

מדינת ישראל
משרד התשתיות הלאומיות
השרות ההידרולוגי / תחום הידרומטריה

גאוויות בנגב ובערבה בעקבות סופה ביום 29/10/2004



אודי גלילי

מאי 2005

גילת

תודות

תודה לכל עובדי השרות ההדרולוגי שלקחו חלק במדידות השטח ובעבוד הנתונים:

בוריס גלזמן

לאו וולין

לונה ויינשטיין

אלדד ניצני

דר' בני רופא

יעקב שומכר

תודה מיוחדת למישה וולפצון, גימלאי השרות ההדרולוגי, שהצטרף לצוותי המודדים בשטח ותרם מנסיונו העשיר.

תודה לדר' בני רופא, לדר' אריה בן צבי ול עמיר גבעתי על הערותיהם והארותיהם.

תודה ליוסק'ה גרינבוים על הסיוע באיתור מידע ארכיוני ותמונות של תחנות הדרומטריות מן העבר.

תודה לשמואל פולק על הסיוע בשמוש במודל ההסתברות לספיקות שפותח על ידו בחברת הידרומודול עבור השרות ההדרולוגי.

תודה לשמואליק ארבל ולמשה גטקר על הנתונים שנאספו על ידי התחנה לחקר הסחף.

צלום השער: התחנה ההדרומטרית בנחל עמיעז לאחר השטפון (צלום: דר' בני רופא)

תוכן

<u>נושא</u>	<u>עמוד</u>
כללי.....	4
רקע מטאורולוגי.....	4
שיטת העבודה.....	7
תאור המדידות שבוצעו.....	9
נחל חימר מס' זהוי 48192.....	9
נחל עמיעז מס' זהוי 48194.....	11
נחל אדמון מס' זהוי 48198.....	12
תעלת אשלים מס' זהוי 48199.....	15
נחל צין ממערב לכביש הערבה מס' זהוי 55190.....	18
נחל צין כביש הערבה מס' זהוי 55193.....	19
נחל ממשית מס' זהוי 55165.....	21
נתונים נוספים שנאספו בתחנות נוספות של השרות ההדרולוגי באזור הדרום.....	21
אגן נחל הבשור.....	21
אגן נחל שקמה.....	21
האגנים המזרחיים.....	22
סכום.....	23
טבלת סכום מדידות שטח.....	25
ספרות.....	27

נספחים

כללי:

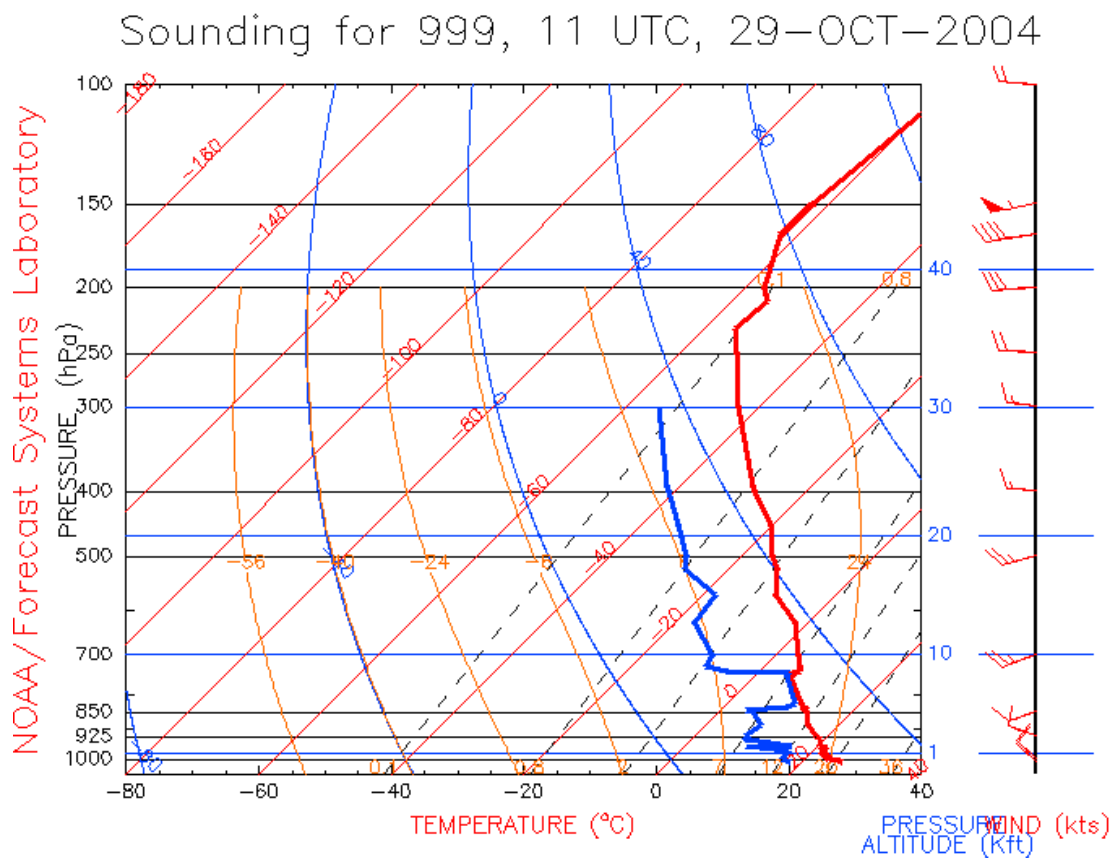
ביום 29/10/2004 התחוללו שטפונות באזורים נרחבים יחסית בדרום מדבר יהודה, צפון הערבה וצפון הנגב. גשמים פזורים, מלווים בסופות רעמים, החלו לרדת עוד ב 28/10/2004 בשעות אחר הצהריים. גשמים אלו היו פזורים ובעלי משך קצר, ולא יצרו גאוויות של ממש. בשעות הבוקר של ה 29/10/2004 החלו לרדת גשמים חזקים על פני שטחים גדולים יחסית בנגב ובמדבר יהודה. גשמים אלו יצרו שטפונות חזקים בנחלים בנגב ובמדבר יהודה. הגשם והשטפונות שבאו בעקבותיו יצרו נזקים כבדים לתשתיות.

רקע מטאורולוגי

בתאריך זה אזורנו היה מושפע ממערכת סינופטית קרקעית של אפיק ים סוף פעיל (ציר מערבי) אשר הכתיב זרימות דרומיות מזרחיות יבשות.

בשעות הבוקר התפתחה אי יציבות אטמוספרית חריפה (כפי שניתן לראות בגרף הרדיוסונדה של בית דגן המצורף, תרשים מספר 1) אשר בתוספת לחות בשכבות הבינוניות שהגיעה ממערב (מפלס 850 מיליבר) הביאה להתפתחות עננות קונוקטבית מפותחת אשר גרמה למשקעים רבים ולברד כבד.

תרשים מס' 1: פרופיל הטמפרטורה כפי שהתקבל ממכשיר הרדיוסונדה (תחנת בית דגן) ביום הארוע.



ניתן לראות בשרטוט את אי היציבות האטמוספרית אשר התפתחה מהקרקע והביאה ליצירת עננות קונוקטיבית מפותחת.

בשעות הבוקר המאוחרות של ה-29/10/2004 החלו לרדת גשמים עזים בחלקים נרחבים יחסית של דרום מדבר יהודה, צפון הנגב וצפון הערבה. הגשמים התמקדו באזור החלק המזרחי של בקעת באר שבע, ומזרחה יותר לכיוון בקע ים המלח, ונמשכו שעות ספורות. עקב הגשמים העזים, שהצטיינו בשלוב של עוצמות גבוהות ועובי גשם גדול נוצרו שטפונות עזים.

סכום של כמויות הגשם שנמדדו במספר תחנות מדידה באזור המדובר מובא בטבלה מספר 1, וכן בתרשים מספר 2 בעמוד הבא:

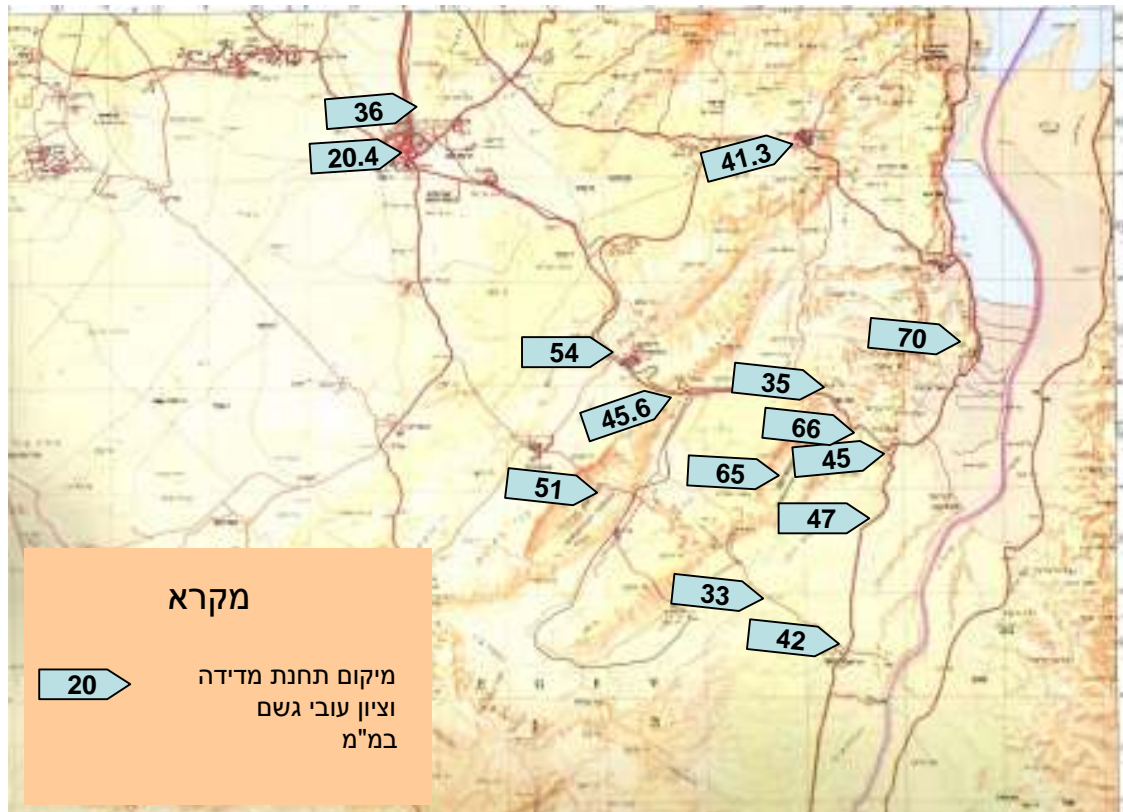
טבלה מס' 1: כמויות גשם שנמדדו במספר תחנות מדידה בדרום הארץ ב 29/10/2004 (ארבל וגטקר, 2005)

תחנות מדידת גשם של התחנה לחקר הסחף		
מס' כביש	מס' ק"מ	עובי גשם (מ"מ)
25	124	66
25	133	35
225	7	51
90	144	42
227	7	33
90	170	47
90	180	45
באר - שבע (שכונת רמות)		
תחנות מדידת גשם של השרות המטאורולוגי		
באר - שבע		20.4
פארן		11.4
ערד		41.3
גלגל		34
רותם		45.6
סדום		70
צומת דימונה		54
מכתש קטן		65

לאורך בקע ים המלח ואגני הניקוז העיליים שלו ארעו שטפונות מאזור נחל צאלים ודרומה, עד אזור מושב עידן. באזור שבין נחל חימר ונחל צין נצפו שטפונות חריגים בעוצמתם, שגרמו נזקים כבדים לתשתיות: כביש 90 נותק על ידי נחל צפית בחלקו התחתון, הכביש נחתך, ונותר סגור במשך שלושה ימים. במעלה סדום נסחף חלק מהכביש ועקב כך נסגר גם קטע כביש זה לשלושה ימים. כביש 90 בקטע שבין מפעלי ים המלח לשפך זוהר (מתחת להר סדום) הוצף ע"י בריכת אדווי של המפעלים שקרסה ונסגר למשך יותר משבוע. גם מדרום למפעלי ים המלח נחתך כביש 90 על ידי תעלת אשלים. נחל ממשית בחלקו העליון גרם נזק כבד לגשר בסמוך לפתח מכתש חתירה. בנוסף לנ"ל היו גם נזקים רבים למפעלי ים המלח, וכן לתשתיות חשמל ומים. גם חלק

מהתחנות ההדרומטריות המופעלות על ידי השרות ההדרולוגי באזור ניזוקו, כפי שיפורט בהמשך. האזור שבין עידן לעין יהב נותר יבש, אך גם באזור שמעין יהב ועד אזור צוקים היו גשמים, ברד ושטפונות.

תרשים מס' 2: מפת עובי הגשם שנמדד באזור הנגב הצפוני מזרחי ודרום מדבר יהודה ב 29/10/2004.



נזקים לשטחי עבוד חקלאיים, בעיקר עקב ברד כבד, היו באזור עין יהב (עמי שחם, בעל-פה). באגן המזרחי של נחל באר שבע היו גם כן שטפונות. אך בעוצמות פחותות בהרבה. שטפונות בעוצמה נמוכה נרשמו גם בחלקו העליון של נחל פארן ובחלק מויובליו העליונים. במקביל לשטפונות באזורים הנ"ל היו גם גשמים עזים ושטפונות חזקים בדרום ובמרכז בקעת הירדן, מאזור יריחו וצפונה, אך לארועים אלו אין התייחסות בדו"ח זה. בעקבות הארועים שתוארו לעיל יצאו צוותים של השרות ההדרולוגי לבצוע אזונים ומדידות לאחר השטפונות ב 17/11/2004. המדידות והאזונים התרכזו באזור שבו היו השטפונות בעוצמות הגבוהות ביותר, כפי שתואר קודם, ובעיקר בנקודות בהן קיימות תחנות הדרומטריות המופעלות על ידי השרות ההדרולוגי בתחומי האזור.

שיטת העבודה

באזור בו התרכז מירב הגשם והגאוויות החזקות ביותר ישנן שבע תחנות הדרומטריות של השרות ההדרולוגי. ביום הארוע פעלו רק חמש מתוכן (תחנה אחת חובלה ויצאה מכלל שימוש, ותחנה נוספת לא הופעלה עקב מחסור בציוד). מתוך התחנות הנ"ל שתיים נהרסו עקב השטפונות העזים, תחנה אחת לא פעלה עקב תקלה טכנית, ורק בשתי תחנות נותר רשום של השטפון.

עקב מיעוט הנתונים הרשומים בארוע זה התבססו רוב החישובים על מדידות עקיפות, במטרה לחשב את ספיקות השיא. השיטה הבסיסית בה נעשה שימוש לצורך כך היא שיטת ההעבר שיפוע. שיטה זו מבוססת על חישוב עקיף של מהירות זרימת המים בעת שיאו של השטפון (קורניץ, 1980). הכפלת מהירות זו בשטחו של החתך נותנת את ספיקת השיא הנתונה לאתר המדידה. בשלב ראשון מתבצע איתור של סימני שיא השטפון באזור התחנות ההדרומטריות או בקרבתן. בשלב שני מבוצעת מדידת של הרום לאורך חתך הרוחב בין סימני השיא, ואחר כך מבוצעת מדידת הרום לאורך סימני השיא וכן לאורך מרכזו של ערוץ הזרימה (קורניץ, 1964). על פי הרומים השונים לאורך חתך הרוחב מחושב שטחו של החתך. חישוב מהירות זרימת המים בעת שיא השטפון מבוצעת כאמור בדרך עקיפה. תחילה מחושב השיפוע לאורך חתך הזרימה. לאחר מכן, מוערך החספוס של קרקעית הערוץ (וולפצון, 1999). על ידי שלוב השיפוע והחספוס (שמקבל ערך מספרי על ידי שימוש במקדם), ניתן לחשב באופן עקיף את מהירות הזרימה בעת שיאו של השטפון.

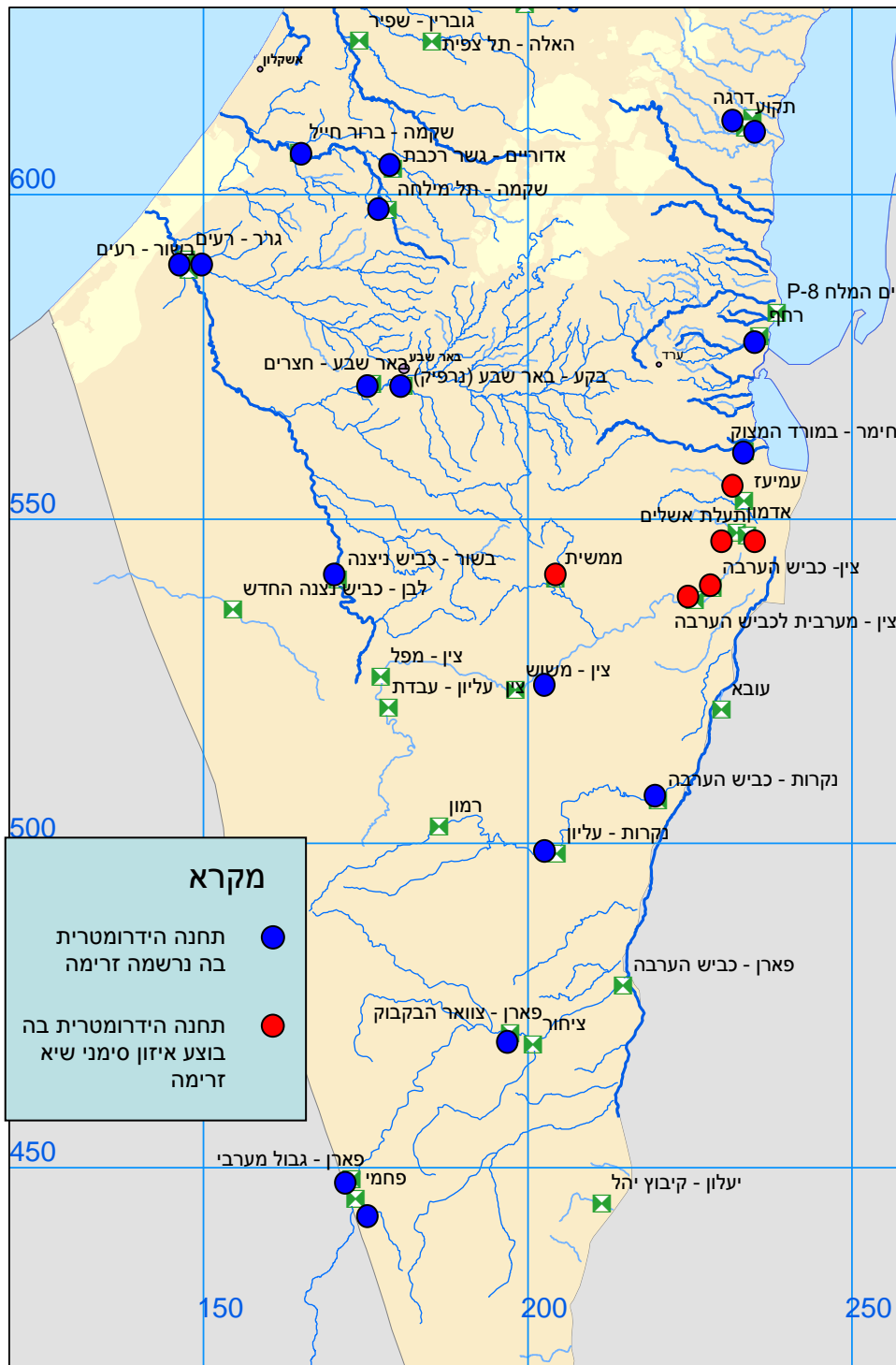
ישנן שיטות שונות ונוסחאות שונות שעושות שימוש בעקרונות שפורטו לעיל על מנת להגיע לחישוב המהירות בדרך עקיפה. הנוסחה המקובלת ביותר לשימוש היא נוסחת מאנינג, ובה ערך חספוס קרקעית הערוץ מקבל מקדם המסומן באות n.

לא תמיד ניתן למצוא בשטח סימני שיא ברורים וטובים, ולכן יש לבצע לעיתים קרובות יותר מחתך אחד, והערכת ספיקת השיא יכולה לנוע בין ערכים קיצוניים בטווחים נרחבים למדי.

סכום של תחנות הדרומטריות בהן נרשמה זרימה בעקבות הגשמים ב 29/10/2004 וכן אתרים בהם בוצעו חתכי מדידה לקביעת ספיקות שיא ניתן לראות בתרשים מס' 3.

תרשים מס' 3: תחנות הידרומטריות בהן נרשמה זרימה בעקבות הגשמים שירדו ב 29/10/2004 ותחנות

בהן בוצעו חתכי מדידה לצורך קביעת ספיקת השיא.



תאור המדידות שבוצעו

הערות :- כל נקודות הציון המובאות בעבודה זו הן לפי רשת ישראל החדשה.

- ההסתברויות המחושבות לספיקות השיא חושבו עפ"י המודל שפותח בחברת הידרומודול עבור השרות ההדרולוגי.

1. נחל חימר במורד הצוק, תחנה מס' 48192: במקום בוצעו חתכי אורך ורוחב של האפיק באזור תחנת

המדידה (ג.צ. 233450/560450, נתוני המדידות בנספח). בנקודה זו תחום ההתנקזות הוא כ 360 קמ"ר, וציוד המדידה בתחנה זו הוא חיישן לחץ מסוג דרוק, המחובר לאוגר נתונים מסוג גרנט. הורדו נתונים שנאספו על יד מכשיר המדידה במקום (הרשום מופיע בנספח), אך יש ספק ביחס לתקינות המכשיר ואמינות הנתונים. יום לפני השטפון בוצע בתחנה בקור שגרתי, ובמהלכו נשטף החיישן במים על מנת לנקותו. הנתונים שהורדו מראים גאות במהלך תאריך זה (28/10/2004) למרות שיום זה היה יבש לחלוטין. ייתכן ששטיפת החיישן פגעה בו, ומכל מקום, אמינות הנתונים מוטלת בספק. לא נמצאו סימני שיא בתחנה או בקרבתה שייאפשרו בצוע חתך טוב לקביעת ספיקת השיא. השיא ההסטורי הרשום לתחנה זו, שהוקמה במיקומה נוכחי ב 1990, נמדד ב 5.11.1994, ואז נמדדו 240 מ"ק/שנייה (הגאות הזו הרסה את התחנה באופן חלקי ולכן אין ממנה רשום טוב). בשנת 1987 חושב לנחל חימר שיא ספיקה של 231 מ"ק/שנייה (פולק, 1988). לפי גרסה אחרת הנתון לגבי ספיקת השיא בנחל חימר בשטפון של אוקטובר 1987 הוא גבוה יותר, ומגיע לכדי 500 מ"ק/שנייה (פולק, בעל פה). על פי סימנים חלקיים שנמצאו באזור התחנה, נראה כי הגאות שעברה במקום בארוע הנוכחי היתה ברום נמוך מזו שעברה במקום ב 15.12.2003, שרומה המדוד ביחס לנקודת הייחוס המקומית הוא 11.36 (כ 3 מ' גובה מים באזור התחנה). עבור הרום הנ"ל (11.36) הספיקה המחושבת היא 160 מ"ק/שנייה עפ"י עקום כיוול עדכני. יש לציין שבתחנה זו מתרחשים שנויים גדולים יחסית של תשתית הערוץ, ועובדה זו מקשה על השוואת סדרי הגודל של גאות אחת לגאוויות אחרות.

דוגמא לשנויי בסיס הערוץ באזור תחנה זו ניתן לראות בתמונה מס' 1. תמונה זו צולמה באזור התחנה ב 28/10/2004, יום לפני הגאות. ניתן לראות היטב את הפרש הגובה בין בסיס הבטון של צנור הברזל של התחנה, ובין תחתית הערוץ. הפרש גובה זה נגרם כתוצאה מהתחתרות באזור התחנה. יש לציין כי בעקבות הגאות ב 29/10/2004 נוצרה השקעה של חומר, וכעת בסיס הערוץ ובסיס הבטון מצויים בגובה דומה (תמונה מס' 2).

תמונה מס' 1: בסיס הצנור בתחנה ההדרומטרית בנחל חימר (סימני השחיקה וכפוף השלט נותרו מהגאות שעברה במקום ב 15/12/2003)



צלום: דר' בני רופא

תמונה מס' 2: בסיס הצנור בתחנה ההדרומטרית בנחל חימר אחרי הגאות של ה 29.10.2004 העלייה בגובה תשתית הערוץ (כ 25 ס"מ באזור בסיס עמוד התחנה ההדרומטרית) ניכרת היטב.



צלום: אודי גילי

2. נחל עמיעז, תחנה מס' 48194: בתחנה הדרומטרית זו היה מכשיר מסוג מצוף המחובר למכשיר רישום סרטי מכני. במקום בוצעו חתכי רוחב ואורך של הערוץ בסמוך לתחנה ההדרומטרית (נ.צ. 23360/55230, נתוני המדידות בנספח) בנקודה זו תחום ההתנקזות הוא של כ 34 קמ"ר. הגאות שעברה במקום עברה בגובהה את גובה התחנה (תמונה מס' 4), והיא סחפה בזרימתה את הארגז העליון שבו נמצא מכשיר הרישום (ראה תמונה מס' 3 לשם השוואה), כך שאין כל רשום של השיטפון. במקום נמצאו סימני שיא טובים שעל פיהם חושבה ספיקת השיא. בוצעו שני חשוכי ספיקה נפרדים עבור שני שפועים: שפוע פני מים ושפוע קרקעית. השיא ההסטורי הרשום לתחנה זו, שהוקמה ב 1990, הוא 99.3 מ"ק/שניה שנמדד ב 5.11.1994 (הארוע שהרס את סכר תעלת אשלים ב 1993 לא נמדד)

תמונה מס' 3: התחנה ההדרומטרית בנחל עמיעז בשנת 1994



צלום: יוסף גרינבוים

תמונה מס' 4: התחנה ההדרומטרית בנחל עמיעז לאחר הגאות ב 29/10/2004



צלום: דר' בני רופא

עיון בתמונה מס' 4 מראה היטב את ההרס שנגרם לתחנה. בנוסף לארגז המכשיר שנסחף, ניתן לראות את העוות שנגרם לצנור.

טבלה מס' 2: תוצאות חישובי ספיקה בשיטת ההעבר שיפוע בנחל עמיעז

שם ומספר	חתך מס'	מקדם n	שפוע	שטח מורטב (מ"ר)	מהירות ממוצעת (מ'/ש')	ספיקה מחושבת (מ"ק/שניה)	הסתברות באחוזים	ספיק סגולית (מ"ק/מ"ר)	הערות
עמיעז 48194	1	0.065	0.0245	70.53	4.58	323	2	9.5	שפוע עפ"י סימני שיא
	1	0.065	0.0173	70.53	3.84	271.4	3	8	שפוע קרקעית

מקדם החכוך (n מאניניג) נלקח תוך התחשבות באופי השטח ובשפוע והסתמכות על הספרות המקצועית המקובלת בשרות ההדרולוגי (וולפצון, 1999).

3. נחל אדמון, תחנה מס' 48198: בתחנה ההדרומטרית באתר זה היה מכשיר מסוג מצוף המחובר למכשיר רישום סרטי מכני (ראה תמונה מס' 5). השטפון שעבר במקום הרס לחלוטין את התחנה ההדרומטרית, ולא הותיר ממנה כל זכר (תמונה מס' 6). בסיוור לאורך נתיב הזרימה נמצא ארגז

המכשיר (ללא המכשיר, נ.צ. 232950/547650) במרחק של כ 2 ק"מ במורד הזרימה, בסמוך לכביש 90 (תמונה מס' 7). תחום ההתנקזות באזור התחנה ההדרומטרית שנהרסה כ 12 קמ"ר. נעשו נסיונות למצוא חתכים בקרבת התחנה ההדרומטרית שבהם ניתן למצוא סימני שיא ברורים. לאחר מאמצים רבים נמצא אתר המצוי כ 500 מ' במעלה התחנה שנהרסה, ובו נעשו שני חתכי רוחב וחתך אורך אחד. יש לציין כי סימני השיא באזור זה היו גרועים ולא ברורים, וגם חתך הרוחב היה בעייתי ולא אחיד. מקום זה נבחר בהעדר מקום טוב יותר. בחתך העליון (מס' 1, נ.צ. 231800/548250, נתוני המדידות בנספח) היו סימני שיא טובים יחסית, אך חתך המדידה היה בעייתי, לא אחיד ולא מתאים לחישובי ספיקה בשיטת העבר שפוע. החתך התחתון (מס' 2, נ.צ. 231900/548200, נתוני המדידות בנספח), כ 50 מ' במורד הזרימה ביחס לחתך הקודם, היה חתך מתאים יותר מבחינת צורתו, אך סימני השיא שנמצאו במקום היו קלושים ולא ברורים. התוצאה היא הפרשים גדולים בשטח החתך שנמדד בשני החתכים. כמו כן נמצא שנוי בשפוע הקרקעית בין שני החתכים, כאשר השפוע בחלק העליון חריף יותר. בטבלה המצורפת בהמשך יש התייחסות לשפוע לאורך כל קטע המדידה (שפוע כללי) ולשפוע הנפרד כפי שנמדד בחלק העליון והתחתון (שפוע מקומי) בחשוב הספיקה נעשה נסיון להציב מגוון של מקדמים ושפועים, והתוצאה הסופית היא הפרש ביחס של כ 1:3 בין ספיקות השיא שחושבו בשני החתכים השונים. עקב סימני השיא הברורים והטובים יותר שנמצאו בחתך העליון (1), יש להניח כי הוא אמין יותר, אך בכל מקרה יש להתחשב בכך שחשוב ספיקת השיא לנחל זה בנקודה זו הוא בעייתי. השיא ההסטורי הרשום לתחנה זו, שהוקמה ב1990, הוא 24 מ"ק/שניה, שנמדדו ב 5.11.1994.

טבלה מס' 3: תוצאות חישובי ספיקה בשיטת ההעבר שיפוע בנחל אדמון

שם ומספר	חתך מס'	מקדם n	שפוע	שטח מורטב (מ"ר)	מהירות ממוצעת (מ/ש')	ספיקה מחושבת (מ"ק/שניה)	הסתברות באחוזים	ספיקה סגולית (מ"ק/קמ"ר)	הערות
אדמון 48198	1 (עליון)	0.08	0.0339	78.8	3.5	276.4	קטן מ 1	25.1	שפוע כללי עפ"י מרכז אפיק
	1 (עליון)	0.0725	0.0339	78.8	3.87	305	קטן מ 1	27.7	שפוע כללי עפ"י מרכז אפיק
	1 (עליון)	0.08	0.04	78.8	3.81	300.3	קטן מ 1	27.3	שפוע מקומי עפ"י מרכז האפיק
	1 (עליון)	0.0725	0.04	78.8	4.2	331.3	קטן מ 1	30.1	שפוע מקומי עפ"י מרכז האפיק
	2 (תחתון)	0.065	0.0339	38.8	2.89	112.1	5	10.19	שפוע כללי עפ"י מרכז אפיק
	2 (תחתון)	0.065	0.0138	38.8	1.84	71.5	10	6.5	שפוע מקומי עפ"י מרכז האפיק
	2 (תחתון)	0.05	0.0138	38.8	2.39	93	7	8.45	שפוע מקומי עפ"י מרכז האפיק

תמונה מס' 5: התחנה ההדרומטרית בנחל אדמון לפני 29/10/2004.



צלום: יוסקה גרינבוים

תמונה מס' 6: נחל אדמון באזור בו הייתה התחנה ההדרומטרית שנהרסה ב 29/10/2004
התחנה עצמה עמדה מתחת לשלט הנראה על הגדה בחלק השמאלי של התמונה. עץ השיטה הנראה במרכז הצלום בתמונה הקודמת (5) נעקר ונסחף באותו הארוע, ורק עץ השיטה הקטן יותר המצוי במעלה הערוץ נותר במקומו.



צלום: אודי גילי

תמונה מס' 7: ארגז המכשיר של התחנה ההדרומטרית בנחל אדמון, כפי שנמצא במורד הזרימה



צלום: דר' בני רופא

4. תעלת אשלים, תחנה מס' 48199: תעלת אשלים היא תעלה מלאכותית המטה את האפיק הטבעי של נחל אשלים. התעלה נבנתה כדי להגן על מפעלי ים המלח מזרימתם של נחל אשלים ונחל עמיעז, שפתח הנקוז הטבעי שלהם מצוי ממש מול המפעלים. התעלה מטה את מי הנחלים דרומה, ומוציאה אותם מדרום למפעל הדרומי ביותר בקומפלקס המפעלים של מפעלי ים המלח. התחנה ההדרומטרית על תעלת אשלים ממוקמת במורד סכר דמוי מגלש המצוי על התעלה (נ.צ. 233900/547750), מטרים ספורים ממערב לכביש 90 (תמונה מס' 8). באזור זה מצטרף לתעלה גם נחל אדמון. המיכשור שהוצב בתחנה (חיישן לחץ מסוג דרוק המחובר לאוגר נתונים מסוג גרנט) לא פעל עקב תקלה טכנית. באזור התחנה ההדרומטרית המים עלו מעבר לתעלה ויצרו זרימה על פני שטח נרחב מאד. התחנה עצמה לא נהרסה, אך הכביש בסמוך (כביש 90) וכן התעלה נזוקו קשות (תמונות מס' 9, 10).

עקב העדר כל אפשרות למצוא סימני שיא וחתך מדידה סביר באזור התחנה, בוצעו חתכי מדידה במעלה הסכר דמוי המגלש, כ 600 מ' ממערב לכביש 90. (תמונה מס' 11) באזור זה התעלה מנקזת את נחל עמיעז ונחל אשלים יחדיו, ללא נחל אדמון (נ.צ. 234400/550150, נתוני המדידות בנספח). תחום ההתנקזות של שני הנ"ל באזור הסכר דמוי המגלש (ללא נחל אדמון) כ 80 קמ"ר. התעלה באתר זה היא תעלה רחבה ומוסדרת, מדופנת גביונים. במקום נמצאו סימני שיא ברורים ובוצעו בו חתך אורך וחתך רוחב. השיא ההסטורי הרשום בתחנה ההדרומטרית במורד התעלה (מס' זהוי

48199), שהוקמה ב 1995 (כאמור, אחרי החיבור של נחל אדמון), הוא 31.5 מ"ק/שניה, שנמדדו ב 23.1.1997.

בהתחשב בעוצמת הגשמים בארוע המדובר ובגודלם הקטן של אגני הנקוז, הרי שניתן להניח בסבירות גבוהה כי אזור הכביש ספג ספיקה בעוצמה גבוהה מאד של 500 מ"ק/שניה לפחות, ודבר זה יכול להסביר את הנזקים שנגרמו לכביש ולתשתיות שונות העוברות בסמוך אליו, וכן את הנזקים למפעלי ים המלח עצמם עקב הצפות שהגיעו למפעלים ממזרח ומדרום מזרח. עוד חשוב לציין כי בארוע זה, להבדיל מהארוע בשנת 1993, הסכר על נחל אשלים במעלה תעלת ההטייה החזיק מעמד, ובכך נמנעו נזקים כבדים בהרבה למפעלים.

טבלה מס' 4: תוצאות חישובי ספיקה בשיטת ההעבר שיפוע בתעלת אשלים

שם ומספר	חתך מס' n	מקדם n	שפוע	שטח מורטב (מ"ר)	מהירות ממוצעת (מ'/ש')	ספיקה מחושבת (מ"ק/שניה)	הסתברות באחוזים	ספיקה סגולית (מ"ק/קמ"ר)	הערות
תעלת אשלים במעלה המגלש	1	0.055	0.006	136.5	3.11	425.2	3	5.32	

תמונה מס' 8: תעלת אשלים באזור התחנה ההדרומטרית לפני השטפון של ה 29.10.2004, מבט מהכביש בכוון מעלה הזרימה.



צילום: יוסף גרינבוים

תמונה מס' 9 : תעלת אשלים באזור התחנה ההדרומטרית אחרי השטפון של ה 29.10.2004, מבט מהכביש בכיוון מעלה הזרימה. סימני הרס ניכרים היטב בעיקר בחלק הדרומי של התעלה (החלק השמאלי בתמונה).



צלום: אודי גילי

תמונה מס' 10: כביש 90 באזור החצייה של תעלת אשלים בזמן הגאות. הנזק לכביש נגרם מדרום לגשר הכביש. הגשר עצמו נותר שלם.



(צלם לא ידוע)

תמונה מס' 11: תעלת אשלים במעלה הסכר דמוי המגלש, באזור בו בוצעו חתכי המדידה.



צלום: אודי גלילי

5. נחל ציין ממערב לכביש הערבה, תחנה מס' 55190: תחנה זו ממוקמת במעלה המפל התחתון של נחל ציין, (נ.צ. 537350 / 225050, נתוני המדידות בנספח), והיא אינה פעילה מזה כמה שנים. תחום ההתנקזות בתחנה זו כ-1200 קמ"ר. בנקודה זו בוצעו חתך רוחב אחד, ושני חתכי אורך: האחד לאורך מרכז האפיק, והשני לאורך סימני שיא ברורים בגדה השמאלית. השיא הידוע בתחנה זו נמדד ב-14.10.1991, ואז נמדדו במקום 530 מ"ק/שניה. מקדם החכוך (n מאנינג) נקבע על פי השפוע של סימני השיא והספרות המקצועית (הקשר שבין שפוע למקדם) בחתך הראשון, ועפ"י הערכה בשטח המדידה במקרה השני.

טבלה מס' 5: תוצאות חישובי ספיקה בשיטת ההעבר שיפוע בנחל ציין ממערב לכביש הערבה (מעל

למפל היבש)

שם ומספר	חתך מס'	מקדם n	שפוע	שטח מורטב (מ"ר)	מהירות ממוצעת (מ'/ש')	ספיקה מחושבת (מק/שניה)	הסתברות באחוזים	ספיקה סגולית (מ"ק/קמ"ר)	הערות
ציין מערבית לכביש הערבה 55190	1	0.065	0.0212	122.17	3.36	410.9	3-5	0.34	שפוע עפ"י סימני שיא בגדה הדרומית
	1	0.0375	0.0067	122.17	3.27	400.6	3-5	0.33	שפוע עפ"י קרקעית מרכז האפיק

יש לציין כי בעת האזון בשטח נראו היטב שרידים של סימני שיא ישנים וגבוהים יותר. קרוב לודאי שסימנים אלו הם הסימנים שנותרו מהשטפון שעבר במקום ב 14.10.1991, שטפון בו נמדדו במקום, כאמור, 530, מ"ק/שנייה.

6. נחל צין כביש הערבה, תחנה מס' 55193: תחנה זו ממוקמת כמה עשרות מטרים מכביש הערבה לכוון מערב (קצת במעלה כביש הערבה הישן, נ.צ. 228350/539550, נתוני המדידות בנספח). התחנה במקום זה היא חלק מהתחנות ההדרומטריות של "פרויקט הערבה" שהוקמו בסוף שנות ה'90, והותקנו בה חיישני לחץ, מיכשור אולטראסונרי, וכן מדי רום מקסימום. התחנה ההדרומטרית במקום חובלה ויצאה מכלל שימוש, כך שאין ממנה כל נתונים. תחום ההתנקזות של התחנה גדול ב 12 קמ"ר בלבד מתחום ההתנקזות של התחנה הקודמת (55190). בעיקר כתוצאה מהצטרפותו של נחל צנין, היורד מרמת מזר ומתוסף לנחל צין מכוון צפון מערב (נחל מזר עצמו מצטרף לנחל צין כ 50 מ' במורד התחנה). להפרשי גודל האגן תיתכן השפעה על הפרשי הספיקה בין שתי התחנות, כפי שניתן לראות בפרק הנתונים בהמשך. מבדיקה שנערכה בשטח אכן ניכרים סימנים של זרימה חזקה מאד הן בנחל מזר והן בחל צנין, וכן בכל שאר הערוצים הקטנים באזור. בנקודה זו נעשו חתך רוחב אחד וחתך אורך אחד (לאורך סימני שיא ברורים בגדה הימנית בסמוך לתחנה). כמו כן נבדקו מדי רום מקסימום המוצבים בסמוך ובמעלה התחנה, לבדיקת סימני שיא. בהתאם לממצאים חושבו ספיקות השיא בשלוש דרכים: האחת על פי המדידות בשטח, עם שפוע פני המים בגדה הימנית השנייה על פי השפוע במדי הרום, והשלישית באופן תאורטי על פי טבלה ועקום כיוול שהוכנו על ידי תה"ל בעת תכנון התחנה ההדרומטרית ומצורפות לתיק התחנה. יש לציין כי מאז סיום תכנון התחנה עברו במקום כמה גאוויות, ולכן עקום כיוול זה הוא תאורטי ויכול לשמש כרקע בלבד.

טבלה מס' 6: תוצאות חישובי ספיקה בשיטת ההעבר שיפוע בנחל צין ממערב לכביש הערבה (55193).

שם ומספר	חתך מס'	מקדם n	שפוע	שטח מורטב (מ"ר)	מהירות ממוצעת (מ'/ש')	ספיקה מחושבת (מ"ק/שניה)	הסתברות באחוזים	ספיקה סגולית (מ"ק/קמ"ר)	הערות
צין כביש הערבה 55193	1	0.035	0.0078	137.25	3.59	492.74	2-3	0.4	שפוע עפ"י סימני שיא בגדה הימנית
	1	0.003	0.0022	137.25	3.04	418.3	3-5	0.35	מקדם הספוס על פי תיק התחנה, שפוע על פי מדי רום.
	1	0.003	0.0035	180	3	כ 540	2	0.45	מקדם הספוס ושפוע על פי תיק התחנה, חשוב הספיקה כנ"ל, לפי רום 102.22 בתחנה.

היות וסימני השיא שנמצאו בתחנה זו הם ברורים ומובהקים מאוד, ניתן להניח בסבירות גבוהה למדי כי המדידה על פיהם מדויקת יותר מהמדידות המבוססות על הסימנים שנמצאו במדי הרום. הפרש ספיקה של עד כ 90-80 מ"ק"ש בין התחנה העליונה (55190) והתחנה התחתונה (55193), על אף הפרשים קטנים יחסית בגודל אגן הנקוז בין שתי התחנות, יכול להיות מוסבר ע"י העובדה שאזור זה מצוי בתחום בו ירדו גשמים כבדים מאד בארוע האמור (ראה טבלה מס' 1, ובה נתון של 65 מ"מ עובי גשם שנמדדו בארוע זה במכתש הצרה). לשם השוואה ניתן לציין כי בנחל אדמון, שלו אגן נקוז של כ 11-12 קמ"ר, נמדדו ע"י השרות ההדרולוגי בארוע הזה ספיקות שיא הנעות בין כ 100-300 מ"ק/שנייה, (ראה לעיל). התחנה לחקר הסחף חישבו בנחל צפית באזור כביש הערבה ספיקה של כ 440 מ"ק/שנייה לאגן נקוז של כ 37 קמ"ר (ארבל וגטקר, 2005). ספיקות סגוליות כה גדולות יכולות בהחלט להסביר את הבדלי הספיקות בין שתי התחנות הסמוכות הנ"ל. יש לציין כי במורד נחל צין חוברים אליו נחלים נוספים דוגמת נחל מזר, נחל צפית, נחל תמר, ועוד ערוצים קטנים נוספים. הנחלים הללו זרמו בארוע זה בעוצמות חריגות ביותר, וכך ספיקת השיא של נחל צין הלכה ועלתה בקטע האחרון של מהלכו לפני הגיעו לים המלח. בקטע התחתון של נחל צין חושבה על ידי התחנה לחקר הסחף ספיקת שיא של יותר מ 1000 מ"ק/שנייה (ארבל וגטקר, 2005), באזור בו אגן הנקוז של הנחל הוא כ 1300 קמ"ר, כלומר ניכרת כאן עלייה תלולה מאד בספיקה הסגולית של נחל צין מכ 0.4 מ"ק לקמ"ר בנקודה בו שטח אגן הנקוז שלו 1200 קמ"ר, לכ 0.8 מ"ק לקמ"ר בנקודה בה שטח אגן הנקוז גדל לכ 1300 קמ"ר. זוהי תופעה מעניינת וחריגה שלה השלכות כבדות משקל לגבי מודלים הקושרים גודל אגן נקוז לספיקת שיא, ויש לבחון אותה בהרחבה ובנפרד בעתיד.

7. נחל ממשית, תחנה מס' 55165: התחנה ההדרומטרית על נחל ממשית ממוקמת על גבי גשר הכביש (נ.צ. 540950/204400, נתוני המדידות בנספח). בתחנה ההדרומטרית באתר זה מותקן מכשיר מסוג מצוף המחובר למכשיר רישום סרטי מכני. תחום ההתנקזות בנקודה זו הוא בגודל של כ 64 קמ"ר. בארועים האמורים המכשיר המוצב במקום פעל היטב, והותיר רשום של השטפון (רשום השטפון באתר זה מובא בנספח), אך התחנה לא מסוגלת להתמודד עם שטפונות גדולים, אשר עוברים את גשר הכביש וזורמים על פני שטח נרחב יחסית משני צידי הגשר. בנוסף לכך, בארוע זה עבר גובה המים את נקודת היחס בארגז המכשיר. על מנת לחשב את ספיקת השיא אותר חתך מתאים יותר למדידות, ובו סימני שיא ברורים, כ 2 ק"מ במעלה התחנה (נ.צ. 542970/204750). באתר זה, שתחום ההתנקזות שלו כ 57 קמ"ר, בוצעו חתך אורך וחתך רוחב. ספיקת השיא הרשומה בתחנה זו, שהוקמה ב 1954, היא 99 מ"ק/שנייה, ברום יחסי של 10.53, ושיא זה נמדד ב 16.11.1989 (הרום מתייחס לנקודת המוצא המצויה בתחנה ואינו קשור לגובה הטופוגרפי). גובה השיא שנמדד בארוע זה בתחנה ההדרומטרית הוא 10.82 (כאמור, מעבר לגובה נקודת היחס בארגז המכשיר). על פי עקום הכיול, שנגמר ברום מירבי של 10.60, הספיקה לרום זה (10.60) בתחנה ההדרומטרית היא 114 מ"ק/שנייה. מקדם החכוך (n מאנינג) באתר זה נקבע על בסיס המדידות והממצאים בשטח.

טבלה מס' 7: תוצאות חישובי ספיקה בשיטת ההעבר שיפוע בנחל ממשית.

שם ומספר	חתך מס'	מקדם n	שפוע	שטח מורטב (מ"ר)	מהירות ממוצעת (מ"ש')	ספיקה מחושבת (מ"ק/שנייה)	ספיקה סגולית (מ"ק/קמ"ר)	הסתברות באחוזים	הערות
ממשית 55165	1	0.06	0.0145	51.2	2.12	108.7	1.9	2	חושב עפ"י חתך במעלה התחנה

נתונים נוספים שנאספו בתחנות אחרות של השרות ההדרולוגי באזור הדרום בארוע זה

אגן נחל הבשור

1. נחל באר שבע ונחל הבשור: ב 29/10/2004 נמדד בתחנה ההדרומטרית באר שבע חצרים (מס' 23137) רום של 228.08 עפ"י רשום. רום זה הוא שווה ערך לספיקה של כ 340 מ"ק/שנייה עפ"י עקום הכיול. בתחנה ההדרומטרית בשור רעים (מס' 23150) נמדד ב 31/10/2004 רום של 10.0 שהוא שווה ערך לספיקה של כ 8 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת כיול. העכוב בהגעת הגאות לתחנה נובע ככל הנראה מריחוקה מהאזור בו ירד גשם, ומרבוי הסכרים בדרך בין שתי התחנות. תופעה זו, המשולבת גם בירידה משמעותית מאד של שיאי הספיקות בין שתי התחנות הללו מוכרת היטב באגן הבשור בשנים האחרונות.
2. נחל בקע, מס' 23134: בנחל בקע נמדד ב 29/10/2004 רום של 9.34 שהוא שווה ערך לספיקה של כ 2 מ"ק/שנייה על פי עקום הכיול.
3. נחל גרר - רעים, מס' 23160: בנחל גרר ליד רעים נמדד ב 30/10/2004 רום של 10.23, שהוא שווה ערך לספיקה של כ 2 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת הכיול. נראה שגם כאן הגעת הגאות לתחנה התעכבה בכ 24 שעות עקב רחוק התחנה מהאזור בו ירדו הגשמים.
4. נחל בשור – דייקה, מס' 23106: בתחנה ההדרומטרית בשור דייקה נמדד ב 29/10/2004 רום של 7.95, שהוא שווה ערך לספיקה של כ 3.8 מ"ק/שנייה על פי עקום הכיול.

אגן נחל שקמה

1. נחל שקמה – מוליחה: בתחנה זו נמדד ב 29/10/2004 רום של 11.22 שהו שווה ערך לכ 28 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת הכיול.
2. נחל אדוריים גשר רכבת, מס' 21120: בתחנה זו נמדד ב 29/10/2004 רום של 11.28, שהוא שווה ערך לכ 10 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת הכיול.

האגנים המזרחיים

1. נחל רחף, מס' 48185: ב 29/10/2004 נמדד בתחנה זו רום של 10.78 שהוא שווה ערך לספיקה של כ 48 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת הכיול.
2. נחל דרגה, מס' 48125: בנחל דרגה נמדד ב 29/10/2004 רום של 10.0 שהוא שווה ערך לכ 2.5 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת הכיול. נראה שאזור זה בצפון מדבר יהודה קיבל גשם ממערכת הגשם המקומית של בקעת הירדן, שהוזכרה בפרק הפתיחה.
3. נחל תקוע, מס' 48130: בנחל תקוע נמדדו ב 29/10/2004 רום של 9.41 שהוא שווה ערך לכ 1.5 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת הכיול. נראה שאזור זה בצפון מדבר יהודה קיבל גשם ממערכת הגשם המקומית של בקעת הירדן, שהוזכרה בפרק הפתיחה.
4. צין משוש, מס' 55140: בתחנה זו נמדד ב 29/10/2004 רום של כ 8.70 שהוא שווה ערך לכ 18 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת הכיול. ספיקה נמוכה יחסית זו, ביחס לספיקות הגבוהות מאד שנמדדו בתחנות הסמוכות לכביש הערבה, מלמדת על תפרושת הגשם ועל רכוזו בחלקים התחתונים של אגן הנקוז של נחל צין.
5. נחל נקרות כביש 90, מס' 56164: בתחנה זו נמדד ב 29/10/2004 רום של 10.63 (על פי סרט הרישום), שהוא שווה ערך ל 65 מ"ק/שנייה על פי עקום כיול מעודכן. בתחנה זו גם בוצעה מדידת מהירות פני המים ע"י מצופים, ברום של 10.29, וחושבה מהירות מים עילית ממוצעת של 1.8 מ"ש' במרכז הערוץ.
6. נחל נקרות עליון, מס' 56150: בתחנה זו נמדד ב 29/10/2004 רום של כ 10.20 שהוא שווה ערך לכ 21.5 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת הכיול
- באזור הערבה המרכזית זרמו גם נחלים נוספים ובהם נחל עשוש, נחל קצרה, נחל צופר, נחל נמיה ועוד נחלים נוספים, אך לזרימות אלו אין בטוי בציוד המדידה של השרות ההדרולוגי. בנוסף לנ"ל זרם גם נחל הערבה, הנחל מאזור צופר ודרומה, אך למרבה הצער גם לזרימה זו אין כל רשום של ממש. בתחנה של נחל עובא לא נרשמה כל זרימה, אך בנחלים הצפוניים יותר, ובעיקר בואדי פידן, נראתה זרימה משמעותית. גם לזרימה זו אין כל רישום.
7. נחל פארן גבול מערבי, מס' 57130: בתחנה זו נמדד ב 29/10/2004 רום של כ 10.46 שהוא שווה ערך לכ 1.9 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת הכיול.
9. נחל פארן צוואר הבקבוק, מס' 57165: בתחנה זו נמדד ב 29/10/2004 רום של 10.47 שהוא שווה ערך לכ 13.4 מ"ק/שנייה עפ"י עקום הכיול. בתחנה התחתונה ביותר על נחל פארן – פארן כביש 90 (57190) לא נרשמה זרימה, ונראה כי השטפון נעלם בקטע הזרימה שבין שתי התחנות.
10. נחל פחמי, מס' 57125: בתחנה זו נמדד ב 29/10/2004 רום של כ 9.66 שהוא שווה ערך לכ 24.8 מ"ק/שנייה עפ"י טבלת הכיול.

סכום

בארוע האמור ירדו כמויות משמעותיות מאד של גשם ובעוצמות גבוהות ביותר באזור המשתרע בצורה דמוית מלבן, בין ירוחם ועידן בדרום, לבין ערד ושפך זוהר בצפון. אזור מכתש חצרה, מישור ימין, מישור רותם,

ואגני הנקוז של הנחלים הצפוניים יותר, עד אזור נחל חימר, קיבלו כמויות גשם חריגות בעוצמתן, וגם הגאוויות שנמדדו באזור זה הן חריגות בעוצמתן, בהתאם. יחד עם זאת חשוב לזכור כי גשמים כאלו, המאופיינים במשך קצר, עוצמה גדולה ולעיתים קרובות גם עובי משמעותי, אינם תופעה חריגה באזור זה ובעונת השנה הזו. סופות הנוצרות במצבים סינופטיים דומים למצב ששרר בעת הגאוויות אליהן מתייחס דו"ח זה (ראה בפרק הרקע לדו"ח), מתרחשות לרוב במחצית השנייה של אוקטובר, והן פוגעות על פי רוב באזור בקע ים המלח, דרום הנגב ולעיתים גם במרכז הנגב וצפונו. בחינה של העשור האחרון מראה כמה ארועים דומים לארוע הזה (אם כי לא בהכרח באותה תפרושת גאוגרפית ובאותן עוצמות), למשל ב 22/10/1997, ב 14-15/10/2000 וב 30-31/10/2002. ארועים כאלו יכולים להתרחש גם במחצית הראשונה של אוקטובר (אריה בן צבי, בעל פה).

החפיפה היחסית בין מוקד הגשם בארוע זה ובין רכוז יחסי של פעילות אנושית מגוונת (מפעלים דוגמת מפעלי ים המלח, כבישים מרכזיים דוגמת כביש 90 וכביש 25, בתי מלון, קדוחי מים, מערכות חשמל ושאר תשתיות) וכן התפרושת הנרחבת יחסית של האזור בו היה עובי הגשם רב, הם שגרמו לכך שבארוע זה יש גם נזקים רבים יחסית. מבחינת העוצמות הגבוהות של הגשם ותפרושתו הגאוגרפית הנרחבת יחסית, וכן מבחינת הנזקים הרבים, סופה זו מזכירה את הסופות החזקות שהתרחשו ב 14/10/1991 וב 17-18/10/1987. (שמואל פולק, 1988; שמואל פולק, בעל פה; יוס'ה גרינבוים, בעל פה). הארוע הזה שב וממחיש את האופי המאד לא אחיד והמאד קשה לחזוי של הגשמים המדבריים בכלל, ושל הגשמים באגנים המזרחיים בעונות המעבר בפרט. אפיק ים סוף, שהוא הגורם הסינופטי לרוב הגשמים בעונות המעבר באזורים שתוארו הוא תופעה הניתנת לחיזוי, אך קשה מאד לחזות את התפרושת, העוצמה והכמות של המשקעים שיכולים להגרם כתוצאה ממנו.

עוצמת הארוע ותוצאותיו מדגישות את הצורך בקיום רצף של מדידות הדרומטריות לאורך שנים. בחינת התוצאות מראה כי יש לתקן ולשפר את פעילות השרות ההדרולוגי בכמה תחומים:

1. תקון הנזקים וחידוש התחנות שנהרסו, ובראש ובראשונה התחנות באזור דרום ים המלח: עמיעז, אדמון ותעלת אשלים. את התחנה על תעלת אשלים יש לנסות להזיז למעלה הסכר דמוי המגלש. יש לבחון את בטול התחנה על נחל עמיעז עקב קשיי ההגעה אליה והחשש ממוקשים שנסחפים בערוץ.
2. בחינת העתקת התחנה בנחל ממשית למיקום משופר, בו ניתן יהיה להתמודד בהצלחה עם ספיקות חזקות.
3. בנחל חימר יש לבדוק בדיקה יסודית של החיפוש, ולהחליפו על פי הצורך. יש לבחון מחדש את כל נושא הפעלת מכשירי הדרוק/גרנט, ולנסות למצוא פתרונות משופרים, או לחילופין למצוא חיישנים אחרים. (כפתרון בייניים ועקב עליית תשתית הערוץ כפי שפורט לעיל הותקן במקום בינתיים גם מכשיר סרטי כגברי).
4. התחנה בקצה האגן של נחל צין חשובה מאד! יש לבחון את חידוש הפעלתה על ידי השמשת התחנה הישנה או על ידי תקון החבלות בתחנה החדשה. ניתן לבחון גם התקנת תחנה באזור שפך נחל צין לבריכות של מפעלי ים המלח, וזאת כלקח מהפרשי ספיקות השיא שנצפה בארוע זה בין אזור כביש

- הערבה ובין אזור השפך. נושא זה אינו פשוט מבחינה טכנית שכן הנחל נכנס באזור זה למאגר, אך ייתכן כי ניתן יהיה לאתר במקום נקודה מתאימה להקמת תחנה הידרומטרית.
5. כדאי לבחון התקנת תחנות הדרומטריות על האגנים היורדים מירדן, ובעיקר על ואדי פידן, שבו יש שלוב של מיקום נוח ורכוי שטפונות. ניתן להעזר לשם כך ברשות הנקוז המקומית.
6. את התחנות הקיימות על נחל הערבה, ובעיקר את התחנה בעין יהב יש לנסות להפעיל בדרך כלשהיא.
7. חשוב מאד לקיים מערך של תחנות בכמה נקודות לאורך האגנים של הנחלים הגדולים דוגמת פארן, נקרות, צין ונחל הערבה, וזאת על מנת לאפשר מעקב אחר התקדמות שטפונות במורד האגנים.
8. בעת הקמת תחנות הדרומטריות באזורים בהם התשתית פריכה ולא יציבה (אזור סדום, למשל) יש לסמן בשטח באופן ברור נקודת מוצא (Bench Mark - B.M) גבוהה בהרבה מהערוץ וזאת כדי שגם אם התחנה תהרס והתשתית בערוץ תשתנה, עדיין ניתן יהיה לבצע מדידות השוואתיות תוך הסתמכות על אותה נקודת מוצא.

טבלת סכום - מדידות שטח בעקבות השטפונות ביום 29/10/2004

שם ומספר	חתיך מס'	מקדם n	שפוע	שטח מורטב (מ"ר)	מהירות ממוצעת (מ'/ש')	ספיקה מחושבת (מ"ק/שניה)	הסתברות באחוזים	ספיק סגולית (מ"ק/מ"ר)	הערות
עמיעז 48194	1	0.065	0.0245	70.53	4.58	323	2	9.5	שפוע עפ"י סימני שיא
	1	0.065	0.0173	70.53	3.84	271.4	3	8	שפוע קרקעית
אדמון 48198	1 (עליון)	0.08	0.0339	78.8	3.5	276.4	קטן מ 1	25.1	שפוע כללי עפ"י מרכז אפיק
	1 (עליון)	0.0725	0.0339	78.8	3.87	305	קטן מ 1	27.7	שפוע כללי עפ"י מרכז אפיק
	1 (עליון)	0.08	0.04	78.8	3.81	300.3	קטן מ 1	27.3	שפוע מקומי עפ"י מרכז האפיק
	1 (עליון)	0.0725	0.04	78.8	4.2	331.3	קטן מ 1	30.1	שפוע מקומי עפ"י מרכז האפיק
	2 (תחתון)	0.065	0.0339	38.8	2.89	112.1	5	10.19	שפוע כללי עפ"י מרכז אפיק
	2 (תחתון)	0.065	0.0138	38.8	1.84	71.5	10	6.5	שפוע מקומי עפ"י מרכז האפיק
	2 (תחתון)	0.05	0.0138	38.8	2.39	93	7	8.45	שפוע מקומי עפ"י מרכז האפיק
תעלת אשלים במעלה המגלש	1	0.055	0.006	136.5	3.11	425.2	3	5.32	
ציון מערבית לכביש הערבה 55190	1	0.065	0.0212	122.17	3.36	410.9	3-5	0.34	שפוע עפ"י סימני שיא בגדה הדרומית
	1	0.0375	0.0067	122.17	3.27	400.6	3-5	0.33	שפוע עפ"י קרקעית מרכז האפיק
ציון כביש הערבה 55193	1	0.035	0.0078	137.25	3.59	492.74	2-3	0.4	שפוע עפ"י סימני שיא בגדה הימנית
	1	0.003	0.0022	137.25	3.04	418.3	3-5	0.35	מקדם חספוס על פי תיק התחנה, שפוע על פי מדי רום.
	1	0.003	0.0035	180	3	כ 540	2	0.45	מקדם חספוס ושפוע על פי תיק התחנה, חשוב הספיקה כנ"ל, לפי רום 102.22 בתחנה.

טבלת סכום - מדידות בעקבות השטפונות ביום 29/10/2004 (המשך)

שם ומספר	חתך מס'	מקדם n	שפוע	שטח מורטב (מ"ר)	מהירות ממוצעת (מ'/ש')	ספיקה מחושבת (מ"ק/שניה)	הסתברות באחוזים	ספיק סגולית (מ"ק/מ"ר)	הערות
ממשית 55165	1	0.06	0.0145	51.2	2.12	108.7	1.9	2	חושב עפ"י חתך במעלה התחנה

נספחים

1. סרטי רשום של הגאוויות מהתחנות ההדרומטריות הבאות:

- נחל ממשית
- נחל נקרות כביש 90
- נחל נקרות עליון
- נחל צין משוש
- נחל רחף

2. רכוז של טפסי הרשום מהשטח, החתכים והחשובים השונים

3. ספרות

- פולק שמואל, 1988, "ספיקות מקסימליות לאחר סופת גשם בתאריך 17-18/10/1987", דו"ח הידר/2/1988, issn-033670, ירושלים, אפריל 1988.
- ארבבל שמואל וגטקר משה, 2005, "תאור קצר של הסופה והשטפונות מתאריך 29/10/2004 באזור ים המלח", מתוך: משאבי מים בערבה ובנגב, חוברת תקצירים, הכינוס השנתי 2005, אילת.
- קורניץ ד., 1964, "קביעת שיא גל גאות בשיטת העבר שפוע", משרד החקלאות, נציבות המים, השרות ההדרולוגי, (פנימי), ירושלים.
- קורניץ ד., 1980, "שיטות מדידה וחישוב ספיקה בנחלים", משרד החקלאות, נציבות המים, השרות ההדרולוגי (פנימי), ירושלים.
- וולפצון מ., 1999, "שיטות עקיפות לחישוב ספיקות שיא גאות בנחלים", משרד התשתיות הלאומיות, נציבות המים, השרות ההדרולוגי (פנימי), תל-אביב.