

ENGLISH TRANSLATION

(MASTER COPY)

Hydrological Developments in the Winter of 1991/92

Arie Ben-Zvi and Dror Gilad

Editors

Ministry of Agriculture

Water Commission

The Hydrological Service

Tel Aviv, Summer 1992

Hydrological Changes in the Winter of 1991/2

Arie Ben Zvi and Dror Gilad

Editor

Ministry of Agriculture
Water Commission
Hydrological Service

Tel Aviv, 1992

Table of Contents

- Chapter 1: Climatological Characteristics of the Rainy Season 1991/2
- Chapter 2: Absorption and Volume in the Major Rivers and Reservoirs
- Chapter 3: Absorption and Volume in Secondary and Small Rivers and Reservoirs
- Chapter 4: The Flow of Springs
- Chapter 5: 1991/2 Winter in the Kinnereth: An Interim Report
- Chapter 6: The Evaluation of Changes in the Kinnereth
- Chapter 7: The Replenishment of Aquifers in the 1991/2 Winter
- Chapter 8: Protection Against Flooding: Problems of Criteria for Planning From the Perspective of Winter 1991/2

Chapter 1

Climatological Characterization of the Rainy Season 1991/2

Sara Rubin, Tzipora Gat, Zahara Gilboa

Meteorological Service, Beth Dagan

General Comments

In the winter of 1991/2, during a period of 100 days, from the end of November to the end of February 1992, the weather in Israel was highly abnormal because of a number of characteristics: the number of rainy days was extremely high, the number of cloudy days was extremely high and there was a severe deficit of sunny days, the average maximum temperature was very low; the nightly temperatures in many regions were the lowest ever recorded, and there were four extraordinary periods of snow and ice in January-February 1992. The snowfall was exceptional in its intensity and the wide geographic spread across areas that have not received snow in the past.

Rainfall

The rainfall regime was highly exceptional. In the central region of the country the cumulative rainfall reached some 1000 mm by the end of January, and some 1300 mm by the end of February. The normal annual average in this region is 350-400 mm at the end of January and 450-550 mm at the end of February. The annual rainfall in the central region was 200-220% higher than the normal. In several locations, around Haifa, the Kinneret valley and in the region of Mishmar Hanegev, the amount of rainfall was the highest ever recorded. In Jerusalem, where records were kept for 140 years, the level reached 1,540 mm, the highest ever recorded.

In the northern region, in most locations, the rainfall reached the highest recorded level; only in three locations was the rainfall in the winter of 1968/9 higher.

The Annual Course

With the exception of October and March-April, all months were more rainy than the multi-year average. The amount of rainfall in November was much higher than the average, and the regional spread reflected this trend. Only in the Negev region, the November level was not much higher than the annual average. In December, the amount was highest since recording began in all regions; on the average most locals recorded an 345% increase. The month of January was very rainy; the registered increase was 30-50% in most locals. In February, the trend continued; the amount was some three times greater than the annual average in the region between Haifa-Degania and Hebron-Magen. In the regions of Galilee and Negev it was two and a half larger. The most rainy place was the Jordan Valley, where the amount was four times greater than the annual average.

In the month of March, the amount of rainfall was smaller than the average in all regions. In most of the regions, the amount

was only half of the annual average and in some even less than that. In this month, the largest amounts were recorded around Jerusalem and Hebron; around Ber-Sheeva the amount was only 70-80% of the average.

In the month of April, the amount of rain was minimal and restricted to a duration of 2-3 days. In May there were 3-5 days of rain and the largest amount fell in Mount Miron and the Hebron mountains.

Rainy Periods and Amount of Rain in 24 Hours Periods

Between the end of November and February the rain fell in long periods and the intermissions between the rainy periods were short. There were four major rainy periods:

1. November 27 - December 3
2. December 30- January 3
3. January 30- February 13
4. February 23-27

This period was also characterized by large rainfall episodes over a 24 hour period. Gaza registered 130 mm on December 1, and Ramat Hakovesh had 200 mm on December 2, in Givat Brener there was 125 mm of rain on January 1 and in Gan Shomron the rainfall reached 153 mm on February 24. Numerous other places, including Mount Carmel have registered similar 24 hours records.

The Number of Rainy Days

The number of rainy days was close the average in the months of October and November and higher than average in the month of December, January and February. It should be emphasized that between November of 1991 and February 1992, there was a record number of rainy days. However, the number of rainy days in March has been lower than the average.

Snow and Hail

The period was also highly unusual because of snowfalls, which were exceptional in their geographic location, their thickness and duration. Snow fell during many days; in 130 years of recording of weather in Jerusalem, there only three years which had the same amount of snowfall, on Mount Canaan, in the past 50 years there was only one similar case. On many days, snow was falling in regions that normally do not receive any snow. There were three major periods of snow: January 1-3, 1992, February 9-10 and 23-27 February. In the first and third period, the snow was particularly heavy in the north and center, in the second period it was very heavy in the north.

In the first period, the snow started falling in the north and gradually spread to other regions, reaching eventually the Eilat mountains. In the Jerusalem mountains, northern Galilee and Gush Etzion, it reached 40 cm, and at Marom Hagolan it reached 75

cm. In the Negev mountains, the snow reached 10-20 cm.

In the second period, the snowfall was very heavy in the north. It spread to many regions, including the Coastal Plains, Mount Carmel, Jesreal Valley and other places. In the Golan Heights, record amounts were recorded (60 cm - 1 m). In El-Rom snow reached 1.5 m.

In the third period, there was also a great accumulation in the north and center regions. In Merom Hagalil, snow accumulation reached 60-70 cm and in the Golan Heights 100-150 cm.

It should be emphasized that although snowfalls occur in the mountain regions of Israel, snow is very rare in lower regions. There snow falls only in very limited amounts, every four years or so, and it dissolves almost immediately. Thus, the snowfall of 1991/2 was truly exceptional.

The hail episodes were also exceptional. The number of hail storms was very large, the size of the hail stones was very large, the accumulation deviant, and the geographical spread was very unusual. One of the most exceptional hail storms occurred on February 24 when large portions of Gush Dan were covered. On the Coastal Plains of Sharon and the Hefer Valley the accumulation reached 15-20 cm.

Temperatures

The temperature regime of the 1991/2 winter was highly exceptional. The maximum average temperatures in most regions of the country between December and April were the lowest ever recorded. The record low temperatures should be attributed to the rain and cloudy conditions. The largest difference between maximum temperatures and the long term average temperatures were registered in the month of February, when they reached -10.5 C. The differences held for all regions of the country; in the Coastal Plain area the difference was 4-6 C, in the mountain region, 5-10.5 C and in the Golan and the Jordan Valley the divergence was 6.5-8.2 C.

The average minimum temperatures were somewhat less deviant than the maximum temperatures. Even so, in most regions they were lower than the annual long-term averages, that is, between 0.1 to 2.0 C. The differences in the mountain region reached 3.6 C.

In the winter of 1991/2 there were four periods of cold fronts. January 2-6, February 9-10, February 25-29 and January 28-30. The cold fronts were closely associated with snowfall periods. In a number of regions, extremely low temperatures were recorded; especially in the mountain regions, the Galilee, the Golan Heights and the Samaria region.

In this winter season, there were also a large number of extremely cold nights, when the temperatures reached its ever

recorded minimum.

Sun and Sun Reflection

There is a very pronounced sun reflection deficit in this period. On the average, the deficit run into tens of percentages in comparison with the annual averages. The deficit reached its peak during the rainy periods and during the cloudy periods. In estimating these deficits, a number of observation posts were included which represent the geographical regions in the country: Beith Dagan in the Coastal Plains, Atarot in the Mountain Region, Tirat Tzvi in the Northern Valleys and Eilat in the southern Arava. The average deficit in the Coastal Plain was about 30%, in the Jordan Valley 25% in the southern Arava 10%. In the northern Galilee the deficit reached 30%. The deficit was largest in the rainy and cloudy period.

Relative Humidity and Evaporation

The relative humidity in December-February 1991-2 was much higher than the long term long average, and in particular, the humidity at noon time. On average, the noon humidity was 60% higher than the long term average in most locations; the difference was highest in the south and in the inner areas away from the coast. These location are normally dry. The humidity was particularly high in the first ten days of December when the difference was 22-30%. February was the most humid month with a difference of 15% in many areas. Because of the high humidity and the rainfall regime, the evaporation was lower than normal in comparison with the long term average.

Conclusions

It should be emphasized that the winter of 1991/2 was truly exceptional because of the following characteristics:

- * This season was exceptionally rainy, in particular in the central parts up to Ber-Sheeva. In a number of the measurement centers the North, only the 1969/9 period registered more rain.
- * The number of rainy days was higher than the average
- * The amount of rain registered in time periods of 1-30 days was larger than the average. In a number of locations, the amount of rain registered exceeded the figures since recording started.
- * The amount of snow and its geographical spread was exceptionally high and matched the record year of 1950.
- * The hail episodes were numerous, the geographic spread was wide and the size of the stones exceptionally large.
- * The temperatures were extremely low compared to average.
- * In many areas, the temperatures were so low, that they can be only expected once in dozens of years.

List of Tables and Charts

- Chart 1: The Amount of Rainfall in the Rainy Season 1991/92 (in mm)
- Chart 2: The Amount of Rainfall in the Four Major Periods (in mm)
- Chart 3: The Number of Rainy Days and Their Deviation from the Average
- Table 1: The Number of Rainy Days from November 1991 to February 1992
- Chart 4: Maximum Temperatures in Dec 91- Feb 92: Differences from the Multiyear Average
- Chart 5: The Average Deficit in Sun Reflection (in ten day intervals) in the winter of 1991-92 along the Coastal Plains (according to Beith Dagan).

Chapter 2

Flow and Volumes in the Major Rivers and Reservoirs

Arie Ben-Zvi

The Hydrological Service, Jerusalem

Flow Episodes

The winter of 1991/2 was rich in flooding episodes, in record setting flows and huge volumes of water in each episodes. There were four of five major flooding episodes that covered almost the entire territory of the country and an additional number of ones that were of a more limited character. Since the rainfall periods were almost continuous, the amount of evaporation was relatively small and the rivers and creeks became ready to overflow already after the first rain episodes at the end of November. This situation continued until the end of February.

The major floods took place at the following dates: November 28, 1991 - December 12, 1991; Dec. 9-16, 1991; Dec 27, 1991-Jan. 6, 1992; Feb. 3-8, 1992; Feb, 3-28, 1992.

The Volume of Flow

In the three major months of the flooding, i.e., December-February, there was a high volume of flow in the rivers (Table 1). The total flow of waters in the rivers that enter the Mediterranean Sea was 1,100 MCM as opposed to the average of 130 MCM, an increase of 8 times.

The volume of water in the Lahish and Aialon rivers was 20 times higher than the average volume. The volume in the rest of the rivers between Hadera and Shikma and in the Kishon was 10 times higher than the annual averages. On the other hand, the volume in the Bsor river was only 2 as high as the average.

In analyzing the correlation between the volume of the rainfall and the volume of flow in the rivers, some interesting findings emerge. The average volume of flow in the rivers in the past 30 years was 3% of the rainfall. In the rainy years that volume reached 7%, and in the winter of 1991/2 it reached the unprecedented level of 12% of the volume of rainfall.

The volume of flow in the upper Jordan river has reached 650 mcm which represents a 100 MCM increase as compared to the annual average. It should be pointed out that the volume of rainfall over the whole Kinnereth watershed basin was 160% higher than the multi-year average, and the volume of flow in the upper Jordan is partially fed by springs that have a "memory span" of more than an year. Because of the three year draught in the Kinnereth basin that preceded this winter, the ground water system became depleted and some of the rainfall was needed to replenish it.

The volume of flow in the lower Jordan, at the Naharaim station was 600 MCM, including some 250 MCM that represented spillovers from the Kinnereth. Thus, the volume of flow from the Yarmuk was estimated to be 350 MCM. If we shall account for the usage by Syrians and the Jordanians of the Yarmuk waters, we can deduce that the flow of the Yarmuk was higher than the annual average.

Between October 1991 and May 1992, more than 1 billion CM flew into the Kinnereth. This amount represents the following: direct rainfall, the flow from rivers and springs around the Kinnereth and other discharges from the drainage areas around the lake. The level of Kinnereth rose from the minimal -212.90 meters to the maximal - 208.90 meters in the month of May. Between these two levels, 640 MCM of water was stored. On February 9, 1992 the gates of the Degania dam were opened and water from the lake started to flow into the lower Jordan. The volume of this flow that continued until the end of May, was 250 MCM. During the winter and spring months, the National Carrier pumped 210 MCM from the lake.

The level of the Dead Sea in the fall of 1991 continued its multi-year decrease and on November of 19, 1991 it reached - 408.37 meters. Since then, and until March 29, 1992, the level rose by 1.90 meters. In our estimate, some 600 mcm reached the Dead Sea from the Kinnereth and the Jordan and the rest came from the rivers and creeks that empty into the Dead Sea basin. The volume of flow from the Arava rivers was not high.

Flow Rates

In the winter of 1991/2 there were very high flow rates in many rivers, and in some of them, the flow was extraordinary as compared to the 25 past years (the extraordinary ones are in bold).

October 13-14, 1991	Tzim
December 2-3, 1991	Hadera, Yarkon-Aialon, Lahish
December 9, 1991	Kishon, Hashophet, Dalia, Snir
December 13, 1991,	Yarkon, Ekron
December 27, 1991	Aialon (Lod)
January 1-2, 1991	Kishon, Taninim, Dalia, Hadera, Yarkon-Aialon, Shorek, Ekron, Lahish, Upper Jordan, Meshoshim, Lower Jordan
January 31, 1992	Helzon, Kishon, Meshoshim
February 4-9, 1992	Kishon, Aialon, Lahish, Beer-Sheva Upper Jordan, Lower Jordan
February 12, 1992	Ada
February 25, 1992	Kishon, Ada, Hadera, Yarkon, Uga
March 4, 1992	Lower Jordan

It should be emphasized that the flood episodes in the rivers of Dalia, Yarkon-Aialon, Lahish and Uga caused damage, and those that occurred in the rivers of Natuf and Maharal caused the loss of life. Every year there are some damages from flooding, but the loss of life is apparently caused by the lack of awareness on the part of the public.

Damages

There were numerous instances of damage and obstructions caused

by the floods, including the closing of the Netivei Aialon highway system around Tel-Aviv in December and January, and the flooding of numerous neighborhood around the country.

List of Tables and Charts

- Table 1: The Volume of Rainfall and Flow by Watersheds between October and April
- Chart 1: The Volume of Rainfall and Surface Runoffs in the Western Watershed
- Chart 2: The Level of Kinnereth
- Chart 3: The Pumping of Water from the Kinnereth by the National Carrier
- Chart 4: Hydrographs - Yarkon River, Aialon River
- Table 2: Exceptional Discharges in Winter 1991/92

Chapter 3

Flow and Volume in Medium and Small Rivers

Rami Garati

The Station for Erosion Research
The Department of Land Preservation, Ministry of Agriculture

General

On November 27, 1991 a series of rainfalls began that continued until the end of February 1992; the total duration was 95 days. In this period 60 days of rain and five long storms with abundant precipitation were recorded. Most of these infrequent rains fell north of Beersheba, that is the Negev was not included in this rare hydrological occurrence. The main features of the rain were:

1. the rain clouds twice exceeded the annual average.
2. there were long periods of rain with short pauses between them.
3. the magnitude of the rain in these periods was in general unusual.

In the wake of these rare rains there occurred a rise in the level of many basins in the country, that overflowed and flooded land and settlements. Agricultural fields suffered erosion and serious damage was inflicted on the country's drainage and transportation infrastructure. The flooding in this winter are characterized by: 1) Large peak discharges in drainage basins of every kind, ranging from small to very large drainage areas, 2) a rare series of discharges that occurred many times in each area, 3) flow that was rare in duration and volume and also rare in the relation between volume and precipitation.

This article explains the occurrence of the runoffs in small and medium sized basins and their influence on the nationwide drainage system.

The Systems of Recording Stations of the Station to Investigate Erosion

The station for research on erosion serves as part of the land preservation wing in the Ministry of Agriculture. Within the framework of research whose purpose is to update the criteria for planning of on-land drainage systems, a network of hydrometric stations around the country was created. The stations were charged with measuring the peak discharges in the different episodes of runoffs. The system grew fast in 1979-1980 and within two years there were more than 80 stations, including 20 recording stations (see Table 1). The factors that sustained this network in the course of the years was the infrastructure of developing a model to assess questions of measurements in small and medium basins. Today this network has been well integrated in the overall hydrological service in the country and helps to obtain a good overview of the overall of hydrological occurrences.

In addition to our permanent station this year measures were taken in a number of additional places - in the basins of Hof Hacarmel, in Yavniel, Tavor, and Golan. This reading were needed in order to estimate the rare flows of this exceptionally rainy season.

Occurrence of Flooding in Small and Medium Sized Basins

As was stated, there were five large storms that were characterized by large volume of rainfall; they caused widespread flooding in much of the country from Beersheva northward. In the stations record peak flows were recorded; the records were historically unprecedented. Since the number of years that measurements were taken is relatively small, a probability model of peak flow was used, based on the Tahal model. Table 1 provides the data on a number of measuring stations.

The rarest peak discharge occurred in the basin of Nahal Poleg, and we assessed their probability at close to 1%. In the basin of the Harod and Yissachar rivers, large rises occurred, although this was less than the rise in January of 1990 that we have documented. In the boundaries of the western Galilee, unusual rises were recorded. Table 1 does not exhibit of the southern hydrometric stations, since they did not register unusual occurrence. From the above table it seems that most stations of the network recorded rises equal to the rises that are covered in the probability of 5% or more. In the basin, some of the recordings show extraordinary peak discharges in comparison with past records, whereas in others large but reasonable levels were recorded.

Table #2 shows the data of the annual peak discharge in two basins, Te'enim and Barkai. In both, unprecedented discharges were recorded, especially in Te'enim.

Discharges with extreme low probability occurred in a number of places and were distributed over a wide part of the country. An occurrence of such magnitude has never occurred in the country since measurements began. Chart 3 illustrates these highly unusual peaks.

The probability of peak discharge in small and medium basins and their spread over wide areas is very similar to the picture that has been obtained in the stations measuring the principle basins which are now serviced by the hydrological service. We can summarize by noting that the peak discharges this year occurred within a wide spread, a low probability of occurrence and with the by the occurrence of these rare discharges a number of times during the winter season. These three elements make this year truly exceptional.

If we were truly astonished by the rare peak discharges and the magnitude of damage caused by the flooding that they caused, we have also registered the exceptionally high volume of runoffs this year. Charter 3 provides a characteristic picture of the levels this years. From the start of the season the levels and volume in the rivers was very high and it continued all winter.

Such a phenomenon was never observed before on our station. The

normal pattern of occurrence is different: the rise in the level of the rivers is short and there are fairly long intermissions between peak occurrences. The amount of runoff this year was larger in absolute way and in relation to the rain. An occurrence of an unique runoff was recorded in small basins with an area of 6 km and in the big basins with an are of up to 110 km. The assessment of uniqueness of the flow is parallel to the assessment that is received in specific territories and in part of small runoffs. Table 4 show, for instance, the runoffs of annual clouds that inundated Nahal Evtach in this year in relation to previous years. The data on Nahal Evtach is characteristic of the countrywide relations between the amount of rainfall and runoffs. So, if we assume that in the basin of the Evtach river the rainfall was 1,100 MM, some 45% of the water flew to the Mediterranean sea.

Table 5 is showing the net runoffs that were measured this year in relation to the drainage area. The degree of runoff was larger in all of the basins and some basins they were extremely rare. The peak levels were characterized by long flow periods and very high volumes of runoffs and net runoffs that were extraordinarily high.

The Impact of the Flooding on the Drainage

The fare floods and their specific features caused heavy damage to the country, ranging from household structures to agricultural settlements and the system of drainage and traffic. The department for the Preservation of land and drainage were forced to struggle with problems such: many field that were covered and flooded, orchards that were buried under large amounts of silt, and systems of canals that were destroyed. The copying capacity of rivers and drainage canals is based on a discharge within the range of 10% probability and thus the system had difficulty copying with the record and low level probability flooding this year. Three factors combined to destroy the system.

- 1) large peak discharges beyond the maximum level of discharge that was expected.
- 2) a great number of large discharges that exceeded the estimate ones.
- 3) long periods of flooding

The workers employed by the drainage authority that are trained to strengthen the drainage system struggled in the past with a rare occurrence that hurt a small part of the system once every few years. In this kind of situations it was possible to specify forces and a budget to deal immediately with the damage that was created and to return to a normal operational level.

This year it was not possible to attend to the canals during the winter. The continuous flooding and discharge persisted destroying the canals and created damages that have not been seen in the past. Many canals were eroded by a great force and hydrological stabilizer apparatus buckled. In many cases the

drainage engineers had no idea how to act and conceded defeat.

According to a report of the Department of Land Preservation and Drainage in the Ministry of Agriculture, some 350 km out of the 2000 km of canals around the country have been destroyed. The cost of the damage is 60 million NS. The network of canals is the backbone of the drainage system of Israel and it is of great importance that it will be rebuilt. All the settlements in the country, all the agricultural land, transportation system and air system and industry drain into these canals.

The occurrences of this season should indicate to the decision makers that is not only important to fix the system of canals but to prepare it for rare rainfalls such as those that occurred in this season. Likewise, this season has provided support for a number of hypotheses that in the past served as a basis for our considerations; many other topics should be reassessed from scratch. Research into the rain and flooding this rare year will occupy the hydrologists for a long time.

List of Tables and Charts

- Chart 1: The Location of Stations for Research on Erosion
- Chart 2: Annual Peak Discharge in the Te'enim and Barkay Rivers
- Chart 3: Flow Periods in the Evtach Watershed
- Table 1: The Frequency of Rare Discharges in a Number of Measuring Stations
- Chart 4: Volume of Annual Runoffs (in mm) in Evtach River
- Chart 5: The Volume of Annual Runoffs in Different Basins

List of Tables and Charts

Chart 1: The Location of Stations for Research on Erosion

Chart 2: Annual Peak Discharge in the Te'enim and Barkay Rivers

Chart 3: Flow Periods in the Evtach Watershed

Table 1: The Frequency of Rare Discharges in a Number of Measuring Stations

Chart 4: Volume of Annual Runoffs (in mm) in Evtach River

Chart 5: The Volume of Annual Runoffs in Different Basins

Chapter 4

The Discharge of Springs

Dror Gilad

The Hydrological Service, Jerusalem

General Background

The average annual discharge of springs in Israel is 800 MCM. Some 3/4 of it is fresh water, below 500 mg/l of chlorides. Most of the fresh water springs are located in the Kinnereth basin; there is some 400 MCM in the Jordan springs that feed from the Hermon and some 50 MCM in the Golan Heights. In the Upper Galilee, in the east and west watersheds there are fresh water springs whose estimated volume is 50 MCM. In the east watershed area, from the Harod Valley to the Dead Sea there are springs that contain some 200 MCM of water, half of it fresh.

Saline springs are to be found in the outlet areas of the Mountain Aquifer - some 30 MCM and the Lower Galilee Aquifer (Neeman) - 10 MCM. The salinity is caused by contamination from sea water.

The volume of rain in the center of the country has reached 200 - 220% above the average, and in the north of the country it has reached 150-180% above the average. The same increase in volume was assumed to exist in the aquifers that feed these streams. In the past few draught years, the level of the aquifers went down, and the volume of flow in the springs decreased accordingly. In the Jordan river springs of Dan and Banias and the spring of the Taninim river the volume of flow has decreased by half of their long term averages.

At this stage, it is not possible to provide the data on the annual flow of the springs, but it is possible to use the spring data to extrapolate for the entire year. The evaluation of the salinity of springs was based on the measurements of chlorides taken in the fall of 1991 and the spring of 1992.

Flow in the Large Springs

Table 1 gives the data on the discharge (liter/sec) at the minimum and maximum points for the past five years. Out of the 10 large springs (more than 10 MCM of flow a year), only 2 are in the western watershed area: the Taninim and the Neeman river. Five of the springs have a fresh water flow of more than 400 MCM on the average, and the Dan springs account for about half of it. The saline springs have a combined average volume of 110 MCM a year.

The springs can be divided into three groups: 1) stable springs which have a large storage capacity; 2) seasonal springs that are characterized by a steep decline in the flow curve; 3) springs that dry up during the dry season.

1. Stable springs

This group include the large springs where the factor of decline (ratio of maximum to minimum discharge) is lower than 2 and the ratio of maximum to minimum flow is also lower than 2. The total

volume of flow in these springs was 367 MCM in 1987/88. Last year, that is in 1991/2, the ratio of maximum to minimum discharge was very large and the maximum flow was much higher than the maximum flow of 1988.

2. Seasonal springs

The flow of the Banias spring system, the major element in the Hermon river, has been variable in recent years. It went from 88 MCM in 1987/88 to 37 MCM in 1989/90. The minimum discharge level in the winter of 1991/2 was in October and the peak was in May. The ratio of discharge (maximum to minimum discharge) was 11.5.

The spring system of the Taninim river and, in particular, the Hanania spring subsystem are saline springs. In the past few years the flow of these springs has gradually decreased, because of the decline in the level of the Yarkon-Taninim (Mountain) aquifer. The decline was from 38 MCM to 20 MCM in 1990/1. The minimum discharge was in October and the maximum one was in March of 1992; the ratio was 5.4.

3. Drying up springs

The Naaman springs (Afek) that drain into the Kinomen aquifer in the Lower Galilee are saline. In the past five years, excluding 1988/9, the spring dried up completely in the summer, because of the intensive usage of the upper parts of the aquifer. Up to November of 1991 the spring was completely dry. The maximum discharge was measured in March 1992 and it was 2 times larger than in 1998/9.

Uga, a spring that drains into the Kinomen aquifer in Samaria, has a flow regime that is highly dependant on rainfall. In the past five years it became totally dry twice. In November of 1991 it was dry, but the maximum discharge was registered in February of 1992.

Comparisons

Chart 1 demonstrates the maximum and minimum discharge in selected characteristic springs in the past five years.

- Notra Spring - a large and stable spring. In the past few years there was a tendency of the spring to decline, until the last year when the spring rejuvenated in the winter.
- Banias Spring - a annual spring that has a large flow. There was a decline in the past few years until 1989/90. The rejuvenation in the flow of the last winter has not reached the level of 1987/88 because of the depletion of the aquifer in the past few years.
- Ein Hashomer - an seasonal spring that has a medium discharge.

In the past few years there was a gradual decline. In the last winter the maximum discharge was higher than the peak level of 1987/88.

The Rejuvenation of Springs in the Winter of 1991/2

The heavy rains of the past winter caused many of the seasonal springs to rejuvenate. Many of the seasonal springs with a small volume have dried up in the summer of 1991, or even before that. Table 3 provides a list of selected springs that became rejuvenated.

The seasonal factor (the ratio of maximum to minimum discharge) was extremely high this year and it indicates that the aquifer that feeds the spring has been replenished. The minimum discharge was in November, the rejuvenation started in December, and the peak was reached in February-March.

Table 4 lists 28 selected springs (volume of above 0.1 MCM) that became rejuvenated. The most prominent among them are:

Ofek	(Naaman)	1, 700 CM
Saar	(Hermon)	1, 900 CM
Barid	(Hermon)	1, 800 CM
Doleiv	(Pria)	2, 000 CM
Uga	(Shomron)	2, 500 CM
Poer	(Shomron)	8, 800 CM

List of Tables

Table 1: Maximum and Minimum Discharge and Volumes in Selected Springs

Table 2: The Ration of Maximum/Minimum Discharge in Stable Springs

Chart 1: Minimum and Maximum Discharge in Selected Springs

Chart 2: Dan Springs : Discharge and Volume - Annual

Chart 3: Taninim Springs: Discharge and Volume - Annual

Table 3: Rejuvenation of Selected Seazonal Springs in 1991/92

Table 4: The Rejuvenation of Selected Dry Springs in 1991/92

Chapter 5

Winter of 1991/2 in the Kinnereth: An Interim Report

Shmuel Asulin and Michael Shaw

Mekorot

Introduction

The winter of 1991/2 has been characterized by larger than average rainfalls. Because of the draught years that preceded this winter, the climatological and hydrological changes have been even most striking. Between November 1991 and April 1992 the level of the Kinnereth has risen by 4 meters. Very large levels of flow were registered in the Jordan river that enter Kinnereth and there was flooding in rivers that were dry in the previous period. Because of this bounty, pumping from the Yarmuk was stopped on February 9, 1992 the flood gates of the Degania dam were opened so that the level of the Kinnereth did not go above the maximum "red line" fixed at -208.90 meters.

The First Balances of Water and Salt in the Winter 1991/2

Table 1 presents the changes that occurred between October 1, 1991 and May 31, 1992. It should be pointed out that some of the values are not precise because the data of the hydrological service on which the table is based is not final. The data on private consumption does not constitute "real data" ; it was extrapolated from last year figures.

In the period under discussion, 665 MCM of water entered the Kinnereth from the Jordan river (as opposed to 251 MCM in all of 1990/1). The volume of direct rainfall that was evaluated on the basis of seven measurement stations was 123 MCM. The figures for direct runoffs were particularly impressive; they amounted to 20 times more water than in the entire previous year. In this period, the National Carrier pumped 210 MCM (compared to 120 MCM in the whole of the previous year). In order to prevent the breaching of the upper "red line", 250 MCM were diverted through the Degania dam floodgates to lower Jordan and the Dead Sea. The evaporation figures are similar to the ones registered at the same period of the preceding year. In this sense, the lower temperature of water in the Kinnereth has not affected the rates of evaporation.

The data on the salinity of the Kinnereth are presented in Table 2. Because of a large volume of fresh water that entered the lake, the average level of chlorides went down from 252 mg/l to 210 mg/l. The total amount of chlorides which was 921 thousand tons went down to ??? thousand tons ... (this part of the text is mangled) ... even though there was a considerable outflow of water from the Kinnereth to the lower Jordan and the National Carrier.

Comparison to the Winter of 1968/69

The last winter that had similar characteristics as the current winter was the winter of 1968/69. The data on the winter of 1968/69 were taken from a number of previous reports that were published over the years. The comparison between the amount of rainfall in the two winter periods is given in chart 1. The most

radical difference is in the amount of rainfall in the month of February. Overall, the amount of direct rainfall on the lake was higher in the current winter season (122.6 MCM vs. 101.1 MCM). The other major differences pertain to the level of the Kinnereth at the beginning of the rainy season. In the 1968/69 season, the level was 2.6 meter higher than at the current season. As a result, in the current season, it was possible to retain most of the water in the lake; the volume of water released through the Degania dam in the current winter was only a quarter of the one released in the previous one. In fact, in 1968/69 all the water that entered Kinnereth had to be released. The initial differences in the level of the lake had a differential effect on the salinity of the water. In the 1968/69 season, the salinity went down from 297 to 243 mg/l, but the overall amount went down from 1,230 thousand tons to 1,050 thousand tons. But in the current winter, in spite of the fact that there was a considerable desalination of the water, there was less difference in the total amount. It can be expected that, with the resumption of pumping in the dry season, the salinity level will raise to the 250 mg/l level.

The Activity of the Saline Spring System

It is important to analyze the activity of the saline springs in the current winter and compare it to the previous draught winter. The characteristics of the springs activity are represented in Table 3. The differences between the two winter seasons 90/91 and 91/92 are represented in chart 4. In the winter of 90/91, the increase of the flow in the saline springs lead to a doubling of the amount of salt, but in the winter of 91/92 the ratio is quite different. In spite of the considerable increase in the flow of water, the salt deposit has not risen drastically, leading to the conclusion that the salinity of the springs has been reduced in the current winter. Another interesting characteristic is that in the current winter the record flow was achieved in March, one month after the peak rainfall, whereas in the winter of 90/91 the peak was achieved two months after the peak rainfall.

List of Tables and Charts

- Table 1: The Balance of Water in Kinnereth - Approximate Values in MCM/month
- Table 2: Main Elements in the Balance of Salt in the Kinnereth 91/92 - Approximate Values
- Chart 1: Comparison Between Direct Rainfall in the Lake Winter 1968/69 and 1991/92
- Chart 2: Changes in Lake Level in winter 1969 and 1992
- Chart 3: The Flow of Jordan and Degania Dam in the Winter 1968/9 and 1991/92
- Chart 6: The Change in the Flow and Salinity in the Polian Spring 6 in 1969 and 1992
- Chart 7: The Change in Flow and Salinity in Kinnereth Pumping Station 7 in Winter 1969-92
- Table 3: Evaluation of the Activity of the Saline Springs in Kinnereth in Winter 1991/92

Chapter 6

The Evaluation of the Changes in the Kinnereth

Yoel Geifman

Mekorot

Introduction

There are difficulties in evaluating the water quality in the Kinnereth because of the short time perspective. Only a tentative evaluation is possible.

Nitrites

Nitrites have shown the most deviant pattern of behavior in the current winter (chart 1). The large flows of water into the Kinnereth have dramatically increased the amount of nitrites in the lake. The correlation between the flow and the amount of nitrites is shown in the chart.

Ammonium

The concentration of ammonium went down in the winter, but the decrease in the level exceeded expectations. This phenomenon is apparently linked to the abnormal concentration of nitrites in the water.

Phosphate (SRP)

The amount of SRP has a direct impact on the amount of algae in the lake. There was an increase in the level of SRP in the winter months. One of the reasons for the increase was the flow of large amounts of phosphates from the watershed basin of the Kinnereth. However, after the peak the level went down to the amount registered in the winter of 1988.

Chlorophyll

The level of algae was not high in the months of March-April. The level went up in the month of May and it should be considered a deviant phenomenon.

Deposits and Murkiness

The record flows of January and February of 1992 swept record amounts of deposits into the lake. The influence of this activity can be seen in the increase of the level of deposits and the opacity of the water in the upper layer (20-25 meter). There was a direct impact on the quality of water that was pumped by the National Carrier. The concentration of deposits and bacteria was especially high in the months of January and February of 1992 at the area around the National Carrier outlet.

Temperature

Because of the climatical conditions in the winter, the temperature in the Kinnereth was abnormally low. The water temperature has an impact on a number of processes, including fish. It can be expected that fish life in the lake was affected and a number of species would temporarily decreased.

Oxygen

The concentration of oxygen was abnormally low.

Conclusions

There were at least two external elements that influenced the quality of water in the lake; the low temperature and the large amount of deposits that were carried in the flow from the drainage area.

List of Tables and Charts

Chart 1: Concentration of Nitrates in the Various Layers of Kinnereth

Chart 2: Ammonium in the Layers of the Kinnereth

Chart 3: SPR in the Upper Layer of the Kinnereth

Chart 4: Chlorophyll in the Kinnereth

Chart 5: Opacity in the Layers of Kinnereth

Chart 6: Deposits in the Kinnereth layers

Chapter 7

The Replenishment of Aquifers in the Winter of 1991/92

Shalom Goldberger

The Hydrological Survey, Jerusalem

The Coastal Plains Aquifer

Chart 1 presents the rise of the level of the aquifer in the winter of 1991/92 and in the 7 preceding winters. The data is based on 280 drills and represents arithmetical averages. The chart makes it clear that in the last winter, the level has risen three times the average rise of the past seven years.

From the analysis of data, it is clear that the amount of water that was added to the aquifer is some 750 MCM. Out of this amount, 120 MCM were added through a variety of means including artificial recharge, the rest was contributed by rainfall.

In spite of a considerable increase in the level of the aquifer, in some of the locations the level is still negative (chart 2 showing data in April 1992). The total deficit in the aquifer is still some 1,000-700 MCM.

The Yarkon-Taninim Aquifer

The rise of the level of the aquifer and its replenishment is the highest since 1958. The level around the major pumping sites between Maanit and Agur rose 9-10 meters. This number should be contrasted with the average rise of 3.5 meters and an average raise of 4.5-5 meters in rainy winters.

The levels at the high mountains e.g. Ein Kerem rose by 13-20 meters, around Ber-Sheeva, though, it rose only by 4 meters; however it is expected to go up in the summer.

The differences can be seen in some of the pumping sites. For instance, in the Menashe T/1 station, the level in October 1991 was 9.26 meters, only 26 centimeters above the "red line". In April 1992, it went up to 18.60 meters. Around the pumping station located near Rosh Haain, the level was 11.39 meters in November 1991; in June 1992 it reached 21.0 meters. This level is higher than the overflow level and for the first time in some 30 years, water actually flew into the Yarkon.

The minimum level in a pumping station near Ber-Sheeva was 13.32 meter in December 1991. In June 1992 the level rose to 17.11 meters.

The changes in the levels of the three stations is illustrated in chart 3. It has been estimated that the volume of water that was added to the aquifer is some 800 MCM. Only 25 MCM of this amount was recharged from the Kinnereth. The average annual replenishment is 350 MCM; the amount this year was twice as large.

The Aquifers in the Galilee

Charts 4-6 demonstrate the replenishment of the aquifers in the

Galilee and the Carmel. The increase in the level in the winter of 1991/92 is almost double the average increase. Unlike the situation of the Coastal and Mountain aquifers which was truly unprecedented, the Galilee had some very rainy winters in the past; in the winter of 1968/69 the rise of the levels of the Galilee aquifer was larger and the level of the aquifer were higher. It is possible to assume that since the storage capacity of the Galilee aquifers is smaller and because of the high volume of water that passed through them, there would be a decline in the amount of salinity.

Conclusions

The increase of the level of the aquifers, and especially the Coastal and Mountain Aquifers was almost three times as high as in the multi-year average. Such huge volumes have never been registered since measurements started several decades ago. In the northern aquifers the replenishment level was twice the average amount and was the same as in the winter of 1968/69. It should be emphasized that the volume of rainfall in the center of the country was twice as large as the multi-year average and in the north it was one and a half larger than the average. Comparison with the volume of the replenishment in the aquifer in the center and northern areas indicates that there is a non-linear correlation between the volume of rain and the amount of recharge of the aquifers.

List of Tables and Charts

Chart 1: The Average Increase in the Coastal Plain Aquifer

Chart 2: The Hydrological Service The Map of Levels - Coastal Plain Aquifer

Chart 3: The Changes in the Yarkon-Taninim Aquifer (in selected representative pumps)

Chart 4: The Changes in the Level of the aquifer of Western Galilee

Chart 5: Changes in the Level of Selected Representative Pumps in the Eastern Galilee

Chart 6: Changes in Representative Pumps in the Carmel

Chapter 8

Defence Before Flooding - Problems of Selecting Criteria for
Planning in the Perspective of the Winter 1991/92

Yosef Dalin

Consulting Engineers

List of Tables and Charts

Chart 1: Frequency of Curves for Different Periods

Introduction

It is conventional to design structures for crossing rivers and other hydrological oriented structures based on the principle of flood design. Flood design is based on probability assumptions that hold for a certain period of return as well as the importance of the structure that needs to be protected.

The decisions that have to be made hinge upon the question of what is a reasonable flood design and a reasonable period of return.

The Period of Return of Flood Design

This question has arisen because of a series of floodings in the winter of 1991/92 that included some major locations: the network of highways around Tel-Aviv, known as Netivei Aialon, the rivers of Aialon and Yarkon, the Lahish river in Ashdod, Dalia river in the Arab village of Pureidis and flooding in the low laying neighborhoods around Haifa, known as the Krayiot. The flooding and the damage has prompted a public debate and a quest for solutions that, at least partially, were not based on professional calculations.

The following article will try to address this extremely complex issue. First of all, there is a need to estimate the period of return for flood design. The period of return is equivalent to the average number of years in which a certain flood episode will be equal or exceed the flood capacity of the particular structure. For instance, if it was estimated that a volume of 1,000 MC of water will flow in the Ber-Sheeva river every 20 years, the probability of this even occurring is 5% in a 100 years.

Population vs. Sample

If we had data that was taken during a very long period, say, hundreds of years, then we could claim that we have a "populations" of event from which to estimate the return period.

In reality, a series of data events like this is not available in Israel; in many cases, measurements have started only 40 years or less. In some cases, the time span for data collection is much shorter. Thus, at best, we can only get a sample of events, rather than a "population" and this sample is fairly small.

If we want to use the sample for future estimates, we have to extrapolate. It is known that the extrapolation becomes less exact the longer the period that we are trying to estimate. The longer the extrapolation period, the higher the probability for errors in the estimate.

The errors stem primarily from what is known as "sampling errors"; they can be caused by a number of problems ranging from the lack of homogeneity in the recorded data to improper spread

of events.

A Sample of What?

The question here is what kind of data events should be included in the sample. If we want to base the sample on the flow of water in a certain river, we have some forty measurements of peak flow, based on the 40 years of records. However, the events of 1991/92 can represent a true deviation from long term patterns. For instance, the maximum flow observed in the Hadera river since 1949 was 160 MC/sec, and it was registered only once. In the last winter, there were three episodes where the maximum flow was 180 MC/sec. If we operate within our sample, we should conclude that the probability of a flow that is higher than 160 MC/sec is 2.5%. However, it is quite possible that this probability is not true and other probabilities should be used. It should be also emphasized that different kinds of probabilities have to be taken into account, when damage to different structures is being estimated.

A Hydrological Manual

In order to improve our ability of flood design and return periods, a hydrological manual is needed. This manual needs to contain all the hydrological and meteorological data that has been collected in Israel in the past 50 years and more. The data has to be arranged on a regional basis and according to different kinds of events. The data about a certain river, or a certain meteorological station is not adequate enough for hydrological projections. The manual will improve our ability to develop criteria, regional envelope curves and methods of evaluation data. At the moment, there are no uniform criteria for measuring and evaluating hydrological events; there are regional variations and variations according to experts.

ENGLISH TRANSLATION

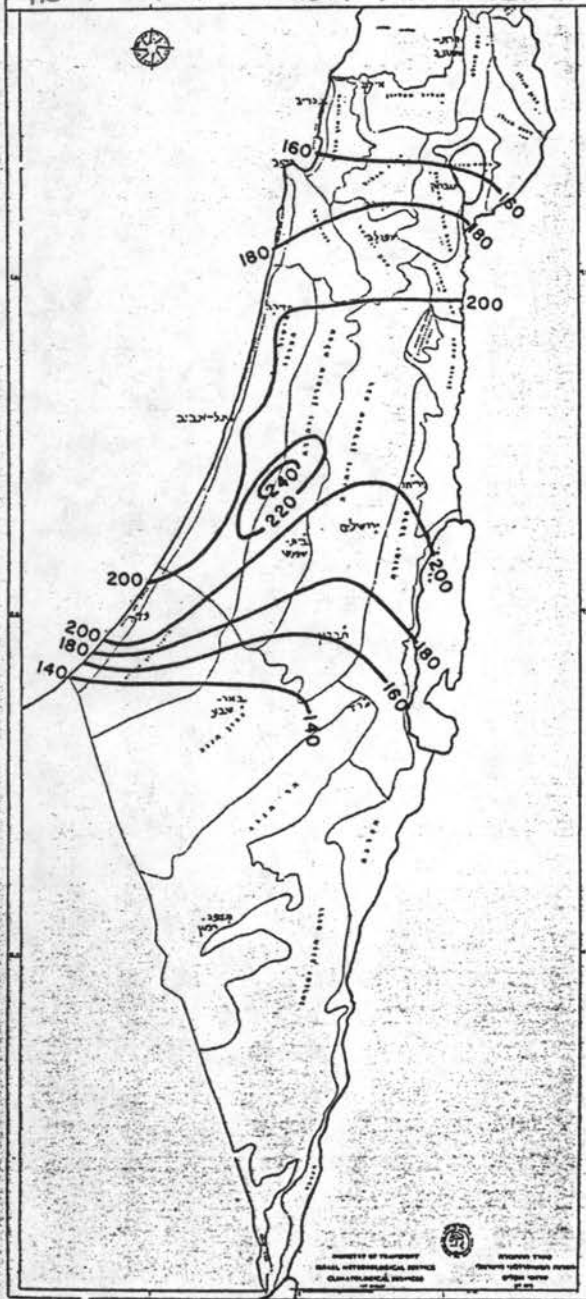
THE TABLES AND CHARTS

(MASTER COPY)

CHART 1. THE AMOUNT OF RAINFALL IN THE RAINY SEASON
1991/92 (in mm)

תרשים מס' 1: כמות הגשם בעונת 1991/92 (מ"מ)

כמות הגשם בעונת 1991/92 ב-% מהממוצע הרב-שנתי
THE AMOUNT OF RAINFALL IN 1991/92
AS % OF THE MULTI-YEAR AVERAGE



כמות הגשם בעונת 1991/92 (מ"מ)
THE AMOUNT OF RAINFALL IN 1991/92
(in mm)

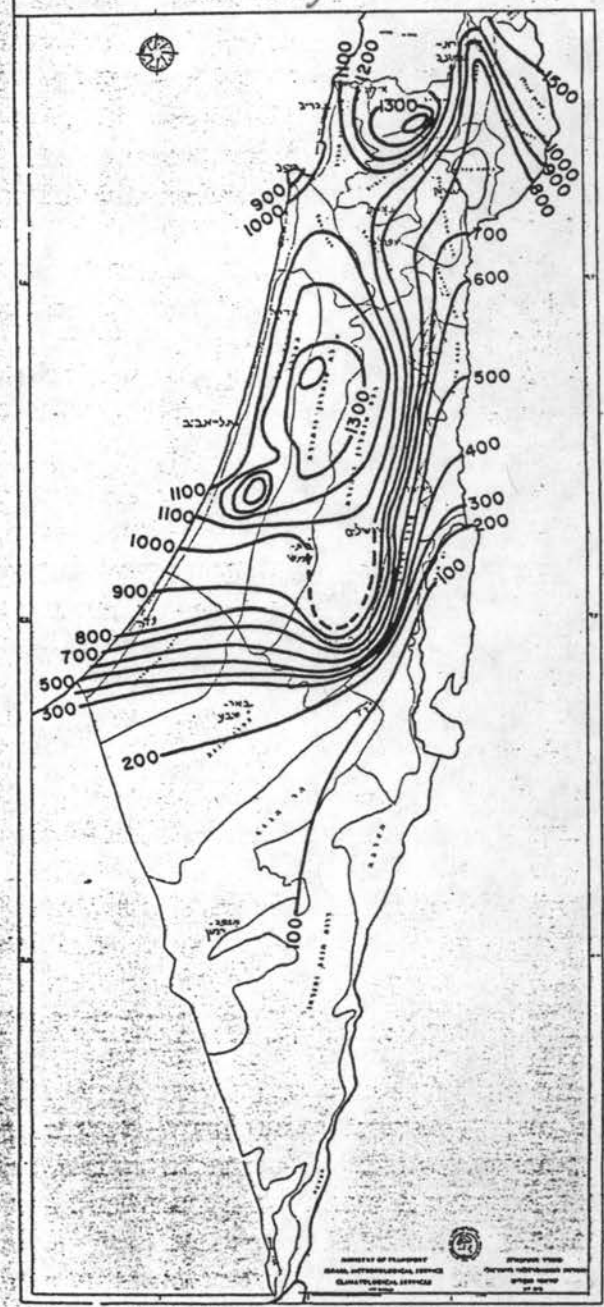
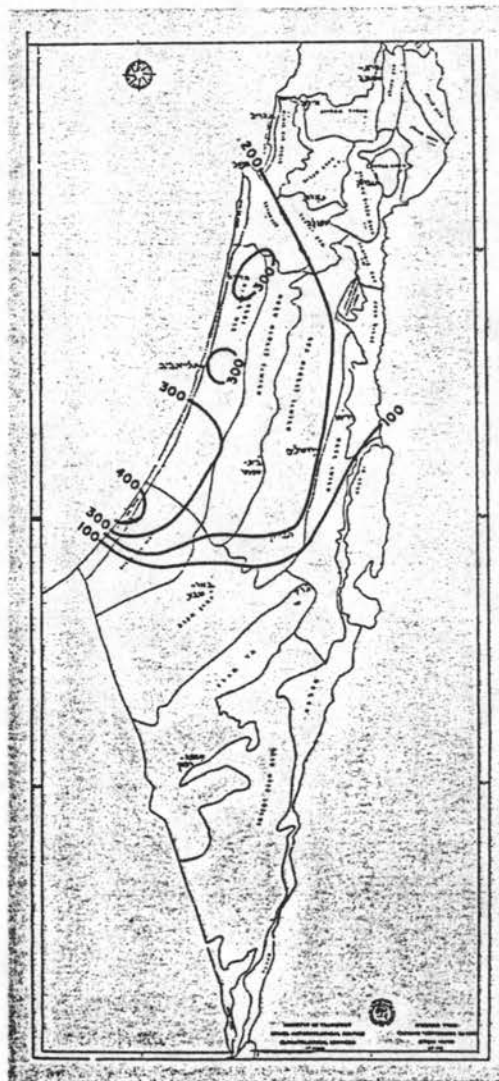
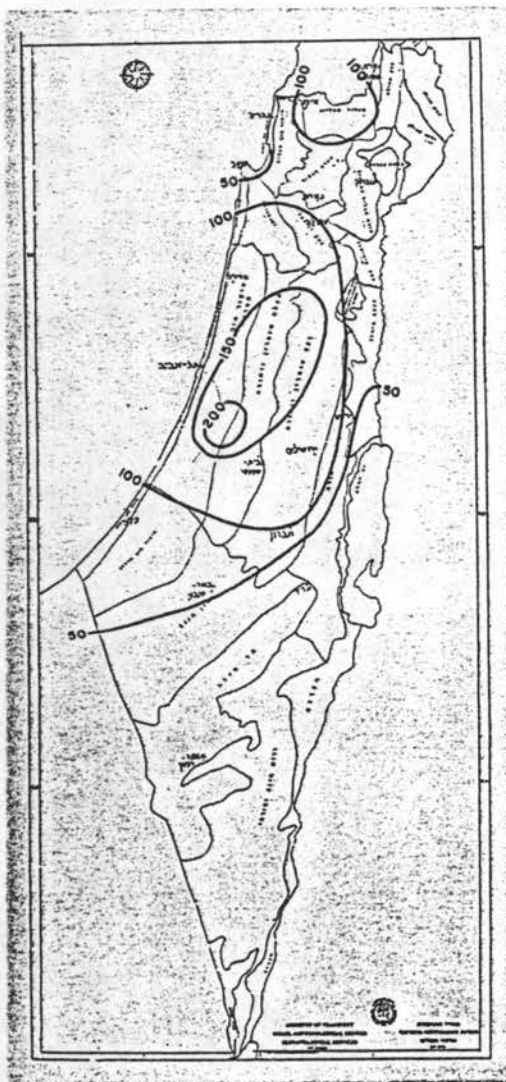


CHART 2: THE AMOUNT OF RAINFALL IN THE FOUR MAJOR PERIODS (IN mm)

תרשים מס' 2: כמות הגשם בארבעת פרקיו המרכזיים (מ"מ)

RAINFALL PERIOD #2
JAN 2, 1992 - DEC. 30, 1991
פרק הגשם 2: 2.1.92 - 30.12.91

RAINFALL PERIOD #1
NOV. 27, 1991 - DEC. 3, 1991
פרק הגשם 1: 3.12.91 - 27.1.91 ?



CHAPTER 1

חורף זה התאפיין גם בכמויות יממתיות גדולות. כמויות הגשם הגדולות ביותר ירדו במקומות שונים לאורך מישור החוף בדצמבר, בינואר ובפברואר. בעזה ירדו ב־1 בדצמבר 130 מ"מ; ברמת הכובש, ב־2 בדצמבר - 200 מ"מ; בגבעת ברנר, ב־1 בינואר - 125 מ"מ; ובגן שומרון, ב־24 בפברואר - 153 מ"מ. באזור הכרמל ומורדותיו, מאזור בית אורן ודרומה, עד אזור דליה, כולל חוף הכרמל באזור עין כרמל-פרדיס, ירדו ב־9 בדצמבר יותר מ־100 מ"מ (רמת השופט - 173 מ"מ; רמת מנשה - 135 מ"מ; כרם מהר"ל - 134 מ"מ). במרבית התחנות באזור זה היה אירוע הגשם חריג ובחלק מהתחנות לא נרשם אירוע דומה בכל תקופת המדידות - 40-50 שנה.

RAINFALL PERIOD #4
FEB. 2, 1992 - FEB. 23, 1992
פרק הגשם 4: 29.2.92 - 23.2.92

RAINFALL PERIOD #3
JAN 30, 1992 - FEB. 13, 1992
פרק הגשם 3: 13.2.92 - 30.1.92

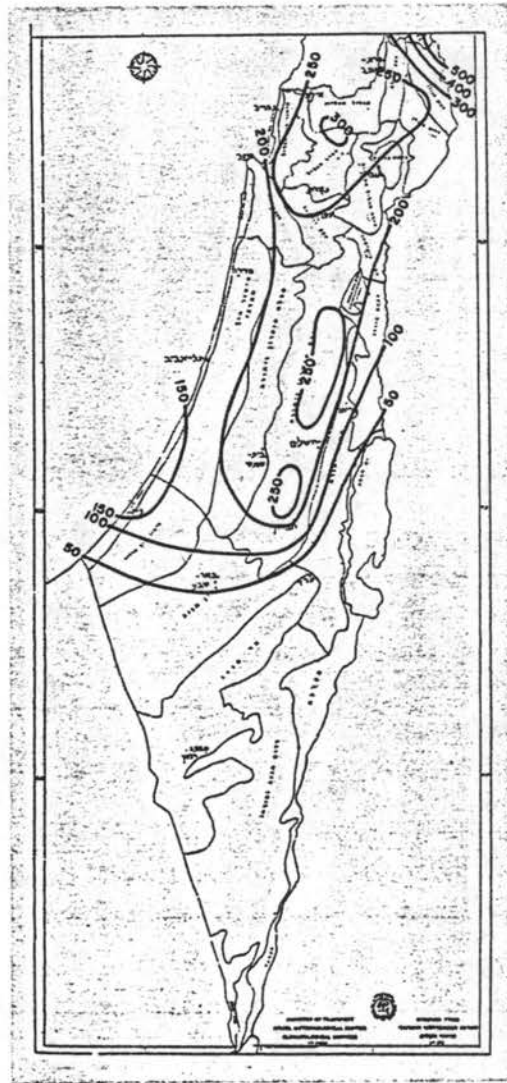
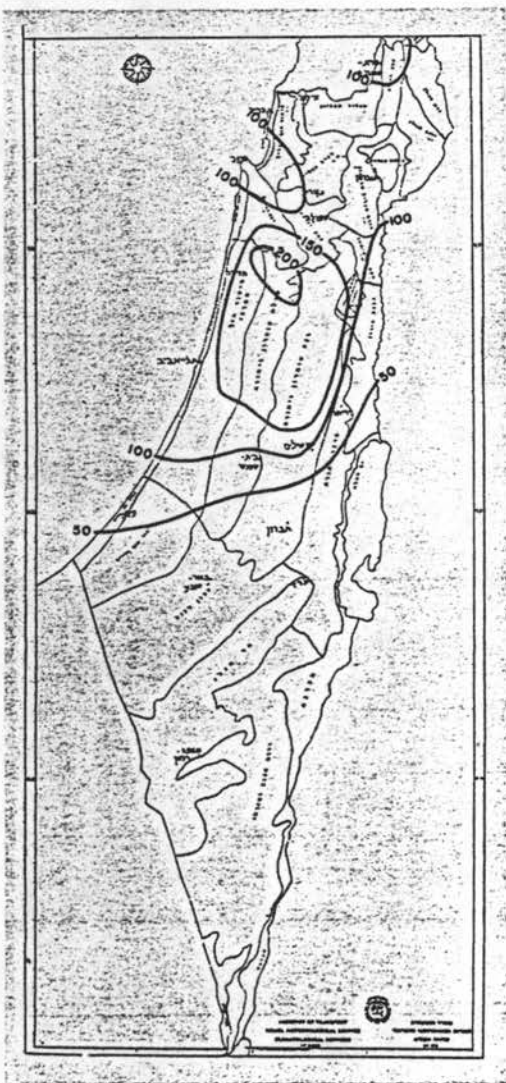
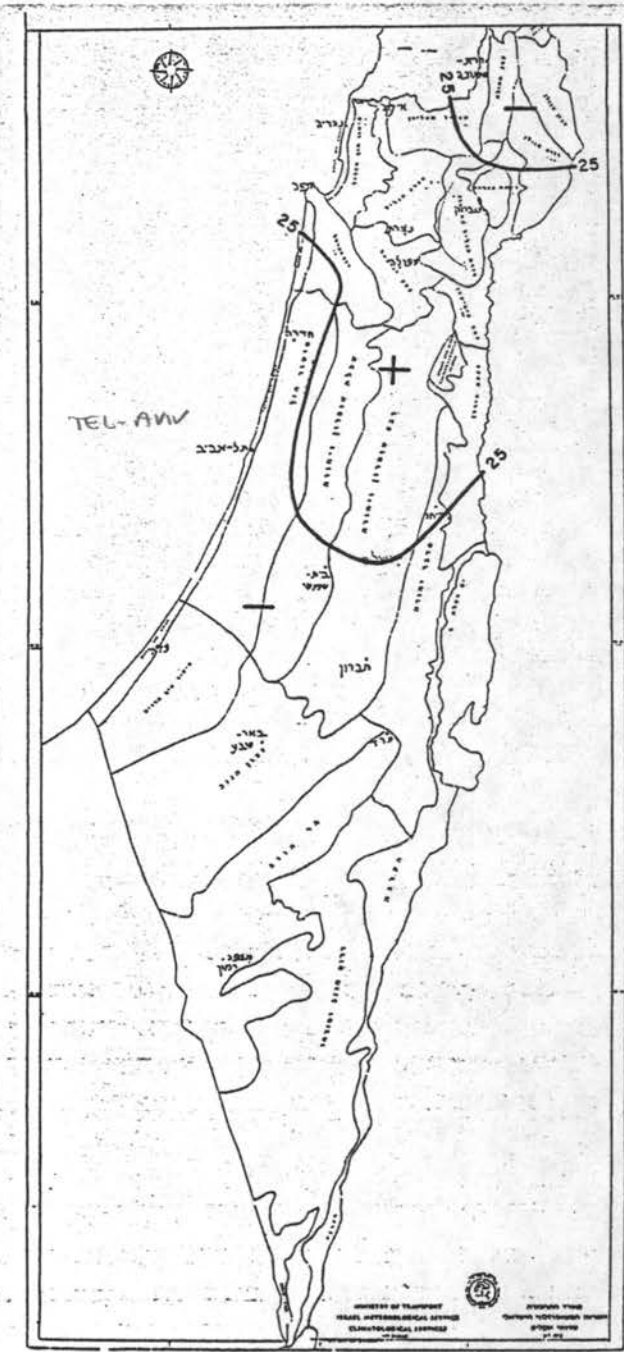
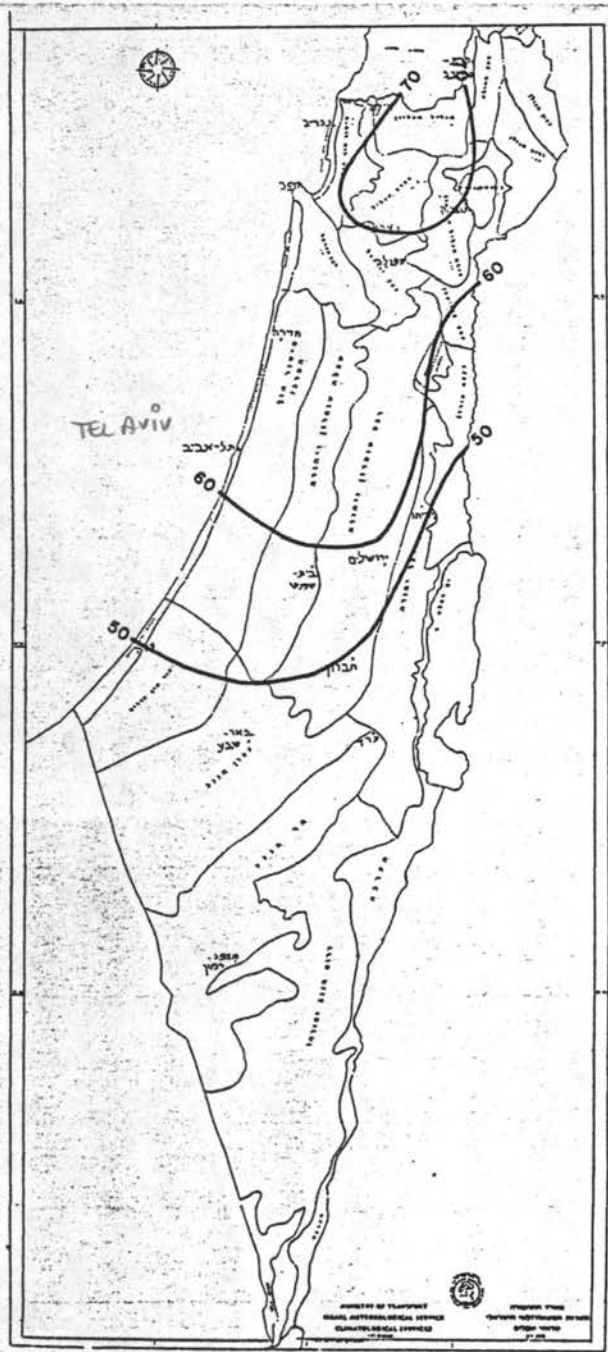


CHART 3: THE NUMBER OF RAINY DAYS AND THEIR DEVIATION FROM THE AVERAGE

תרשים מס' 3: מספר ימי הגשם וסטייתם מהממוצע
 THE NUMBER OF RAINY DAYS (WITH 0.1 MM OR MORE) IN NOVEMBER - FEB. 1991/92
 מספר ימי הגשם (עם כמות של 0.1 מ"מ או יותר) בתקופה נובמבר-פברואר 1991/92

THE DEVIATION OF THE RAINY DAYS FROM THE AVERAGE (IN # DAYS)
 הסטייה של מספר ימי הגשם מהממוצע (במספר ימים) בתקופה נובמבר-פברואר 1991/92



CHAPTER 1

CHART 4: MAXIMUM TEMPERATURES IN DEC 91 - FEB, 92
DIFFERENCE FROM MULT-YEAR AVERAGE

ג. טמפרטורה

משטר הטמפרטורות הכולל בחורף 1991/92 היה חריג מאוד. טמפרטורות המקסימום היומיות הממוצעות בחורף 1991/92 בחודשים דצמבר עד פברואר, ברוב אזורי הארץ, היו הנמוכות ביותר שנרשמו בשנות המדידה. הערכים הממוצעים נעו בין 14 ל-17 מ"צ ובהרים - בין 6.5 ל-10 מ"צ. תופעה זו נבעה מימי גשם רבים ורצופים ומימי עננות רבים. בכל שנות הסדרה לא נרשמו ערכים כה נמוכים. ההפרש בין טמפרטורת המקסימום בתקופה כולה לבין הממוצעים הרב-שנתיים המקבילים לה נע מינוס 3 למינוס 4 מ"צ, ברוב האזורים ובאזורי ההר - בין ממינוס 4 למינוס 5.5 מ"צ. במובלעות מוגבלות באזור החוף נע ההפרש בין 2 ל-3 מ"צ (ראה תרשים מס' 4).

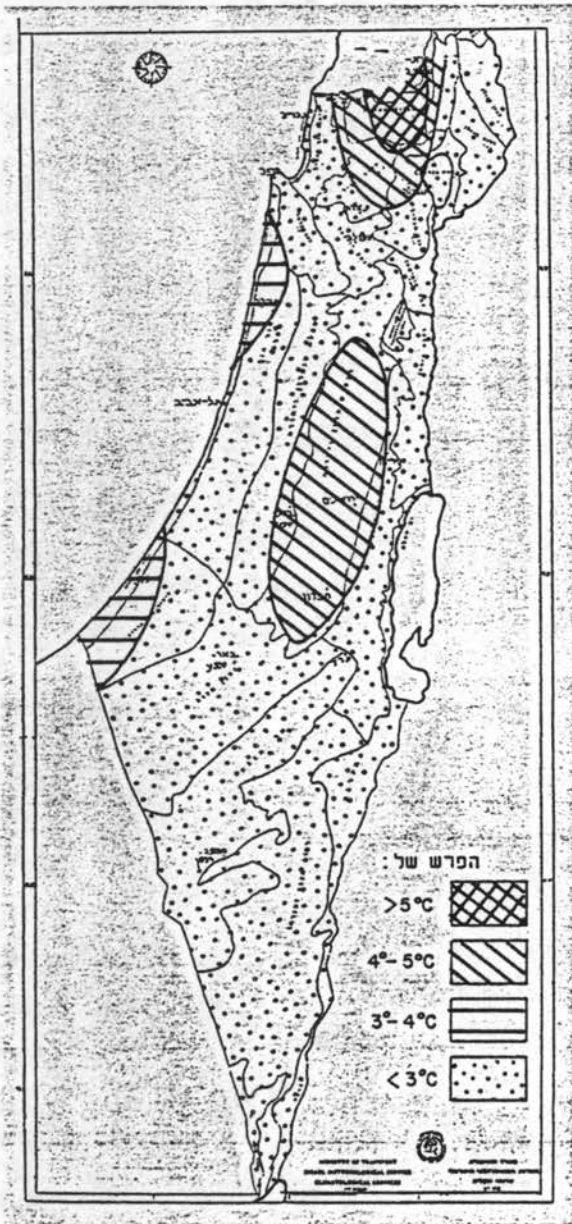


CHART 4

MAXIMUM TEMPERATURES

FOR THE DEC 1991 - FEB 1992

THE DIFFERENCE FROM THE AVERAGE MULTYEAR

תרשים מס' 4:

טמפרטורת המקסימום
לתקופה 12/91 - 2/92 -
הפרש מהרב-שנתיים

CHAPTER 1

CHART 5: THE AVERAGE DEFICIT IN SUN REFLECTION
(IN 10 DAY INTERVALS) IN THE WINTER OF 1991-1992
ALONG THE COASTAL PLAINS (ACCORDING TO BEITH DAGAN)

זהירות השמש היא אינדיקציה לרמת העננות. ככל שהשמים בהירים יותר, כן גדלה רמת זהירות השמש (בשעות), וככל שהם מעוננים יותר, כן מצטמצמת רמת זהירות השמש. מנתוני זהירות השמש בתקופה דצמבר 1991, ינואר ופברואר 1992, עולה תמונה ברורה של גירעון בעשרות אחוזים בהשוואה לממוצע הרב-שנתי. התופעה בשיאה בפרקי הגשם עצמם ובימי העננות. בבדיקת זהירות השמש התבססנו על נתונים מתחנות מספר המייצגות את הארץ: בית דגן מייצגת את אזור החוף, עטרות את אזור ההר, טירת-צבי את עמקי הצפון, ואילת את הערבה הדרומית. נראה כי הגירעון הממוצע בזהירות השמש באזורי החוף וההר הוא כ-30%, בשקע הירדן קרוב ל-25%, ובערבה הדרומית כ-10%. נראה כי בהרי הגליל העליון הגירעון אף עולה על 30%. בעשרות הגשומות היה אחוז זהירות השמש האחוז הנמוך ביותר, וממילא נרשם בהם הגירעון הגדול ביותר. לדוגמה, בטירת צבי היה שיעור הזהירה בעשרת הימים הראשונים של פברואר 35% מהממוצע הרב-שנתי, והגירעון - 65%; בדומה לכך, בין ה-11 ל-20 בינואר שיעור הזהירה היה 44% והגירעון - 65%. בעשרת הימים האחרונים של פברואר היה שיעור הזהירה 57%, והגירעון 43%. במרבית האזורים נרשם אחוז זהירות השמש הנמוך ביותר באותן העשרות, אם כי לפעמים בסדר שונה (ראה תרשים מס' 5).

ד. זהירות שמש וקרינה

תרשים מס' 5: גירעון ממוצע בזהירות השמש לעשרות ימים בחורף 1991-1992 לאורך החוף המרכזי (עפ"י בית דגן)

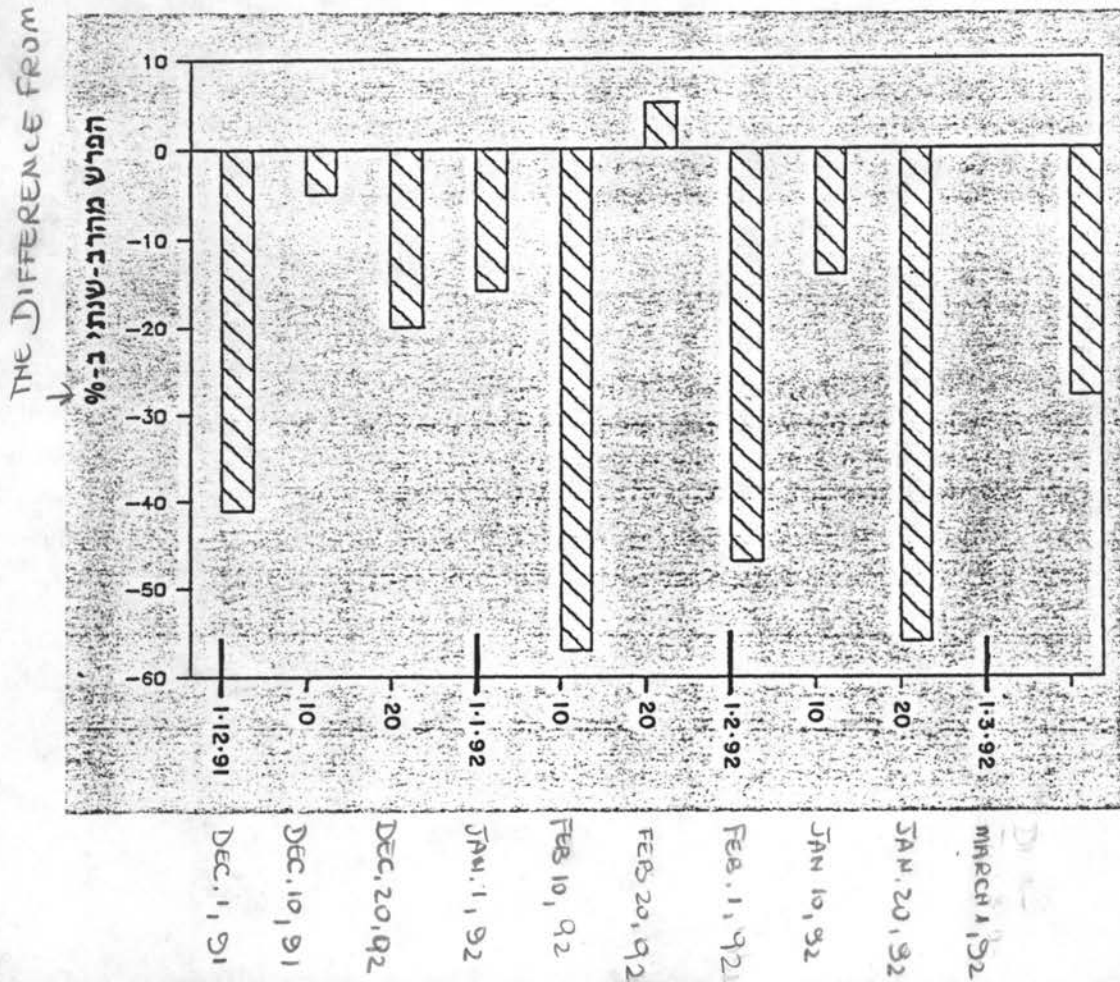


TABLE 1: THE NUMBER OF RAINY DAYS FROM NOVEMBER 1991 TO FEBRUARY 1992

טבלה 1: מספר ימי גשם בחודשים נובמבר 1991 עד פברואר 1992

DEVIATION FROM AVERAGE						TOTAL						
סטייה מהממוצע לתקופה זו						סה"כ 29.2.92-1.11.91						
100	50	25	10	1.0	0.1	100	75	50	25	10	1.0	0.1
COASTAL PLAINS מישור החוף												
	2	9	15	18	29	1	2	13	30	57	68	חיפה
	4	7	13	17	20	3	6	13	30	55	64	עין החורש
	2	8	15	21	22	2	2	14	29	55	61	מקוה ישראל
	7	12	17	24	26	2	8	16	30	55	65	לוד
1	11	13	14	20	15	1	5	12	19	39	52	גבעת ברנר
	6	9	10	22	23	1	7	16	24	50	57	באר יעקב
2	2	3	15	20	21	2	3	3	7	25	47	עזה
MOUNTAIN AND VALLEYS REGION חזור ההרים והעמקים												
	1	10	18	24	28	1	3	17	37	63	68	אילון
	0	10	18	22	24	1	1	18	35	62	72	הר כנען
	1	8	17	19	27	1	2	12	31	56	67	רמת דוד
	7	11	16	25	29	4	9	17	33	57	64	שכם
	6	13	14	19	26	7	18	28	49	60	ים מרכז	
	5	11	13	15	16	6	16	25	46	51	בית ג'מל	
	4	11	12	22	23	5	15	25	51	54	חברון	
JORDAN VALLEY שקע הירדן												
		9	14	17	19			13	30	57	66	כפר בלום
	1	6	15	23	27	1	9	26	54	66	דגניה א'	
							2	20	44	56	טירת צבי	
		4	5	19	24		4	9	38	46	יריחו	

MOUNTAIN AND VALLEYS REGION

COASTAL PLAIN

HAIFA
EIN NAHURESH
MIKVE ISRAEL
LUD
GIVAT BRENER
BEER YA'AKOV
GAZA

MOUNTAIN & VALLEY REGION

AIALON
CANAAN MOUNTAIN
RAMAT DAVID
SHEHEM
JERUSALEM - CENTER
BEITH GAMAL
HEBRON

JORDAN VALLEY

KFAR BLOOM
DEGANIA A
TIRAT ZVI
JERICHO

גם בפרק הזמן השלישי התפשט השלג באזורים נרחבים מאוד וגובהו היה רב בהרי המרכז ובהרי הצפון: במרום הגליל הגיע גובה השלג ל-60-70 ס"מ; בחלק הגבוה של הגולן - 100-150 ס"מ; ובהרי המרכז דווח על 40-50 ס"מ.

אף שירידת שלג בהרי ישראל אינה נדירה (בהרי הצפון והמרכז, מרום שמעל 500-600 מ', יורד שלג כמעט כל שנה; במקומות נמוכים יותר, 300-500 מ', יורד שלג אחת ל-2-4 שנים, לרוב בכמות קטנה, והוא נמס במהירות. במקומות נמוכים יותר השלג נדיר ונמס בדרך כלל מיד. יש להדגיש כי גובה השלג שגרשמו השנה היו קיצוניים, תכיפות ירידת השלג היתה נדירה וגם תפירתו הנרחבת היתה יוצאת דופן.

מאזור החרמון אין עדיין מידע מרוכז על גובה השלג, אך לפי מידע ראשוני היה גובה השלג בחרמון הגבוה (מאזור הרכבל העליון) יותר מ-5-6 מ' בסוף פברואר.

גם אירועי הברד היו מיוחדים בעונה זו. מספרם היה רב ואת חלקם אפיינו אפיונים חריגים מאוד, שבאו לידי ביטוי בגודל הגרגרים, בכיסוי נרחב ובעובי רב בכמה אזורים. עם אירועי הברד הבלטים בעונה זו יש למנות את הברד שירד ב-24 בפברואר 1992 במישור החוף המרכזי. הברד כיסה שטחים נרחבים, ובגוש דן, בשרון ובעמק חפר דווח על גובה של 15-20 ס"מ.

CHAPTER TABLE 1. THE VOLUME OF RAINFALL AND FLOW ACCORDING TO WATERSHEDS BETWEEN OCTOBER AND APRIL

1. WESTERN DRAINAGE

PERIOD OF RECORDING		MULTIYEAR ANNUAL AVERAGE		1991/92 MCM		1990-1991 MCM		1989-90 MCM		AREA TO STATION	THE NAME OF THE HYDROMETRIC STATION	DRAINAGE INTO	SIZE IN KM ²
FROM YEAR	NO. OF YEARS			FLOW	RAIN FALL	FLOW	RAIN FALL	FLOW	RAIN FALL	KM ²			
52/53	39	1.4	107	4.8	175	0.00	66	0.0	92	131	KAZIV BY HAZIV BRIDGE	KAZIV RV.	131
68/69	23	2.8	30	5.2	47	0.03	21	0.3	29	41	GAATON BY BEN AMI	GAATON RV.	49
48/49	38	1.6	53	6.1	84	0.05	37	0.2	48	72	BETH HAEMEK BY SHAVEITZION	BETH HAEMER R.	73
49/50	39	2.9	107	15.6	190	-	66	#	99	158	HELAZON R. BY YASOUR	NAAMAN R.	317
53/54	39	4.7	-	12.1	470	0.00	-	1.0	-	-	KFAR BARUCH STORAGE FACILITY	KISHON R.	1075
53/54	38	14.9	370	15.3	758	3.40	313	7.0	402	694	KISHON R. BY MAHTZEVA		
49/50	42	6.1	43	39.1	81	1.40	35	6.4	49	70	DALIA R. BY TEL-AVIV-HAIFA RD.	D. RIVER	95
67/68	24	6.7	33	27.9	58	1.00	25	5.5	36	51	TANINIM BY AMIKAM	TANINIM R.	196
55/56	37	2.7	11	15.1	19	0.05	9	1.9	12	18	ADA RIVER BY GIVAT ADA		
66/67	25	4.9	18	19.5	32	1.90	13	5.1	19	29	BARKAN RIVER BY KFAR GLIKSON		
67/68	24	0.4	3	4.7	5	0.20	2	0.2	3	5	MISHMAROT RIVER		
66/67	25	10.8	-	31.8	-	2.8	-	11.2	-	-	DIVERSION INTO NAHLEI MENASHE		
60/61	31	9.0	308	92	645	5.50	250	16.1	325	519	HADERA R. BY GAN SHMUEL	HADERA R.	547
48/49	43	8.5	306	86	645	4.80	244	10.2	322	492	ALEXANDER R. BY ELYASHIV	ALEXANDER R.	1804
60/61	31	14.9	572	153	1159	11.20	486	12.0	550	953	HAYARKON R. BY HERTZLIYA BRIDGE	YARKON R.	
55/56	35	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	MISHMAR AYALON RES.		
62/63	29	10.7	394	107	627	15.80	317	10.0	372	686	EIN KEREM RES	SHORER R.	705
55/56	35	1.1	(48)	12.2	(98)	0.20	(34)	10.7	(41)	-			
60/61	27	10.1	342	95	729	3.90	280	10.6	352	613	SHORER R. BY YAVNEH (GAMAL R.		
55/65	36	11.4	454	224	956	5.00	408	7.4	502	992	LAHISH R. YAVNEH-ASHKELON R.	LAHISH R.	1006
60/61	31	4.6	292	45	606	3.20	308	0.5	319	750	SHIKMA RES.	SHIKMA R.	751
64/65	27	3.7	186	6.9	316	3.80	227	0.0	186	658	GRAR RIVER NEAR REIM	BSOR R.	3418
66/67	25	9.3	522	16	846	30	526	3.5	508	2632	BSOR RIVER NEAR REIM		
											WESTERN DRAINAGE	SHARTHUM	11613
		133	4151	1003	8448	91.40	3633	98.8	4226	9564	TOTAL		1135

2. EASTERN DRAINAGE

59/60	32	365	*783	597	*1345	167	*624	165	*684	1467	UPPER JORDAN BY PKAK BRIDGE	UPPER JORDAN	
69/70	22	12.3	101	76	180	5	75	5.9	84	160	MESHOSHIM R. BY DARDURA	SEA OF GALILEE R.	
78/79	13	154	-	620	-	15.6	-	20.7	-	9357	JORDAN R. BY NAHARAIM	UPPER JORDAN	

* The area of upper Jordan rainfall are represented by the Kfar Giladi pumping station
 () The volume of rainfall which was included in the volume calculated for the next station.

CHAPTER 2

TABLE 1: THE VOLUME OF RAINFALL AND FLOW ACCORDING TO WATERSHEDS BETWEEN OCTOBER TO APRIL.

נפח הזרימה ביובלי הירדן התחתון היה גדול מאוד, ואולם עקב מחסור בתחנות מדידה מתאימות, הדיווח על הנפחים האלה מצומצם מאוד. שתי דוגמאות לנפחים אלה: נחל מליח ליד חמם מליח, שטח 58 קמ"ר, נפח זרימה בשנה זו 3 מלמ"ק, הנפח הממוצע ב-20 השנים הקודמות 0.2 מלמ"ק בשנה; נחל ערוגות ליד עין גדי, שטח 235 קמ"ר, נפח זרימה השנה 3.5 מלמ"ק, הנפח הממוצע ב-11 השנים הקודמות 0.3 מלמ"ק בשנה.

טבלה 1: נפחי משקעים וזרימה על פני תחומי התקוות בתקופה מאוקטובר עד אפריל.

1) נקודת מערב (1) WESTERN WATERSHED (2) נקודת מזרח (2)

PERIOD OF RECORDING		MULTIYEAR ANNUAL AVERAGE		1991/92 mcm		1990-1991 mcm		1989-90 mcm		AREA TO STATION	THE NAME OF THE HYDROMETRIC STATION	DRAINAGE INTO	DRAINAGE SIZE IN KM ²
FROM YEAR	NO. OF YEARS			FLOW	RAIN FALL	FLOW	RAIN FALL	FLOW	RAIN FALL	Km ²			
52/53	39	1.4	107	4.8	175	0.00	66	0.0	92	131	KAZIV BY HAZIV BRIDGE	KAZIV R.	31
68/69	23	2.8	30	5.2	47	0.03	21	0.3	29	41	GARTON BY BEN AMI	GARTON R.	49
48/49	38	1.6	53	6.1	84	0.05	37	0.2	48	72	BETH HAEMEK BY SZAVEI TZION	BETH HAEMEK R.	73
49/50	39	2.9	107	15.6	190	-	66	#	99	158	HELAZON R. BY YASOUR	HAAMAN R.	317
53/54	39	4.7	-	12.1	470	0.00	-	1.0	-	-	KAR BARUCH STORAGE FAC	KISHON R.	1075
53/54	38	14.9	370	15.3	758	3.40	313	7.0	402	694	KISHON R. BY MAHLEVA		
49/50	42	6.1	43	39.1	81	1.40	35	6.4	49	70	DALIA R. BY TEL AVIV - HAIFA ROAD	D. RIVER	95
67/68	24	6.7	33	27.9	58	1.00	25	5.5	36	51	TANINIM BY AMIKAM	TANINIM R.	196
55/56	37	2.7	11	15.1	19	0.05	9	1.9	12	18	ADA RIVER BY GIVAT ADA		
66/67	25	4.9	18	19.5	32	1.90	13	5.1	19	29	BARKAN RIVER BY KAAR GLIKSON		
67/68	24	0.4	3	4.7	5	0.20	2	0.2	3	5	MISHMAROT RIVER		
66/67	25	10.8	-	31.8	-	2.8	-	11.2	-	-	DIVERSION INTO MAHLEI MEMASHE		
60/61	31	9.0	308	92	645	5.50	250	16.1	325	519	HADERA R. BY GAN SHIMUEL	HADERA R.	547
48/49	43	8.5	306	86	645	4.80	244	10.2	322	492	ALEXANDER R. BY ELYASHIV	ALEXANDER R.	555
60/61	31	14.9	572	153	1159	11.20	486	12.0	550	953	HAYRUKON R. BY HERTILINA BRID	YARCON R.	1804
55/56	35	1.0	-	-	-	-	-	-	-	-	MISHMAR AVAELON RES.		
62/63	29	10.7	394	107	627	15.80	317	10.0	372	686	BEIN KEREM RES.	SHORER R.	705
55/56	35	1.1	(48)	12.2	(98)	0.20	(34)	10.7	(41)	-			
60/61	27	10.1	342	95	729	3.90	280	10.6	352	613	SHOREK R. BY YAVNEH P GAL. P.		
55/65	36	11.4	454	224	956	5.00	408	7.4	502	992	LAHISH R. YAVNE - ASHMELOH P.	LAHISH R.	1006
60/61	31	4.6	292	45	606	3.20	308	0.5	319	750	SHIKMA RES.	SHIKMA RIV.	751
64/65	27	3.7	186	6.9	316	3.80	227	0.0	186	658	GRAR RIVER NEAR REIM	BSOR RIV.	3418
66/67	25	9.3	522	16	846	30.00	526	3.5	508	2632	BSOR RIVER NEAR REIM		
											WESTERN DRAINAGE	SHAR THUM	613
		133	4151	1003	8448	91.40	3633	98.8	4226	9564	TOTAL		11335

EASTERN DRAINAGE (2) נקודת מזרח (2)

59/60	32	365	*783	597	*1345	167	*624	165	*684	1467	UPPER JORDAN BY PEAK BRIDGE	UPPER JORDAN R.	
69/70	22	12.3	101	76	180	5	75	5.9	84	160	MESHOSHIM R BY DARDURA	SAROFEL RIVER	
78/79	13	154	-	620	-	15.6	-	20.7	-	9357	JORDAN R. BY MANARA IM	UPPER JORDAN	

* תחומי משקעי הירדן העליון מיוצגים ע"י תחנת כפר גלעדי (מ"מ).
() נפח משקעים שנכלל בנפח הממוצע לתחנות הבאות.

THE VOLUME OF THE SURFACE RUN-OFF / VOLUME OF RAIN (C.I.)

CHART 1: THE VOLUME OF RAINFALL AND SURFACE RUN-OFFS IN THE WESTERN WATERSHED

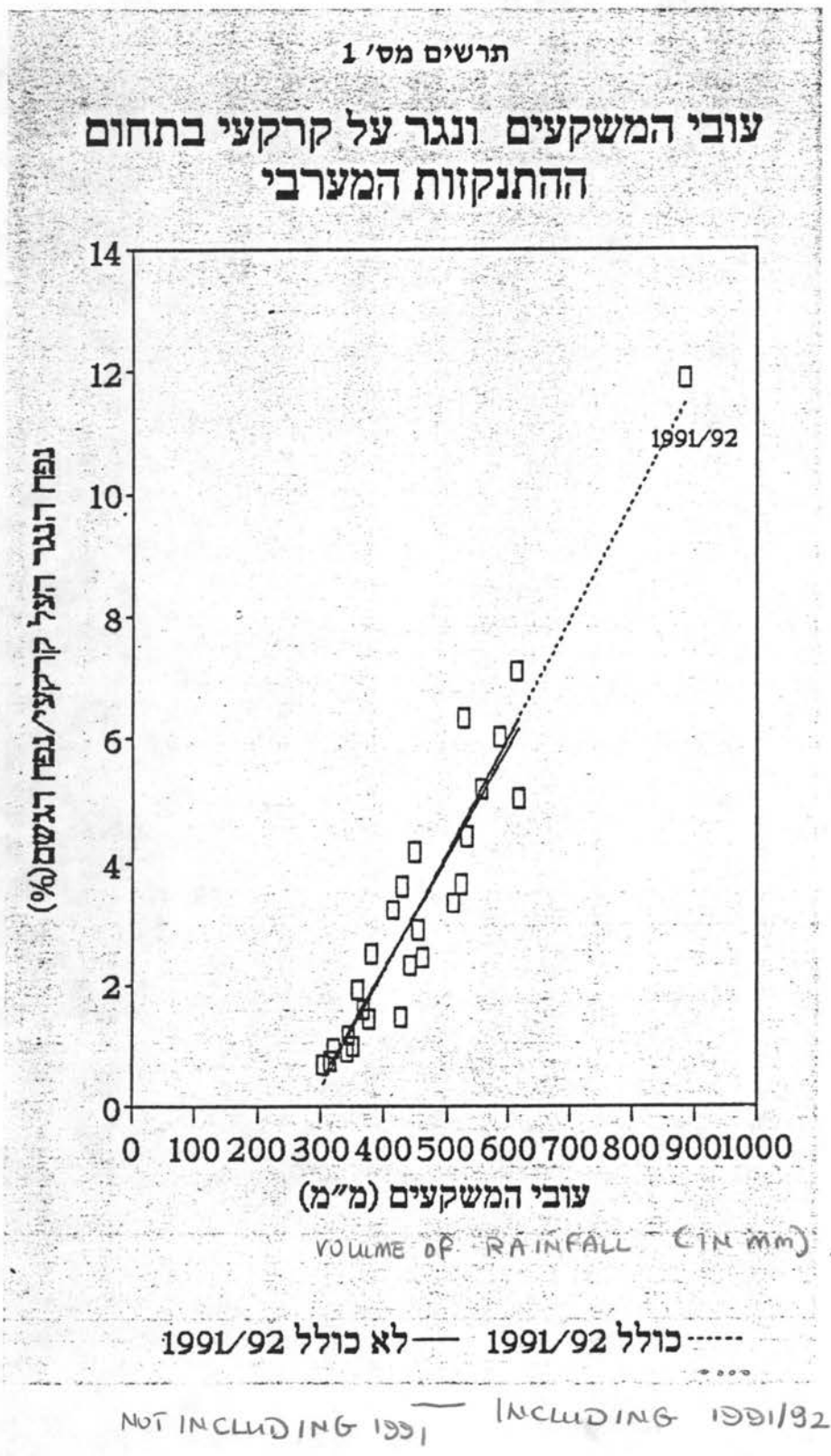


CHART 2: THE LEVEL OF THE KINNERETH

למן אוקטובר 1991 ועד מאי 1992 זרמו לכנרת יותר ממיליארד מ"ק של מים. נפח זה כולל את הגשם הישיר, את הזרימה מהנחלים והמעיינות שסביב הכנרת ואת הנחלים והמעיינות בתחתיתה, בניכוי ההתאדות מהאגם. מפלס הכנרת עלה מהרום המינימלי של מינוס 212.90 מ' עד לרום המקסימלי של מינוס 208.90 מ' בחודש מאי. בין שני רומים אלה נאגרו 640 מלמ"ק של מים. ב-9.2.92 נפתחו שערי סכר דגניה ומים החלו לזרום מהכנרת לירדן התחתון. נפח המים שזרמו עד סוף חודש מאי הוא כ-250 מלמ"ק. במשך החורף והאביב שאב המוביל הארצי 210 מלמ"ק. תיאור גרפי של מפלסי הכנרת ושיבות המוביל הארצי מופיע בתרשימים מס' 2, 3.

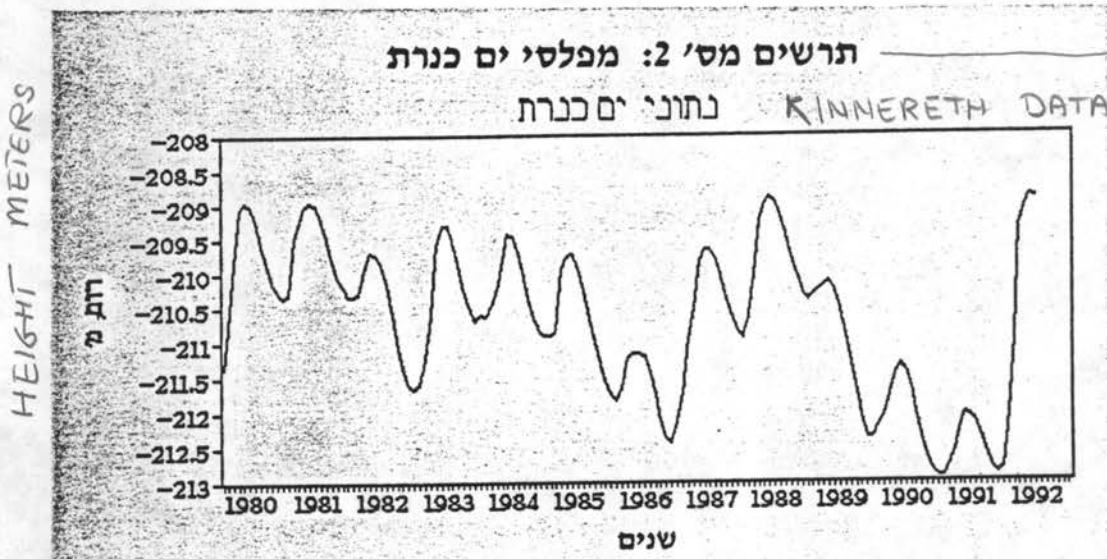
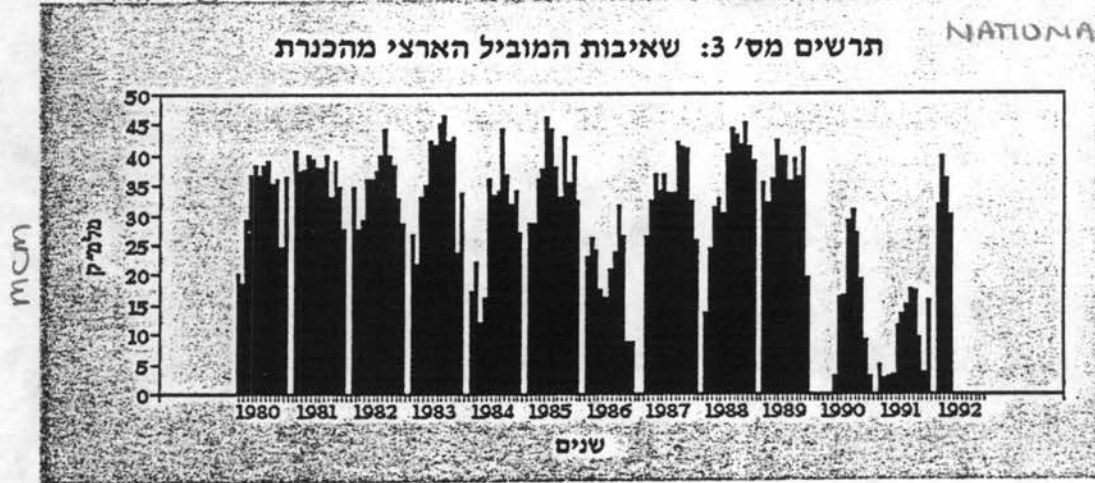


CHART 3: THE PUMPING OF WATER FROM THE KINNERETH BY THE NATIONAL CARRIER



מפלס ים המלח בסתיו המשיך בשפילתו מהשנים הקודמות, וב-19.11.91 הגיע לרום של מינוס 408.37 מ'. מאז ועד 29.3.92 עלה המפלס עד כדי 1.90 מ'. כך גדל אוגר המים בו בשעור של כ-1.4 מיליארד מ"ק. להערכתנו, כ-600 מלמ"ק הגיעו מהירמוך ומהכנרת, והשאר מיובלי הירדן התחתון וים המלח. נפח הזרימה מנחל הערבה לא היה גדול.

CHART 4: HYDROGRAPHS - YARKON RIVER, AIALON RIVER

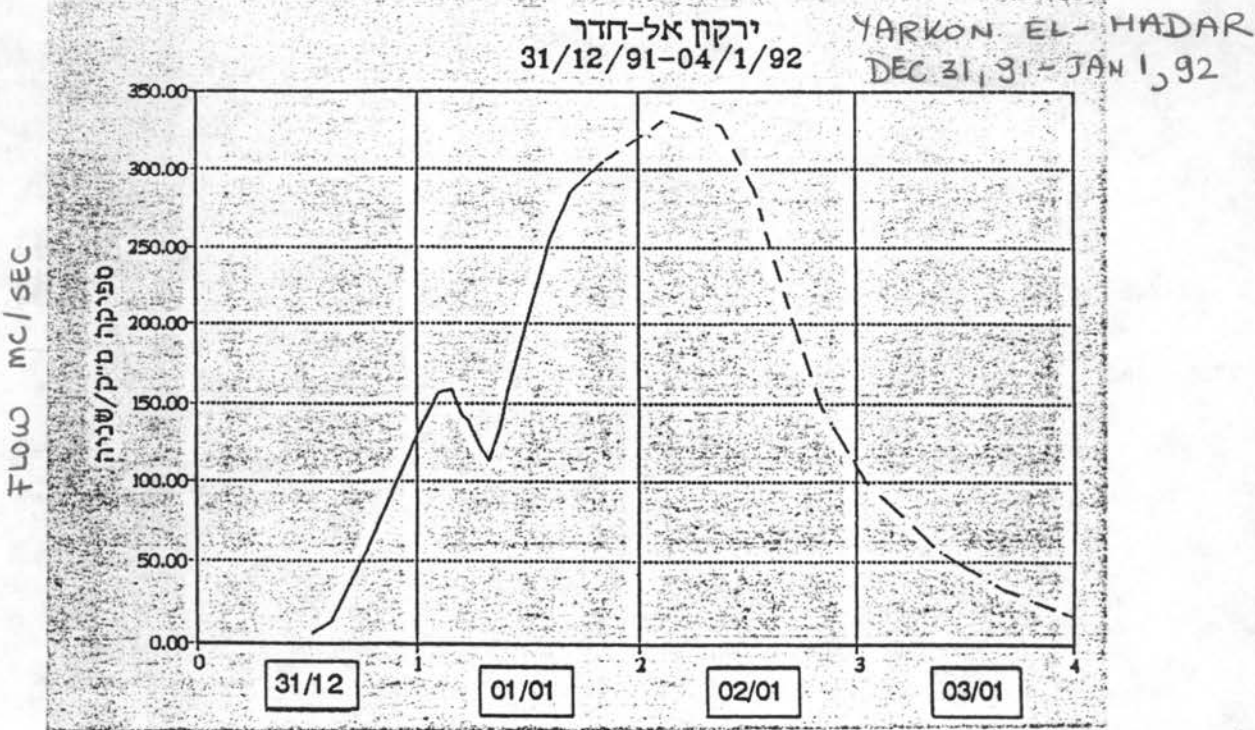


TABLE 2: EXCEPTIONAL DISCHARGE IN WINTER 1991/92

טבלה 2: ספיקות נדירות בשנת תשנ"ב

1991/92		DATE		PREVIOUS MAXIMUM		START OF OBSERV.	AREA IN K ²	②	①	②	①	
ספיקה m ³ /S DISCH.	תאריך DATE	ספיקה m ³ /S DISCH.	תאריך DATE	ספיקה m ³ /S DISCH.	תאריך DATE	מקסימום קודם תאריך DATE	שטח Km ²	תחילת תצפיות	חחנה	נחל	STATION	RIVER
60	20.1.92	55	31.1.92	70	18.12.51	43/44	158	יסעור	חלזון	YASOUR	MELAZON	
		28	31.1.92	27	17.3.72	57/58	19	כפר יהושע	בית לחם	KFAR YESHUA	BETH LEHEM	
		180	25.2.92	200	29.1.62	44/45	694	מחצבה	קישון	MAHTZEVA	KISHON	
		28	9.12.91	28	23.1.69	56/66	12	הזורע	השופט	HAZOREA	HASHOFET	
		70	9.12.91	60	23.1.69	49/50	70	פרידיס	דליה	PUREDEIS	DALIA	
		50	1.1.92	46	23.1.69	55/56	65	אביאל	תנינים	AVIEL	TANINIM	
		35	12.2.92	30	13.12.61	44/45	18	גבעת עדה	עדה	GIVAT ADA	ADA	
		58	25.2.92	117	23.1.69	13/56	66	כניש פרדס חנה	עדה	PARDES HANAR	ADA	
170	2.12.91	187	25.2.92	159	21.12.51	49/50	519	גן שמואל	חדרה	GAN SHMUEL	HADERA	
165	1.1.92	71	1.1.92	28	17.2.46	43/44	240	ירחיב	קנה	YARHIV	KANA	
		180	1.1.92	142	16.4.71	43/44	357	נחשונים	שילה	NEHUSHIM	SHILO	
		390	2.1.92	508	9.11.55	40/41	953	כניש הרצליה	ירקון	HERTZUA RD.	YARKON	
		130	3.12.91	59	29.11.79	56/57	136	לוד	איילון	LUD	AIALON	
		170	1.1.92	230	22.3.69	39/40	251	צמת אל-על	נסוף	EL-AL JNC.	NATOUF	
300	3.12.91	408	2.1.92	263	22.3.69	55/56	526	כניש יהוד	איילון	YADUD RD.	AIALON	
296	4.2.92											
115	3.12.91	140	1.1.92	108	5.3.83	37/38	405	יסודות	שורק	YESODOT	SHOREK	
115	4.2.92											
		121	4.2.92	122	10.12.64	37/38	492	גדרה	שורק	GADERA	SHOREK	
69	4.2.92	70	1.11.92	61	29.11.79	53/54		יבנה	שורק	YAVNEH	SHOREK	
68	3.12.91											
78	4.2.92	90	1.1.92	80	20.12.86	51/52	62	בית אלעזרי	עקרן	BEITH ELAZRI	EKRON	
		140	4.2.92	120	14.1.83	49/50	204	שפיר	גוברין	SHAFIR	GOVRIN	
138	4.2.92	350	3.12.91	134	9.1.86	43/44	992	כניש החוף	לכיש	THE COASTAL RD.	LAHISH	
127	1.1.92											
125	13.12.91											
		111	5.2.92	107	2.2.82	39/40	140	שאר ישוב	חרמון	SHAAR YASHOV	HERMON	
		276	5.2.92	280	18.12.51	42/43	800	עדה נחמיה	ירדן	SEER NEHEMIA	JORDAN	
		27	5.2.92	33	22.1.69	61/62	40	להבות הבשן	עורבים	LAHAVOT BASHAN	ORAVIM	
		540	13.10.91	300	22.10.79	56/57	125	הר מידד	צין	ME'AR MT.	TZIN	
		530	13.10.91	324	22.10.79	54/55	233	מפל עבדת	צין	AYDAT WATER FALL	TZIN	
		530	13.10.91	250	5.10.65	55/56	660	משוש	צין	MESHOSH	TZIN	
		24	13.10.91	99	6.11.89	55/56	64	כניש אורון	ממשית	ORON RD.	MAMSHIT	

בינוניים וקטנים

רמי גרתי (התחנה לחקר הסחף, האגף לשימור קרקע וניקוז)

א. כללי

ב-27 בנובמבר 1991 החלה סדרת גשמים אשר נמשכה עד סוף חודש פברואר 1992, היינו 95 ימים. בפרק זמן זה נרשמו כ-60 ימי גשם ו-5 סופות ארוכות זמן ועתירות משקעים. רוב הגשמים הנדירים האלה ירדו מצפון לבאר שבע, כלומר, הנגב "לא השתתף" באירוע ההידרולוגי הנדיר הזה. מאפייני הגשם העיקריים היו:

- (א) עובי גשם שנתי כפול מהמוצע הרב-שנתי;
 - (ב) פרקי גשם ארוכי זמן, והפוגות קצרות ביניהם;
 - (ג) עוצמות הגשם בפרקי זמן קצרים היו שכיחות בדרך כלל.
- בעקבות הגשם הנדיר אירעו גאוויות ברוב אגני הארץ, ובעטיין הוצפו שטחים ויישובים, נסחפו שדות חקלאיים ונגרמו נזקים חמורים לתשתית הניקוז הארצית ולתשתית התחבורה. את הגאוויות בחורף זה מיחדים:
- (א) ספיקות שיא גבוהות, באגנים מכל הסדרים, החל באגנים קטנים וכלה באגנים הארציים;
 - (ב) סדרה של ספיקות שיא נדירות, שהתרחשו פעמים מספר בכל אגן;
 - (ג) משכים ונפחי נגר נדירים בכמותם ובחלקם היחסי בכמות המשקעים.
- המאמר מתאר את אירועי הנגר באגנים קטנים ובינוניים ואת השפעתם על מערכות הניקוז הארציות.

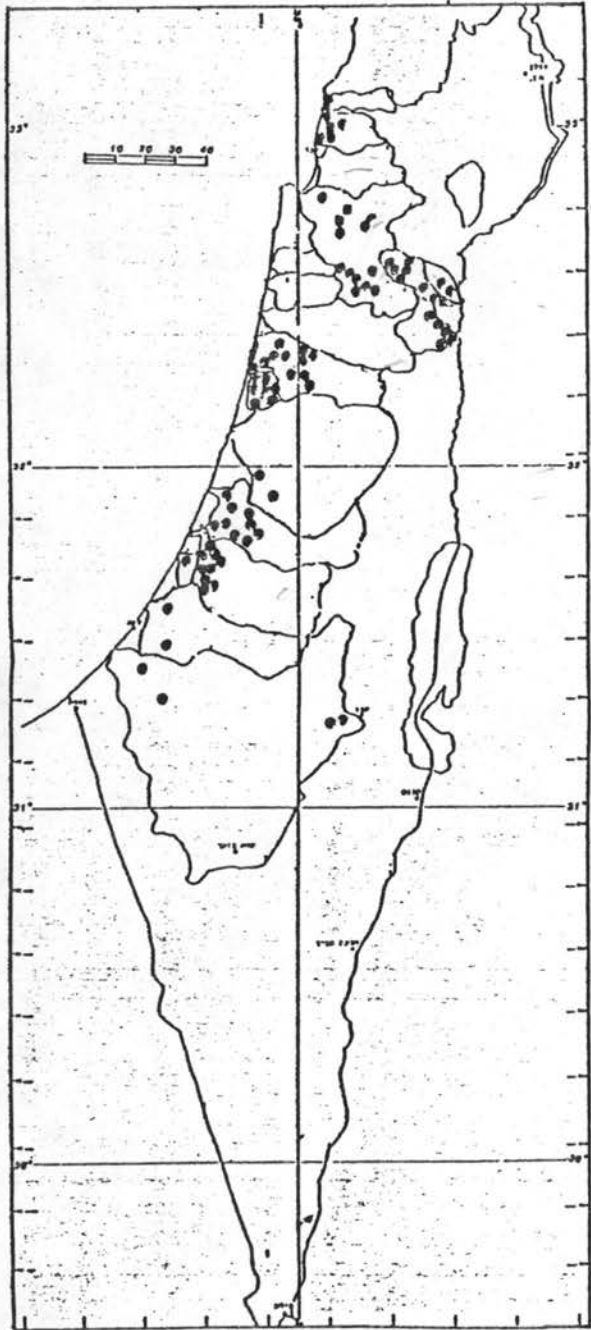
ב. מערכת תחנות המדידה של התחנה לחקר הסחף

התחנה לחקר הסחף משמשת יחידת המחקר של האגף לשימור קרקע וניקוז במשרד החקלאות. במסגרת מחקר שמטרתו עדכון קריטריונים לתכנון מערכות ניקוז על-קרקעיות וביצוען, הוקמה ברחבי הארץ רשת תחנות הידרומטריות כדי לאמוד את ספיקות השיא באירועי הזרימה השונים. המערכת הוצבה בעונת 1979/80 ובתוך שנתיים היו בה 80 תחנות, בהן כ-20 תחנות רושמות (ראה תרשים מס' 1). הנתונים שסיפקה הרשת במרוצת השנים היו תשתית לפיתוח מודל לאומדן ספיקות תכן באגנים קטנים ובינוניים (מודל תחל"ס). רשת התחנות המודדות אגנים קטנים ובינוניים משתבצת במערך הארצי של השירות ההידרולוגי ומסייעת בקבלת תמונה טובה יותר של האירועים ההידרולוגיים.

נוסף על תחנות הקבע שלנו נעשו השנה אומדנים של ספיקות שיא באגני חוף הכרמל, ביבנאל, בתבור ובגולן, כדי לתעד את האירועים הנדירים.

CHART 1: THE LOCATION OF THE STATIONS FOR RESEARCH ON EROSION

תרשים מס' 1: תפרוסת רשת התחנות של התחנה לחקר הסחף ברחבי הארץ



CHAPT 3

CHART 1: THE LOCATION OF THE STATIONS FOR RESEARCH ON EROSION

STATION FOR ER.

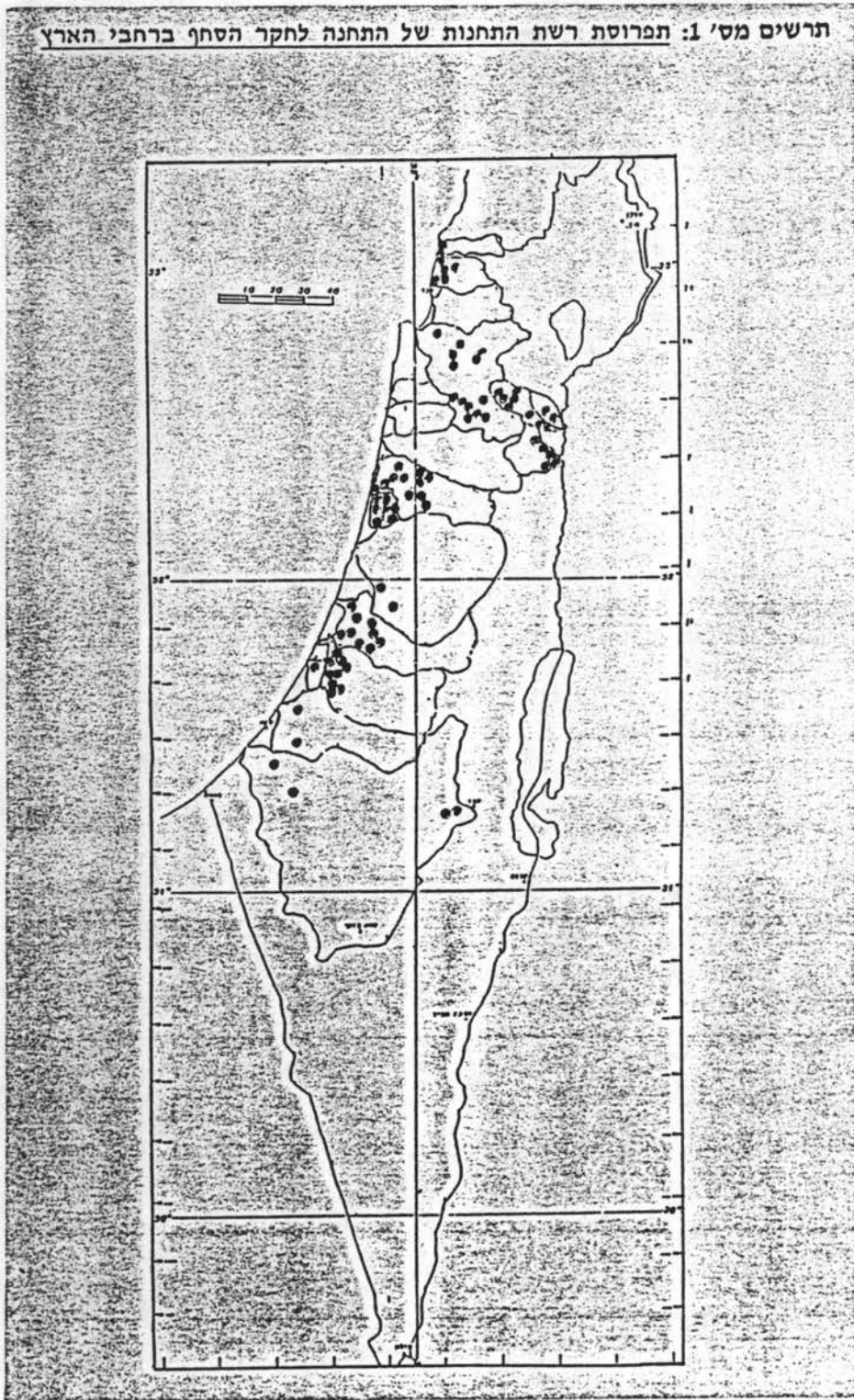


TABLE 1: THE FREQUENCY OF RARE DISCHARGES IN A NUMBER OF MEASURING STATIONS

ג. אירועי השיטפונות באגנים הקטנים והבינוניים

כאמור, התחוללו חמש סופות בעלות עובי גשם גדול, שגרמו לאירועי שיטפונות גדולים ברוב חלקי הארץ, מבאר שבע צפונה. בתחנות המדידה נרשמו ספיקות שיא שטרם נמדדו עד כה. כיוון ששנות המדידה בתחנות אלה קצרות יחסית, הוערכו ההסתברויות של ספיקות השיא לפי מודל תחל"ס.

טבלה מס' 1 מציגה מספר אגנים שנמדדו בהם ספיקות שיא מעל ספיקות השיא עד שנה זאת, ואת מספר האגנים שהסתברות הספיקה בהם הוערכה ב-5% או פחות.

BASINS WITH 5% PROBABILITY OR LESS

טבלה מס' 1: שכיחות הספיקות הנדירות בתחנות תחל"ס				
BASINS ABOVE THE KNOWN PEAK		BASINS WITH 5% PROBABILITY OR LESS		
אגנים מעל שיא מרבי ידוע	תחנות מדידה	אגנים בהסתברות של 5% או פחות	אגן ראשי	THE CHIEF BASIN RIVER
7	7	6	פולג	POLEG
9	11	8	קישון	KISHON
7	7	6	לכיש	LAHISH
8	9	8	אלכסנדר	ALEXANDER
5	7	2	שורק	SHOREK
0	8	3	חרוד	HARUD
4	4	3	בזק	BAZAK
2	5	1	גליל מערבי	WESTERN GALILEE

ספיקות השיא הנדירות ביותר אירעו באגן נחל פולג, ואנו מעריכים כי הסתברותן קרובה ל-1%. באגני הנחלים חרוד ויששכר אירעו גאויות גבוהות, אך נמוכות מאירועי ינואר 1990, אשר תועדו על ידינו. בתחומי הגליל המערבי נרשמו גאויות שכיחות למדי. בטבלה מס' 1 אין מוצגים נתוני התחנות הדרומיות שלנו, מכיוון שנרשמו בהן נתונים שכיחים. מן הטבלה עולה כי ברוב תחנות הרשת נרשמו גאויות שוות לגאויות הצפויות בהסתברות של 5% או גדולות מהן. באגנים מספר נרשמו ספיקות שיא "מדהימות" ביחס למדידות העבר, ובאחרים נמדדו ספיקות גבוהות, אך "סבירות".

תרשים מס' 2 מציג את נתוני ספיקות השיא השנתיות בשני אגנים המאפיינים את הנאמר לעיל, תאנים וברקאי. בשני נחלים אלה אירעו ספיקות שיא גבוהות, ואולם קל להבחין כי ספיקת השיא בנחל תאנים היתה מדהימה ביחס למדידות בשנים הקודמות. ספיקות שהסתברותן נמוכה אירעו השנה פעמים מספר ובתפוצה רחבה בארץ. תופעה מעין זאת טרם נמדדה בארץ בתולדות הרישום של הגאויות. תרשים מס' 3 מציג ספיקות גבוהות מהידוע עד כה, במהלך השנה.

הסתברות ספיקות השיא באגנים הקטנים והבינוניים ותפרושתן במרחב דומות מאוד לתמונה העולה בתחנות המדידה של האגנים הראשיים הנמדדים עלידי השירות ההידרולוגי. אפשר לסכם כי ספיקות השיא השנה התאפיינו בפרישה רחבה, בהסתברות נמוכה, ובחזרת ספיקות בעלות הסתברות שנתית נמוכה פעמים מספר במהלך העונה. צירוף שלוש הגורמים הללו בא לידי ביטוי בספיקות שיא נדירות בעונת 1991/92.

אם עמדנו פעורי פה לנוכח ספיקות השיא הנדירות ועוצמת הנזקים שגרמו, נוכחנו לדעת כי נפחי הנגר עלו בכמותם על כל הידוע לנו. בתרשים מס' 3 אפשר להבחין במהלך אופייני של הגאויות בשנה זו: למן הגאות הראשונה החלה בנחלים זרימה אשר נמשכה ברציפות כל העונה.

CHAPTER 3 TABLE 1 FREQUENCY OF
RARE DISCHARGES IN A NUMBER OF
MEASURING STATIONS

ג. אירועי
השיטפונות
באגנים הקטנים
והבינוניים

כאמור, התחוללו חמש סופות בעלות עובי גשם גדול, שגרמו לאירועי שיטפונות גדולים ברוב חלקי הארץ, מבאר שבע צפונה. בתחנות המדידה נרשמו ספיקות שיא שטרם נמדדו עד כה. כיוון ששנות המדידה בתחנות אלה קצרות יחסית, הוערכו ההסתברויות של ספיקות השיא לפי מודל תחל"ס.

טבלה מס' 1 מציגה מספר אגנים שנמדדו בהם ספיקות שיא מעל ספיקות השיא עד שנה זאת, ואת מספר האגנים שהסתברות הספיקה בהם הוערכה ב-5% או פחות.

טבלה מס' 1: שכיחות הספיקות הנדירות בתחנות תחל"ס

BASINS WITHIN 5% PROBABILITY OR LESS PEAK BASINS ABOVE KNOWN MEASURING STATIONS PRIMARY BASIN

אגן ראשי	תחנות מדידה	אגנים מעל שיא מרבי ידוע	אגנים בהסתברות של 5% או פחות
פולג	7	7	6
קישון	11	9	8
לכיש	7	7	6
אלכסנדר	9	8	8
שורק	7	5	2
חרוד	8	0	3
בזק	4	4	3
גליל מערבי	5	2	1

POLEG
KISHON
LACHISH
ALEXANDER
SHOREK
HARUD
BAZAK
WESTERN GALILE

ספיקות השיא הנדירות ביותר אירעו באגן נחל פולג, ואנו מעריכים כי הסתברותן קרובה ל-1%. באגני הנחלים חרוד ויששכר אירעו גאוויות גבוהות, אך נמוכות מאירועי ינואר 1990, אשר תועדו על ידינו. בתחומי הגליל המערבי נרשמו גאוויות שכיחות למדי. בטבלה מס' 1 אין מוצגים נתוני התחנות הדרומיות שלנו, מכיוון שנרשמו בהן נתונים שכיחים. מן הטבלה עולה כי ברוב תחנות הרשת נרשמו גאוויות שוות לגאוויות הצפויות בהסתברות של 5% או גדולות מהן. באגנים מספר נרשמו ספיקות שיא "מדהימות" ביחס למדידות העבר, ובאחרים נמדדו ספיקות גבוהות, אך "סבירות".

תרשים מס' 2 מציג את נתוני ספיקות השיא השנתיות בשני אגנים המאפיינים את הנאמר לעיל, תאנים וברקאי. בשני נחלים אלה אירעו ספיקות שיא גבוהות, ואולם קל להבחין כי ספיקת השיא בנחל תאנים היתה מדהימה ביחס למדידות בשנים הקודמות. ספיקות שהסתברותן נמוכה אירעו השנה פעמים מספר ובתפוצה רחבה בארץ. תופעה מעין זאת טרם נמדדה בארץ בתולדות הרישום של הגאוויות. תרשים מס' 3 מציג ספיקות גבוהות מהידוע עד כה, במהלך השנה.

הסתברות ספיקות השיא באגנים הקטנים והבינוניים ותפרושתן במרחב דומות מאוד לתמונה העולה בתחנות המדידה של האגנים הראשיים הנמדדים על ידי השירות ההידרולוגי. אפשר לסכם כי ספיקות השיא השנה התאפיינו בפרישה רחבה, בהסתברות נמוכה, ובחזרת ספיקות בעלות הסתברות שנתית נמוכה פעמים מספר במהלך העונה. צירוף שלושת הגורמים הללו בא לידי ביטוי בספיקות שיא נדירות בעונת 1991/92.

אם עמדנו פעורי פה לנוכח ספיקות השיא הנדירות ועוצמת הנזקים שגרמו, נוכחנו לדעת כי נפחי הנגר עלו בכמותם על כל הידוע לנו. בתרשים מס' 3 אפשר להבחין במהלך אופייני של הגאוויות בשנה זו: למן הגאות הראשונה החלה בנחלים זרימה אשר נמשכה ברציפות כל העונה.

CHAPTER 3: CHART 2 ANNUAL PEAK DISCHARGES
IN THE TE'ENIM AND BARKAY RIVERS

תרשים מס' 2: ספיקות השיא השנתיות בנחלים תאנים וברקאי

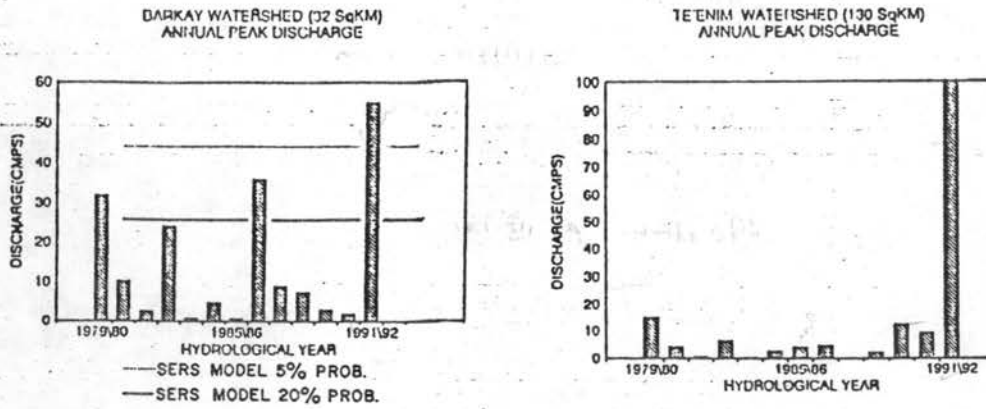


CHART 3: FLOW PERIODS IN THE EVTACH WATERSHED IN 1991/92

תרשים מס' 3: מהלך הגאוויות בנחל אבטח בשנת 1991/92

EVTACH WATERSHED (43 SqKM)
FLOW PERIOD 29.11.91 - 23.01.92

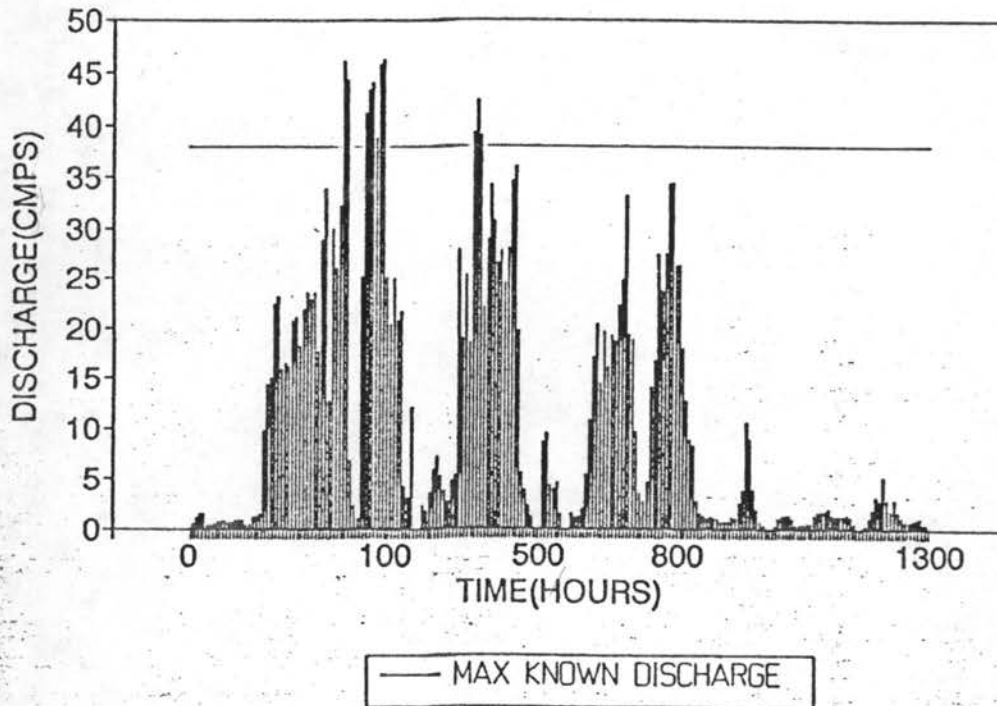


CHART 2: ANNUAL PEAK DISCHARGE IN THE TE'ENIM AND BARKAY RIVERS

תרשים מס' 2: ספיקות השיא השנתיות בנהלים תאנים וברקאי

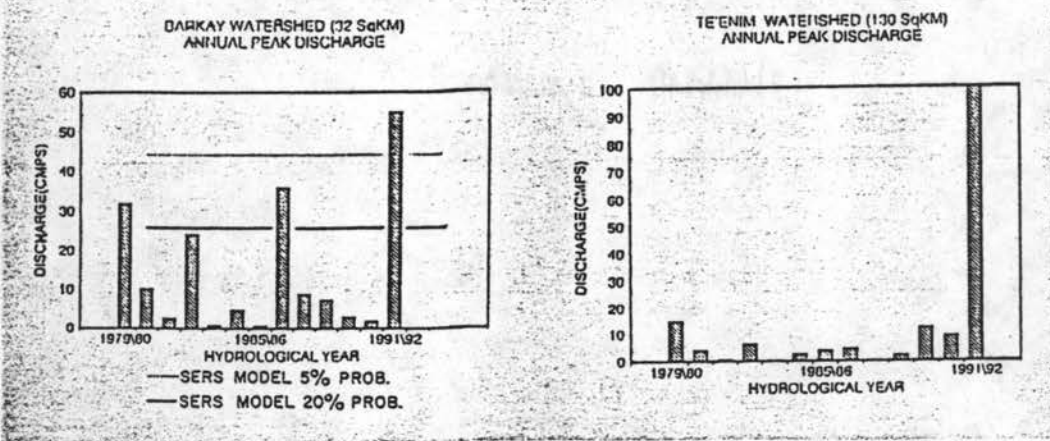
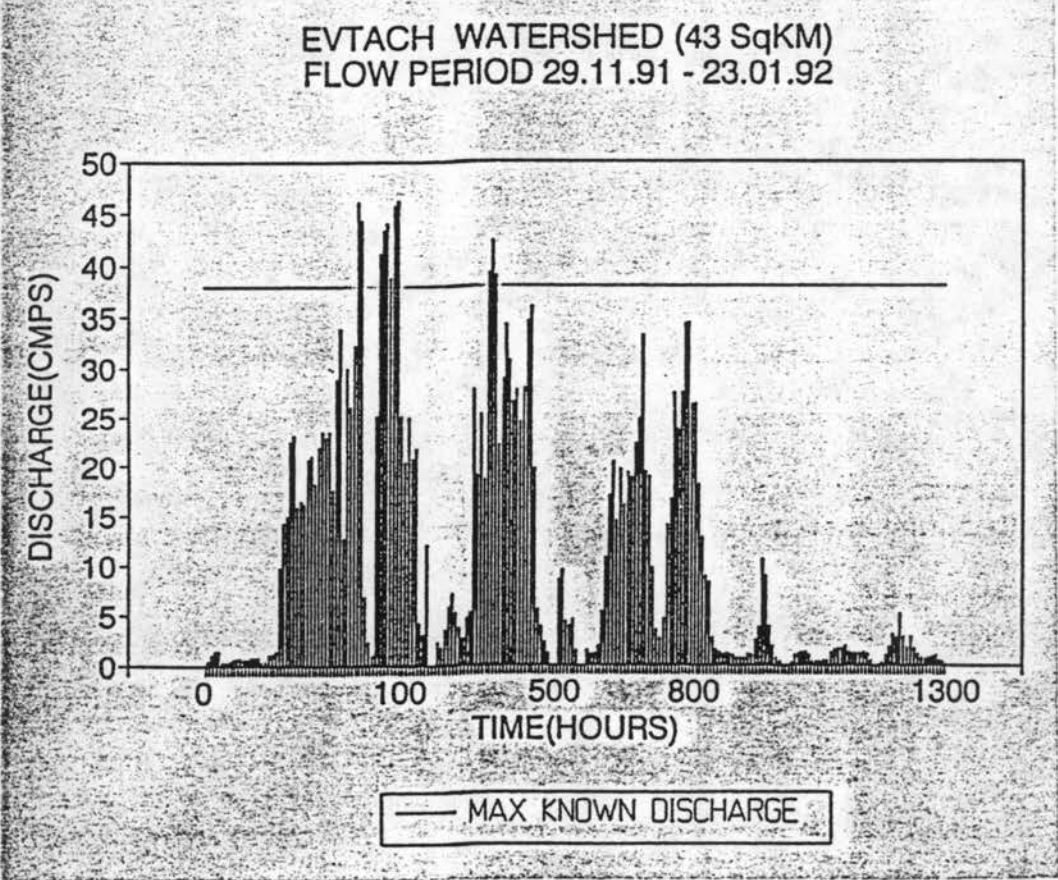


CHART 3: FLOW PERIOD IN THE EVTACH WATERSHED

תרשים מס' 3: מהלך הגאוויות בנחל אבטח בשנת 1991/92



CHAPTER 3. CHART 4: VOLUME OF ANNUAL RUNOFFS
(in mm) IN EVTACH RIVER

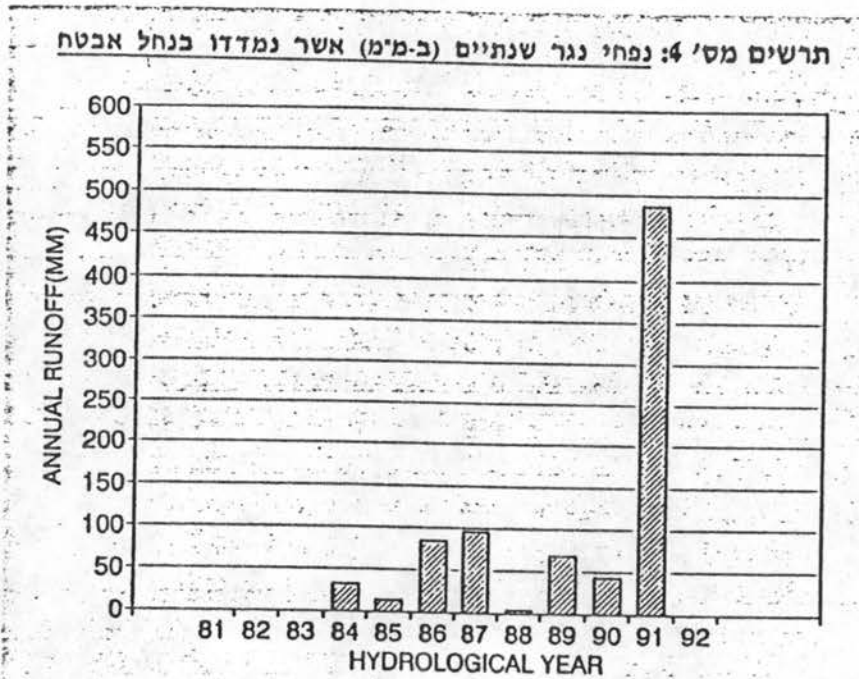
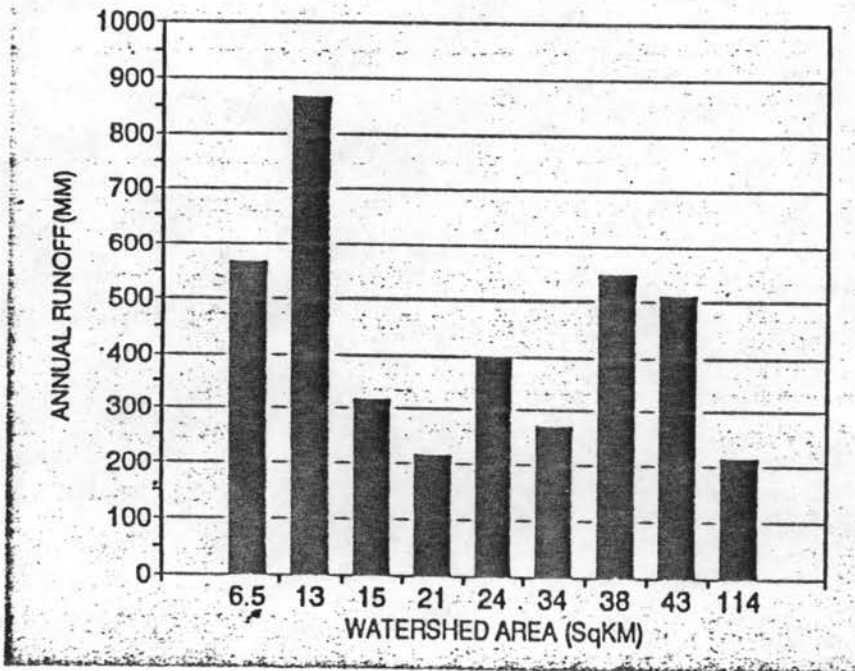


CHART 5: THE VOLUME OF ANNUAL RUNOFFS IN DIFFERENT BASINS.

תרשים מס' 5: ערכי נגר שנתיים (ב-מ"מ) באגנים השונים



תופעה זאת, אשר נצפתה ברוב הנחלים, לא נרשמה בתחנות שלנו עד כה. הגאוויות שנרשמו עד כה היו קצרות זמן, וההפוגות בין גאות לגאות היו ברורות. כמויות הנגר השנה היו גדולות באופן מוחלט ובאופן יחסי לגשם. תופעה של נגר סגולי נדיר נרשמה באגנים קטנים בשטח של 6 קמ"ר, ובאגנים גדולים ששטחם עד 110 קמ"ר. הערכים הסגוליים של הנגר מתאימים לערכים המתקבלים ביחידות שטח ובחלקות נגר קטנות (עד 500 מ"ר). תרשים מס' 4 מציג לדוגמה את עובי הנגר השנתי שזרם בנחל אבטח בשנה זאת ביחס לשנים הקודמות. נתוני נחל אבטח מייצגים את התופעה הארצית של יחסי נגר-גשם גבוהים ביותר. אם נניח כי באגן נחל אבטח היה עובי הגשם הממוצע כ-1,100 מ"מ, הרי כ-45% מהם זרמו לים התיכון. בתרשים מס' 5 מוצגים ערכי הנגר הסגוליים שנמדדו השנה, כנגד שטח תחומי ההתנקזות. ערכי הנגר גבוהים בכל האגנים, ובאגנים מספר הם נדירים למדי. הגאוויות הצטיינו אפוא במשכי זרימה ארוכים מאוד ובנפחי נגר ונגר סגולי גבוהים ונדירים.

השפעת שיטפונות על ערכות הניקוז

השיטפונות הנדירים ומאפייניהם הייחודיים הסבו נזקים קשים לשטחים מיושבים, למבני משק, לשטחים חקלאיים ולמערכות ניקוז ותעבורה. האגף לשימור קרקע וניקוז נאלץ להתמודד עם בעיות כגון שדות רבים שהוצפו ונסחפו, מטעים שנקברו תחת כמויות סחף גדולות ומערכות תיעול שנהרסו.

הסדרת הנחלים ותעלות הניקוז באזורים החקלאיים מיועדת בדרך כלל לספיקה בהסתברות של 10%, ולכן התקשתה המערכת להתמודד עם אירועי השנה. שלושה גורמים חברו להרס הכבד של המערכת: (א) ספיקות שיא גדולות, מעבר לספיקות התכן; (ב) מספר רב של ספיקות גדולות מספיקות התכן; (ג) משכי זרימה ארוכים מאוד.

עובדי רשויות הניקוז האמונים על תחזוקת מערכות הניקוז התמודדו בעבר עם אירוע נדיר שפקד חלק קטן מהמערכת אחת לכמה שנים. במקרה כזה היה אפשר לייחד כוחות ותקציב לטיפול מידי בנזק שנוצר, ולהחזיר את המצב לתקנו בזמן סביר. השנה לא היה אפשר לטפל בתעלות במשך החורף. הזרימות המתמשכות וספיקתן הרבה התמידו בהרס התעלות, והסבו נזקים בהיקף ובעוצמה שטרם ידענו בעבר. תעלות רבות נחתרו בעוצמה אדירה ומתקני ייצוב הידראוליים קרסו. במקרים רבים היו מהנדסי הניקוז אובדי עצות, ולא היה לאל ידם להושיע.

מדו"ח שהגיש מנהל האגף לשימור הקרקע והניקוז עולה כי השנה נפגעו כ-350 ק"מ מתוך כ-2,000 ק"מ תעלות שהוסדרו בכל רחבי הארץ במשך השנים. לפי אומדן ראשון של מנהל האגף, עלות שיקום המערכת מגיעה לכ-60 מיליון ש"ח. מערכות תיעול אלה הן תשתית הניקוז של מדינת ישראל, ושיקומה הוא בנפשו של היישוב כולו. אל תשתית זאת מתנקזים כל היישובים, השדות החקלאיים, מערכות התעבורה והתעופה ומפעלי התעשייה.

האירועים השנה מחייבים את מקבלי החלטות בישראל להקצות משאבים לא רק לשיקום המערכת, אלא גם להכשרתה לאירועים נדירים יותר בעתיד.

אירועי הגשמים והשיטפונות השנה נטלו אותנו לנקודת זמן רחוקה שממנה אפשר להשקיף אל ההווה ולבחון באופן יסודי את השיקולים המנחים אותנו בפתרון בעיות. כבר היום קיבלנו תימוכין להנחות שהיו בעבר בסיס לשקולינו, ואשר לנושאים מספר ברור לנו כי יש לבוחנם מחדש. שנה נדירה זאת, על גשמיה ושיטפונותיה, תעסיק את חוקרי ההידרולוגיה עוד שנים רבות.

CHART 4: VOLUME OF ANNUAL RUNOFFS (in mm) IN EVTACH RIVER

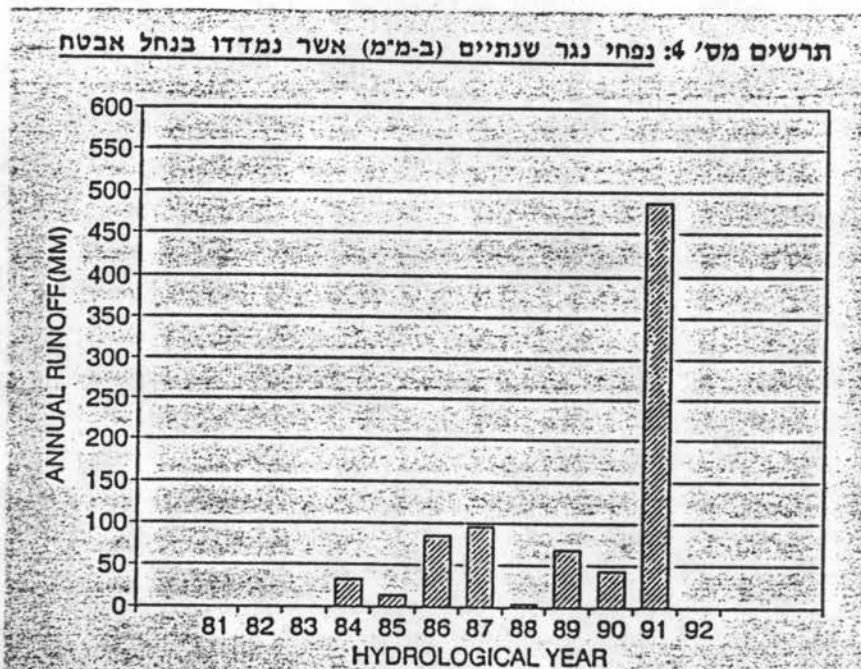


CHART 5: THE VOLUME OF ANNUAL RUNOFFS IN DIFFERENT BASINS

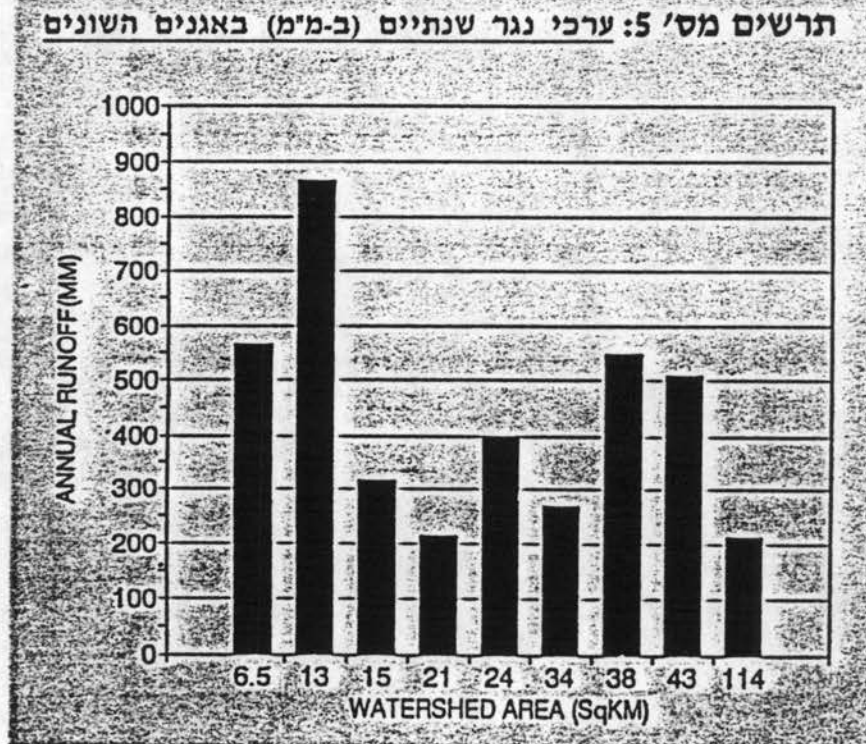


TABLE 1: MAXIMUM AND MINIMUM DISCHARGE AND VOLUMES IN SELECTED SPRINGS

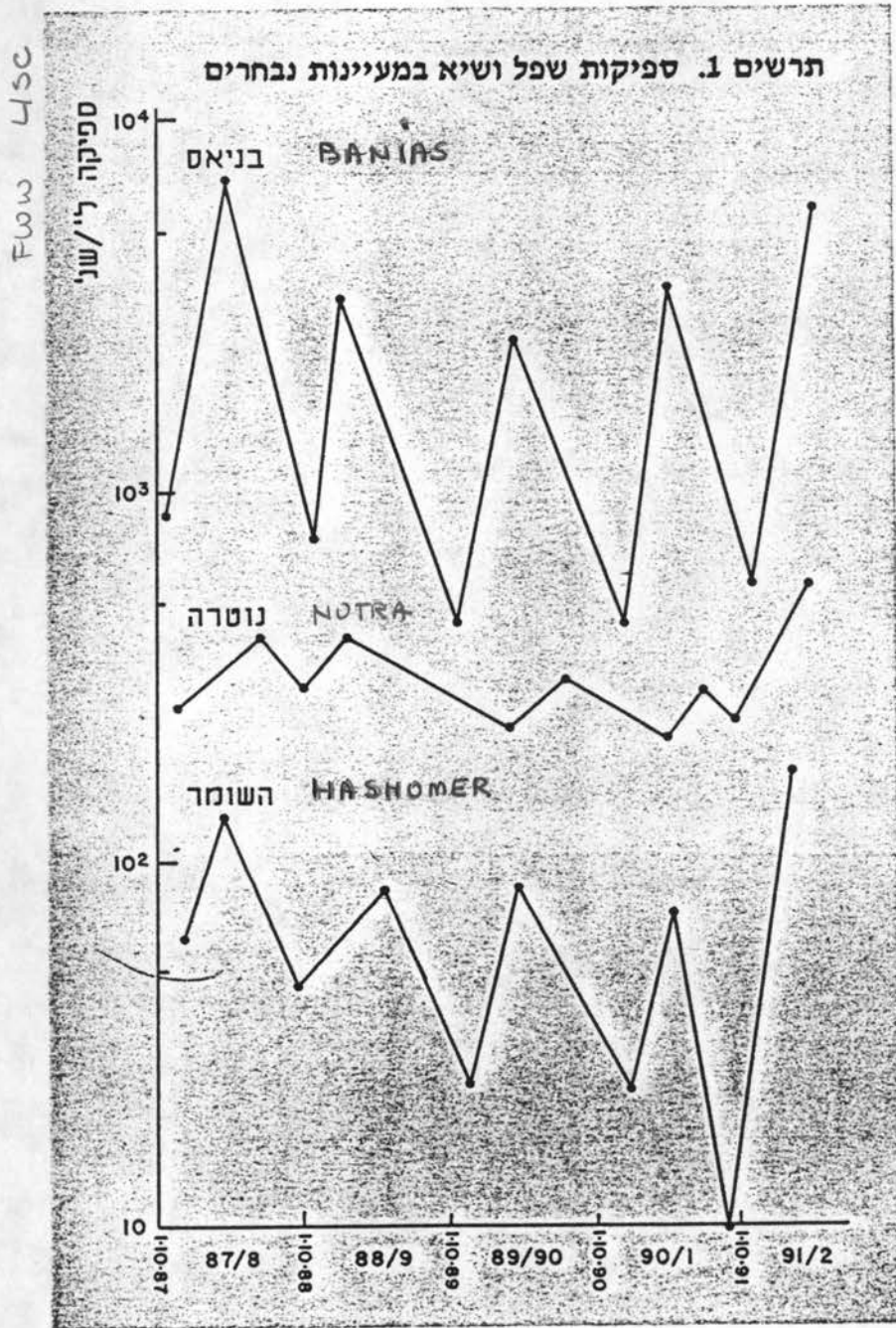
CHLORIDE 1991/2 1990/91 1988/89 1987/8

WELL	VOLUME	1991/2		1990/91			1988/89			1987/8			THE NAME OF THE SPRING			
		MAX L/SC	MIN L/SC	ANNUAL VOLUME	MAXIMUM L/SC	MINIMUM L/SC	ANNUAL VOLUME	MAXIMUM L/SC	MINIMUM L/SC	ANNUAL VOLUME	MAXIMUM L/SC	MINIMUM L/SC				
10		11.3	4.99	177	7.76	3.27	159	6.71	4.12	218	7.98	7.52	292	10.18	7.88	DAN
10		6.09	0.53	46	3.53	0.44	37	2.62	0.45	46	3.36	0.75	85	6.83	0.87	BANIAS
1400		2.60	0.48	20	0.83	0.51	24	1.21	0.54	28	1.25	0.71	38	1.99	0.62	TANINIM THE NORTH ROMAN BRIDGE
900		3.26	0	3.7	0.36	0	4.3	0.33	0	14.5	0.79	0.45	22.3	1.51	0	NAAMAN
2000		0.88	0.45	15.1	0.54	0.43	15.3	0.53	0.48	16.5	0.57	0.48	18.8	0.77	0.51	NUR (TABHA)
1000		0.77	0.51	18.3	0.61	0.53	21.3	0.74	0.48	18.5	0.65	0.47	18.1	0.73	0.47	AMAL
500		0.87	0.53	17.6	0.59	0.44	17.0	0.69	0.42	16.8	0.70	0.51	18.0	0.68	0.50	MIGDAL
160		0.42	0.26	9.0	0.33	0.27	9.3	0.34	0.28	10.0	0.37	0.26	10.2	0.37	0.31	MOUDA
20		0.56	0.24	7.1	0.30	0.22	8.3	0.32	0.23	10.4	0.41	0.29	10.0	0.41	0.26	NOTRA
30		0.71	0	2.8	0.27	0.01	7.9	0.52	0.05	10.1	0.52	0.14	10.9	0.54	0	UGA

TABLE 2 THE RATIO OF MAXIMUM/MINIMUM DISCHARGE IN STABLE SPRINGS

RATIO OF PEAK FLOW 1992/1988	RATIO MIN/MAX 1991/92	MAX. MONTH 1992	MIN. MONTH 1991	NAME OF SPRING
1.11	2.26	MARCH	OCTOBER	DAN
1.14	1.96	MARCH	JULY	NUR
1.05	1.50	FEBRUARY	OCTOBER	AMAL
1.28	1.64	APRIL	JULY	MIGDAL
1.14	1.62	APRIL	JANUARY	MOUDA
1.37	2.33	MARCH	DECEMBER	NOTRA

CHART 2: MINIMUM & MAXIMUM DISCHARGE
IN SELECTED SPRINGS



תרשימים 2 ו-3 מציגים נפחי שפיעה שנתית וספיקת שפל ושיא בעינות דן והתנינים. על-פי רמת ספיקת השיא האחרונה אפשר להניח שנפח השפיעה השנה עשוי לעלות על הנפח ב-1987/88.

CHART 2: DAM SPRINGS: DISCHARGE AND VOLUME - ANNUAL

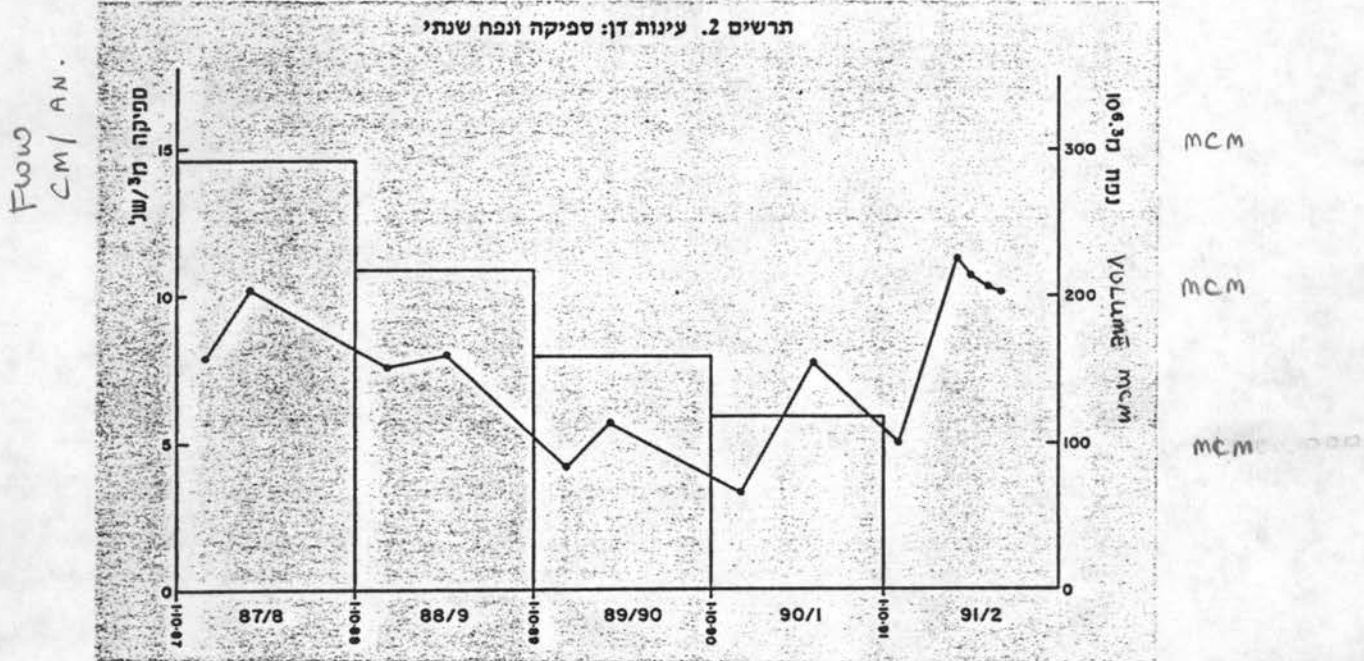
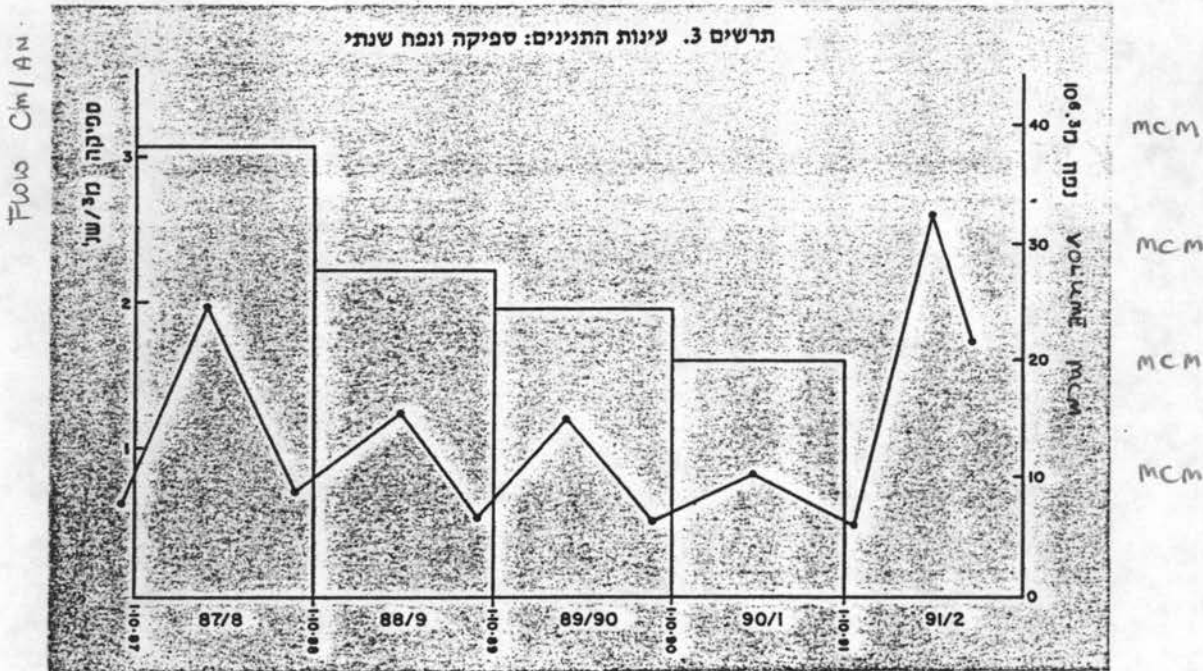


CHART 3: TANINIM SPRINGS: DISCHARGE AND VOLUME - ANNUAL



הגשמים הכבדים בתחילת העונה הכבדים גרמו לפריצת המעינות העונתיים. חלק ניכר מהמעינות בעלי האוגר המצומצם יבשו בקיץ האחרון, או אף קודם לכן. טבלה מס' 3 מציגה מעיינות נבחרים שהתעוררו:

התעוררות זעיינות בעונת 1991/92

TABLE 3. REJUVENATION OF SELECTED SEASONAL SPRINGS IN 1991/92

טבלה 3: התעוררות מעיינות עונתיים נבחרים בשנת 1991/92

AVERAGE ANNUAL VOLUME MCM	MAXIMUM DISCHARGE L/SEC	MINIMUM DISCHARGE L/SEC	THE NAME OF SPRING	THE HYDROLOGICAL BASIN
שפיעה שנתית ממוצעת (מלמ"ק)	ספיקת השיא חודש ספיקה (ל' /שנ')	ספיקת השפל חודש ספיקה (ל' /שנ')	שם המעיין	אגן הידרולוגי
	MONTH	MONTH		
1.0	277 FEB.	7 DEC.	KARKARA (BETAR)	WESTER GALILEE
4.2	535 MARCH	1 NOV.	ZIV (KAZIV RIV.)	WESTERN GALILEE
1.4	774 FEB.	7 NOV.	KEINI	RAMAT MENASHE
1.0	204 FEB.	5 NOV.	TZIPORI	SHFARAM-USHA
76.0	6086 MAY	530 NOV.	BANIAS	HERMON
2.5	321 MARCH	2 NOV.	HEMRONIA	GOLAN RIM
6.0	868 JANUA.	87 SEPT.	DUFILIAN	GOLAN RIM
1.0	210 FEB.	1 NOV.	MIEROM	WESTERN GALILEE
0.5	81 MARCH	1 NOV.	JESRAEL	GILBOA

גורם העונתיות (היחס בין ספיקת השיא לשפל) היה גבוה ביותר השנה, והוא מלמד על התמלאות האוגר המזין.

ספיקת השפל נמדדה במרבית המעינות בנובמבר. ההתעוררות החלה בדרך כלל בדצמבר, ושיאה נמדד בדרך כלל בפברואר-מרס.

בטבלה מס' 4 מוצגים 28 מעיינות נבחרים (ששפיעתם השנתית עולה על 0.1 מלמ"ק) שהתעוררו בחורף הנוכחי. הבולטים שבהם:

- אפק (נעמן) בספיקת שיא של 11,700 מק"ש
- סער (חרמון) בספיקת שיא של 1,900 מק"ש
- בריד (חרמון) בספיקת שיא של 1,800 מק"ש
- דוליב (פריעה) בספיקת שיא של 2,650 מק"ש
- סידרה (פריעה) בספיקת שיא של 2,000 מק"ש
- עוגיה (שומרון) בספיקת שיא של 2,500 מק"ש
- פואר (שומרון) בספיקת שיא של 8,800 מק"ש (נמדד יחד עם עין קלט)

TABLE 4: THE REJUVENATION OF SELECTED DRY SPRINGS IN 1991/92.

AVERAGE ANNUAL VOLUME MCM	MAXIMUM FLOW		REJUVENATION FLOW		DATE OF DRYING UP	SPRING	HYDROLOGICAL BASIN
	DISCHARGE M ³ /SEC.	MONTH	DISCHARGE M ³ /SEC.	MONTH			
	טבלה 4: התערבות מעיינות יבשים נבחרים בשנת 1991/92						
שפינה שנתית ממוצעת (מלמ"ק)	שפינה חסימה (מלמ"ק)	ספיקת חודש	התערבות ספיקה (מלמ"ק)	ספיקת חודש	מועד התייבשות	שם המעיין	אגן הידרולוגי
3.5	300	MARCH	236	DEC.	4/91	GAATON	W. GALILEE
1.5	447	MARCH	317	DEC.	4/91	MABOA (GAATON)	W. GALILEE
13.0	3260	MARCH	316	DEC.	8/91	AFEK (NAHMAN)	L. GALILEE
1.8	164	?	?	DEC.	6/91	YIFTAEL	SIFRAM- USHA
0.6	285	FEB.	47	DEC.	7/91	ARUBOT	RAMAT MENASHE
5.0	524	MARCH	34	NOV.	6/91	SAAR	HERMON
1.7	211	JAN.	60	DEC.	6/91	MASREFA	HERMON
1.0	104	MARCH	2	NOV.	8/91	KOUNIA	HERMON
5.8	504	MARCH	305	JAN.	11/91	BARID	HERMON
0.8	182	MAY	8	MARCH	3/89	TANUR	HERMON
0.1	35	MAY	18	MARCH	11/89	TINA	HERMON
0.5	304	FEB.	19	DEC.	7/88	HASHOMER- HORPI	NAFLALI MOUNT.
2.8	318	MARCH	222	DEC.	3/91	AVIV	KAAR MALCHIA
1.5	63	MARCH	48	DEC.	9/91	SHAMIR	GOLAN RIM
0.4	76	MARCH	50	JAN.	7/88	HASIL	GOLAN RIM
1.2	222	FEB.	13	DEC.	3/90	POAM	W. GALILEE
0.1	46	FEB.	46	FEB.	5/88	BAR YOCHAI	W. GALILEE
0.1	50	FEB.	1	DEC.	8/91	ZEITIM	W. GALILEE
1.6	308	MARCH	266	JAN.	7/88	RAMIEL	W. GALILEE
0.4	111	MARCH	7	DEC.	4/90	AMUD	ROSH PINA
3.4	188	APRIL	32	JAN.	10/91	PAHAM	GOLAN HEIGHTS
0.5	24	MARCH	22	JAN.	5/91	BETZET GOUDAR	GOLAN HEIGHTS
1.0	733	MARCH	2	DEC.	9/91	DOLIEV	PRIAH (NABLUS)
1.0	557	MARCH	250	JAN.	6/89	SIDRAH	PRIAH (NABLUS)
1.3	130	FEB.	30	DEC.	10/91	KOUDIRA	PRIAH (NABLUS)
10.0	708	FEB.	535	DEC.	8/91	UGA	E. SHOMRON
(*4.5)	(*2446)	MARCH	(*1006)	DEC.	6/91	POAR	E. SHOMRON

* כולל גם את עין קלט.

חורף 1991/92 בכנרת: סיכום ביניים

שמואל אסולין, מיכאל שאו (מקורות, יחידת אגן ההיקוות)

א. מבוא

חורף זה התאפיין בכמויות גשם גדולות הרבה יותר מהממוצע הרב-שנתי באזור. על רקע רצף השנים השחונות שקדמו לו בלטו עוד יותר השינויים האקלימיים וההידרולוגיים. בתקופת החורף, למן נובמבר 1991 ועד אפריל 1992, עלה מפלס המים בכנרת ב-4 מ'. למן חודש דצמבר 1991 נרשמו זרימות חזקות בירדן, ושיטפונות אירעו בנחלים שהיו יבשים בחורף הקודם. בעקבות הכניסות המוגברות של מים לאגם והעלייה המהירה במפלסו, הופסקה ההזרמה מהירמוך ונפתח סכר דגניה, ב-9 בפברואר 1992. משום כך לא עבר מפלס המים באגם, כל החורף, את הרום המרבי המותר של מינוס 208.90 מ'.

סיכום מרכיבי מאזן המים בתקופה שבין 1.10.91 ל-31.5.92 מוצג בטבלה מס' 1. יש לציין כי הערכים אינם מדויקים. נתוני השירות ההידרולוגי שהטבלה מתבססת עליהם אינם סופיים. שיעורי ההתאדות מחושבים על סמך מאזן האנרגיה המצומצם. נתוני הצריכה הפרטית מהאגם אינם זמינים, והוערכו על סמך הנתונים מהשנה שעברה.

במהלך התקופה זרמו מהירדן לכנרת 665 מלמ"ק (לעומת 251 מלמ"ק בכל שנת 1990/91). נפח הגשם הישיר, שחושב על-פי ממוצע 7 התחנות, היה 123 מלמ"ק. כמות זו עולה על מכפלת הממוצע הרב-שנתי. ההבדל המרשים ביותר הוא תרומת הנגר מהאגן הישיר (פי עשרים יותר מים בהשוואה לכלל הזרימה בשנה שעברה). במהלך התקופה נשאבו 210 מלמ"ק מים למוביל הארצי (בהשוואה ל-120 מלמ"ק בכל השנה הקודמת). כדי למנוע את חציית הקו האדום העליון, הוזרמו 250 מלמ"ק דרך סכר דגניה אל הירדן התחתון וים המלח. ערכי ההתאדות מתאימים לערכים

ב. מאזני מים ומלח ראשוניים לחורף 1991/92

TABLE 1. THE BALANCE OF WATER IN KINNERETH - APPROX. VALUES - in mcm/MONTH

MONTH	DIFFERENCE IN VOLUME	JORDAN	DIRECT RUNOFFS	DIRECT RAINFALL	DIVERSION	DEGANIA DAM	NATONIA CARRIER	CONSUMPTION	EVAPORATION	KINNERETH PUMP	FLOW FROM SALINE CARRIER
OCT.	-17.82	16.8	0.6	0.4	0.76	0.45	10	3.85	27.25	0.37	0
NOV.	11.34	17.2	0.8	15.7	2.74	0.25	5	2.74	24.45	0.37	0
DEC.	124.82	72.4	49	33.8	8.1	0.1	15.5	1.76	22.15	0.43	0
JAN.	196.84	114	83	28	15	0.08	31	0.97	18.16	0.48	0.27
FEB.	255.95	181	165	40.3	4	96	39.4	0.8	7.28	0.45	0.52
MARCH	43.49	115	40	3.94	0	96.5	35.7	1	7.82	0.51	0.76
APRIL	27.04	80.6	7	0.14	0	38.3	29.7	1.5	18.23	0.49	2.26
MAY.	-0.84	67.7	3	0.3	0	20	44.5	2	19.28	0.55	2.08
TOTAL	640.82	664.7	348.4	122.58	30.6	251.68	210.8	14.62	156.62	3.65	5.89

TABLE 2: MAIN ELEMENTS IN THE BALANCE OF SALT IN THE KINNERETH 91/92 - APPROXIMATE VALUES

המקובלים בחודשים המקבילים, וברמה זו של החישוב אין ניכרת השפעה של הטמפרטור הנמוכה יותר של מי האגם בחורף זה. במאזן האנרגיה המורחב, הנועשה במסגרת הפת הסימולטני של מאזני המים, המלח והחום (אסולין, 1989), יבוא לידי ביטוי השילוב י טמפרטורות המים הנמוכות באופן יחסי במרבית המקורות ושל הזרימות המוגברות. בחודשי האחרונים, הגלישה מהה.מ.מ. (המוביל המלוח) לאגם גבוהה בשל הפסקת ההטיה במסג פעולות אחזקה של התעלה. נתוני מליחות של מרכיבים עיקריים במערכת המים באגם מוצג בטבלה מס' 2. בשל כניסות המים המוגברות שמליחותם נמוכה, ירד ריכוז הכלורידים הממו באגם מ-252 מ"ג/ל ל-210 מ"ג/ל. ואולם, כמות הכלורידים באגם ירדה מ-921 אלפי טונות ל-4 אלפי טונות בלבד, למרות היציאות המוגברות של מי האגם דרך סכר דגניה למוביל האר בהשוואה לנתונים מקבילים מהחורף הקודם, נראה כי הזרימות הגבוהות בירדן לוו בעלי מסוימת של מליחות המים, ואילו השיטפונות בנחלים הזורמים ישירות לכנרת ובירמוך הורי את רמת המליחות בהם. נרשמה גם ירידה ניכרת במליחות מי קידוח כנרת 7 ובמליחות הכ הגולשים מהה.מ.מ. לאגם בעת זרימות השיא.

ים (מג"כ/ל"י)	SALINITY OF FLOW THE SALINE CARRIER MG/L	SALINITY OF KINNERETH PUMPING STATION	SALINITY OF DIVERSION	SALINITY OF RUN OFFS	SALINITY OF JORDAN	SALINITY OF LAKE	MONTH
	1634	1238.2	218.8	28.3	17.6	252	OCT.
	1662.5	1234.3	172.3	43.4	15.9	251	NOV.
	1029.2	693.4	105	25.3	20.2	248.3	DEC.
	733	268.3	60	16.3	28.6	236.8	JAN.
	306.5	128.3	45	14.8	26.9	223.3	FEB.
	1147.8	129.5	62	21.8	27.2	211.6	MARCH
	1776.5	235	140	29.5	19.4	210	APRIL
	1871.8	355.8	217	31.5	15.3	209.9	MAY

השנה האחרונה שבה היה החורף דומה בתכונותיו לתכונות השנה היתה שנת 1968/69. הנתון על חורף 1969 לקוחים מדו"ח מאזן מים (מירו וחובריו, 1976) ומדו"ח מאזן מלח (כהנוביץ וחובר 1972).

ההשוואה בין שני החורפים במונחים של גשם ישיר על האגם מוצגת בתרשים מס' 1. ההב הבולט ביותר במבנה העונה הוא כמות הגשם בחודש פברואר. בסך הכול ירדו יותר גשמים ישיר על האגם בהשוואה לחורף 1968/69 (122.6 לעומת 101.1 מל"מ"ק). הבדל ניכר בין שתי התקופ

ג. השוואה לחורף 1968/69

הוא המצב ההתחלתי של האגם (תרשים מס' 2); בתחילת 1968/69 היה מפלס המים גבוה ב-2.6 מ'. מצב זה השפיע על היכולת לתפעל את האגם במסגרת הגבולות הנתונים, ובחורף מפלס המים את הרום המרבי. נוסף על כך זרמו כמויות גדולות של מים דרך סכר דגניה. ההשפעה בין הזרימות בירדן ובסכר דגניה בשני החורפים מוצגת בתרשים מס' 3. למעשה, בחורף כל המים שנכנסו מהירדן יצאו דרך סכר דגניה. השנה, גם בשל רצף השנים השחונות, הזרימה בירדן חלשות יותר. מפלס המים הנמוך בתחילת עונת הגשמים אפשר ניצול מרבי של התפעולי, כך שרבע בלבד מהכמות שהוגלשה בחורף 1969 זרמה השנה דרך סכר דגניה. ניכר זה השפיע גם על מצב אוגר המלח ומליחות מי האגם. בחורף 1969, ירדה מליחות מי מ-297 ל-243 מג"ל/ל. ואולם בשל הוצאת נפח מים גדול, ירדה גם כמות המלח ירידה מ-1,230 ל-1,050 אלפי טונות כלורידים. אמנם השנה גרמה כניסת המים הגדולה למיהול של מי האגם ומליחות המים, אבל כמות המלח באגם פחתה אך מעט. משמעות הדבר – במצב מתאימה, שתגרום להורדת מפלסים ולצמצום השאיבה, ריכוז המלח עלול לחזור ולעלות מג"ל/ל.

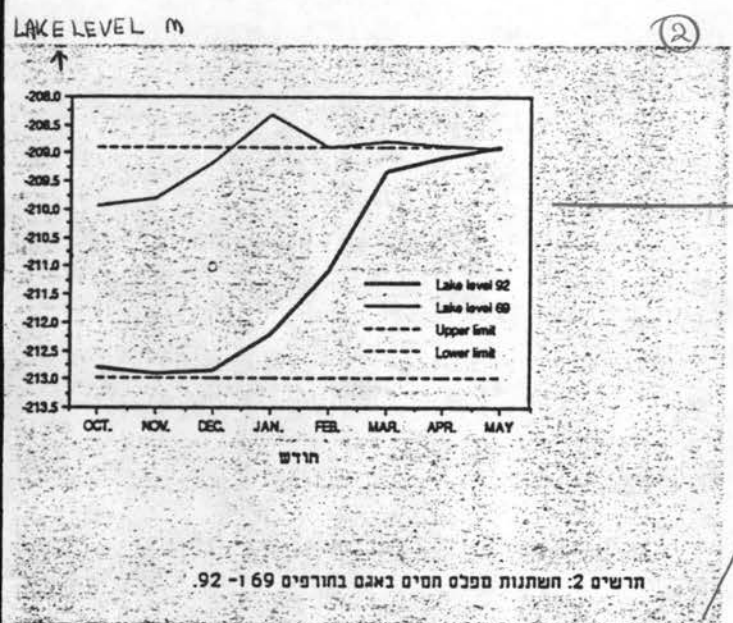
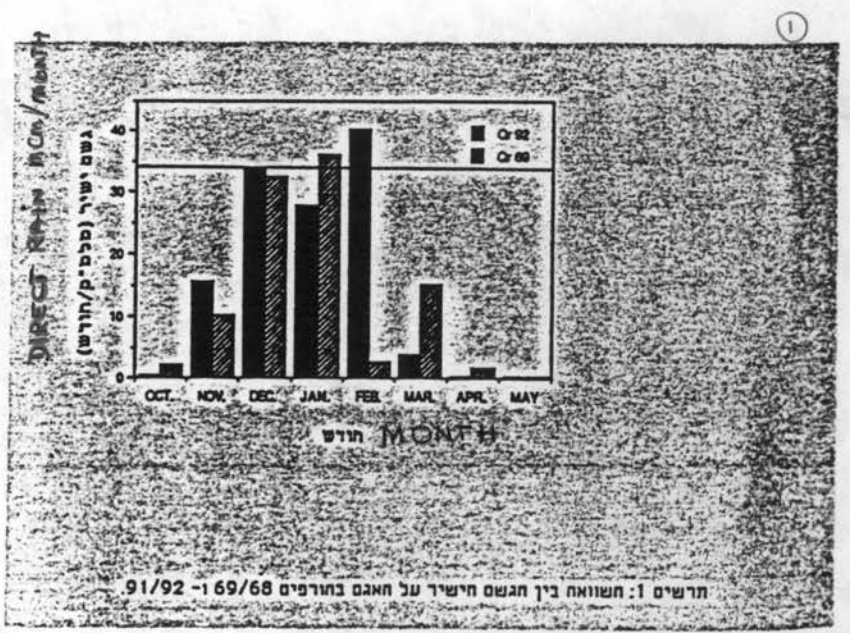
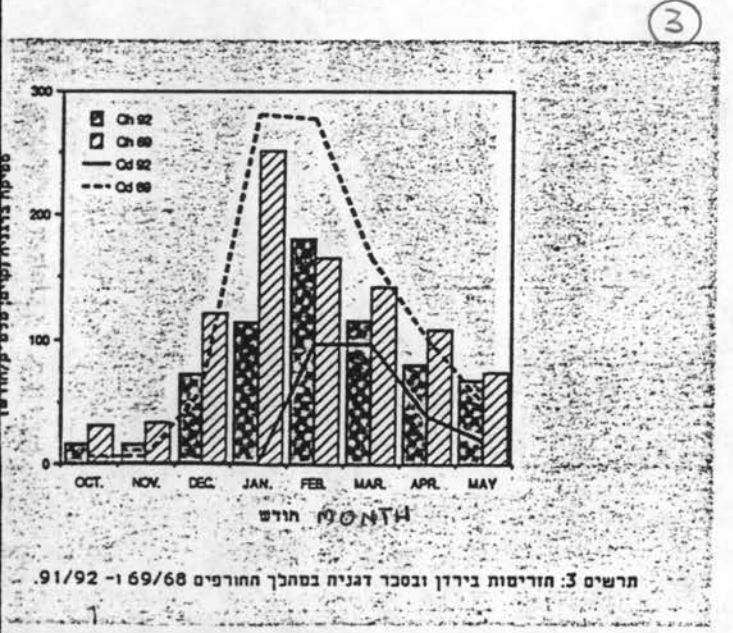


CHART 1: COMPARISON BETWEEN DIRECT RAINFALL ON THE LAKE WINTER 1968/69 AND 1991/92

CHART 2: CHANGE IN LAKE LEVEL IN WINTER 1969 - AND 1992

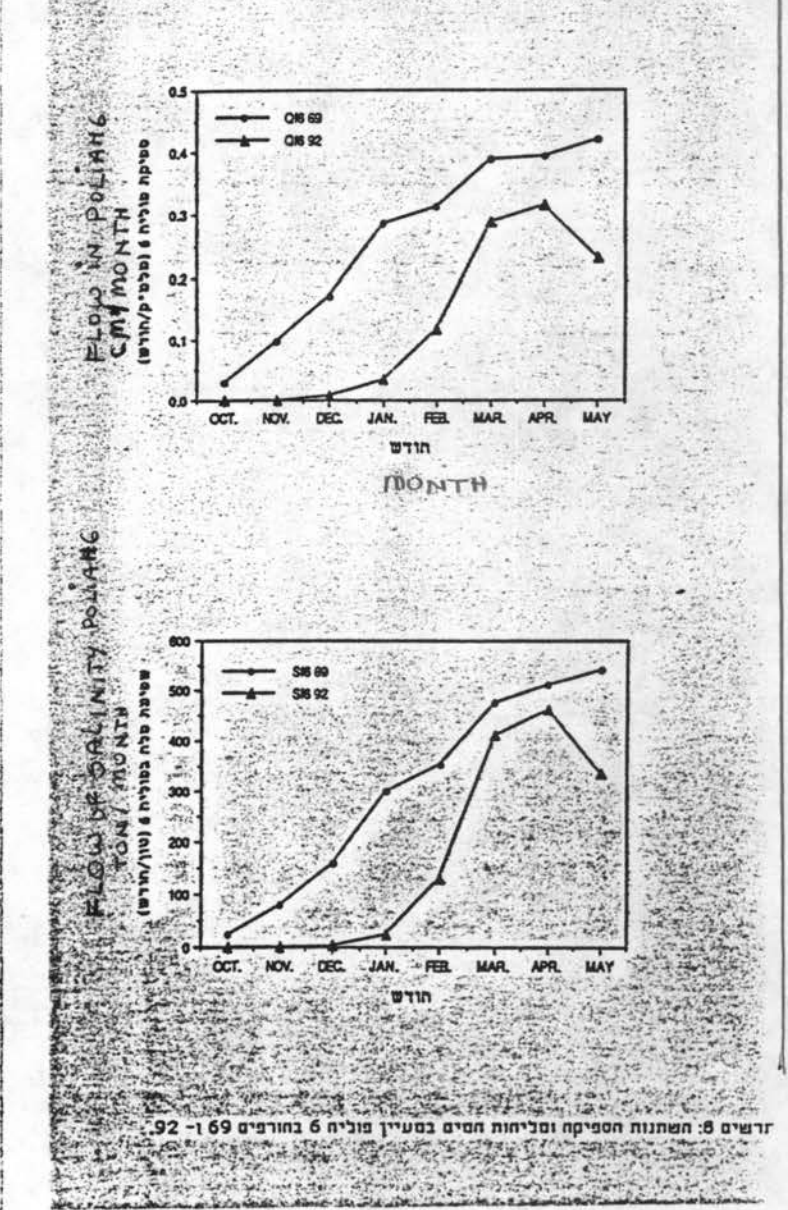
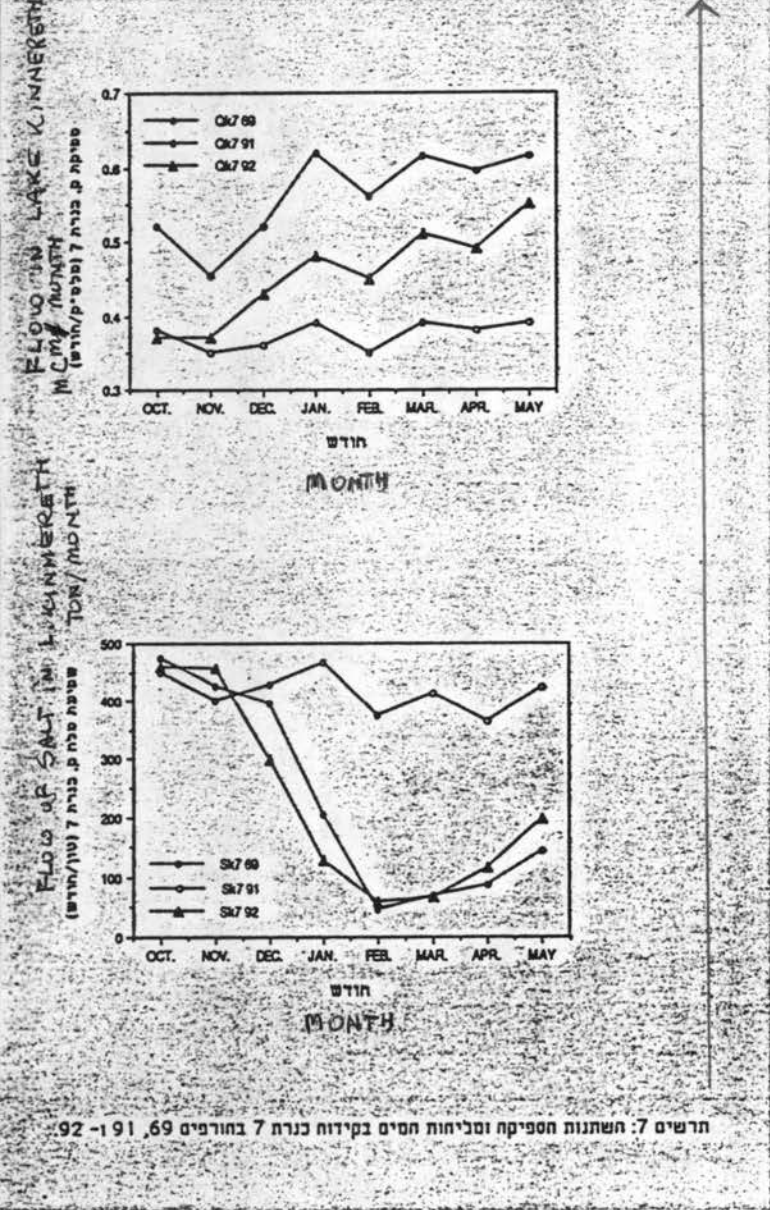
CHART 3: THE FLOW OF JORDAN AND DEGANIA DAM IN THE WINTER 1968/9 AND 1991/92



בניגוד לדעה הכורכת ירידה במפלס בהתגברות שפיעת המעינות, כנראה בשל מיעוט הגשם ודלדול המאגרים המזינים. נקודה זו הבליטה את חולשת הגישה המנסה לבחון ולחזות פעילות המעינות המלוחים לנוכח תנודות במפלס האגם בלבד, שהיא תנאי גבול תחתון במערך בלא התייחסות למצב בתנאי הגבול העליון. בחורף 1992 עלה מפלס המים באגם עלייה מהירה כדי 4 מ'. אומדן השפיעה ממערכת המעינות מורה על עלייה מקבילה של הספיקות (תרשים 6). מכאן שמעקב אחרי מפלס המים באגם בלבד אין בו די לתיאור תאור נכון את מגמות המעינות המלוחים. מאפיינים מקבילים לפעילות מערכת המעינות המלוחים אינם זמינים לחורף 1969 בתור מקרים שאינם מייצגים את המגמות במערכת הכוללת, נציג את הנתונים המאפיינים שפיעת קידוח כנרת 7 (שופע ארטזית באתר טבחה; תרשים מס' 7) ואת שפיעת מעיין פול 6 (מעיין חוף ב"גן הרוסי"; תרשים מס' 8). בשני המקרים בולט ההבדל בעוצמת שפיעת המעינות ההתחלתית בין חורף 1969 לחורף 1992, המעיד על מצב המאגרים המזינים (נזכיר כי בתחילת חורף 1969 היה מפלס המים באגם גבוה ב-2.6 מ' מהמפלס שבתחילת חורף 1992). על בסיס מה התחלתי זה מודגשת רגישות המערכת ההידרולוגית לכמויות הגשם הגדולות שאפיינו את ש

CHART 7: THE CHANGE IN FLOW AND SALINITY IN KINNERETH PUMPING STATION 7 IN WINTER 69-92

CHART 6: THE CHANGE IN THE FLOW AND SALINITY IN THE POLIAH SPRING 6 IN 69 AND 92



תרשים 7: השתנות הספיקה וסלינות המים בקידוח כנרת 7 בחורפים 69, 91 ו-92

תרשים 8: השתנות הספיקה וסלינות המים במעיין פוליה 6 בחורפים 69 ו-92

TABLE 3 EVALUATION OF THE ACTIVITY OF THE SALINE SPRINGS IN KINNERET.H

IN WINTER

91/92

מבנה 3: אומדן פעילות מערכת המעי' ינות והלוחים בבנות בחורף 91/92 - עתים מקורבים			
HARVEST OF SALT FROM SPRINGS IN TONS	SALINITY OF SPRINGS MG CHLORIDE / LITER	FLOW OF SPRINGS MCM	MONTH
9610.5	2002.2	4.8	OCT.
4738.6	679.9	6.97	NOV.
209.6	349.4	0.6	DEC.
322.5	51.2	6.3	JAN.
7105.4	870.8	8.16	FEB.
17506.4	665.6	26.3	MARCH
12242.8	504.2	24.28	APRIL
10295.2	483.1	21.31	MAY
62031		102.72	TOTAL

זני מלח בכנרת. מרכיביה הם:

התקופות (1969 ו-1992). בחורף 1991 כמעט לא השפיעו הגשמים המועטים על הספיקה בקידוח כנרת 7, ואילו מעיין פוליה 6 לא נבע כלל. בחורף הנוכחי חלה התגברות ניכרת של השפיעות בשני האתרים וקצב הגידול בספיקה היה גדול יותר מאשר בחורף 1969. תרשימי שפיעת המלח מציגים את רגישות המערכות המזינות את האתרים השונים במונחים של מנגנון המלחה והשפעת הגומלין עם גשמים שרמת מליחותם מזערית.

בקידוח כנרת 7 קטנה שפיעת המלח ב-1991 באופן מתון, על-פי השינויים בספיקה. בשני החורפים הגשומים, לעומת זאת, נמדדה ירידה כמעט זהה בשפיעת המלח. השילוב של עלייה בספיקה וירידה בשפיעת המלח משמעו ירידה במליחות המים השופעים, והריכוז אכן ירד מ-1,240 מג"ל/ל' באוקטובר ל-130 מג"ל/ל' במרס. לפני תחילת עונת הגשמים, כמויות המלח הזורמות ב-3 השנים השונות זהות, מצב המעיד על ההשפעה המידית וקצרת הטווח של הגשמים

CHART 2: AMMONIUM IN THE LAYERS OF THE KINNERETH

CONCENTRATION OF AMMONIUM MG/LITER

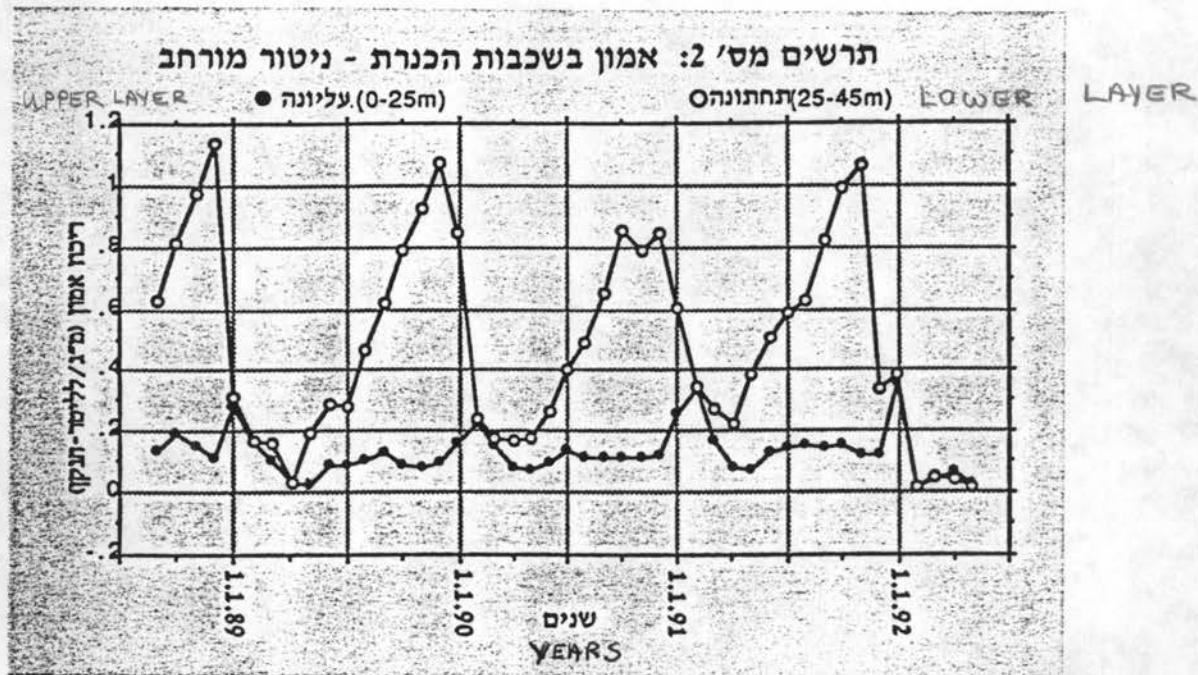
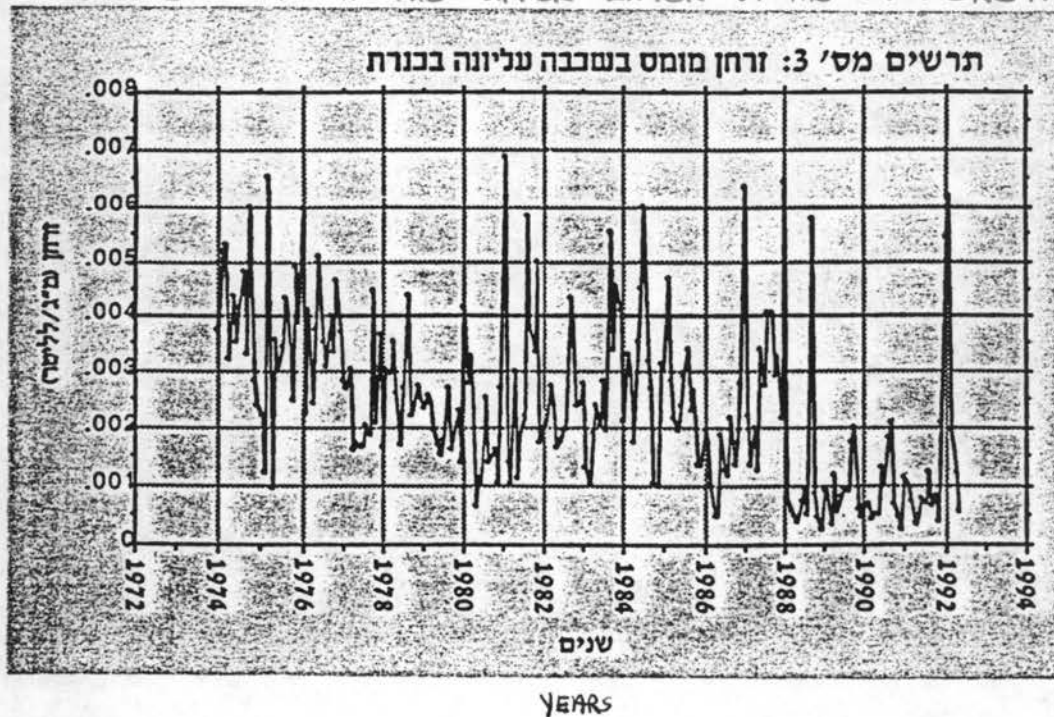


CHART 3: SPR IN THE UPPER LAYER OF THE KINNERETH

SPR / LITER



בחורף 1992 לא התחילה התפתחות של פירידיניום בחודשי החורף הראשונים, ולא נמצא שיא של אצה זו בחודשי מרס-אפריל. ריכוזים גבוהים של אצות נרשמו רק בחודש מאי. זו היתה תופעה חריגה, לכל הדעות (ראה תרשים מס' 4).

4. כלורופיל

גאויות חודשי ינואר ופברואר 1992, שהיו גדולות במיוחד, הסיעו חומר מרחף רב לאגם מאגן ההיקוות. את השפעת תרומת האגן אפשר לראות בעליית ריכוזי הרחופת, ובעיקר בעליית העכירות באגם. התופעה בולטת בעיקר בשכבה העליונה (20-25 מטר). לכך היתה השפעה ישירה על איכות המים שנשאבו למוביל הארצי. ריכוזי החיידקים והעכירות היו גבוהים במיוחד בחודשים ינואר ופברואר 1992 באזור ראש היניקה למוביל (ראה תרשימים מס' 5,6).

5. רחופת ועכירות

בשל תנאי האקלים ששררו החורף היתה הטמפרטורה בכנרת נמוכה במיוחד. הטמפרטורה משפיעה על תהליכים רבים, וכמו כן על התפתחות הדגים באגם. סביר להניח כי הטמפרטורה הנמוכה במיוחד גרמה להאטה ניכרת בהתפתחותם של חלק מהדגים, ובעיקר דג האמנון.

6. טמפרטורה

ריכוז החמצן שנמדד באגם החורף היה גם הוא נמוך וחריג. בגלל ריכוז החמצן הנמוך בכנרת הגברנו את תדירות מדידות ריכוזו בשיתוף עם המעבדה לחקר הכנרת, כדי לעקוב אחרי השתנות הריכוז בזמן.

7. חמצן

לפחות שני גורמים חיצוניים השפיעו על איכות המים בכנרת בחורף 1991/92: הטמפרטורה הנמוכה והכמות הרבה של מים וחומרים שנכנסה לכנרת. גורם נוסף הוא המפלס הנמוך בסוף קיץ 1991, שגרם ליציאת כמויות מים וחומרים מהכנרת, קטנות יחסית לכניסות גדולות יותר. מכאן

8. סיכום

CHART 4: CHLOROPHYLL IN THE KINNERETH

CONCENTRATION OF CHLOROPHYLL MG/LITER

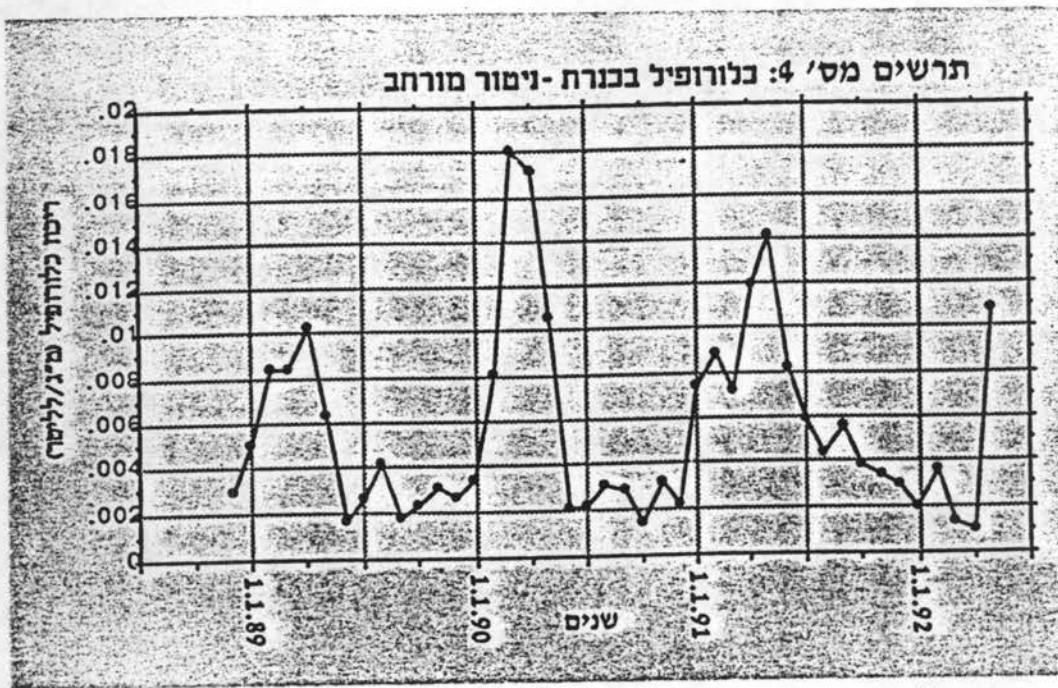


CHART 5 OPACITY IN THE LAYERS OF KINNERETH

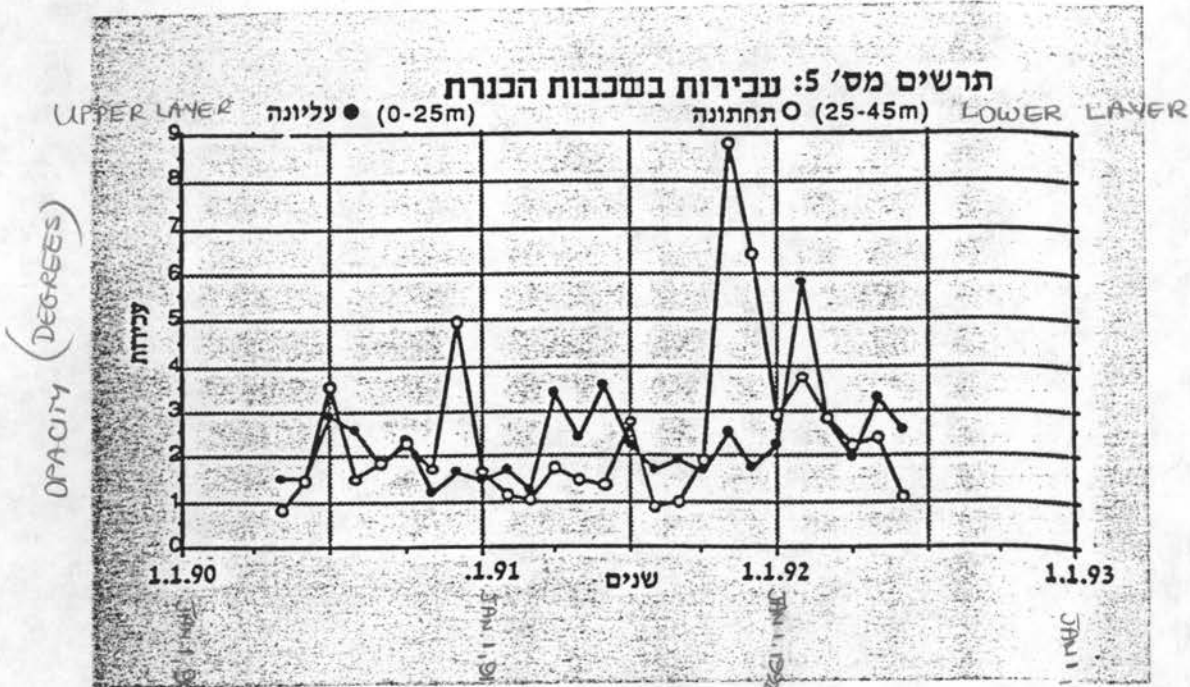
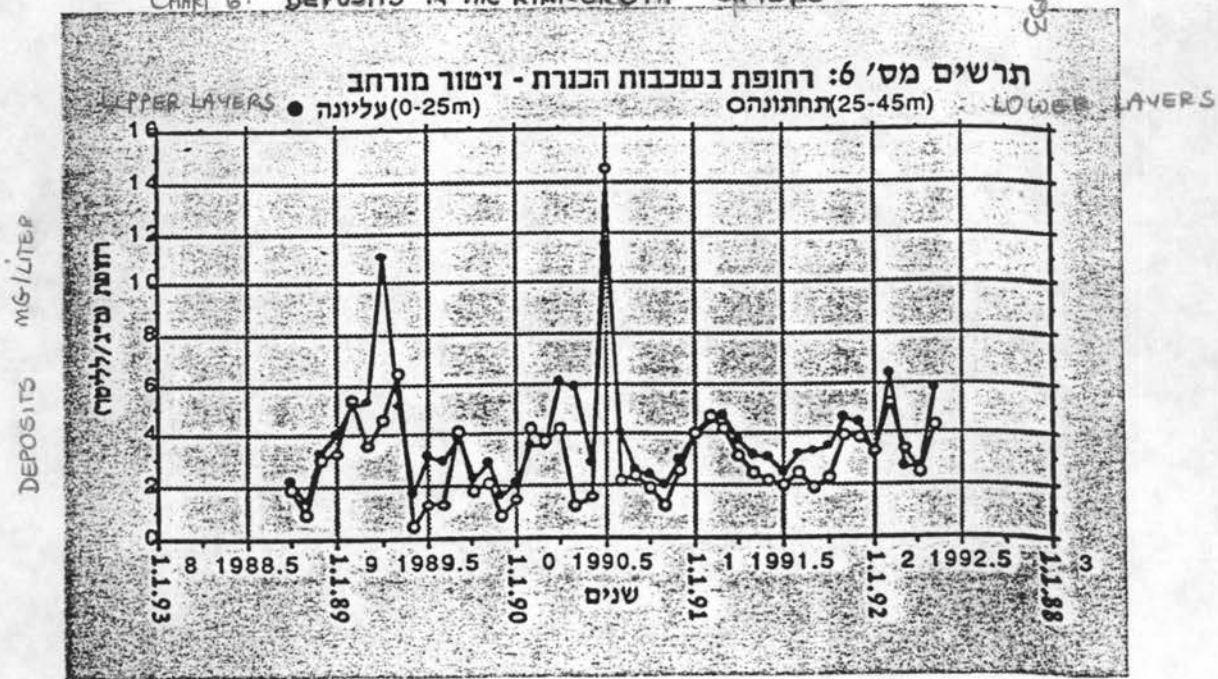


CHART 6: DEPOSITS IN THE KINNERETH LAYERS



1.1.88 1.1.89 1.1.90 1.1.91 1.1.92 1.1.93
 ינואר 1988 ינואר 1989 ינואר 1990 ינואר 1991 ינואר 1992 ינואר 1993

התמלאות האקוויפרים בחורף 1991/92 שלום גולדברגר (השירות ההידרולוגי, ירושלים)

ג. אקוויפר החוף

בתרשים מס' 1 מוצגת עליית המפלסים הממוצעת בחורף 1991/92 וב־7 החורפים שקדמו לו. הנתונים מתבססים על אוכלוסייה יציבה על פני השנים של כ־280 קידוחים, והממוצע הוא אריתמטי. אין להתייחס לנתונים כאל מספרים המבטאים עלייה משוקללת "אמיתית" של המפלסים באקוויפר החוף, ואולם הנתונים מתארים היטב את עליית המפלסים היחסית מדי שנה. מן התרשים עולה שבחורף 1991/92 עלו המפלסים פי שלושה מן העלייה הממוצעת ב־7 השנים שקדמו לו.

מחישב שנעשה באופן מפורט עולה שכמות המים שנוספה לאקוויפר היא כ־750 מלמ"ק. כדי לחשב את תרומת מי הגשם לאקוויפר החוף יש לעשות מאזן מים מלא: בנתוני הכניסות - מי

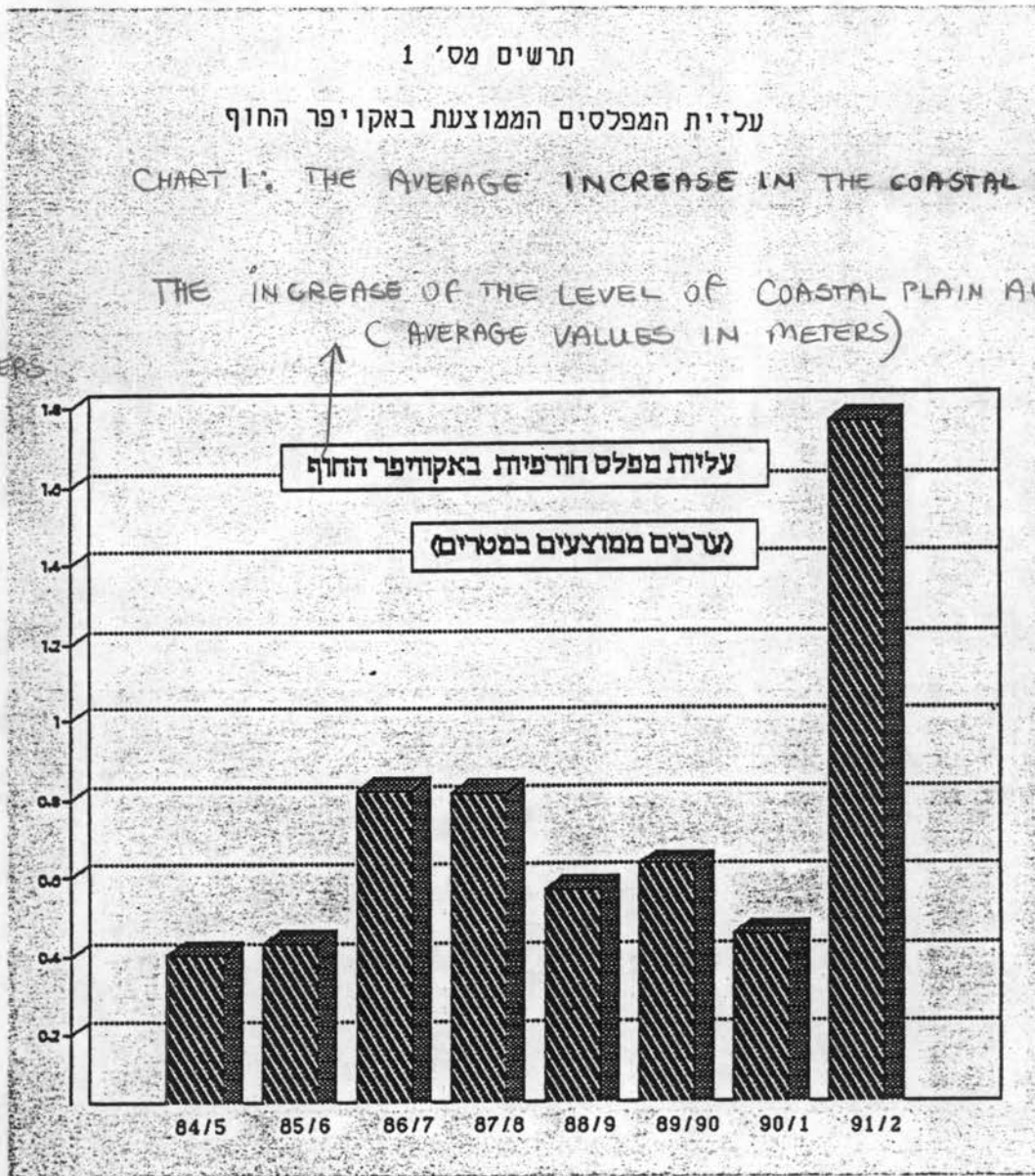


CHART 2

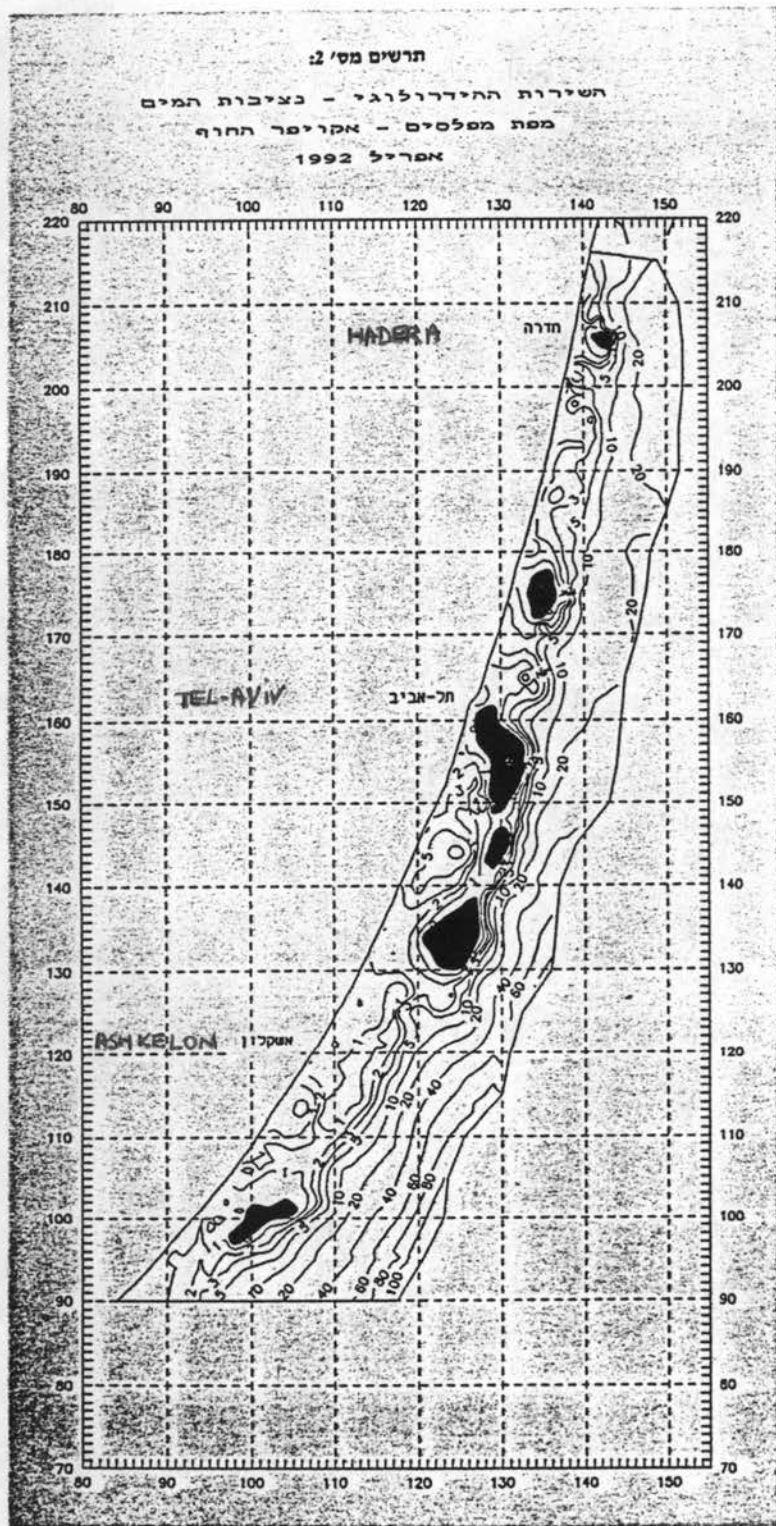
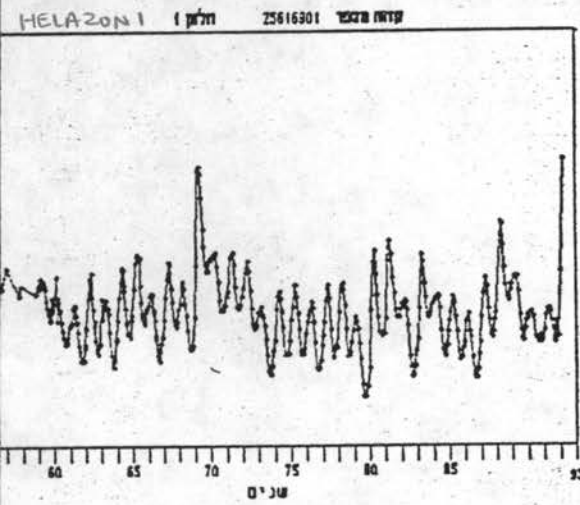


CHART 2
 THE HYDROLOGICAL SERVICE -
 WATER COMMISSION
 THE MAP OF LEVELS -
 COASTAL LEVEL AQUIFER

CHAPTER 7
 CHART 4: THE CHANGES IN THE
 LEVEL OF THE AQUIFER OF
 WESTERN GALILEE

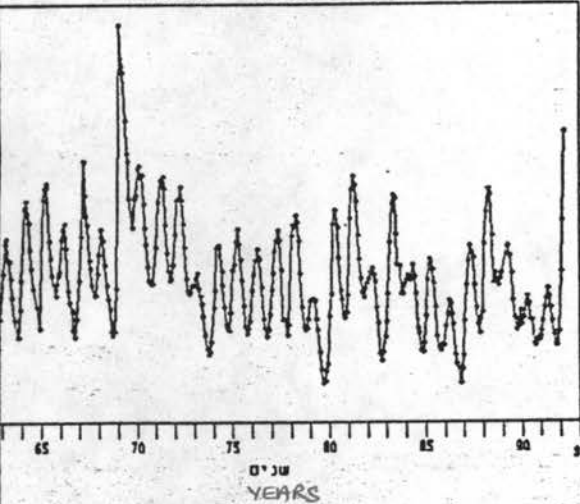
תרשים מס' 4

תנודות המפלסים בקדוחים מייצגים בגליל המערבי

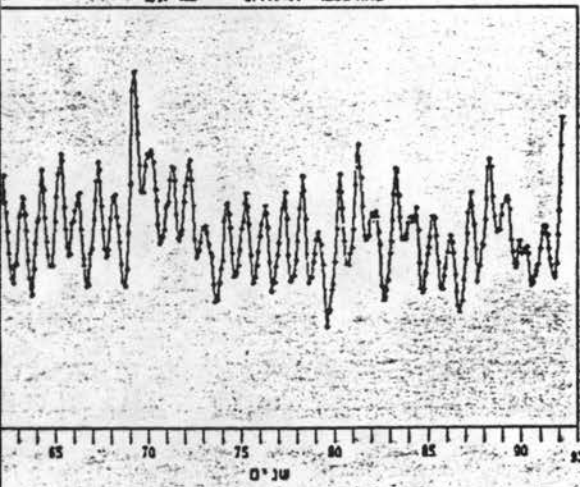


WESTER GALILEE

קדוח חצובה 27116201 גליל המערבי 1



קדוח חצובה 27116401 נבד"מ/1 NAVDIT/1

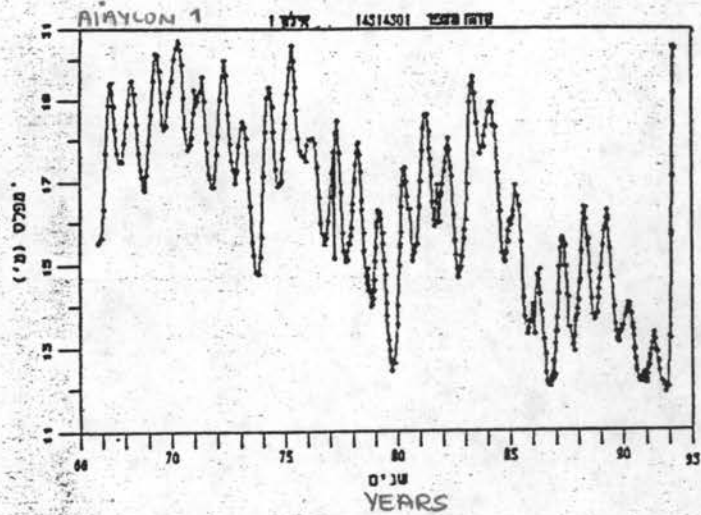


YEARS

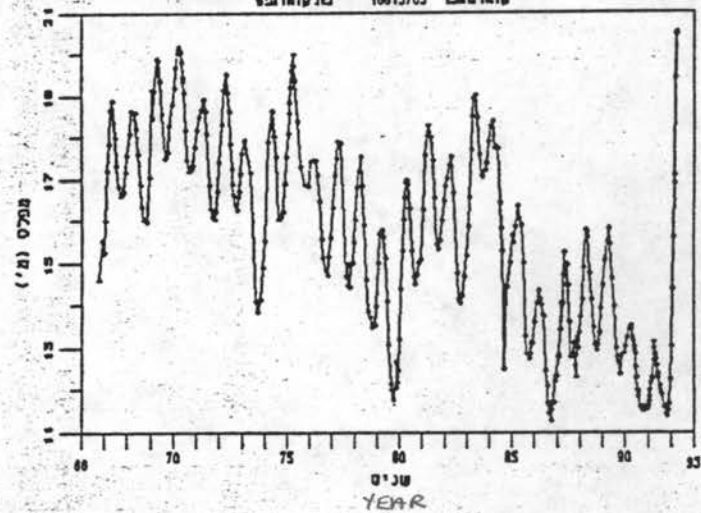
CHAPTER 7
 CHART 3 THE CHANGES IN THE
 YARCON-TANINIM AQUIFER (IN SELECTED
 REPRESENTATIVE PUMPS

תרשים מס' 3

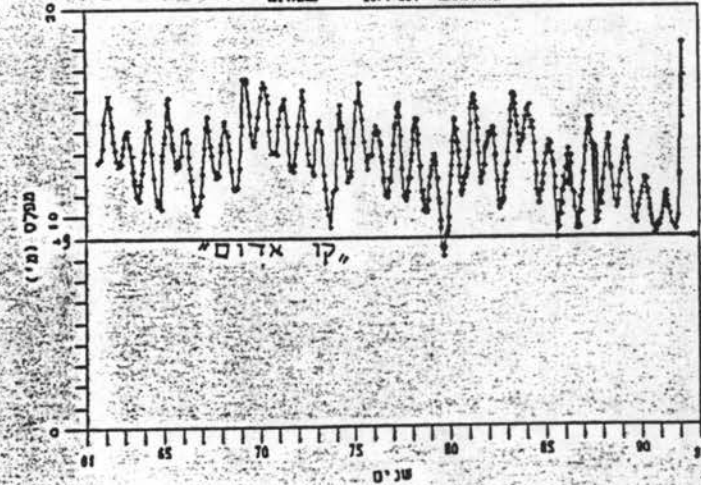
תנודות המפלסים בקדוחים מייצגים באקוויפר ירקון תנינים



קדוח חצובה 16613703 ב"מ קדוח חצובה BETH KIDUVAH NEFESH



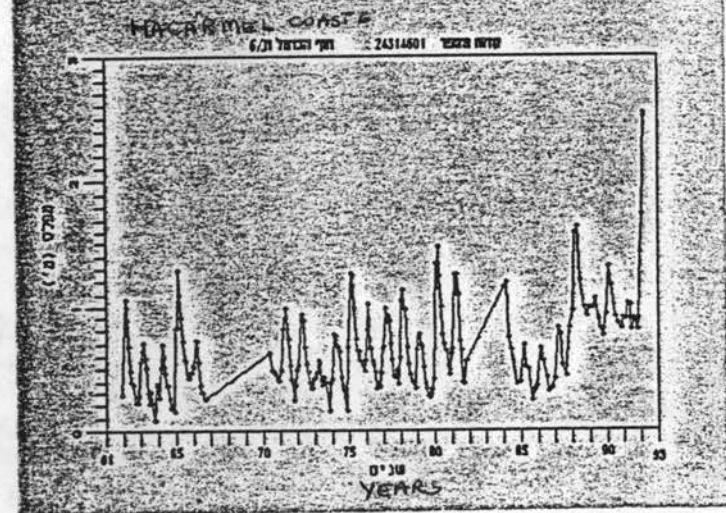
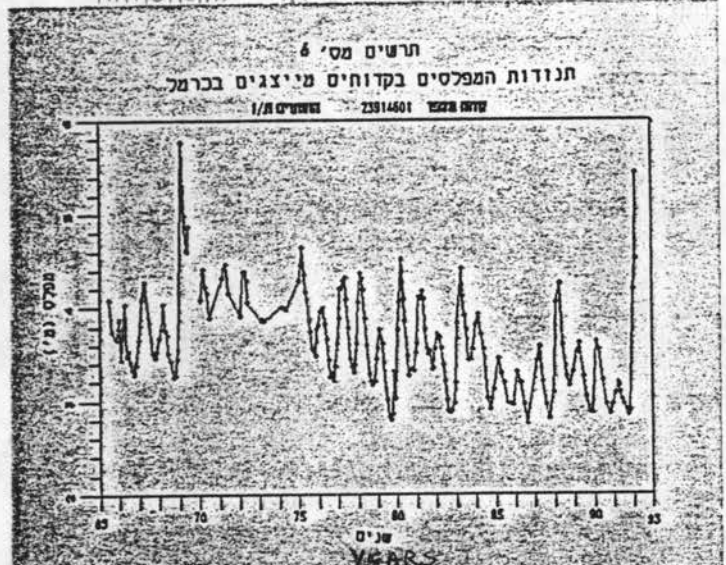
קדוח חצובה 20714801 מנשה ת"א MENASHE 1



YEARS

CART 6: CHANGES IN REPRESENTATIVE PUMPS IN THE CARMEL

HANOTRIM T/1



HOF MACARMEL T/6

CHART 5: CHANGES IN THE LEVEL OF SELECTED REPRESENTATIVE PUMPS IN THE EASTERN GALILEE

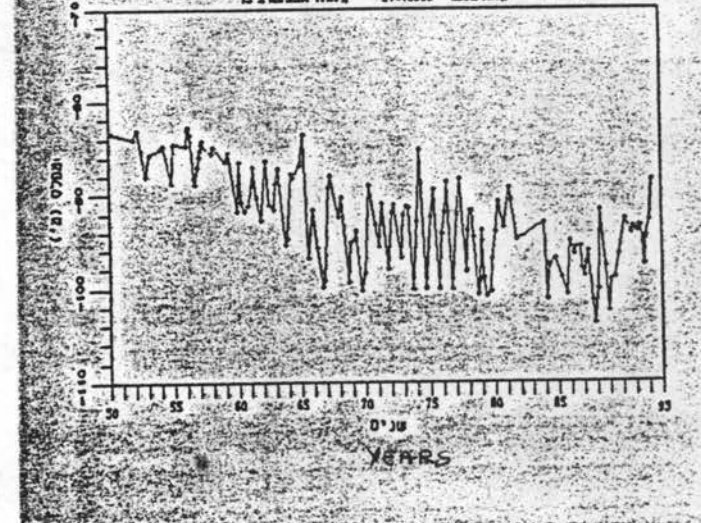
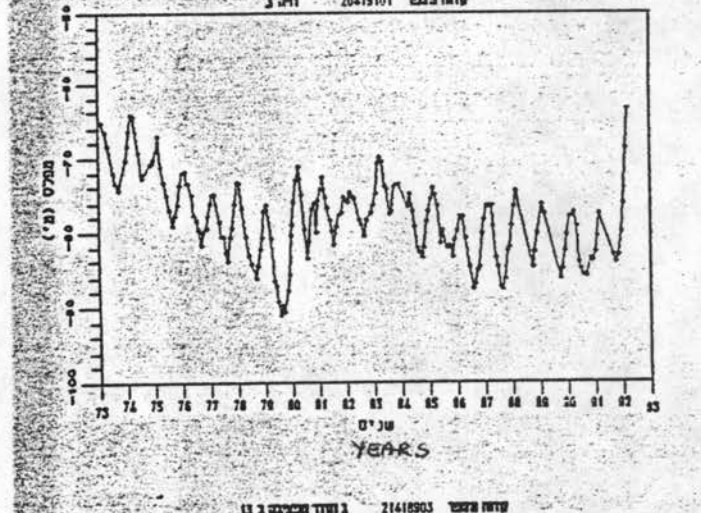
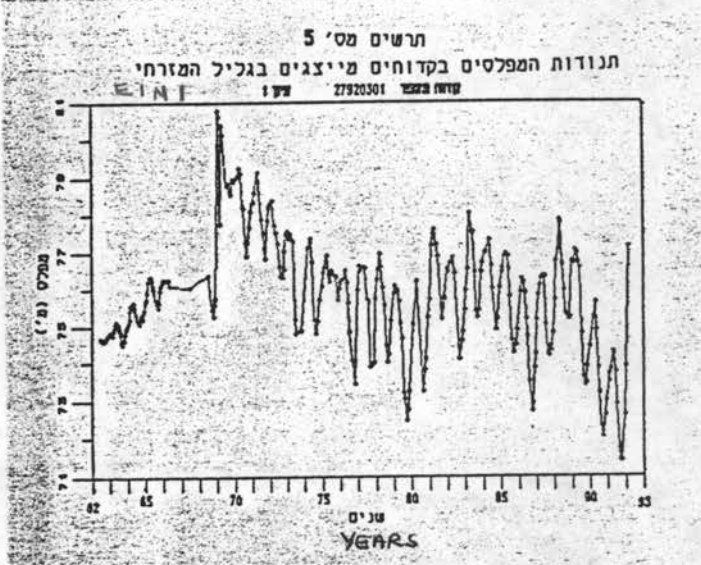
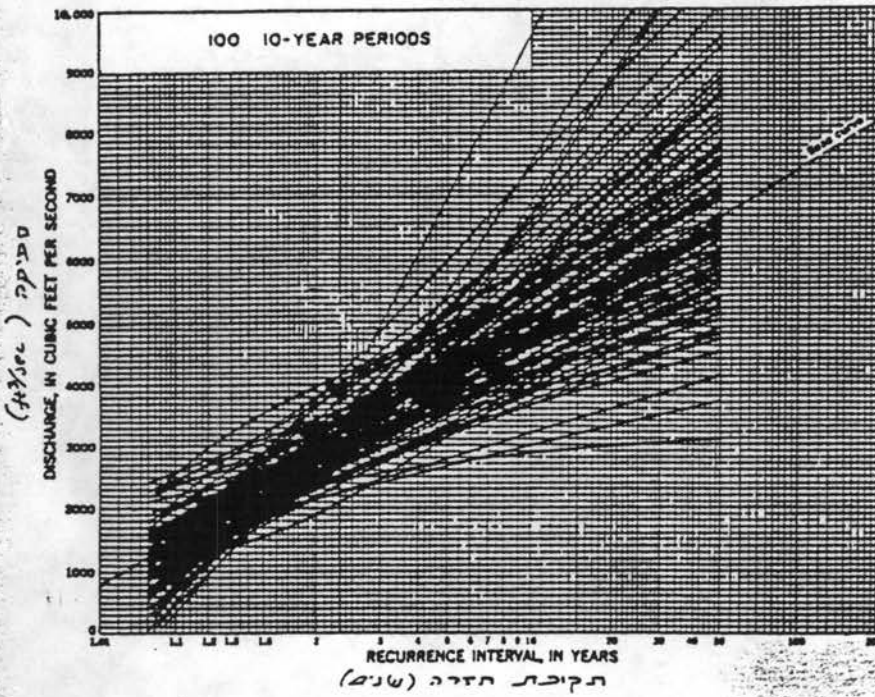


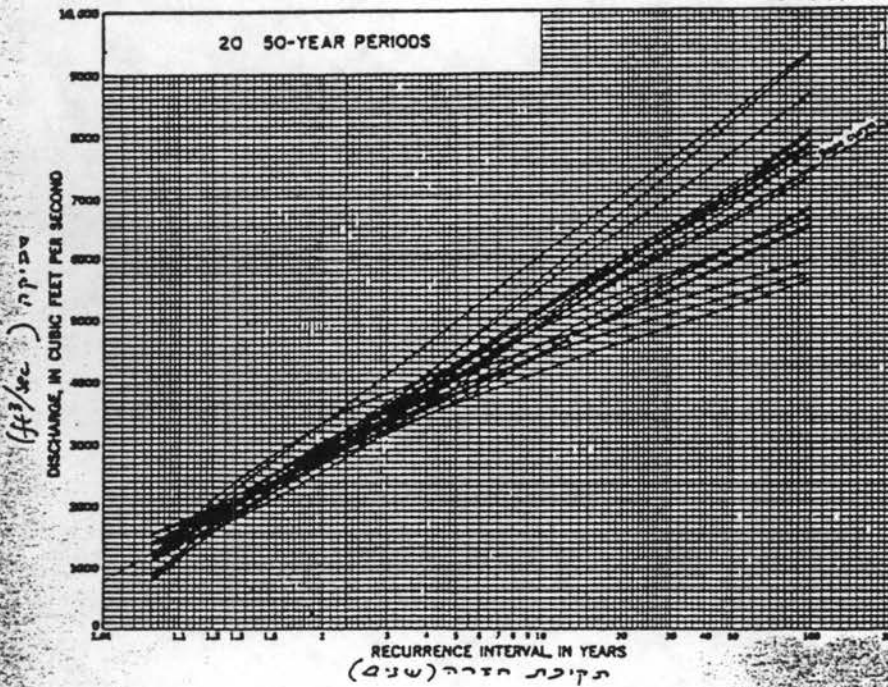
CHART 1: FREQUENCY CURVES FOR DIFFERENT PERIODS

תרשים מס' 1: עקומי הסתברות לתקופות שונות



(a) Frequency curves for 100 ten-year periods

עקומי הסתברות של 100 מדגמים במשך 10 שנים כל אחד



(b) Frequency curves for 20 fifty-year periods

עקומי הסתברות של 20 מדגמים במשך 50 שנה כל אחד