

מגמות בשפיעת מעיינות בצפון הארץ

עמיר גבעתי, בנימין עצמון, השירות ההידרולוגי - רשות המים

תוכן עניינים

1.	מטרות העבודה ומתודולוגיה	4
2.	תוצאות	9
3.	מעיינות באגן הגליל המערבי – רקע הידרולוגי	12
	מהלך השפיעה השנתי, עובי גשם שנתי, המתאם בין השפיעה לגשם ויחסי גשם-שפיעה במעיינות הגליל המערבי	15
4.	מעיינות באגן הכרמל	65
	מהלך השפיעה השנתי, עובי גשם שנתי המתאם בין השפיעה לגשם ויחסי גשם-שפיעה במעיינות באגן הכרמל	67
5.	מעיינות באגן הכנרת	75
	מהלך השפיעה השנתי, עובי גשם שנתי המתאם בין השפיעה לגשם ויחסי גשם-שפיעה במעיינות באגן הכנרת	77
6.	מעיינות באגן ההר הצפון-מזרחי	165
	מהלך השפיעה השנתי, עובי גשם שנתי המתאם בין השפיעה לגשם ויחסי גשם-שפיעה במעיינות באגן ההר הצפון - מזרחי	167
7.	רשימת ספרות	189

רשימת טבלאות

1. רשימת המעיינות ותקופת הנתונים 6
2. תוצאות חישובי יחסי הגשם-שפיעה 9

רשימת תרשימים

1. מיקום המעיינות בצפון הארץ אשר מוצגים בעבודה זו..... 5
2. אגן הגליל המערבי - חלוקה לתאים הידרוגיאולוגים..... 14
3. יחסי גשם – שפיעה באגן הגליל המערבי..... 15-64
4. אגן הכרמל, חלוקה לתאים הידרוגיאולוגים..... 66
5. יחסי גשם – שפיעה באגן הכרמל..... 67-74
6. אגן ההיקוות של הכנרת: חלוקה לתאים הידרוגיאולוגים..... 76
7. יחסי גשם – שפיעה באגן הכנרת 77-164
8. אגן ההר הצפון-מזרחי 166
9. יחסי גשם – שפיעה באגן הר המזרחי..... 167-188

1. מטרות העבודה ומתודולוגיה

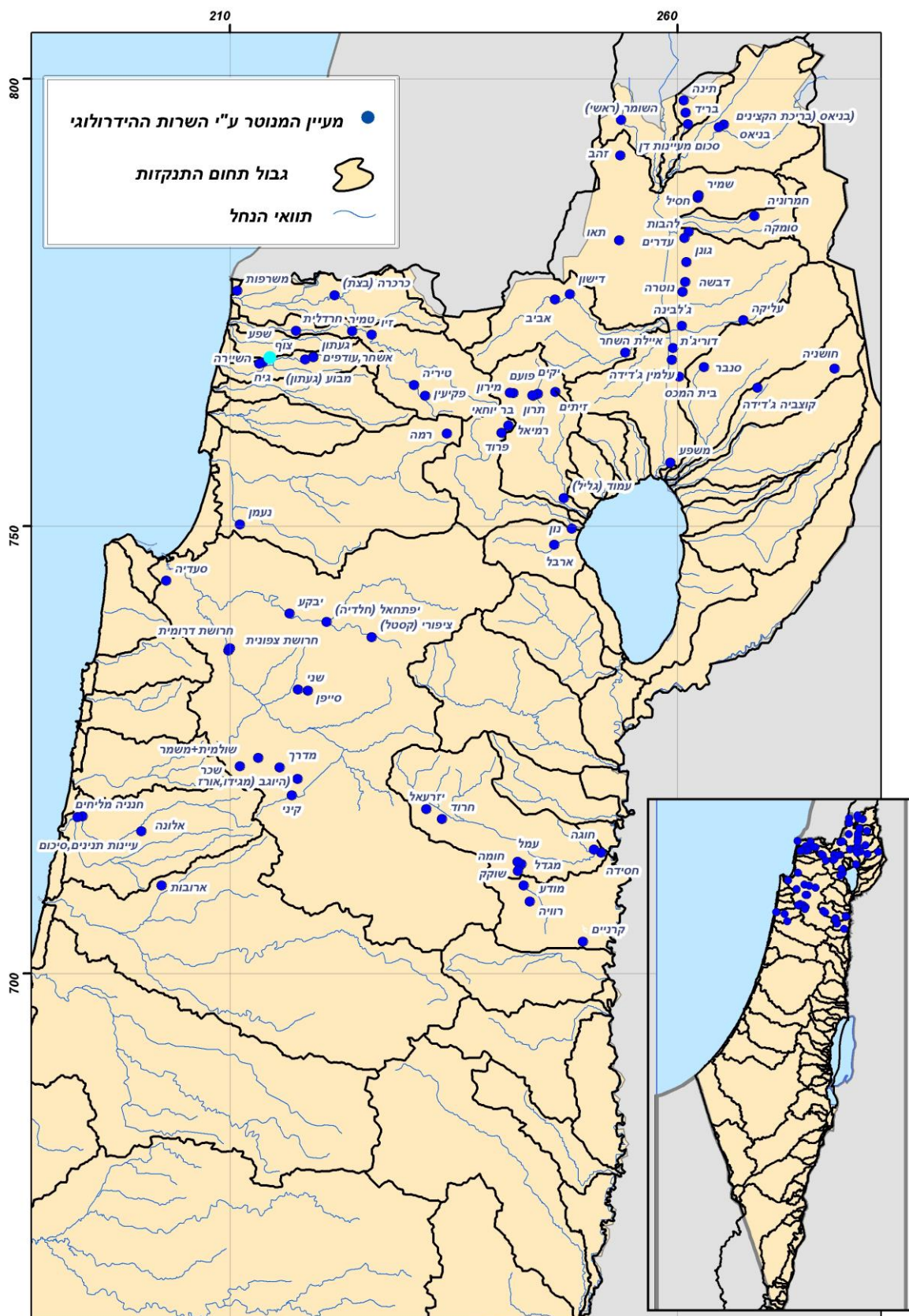
מטרתה של עבודה זו היא להציג את נתוני שפיעת המעיינות המרכזיים בצפון הארץ, ולנסות לעמוד על המגמות המתקבלות והסיבות לכך. חלק גדול מהמעיינות בדו"ח זה נמצאים בשמורות טבע ובעלי חשיבות אקולוגית וסביבתית, מעבר לתפקיד החשוב שיש להם במאזן הכולל של משק המים.

העבודה מציגה ניתוח של מגמות שפיעת מעיינות מרכזיים בצפון הארץ: באגני הגליל המערבי, כרמל, אגן הכנרת ומעיינות באזור בית שאן (אגן ההר הצפון מזרחי). עבור כל אגן נבחרו המעיינות הגדולים בו לצורך ייצוג. תקופת המדידה שנבחרה בעבודה זו הינה 1970-2011. במקרים בהם לא קיימים מדידות עבור תקופה זו נעשה שימוש בתקופה קצרה יותר. עבור כל מעיין מוצגים נתוני השפיעה (מדידות ספיקה ביחידות של ליטר/שנייה) לאורך השנים וכן מוצג קו המגמה הלינארי של השפיעה לאורך ציר הזמן (קו הרגרסיה). עבור כל מעיין נבחרה תחנת גשם על מנת לעמוד על היחס בין שפיעת המעיין לגשמים המזינים את המעיין. היחס חושב על ידי חלוקת נפח השפיעה השנתי בעובי הגשם השנתי. ירידה ביחס בין השפיעה לגשם משמעה ששפיעת המעיין ירדה בשיפוע גדול יותר מאשר הירידה בגשם (כלומר יש להניח שהסיבה לירידה בשפיעה אינה רק שינויים בכמות הגשם השנתי באזור ההזנה).

שינויים בספיקת מעיינות יכולים להיגרם כתוצאה משינויים הידרולוגים טבעיים, כגון שינויים בכמויות ואופי המשקעים, או כתוצאה משאיבה המשפיעה על מפלסי מי התהום באקוויפר. על מנת לנסות להפריד בין הגורמים הטבעיים (משקעים) לגורמים התפעוליים, יש לקשור בין עובי הגשם באזור ההזנה של המעיין לנפחי השפיעה לאורך השנים. שינוי ביחס גשם - שפיעה עבור עובי גשם נתון יעיד על השפעות חיצוניות על המעיין כגון שאיבה באזור ההזנה. הצגת עובי המשקעים השנתי וניתוח יחס גשם - שפיעה עבור כל מעיין מאפשר ללמוד על הגורמים למגמות השפיעה המתקבלות אולם איננו מחליף ניתוח פרטני עבור כל מעיין שיאפשר להסביר את מגמות השפיעה הנצפות עבורו. רשימת המעיינות, שיוכן ההידרו-גיאולוגי, נפח השפיעה השנתי הממוצע, תדירות המדידות ותקופת המדידה בכל מעיין מוצגים בטבלה 1 ותרשים 1.

תוצאות היחסים בין השפיעה לגשם בכל המעיינות מוצגות בטבלה 2 שבפרק 2. מגמות הגשם והשפיעה בכל מעיין מוצגים בתרשימים 3-89.

עבור כל אגן מתואר הרקע ההידרולוגי וההידרוגיאולוגי שלו (בהתבסס על דו"חות "מצב מקורות המים" השנתיים של השירות ההידרולוגי), המילוי החוזר הממוצע מגשם, נפחי השאיבה באגן וכן פילוג שפיעה על פי ריכוזי כלוריד (דו"ח מצב מקורות המים, 2010).



תרשים 1: מיקום המעיינות בצפון הארץ המופיעים בעבודה זו

טבלה 1: רשימת המעיינות ותקופת הנתונים בעבודה זו

שם המעין	אקוויפר	אגן	נפח שנתי ממוצע (אלפי מ"ק)	תדירות מדידות	תקופה	
					התחלה	סיום
כרכרה (בצת)	טורון	סולם צור	564	כל חודש	1971	2011
משרפות	קנומן תחתון	סולם צור	552	כל חודשיים	1971	2011
פקיעין	קנומן תחתון	קרן כברי	394	כל חודשיים	1976	2011
זיו	קנומן עליון	קרן כברי	3774	כל חודש	1970	2011
טמיר	קנומן עליון	קרן כברי	250	כל חודשיים	1977	2011
חרדלית	קנומן עליון	קרן כברי	2562	כל חודש	1971	2011
געתון	קנומן עליון	קרן כברי	2754	כל חודש	1971	2011
מבוע (געתון)	קנומן עליון	קרן כברי	1279	כל חודש	1982	2011
צוף	קנומן תחתון	קרן כברי	1035	כל חודש	1971	2011
השיירה	קנומן תחתון	קרן כברי	1272	כל חודש	1975	2011
גיח	קנומן תחתון	קרן כברי	792	כל חודש	1984	2011
שפע	קנומן תחתון	קרן כברי	4364	כל חודש	1971	2011
נעמן	קנומן עליון	נעמן	16968	כל חודש	1951	2011
קיני	איאוקן	רמת מנשה	780	כל חודש	1971	2011
היגב (מגידו, אורז, ניסנית)	איאוקן	רמת מנשה	320	כל חודש	1971	2011
מדרך	איאוקן	רמת מנשה	189	כל חודש	1971	2011
שולמית+משמר	איאוקן	רמת מנשה	119	כל חודשיים	1999	2011
שכר	איאוקן	רמת מנשה	131	כל חודש	1971	2011
שני	ניאוגן	עמק יזרעאל	236	כל חודשיים	1978	2011
סייפן	ניאוגן	עמק יזרעאל	717	כל חודש	1978	2011
חרושת צפונית	איאוקן	שמרון נווה יער	132	כל חודשיים	1971	2011
חרושת דרומית	איאוקן	שמרון נווה יער	276	כל חודשיים	1975	2011
ציפורי (קסטל)	איאוקן	קער שפרעם	733	כל חודש	1975	2011
יפתחאל	איאוקן	קער שפרעם	564	כל חודש	1975	2011
יבקע	איאוקן	קער שפרעם	869	כל חודשיים	1971	2011
סעדיה	קנומן תחתון	כרמל מזרחי	3980	כל חודש	1997	2011
אלונה	איאוקן	רמת מנשה	453	כל חודשיים	1971	2011
חנניה מליחים	קנומן עליון טורון	ירקת"ן	15972	כל חודשיים	1971	2011
ארובות	איאוקן	רמת מנשה	681	כל חודש	1971	2011
בניאס	יורא	מקורות הירדן	62544	כל חודש	1975	2011
פית	בזלת	רמת הגולן	259	כל חודש	1971	2011
עזז	בזלת	רמת הגולן	718	כל חודשיים	1975	2011

2010	1980	כל חודש	4339	מקורות הירדן	יורא	בריד
2011	1971	כל חודש	236367	מקורות הירדן	יורא	מעיינות הדן
2011	1971	כל חודש	2131	מטולה	קנומן תחתון	השומר
2009	1971	כל חודשיים	3625	מטולה	קנומן תחתון	זהב
2011	1971	כל חודשיים	4168	עינן	קנומן תחתון	תאו
2011	1971	כל חודש	1480	רמת הגולן	בזלת	חימרוניה
2011	1973	כל חודש	979	רמת הגולן	בזלת	שמיר
2010	1972	כל חודש	150	רמת הגולן	בזלת	חסיל
2011	1971	כל חודש	58	רמת הגולן	בזלת	סומקה
1994	1976	כל חודש*	130	רמת הגולן	בזלת	דקל
2011	1976	כל חודש	1223	רמת הגולן	בזלת	להבות
1992	1971	כל חודש*	207	רמת הגולן	בזלת	עדרים
2007	1971	כל חודשיים	5424	רמת הגולן	בזלת	גונן
2011	1971	כל חודש	2082	מלכיה	איאוקן	אביב
1994	1975	כל חודש*	74	עינן	קנומן עליון	דישון
2011	1971	כל חודשיים	253	עמק החולה	קוורטר	איילת השחר
2007	1971	כל חודשיים	5113	רמת הגולן	קנומן תחתון	דבשה
2007	1971	כל חודשיים	8700	רמת הגולן	בזלת	נוטרה
2008	1971	כל חודשיים	937	רמת הגולן	בזלת	עליקה
2007	1986	כל חודשיים	347	רמת הגולן	בזלת	דרדרה (חולתא)
2007	1977	כל חודשיים	3039	רמת הגולן	בזלת	ג'לבינה
2008	1972	כל חודשיים	944	רמת הגולן	בזלת	דוריג'את
2008	1971	כל חודשיים	877	רמת הגולן	בזלת	בית המכס
2008	1971	כל חודש	1358	רמת הגולן	בזלת	עלמין ג'דידה
2008	1993	כל חודשיים	452	כורזים	בזלת	משפע
2011	2006	כל חודש	15717	מקורות הירדן	יורא	בניאס (ברכת הקצינים)
2011	1976	כל חודש	449	גליל מזרחי	קנומן עליון	פועם
2011	1971	כל חודש	560	גליל מזרחי	קנומן עליון	מירון
1998	1970	כל חודש*	117	גליל מזרחי	קנומן עליון	בר יוחאי
2011	1970	כל חודש	55	גליל מזרחי	קנומן עליון	תרון
2011	1971	כל חודש	666	גליל מזרחי	קנומן עליון	יקים
1995	1971	כל חודש*	66	גליל מזרחי	קנומן עליון	זיתים
2001	1976	כל חודש*	32	גליל מזרחי	קנומן תחתון	שמאי
2011	1971	כל חודש	361	ראש פינה	איאוקן	עמוד
2011	1976	כל חודש	1180	גליל מזרחי	קנומן תחתון	רמיאל
2011	1971	כל חודשיים	58	גליל מזרחי	קנומן תחתון	פרוד
2011	1971	כל חודשיים	613	ראש פינה	איאוקן	נון
2011	1971	כל חודש	318	ראש פינה	איאוקן	ארבל
2008	1971	כל חודשיים	150	רמת הגולן	בזלת	סנבר
2011	1971	כל חודשיים	135	רמת הגולן	בזלת	קוצביה ג'דידה

2011	1976	כל חודש*	108	רמת הגולן	בזלת	חושניה
2011	1971	כל חודש	388	קער שומרון	איאוקן	יזרעאל
2011	1971	כל חודש	3709	קער שומרון	איאוקן	חרוד
2011	1971	כל חודש	18059	קער שומרון	איאוקן	עמל
2011	1971	כל חודש	3747	קער שומרון	איאוקן	חומה
2011	1971	כל חודש	17834	קער שומרון	איאוקן	מגדל
2011	1971	כל חודש	8423	קער שומרון	איאוקן	שוקק
2011	1972	כל חודש	4759	גליל תחתון	קוורטר	חוגה
2011	1978	כל חודש	2921	גליל תחתון	קוורטר	חסידה
2011	1971	כל חודשיים	612	בית שאן	קוורטר	קרניים
2008	1971	כל חודשיים	8884	שומרון גלבע	קנומן עליון	מודע
2008	1971	כל חודשיים	314	שומרון גלבע	קנומן עליון	רוויה

הערה: כל חודש* - מעיינות שהועברו למעיינות סקר ב-2001.

2. תוצאות

טבלה 2 מסכמת את תוצאות חישובי יחסי הגשם-שפיעה בכל המעיינות אשר נבדקו בדו"ח זה וכן את מקדמי המתאם בין נפח השפיעה לגשם השנתי (המתאם הגבוה ביותר נמצא במעיין הבניאס: $r^2=0.88$). הטבלה מציגה עבור כל מעיין את מקדמי השיפוע של היחס בין נפח השפיעה השנתי לבין עובי הגשם השנתי. במעיינות שבהן התקבל שיפוע שלילי המשמעות היא שהירידה בשפיעה הינה גדולה יותר מהפחיתה במשקעים לאורך זמן. עבודות קודמות הראו שהיחס גשם-שפיעה איננו לינארי עבור כל המעיינות וירידה בכמויות המשקעים יכולה לגרום ירידה חדה יותר בשפיעה (גבעתי ורוזנפלד 2007 עבור מעיינות באגן ההיקוות של הכנרת וכן רימר וחוב', 2012) וזאת עקב התייבשות של חתך הקרקע במצבים של פחיתה במשקעים. סיבה דומיננטית נוספת לירידה ביחס גשם – שפיעה נעוצה בהפקה באזור ההזנה של המעיין אשר גורמת לירידה בשפיעה (כמו לדוגמא בעיינות חנניה מליחים או במעיין הנעמן שם השיפוע של יחס השפיעה/גשם הינו השלילי ביותר כתוצאה מהפקה הולכת וגדלה לאורך השנים).

ניתן לראות בטבלה 2 שמתוך 84 המעיינות אשר נבדקו בעבודה זו, ב- 67 התקבל שיפוע שלילי ורק ב-17 מעיינות נמצא שיפוע יציב או חיובי, כלומר מרבית המעיינות באזור העבודה מצביעים על מגמת ירידה שבחלק מהמקרים ניתן לשייכה לסיבות אקלימיות, בחלק להגברת ההפקה ובחלקם זהו שילוב של פחיתה במשקעים והגברת ההפקה באזור ההזנה של המעיין.

טבלה 2: תוצאות חישובי יחסי הגשם – שפיעה
(נפח שנתי (אלמ"ק) לעובי גשם שנתי ב-מ"מ)

מספר	שם מעיין	שיפוע היחס בין שפיעה לגשם	מתאם בין נפח לגשם
1230	כרכרה (בצת)	-0.0436	0.3957
1250	משרפות	-0.0123	0.2479
2240	פקיעין	-0.0004	0.5492
2250	זיו	-0.0315	0.746
2260	טמיר	-0.0061	0.297
2280	חרדלית	-0.0483	0.3064
4230	געתון	-0.0488	0.5922
4235	מבוע (געתון)	-0.0439	0.7051
4240	צוף	-0.0319	0.0388
4242	השיירה	-0.0438	0.4455
4245	גיח	-0.0187	0.5204
4250	שפע	-0.0453	0.4234
7210	נעמן	-0.3951	0.1481
8240	קיני	-0.0394	0.6405
8245	היוגב	-0.0086	0.5421
8270	מדרך	-0.0093	0.7322
8315	שולמית + משמר	-0.0247	0.4561
8320	שכר	-0.005	0.5462
8340	שני	-0.0078	0.1555

0.0397	0.0017	סייפן	8345
0.5879	-0.0038	חרושת צפונית	8385
0.3747	-0.0004	חרושת דרומית	8386
0.6636	-0.0067	ציפורי (קסטל)	8420
0.203	-0.0989	יפתחאל (חלדיה)	8435
0.203	-0.0067	יבקע	8445
0.0575	-0.4695	סעדיה	8470
0.3995	0.0011	אלונה	13250
0.0827	-0.6011	חנניה מליחים	13276
0.6741	-0.4695	ארובות	14250
0.8833	0.006	בניאס	30250
0.4474	-0.0104	פית	30270
0.2009	0.0127	עזז	30275
0.2635	-0.1022	בריד	30308
0.4845	-0.5283	סכום מעיינות דן	30311
0.4245	0.0165	השומר (ראשי)	30350
0.619	-0.0136	זהב	30375
0.0005	-0.0451	תאו	30410
0.8035	-0.028	חימרניה	30439
0.5417	-0.0361	שמיר	30440
0.7347	-0.0048	חסיל	30441
0.3116	-0.0036	סומקה	30470
0.6005	0.00006-	דקל	30480
0.0206	-0.0045	להבות	30491
0.0804	0.002	עדרים	30499
0.252	-0.0149	גונן	30515
0.7424	-0.0634	אביב	30525
0.0868	0.004	דישון	30527
0.3262	-0.0062	איילת השחר	30530
0.427	0.0261	דבשה	30535
0.3049	-0.0725	נוטרה	30538
0.1604	-0.0138	עליקה	30565
0.2476	-0.0043	דרדרה (חולתא)	30567
0.0778	0.0191	גלבינה	30568
0.0111	0.0003	דוריג'ת	30570
0.0089	0.0035	בית המכס	30575
0.2576	-0.0125	עלמין ג'דידה	30580
0.0995	-0.0187	משפע	30590
0.4195	-0.3704	בניאס, ברכת הקצינים	30620
0.584	-0.0252	פועם	31245
0.6005	-0.0096	מירון	31250
0.4183	0.0002	בר יוחאי	31255
0.3379	-0.0013	תרון	31260
0.3324	-0.003	יקים	31262
0.6638	0.0013	זיתים	31267

0.2911	-0.00002	שמאי	31280
0.6001	-0.0044	עמוד (גליל)	31295
0.7941	-0.0281	רמיאל	31301
0.2654	-0.0016	פרוד	31305
0.2073	-0.0272	נון	31335
0.6821	-0.0023	ארבל	31355
0.027	0.01	סנבר	31405
0.0018	-0.0053	קוצביה ג'דידה	31420
0.4173	-0.0004	חושניה	31425
0.0009	0.0078	יזרעאל	38210
0.0058	-0.0389	חרוד	38220
0.0086	-0.1248	עמל	38252
0.0474	-0.0521	חומה	38260
0.0295	0.1991	מגדל	38263
0.0011	-0.2707	שוקק	38266
0.0152	-0.3529	חוגה	38270
0.0284	-0.0054	חסידה	38275
0.0258	0.0179	קרניים	39260
0.08	-0.1144	מודע	39290
0.004	-0.0255	רוויה	39295

3. מעיינות באגן הגליל המערבי – רקע הידרולוגי

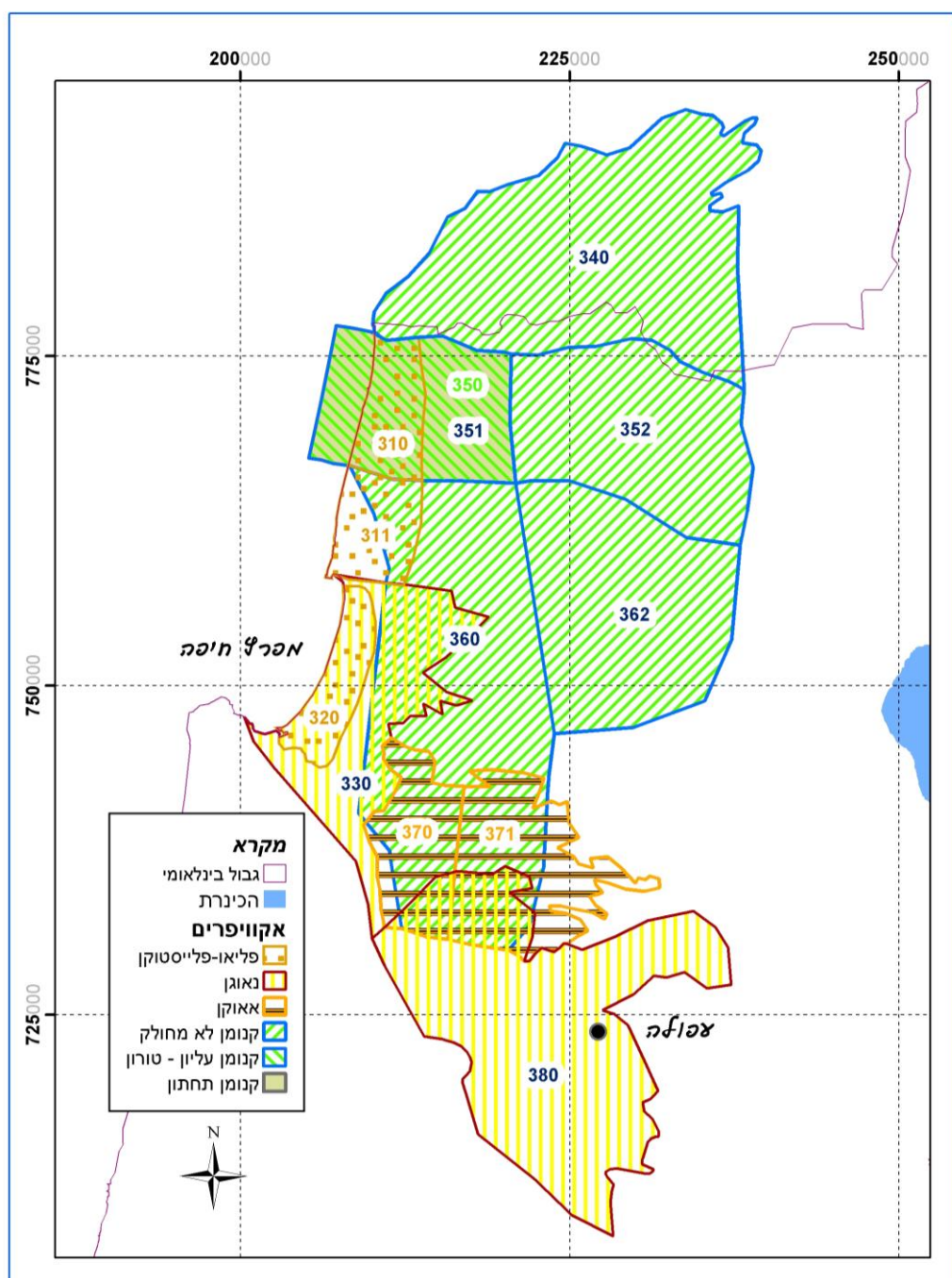
המילוי החוזר הממוצע מגשם לתקופה 1970-2010 באגני הגליל המערבי, מסתכם ב- 139 מלמ"ק לשנה בממוצע (דו"ח מצב מקורות המים, 2011). השאיבה הממוצעת לתקופה זו היא כ- 95 מלמ"ש כאשר בתחילת שנות ה- 80 הגיעה השאיבה לשיא 120 מלמ"ש. 83% מהמים הנשאבים הם בריכוז כלוריד נמוך מ- 200 מגכ"ל. 76% משפיעת המעיינות הינה בריכוז כלוריד הנמוך מ- 50 מגכ"ל (דו"ח מצב מקורות המים בישראל, 2011). ניתן לראות את נפחי השפיעה השנתיים הממוצעים במעיינות הגדולים באגן הגליל המערבי בטבלה 1.

אזורי ההזנה של מעיינות הגליל המערבי הם מחשופי אקוויפר ההר המשתרעים מפרשת המים במרכז הגליל עד לרגלי ההרים (ראה תרשים 2). תאי החוף משתרעים לאורך חוף הגליל, מראש הנקרה עד למפרץ חיפה. האקוויפרים ניזונים ממשקעים, מזרימה חוזרת ומזרימה מתאי ההר. מי התהום מתנקזים לים ונשאבים על ידי קידוחים. האקוויפר ממנו נובעים המעיינות הוא אקוויפר חבורת יהודה כאשר אקוויקלוד תצורת דיר-חנא מהווה שכבה שוענת. אקוויפר תצורת כורדני מגיל פליו-פלייסטוקן בנוי בעיקר אבני גיר חוליות ואבני חול גיריות. תפוצתו של האקוויפר היא במבנים של גרבן החילזון, הורסט אפק וגרבן הקישון. האקוויפר מתעבה באזור הורסט אפק מעובי 0 ממזרח לתל אפק ועד למעלה מ- 50 מ' בקרבת החוף. במערב, האקוויפר פתוח אל הים. אקוויפר כורדני הינו בעל שטחי הזנה מזעריים וניזון ברובו מאקוויפר חבורת יהודה שאיתו הוא נמצא במגע במבנה הכיפתי שבתל אפק ומאקוויטרד חבורת עבדת איתו הוא נמצא במגע בדרך כלל. האקוויפר הפלייסטוקני מונח על פני תצורת כורדני או על פני אקוויקלוד חבורת סקיה והוא בנוי בעיקר אבני חול גיריות בחילופין עם שכבות חרסית. עוביו נמצא בתחום של עשרות מטרים בודדים והוא נחשף ומצוי במערב מישור חוף הגליל.

אגן נעמן קרוי על שם מעיין הנעמן, הידוע גם כעין אפק, שהינו המוצא העיקרי של האגן, עם ערך שפיעה היסטורי של כ- 50 מלמ"ש. אקוויפר חבורת יהודה מהווה את האקוויפר הרגינולי של אגן הנעמן. אקוויפר זה, הבנוי בעיקרו סלעי דולומיט וגיר בעובי כולל של כ- 600-700 מ', נחשף באזור ההר במזרח המשמש גם אזור העשרה. האקוויפר משתפל מערבה אל אזור רגלי ההרים אל סינקלינה רחבה בה הוא נכלא מתחת לרצף של שכבות אקוויקלודיות מגיל סנון. במערב, באזור תל אפק, מתרומם אקוויפר חבורת יהודה אל מבנה סטרוקטורלי כיפתי הגדוע בחלקו העליון ונוחת שוב מערבה מהמבנה לכיוון הים.

תאי ההר באגן הגליל המערבי נמצאים באקוויפר חבורת יהודה. בסיס האקוויפר מונח על תצורת צלמון האקוויקלודית הבנויה בעיקר חוואר, פצלים וגירים מגיל קרטיקון תחתון. התצורה נחשפת בעיקר בשדרת ההר המרכזית של ציר המבנה הסטרוקטורלי. האקוויפר התחתון מגיל קנומן תחתון בנוי מתצורות כסולות ויגור ומונח על תצורת צלמון. האקוויפר חשוף בשדרת ההר במזרח האגן. הוא בנוי בעיקר דולומיט דק גביש, קרטוני במקצת. עוביו הכולל נמצא בתחום 300-350 מ'. אקוויקלוד תצורת דיר-חנא מצוי מעל האקוויפר התחתון. האקוויקלוד בנוי בעיקר קרטון וגיר. עוביו באגן כברי משתנה בין 0 ל- 300 מ' והוא מהווה שכבה שוענת למספר מעיינות גדולים. באגן נעמן תצורת דיר

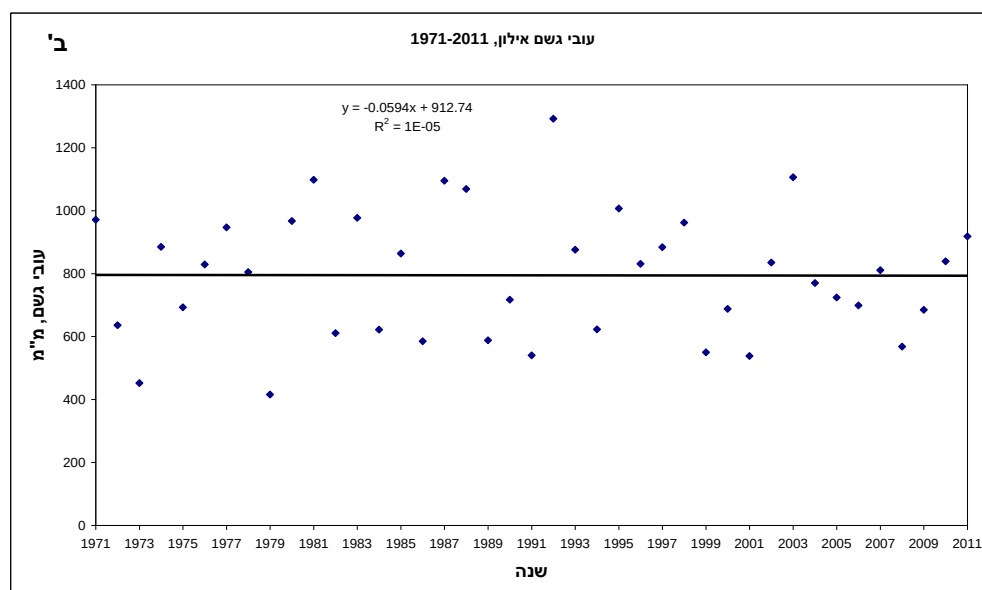
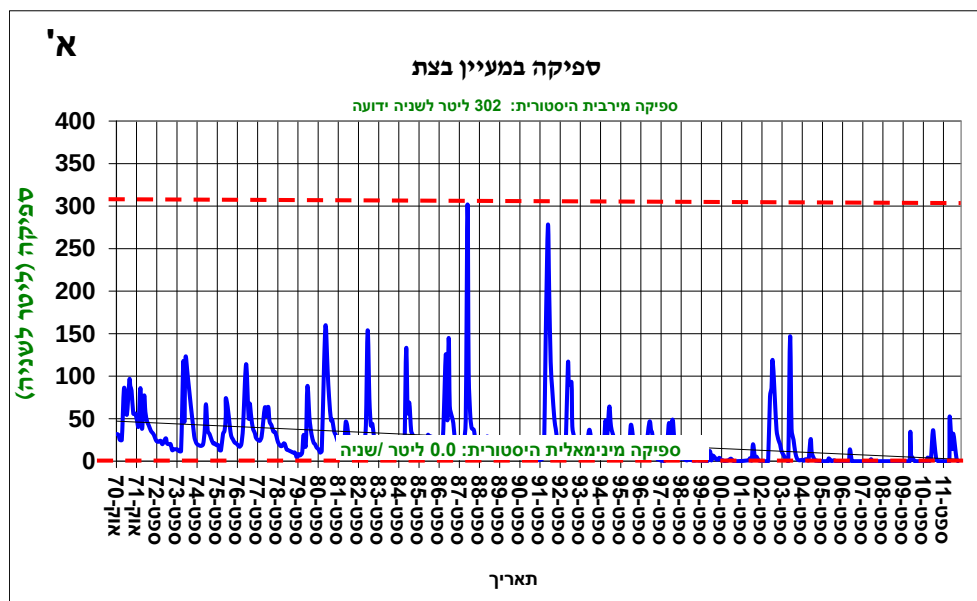
חנא בנויה דולומיט חווארי במקצת בעובי שאינו עולה על מספר עשרות מ'. קיים ספק באשר למידת החציצה ההידרולוגית של התצורה בין האקוויפר העליון לתחתון באגן זה. האקוויפר העליון מונח על תצורת דיר חנא. גילו קנומן עליון-טורון והוא כולל את תצורות סכנין ובענה. האקוויפר בנוי בעיקר דולומיט בחלק התחתון וגיר בחלק העליון. עוביו, בדרך כלל, כ- 200 מ'. מחשופי אקוויפר ההר משתרעים מפרשת המים במרכז הגליל עד לרגלי ההרים. בחוף הגליל נכלא אקוויפר ההר מתחת לאקוויפר החוף ומתחת לסלעים צעירים יותר מחבורת השפלה, מגיל איאוקן וסנון. האקוויפר ניזון ממשקעים ומנוקז על ידי שאיבה, מעיינות, זרימה לים וזרימה לתאי החוף. תאי העמק שייכים לאקוויטרד חבורת עבדת מגיל איאוקן הבנוי בעיקר חילופין של שכבות גיר קרטוני וקרטון. עוביו משתנה בין עשרות מטרים למאות מטרים. תאים הידרולוגים אלה שייכים לאקוויפר מגיל אאוקן בקער שפרעם ולאקוויפר המילוי בעמק יזרעאל המערבי, מגיל קוורטר - ניאוגן.

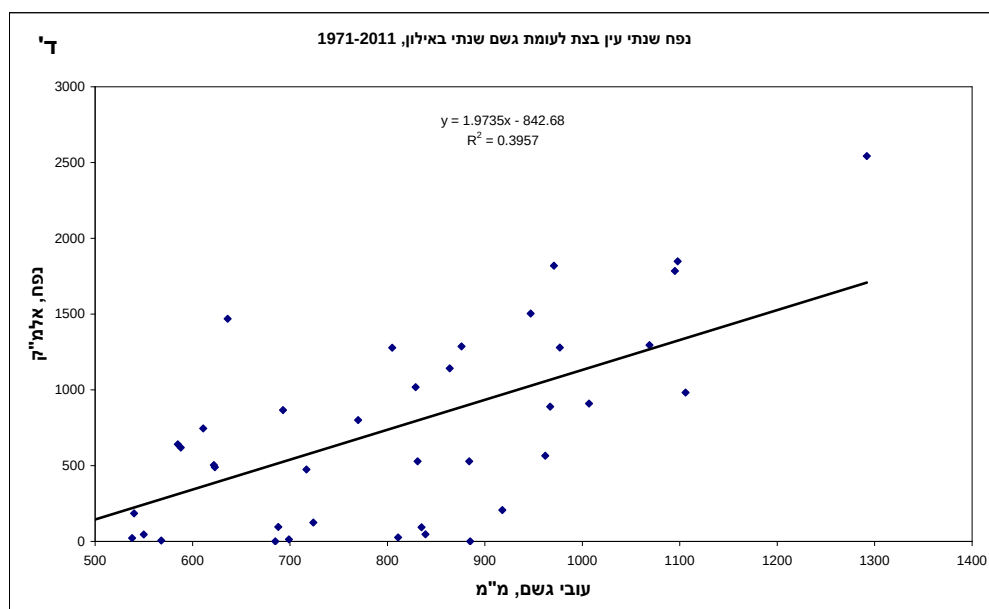
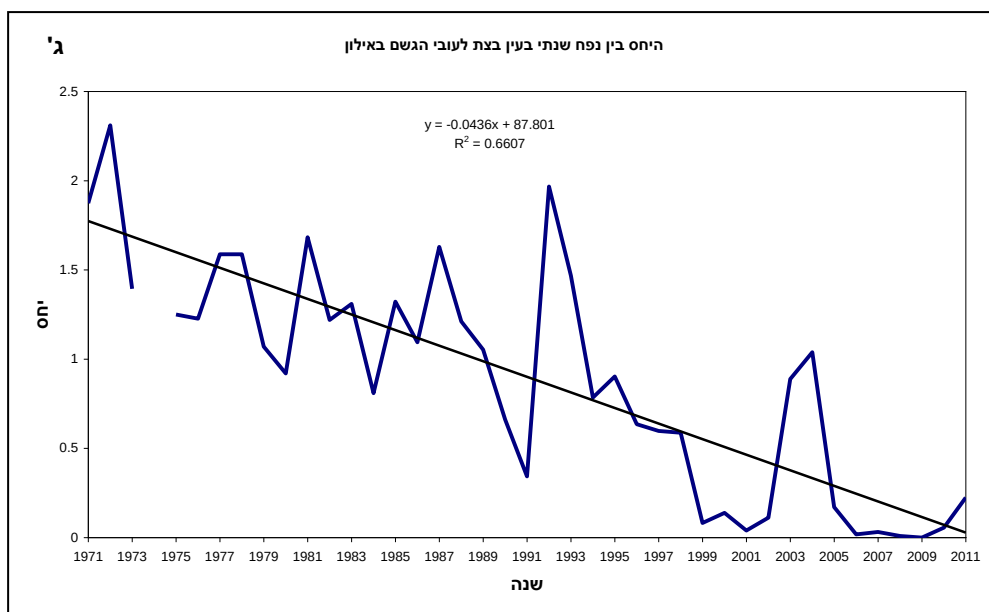


תרשים 2: אגן הגליל המערבי, חלוקה לתאים הידרוגיאולוגיים

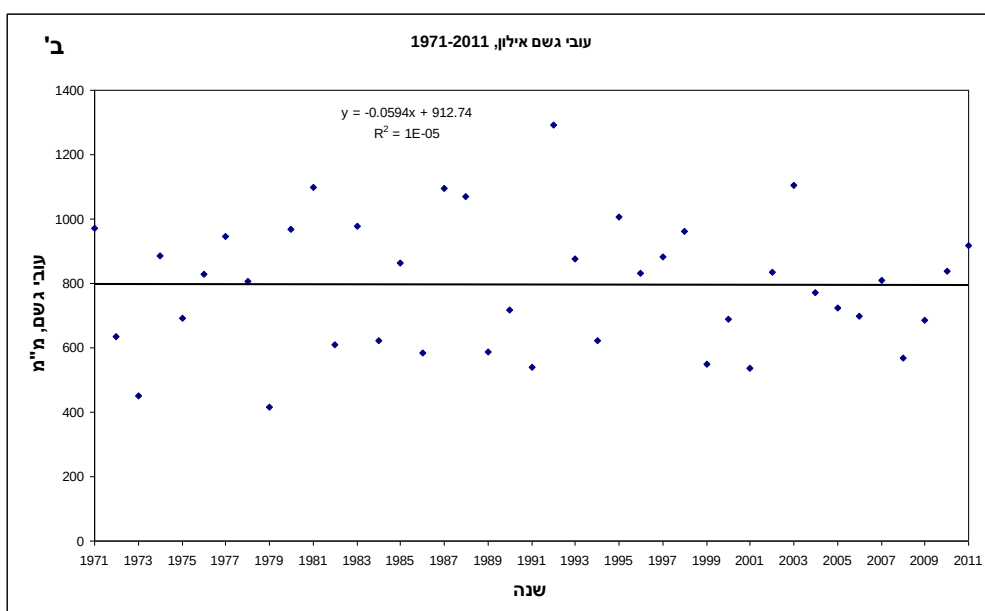
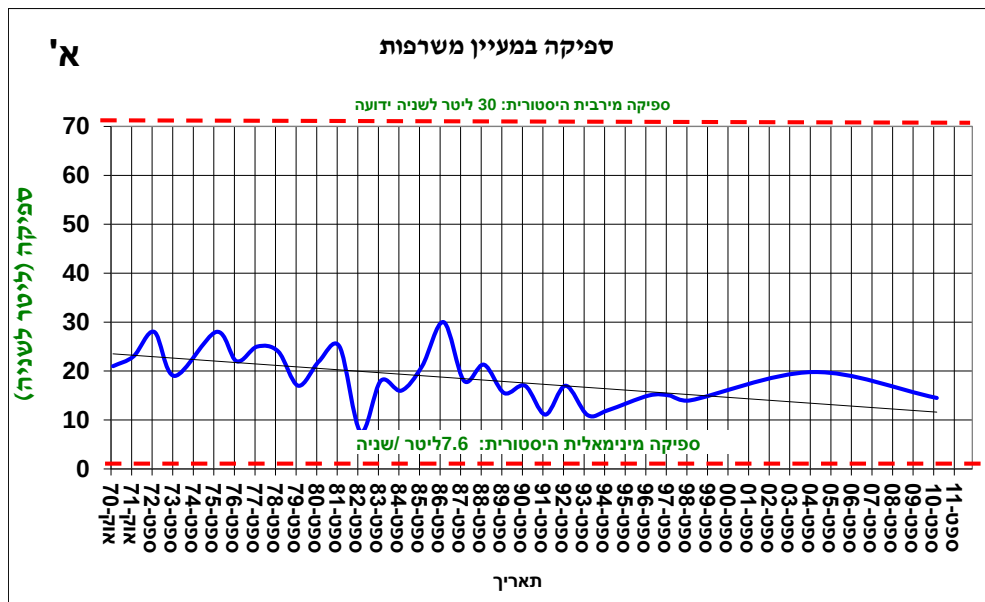
3.1. יחסי גשם-שפיעה במעיינות באגן הגליל המערבי

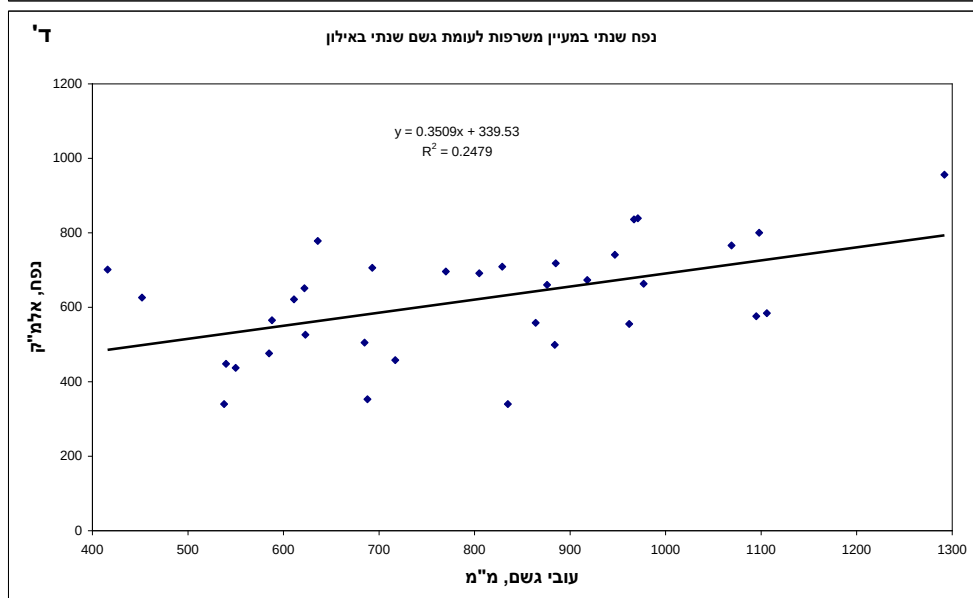
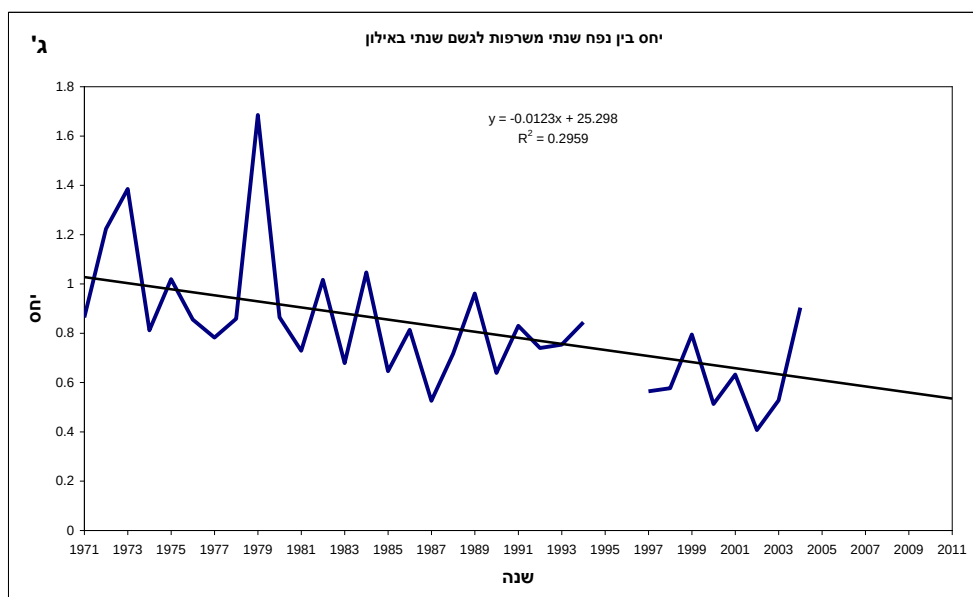
תרשימים 3 עד 27 מציגים את מהלך השפיעה במעיינות באגן הגליל המערבי (א'), את עובי המשקעים השנתי בתחנות גשם מייצגות עבור כל מעיין (ב'), תחנות אילון, מירון, בית לחם הגלילית או גבעת עוז, עבור אגן זה) היחס בין נפח השפיעה השנתי לעובי הגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד'). הקו האדום העליון בכל תרשים שפיעה מייצג את הספיקה המקסימאלית בכל מעיין והקו התחתון את ספיקת השפל בתקופה המוצגת. הקו השחור בתרשימים הינו קו המגמה של משוואת הרגרסיה (אשר ערכיה מוצגים עבור כל מעיין בטבלה 2). ניתן לראות שהמעיינות שבהן נרשמה הירידה התלולה יותר ביחסי גשם-שפיעה הן עיינות סעדיה, בצת, געתון וחרדלית, נעמן וארובות.



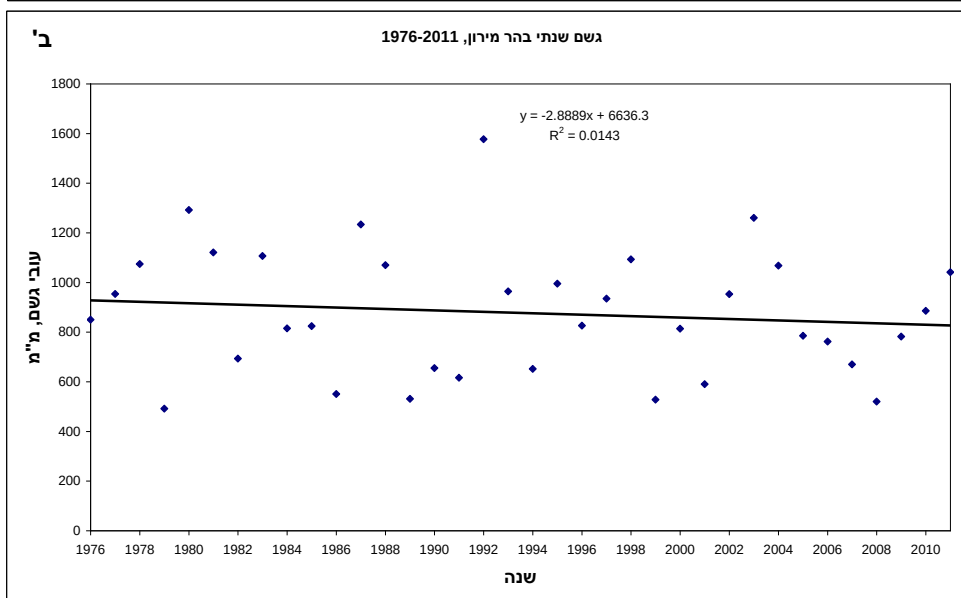
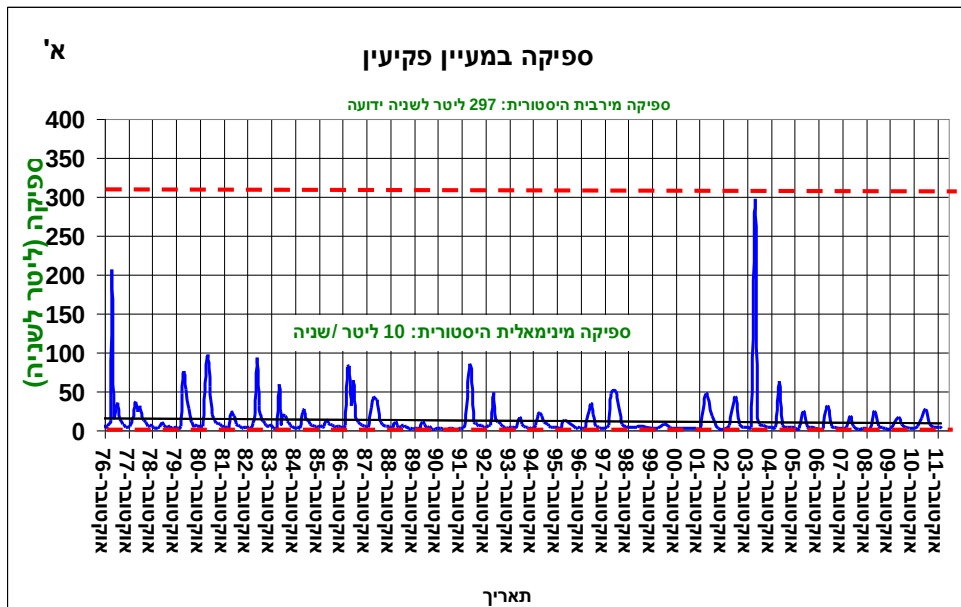


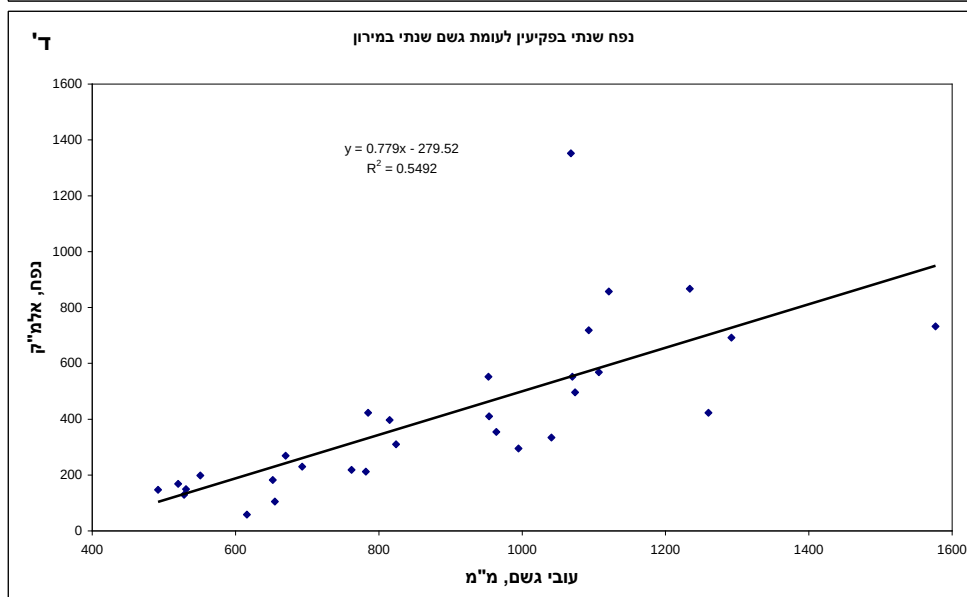
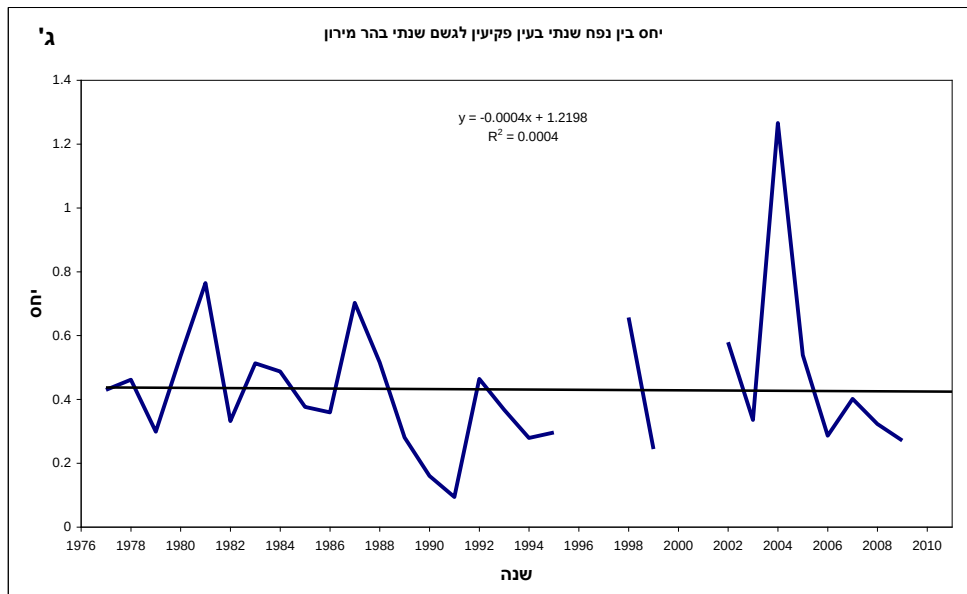
תרשים 3-ד': מהלך הספיקה במעיין בצת (א'), גשם שנתי באילון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



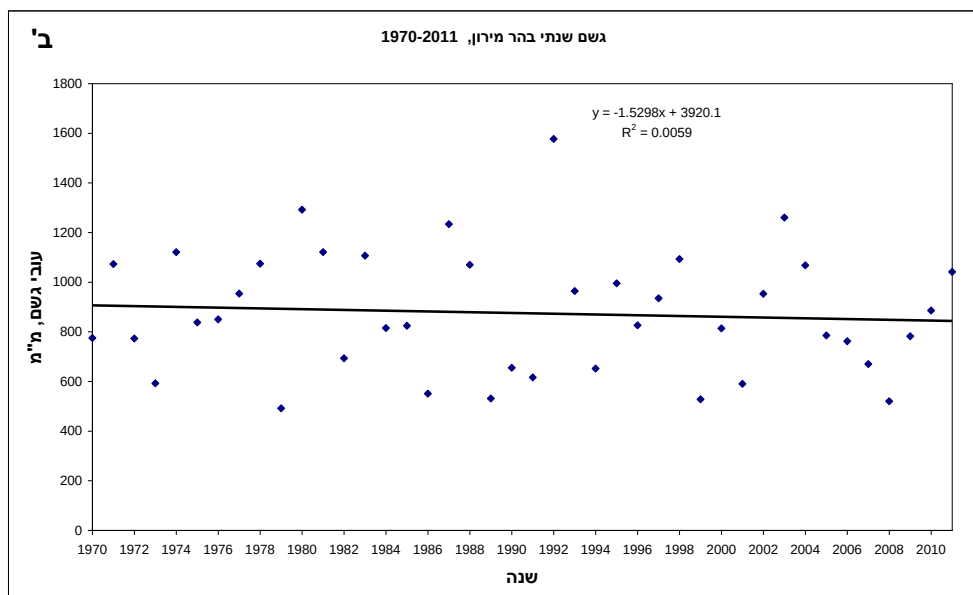
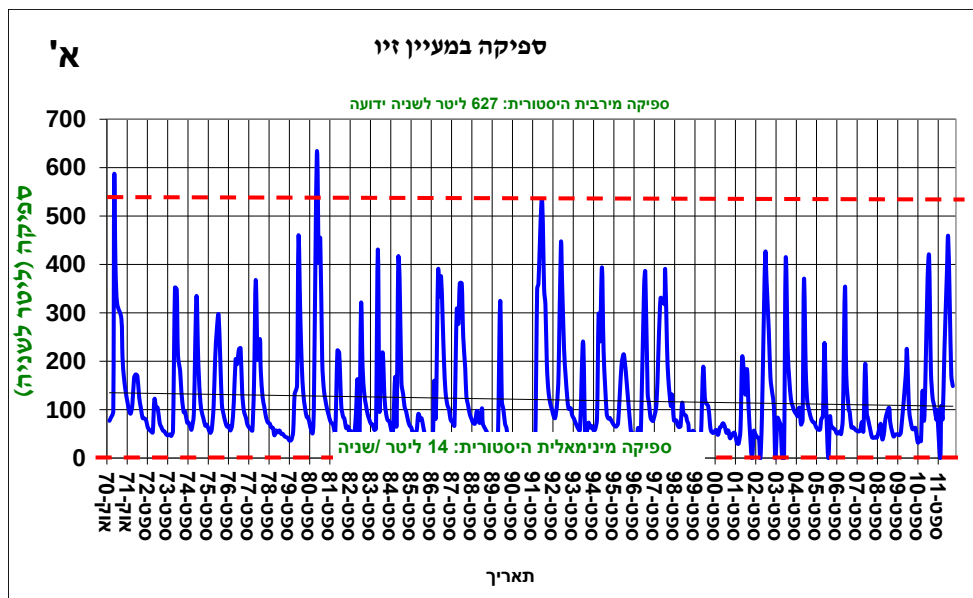


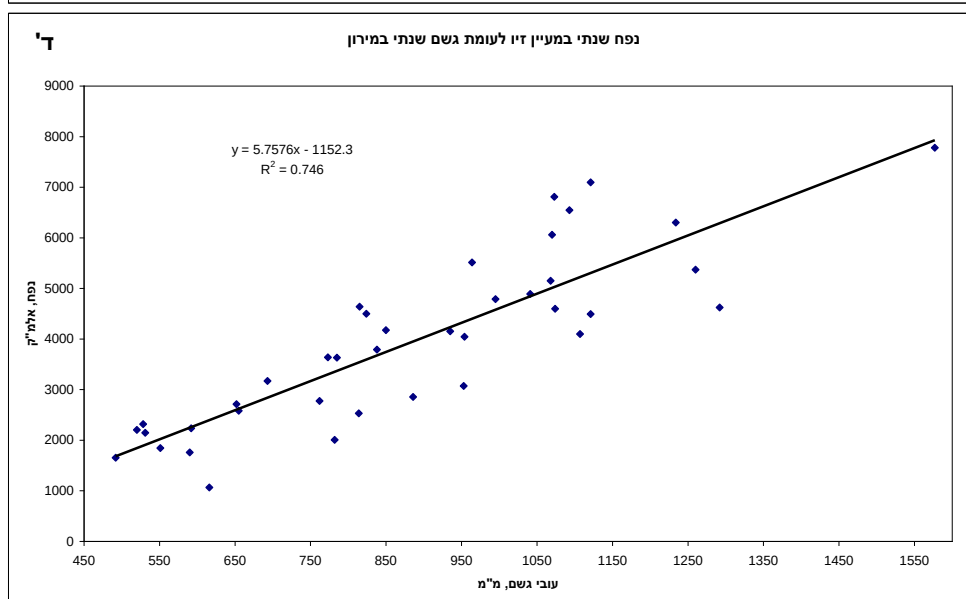
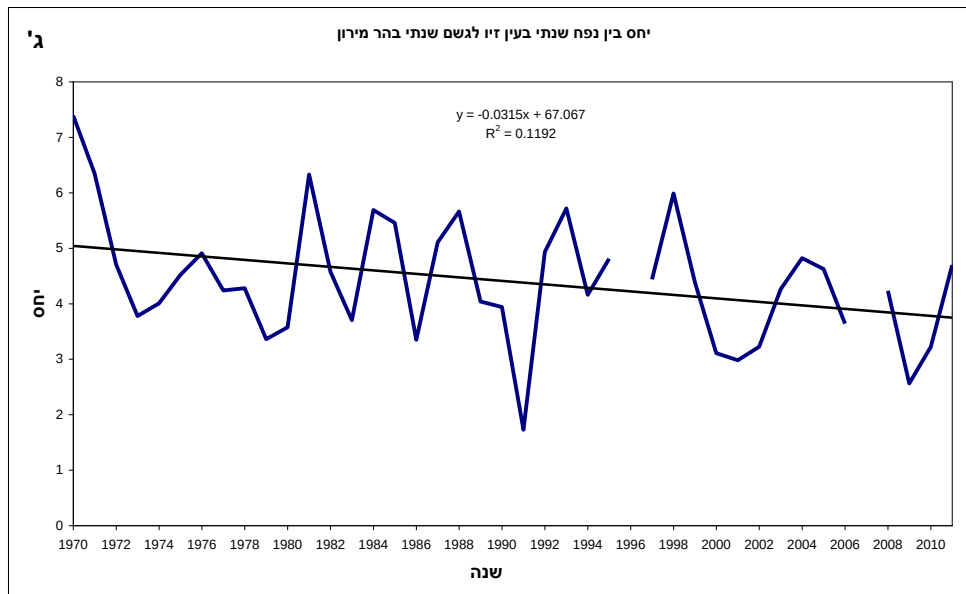
תרשים 4-א-ד': מהלך הספיקה במעיין משרפות (א'), גשם שנתי באילון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד')



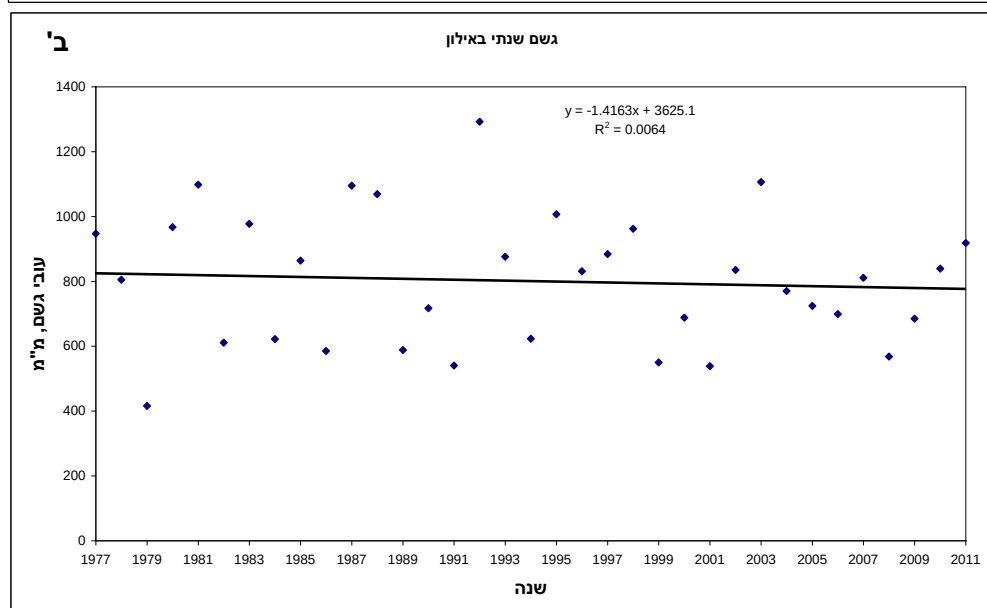
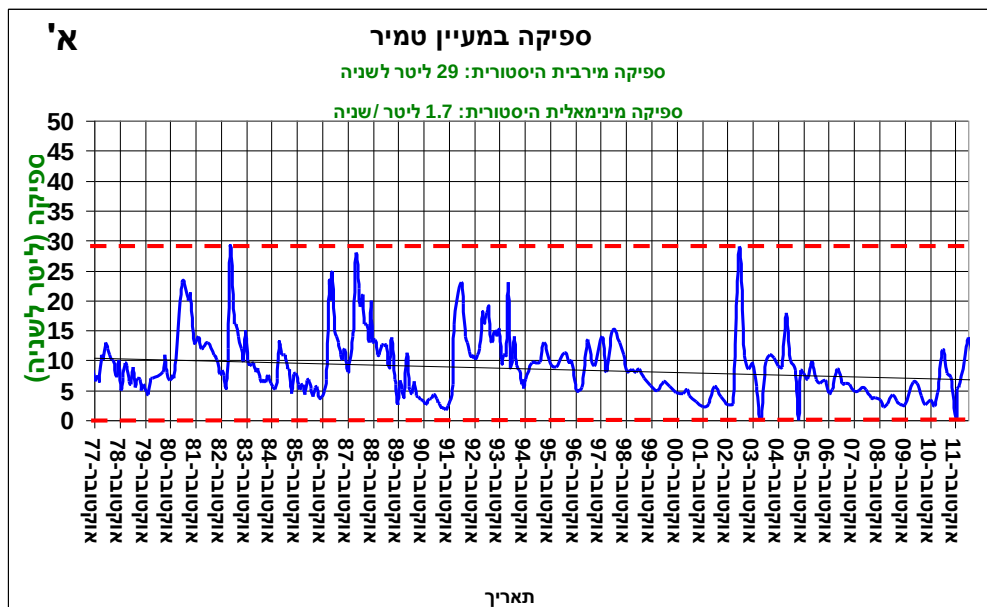


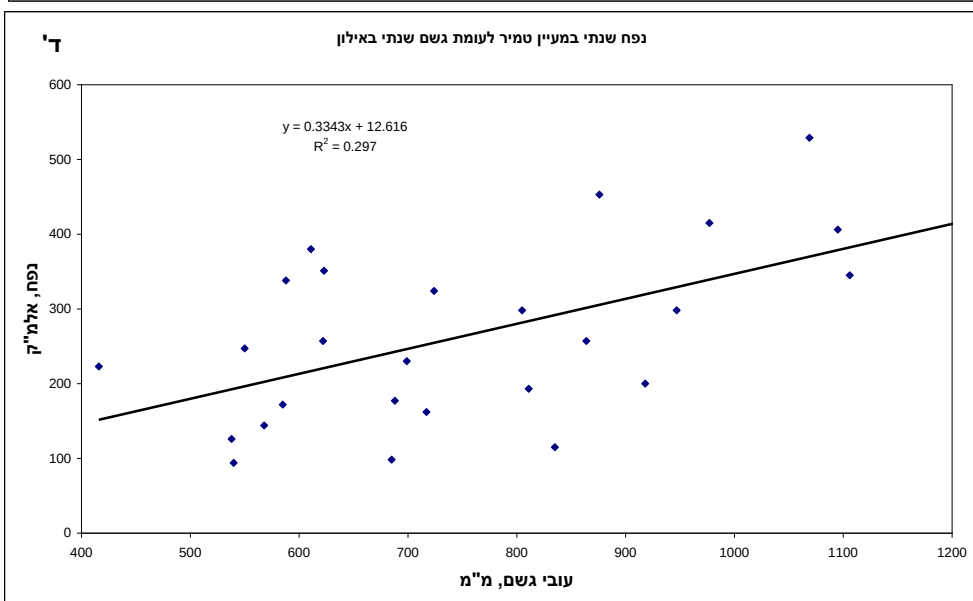
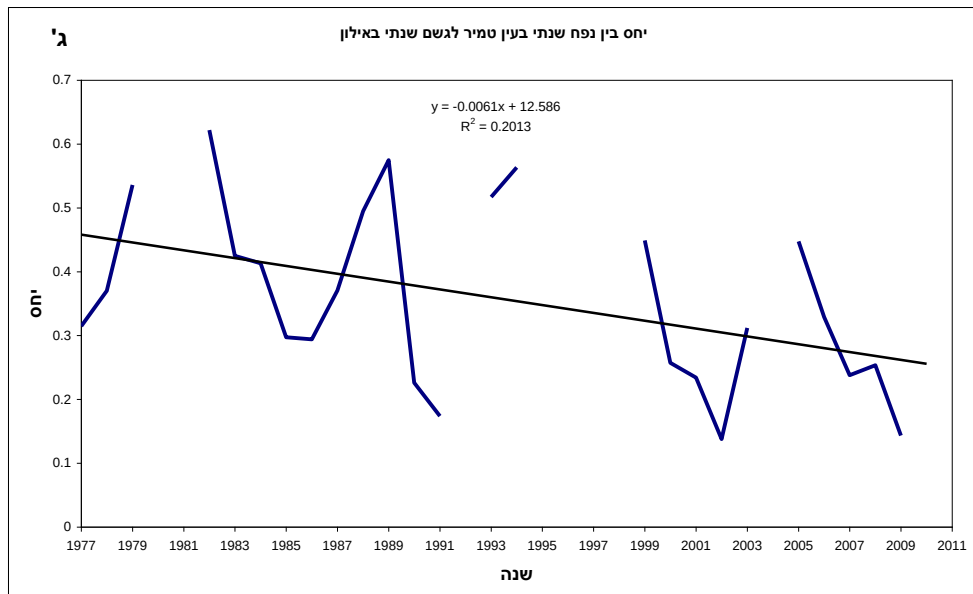
תרשים 5-א-ד': מהלך הספיקה במעיין פקיעין (א'), גשם שנתי בהר מירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד')



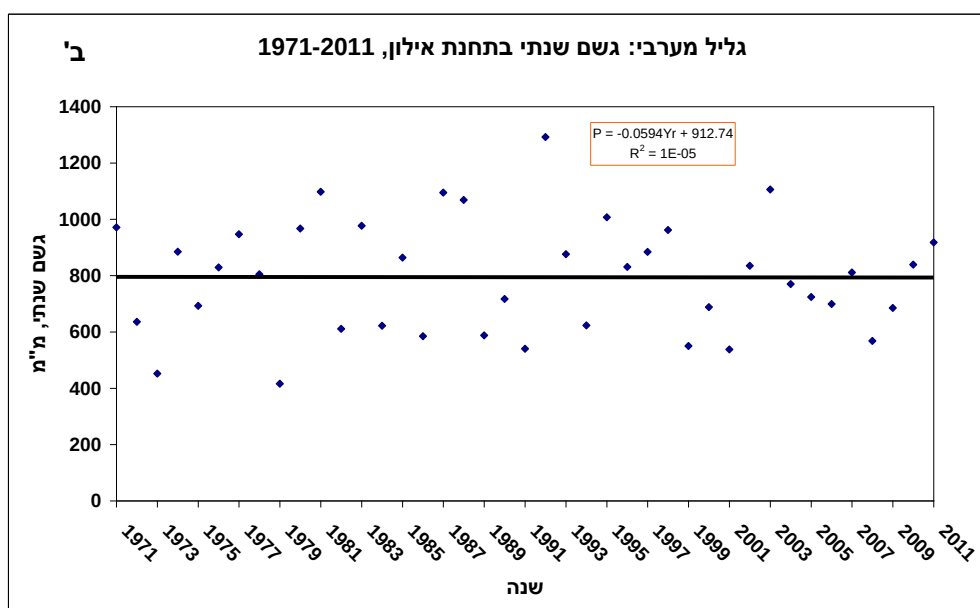
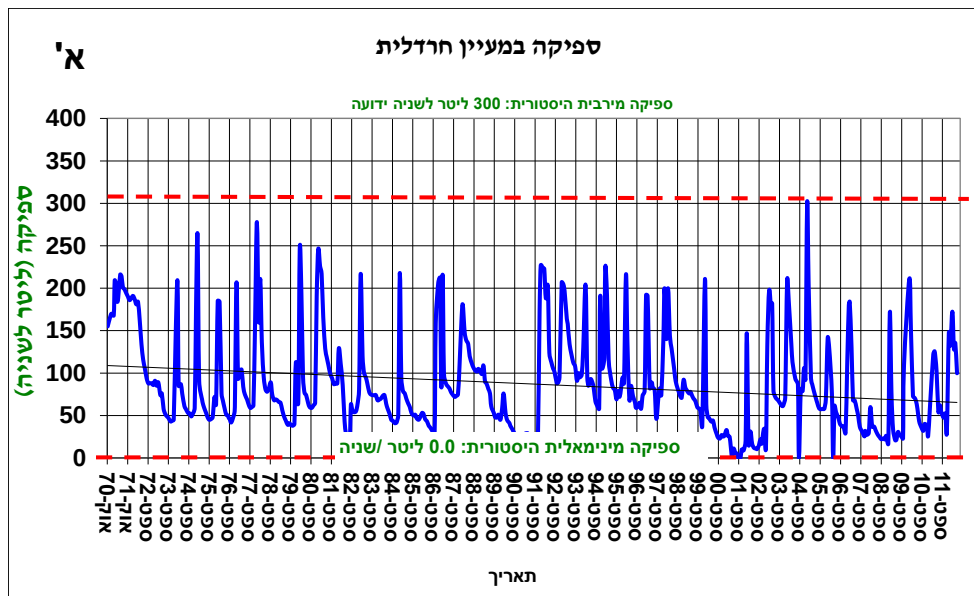


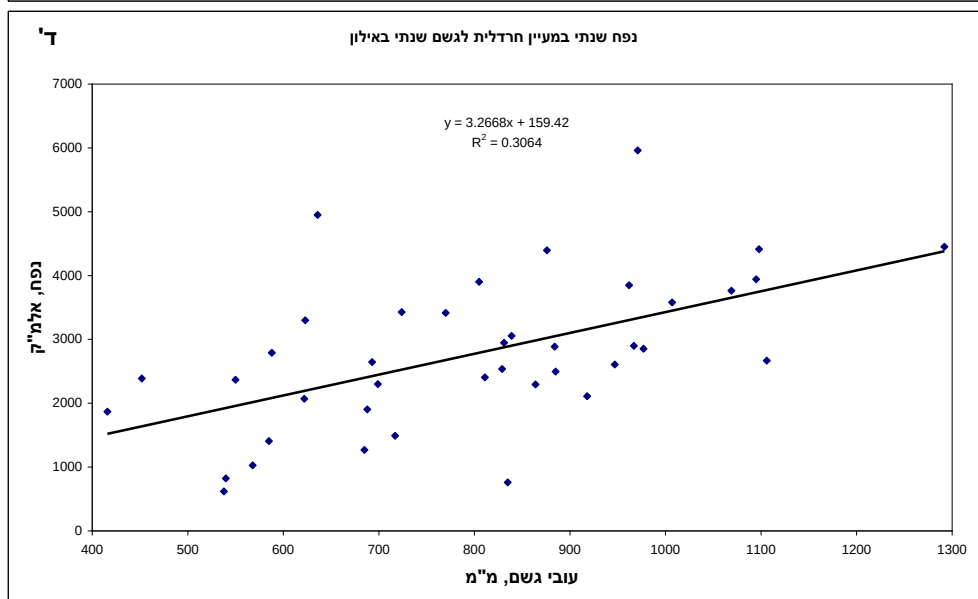
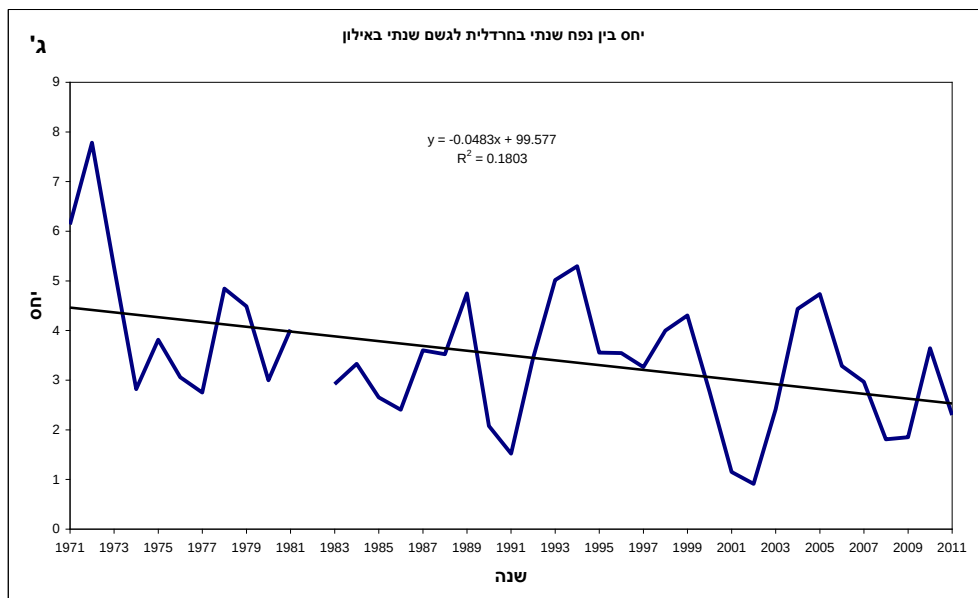
תרשים 6א-ד': מהלך הספיקה במעיין זיו (א'), גשם שנתי בהר מירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד')



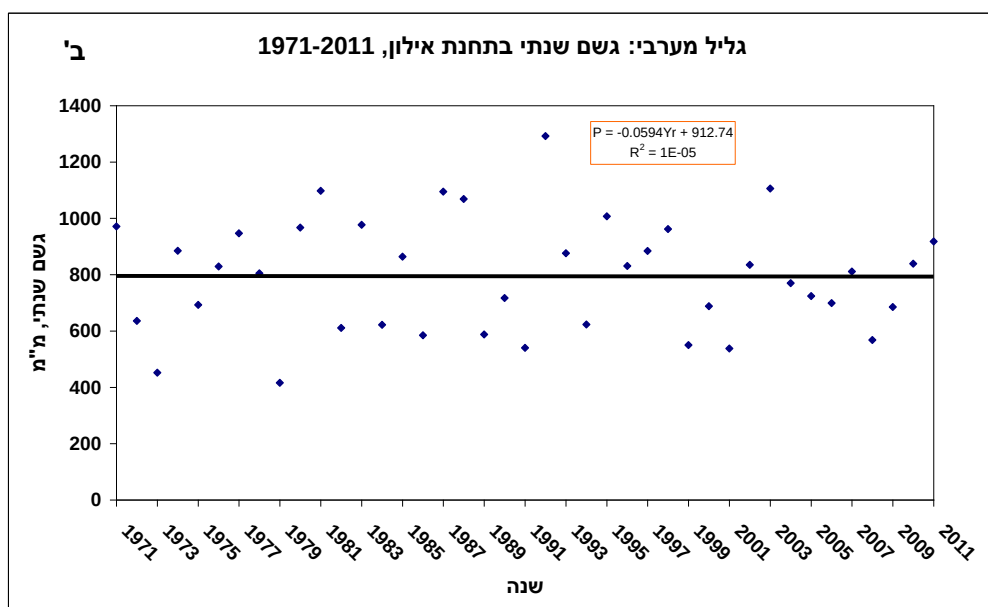
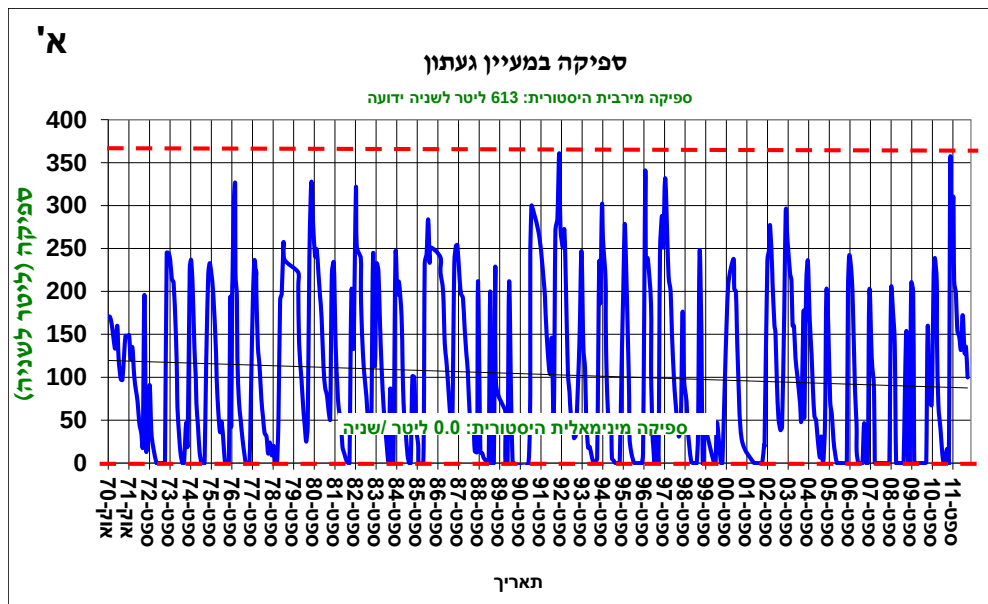


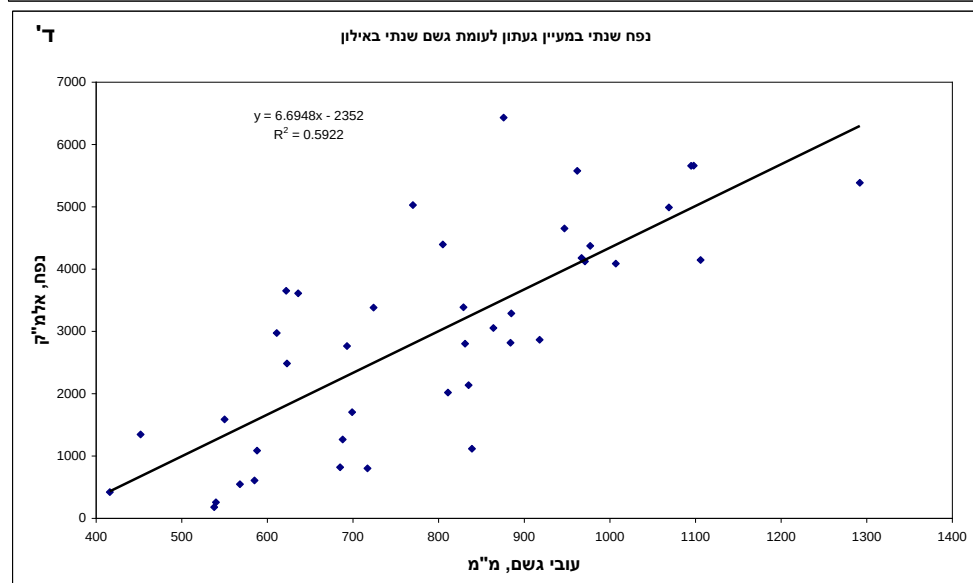
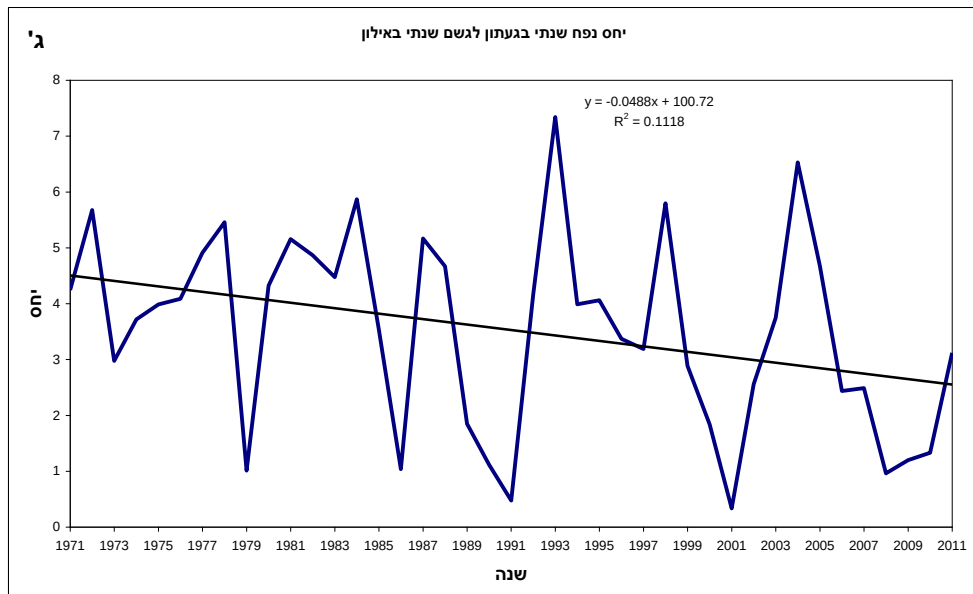
תרשים 7-א-ד': מהלך הספיקה במעיין טמיר (א'), גשם שנתי באילון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד')



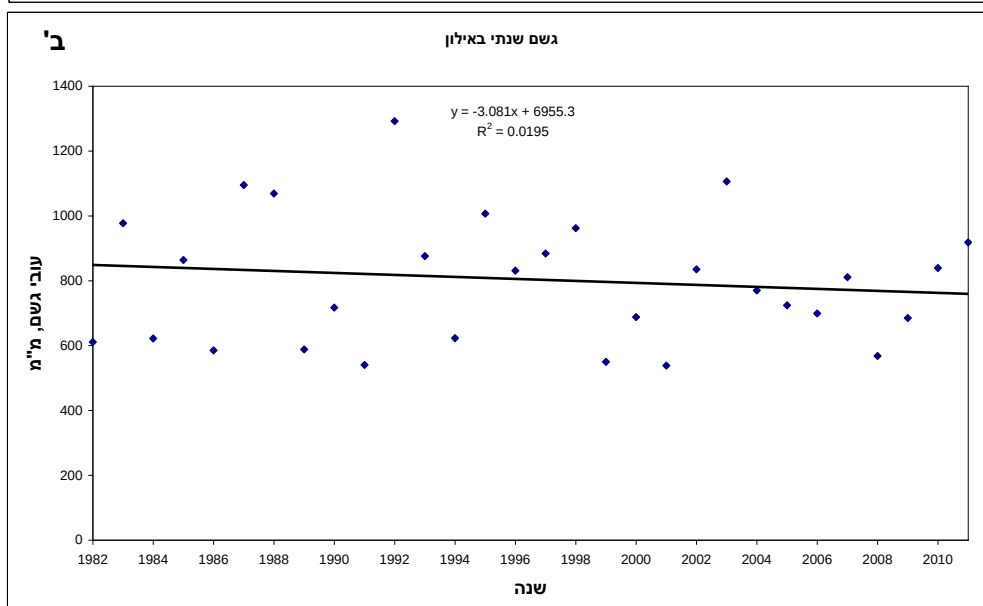
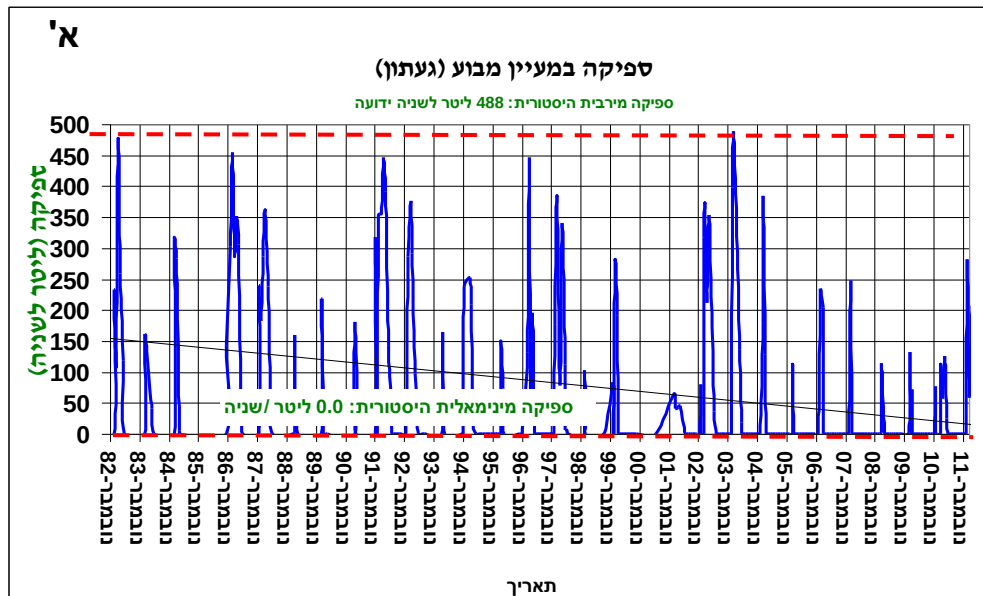


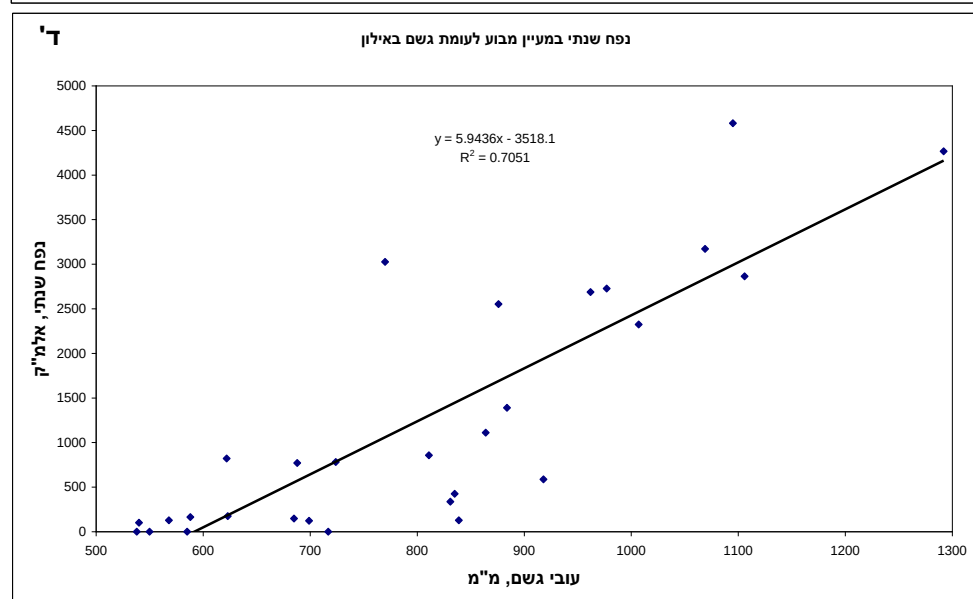
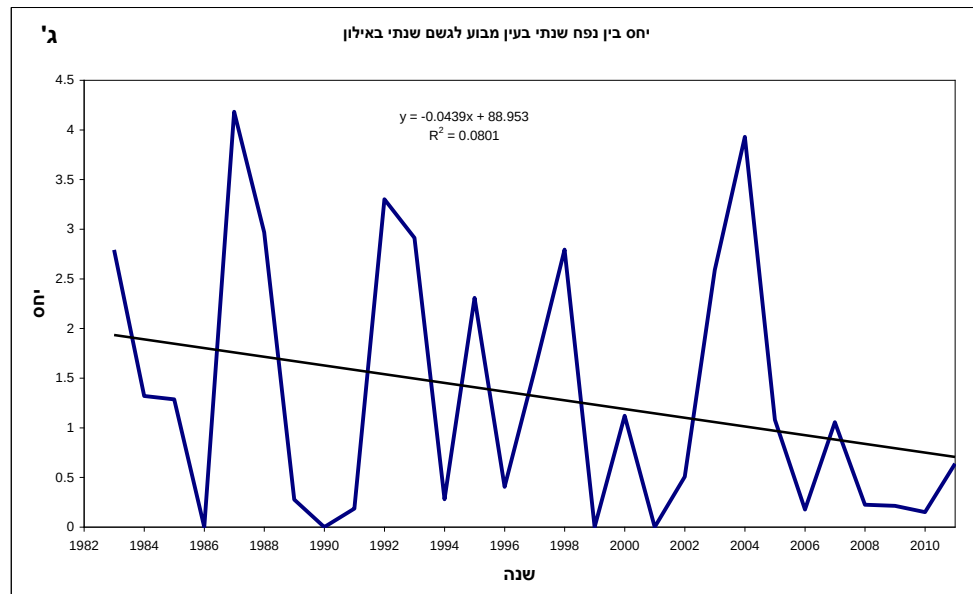
תרשים 8-א-ד': מהלך הספיקה במעיין חרדלית (א'), גשם שנתי באילון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד')



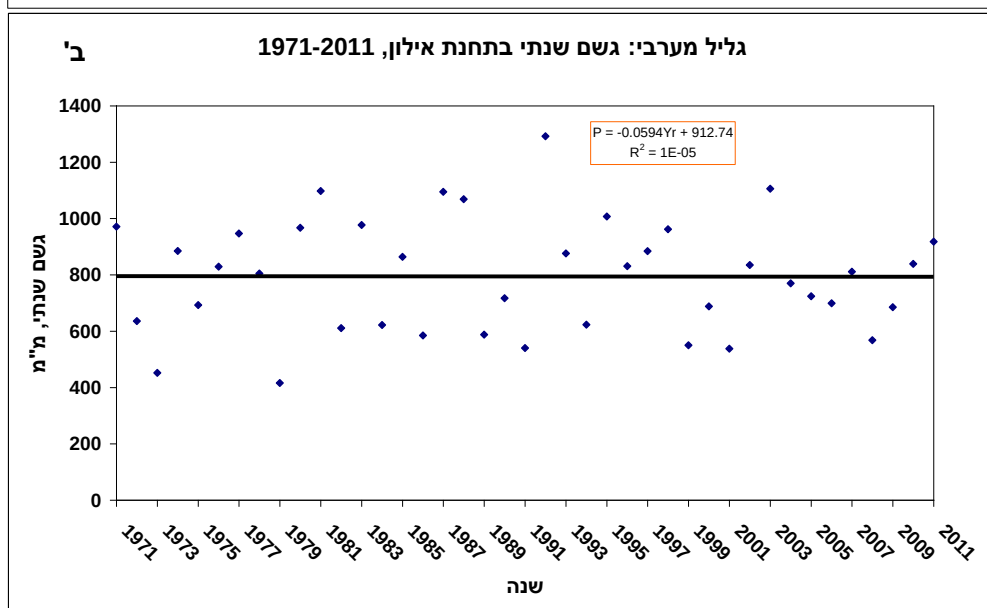
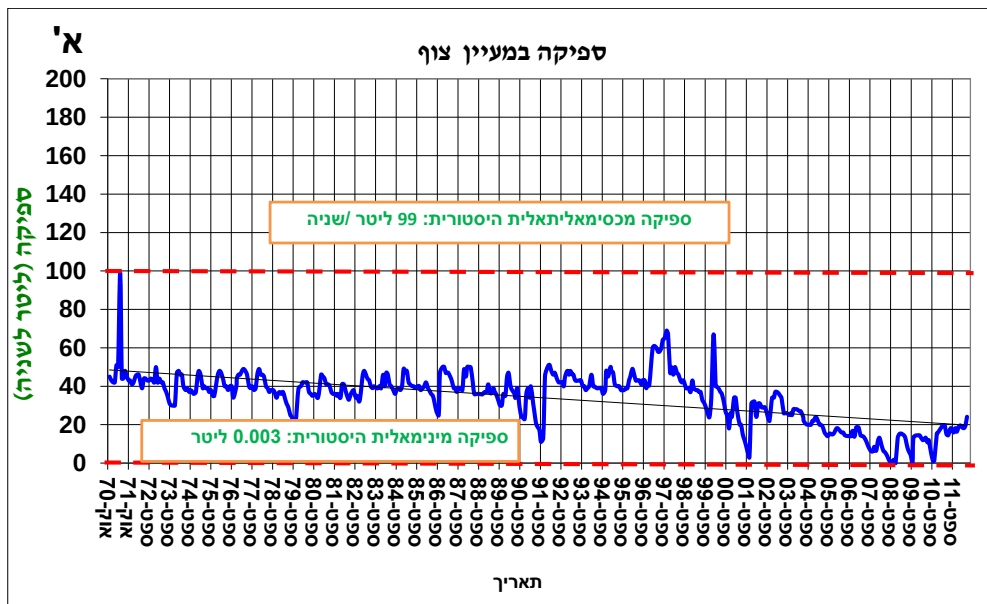


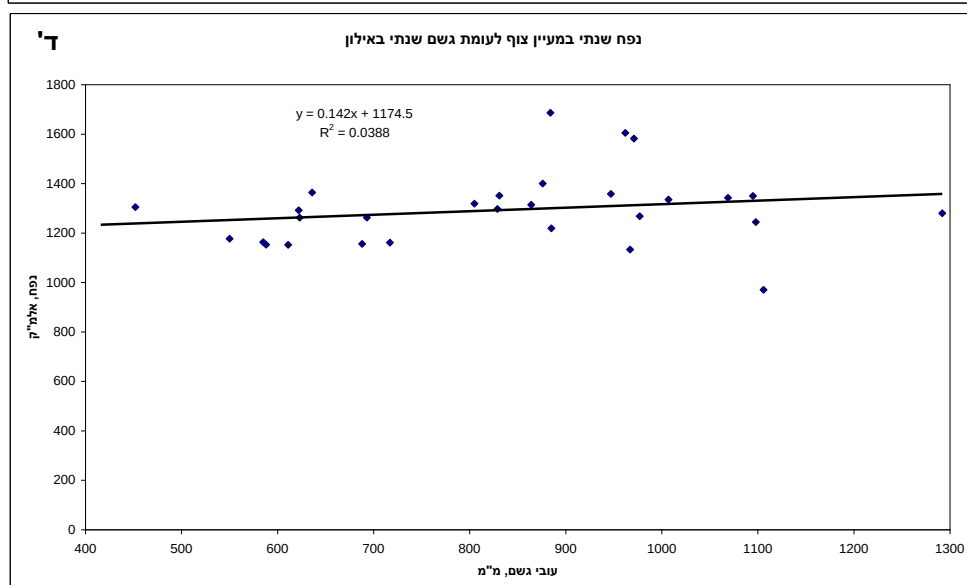
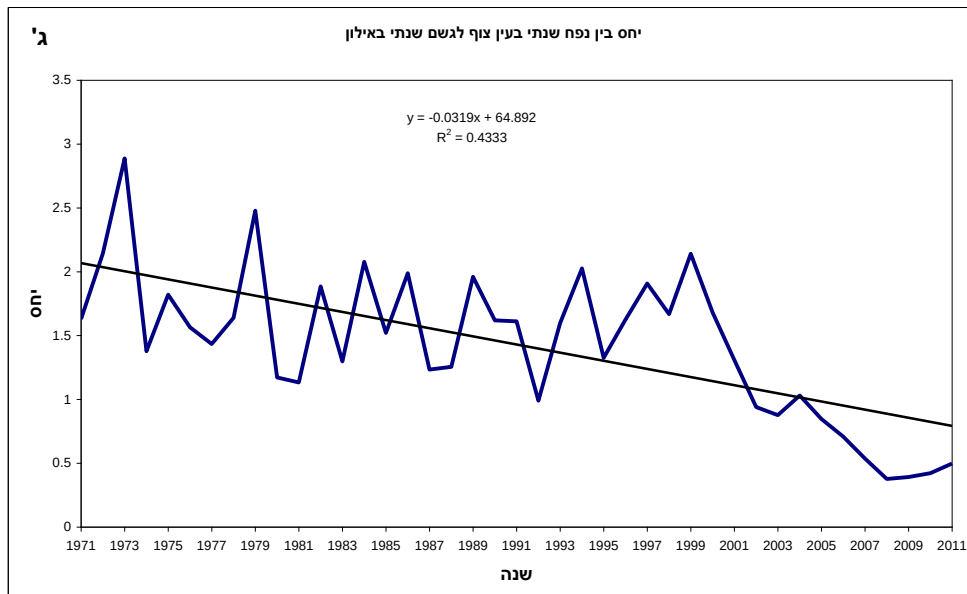
תרשים 9א- ד': מהלך הספיקה במעיין געתון (א'), גשם שנתי באילון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס שפיעה גשם (ד')



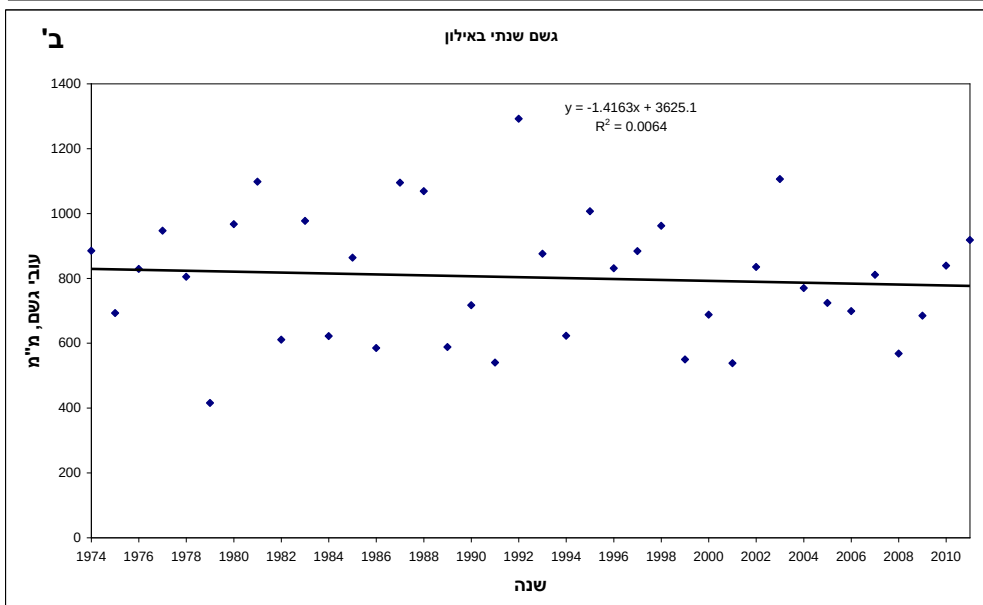
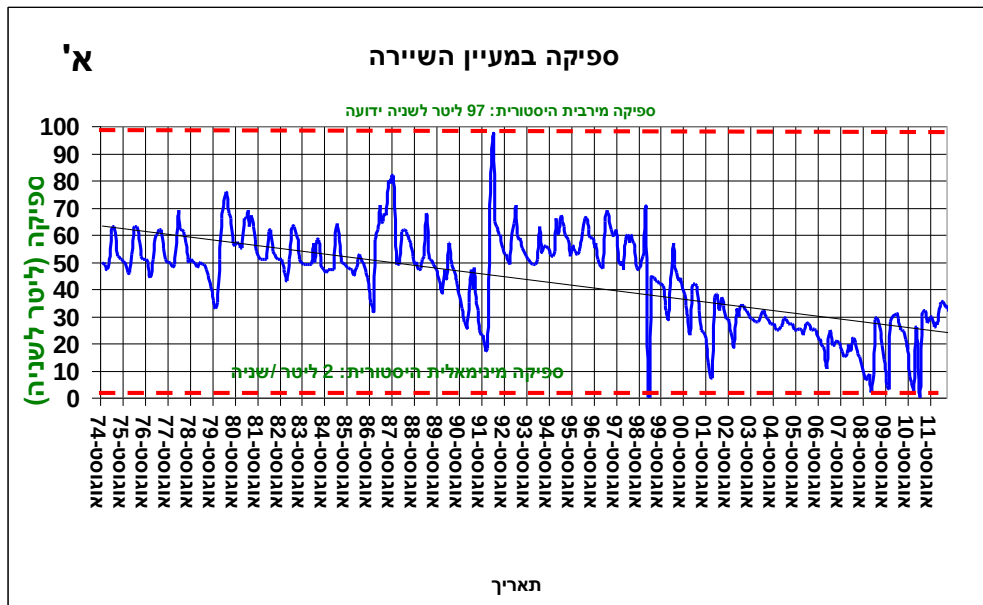


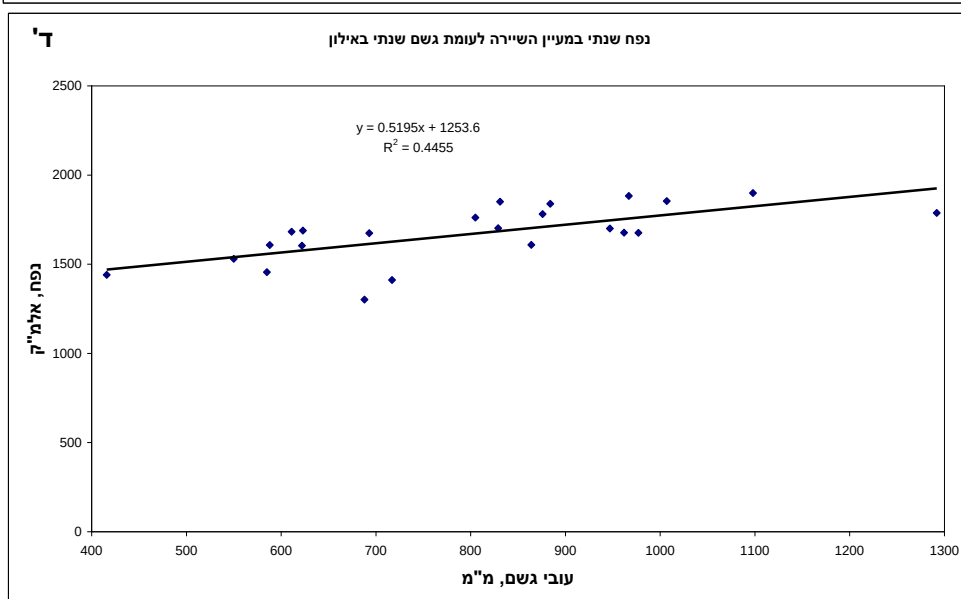
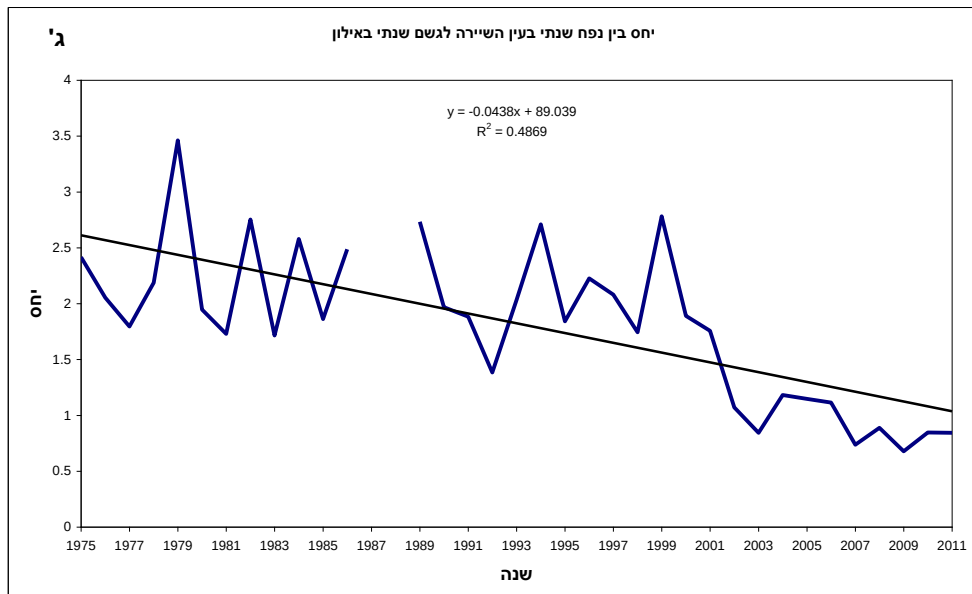
תרשים 10א- ד': מהלך הספיקה במעיין מבוע (געתון) (א'), גשם שנתי באילון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



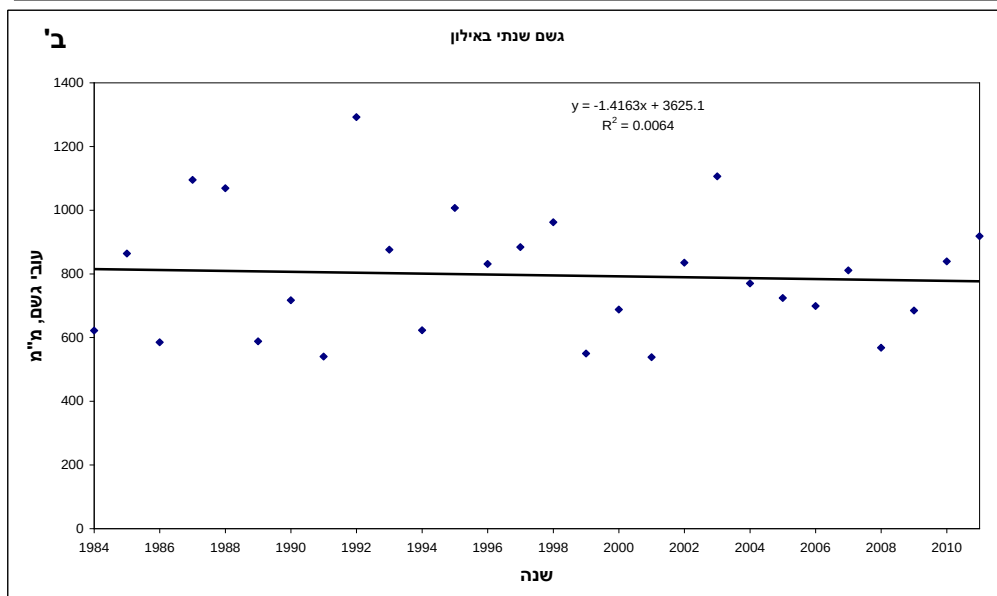
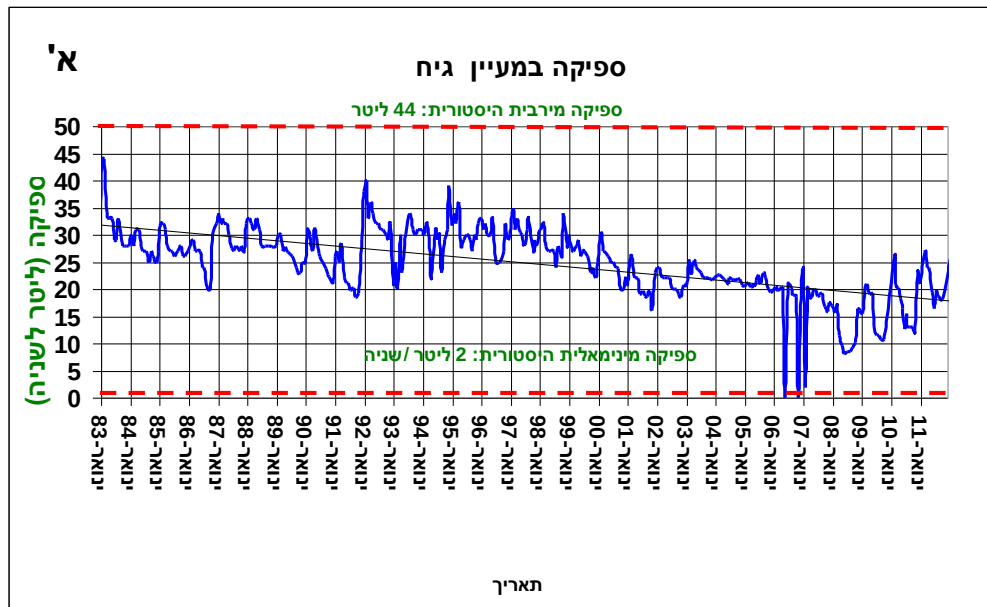


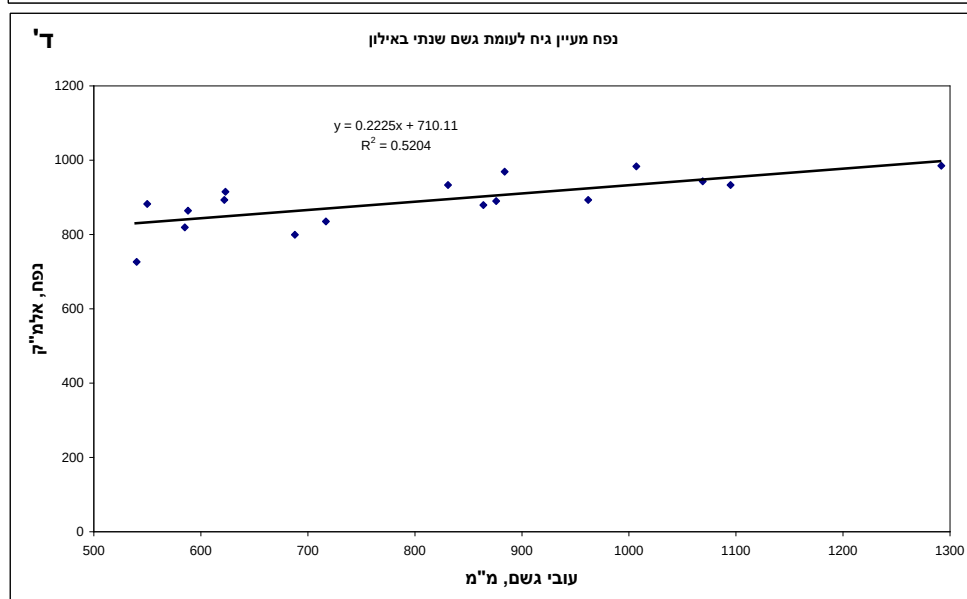
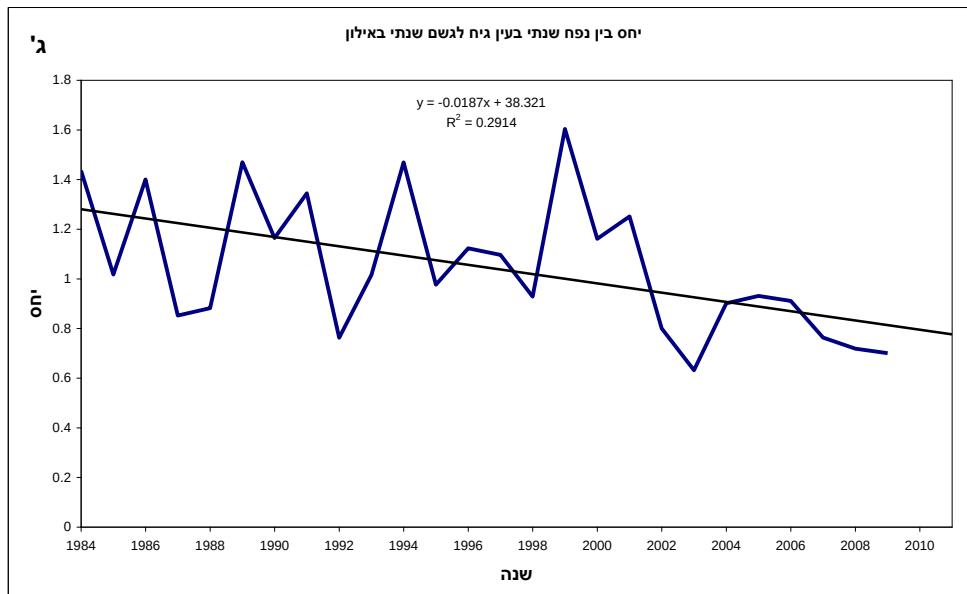
תרשים 11א- ד': מהלך הספיקה במעיין צוף (כברי) (א'), גשם שנתי באילון (ב') המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



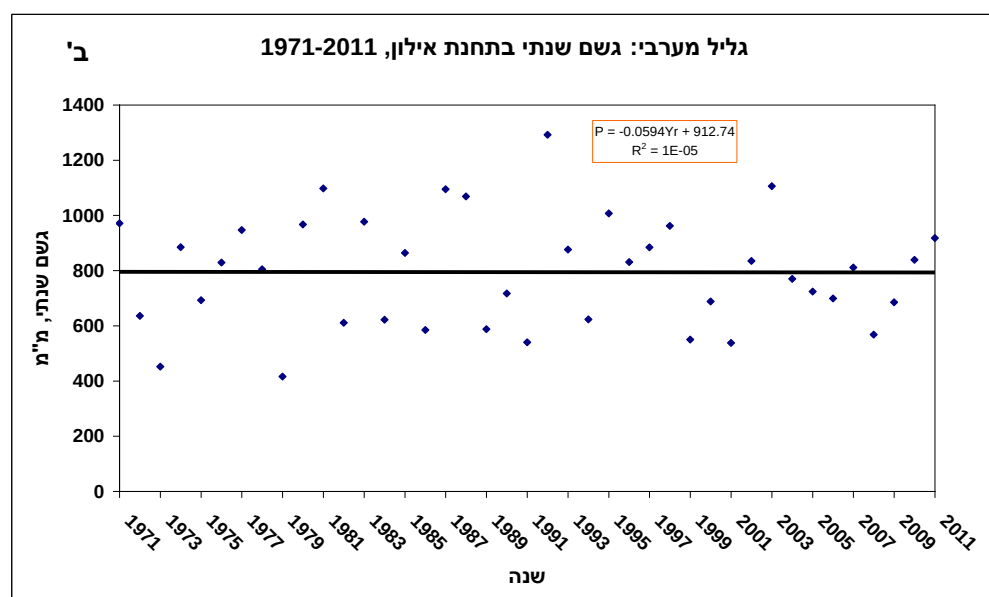
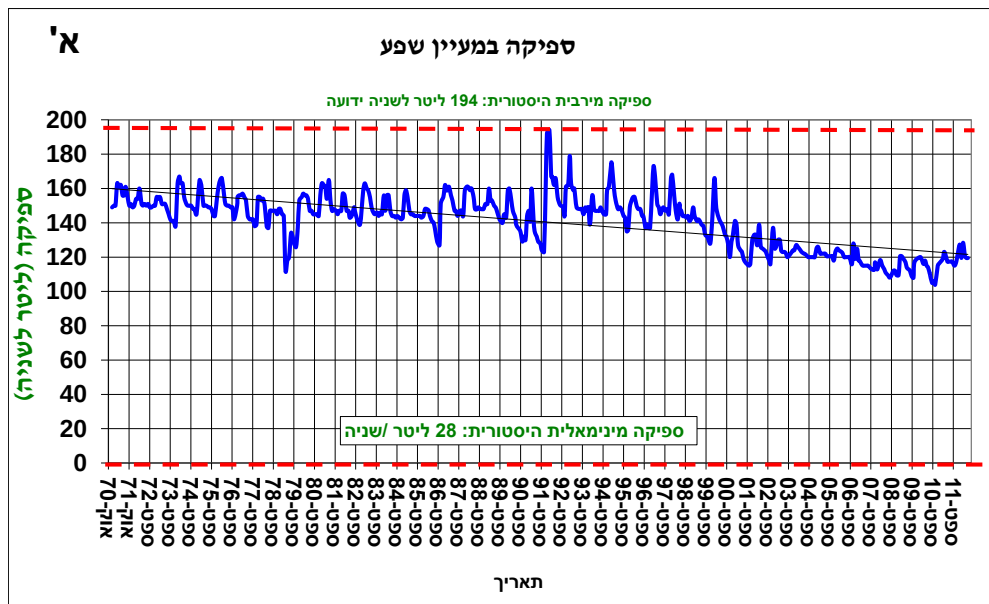


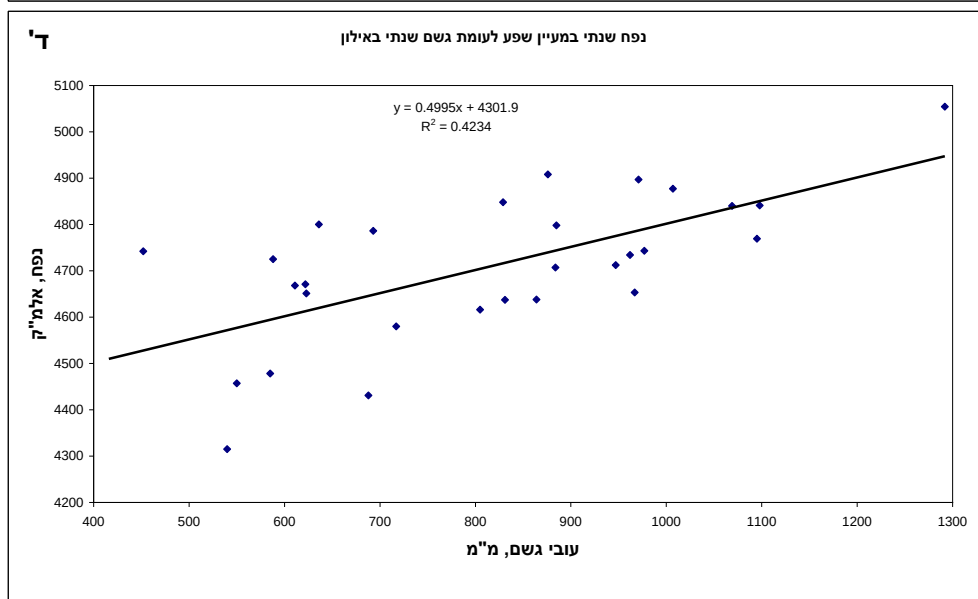
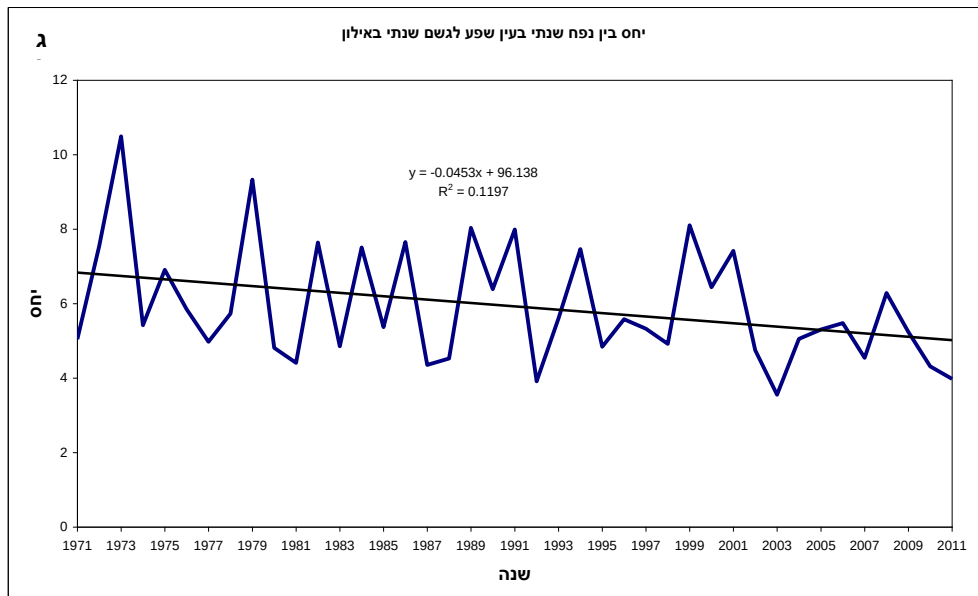
תרשים 12א- ד': מהלך הספיקה במעיין השיירה (כברי) (א'), גשם שנתי באילון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



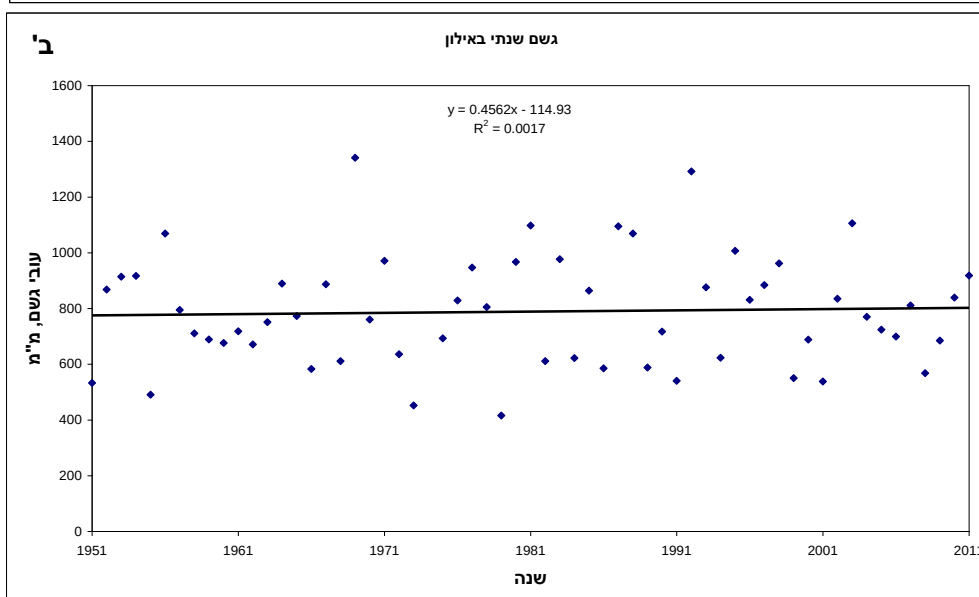
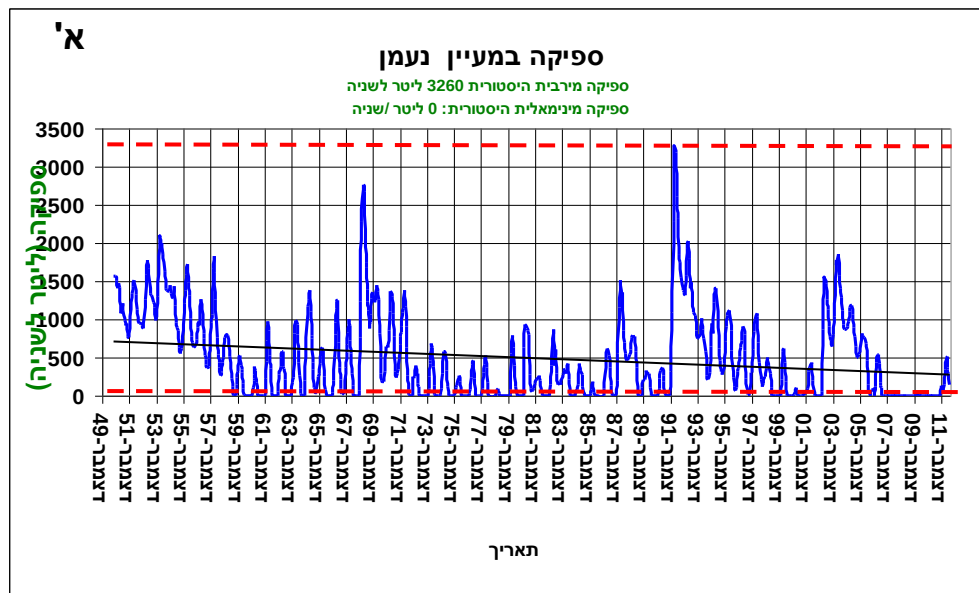


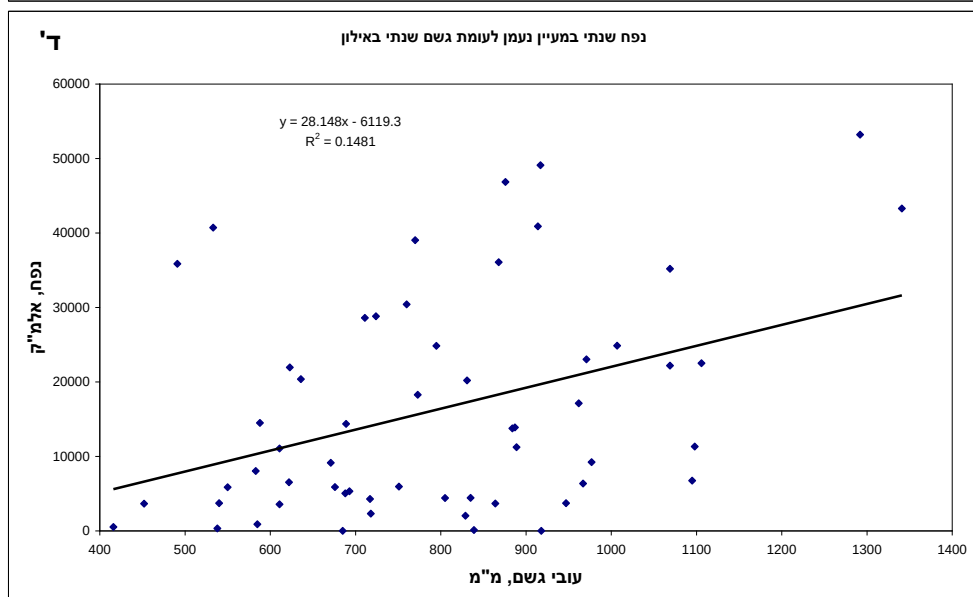
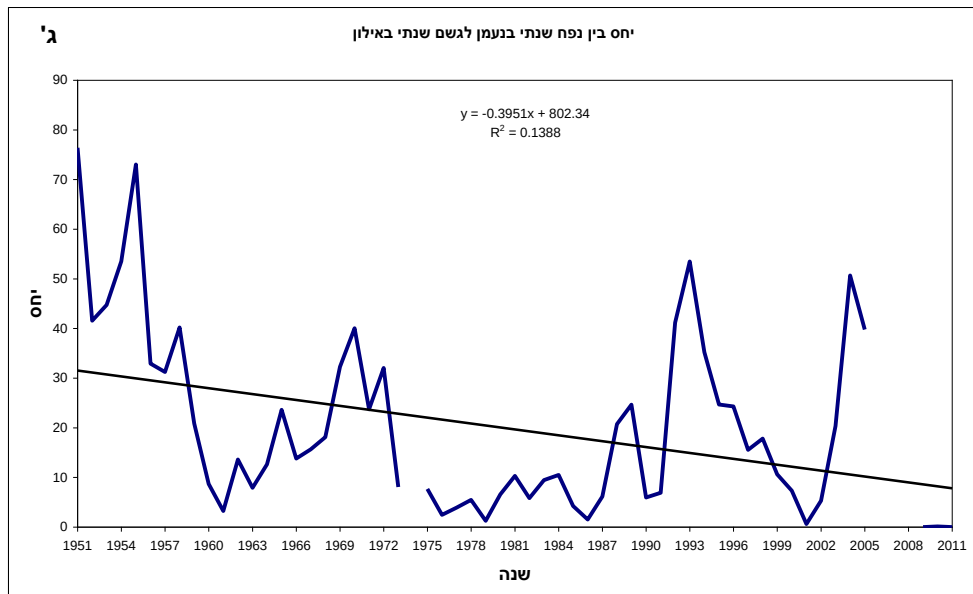
תרשים 13א-ד': מהלך הספיקה במעיין גיח (כברי) (א'), גשם שנתי באילון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



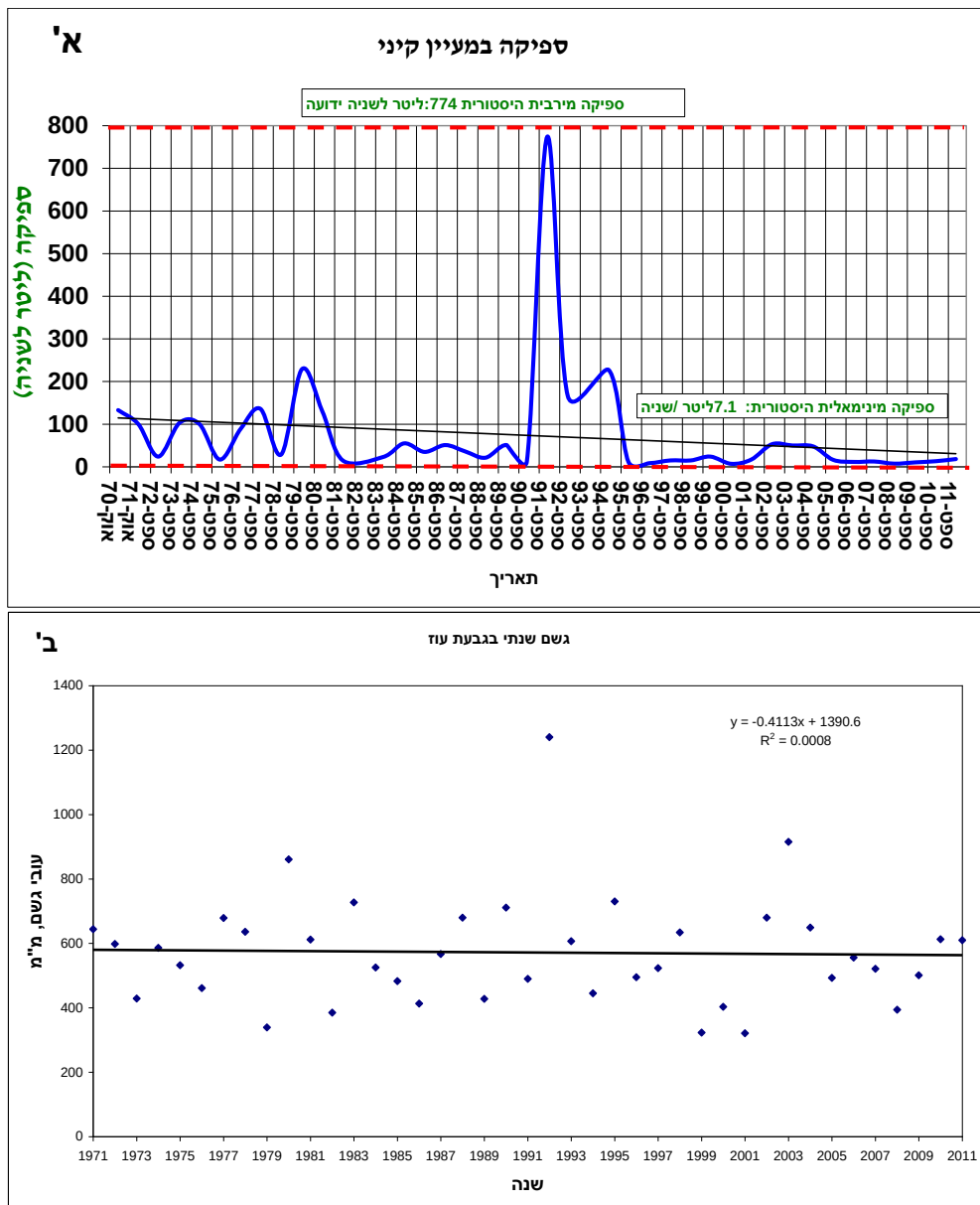


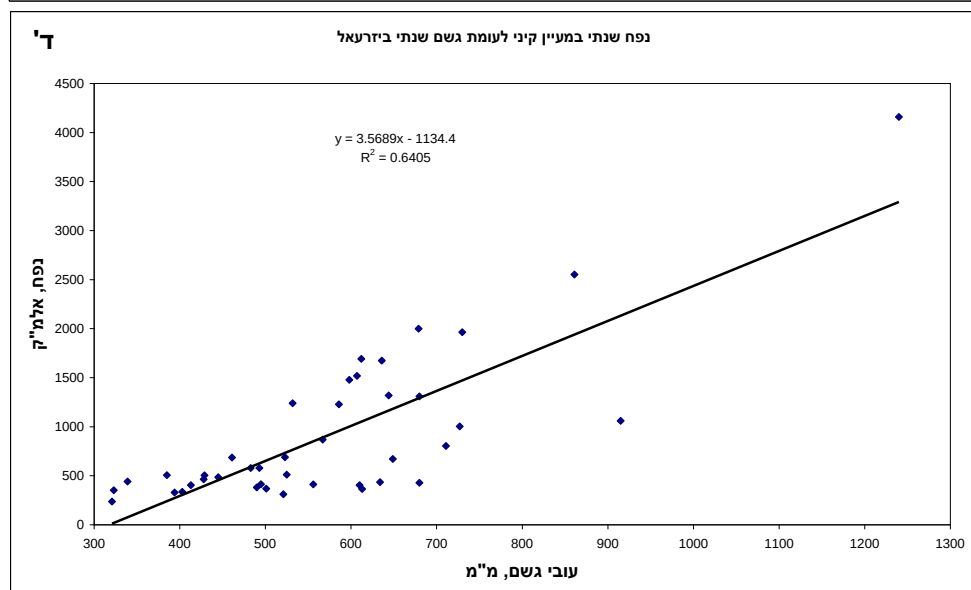
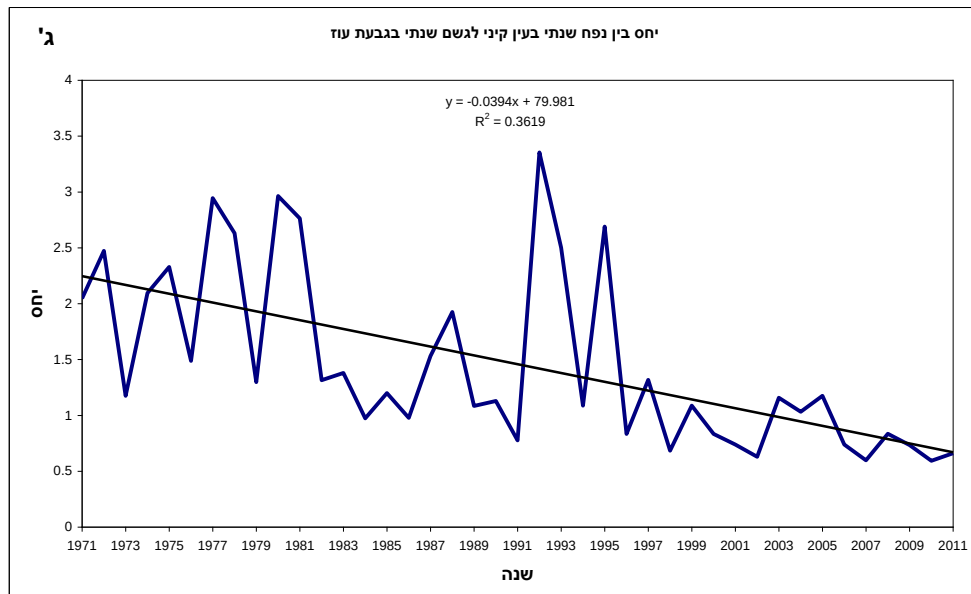
תרשים 14א- ד': מהלך הספיקה במעיין שפע (כברי) (א'), גשם שנתי באילון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



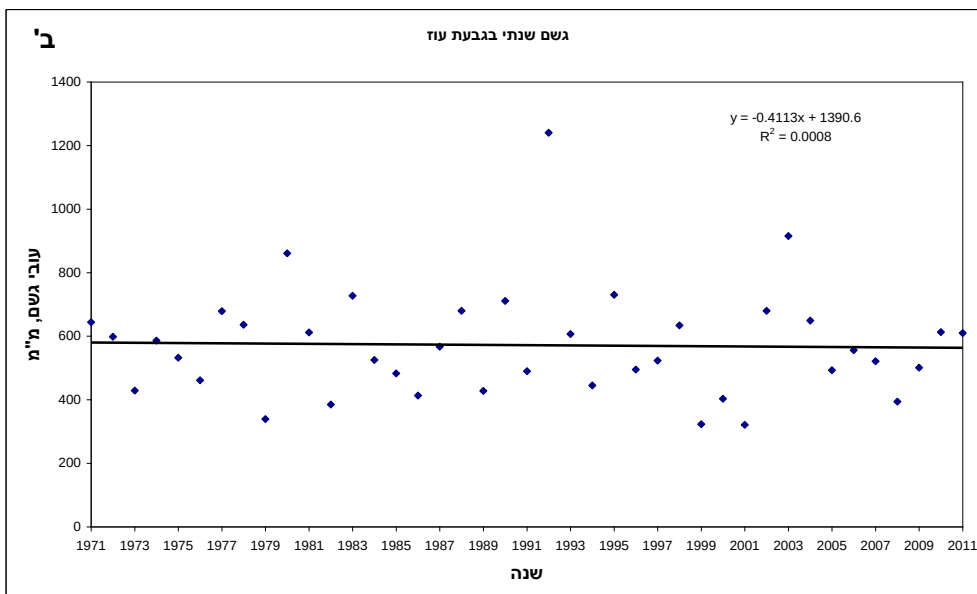
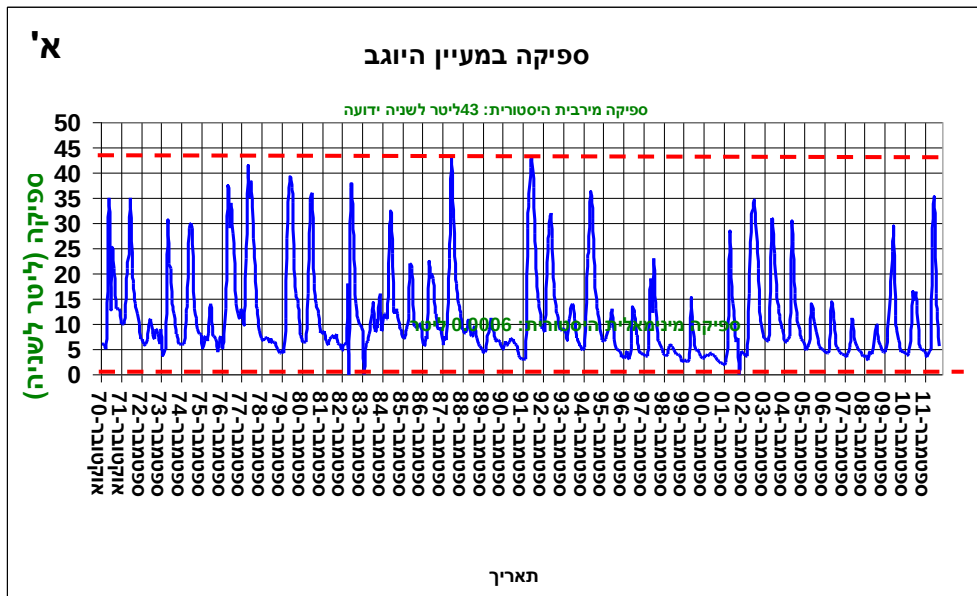


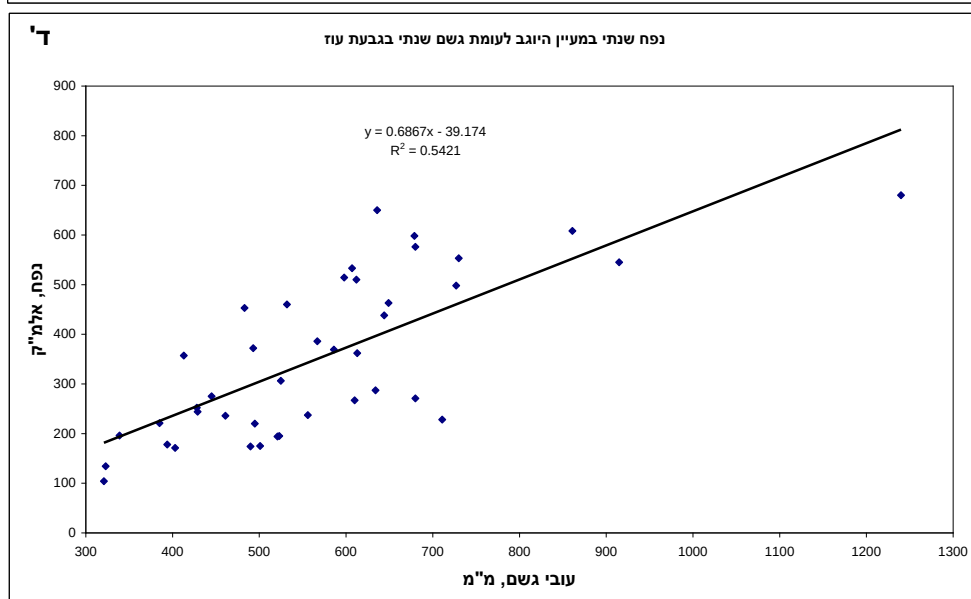
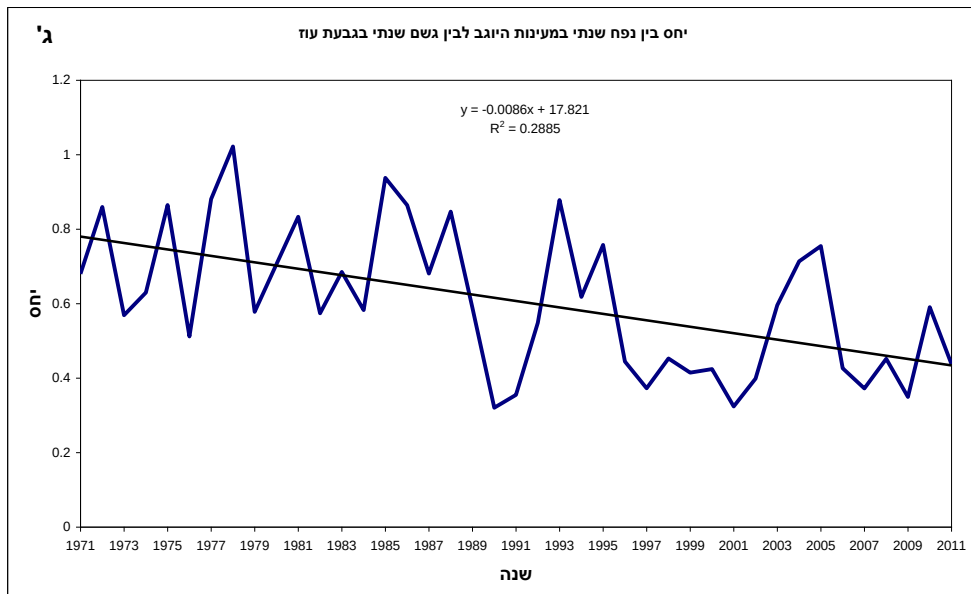
תרשים 15א-ד': מהלך הספיקה במעיין נעמן (א'), גשם שנתי באילון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



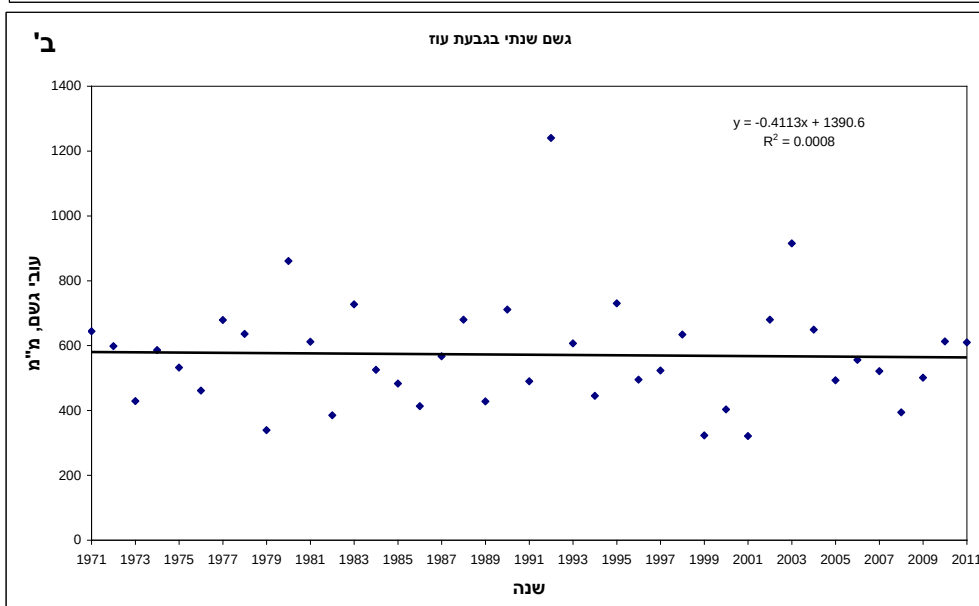
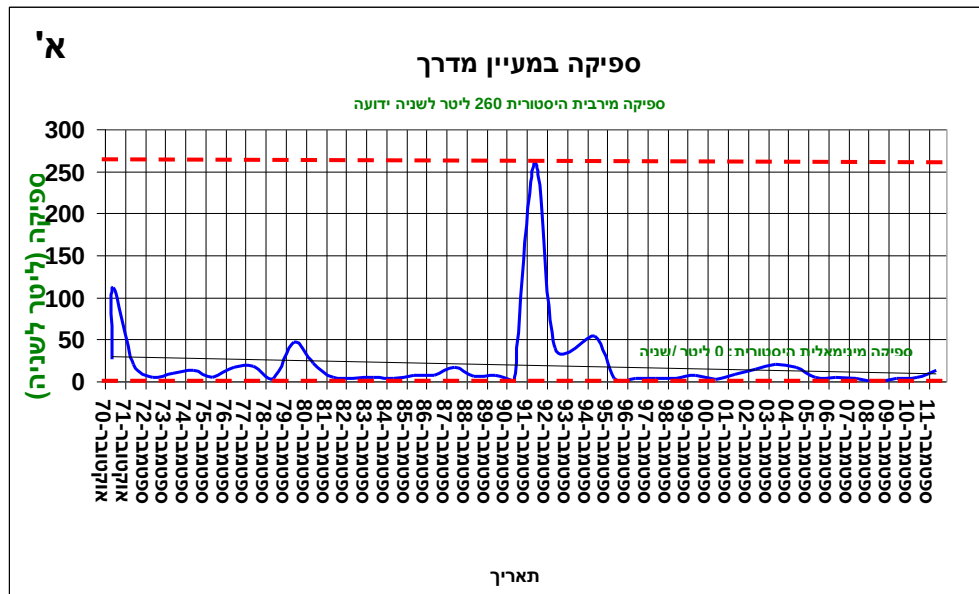


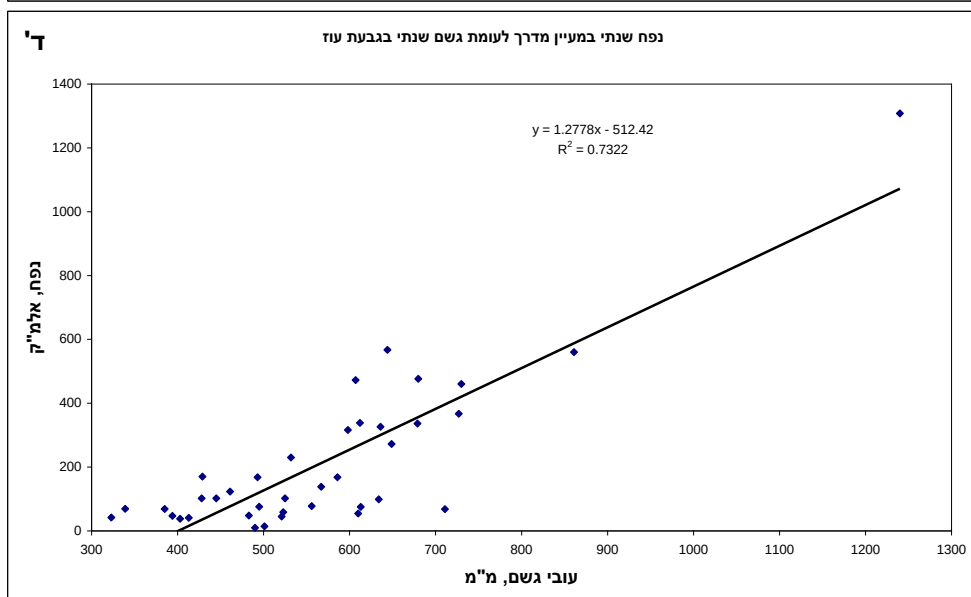
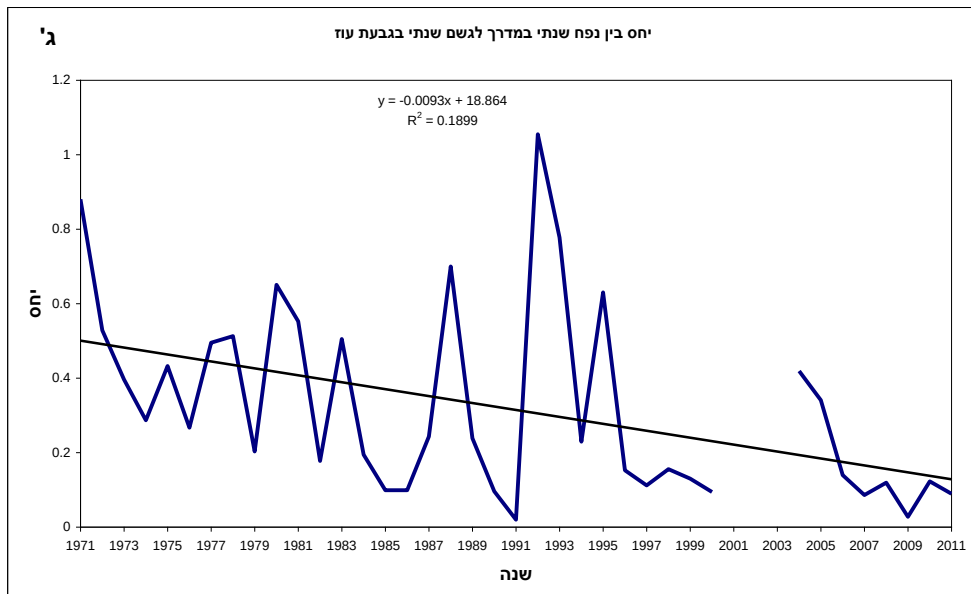
תרשים 16-א-ד': מהלך הספיקה במעיין קיני (א'), גשם שנתי בגבעת עוז (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



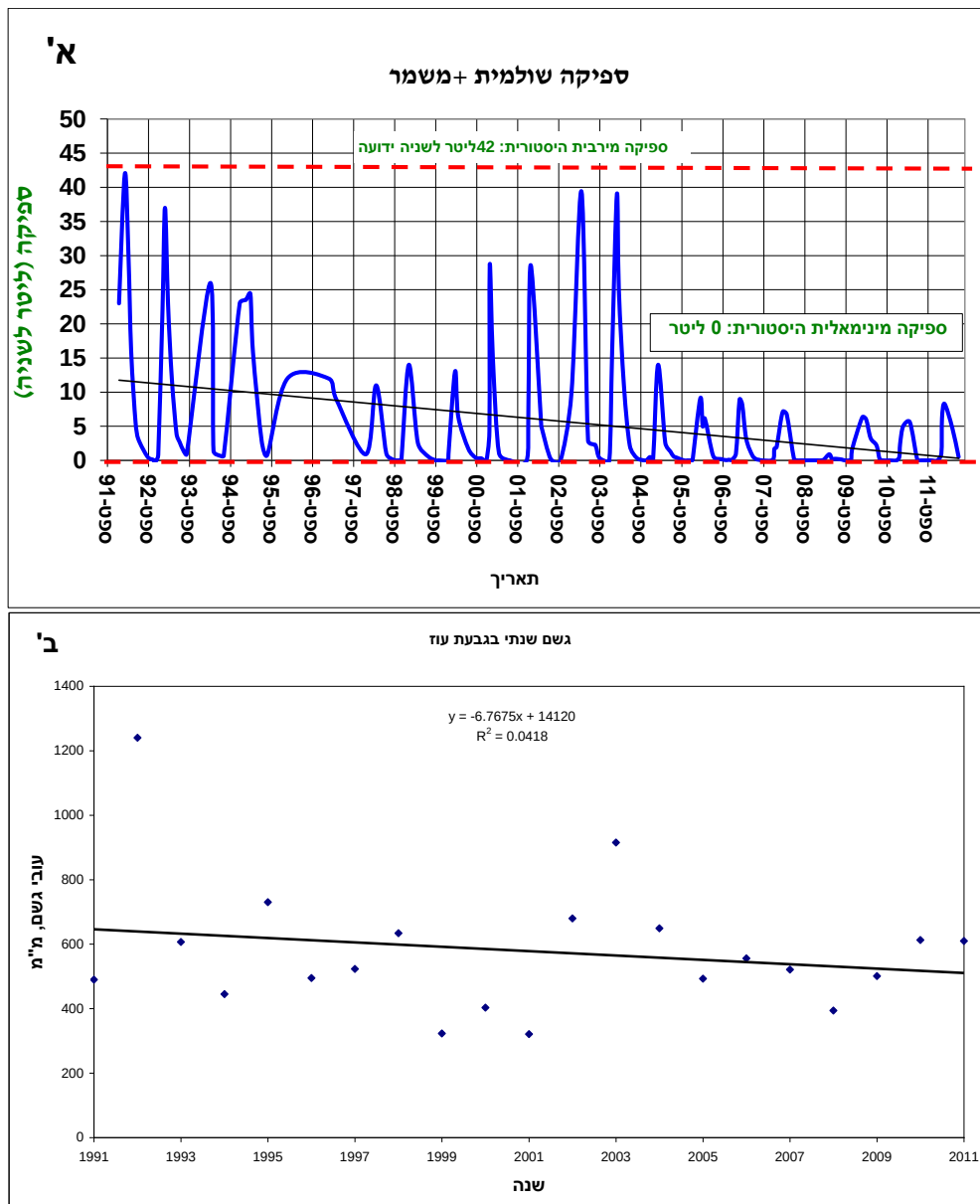


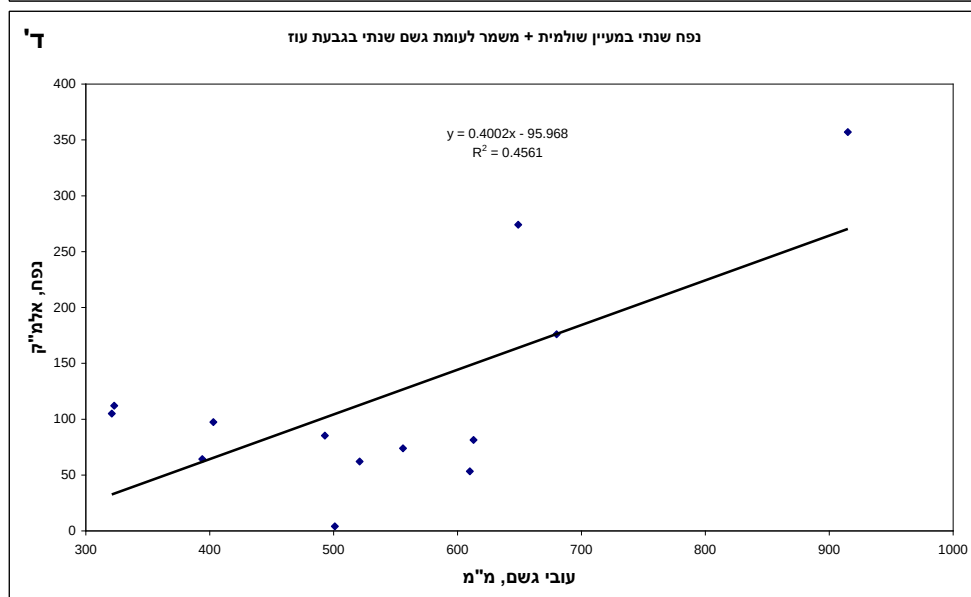
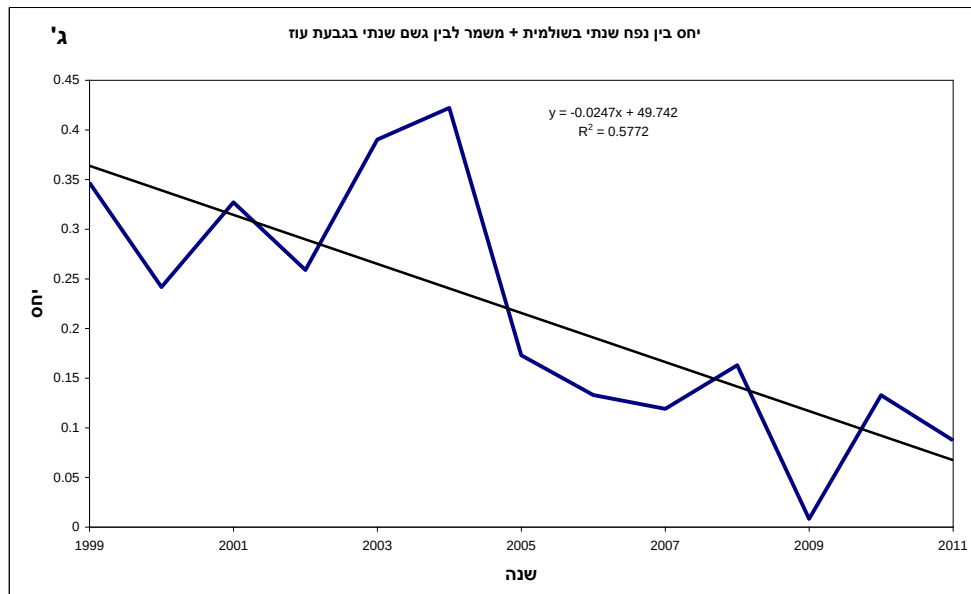
תרשים 17א-ד': מהלך הספיקה במעיין היוגב (א'), גשם שנתי בגבעת עוז (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



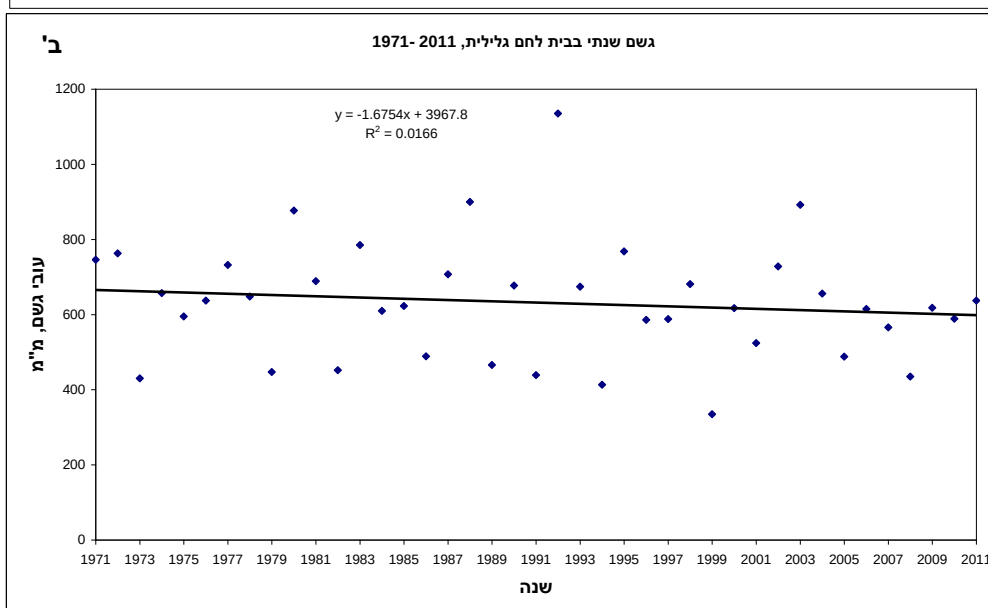
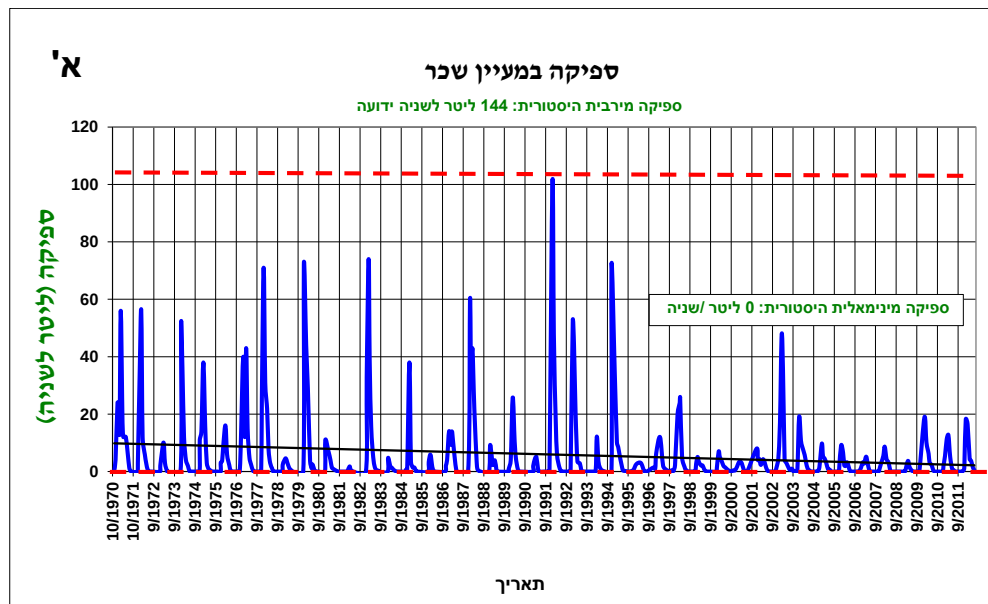


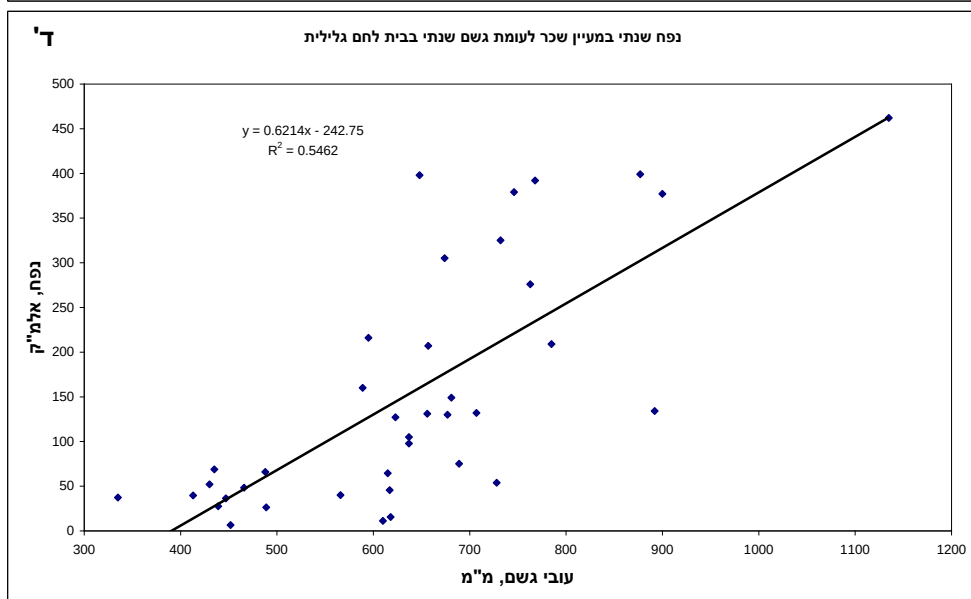
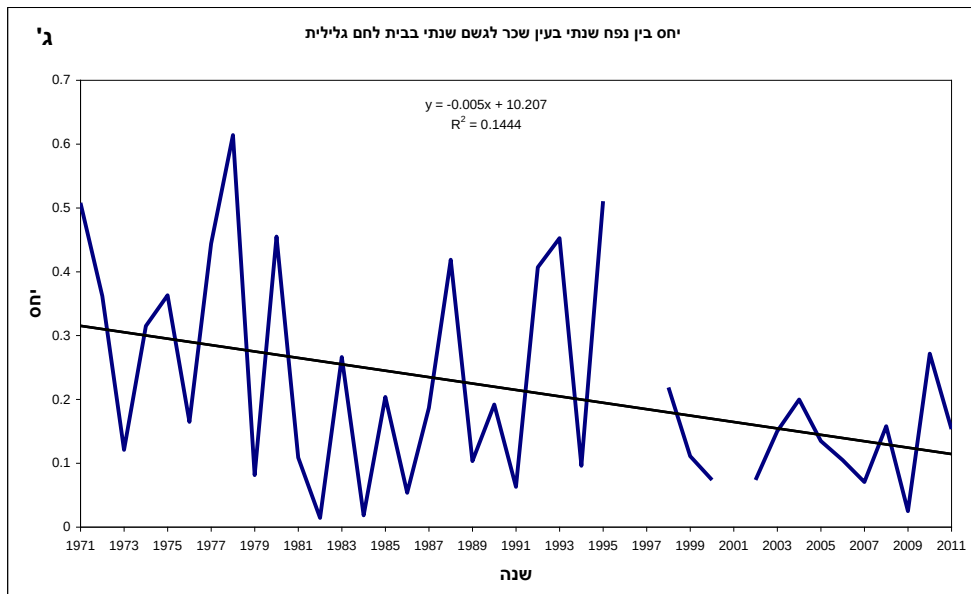
תרשים 18-א-ד': מהלך הספיקה במעיין מדרך (א'), גשם שנתי בגבעת עוז (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



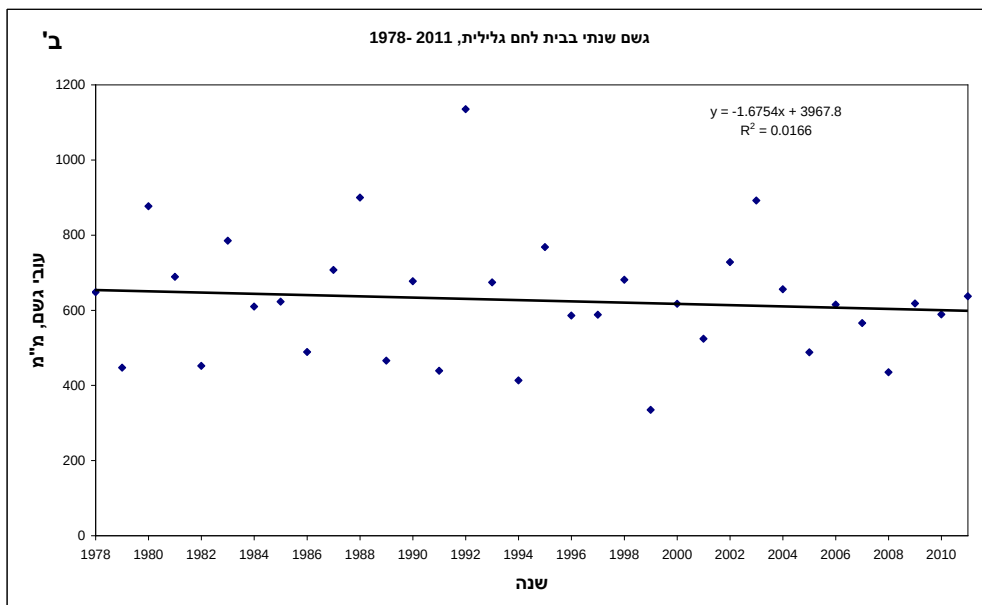
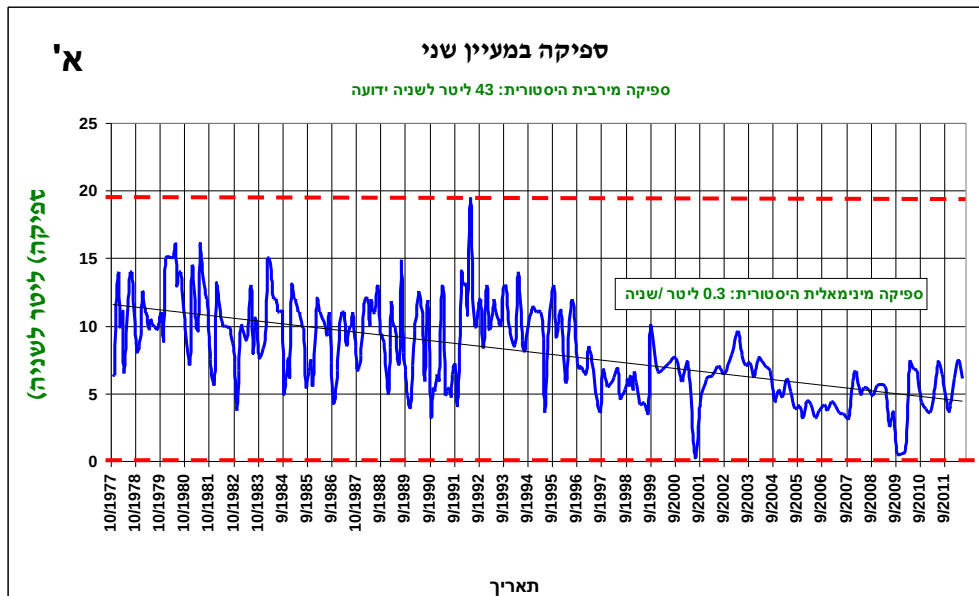


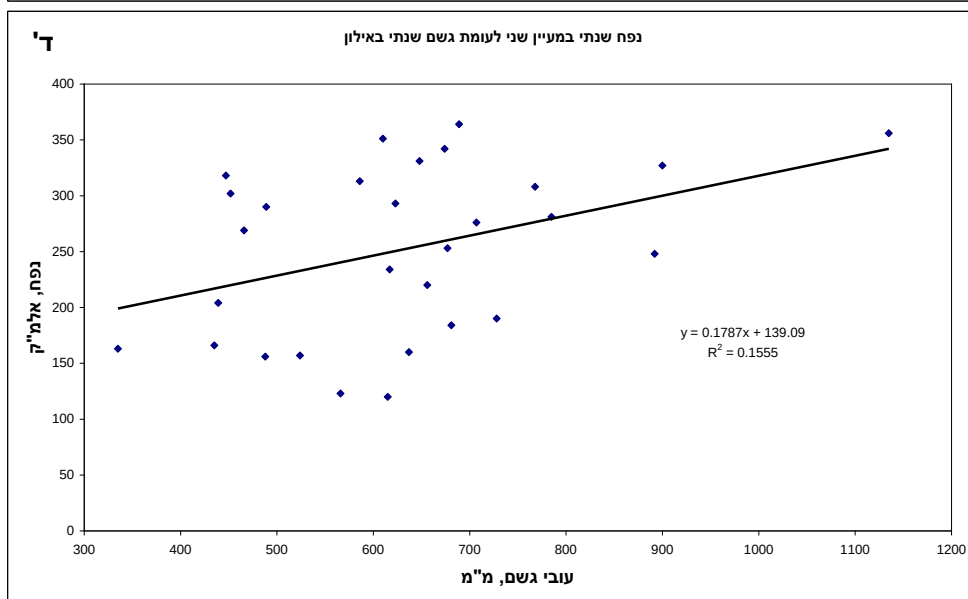
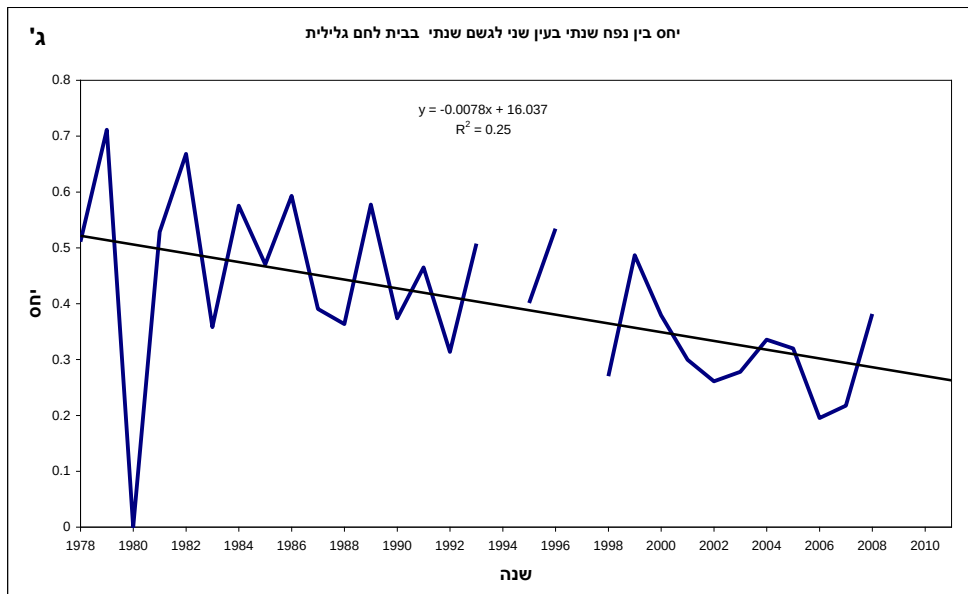
תרשים 19א-ד': מהלך הספיקה במעיין שולמית + משמר (א'), גשם שנתי בגבעת עוז (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



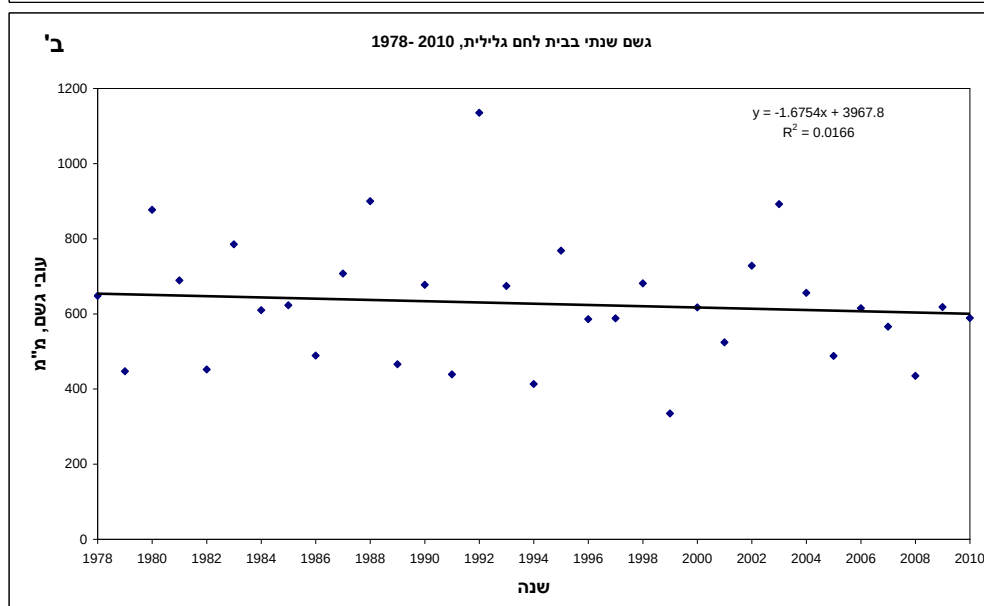
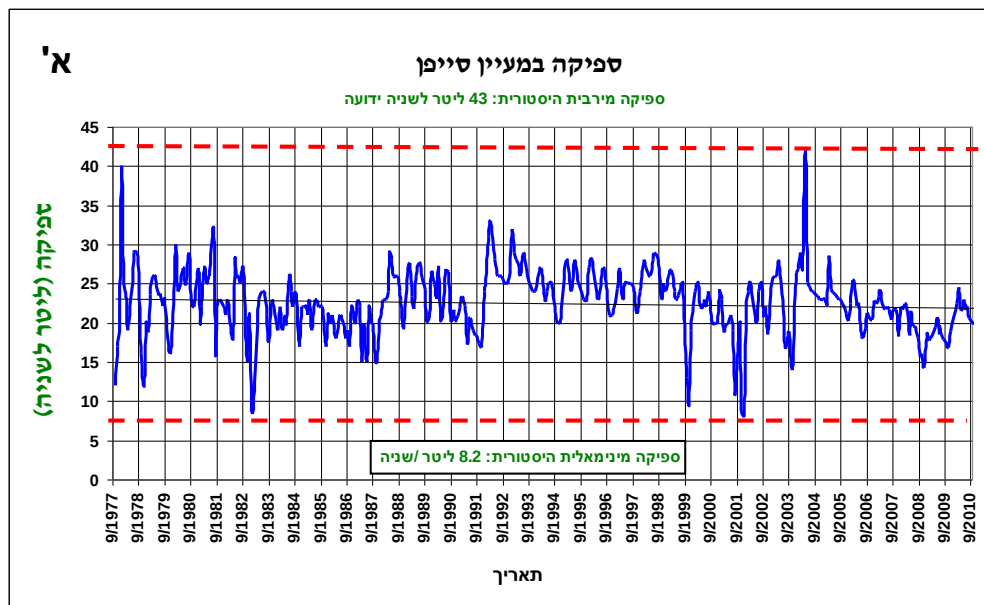


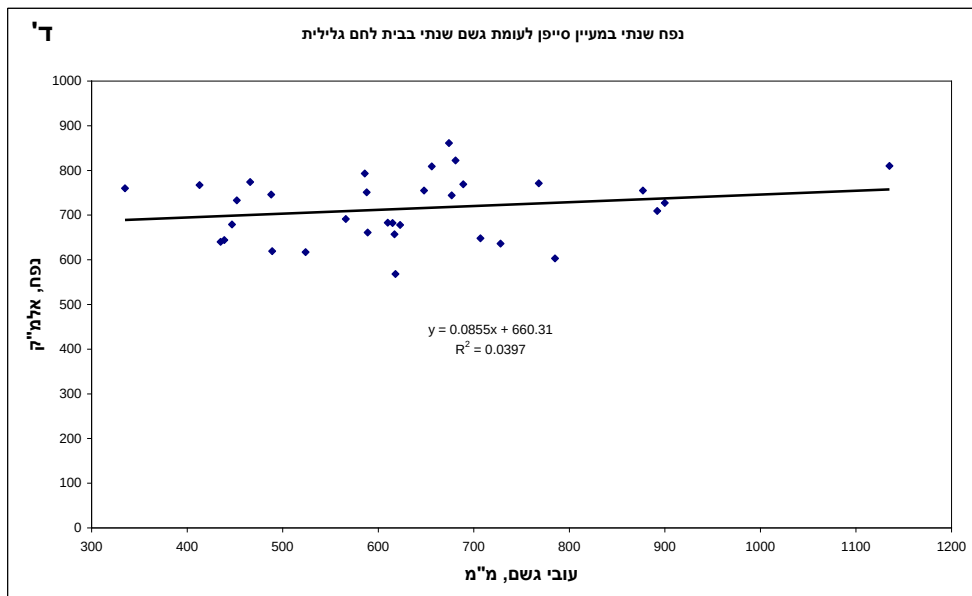
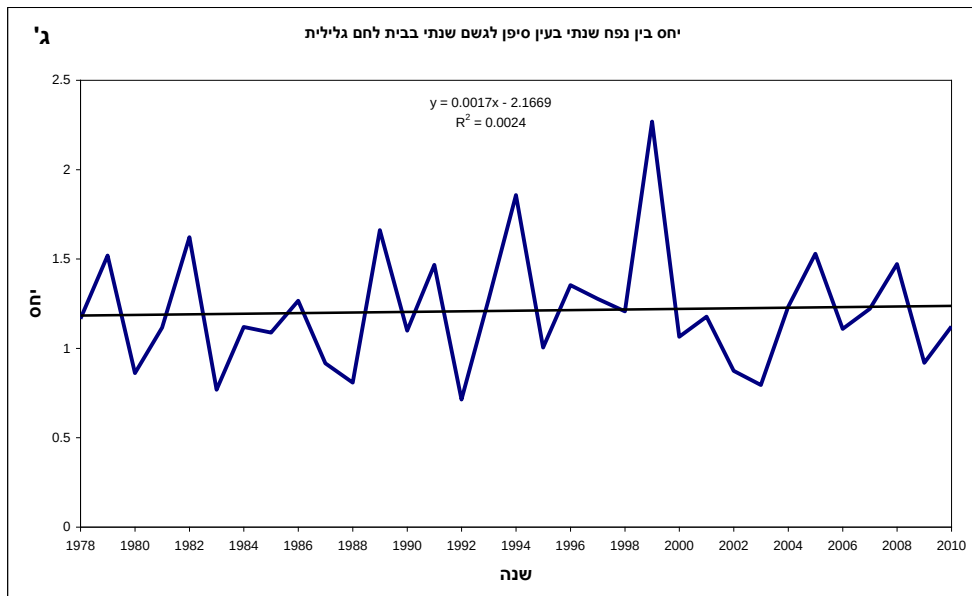
תרשים 20א- ד': מהלך הספיקה במעיין שחר (א'), גשם שנתי בבית לחם גלילית (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



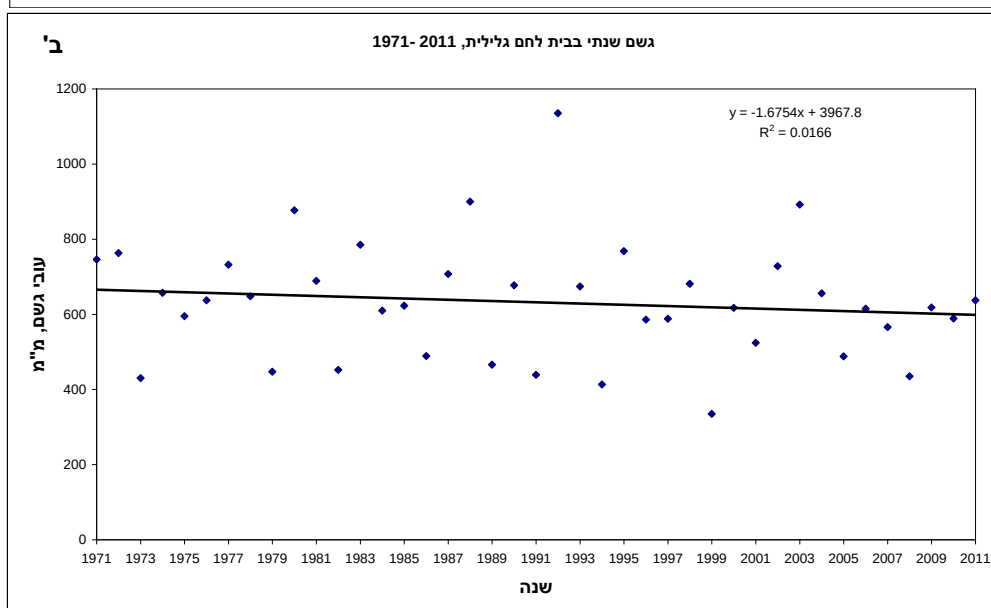
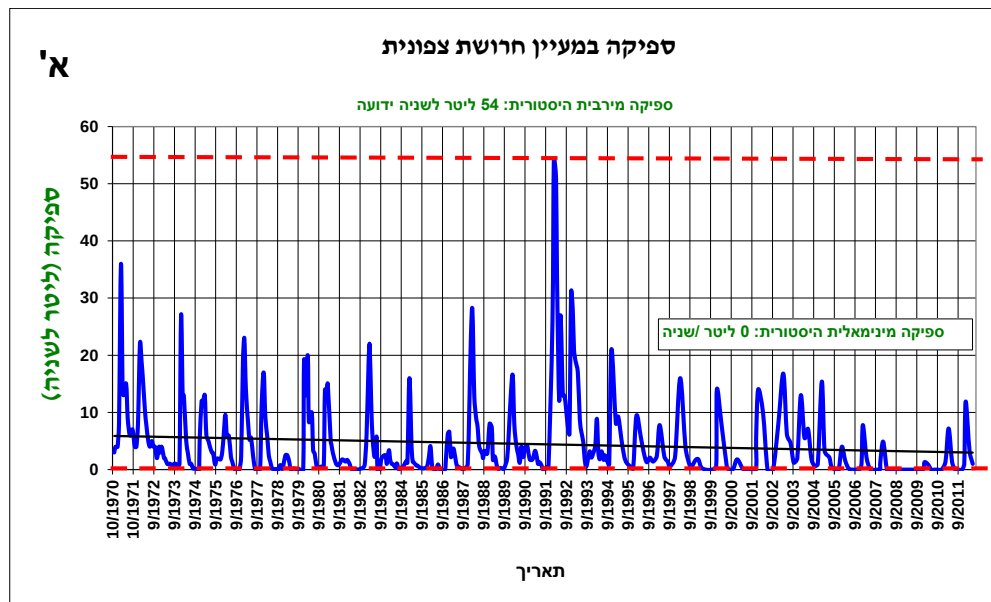


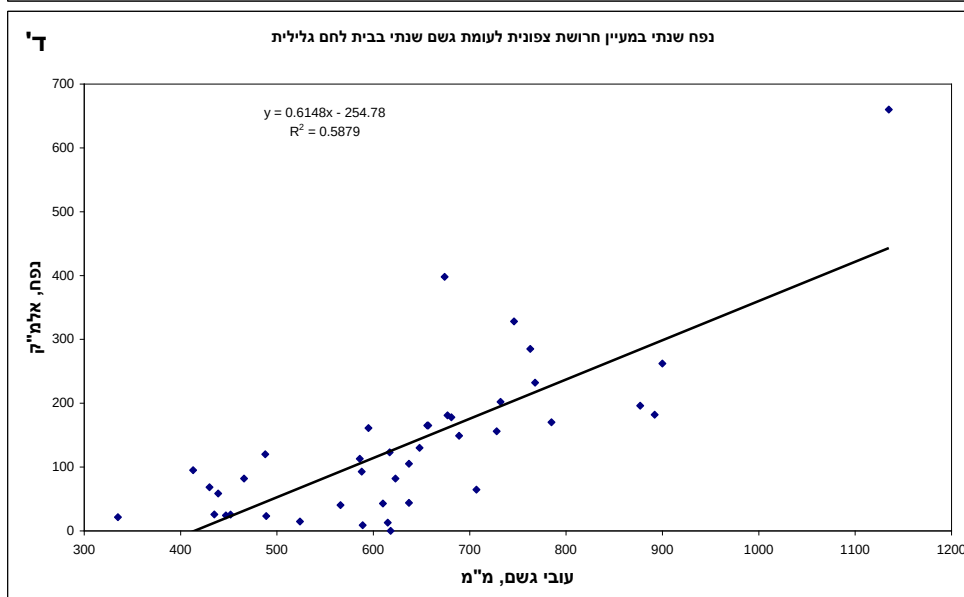
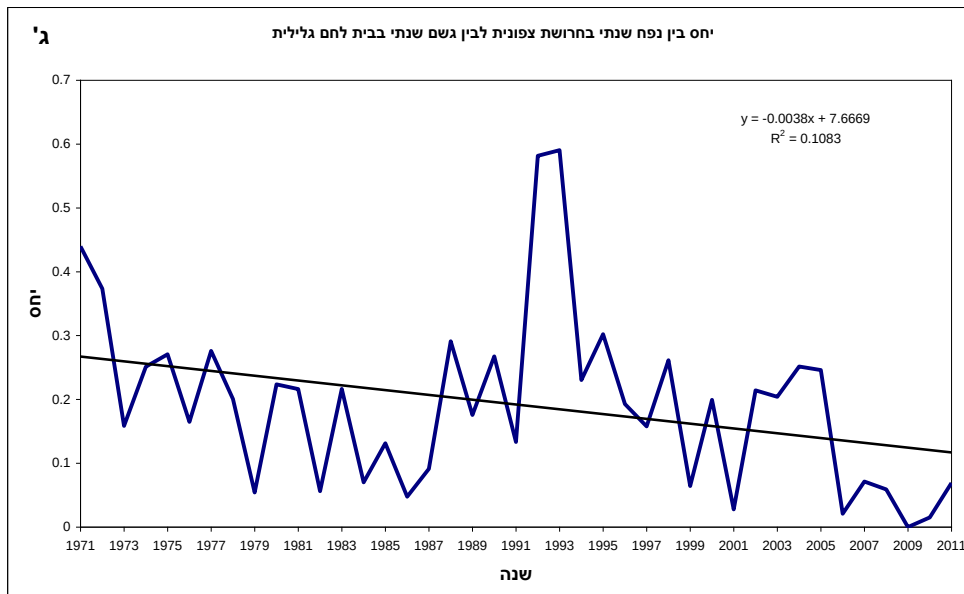
תרשים 21א-ד': מהלך הספיקה במעיין שני (א'), גשם שנתי בבית לחם גלילית (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



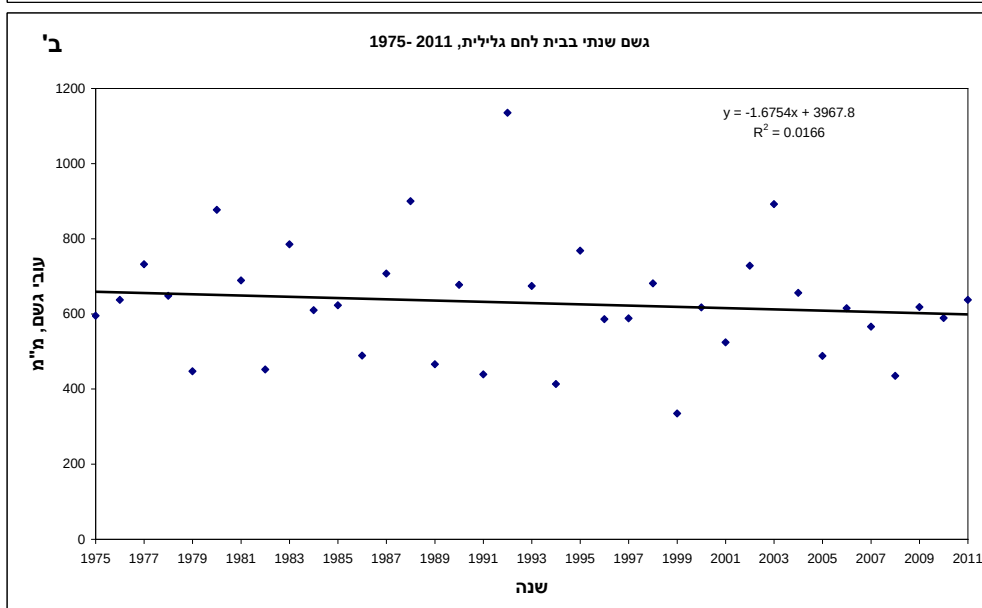
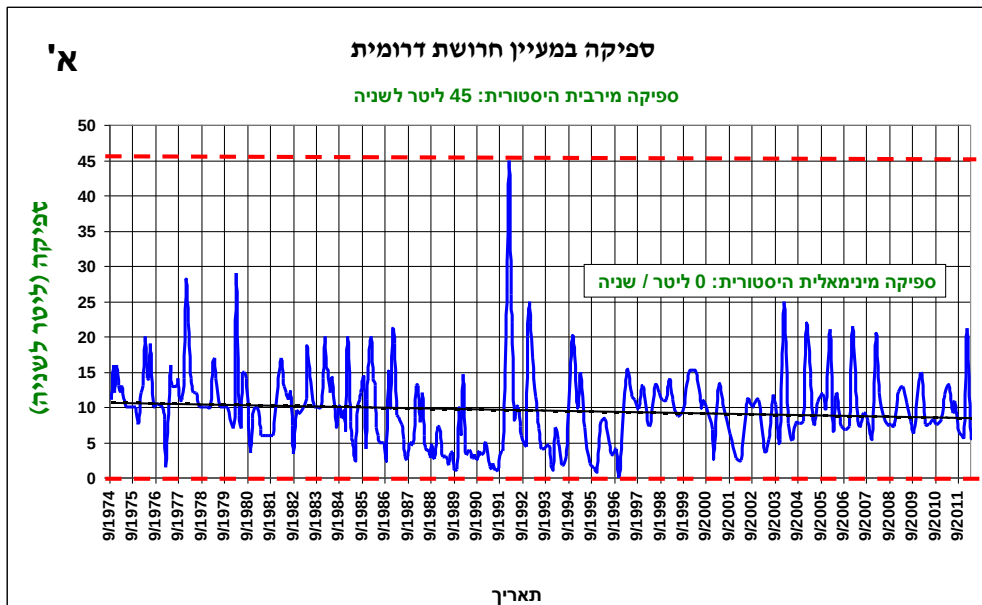


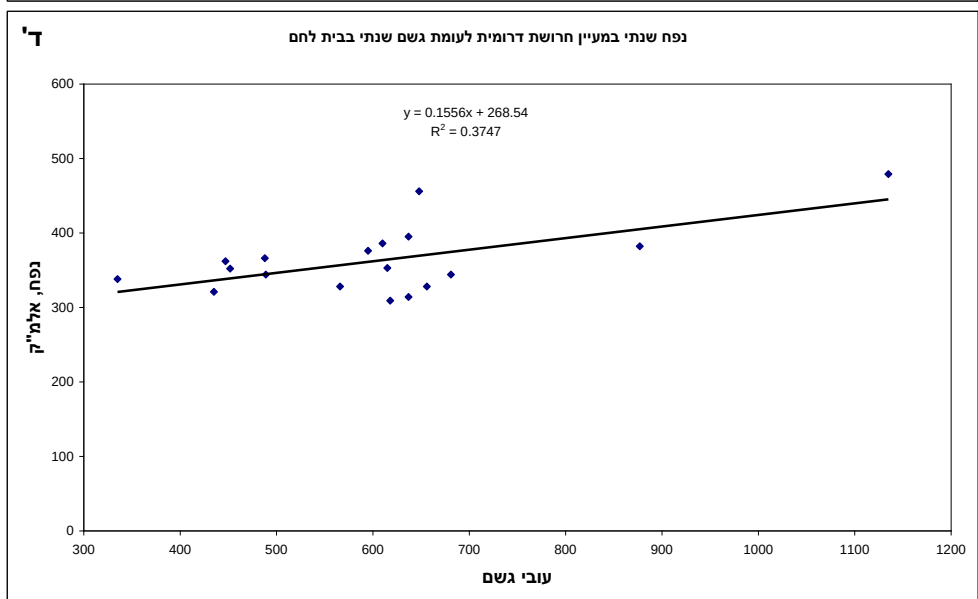
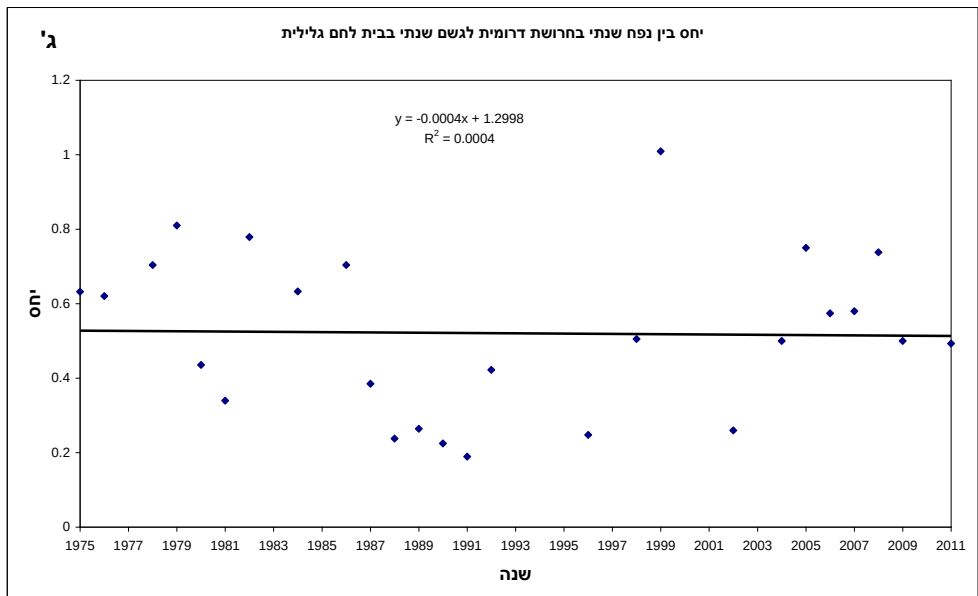
תרשים 22א- ד': מהלך הספיקה במעיין סייפן (א'), גשם שנתי בבית לחם גלילית (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



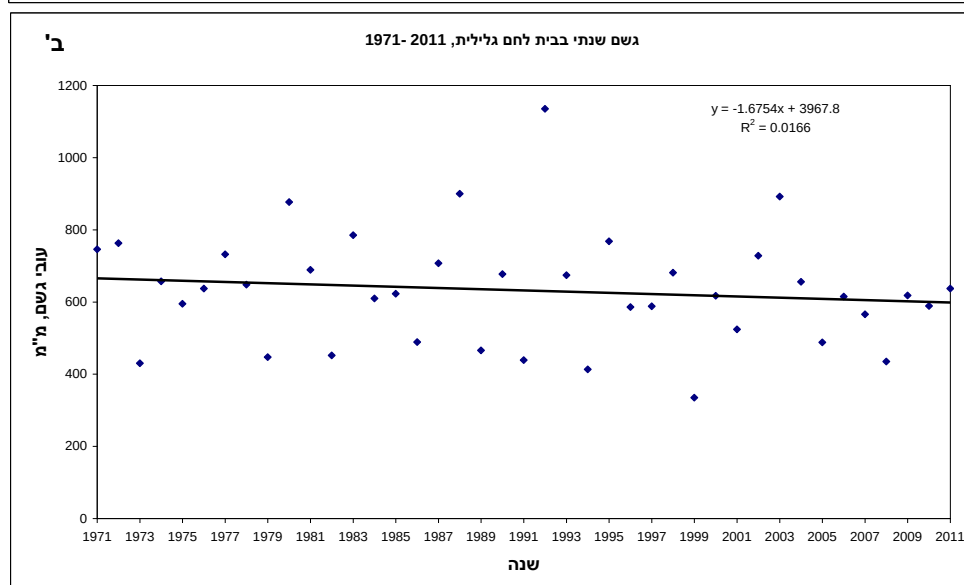
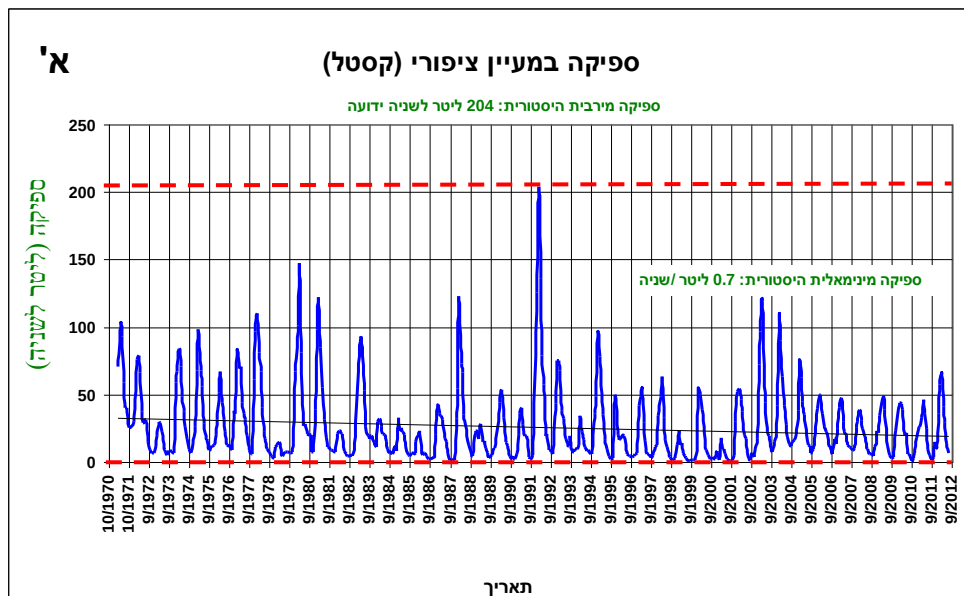


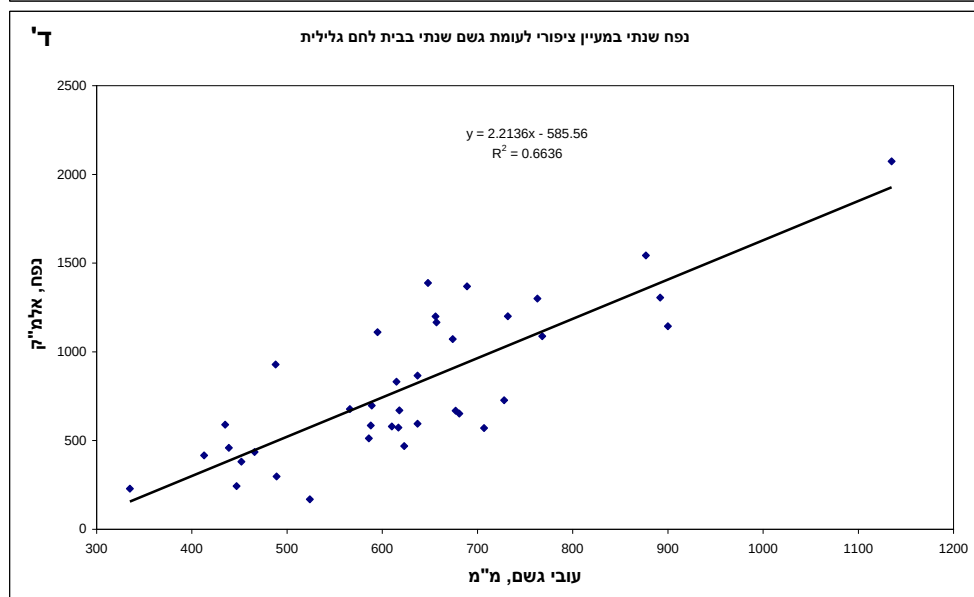
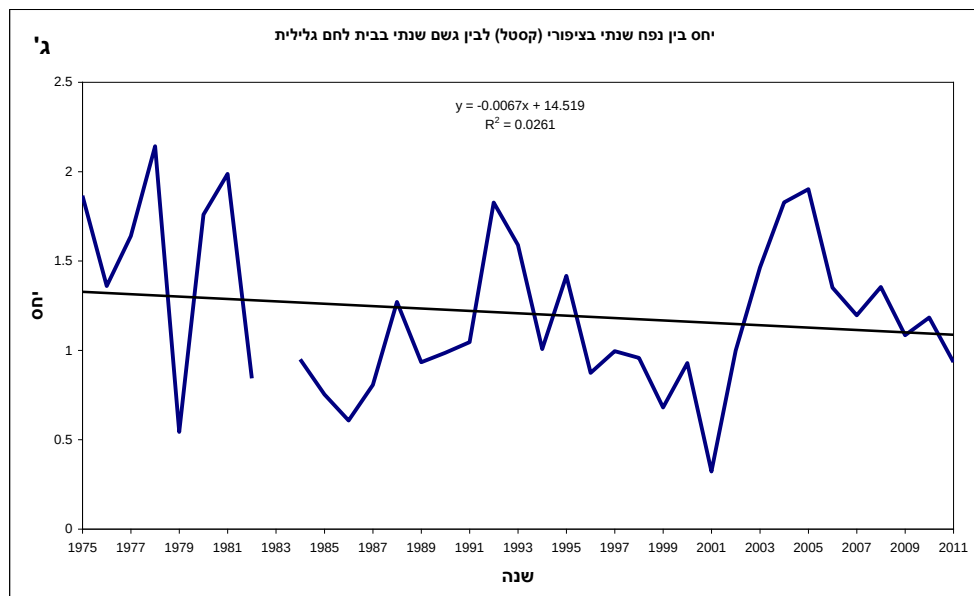
תרשים 23א-ד': מהלך הספיקה במעיין חרושת צפונית (א'), גשם שנתי בבית לחם גלילית (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



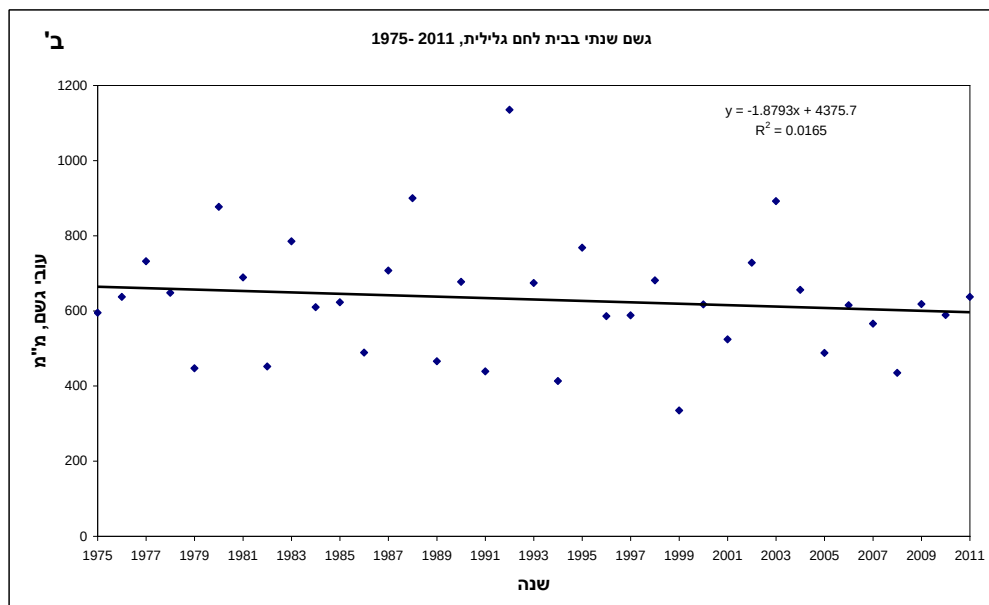
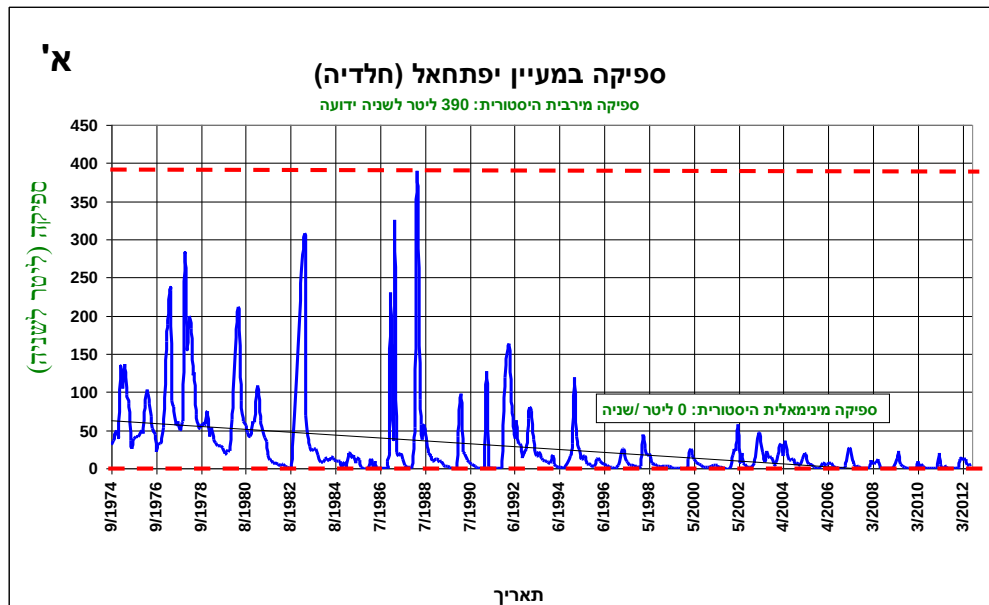


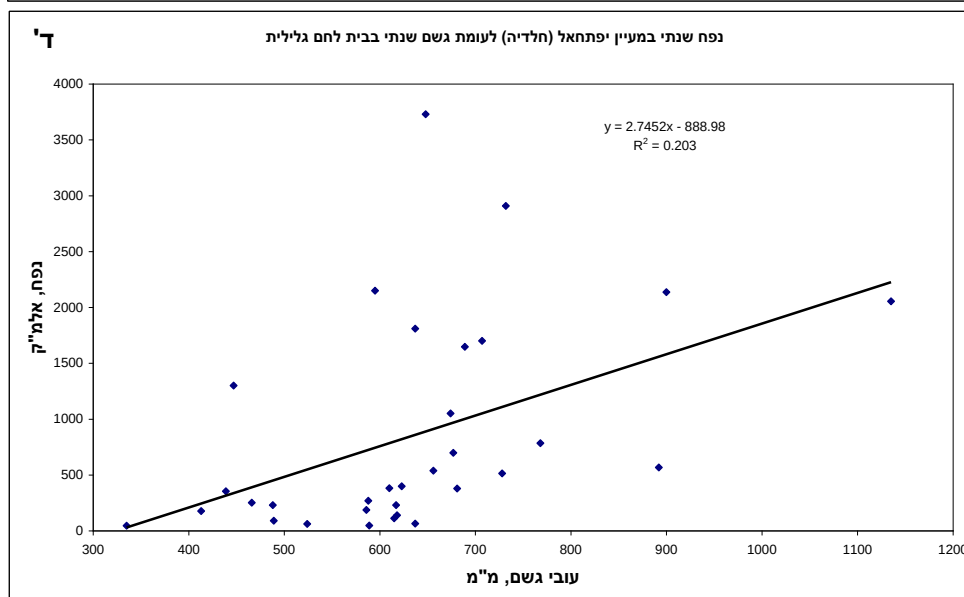
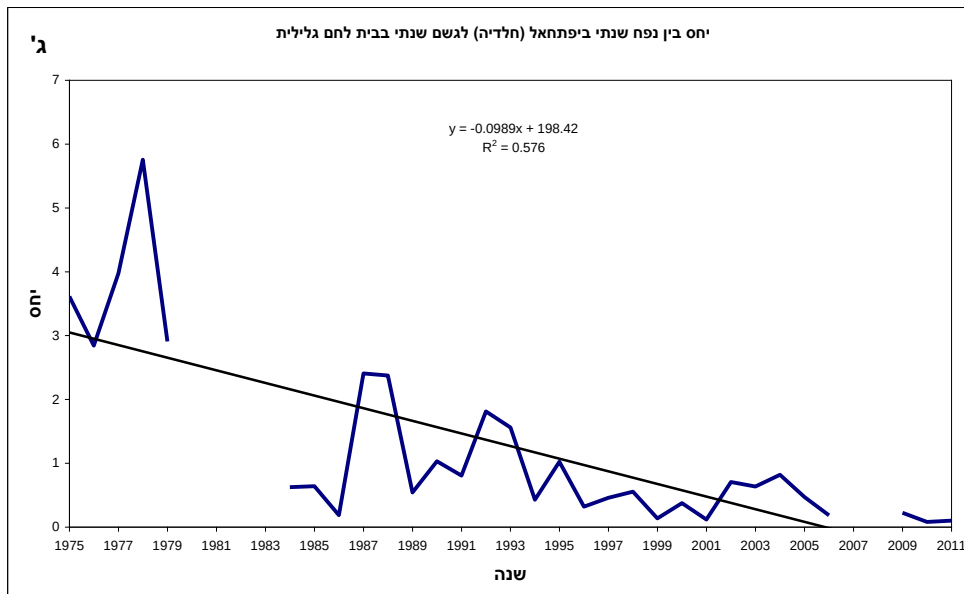
תרשים 24-ד': מהלך הספיקה במעיין חרושת דרומית (א'), גשם שנתי בבית לחם גלילית (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



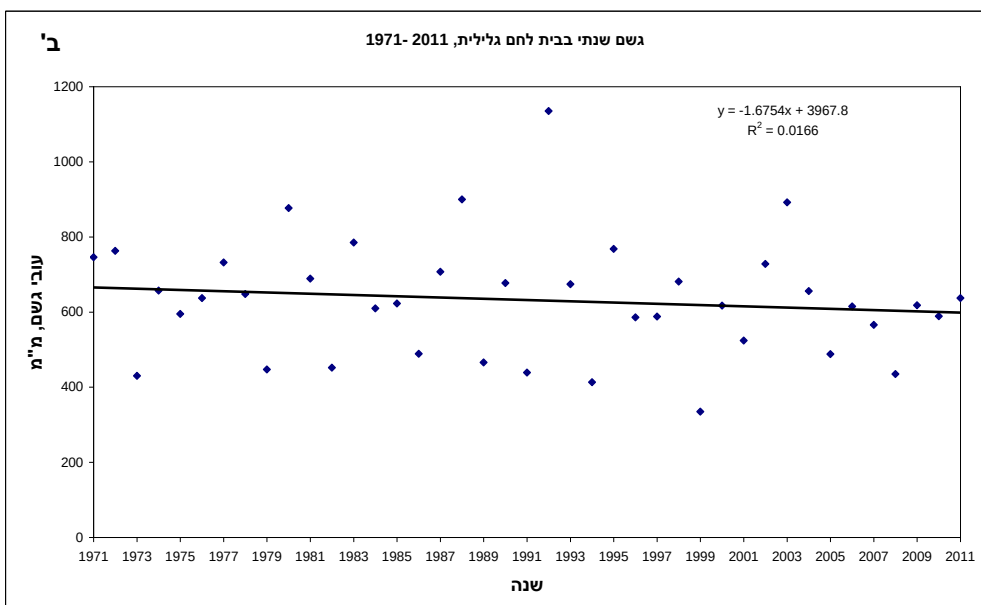
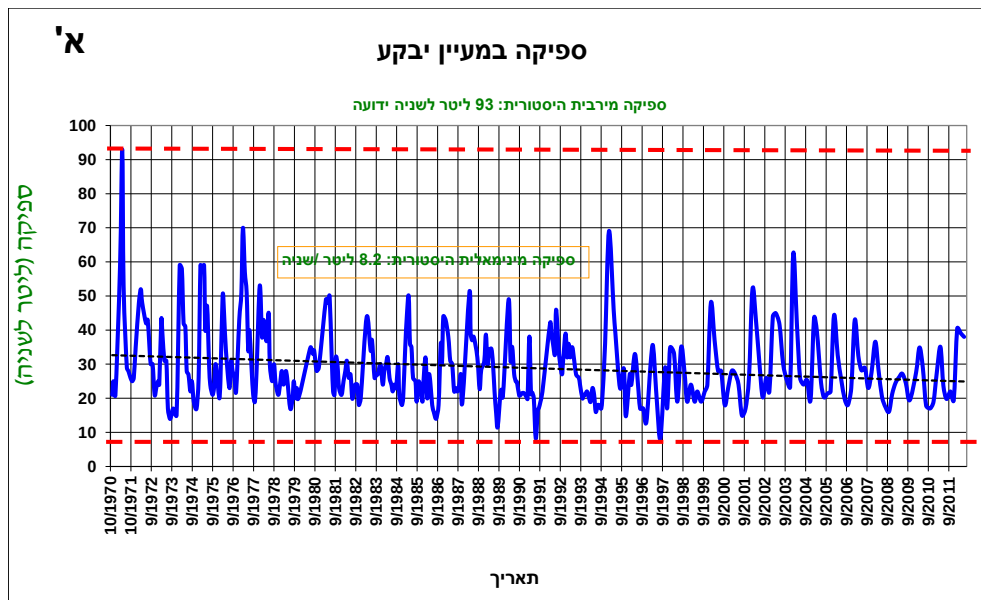


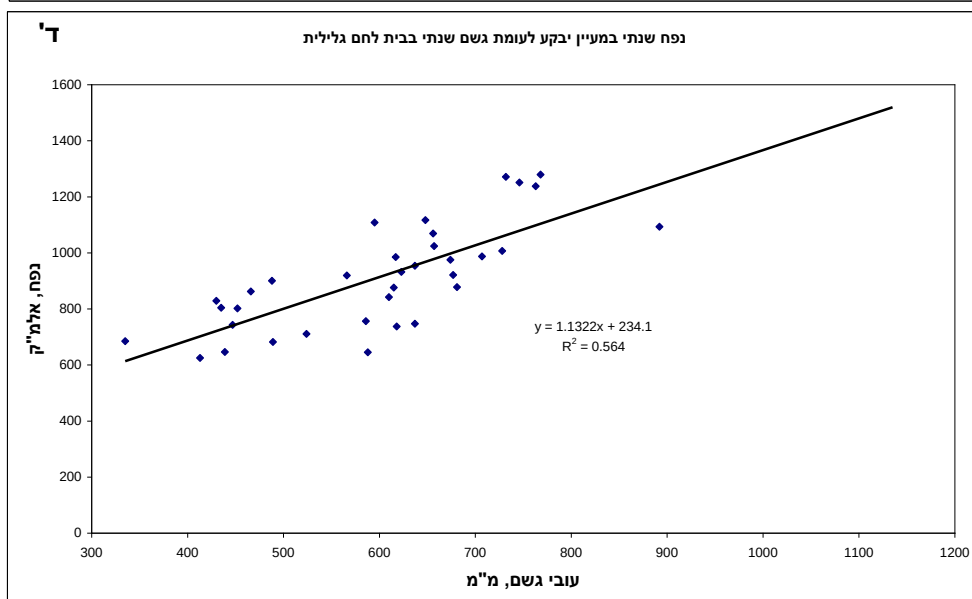
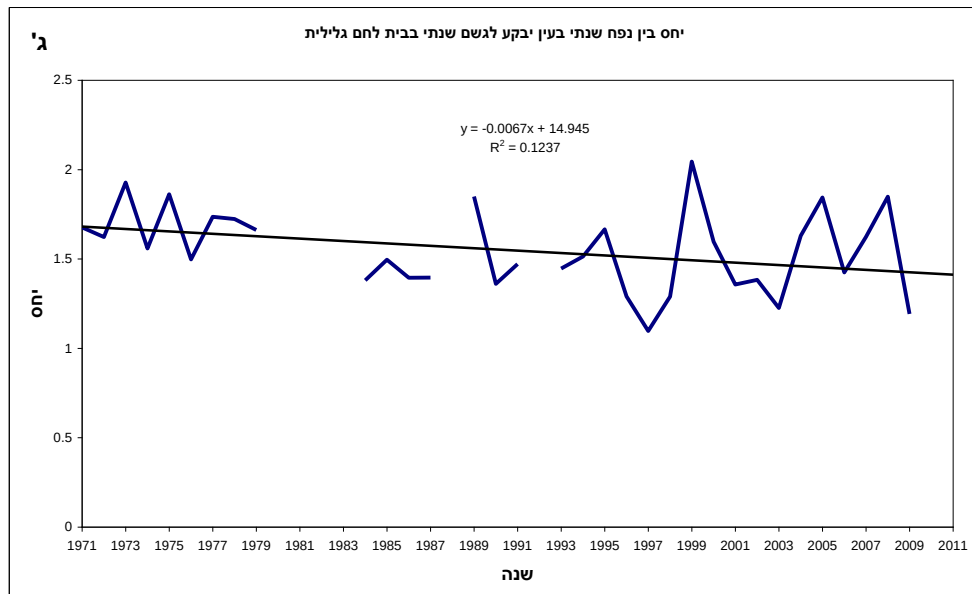
תרשים 25א- ד': מהלך הספיקה במעיין ציפורי (קסטל) (א'), גשם שנתי בבית לחם גלילית (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').





תרשים 26א-ד': מהלך הספיקה במעיין יפתחאל (חלדיה) (א'), גשם שנתי בבית לחם גלילית (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').





תרשים 27א-ד': מהלך הספיקה במעיין יבקע (א'), גשם שנתי בבית לחם גלילית (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').

4. מעיינות באגן הכרמל

הכרמל הוא מבנה טקטוני מבודד ומורם המוגבל בצפון מזרח על ידי מצוק יגור שזריקתו מגיעה ל-1000 מ', סינקלינת מנשה בדרום מזרח והמצוק במערב. הגוש הטקטוני של הכרמל בנוי בעיקר מסלעים קרבונטים של גיר קירטון ודולומיט השייכים לחבורת יהודה. ביחידות הקרבונטיות יש שינויי פציאס, כאשר במערב הן הופכות לקרטוניות. המבנה הצר, השבור והגבוה של הכרמל מאפשר הפקה של מים בקידוחים רק בשולי ההר, להוציא אגפו הדרומי מזרחי שבו השיפוע של השכבות מתון יותר. ריבוי וצפיפות ההעתקים ממזער את תפקודם האפשרי של אופקים אטומים בתוך החתך הקרבונטי ולמעשה המילוי החוזר מגיע ללא מעצורים לפני המים האזוריים. לאורך אגפו הדרומי מזרחי של הכרמל ובאזור תנינים – זיכרון, האקוויפר הפעיל הוא חלקה העליון של חבורת יהודה, בעוד שלאורך העתק יגור ולאורך השוליים המערביים, האקוויפר הפעיל הוא התחתון, תצורת יגור. אקוויפר חוף הכרמל נמצא ממערב להר והוא בנוי כורכר ואבני חול.

באגן זה שלושה תאי דיווח:

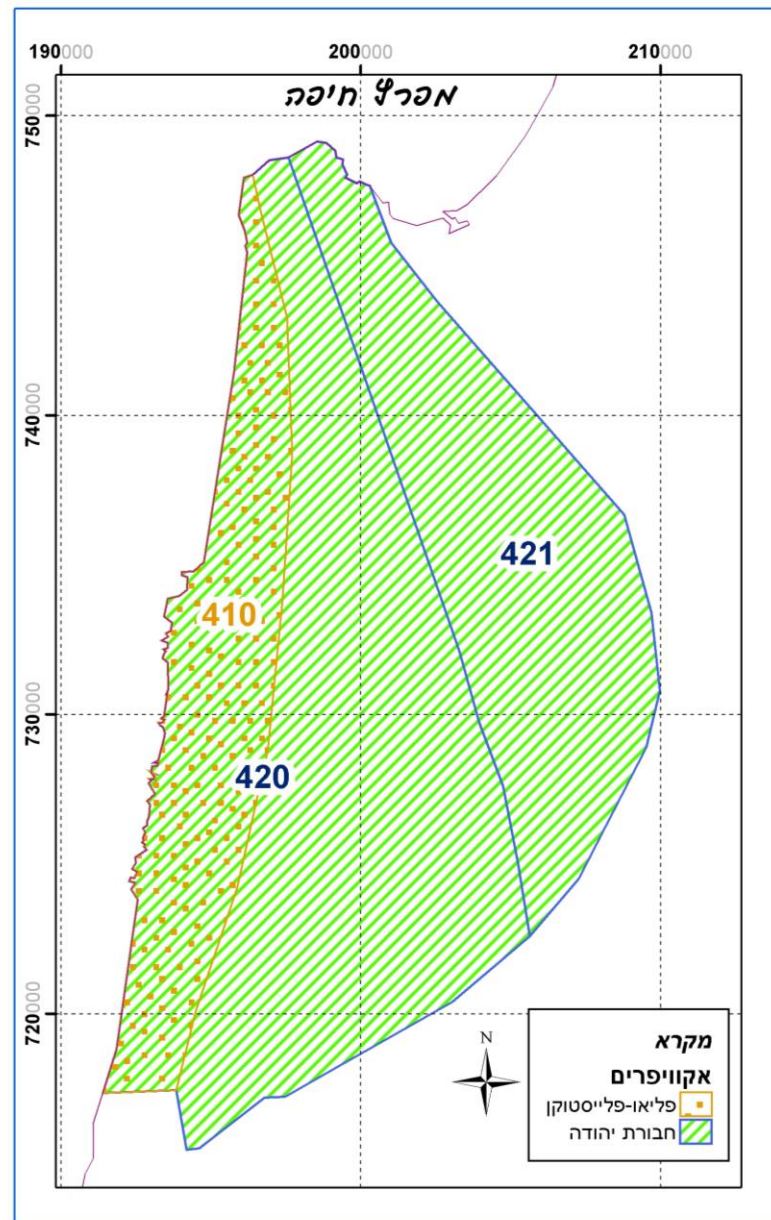
תא 410 - חוף הכרמל: אקוויפר החוף, גיל - קוורטר. ניזון מגשם, מזרימה מהכרמל המערבי, זרימה חוזרת מהשקיה וחלחול מבריכות הדגים. אקוויפר זה מנוקז בשאיבה וזרימה לים. בעקבות הקמה של בריכות דגים בשטחים נרחבים במערב האגן, השטיפה של המים לים הוגבלה והחלה עליה בריכוז הכלוריד בגין סחרור מים, השקיה חקלאית וחלחול מים מליחים מבריכות הדגים. החלק הדרומי של האגן, באזור תנינים-נחל דליה מורכב ובעייתי מאד בהקשר של מאזן המים. בחלק זה ישנו חלחול משמעותי מבריכות הדגים, יש שטיפה מאקוויפר ההר במזרח וכניסה, כנראה מאד משמעותית, של מים מאקוויפר ירקת"ן הנמצא בבסיס ובמגע ישיר עם האקוויפר הפלייסטוקני.

תא 420 - כרמל מערבי: אקוויפר חבורת יהודה, מגיל קנומן-טורון. ניזון מגשם ומנוקז בשאיבה על ידי זרימה לחוף הכרמל וליים. שינויי פציאס של הדולומיט והגירים של התצורות האקוויפריות לקירטונים וחוארים במערב אינו מאפשר זרימה ישירה של המים לים. המוצא הטבעי של האגן הוא לאקוויפר הפלייסטוקני, במקומות איתו הוא נמצא במגע או לים דרך נקודות בודדות בהן החתך הקירטוני גדוע. האקוויפר בעל תכונות הידראוליות טובות מאד אולם רגיש להמלחה. מקורות המלח האפשריים הם: פן ביני, מים מליחים עתיקים הקבורים בעומק וזרימה מכיוון האקוויפר הפלייסטוקני בתנאים של שאיבה מרובה בקידוחי ההר.

תא 421 - כרמל מזרחי: אקוויפר חבורת יהודה, גיל קנומן-טורון. ניזון מגשם ומנוקז בשאיבה, זרימה לים ולגרבת הקישון ועמק יזרעאל. רוב הקידוחים לאורך העתק הכרמל שואבים מאקוויפר תצורת יגור הנחות בתכונותיו יחסית לאקוויפר זה במערב. המגע הקרוב עם השכבות של עמק זבולון יוצר מגבלות איכותיות. לאגן זה שייך מעיין עין סעדיה ששפיעתו 3-5 מלמ"ש ומימיו מליחים. קידוחי יוקנעם משוייכים לחלקו הדרום מזרחי של התא ומפיקים מהאקוויפר העליון.

שפיעת המעינות (עין-סעדיה) הממוצעת בתקופה 1996/97-2009/10 היא כ-4 מלמ"ש. בשנת 2009/10 הסתכמה השפיעה בכ- 0.5 מלמ"ק. הפחיתה בשפיעה מיוחסת לפעילות אנתרופוגנית באגן. ריכוז הכלוריד במעיין גבוה מ- 400 מגכ"ל.

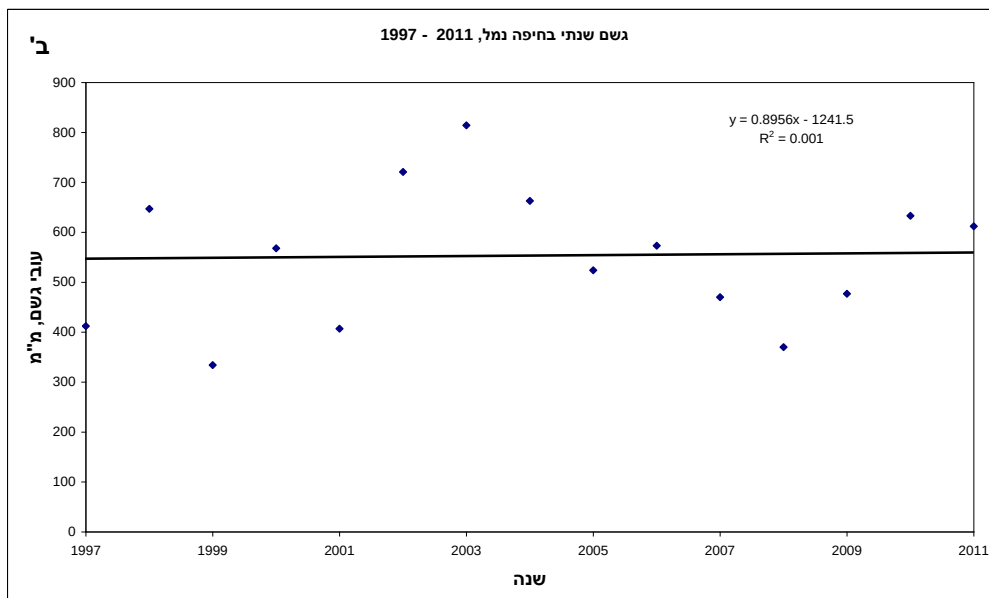
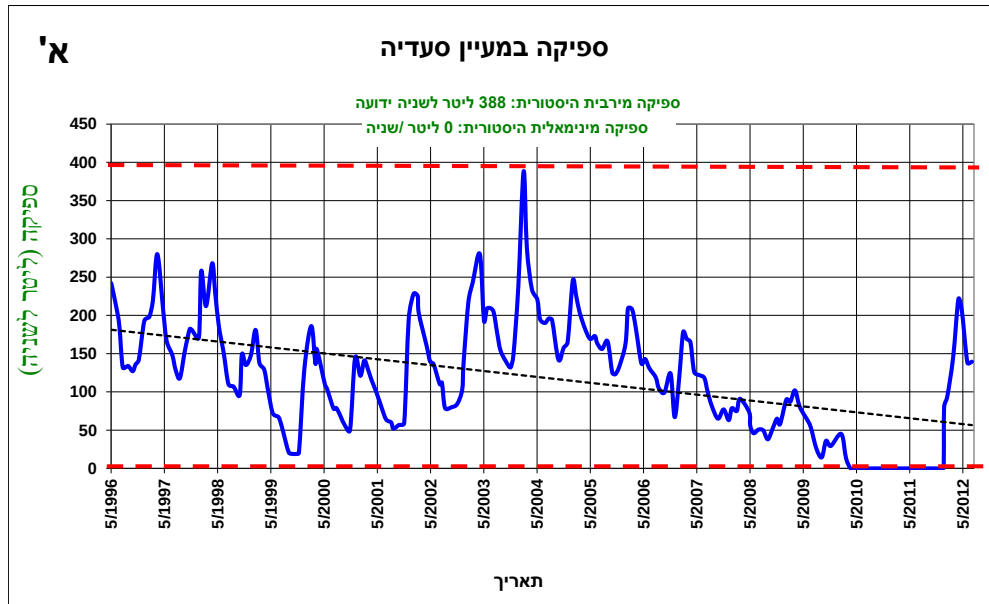
ריכוז הכלוריד בתאי ההר המערבי והחוף עלה בהתמדה משנות ה- 50 והגיע ל- 400 ו- 1000 מגכ"ל, בהתאמה. בשנים האחרונות ריכוז הכלוריד נותר בקירוב יציב. ריכוז החנקות באגן יציב באופן כללי ונמוך (מתחת ל- 40 מג"ל).

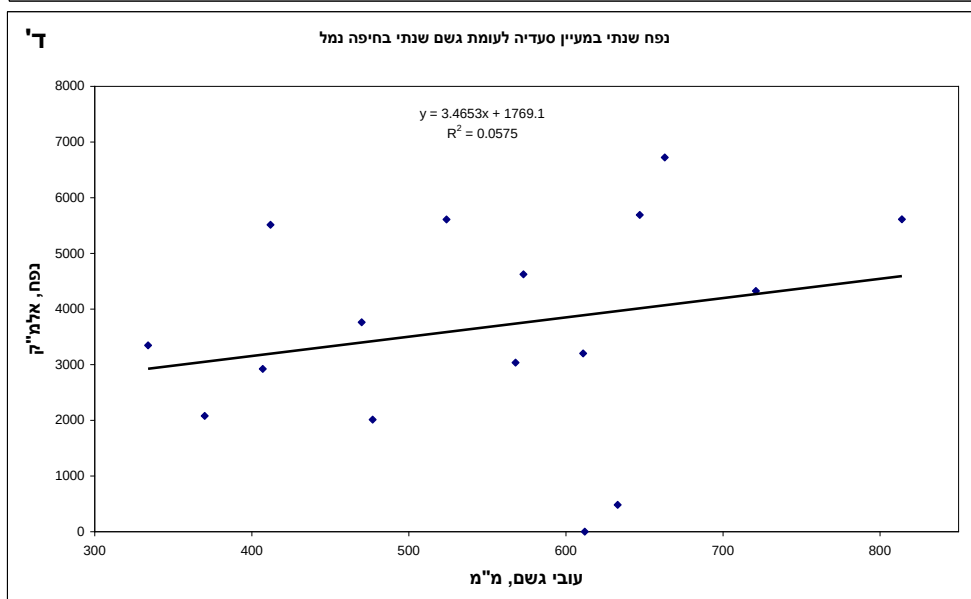
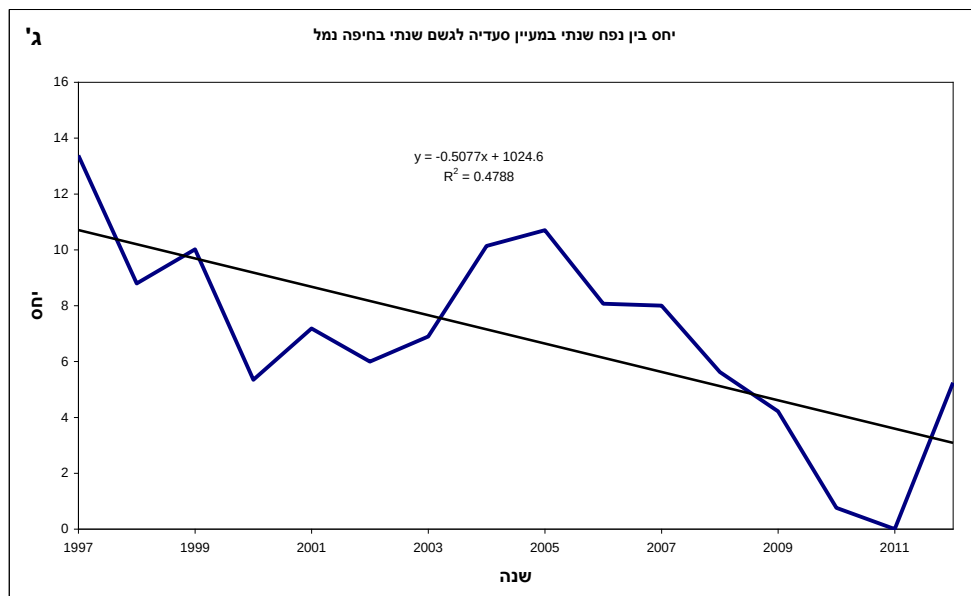


תרשים 28: אגן הכרמל, חלוקה לתאים הידרוגיאולוגיים

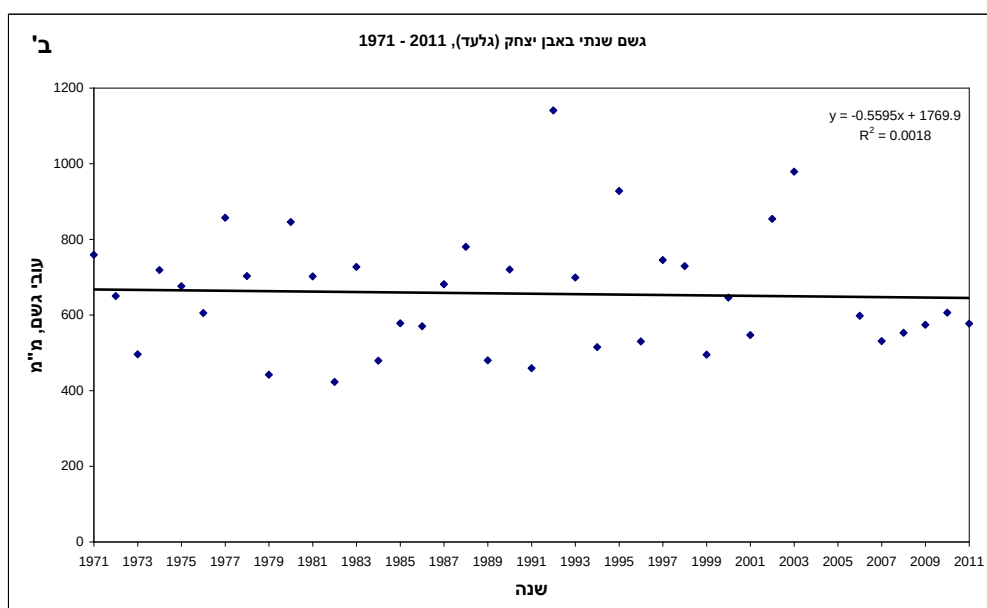
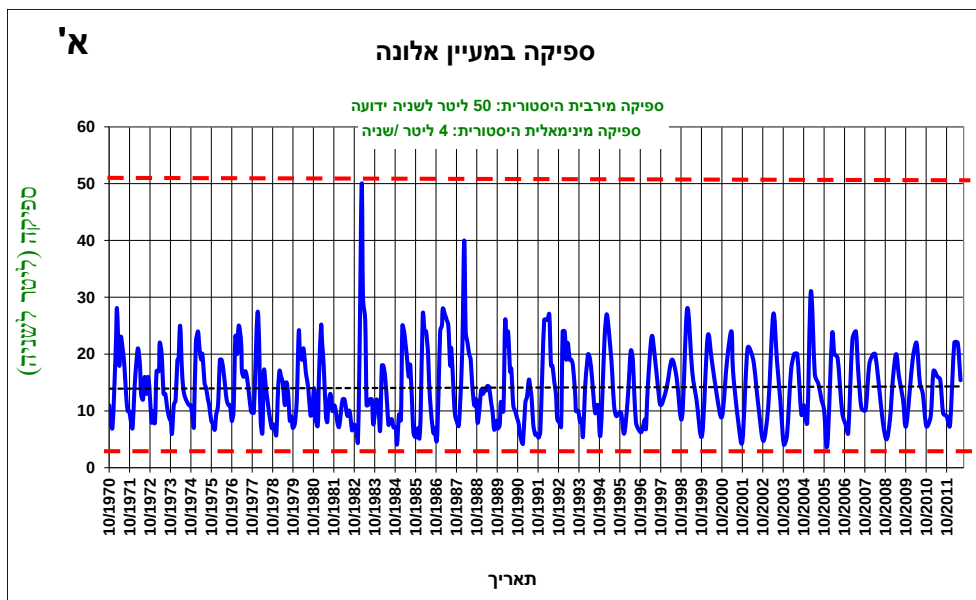
4.1 יחסי גשם-שפיעה באגן הכרמל

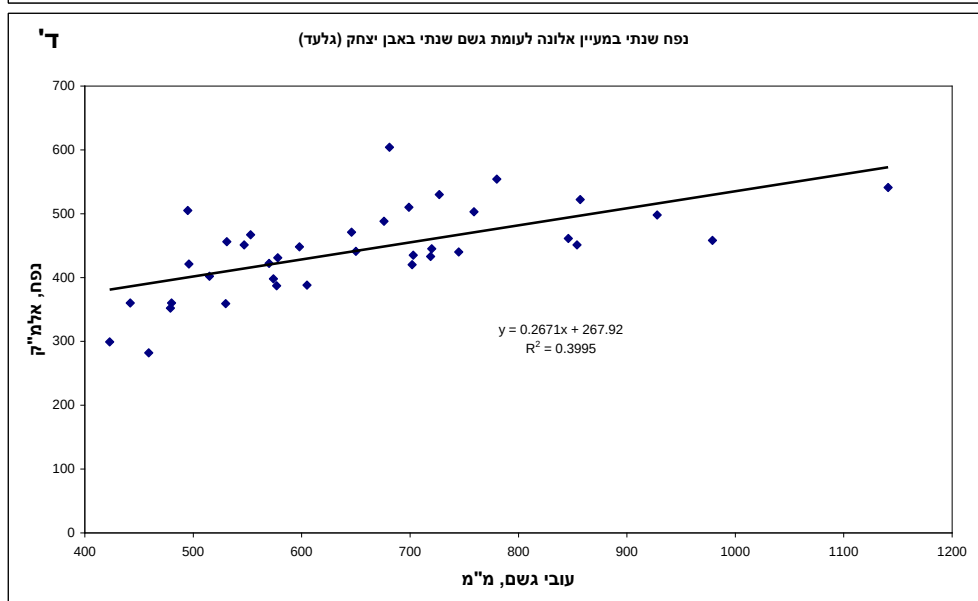
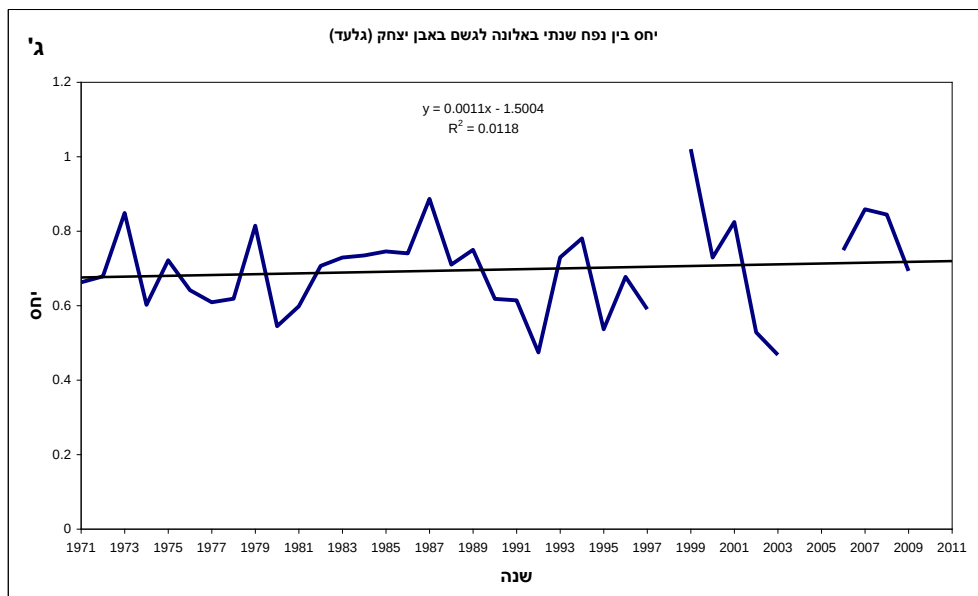
תרשימים 29 עד 32 מציגים את מגמות השפיעה, המשקעים ויחסי גשם-שפיעה במעיינות באגן הכרמל. תחנות הגשם בהן נעשה שימוש עבור אגן זה הן חיפה- נמל ואבן יצחק. ניתן לראות שהמעיינות בהם נרשמה הירידה החדה ביותר ביחס גשם-שפיעה הם בעין סעדיה ובחנניה (מליחים).



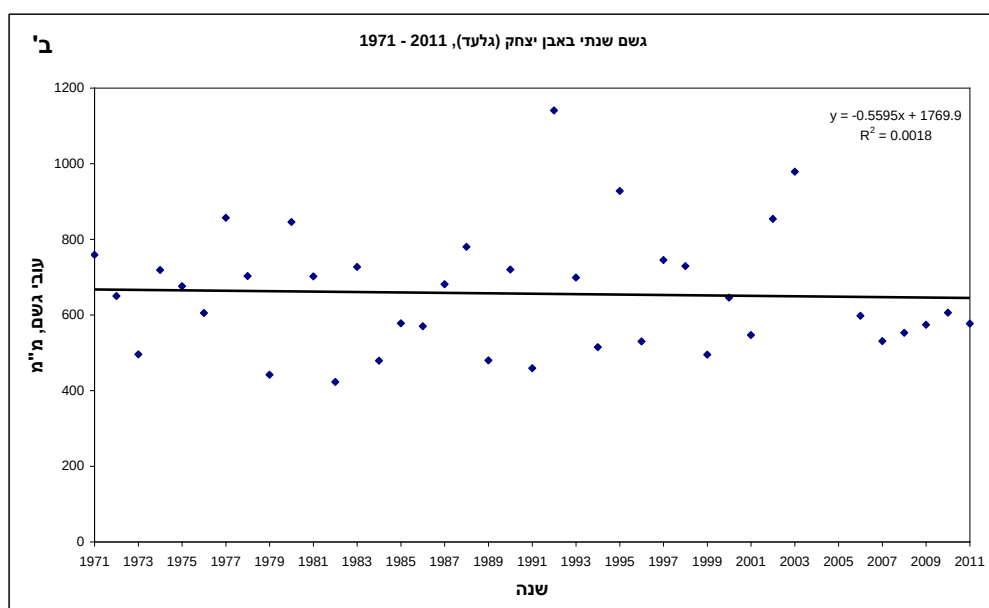
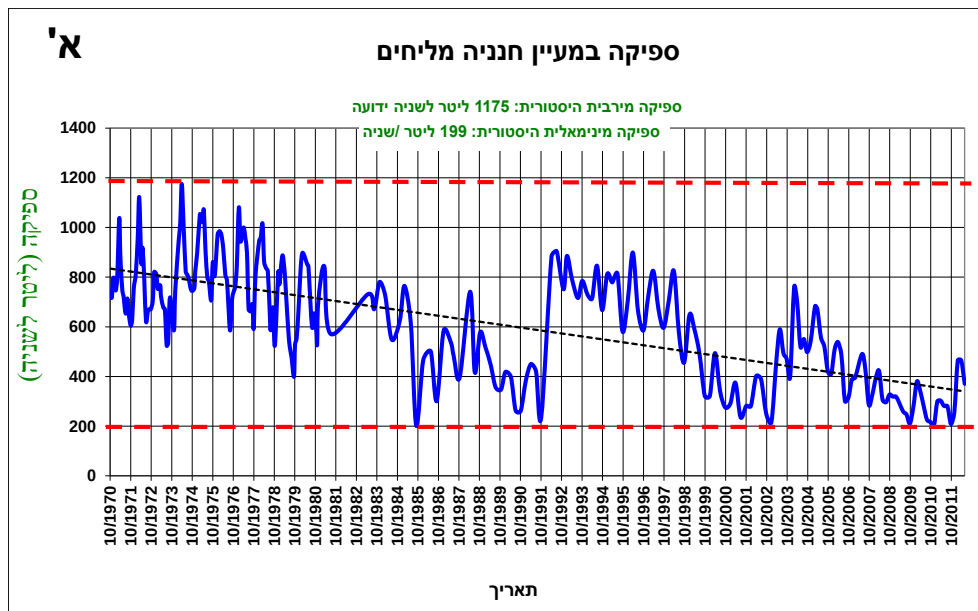


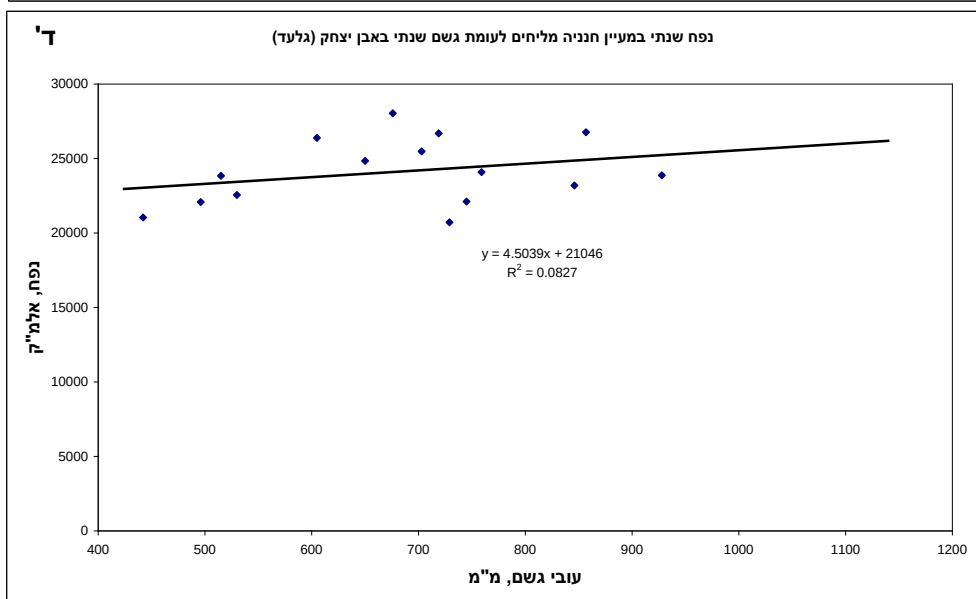
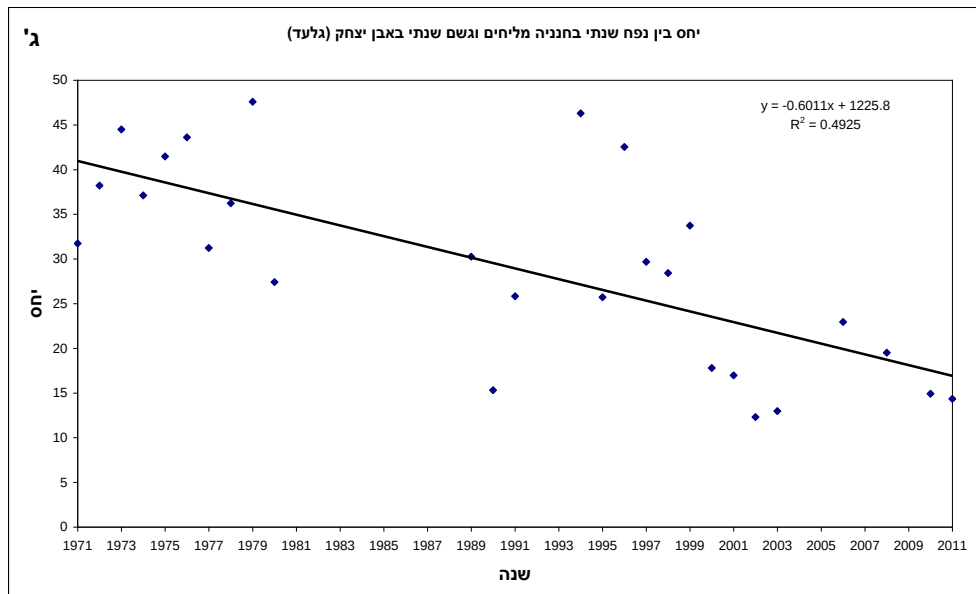
תרשים 29א-ד': מהלך הספיקה במעיין סעדיה (א'), גשם שנתי בחיפה נמל (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד')..



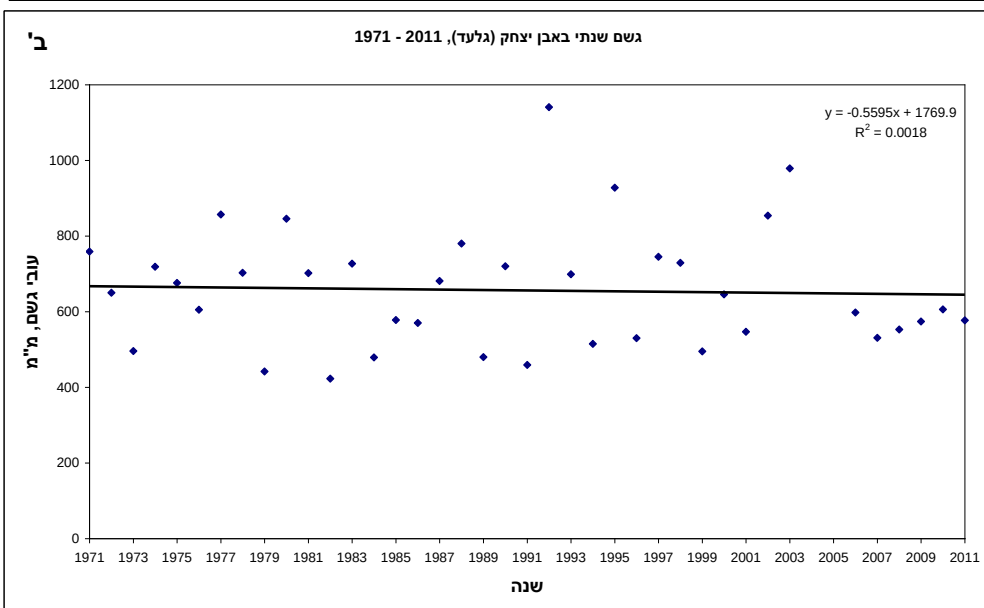
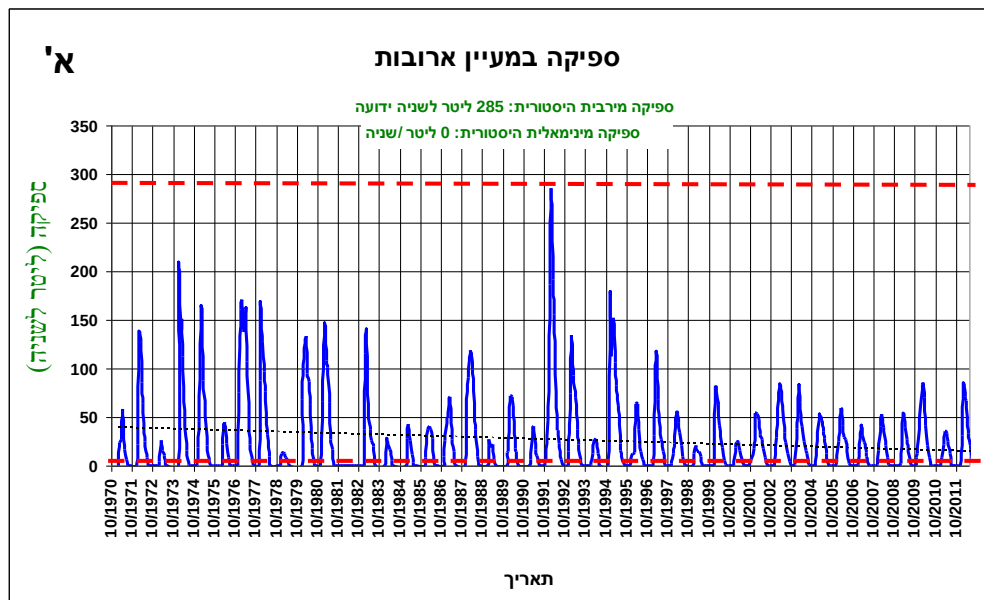


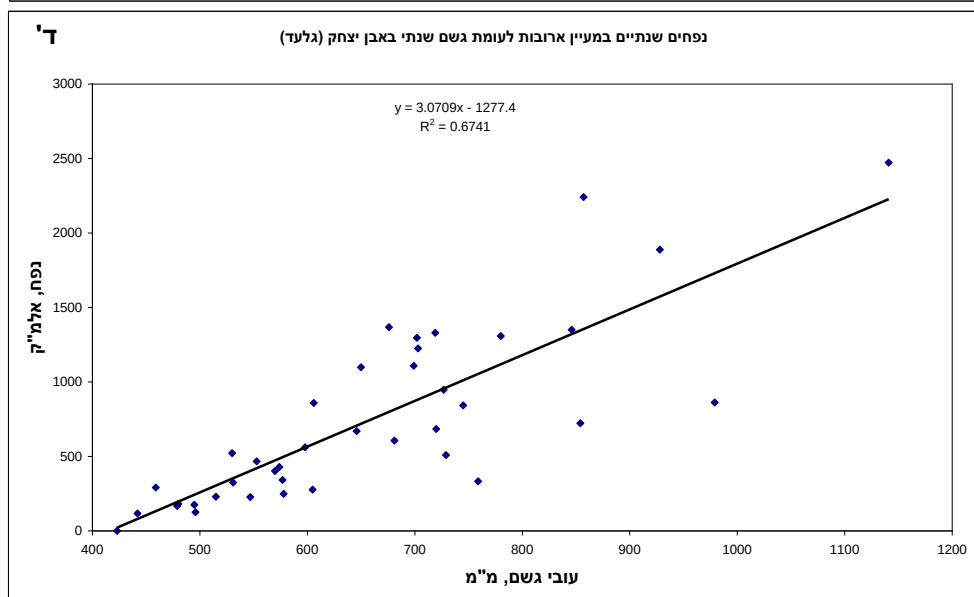
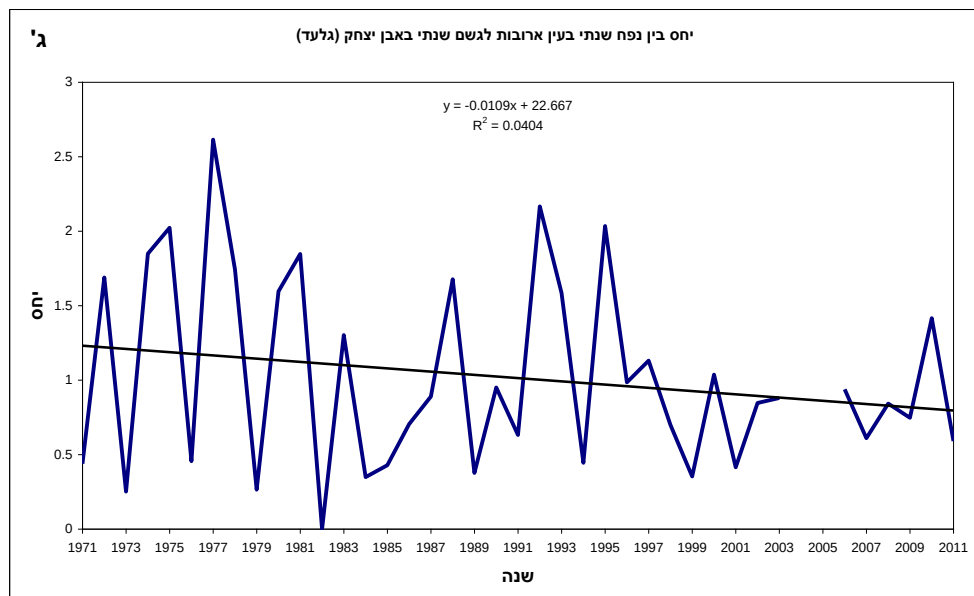
תרשים 30א-ד': מהלך הספיקה במעיין אלונה (א'), גשם שנתי באבן יצחק (גלעד) (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').





תרשים 31-ד': מהלך הספיקה במעיין חנניה מליחים (א'), גשם שנתי באבן יצחק (גלעד) (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').





תרשים 32א-ד': מהלך הספיקה במעיין ארובות (א'), גשם שנתי באבן יצחק (גלעד) (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').

5. מעיינות באגן הכנרת

אגן הכינרת מוגדר כמכלול של כל תת-אגני מי התהום אשר הניקוז הטבעי המשותף שלהם הוא אגן הכנרת. היחידות ההידרוגיאולוגיות של תת-אגנים אלה כוללות אקוויפרים מגיל יורא, קנומן, איאוקן וקוורטר (בזלת ומילוי אלוביאלי). האגן משתרע מהחרמון בצפון עד לכינרת בדרום. הגבול המערבי הינו קו פרשת מי התהום הארצית בגליל. הגבול המזרחי נקבע בגולן, בגבול אגן היקוות הירדן. האגן כולל 10 תת-אגנים המחולקים לתאים הידרולוגיים. תאים אלה מקובצים ל 5 קבוצות גיאוגרפיות (ראה תרשים 33). שפיעת המעיינות הממוצעת באגן זה בשנים 1987/88–2009/10 היא 424 מלמ"ש. השפיעה ההיסטורית נעה בין שיא של 618 מלמ"ק בשנת 1991/92 לבין שפל של 275 מלמ"ק בשנת 2000/01. 92% מהשפיעה במעיינות בריכוז כלוריד נמוך מ- 100 מג"ל.

א. תא מקורות הירדן (תא 500). התא משתרע על פני מבנה החרמון והוא כולל את המעיינות שבשולי החרמון המהווים את מקור המים העיקרי של נהר הירדן. התא לא כולל את הכניסות ממעיינות החצבני. האקוויפר בנוי ברובו מסלעי גיר מגיל יורא הבונים את הר החרמון. המילוי החוזר שמקורו מגשם ומהמסת שלגים מנוקז במעיינות אחדים בשולי החרמון שהגדולים מביניהם הם הדן והבניאס.

ב. תאי חבורת יהודה (תאים 511,520,591,592)

תאים אלה שייכים לאקוויפר חבורת יהודה בגליל המזרחי ובהרי נפתלי. מחשופי החבורה משתרעים מפרשת המים בגליל וברכס הרי נפתלי במערב, עד לקרבת הכנרת ולעמק החולה במזרח. ממערב לכנרת נמצא האקוויפר מתחת לשכבות הסלע של חבורת השפלה, מגיל איאוקן וסנון. האקוויפר בנוי סלעי גיר ודולומיט מגיל קנומן-טורון והוא ניזון ממשקעים ומזרימה חוזרת, ומנוקז על ידי שאיבה, זרימה לעמק החולה ושפיעת מעיינות במורד אגני הניקוז ובתוך אגן הכינרת.

ג. תאי רמת הגולן (תאים 570, 581 ו- 584)

התאים נמצאים ברמת הגולן, מהחרמון בצפון ועד חמת גדר בדרום. אקוויפר הבזלת (תא 570) משתרע על מרבית האזור. התא מנוקז בקידוחים, במעיינות רבים בשולי רמת הגולן ובערוצי הנחלים. בצפון הרמה (תא 581, מגיל קנומן) ובדרומה (תא 584, מגיל איאוקן) חשופים סלעים מגיל איאוקן – קנומן, עליהם מונחת הבזלת. אקוויפרים אלה מנוקזים בהפקה בקידוחים, בשפיעת מעיינות ובזרימה לתאים שכנים.

ד. תאים אאוקנים (510, 530 ו- 540)

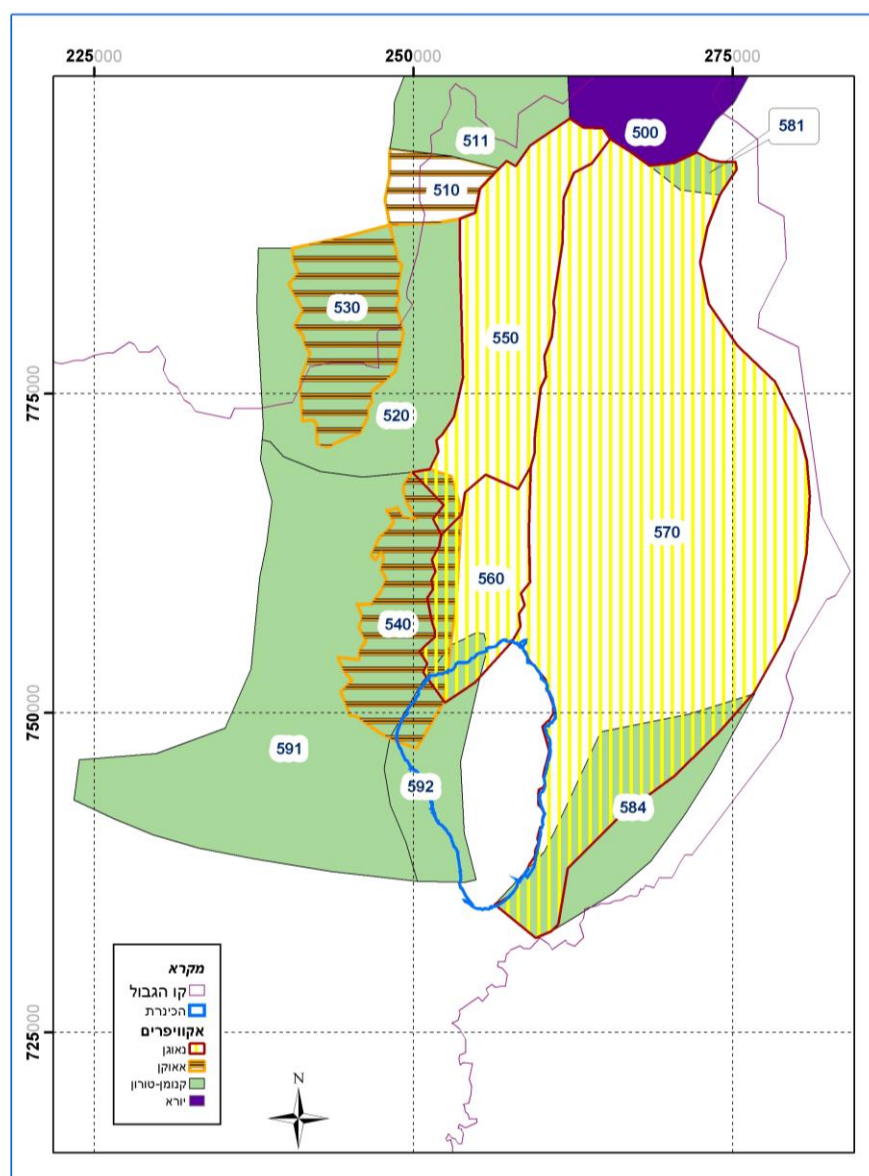
תאים אלה שייכים לאקוויפר מגיל איאוקן בקער מגדל (תת-אגן 5.4) בקער יראון (תת-אגן 5.3) ובכפר גלעדי (תת אגן 5.1). התאים בנויים מסלעי גיר וקרטון. המילוי החוזר מגשם מנוקז בהפקה בקידוחים ובשפיעת מעיינות.

ה. תאי מילוי עמק החולה (550,560)

תאים אלה שייכים למשקעי המילוי והבזלת שבתוך עמק החולה. המסלע בתאי החולה בנוי מחלוקים, חרסיות וכבול (תא 550) ומבזלות (תא 560). תאי הבקע ניזונים מגשם ישיר על המחשופים, מזרימה חוזרת מהשקיה ומניקוז של תאי ההר ורמת הגולן. מי התהום מתנקזים לירדן ולאגם החולה

ולכנרת.

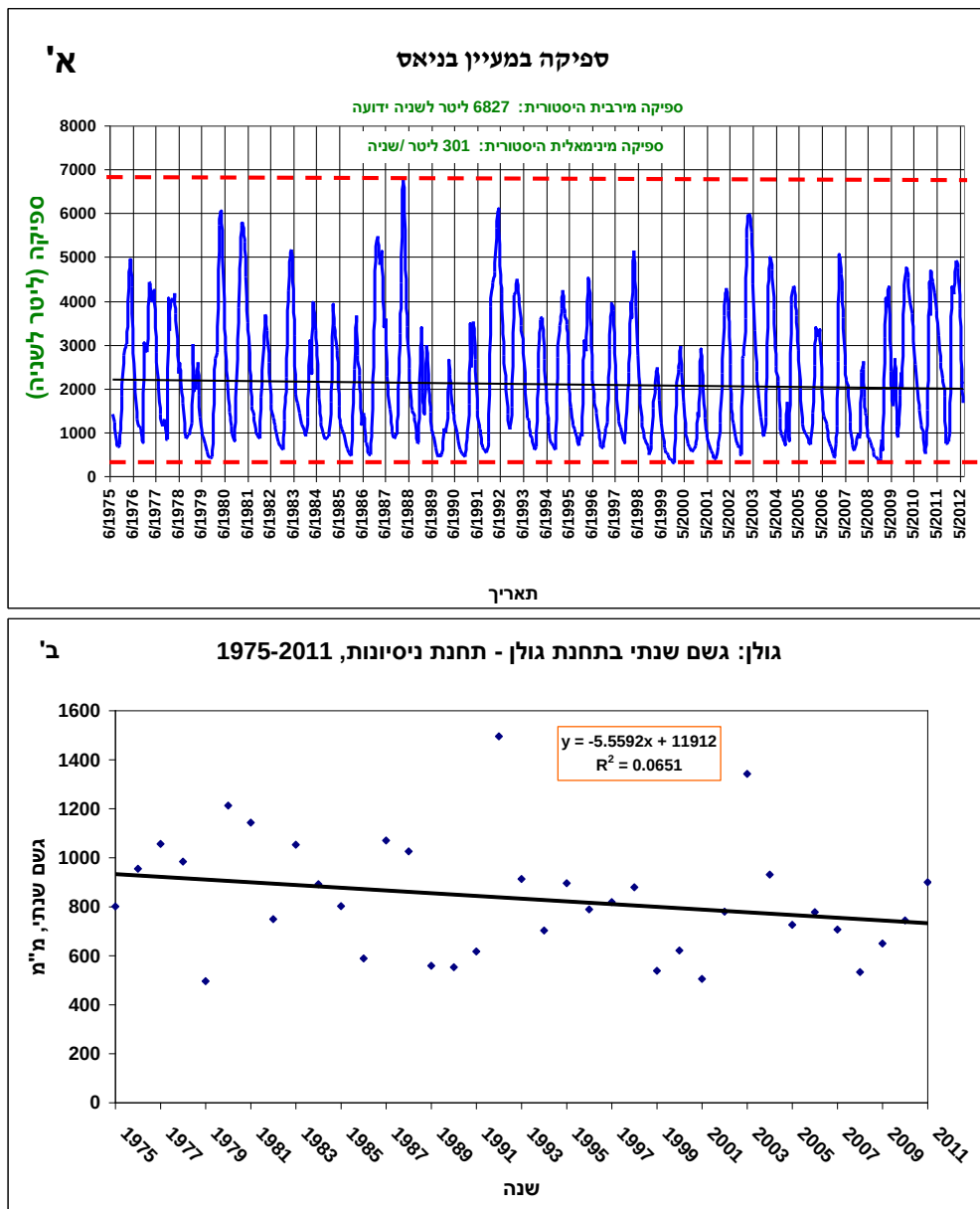
השאיבה באגן בשנות ה- 80 הסתכמה ב- 35-45 מלמ"ק ועלתה לרמה של כ 57-67 מלמ"ק בסוף שנות ה- 90. בשנת 2007/08, בעקבות ביצוע קידוחים חדשים באגן, נרשמה עליה משמעותית בהפקה והיא הסתכמה ב- 74 מלמ"ק. בשנת 2009/10 נעשתה באגן הפקת שיא בשיעור 79 מלמ"ק. כ- 49% מכמות זו נשאבו מאקוויפר חברות יהודה בגליל המזרחי (תא 591), 15% מאגן עין (תא 520), 12% משדה הבזלות של רמת הגולן (תא 570), 9% מהשדה של חבורת יהודה באצבע הגליל (תא 511), 10% מהשדה החדש של אגן הירא במורדות החרמון (תא 500) ו- 6% מבין התאים הנותרים. 96% מהמים הנשאבים באגן מאופיינים על ידי ריכוז כלוריד הנמוך מ- 250 מג"ל.

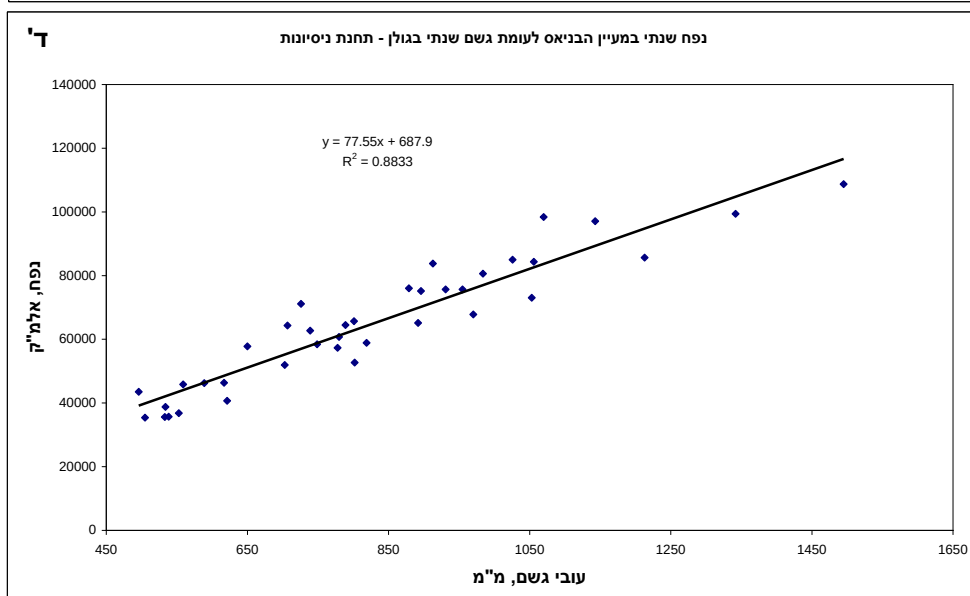
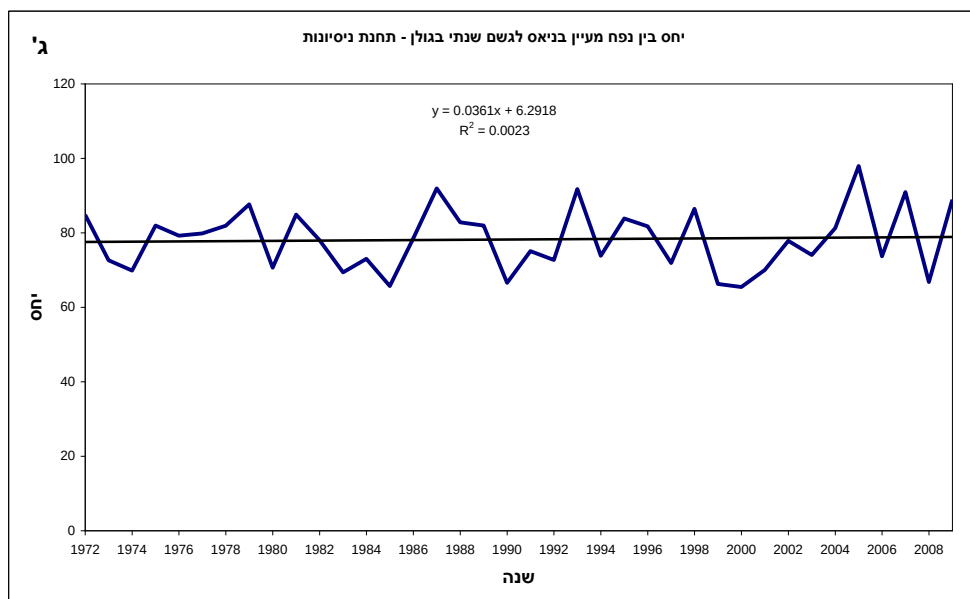


תרשים 33: אגן ההיקוות של הכנרת: חלוקה לתאים הידרוגיאולוגיים

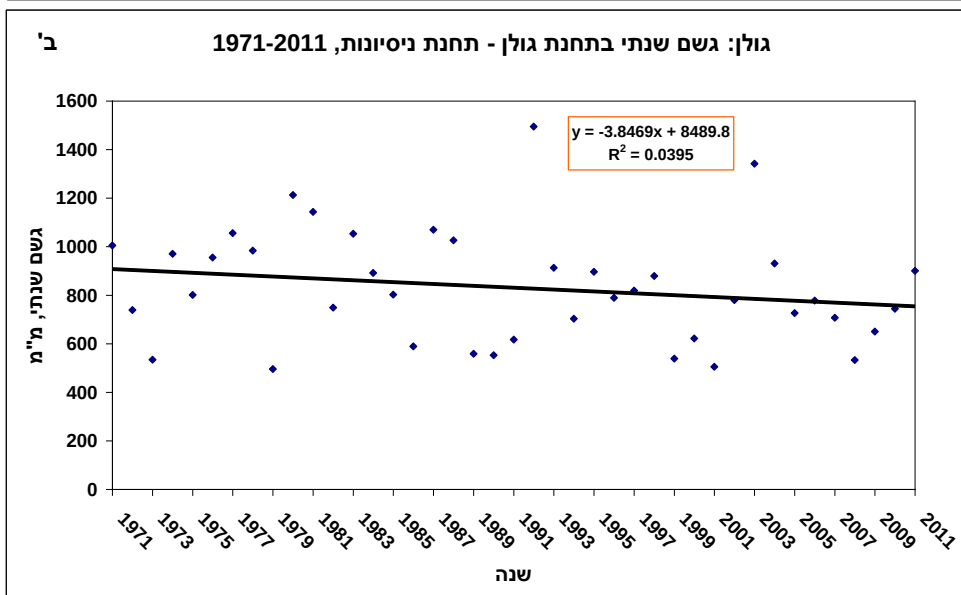
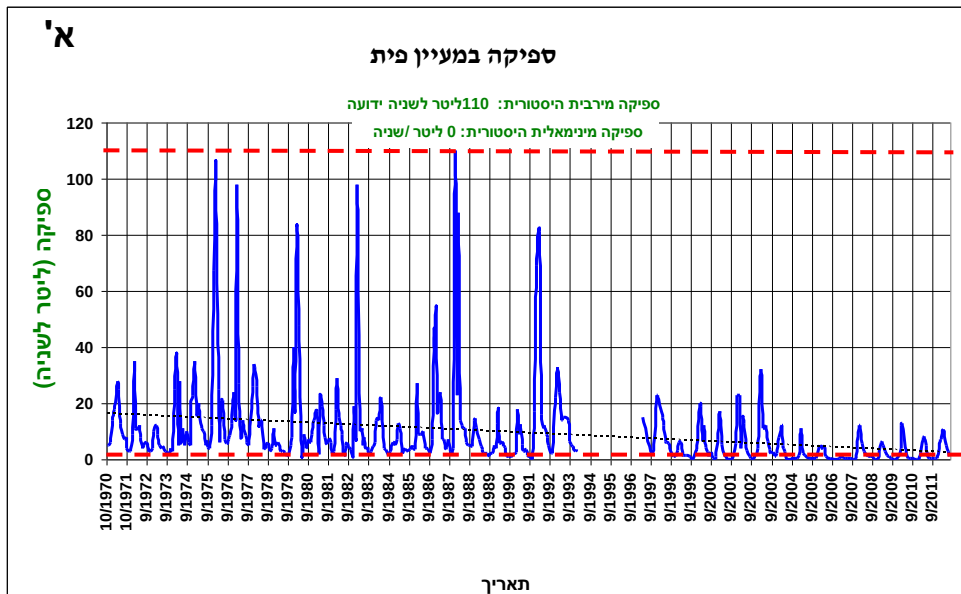
5.1 יחסי גשם – שפיעה באגן הכנרת

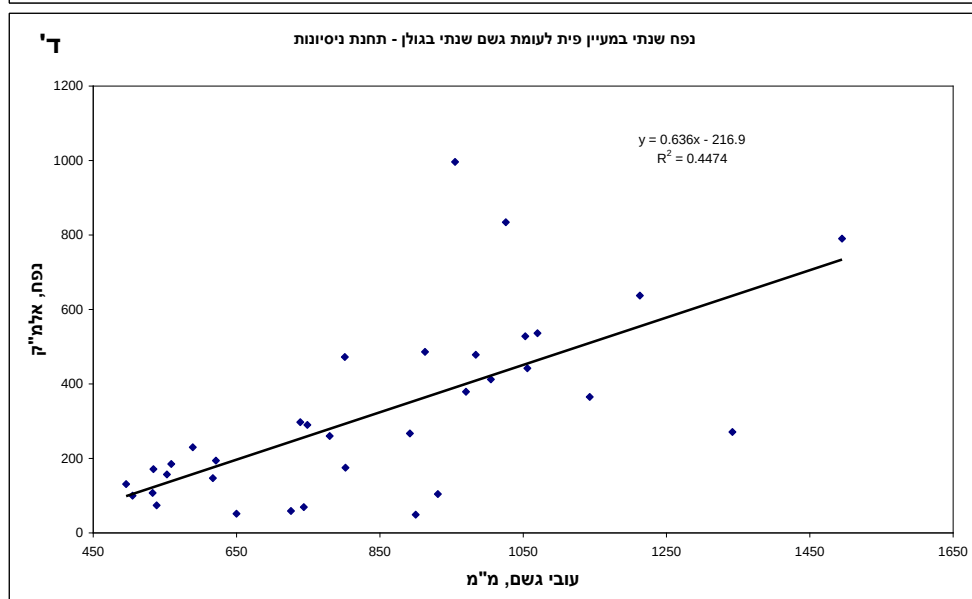
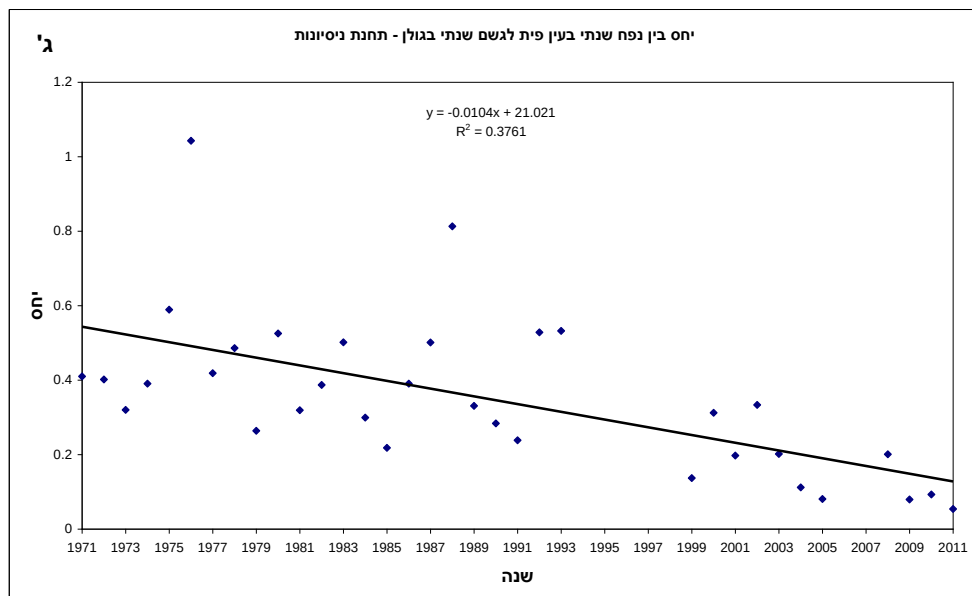
תרשימים 34 עד 77 מציגים את מגמות השפיעה, המשקעים ויחסי גשם-שפיעה במעיינות באגן כנרת. תחנות הגשם בהן נעשה שימוש באגן זה הן תחנת ניסיונות גולן (פיכמן), מירון וכפר גלעדי. המעיינות בהם נרשמה הירידה החדה ביותר ביחס גשם-שפיעה באגן זה הם מעיינות הדן ובאריד, נוטרה, אביב.



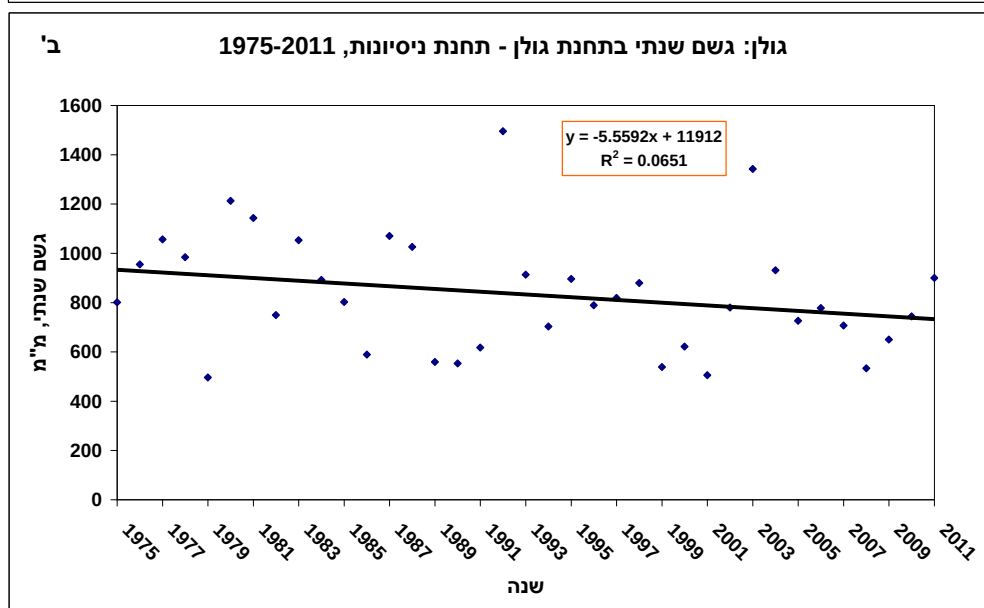
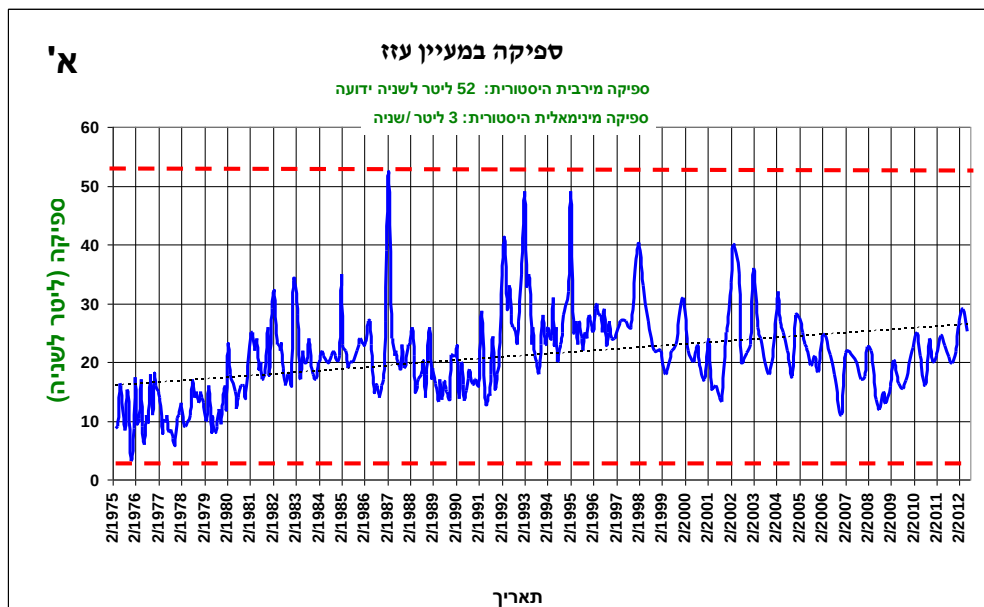


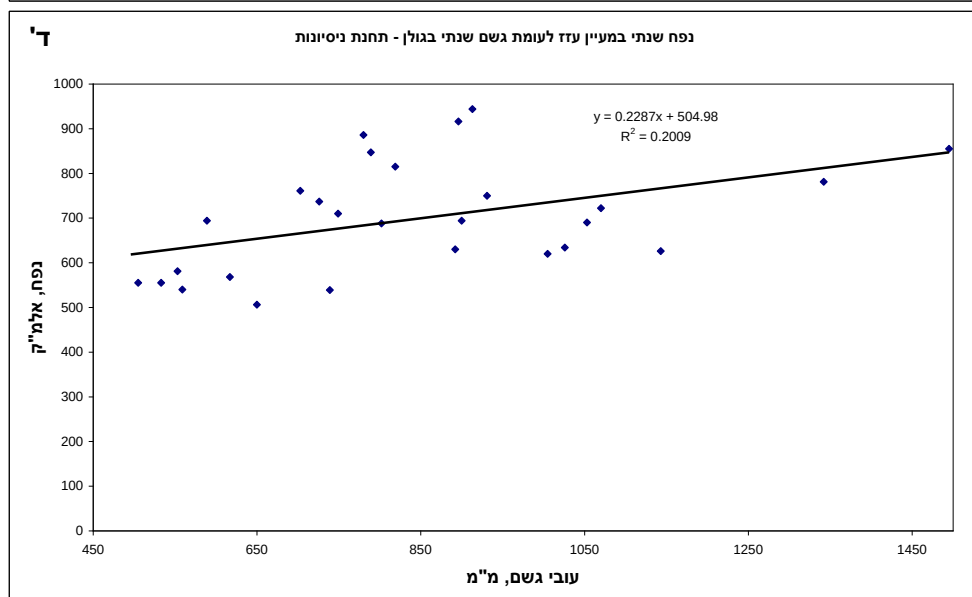
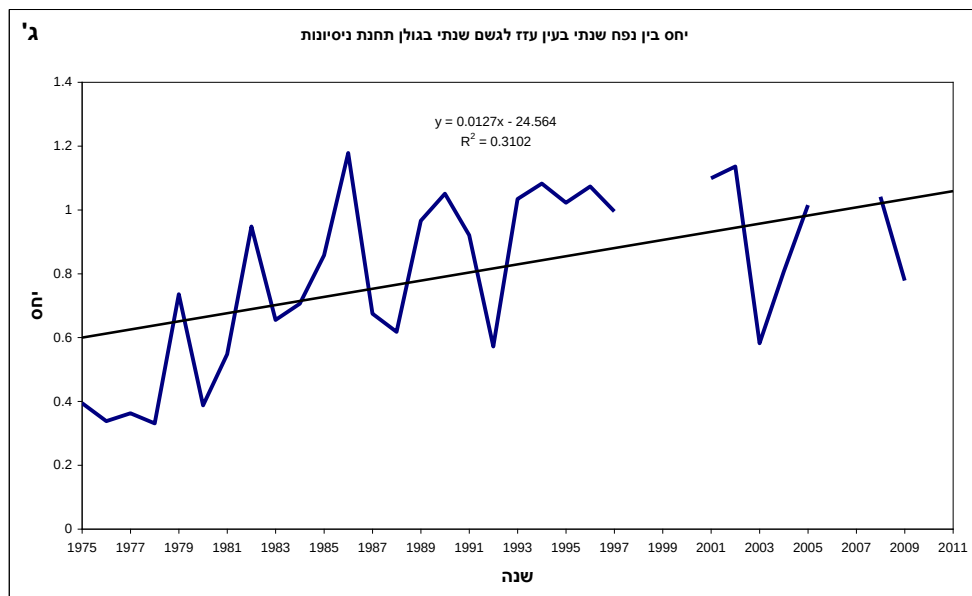
תרשים 34א- ד': מהלך הספיקה במעיין בניאס (א'), גשם שנתי בגולן תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



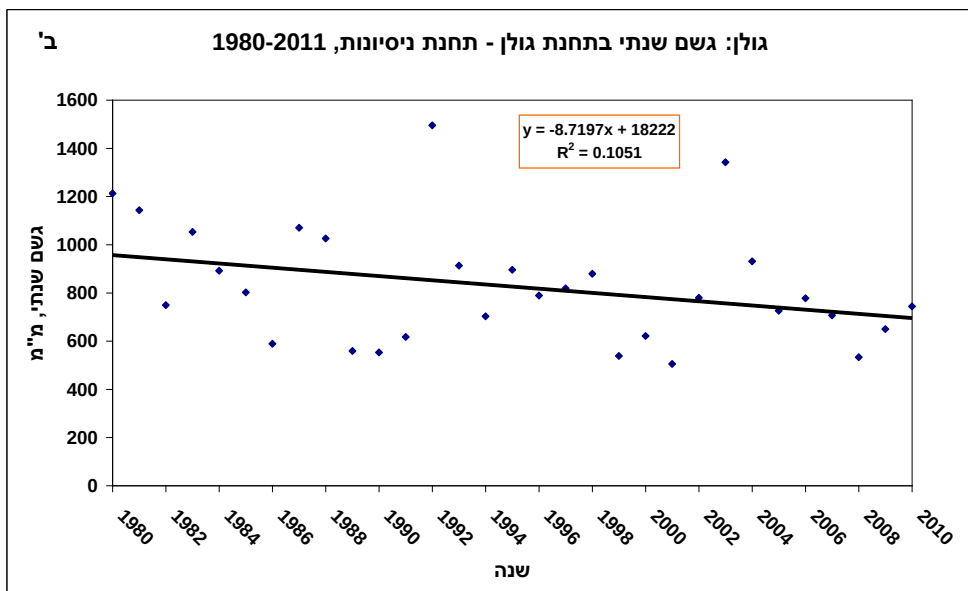
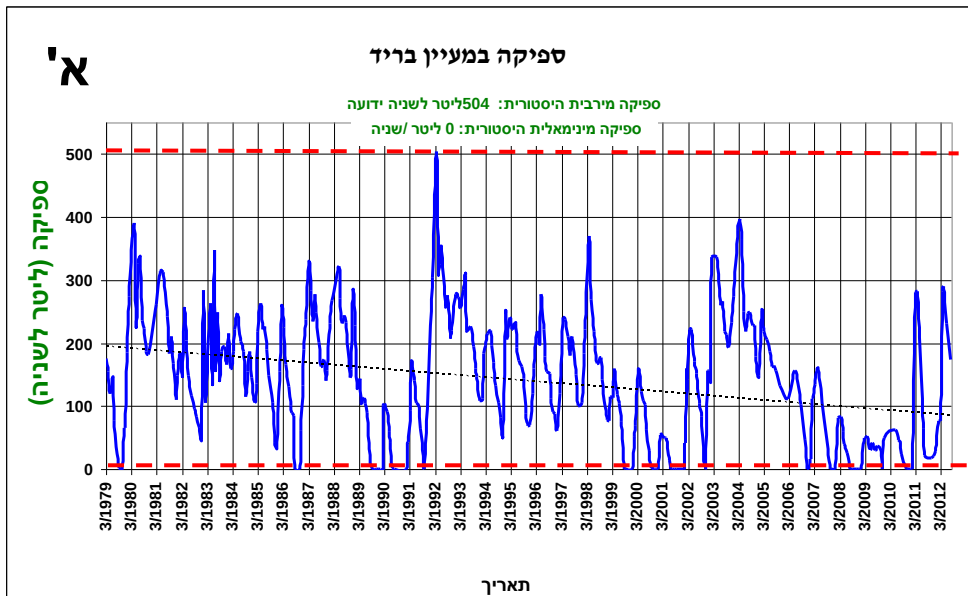


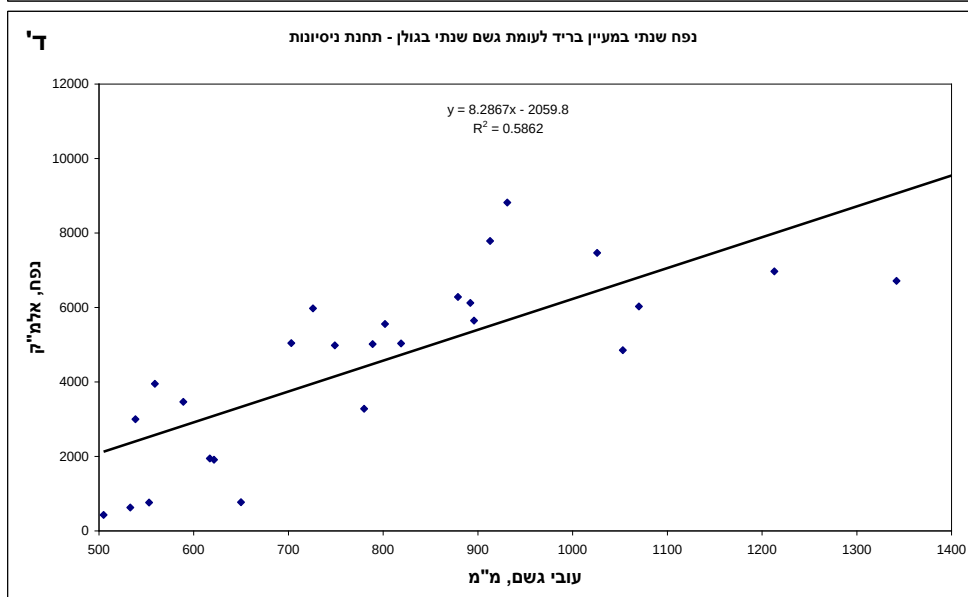
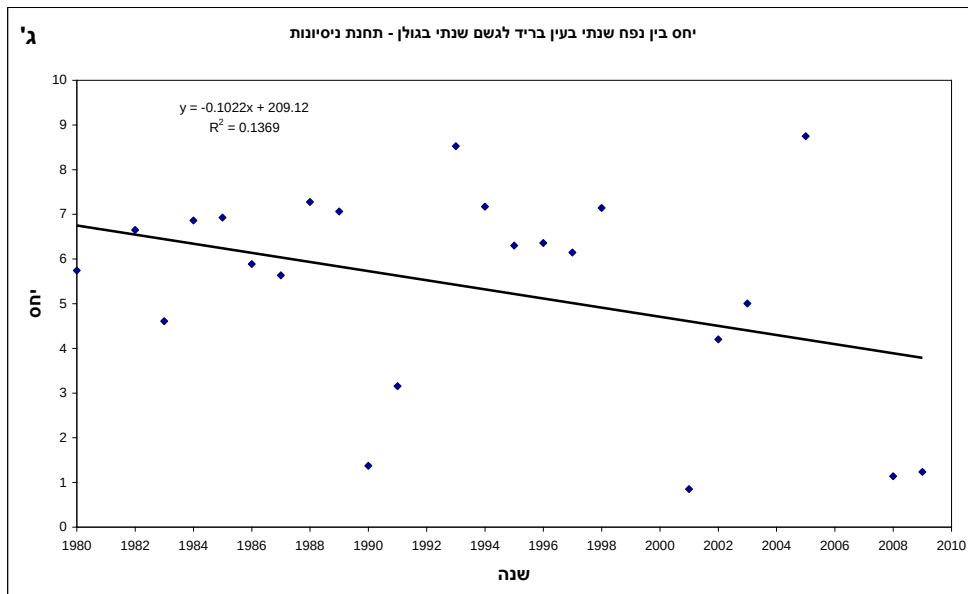
תרשים 35א-ד': מהלך הספיקה במעיין פית (א'), גשם שנתי בגולן תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



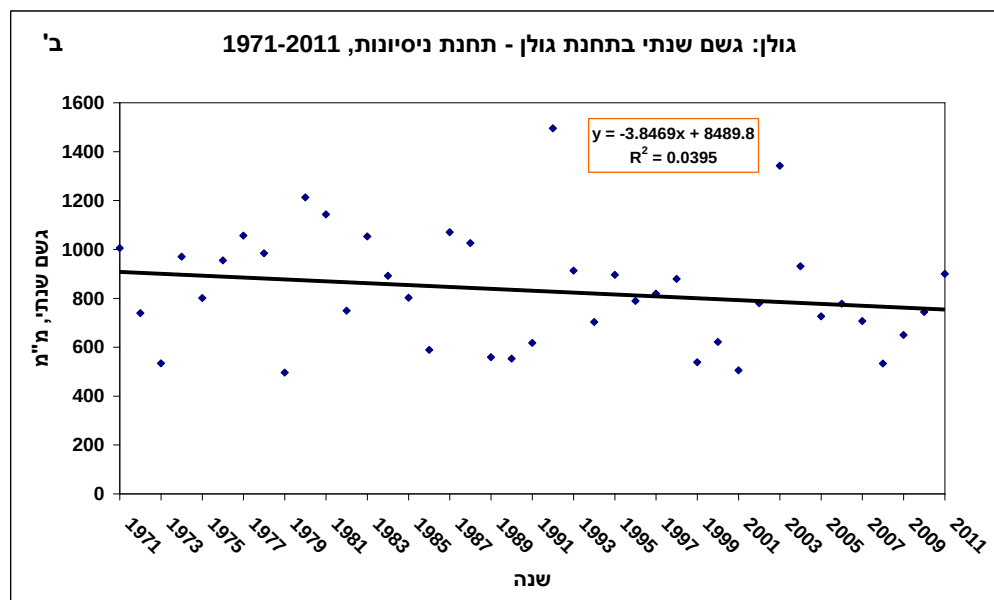
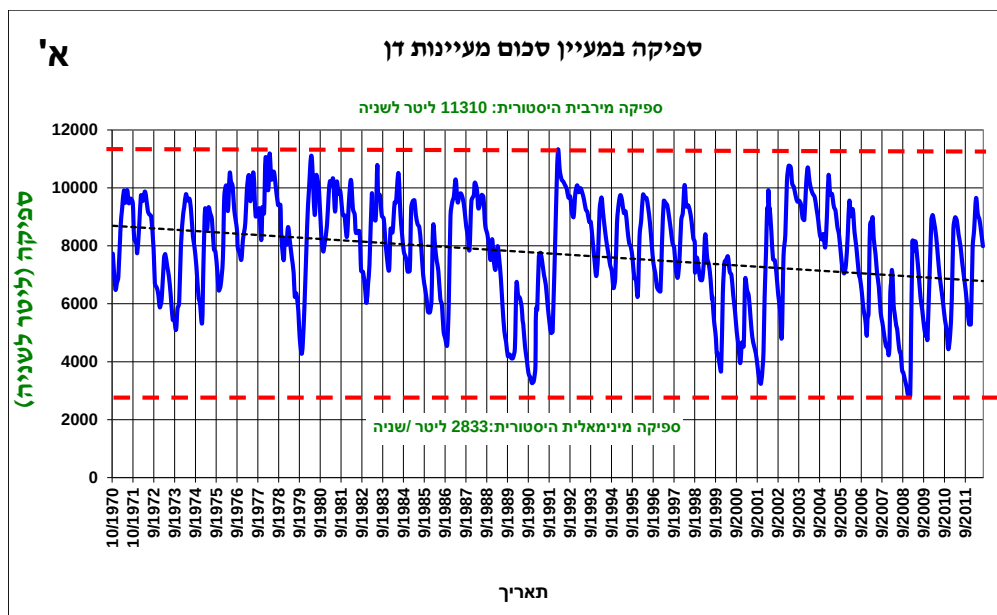


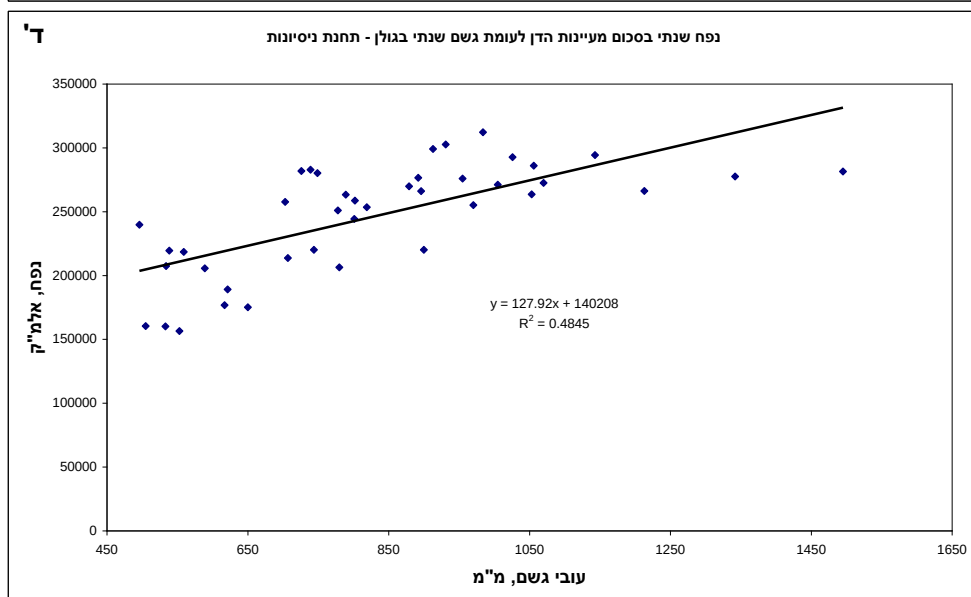
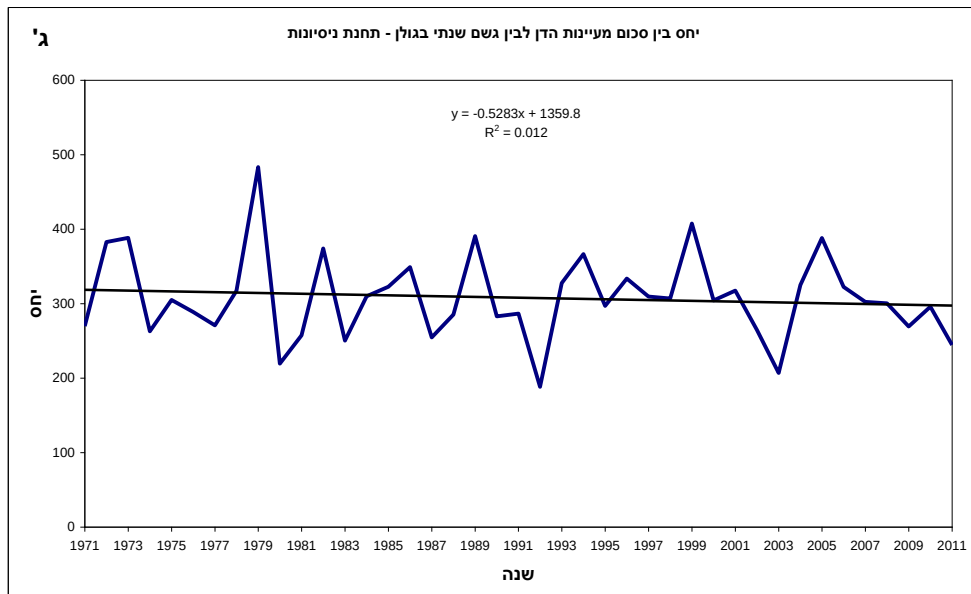
תרשים 36א-ד': מהלך הספיקה במעיין עזז (א'), גשם שנתי בגולן תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



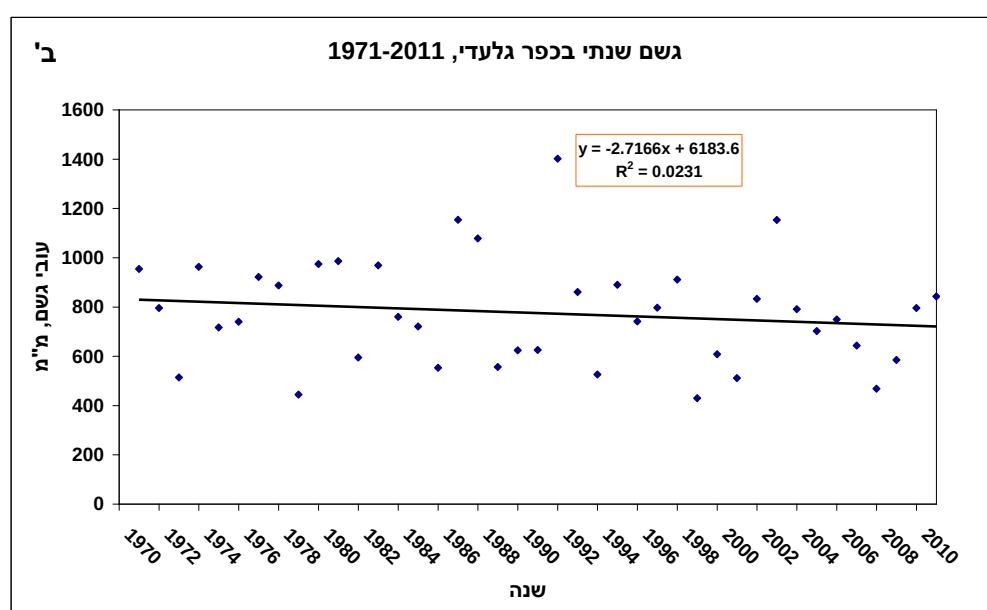
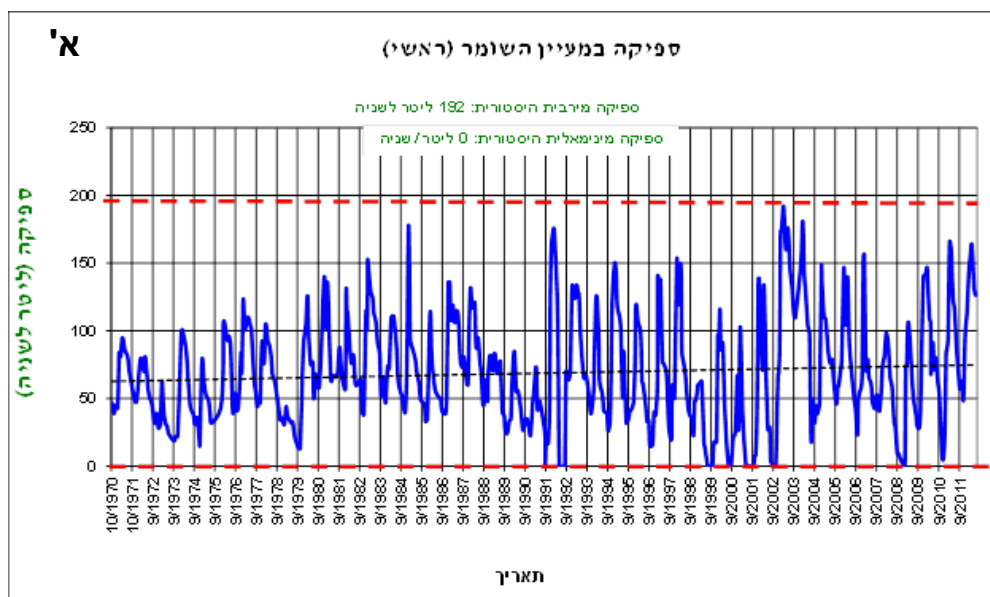


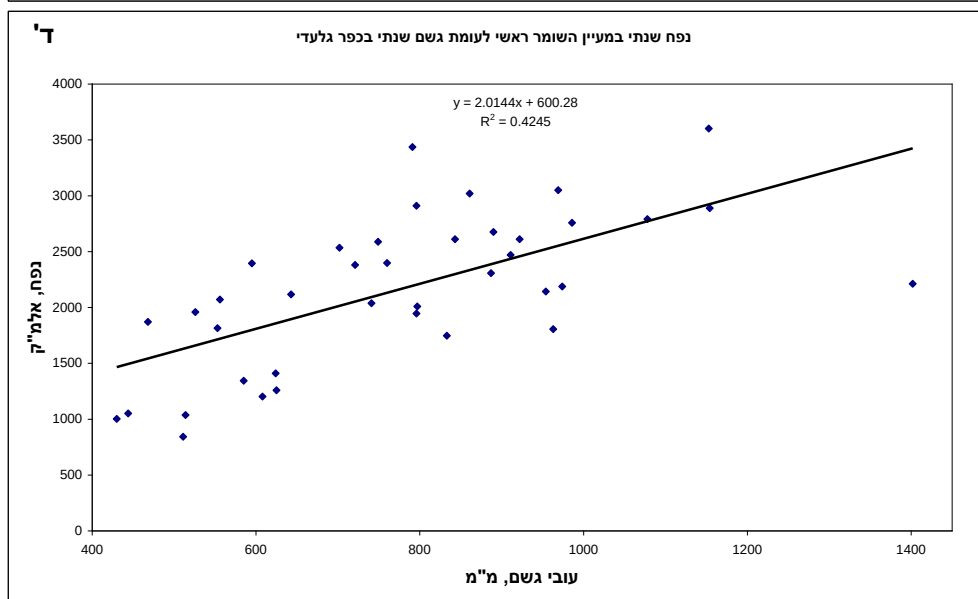
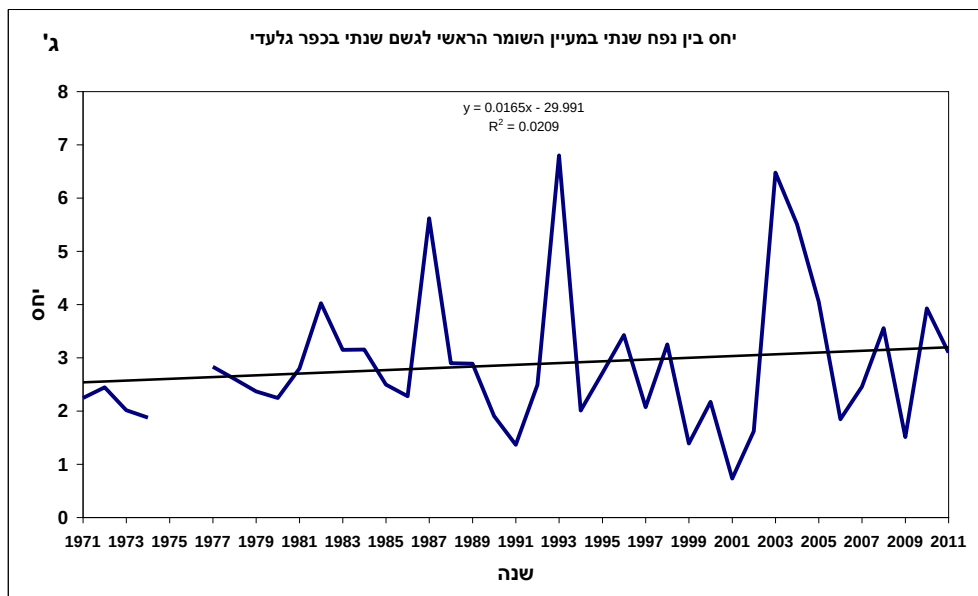
תרשים 37א-ד': מהלך הספיקה במעיין בריד (א'), גשם שנתי בגולן תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



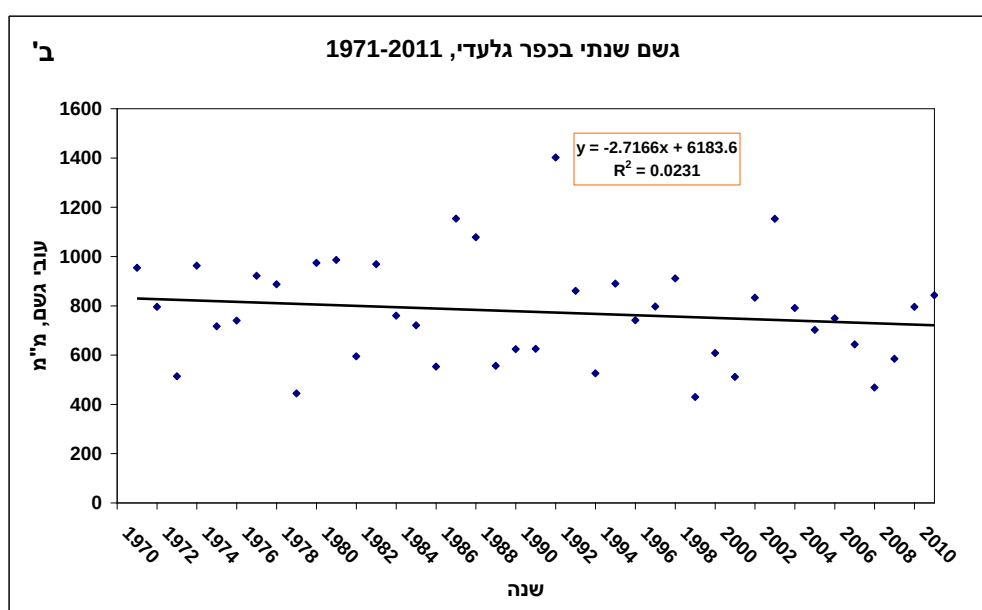
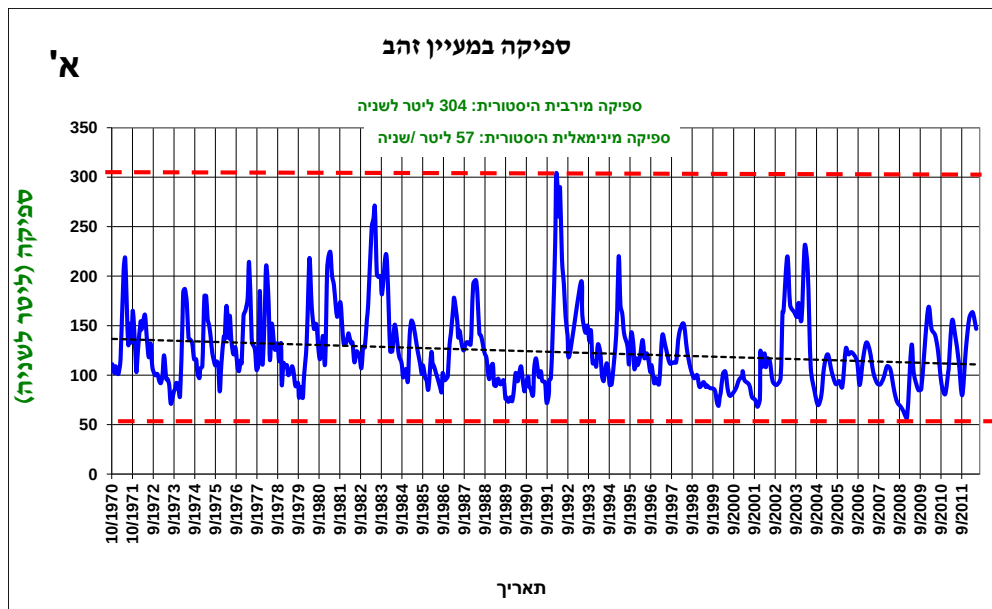


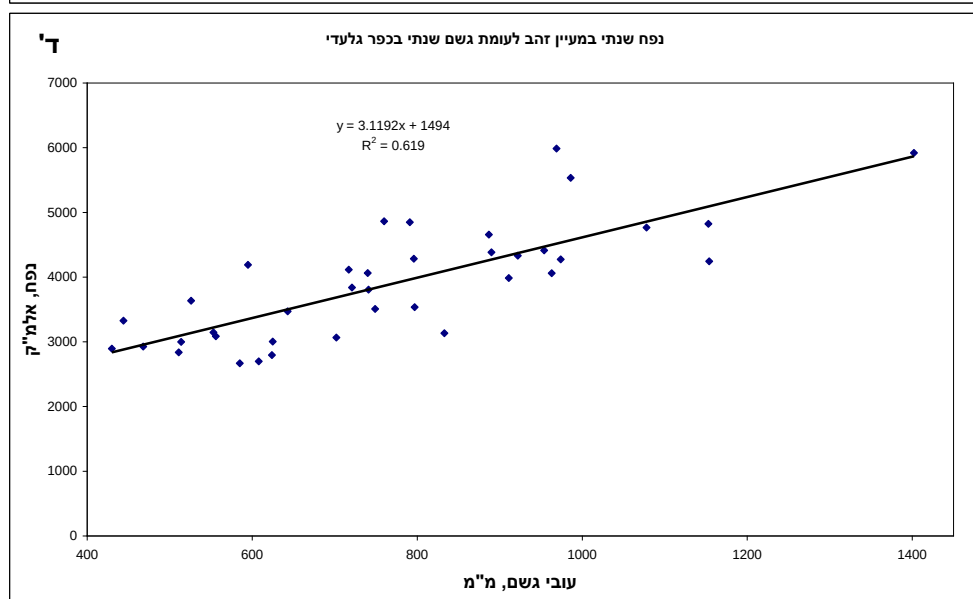
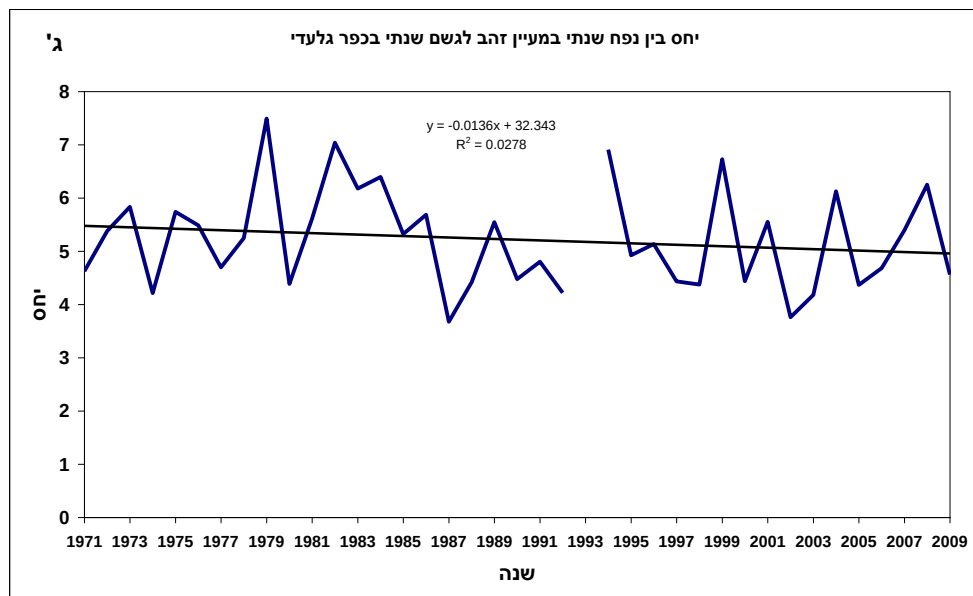
תרשים 38-ד': מהלך הספיקה במעיין סכום מעיינות הדן (א'), גשם שנתי בגולן תחנת ניסיונות (ב') המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



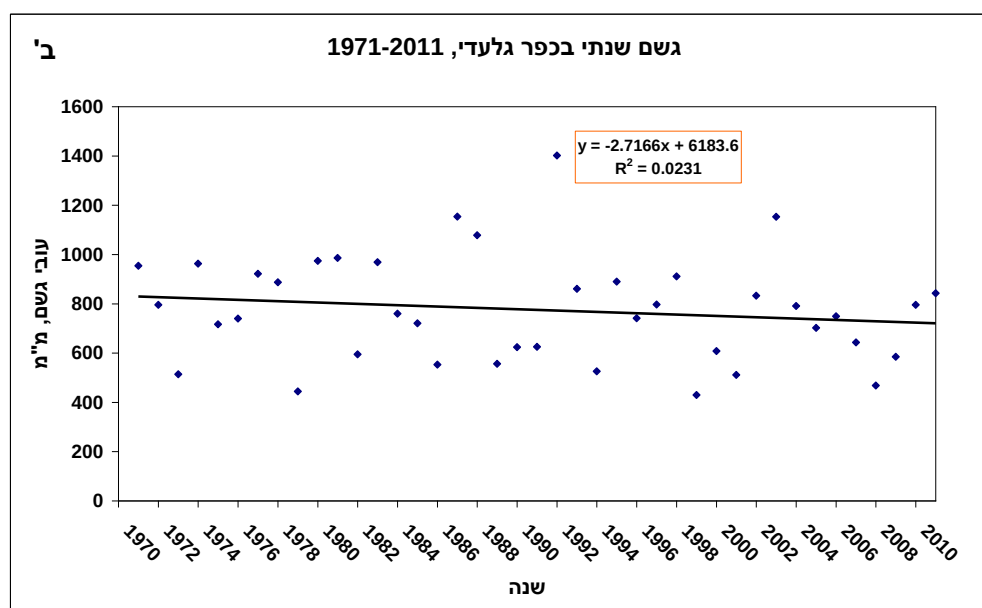


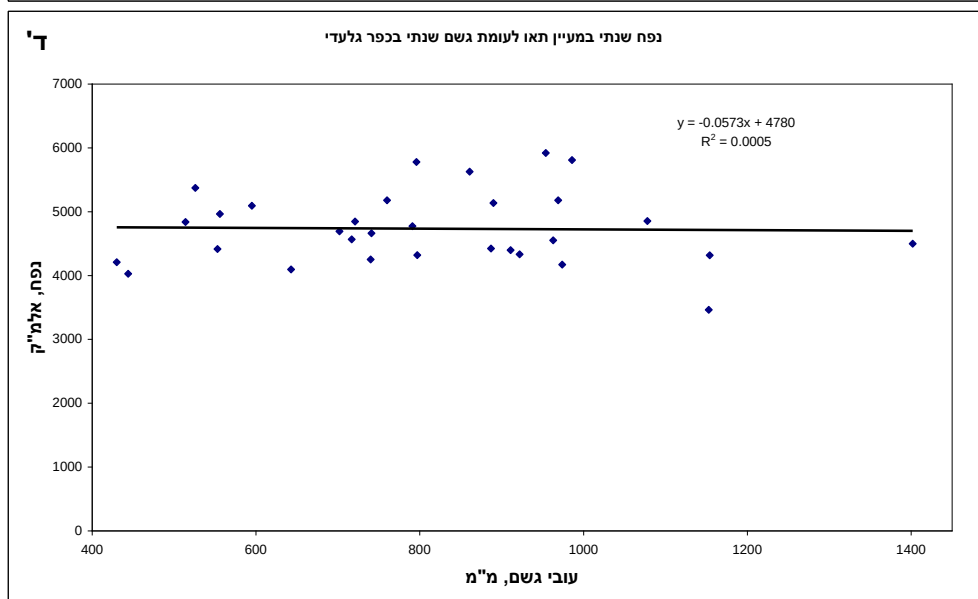
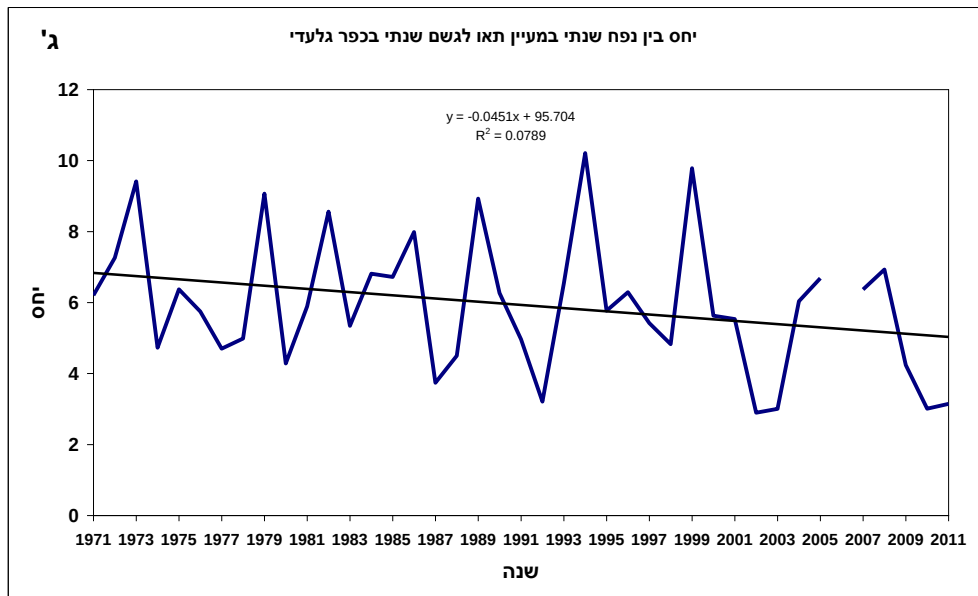
תרשים 39-א-ד': מהלך הספיקה במעיין השומר הראשי (א'), גשם שנתי בכפר גלעדי (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



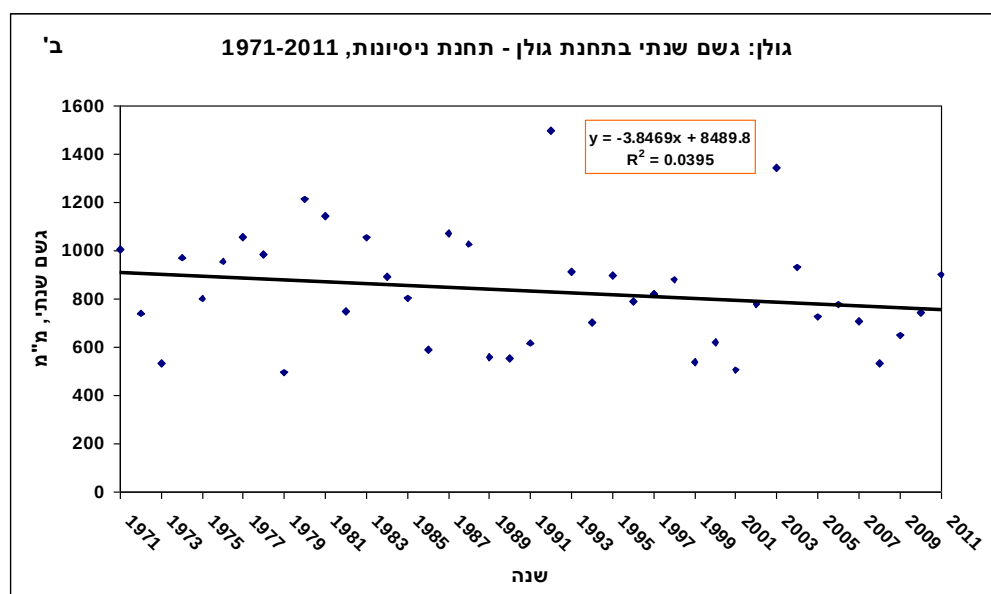
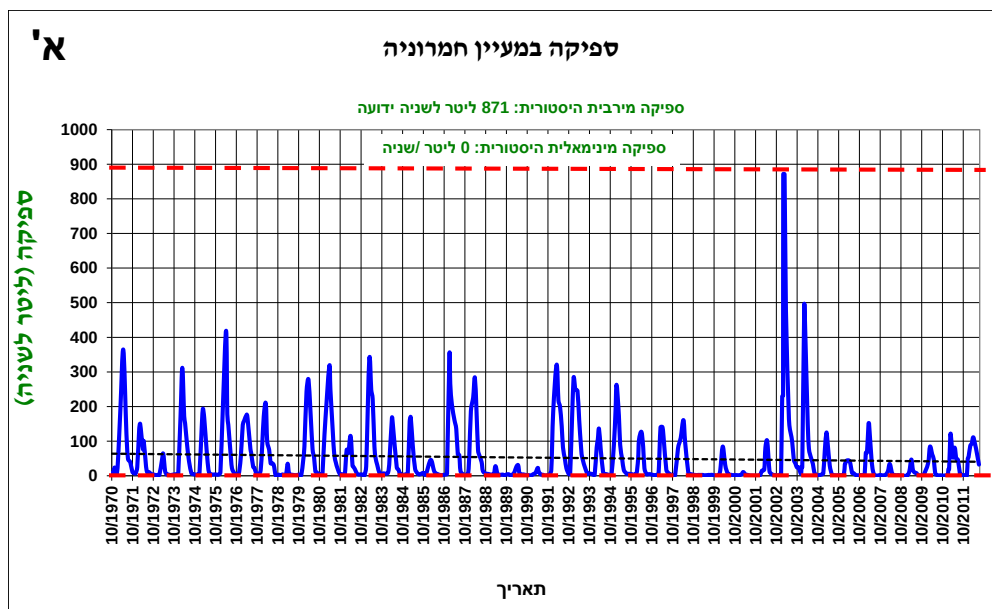


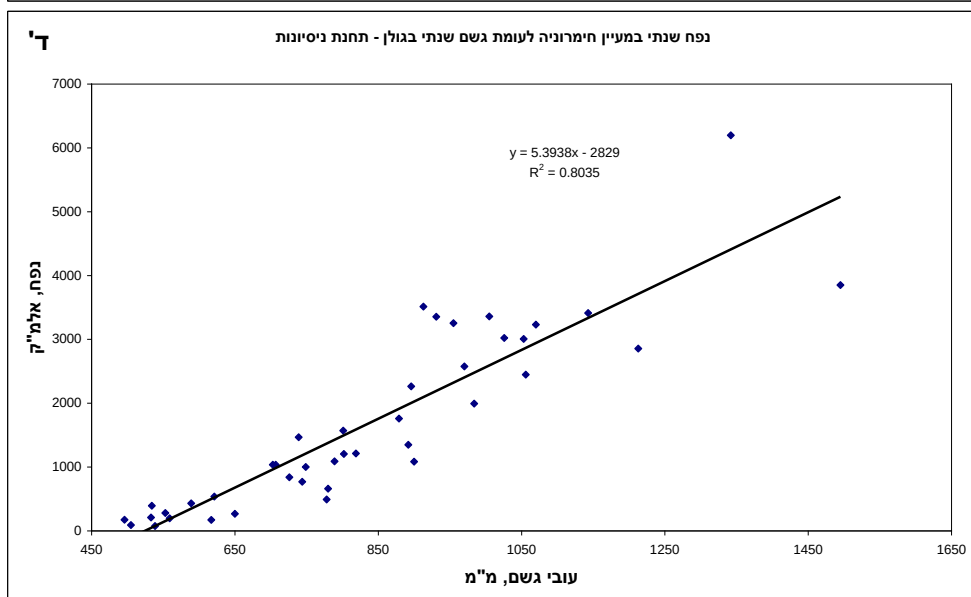
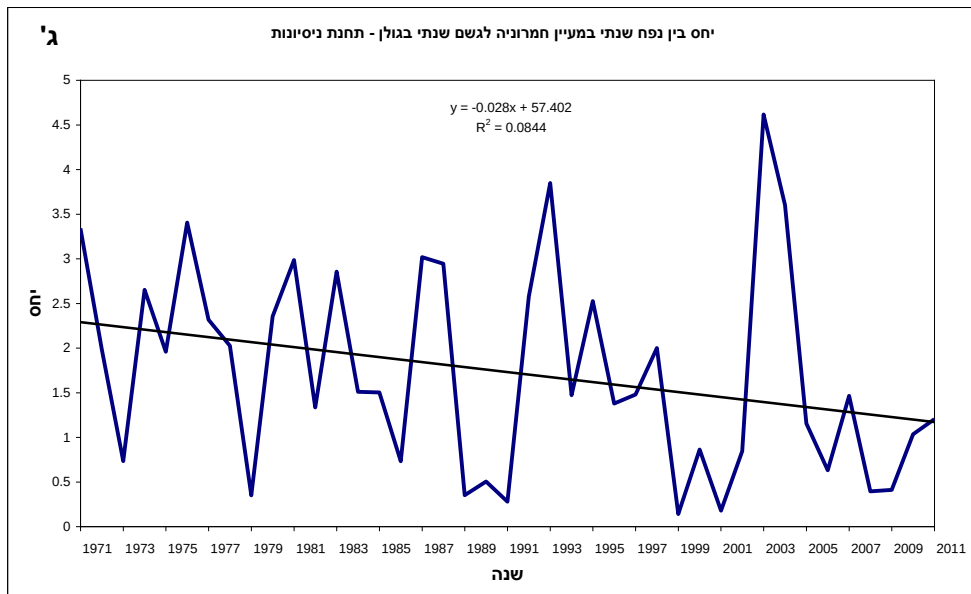
תרשים 40א-ד': מהלך הספיקה במעיין זהב (א'), גשם שנתי בכפר גלעדי (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



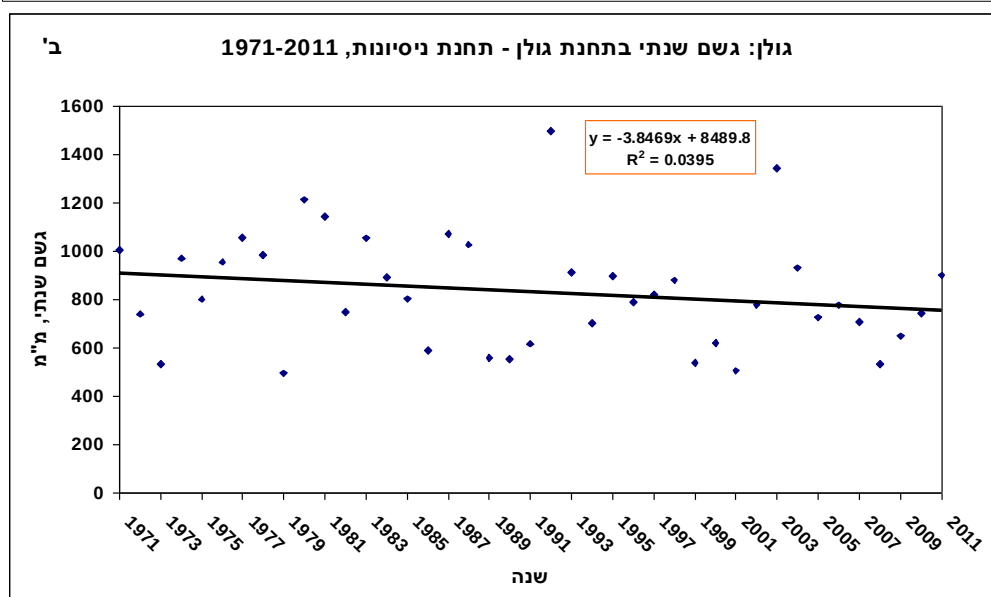
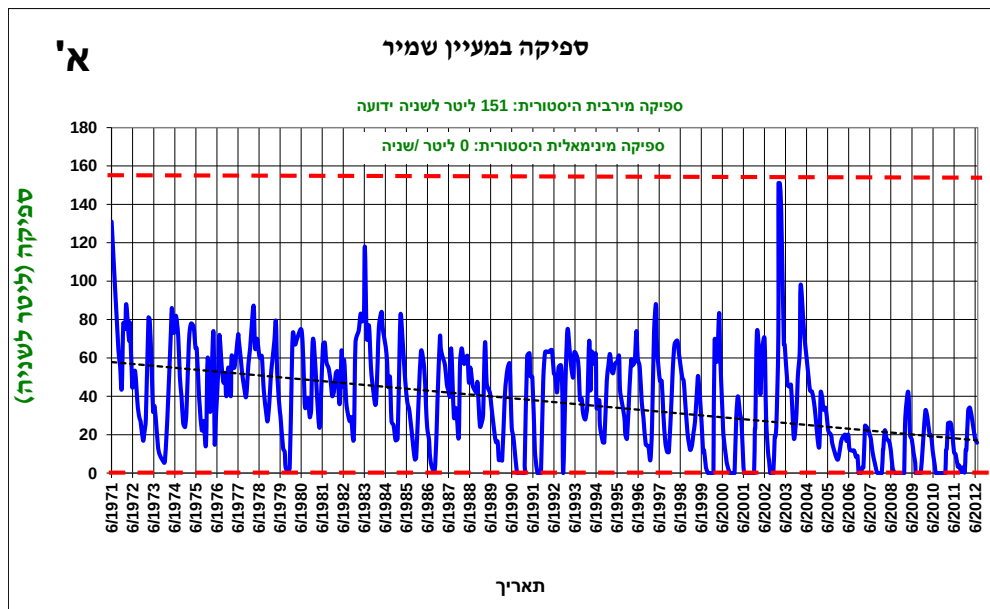


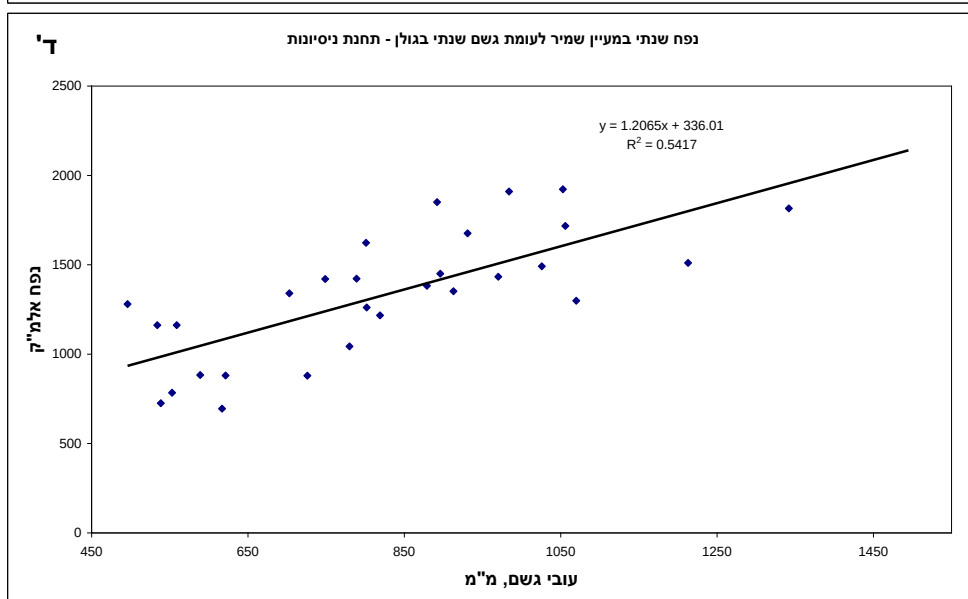
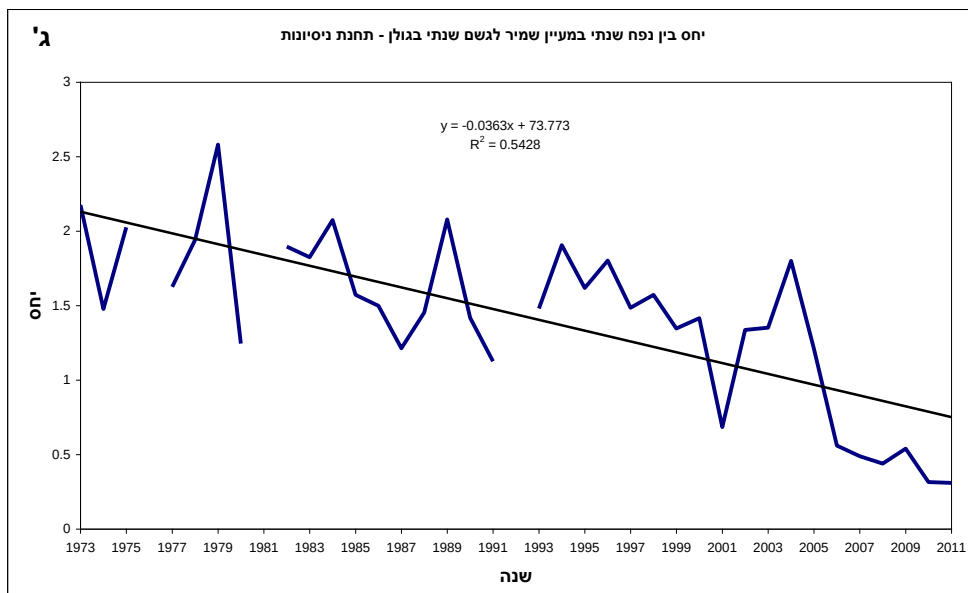
תרשים 41-ד': מהלך הספיקה במעיין תאו (א'), גשם שנתי בכפר גלעדי (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



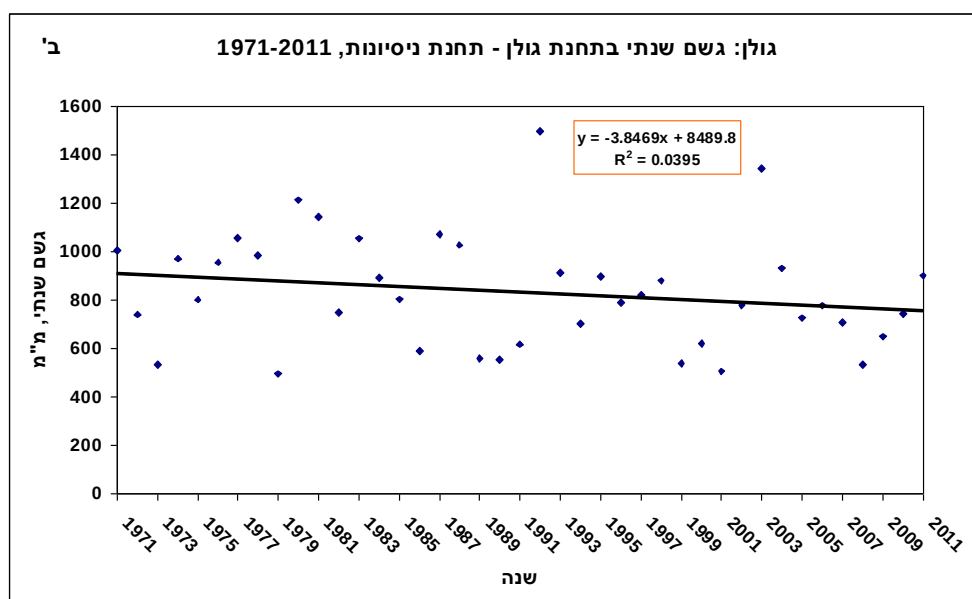
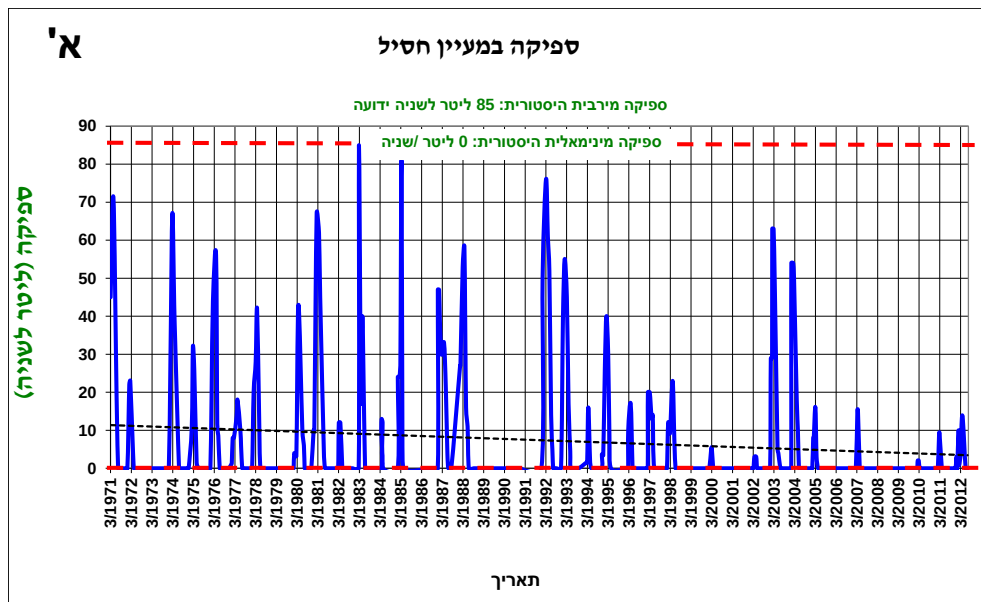


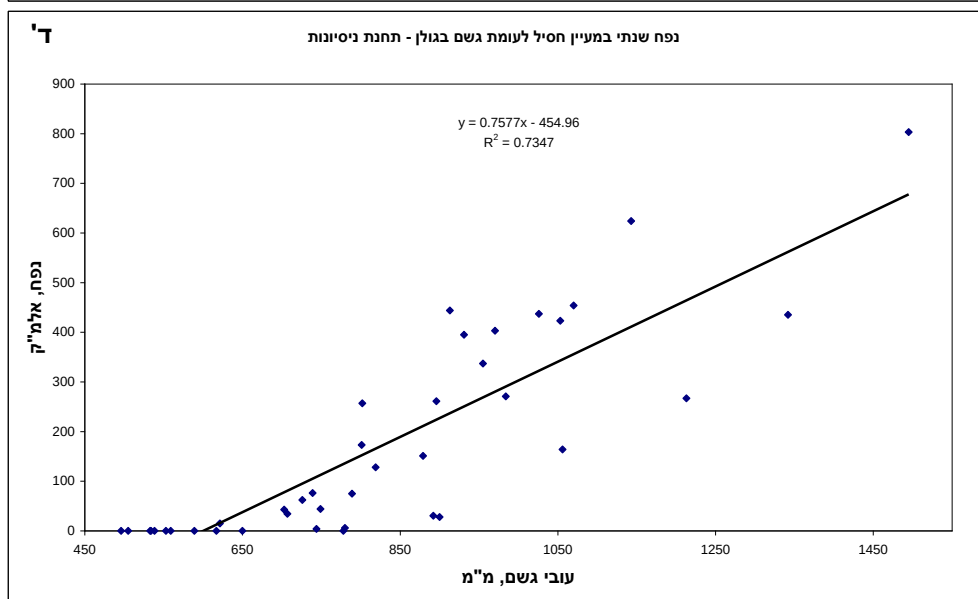
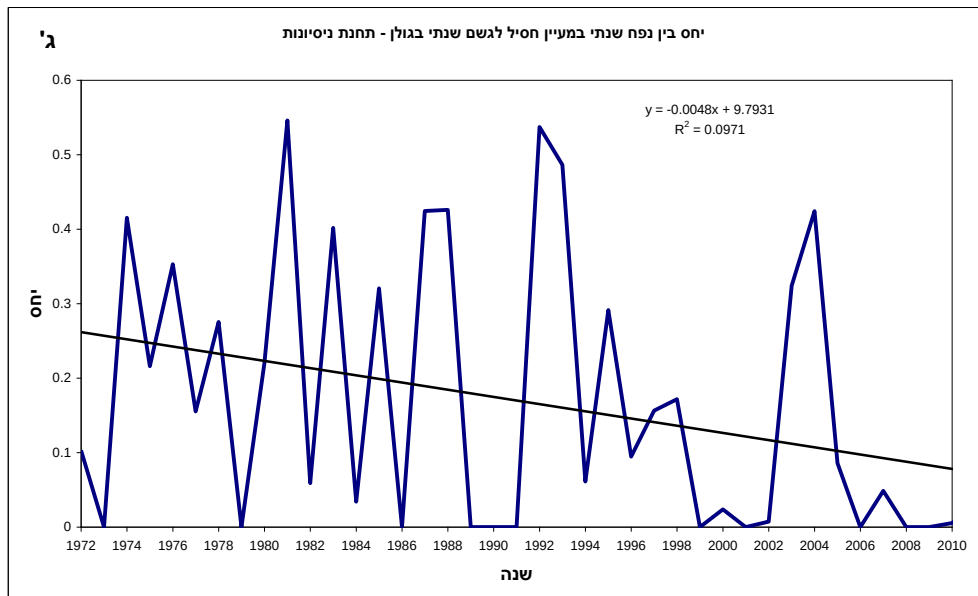
תרשים 42א-ד': מהלך הספיקה במעיין חמרוניה (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג) ויחס גשם שפיעה (ד').



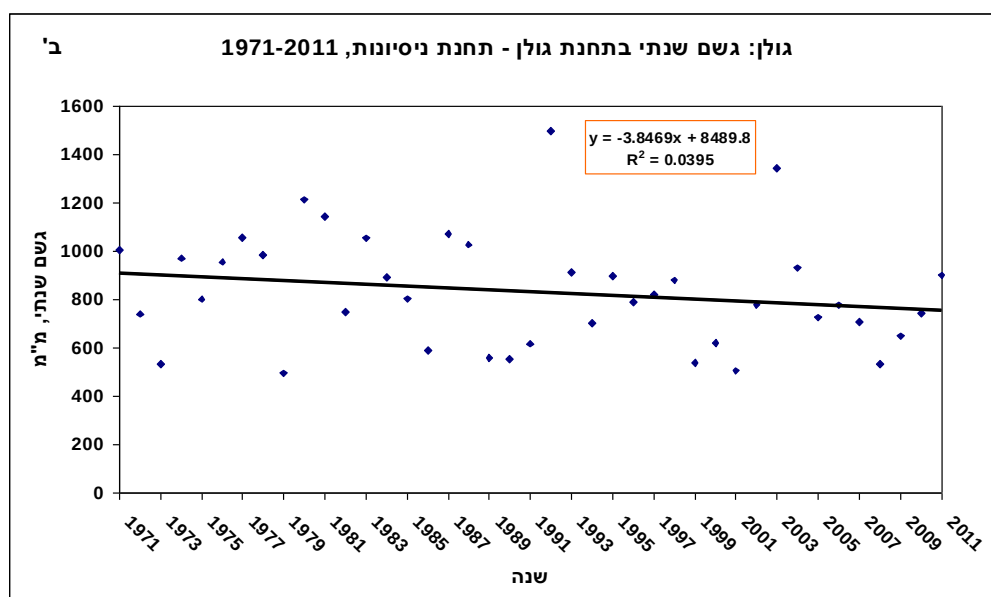
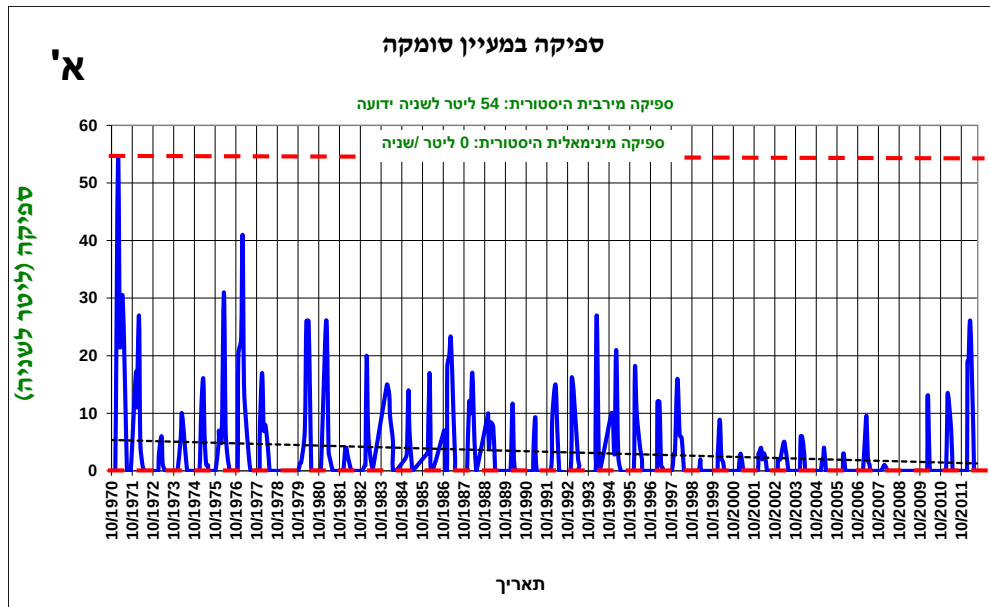


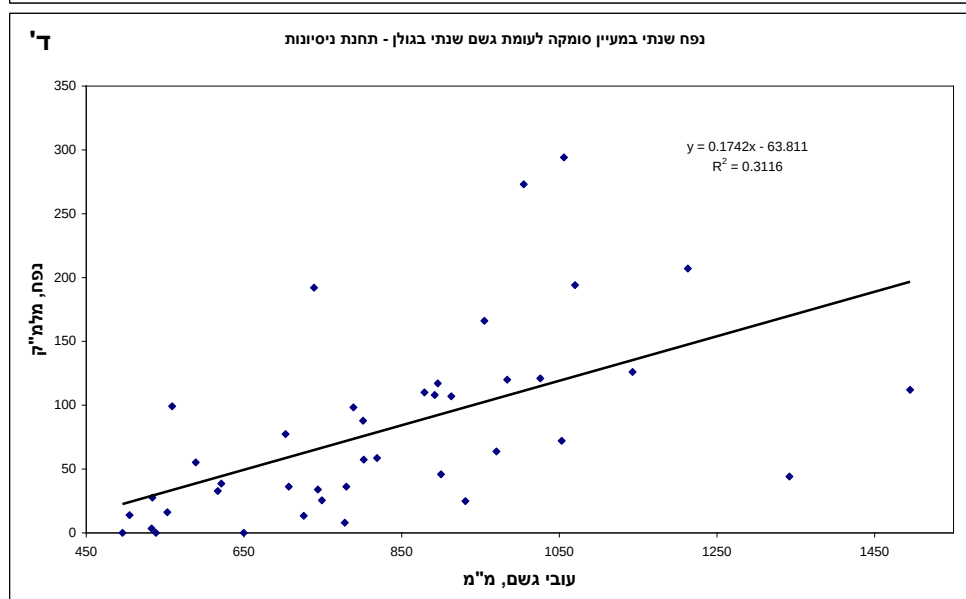
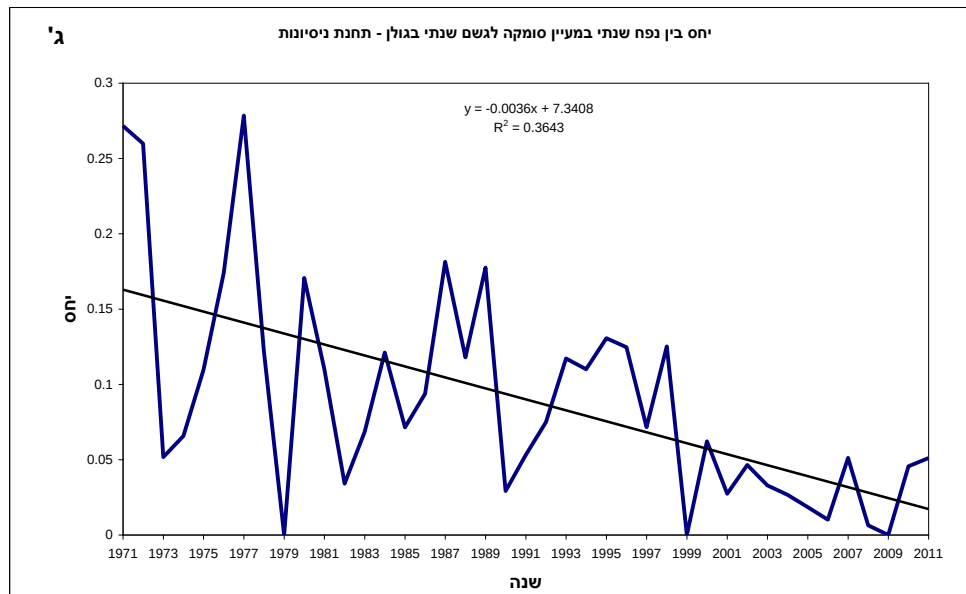
תרשים 43-ד': מהלך הספיקה במעיין שמיר (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה.



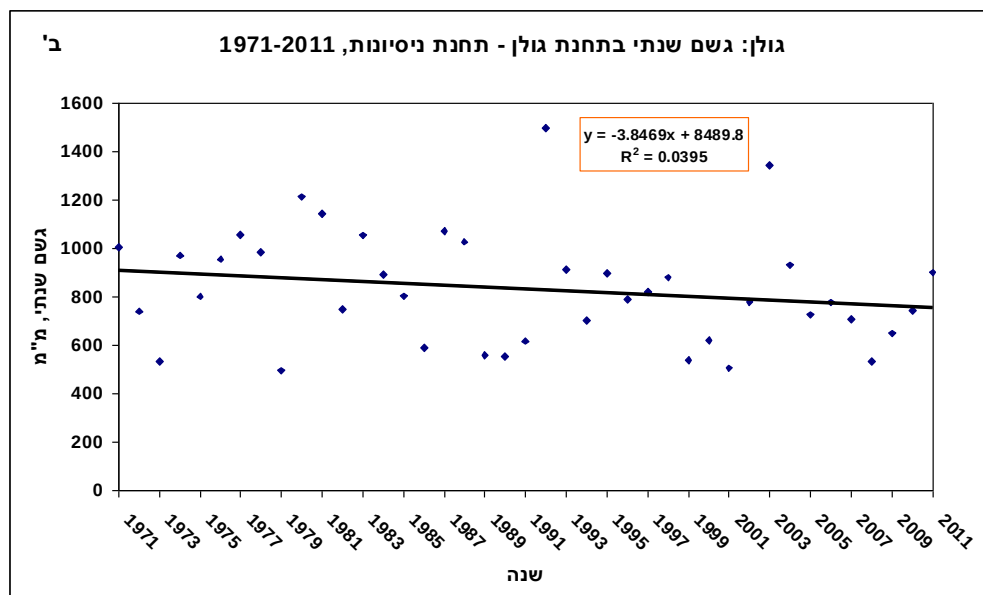
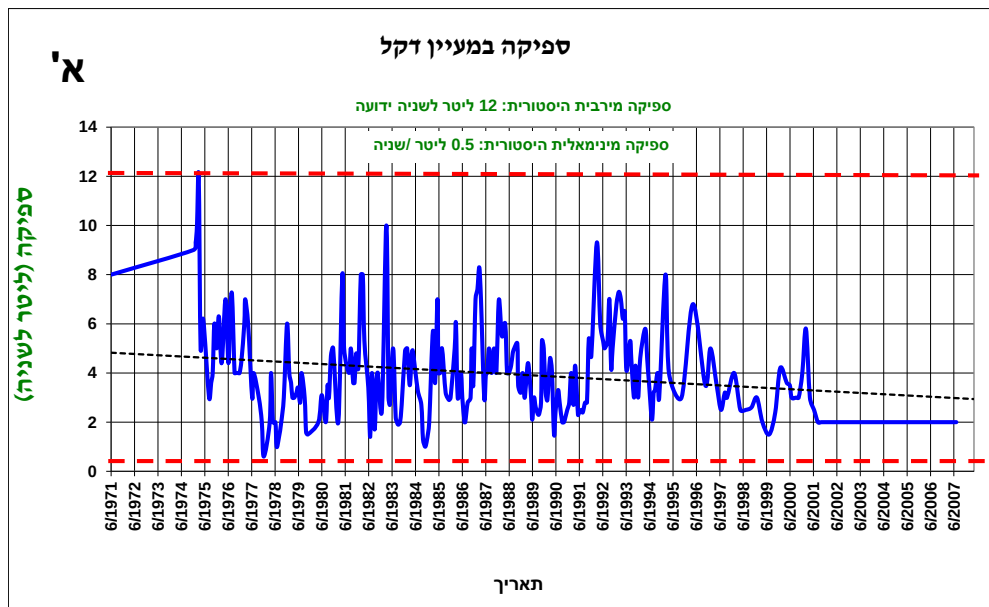


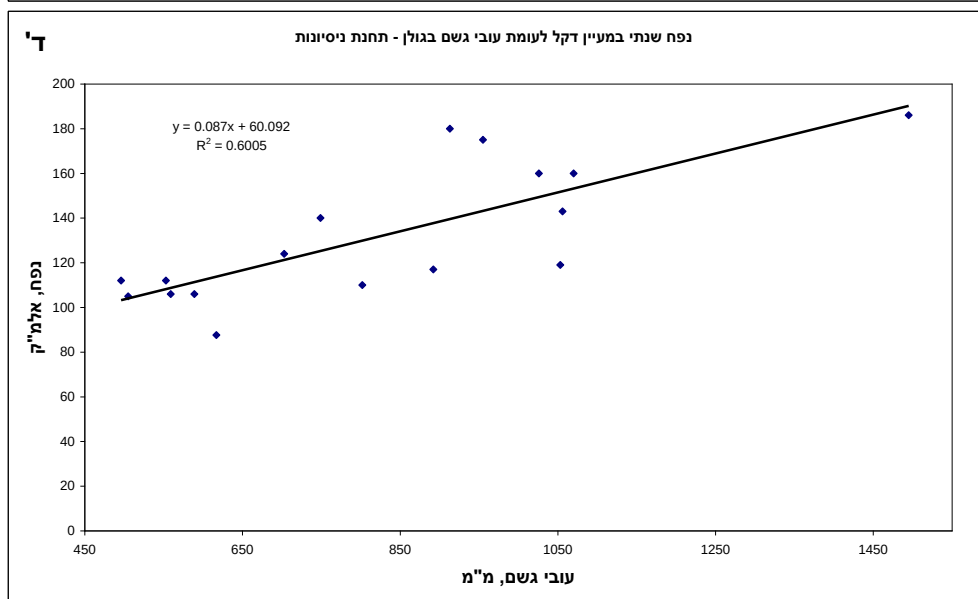
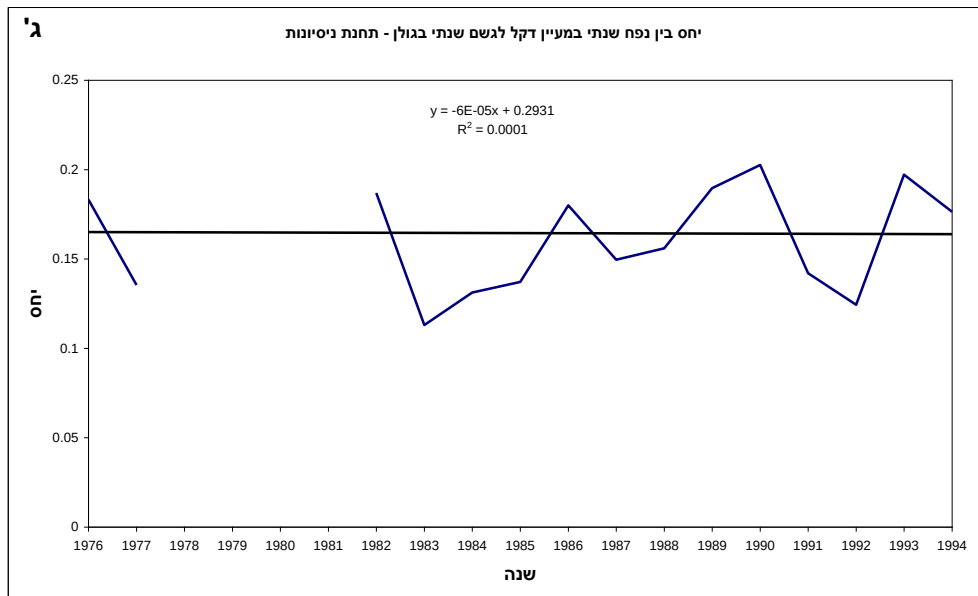
תרשים 44-ד': מהלך הספיקה במעיין חסיל (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



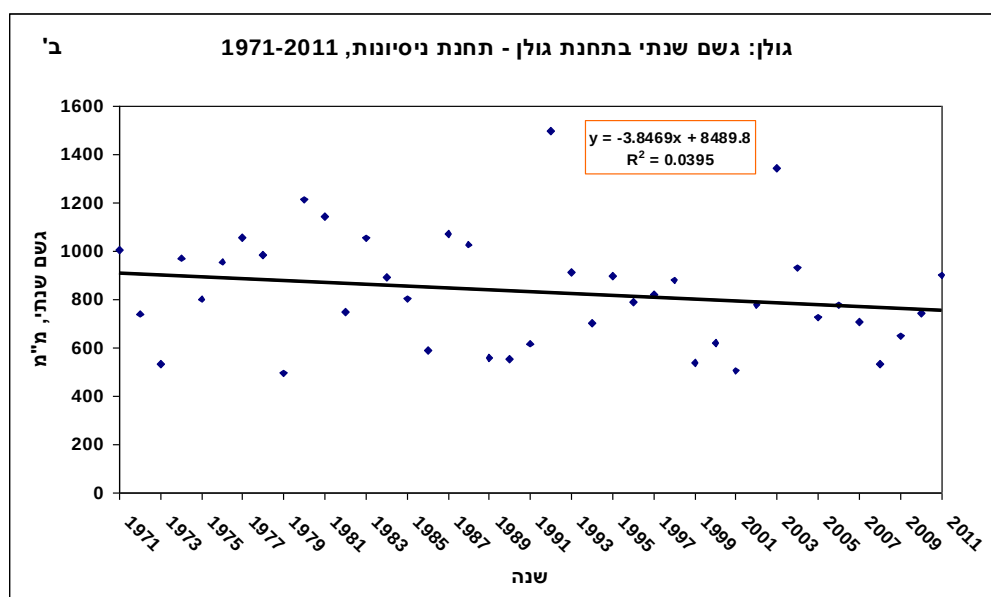
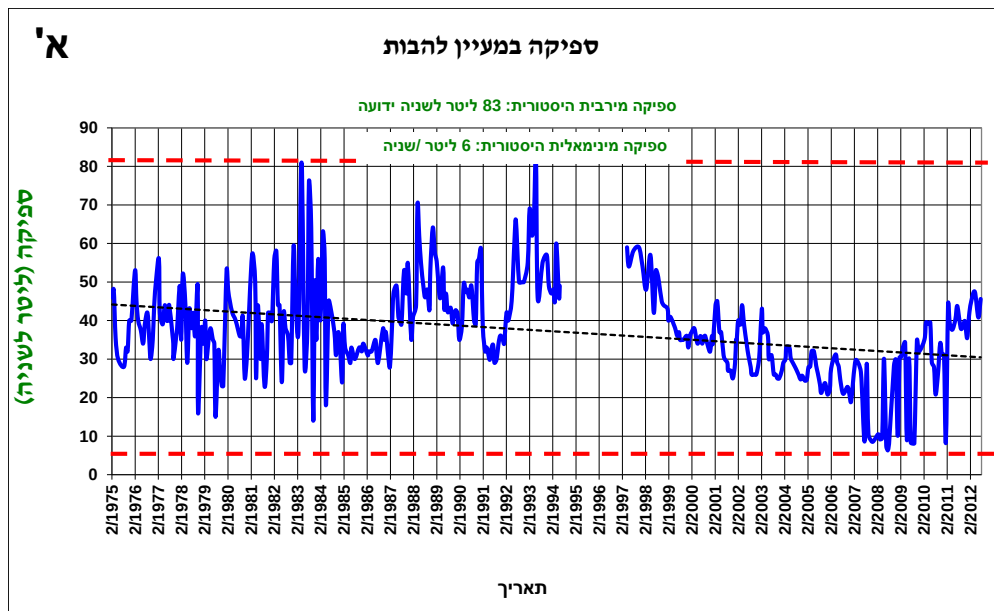


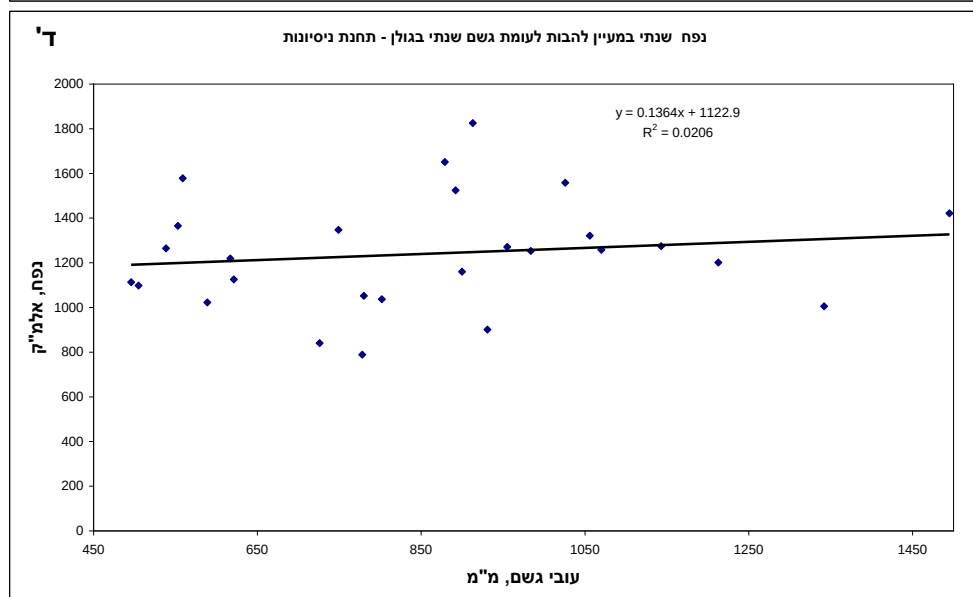
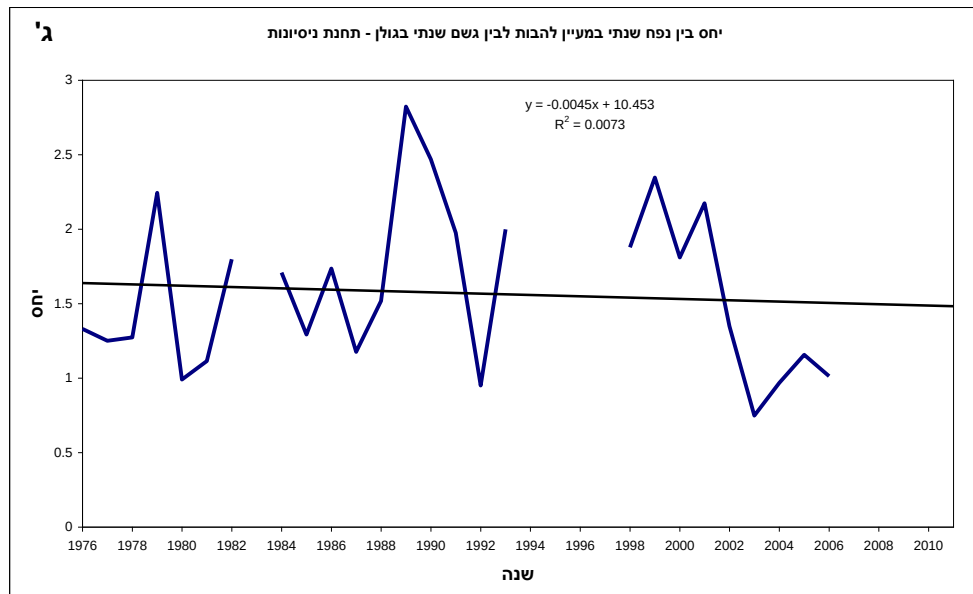
תרשים 45-ד': מהלך הספיקה במעיין סומקה (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



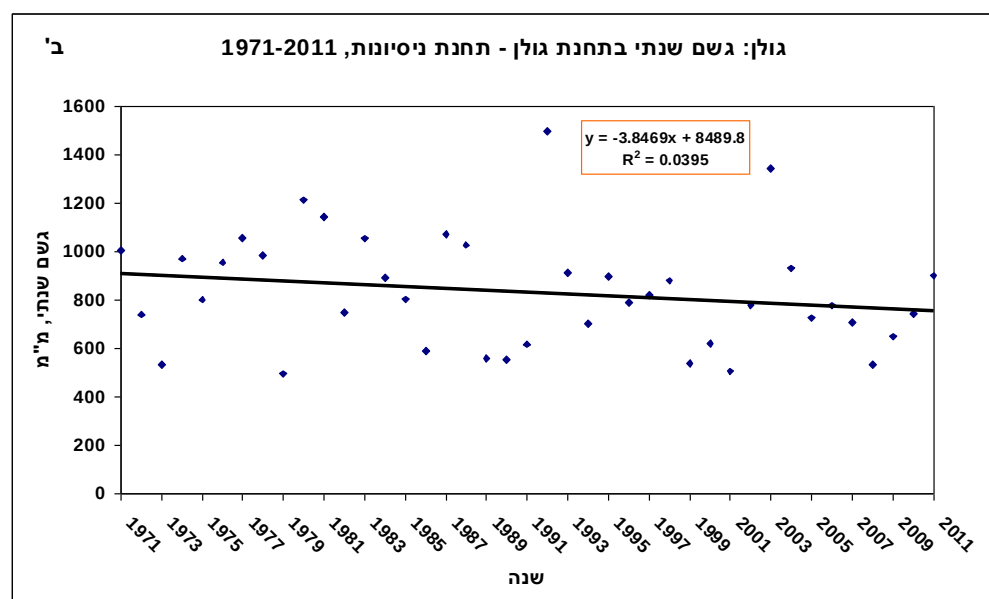
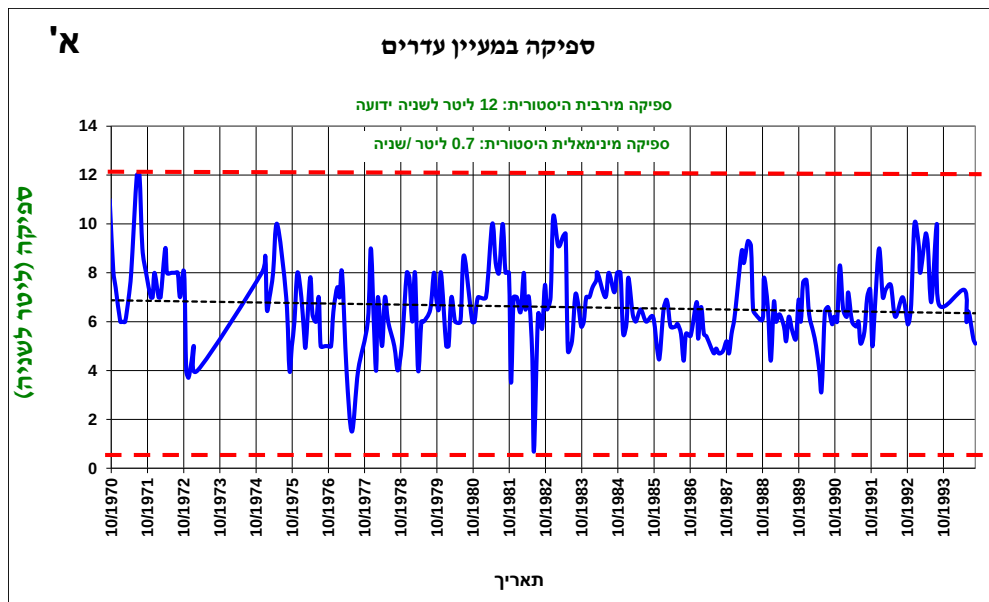


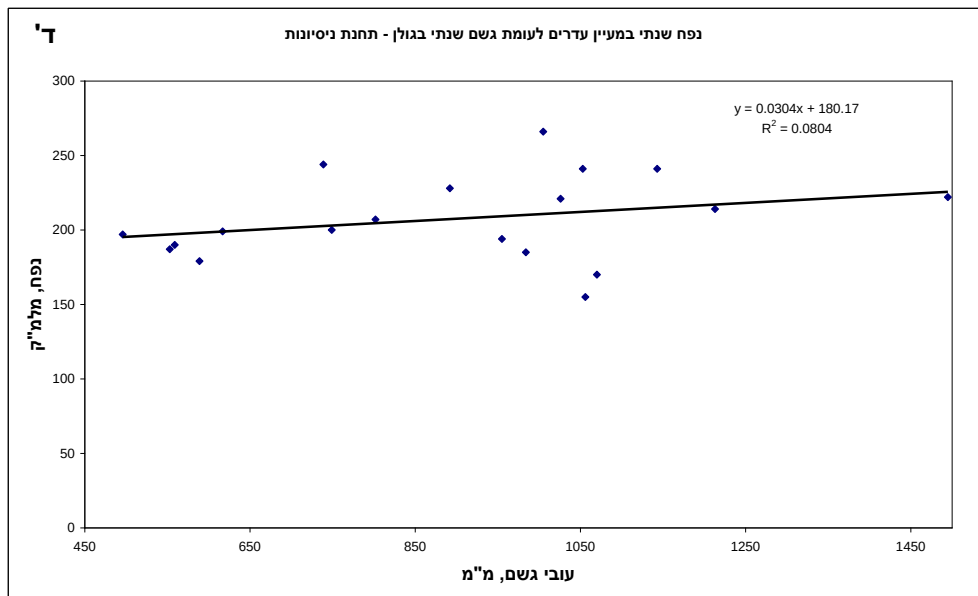
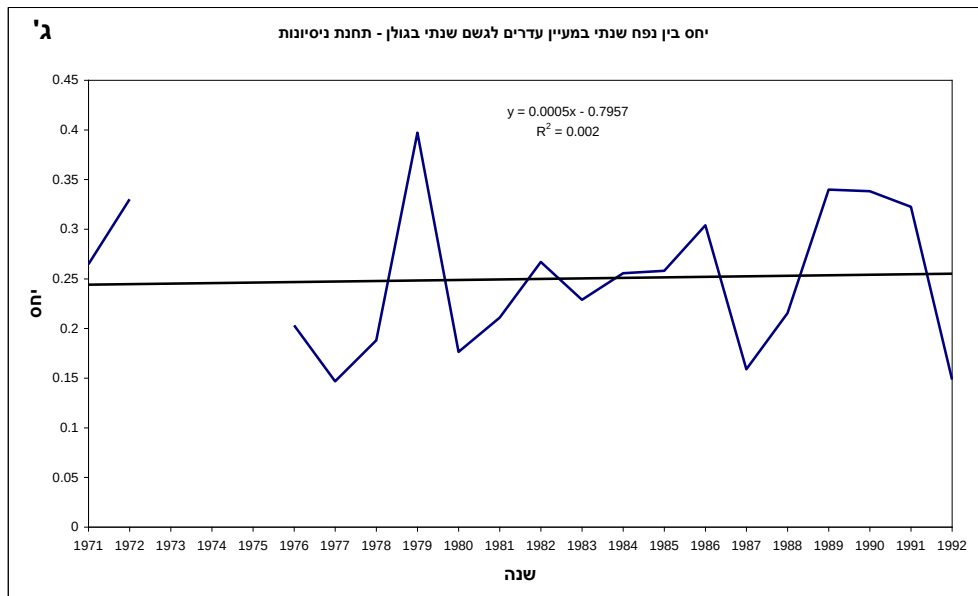
תרשים 46א-ד': מהלך הספיקה במעיין דקל (א') הגשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



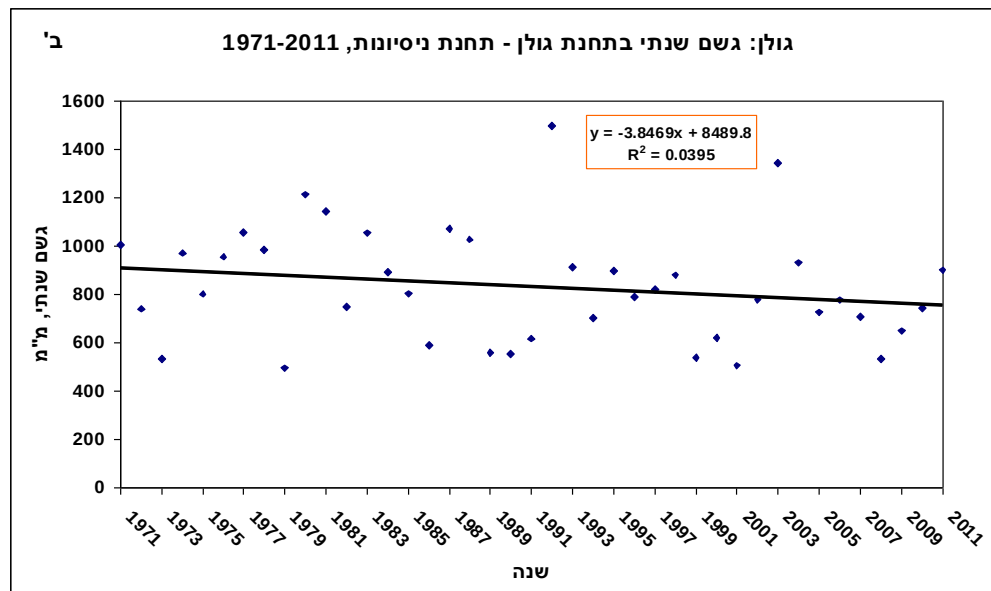
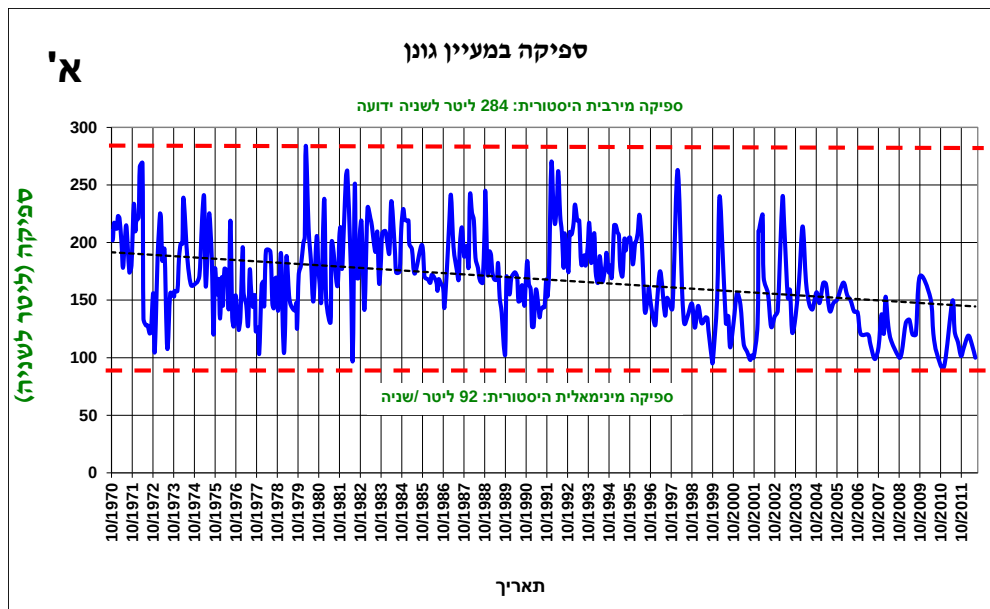


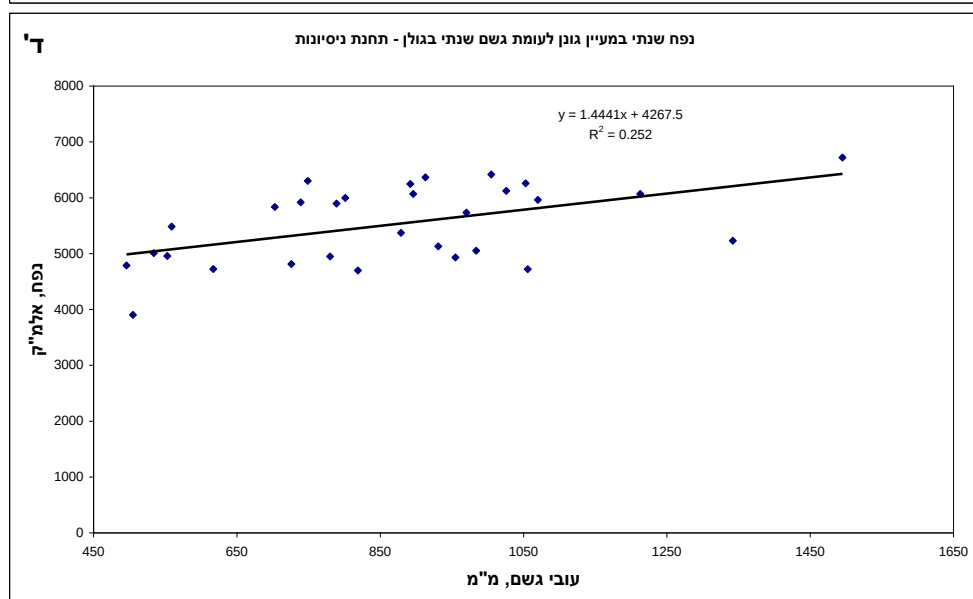
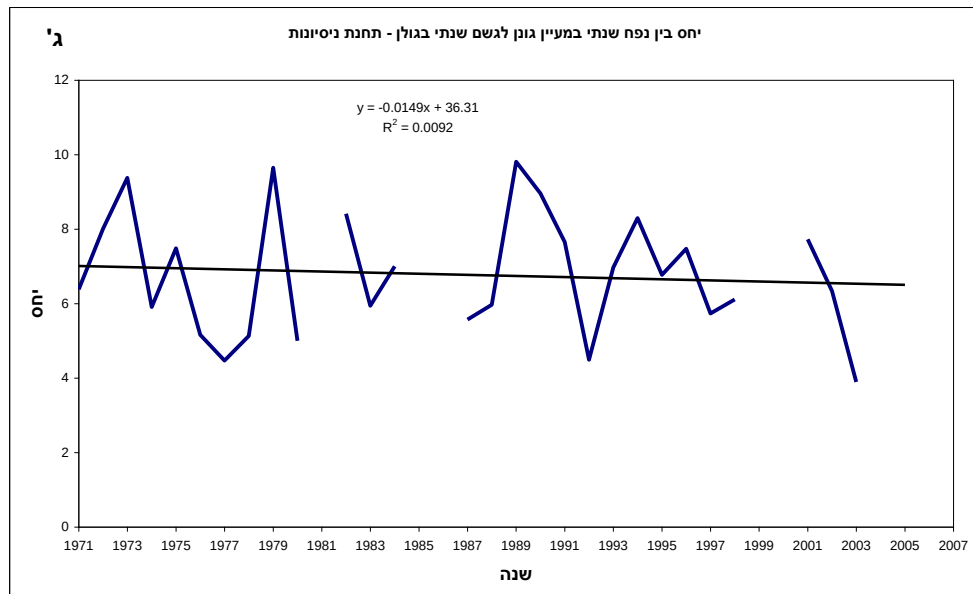
תרשים 47א- ג': מהלך הספיקה במעיין להבות (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



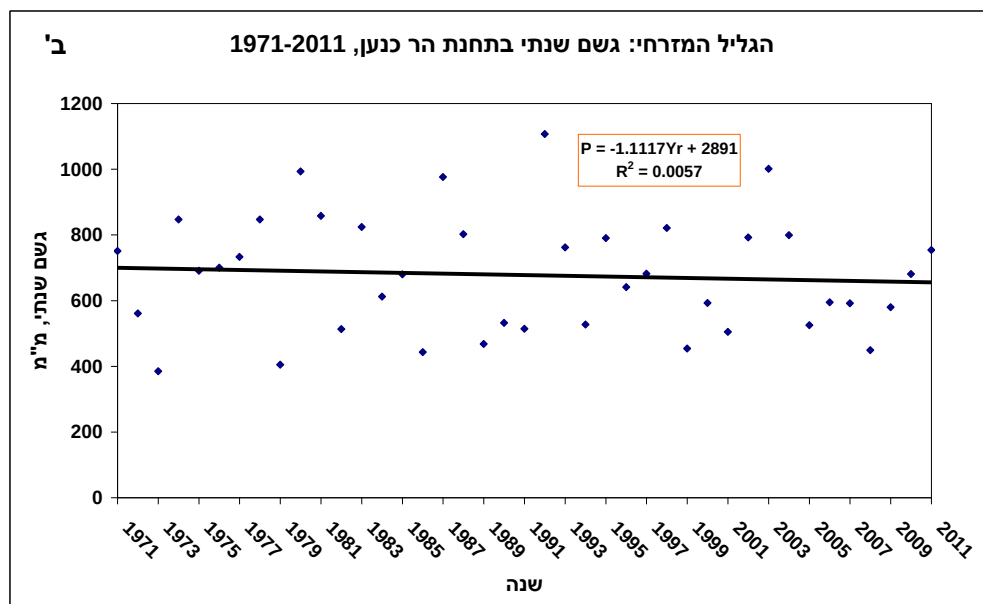
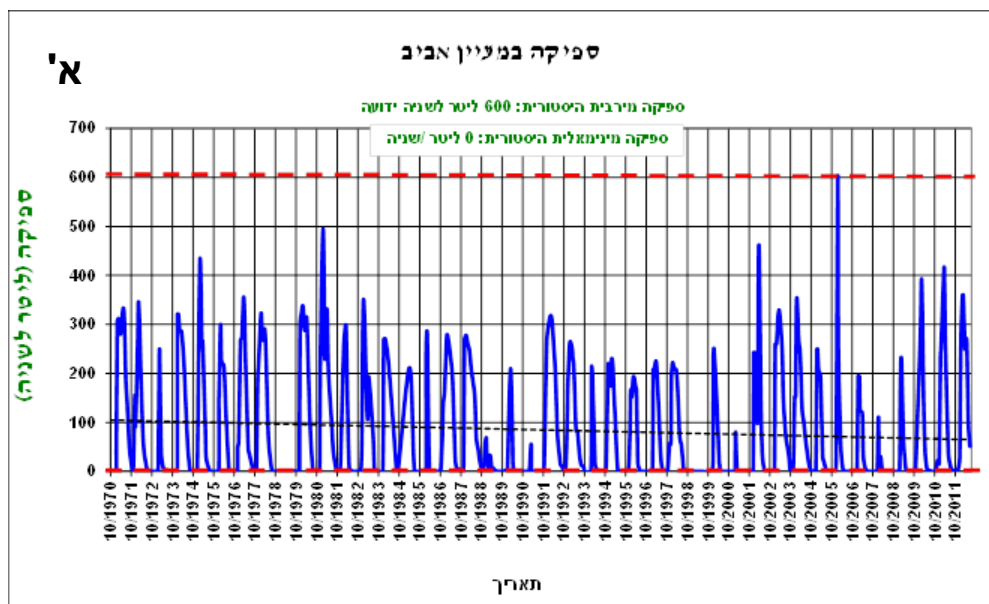


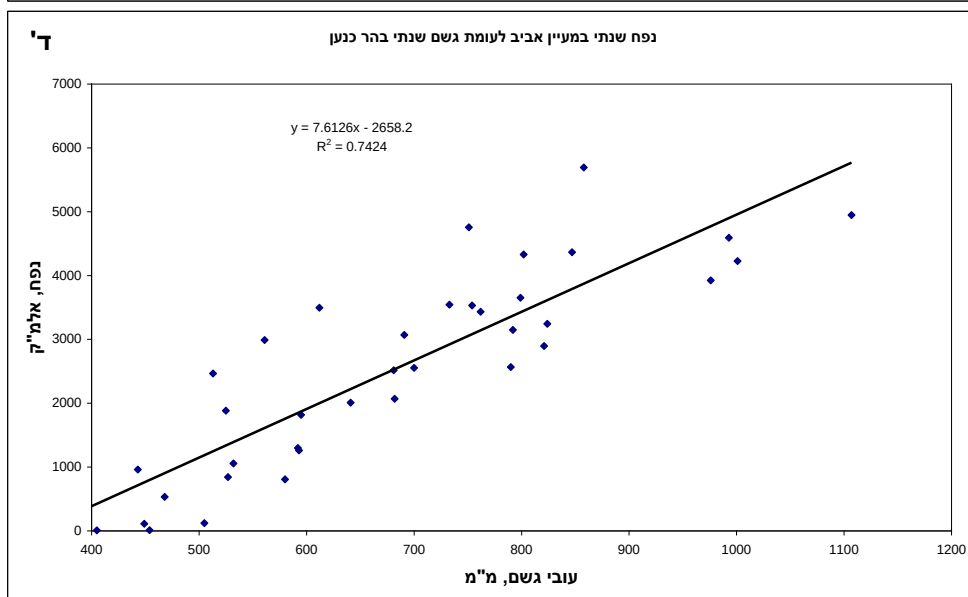
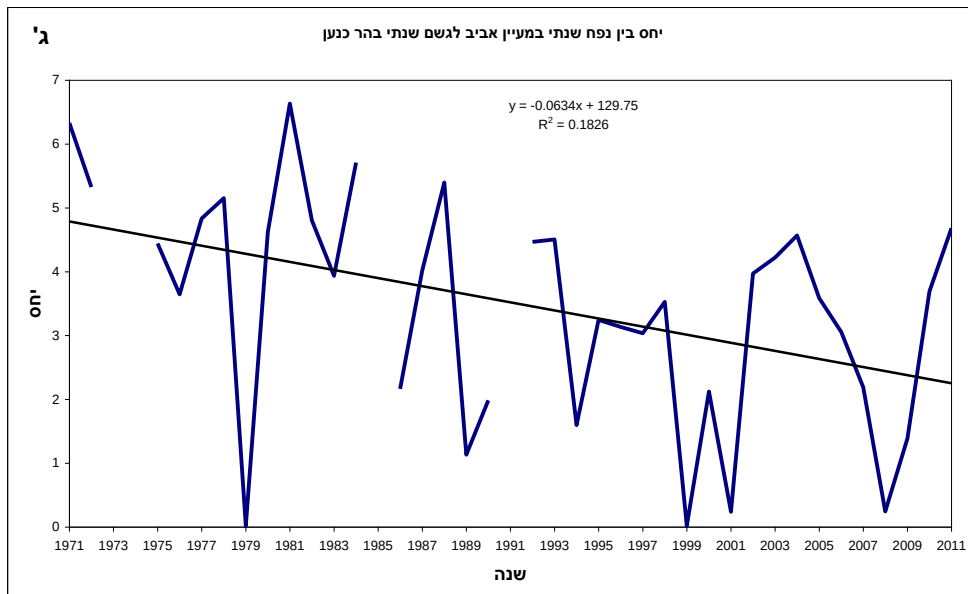
תרשים 48א- ד': מהלך הספיקה במעיין עדרים (א'), הגשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



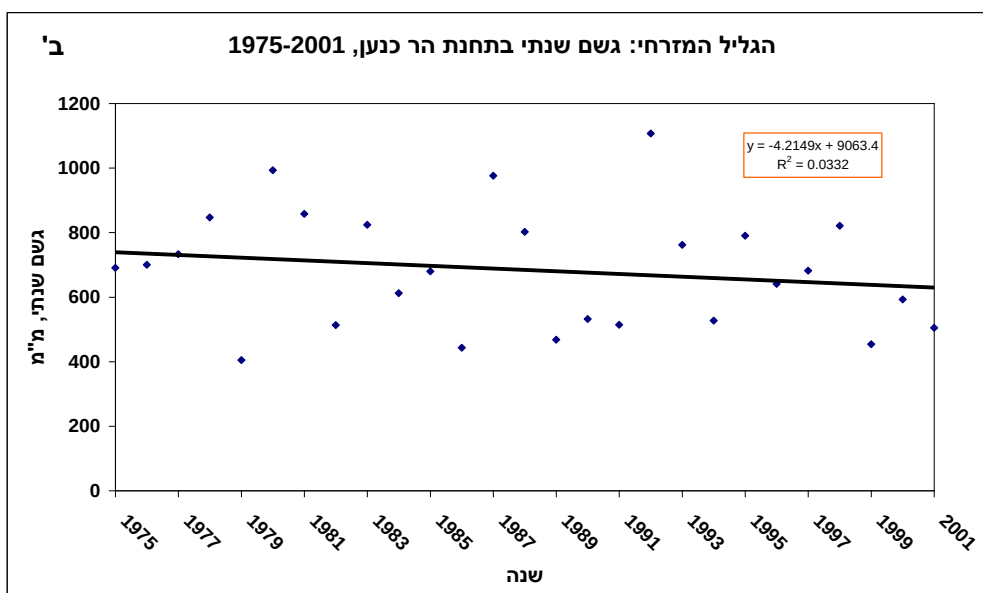
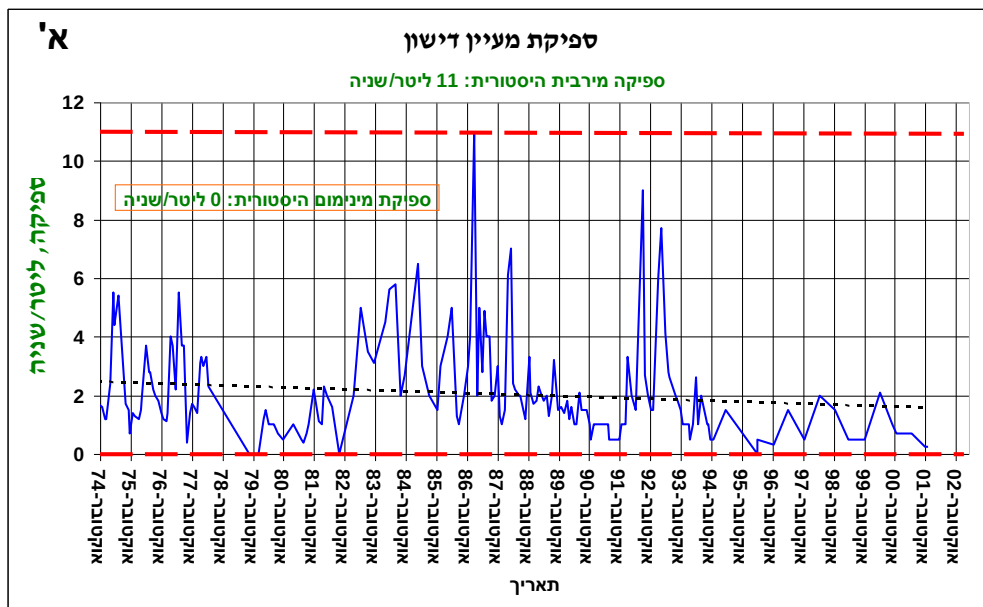


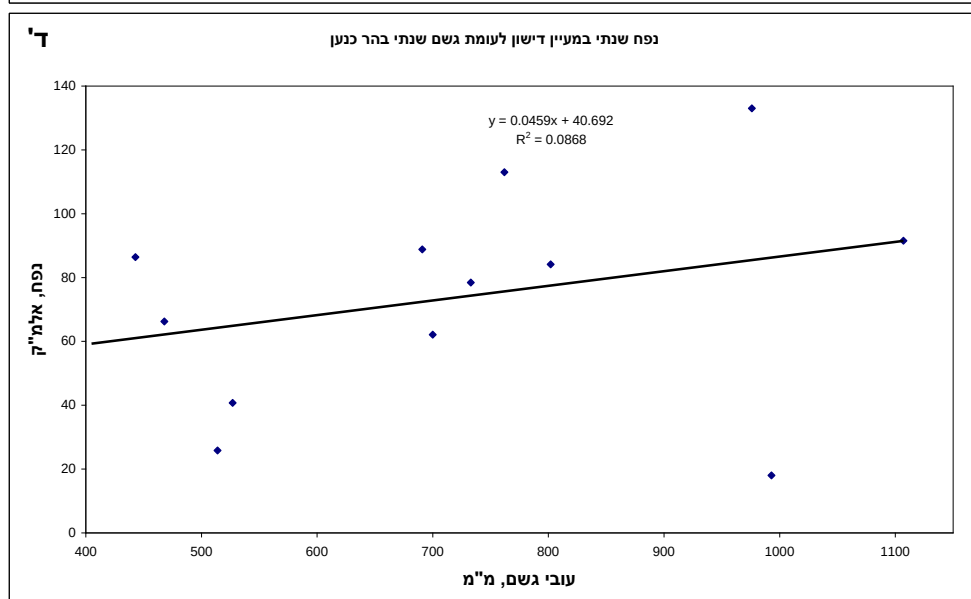
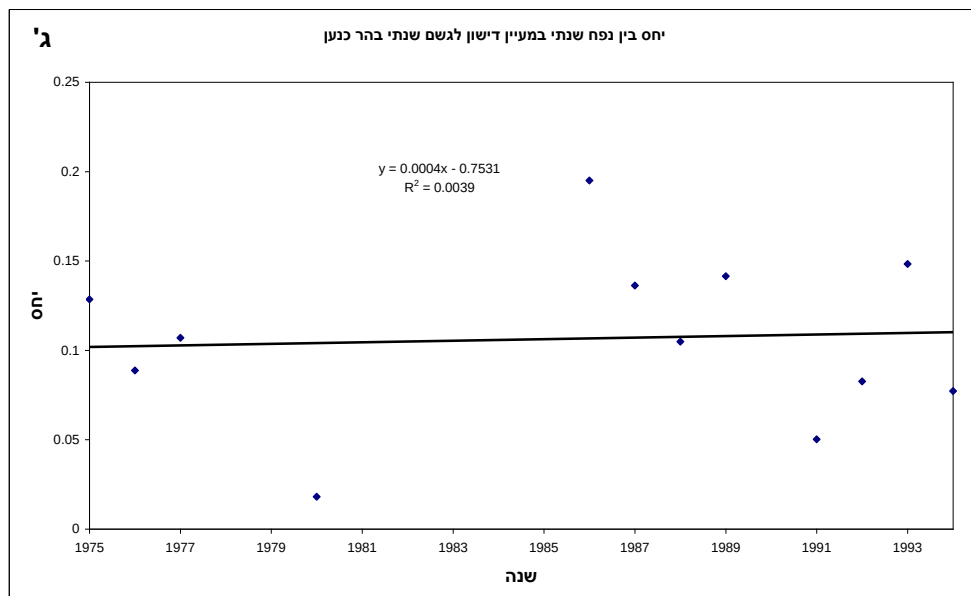
תרשים 49א-ד': מהלך הספיקה במעיין גונן (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



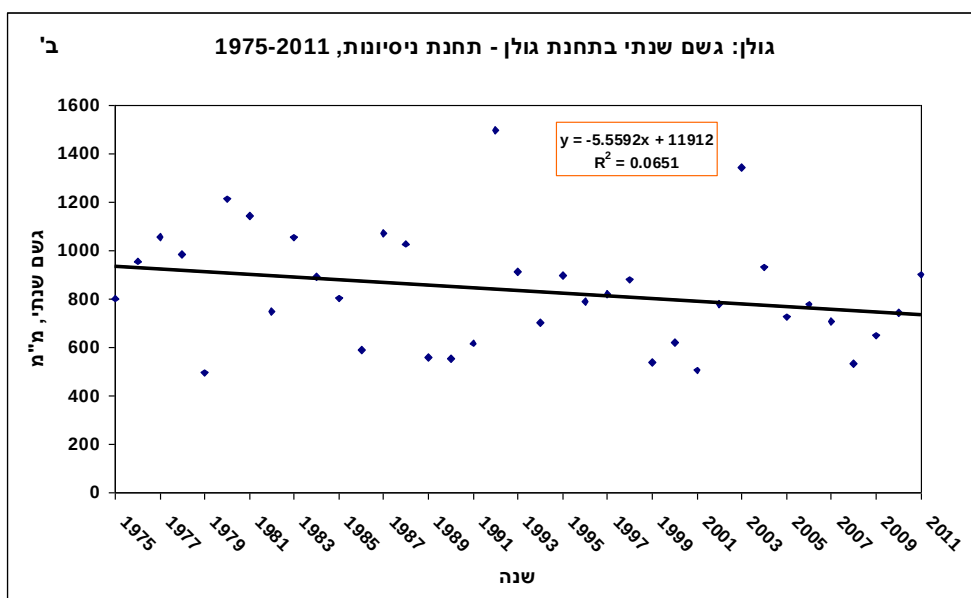
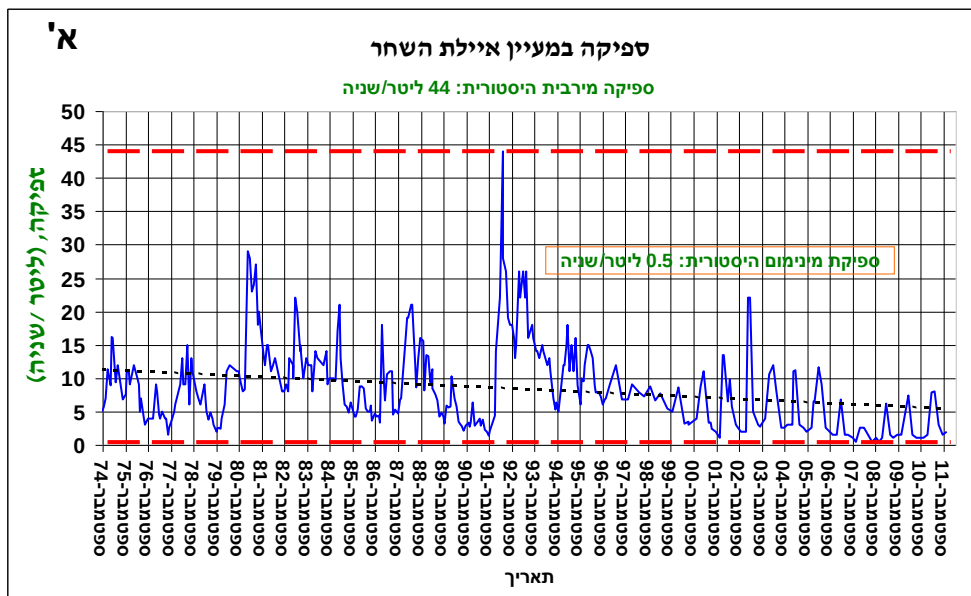


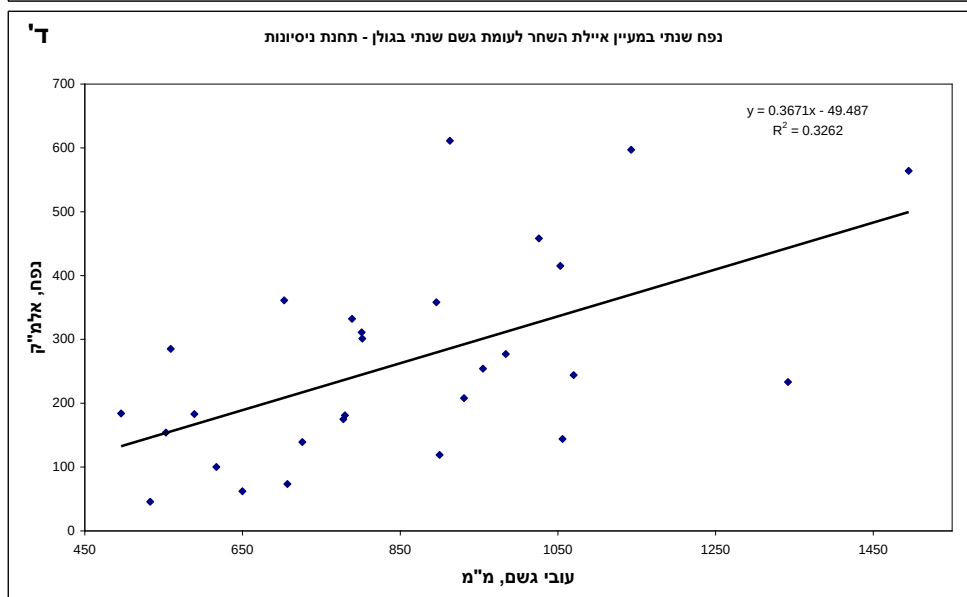
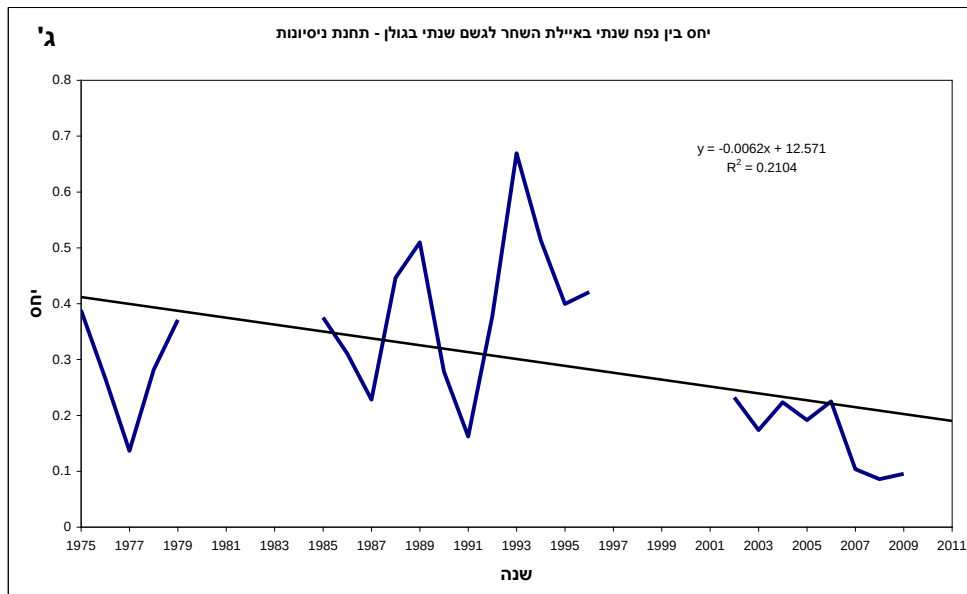
תרשים 50א-ד': מהלך הספיקה במעיין אביב (א'), גשם שנתי בהר כנען (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



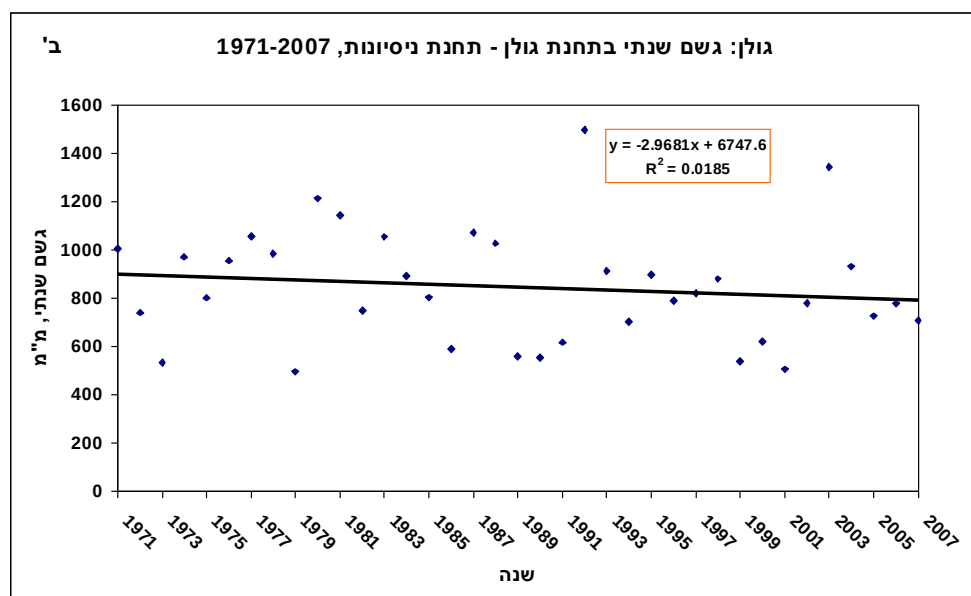
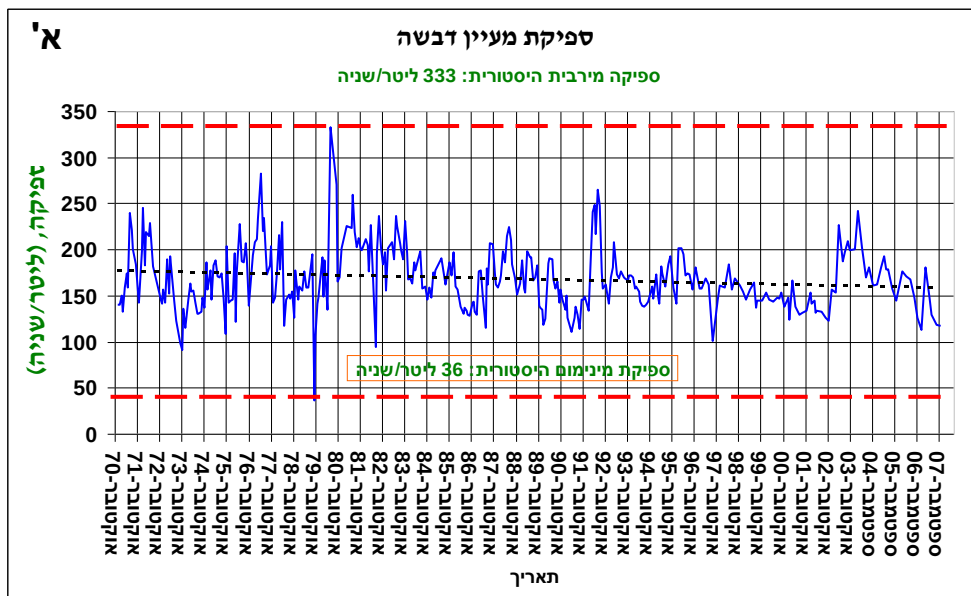


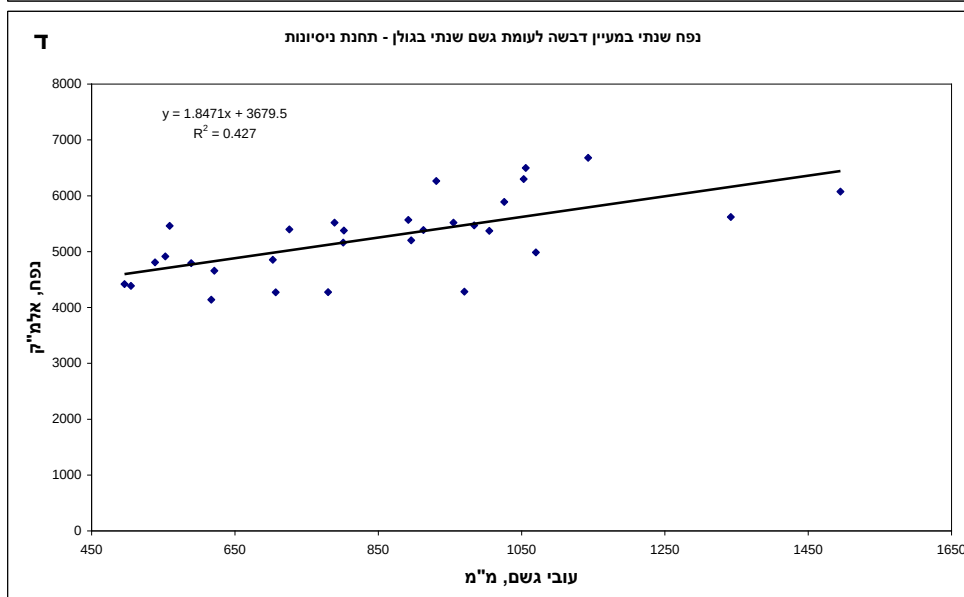
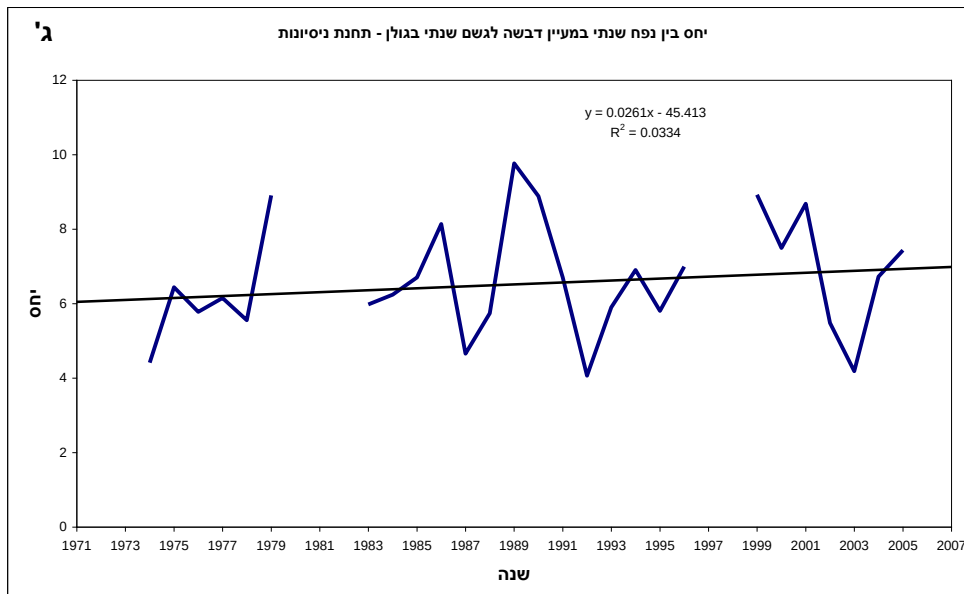
תרשים 51א-ד': מהלך הספיקה במעיין דיזון (א') והגשם שנתי בהר כנען (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



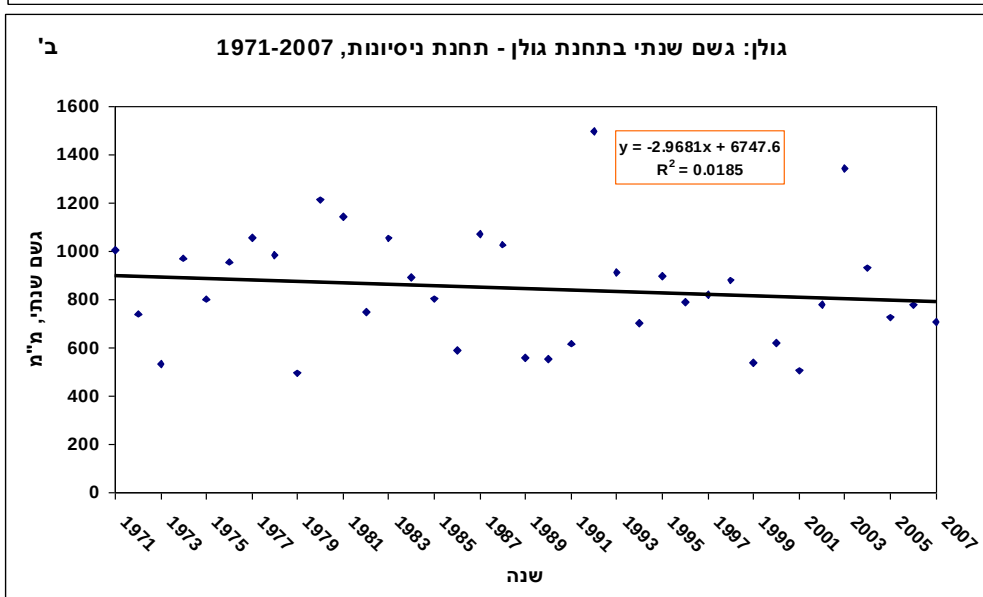
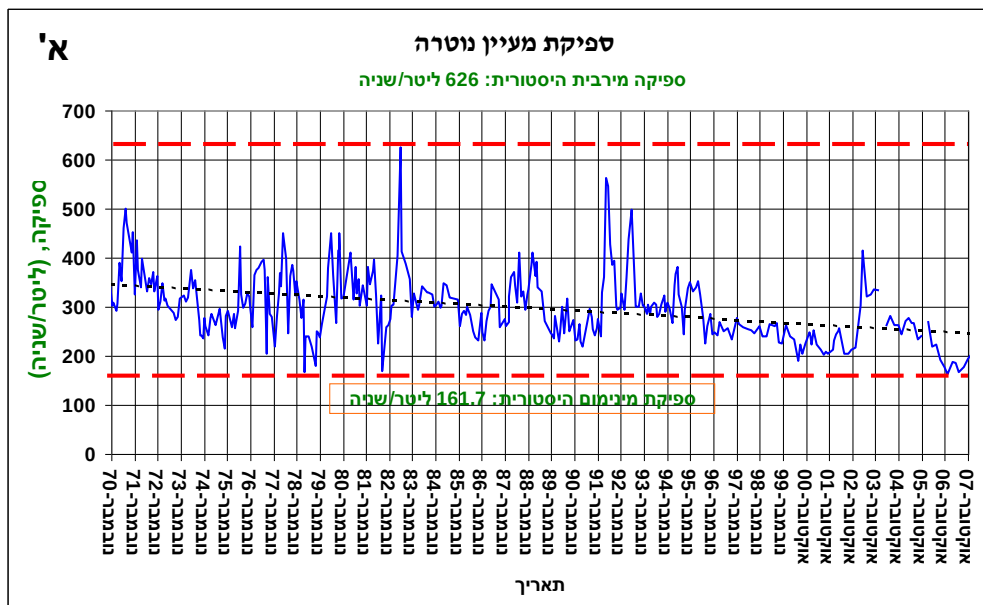


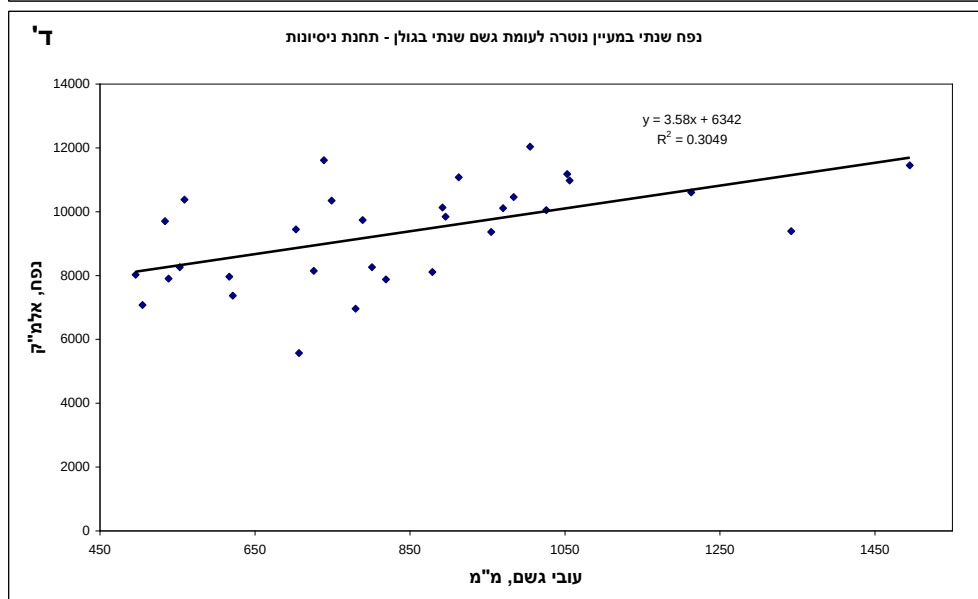
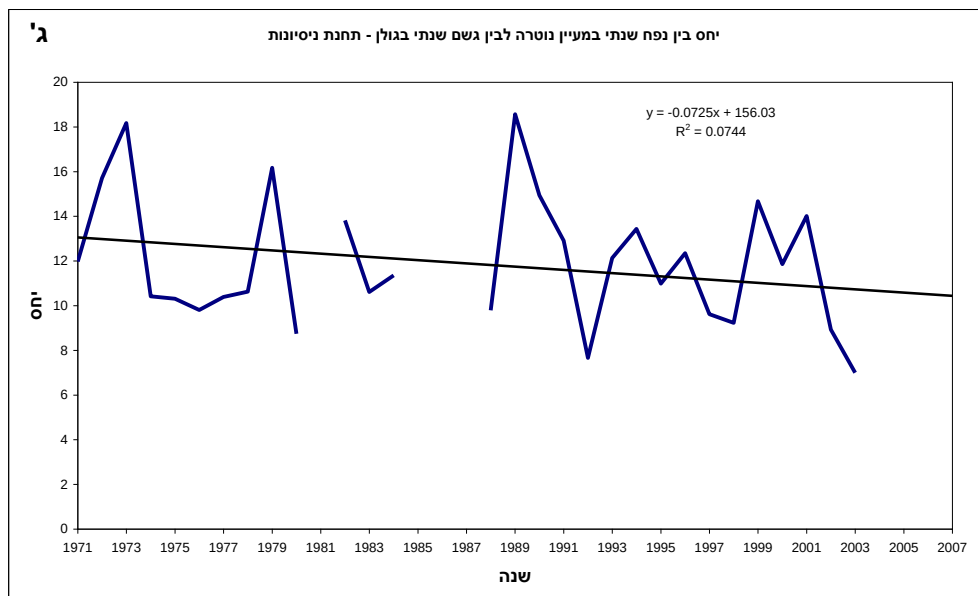
תרשים 52-א-ד': מהלך הספיקה במעיין איילת השחר (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



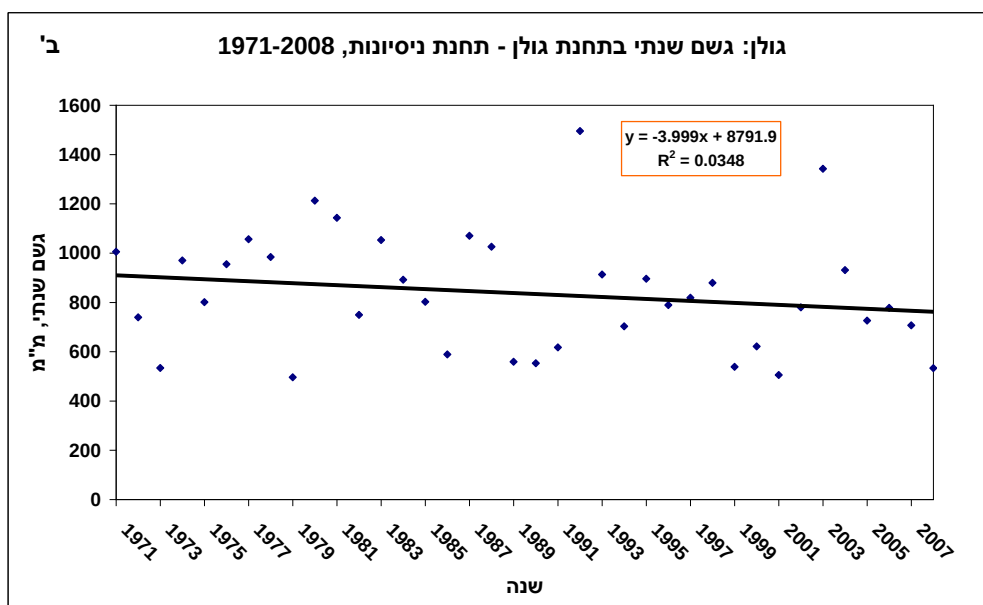
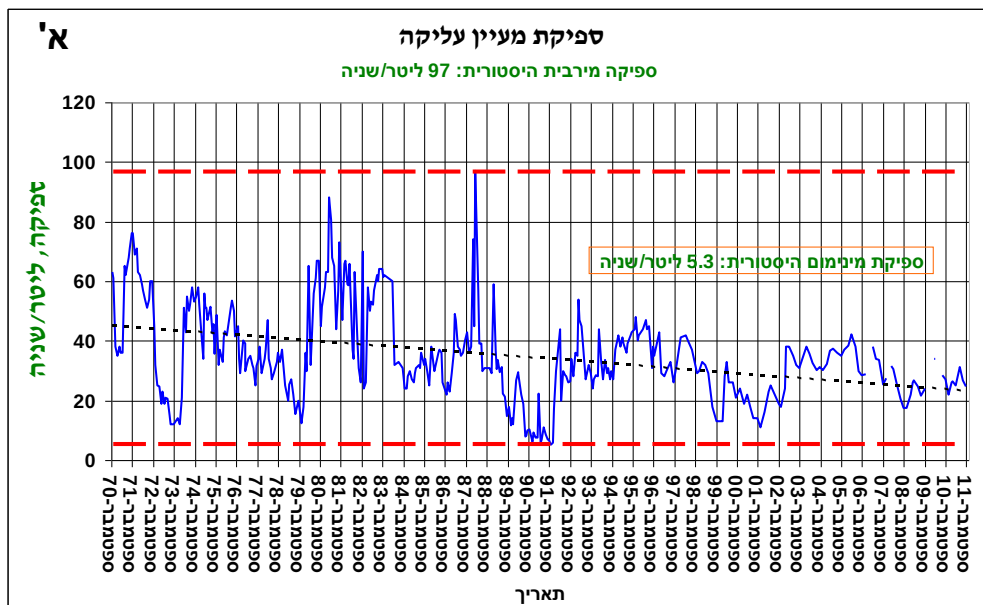


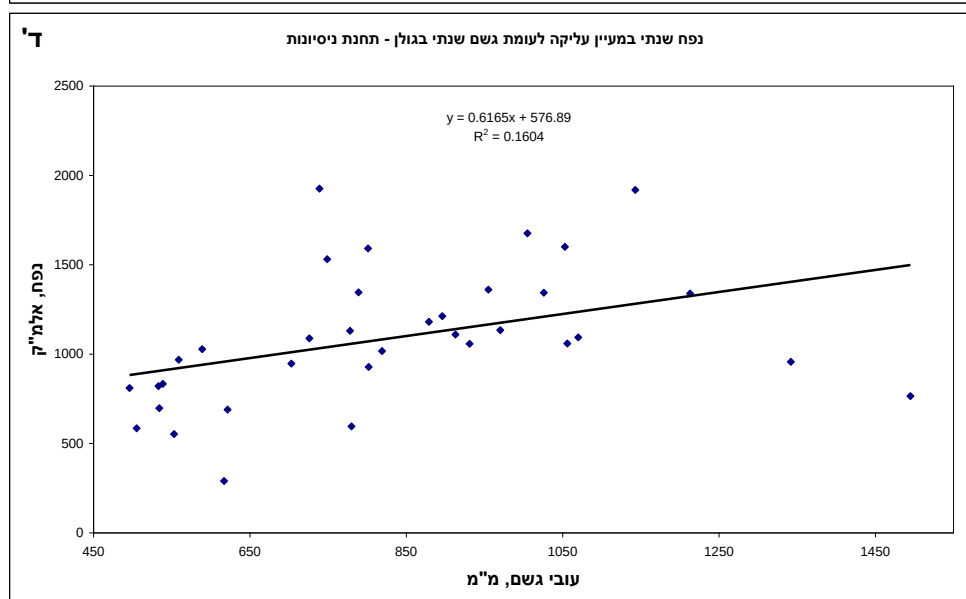
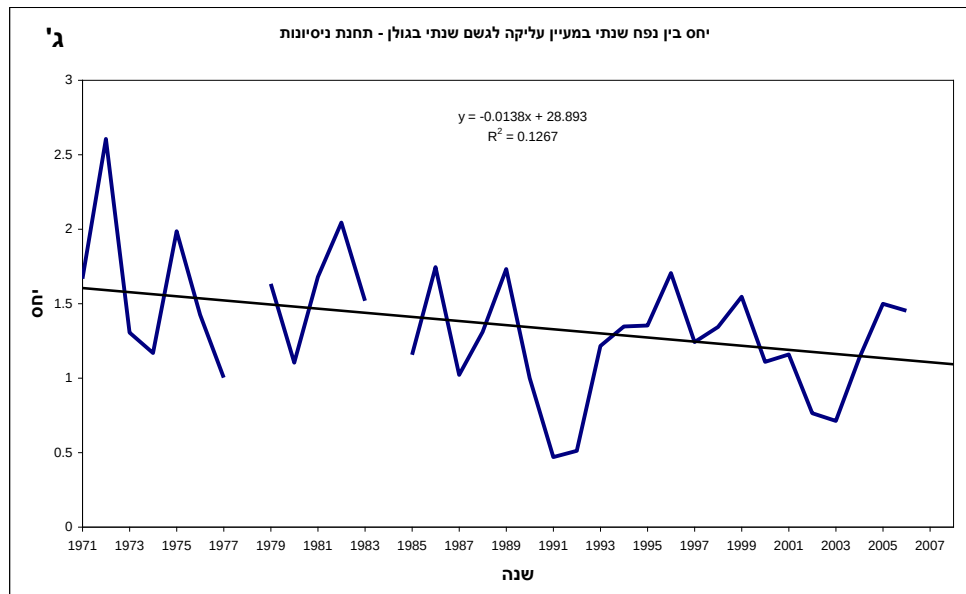
תרשים 53א-ד': מהלך הספיקה במעיין דבשה (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



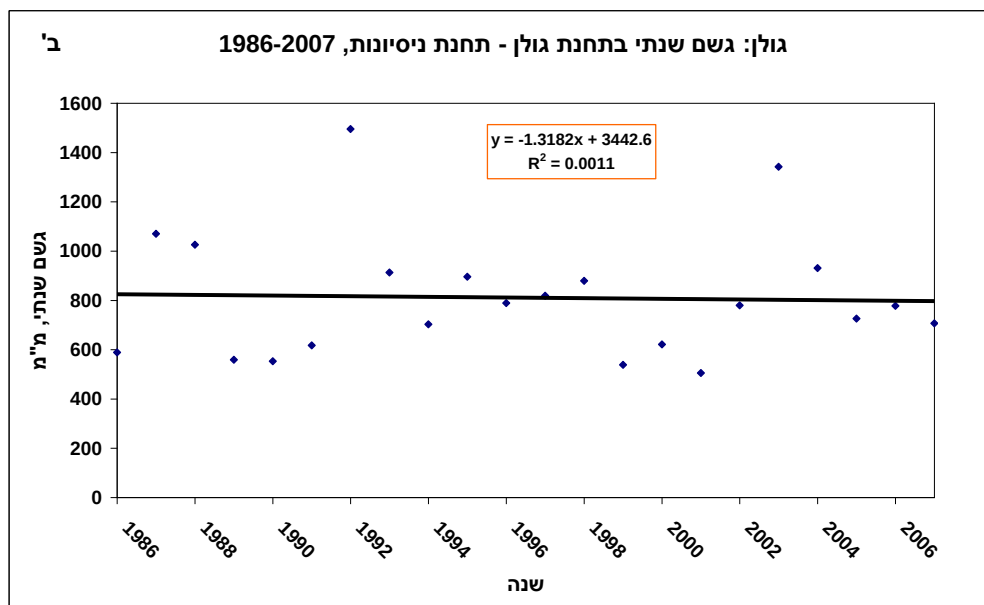
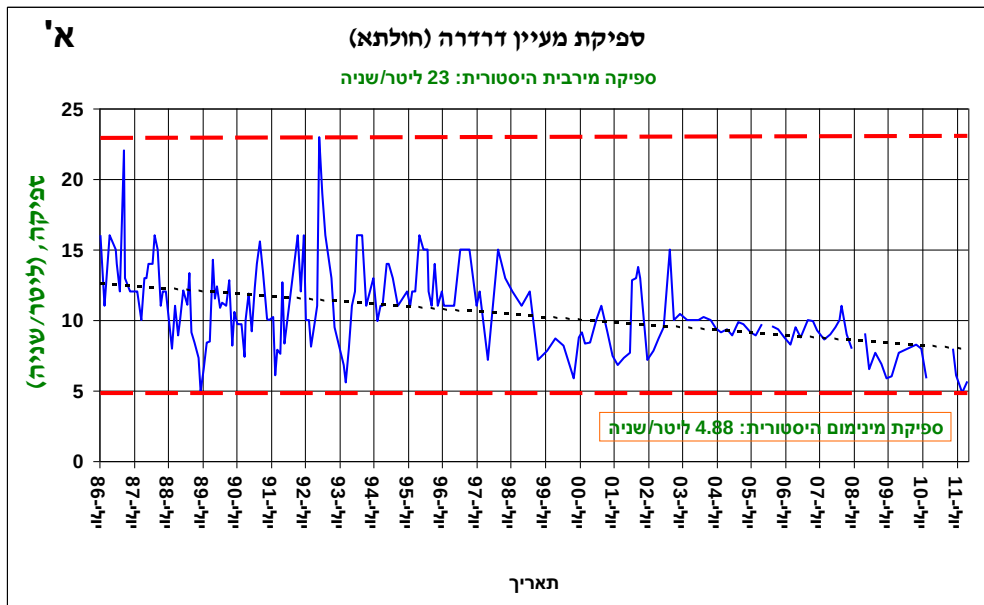


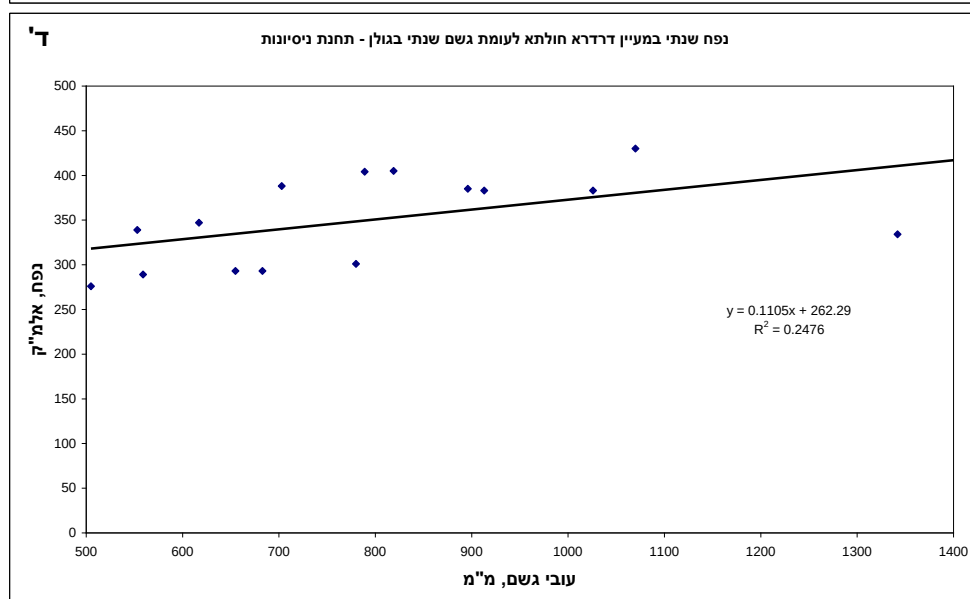
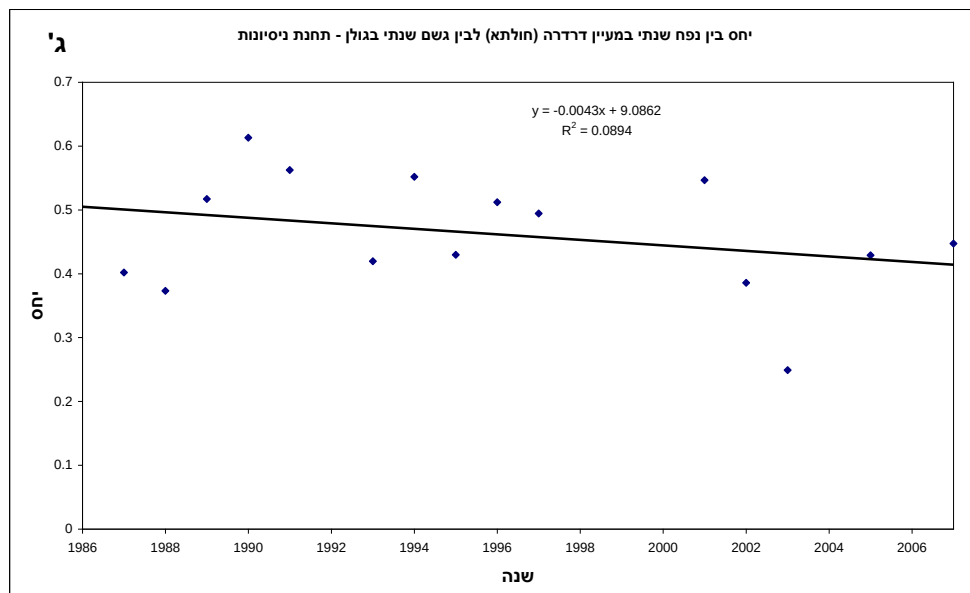
תרשים 54א-ד': מהלך הספיקה במעיין נוטרה (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם נוטרה (ד').



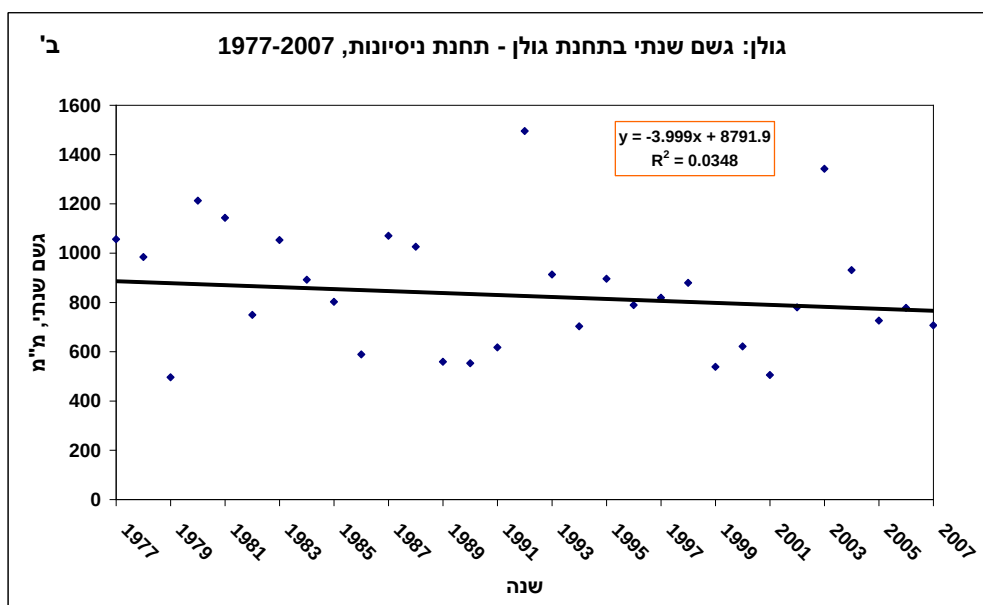
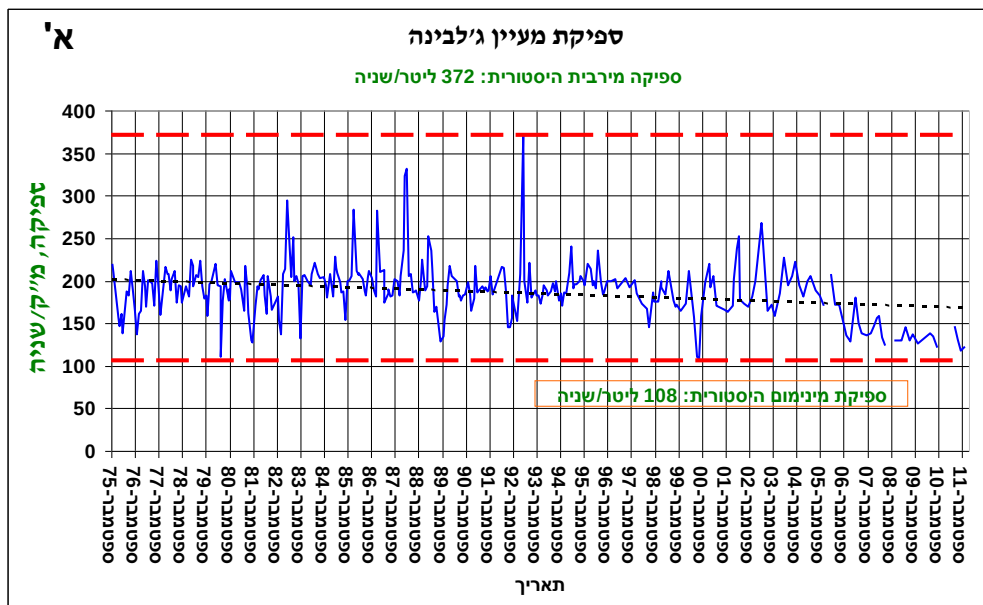


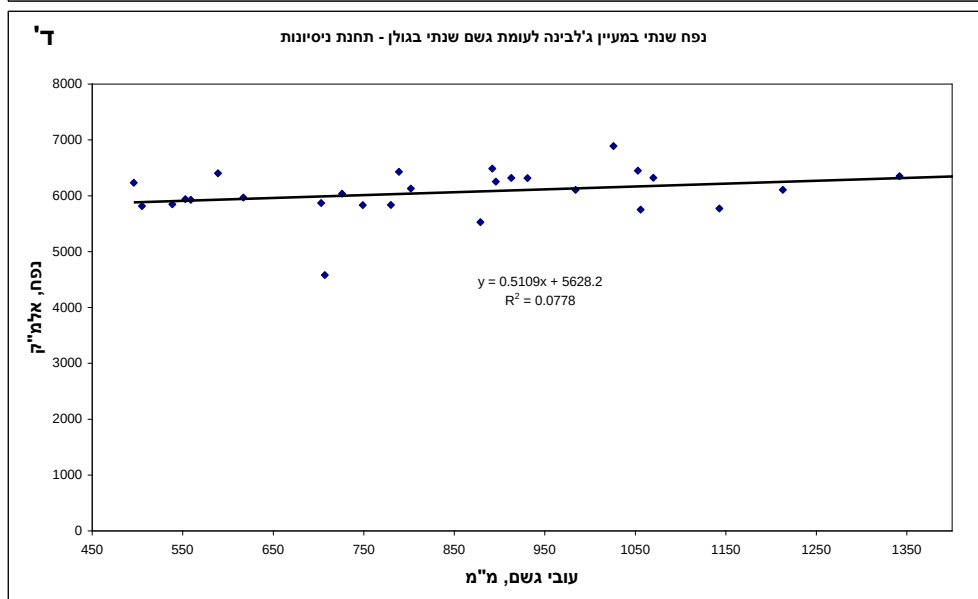
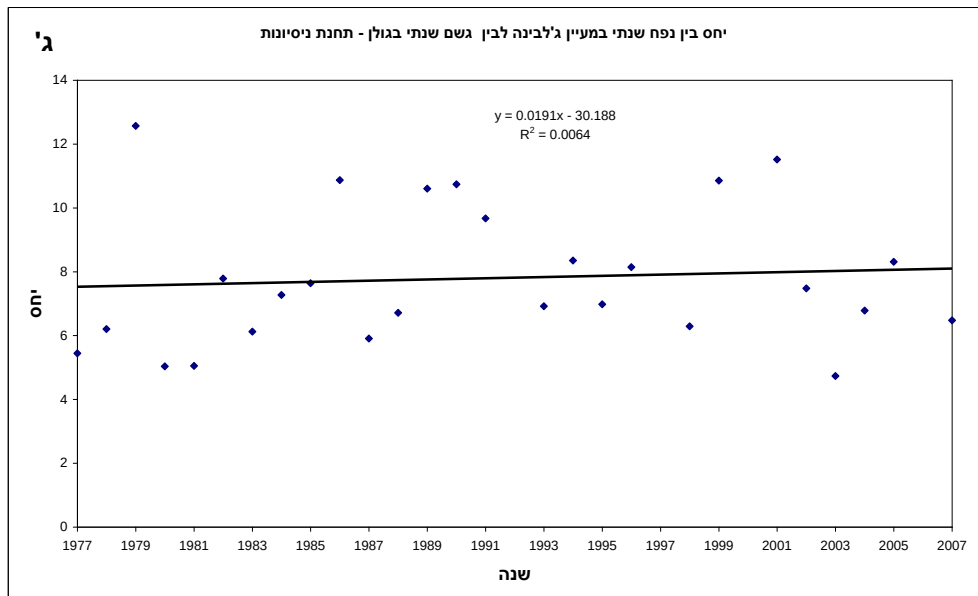
תרשים 55א- ד': מהלך הספיקה במעיין עליקה (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



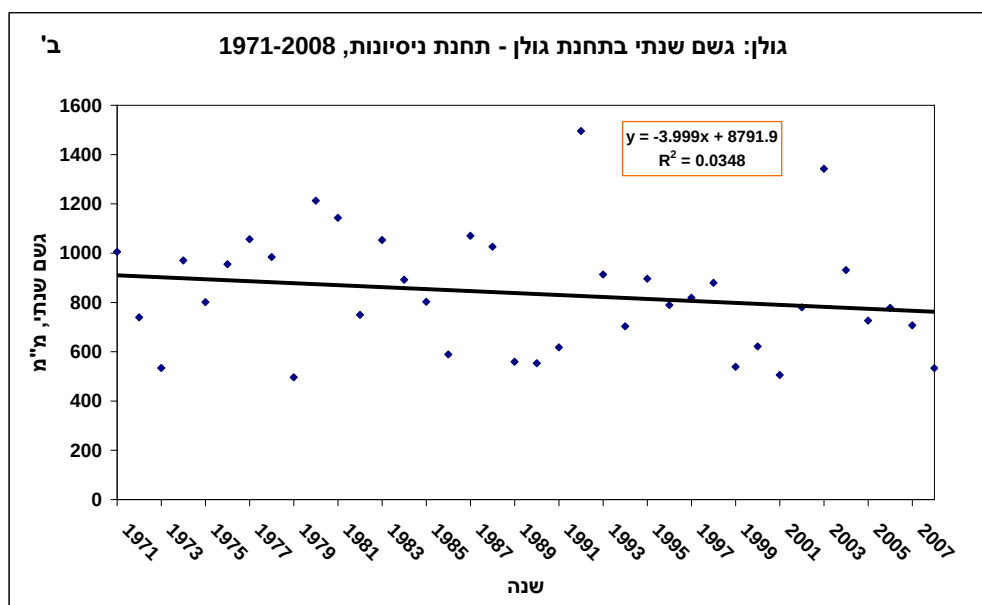
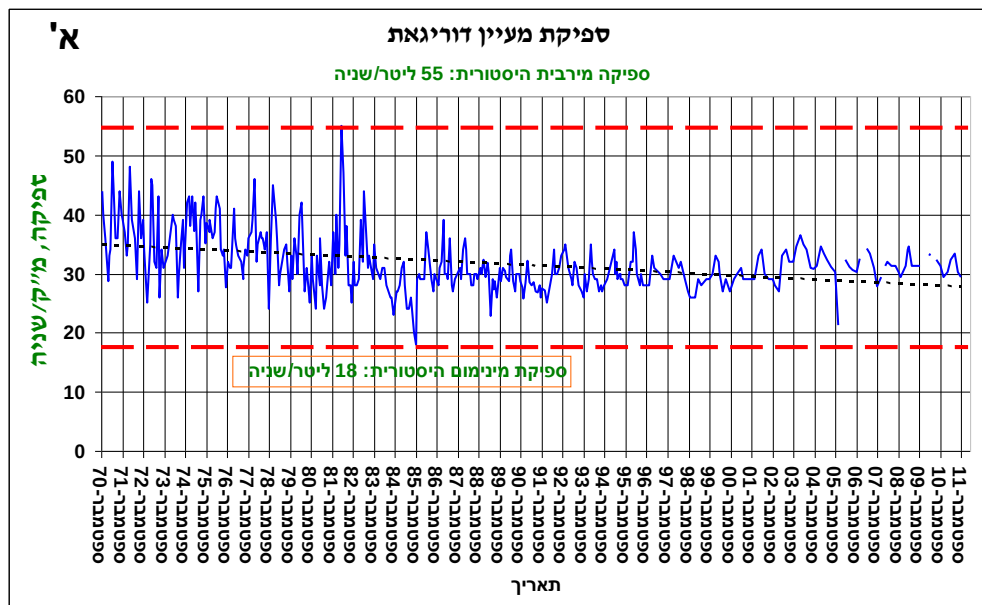


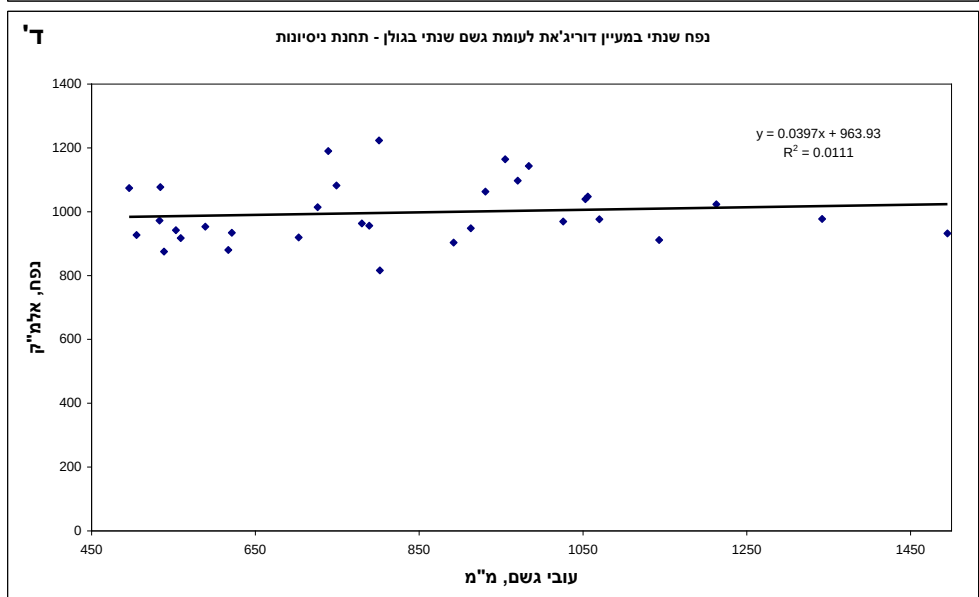
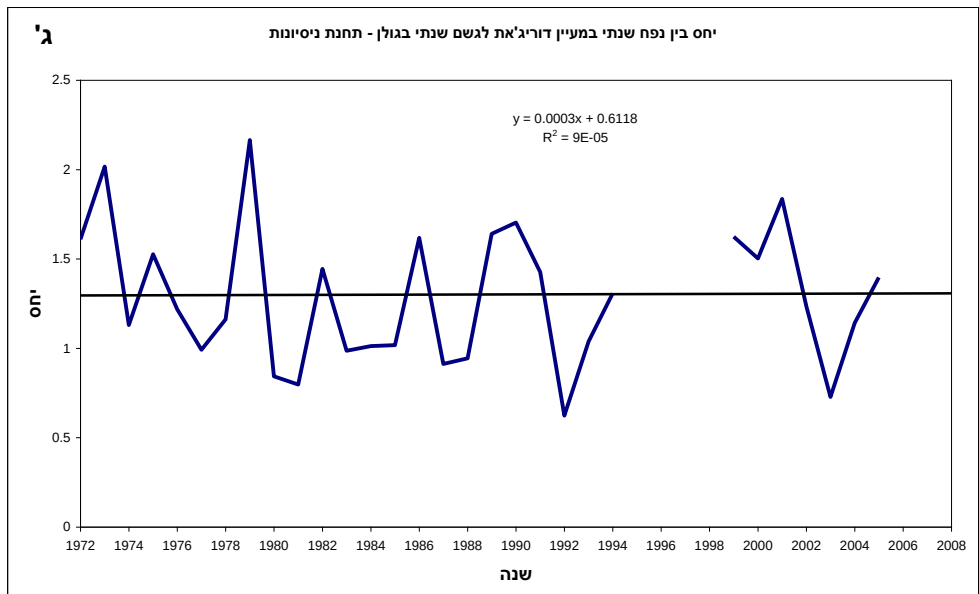
תרשים 56א- ד': מהלך הספיקה במעיין דרדרה (חולתא) (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



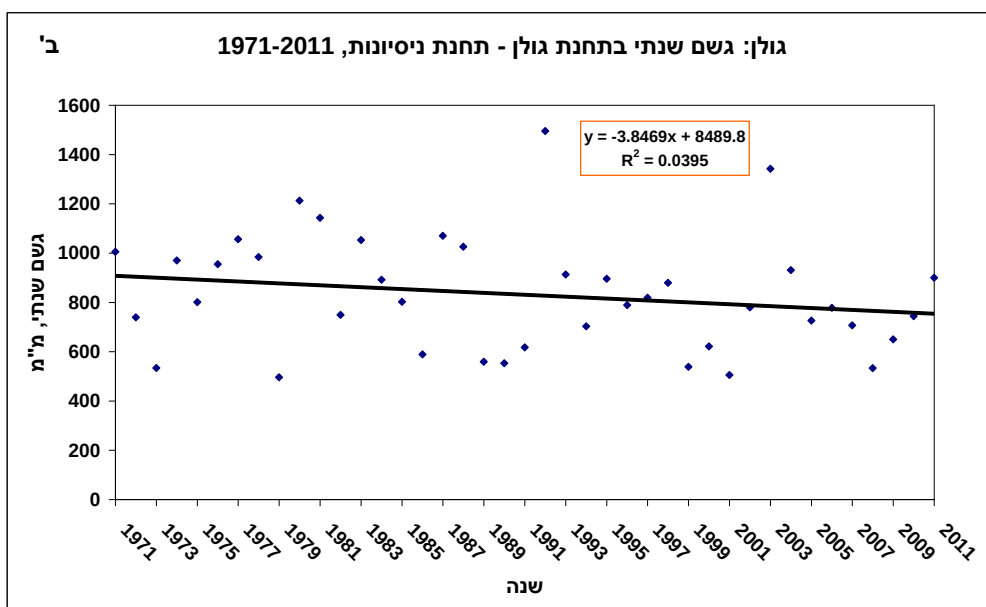
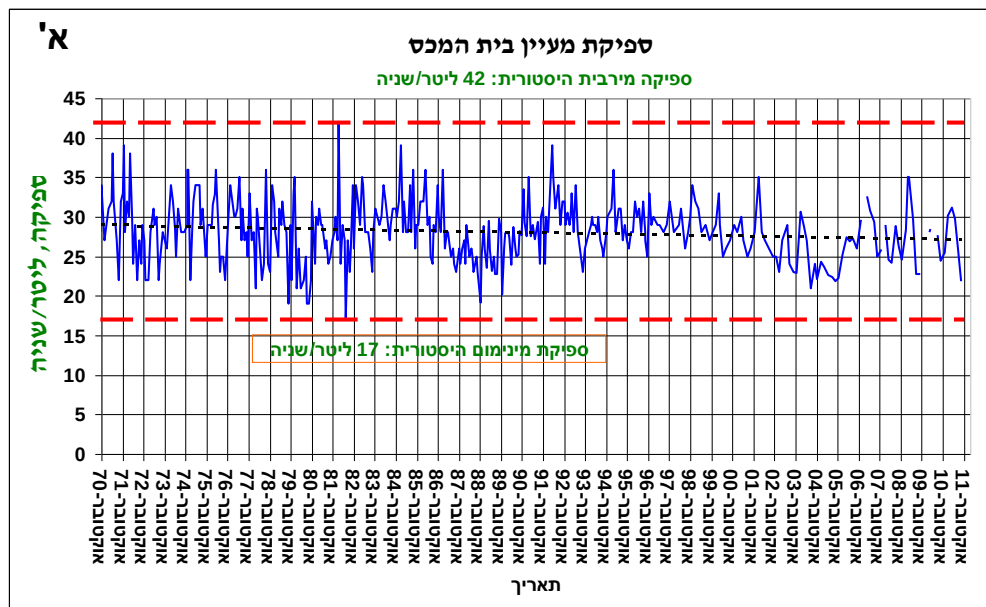


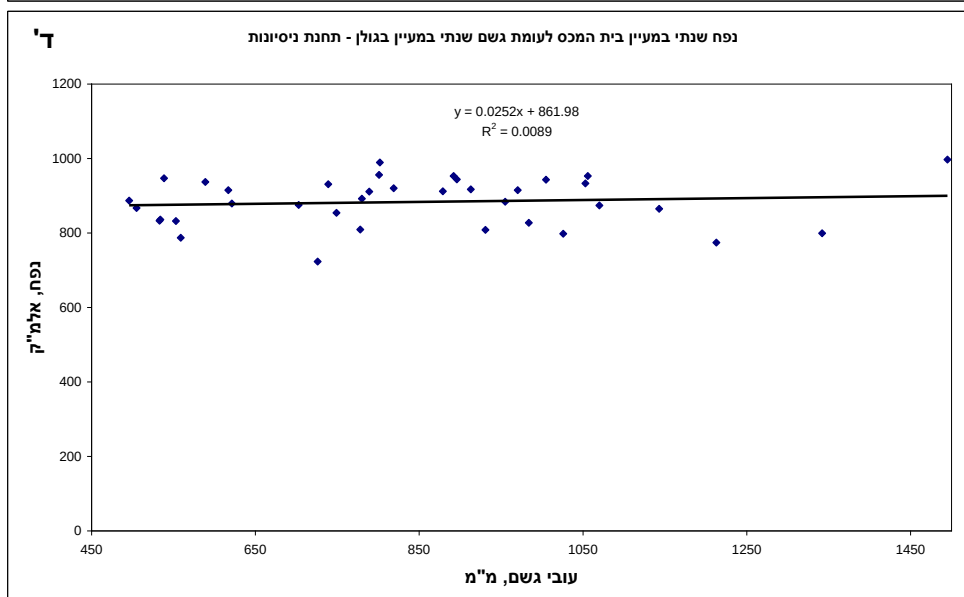
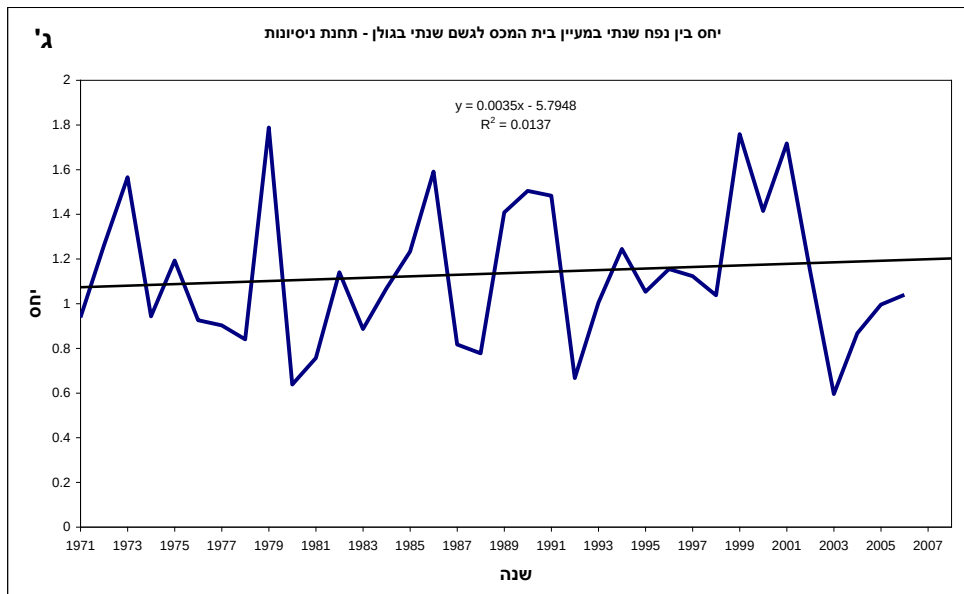
תרשים 57א-ד': מהלך הספיקה במעיין ג'לבינה (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



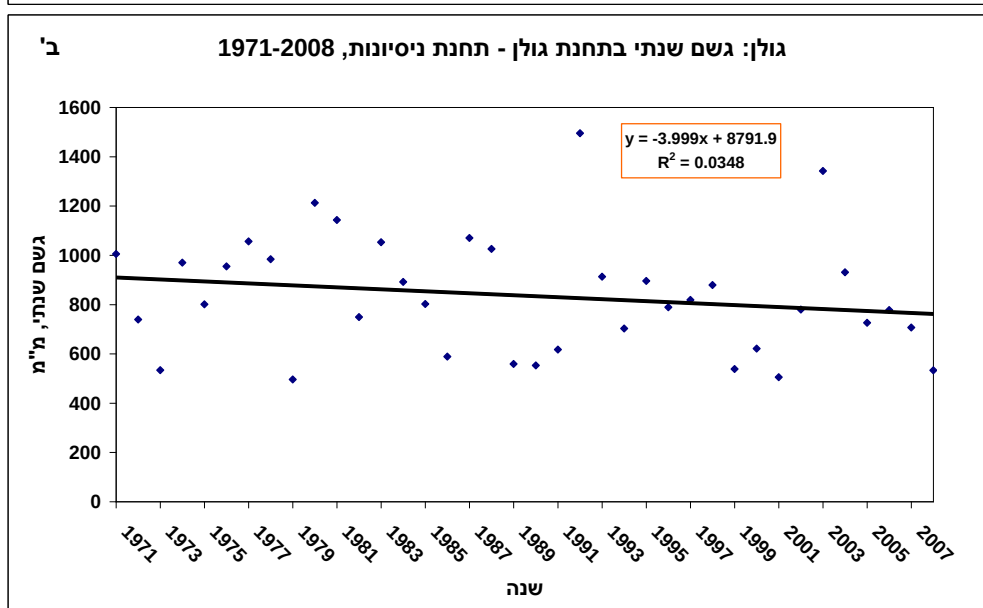
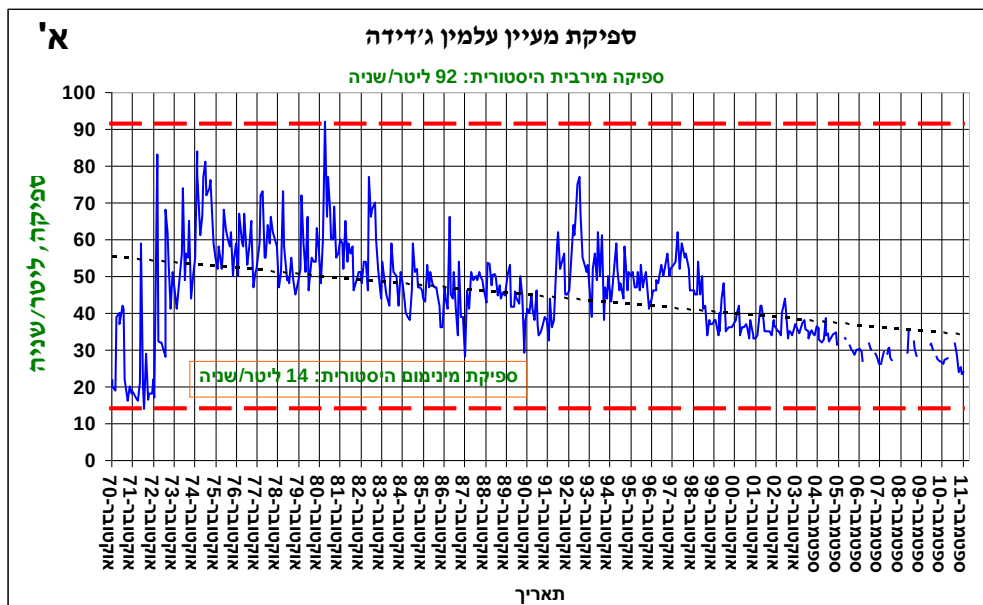


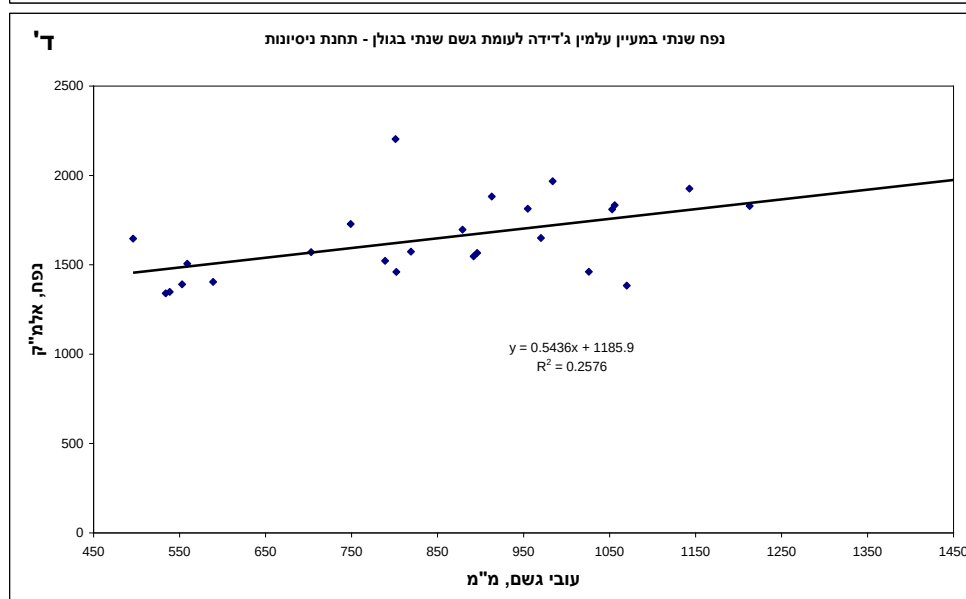
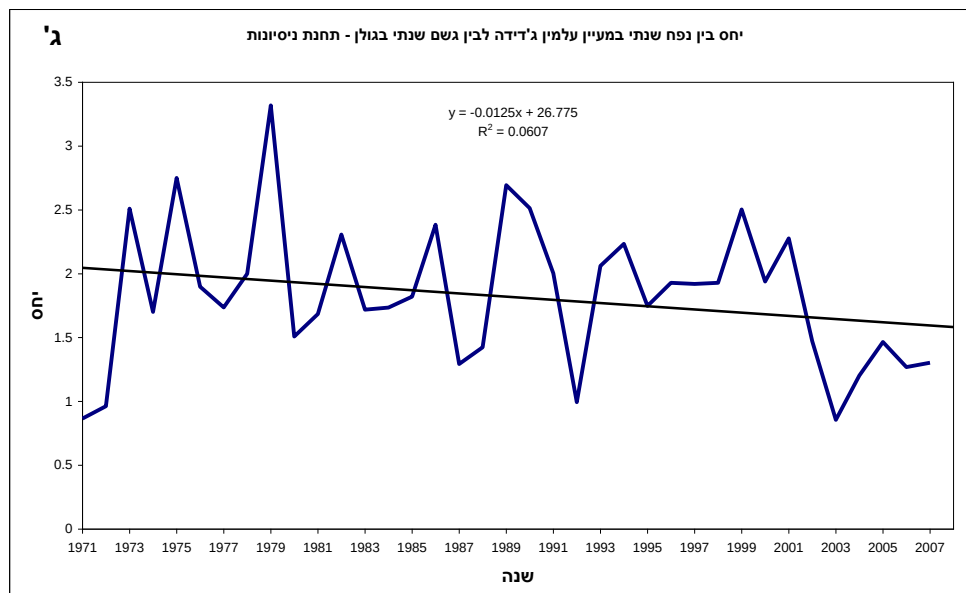
תרשים 58א- ד': מהלך הספיקה במעיין דוריג'את (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



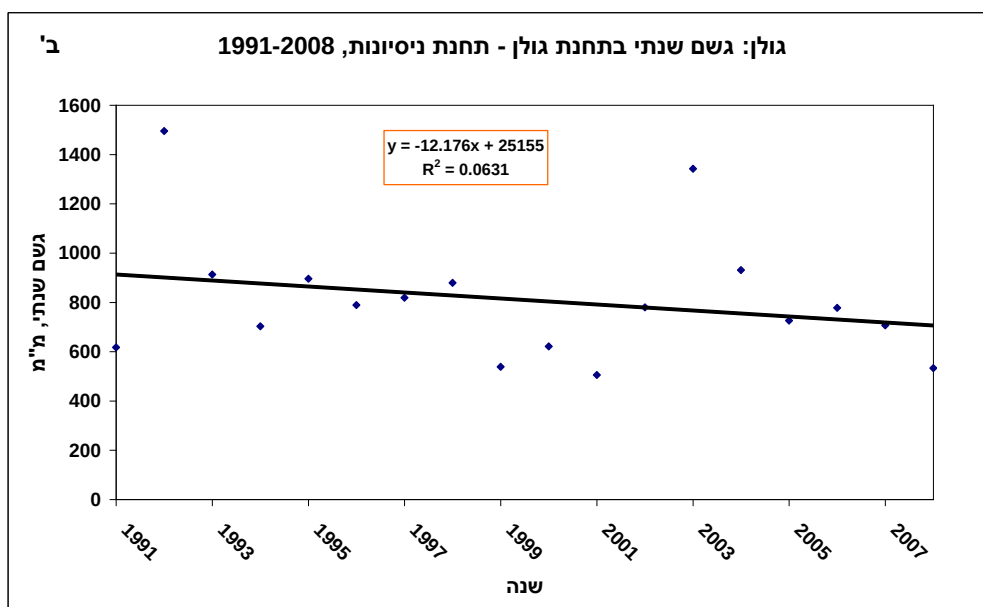
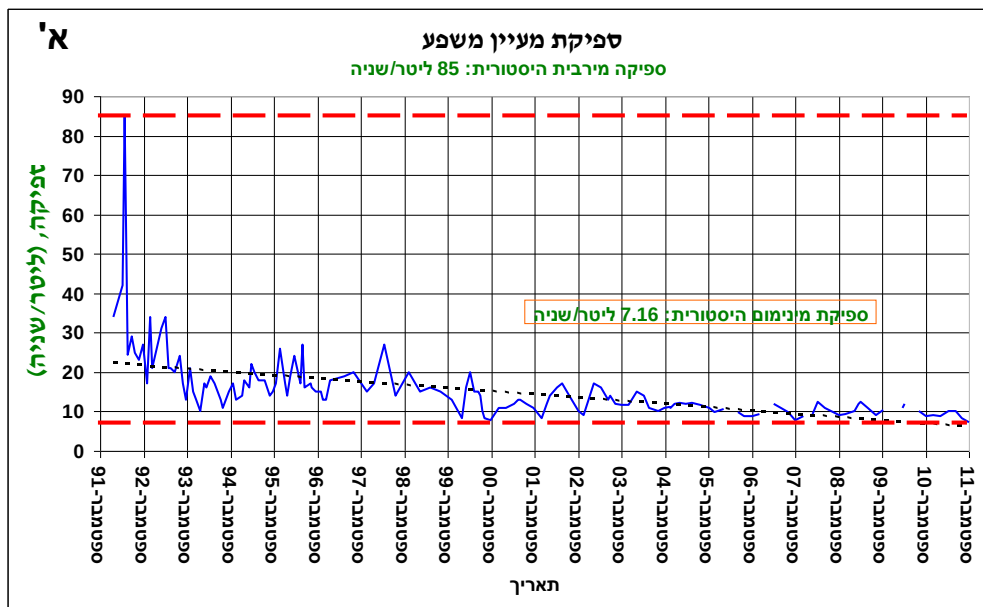


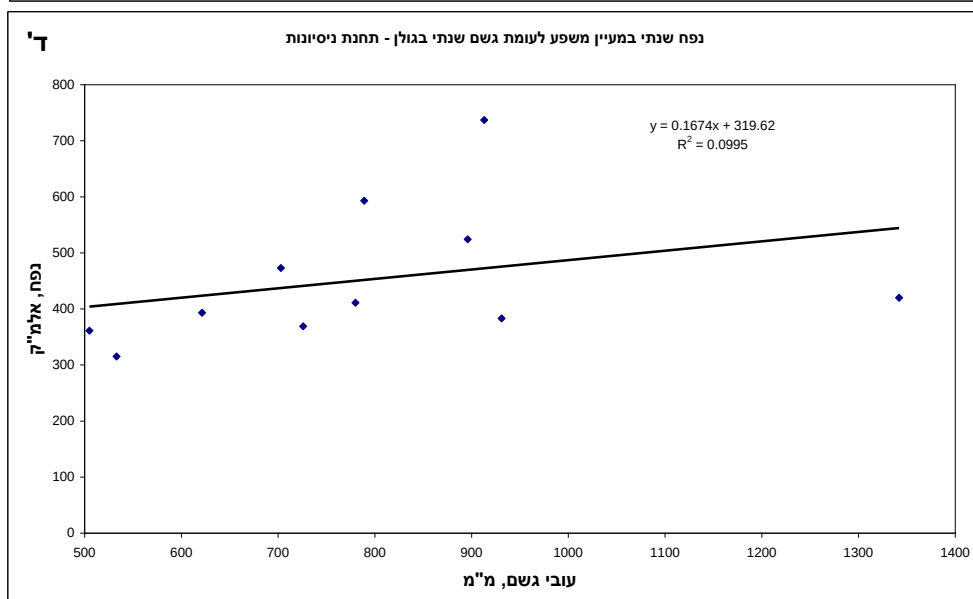
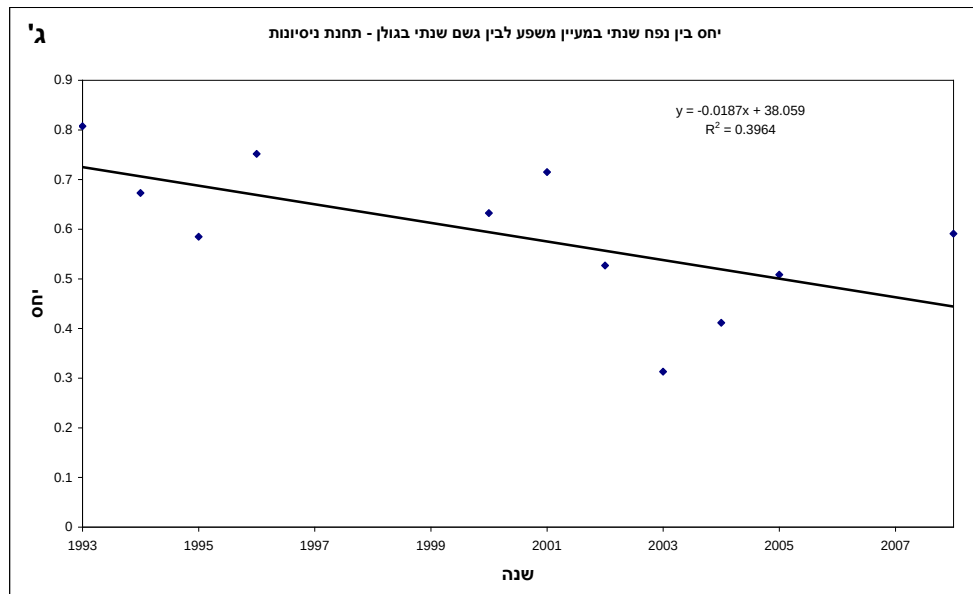
תרשים 59א-ד': מהלך הספיקה במעיין בית המכס (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



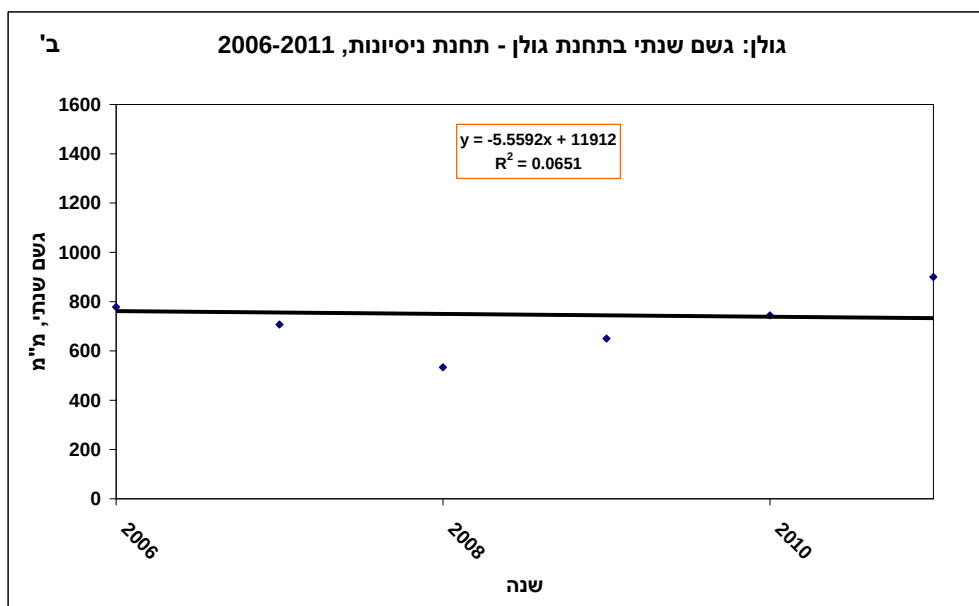
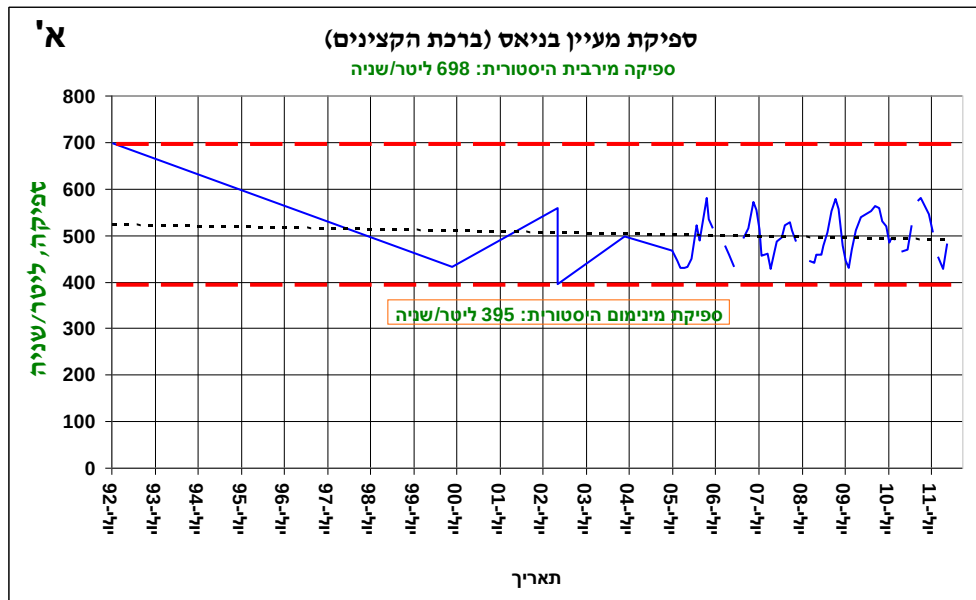


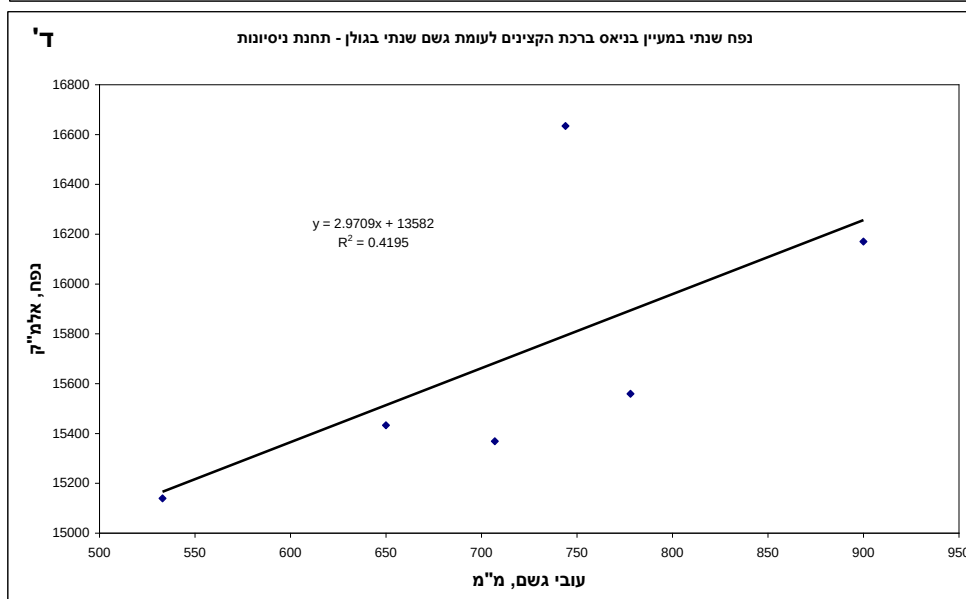
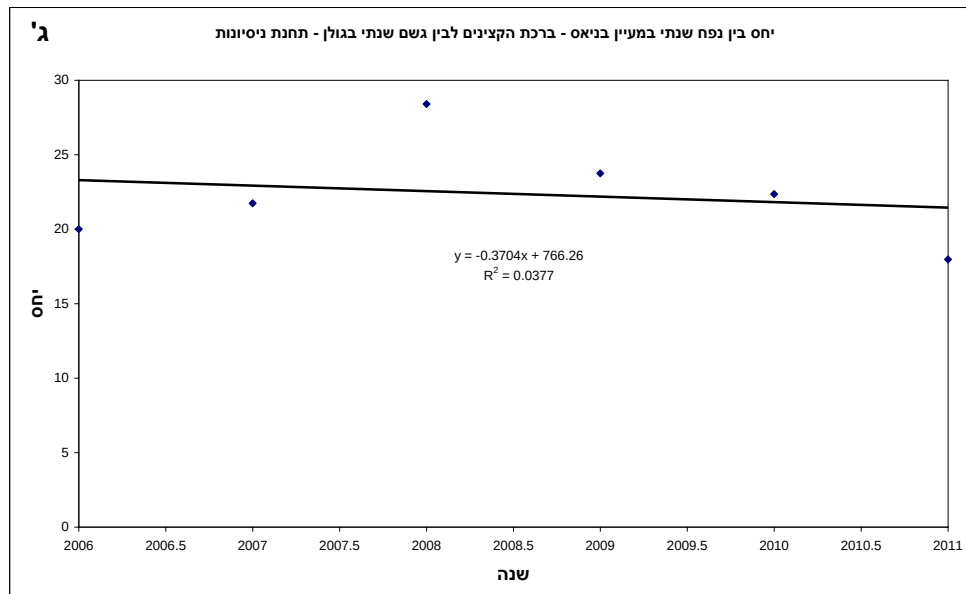
תרשים 60א- ד': מהלך הספיקה במעיין עלמין ג'דידה (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



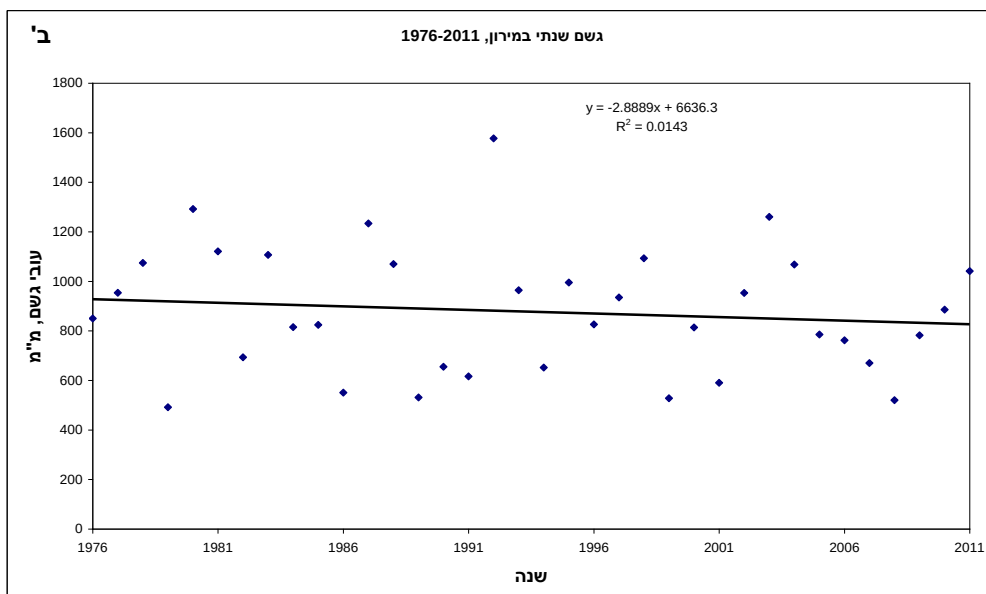
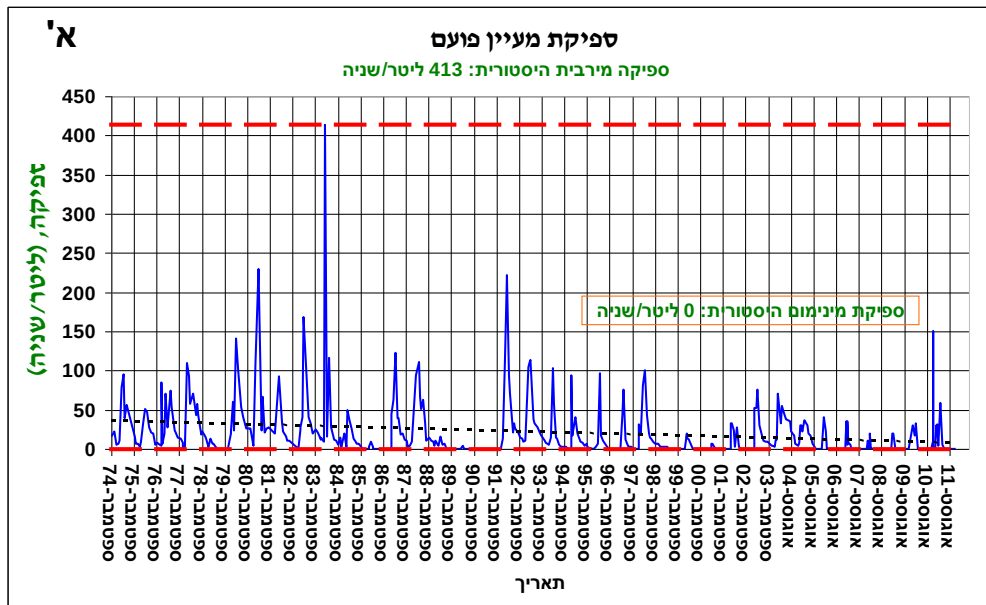


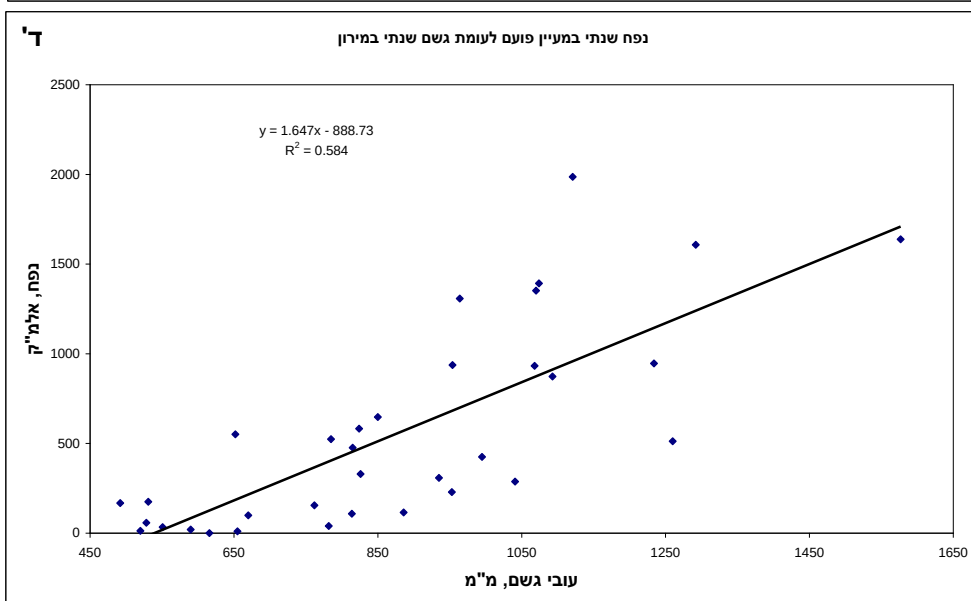
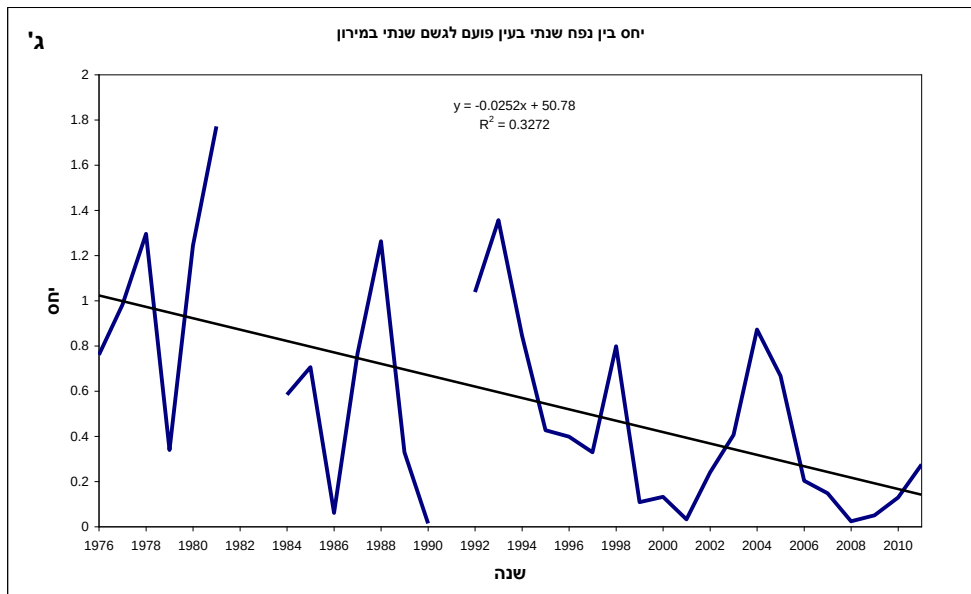
תרשים 61א-ד': מהלך הספיקה במעיין משפע (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



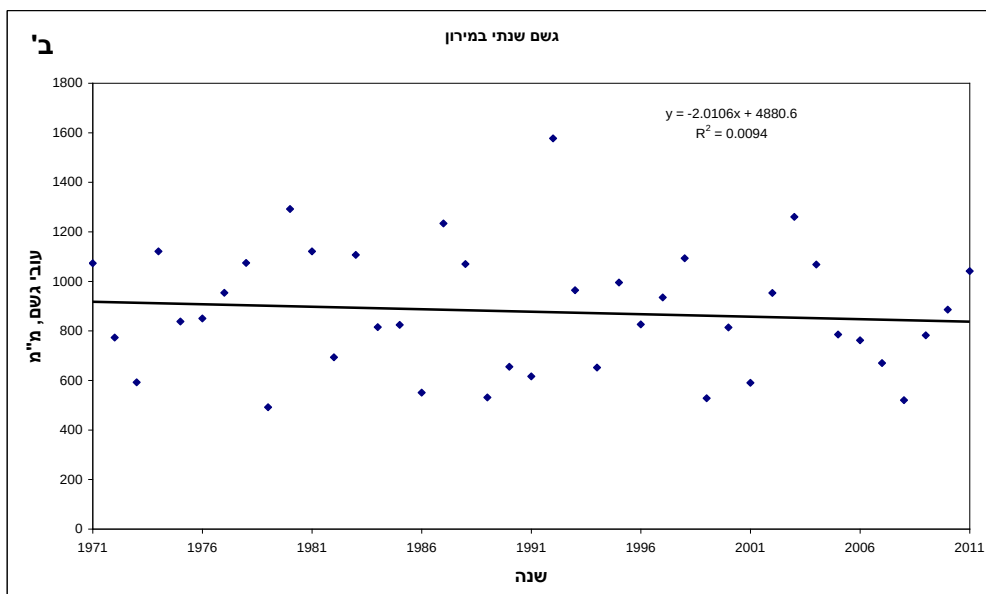
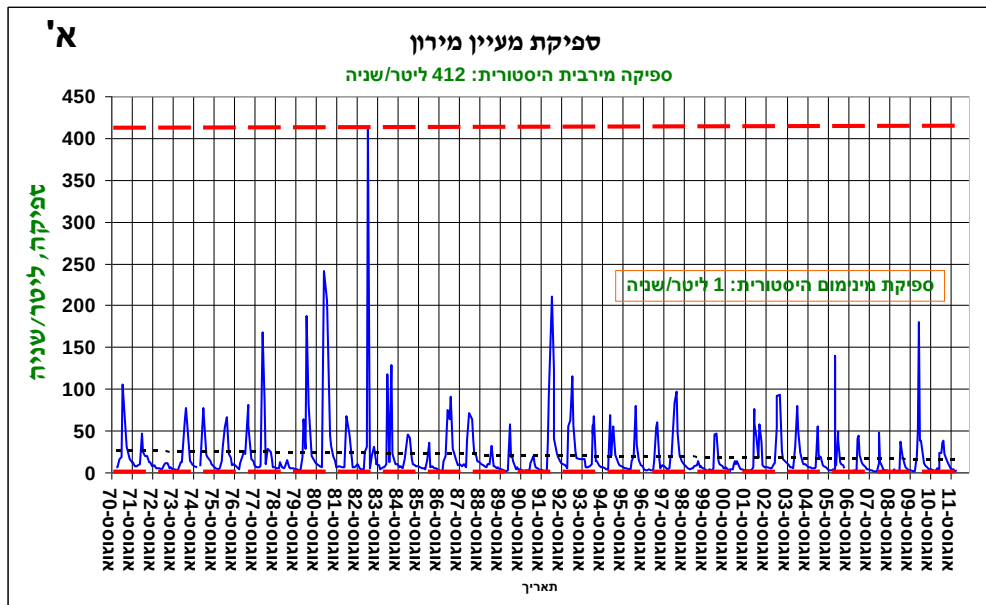


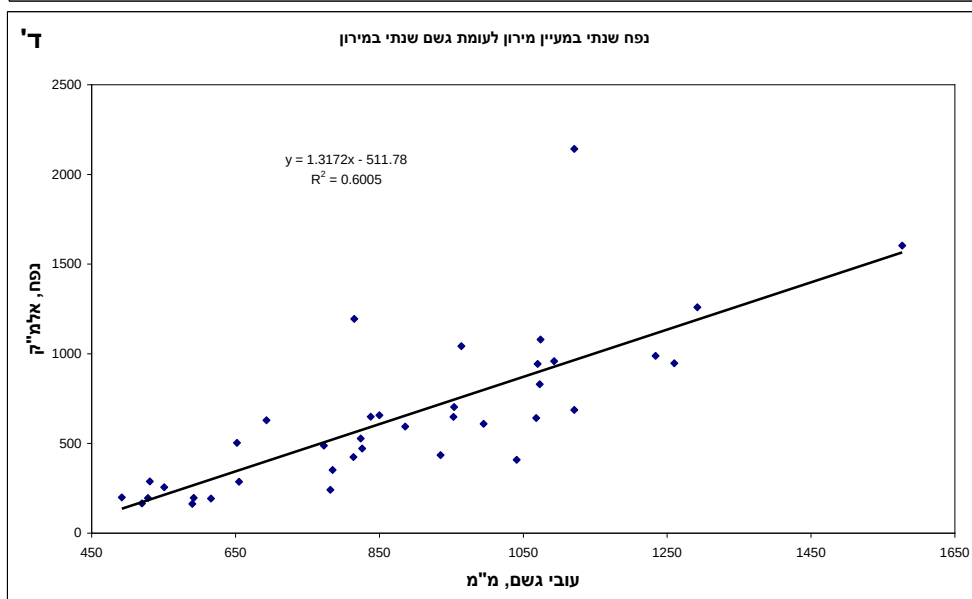
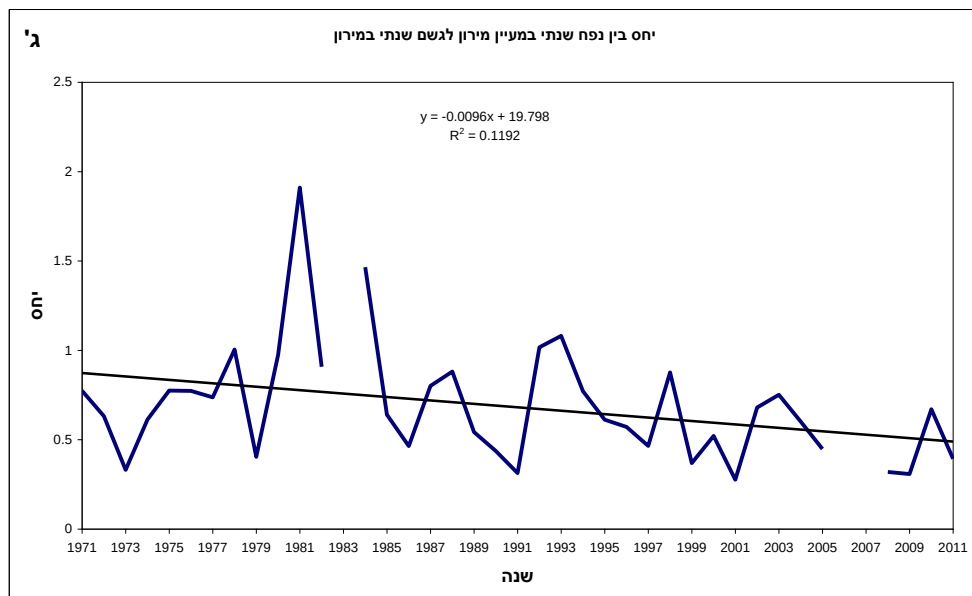
תרשים 62א-ד': מהלך הספיקה במעיין בניאס - ברכת הקצינים (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



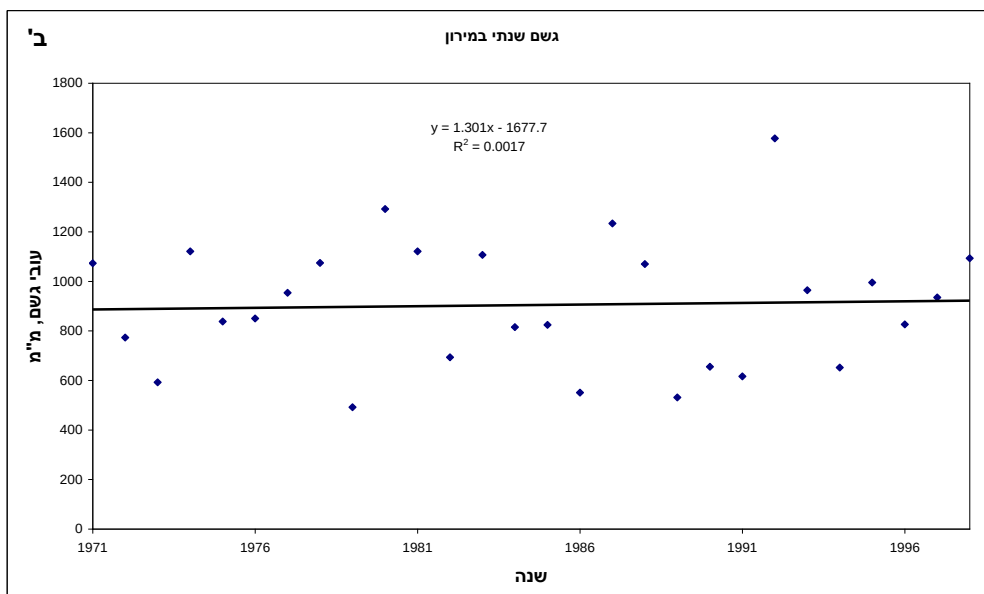
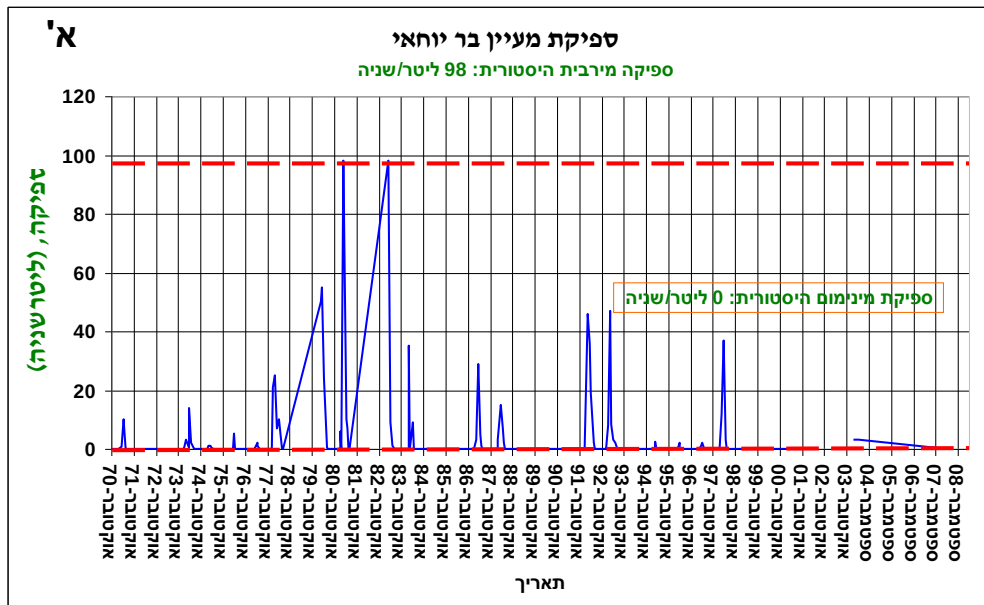


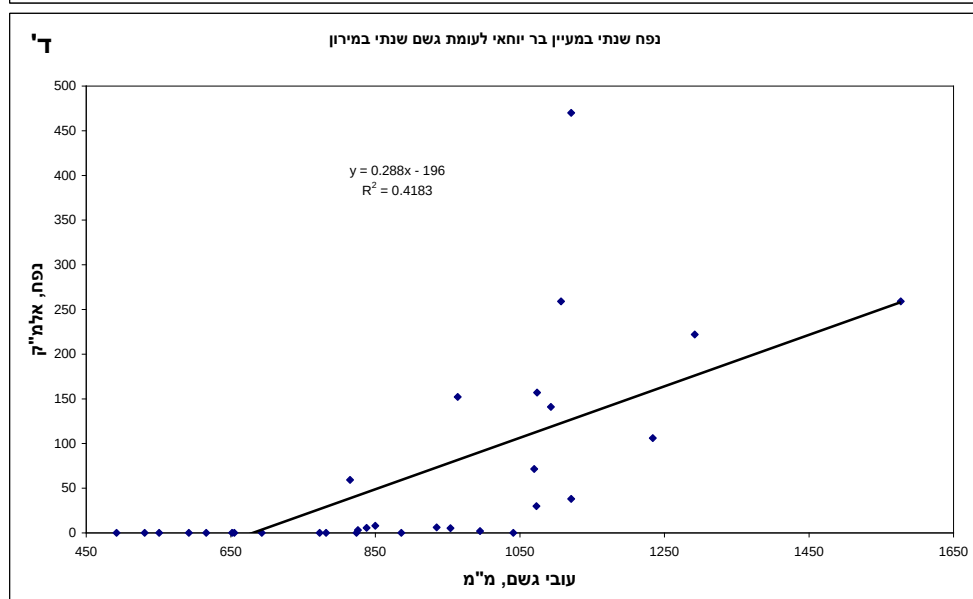
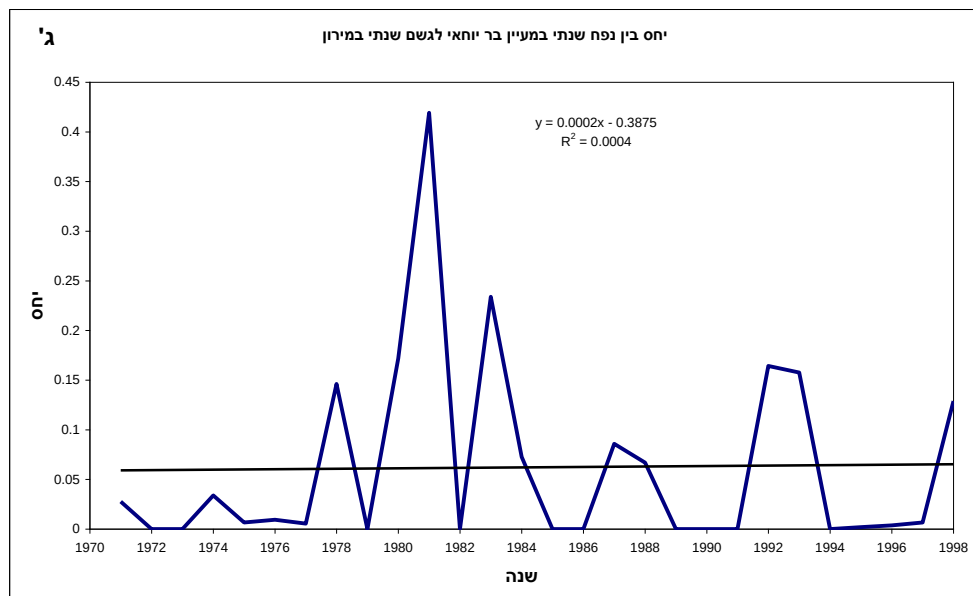
תרשים 63א- ד': מהלך הספיקה במעיין פועם (א'), גשם שנתי במירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



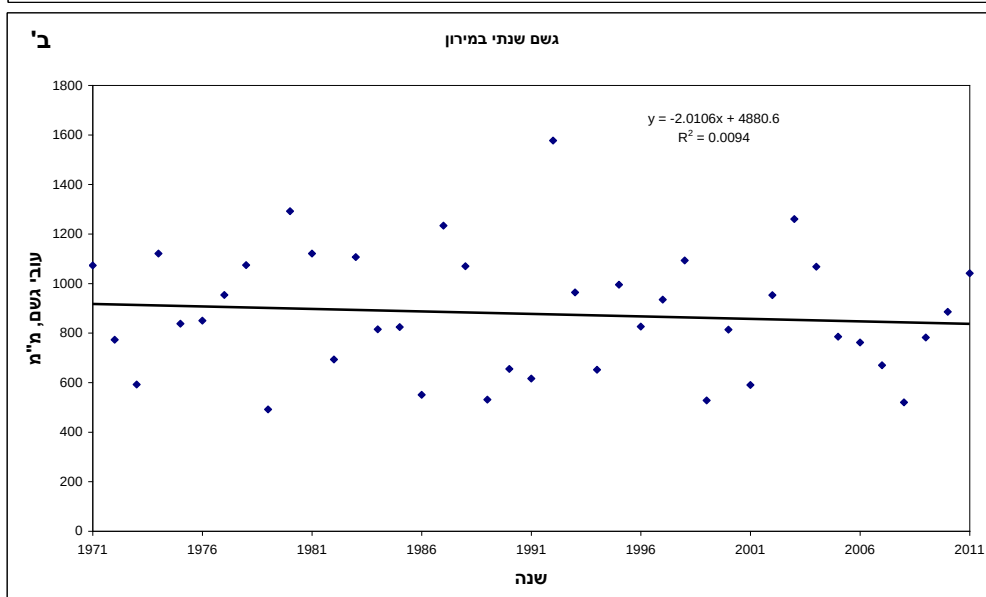
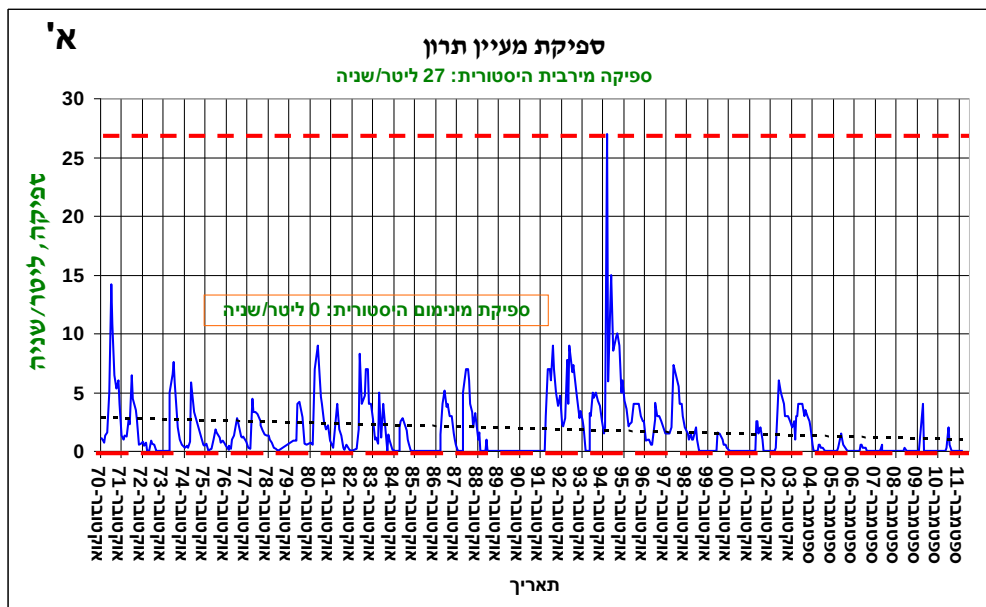


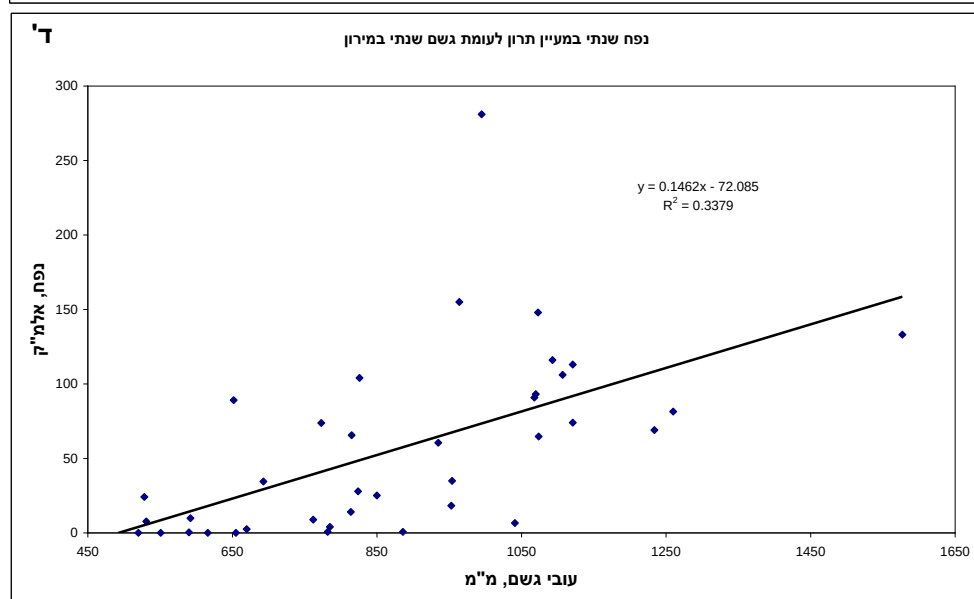
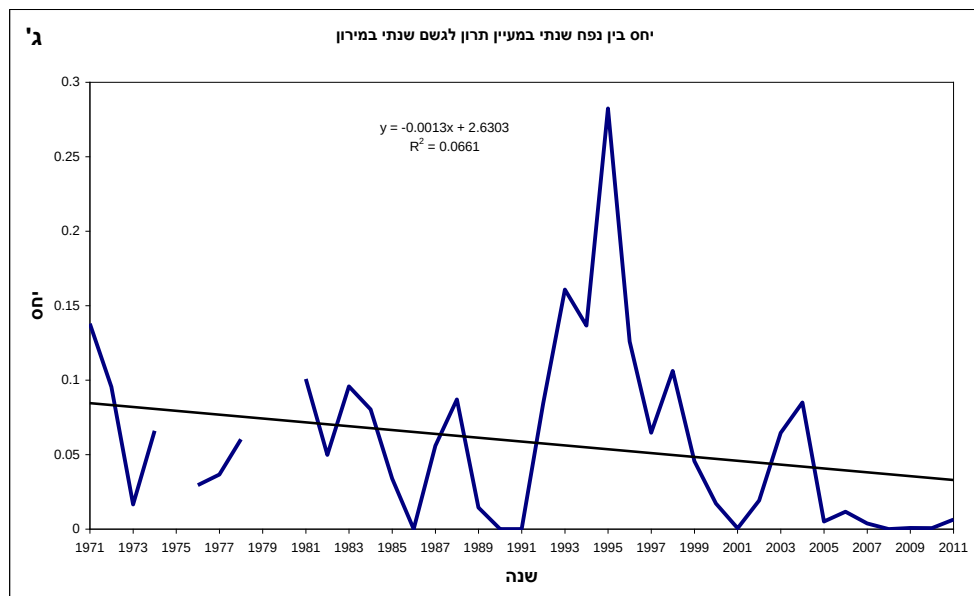
תרשים 64א-ד': מהלך הספיקה במעיין מירון (א'), גשם שנתי במירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



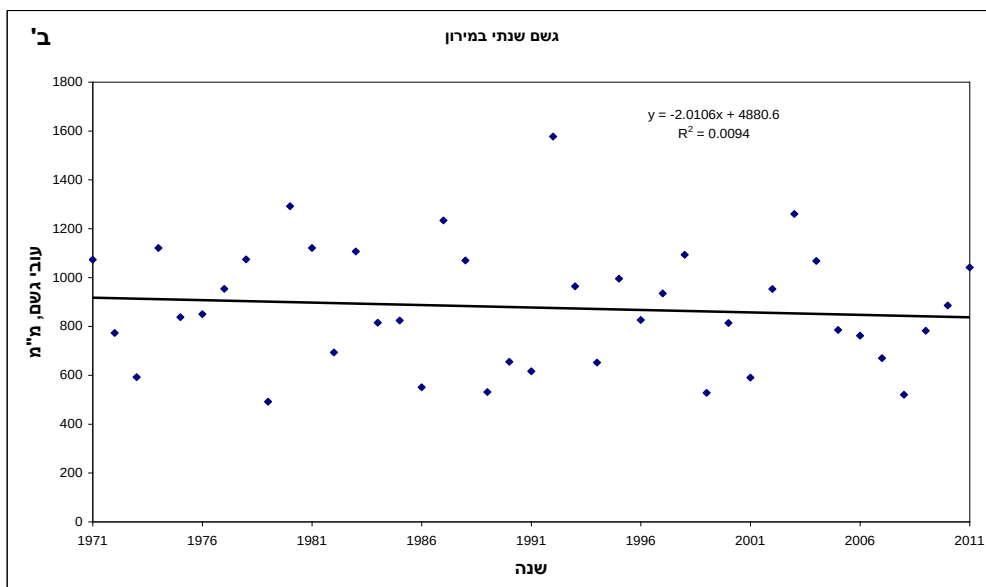
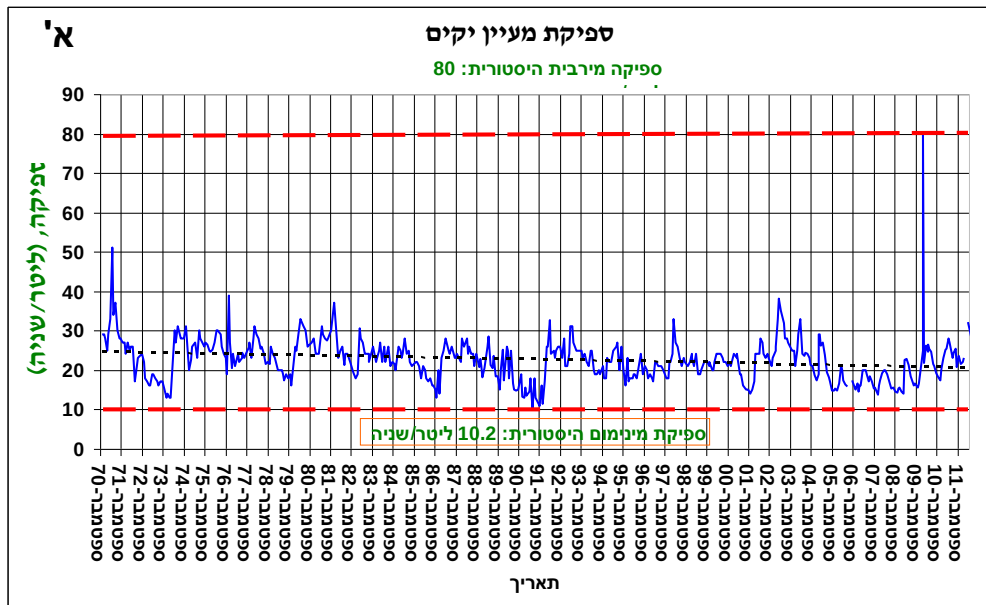


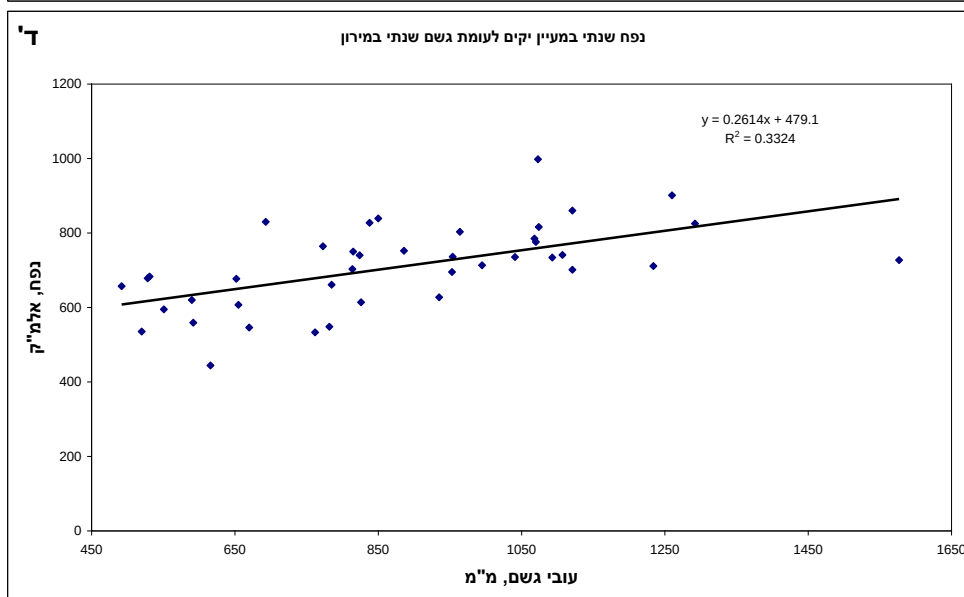
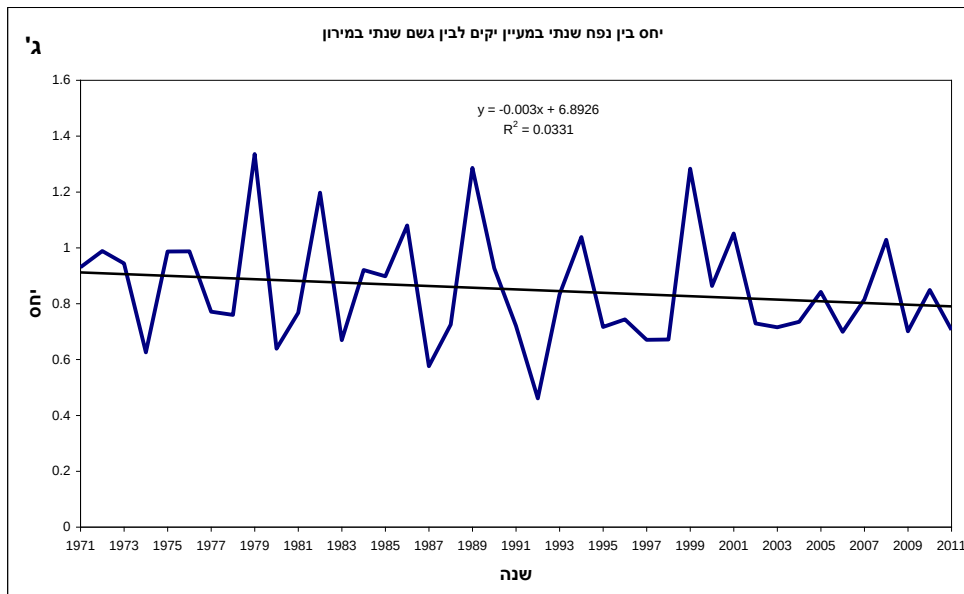
תרשים 65א- ד': מהלך הספיקה במעיין בר יוחאי (א'), גשם שנתי במירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



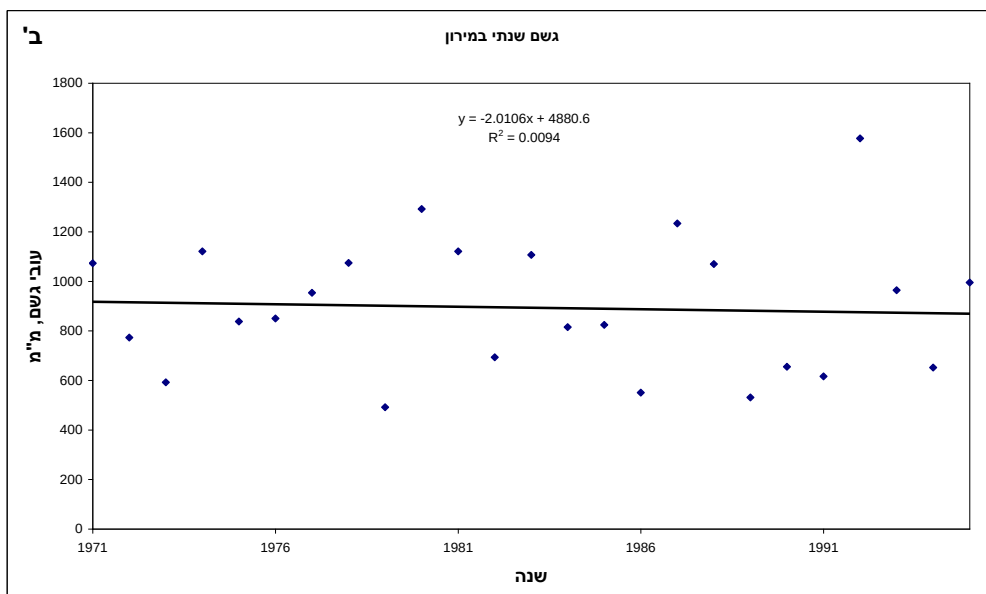
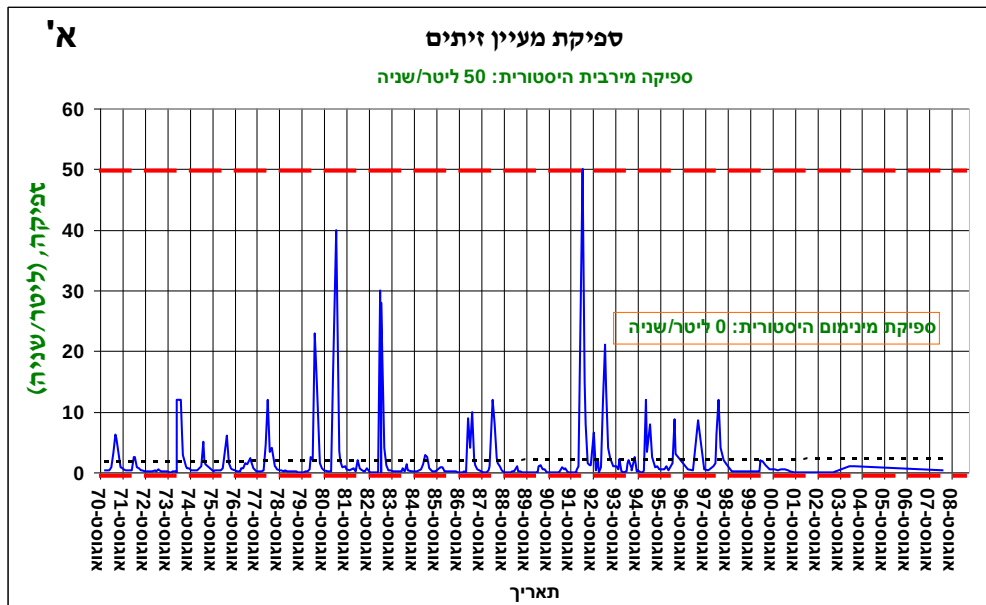


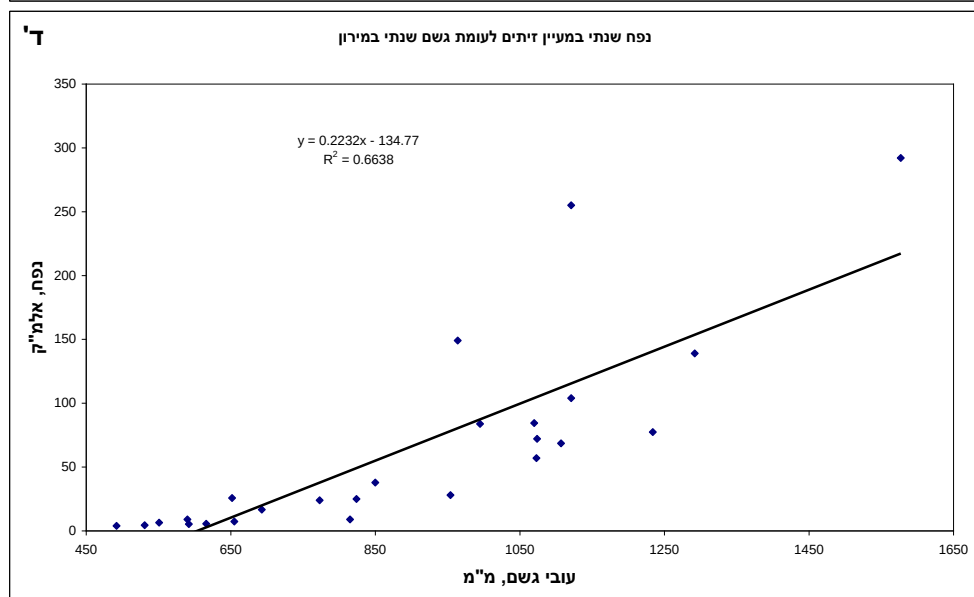
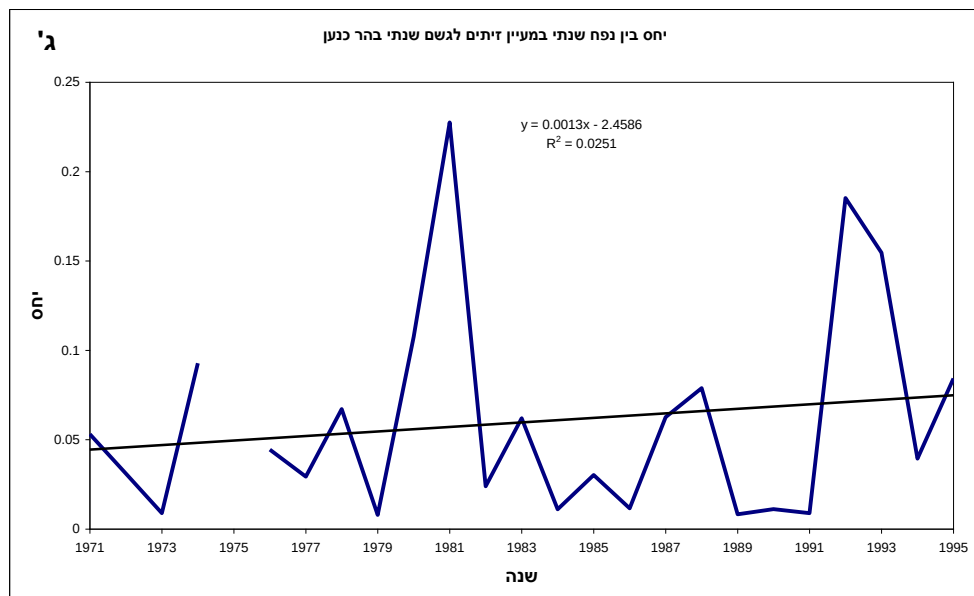
תרשים 66א-ד': מהלך הספיקה במעיין תרון (א'), גשם שנתי במירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



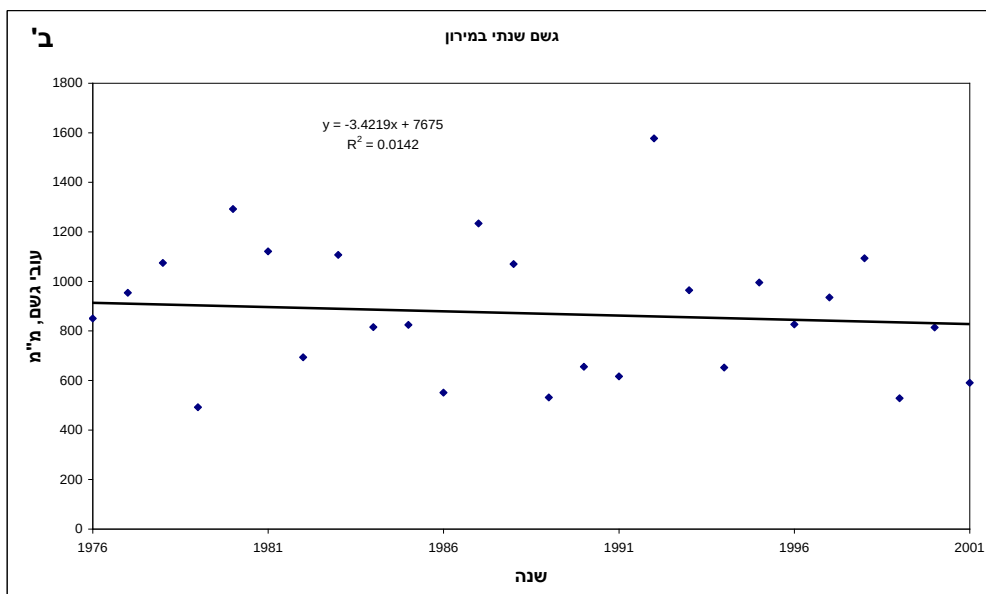
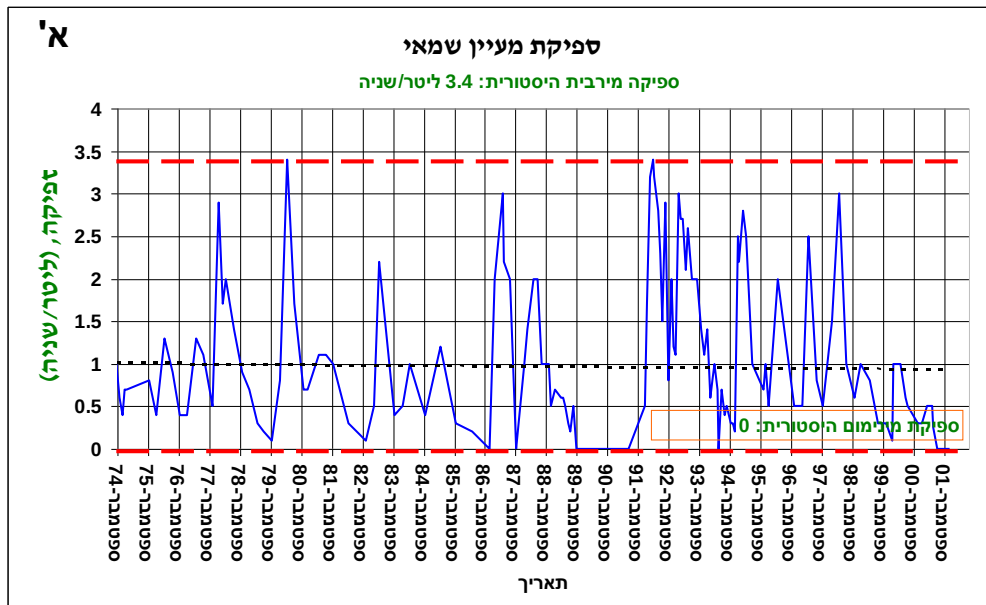


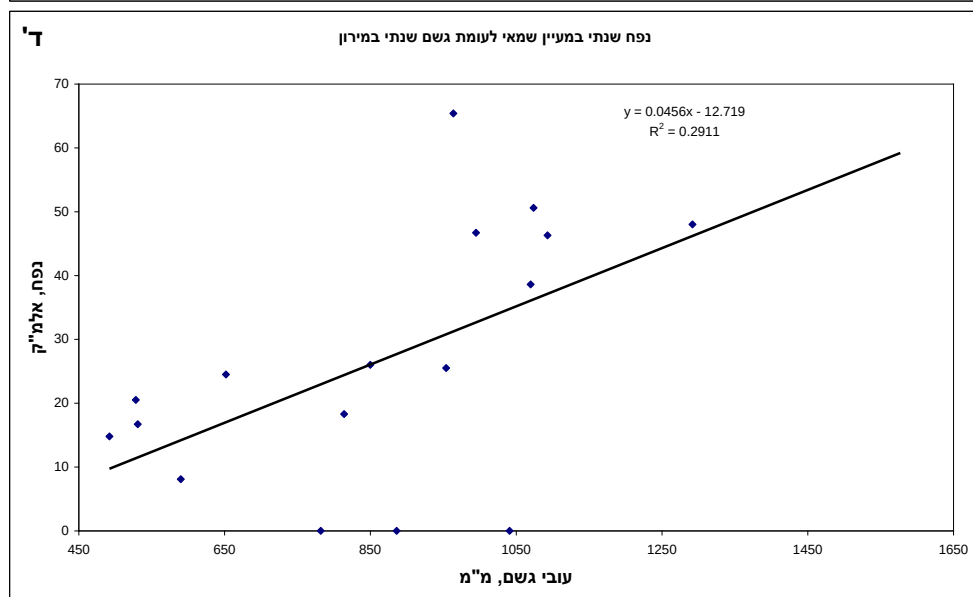
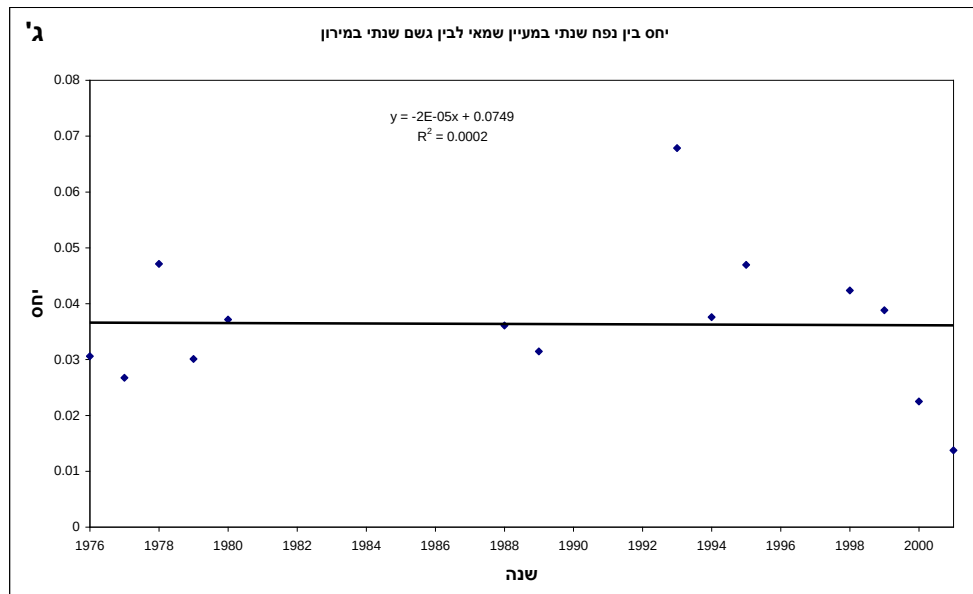
תרשים 67א-ד': מהלך הספיקה במעיין יקים (א'), גשם שנתי במירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



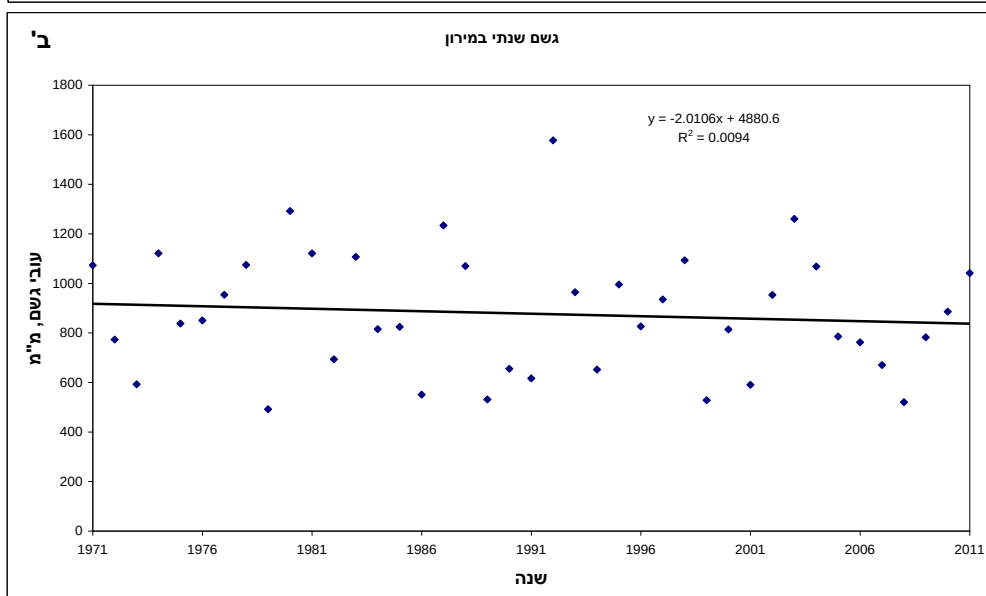
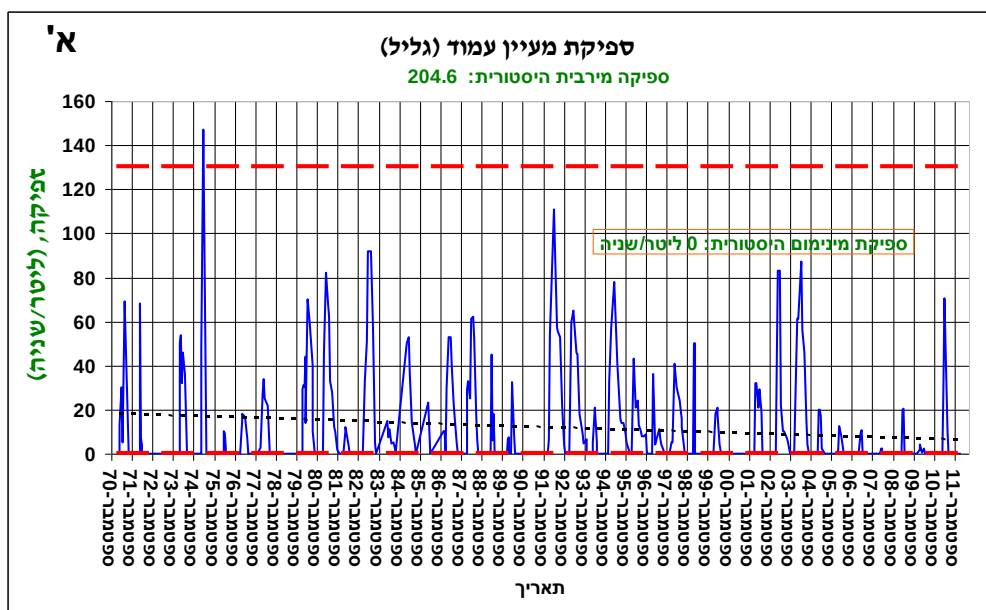


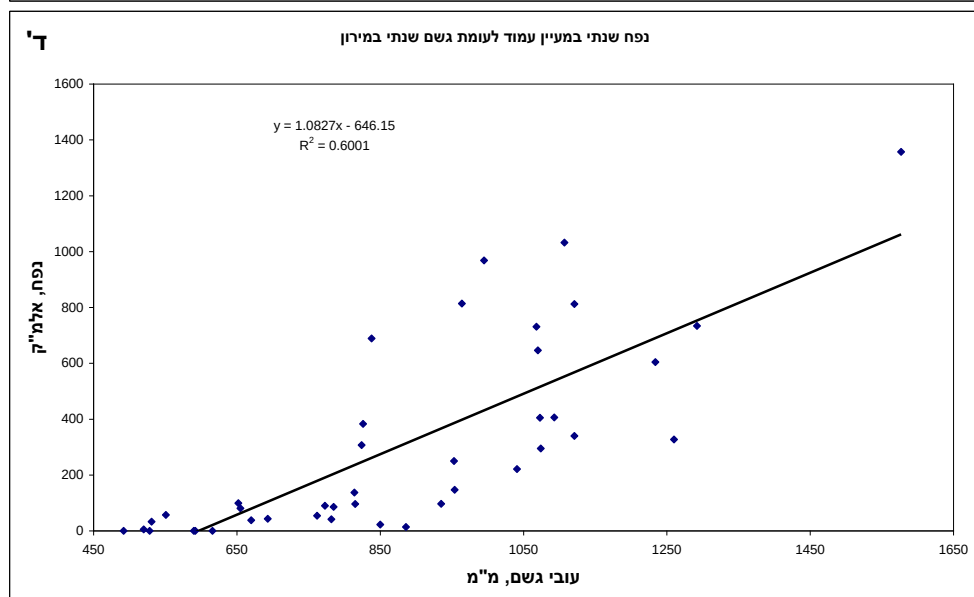
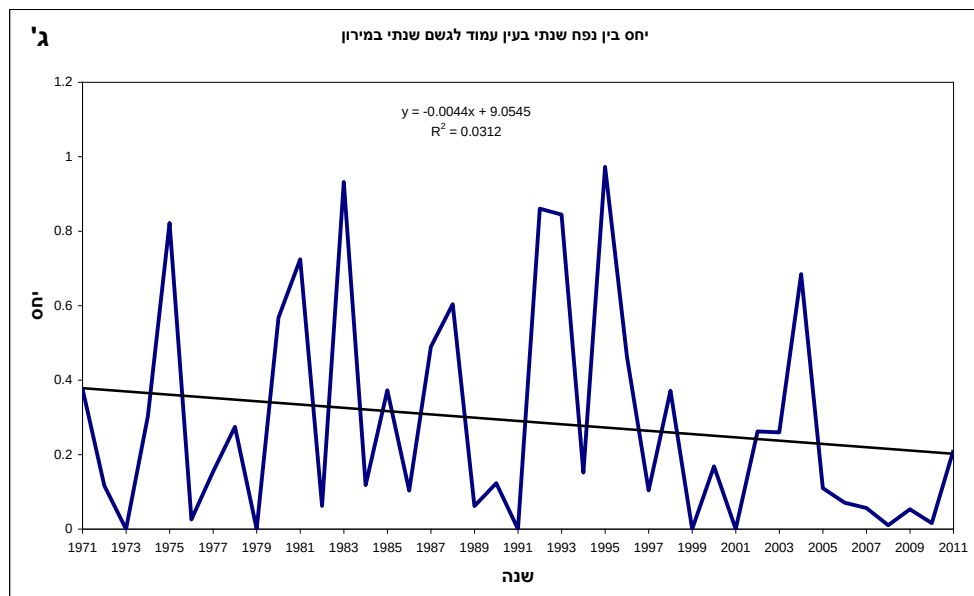
תרשים 68א- ד': מהלך הספיקה במעיין זיתים (א'), גשם שנתי במירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



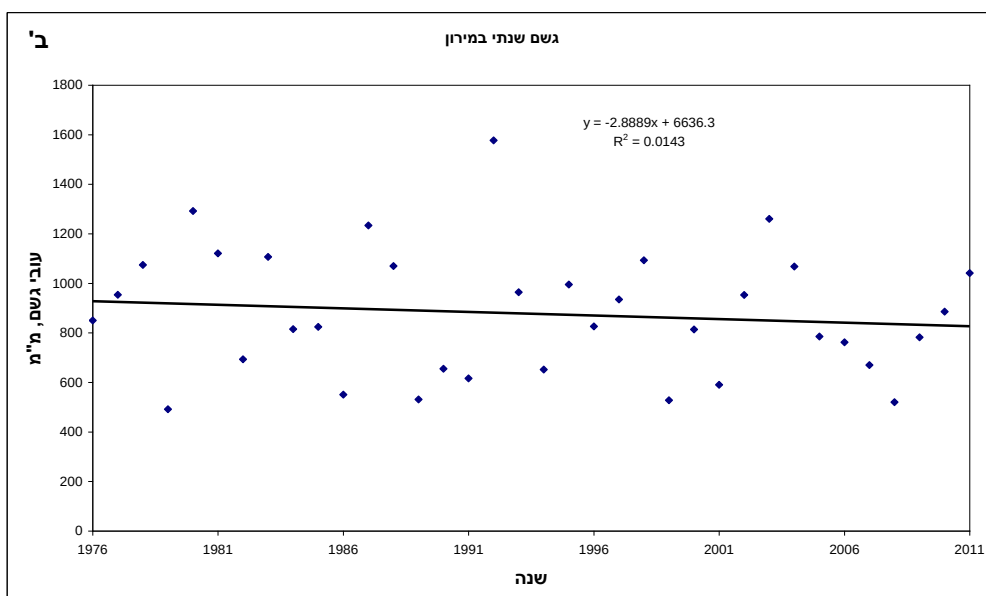
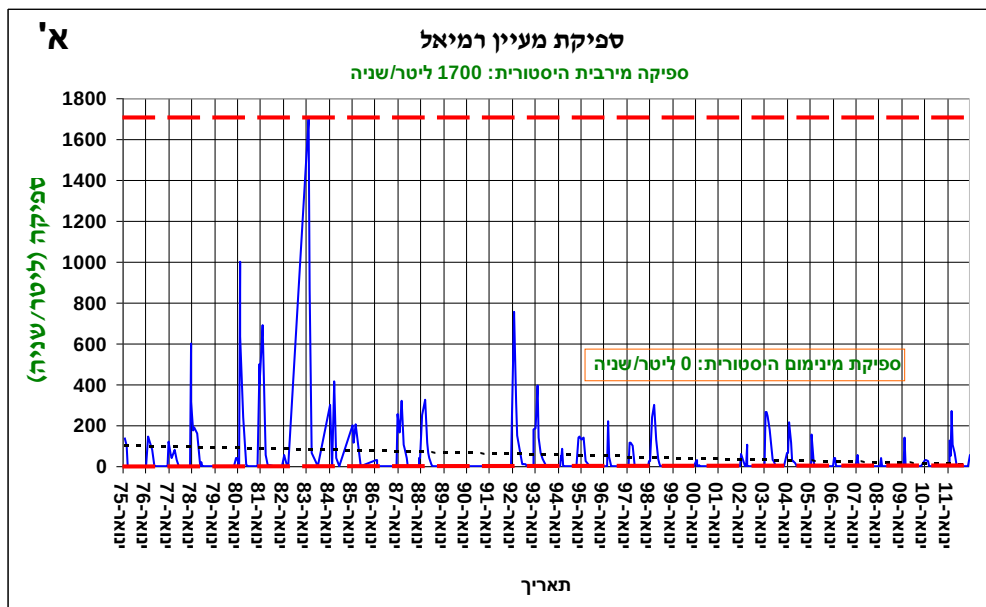


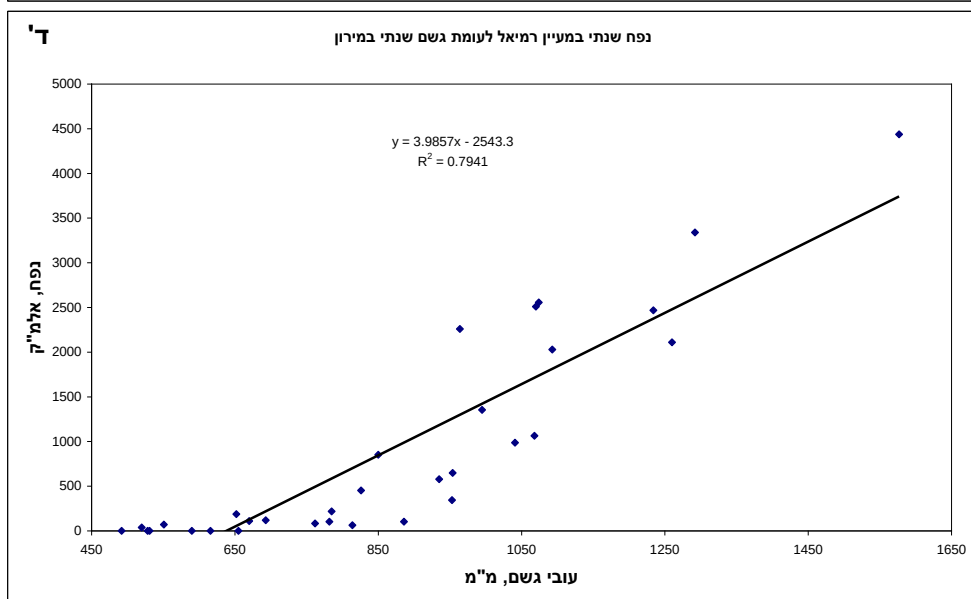
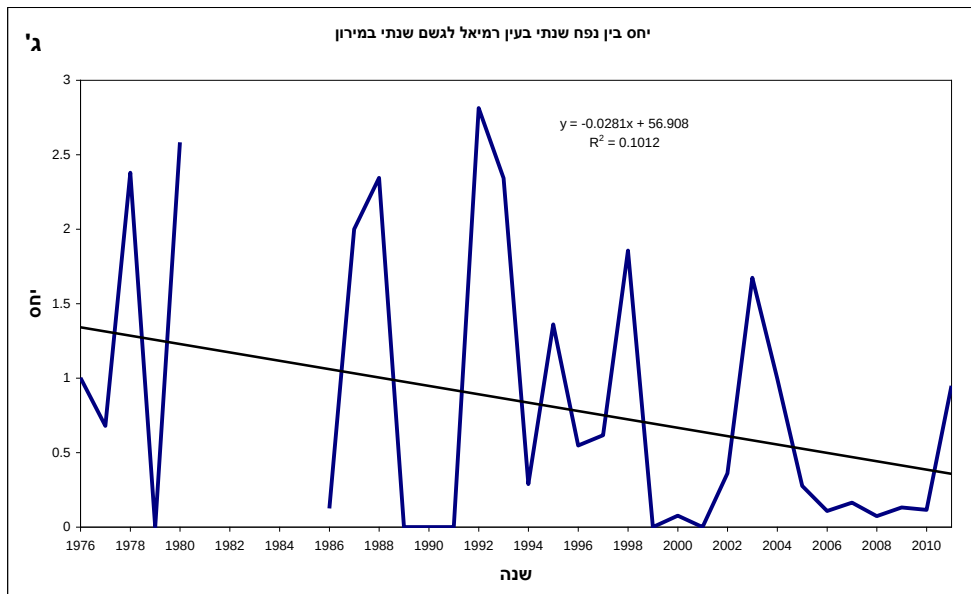
תרשים 69א-ד': מהלך הספיקה במעיין שמאי (א'), גשם שנתי במירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



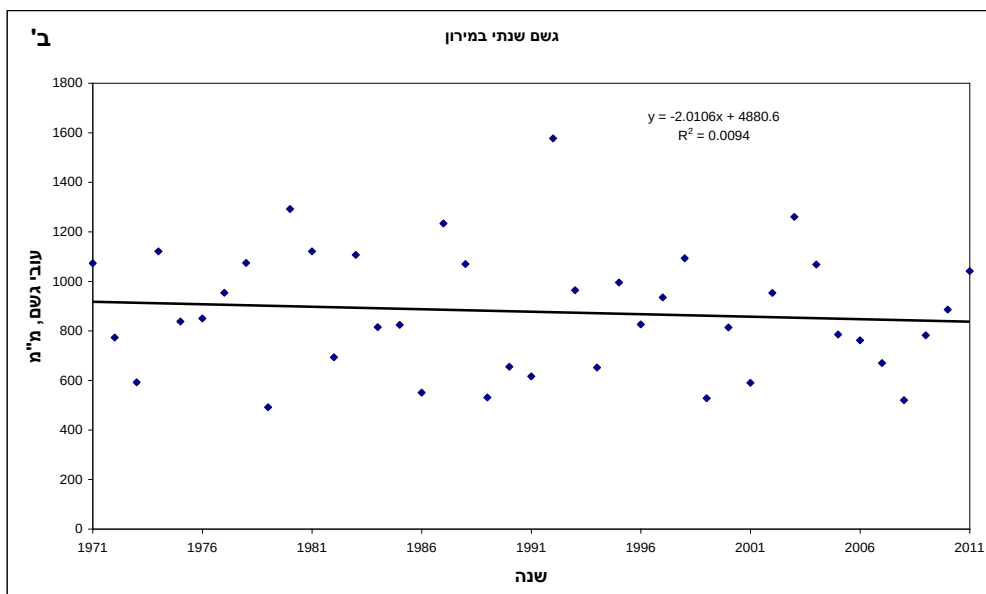
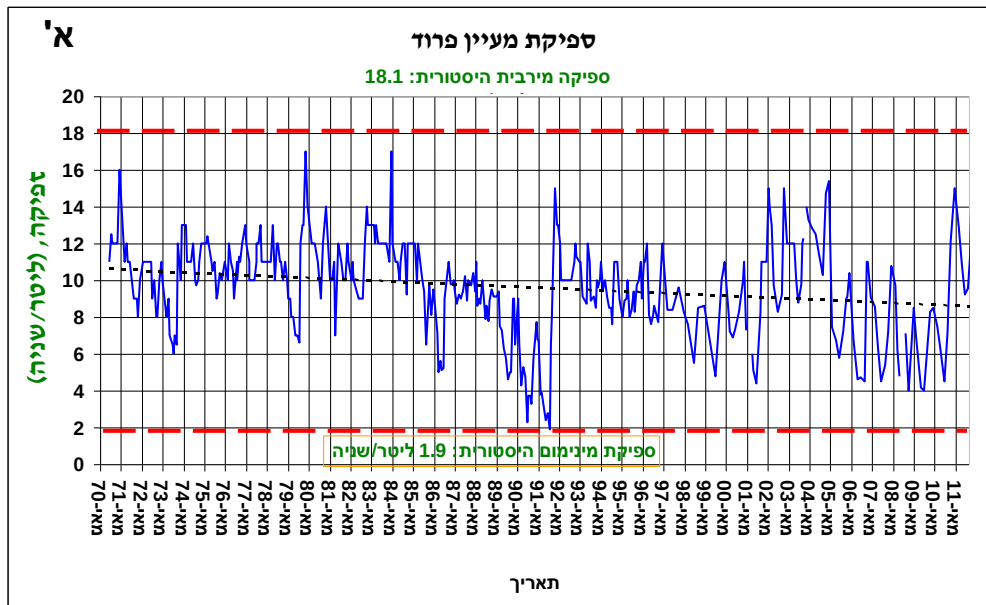


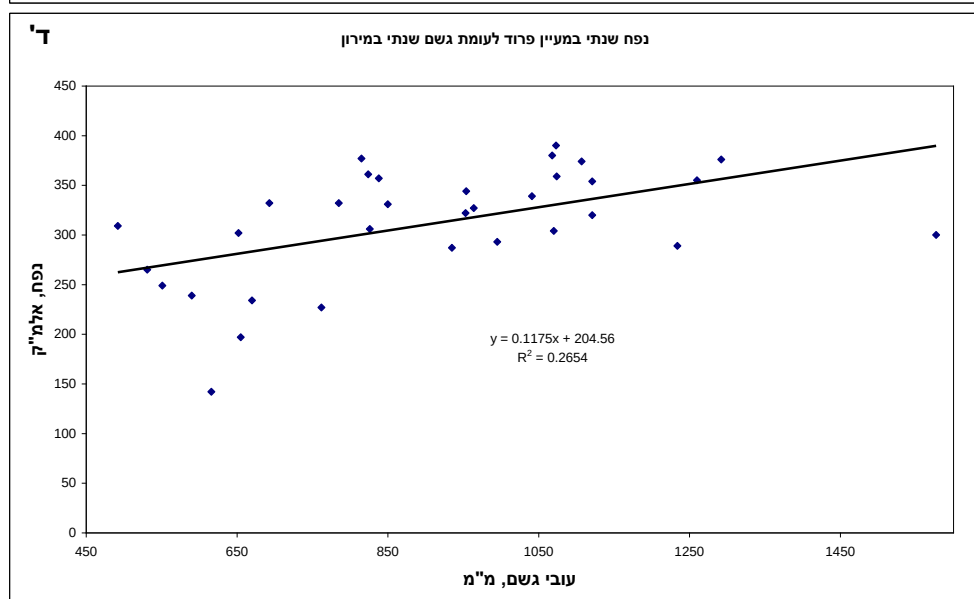
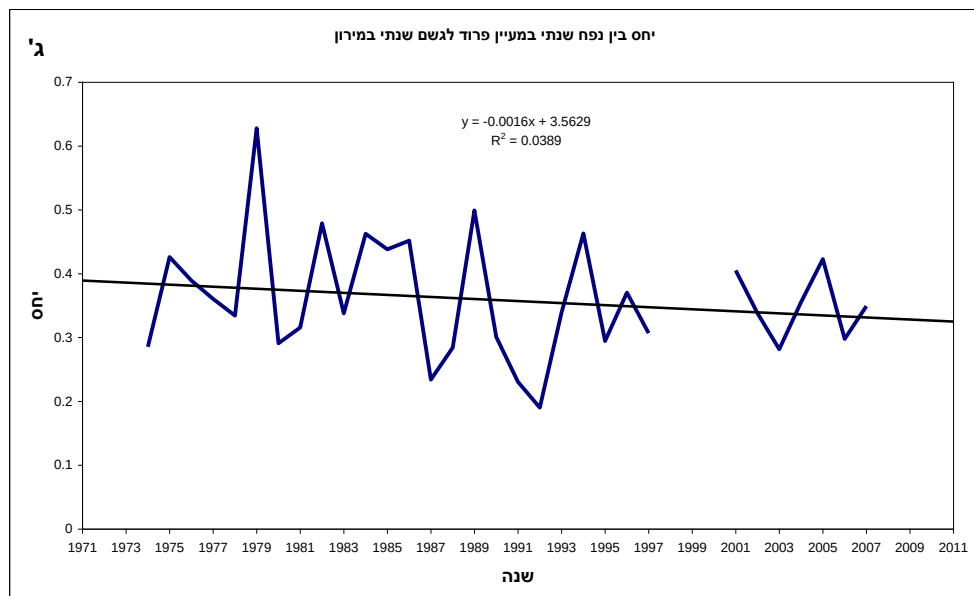
תרשים 70א-ד': מהלך הספיקה במעיין עמוד (גליל) (א'), גשם שנתי במירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



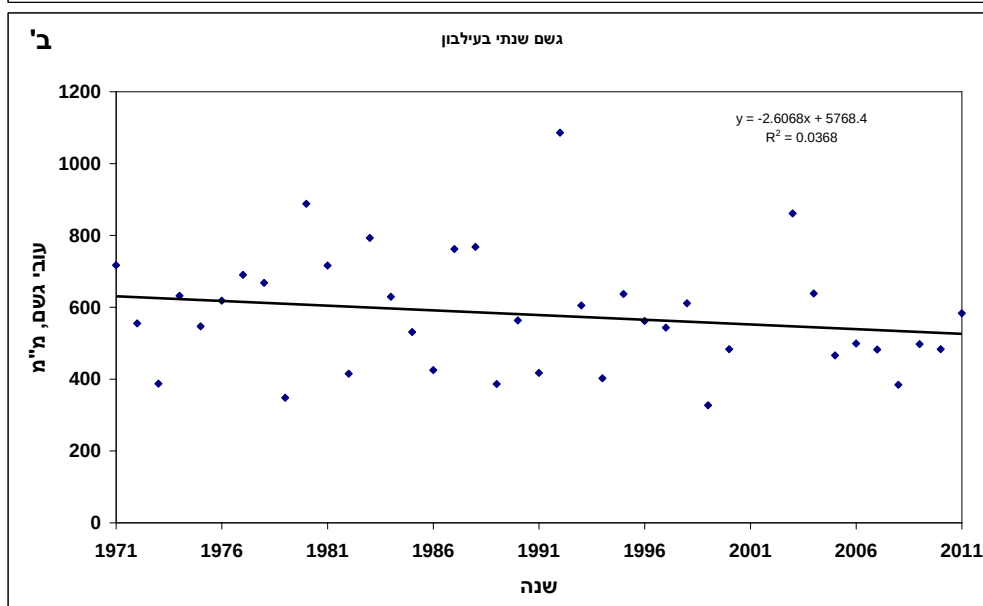
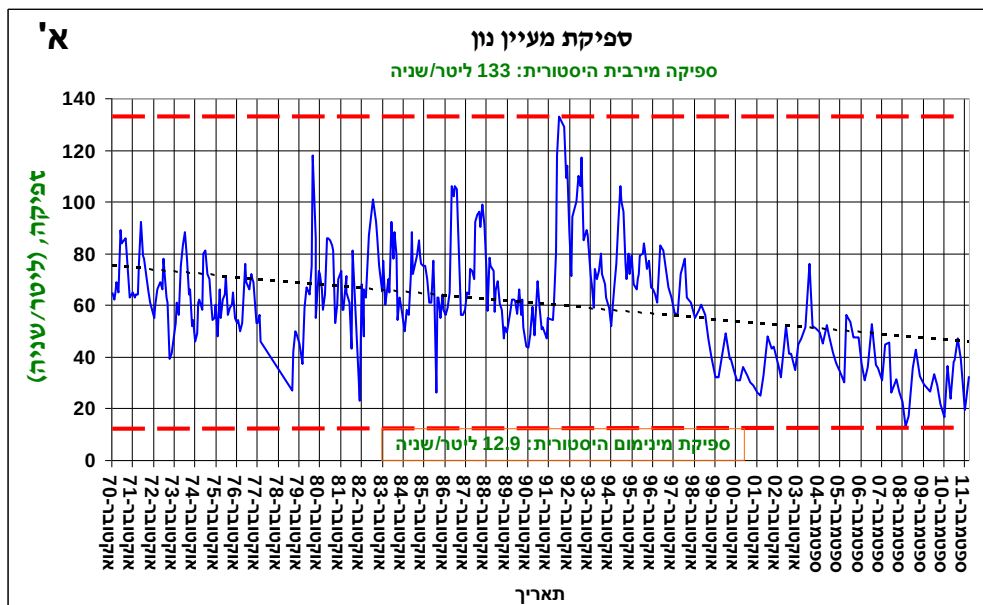


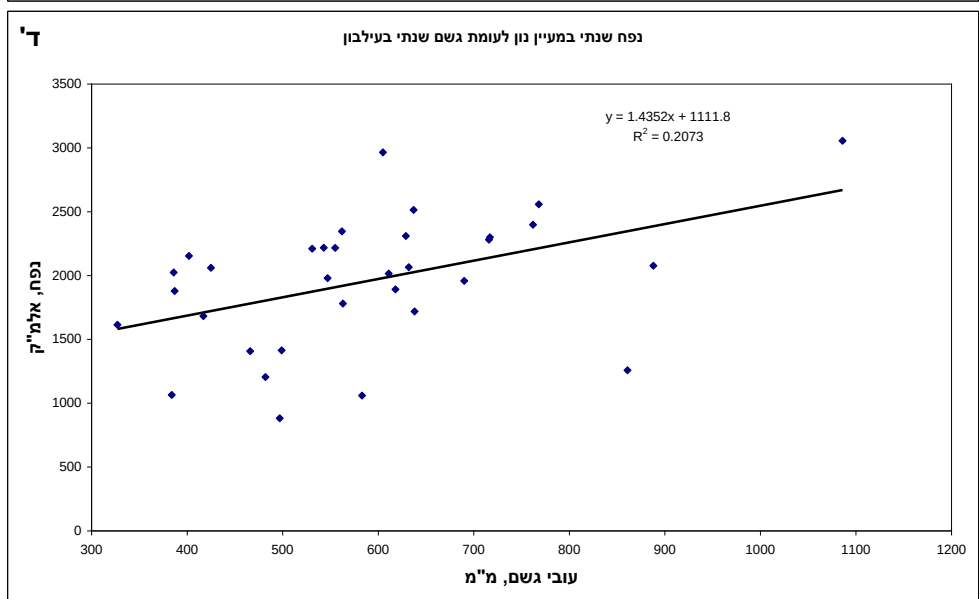
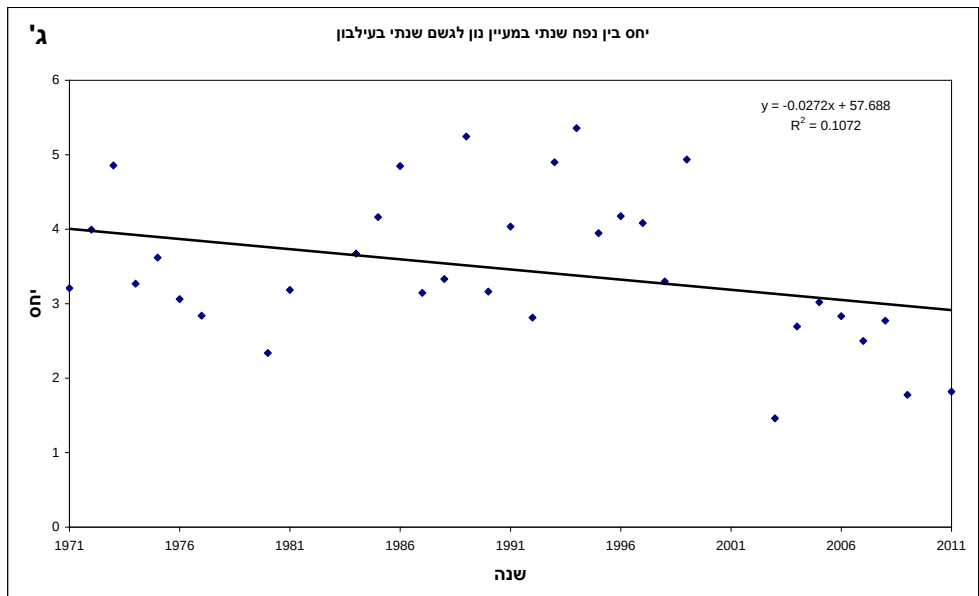
תרשים 71א-ד': מהלך הספיקה במעיין רמיאל (א'), גשם שנתי במירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס שפיעה גשם (ד').



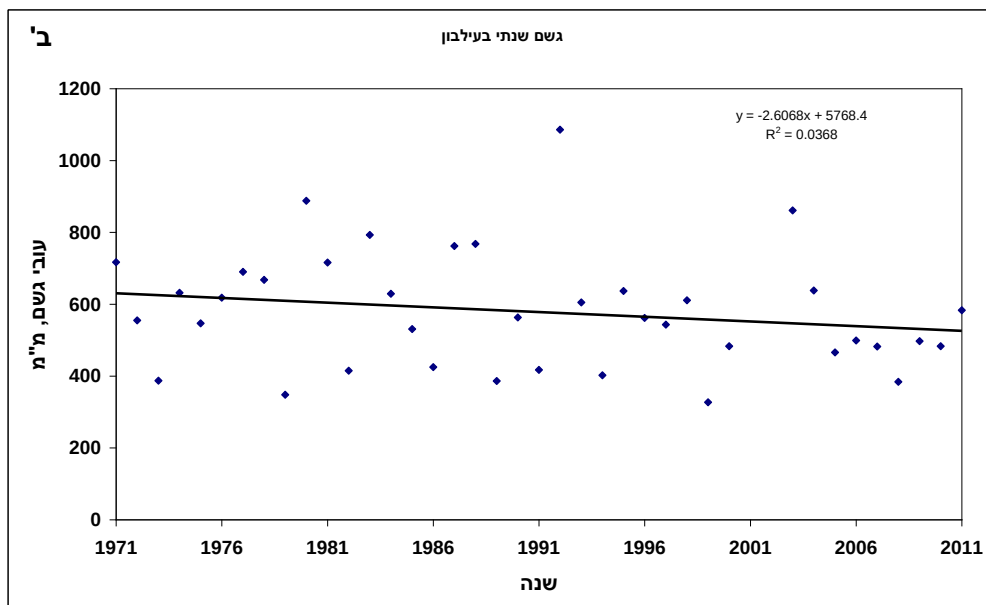
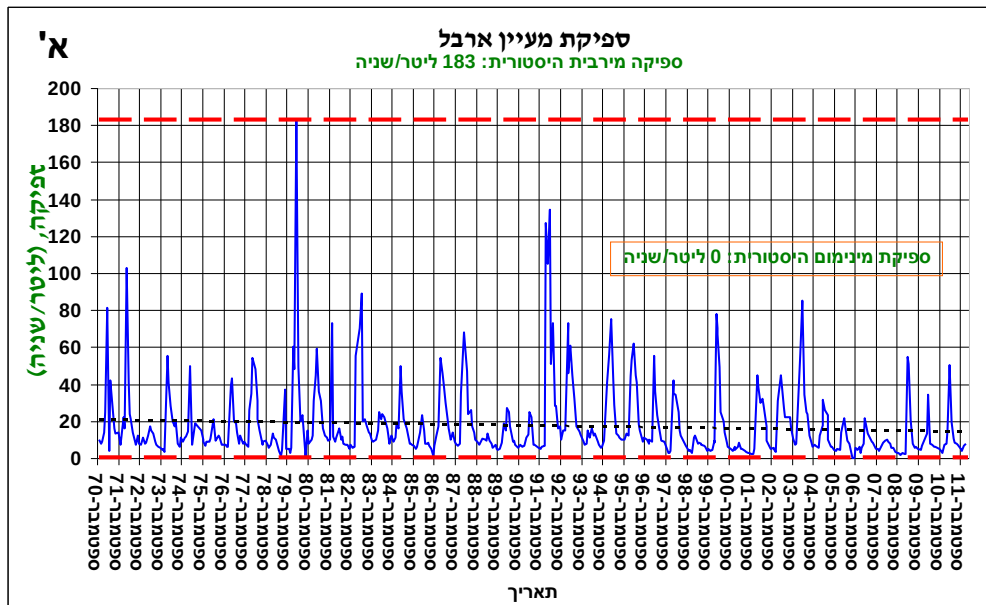


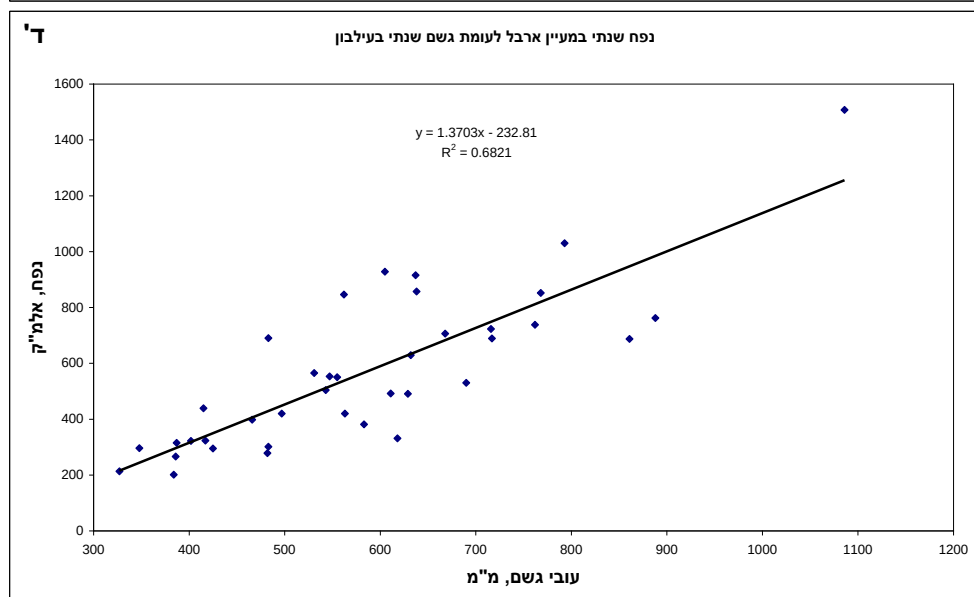
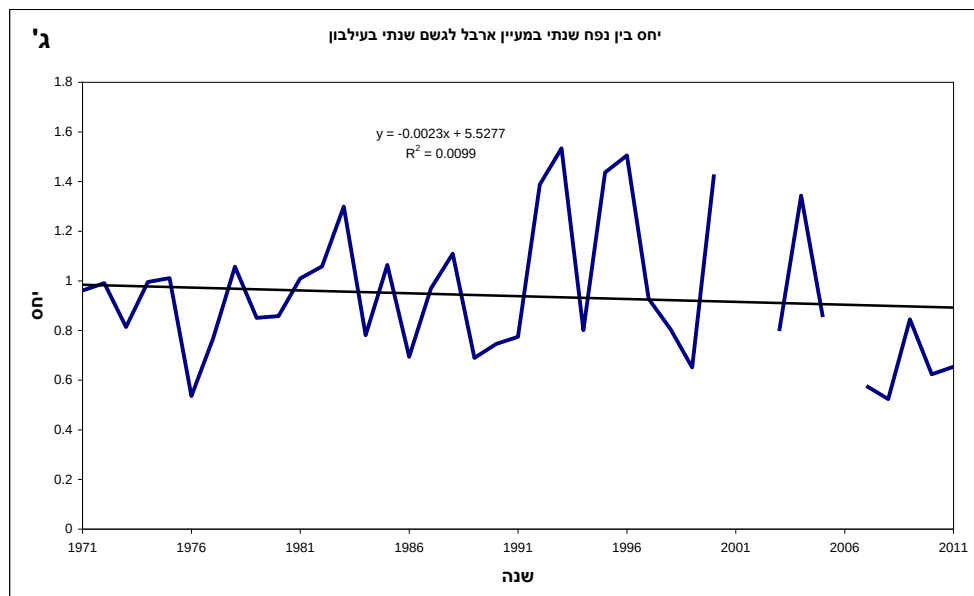
תרשים 72-א-ד': מהלך הספיקה במעיין פרוד (א'), גשם שנתי במירון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



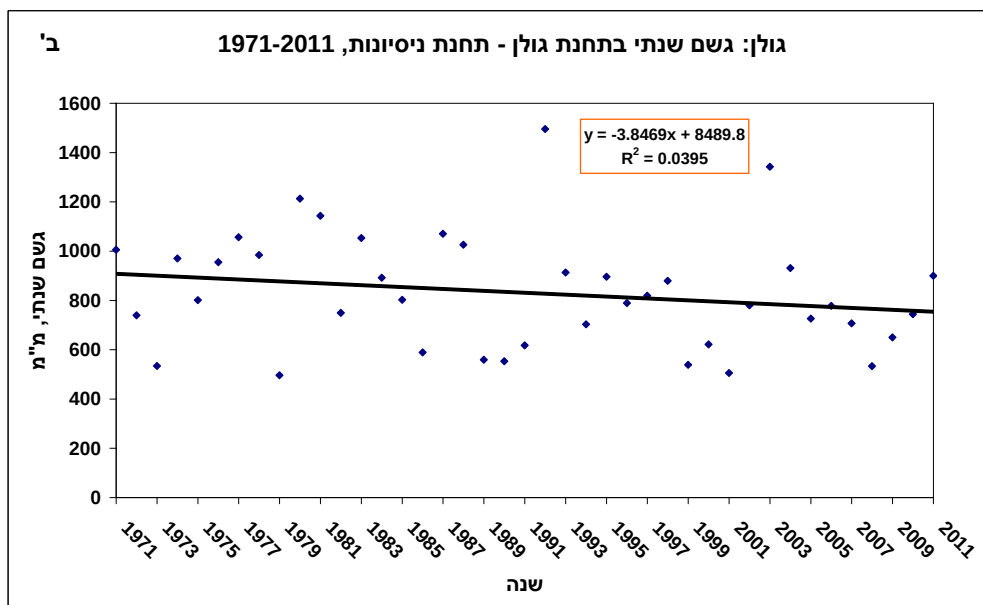
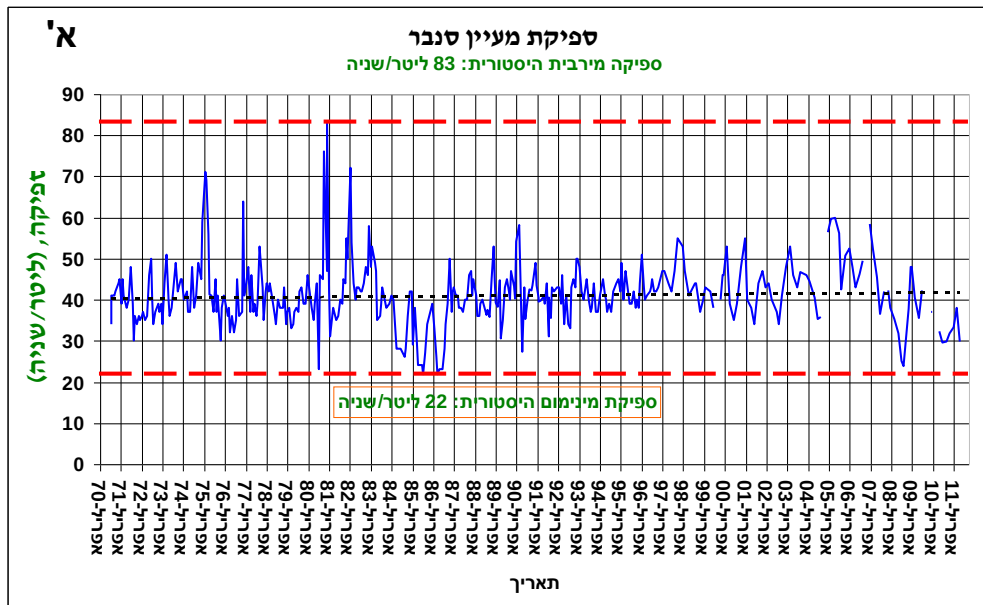


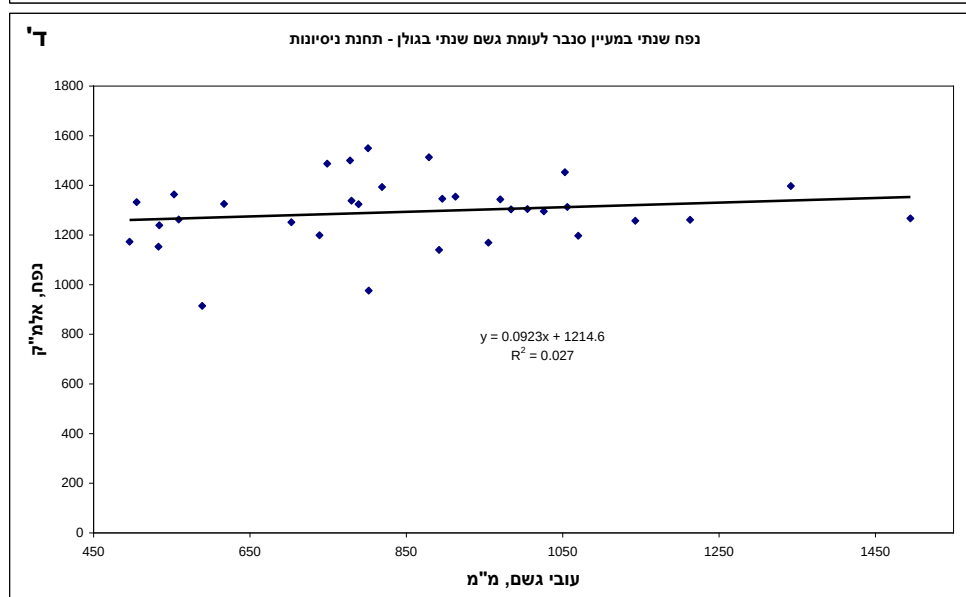
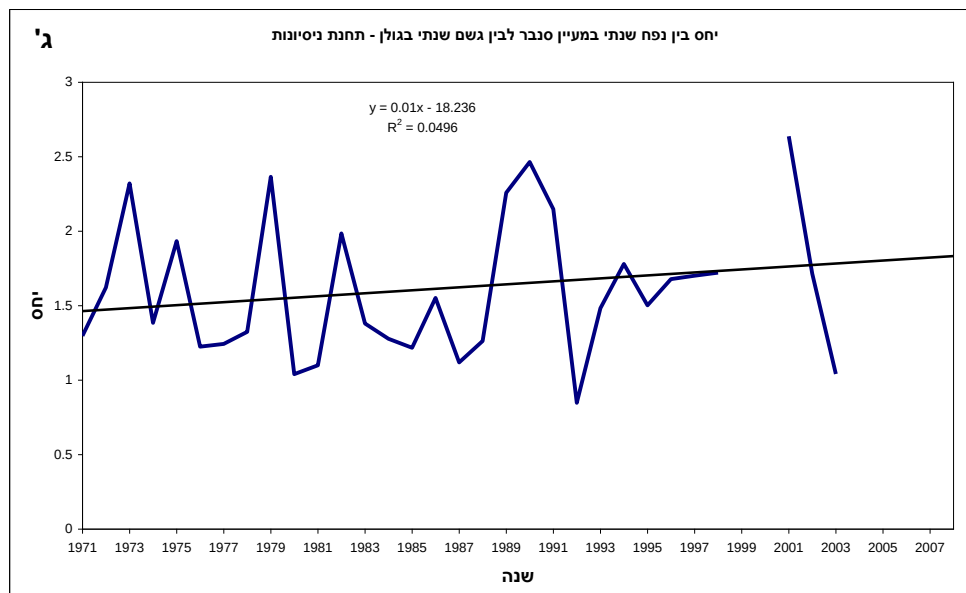
תרשים 73-ד': מהלך הספיקה במעיין נון (א'), גשם שנתי בעילבון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') יחס גשם שפיעה (ד').



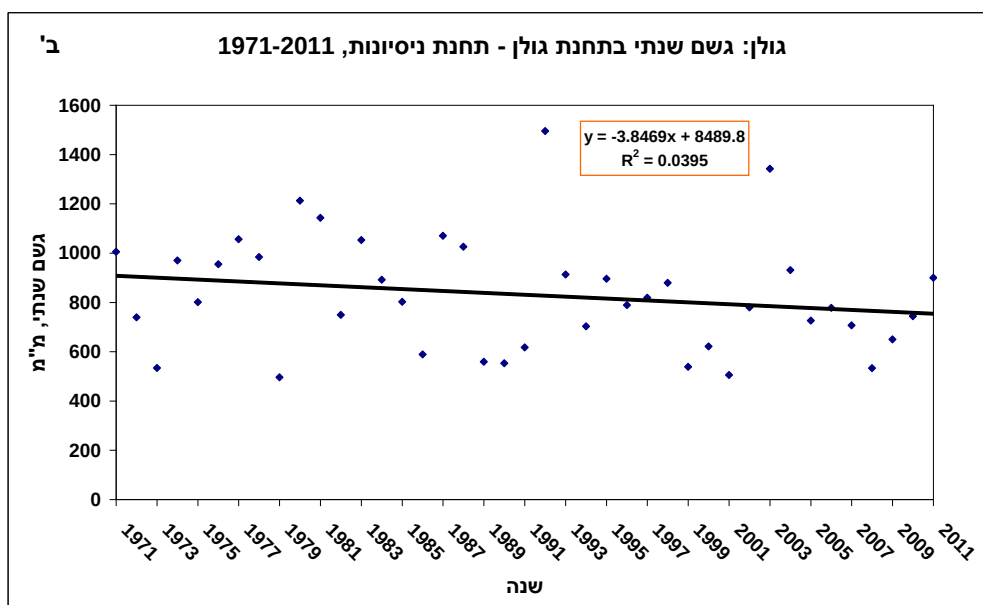
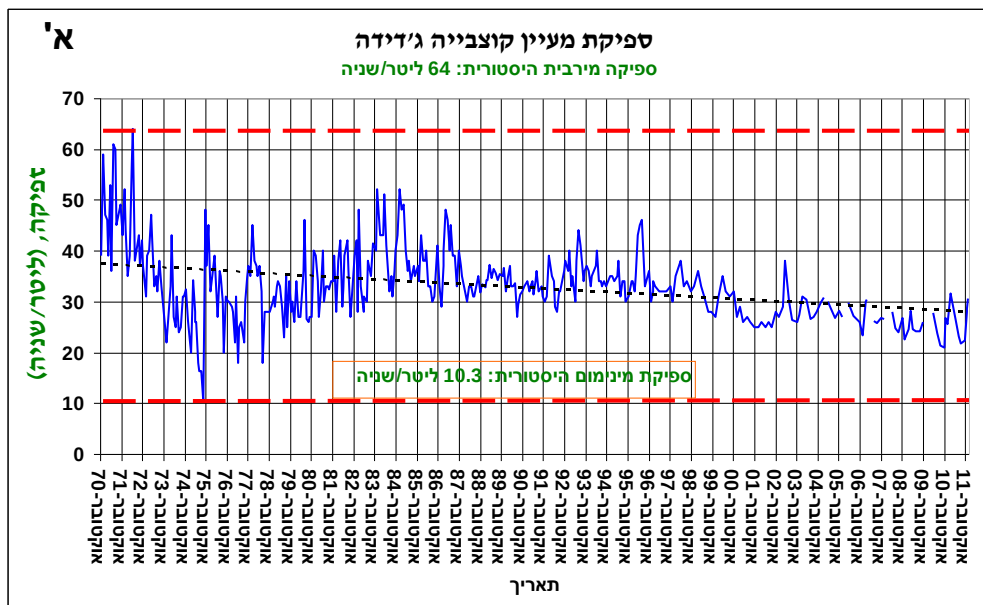


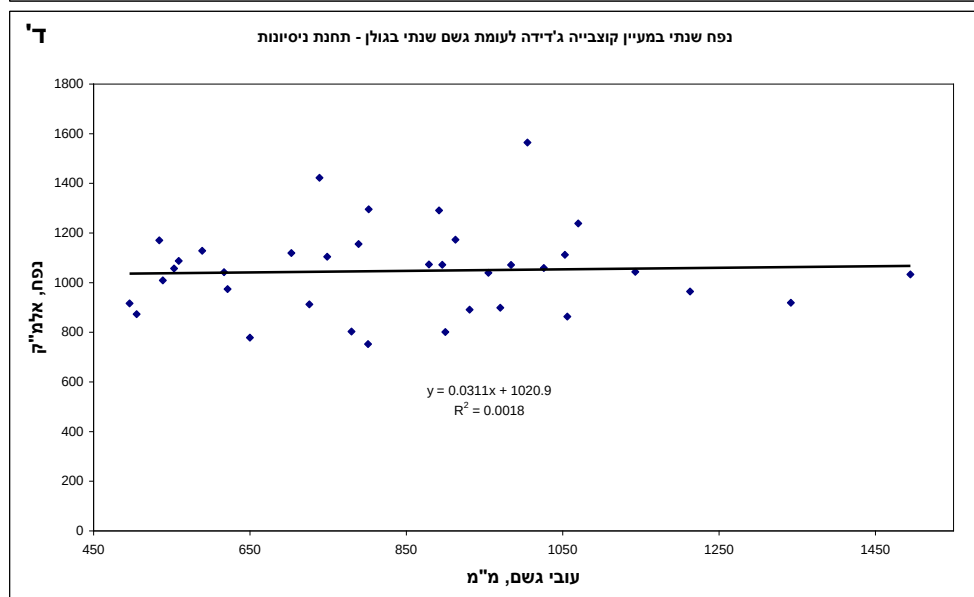
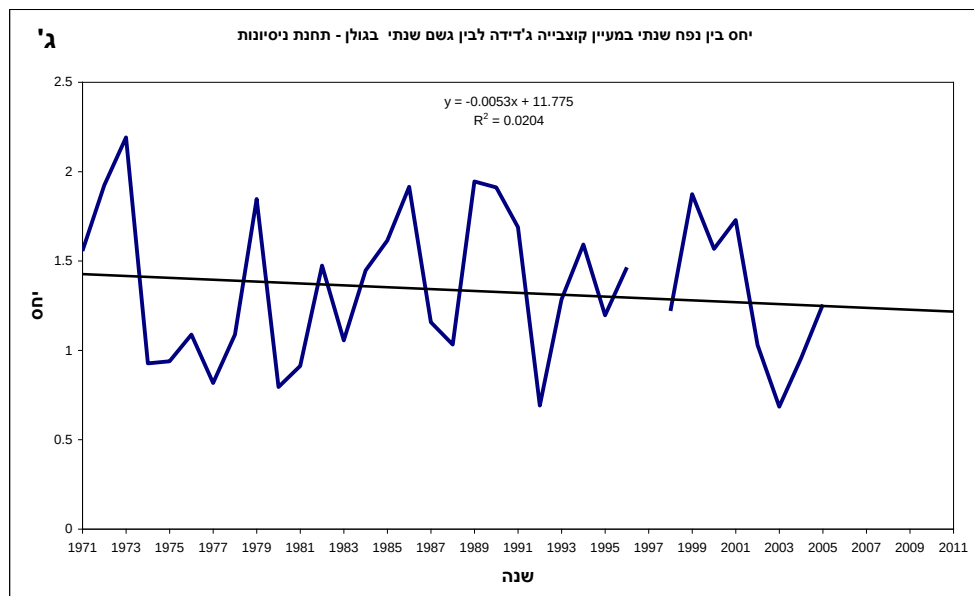
תרשים 74א-ד': מהלך הספיקה במעיין ארבל (א'), גשם שנתי בעילבון (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



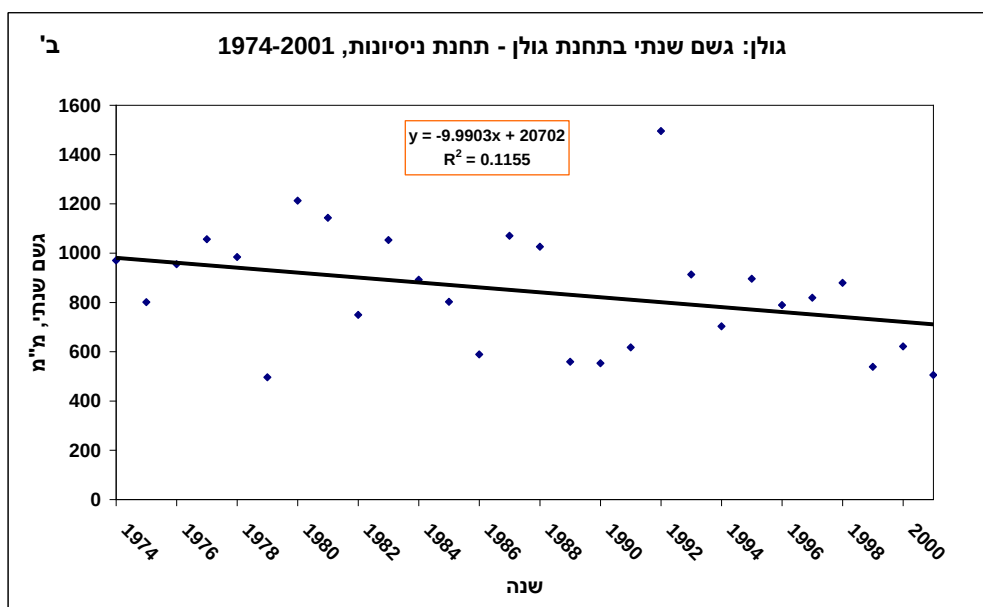
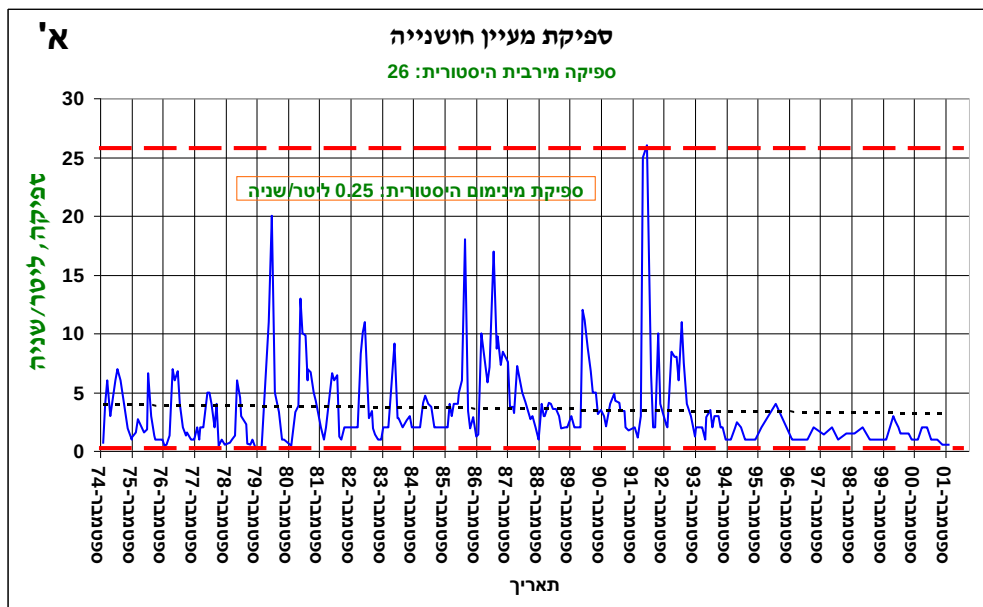


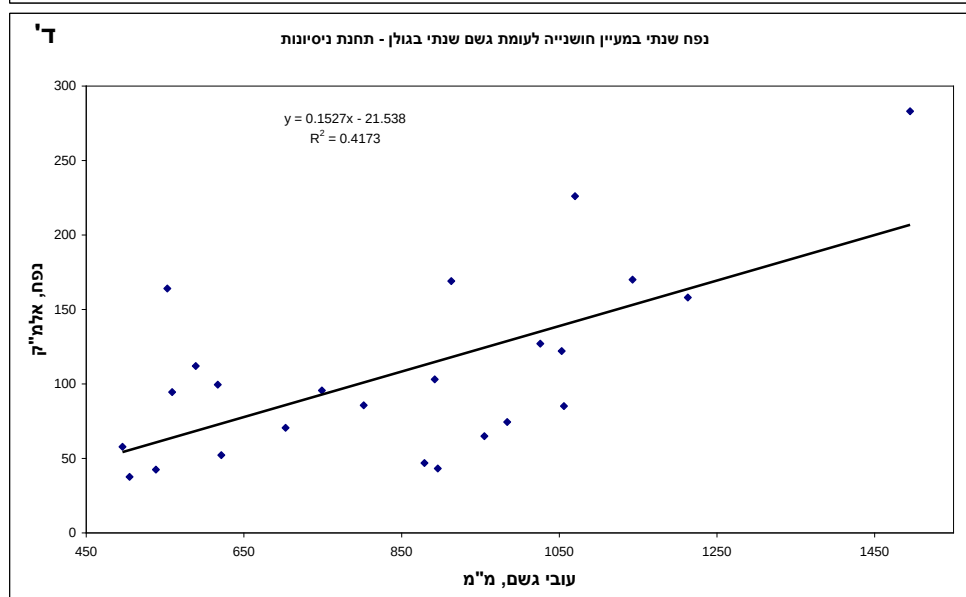
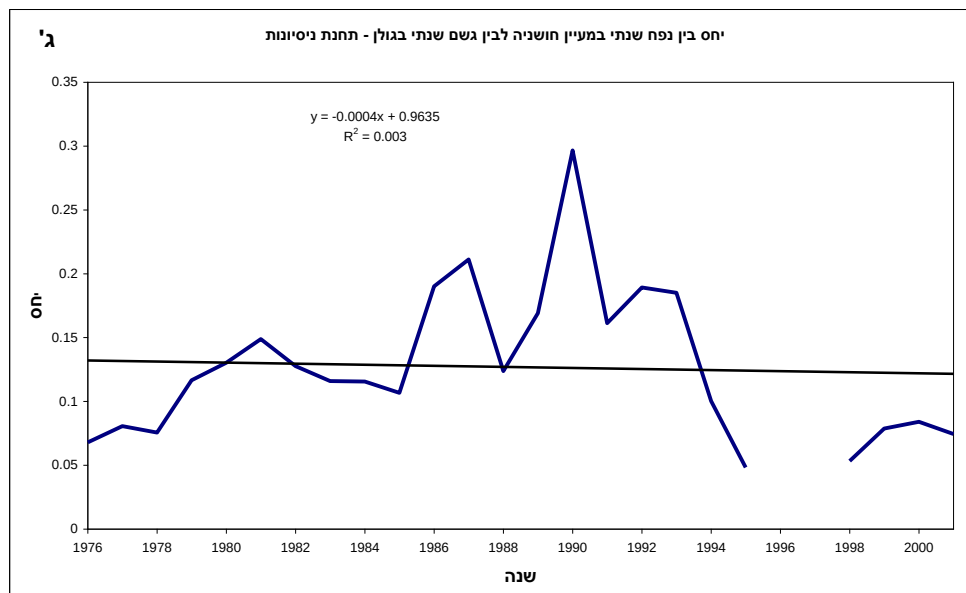
תרשים 75א-ד': מהלך הספיקה במעיין סנבר (א'), גשם שנתי בגולן – תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').





תרשים 76-א-ד': מהלך הספיקה במעיין קוצבייה ג'דידה (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').





תרשים 77א-ד': מהלך הספיקה במעיין חושניה (א'), גשם שנתי בגולן - תחנת ניסיונות (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').

7. אגן ההר הצפון-מזרחי – רקע הידרולוגי

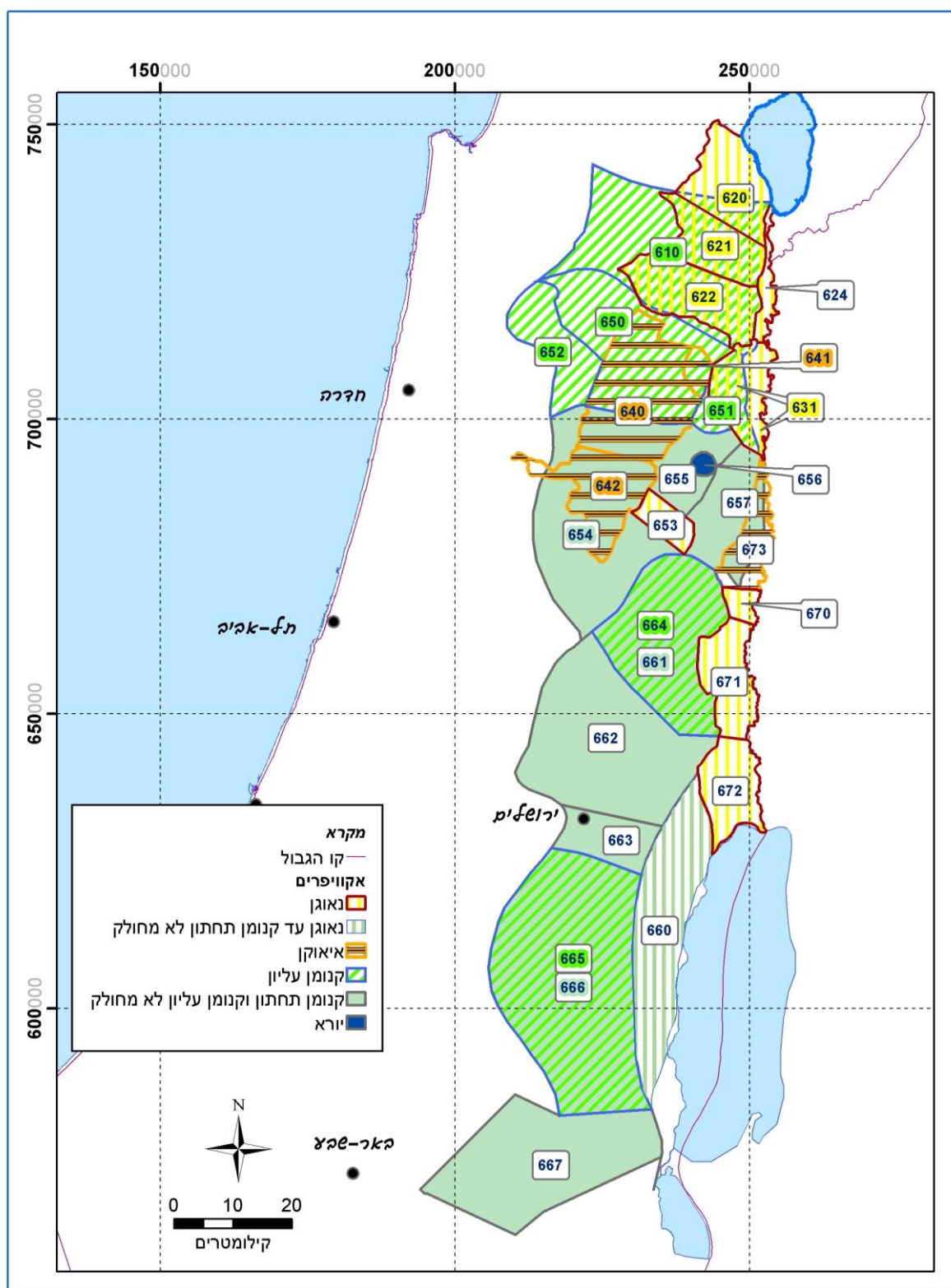
אגני ההר המזרחי נמצאים בשטחי יהודה, שומרון, הבקעה והגליל התחתון. אגנים אלו מתנקזים מאזור שדרת ההר המרכזית לכוון מזרח וצפון מזרח. גבולות האגנים הם הרי מגדל ושמורת ארבל בצפון, בקעת הירדן וים המלח במזרח, ונחל חימר בדרום. הגבול המערבי מפריד את אגני ההר במזרח מאגן ירקון-תנינים במערב, ועובר לאורך צירי הקמרים חברון, רמאללה והשוליים המערביים של קער השומרון.

בתחום האגנים נמצאים חמישה אקוויפרים. העיקרי מביניהם, חבורת יהודה, מורכב בעיקרו מגיר-דולומיט מגיל אלביאן עד טורון. האקוויפרים המשניים הם: גיר וקירטון מגיל איאוקן באזור קער השומרון ונחל תרצה (חבורת עבדת), בזלת מגיל ניאוגן-קוורטר באזור הגליל התחתון, מילוי אלוביאלי מגיל ניאוגן-קוורטר באזור בית שאן ובבקעת הירדן, וגיר מגיל יורא (חבורת ערד).

אגני ההר המזרחי מחולקים לארבעה אגנים ראשיים: (1) אגן ההר המזרחי, (2) האגן הצפון מזרחי, (3) אגן הגליל התחתון, (4) אגנים קטנים נוספים ממזרח לשומרון (ראה תרשים 78).

מי התהום באגנים ניזונים ממי גשם, וזורמים בעיקר לכוון מזרח, שם הם מתנקזים באופן טבעי כמעיינות. המעיינות נובעים בשולי ים המלח, בעמקים הפנימיים, בבקעת הירדן וכמעיינות שעונים בהר. האקוויפר מורכב משתי חבורות עיקריות: הראשונה חבורת עבדת מגיל איאוקן הבנויה מגיר וקירטון והיא חשופה ברוב שטחי השומרון. השנייה חבורת יהודה הנמצאת מתחת לחבורת עבדת והיא חשופה מעט בשטח. חבורת יהודה בנויה בעיקר, מגיר ודולומיט מגיל אלביאן עד טורון. ציר הסינקלינה של שכם-ג'נין מהווה את מרכז האקוויפר שמתנקז בעיקר לכיוון צפון (עמק יזרעאל).

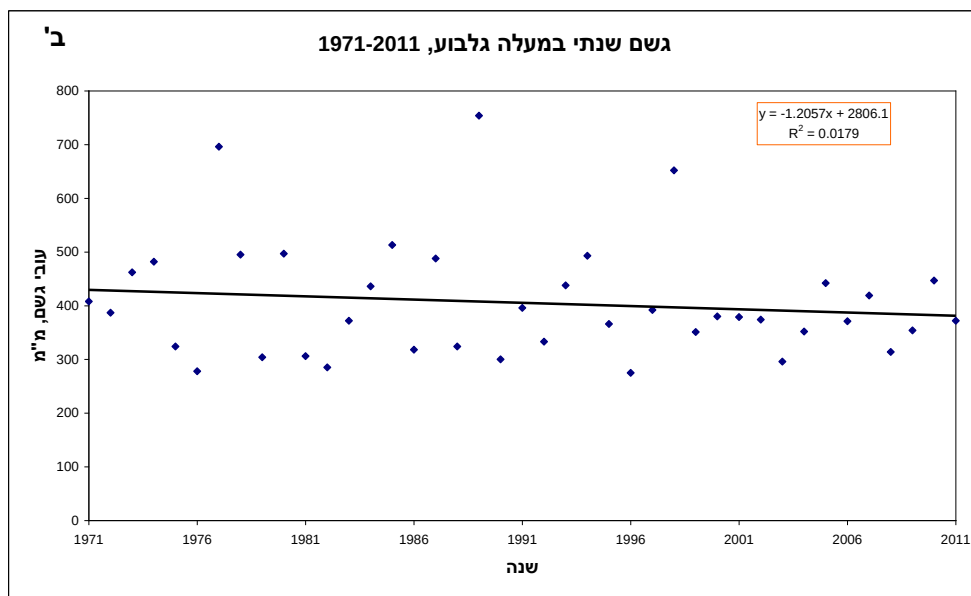
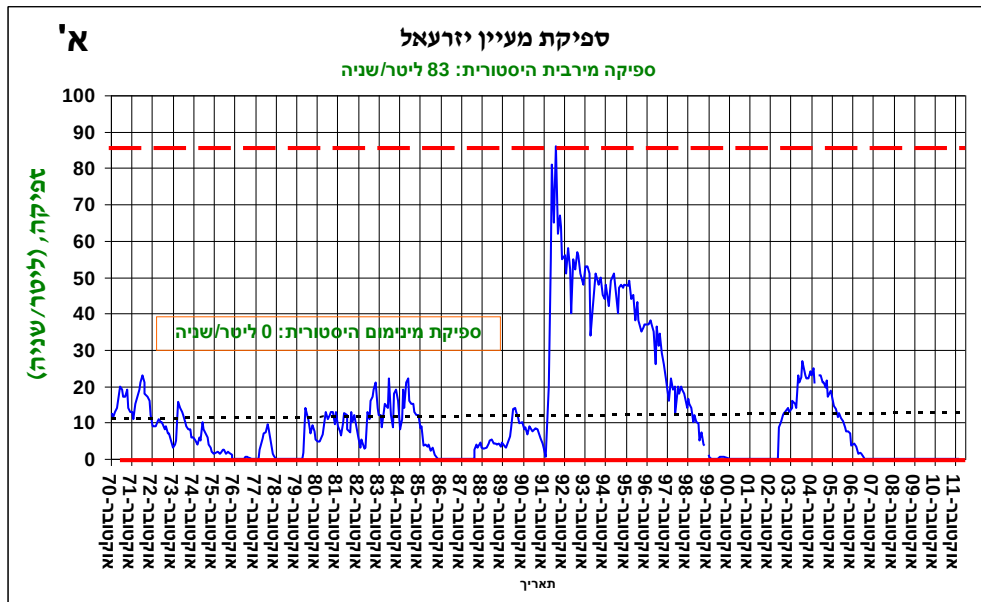
המעיינות בשולי הגליל (חומה, מגדל, עמל ושוקק) נובעים מהמילוי בקרבת מחשופי חבורת עבדת ומקבלים את רוב מימיהם מאקוויפר חבורת יהודה. השפיעה הכוללת הממוצעת של ששת המעיינות הגדולים באגן מסתכמת בכ-67 מלמ"ק בתת-האגן. התפוקה הכוללת (שפיעה ושאיבה) בתת האגן בשנת 2009/10 הייתה 137 מלמ"ק ואילו המילוי החוזר היה 73 מלמ"ק. ריכוז הכלוריד במעיינות נע בין כ-400 מג"ל ל-700 מג"ל (למעט עין עמל שבו ריכוז הכלוריד הוא כ-1200 מג"ל).

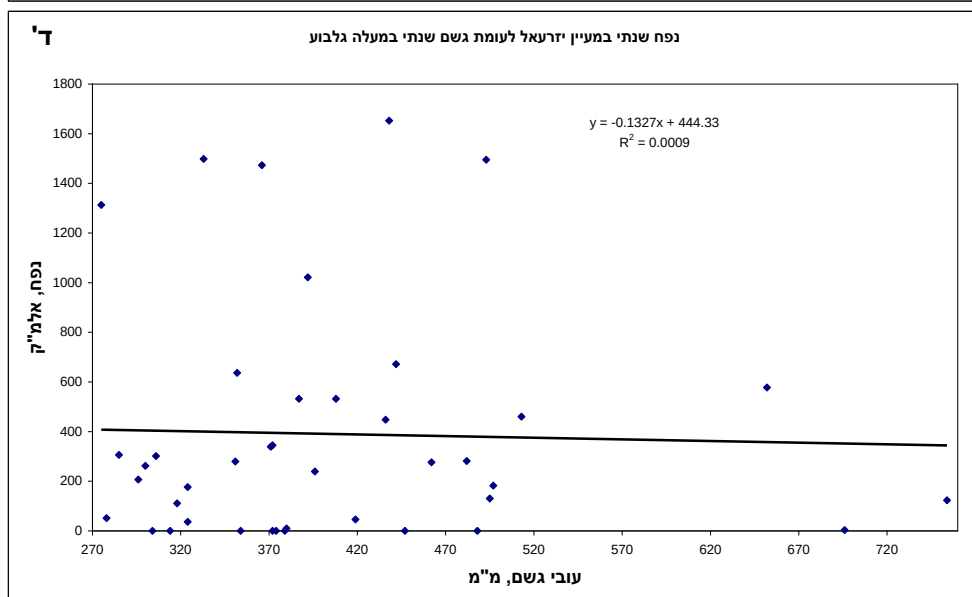
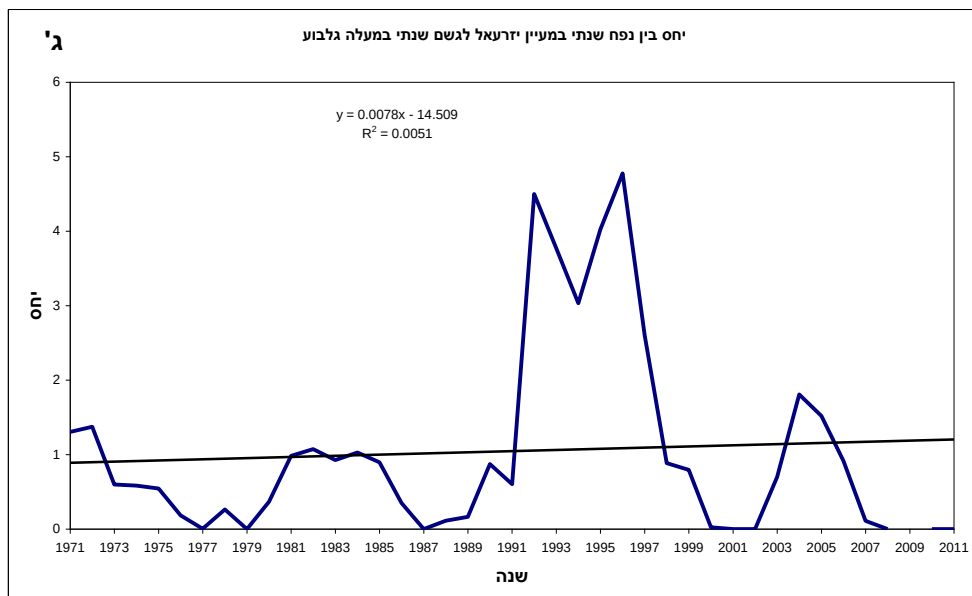


תרשים 78: אגן ההר הצפון-מזרחי

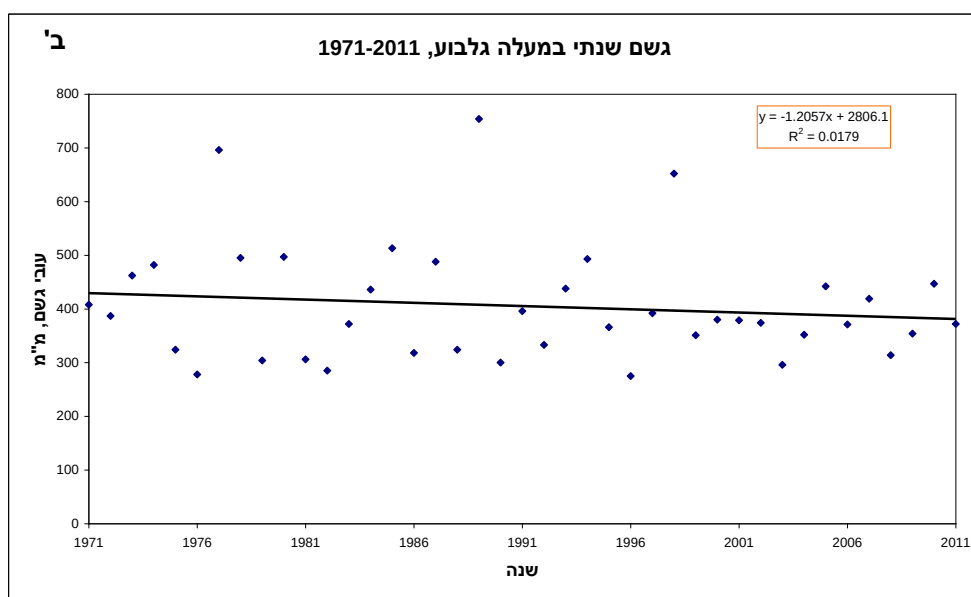
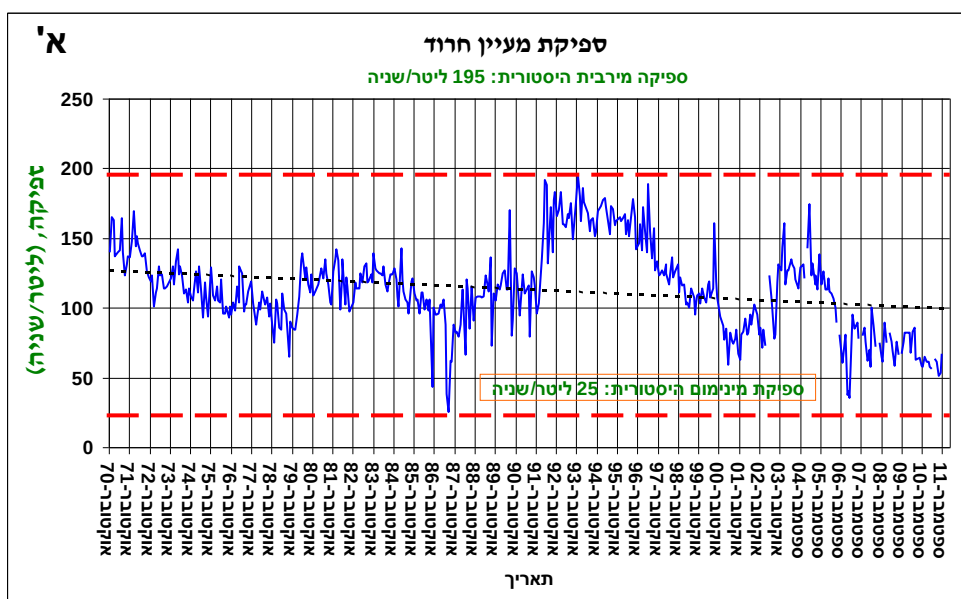
a. יחסי גשם – שפיעה במעיינות באגן ההר הצפון מזרחי

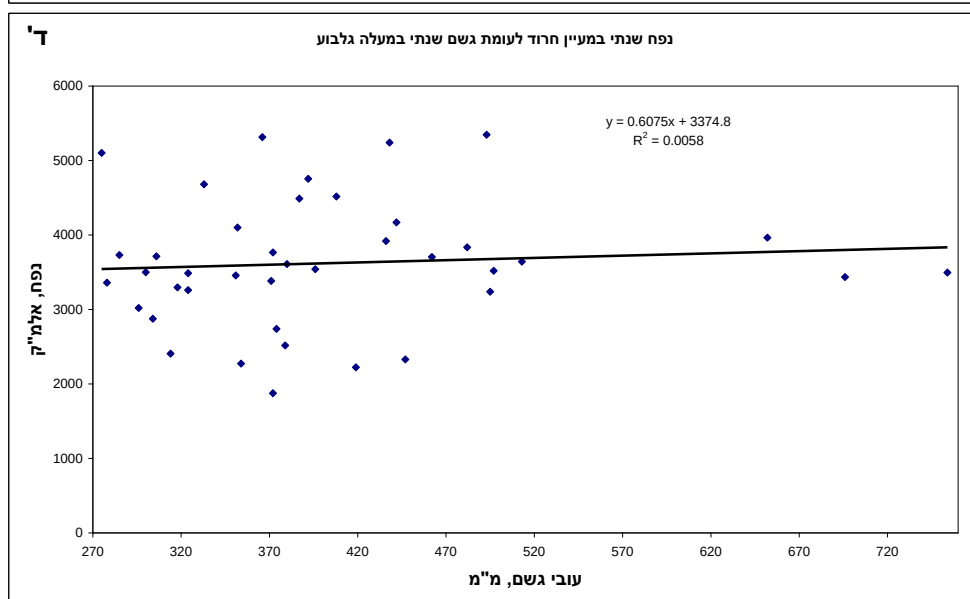
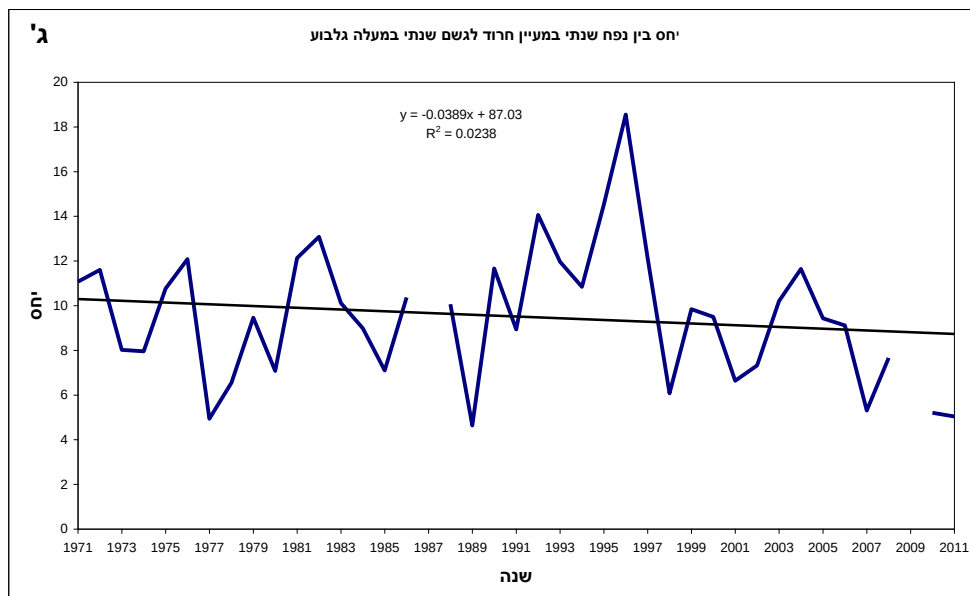
תרשימים 79 עד 89 מציגים את מגמות השפיעה, הגשם ויחסי גשם-שפיעה במעיינות באגן ההר הצפון מזרחי. תחנת הגשם אשר בה נעשה שימוש באגן זה היא מעלה גלבע. מעיינות אגן זה, הבולטים בירידת היחס הם: חומה, שוקק, חוגה, ורוויה בעמק בית שאן.



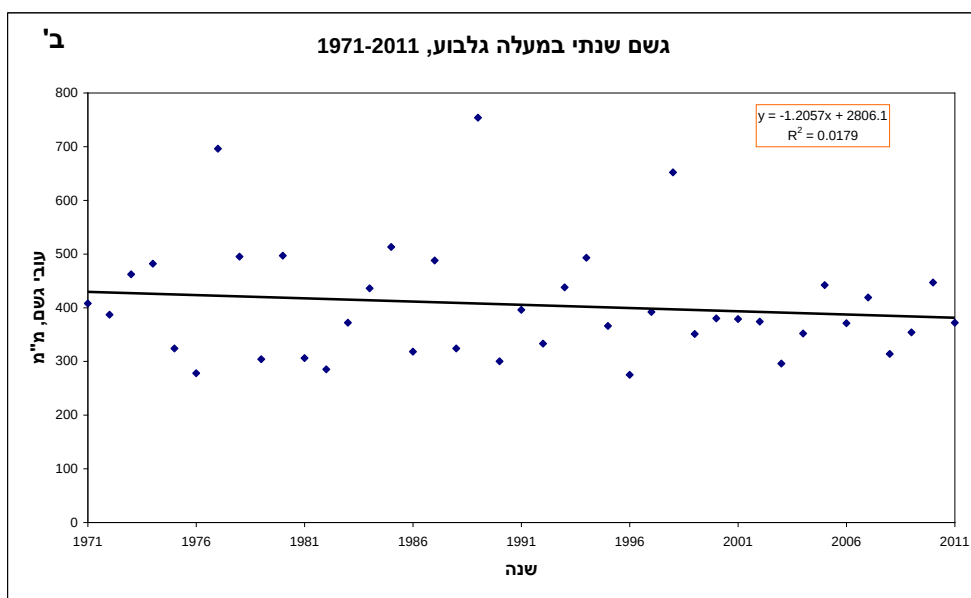
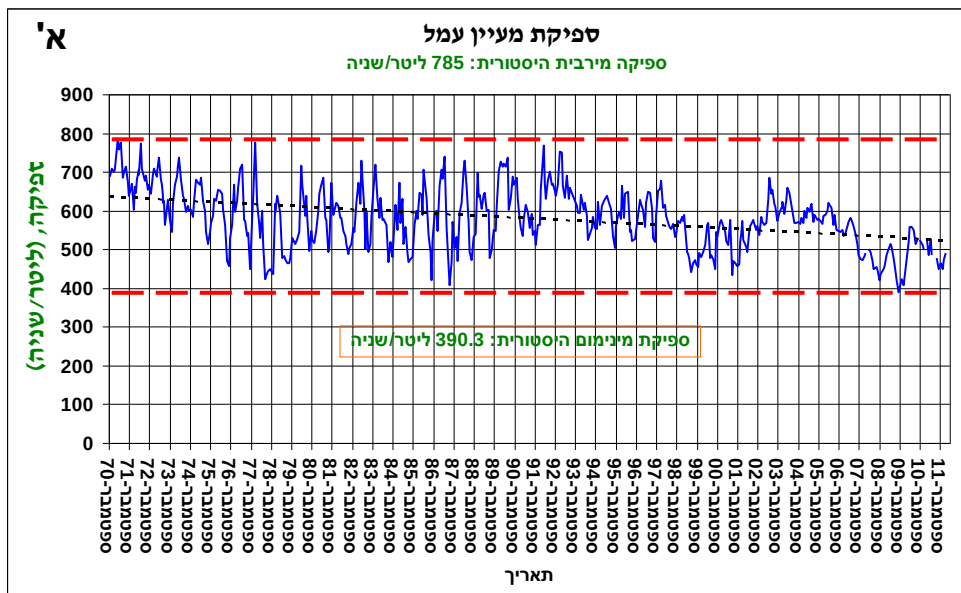


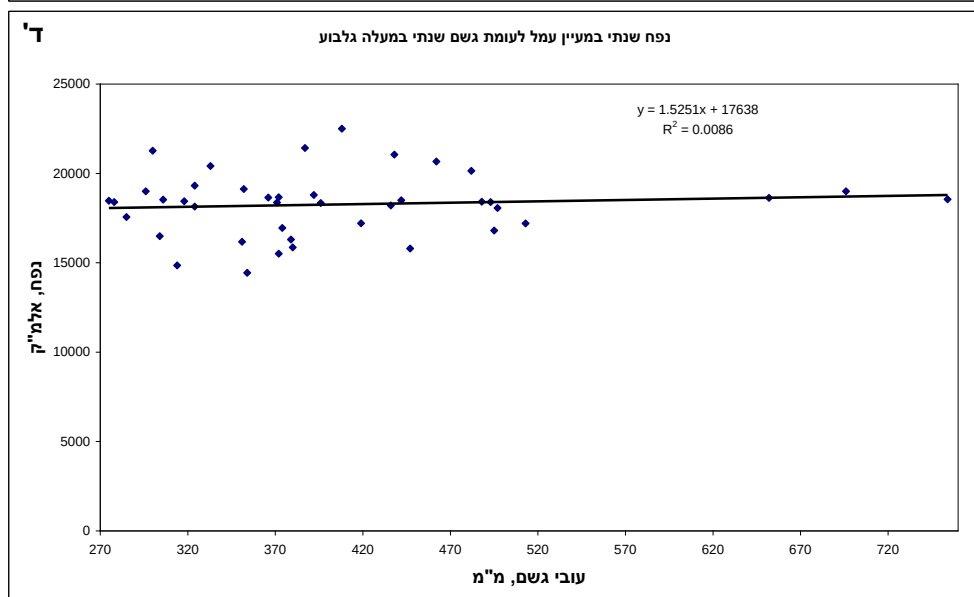
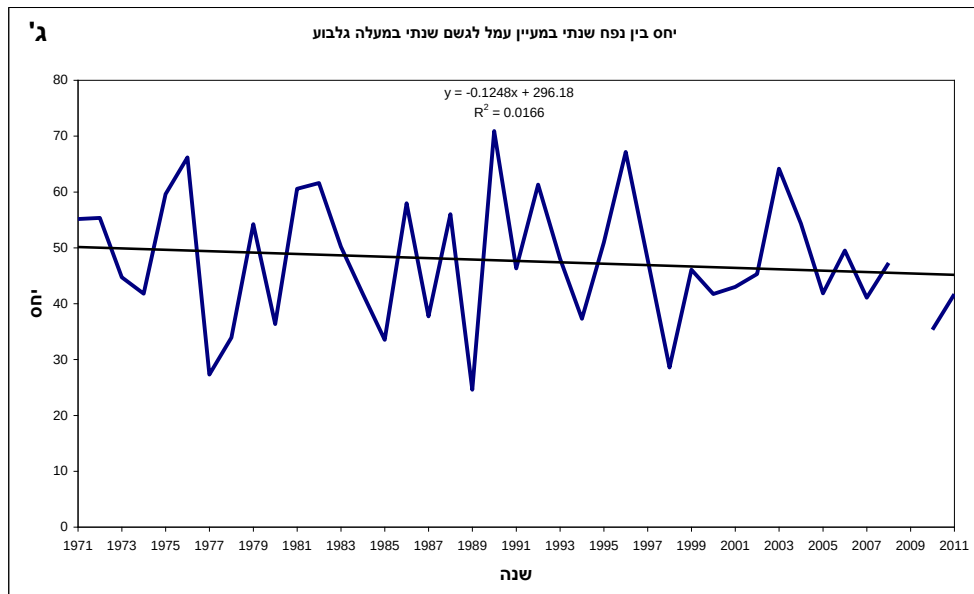
תרשים 79א-ד': מהלך הספיקה במעיין יזרעאל (א'); גשם שנתי במעלה גלבוע (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



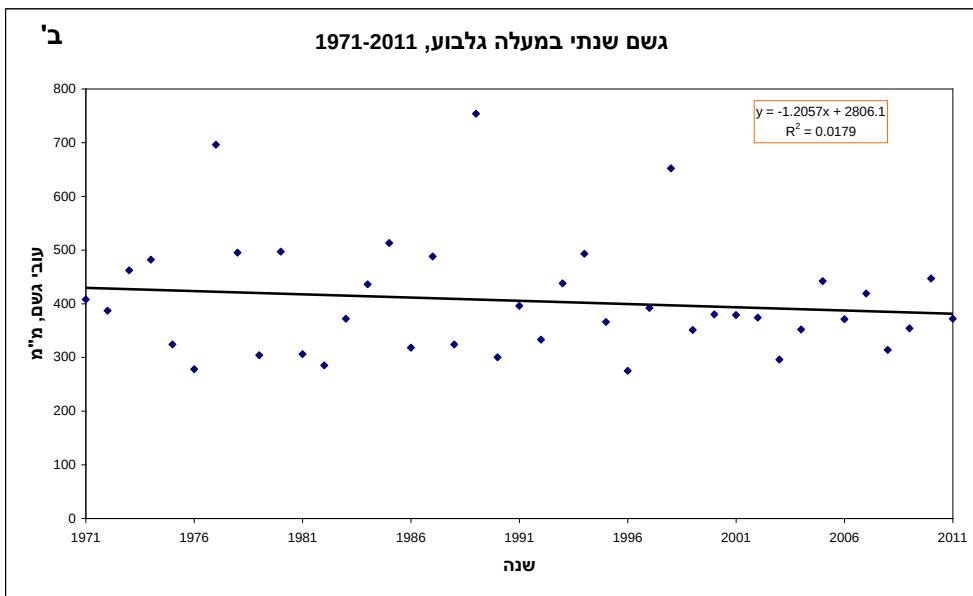
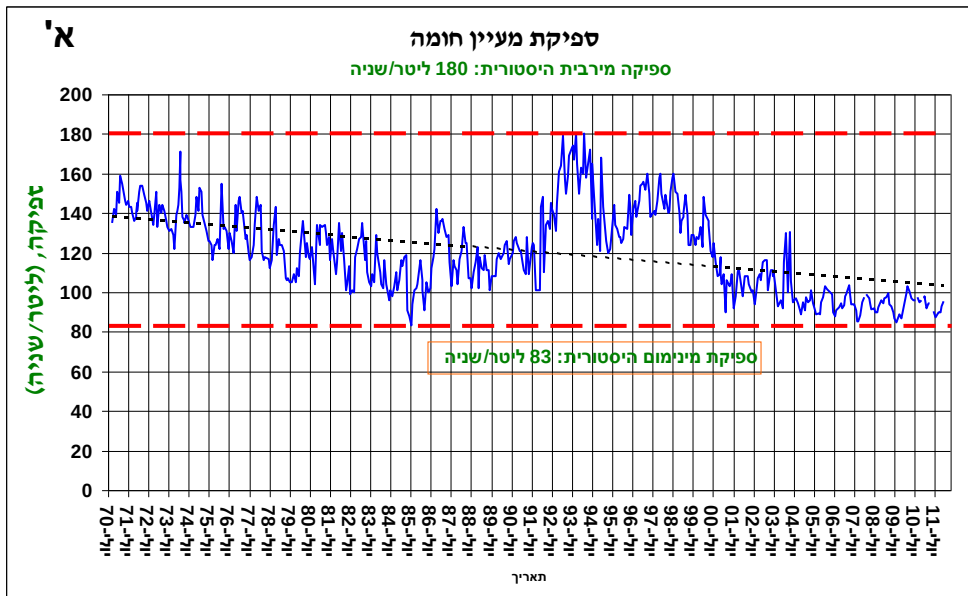


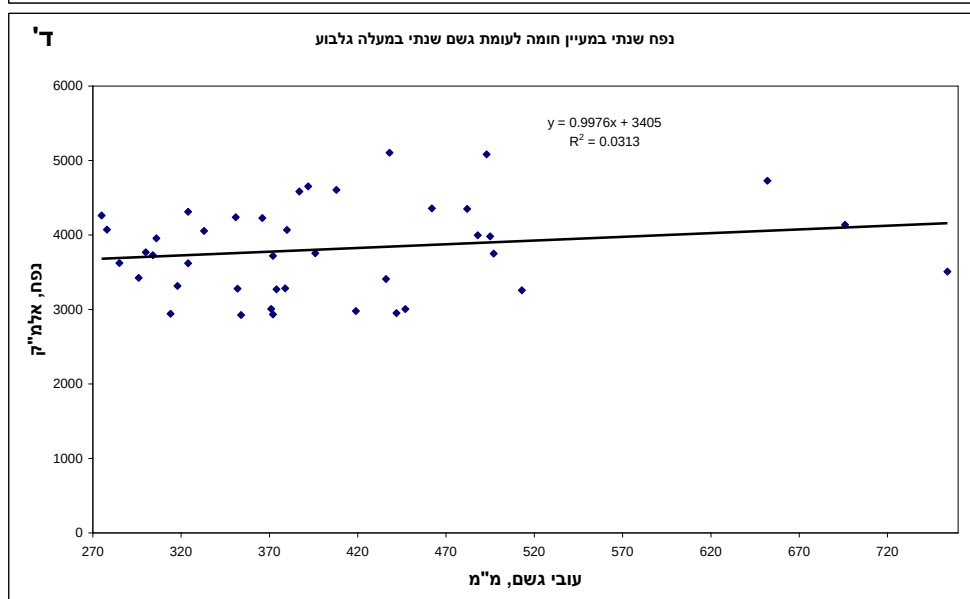
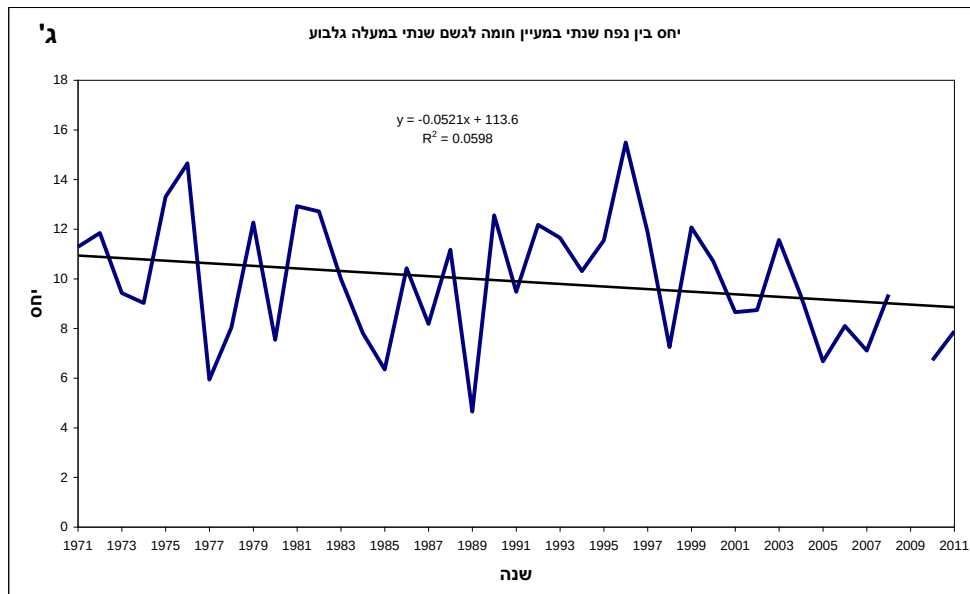
תרשים 80א-ד': מהלך הספיקה במעיין חרוד (א'), גשם שנתי במעלה גלבוע (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



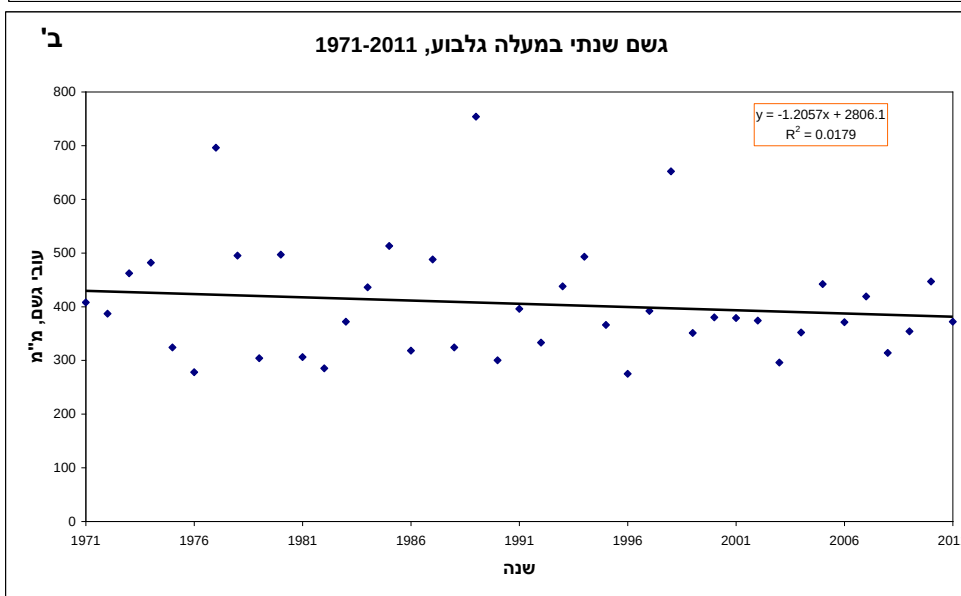
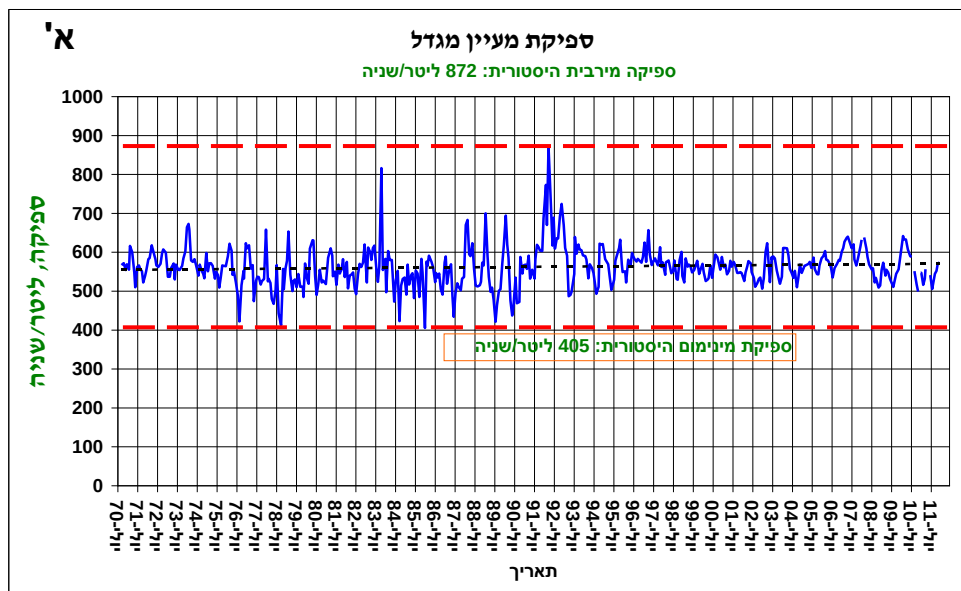


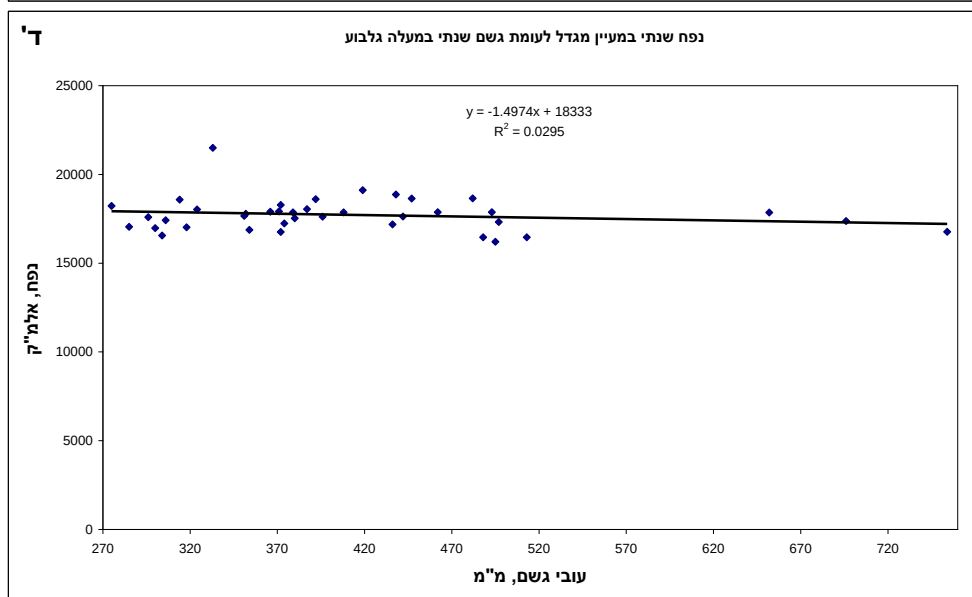
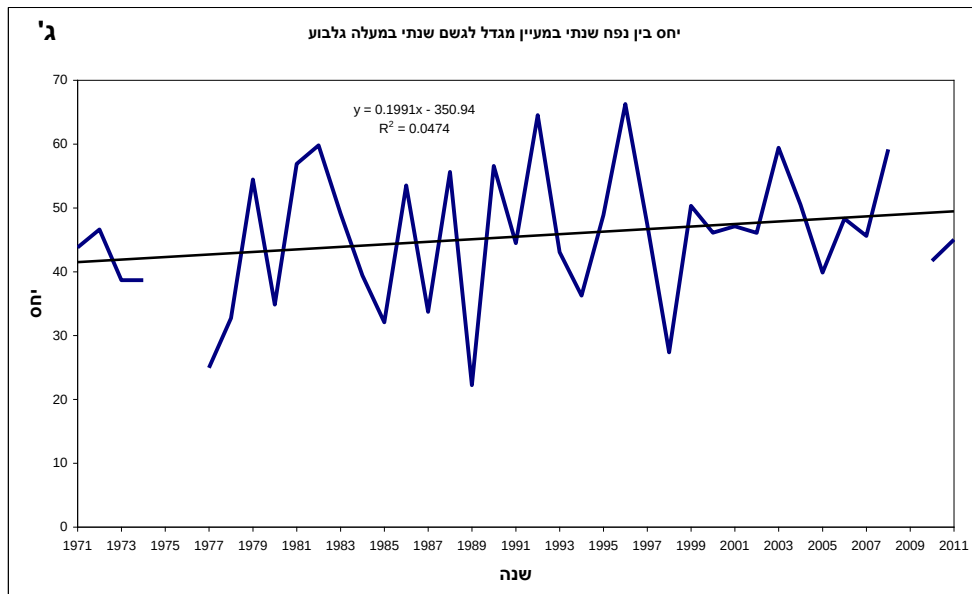
תרשים 81-א-ד': מהלך הספיקה במעיין עמל (א'), גשם שנתי במעלה גלבווע (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



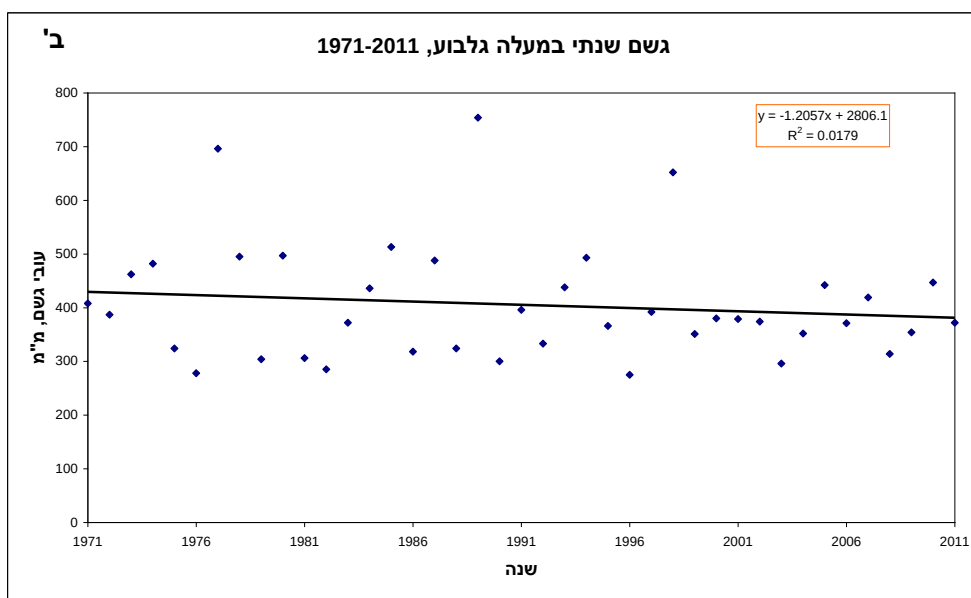
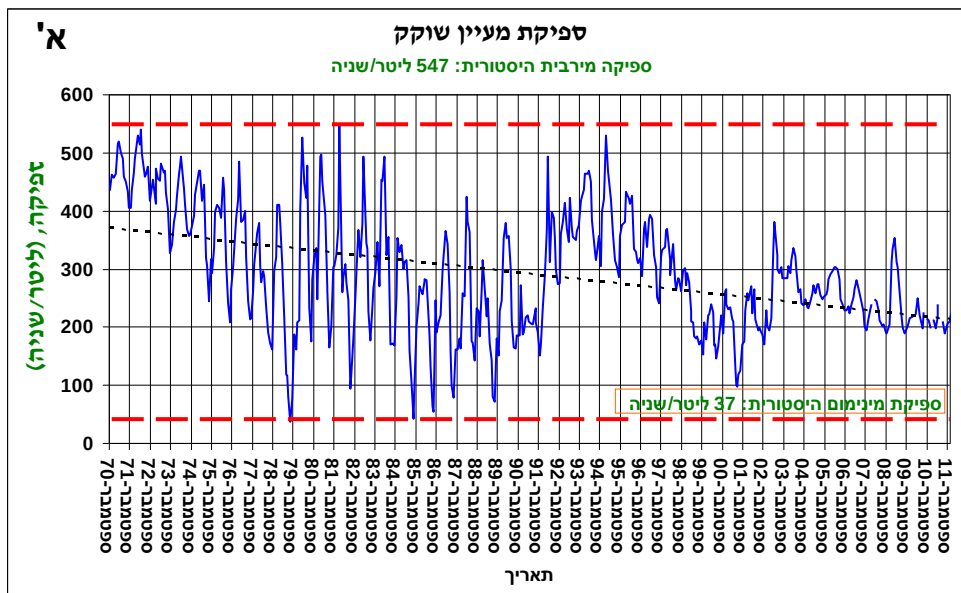


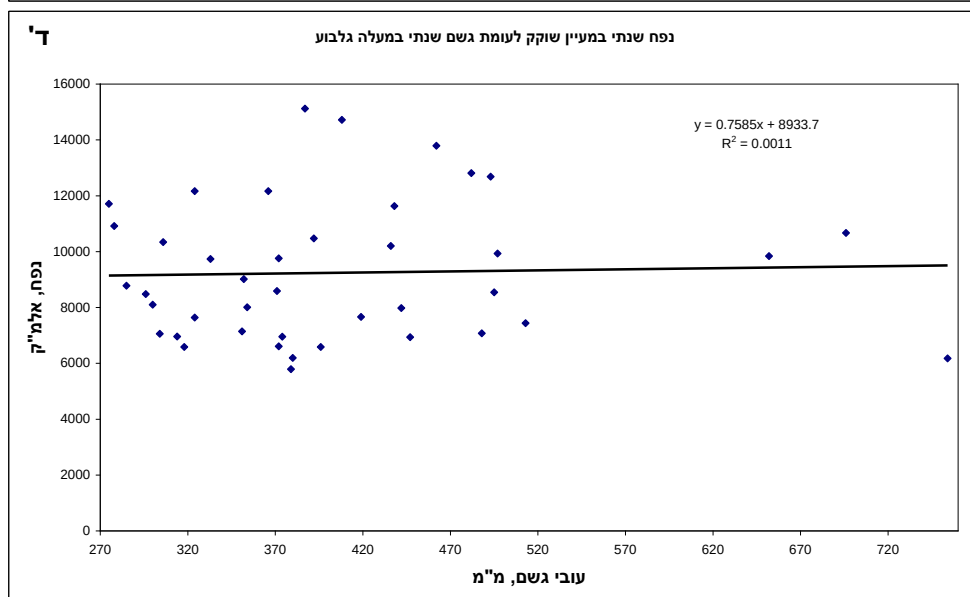
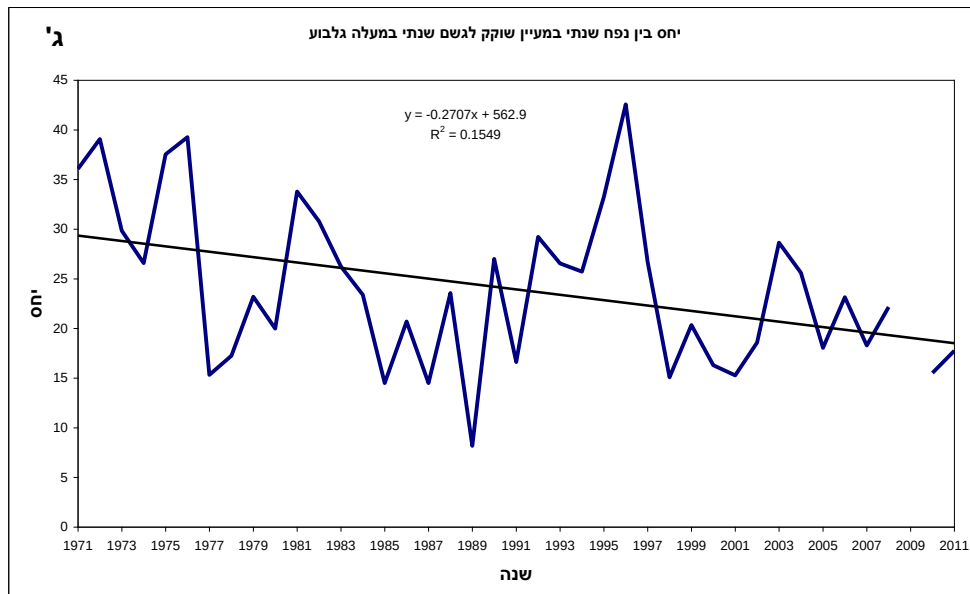
תרשים 82-ד': מהלך הספיקה במעיין חומה (א'), גשם שנתי במעלה גלבוע (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



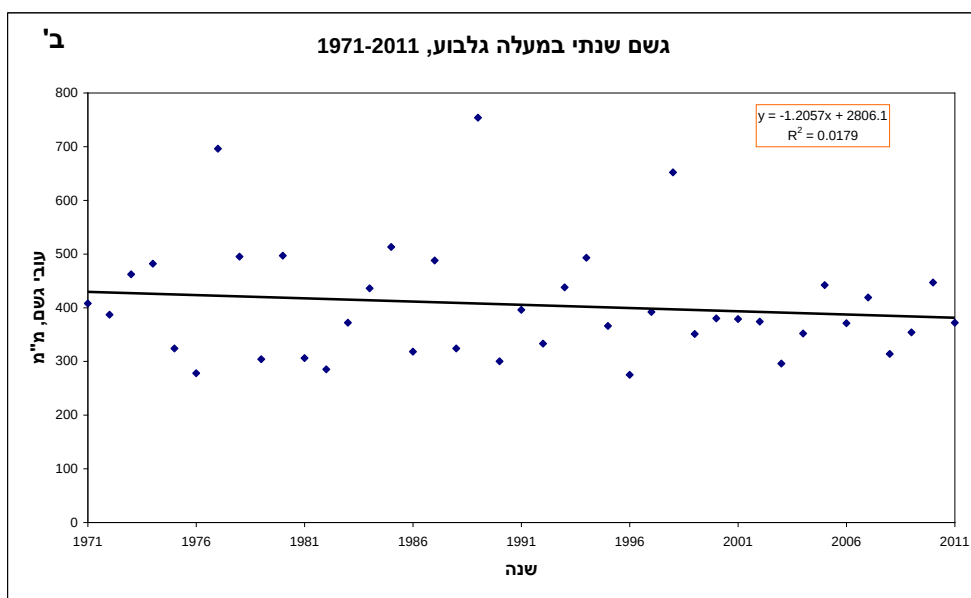
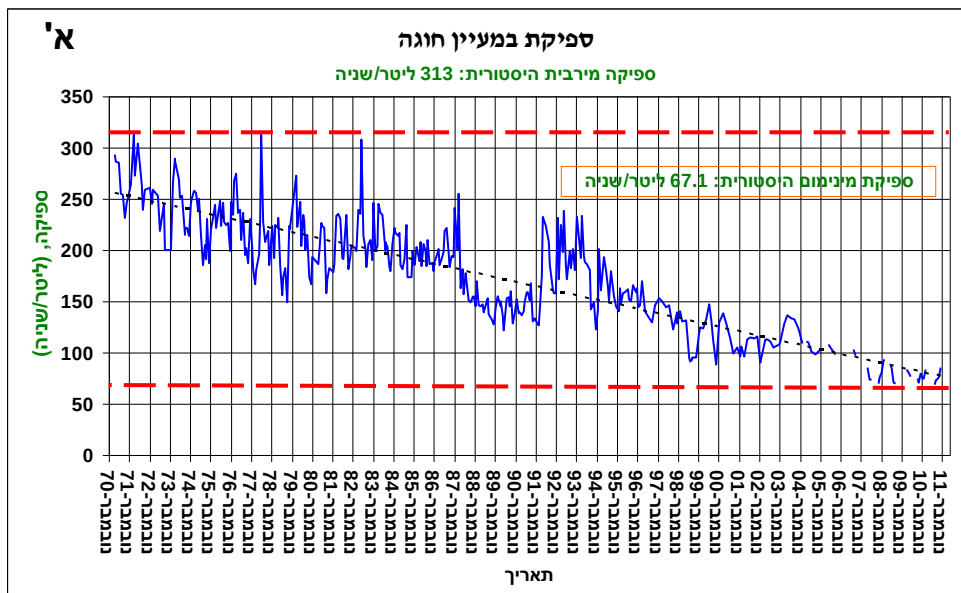


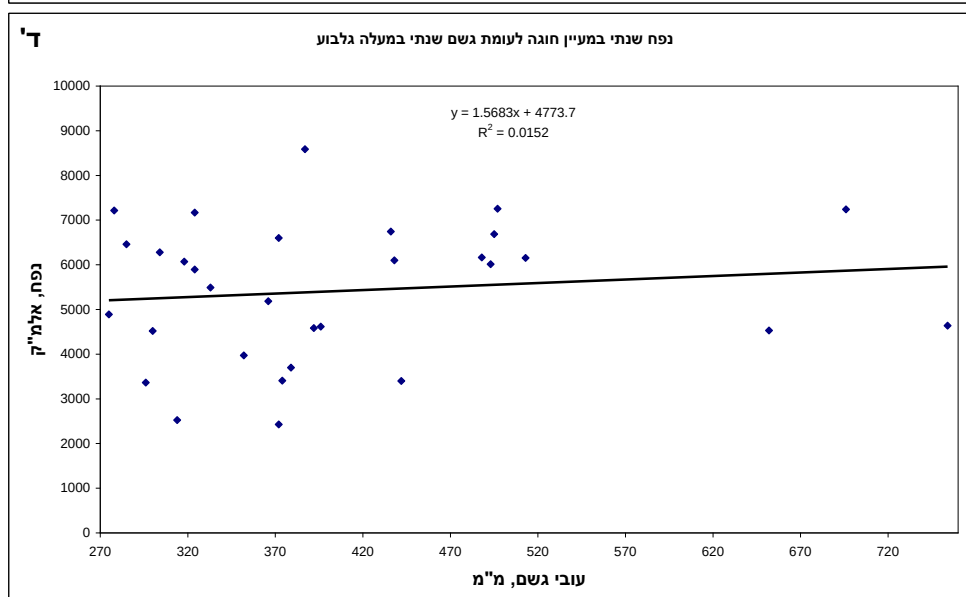
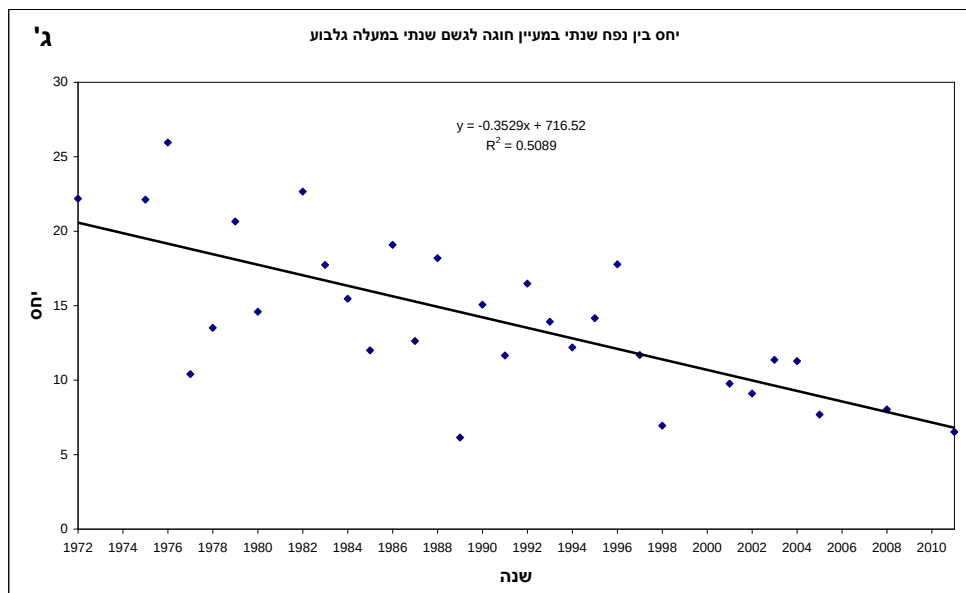
תרשים 83-ד': מהלך הספיקה במעיין מגדל (א'), גשם שנתי במעלה גלבוע (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



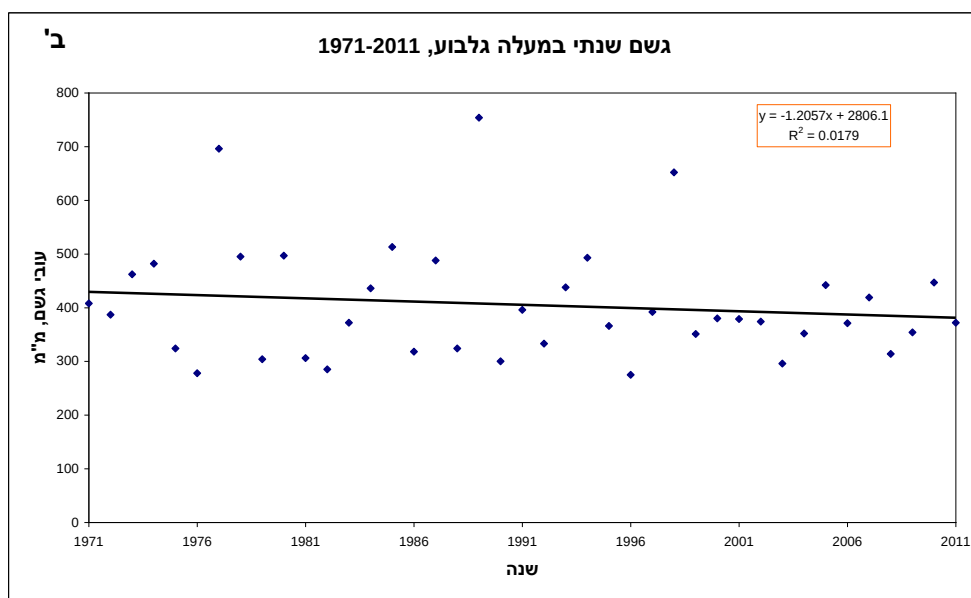
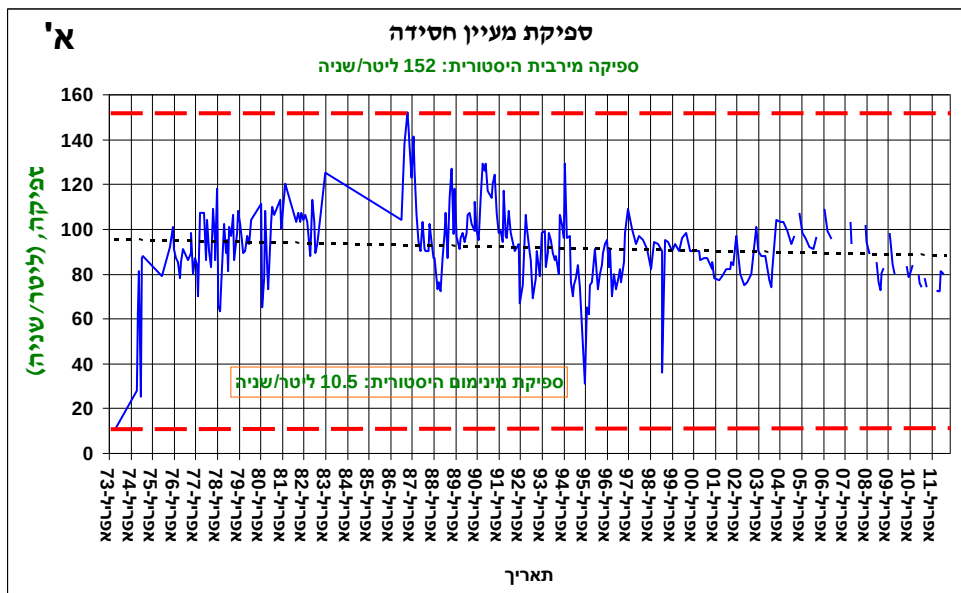


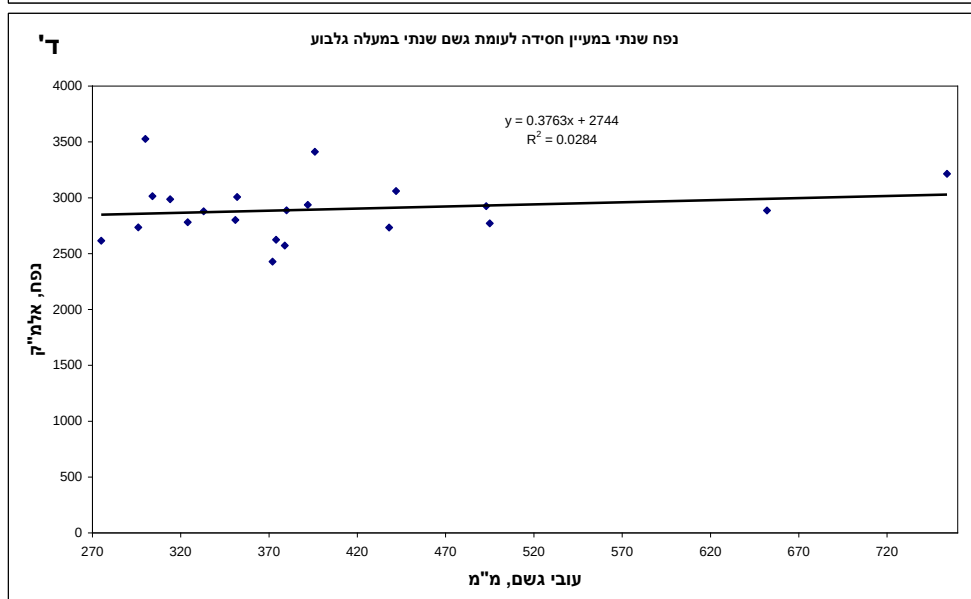
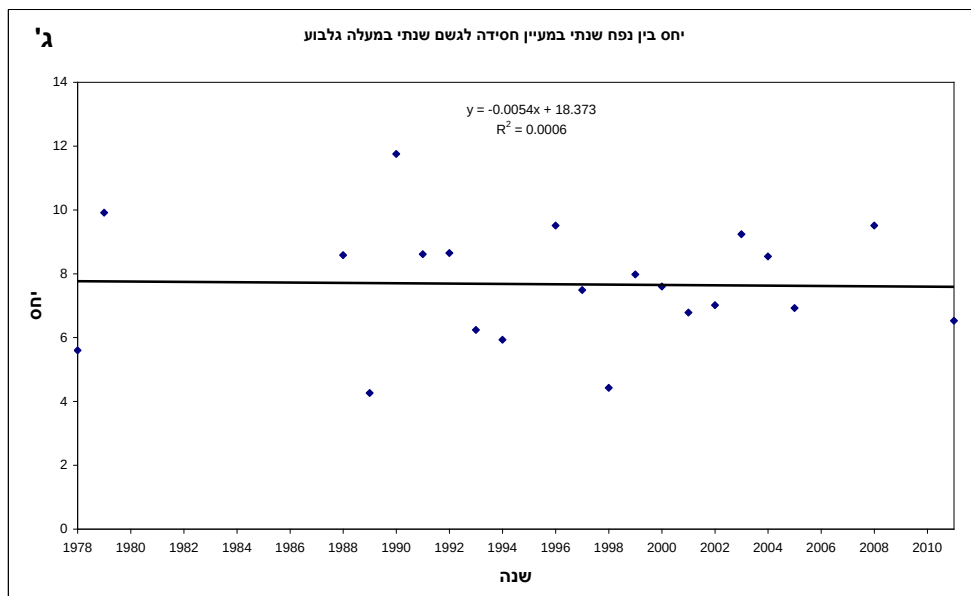
תרשים 84-ד': מהלך הספיקה במעיין שוקק (א'), גשם שנתי במעלה גלבו (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



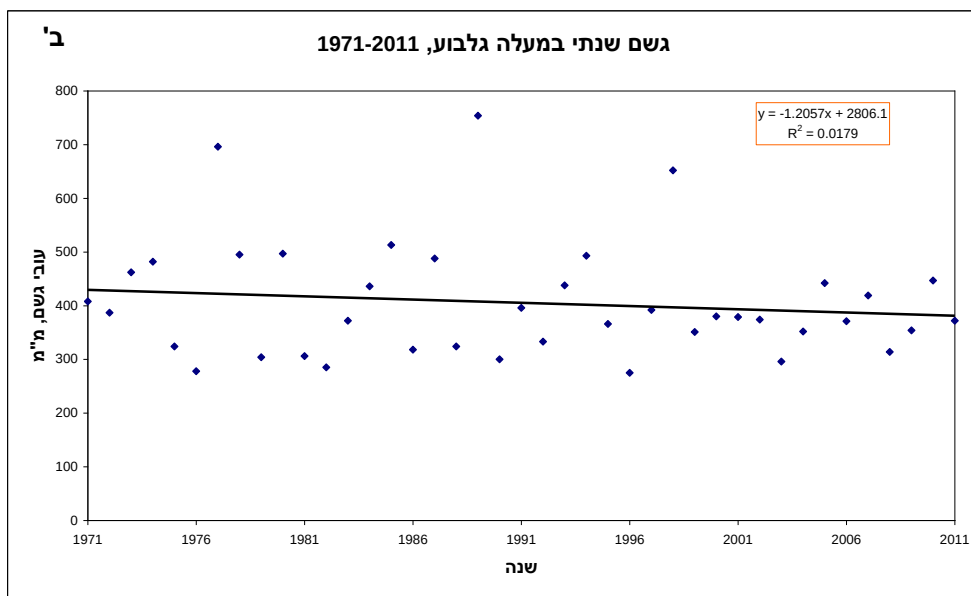
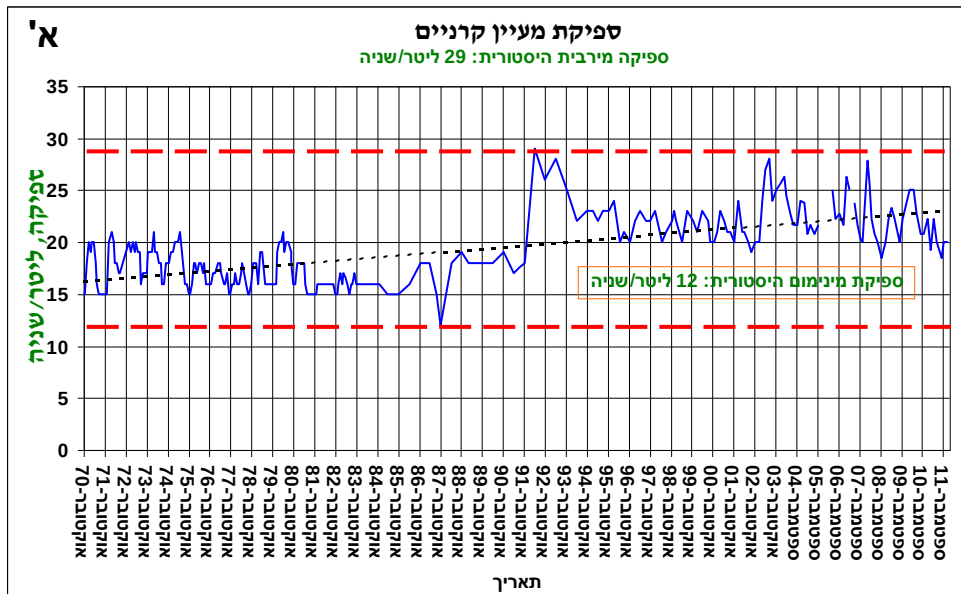


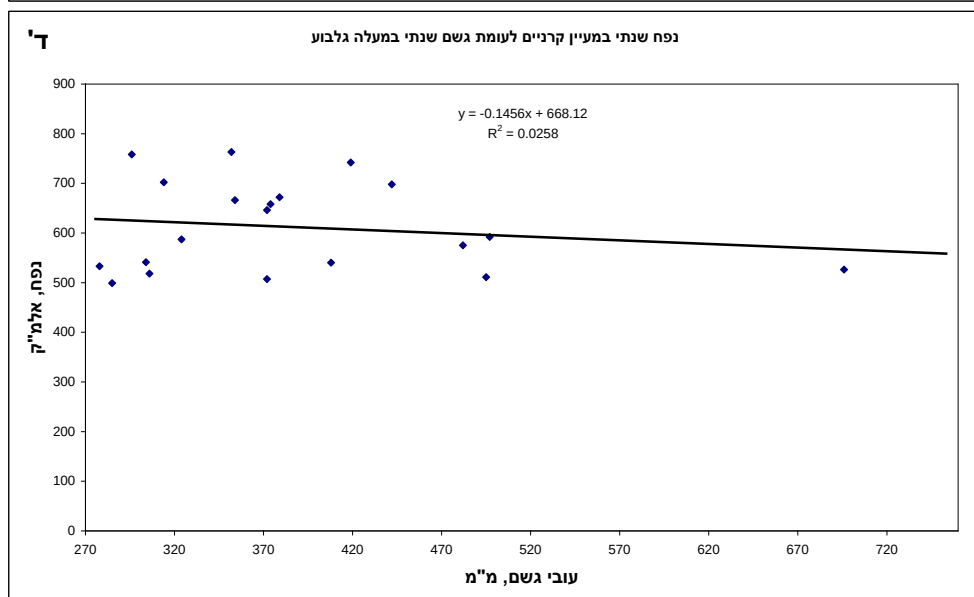
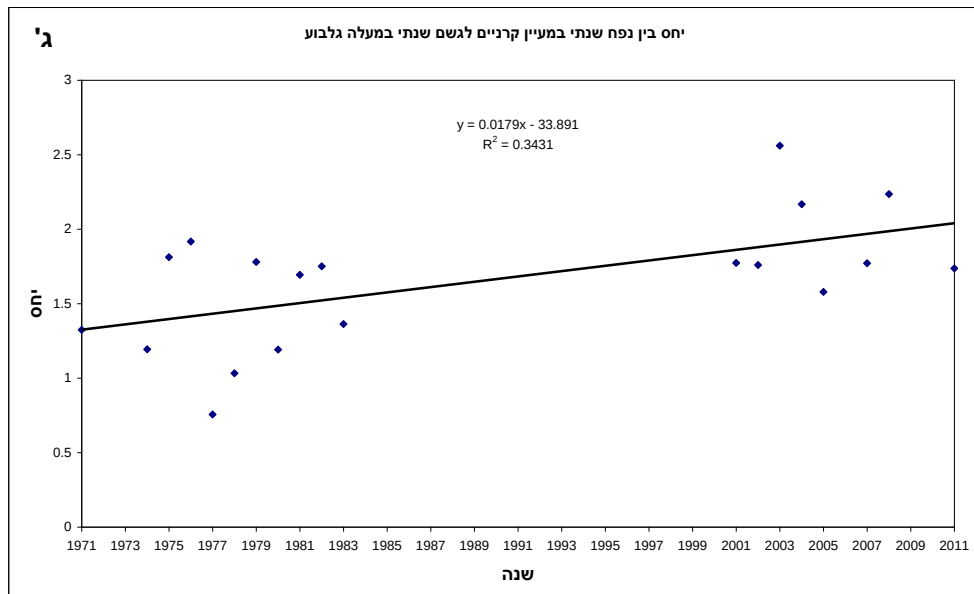
תרשים 85-ד': מהלך הספיקה במעיין חוגה (א'), גשם שנתי במעלה גלבו (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



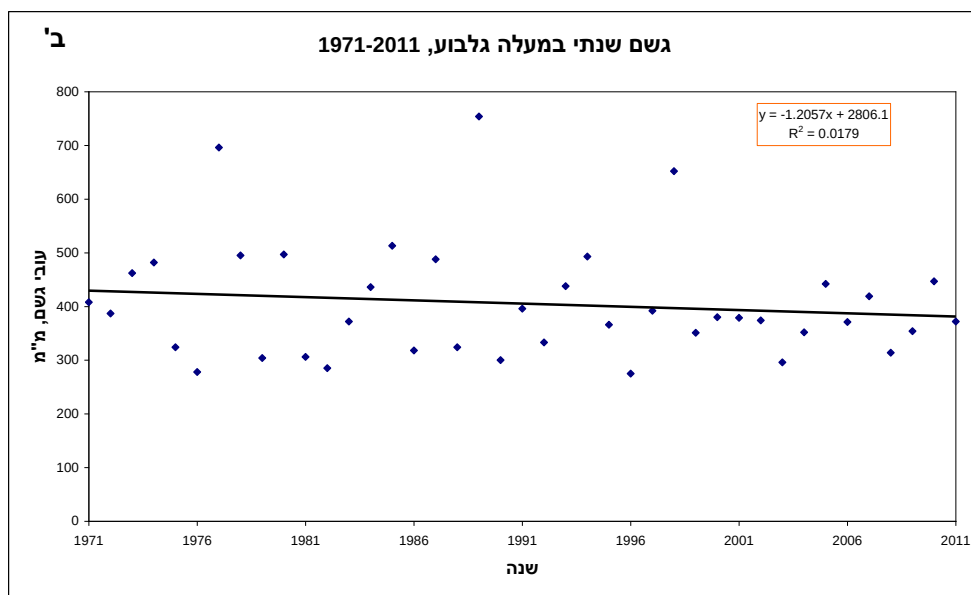
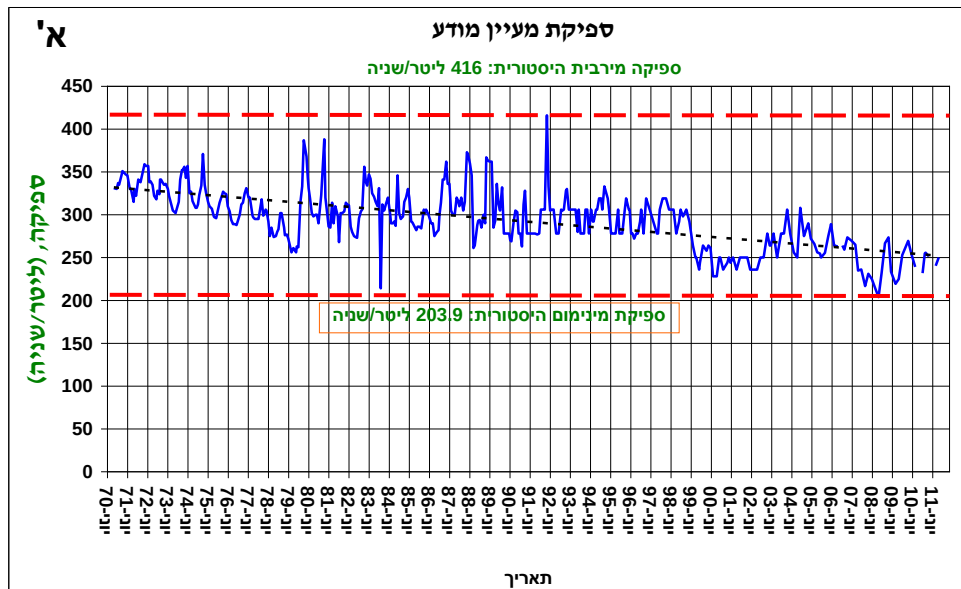


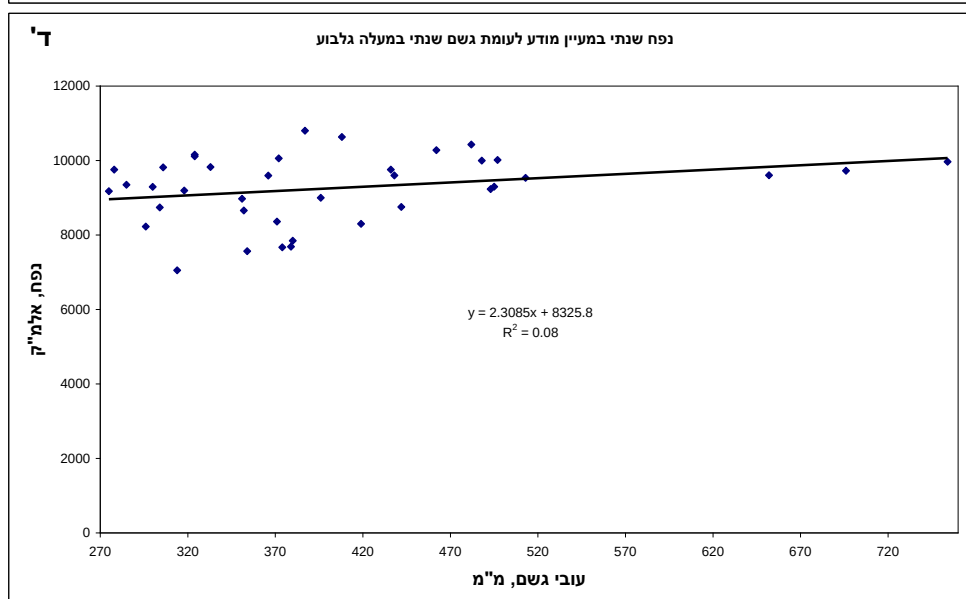
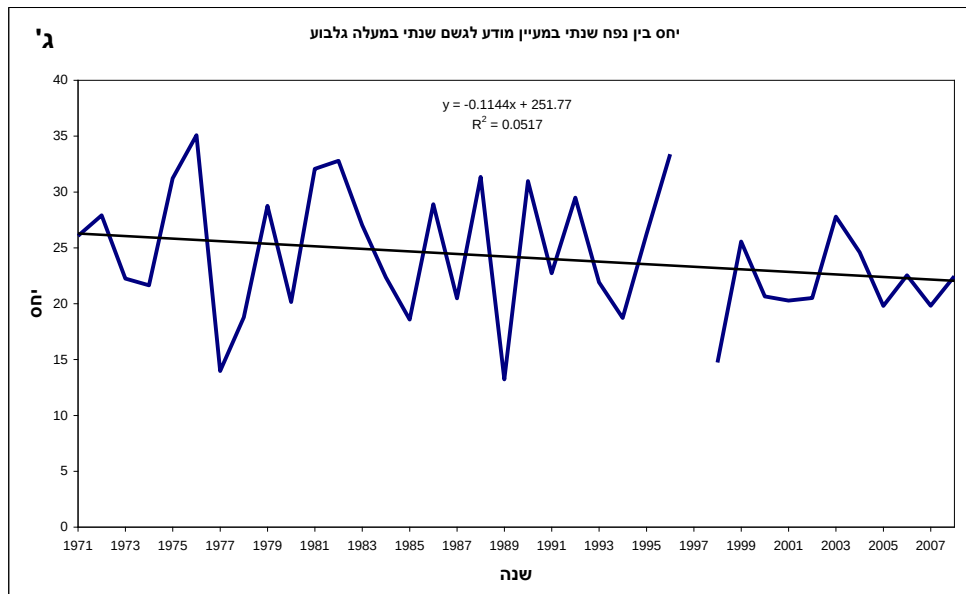
תרשים 86א-ד': מהלך הספיקה במעיין חסידה (א'), גשם שנתי במעלה גלבו (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').



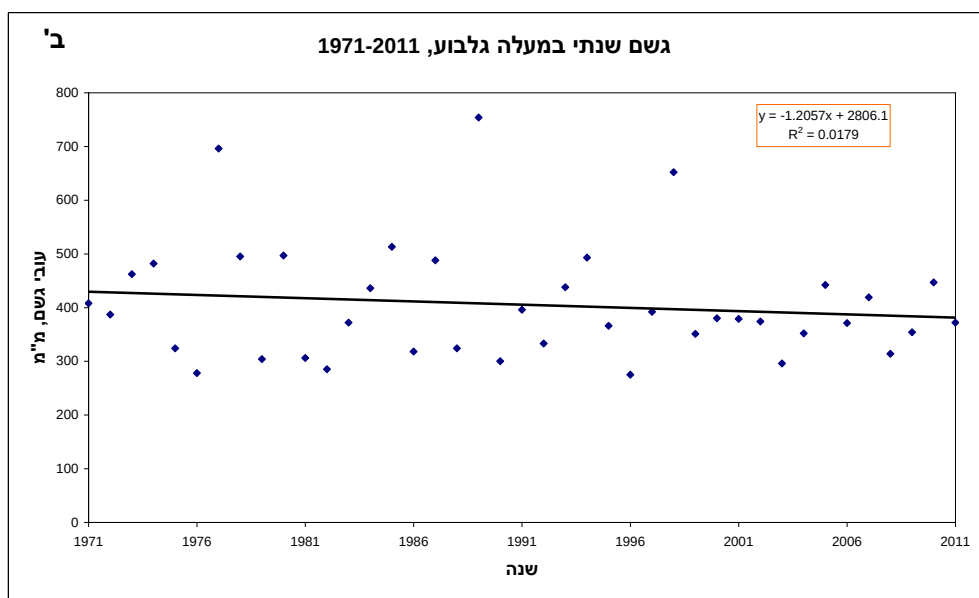
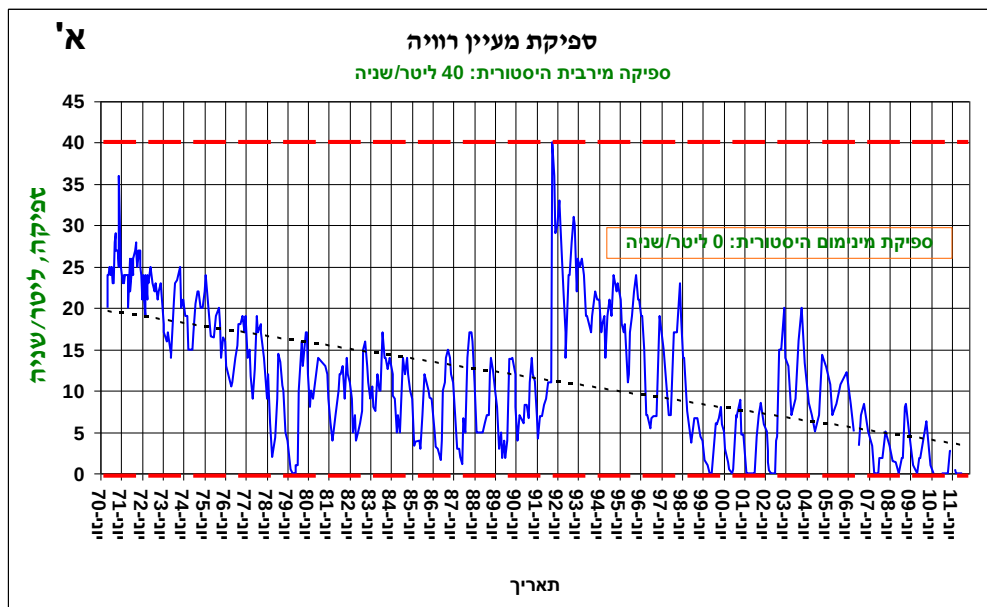


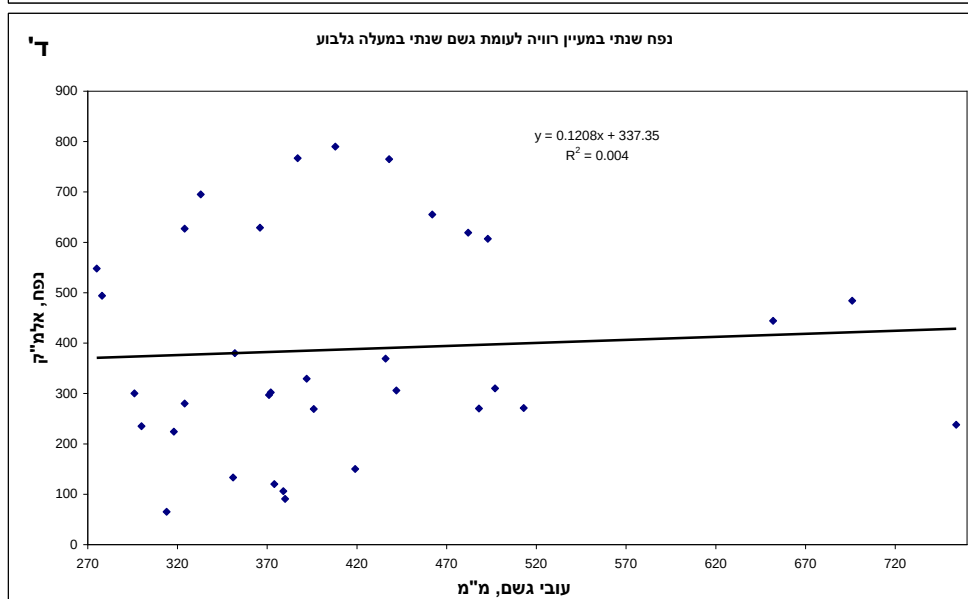
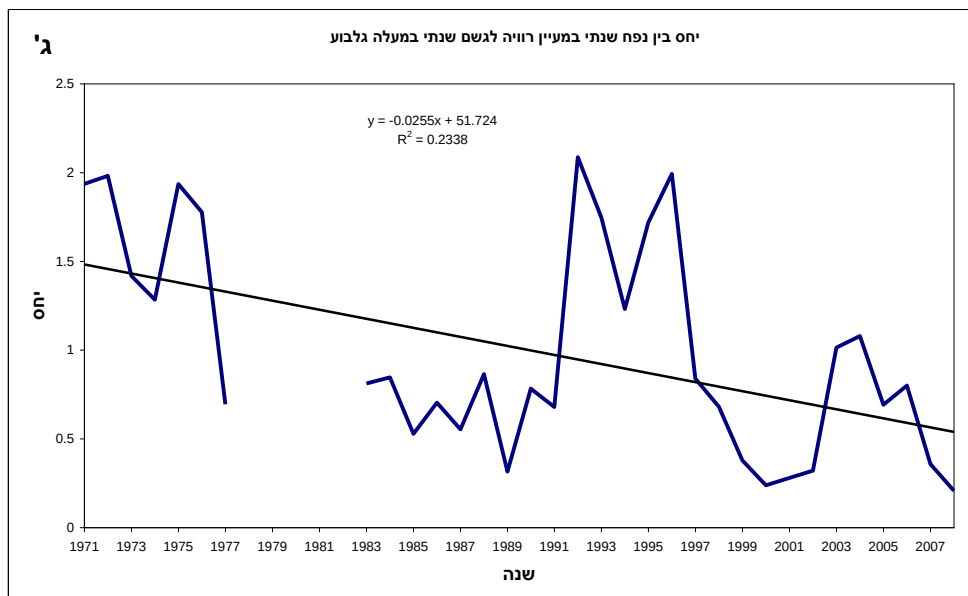
תרשים 87א-ד': מהלך הספיקה במעיין קרניים (א'), גשם שנתי במעלה גלבו (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').





תרשים 88א-ד': מהלך הספיקה במעיין מודע (א'), גשם שנתי במעלה גלבו (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').





תרשים 89-א-ד': מהלך הספיקה במעיין רוויה (א'), גשם שנתי במעלה גלבוע (ב'), המתאם בין השפיעה לגשם (ג') ויחס גשם שפיעה (ד').

רשימת ספרות

שנתון הידרולוגי לישראל 2009/10, השירות ההידרולוגי, רשות המים, ירושלים 2012.

דו"ח מצב מקורות המים בישראל 2010, השירות ההידרולוגי, רשות המים, ירושלים 2012.

Givati, A., and D. Rosenfeld, 2007: Possible impacts of anthropogenic aerosols on water resources of the Jordan River and the Sea of Galilee, *Water Resour. Res.*, **43**, W10419, doi:10.1029/2006WR005771.

Rimmer A., Givati A., Samuels R., Alpert P., 2011, Using high resolution Climate Model to Evaluate Future Water and Solutes Budgets in the Sea of Galilee, *J. Hydrology*, vol. 410, 248-259.