

Summary Translation Notes DB#1655

P. Miro and A. Ben Zvi,
Water Balance of Lake Tiberias for the Years
1949/1950 to 1967/1968,
Tel Aviv, September 1969, pp. 1-22.

Table of Contents:

1. Preface: page 1
2. Water Balance Equation and its Component: page 3
3. Basic Data and Their Reliability: page 4
 - a. Measurement of Lake Tiberias' level: page 5
 - b. Measurement of "outlet" from Degania: page 5
 - c. Consumers: page 6
 - d. Evaporation data: page 7
 - e. Rain data: page 8
4. Water Balance: page 9
 - a. Results: page 9
 - b. Comparison with previous balance: page 11
 - c. Fixing unmeasured water additions to Lake Tiberias:
page 11
5. Summary and Conclusions: page 14

1. Preface:

The importance of the hydrologic pattern follow-up. Several goals of Lake Tiberias' water balance:

- A. Water balance computation for determining available water amounts for planning additional supply and the Lake Tiberias operation.
- B. Determination of flow pattern of water entering the lake and the different sources. This data is needed for predicting level changes and policy decisions about existing water volume in the lake.
- C. For computation of salt balance of the lake.
(What the previous "Lake Tiberias Water Balance" included.)

The present report was designated to improve computations of annual and monthly evaporation data, which were considered in the [] previous report, in order to be consistent throughout the whole investigated period.

Reference to another work about evaporation.

Citations of various on-site efforts in the last 6 years on the site for improving measurements.

In the present study, the year 1949/1950 was determined to be the base-line for water balance reconstruction. Reasons: In the future, it will be possible to improve the synthetic balances in the previous report. In order to meet the goal of the water balance, the balance 1949/1950 - 1967/1968 was based on daily data. The collecting basin was divided into two main basins:

1. Collecting basin of the Jordan and its tributaries at the upper slope of Benot-Yaakov.
2. The direct collecting basin, from the down slope of Benot-Yaakov station and up to outlet station in Degania.

The area of the collecting basin of the Jordan up to Pardes Huri is 1,500 km². The area of the local basins is 1,050 km². The total collecting basin area of Lake Tiberias up to Degania blocks is 2,720 km².

The determination of the concentration of local basins directly to Lake Tiberias was performed by subtracting flows in the Jordan River near Pardes-Huri (or previously Benot-Yaakov) from the total discharge which actually entered the lake, according to water balance computations.

Daily balance data is not published in this report due to economic considerations

2. Water Balance Equation and Its Components (see page 3)

At the present, the flow in the Jordan River is measured 15 km north of the inlet to the lake (near Pardes-Huri station). Part of the springs surrounding the lake are also measured. Local floods and springs in the lake's bottom are not measured.

For computation of the basins' contribution the data of Q and Q_J are used:

$$Q_L = Q - Q_J \text{ Drawing \#2}$$

$$\text{Gross Water Amount: } Q_1 = Q + P$$

$$\text{Net Water Amount: } Q_2 = Q + P - E$$

3. Basic Data and Their Reliability

The basic data which served for daily water balance computations consist of the following.

A. Lake Tiberias level measurements:

Changes in Lake Tiberias reservoir were determined according to level measurements and the height-volume corrected curve, drawing #3.

Daily level drawings exist from 1925 and extend to the present (1969) today.

Other details and measurements: Accuracy - 1 cm per volume of 1.6 Mcm.

This error factor is considered influential on computation, but since it is stable, its influence decrease to less than 5% for monthly balances and it is nullified for annual balances.

B. Measurements of "releases" in Degania:

Computation of the amounts which leave the lake an flow to the Jordan through the Degania barriers was done by two methods according to measurements means.

From October 1949 to December 1963, the computation was done according to the gate's openings at the Degania barriers, the difference in water level up and down the barriers and a theoretical calibration curve. From December 1963, by calibration curve of the new measurements weir and water levels in the limnigraph measurement station on the Jordan River near Degania.

Updated calibration curve form January-February 1969, drawing #4.

Error range before December 1963 = 15%

Error range after December 1963 = 3%

C. Consumers:

Consumption data up to June 1967 comprised Israeli and Arab consumption. After 1967, the Arab factor was nullified.

Sources of data: The assumption is that the amount consumed in 1956/1957 is representative.

As for the Arabic consumption from Lake Tiberias, there are only estimates: 50% of the private Israeli consumption. The error cannot affect the balance to a great extent. Private consumers became a small component from 1964.

D. Evaporation Data:

Only indirect measurement can be performed. Evaporation estimates could not be based on the water balance formula since Q and Q_L are not known.

The first estimate was done by Noiman for 1953-1960 and was based on energy balances. Other estimates (Sternhill): The difference between these estimate led to the need to further investigate the subject. Two meteorological stations were built. Attempts were made to find a relationship between evaporation amounts and one of the basic physical parameters which was measured consecutively over a considerable period, average daily temperature of each month in Degania alef, and evaporation according different methods.

- Formula: see page 3 (top).
- The error in evaporation data is approximately 10% or about 30 Mcm\yr.

E. Rain data:

This data is based on three stations around Lake Tiberias.
Formula: page 8 (bottom), page 9.

For total daily rain on the lake in Mcm\yr, the daily rain (in mm) was multiplied by the lake's area. The lake's area is in Table 2, and drawing #3.

- The error in rain data is approximately 10% or about 8 Mcm\yr.

4. Water Balance:

In this chapter, the water balance results are put forth[...] A comparison was made between the present and the previous report. Computations of unmeasured water additions, local floods, and the under-lake springs were also made.

A. Results:

Results for 19 years in Mcm, see page 10.

Example from the detailed daily report, appendix A.
Summary of monthly water balance for 1949/1950 - 1967/1968, appendix B.

Error for Q is about 8%, +/- 60 Mcm in the annual water balance. In contrast, the error in computations of available water is 6%, +/- 30 Mcm.

B. Comparison with previous balances:

The comparison was done with the report of "Lake Tiberias Water Balance", Tahal #369, January 1964. Results, page 11.

C. Determining unmeasured water additions:

Contribution of local basins to the lake: $Q_L = Q - Q_J$

Separation into different components of the entrance flow could be performed only for 15 years out of the 19 balance years.

The periods of measurement in the Jordan: Results on page 12; error factor = 40%. Another possible formula is on page 12.

Periods of measurement in the local basins.

Surface springs contributed 40 Mcm\yr until the end of 1964. After implementation of the saline spring project = 20 Mcm\yr.

The results indicate a certain proportion between averages of underwater spring additions and flood averages.

5. Summary and conclusions:

- A. A new detailed computation for changing the lake's volume according to its level was done.
- B. Q - average entering flow for 19 years was 723 Mcm\yr. Available water = 500 Mcm\yr.

- C. In the daily balance computation the main error is in determining the lake's levels. This error is fixed, hence its influence in the total balance is decreasing as the period increases, or as there are large changes in the levels. The advantage of the daily balance computation is that it enables determining large daily increases as a result of winter floods which enables an efficient operation of the lake and the Degania dam.
- E. The daily work method enabled a precise inspection of data, by comparing the different components of the balance, and also the estimates and the corrections for the deficient factor.
- F. The main factor in the reliability of the balance computation is the large error in the evaporation factor, hence the recent special emphasis on investigating the problem. This factor is justified.
- G. At present, the local basins' contribution to Lake Tiberias is determined indirectly by subtracting the Jordan River's contribution from the total entering flow, according to the water balance. It is desirable to begin in direct measurements of local basins' contributions, and especially the eastern basin (at least at Al-Huwa river).
- F. Parallel to the present report, other plans were prepared for use in the computer, which enable delivery of current information about basic data and balance components and also current results for the water balance of Lake Tiberias.
- G. Comparison of the same period 1949/1950 to 1961/1962, according to the present balance and "Kefar Gilaadi Column" in the previous year's report, indicates a pretty good correspondence.

- H. Analysis of the unmeasured additions to Lake Tiberias indicates a proportionate amount between underwater springs contribution and local flood contributions. This finding could be expected if the addition to the underwater springs comes from floods.

- I. In this work, a distinction was made between the different components of the water balance in order to enable in the future a hydrologic analysis of different entering flows.

32

6

תה"ל
תכנון המים לישראל בע"מ

מאזני המים של הכנרת
1949/50 - 1967/68

ח.ל.א.כ.י.ב.
ספטמבר 1969
פ"ם 741

609

תה"ל
תכנון המים לישראל בע"מ
האגף להידרולוגיה - צוות כנרת

מאזני המים של הכנרת
1949/50 - 1967/68

פ' מירו א' בן-צבי

חל"א ביב
ספטמבר 1969
פ"ם 741

תוכן הענינים

עמוד

1	מבוא	.1
3	משוואת מאזן-המים ומרכיביה	.2
4	נתוני היסוד ומהימנותם	.3
5	א. מדידות מפלס הכנרת	
5	ב. מדידות "השחרורים" בדגניה	
6	ג. צרכנים	
7	ד. נתוני ההתאדות	
8	ה. נתוני הגשם	
9	מאזני-המים	.4
9	א. תוצאות	
11	ב. השוואה עם מאזנים קודמים	
11	ג. קביעת חוספות המים, הבלתי מדודות, לכנרת	
14	סיכום ומסקנות	.5

רשימת הטבלאות

אחרי עמוד

6	1	טבלא פירוט נחוני מפלס הכנרת בתחילת כל חודש לפי תחנת גלי כנרת.
9	2	טבלא רום - שטח - נפח של הכנרת.
10	3	טבלא תנודות שנתיות במאזני המים של הכנרת ומרכיביהם: תקופה: 1949/50 - 1967/68.
13	4	טבלא פירוט עונתי של תרומת האגנים המקומיים לכנרת, לתקופה: 1949/50 - 1967/68.
13	5	טבלא ממוצעי חוספות המים העונתיות, הבלתי מדודות, לכנרת.

נספחים

15	נספח א'	דף לדוגמא מתוך מאזני המים היומיים.
15	נספח ב'	מאזני מים חודשיים של הכנרת לתקופה: 1949/50-1967/68.

רשימת השרטוטים

3	1	שרטוט מס' 1 מפת אגן ההיקוות של הכנרת ומקורות הירדן.
4	2	שרטוט מס' 2 מפת אגני הניקוז המקומיים של הכנרת.
5	3	שרטוט מס' 3 עקמות רום - שטח ורום - נפח של הכנרת.
6	4	שרטוט מס' 4 עקומת כיוול מעודכנת למגלש המדידה ליד סכר דגניה.
10	5	שרטוט מס' 5 תנודות חודשיות במאזן המים ומרכיביו לתקופה 1949/50 - 1967/68.
10	6	שרטוט מס' 6 תנודות בסיכומים השנתיים של מאזן המים ומרכיביו, לתקופה 1949/50 - 1967/68.
12	7	שרטוט מס' 7 זרימות כניסה שנתיות לכנרת ותרומת הירדן והאגנים המקומיים.

מאזני מים של הכנרת

לתקופה: 1967/68 - 1949/50

1. מבוא

הכנרת משמשת מאז מחצית שנת 1964 כמאגר המים העילי הארצי, העיקרי. מסיבה זו ישנה חשיבות רבה לעקיבה אחר משטרה ההידרולוגי, כלומר לידיעת כמויות הזרימה הנכנסות, הנאגרות והיוצאות ממנה. לימוד זה נעשה באמצעות מאזני המים של הימה.

למאזני המים של הכנרת מספר מטרות:

- א. חישוב מאזני המים, לשם קביעת כמויות המים הזמינים, הדרושים לצרכי תכנון אספקת המים הארצית ותפעול הכנרת כמאגר.
- ב. קביעת משטר זרימות המים הנכנסים לכנרת והמקורות השונים, כגון: תרומות הירדן ותרומת האגנים המקומיים. נתונים אלה דרושים למתכננים לקביעת תחזיות שינוי המפלסים המהירים ובחירת מדיניות לשחרור מים מהכנרת*.
- ג. למטרות חישוב מרכיבי מאזן המלח של הכנרת, נדרש מאזן מים מדויק ככל האפשר, לגבי המקורות השונים התורמים מלח לאגם.

דו"ח "מאזן המים של הכנרת" הקודם, שפורסם ע"י היחידה בינואר 1964, פ.מ. 369 הוצאת תה"ל, ענה על מטרה א' ורק בחלקה על מטרה ב'. הדו"ח כלל נתונים שנתיים וחודשיים עד לשנת 1961/62 בלבד.

בדו"ח הנ"ל נלקחו נתוני ההתאדות השנתית והחודשית כקבועים לכל תקופת השחזור. על מנת לשפר את הדין בגורם חשוב זה במאזני המים, היה צורך בבדיקה מחודשת של הנתונים ובלימוד מפורט יותר של תהליכי ההתאדות בפרקי זמן קצרים, השתנותם מחודש לחודש ומשנה לשנה.

* לדוגמה, ראה דו"ח "תפעול אופטימלי של הכנרת לפי שיטת "on-off תה"ל, היחידה לתכנון לטווח ארוך, נובמבר 1968.

עבודה בנושא ההתאדות מהכנרת, פורסמה בנפרד לאחרונה ע"י צוות הכנרת, ראה דו"ח בהוצאת תה"ל, פ.מ. 740.

מידע נוסף רב נרכש כתוצאה ממדידות בשש השנים האחרונות. באחר עצמו נעשו עבודות שונות: נבנה מגלש מדידה חדש בדגניה; עובדה שיטה יעילה יותר של פיקוח על הצרכנים; הושג יתר דיוק בנתוני מדידות מפלטי הכנרת; נבחרה שיטת חישוב מדויקת יותר של שינוי נפח הכנרת, שבהתאם לה תוקנו עקומי רום-שטח ורום-נפח (ראה שרטוט מס' 3). כל אלה - ותוצאות מחקרי התאדות שהושלמו לאחרונה - איפשרו חישוב חוזר, טוב יותר, של מאזני המים של הכנרת לתקופה 1967/68 - 1949/50. תקופה זו כוללת את עידכון המאזנים לשש השנים האחרונות שלא הופיעו בדו"ח הקודם.

הפעם נקבעה שנת 1949/50 כגבול תחתון לתקופת שחזור מאזני המים מאחר ולמרות מאמצים ובירורים נוספים עם הגורמים, שטיפלו בהפעלת סכר דגניה בזמנו (חברת החשמל), לא ניתן לשפר את נתוני דגניה רטרואקטיבית, לתקופה הקודמת לשנה זו. לכן, מוצע בינתיים להיעזר בנתונים ששוחזרו בצורה סינתטית, בדו"ח הישן משנת 1964, לגבי התקופה הקודמת.

נראה כי ניתן יהיה בעתיד לשפר את המאזנים הסינתטיים המופיעים בדו"ח הנ"ל. מאזנים משופרים אלה יתבססו על תוצאות חדשות של תרומת אגני הכנרת המקומיים, שייקבעו בעזרת שיטות הידרו-מטאורולוגיות מעודכנות שבשימוש היחידה להידרולוגיה בתה"ל כיום. תיאור השיטות - ר' דו"ח בהוצאת תה"ל פ.מ. 1011.

על מנת לענות על מטרה ב' של מאזני המים, ולאפשר למתכנן הפעלת הכנרת כמאגר, ניתוח סטטיסטי של עליות מפלסים בכנרת לפרקי זמן קצרים, וכן קביעה הסתברותית של תחזיות לזרימות חורפיות, נערכו המאזנים לתקופה 1967/68 - 1949/50 על בסיס נתונים יומיים. לצורך ניתוח מאזני המים חולק אגן ההיקוות של הכנרת בדו"ח זה לשני אגנים ראשיים:

א. אגן ההיקוות של הירדן ויובליו במעלה תחנת גשר בנות יעקב (כיום התחנה כ-2 ק"מ במעלה ליד פרדס חורי).

ב. אגן ההיקוות הישיר לכנרת, ממורד התחנה הנ"ל בירדן, ועד לתחנת המוצא בדגניה.

מפת אגני ההיקוות של הכנרת - ראה שרטוט מס' 1. שטח אגן ההיקוות של הירדן עד לתחנת פרדס חורי הוא כ-1,500 קמ"ר, שטח האגנים המקומיים כ-1,050 קמ"ר, שטח הכנרת כ-170 קמ"ר. ס"ה שטח אגני ההיקוות של הכנרת עד למחסומי דגניה הוא, איפוא, כ-2,720 קמ"ר.

קביעת חרומות האגנים המקומיים (ישיר לכנרת) בדו"ח זה, נעשתה ע"י החסרת נתוני הזרימות בנהר הירדן ליד פרדס חורי (או בנות יעקב לשעבר) - שפורסמו ע"י השירות ההידרולוגי - מהספיקה הכוללת שנכנסה בפועל לכנרת, בהתאם לחישובי מאזן המים. מתוך שיקולים כלכליים לא מתפרסמים בדו"ח זה נתוני המאזנים היומיים, אלא רק הסיכומים החודשיים והשנתיים של מאזני המים של הכנרת, לגבי תקופת המאזן בלבד. דף לדוגמה מתוך המאזנים היומיים צורף גם כן. פרטים ונתונים נוספים לגבי מאזני המים היומיים לתקופה הנדונה ניתן לברר בצוות הכנרת של תה"ל.

משוואת מאזן המים ומרכיביה

2.

קביעת הזרימות הנכנסות לכנרת נעשתה בעזרת משוואת מאזן המים הבאה:

$$Q = DV + DC + C + E - P$$

כאשר:

Flows entering to Lake Tiberias.	- הזרימות הנכנסות לכנרת.	Q
Changes in the reservoir	- שינוי האוגר.	DV
Water amount existed at Degania barrriere	- כמות המים המשוחררת במחסומי דגניה.	DG
Overall consumption from the lake	- צריכה כוללת מהכנרת.	C
Evaporation	- התאדות מהכנרת.	E
Direct rain	- גשם ישיר על האגם.	P

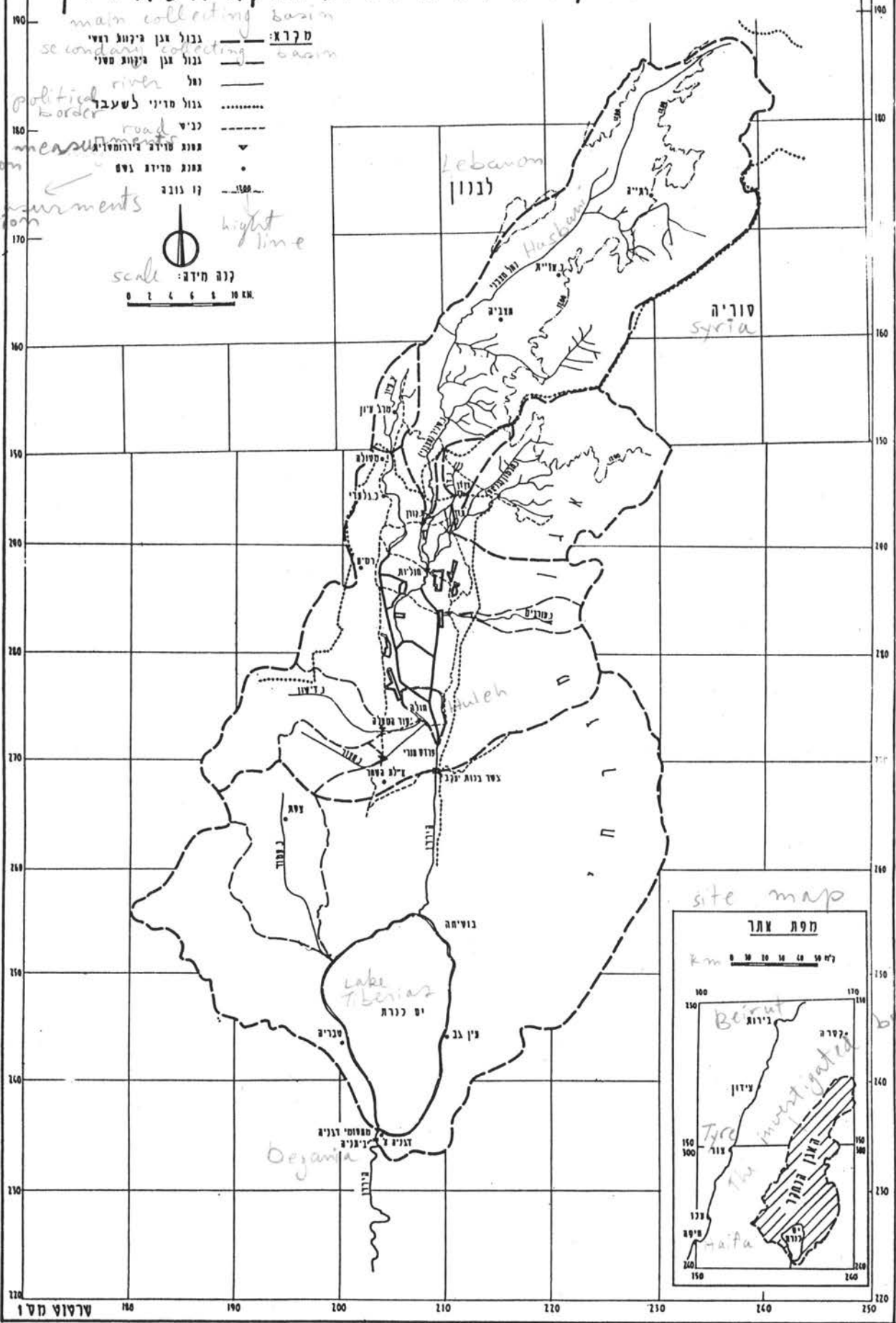
הזרימה הכוללת הנכנסת לכנרת - Q - מורכבת מחרומת הגורמים הבאים:

The total flow entering the lake - Q - consists on the following factors:

- א. חרומת נהר הירדן - Q_J Jordan
- ב. חרומת האגנים המקומיים - Q_L , הכוללת שיטפונות מקומיים ונביעות של מעיינות מסביב לכנרת ובתשתיתה. local Basins

Map of collecting basins of Lake Tiberias and the Jordan sources

מפת אגני ההיקוות של הכנרת ומקורות הירדן



previous political border
hydrometric measurement station
rain measurement station

investigated basin

כיום נמדדות הזרימות בירדן כ-15 ק"מ מצפון לנקודת השפך של הנהר לכנרת. (ע"י תחנת פרדס חורי), וכן חלק מהנביעות מסביב לכנרת. אין מודדים עדיין את השיטפונות המקומיים, הבאים בעיקר מהאזור הצפוני-מזרחי (נחלי עמק בוטיחה ובעיקר נחל אל-הואה), וגם לא את תרומת המעינות הנובעים בחתית הכנרת.

לכן, לשם חישוב תרומת האגנים המקומיים נעזרים בספיקה הכוללת הנכנסת לכנרת - Q, המתקבלת ממאזני המים, ונחוני ספיקה של נהר הירדן - QJ הנמדדים ע"י השירות ההידרולוגי.

המשוואה לחישוב תרומת האגנים המקומיים היא:

$$Q_L = Q - Q_J$$

שרטוט מס' 2 מראה את חלוקת אגני הניקוז העיליים והחתתיים המקומיים המתנקזים ישירות לכנרת. שטחם הכולל של אגני הניקוז העיליים המקומיים הוא כ-1,050 קמ"ר: מזה החלק המערבי כ-450 קמ"ר והחלק המזרחי כ-600 קמ"ר.

במפה ניתן גם תיאור כללי של החלוקה הגיאולוגית באזור וכן קווי שווה-גשם (איזוהייסות) של ממוצע הגשם השנתי לתקופה 1960 - 1931.

כמות המים הכוללת (ברוטו Q_1) המגיעה לכנרת שווה לזרימה הכוללת - Q והגשם הישיר על האגם - E, כלומר:

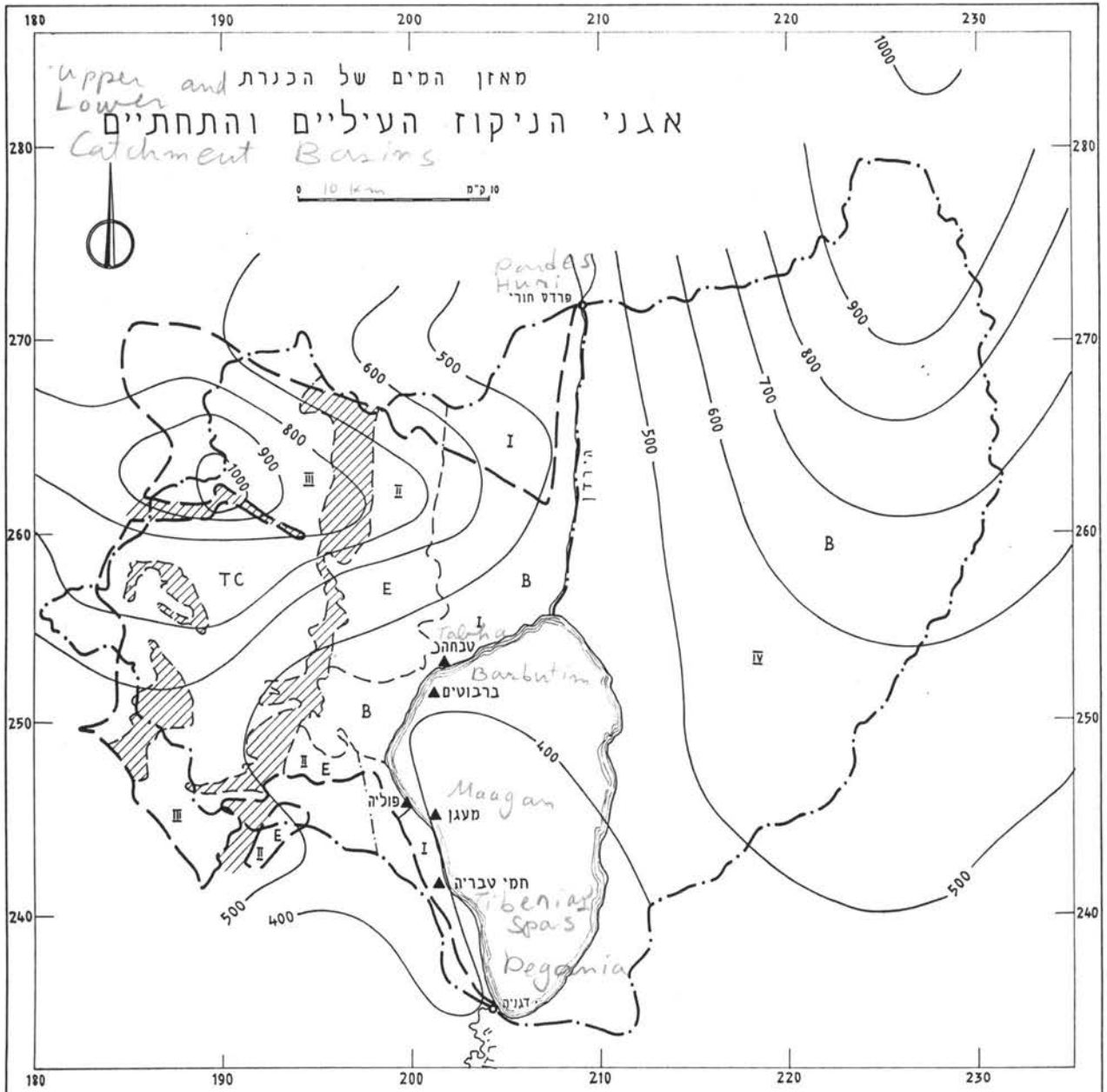
$$Q_1 = Q + P$$

ואילו המים הזמינים (נטו- Q_2) יהיו הכמות הכוללת פחות ההתאדות מהכנרת - E כלומר:

$$Q_2 = Q + P - E$$

3. נחוני היסוד ומהימנותם

נחוני היסוד, אשר שימשו בסיס לחישובי מאזני המים היומיים, מורכבים: ממדידות רצופות של מפלסים, מדידות מטאורולוגיות ומדידות גשם יומיות, חישובי התאדות דו-שבועיים ומדידות והערכות צריכה חודשיים. לצורך החישובים תורגמו נתוני ההתאדות והצריכה התקופתיים לנתונים יומיים ממוצעים, בהתאם לתקופה.



מחוז המים של הכנרת
 אגני הניקוז העיליים והתחתיים
 Upper and Lower
 Catchment Basins

הערה: קווי הגשם הינם מסוצעי התקופה 1931-1960.
 באגן המערבי - לפי ספת השרות המטאורולוגי הישראלי.
 באגן המזרחי - לפי ספת השרות המטאורולוגי הירדני (1:500,000)

Basalt
 Eiken
 Turon kenomen
 aquiclude
 מס' אגן משני
 number of secondary basin

מקרא
 גבול אגן היקוות עילי
 גבול אגן היקוות עילי משני
 גבול אגן היקוות תחת
 גבול אגן היקוות תחת משני
 קו שווה - גשם (איזוהייטות)
 תחנת מדידה הידרומטרית
 קבוצת מעיינות
 spring group

שרטוט מס' 2
 Drawing no 2

note:

מדידות מפלס הכנרת א.

שינויי אוגר הכנרת נקבעו לפי מדידות מפלסים ועקום רום-נפח הכנרת המתוקן (ראה שרטוט מס' 3).

רישומי מפלסים יומיים רצופים קיימים משנת 1925 ועד היום. הרישומים ששימשו לחישובי האוגר בדו"ח זה, הם מפלסים שנמדדו בתחנה בגלי כנרת, שבה לימניגרף ומד-רום. מדידות המפלסים נעשו עד לסוף שנת 1962 ע"י חברת החשמל, ומינואר 1963 ואילך ע"י "מקורות" חבל הגליל, בשיתוף צוות הכנרת בתה"ל.

מאחר וערך נקודת יחוס מדידות רום הכנרת השתנה במשך התקופה, הותאמו כל הנתונים שנחקבלו מחברת החשמל לערך נקודת היחוס הנוכחית, הקשורה לרשת הארצית, על ידי תיקון של 7.73 מ'.

פירוט נתוני מפלסי הכנרת, בתחילת כל חודש, לפי תחנת גלי כנרת - ר' טבלא 1.

הדיוק בקריאת המפלסים הוא עד לכ-1 ס"מ ומתבטא בנפח של כ-1.6 מליון מ"ק באגם.

לגורם השגיאה הנ"ל השפעה ניכרת על דיוק החישובים במאזן המים היומי. אולם מאחר והוא קבוע, השפעתו יורדת לפחות מ-5 אחוזים לגבי תקופת מאזנים חודשיים, והוא בטל לגבי מאזנים שנתיים. משקלה של השגיאה מועט גם מאותה סיבה לגבי שינויי מפלס גדולים, הנגרמים כתוצאה משיטפונות, המגיעים לכנרת בחודשי החורף. הנתונים האחרונים דרושים לשם תחזית על תנודות מהירות במפלס בכנרת והסתברותן, למטרת תפעול אופטימלי של המאגר וסכרי דגניה.

מדידות "השחרורים" בדגניה ב.

חישוב הכמויות היוצאות מהכנרת לירדן דרך מחסומי דגניה נעשה בשתי שיטות, בהתאם לאמצעי המדידה.

מאוקטובר 1949 עד דצמבר 1963 חושבו הכמויות היוצאות מהכנרת בהתאם לפתיחות השערים במחסומי דגניה, הפרש רום המים במעלה ובמורד המחסומים ובעזרת עקומת הכיול התאורטית של חברת החשמל.

עם השלמת בנין סכר המדידה בירדן, במורד השערים בחסומי דגניה, בדצמבר 1963, הוחל בחישוב הכמויות בהתאם לעקומת הכיול של מגלש המדידה החדש ומפלסי מים מתחנת המדידה הרושמת (לימניגרף) בירדן ע"י דגניה.

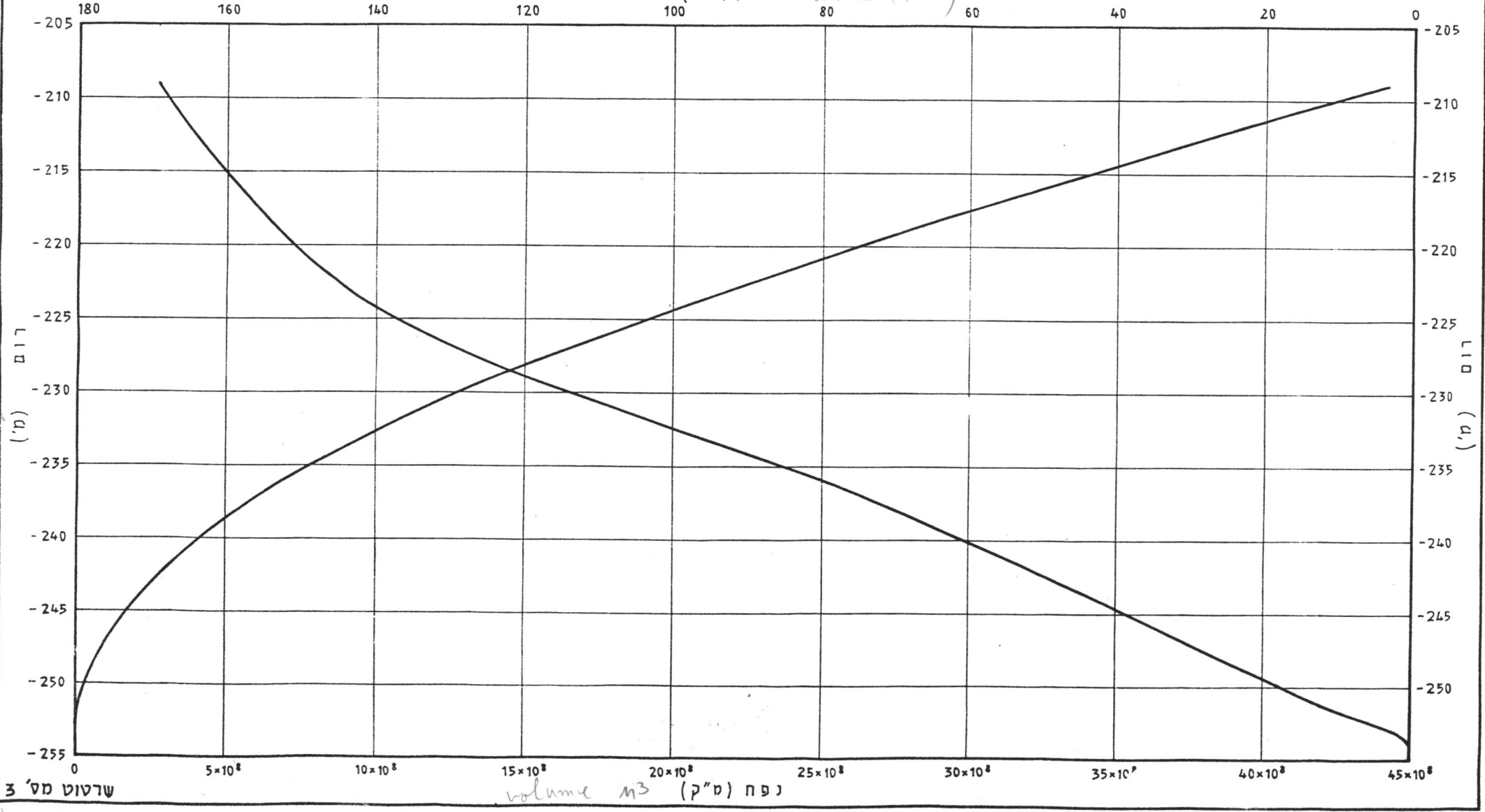
Curves of Height-area and height-volume of Lake Tiberias

עקומות רום-שטח ורום-נפח של הכנרת

(חישוב הנפח תוקן ב-1968)

(Correction of volume computation was done in 1968)

שטח (קמ"ר) area (km²)



שרטוט מס' 3

Drawing no 3

עקומת כיוול מעודכנת למגלש המדידה בירדן, הכוללת מדידות ברומים הגבוהים בחודשים ינואר ופברואר 1969 - ר' שרטוט מס' 4. תחום השגיאות במדידות בתקופה האחרונה, מדצמבר 1963 ועד היום, נע בקרבה 3% לעומת כ-15% לגבי התקופה הקודמת לדצמבר 1963. כיום לא ניתן לתקן את השגיאה במדידות לגבי התקופה מלפני הקמת מגלש המדידה בירדן ליד דגניה.

ג. צרכנים

נתוני הצריכה מהכנרת עד יוני 1967 היו מורכבים משני גורמים ראשיים: צריכה ישראלית וצריכה ערבית. לאחר חאריך זה בסל הגורם הערבי.

נתונים רשמיים על הצריכה הישראלית מהכנרת התפרסמו בחוברות "סקרי תפוקת המים בישראל" מטעם נציבות המים, משנת 1957. משנה זו עד שנת 1965 שימשו נתונים אלה, שמתפרסמים ע"י נציבות המים מדי שנה בשנה מאז שנת 1957, בסיס לחשוב הצריכה מהכנרת בחישובי מאזני המים. נתוני הצריכה מאז שנת 1965 נלקחו בהתאם לדיווחים החודשיים של "מקורות", חבל הירדן.

מאחר ובתקופה 1956 - 1949 לא בוצעו מפעלי פיתוח מים וחקלאות גדולים באזור, הונח שהכמות שנצרכה בשנת 1956/57 משקפת במידה מספקת, למטרם חישוב מאזני המים, את הצריכה השנתית גם לגבי התקופה הנ"ל.

לגבי הצריכה הערבית מהכנרת קיימות הערכות בלבד, המבוססות על שטחי העיבוד החקלאי בצידה הצפון-מזרחי של הכנרת (עמק בוטיחה), והמגיעות לכ-50% מהצריכה הישראלית הפרטית (ללא מוביל ארצי ומפעל כנרת - בית שאן).

הכמויות שנשאבו מהכנרת על ידי הצרכנים הישראליים והערבים עד יוני 1967, וע"י הראשונים עד היום, הן קטנות יחסית, לכן לא תהיה לשגיאה העלולה להגיע עד כ-15% בנתוני הצריכה הישראלית ועד כ-50% בהערכות הצריכה הערבית, השפעה רבה על טיב מאזני המים.

מאז הפעלת המוביל הארצי ומפעל כנרת - בית שאן, במחצית 1964, הפכו למעשה הצרכנים הפרטיים לגורם קטן במרכיב הצריכה מהכנרת, הנע בין 3 ל-10 אחוז בהתאם לעונה, כאשר בקיץ הם מגיעים לערך הגדול ובחודשי החורף לערך הנמוך.

Data on Lake Tiberias' levels at the beginning
of each month according to "Galei Kinnereth" station
for 1949/50 - 67/68

Table 1
טבלא 1

פירוט נחוני מפלטי הכנרת בתחילת כל חודש לפי תחנת גלי כנרת
לתקופה 1949/50 - 67/68

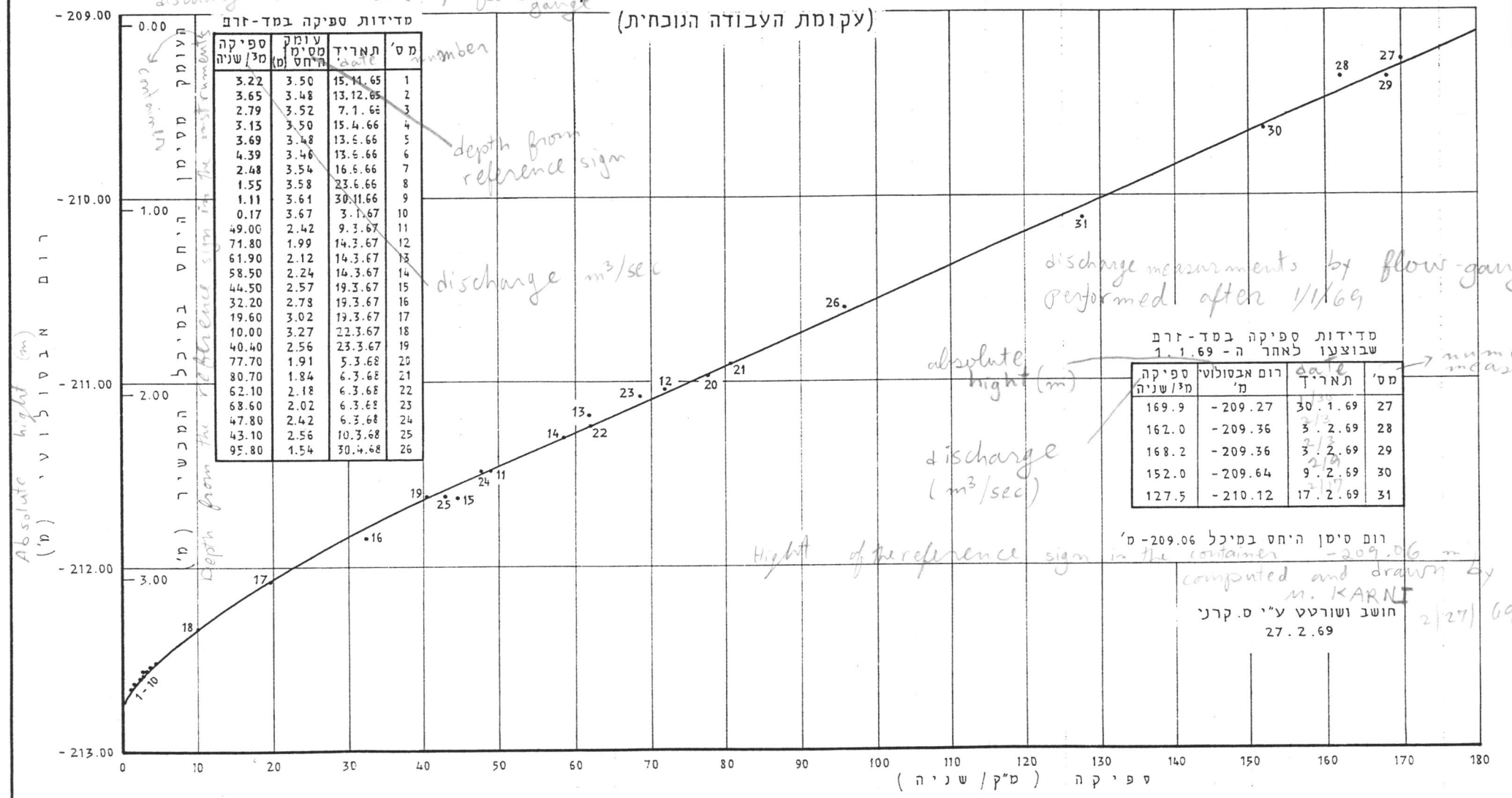
Sept. ספטמבר	August אוגוסט	July יולי	June יוני	May מאי	April אפריל	March מרס	Feb פברואר	Jan ינואר	Dec דצמבר	Nov נובמבר	Oct אוקטובר	חודש month	שנה year
-210.19	-209.96	-209.74	-209.66	-209.74	-209.94	-210.32	-210.68	-211.33	-211.49	-211.26	-210.87	1949/50	
-211.15	-211.02	-210.90	-210.87	-210.84	-210.98	-211.19	-211.36	-211.39	-211.15	-210.94	-210.57	50/51	
-210.45	-210.07	-209.86	-209.77	-209.71	-209.73	-209.79	-210.28	-210.46	-211.23	-211.27	-211.24	51/52	
-210.33	-210.06	-209.85	-209.88	-209.88	-209.74	-210.11	-210.71	-211.23	-211.33	-211.13	-210.85	52/53	
-210.80	-210.62	-210.41	-210.23	-209.91	-209.92	-209.70	-210.48	-211.09	-211.10	-210.97	-210.64	53/54	
-210.67	-210.48	-210.33	-210.25	-210.29	-210.46	-210.73	-211.01	-211.15	-211.27	-211.28	-211.01	54/55	
-210.46	-210.10	-209.90	-209.67	-209.58	-209.69	-210.21	-210.54	-210.89	-211.09	-211.13	-210.84	55/56	
-210.33	-210.09	-209.86	-209.70	-209.72	-209.65	-210.33	-210.91	-211.15	-211.09	-210.94	-210.79	56/57	
-210.25	-210.15	-210.05	-210.00	-210.07	-210.22	-210.49	-210.53	-210.80	-210.96	-210.85	-210.56	57/58	
-210.09	-209.89	-209.73	-209.58	-209.54	-209.71	-210.18	-210.56	-210.84	-210.94	-210.65	-210.43	58/59	
-210.08	-209.89	-209.73	-209.63	-209.61	-209.75	-209.96	-210.13	-210.49	-210.50	-210.43	-210.26	59/60	
-210.02	-209.77	-209.61	-209.48	-209.47	-209.50	-209.65	-210.12	-210.26	-210.32	-210.37	-210.26	60/61	
-209.87	-209.67	-209.49	-209.38	-209.38	-209.48	-209.63	-209.73	-209.81	-210.34	-210.36	-210.23	61/62	
-209.33	-209.22	-209.10	-209.05	-209.06	-209.22	-209.32	-209.65	-210.13	-210.38	-210.23	-210.07	62/63	
-209.50	-209.32	-209.15	-209.03	-209.04	-209.12	-209.39	-209.81	-209.87	-209.47	-209.45	-209.44	63/64	
-209.91	-209.65	-209.43	-209.22	-209.18	-209.41	-209.64	-209.71	-209.99	-209.84	-209.79	-209.65	64/65	
-210.12	-209.86	-209.57	-209.39	-209.25	-209.32	-209.52	-209.90	-210.26	-210.30	-210.21	-210.11	65/66	
-209.38	-209.17	-208.99	-208.99	-209.08	-208.98	-209.30	-209.91	-210.40	-210.62	-210.50	-210.37	66/67	
-209.66	-209.41	-209.14	-208.98	-208.98	-209.11	-209.30	-209.22	-209.72	-209.66	-209.65	-209.54	67/68	

The Jordan river at the down slope of Degania barrier.
 Curve of height - discharge calibration for the measurement dam
 for Sep 1965 on on. (present work curve)

תכנון המים לישראל בע"מ
 האגף להידרולוגיה - צוות כנרת
 TAHAL - The hydrologic division -
 Lake Tiberias team

הירדן במורד מחסומי דגניה
 עקומת כיול רום - ספיקה לסכר המדידה
 לתקופה מספטמבר 1965 ואילך
 (עקומת העבודה הנוכחית)

discharge measurements by flow gauge



מידות ספיקה במד-זרם

ספיקה מ³/שניה	עומק מס'מ היחס	תאריך date	מס' number
3.22	3.50	15.11.65	1
3.65	3.48	13.12.65	2
2.79	3.52	7.1.66	3
3.13	3.50	15.4.66	4
3.69	3.48	13.6.66	5
4.39	3.46	13.6.66	6
2.48	3.54	16.6.66	7
1.55	3.58	23.6.66	8
1.11	3.61	30.11.66	9
0.17	3.67	3.1.67	10
49.00	2.42	9.3.67	11
71.80	1.99	14.3.67	12
61.90	2.12	14.3.67	13
58.50	2.24	14.3.67	14
44.50	2.57	19.3.67	15
32.20	2.78	19.3.67	16
19.60	3.02	19.3.67	17
10.00	3.27	22.3.67	18
40.40	2.56	23.3.67	19
77.70	1.91	5.3.68	20
80.70	1.84	6.3.68	21
62.10	2.18	6.3.68	22
68.60	2.02	6.3.68	23
47.80	2.42	6.3.68	24
43.10	2.56	10.3.68	25
95.80	1.54	30.4.68	26

מידות ספיקה במד-זרם
 שבוצעו לאחר ה- 1.1.69

ספיקה מ³/שניה	רום אבסולוטי מ'	תאריך date	מס' number of measurement
169.9	-209.27	30.1.69	27
162.0	-209.36	3.2.69	28
168.2	-209.36	3.2.69	29
152.0	-209.64	9.2.69	30
127.5	-210.12	17.2.69	31

רום סיסן היחס במיכל -209.06 מ'
 computed and drawn by

M. KARNI
 חושב ושווטט ע"י ס.קרני
 27.2.69

שרטוט מס' 4

נתוני ההתאדות

ד.

ההתאדות מהכנרת, אחד הפרמטרים החשובים המרכיבים את משוואת מאזן המים של האגם, אינה ניתנת למדידה ישירה מדוייקת בגלל האופי המורכב של התופעה הפיסיקלית.

הדרך העקיפה המהימנה ביותר לקביעתה, היא בעזרת משוואת מאזני המים, בתנאי שכל מרכיבי המאזן האחרים ידועים. מאחר ומאזני המים לוקים בחסר (לא ידועה כמות הכניסות לאגם - Q, כתוצאה מאי-מדידת ואי-ידיעת תרומת האגנים המקומיים לכנרת - QL) היה צורך להגיע להערכת ההתאדות בשיטות בלתי תלויות במאזני המים. הערכות שונות של כמות ההתאדות מהכנרת, המתבססות על מאזני אנרגיה, נעשו עד היום. הערכה ראשונה נעשתה ע"י נוימן, לגבי התקופה 60 - 1953*.

בעבודה זו השתמש נוימן בנתונים מטאורולוגיים של תחנות דגניה א⁶, עין גב וטבריה.

תכולת החום באגם חושבה לפי מדידות התחנה לחקר המדגה (ראה נוימן 1961).

הערכות נוספות של ההתאדות מהכנרת נעשו מאוחר יותר על-ידי סטנהיל (במסגרת חברת "מקורוה").

ההבדל בין ההערכות השונות, הן בכמות השנתית והן בפילוג החודשי, הביא למחשבה שיש לערוך תכנית חדשה, שתבסס על מדידות מדוייקות יותר של הפרמטרים המטאורולוגיים וההידרולוגיים. נערכה תכנית לפיה הקימו שתי תחנות מטאורולוגיות בעין גב וגנוסר, שסיפקו נתונים רצופים ומדוייקים על המרכיבים המטאורולוגיים של מאזן האנרגיה. למעשה התברר לאחר ביקורת, שאף נתונים אלה לא ענו על דרישות הרציפות והדיוק המצופות.

ריכוז הנתונים וחישוב הפרמטרים השונים של מאזן האנרגיה לתקופה 67 - 1965 נעשה על-ידי סטנהיל בעזרת מחשב.

חוסר הערכות לגבי התאדות לתקופות בהן לא נערך מאזן אנרגיה לכנרת ע"י נוימן או סטנהיל, הביא למחשבה, שיש למצא קשר בין כמות ההתאדות לבי אחד הפרמטרים הפיסיקליים הבסיסיים, שנמדד באופן רצוף במשך תקופה ארוכה. לפיכך נעשה ניסיון לקבוע את הקשר בין הסמפרטורה היומית הממוצעת של כל חודש בדגניה א⁶ לבין כמות ההתאדות שהתקבלה לפי שיטות שונות.

* "חישוב התאדות מי ים כנרת, לתקופה 60-1953". פרופ' י. נוימן, המחלקה למטאורולוגיה, האוניברסיטה העברית, 1961.

השוואת נתוני המתאם הראתה שלגבי נתוני ההתאדות של סטנהיל,
לחקופה 67 - 1965, המקדם הינו הגבוה ביותר: $r = 0.95$
ומשוואת קו הרגרסיה:

$$E_i = 0.214 \left(\frac{T_{i-1} + T_i}{2} \right) - 0.51$$

כאשר: *average daily evaporation in mm of the i month*
 E_i - התאדות יומית ממוצעת במ"מ של החודש i
average daily temperature of the i month in Dagania
 T_i - טמפרטורה יומית ממוצעת של החודש i בתחנת דגניה
א'.

לקבלת ערכי ההתאדות למסרת חישוב מאזני המים, שימשו הערכים
הבאים:

1. לחקופה אוקטובר 1953 עד דצמבר 1960, לפי נוימן, 1961.
2. לכל החקופות האחרות לפי משוואת קו הרגרסיה הנ"ל.
לגבי פרטים נוספים על שיטות והערכות חישוב נתוני ההתאדות,
ונתונים לחקופה האחרונה - ר' דו"ח "הערכת ההתאדות מהכנרת",
תה"ל, צוות הכנרת, פ.מ. 740 אוגוסט 1969.
השגיאה המוערכת בנתוני ההתאדות היא כ-10% ומתבטאת בכ-30 מליון
מ"ק לשנה.

נתוני גשם .ה.

מאחר והכמות המדוייקת של גשם היורד ישירות על פני הכנרת אינה
נמדדת, חושבו נתונים אלה בעזרת נתוני גשם יומי משלוש תחנות
סביב הכנרת: גנוסר, דגניה א' ועין גב.

משקלה של כל אחת מתחנות הגשם, לגבי ממוצע הגשם הישיר על
הכנרת, נקבע בעזרת שיטת סיסן.
הגשם היומי הישיר על הכנרת נקבע בעזרת המשוואה הבאה:

$$P = 0.40PG + 0.14PI + 0.46PEC$$

כאשר:

Average daily rain, directly on the lake, in mm

P - גשם יומי ממוצע, ישיר על הכנרת, ב-מ"מ.

measured daily rain at Genosar station, in mm

PG - גשם יומי מדוד בחחנת גנוסר, ב-מ"מ.

" " " " Beqania alef station, in mm

PD - גשם יומי מדוד בחחנת דגניה א', ב-מ"מ.

" " " " Ein-Gev station, in mm

PEG - גשם יומי מדוד בחחנת עין גב, ב-מ"מ.

לקבלת סיכום כמויות הגשם היומי על הכנרת - במליוני מ"ק ליום, הדרוש לחישובי מאזני המים, הוכפל הגשם היומי (ב-מ"מ) בשטח האגם. שטח האגם נקבע בהתאם למפלס הכנרת (ר' טבלה מס' 2 ושרטוט מס' 3), הנותן את הקשר בין רום מפלס הכנרת ושטחה. חישוב כנ"ל נעשה גם לגבי נתוני ההתאדות.

השגיאה האפשרית בנתוני הגשם היא של כ-10%, המתבטאת במאזנים ככמות של עד 8 מליון מ"ק לשנה.

4. מאזני המים

בפרק זה הובאו תוצאות מאזני המים של הכנרת בהתאם לשיטת המאזן ונתוני היסוד שהוזכרו לעיל. כמוכך, נערכה השוואה בין נתוני המאזן הנוכחי לנתונים שפורסמו בדו"ח הקודם (מינואר 1964). נעשו גם חישובים של תוספות המים הבלתי מדודות, שיטפונות מקומיים ותרומה המעיינות התת-ימיים, הנכנסות לכנרת.

א. תוצאות

מאזני המים לכנרת חושבו בהתאם לנתונים יומיים של מפלס האגם, שחרורים בדגניה, צריכה מהכנרת, התאדות ושל גשם ישיר מחושב על האגם.

החישובים נעשו בעזרת מחשב IBM 1130 של תה"ל.

מאזני המים היומיים נערכו לכל התקופה הנדונה בדו"ח זה, כלומר מחחילת אוקטובר 1949 ועד סוף ספטמבר 1968.

Height - area - volume of
Lake Tiberias

טבלה 2

רום - שטח - נפח של אגם הכנרת

height of water surface

נפח מ"ק	שטח קמ"ר	רום פני המים מ' מ
Volume m ³	Area km ²	
0	0.108	-254
872,580	2.892	-253
5,938,534	8.120	-252
16,369,850	13.144	-251
31,445,590	17.188	-250
50,548,960	21.156	-249
73,745,390	25.364	-248
101,150,000	29.552	-247
132,910,300	34.076	-246
169,182,200	38.560	-245
209,802,100	42.752	-244
254,797,500	47.316	-243
304,329,500	51.316	-242
358,366,100	56.320	-241
416,860,400	60.724	-240
479,731,500	65.068	-239
547,108,500	69.740	-238
619,221,700	74.540	-237
696,459,500	80.000	-236
779,094,800	85.328	-235
867,247,900	91.040	-234
961,075,600	96.672	-233
1,060,742,000	102.724	-232
1,166,228,000	108.296	-231
1,277,426,000	114.152	-230
1,394,238,000	119.512	-229
1,516,181,000	124.408	-228
1,642,806,000	128.868	-227
1,773,804,000	133.152	-226
1,908,934,000	137.128	-225
2,047,795,000	140.508	-224
2,189,940,000	143.592	-223
2,335,068,000	146.576	-222
2,482,650,000	148.592	-221
2,632,478,000	151.072	-220
2,784,524,000	153.024	-219
2,938,439,000	154.312	-218
3,094,217,000	156.748	-217
3,251,996,000	158.316	-216
3,411,676,000	160.548	-215
3,573,043,000	162.188	-214
3,735,896,000	163.520	-213
3,900,430,000	165.552	-212
4,066,549,000	166.688	-211
4,233,804,000	167.824	-210
4,402,514,000	169.599	-209

Results of balances for 19 years in MCM - 10 -

ממצאי המאזנים ומרכיביהם לתקופה 19 השנים (במליוני מ"ק)

year of maximum שנת המכסימום	year of minimum שנת המינימום	year of average שנת הממוצע	ניתנים להלן:
1038	100	405	Q, D - שחרורים בדגניה <i>Exists in Pegasus</i>
332	24	(86)*	C - צריכה <i>consumption</i>
308	260	289	E - התאדות <i>Evaporation</i>
89	33	66	P - גשם ישיר על האגם <i>direct rain on the lake</i>
1188	415	723	Q - כל זרימות הכניסה <i>All Entrance flows</i>
1277	468	789	Q+P - כניסה (ברוטו) <i>(gross) entrance</i>
1000	162	500	Q+P-E - מים זמינים (נטו) <i>(net) available water</i>

כמוסבר במבוא, נמצאים החישובים היומיים בצורת הכנרת אך דף לדוגמה מתוך הדו"ח היומי המפורט - ר' נספח א'. עיון בדו"חות היומיים של מאזני המים וכן פרטים והסברים נוספים למעוניינים ניתן לקבל בצורת הכנרת, האגף להידרולוגיה, תה"ל. סיכום מאזני המים החודשיים לתקופה: 1967/68 - 1949/50 ניתנים בנספח ב'.

תאור גרפי של התנודות החודשיות במרכיבי מאזן המים - ר' שרטוט מס' 5.

ריכוז הסיכומים השנתיים של מאזני המים ומרכיביהם וכן ריכוז שנתי נפרד של תרומת הירדן ותרומת האגנים המקומיים, ניתנים בטבלא 3. בטבלא זו מובאים גם סיכומים שנתיים של הזרימה ברוטו לכנרת (Q+P), וכן של המים הזמינים (Q+P-E), כלומר הכניסות נטו.

דיאגרמות של התנודות במאזן המים השנתי ומרכיביו לתקופה 1949/50 - 67/68 ניתנים בשרטוט מס' 6.

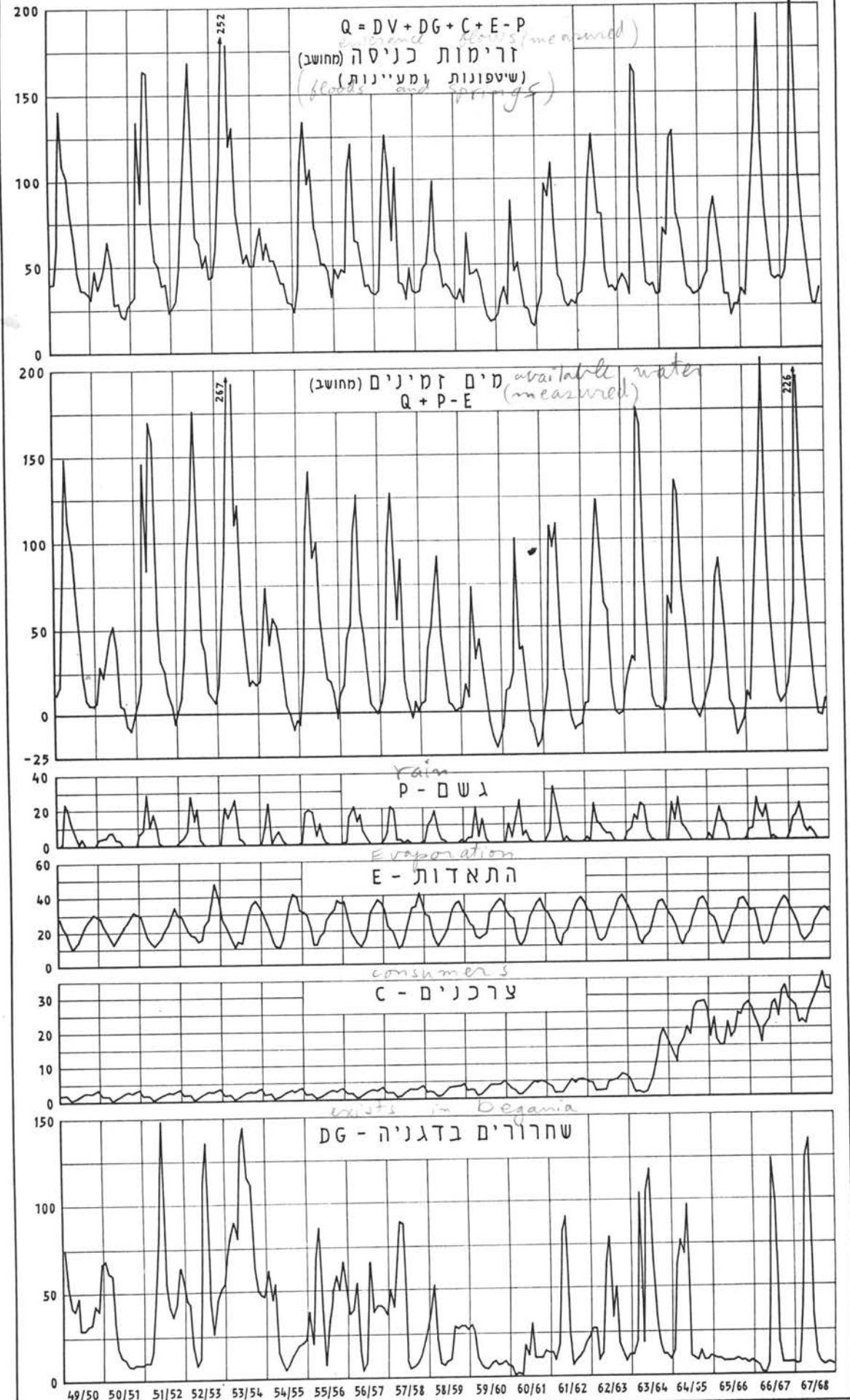
* המוביל הארצי ומפעל כנרת - בית שאן הופעלו בשנת 1964.

changes in components of water balance in Lake Tiberias

תנודות במרכיבי מאזן המים של הכנרת

1949/50-1967/68

M.C.M.



שרטוט מס 5

Drawing no 5

Changes in water balances of Lake Tiberias and its components in 1949/50 - 1967/68 (mean)

תנודות במאזני המים של הכנרת ובמרכיביו (ב-M.C.M.)

בתקופה: 1949/50 - 1967/68

changes in reservoir

explanations next page

מס' No.	שנה הידרולוגית	שינוי האוגר S	שחרור דגניה QD	צריכה C	התאדות E	גשם ישיר P	זרימות כניסה Q	כניסה ברוטו Q + P	מים זמינים Q+P - E	תרומה הירדן QJ	תרומה מקומית QL
1	1949/50	51	526	24	260	66	795	861	601	567	228
2	1950/51	-113	307	24	270	33	454	487	217	324	130
3	1951/52	67	621	24	261	81	892	973	712	535	357
4	1952/53	35	598	24	307	79	886	965	658	644	242
5	1953/54	- 62	1038	24	277	89	1188	1277	1000	757	431
6	1954/55	27	290	24	298	49	590	639	341	391	199
7	1955/56	9	563	24	301	75	822	897	596	x	
8	1956/57	38	418	24	293	76	697	773	480	x	
9	1957/58	22	417	27	291	54	702	756	465	x	
10	1958/59	29	290	30	288	53	584	637	349	x	
11	1959/60	- 1	128	36	306	45	423	468	162	250	173
12	1960/61	6	132	39	299	61	415	476	177	277	139
13	1961/62	26	319	44	299	73	615	688	389	391	225
14	1962/63	105	352	51	308	59	757	816	508	563	194
15	1963/64	- 35	524	90	290	86	784	870	580	606	178
16	1964/65	- 77	393	242	290	78	770	848	558	574	196
17	1965/66	- 44	100	247	292	53	543	596	304	409	133
18	1966/67	140	288	299	291	86	931	1017	726	678	253
19	1967/68	- 49	400	332	269	69	883	952	683	680	203
average for the period	ממוצע התקופה	+ 174 *	405	86	289	66	723	789	500	(510)	(219)

* ההפרש באוגר הכנרת בין המפלס ב-1.10.1949 למפלס ב-30.9.1968 () ממוצע הנתונים הקיימים - 15 שנים.

* The difference in the lake's reservoir between the level in 10/1/49 and 9/30/68

() mean of existing data - 15 years.

(1) משוואת מאזן הזרימות הנכנסות לכנרת

$$Q = S + QD + C + E - P$$

כאשר - זרימות הכניסה לכנרת, המורכבות מזרימות הירדן (שיטפונות וזרימה חקינה), נגר עילי מקומי מהאגנים המזרחי והמערבי מסביב לכנרת (שיטפונות בעיקר) וכן מביעה מעיינות מסביב ובחשתיה האגם. *Flows entering the lake, composed of the Jordan (floods and regular flows), local surface runoff from eastern and western basins (mainly floods) and springs.*

שינוי האוגר בכנרת (מסומן כ-DV בתכנית המחשב).

זרימות המשוחררות בסכר דגניה (מסומן ב-DG בתכנית המחשב).

הצריכה מהכנרת, הכוללת את כנ"ת, דגניה 1, והצריכה הפרטית.

ההתאדות מהכנרת.

גשם ישיר על הכנרת, הושב לפי:

$$P = 0.40 PG + 0.14 PD + 0.46 PEG$$

גשם יומי בממוצע על האגם.

Daily rain in Ein Gev

גשם יומי בחחנת גנוסר,

Daily rain at Gevora station

גשם יומי בדגניה א' - PD

Daily rain in Degania a.

הרום האגנים המקומיים לכנרת, ניתן לחישוב ע"י

$$QL = Q - QJ$$

זרימת הירדן לכנרת בגשר בנות יעקב, ומשנת 1959 ליד תחנת פרדס חורי.

(2) + המוביל הארצי הופעל ביולי 1964; במועד קרוב לזה הופעלה גם תחנת כנרת - בית שאן (דגניה א').

(3) אין מדידות בירדן מתחנת בנות יעקב אל פרדס חורי.

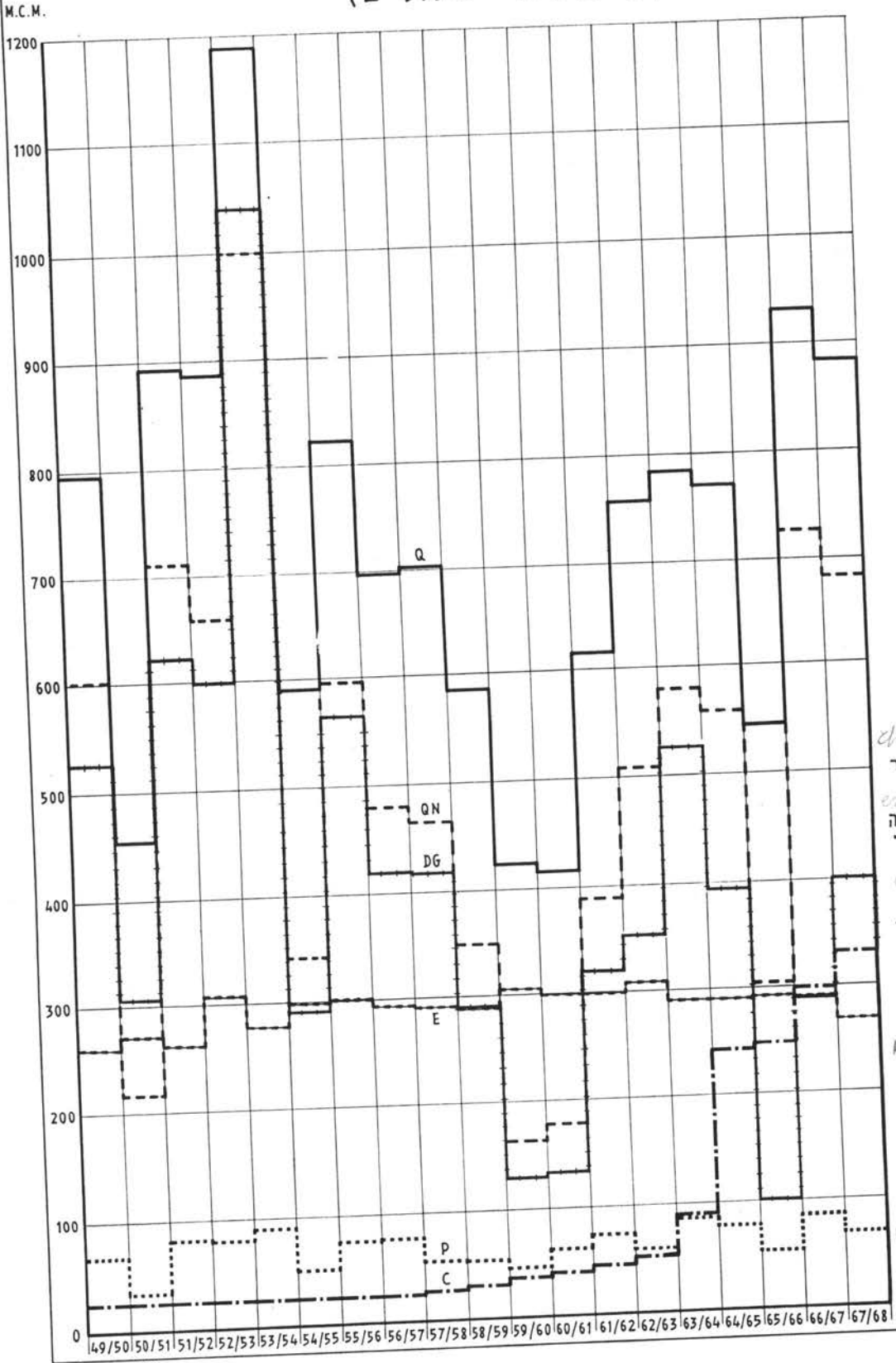
there are no measurements in the Jordan river from Ein Jaakov station to Pardes Huri.

Explanation for table 3

סכר לסבלא 3

Changes in components of water balance
of the lake 1949/50 - 1967/68
(Annual results)

תנודות במרכיבי מאזן המים של הכנרת
1949/50 - 1967/68
(סיכומים שנתיים)



מקרא
 change in Reservoir
 שינוי האוגר DV
 exit in Beania
 שחרורים בדגניה DG
 Consumption
 צריכה C
 Evaporation
 התנדות E
 Direct rain
 גשם ישיר P
 Entrance flows
 זרימות כניסה
 $Q = DV + DG + C + E - P$
 Available water
 מים זמינים
 $QN = Q + P - E$

שרטוט מס 6
 Drawing no 6

השגיאה בחישובי הזרימות הכלליות הנכנסות לכנרת - Q, תלויה בשגיאות האפשריות במרכיבים השונים של המאזן, והיא כ-8% המתבטאת בכ-±60 מליון מ"ק במאזן המים השנתי. לעומתה השגיאה בחישובי המים הזמינים היא כ-6% ומתבטאת בכ-±30 מליון מ"ק במאזן המים הזמינים השנתי.

ב. השוואה עם מאזנים קודמים

נערכה השוואה בין מאזני המים הנוכחיים לאלו שפורסמו בדו"ח "מאזן המים של הכנרת", תה"ל פ.מ. 369, מינואר 1964.

ההשוואה נעשתה לגבי הממוצעים של מרכיבי המאזן השנתי העיקריים, לתקופת 13 השנים החופפות: 1961/62 - 1949/50, בין הממוצעים הנוכחיים לאלו שחושבו לפי "סור כפר גלעדי" ולפי "סור בירות" בדו"ח הקודם.

להלן הממצאים במליוני מ"ק:

Evaporation from the lake התאדות מהאגם	Direct rain on the lake גשם ישיר על האגם	Flows to the lake זרימות כניסה לכנרת	available water in lake מים זמינים בכנרת
288	64	697	473
299	69	721	491
299	60	750	511

according to the present report לפי הדו"ח הנוכחי
according to "Katan Giladi column" לפי "סור כפר-גלעדי"
According to Beirut column לפי "סור בירות"

יש לציין ש"סור בירות" חושב בזמנו כסור נתונים סינתטי למטרות סטטיסטיות בלבד, ולא התיימר לשחזר במדויק את הזרימות לכנרת. לגבי "סור כפר-גלעדי" הסטיות הן במסגרת השגיאה האפשרית בחישובים.

ג. קביעת חוספות המים, הבלתי מדודות, לכנרת

תרומת האגנים המקומיים לכנרת QL, שלא נמדדה, התקבלה על ידי החסרת תרומת הירדן (QJ), שנמדדה, מסך הכל זרימות הכניסה לכנרת (Q), כאשר האחרונה חושבה באמצעות משוואת מאזן המים. כלומר:

$$QL = Q - QJ$$

הפרדת זרימות הכניסה לכנרת למרכיביה הראשיים, תרומת הירדן ותרומת האגנים המקומיים, ניתנת להיעשות רק לגבי תקופה של 15 שנים מתוך 19 שנות המאזן.

מדידות בירדן נערכו רק בתקופות המאזן הבאות:

1954/55 - 1949/50 ליד תחנת גשר בנות יעקב
 1967/68 - 1959/60 ליד תחנת פרדס חורי (כ-2 ק"מ במעלה התחנה הקודמת).

שנת המכסימום <i>year of maximum</i>	שנת המינימום <i>year of minimum</i>	שנת הממוצע <i>year of average</i>	לחקופות אלו מקבלים (במליוני מ"ק): <i>component</i>
757	250	510	חרומת הירדן <i>Jordan river</i>
431	130	219	חרומת האגנים המקומיים <i>local basins</i>

פירוט התרומה השנתית של האגנים המקומיים לכנרת ניתן בסבלא 3. דיאגרמות של זרימות הכניסה לכנרת והפרדה לתרומת הירדן ותרומת האגנים המקומיים - ר' שרטוט מס' 7.

השגיאה האפשרית בנחוני תרומת האגנים המקומיים מגיעה עד 40% מערכם. על מנת להקטין את השגיאה בגורם זה רצוי היה להתחיל בהקדם במדידות ישירות בנחלי האגנים המקומיים ולפחות בנחל אל-הואה שהוא התורם העיקרי.

תרומת האגנים המקומיים לכנרת ניתנת להצגה על ידי מרכיביה בעזרת המשוואה הבאה:

$$QL = QL_1 + S_1 + S_2$$

כאשר: QL_1 - תוספת השיטפונות מהאגנים המזרחיים והמערביים לכנרת.
Addition of flood from the eastern and western basins

S_1 - תרומת המעינות העיליים (מעיינות החוף).
Contribution of surface springs (winter springs)

S_2 - נביעת המעינות התת-ימיים.
Flow of springs on the bottom of the lake

משלושה מרכיבים אלה נמדדה רק תרומת המעינות העיליים, ואילו תוספת השיטפונות מהאגנים המקומיים (בעיקר מהמזרח) ותרומת המעינות התת-ימיים, הינם המרכיבים הנעלמים במשוואה. חילוץ הנעלמים ניתן להיעשות במידה ונצטמצם למאזנים עונתיים, מאזן חורף וקיץ בנפרד. במקרה זה, מתבטל נעלם תוספת השיטפונות לעונת הקיץ וניתן להעריך את תרומת המעינות התת-ימיים לעונה זו. בהנחה שתרומת המעינות התת-ימיים אינה משתנה בהרבה במשך השנה, ניתן לחשב את תוספת השיטפונות המקומיים לכנרת בעונת החורף, ע"י הפחתת תרומתם, ותרומת מעיינות החוף, מהתרומה הכוללת של האגנים המקומיים.

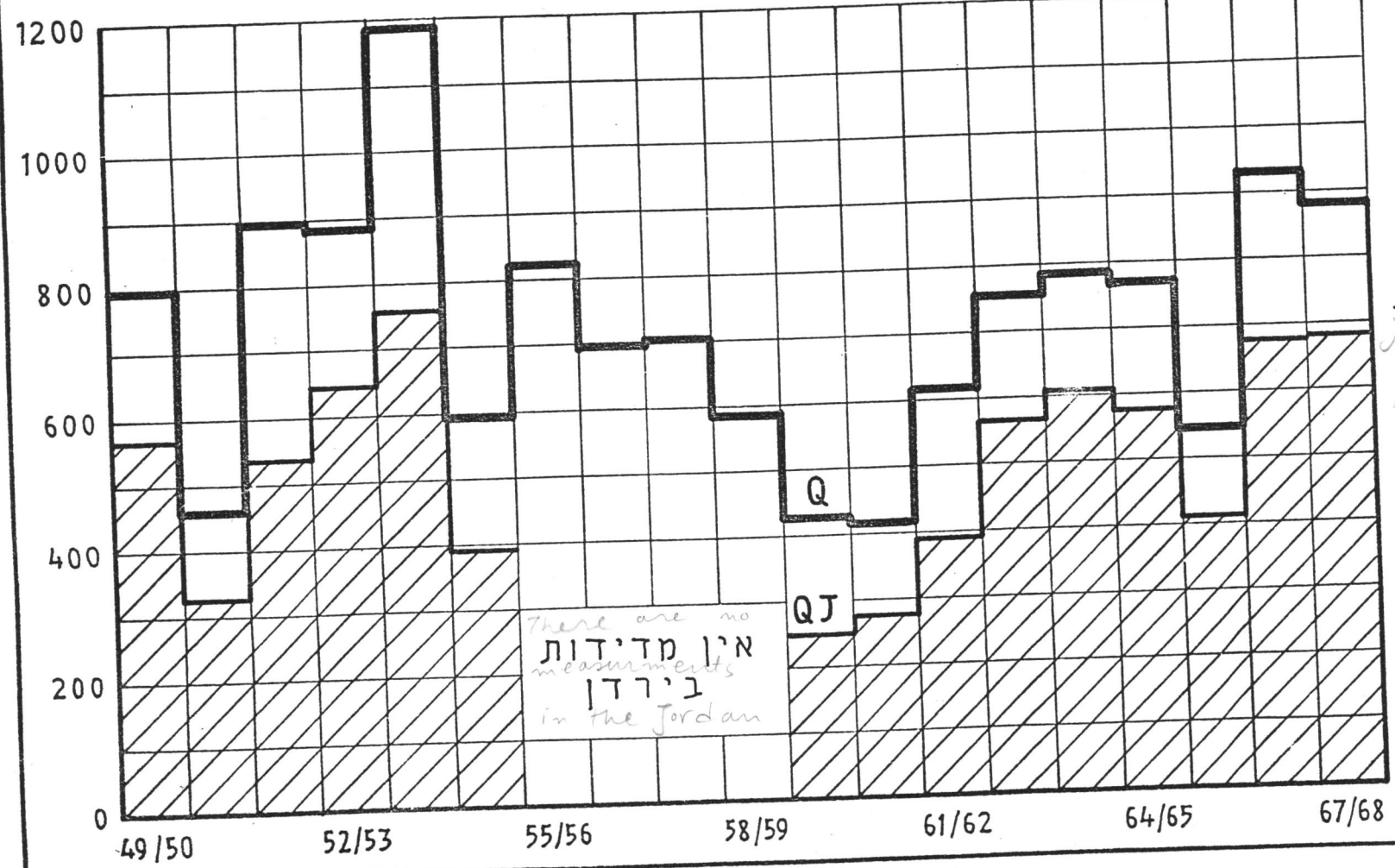
Entering flows to Lake Tiberias

זרימות כניסה לכנרת

תרומת הירדן והאגנים המקומיים

Contribution of the Jordan and the local basins
1949/50 - 1967/68

M.C.M.



There are no
אין מדידות
measurements
בירדן
in the Jordan

מקרא

- entrances to the lake
- Q - כניסות לכנרת (מחשב)
 - QJ - תרומת הירדן (מדידה)
 - QL - תרומת האגנים המקומיים

$$QL = Q - QJ$$

החלוקה העונתית נעשתה בהתאם לעונת השיטפונות. התקופה מנובמבר עד סוף אפריל, שהיא עונת השיטפונות, הוגדרה כתקופת "החורף". התקופה ממאי עד אוקטובר ועד בכלל, הוגדרה כתקופת "הקיץ".

החישוב העונתי של תרומת האגנים המקומיים בתקופה הנידונה, 1967/68 - 1949/50; נעשה בנפרד לגבי שלוש תקופות, כאשר החלוקה היא לשתי תקופות בהתאם למיקום המדידה בירדן, וחלוקה נוספת של התקופה השניה, לתקופה שלפני הפעלת תעלת הטיית המעינות המלוחים ולזו שלאחריה.

תעלת הטיית המעינות המלוחים (ה.מ.מ.) הופעלה בסוף שנת 1964.

החלוקה לתקופות הייתה כדלהלן:

א. לתקופה 1954/55 - 1949/50, בה בוצעו המדידות בירדן ליד גשר בנות יעקב.

ב. לתקופה 1967/68 - 1959/60, בה בוצעו המדידות בירדן ליד פרדס חורי.

תקופה זו חולקה לתקופות המשנה הבאות:

1. 1963/64 - 1959/60, לפני הפעלת תעלת ה.מ.מ.

2. 1967/68 - 1964/65, לאחר הפעלת תעלת ההטייה למעינות החוף המלוחים.

פירוט עונתי של תרומת האגנים המקומיים, בהתאם לחלוקה הנ"ל - ר' טבלא 4.

תרומת מעיינות החוף העיליים לכנרת עד סוף שנת 1964, מועד הפעלת התעלה להטיית המעינות המלוחים, נמדדה, היא כ-40 מליון מ"ק לשנה (פרטים - ר' דו"ח "מאזן המים של הכנרת" הקודם). לאחר הפעלת תעלת ה.מ.מ. ירדה תרומת מעיינות החוף לכ-20 מליון מ"ק לשנה.

סיכום חישוב ממוצעי תוספות המים העונתיות הבלתי מדודות לגבי שלוש התקופות הנזכרות, ניתן בטבלא 5. בטבלא ניתן פירוט לגבי המרכיבים השונים של תרומת האגנים המקומיים, כלומר לשיטפונות מקומיים, מעיינות חוף, מעיינות תת-ימיים וכן ממוצע חודשי של תרומת המעינות האחרונים.

Seasonal contribution of local basins to
Lake Tiberias (mm)

Table 4

טבלא 4

פירוט עונתי של תרומת האגנים המקומיים לכנרת (במליוני מ"ק)

א. לתקופה: 1954/55 - 1949/50; המדידות בירדן ליד בנות יעקב
a. for 1949/50 - 1954/55; measurements in the Jordan near Benot Yaakov
Bridge

הממוצע	54/55	53/54	52/53	51/52	50/51	49/50	שנה
185	115	321	155	270	86	164	Nov - April נובמבר-אפריל
80	75	109	103	75	49	71	May - Oct. מאי-אוקטובר

ב. לתקופה: 1967/68 - 1959/60, המדידות בירדן ליד פרדס חורי

ב.1. לתקופה: 1963/64 - 1959/60, לפני הפעלת תעלת ה.מ.מ.*
ב.2. לתקופה: 1967/68 - 1964/65 לאחר הפעלת התעלה

b1. For 1959/60 - 1963/64 before operating the saline carrier
b2. For 1964/5 - 1967/68 after " " " "

הממוצע	67/68	66/67	65/66	64/65	הממוצע	63/64	62/63	61/62	60/61	59/60	שנה
139	166	175	83	133	116	118	116	158	85	101	Nov - April נובמבר-אפריל
58	40+	73	55	64	65	53	78	71	54	69	May - Oct. מאי-אוקטובר

+ אוקטובר משוער כ-10 מליון מ"ק.
October is estimated to be about 10 MCM

* תעלת ה.מ.מ., היא תעלת ההסיה של מעיינות החוף המלוחים, הופעלה
בסוף שנת 1964.

* The saline carrier was operated at the end of 1964

unmeasured
Averages of seasonal water additions
to the lake (mm)

Table 5
טבלא 5

Net flood addition

ממוצעי תוספות המים העונתיות, הבלתי מדורות, לכנרת (במליוני מ"ק)

תוספת שיטפונות נטו*	ממוצע חודשי של תוספות המעינות התת-ימיים	מאי - אוקטובר May-Oct			נובמבר - אפריל Nov-Apr			העונה מספר השנים number	התקופה period
		תוספת מעיינות תת-ימיים	מעיינות חוף מדודים	תרומת האגנים המקומיים	שיטפונות ומעינות תת-ימיים	מעיינות חוף מדודים	תרומת האגנים המקומיים		
100	11	65	20	85	165	20	185	6	1949/50-1954/55
								4	1955/56-1958/59
51	7	45	20	65	96	20	116	5	1959/60-1963/64
81	8	48	10	58	129	10+	139	4	1964/65-1967/68

* For Nov-April, assuming that the undersea springs' addition changes almost all over the year. לתקופה נובמבר - אפריל, בהנחה שתוספת המעינות התת-ימיים משתנה במעט במשך השנה.

+ בסוף שנת 1964 הופעלה תעלת ההסיה של מעיינות החוף המלוחים; כתוצאה מכך ירדה תרומת מעיינות החוף לכנרת בכ- 20 מליון מ"ק לשנה.

+ As a result of the salino carrier operation - saline springs' contribution decreased by 20 mm/yr at the end of 1964.

הממצאים שהתקבלו מורים על פרופורציה מסויימת בין ממוצעי תוספת המעיינות התת-ימיים לממוצעי השיטפונות, ממצא שניתן היה לצפות לו, אם התוספת למעיינות התת-ימיים מקורה בגשם.

5. סיכום ומסקנות

- א. בדו"ח זה הוגשו מאזני מים משופרים של הכנרת לחקופה: 1967/68 - 1949/50, המבוססים על: נתוני מפלסים יומיים מבוקרים, שחרורים בדגניה לפי כיוול מעודכן (מסוף שנת 1963), עיבוד חדש של ערכי ההתאדות בהתאם לפילוג דו-שבועי לכל החקופה, כן נתוני צריכה וגשם על פני האגם.
- ב. נעשה חישוב מפורט חדש לקביעת שינוי הנפח בכנרת בהתאם למפלסה.
- ג. ממוצע זרימות הכניסה לכנרת - Q, לחקופת 19 שנות המאזנים, הנה 723 מליון מ"ק לשנה, מתוך זה ממוצע כמות המים הזמינים - 500 מליון מ"ק לשנה.
- ד. בחישובי המאזן היומי השגיאה העקרית הנה בדיוק קריאת מפלסי הכנרת, שגיאה זו היא קבועה, לכן השפעתה על המאזן הכולל הולכת ופוחתת עם גידול אורך החקופה, או במקרה של שינוי מפלס גדולים. יתרונו של חישוב המאזן היומי הוא באפשרו קביעת תחזיות על עליות יומיות גדולות, כתוצאה משיטפונות החורף, דבר המאפשר תפעול יעיל של האגם וסכר דגניה.
- ה. שיטת העבודה היומית איפשרה ביקורת מדוקדקת של הנתונים, על ידי השוואת המרכיבים השונים במאזן, וכן אומדנים ותיקונים לגבי הגורם הלקוי.
- ו. יש לציין שהגורם המרכזי כיום במהימנות חישוב המאזן הוא עדיין השגיאה הגדולה יחסית בגורם ההתאדות, ולכן יש הצדקה לטיפול המיוחד שניתן לאחרונה למחקר נושא זה.
- ז. כיום תרומת האגנים המקומיים למאזן המים של הכנרת נקבעת בעקיפין ע"י החסרת תרומת הירדן מטה"כ הכניסות לכנרת לפי מאזן המים. רצוי היה בהקדם להתחיל במדידות ישירות של תרומת האגנים המקומיים ובפרט המזרחי (לפחות בנחל אל-הואה).

- ח. במקביל להכנת דו"ח זה, הוכנו תכניות שונות לשימוש במחשב, אשר מאפשרות העברת אינפורמציה שוטפת, לגבי נחוני היסוד ומרכיבי המאזן וכך תוצאות שוטפות של מאזני המים של הכנרת.
- ט. השוואת ממוצעי התקופה החופפת: 1961/62 - 1949/50, לפי המאזן הנוכחי לבין נתוני "סור כפר בלעדי", שבדו"ח הקודם, מצביעה על התאמה די טובה.
- י. ניתוח התוספות הבלתי מדודות לכנרת מורה על פרופורציה בין מוצעי תרומת המעינות התת-ימיים לתרומת השיטפונות המקומיים. למצא זה ניתן היה לצפות אם התוספת למעינות התת-ימיים מקורה בגשם.
- יא. בעבודה זו נעשתה הפרדה בין המרכיבים השונים של מאזן המים של הכנרת, במגמה לאפשר בהמשך ניתוח הידרומטאורולוגי של זרימות הכניסה השונות לכנרת, ובעזרתו ליצור בעתיד סדרה סינתטית מעודכנת של הכניסות לכנרת, לתקופה ארוכה.

K : 1980

DAILY WATER BALANCE LAKE KINERET

Appendix a

$$Q = DV + DG + C + E - P$$

YR	MNT	DAY	W LEVEL M	VOLUME (DV) MCM	DEGANIA (DG) MCM	CONS (C) MCM	EVAPOR MM	EVAPOR (E) MCM	RAIN MM	RAIN (P) MCM	Q MCM	Q + P MCM	Q+P-E MCM
68	2	1	-209.220	5.060	6.117	0.736	2.4	0.406	0.7	0.118	12.201	12.319	11.913
68	2	2	-209.200	3.375	5.976	0.736	2.4	0.406	0.0	0.000	10.493	10.493	10.087
68	2	3	-209.200	0.000	6.592	0.736	2.4	0.406	0.0	0.000	7.734	7.734	7.327
68	2	4	-209.200	0.000	5.494	0.736	2.4	0.406	0.0	0.000	6.636	6.636	6.229
68	2	5	-209.210	-1.687	6.153	0.736	2.4	0.406	0.0	0.000	5.607	5.607	5.201
68	2	6	-209.220	-1.687	3.437	0.736	2.4	0.406	0.0	0.000	2.891	2.891	2.485
68	2	7	-209.220	0.000	3.165	0.736	2.4	0.406	0.6	0.101	4.205	4.307	3.900
68	2	8	-209.230	-1.686	4.877	0.736	2.4	0.406	0.0	0.000	4.332	4.332	3.926
68	2	9	-209.230	0.000	4.307	0.736	2.4	0.406	0.0	0.000	5.449	5.449	5.042
68	2	10	-209.230	0.000	5.649	0.736	2.4	0.406	0.0	0.000	6.791	6.791	6.384
68	2	11	-209.240	-1.687	2.884	0.736	2.4	0.406	0.0	0.000	2.338	2.338	1.932
68	2	12	-209.270	-5.060	5.962	0.736	2.4	0.405	0.0	0.000	2.043	2.043	1.637
68	2	13	-209.280	-1.687	6.823	0.736	2.4	0.405	4.0	0.676	5.600	6.277	5.871
68	2	14	-209.290	-1.686	6.781	0.736	2.4	0.405	10.5	1.775	4.460	6.236	5.830
68	2	15	-209.280	1.686	6.666	0.736	2.4	0.405	9.7	1.640	7.854	9.494	9.088
68	2	16	-209.290	-1.686	6.592	0.736	2.3	0.388	4.6	0.777	5.252	6.030	5.641
68	2	17	-209.300	-1.687	6.359	0.736	2.3	0.388	0.0	0.000	5.796	5.796	5.407
68	2	18	-209.320	-3.374	5.828	0.736	2.3	0.388	0.0	0.000	3.578	3.578	3.189
68	2	19	-209.340	-3.374	5.875	0.736	2.3	0.388	5.5	0.929	2.696	3.625	3.236
68	2	20	-209.350	-1.687	5.822	0.736	2.3	0.388	3.1	0.523	4.735	5.259	4.870
68	2	21	-209.350	0.000	4.621	0.736	2.3	0.388	1.5	0.253	5.492	5.745	5.356
68	2	22	-209.350	0.000	3.603	0.736	2.3	0.388	0.0	0.000	4.727	4.727	4.338
68	2	23	-209.350	0.000	3.603	0.736	2.3	0.388	0.0	0.000	4.727	4.727	4.338
68	2	24	-209.350	0.000	3.603	0.736	2.3	0.388	0.0	0.000	4.727	4.727	4.338
68	2	25	-209.350	0.000	2.979	0.736	2.3	0.388	0.0	0.000	4.103	4.103	3.714
68	2	26	-209.340	1.687	0.078	0.736	2.3	0.388	0.0	0.000	2.890	2.890	2.501
68	2	27	-209.330	1.686	1.395	0.736	2.3	0.388	0.0	0.000	4.206	4.206	3.817
68	2	28	-209.320	1.687	1.996	0.736	2.3	0.388	0.0	0.000	4.808	4.808	4.419
68	2	29	-209.310	1.686	1.899	0.736	2.3	0.388	0.2	0.033	4.676	4.710	4.321
68	2			-10.123	135.135	21.343		11.532		6.830	151.058	157.889	146.356

Appendix b 1

I - 2 תמונה

TAHAL - HYDROLOGICAL DEPARTMENT - KINERET TEAM

LAKE KINERET - MONTHLY WATER BALANCE

$$Q = DV + DG + C + E - P$$

YR MN	VOLUME (DV) MCM	DGANIA (DG) MCM	CCNS (C) MCM	EVAPCR (E) MCM	RAIN (P) MCM	Q MCM	Q+P MCM	Q+P-E MCM
49 10	-64.133	74.709	1.704	27.826	0.016	40.091	40.108	12.281
49 11	-39.037	54.509	1.799	23.194	0.365	40.100	40.466	17.272
49 12	23.256	42.117	1.704	19.533	23.788	62.825	86.613	67.079
50 1	106.651	39.895	0.588	13.897	20.081	140.951	161.033	147.135
50 2	61.048	47.121	0.811	10.083	10.480	108.585	119.066	108.982
50 3	65.301	28.468	1.301	13.280	6.757	101.595	108.353	95.072
50 4	34.585	28.724	1.889	17.402	0.403	82.199	82.602	65.200
50 5	14.340	30.469	2.603	21.921	4.022	65.312	69.335	47.414
50 6	-12.653	31.509	2.699	24.752	0.000	46.309	46.309	21.556
50 7	-37.115	42.888	2.603	28.427	0.000	36.804	36.804	8.377
50 8	-39.370	40.143	2.913	30.429	0.000	34.117	34.117	3.687
50 9	-61.884	65.527	3.389	29.128	0.000	36.161	36.161	7.033
49/50	50.987	526.090	24.014	259.878	65.917	795.054	860.971	601.092
50 10	-62.720	67.799	1.704	27.668	3.423	31.029	34.452	6.784
50 11	-34.127	61.439	1.799	22.995	3.848	48.259	52.107	29.112
50 12	-39.868	60.263	1.704	19.567	4.341	37.325	41.667	22.100
51 1	1.661	31.978	0.588	16.207	7.347	43.090	50.437	34.229
51 2	27.409	17.743	0.811	12.823	7.583	51.205	58.789	45.965
51 3	37.399	13.265	1.301	15.509	3.633	63.843	67.477	51.967
51 4	23.415	11.737	1.889	18.514	3.202	52.354	55.557	37.043
51 5	-5.017	7.677	2.603	22.523	0.000	27.788	27.788	5.264
51 6	-5.853	7.593	2.699	25.023	0.000	29.463	29.463	4.440
51 7	-18.381	8.835	2.603	28.711	0.000	21.770	21.770	-6.941
51 8	-22.426	9.187	2.913	30.486	0.000	20.162	20.162	-10.324
51 9	-14.950	9.294	3.389	29.714	0.133	27.315	27.448	-2.265
50/51	-113.460	306.821	24.014	269.746	33.514	453.607	487.122	217.375

YR MN	VOLUME (DV) MCM	DGANIA (DG) MCM	CONS (C) MCM	EVAPOR (E) MCM	RAIN (P) MCM	Q MCM	Q+P MCM	Q+P-E MCM
51 10	-4.983	10.111	1.704	29.921	6.373	30.381	36.755	6.833
51 11	5.814	10.424	1.799	22.962	8.153	32.848	41.001	18.039
51 12	127.682	16.260	1.704	17.269	28.708	134.209	162.918	145.648
52 1	30.106	53.192	0.588	13.461	10.008	87.341	97.349	83.887
52 2	83.932	84.890	0.840	11.914	17.439	164.139	181.578	169.664
52 3	9.278	148.012	1.301	13.836	9.759	162.671	172.430	158.593
52 4	4.217	54.092	1.889	15.652	0.740	75.113	75.853	60.200
52 5	-10.966	41.933	2.603	20.645	0.016	54.200	54.217	33.571
52 6	-14.340	36.022	2.699	24.217	0.000	48.600	48.600	24.382
52 7	-35.326	44.288	2.603	27.871	0.000	39.437	39.437	11.566
52 8	-61.884	64.372	2.913	34.172	0.000	39.575	39.575	5.402
52 9	-66.901	57.416	3.389	29.323	0.000	23.228	23.228	-6.095
51/52	66.629	621.022	24.043	261.249	81.200	891.745	972.946	711.696
52 10	-46.694	44.938	1.704	28.922	2.748	26.123	28.871	-0.050
52 11	-34.054	42.743	1.799	23.465	3.993	29.961	33.955	10.489
52 12	14.950	19.351	1.704	19.563	7.669	47.901	55.571	36.007
53 1	83.360	7.915	0.588	18.078	27.741	82.202	109.944	91.865
53 2	102.025	13.222	0.811	16.865	13.326	119.600	132.926	116.060
53 3	62.240	112.439	1.301	13.736	20.370	169.349	189.719	175.982
53 4	-19.401	136.310	1.889	15.395	2.844	131.350	134.194	118.799
53 5	-2.530	43.954	2.603	24.027	0.000	68.056	68.056	44.028
53 6	6.748	27.055	2.699	26.976	0.000	63.480	63.480	36.504
53 7	-34.512	44.744	2.603	35.739	0.000	48.575	48.575	12.836
53 8	-45.158	51.441	2.913	46.595	0.000	55.792	55.792	9.197
53 9	-51.848	54.169	3.389	37.641	0.000	43.353	43.353	5.711
52/53	35.123	598.292	24.014	307.010	78.693	885.746	964.440	657.430
53 10	-56.030	71.709	1.704	26.574	0.100	43.858	43.958	17.384
53 11	-22.466	80.870	1.799	23.740	21.218	62.726	83.945	60.204
53 12	0.830	90.252	1.704	18.515	14.867	96.436	111.304	92.788
54 1	101.080	80.690	0.588	14.476	20.340	176.496	196.836	182.360
54 2	131.724	134.431	0.811	10.404	25.461	251.911	277.372	266.967
54 3	-36.272	145.265	1.301	13.852	3.712	120.435	124.148	110.295
54 4	3.374	115.793	1.889	13.109	3.209	130.958	134.167	121.057
54 5	-55.339	110.830	2.603	21.941	0.000	80.036	80.036	58.095
54 6	-29.269	63.198	2.699	29.385	0.000	66.014	66.014	36.629
54 7	-35.123	49.850	2.603	34.505	0.000	51.836	51.836	17.331
54 8	-30.942	47.780	2.913	37.044	0.000	56.797	56.797	19.752
54 9	-33.450	46.917	3.389	33.527	0.183	50.200	50.384	16.856
53/54	-61.884	1037.595	24.014	277.076	89.094	1187.707	1276.801	999.725

YR MN	VOLUME (DV) MCM	DGANIA (DG) MCM	CCNS (C) MCM	EVAPCR (E) MCM	RAIN (P) MCM	Q MCM	Q+P MCM	Q+P-E MCM
54 10	-44.852	62.403	1.704	30.690	0.249	49.697	49.947	19.256
54 11	-0.830	45.192	1.799	25.944	9.910	62.196	72.106	46.162
54 12	18.272	54.358	1.704	20.574	23.238	71.673	94.911	74.336
55 1	24.917	15.072	0.588	13.626	0.566	53.639	54.206	40.579
55 2	45.978	9.583	0.811	11.428	4.851	62.950	67.802	56.374
55 3	44.322	4.960	1.301	10.076	7.436	53.225	60.661	50.585
55 4	30.105	8.351	1.889	14.564	2.192	52.719	54.912	40.347
55 5	7.526	12.504	2.603	24.491	0.066	47.059	47.126	22.635
55 6	-14.216	16.373	2.699	34.672	0.000	39.529	39.529	4.857
55 7	-22.579	19.164	2.603	41.273	0.000	40.463	40.463	-0.810
55 8	-32.614	19.920	2.913	38.836	0.000	29.056	29.056	-9.775
55 9	-29.269	21.823	3.389	31.558	0.000	27.502	27.502	-4.055
54/55	26.760	289.714	24.014	297.738	48.512	589.715	638.228	340.489
55 10	-45.864	37.722	1.704	31.280	0.849	23.994	24.844	-6.436
55 11	3.322	20.283	1.799	28.971	18.581	35.796	54.977	25.406
55 12	35.015	69.074	1.704	21.627	18.756	108.666	127.422	105.795
56 1	54.357	85.874	0.588	11.570	17.994	134.397	152.391	140.821
56 2	51.849	38.384	0.840	11.616	4.435	98.256	102.691	91.075
56 3	90.739	8.072	1.301	16.966	11.076	106.004	117.081	100.114
56 4	21.088	32.189	1.889	19.467	2.964	71.671	74.635	55.168
56 5	-12.653	46.948	2.603	25.644	0.623	61.920	62.543	36.859
56 6	-39.646	57.558	2.699	30.278	0.000	50.890	50.890	20.612
56 7	-33.604	50.284	2.603	31.471	0.000	50.756	50.756	19.284
56 8	-58.539	66.284	2.913	36.672	0.000	47.331	47.331	10.659
56 9	-56.866	50.127	3.389	35.594	0.000	32.246	32.246	-3.348
55/56	9.199	562.810	24.043	301.161	75.281	821.932	897.214	596.052
56 10	-25.924	35.905	1.704	36.472	0.000	48.158	48.158	11.686
56 11	-24.155	39.274	1.799	27.002	1.333	42.587	43.921	16.919
56 12	-10.797	54.251	1.704	19.308	16.127	48.340	64.468	45.159
57 1	33.280	17.171	0.588	15.475	20.941	45.576	66.517	51.041
57 2	100.353	3.534	0.811	12.198	12.099	104.799	116.898	104.700
57 3	115.899	9.334	1.301	10.643	16.406	120.773	137.180	126.536
57 4	-11.809	65.628	1.889	14.894	6.901	63.701	70.603	55.709
57 5	5.061	36.453	2.603	21.450	2.390	63.178	65.569	44.119
57 6	-25.306	40.472	2.699	30.783	0.000	48.650	48.650	17.866
57 7	-38.687	40.687	2.603	33.567	0.000	38.172	38.172	4.604
57 8	-40.141	39.107	2.913	36.670	0.000	38.551	38.551	1.880
57 9	-40.141	36.344	3.389	34.381	0.000	33.974	33.974	-0.406
56/57	37.631	418.171	24.014	292.847	76.200	696.464	772.665	479.817

YR MN	VOLUME (DV) MCM	DGANIA (DG) MCM	CCNS (C) MCM	EVAPCR (E) MCM	RAIN (P) MCM	Q MCM	Q+P MCM	Q+P-E MCM
57 10	-46.831	50.401	1.890	29.983	2.388	33.057	35.445	5.461
57 11	-20.906	39.996	2.009	21.767	6.672	36.195	42.867	21.100
57 12	28.432	63.482	1.890	20.432	20.818	93.420	114.239	93.806
58 1	38.468	88.747	0.712	17.055	18.739	126.245	144.984	127.929
58 2	10.871	88.122	0.895	8.563	1.521	106.932	108.454	99.890
58 3	44.322	9.634	1.394	10.682	2.041	63.992	66.034	55.352
58 4	27.597	5.371	2.189	16.850	0.385	51.623	52.009	35.159
58 5	10.871	5.610	2.913	24.243	1.594	42.045	43.639	19.396
58 6	-7.526	7.765	3.089	32.720	0.000	36.050	36.050	3.329
58 7	-16.725	11.984	2.913	32.719	0.000	30.892	30.892	-1.826
58 8	-15.888	18.715	3.285	40.625	0.000	46.738	46.738	6.113
58 9	-30.942	27.170	3.809	35.164	0.000	35.202	35.202	0.038
57/58	21.743	417.008	26.999	290.807	54.162	702.395	756.558	465.751
58 10	-35.959	40.273	2.107	28.463	1.203	33.681	34.885	6.422
58 11	-46.831	51.726	2.309	28.048	0.651	34.602	35.253	7.205
58 12	14.216	22.860	2.107	17.714	9.655	47.244	56.899	39.185
59 1	41.813	7.780 ^{8.5}	0.712	13.456	13.207	50.556	63.764	50.307
59 2	65.229	7.251 ^{8.9}	1.007	10.342	18.060	65.771	83.831	73.489
59 3	80.689	8.555 ^{9.2}	1.611	14.096	6.173	98.781	104.954	90.857
59 4	30.367	9.913 ^{11.6}	2.399	17.948	1.397	59.232	60.630	42.681
59 5	-5.905	29.146 ^{30.8}	3.285	25.681	1.348	50.860	52.209	26.527
59 6	-25.305	28.379 ^{30.0}	3.389	30.572	0.000	37.036	37.036	6.464
59 7	-27.837	28.798 ^{30.7}	3.285	34.692	0.000	38.940	38.940	4.247
59 8	-31.938	28.798 ^{30.4}	3.595	35.653	0.000	36.109	36.109	0.456
59 9	-29.269	26.999 ^{21.6}	4.199	31.177	1.675	31.431	33.107	1.930
58/59	29.269	290.489	30.016	287.847	53.375	584.247	637.622	349.775
59 10	-29.269	29.294 ^{31.0}	2.510	27.994	0.133	30.396	30.530	2.536
59 11	-11.707	25.589 ^{26.5}	2.699	22.587	2.861	36.308	39.169	16.582
59 12	-4.181	10.787 ^{12.4}	2.510	21.775	2.926	27.966	30.893	9.117
60 1	65.229	6.602 ^{8.3}	0.898	15.778	20.165	68.344	88.510	72.731
60 2	26.797	4.494 ^{6.2}	1.188	14.579	3.253	43.806	47.060	32.480
60 3	36.272	4.494 ^{6.2}	1.890	16.145	13.354	45.449	58.804	42.658
60 4	21.088	7.500 ^{9.3}	2.909	17.176	2.104	46.570	48.674	31.498
60 5	0.000	8.493 ^{10.2}	3.905	28.572	0.168	40.804	40.972	12.399
60 6	-16.027	7.199 ^{9.0}	4.109	33.092	0.000	28.375	28.375	-4.711
60 7	-26.149	7.501 ^{7.2}	3.905	35.196	0.000	20.455	20.455	-14.741
60 8	-33.116	8.710 ^{10.4}	4.308	37.233	0.000	17.137	17.137	-20.096
60 9	-29.771	6.989 ^{8.6}	5.009	35.453	0.000	17.682	17.682	-17.771
59/60	-0.836	127.662	35.851	305.586	44.968	423.296	468.264	162.676

YR MN	VOLUME (DV) MCM	DGANIA (DG) MCM	CCNS (C) MCM	EVAPGR (E) MCM	RAIN (P) MCM	Q MCM	Q+P MCM	Q+P-E MCM
60 10	-19.234	6.385	3.688	30.308	0.200	20.948	21.149	-9.159
60 11	8.363	1.409	2.909	26.871	10.681	28.873	39.554	12.682
60 12	10.035	1.704	2.510	26.211	3.115	37.347	40.462	14.251
61 1	21.743	1.334	1.084	14.428	11.260	27.331	38.591	24.163
61 2	82.470	18.075	0.895	9.879	24.326	86.996	111.322	101.442
61 3	22.775	12.159	2.107	12.556	3.945	45.655	49.600	37.043
61 4	5.905	29.578	3.089	18.225	6.141	50.657	56.799	38.574
61 5	0.000	11.058	4.184	26.479	1.518	40.205	41.723	15.243
61 6	-22.775	10.903	4.709	31.367	0.000	24.205	24.205	-7.161
61 7	-26.593	11.373	4.494	34.988	0.000	23.864	23.864	-11.124
61 8	-41.646	14.589	4.898	36.727	0.000	14.569	14.569	-22.158
61 9	-34.789	13.493	4.709	31.441	0.083	14.772	14.856	-16.585
60/61	5.853	132.071	39.286	299.487	61.273	415.426	476.699	177.212=
61 10	-21.743	13.695	4.092	29.527	0.602	24.969	25.572	-3.955
61 11	2.508	8.952	3.299	25.359	6.577	33.544	40.121	14.761
61 12	88.921	17.525	1.580	21.259	31.881	97.407	129.288	108.028
62 1	13.496	81.462	1.487	13.218	20.567	89.098	109.666	96.447
62 2	16.027	91.221	1.511	9.903	9.530	109.133	118.664	108.760
62 3	24.462	25.506	2.789	16.791	0.286	69.263	69.550	52.759
62 4	17.715	5.723	3.899	18.992	2.515	43.815	46.331	27.339
62 5	0.843	8.460	5.300	25.730	0.827	39.508	40.336	14.605
62 6	-17.715	10.829	4.289	30.898	0.000	28.303	28.303	-2.595
62 7	-30.367	14.389	5.300	35.302	0.000	24.626	24.626	-10.676
62 8	-33.741	19.450	5.393	37.567	0.000	28.670	28.670	-8.896
62 9	-34.483	21.850	5.099	34.249	0.000	26.716	26.716	-7.532
61/62	25.924	319.073	44.048	298.801	72.789	615.058	687.848	389.046=
62 10	-26.760	26.797	4.587	29.843	2.331	32.137	34.468	4.625
62 11	-25.924	26.454	4.199	29.392	0.050	34.072	34.122	4.730
62 12	40.977	9.091	1.890	23.016	21.483	53.493	74.977	51.960
63 1	79.533	12.904	1.890	13.458	10.506	97.681	108.188	94.729
63 2	59.891	60.781	1.903	12.477	9.159	125.895	135.054	122.577
63 3	14.341	78.807	2.107	13.880	5.882	103.254	109.136	95.256
63 4	26.149	32.565	4.589	19.809	4.437	78.677	83.114	63.305
63 5	3.374	50.394	4.804	25.256	4.644	79.185	83.829	58.573
63 6	-8.435	18.749	5.309	30.249	0.000	45.873	45.873	15.624
63 7	-20.245	14.400	6.013	36.252	0.000	36.422	36.422	0.169
63 8	-18.557	9.383	6.912	38.811	0.000	36.550	36.550	-2.260
63 9	-19.401	11.609	6.599	35.217	0.033	33.992	34.025	-1.191
62/63	105.340	351.945	50.813	307.665	58.529	757.235	815.765	508.099=

YR MN	VOLUME (DV) MCM	DGANIA (DG) MCM	CONS (C) MCM	EVAPOR (E) MCM	RAIN (P) MCM	Q MCM	Q+P MCM	Q+P-E MCM
63 10	-3.374	11.867	5.610	30.820	4.979	39.946	44.925	14.104
63 11	2.531	18.662	2.999	26.839	6.886	44.146	51.033	24.194
63 12	-70.858	103.823	1.394	21.603	14.496	41.468	55.964	34.360
64 1	8.435	18.673	1.487	13.205	11.389	30.413	41.803	28.597
64 2	70.014	105.126	1.304	10.278	21.099	165.625	186.724	176.446
64 3	47.238	118.419	1.487	14.456	19.368	162.233	181.601	167.145
64 4	12.653	61.410	3.809	17.537	5.643	89.768	95.412	77.874
64 5	3.374	33.771	6.106	22.905	1.695	64.463	66.158	43.253
64 6	-20.245	18.341	10.799	29.994	0.000	38.890	38.890	8.896
64 7	-27.836	12.370	17.793	34.631	0.000	36.960	36.960	2.328
64 8	-30.367	12.280	19.901	35.870	0.000	37.686	37.686	1.815
64 9	-26.150	9.131	17.309	32.113	0.000	32.405	32.405	0.291
63/64	-34.584	523.884	90.009	290.258	85.558	784.008	869.567	579.208
64 10	-22.775	13.452	14.910	27.875	0.000	33.463	33.463	5.588
64 11	-8.435	62.767	12.689	24.957	21.868	70.111	91.979	67.022
64 12	-30.345	77.183	10.198	20.777	11.589	66.224	77.814	57.037
65 1	51.434	68.730	14.104	12.951	24.651	122.570	147.221	134.270
65 2	11.809	97.448	17.191	9.906	8.759	127.597	136.357	126.450
65 3	37.559	11.230	20.707	14.941	6.983	77.855	84.839	69.898
65 4	39.309	10.309	18.179	17.502	3.768	81.533	85.302	67.799
65 5	-5.567	8.789	25.481	24.728	0.000	53.433	53.433	28.704
65 6	-36.272	14.225	27.299	31.439	0.000	36.692	36.692	5.253
65 7	-37.116	9.326	27.713	35.566	0.000	35.491	35.491	-0.075
65 8	-42.176	9.114	28.085	36.503	0.000	31.527	31.527	-4.976
65 9	-35.269	10.627	24.989	32.981	0.000	33.330	33.330	0.348
64/65	-77.446	393.211	241.556	290.130	77.621	769.831	847.452	551.321
65 10	-15.889	9.537	17.793	26.958	3.453	34.947	38.401	11.442
65 11	-15.888	8.629	22.889	25.631	0.736	40.525	41.262	15.631
65 12	6.021	9.288	16.398	21.756	9.445	44.019	53.465	31.709
66 1	55.965	8.045	14.972	13.176	18.616	73.544	92.161	78.984
66 2	66.639	7.599	15.203	9.900	11.444	87.899	99.343	89.443
66 3	34.585	8.061	21.699	13.892	8.440	69.799	78.239	64.347
66 4	12.653	8.502	17.189	19.529	0.135	57.740	57.875	38.346
66 5	-21.595	8.861	18.816	25.986	0.067	32.002	32.070	6.083
66 6	-31.548	8.390	24.299	30.375	0.000	31.518	31.518	1.142
66 7	-47.238	7.731	24.086	35.522	0.000	20.102	20.102	-15.419
66 8	-44.540	7.272	26.411	36.423	0.000	25.567	25.567	-10.855
66 9	-42.817	7.878	27.509	32.923	0.552	24.942	25.495	-7.428
65/66	-43.653	99.804	247.275	292.076	52.893	542.610	595.502	303.426

609

תה"ל - תכנון המים לישראל בע"מ
ח'אביב, רח' אבן נבירול 54 ת.ד. 11170 מל. 263263
מלקט 00. 033654

609

Water Balance of Lake Tiberias for the years 1949 - 50

Miro P., Ben Zvi, A.

Table of Content

	page
1. Preface	1
2. Water balance equation and its component	3
3. Basic data and their reliability	4
a. measurement of Lake Tiberias level	5
b. " " "outlet" from Degania	5
c. Consumers	6
d. Evaporation data	7
e. Rain data	8
4. Water balance	9
a. results	9
b. Comparison with previous balance	11
c. Fixing unmeasured water additions to Lake Tiberias	11
5. Summary and conclusion	14

1. Preface

The importance of the hydrologic ^{pattern} followup. Several goals of Lake Tiberias' water balance:

a. Water balance computation for determining available water amounts for ^{planning} national supply and the Lake Tiberias operation.

b. Determination of flow pattern of water entering the lake and the different sources. These data are needed for predicting level changes and decisions about siding for water exit from the lake.

c. For computation of salt balance of the lake, what the previous "Lake Tiberias Water Balance" included.

The present report was designated to improve computations of annual and monthly

evaporation data which were considered in the previous report to be stable throughout the whole investigated period.

Reference to another work about evaporation in the last 6 years. Different marks which were done in

the site for improving measurements

This time the year 1949/50 was determined

as the bottom line for water balance

construction. The reasons for that.

In the future it will be possible to improve the synthetic balances in the previous report. In order to meet goal 6 of water balance, the balance of 1949/50 - 1967/68 were based on daily data. The collecting basin was divided into two main basins:

a. Collecting basin of the Jordan and its tributaries at the upper slope of Benot-Yaakov station

b. The direct collecting basin, from the down slope of Benot-Yaakov station and up to outlet station in Degania

Area of collecting basin of the Jordan up to

Pardes Huri is 1,500 km². Area of the local basins - 1,050 km². Total collecting basins of Lake Tiberias up to Degania blocks is 2,720 km².

Determination of local basins contribution (directly to Lake Tiberias) was performed by subtracting flows in the Jordan river near Pardes-Huri (or previously Benot-Yaakov) from the total discharge which actually entered the Lake, according to water balance computations.

Daily balance data are not published in this report due to economic considerations.

2. Water balance equation and its component.
(see p. 3)

At the present the flow in the Jordan river is measured 15 km north to the inlet of the river to the lake (near Pardes Huzi station). Part of the springs surrounding the lake are also measured. Local floods and springs in the lake's bottom are not measured.

For computation ^{of} local ^{basins} contribution the data of Q and Q_J are used. $Q_L = Q - Q_J$.

Drawing no 2

Gross water amount $Q_1 = Q + P$

Net " " $Q_2 = Q + P - E$

3. Basic data and their reliability

The basic data which served for daily water balance computations consist of the following

[...]

a. Lake Tiberias level measurements

Changes in Lake Tiberias reservoir were determined according to level measurements and the light volume corrected curve (drawing no 3).

Daily level drawings exist from 1925 and until today

Other details about measurements.

Accuracy - 1 cm, volume of 1.6 mm.

This error factor is considerably influential on computation but since it is stable its influence decreases to less than 5% for monthly balances and is nullified for annual balances.

b. Measurements of "releases" in Degania.

Computation of the amounts which leave the lake to the Jordan through the Degania barriers was done in two methods according to measurements means.

computation was

From (Est. 49 - Dec 63) according to gates openings in Degania barriers, difference in water level up and down the barriers and a theoretical calibration curve. From Dec 1963 - by calibration curve of the new measurements weir and water levels in the limnigraph measurement station in the Jordan river by Degania

updated calibration curve from Jan. Feb 1969 - drawing no. 4

Error range after Dec 1963 3%
" " before " " 15%

c. Consumers

Consumption data up to June 1967 comprised Israeli and Arab consumption. After 1967 - the arabic factor was multiplied. Sources of data. The assumption is that the amount consumed in 1956/57 is representative.

As for the Arabic consumption from the Golan Heights - there are only estimates: 50% of the private Israeli consumption. The error cannot affect the balance to a great extent.

Private consumers became a small component from 1964

d. Evaporation data

Only indirect measurement can be performed. Evaporation estimate could not be based on the water balance formula since ^{and at} QV are not known.

The first estimate was done by Noiman for 1953-60 and was based on energy balances. ^(sterhill) other estimates. The difference between these estimates led to the need to further investigate the subject.

2 meteorologic stations were built. Attempts were done to find a relation between evaporation amounts

and one of the basic physical parameters which was measured consecutively along a considerable period. - ^{average} Daily temperature of each month in Beqania (alef) and evaporation according different methods.

Formula - see p. 8 (top)

the error in evaporation data is about 10% - 30 mm/yr.

e. Rain data

This data are based on 3 stations around Lake Tiberias.

Formula - p. 8 (bottom), 9.

For total daily rain on the lake in mm/day the daily rain (in mm) was multiplied by the lake's area. (The lake's area - table 2, and drawing no 3).

Error - 10%, up to 9 mm/yr.

4. Water balance

In this chapter the water balance results are brought. A comparison was done between the present and the previous report. Computations of unmeasured water additions, local floods and the underlake springs were also performed.

a. Results

Results for 19 years in mm - p. 10

Example from the detailed daily report - appendix a. Summary of monthly water balances for 1949/50 - 1967/68 - appendix b.

Error in a is about 8% - ± 60 mm in the annual water balance. In contrast, the error in computations of available water is 6% - ± 30 mm.

b. Comparison with previous balances

The comparison was done with the report of "Lake Tiberias water balance, Tahal" (369) Jan 1964

results - p. 11

c. Determining unmeasured water additions.

contribution of local basins $Q_L = Q - Q_J$
to the lake

separation to different components of the entrance flow could be performed only for 15 years out of the 19 balance years.

the periods of measurements in the Jordan
Results - p. 12

ERROR - 40%

another possible formula - p. 12

Periods of measurements in the local basins.

Surface springs contributed 40 mm/yr until the end of 1964. After operation of the saline spring project - 20 mm/yr.

The results indicate a certain proportion between averages^{of} groundwater spring addition and flood averages.

5. Summary and conclusions

- A. The data presented in this report was based on [...]
- A. A new detailed computation for changing the lake's volume according to its level was done.
- B. a - average entering flow for 19 years was 723 mm/yr. Available water - 500 mm/yr
- C. In the daily balance computation the main error is in determining the lake's levels. This error is fixed, hence its influence on the total balance is decreasing as the period increases, or as there are big changes in levels.

- The advantage of the daily balance computation is that it enables determining big daily increases, as a result of winter floods, which enables an efficient operation of the lake and of Degania dam.
- e. The daily work method enabled a precise inspection of data, by comparing the different components of the balance, and also estimates and corrections for the deficient factor.
- f. The main factor in the reliability of the balance computation is the large error in the evaporation factor, hence the recent special emphasis on investigating this factor is justified.
- g. At the present, the local basins' contribution to Lake Tiberias is determined indirectly by subtracting the Jordan's river contribution from the total entering flow according to the water balance. It is desirable to start in direct measurements of local basins' contributions, and especially the eastern basin (at least at Al-Huwwa river)
- f. Parallel to the present report, other plans were prepared for use in the computer, which enable delivery of current information about basic data and balance components and also current results for water balance of Lake Tiberias.
- g. Comparison of the same period 1949/50-1961/62 according to the present balance and "Kefar Gilaadi column" in the previous report, indicates a pretty good correspondance.
- h. Analysis of the unmeasured additions to Lake Tiberias indicates a proportion between under water springs' contribution and local flood contribution. This finding could be expected if the addition

to the underwater springs come from flood.

1. In this work a distinction was made between the different components of the water balance, in order to enable in the future an hydrologic analysis of different entering flows.