"ג/ל	19.63	0.01	1.67	0.16	1.85	0.01	0.05	0.16
2014	טון/חודש	**96.2**	**0.1**	**8.2**	**0.8**	**9.0**	**0.1**	**0.2**	**4.9**
יוני	מ"ג/ל	12.62	0.01	1.71	0.17	1.89	0.01	0.05	0.14
2014	טון/חודש	**54.3**	**0.0**	**7.4**	**0.7**	**8.1**	**0.0**	**0.2**	**4.3**
יולי	מ"ג/ל	14.25	0.01	1.72	0.10	1.86	0.01	0.06	0.16
2014	טון/חודש	**67.0**	**0.1**	**8.1**	**0.5**	**8.7**	**0.0**	**0.3**	**4.7**
אוגוסט	מ"ג/ל	10.38	0.01	1.60	0.30	1.91	0.02	0.05	0.14
2014	טון/חודש	**44.6**	**0.1**	**6.9**	**1.3**	**8.2**	**0.1**	**0.2**	**4.3**
ספטמבר	מ"ג/ל	6.13	0.01	1.62	0.31	1.94	0.02	0.04	0.13
2014	טון/חודש	**24.4**	**0.0**	**6.5**	**1.2**	**7.7**	**0.1**	**0.1**	**4.0**
סה"כ עומסים (אוק'-ספט'):		**897.8**	**0.7**	**112.2**	**14.4**	**127.6**	**0.9**	**3.5**	**68.7**

טבלה 7: נחל שניר, ריכוזים חודשיים (ממוצעים) ועומסי מזהמים בשנת 2013/14.
הערכים מבוססים על הדיגום האוטומטי. ערכי החנקן האורגני מחושבים יחד עם ערכי הניטריט.

חודש-שנה	יחידות מידה	חומר מרחף SS10	תרכובות חנקן אמון NH4	ניטרט NO3	חנקן אורגני NORG	חנקן כללי NTOT	תרכובות זרחן זרחן מומס PO4	זרחן כללי PTOT	ספיקה יומית וחודשית (מלמ"ק) DIS
אוקטובר	מ"ג/ל	6.54	0.01	2.02	0.15	2.18	0.00	0.02	0.07
2013	טון/חודש	**15.1**	**0.02**	**4.67**	**0.34**	**5.03**	**0.01**	**0.04**	**2.31**
נובמבר	מ"ג/ל	11.37	0.02	2.10	0.09	2.21	0.01	0.03	0.07
2013	טון/חודש	**25.1**	**0.04**	**4.63**	**0.20**	**4.87**	**0.01**	**0.06**	**2.21**
דצמבר	מ"ג/ל	8.17	0.01	2.44	0.12	2.58	0.01	0.03	0.09
2013	טון/חודש	**22.2**	**0.03**	**6.63**	**0.34**	**7.02**	**0.02**	**0.09**	**2.72**
ינואר	מ"ג/ל	0.99	0.01	2.06	0.17	2.29	0.00	0.02	0.08
2014	טון/חודש	**2.4**	**0.02**	**5.10**	**0.41**	**5.67**	**0.01**	**0.04**	**2.48**
פברואר	מ"ג/ל	1.65	0.01	2.16	0.13	2.31	0.00	0.02	0.07
2014	טון/חודש	**3.4**	**0.02**	**4.47**	**0.27**	**4.78**	**0.01**	**0.05**	**2.07**
מרץ	מ"ג/ל	6.80	0.01	2.89	0.21	3.11	0.01	0.03	0.10
2014	טון/חודש	**21.0**	**0.02**	**8.94**	**0.65**	**9.61**	**0.03**	**0.10**	**3.10**
אפריל	מ"ג/ל	2.33	0.01	1.95	0.22	2.19	0.00	0.02	0.07
2014	טון/חודש	**5.0**	**0.03**	**4.21**	**0.48**	**4.72**	**0.01**	**0.04**	**2.16**
מאי	מ"ג/ל	20.32	0.01	1.95	0.23	2.19	0.00	0.05	0.06
2014	טון/חודש	**34.6**	**0.0**	**3.3**	**0.4**	**3.7**	**0.0**	**0.1**	**1.7**
יוני	מ"ג/ל	5.59	0.01	1.42	0.30	1.72	0.00	0.02	0.05
2014	טון/חודש	**9.0**	**0.0**	**2.3**	**0.5**	**2.8**	**0.0**	**0.0**	**1.6**
יולי	מ"ג/ל	7.24	0.01	1.12	0.22	1.35	0.00	0.02	0.06
2014	טון/חודש	**13.0**	**0.0**	**2.0**	**0.4**	**2.4**	**0.0**	**0.0**	**1.8**
אוגוסט	מ"ג/ל	3.64	0.01	1.34	0.17	1.52	0.00	0.02	0.06
2014	טון/חודש	**6.9**	**0.0**	**2.5**	**0.3**	**2.9**	**0.0**	**0.0**	**1.9**
ספטמבר	מ"ג/ל	2.63	0.01	1.48	0.15	1.65	0.00	0.02	0.05
2014	טון/חודש	**4.1**	**0.0**	**2.3**	**0.2**	**2.6**	**0.0**	**0.0**	**1.6**
סה"כ עומסים (אוק'-ספט'):		**161.9**	**0.3**	**51.1**	**4.5**	**56.1**	**0.1**	**0.7**	**25.6**

טבלה 8: נחל משושים, ריכוזים חודשיים (ממוצעים) ועומסי מזהמים בשנת 2013/14.
הערכים מבוססים על הדיגום האוטומטי. ערכי החנקן האורגני מחושבים יחד עם ערכי הניטריט.

חודש-שנה	יחידות מידה	חומר מרחף SS10	תרכובות חנקן אמון NH4	ניטרט NO3	חנקן אורגני NORG	חנקן כללי NTOT	תרכובות זרחן זרחן מומס PO4	זרחן כללי PTOT	ספיקה יומית וחודשית (מלמ"ק) DIS
אוקטובר	מ"ג/ל	20.77	0.01	1.91	0.29	2.22	0.08	0.12	0.01
2013	טון/חודש	**8.1**	**0.00**	**0.75**	**0.11**	**0.87**	**0.03**	**0.05**	**0.39**
נובמבר	מ"ג/ל	15.96	0.02	1.86	0.27	2.14	0.07	0.10	0.01
2013	טון/חודש	**6.1**	**0.01**	**0.71**	**0.10**	**0.82**	**0.03**	**0.04**	**0.38**
דצמבר	מ"ג/ל	51.03	0.02	2.88	0.89	3.78	0.20	0.27	0.02
2013	טון/חודש	**32.7**	**0.01**	**1.84**	**0.57**	**2.42**	**0.13**	**0.17**	**0.64**
ינואר	מ"ג/ל	6.14	0.01	2.01	0.26	2.28	0.06	0.10	0.03
2014	טון/חודש	**6.5**	**0.01**	**2.13**	**0.27**	**2.42**	**0.06**	**0.11**	**1.06**
פברואר	מ"ג/ל	9.10	0.02	2.03	0.20	2.24	0.06	0.10	0.03
2014	טון/חודש	**7.2**	**0.01**	**1.60**	**0.16**	**1.77**	**0.05**	**0.08**	**0.79**
מרץ	מ"ג/ל	17.22	0.01	1.90	0.37	2.29	0.10	0.15	0.03
2014	טון/חודש	**14.5**	**0.01**	**1.60**	**0.32**	**1.93**	**0.08**	**0.12**	**0.84**
אפריל	מ"ג/ל	12.09	0.02	1.93	0.44	2.38	0.08	0.13	0.02
2014	טון/חודש	**8.2**	**0.01**	**1.31**	**0.30**	**1.62**	**0.06**	**0.09**	**0.68**
מאי	מ"ג/ל	17.15	0.02	2.03	0.30	2.35	0.10	0.14	0.02
2014	טון/חודש	**10.3**	**0.0**	**1.2**	**0.2**	**1.4**	**0.1**	**0.1**	**0.6**
יוני	מ"ג/ל	12.97	0.02	1.60	0.42	2.04	0.07	0.11	0.02
2014	טון/חודש	**7.8**	**0.0**	**1.0**	**0.3**	**1.2**	**0.0**	**0.1**	**0.6**
יולי	מ"ג/ל	13.52	0.02	1.79	0.43	2.24	0.06	0.09	0.02
2014	טון/חודש	**8.1**	**0.0**	**1.1**	**0.3**	**1.3**	**0.0**	**0.1**	**0.6**
אוגוסט	מ"ג/ל	14.67	0.02	1.74	0.42	2.18	0.06	0.09	0.02
2014	טון/חודש	**8.8**	**0.0**	**1.0**	**0.3**	**1.3**	**0.0**	**0.1**	**0.6**
ספטמבר	מ"ג/ל	11.03	0.02	1.72	0.36	2.10	0.07	0.11	0.02
2014	טון/חודש	**6.8**	**0.0**	**1.1**	**0.2**	**1.3**	**0.0**	**0.1**	**0.6**

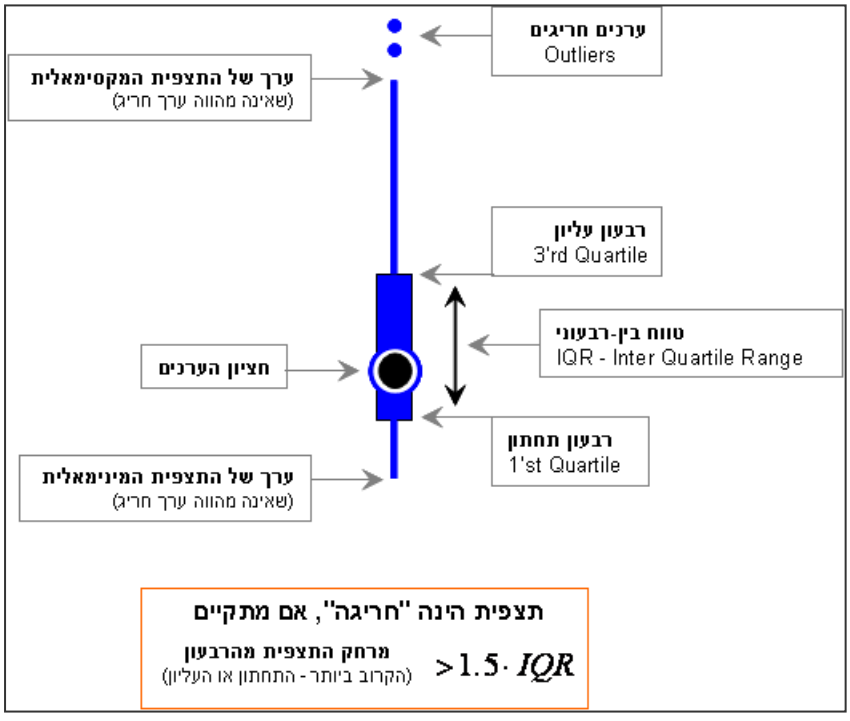
סה"כ עומסים (אוק'-ספט'):	**125.1**	**0.1**	**15.3**	**3.0**	**18.4**	**0.6**	**1.0**	**7.9**

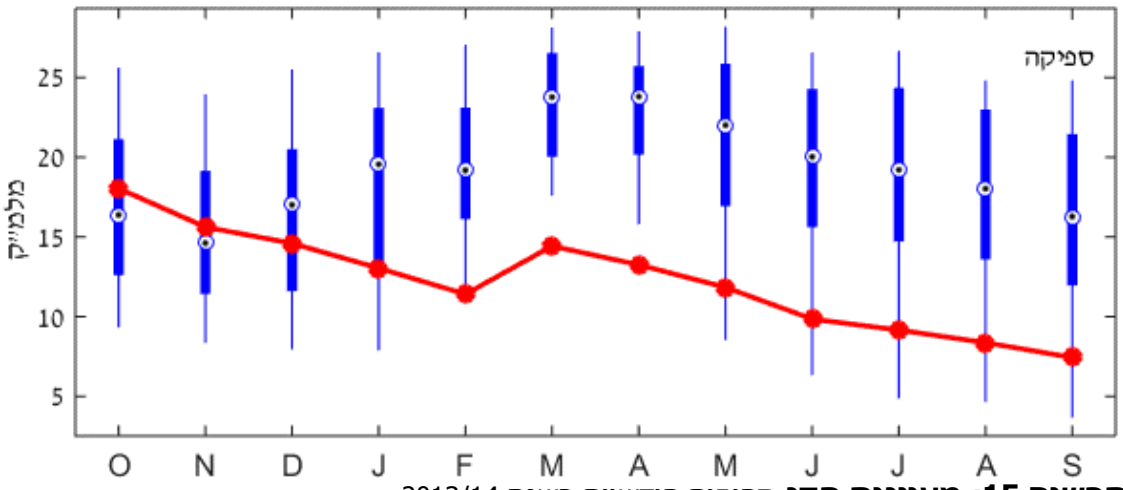
טבלה 9: נהר הירדן (גשר הפקק), ריכוזים חודשיים (ממוצעים) ועומסי מזהמים

בשנת 2013/14. הערכים מבוססים על הדיגום האוטומטי. ערכי החנקן האורגני מחושבים יחד עם ערכי הניטריט.

חודש-שנה	יחידות מידה	הגבה PHLB	עכירות NTU TURB	חומר מרחף כללי SS10	כלוריד CL	תרכובות חנקן: אמון NH4	תרכובות חנקן: ניטרט NO3	תרכובות חנקן: חנקן אורגני NORG	תרכובות חנקן: חנקן כללי NTOT	תרכובות: זרחן מומס PO4	תרכובות: זרחן כללי PTOT	אלקליניות ALK	גופרה SO4	נתרן NA	אשלגן K	ספיקה יומית וחודשית DIS
אוקטובר	מ"ג/ל	8.4	17.0	17.7	14	0.0	1.7	0.3	2.1	0.0	0.1	179	29.4	11.0	1.4	0.6
2013	טון/חודש			325.7	257.0	0.3	31.9	5.7	37.8	0.2	1.3	3303.2	541.0	202.5	25.3	18.4
נובמבר	מ"ג/ל	8.5	19.1	27.3	14	0.0	1.8	0.2	2.1	0.0	0.1	183	31.2	12.0	1.5	0.6
2013	טון/חודש			482.9	249.3	0.3	31.8	3.9	36.8	0.2	1.6	3240.3	551.7	211.9	26.5	17.7
דצמבר	מ"ג/ל	8.3	35.9	38.4	19	0.1	2.2	0.3	2.6	0.0	0.1	192	43.8	13.6	1.8	0.7
2013	טון/חודש			821.2	397.4	1.1	47.6	6.8	55.8	0.3	2.5	4109.7	937.8	291.5	37.6	21.4
ינואר	מ"ג/ל	8.3	50.3	18.2	17	0.0	2.0	0.3	2.4	0.0	0.1	189	40.4	12.3	1.8	0.6
2014	טון/חודש			331.6	312.8	0.5	36.4	6.3	43.3	0.2	1.4	3456.8	738.7	225.1	32.0	18.3
פברואר	מ"ג/ל	8.3	28.4	17.2	17	0.0	2.0	0.2	2.3	0.0	0.1	187	41.0	13.7	1.6	0.5
2014	טון/חודש			258.6	261.8	0.5	30.4	3.5	34.5	0.2	1.1	2808.9	616.0	205.3	24.0	15.0
מרץ	מ"ג/ל	8.4	20.0	45.6	18	0.0	2.0	0.4	2.5	0.0	0.2	186	34.6	12.3	1.6	0.6
2014	טון/חודש			888.9	348.8	0.5	39.5	8.5	48.4	0.4	3.2	3638.1	674.8	239.5	31.9	19.5
אפריל	מ"ג/ל	8.5	33.7	24.5	20	0.0	1.9	0.4	2.3	0.0	0.1	182	32.7	17.7	1.8	0.4
2014	טון/חודש			267.9	217.2	0.2	21.1	4.4	25.6	0.1	1.0	1987.4	357.3	193.6	20.1	10.9
מאי	מ"ג/ל	8.5	47.5	13.1	10	0.0	0.9	0.1	1.0	0.0	0.0	72	17.0	8.6	0.8	0.2
2014	טון/חודש			255.8	193.8	0.1	16.7	2.1	18.9	0.1	0.9	1408.0	331.6	167.9	16.4	7.7
יוני	מ"ג/ל	8.5	61.2	10.0	8	0.0	0.6	0.2	0.9	0.0	0.0	50	14.7	7.7	0.8	0.1
2014	טון/חודש			108.9	90.7	0.1	6.9	2.4	9.4	0.0	0.4	551.0	161.2	84.6	8.6	3.2
יולי	מ"ג/ל	8.6	75.0	4.5	2	0.0	0.2	0.1	0.3	0.0	0.0	17	4.2	2.6	0.3	0.1
2014	טון/חודש			87.3	44.6	0.0	4.3	1.4	5.7	0.0	0.2	334.0	81.1	51.4	6.2	2.1
אוגוסט	מ"ג/ל	8.6	88.7	9.4	5	0.0	0.5	0.1	0.7	0.0	0.0	45	9.3	5.8	0.8	0.1
2014	טון/חודש			102.3	60.0	0.1	5.5	1.6	7.2	0.0	0.2	490.0	101.3	63.7	8.3	2.9
ספטמבר	מ"ג/ל	8.6	102.4	5.3	4	0.0	0.4	0.1	0.5	0.0	0.0	35	8.5	4.4	0.5	0.1
2014	טון/חודש			102.5	79.2	0.1	6.9	2.2	9.2	0.0	0.3	686.2	166.5	85.5	10.0	3.9
סה"כ עומסים (אוק'-ספט'):				4034	2513	4	279	49	333	2	14	26014	5259	2023	247	141

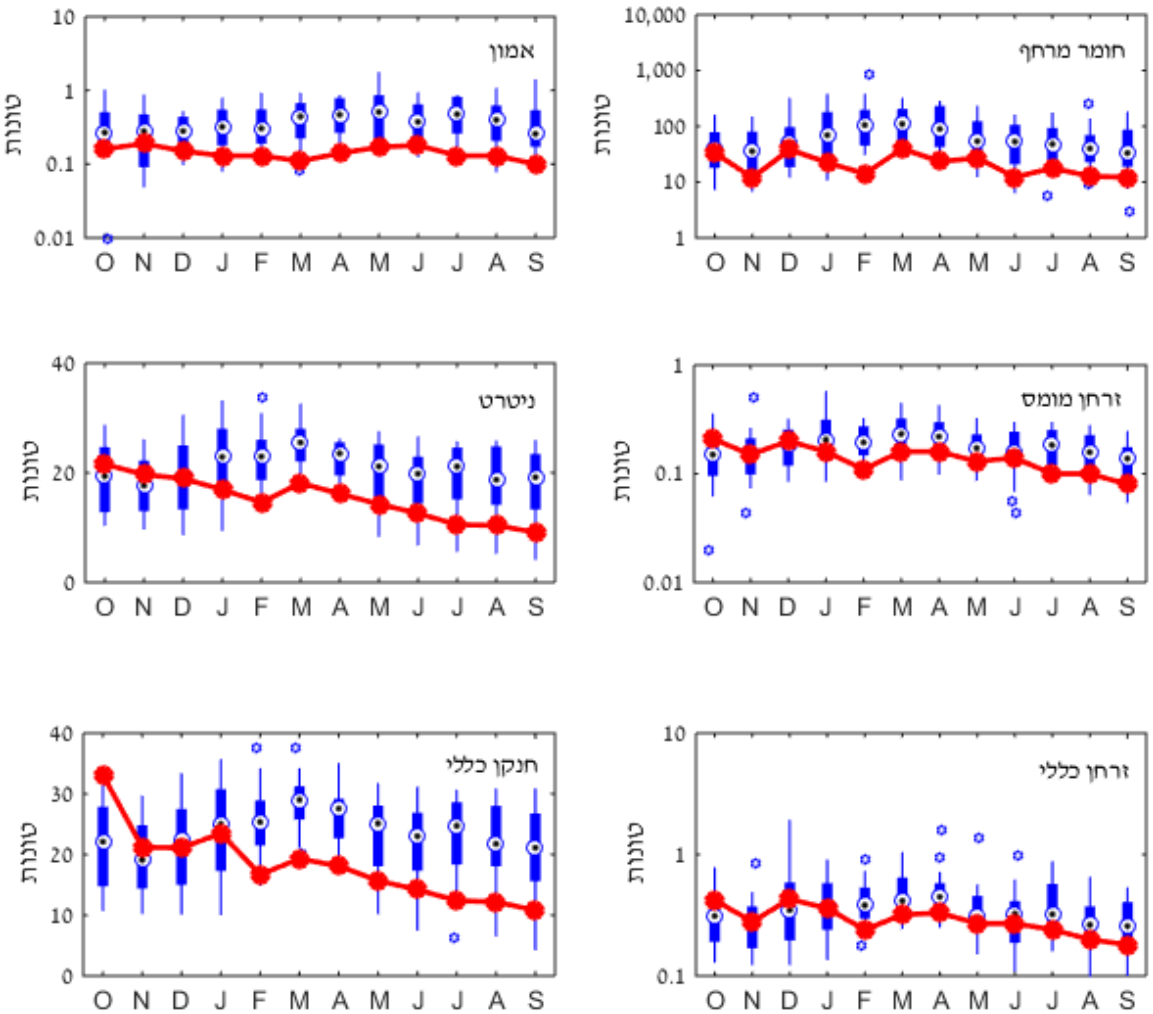
בתרשימים הבאים נעשה שימוש בתרשימי קופסא (Box-Plot). להלן מקרא לתרשימים אלו.





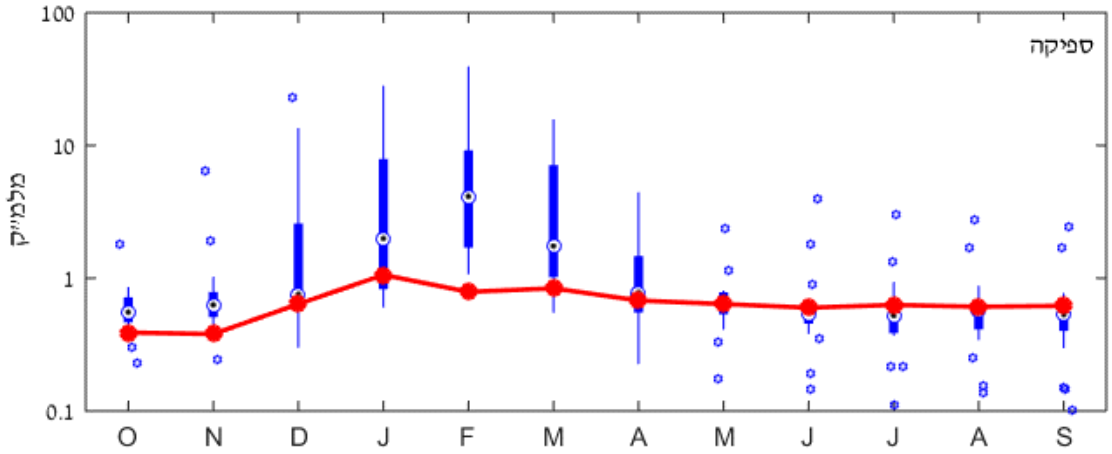
תרשים 15: מעיינות הדר ספיקות חודשיות בשנת 2013/14

באדום: ערכים חודשיים מעובדים של שנת 2013/14. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 27 השנים האחרונות. ספיקות הנחל עובדו על סמך מדידות השירות ההידרולוגי.

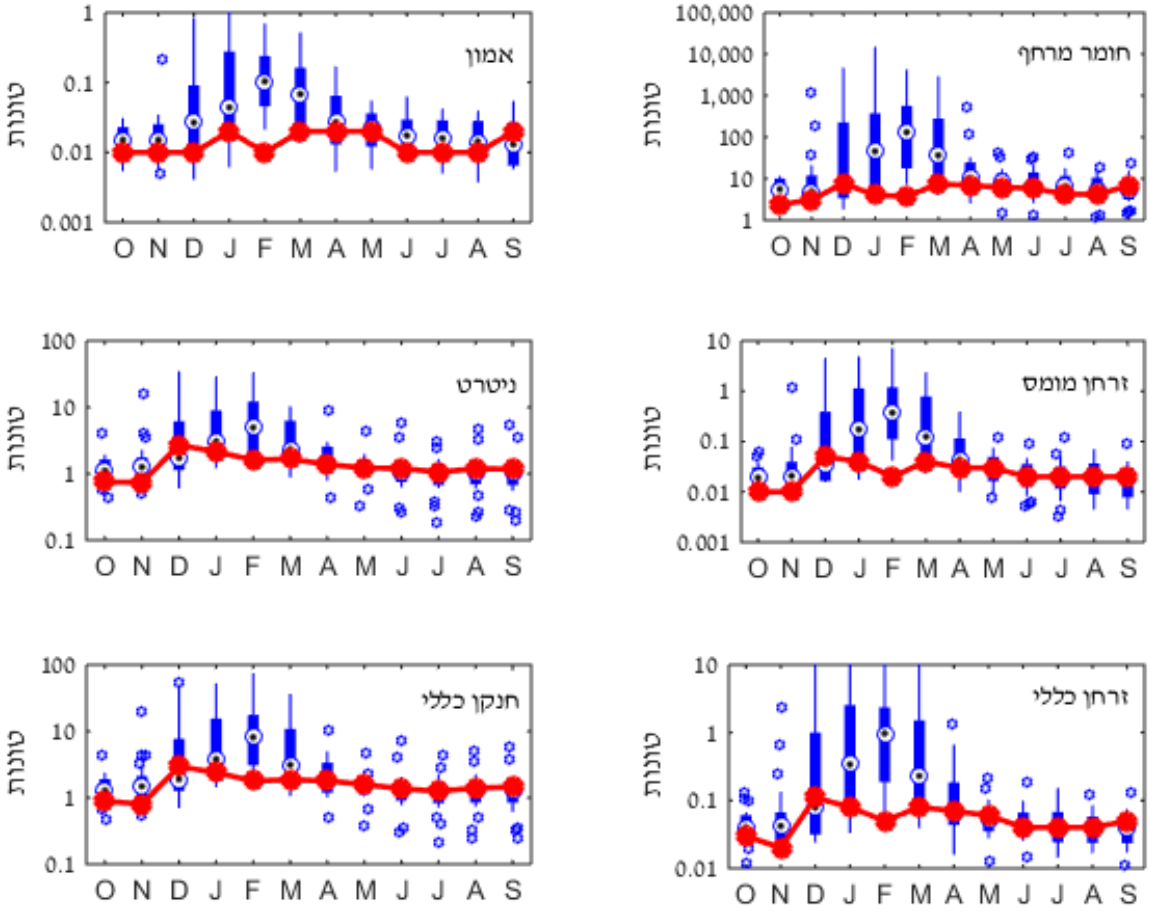


תרשים 16: מעיינות הדר עומסים חודשיים של מזהמים בשנת 2013/14.

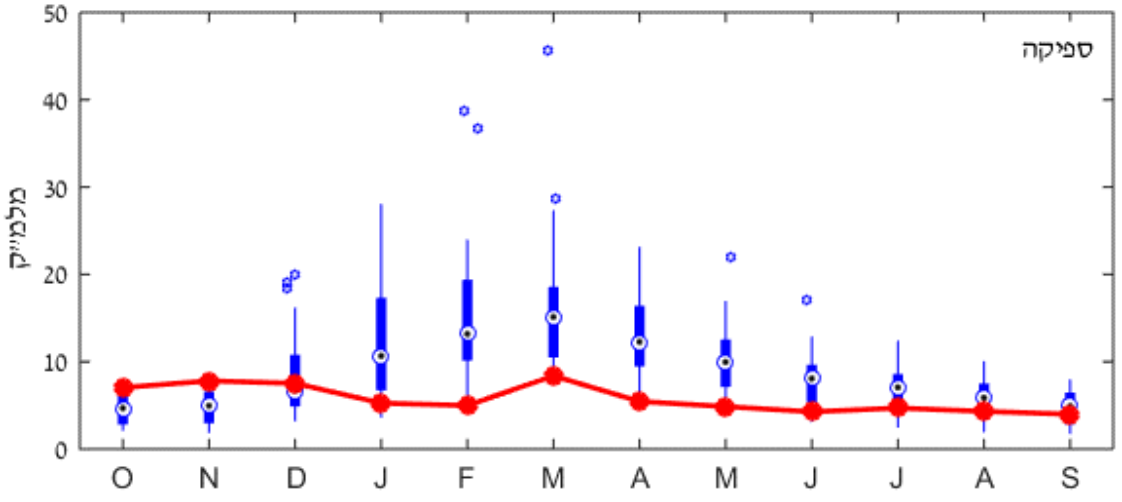
באדום: ערכים חודשיים מעובדים של שנת 2013/14. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 27 השנים האחרונות. כל הערכים חושבו על בסיס דיגום שבועי **ידני**. התוצאות החומר המרחף, הזרחן המומס, הזרחן הכללי והאמוניה מוצגות בסקאלה לוגריתמית כדי להבחין בשינויים בין החודשים.



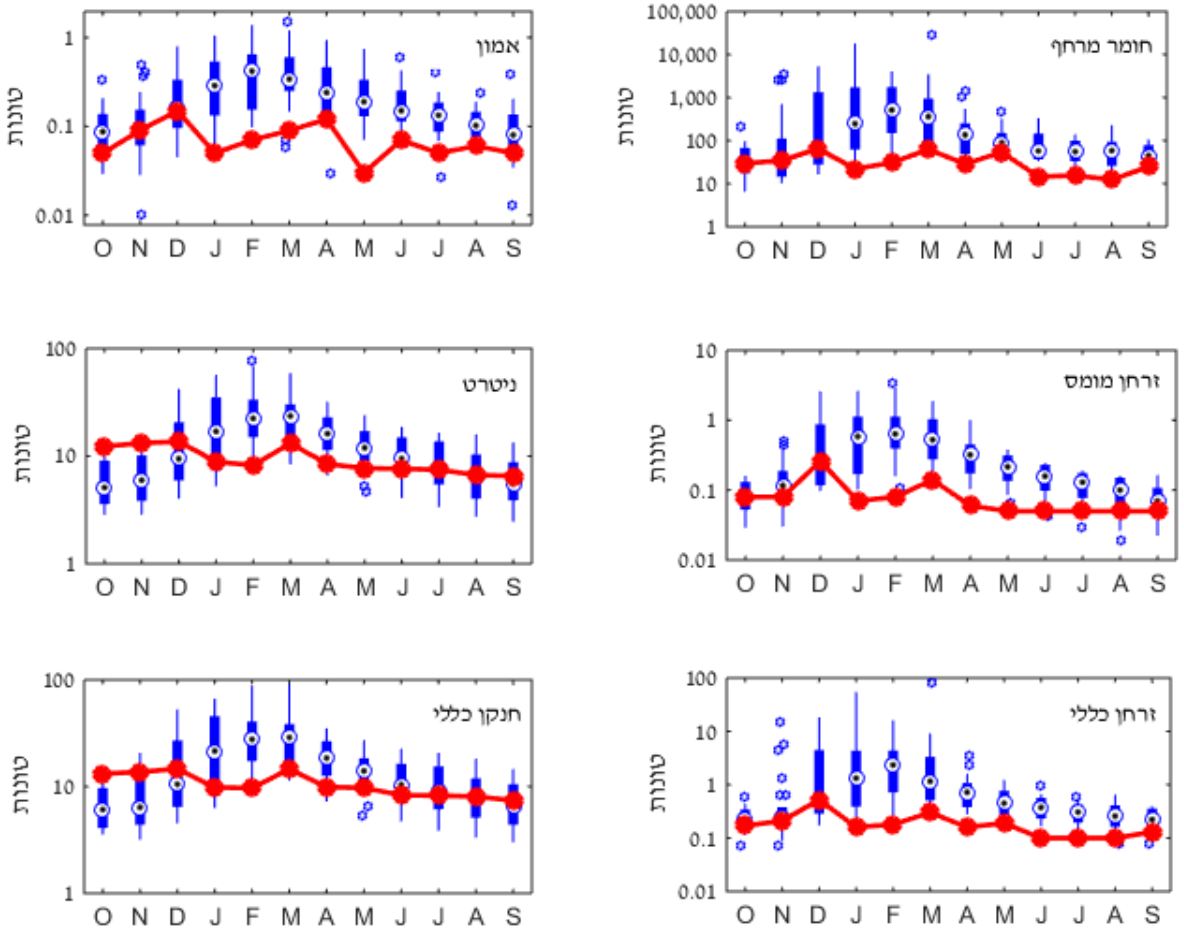
תרשים 17 : נחל משושים ספיקות חודשיות בשנת 2013/14 .
מאחר והערכים נמוכים, התוצאות מוצגות בסקאלה לוגריתמית כדי להבחין בשינויים בין החודשים.
באדום: ערכי 2013/14 מחושבים על בסיס ערכים יומיים. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 30 השנים האחרונות. ספיקות הנחל עובדו על סמך מדידות השירות ההידרולוגי.



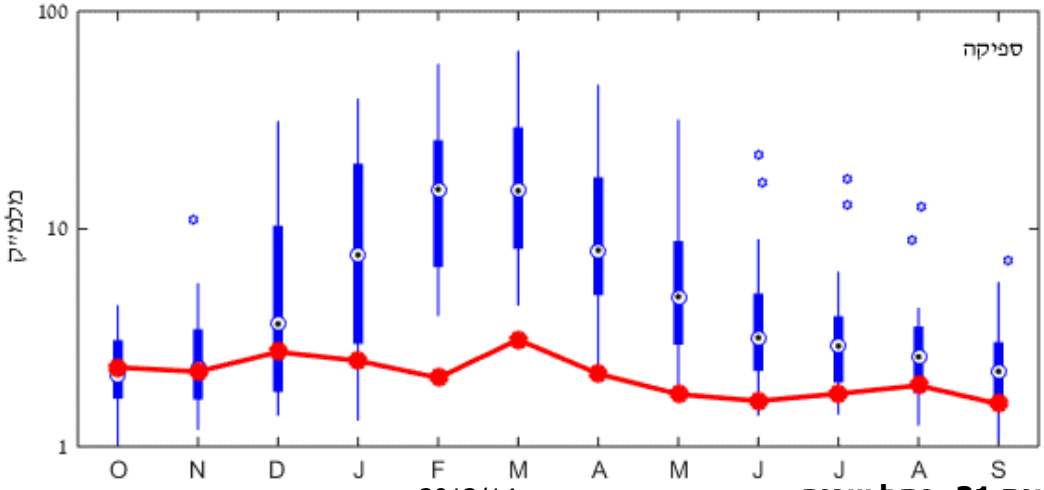
תרשים 18 : נחל משושים, עומסים חודשיים של מזהמים בשנת 2013/14.
מאחר והערכים נמוכים, התוצאות מוצגות בסקאלה לוגריתמית כדי להבחין בשינויים בין החודשים.
באדום: ערכים חודשיים מעובדים של שנת 2013/14. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 30 השנים האחרונות. כל הערכים חושבו על בסיס דיגום שבועי **ידני**.



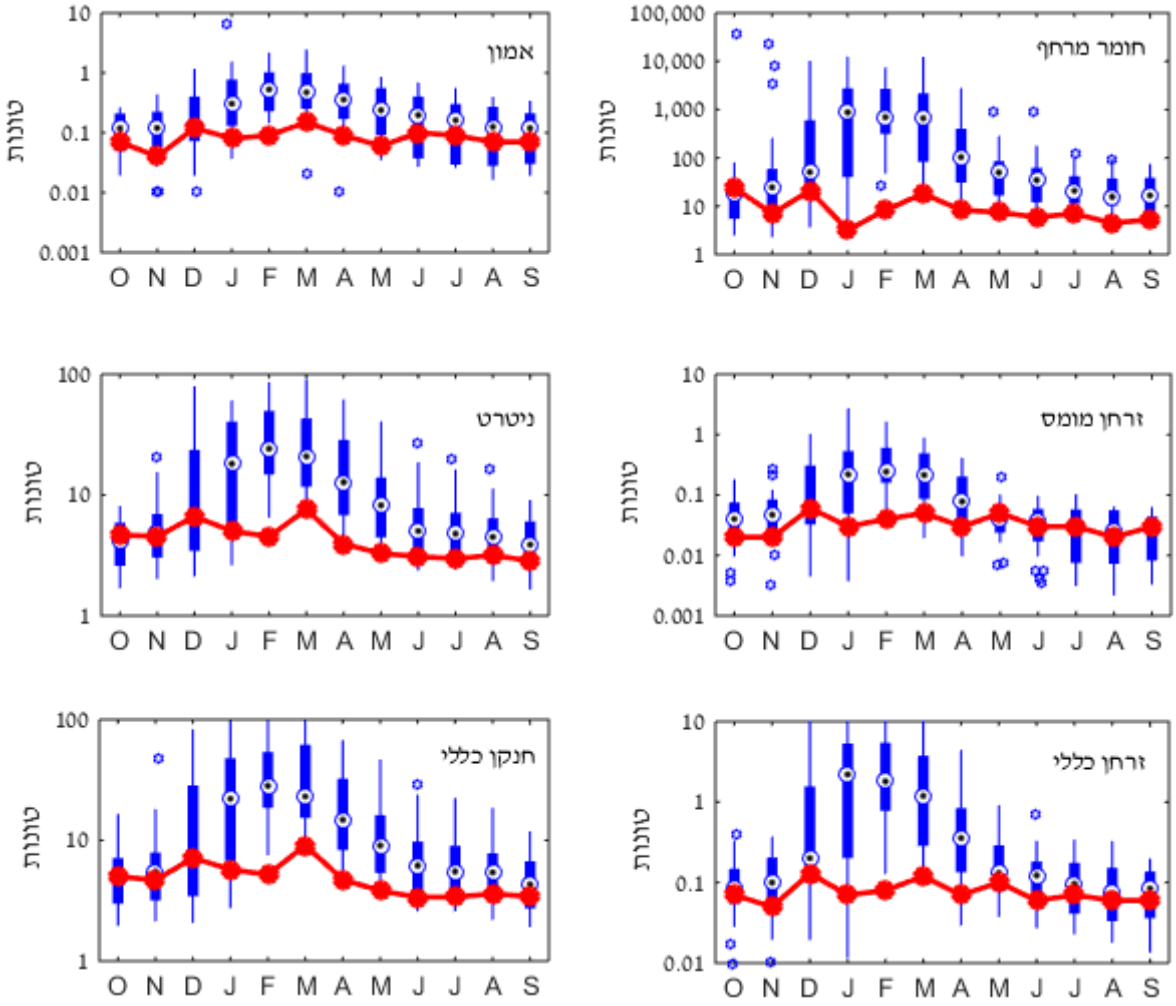
תרשים 19: נחל חרמון, ספיקות חודשיות בשנת 20013/14 .
באדום: ערכי 2013/14 מחושבים על בסיס ערכים יומיים. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 27 השנים האחרונות. ספיקות הנחל עובדו על סמך מדידות השירות ההידרולוגי.



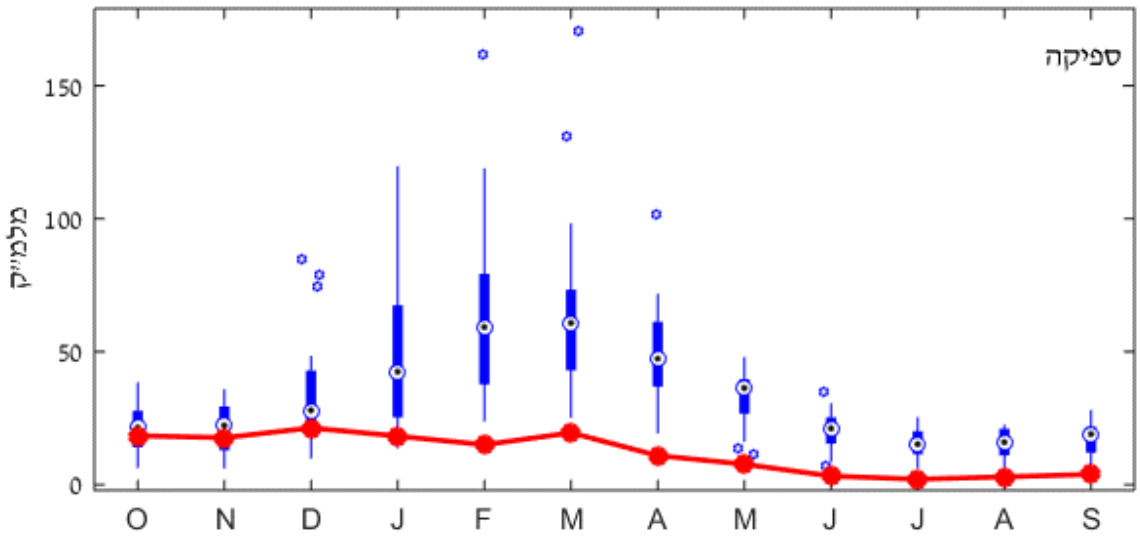
תרשים 20 : נחל חרמון, עומסים חודשיים של מזהמים בשמת 2013/14.
מאחר והערכים נמוכים, התוצאות מוצגות בסקאלה לוגריתמית כדי להבחין בשינויים בין החודשים.
באדום: ערכים חודשיים מעובדים של שנת 2013/14. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 27 השנים האחרונות.



תרשים 21: נחל שניר ספיקות חודשיות בשנת 2013/14.
מאחר והערכים נמוכים, התוצאות מוצגות בסקאלה לוגריתמית כדי להבחין בשינויים בין החודשים.
באדום: ערכי 2013/14 מחושבים על בסיס ערכים יומיים. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 27 השנים האחרונות. ספיקות הנחל עובדו על סמך מדידות השירות ההידרולוגי.

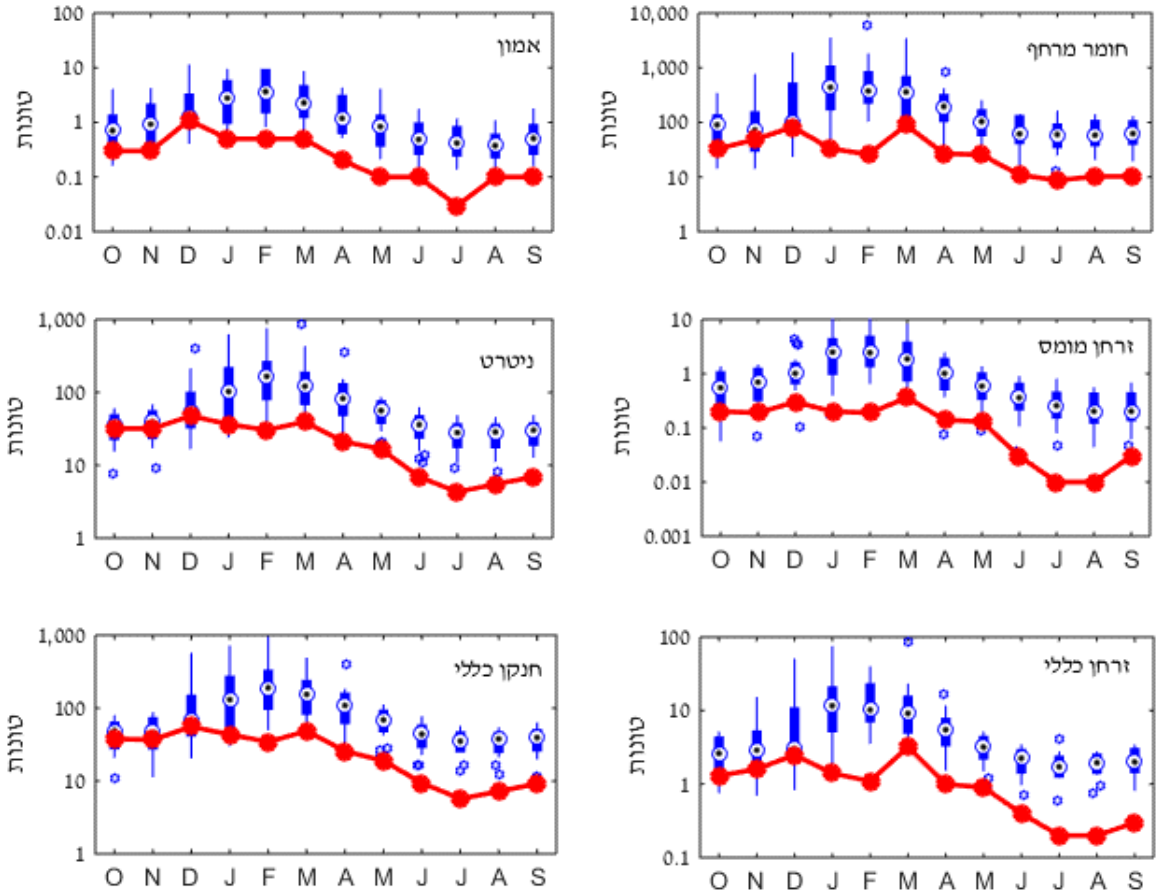


תרשים 22: נחל שניר עומסים חודשיים של מזהמים בשנת 2013/14.
מאחר והערכים נמוכים, התוצאות מוצגות בסקאלה לוגריתמית כדי להבחין בשינויים בין החודשים.
באדום: ערכים חודשיים מעובדים של שנת 2013/14. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 27 השנים האחרונות.



תרשים 23: נהר הירדן – גשר הפקק ספיקות חודשיות בשנת 2013/14

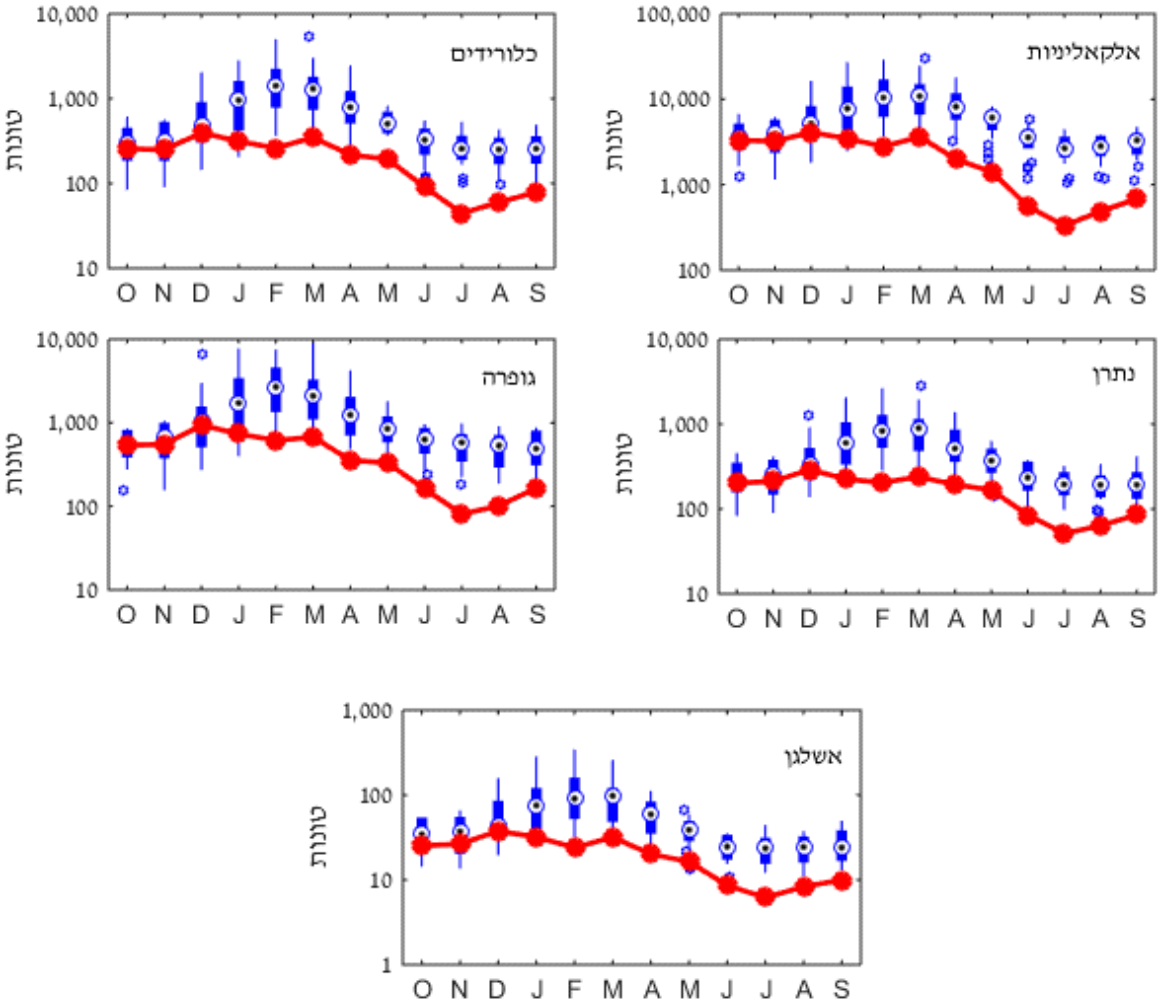
באדום: ערכי 2013/14 מחושבים על בסיס ערכים יומיים. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 21 השנים האחרונות. ספיקות הנחל עובדו על סמך מדידות השירות ההידרולוגי



תרשים 24: נהר הירדן – גשר הפקק עומסים חודשיים של מזהמים בשנת 2013/14.

מאחר והערכים נמוכים, התוצאות מוצגות בסקאלה לוגריתמית כדי להבחין בשינויים בין החודשים.

באדום: ערכים חודשיים מעובדים של שנת 2013/14. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 21 השנים האחרונות. כל הערכים חושבו על בסיס דיגום **אוטומטי**.



תרשים 25: נהר הירדן – גשר הפקק, עומסים חודשיים בטונות של כלורידים ומתכות בשנת 2013/14. מאחר והערכים נמוכים, התוצאות מוצגות בסקאלה לוגריתמית כדי להבחין בשינויים בין החודשים.
באדום: ערכי 2013/14 מעובדים, עבור ערכים שבועיים של דיגום אוטומטי.
בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של ערכי העומסים עבור 21 השנים האחרונות. עומסי רקע אלו חושבו על בסיס דיגום אוטומטי בגשר הפקק.

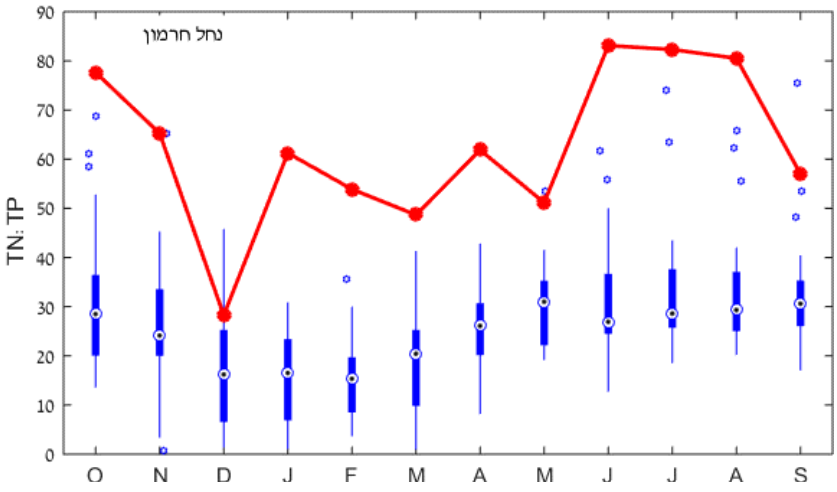
5.3 יחס חנקן לזרחן

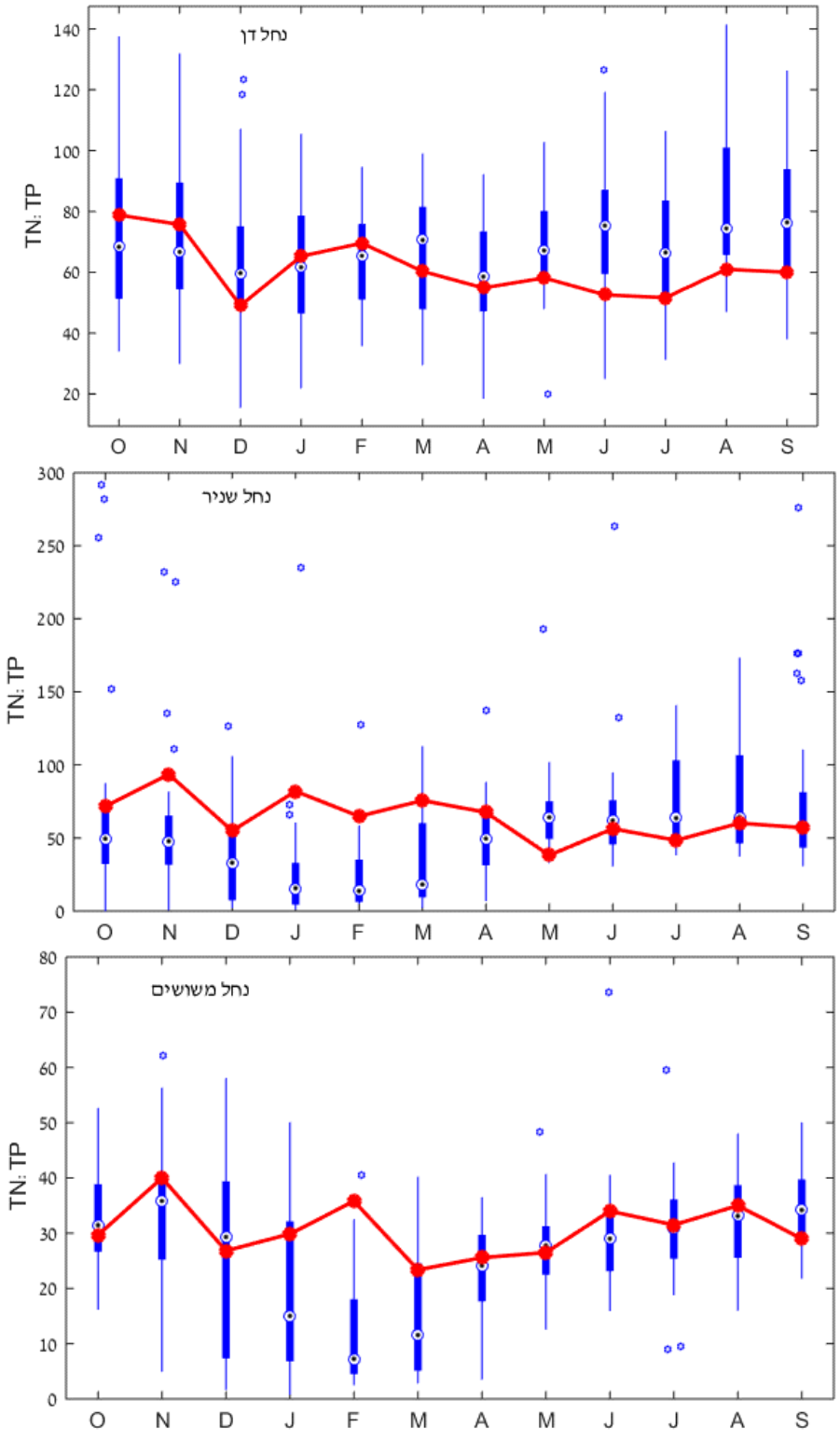
יחסי עומס החנקן לעומס הזרחן (TN:TP) חושבו חודשית עבור כל אחד מנחלי אגן ההיקוות בשני העשורים האחרונים וכן במהלך השנה ההידרולוגית הנוכחית (תרשים 26). יחס TN:TP בנחל חרמון היה גבוה לאורך כל חודשי השנה ההידרולוגית 2013/14 ביחס לנתוני העבר, רייכמן וחוב' (2014) יחסו תופעה זו למספר גורמים כגון שינויים אתרופוגנים, פעולות ממשק ושינויים בכמות הגשמים. בסעיף 5.2 מתוארת ההשפעה המשמעותית של מיעוט המשקעים על נחל חרמון ולכן ניתן להניח שזו הסיבה העיקרית ליחסי TN:TP גבוהים לאורך כל חודשי השנה. רייכמן וחוב' (2014) ציינו כי במהלך עונות גשומות קיימת שטיפה של פני השטח ושל הזרחן שהצטבר על פניהם, דבר המלווה בהגדלת ריכוזי הזרחן במים.

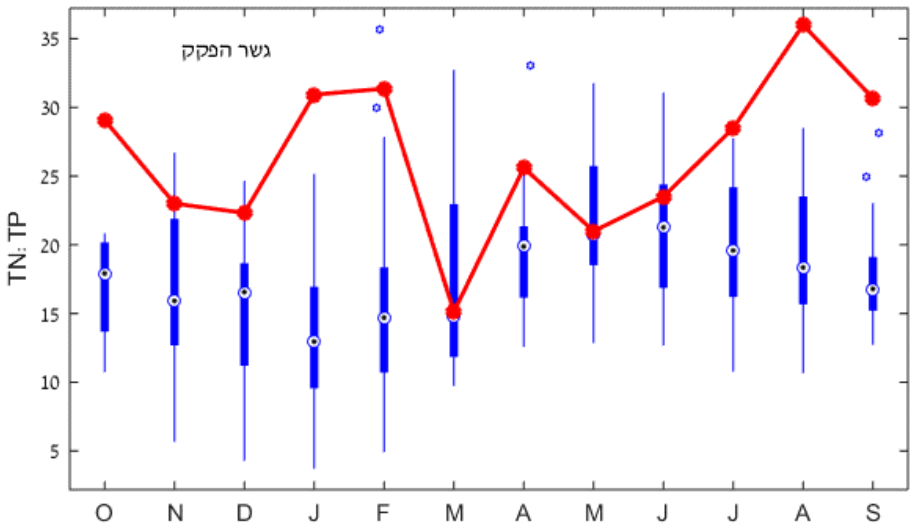
החנקן הנע בתת הקרקע פחות מושפע כמויות הגשמים. במהלך שנים שחונות פחות זרחן נשטף מפני השטח תופעה המביאה לעלייה ביחס TN:TP.

כאשר משווים את ערכי הממוצעים והחציונים של היחס TN:TP השנתי כפי שחושבו בשלושת העשורים האחרונים, ניתן לראות כי הערכי דומים עבור גשר הפקק והנחלים משושים, שניר וחרמון, בעוד שעבור נחל דן היחס גבוה פי 5 (טבלה 10).

תרשים 27 מציג את היחס TN:TP השנתי בכול אחד מהנחלים מאז השנה ההידרולוגית 1992/93 ועד לשנה ההידרולוגית 2013/14. ניתן להבחין בעלייה חדה בשנת 2013/14 בנחלים השיטפוניים משושים, שניר וחרמון בעוד שנחל דן שמר על יחס קבוע. העלייה בערך יחס TN:TP בגשר הפקק מתונה יותר. נקודות הדיגום של הנחלים חרמון, שניר ודן נמצאות בצפון אגן ההיקוות, אזור בו המשקעים היו מועטים ביותר ביחס לשאר לדרום האגן (ראה סעיף 3). ההסבר שניתן ע"י רייכמן וחוב' (2014) לשינוי ביחס TN:TP מוצג בתרשים 27 באופן ברור, עבור הנחלים השיטפוניים: בשנה ההידרולוגית השחונה 2013/14 נצפתה עלייה ביחס TN:TP השנתי בעוד שבשנה ההידרולוגית הגשומה 2012/13 יחס TN:TP השנתי ירד.



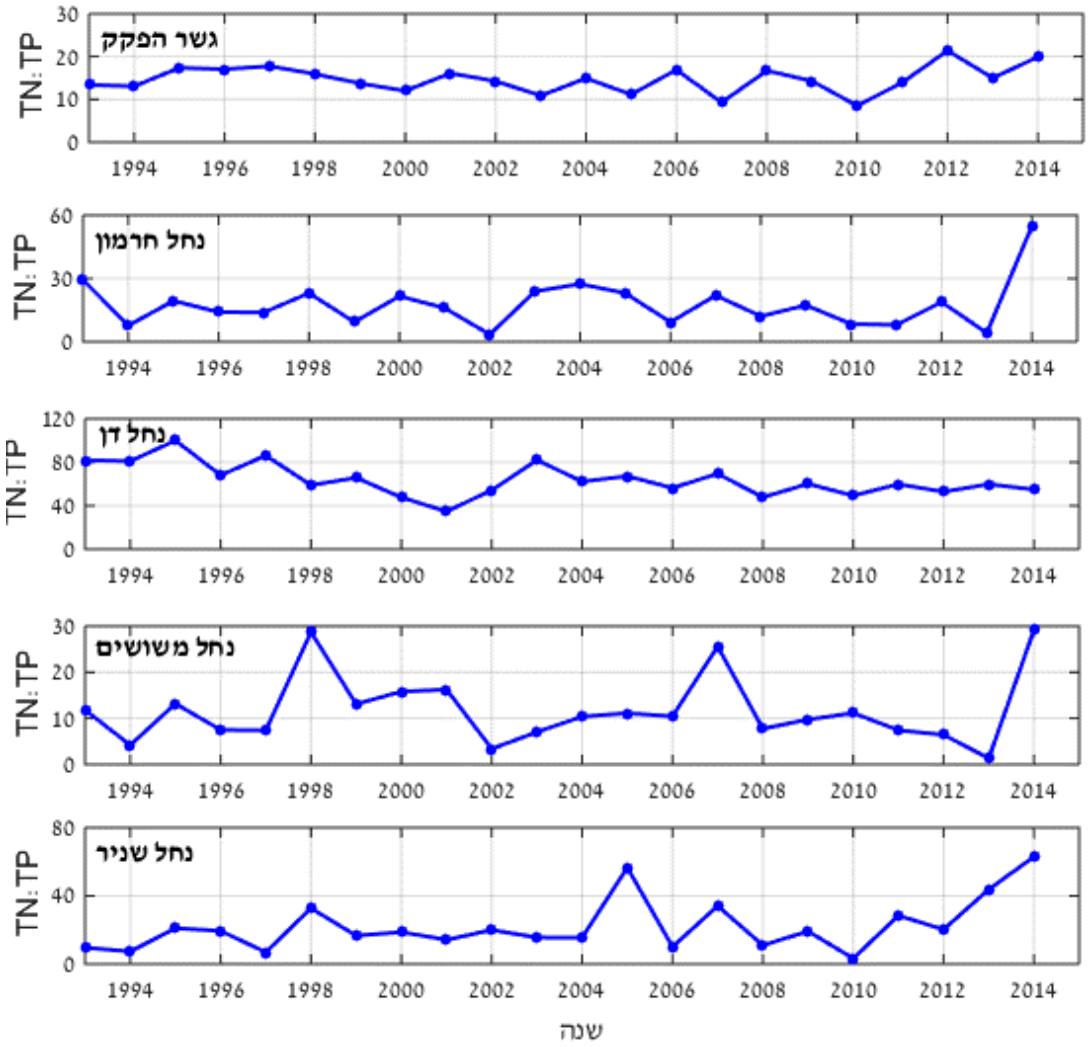

נחל דן
TN: TP
140
120
100
80
60
40
20
O N D J F M A M J J A S
נחל שניר
TN: TP
300
250
200
150
100
50
0
O N D J F M A M J J A S
נחל משושים
TN: TP
80
70
60
50
40
30
20
10
0
O N D J F M A M J J A S



תרשים 26: יחס עומס חנקן לעומס זרחן בנחלים השונים עומסים חודשיים של מזהמים בשנת 2013/14. באדום: ערכים חודשיים מעובדים של שנת 2013/14. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של התפלגויות חודשיות עבור 21 השנים האחרונות.

טבלה 10: ערכי הממוצעים והחציונים של יחסי TN:TP השנתיים בנחלי הכנרת. הערכים מחושבים מהשנה ההידרולוגית 1992/93 ועד לשנת 2012/13

	גשר הפקק	נחל בניאס	נחל דן	נחל משושים	נחל שניר
TN:TPממוצע	14.72	15.30	63.44	11.46	17.31
TN:TP חציון	14.62	13.45	61.18	10.08	16.13
2013/14 TN:TP	19.93	54.88	54.88	29.16	62.97



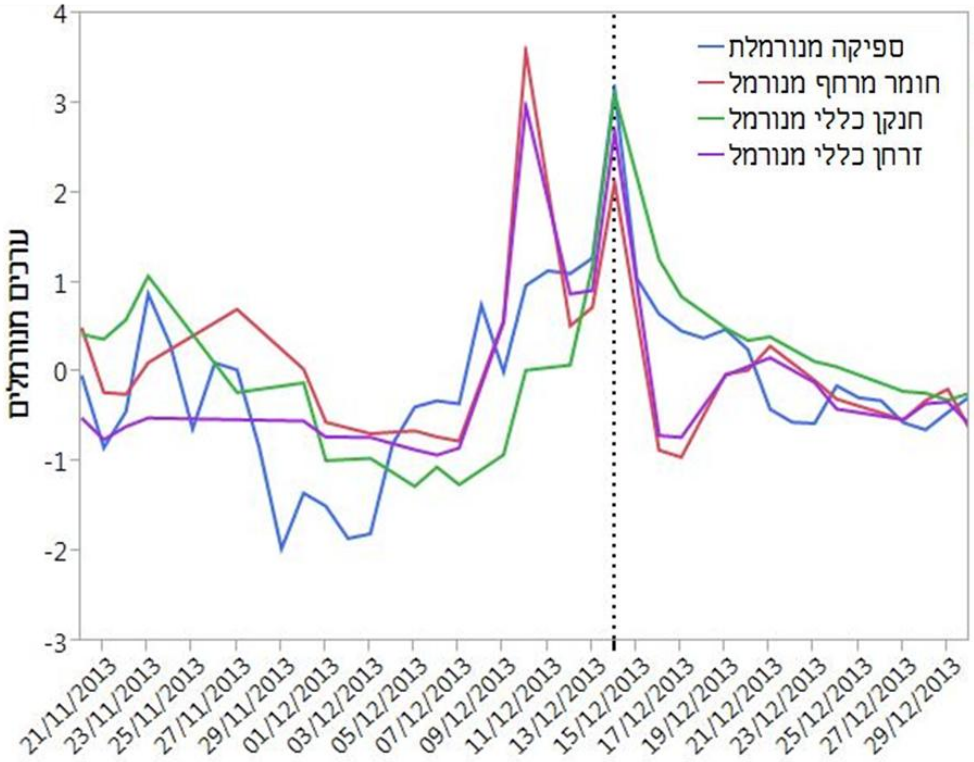
תרשים 27: יחס חנקן - זרחן שנתי בנחלים השונים בין השנים ההידרולוגיות 1992/93 ל- 2013/14

5.4 אירועים שיטפוניים חריגים בנחלי אגן ההיקוות

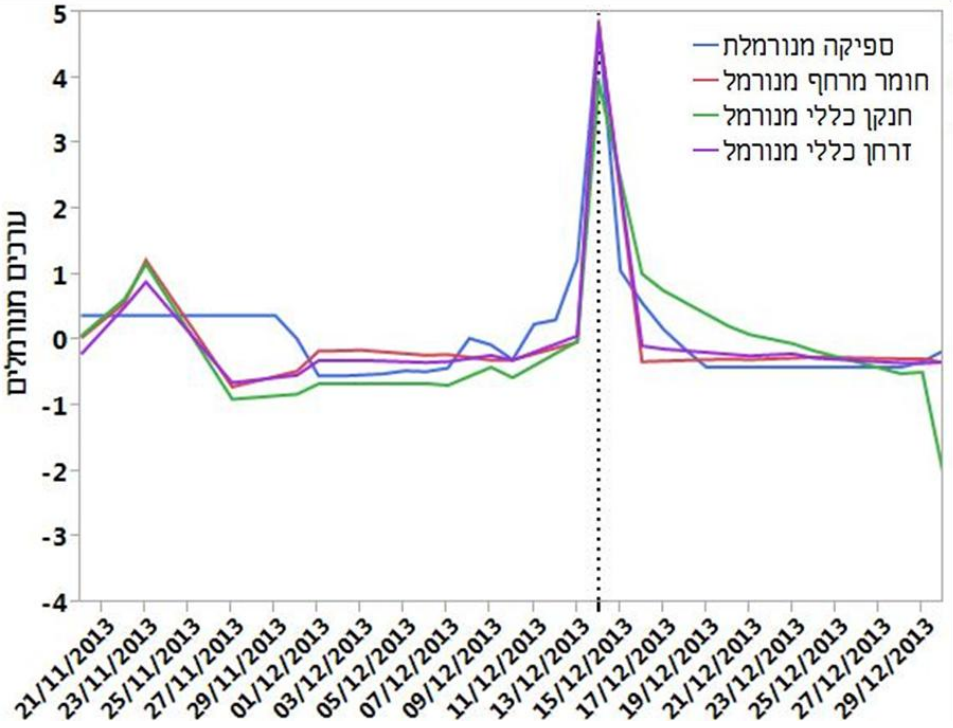
כאמור עונת החורף 2013/14 הייתה שחונה מאוד וכללה מספר מועט של אירועי גשם שיטפוניים וכמויות נמוכות של משקעים. למעשה במהלך החורף נמדדו שני אירועים שיטפוניים משמעותיים: הראשון החל ב-3 בדצמבר והסתיים ב- 15 בדצמבר (עם הפסקה של 24 שעות ב-9 לדצמבר), כאשר שיא הגשם התרחש ב- 13 לדצמבר והשני התרחש בין ה-8 ל-14 במרץ ושיאו נמדד ב-12 למרץ.

האירוע הראשון (3-15/12/2013) התרחש בכל אגן ההיקוות וכפועל יוצא השפיע על הספיקה והעומסים של כל הנחלים. עם זאת, לא נצפתה השפעה ברורה של האירוע השיטפוני על נחל דן. תרשים 28 מציג את התנהגות ריכוזי החומרים וספיקת הנחלים מה-20 לחודש נובמבר 2013 ועד לסוף דצמבר 2013. הערכים המוצגים בתרשים הינם מנורמלים, כך שניתן להשוות את התנהגותם באותה מערכת צירים. ניתן לראות, כי הן ספיקות הנחלים שניר ומשושים והן ריכוזי החומרים המרחפים, החנקן והזרחן עלו במהלך האירוע באפן ניכר והגיעו לערך מקסימאלי ב-14 בדצמבר (כיממה לאחר שיא הגשם שנמדד). הספיקה בנחל בניאס עלתה כבר בתחילת אירוע הגשם (3 לדצמבר) ונשארה גבוהה כ-1.5 סטיות תקן מעל לממוצע החודשי. כפועל יוצא ערכי הספיקה, החומרים המרפים, החנקן והזרחן אשר נמדדו בגשר הפקק הוא גבוהים מאוד, כאשר הספיקה שהתקבלה ב- 14 בדצמבר הייתה הגבוהה ביותר כ-3 סטיות תקן מעל לממוצע החודשי וכך גם העומסים.

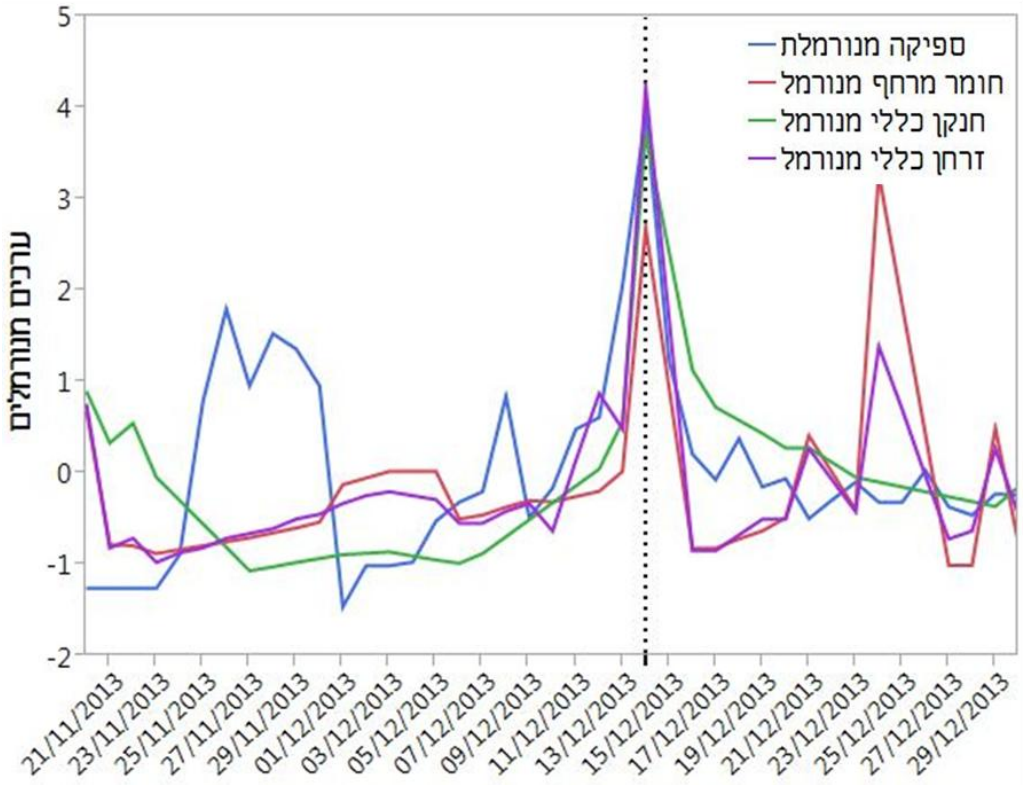
ספיקה וריכוזי חומרים מנורמלים בתחנת חורי נובמבר 2013- דצמבר 2013



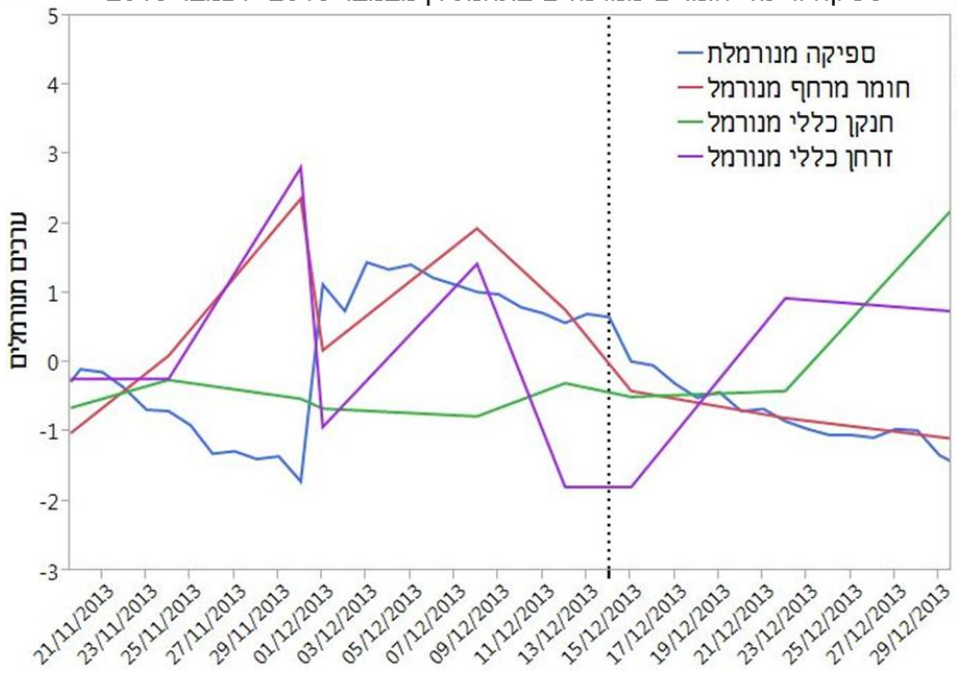
ספיקה וריכוזי חומרים מנורמלים בתחנת משושים נובמבר 2013- דצמבר 2013

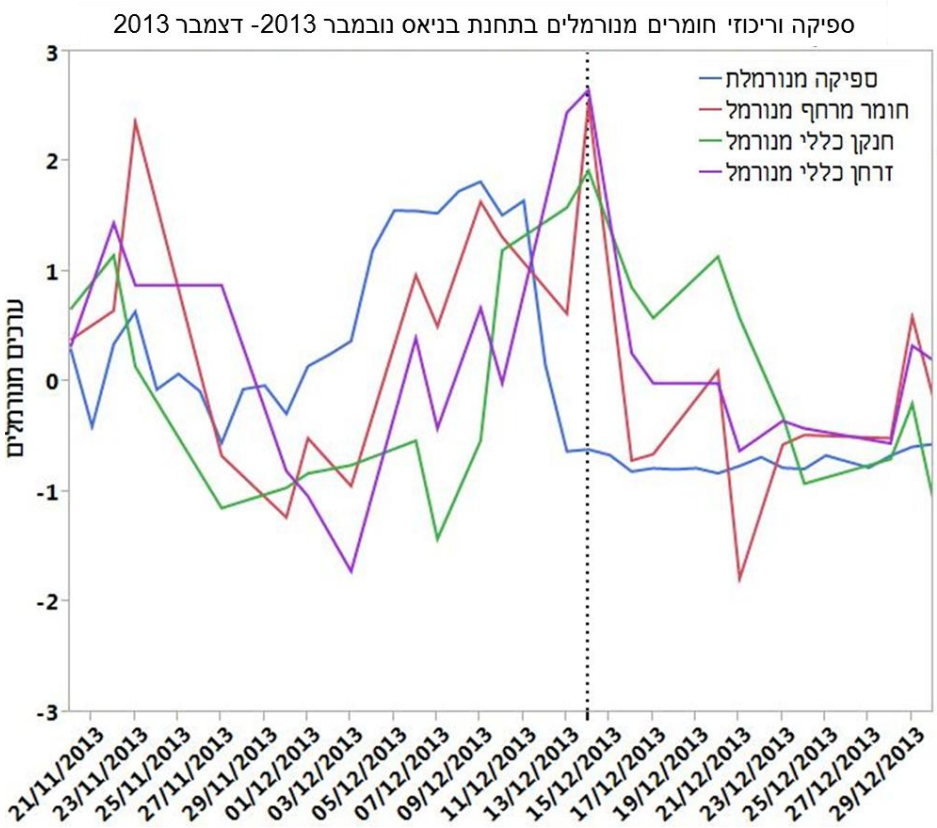


ספיקה וריכוזי חומרים מנורמלים בתחנת שניר נובמבר 2013- דצמבר 2013



ספיקה וריכוזי חומרים מנורמלים בתחנת דן נובמבר 2013- דצמבר 2013

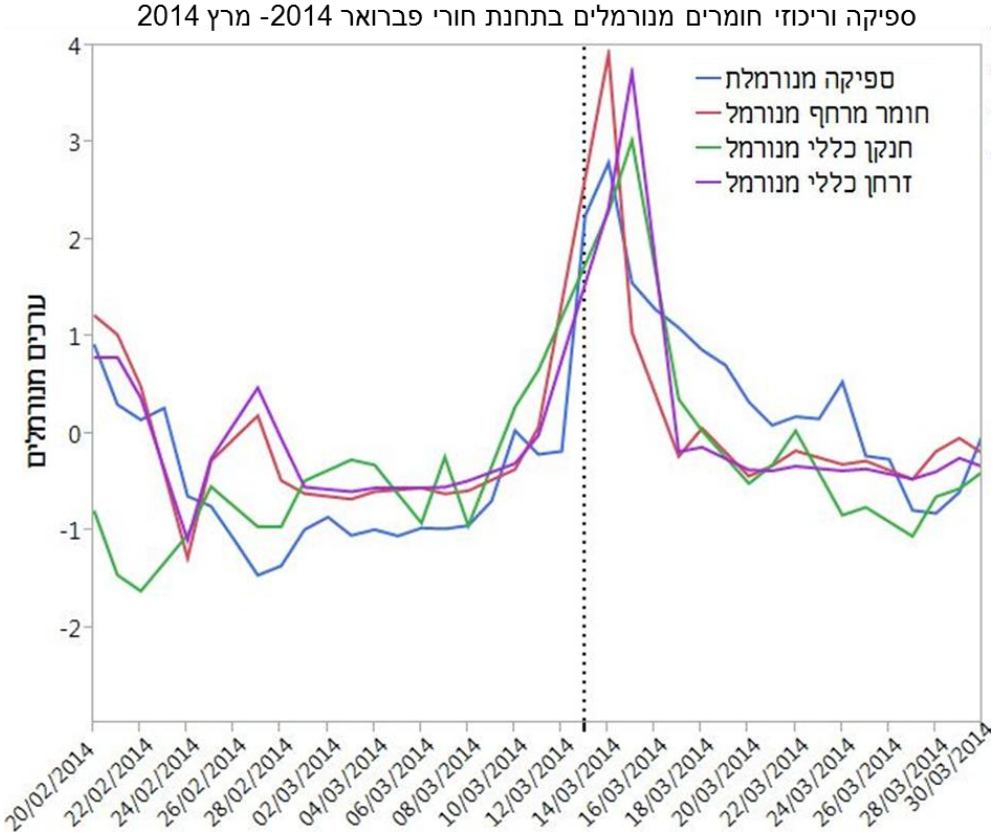




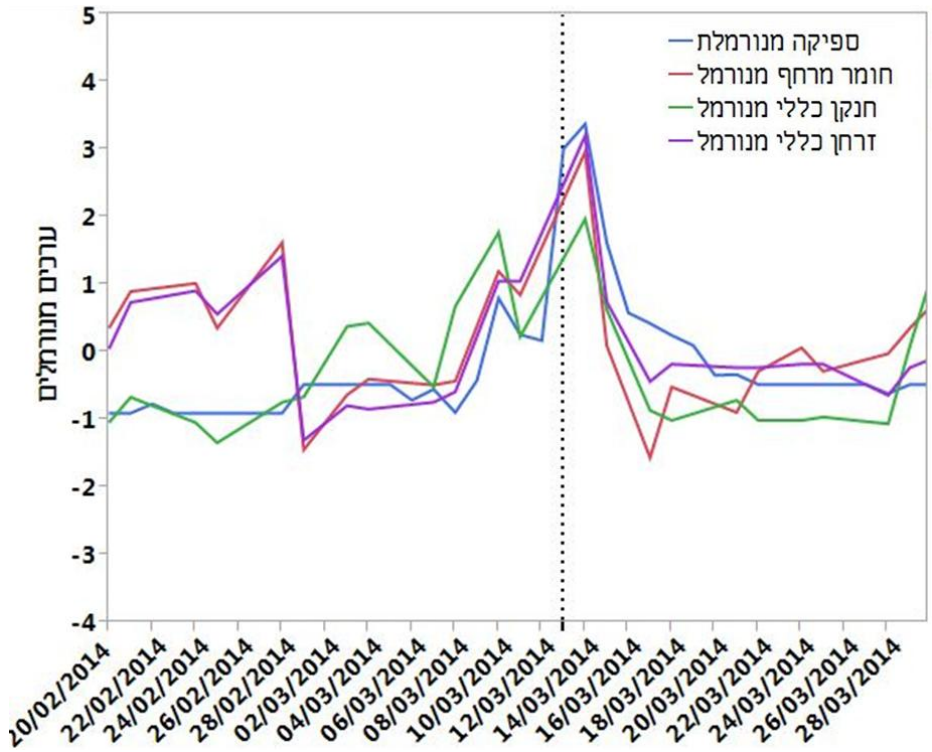
תרשים 28: התנהגות עומסים בנחלים במהלך חודש דצמבר 2013 - ערכים יומיים מנורמלים של הספיקות, ריכוז חומר מרחף, ריכוז חנקן כללי וריכוז זרחן כללי. הנרמול מבוצע ביחס לכל ערכי חודש דצמבר 2013. ערך מנורמל מייצג את המרחק (ביחידות של סטיות תקן) בין הערך המדוד לבין הממוצע.

האירוע השני (8-14 למרץ 2014) אף הוא התרחש בכל אגן ההיקוות והשפיע על הספיקה והעומסים של כל הנחלים. עם זאת, לא נצפתה השפעה ברורה של האירוע השיטפוני על נחל דן. תרשים 29 מציג את התנהגות ריכוזי החומרים וספיקת הנחלים מה-20 לחודש פברואר 2014 ועד לסוף מרץ 2014. הערכים המוצגים בתרשים הינם מנורמלים, כך שניתן להשוות את התנהגותם באותה מערכת צירים. ניתן לראות, כי הן ספיקות הנחלים שניר ומשושים והן ריכוזי החומרים המרחפים, החנקן והזרחן עלו במהלך האירוע באפן ניכר והגיעו לערך מקסימאלי ב-13 בדצמבר (כיממה לאחר שיא הגשם שנמדד). הגרף המייצג את נחל בניאס מתאר עליה בספיקה של כ-2 סטיות תקן בין התאריכים 20-28 לפברואר. ב-20 לפברואר נמדדו בתחנת חרמון כ-120 מ"מ, אירוע גשם זה התרחש רק בצפון הירדן העליון והשפעתו ניכרת רק על נחל בניאס. אירוע הגשם של חודש מרץ השפיע על ערכי הספיקה, החומרים המרפים, החנקן והזרחן אשר נמדדו בגשר הפקק. הספיקה והזרחן שהתקבלו ב- 14-15 בדצמבר היו הגבוהים בכ-2 סטיות תקן מעל לממוצע החודשי, בעוד שהחנקן והחומר המרחף עלה בכ-4 סטיות תקן מעל לממוצע החודשי.

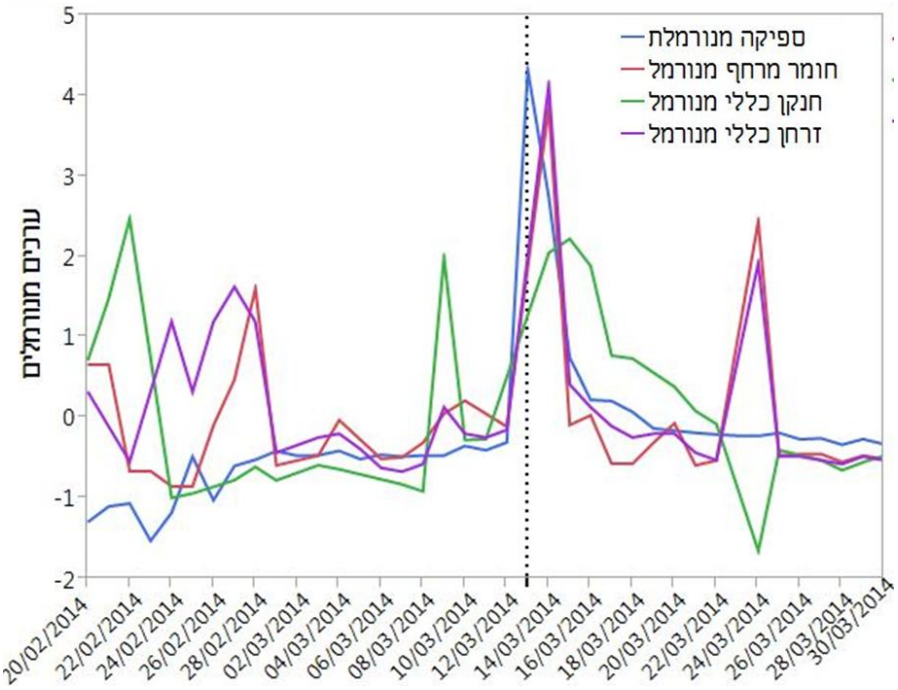
ספיקה וריכוזי חומרים מנורמלים בתחנת חורי פברואר 2014- מרץ 2014



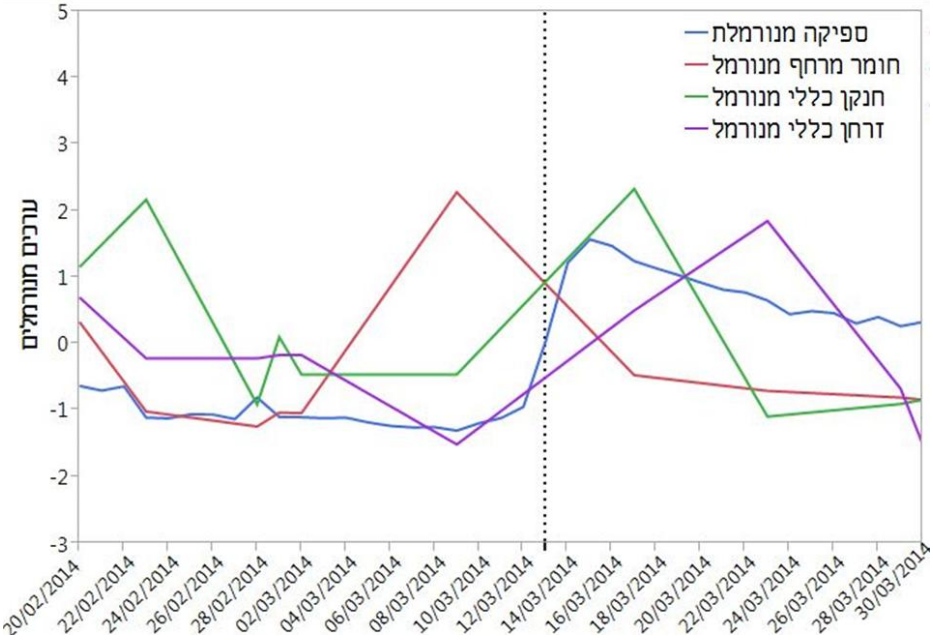
ספיקה וריכוזי חומרים מנורמלים בתחנת משושים פברואר 2014- מרץ 2014

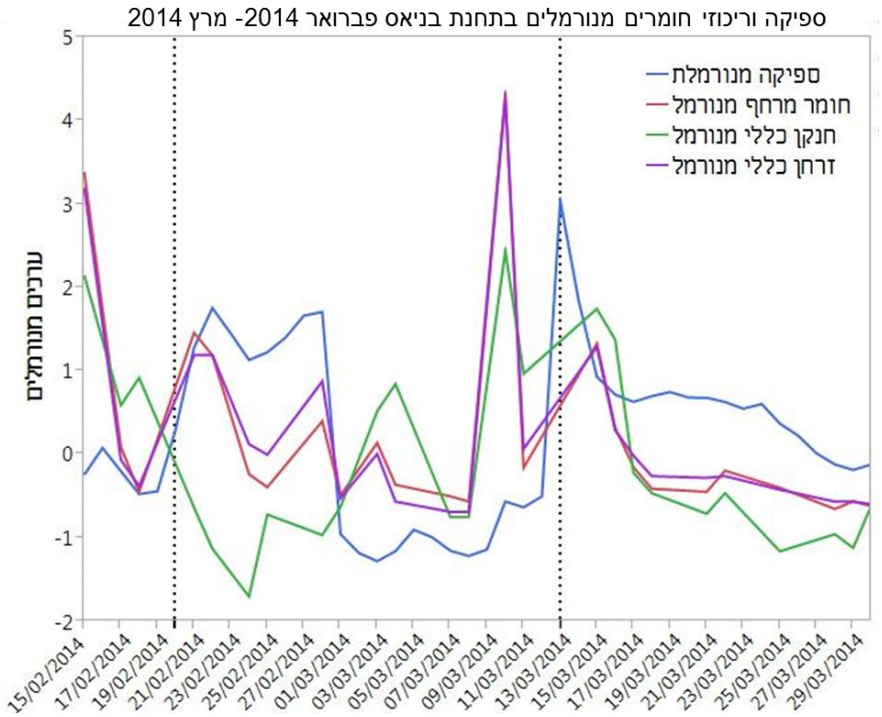


ספיקה וריכוזי חומרים מנורמלים בתחנת שניר פברואר 2014- מרץ 2014



ספיקה וריכוזי חומרים מנורמלים בתחנת דן פברואר 2014- מרץ 2014





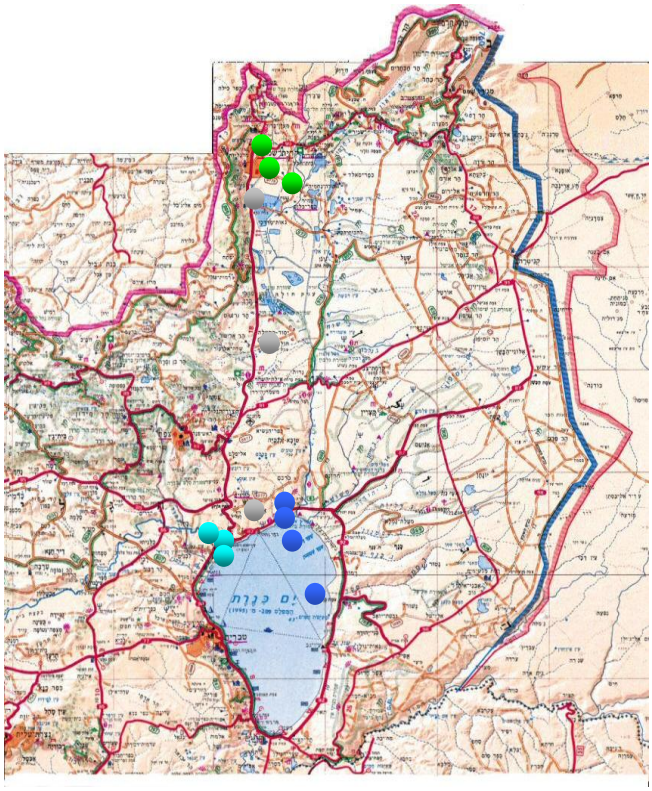
תרשים 29: התנהגות עומסים בנחלים במהלך חודש מרץ 2014 - ערכים יומיים מנורמלים של הספיקות, ריכוז חומר מרחף, ריכוז חנקן כללי וריכוז זרחן כללי. הנרמול מבוצע ביחס לכל ערכי חודש מרץ 2014. ערך מנורמל מייצג את המרחק (ביחידות של סטיות תקן) בין הערך המדוד לבין הממוצע.

5.5 התפלגות ריכוזי החיידקים

אחד האינדיקטורים החשובים לזיהום מים הוא רמת חיידקי המעיים ממוצא צואתי (קולי פקאלי). "תקנות בריאות העם" אינן מגדירות תקן לריכוז חיידקי קולי פקאלי במים גולמיים עיליים, אך ברור, כי הימצאות חיידקים אלו מעידה על איכות ירודה של המים ומחייבת מניעה וטיפול הולמים.

זיהוי וכימות חיידקי קולי פקאלי במעבדה נעשה על פי שיטת MPN (Most Probable Number), האומדת את מספר החיידקים במאה מיליליטר של מים. תוצאת הבדיקה יכולה להיות בין מספרים 2 ו- 1600 כאשר התוצאות הקיצוניות מתקבלות כ- ">1600". ספירת חיידקי קולי פקאלי הגדולה מ- 1600 (100 מ"ל/MPN) מתקבלת על ידי מיהול מי הדגימה. חשוב להדגיש שרווח הסמך של 95% של התוצאות הוא רחב מאוד ואינו סימטרי. למשל, עבור אומדני קולי 6, 50, ו- 300, האינטרוולים האלה הם [2-18], [20-150], ו- [300-1300], בהתאם.

תחנות הדיגום לקולי פקאלי באגן ההיקוות ובכינרת נתונות במפה בתרשים 30.



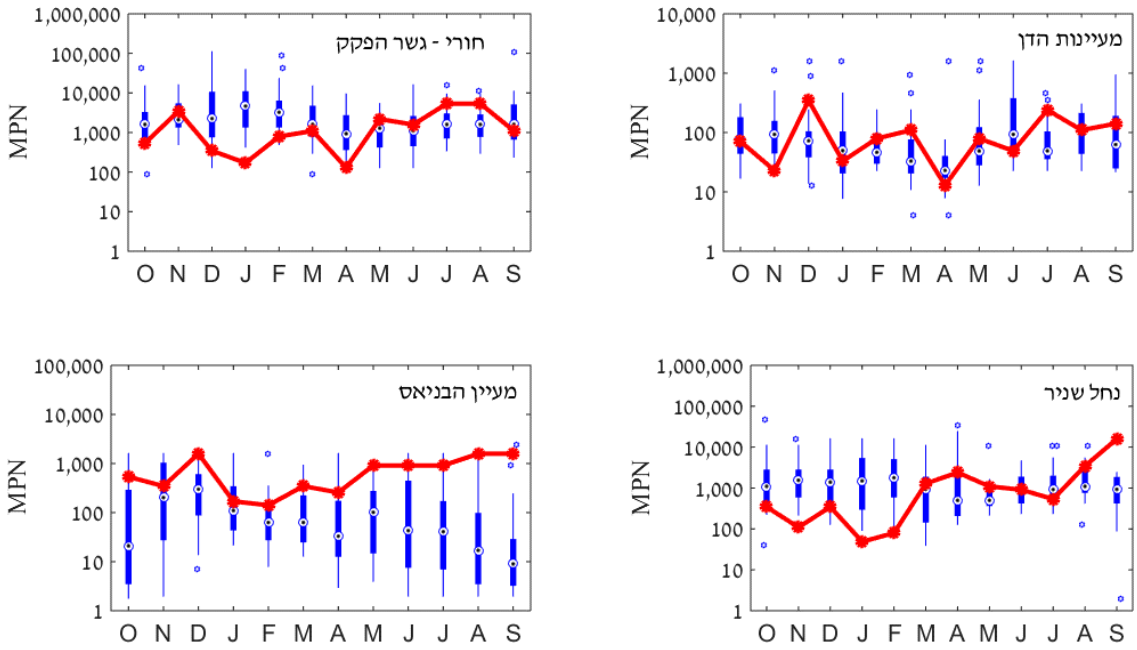
תרשים 30: תחנות דיגום לחיידקי קולי פקאלי באגן ההיקוות ובכינרת.

<u>הירדן ומקורותיו</u>

תרשים 31 מציג את התפלגות החודשית של הריכוזים המקסימליים של חיידקי קולי ממוצא צואתי בירדן (גשר הפקק) ובמקורותיו בשנה ההידרולוגיה 2013/14

בדיקות בקטריולוגיות של מקורות הירדן להמצאות חיידקי קולי פקאלי החלו בשנת 1979 בנחל שניר, ב- 1989 במעיין הבניאס ובמעיינות הדן, ובשנת 2000 בתחנת נחל הבניאס. תדירות הדיגום כיום היא אחת לשבוע במשך כל השנה.

ההתפלגות השנתית של ערכי המקסימום של חיידקי הקולי הצואתי מאופיינת בפיזור גדול של הערכים על פני מספר סדרי גודל. בשנת 2013/14, התפלגות חיידקי הקולי הצואתי הייתה לרוב בתחום הממוצע של הפילוג הרב-שנתי. חריגות לא עקביות התקבלו במספר אתרי הדיגום . בירדן עצמו לא נמצאו חריגות יוצאות דופן לאורך כל השנה ההידרולוגית.

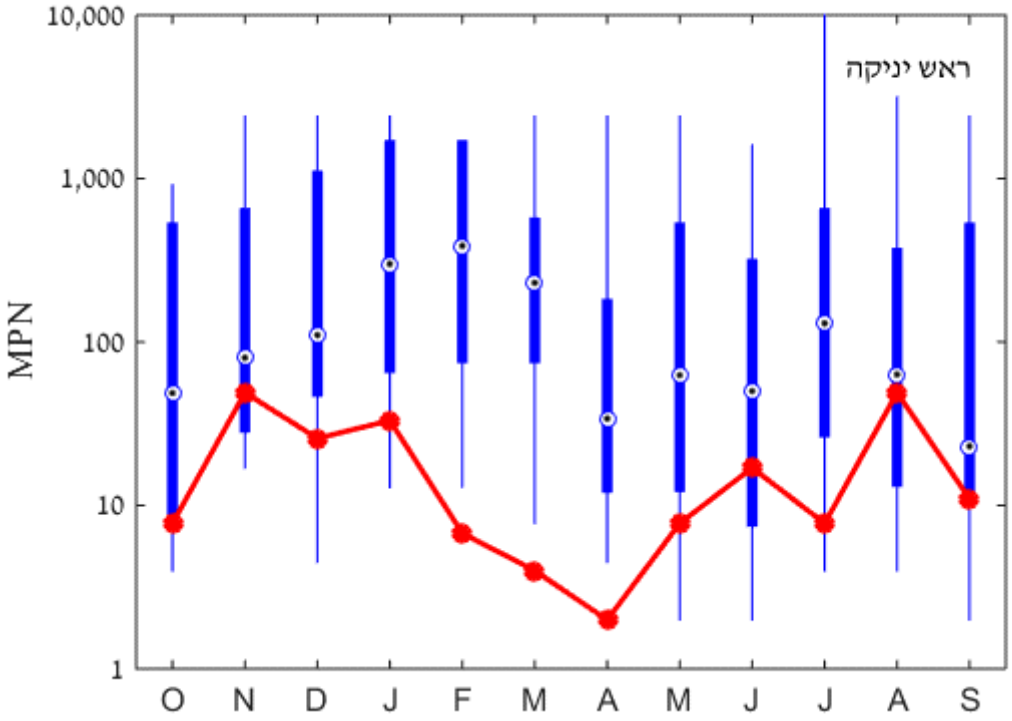


תרשים 31: מקורות הירדן – ספירת חיידקי קולי-פקאלי, ערכים מקסימאליים חודשיים לחורף 2013/14 (בסולם לוגריתמי MPN/100ml).
באדום: ערכי 2013/14 מעובדים, עבור ערכים דו-שבועיים של דיגום ידני. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של ערכים מקסימאליים חודשיים עבור 26 השנים האחרונות. ערכי רקע אלו חושבו על בסיס דיגום ידני דו-שבועי.

5.6 ראש היניקה למפא"ר

ההתפלגות הרב-שנתית של הספירות החודשיות המקסימאליות של חיידקי הקולי הצואתי בראש היניקה למפא"ר (מי גלם שאינם מי שתיה) מאופיינת בתנודתיות רבה של התוצאות, תופעה המסתירה במידת מה את ההתפלגות העונתית המושפעת מכניסות החורף – שיטפונות לכינרת.

ריכוזי החיידקים (המקסימאליים) בשנת 2013/14 (תרשים 32) היו בכל השנה ההידרולוגית מתחת לחציון הרב שנתי, אף מתחת לרבעון התחתון. תוצאות אלו מעידות על שכיחות נוכה יחסית לאירועי זיהום צואתיים מסביב לאגם ובאגן ההיקוות.



תרשים 32: הכנרת: ראש היניקה – ספירת חיידקי קולי-פקאלי, ערכים מקסימאליים חודשיים לחורף 2013/14 (בסולם לוגריתמי MPN/100ml).
באדום: ערכי מקסימום של דיגום ידני שבועי ב-3 עומקים בסביבת ראש יניקת המוביל. בכחול: דיאגראמת קופסאות (Box-Plots) של ערכים מקסימאליים חודשיים עבור 26 השנים האחרונות. ערכי רקע אלו חושבו על בסיס דיגום ידני שבועי או/ו תלת יומי. כיום, סף מדידה (מקסימאלי) במעבדה הינו MPN=1600 (log(MPN)=3.2).

6.סיכום

גשמי חורף 2013/14

השנה ההידרולוגית 2013/14 אופיינה במיעוט אירועי גשם אשר הניבו שפל משמעותי בכל נחלי אגן ההיקוות ועימם עומסי סחף נמוכים משטח אגן ההיקוות.

כמות הגשם השנתית שנמדדה מסביב לכינרת הינה כ- 57% מהממוצע הרב שנתי ואילו בתחנת כפר גלעדי נמדדה כמות הגשם הנמוכה ביותר בשלושת העשורים האחרונים (כ- 40% מהממוצע הרב שנתי). ניתוח נתונים היסטוריים של גשם יומי בכפר גלעדי (משנת 1980 ועד היום) מלמדת כי קיימת עליה בזמן הפוגה שבין אירועי גשם, כאשר מספר ההפוגות הממוצע בחורף 2013/14 עמד על 10 ימים (לעומת 6.5 ימים בחורף 2012/13). בחורף 2013/14 נמדדו 40 ימים גשומים בתחנת כפר גלעדי, 22 ימים פחות מאשר בשנה ההידרולוגית 2012/13.

כמויות מים זמינים ומפלסי כנרת בחורף 2013/14

במהלך השנה ההידרולוגית 2013/14 (אוקטובר 2013 – ספטמבר 2014) התקבלה כמות מים זמינים של **23.5-** מלמ"ק. **זוהי השנה הראשונה מאז החלו המדידות בה מתקבלת כמות מים זמינים שלילית.** כמות המים הזמינים שהתקבלה בחודשי החורף (אוקטובר- אפריל) הינה 90 מלמ"ק הכמות הנמוכה ביותר שהתקבלה ב- 30 השנים האחרונות. גרעון המים הזמינים בשנה ההידרולוגית 2013/14 עומד על כ- 303.5 מלמ"ק ביחס לערך החציוני הרב-שנתי של 15 השנים הקודמות (280 מלמ"ק).

המייחד את התפלגות המים הזמינים בשנה הנוכחית משנים קודמות, הוא הכמויות הנמוכות של מים זמינים לאורך כל חודשי החורף (אוקטובר- אפריל), פרט לחודש דצמבר, בו התקבלה כמות מים זמינים הזהה לערך החציון של 30 השנים הקודמות.

בחודשים פברואר- אפריל התקבלו הכמויות הנמוכות ביותר של מים זמינים שחושבו ב- 30 השנים האחרונות.

תוספת המים באגם במהלך השנה ההידרולוגית הייתה שלילית ועמדה על 265- מלמ"ק כ- 400 מלמ"ק פחות מן התוספת של השנה ההידרולוגית הקודמת. תוספת זאת שקולה לירידת מפלס של 161.5 ס"מ. משרעת המפלס בשנת 2013/14 הינה 168 ס"מ, כ- 90 ס"מ פחות מן חורף הקודם. המפלס המינימאלי היה בגובה 212.69- מ' (ספטמבר 2014) והמפלס המקסימאלי היה 211.01- מ' (אפריל 2014).

ספיקות, עומסים וריכוזי חיידקים בנחלים

כמויות הגשמים הנמוכות בהמשך החורף, חודשים ינואר- אפריל 2014, הניבו שפל משמעותי בכל נחלי אגן ההיקוות ועימם עומסי סחף נמוכים משטח אגן ההיקוות. בחודשים

ינואר- אפריל 2014 זרמה בנחל הבניאס ספיקה **<u>הנמוכה ב- 200%</u>** מהערך החציוני כאשר בנחל דן ספיקה שנמדדה הייתה **<u>הנמוכה ב 50% עד 80%</u>** מהערך החציוני. בנחל המשושים ונחל שניר השפעת החורף השחון הייתה משמעותית יותר, בחודש פברואר 2014 נמדדה בנחל משושים ונחל שניר ספיקה **<u>נמוכה ב- 500% ו- 700%</u>** ביחס לערך החציוני, בהתאמה. **ערכים אלה הינם הנמוכים ביותר שנמדדו בשלושת העשורים האחרונים.**

במהלך השנה ההידרולוגית נכנסה לכנרת מן הירדן כמות מים של כ-141 מלמ"ק, כאשר 86% מכמות המים (120 מלמ"ק) נכנסה לאגם בחודשי החורף (אוקטובר 2013 - אפריל 2014). כמות הנמוכה פי 3.5 מכמות מים שנכנסה לכנרת מן הירדן במהלך חודשי החורף הקודם (אוקטובר 2012 - אפריל 2013).

עומס החומרים המרחפים הנכנסים לאגם במהלך השנה ההידרולוגית זו מוערך בלמעלה מ-4,000 טון, פי 9.5 <u>פחות</u> מהכמות שנמדדה בשנה הקודמת, כאשר כמות החנקן (הכללי) מוערכת בכ-332 טון (פי 5 <u>פחות</u> מהכמות שנכנסה לאגם בשנה הקודמת). כמות הזרחן (הכללי) שנכנסה לכנרת מוערכת בכ-14 טון סדר גודל <u>פחות</u> מהכמות שנכנסה לאגם בשנה הקודמת.

יחסי חנקן לזרחן החודשיים בנחל חרמון היו גבוהים לאורך כל חודשי השנה ההידרולוגית 2013/14 ביחס לנתוני העבר. תופעה שנגרמה בשל מיעוט הגשמים שהביאו לסחף מועט של זרחן. במהלך שנת 2013/14 קיימת עלייה חדה בערכי היחס TN:TP השנתיים בנחלים משושים, שניר וחרמון בעוד שנחל דן שמר על יחס קבוע.

בשנת 2013/14, התפלגות חיידקי הקולי הצואתי הייתה לרוב בתחום הממוצע של הפילוג הרב-שנתי. בירדן עצמו לא נמצאו חריגות יוצאות דופן לאורך כל השנה ההידרולוגית. ריכוזי החיידקים (המקסימאליים) שנמדדו בראש היניקה למפא"ר היו בכל השנה ההידרולוגית מתחת לחציון הרב שנתי, אף מתחת לרבעון התחתון.

7. מקורות ספרות

ברגר ד. (2001) הערכת הזרימות הטבעיות באגן ההיקוות של הירדן העליון ,מקורות, יחידת אגן ההיקוות

יחידת המעבדות ואגן ההיקוות, מאזני מים, מלח ואנרגיה של הכינרת 2006-2013 , חבל הירדן, מקורות.

יחידת המעבדות ואגן ההיקוות, דוחות חורף 2006-2012, חבל הירדן, מקורות.

יחידת המעבדות ואגן ההיקוות, דוח השנה ההידרולוגית 2012/13, חבל הירדן, מקורות

לקסיקון כינרת ,אוסף הגדרות ,מונחים ומידע בנושא מודל לתפעול הכינרת (2003) מקורות ,השרות ההידרולוגי ותה"ל

רום מ. (1993) יצירת סדרות סינטתיות של כמויות מים זמינים בכינרת ,מקורות, יחידת אגן ההיקוות

רום מ., (1995), תרומת חומרים מאגן הירדן לכנרת -ניתוח אירועים ושינויים, יחידת אגן ההיקוות ,מקורות.

רותם גולן (2009)- www.gsi.gov.il/_uploads/833gsi-08-2009.pdf

רייכמן א., מרקל ד., ועמר ד. (2014) מעקב עומסים בנחלים המתנקזים אל הכנרת. רשות המים, תחום כנרת ומיג"ל מכון למחקר מדעי בגליל בע"מ

אינדקס ה– SPI (Standardized Precipitation Index) -
http://www.ncdc.noaa.gov/img/climate/research/prelim/drought/spi12_pg.gif

McKee, T., B., Doesken, N., J., and Kleist, J. (1993) The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scale

Guttman, B., N., (1999) Accepting The Standardized Precipitation Index: A Calculation Algorithm. JAWRA, 35,2