



מאגרי המים וסכרי האמה הנמוכה של קיסריה

יהודה פלג

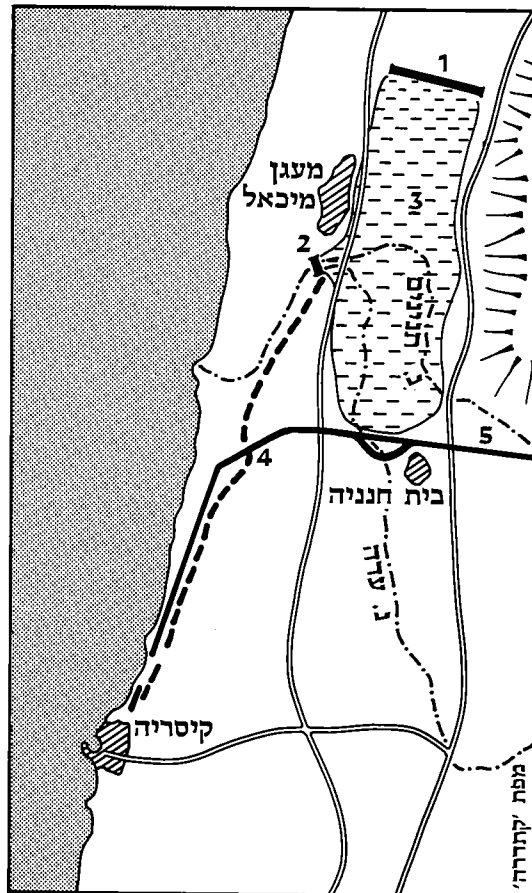
אמת-המים הגבוהה של קיסריה, שנבנתה בתקופה הרומית, ניצלה עד תום את מקורות המים הזמינים אשר התאימו להזרמה אל העיר בכוח המשיכה. כשגדלה אוכלוסיית קיסריה, בתקופה הביזנטית, נזקקה העיר לכמות גדולה יותר של מים. במרחק קטן יחסית, כ-5 ק"מ, צפונית לעיר, זרם אל הים נחל-התנינים, אשר רוב מימיו מקורם במעיינות הנובעים באזור ביצת כברה. מעיינות אלה שופעים בגובה 3-3.5 מטר מעל פני-הים, וכדי שאפשר יהיה להוביל את מימיהם לקיסריה, היה צורך להרים את מפלס המים לפחות עד 6.5 מטר מעל פני-הים. לשם כך ננקט פתרון מקורי וייחודי: בניית שני סכרים, אשר יצרו בריכת הרמה ששטחה כ-5,000 דונם. מי בריכה זו הוזרמו אל העיר באמת-המים המכונה 'האמה הנמוכה'.¹

גבולות הבריכה היו במזרח – מרגלות הכרמל, בדרום – אזור הדיונות על-יד בית-חנניה. במערב משתרע רכס הכורכר, המקביל לחוף בין קיסריה לחיפה. זרימת נחל-התנינים ונחל עדה דרך מפער המים ברכס הכורכר על-יד מעגן-מיכאל נחסמה על-ידי סכר מרשים – הסכר המערבי. בצפון הוקם סכר נוסף, בין רכס הכורכר לכרמל – הסכר הצפוני. שפיעת המעיינות מילאה את הבריכה תוך חודשיים עד שלושה, פני המים עלו עד 6.5 מטר מעל פני-הים בקירוב, ואפשר היה להוביל חלק מן המים לקיסריה.

אמת-המים הנמוכה החלה כ-50 מטר מדרום לסכר המערבי בחציבה ברכס הכורכר. היא חצתה את הרכס והמשיכה בתעלה פתוחה, חצובה בשוליים המערביים של הרכס, עד לכפר ג'סר א-זרקא. כאן עזבה את רכס הכורכר, ופנתה אל אזור הדיונות. משם ואילך כוסתה בקמרן חבית. אורכה הכולל של האמה 5.3 ק"מ – מהם 1.3 ק"מ חצובים בסלע והיתר בנויים. בחלק המקורה רוחב האמה הוא 1.8 מטר והקמרון מגיע לגובה 2.2 מטר, אס-כי המים זרמו רק עד לגובה של 0.9 מטר בקירוב. במצב זה יכלה האמה להעביר כ-60,000 מטר מעוקב מים ביממה.

מערבית לקצה הדרומי של הכפר ג'סר א-זרקא האמה הנמוכה עוברת תחת אחת הקשתות של האמה הגבוהה, וכדי שתוכל לחצות בזווית ישרה, נאלצו לבנות בתוואי של האמה הנמוכה שתי פניות, כך שצורתו צורת S. מצב זה מוכיח שהאמה הגבוהה קדמה לאמה הנמוכה, והמשיכה לפעול גם לאחר שהאמה הנמוכה הופעלה.

* תודתי לד"ר אהוד נצר ולדוד עמית על עזרתם בהכנת מאמר זה.
1 י' עולמי וי' פלג, 'אמות המים של קיסריה', קדמוניות, ח, 31-32 (תשל"ה), עמ' 83-86, וכן: Y. Olami & Y. Peleg, 'The Water Supply of Caesarea Maritima', *IEJ*, 27 (1977), pp. 127-137, pls. 16, 17



- מפת האזור.
 1. הסכר הצפוני
 2. הסכר המערבי
 3. שטח האגם (כצות כבארה)
 4. מעבר האמה הנמוכה מתחום לאמה הגבוהה
 5. האמה הגבוהה

רקע הידרולוגי

במפער המים על-יד מעגן-מיכאל נפגשים שני נחלים, נחל-התנינים ונחל-עדה. שטח אגן הניקוז של שני נחלים אלה הוא כ-193 ק"מ רבועים. כמות המשקעים השנתית הממוצעת היא כ-600 מ"מ. בערך 70 אחוז מכמות זאת יורדים בחודשים דצמבר, ינואר ופברואר. כיום זורמים שני הנחלים דרך פתחים אשר הותקנו בסכר בשנות העשרים של המאה הנוכחית, במסגרת פעולות הניקוז שנעשו על-ידי חברת פיק"א בביצת כברה. השירות ההידרולוגי של ישראל מודד בערך מדי חודש את כמות המים הזורמים בפתחים אלה, ועל סמך מדידות אלה מחשב כמויות זרימה חודשיות.² מתוך נתונים אלה אפשר ללמוד על כמויות המים שעמדו לרשות בוני אמת-המים הנמוכה. הנתונים לגבי השנים 1953/1954 עד 1957/1958 הם המשמעותיים ביותר, מפני שאחרי שנת 1958 הצטמצמו כמויות המים תחילה לכדי שליש ובשנים האחרונות אף לכדי מחצית מן הכמויות שהיו ב-5 השנים הללו. סיבת הירידה היא כנראה ניצול הולך ומעמיק של מאגר המים התת-קרקעי, על-ידי שאיבת יתר.

20

2 תודתי לד"ר יוחנן בונה ז"ל, מנהל השירות ההידרולוגי במחוז הצפון, אשר סיפק את הנתונים ההידרולוגיים של נחל-התנינים ונחל-עדה.

כמויות זרימה דרך הסכר המערבי

(מטרים מעוקבים בשנייה, לפי מדידות בשנים 1953/1954-1957/1958)

אופי הזרימה	תאריך	נחל-התנינים	נחל-עדה	סך-הכל
שנתית ממוצעת		2.71	0.41	3.12
ממוצעת בחורף		2.96	0.69	3.65
ממוצעת בקיץ		2.46	0.28	2.74
מירבית	ינ' 1956	3.48		
מירבית	ינ' 1956		1.00	
מזערית	ספט' 1957		0.22	
מזערית	ספט' 1958	1.91		

אורך נחל-התנינים הוא כ-25 ק"מ. בחורף, למעט בשנים שחונות, היו זורמים בו מים לכל אורכו. לפני שמעיינות שומי וחנניה נוצלו להספקת מים, היה הנחל זורם גם בקיץ לאורך 8 הקילומטרים התחתונים שלו. מאז שנת 1968 מוטה הזרימה בחלקו העליון (עד מושב אביאל) למאגר של מפעל ההחדרה של נחלי מנשה.

רק 18 אחוז מכמות המים הממוצעת השנתית של נחל-התנינים מקורם מחץ לביצת כברה. יתר 82 האחוזים מקורם במאות הנביעות שכשטח הביצה ובעיקר במעיינות תמסח (כ-25 אחוז). נחל-עדה וכל יתר הנחלים אשר מקורם באזור גבעות הקירטון בין הכרמל לוואדי ערה זורמים בדרך-כלל בחודשים דצמבר עד מארס.

אמת-המים הנמוכה לקיסריה יכולה היתה להוליך עד 0.7 מטר מעוקב בשניה (2,520 מטר מעוקב בשעה). פירוש הדבר, שלהספקת המים לעיר נוצל רק רבע מהזרימה הממוצעת. אפילו בחודשים השחונים ביותר אפשר היה להוליך לקיסריה פחות ממחצית ספיקת הנחלים. מלבד שטפונות גדולים, הסכנה החמורה ביותר האורבת לסכרים עתיקים היא סתימת המאגר שלהם בסחף. כל הסכרים העתיקים, אשר לא נפרצו על-ידי שטפון, מאגריהם מלאים היום בסחף. יוצאים מכלל זה אלה שיש להם מתקן לפינוי הסחף, והם עדיין פועלים ומטופלים באופן שוטף. סכר מעגן-מיכאל הוא ייחודי בנדון זה. אחרי 1,500 שנה, המאגר עדיין נקי מסחף, וזאת משתי סיבות:

כפי שכבר צוין, 82 אחוז מהמים המגיעים אל הסכר מקורם במעיינות בביצת כברה אשר אינם נושאים איתם סחף.

נחל-התנינים ונחל-עדה נכנסים לשטח המאגר במרחק 3-4 ק"מ מהסכר. כבר קודם כניסתם למאגר הם עוברים מרחק ניכר בשטח המישורי של בקעת-הנדיב. כאן פוחתת באופן ניכר מהירות הזרימה של הנחל, וכתוצאה מכך שוקעים כאן הגרופת והסחף. התפצלות הנחל לשתי זרועות, והתאחדותן בקירבת הכרמל, הן מהמאפיינים של מניפות סחף של נחלים העוברים משטח הררי למישור.



תחילתה של האמה הנמוכה לקיסריה,
מדרום לסכר

עד שהמים הגיעו לקירבת הסכר הם כמעט לא נשאו אפוא סחף ולכן כמעט לא סתמו את נפח המאגר.

הסכרים

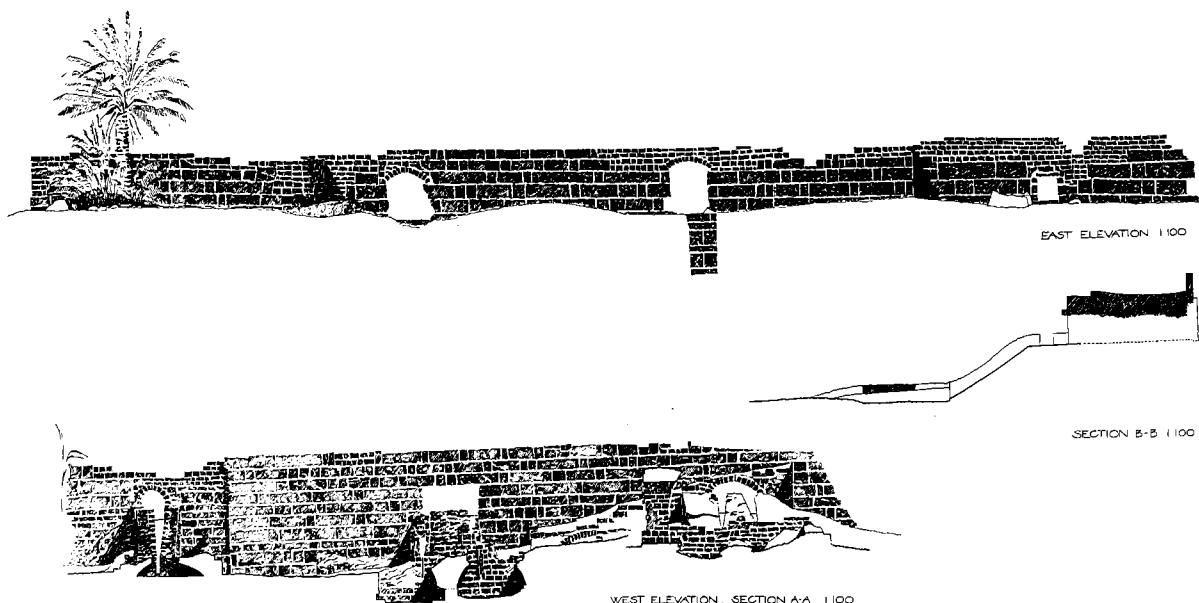
הסכר המערבי

אורך הסכר הוא 193 מטר וגובהו מגיע עד 7 מטרים. פן המים הוא אנכי ופן האוויר (הפן החיצוני) הוא מדרוג³. השיפוע בפן זה הוא 7:1. רק לאורך 100 מטרים השתמר הסכר בצורתו המקורית. בקטע זה רוחב ראש הסכר הוא 4.5 מטרים ורוחב התחתית הוא 5.5 מטר. ליתר חלקי הסכר נוספו עיבויים. רוחבם משתנה בין 0.9 עד 1.8 מטר. חיזוקים אלה ייתכן שנעשו עקב עבודות הניקוז בלבד, בשנות העשרים של המאה הנוכחית. בקצה הדרומי, לאורך 15 מטר, מגיע רוחב ראש הסכר עד 12.7 מטר; ייתכן שעמד כאן מגדל-שמירה.

דפנות הסכר בנויים בשיטת פתין וראש באבני כורכר גדולות ומסותתות, שמקורן במחצבות

22

3 'פן המים' הוא דופן הסכר הפונה בכיוון מעלה הנחל (Water face, Wasserseite), 'פן האוויר' הוא דופן הסכר הפונה בכיוון מורד הנחל (Air face, Luftseite). ראה: מילון למונחי סכרים של האקדמיה ללשון העברית, ירושלים תשכ"ז.



הקטע הדרומי של הסכר המערבי. למעלה — מבט ממזרח; למטה — מבט ממערב, ובו נראה מתקן ויסות בעל שלושה פתחים ושרידי טחנות-קמח (ציירה: אנט בילונד)

הנרחבות ברכס הכורכר. אורך אבני הגזית הוא 110-210 ס"מ, רוחבן 40-50 ס"מ וגובהן 50-70 ס"מ. פנים הסכר עשוי אבני לקט ופסולת מחצבה (אבנים שקוטן עד 50 ס"מ) המשוקעות בתוך טיט אפור המכיל הרבה שברי חרס וחלקיקי פחם עץ.

נדבכי הצד הדרומי של הסכר נוטים כדי 2.5 אחוז מהקו האופקי. הקצה הדרומי בנוי על סלע איתן. היסודות באמצע המפער, כנראה לא נבנו כראוי, והסכר שקע כאן כדי 2 מטרים. ייתכן שחלק מהעיבויים בדופנות הסכר נבנו כדי לתקן סדקים, שנוצרו עקב השקיעה. בחפירת בדיקה בפן המים נמצא שהיה מטריח.⁴

בקצה הדרומי של הסכר נמצא מתקן ויסות, בעל שלושה פתחים. כל אחד מהם רוחבו 150 ס"מ, וגובהו כגובה הסכר. חציו התחתון של כל פתח חצוב בסלע, ורק חציו העליון בנוי. לאומנות בין הפתחים בפן המים יש קצה דמוי טריז, שנועד לחלק היטב את הזרם. בצירי האומנות נחצבו חריצים (20 ס"מ עומק ו-20 ס"מ רוחב) שבהם נעו לוחות הוויסות. בראש אחת האומנות אפשר להבחין בשקע מרובע, אשר נועד אולי לחזק את מנגנון ההרמה של לוחות הוויסות. צורת מתקן הוויסות ותכנונו דומה למתקני הוויסות של ימינו.⁵ יש להניח שפתח הוויסות נבנה כשלב ראשון

4 בקיץ 1984 עבדה ליד הסכר המערבי משלחת חפירות ישראלית-דנית בהנהלת יורגן הנסן (J. Hansen), ד"ר ת' שיוֹלֶר (Th. Shioler) ומיכל ארצי. המשלחת פינתה שלוש טחנות-קמח ואת פן המים של מתקן הוויסות, ופתחה שני בורות בדיקה ליד החלק הדרומי של פן המים של הסכר. אני מודה להנהלת המשלחת על הרשות שניתנה לי להשתמש בנתונים ותצלומים שלהם (שרטוט הסכר נעשה על-ידי אנט בילונד).

5 מיקום פתח הוויסות, sluice (מברץ על-פי המילון למונחי הסכרים של האקדמיה ללשון העברית [לעיל, הערה 3]), כבד ולא במרכז הסכר אינו תופעה יוצאת-דופן. בגדה הדרומית של הנחל, אחרי הסכר, נמצאות שתי תעלות חצובות בסלע, אשר הוכילו מים אל טחנות נוספות. ראה: J.P. Oleson, 'A Roman Water Mill on the Crocodilon River near Caesarea', *ZDPV*, 100 (1985), pp. 137-152, pls. 9-14. ייתכן שאחד הפתחים של מתקן הוויסות היה קשור לתעלות אלה, דבר שניתן לבירור רק על-ידי חפירה.

בתהליך בניית הסכר; דרכו היטו את כל הזרימה של שני הנחלים, וכך אפשר היה לייבש את אתר הבנייה.

שלא כסכרים רגילים, שנועדו לאגור מים מעתות שפע לעתות מחסור, תפקיד הסכרים כאן היה רק להרים את מפלס המים, כדי שאפשר יהיה להזרימם לקיסריה. לשם כך היה צורך לשמוך על מפלס קבוע במאגר. מכיוון שהשפיעה על-יד הסכר עלתה תמיד על כמות המים שאפשר היה להזרים, כל שנדרש היה לווסת את שחרור העודפים. ולזאת היה מתקן הוויסות בסכר המערכי מתאים ביותר.

אחרי שפסק השימוש המקורי בסכר, נבנו במורדו כמה טחנות-קמח. כדי לספק מים לטחנות, נפרצו פתחים בסכר, ופתח הוויסות נסגר בבנייה פרימיטיבית.

הסכר הצפוני

כאמור, המאגר מתוחם בצפון על-ידי סכר נוסף, שאורכו כ-900 מטר, והוא מחבר את רכס הכורכר עם מרגלות הכרמל. מקור אבניו ושיטת בנייתו זהים לאלה של הסכר המערבי, אך אבניו הן קטנות במקצת מאלו של אותו הסכר. הסכר מגיע לגובה 3.5 מטר, ורוחבו נע בין 2.1 מטר בחלקים הנמוכים ל-2.5 מטר בחלק הגבוה. בפן האוויר בנויים מתמכים (buttresses) שאורכם 4.5 מטר ורוחבם 0.8 מטר. הצמחייה העבותה, המכסה חלקים ניכרים של הסכר, מקשה על בירור המרחק בין המתמכים.

האחידות בשיטת הבנייה וכן הדמיון ביחס בין הרוחב לגובה (0.7 בערך) בשני המבנים, מחזקים את ההנחה ששני הסכרים נבנו ברוזמנית במסגרת אותו מפעל כולל.

בערך באמצע הסכר הצפוני נמצא מתקן להוצאת מים. המתקן בנוי בצורת חללים מקומרים החוצים את הסכר. בפן המים הפתחים מותאמים לזרימת מים, ויש בהם חריצים, ללוחות סגירה. קיר, אשר נראה כתוספת מאוחרת, מקטין את אפשרות מעבר המים. המתקן יכול היה לשמש לשחרור עודפי מים בעת גאות או לשם הטיית חלק מהמים למטרה כלשהי.

במפת הקרן הבריטית משנת 1887 מסומנת תעלה מאמצע הסכר הצפוני אל טחנת-קמח הנמצאת כ-1.5 ק"מ צפונית-מערבית לסכר.⁶ סביר להניח שהטחנה, שכנראה לא היה לה מקור מים אחר, הופעלה על-ידי מים מהמאגר. כנראה כבר לפני הקמת הטחנה הגיעה מכאן אספקת מים לנמל של דור.⁷

תארוך

כמצוין לעיל, המפעל הנדון כאן מיוחס לתקופה הביזנטית, שבה הגיעה קיסריה לשיא גודלה,

6 C.R. Conder & H.H. Kitchener, *Survey of Western Palestine* [=SWP], London 1881-1883, Map, Sheet VII

7 Y. Peleg, 'Two Aqueducts to Dor', *Mitteilungen des Leichtweiss-Instituts*, 82 (1984) וראה עוד: "פלג, 'שתי אמות מים לדור', ד' עמית, 'הירשפלד ו' פטריך (עורכים), אמות המים הקדומות בארץ ישראל, ירושלים 1989, עמ' 109-114. מולינה ממקם בטעות את הטחנה על-יד נחל-דליה, וכך היא מצוינת גם במפה שלו. למעשה, הטחנה נמצאת כקילומטר אחד דרומה, ליד מפעל המים ברכס הכורכר, קרוב לתל-עבדון. ראה: E. Graf von Mueline, 'Beiträge zur Kenntniss des Karmels', *ZDPV*, 31 (1908), pp. 225-226

והיתה בירתה של פלסטינה פרימה. בהעדר מקורות ספרותיים ונתונים ארכיאולוגיים זוהי הנחה סבירה בלבד. אישוש-מה יש בחרסים מהתקופה הביזנטית, שנתגלו בחפירות בדיקה, שנעשתה תחת האמה, קרוב לקיסריה.⁸

עדות נוספת לפעילות האמה בתקופה הביזנטית היא צינור חרס, אשר הוביל מים מהאמה הגבוהה אל 'המבנה הנוצרי', והותקן מעל האמה הנמוכה, כדי לא להפריע לזרימה בתוכה. 'המבנה הנוצרי' (נ"צ 14092134) מצוי כ-400 מטר צפונית-מזרחית לקצה האמה הגבוהה, והוא כולל כמה מבנים מפוארים ובהם בפטיסטיריום (אתר טבילה), המחומם על-ידי היפוקאוסט מעוטר בטיח צבעוני (פרסקה), שבו סמלים נוצריים. לדעת החופרים, המבנה הוקם במאה החמישית לספירה, ונהרס עם הכיבוש הערבי.⁹ משך זמן זה, שבו הגיעה קיסריה לשיא פריחתה, הוא אפוא גם תקופת בנייתם והפעלתם של האמה הנמוכה וסכריה.

עמידות הסכרים

הישרדותם של הסכרים עד ימינו מעידה שתכנון הבנייה וכיצועה עמדו בדרישות ההנדסיות של מבנה כזה. עמוד המים הנאגר אחרי הסכר יוצר כוחות העלולים להפיל את הסכר, להזיזו ממקומו, לגרום סדקים בגופו או לחתור תחתיו. חישובים הנדסיים, המתבססים על קריטריונים של תכנון סכרים מודרניים, מראים שתכנון הסכרים עומד גם בדרישות ההנדסיות של ימינו.¹⁰

הסכר המערבי הוא מטיפוס סכרי הכוּבד, וכל יציבותו נגד הכוחות המופעלים עליו על-ידי עמוד המים, מקורה במשקלו העצמי. זאת בניגוד לסכרי קשת, שבהם שיטת הבנייה בצורת קשת המופנית במעלה הזרם, מעבירה חלק מהכוחות אל הגדות. הסכר הצפוני הוא מטיפוס סכרי המתמכים, שבהם המתמכים מרחיבים את הבסיס עליו נשען הסכר. אולם במקרה הנדון המתמכים הם מעטים, וגם סכר זה שואב את רוב יציבותו ממשקלו העצמי.

הצפה

מלבד הסכנות שמקורן בעמוד המים מאחורי הסכר, קיימת גם סכנה של הרס הסכר על-ידי גאות גדולה. אם הפתחים בסכר אינם מספיקים להעביר את כל כמות המים, עלול הזרם האדיר להרוס ולקעקע את הסכר מלמעלה.

ב-35 השנים האחרונות, מאז קיים רישום סדיר, אירעו שני מקרים שבהם המים כמעט עברו מעל הסכר המערבי.¹¹ אירועים אלה התרחשו לאחר שבשנות העשרים של המאה הנוכחית הותקנו

8 קיסריה 1975: אמות מים, ח"א, נו (1975), עמ' 26.

9 A. Frove et al., *Scavi di Caesarea Maritima*, Rome 1966, Holum, pp. 274-275; K.G. Holum et al., *King Herod's Dream: Caesarea on the Sea*, New York and London 1988, pp. 182-184, figs. 134-135.

10 תודתי לפרופ' ג' גרברכט (Garbrecht) שהדריך אותי בעריכת חישובי עמידות הסכרים.

11 ביום 13 בדצמבר 1961, לאחר כמה ימי גשם רצופים, ירדו באגן ההיקוות 91.2 עד 128 מ"מ גשם. אחרי 24 שעות נמדד במעבר נחל-התנינים בסכר גובה זרימה של 4.58 מטר כאשר הגובה הרגיל הוא מטר אחד, וקורקוד הסכר מגיע בערך ל-5 מטר. ינואר 1969 היה חודש גשום במיוחד. באגן ההיקוות ירדו בחודש זה מעל 400 מ"מ גשם.



הצר המערבי של הסכר;
בחזיתו – שרידי טחנות
קמח

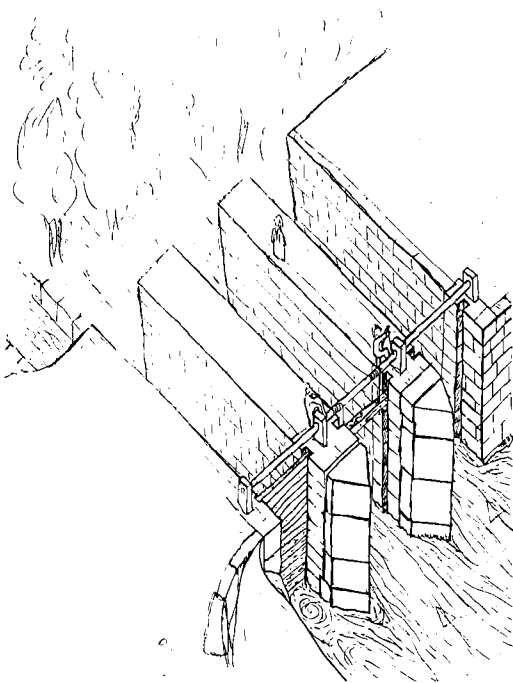
בסכר המערבי שני פתחים גדולים, כדי לנקז את ביצת כברה. קודם לכן היו בסכר רק הפתחים הקטנים, אשר הובילו מים אל טחנות הקמח (ראה להלן). כאשר נבנו הטחנות נסגר כנראה פתח הוויסות המקורי. יש להניח אפוא כי ב-300 השנים האחרונות, מאז הוקמו הטחנות, הוצף הסכר כמה פעמים, אך הוא לא ניזוק הודות לבנייה המעולה.

הטחנות

כאמור, בשלב מאוחר בתולדות הסכר המערבי נבנו על-ידו מספר טחנות-קמח. טחנות אלה אינן חלק אינטגרלי של הסכר המקורי. הן בנויות מאבנים קטנות, בניגוד בולט לבניית הגזית גדולת הממדים של הסכר. מעברי המים אל הטחנות נפרצו וחלקם אף לא טויח. ממצאים אלה מפריכים את ההנחה שהטחנות נבנו עם הקמת הסכר, כדי לספק קמח לקיסריה.¹² בנתונים האדריכליים תומכים גם נתונים היסטוריים. אילו נבנו הטחנות בזמן הקמת הסכר, סביר היה להניח שהן היו פעילות גם בתקופה הצלבנית. אולם בתעודות הצלבניות הרבות שהתפרסמו, טרם נמצא אזכור ברור של טחנות נחל-התנינים, בעוד טחנות גדולות אחרות, כגון אלה שעל הירקון או הנעמן, מתועדות היטב. עדות ספרותית על קיום הטחנות נמצאה רק מסוף

(הממוצע הרכי-שנתי לחודש ינואר הוא כ-160 מ"מ). תוך שלושה ימים (21 עד 23 בינואר) ירדו כ-150 מ"מ, המאגר התמלא כמעט עד ראש הסכר, ושני הפתחים בסכר הצליחו רק בקושי להעביר את המים.

12 ש' אביצור, 'טחנות הקמח של קיסריה', קרדום, 18 (ספטמבר 1981), עמ' 121-124; הנ"ל, סקר מתקני כח המים בארץ ישראל, תל-אביב 1963, עמ' 69-71. וראה עוד: S. Avitsur, 'Watermills in Eretz Israel and their Contribution to Water Power Technology', *Transactions of the 2nd International Conference on Molinology*, May 1969, Lyngby 1971, pp. 393-399



מימין: גלגל-כפות, עשוי עץ, של אחת הטחנות הצמודות לסכר, בעת גילוי על-ידי המשלחת הדנית.
משמאל: שחזור משוער של מתקן הוויסות

המאה הי"ז.¹³ גם תוצאות החפירה שנערכה בשנת 1984 מאשרות את התאריך המאוחר יחסית של הקמת הטחנות.

כמו כל הטחנות במשק המסורתי בארץ-ישראל, גם טחנות אלה הונעו על-ידי גלגל אופקי, ואכן הרכב היתה קשורה בציר ישיר אל גלגל ההנעה.¹⁴ טחנות בעלות גלגל אנכי והנעה בלתי ישירה כלל לא היו ידועות במשק המסורתי בארץ-ישראל.¹⁵

בגלל נתונים טופוגרפיים ושפע המים, טחנות הסכר פעלו בשיטת המגלש ולא בשיטת הארובה, שהיתה מקובלת במרבית הטחנות בארץ. שיטת הארובה מתאימה לנחלים הרריים עם ספיקה קטנה. נחל כזה הוסט לתעלה על מדרון האפיק עד למקום שבו נוצר הפרש גובה מספיק כינו לבין אפיק הנחל. כאן הוחדרו המים לראש ארובה אנכית, וסמוך לתחתיתה פרצו מבעד לנקב אופקי החוצה. סילון המים שנוצר הניע את גלגל הטחנה.

לעומת זאת, בטחנות מגלש — המתאימות יותר לאזור מישורי, עם הפרשי גובה קטנים וכמויות מים גדולות — הוזרמו המים לראש מגלש משופע, ההולך וצר כלפי מטה. במגלש זה צברו המים תאוצה, והזרם מקצה המגלש הניע את הגלגל. הפרש הגובה בטחנות מעגן-מיכאל בין המאגר לגלגל היה כ-3 מטר.

תחת הסכר עמדו 11 טחנות; 9 מהן פעלו עד שהופסקה פעולתן עם התחלת מפעל ייבוש הביצה.

13 M. Nau, *Voyage nouveau de la Terre-Sainte*, Paris 1757, p. 14. תודתי נתונה לנתן שור על עזרתו בכתיבת הפרק על הסכרים בספרות.
14 בחפירות 1984 נחשף באחת הטחנות גלגל עץ בעל כפות אלכסוניות במצב השתמרות סביר. הגלגל נמסר למדור 'אדם ועמלו' במוזיאון 'ארץ ישראל' ושם עבר תהליך שימור.
15 ראה אוליסון (לעיל, הערה 5).

הן שירתו אזור נרחב, מטירת הכרמל בצפון ועד טול-כרם בדרום. זאת בעיקר בחודשי הקיץ, כאשר הטחנות בנחלי האכזב חדלו מלפעול.

כאמור, פתחי הוויסות המקוריים של הסכר נסתמו, כנראה, עם בניית הטחנות, ולא ברור באיזו צורה שוחררו כמיות מים עודפות ומי שטפונות. לא מן הנמנע הוא שמתקן ריסות, אשר הותקן בזמן בניית הטחנות במקום בו נחל-עדה עובר את הסכר, נהרס כאשר חברת פיק"א פרצה את הסכר. אחרת יש להניח ששטפונות אשר גאו מעל לסכר מדי כמה שנים, הסבו נזקים כבדים לטחנות. במרכז הסכר מצוי זוג טחנות השונות מכל הטחנות האחרות בארץ. לכאורה זהו שילוב של טחנה בעלת ארובה עגולה וטחנת מגלש. אך בבדיקה מדוקדקת התגלה ש'הארובה' רחבה מן המקובל וכנויה בנייה מעולה בעיגול מושלם, והמגלש הוא תוספת יותר מאוחרת ברמת ביצוע נחותה. ד"ר ת' שיוולר (Th. Shiøler), מנהל המשלחת אשר חקרה את הטחנות ב-1984, מניח שהמתקן המקורי היה טחנת טורבינה אמיתית. כלומר, גלגל ההנעה של הטחנה היה מותקן בתוך הארובה העגולה, והמים פעלו על כל כפותיו ברוזמנית, ולא רק על חלק מהכפות, כמו בטחנה רגילה. הנחה זאת אמורה להיבדק על-ידי חפירה נוספת בתוך המתקן.

הסכרים בספרות

אנו חסרים עדות ספרותית על בניית הסכרים או על השינויים שנעשו בהם. גם בספרות הנוסעים נזכרים הסכרים רק לעתים נדירות, כיוון שלא עמדו על דרך ראשית ולא היו נקודת משיכה לנוסעים.

הישועי הצרפתי מיכאל נאו הוא כנראה הנוסע הראשון שהזכיר את הטחנות.¹⁶ בתיאור מסעו בארץ הקודש, בשנת 1674, מתואר נחל קטן דרומית לדור, המניע כמה טחנות. שם הנחל 'Nahr Eltemasieh' — נחל-התנינים.

ויליאם מקלור תומסון, שביקר במקום, כנראה, באמצע המאה ה-19, תיאר את הסכר המערבי בהרחבה.¹⁷ לפי הנתונים שלו, אורך הסכר הוא 230 צעד, רוחבו 20 רגל, והפרש הגובה משני צידי הסכר הוא 25 רגל. 8 עד 10 טחנות פעלו בעת ביקורו, ואחרות היו הרוסות. להערכתו, היו בעבר עד 20 טחנות תחת הסכר. התפעלותו מעוצמת הסכר מבוטאת בקביעה כי זהו 'The grandest mill-dam I have ever seen'. הוא קורא לנחל בשמו הערבי 'זרקה', שפירושו 'הכחול', ומזהה אותו עם נחל-התנינים, המוזכר אצל הסופרים הקדמונים.¹⁸ קשה לדעת מתי בדיוק ביקר תומסון במקום. הוא שהה בלבנון ובארץ-ישראל מאז 1833, והספר שבו כלול התיאור פורסם לראשונה בשנת 1858. ויליאם פ' לינץ, מפקד משלחת הצי האמריקאי לחקר הירדן וים-המלח, תיאר בקצרה את הסכר המערבי ואת הטחנות ופעולתן הערה.¹⁹ משלחתו ביקרה במקום במאי 1848, בדרכה חזרה מים-המלח, דרך יפו, לעכו. המשלחת התחלקה לשתי קבוצות. קבוצה אחת עשתה את דרכה בים והאחרת

16 ראה נאו, לעיל, הערה 13.

17 W.M. Thomson, *The Land and the Book*, London 1881, p. 73

18 Pliny, *Natural History*, 5, XXII; Strabo, *Geography*, 16.2, 27 (Crocodileopolis)

19 W.F. Lynch, *Narrative of the United States Expedition to the River Jordan and the Dead Sea*, London 1850², p. 485

— כיבשה לאורך החוף. לינץ' הפליג בים, ודבריו הם רק מה ששמע מהקבוצה שהתקדמה כיבשה. קלוד ר' קונדר והורציו ה' קיצ'נר, בדין-וחשבון על הסקר שעשו במערב ארץ-ישראל בשנות השבעים של המאה שעברה, מתארים את הסכר המערבי כך:

ג'סר א-זרקה הוא בעצם סכר יותר מאשר גשר. הוא בנוי לרוחב הנחל וכך יוצר בריכה גדולה. מעל הסכר עוברת דרך. במערב גובה הסכר הוא 20 רגל [5.9 מטר] ובמזרח גובה המים היה שלושה רגל [0.9 מטר] תחת הדרך. צורת סיתות האבנים מזכירה את אמת-המים אשר ניזונה מהבריכה. (ראה אמות-המים של קיסריה להלן). פני הסכר בצד המזרחי מטויחות. בסכר בנויים מעברי מים מטויחים. רוחב הדרך 8-10 רגל [2.4-3 מטר]. המפעל נראה רומאי.²⁰

בולטת התעלמותם המוחלטת של החוקרים האנגלים מהטחנות. ייתכן שהדבר נובע מכך שקונדר וקיצ'נר ראו בטחנות הפועלות מפעל מודרני שאינו שייך לתחום התעניינותם ולמטרת הסקר. במפה המצורפת לדין-וחשבון, אשר תיארה מצב נוכחי, אכן מצוינות הטחנות. המהנדס גוטליב שומכר מהמושבה הגרמנית בחיפה, לקח על עצמו המשימה לברר אם עדיין חיים תנינים בנחל-התנינים.²¹ עם קבוצת ציידים תר במשך כמה ימים את ביצת כברה בהדרכת בדווים משבט העזרנה, ששכנו במקום, אך לשווא. לעומת זאת הניב הסיור תיאור מפורט של הסכר הצפוני.

סכרים דומים בעולם הרומי והביזנטי

מהעולם הרומי והביזנטי ידועים עד כה כ-25 סכרים. רובם סוללות שפוכות המחזקות בשיטות שונות. רק ארבעה מהם בנויים גזית, ולכן אפשר להשוותם לסכרים של אמת-המים של קיסריה.²²

קסרינה (Kaserinne)

סכר זה נבנה לשם אספקת המים לעיר ציליום (Cilium) בטוניס. הוא בנוי אבני גזית עם מילוי אבנים ואדמה. שם, כמו בסכר שעל-יד מעגן-מיכאל, פן המים הוא אנכי, ופן האוויר מדורג ב-6 המטרים העליונים, ואנכי ב-4 המטרים התחתונים.²³

הרבקה (Harbaka)

65 ק"מ דרומית-מערבית לתדמור נבנה על-ידי הדיאנוס, או בזמנו, סכר שהשקה שדות, אשר תוצרתם סופקה למרכז המסחרי המפורסם במדבר הסורי. אורך הסכר 365 מטר וגובהו מגיע עד

C.R. Conder & H.H. Kitchener, *SWF*, Memoirs, II, p. 18 20

D. Schumacher, 'Researches in the Plain North of Caesarea', *PEFQS* (1887), p. 80 21

N. Smith, *A History of Dams*, London 1971; N. Schnitter, 'Römische Talsperren', *Antike Welt*, 2 22
(1978), pp. 25-32

H. Saladin, 'Description des Antiquités de la Régence de Tunis', *Archives des Missions Scientifiques et Littéraires*, 3. série, tome XXIII, Paris 1886, pp. 163-164 23

20.5 מטר. רוחבו למטה 18 מטר, וראשו משמש דרך. שני הפנים מדורגים. הוא בנוי אבני גזית משני צידיו ומילוי של אבנים בתוך טיט. כתחתית הסכר יש שני פתחים ובאמצע גובהו של הסכר יש פתח נוסף, המוביל אל תעלות ההשקיה. סכר זה — ובעיקר גובהו — הוא הגדול ביותר בהשוואה לסכרים דומים, אך יחס הגובה לרוחב דומה ליתר הסכרים ²⁴ (0.88).

חומס (Homs)

הסכר בנוי על מוצא האורונטס (נהר־הארנט) מהימה של חומס. בשנת 1286 לפנה"ס התנהל על־יד אותה ימה קרב קדש בין רעמסס השני ובין החיתים. מתוך פרוש שגוי של תאור האורונטס על־ידי סטראבון, רווחה דעה שהסכר הוא מפעל בנייה מצרי מהמאה ה־12 לפנה"ס. דעה זאת הופרכה על־ידי נורמן סמית, שקבע כי הסכר נבנה בימי הקיסר דיוקלטיאנוס. ²⁵

אורך הסכר כמעט 2,000 מטר, וגובהו מגיע עד 7 מטרים. חתך הסכר אינו אחיד. בחלקו המרכזי רוחב הבסיס הוא 14 מטר, אך הרוחב בראש הסכר מגיע רק ל־6 מטרים. פן המים מדורג בתלילות, ופן האוויר מדורג בשיפוע מתון יותר. בגובה 5.5 מטרים יש מדרגה ברוחב 4.5 מטרים. פנים הסכר עשוי שבדי בולת בתוך טיט בהיר, המכיל הרבה שכרי חרס ומעט חלקיקי פחם עץ. הסכר מצופה אבני בולת מסותתות גס. לאבנים צורה דמוית פירמידה, אשר שטח בסיסה כ־20 × 35 ס"מ וגובהה מגיע ל־40 ס"מ. אבנים אלה מונחות עם ציר האורך כלפי פנים הסכר ובסיס הפירמידה כלפי חוץ. הסכר אינו בנוי בקו ישר אלא בצורת אות V רחבה מאוד, אשר חודה פונה אל הימה. אין להניח שקו זה נבחר מתוך שיקולים של עמידות נגד לחץ המים. סביר יותר שהוא הוכתב על־ידי צורתו של סף בולתי שהיה קיים במוצא הטבעי של הימה. הסכר נבנה לצורכי השקיית השדות באזור חומס.

כורנוב (ממשית)

על־יד חורבות כורנוב שכנגב נמצאים שרידי מספר סכרים, שנבנו כדי לשפר את אספקת המים לעיר. ²⁶ מתוך כ־5 סכרים בסביבת העיר, הבולט הוא סכר I (נ"צ 0482 1557). פן האוויר של הסכר משופע, ועשוי אבני גיר מסותתות למשעי. מניחים שפן המים היה אנכי, אך מילוי הסחף אינו מאפשר לקבוע זאת בוודאות. אורך הסכר 26 מטר ורוחבו ראשו 7 מטרים. נראה שבשנת 1914 גובה הסכר היה 11 מטר. עד 1968, עקב בניית סכר נוסף במורד הנחל בתקופת המנדט, כוסה גם פן האוויר בסחף, ונותרו רק 2.7 מטרים חשופים. פנים הסכר בנוי בטון המכיל חלוקים. ראש הסכר רוצף שבדי צור מעורבים בטון. במרחב בין כורנוב לערבה יש עוד כמה סכרים, חלקם בנויים בטכניקה דומה

24 D. Schlumberger, 'Les fouilles de Qasr el Heir el Gharbi', *Syria*, 20 (1939), pp. 200-203

25 C. Conder, 'Kadesh', *PEFQS* (1881), p. 171; L. Brosse, 'La digue du Lac de Homs', *Syria*, 4

(1923), pp. 234-240 וראה: סמית (לעיל, הערה 22), עמ' 39-40.

26 ע' קלונר, 'סכרי אגירה בהרי הנגב הצפוניים-מזרחיים', ארץ־ישראל, יא (תשל"ג), עמ' 248-257, לוחות מט-נ;

וראה: C.A. Woolley & T.E. Lawrence, 'The Wilderness of Zin', *PEF Annual*, III (1914-1915), pp. 121-128; G.E. Kirk, 'Archaeological Exploration in the Southern Desert', *PEQ*, 70 (1939), pp.

211-235

לסכר כורנוב I. נראה שסכרים אלה נבנו במאה השנייה או השלישית לספירה, ואחידותם מצביעה על אפשרות שהם נבנו בטכניקה אשר הובאה על-ידי הצבא הרומי. כל הסכרים שתוארו לעיל בנויים כמבני כובד ישרים. הם עשויים מבטון רומי²⁷ מכוסה אבני גזית. בכל הסכרים, למעט סכר חומס, יחס רוחב הבסיס לגובה הוא בערך 0.8. לפנינו אפוא מספר קטן של מבנים המפוזרים מבחינה כרונולוגית, על כמה מאות שנים. אך סכרים אלה מייצגים צורת בנייה מגובשת בעולם הרומי והביזנטי. סביר להניח שהיו קיימים סכרים נוספים מטיפוס זה, אך הם נהרסו, או שקיימים סכרים נוספים שטרם פורסמו. הטבלה המצורפת מראה שהסכרים של מעגן-מיכאל היו אמנם הנמוכים ביותר אך לא מן הקצרים ביותר. עמידותם ותפקודם עד למאה הנוכחית מצביעים על תכנון וביצוע מעולים. פתח הוויסות בסכר המערבי מצטיין בתכנונו הפשוט והיעיל, ואינו דומה למתקנים מסוגו בעולם העתיק.

נתונים (במטרים) על הסכרים השונים

הסכר	מקומו	מועד בנייתו	אורך	גובה	רוחב בסיס הסכר	רוחב ראש הסכר	יחס הבסיס לגובה
קסרינה	טונים	המאה ה' לספירה	150	10	7.3	4.9	0.73
הרבקה	סוריה	132 לספירה	365	20.5	18	12	0.88
חומס	סוריה	284 לספירה	2000	7	3-20	1.5-7	2.80
כורנוב	ישראל	תקופה ביזנטית	26	11	?	7	
קיסריה							
מערב קיסריה	ישראל	תקופה ביזנטית	193	7	5.5	4.5	0.78
צפון קיסריה	ישראל	תקופה ביזנטית	900	3.5	2.5	2.5	0.71

קורות המפעל במאה העשרים

ביצת כברה, שהשתרעה על-פני 5,000 דונם, היתה אתגר למפעל הציוני אשר שיווע לקרקע ולמקומות עבודה. ארגון יק"א זכה בשנת 1921 בזכוין לייבוש השטח. חברת פיק"א, שנוסדה בשנת 1924, המשיכה את פעולות קודמתה. המשימה שהוחל בה במרץ רב, הסתיימה למעשה רק בשנות השישים של המאה.

עם תחילת המפעל היה אזור האגם שטח בלתי עביר מכוסה סכך של אשלים, קנה סוף וצמחיית

27 בטון רומי עשוי שכבות אבני לקט ופסולת מחצבה המשוקעות בטיט סידי.



האמה הנמוכה,
מכוסה בקמרון, בקירבת קיסריה

מים נוספת. בשלב ראשון היה צורך לבער את הצמחייה במסלול המדידה. תכנון המפעל וביצועו הוטל על המהנדס הצרפתי ליאון קרון, שהיה מנוסה בעבודות ניקוז בצרפת. כל המים מהשטח היו אמורים להתנקז דרך שתי פרצות אשר נפרצו בסכר המערבי. המפעל נתבצע בעבודת ידיים מפרכת, חלקה על-ידי פועלים אשר הובאו במיוחד ממזרים וחלקה על-ידי פועלים יהודים מאנשי העלייה השלישית.

אך גם לאחר סיום ביצוע התוכנית של המהנדס קרון, 'מיאן' השטח בין התעלות להתייבש כמתוכנן. אחרי לבטים רבים הוטלה השלמת המפעל על מהנדס יהודי צעיר, דב קובלנוב, אשר עבד במפעל כמודד. כצעד ראשון העמיק קובלנוב את הפרצות בסכר כמעט עד גובה פני-המים. קרון לא הסכים לפרוץ את הסכר כל-כך עמוק מחשש שבשעת גאות ייכנסו מי הים לתוך השטח. הוא הסתמך על נסיונו מצרפת, שם ההבדל בין גאות לשפל נמדד במטרים ולא בעשרות סנטימטרים כמו בארץ. פריצת הסכר הנמיכה את בסיס הניקוז, והגבירה את הזרימה בתעלות. אך גם בזה לא היה די. התברר שבביצת כברה שופעים מאות מעיינות בעוצמות שונות, ואין ברירה אלא לאתר כל מעיין ומעיין ולנקז את מימיו בצינורות אל התעלה הקרובה.

למעשה, גם שיטה זאת לא יצרה שטח רצוף הניתן לעיבוד בשיטות מודרניות. מערכת הניקוז דרשה אחזקה וטיפול שוטף, משימה שהיה קשה לעמוד בה. הבעיה באה על פתרונה רק בסוף שנות החמישים עם ההנמכה הכללית של פני מי התהום בכל האזור עקב ניצולם המוגבר.²⁸

סיכום

הסכרים של האמה הנמוכה של קיסריה בנויים בטכניקה שהיתה מקובלת בעולם העתיק בתקופה הרומית והביזנטית. ייחודם הוא בכך שלא שימשו כמקובל לאגירת מים או להטיית זרימה, אלא יצרו בריכת הרמה אשר אפשרה לספק מים ממעיינות נמוכים לעיר הגבוהה ב-2-3 מטרים ממפלס המעיינות. נראה שתכנון הנדסי זה הוא ייחודי בעולם העתיק.²⁹

28 יהודית אילון, 'מי ייבש את ביצות כברה?', נופים, 19-18 (1986), עמ' 111-120; 'י' שורר, 'כבוש ביצת כברה', ט"א, יח (1975/1976), עמ' 75-78.

29 אספקת המים של לפזיס מגנה, עיר נמל בטרופוליטניה — לוב של ימינו — היתה מבוססת על אמת-מים תת-קרקעית באורך כ-20 ק"מ מוואדי קעם. קבוצת מעיינות נובעת בוואדי קרוב להתחלת האמה, אך במפלס נמוך בכמה מטרים ממפלס האמה. בחצי קילומטר במורד הוואדי נמצאים שרידי סכר אשר כנראה חסם את הוואדי ויצר בתוכו בריכת הרמה. חסרות מדידות מדויקות של יחסי הגובה במפעל. מדידה מקורבת הראתה שראש הסכר מגיע לגובה תחתית האמה. מצב זה הוליד השערה שהיה קיים מתקן מיכני, אשר הרים את המים מהבריכה לאמה. סכרים נוספים במעלה הוואדי הגנו על הבריכה מפני סחף ושטפונות. ראה: C. Vita-Finzi, 'Roman Dams in Tripolitania', *Antiquity*, XXXV (1961), pp. 16-17; J.P. Oleson, *Greek and Roman Water-Lifting Devices: The History of a Technology*, Toronto 1984, pp. 36-37; וראה עוד: סמית (לעיל, הערה 22), עמ' 37.