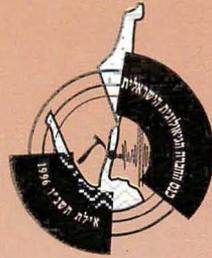


החברה הגיאולוגית הישראלית
Israel Geological Society



ANNUAL MEETING, 1996



EILAT

18-21 MARCH 1996

ANNUAL MEETING, 1996

Editors:

Amit Rivka,	Geological Survey Israel, Jerusalem;
Aviad Dov,	Hebrew University, Jerusalem
Htzor Yosef,	Ben Gurion University, Beer-Sheva
Feldman Lea,	Institute for Petroleum & Geophysics
Shamir Gad,	Institute for Petroleum & Geophysics
Shtivelman Vladimir,	Institute for Petroleum & Geophysics
Vangosh Avner,	Hydrological Services, Jerusalem
Weinstein- Evron Mina,	University of Haifa, Haifa

EILAT

18 - 21 March 1996

The Geological Society of Israel Thanks the following for their contributions:

Tefahot Bank Ltd.
"Lapidoth" Israel Prospectors Corp. Ltd.
Eilat Stone Mines
Ministry of Energy and Infrastructure
Geological Survey of Israel
Institute for Petroleum and Geophysics
Israel National Oil Company Ltd. (INOC)

Geological Society Committee 1995/96

Avi Shapira - President
Barbu Lang - Vice President
Beck Alex - Activity Coordinator
Lea Feldman - Secretary
Lucian Michaeli - Treasurer
Mark Goldman - Member
Dov Avigad - Member
Gideon Tibor - Member

Dov Ginzburg, Manager, Scientific Fund of the late Dr. Peretz Grader

Comptrollers: Lorian Flesher, Amnon Rosenfeld

Typesetting and Production - A. mor (1996)

CONTENTS

	Page
Achmon, M., Ron H. Paleomagnetic Study of the Carmel Fault Zone.	1
Artzi, Y., Vengosh, A., Adar, A., Ayalon, A. Sources of Salinization in the Coastal Plain Aquifer.	2
Avni, Y., Rosenfeld, A., Zaslavsky, N. The Kuntila Lake- A Plio-Pleistocene Fresh-Water Basin in the Upper Paran Drainage System.	3
Ayalon, A., Bar-Matthews, M., Kaufman, A. Late Quaternary Paleoclimate in the Eastern Mediterranean - Stable Isotope Systematics of Soreq Cave Speleothems.	4
Baker, S. A Gap in Understanding the Geology of the Southern Coastal Plain of Israel.	5
Beck, A., Weinstein-Evron, M. A geophysical Survey in the Gamal Cave, Mount Carmel.	6
Becker, A., Gross, M.R., Guttieras-Alonso, G. Progressive Development of Flexural Slip from Multiple Slip Zones to a Single Detachment: An Example from the Ma'ale Gerofit Outcrop, Southern Israel.	7
Becker, N., Becker, A. Zircon Crystals and Heavy Mineral Assemblages of the Cretaceous Sandstones of the Makhtesh Ramon Area: Are They Entirely Redeposited from the Underlying Sandstones or Reflect Additional Supplies of Clastic Material from New Source rocks?.	8
Ben-Avraham, Z. Structure and Tectonic Evolution of the Gulf of Elat.	9
Ben-Gai, Y., Ben-Avraham, Z., Buchbinder, B. Pliocene Tectonic Events in the Continental Margin of Central Israel.	10
Benary, R., Hatzor, Y. Stability prediction of underground openings in Jointed Chalk Rock - A Case Study.	11
Beyth, M. The High Grade Metamorphic Rocks of the Belhat and Gedem Ranges, Eastern Eritrea.	12

Beyth, M., Reichman, T.	13
The age of the Quartz monzodiorite, The Youngest Plutonic Intrusion in the Timna Igneous Complex.	
Bowman, D., Manor-Samsonov, N., Golik, A.	14
Dynamics of Litter Pollution on Israeli Mediterranean Beaches - A Budgetary Litter Flux Approach.	
Burg, A., Heaton, Y., Spiro, B., Katz, A., Starinsky, A., Bein, A.	15
The Isotopic Composition of Nitrogen and Sulfur as an Indication of the Sources of Anomalous Concentrations of Sulfate and Nitrate in En Bardi.	
Cadan, G., Bruner, I., Eyal, Y., Enzel, Y., Landa, Y.	16
Correlation Between Surface and Sub-Surface Structures at the Holocene Fan Delta of Nahal Darga Dead Sea.	
Cohen, B., Matthews, A., Bar-Matthews, M., Ayalon, A.	17
Fluid Infiltration During Retrograde Metamorphism and Shearing of Igneous Dykes (Eilat Metamorphic Complex, Israel).	
Csato, I., Kendall, C.G.St.C., Baum, G.R.	18
Sequence Stratigraphic Interpretations and Modeling in the Southern Dead Sea and the Pannonian Basin of Hungary- A Comparative Study.	
Dahan, O., Nativ, R., Adar, E., Berkowits, B.	19
New Methodology for the Investigation of Flow and Transport Processes Through Fractures in the Vadose Zone.	
Deutsch, Y., Yechieli, Y.	20
Spontaneous Oxidation of Elementary Sulphur.	
Dobruskina, I.A.	21
The Gerofit Flora and its Connections with Coeval Floras.	
Enmar, L., Katz, A., Starinsky, A., Heimann, A.	22
Systematics of the Arava Travertines.	
Eyal, Y., Feinstein, S., Bell, S.	23
Deformation History of the Moose Mountain Structure, Canadian Rocky Mountains Foothills: Implications of Mesostructures.	
Feldman, L., Zaslavsky, Y., Malitzky, A., Shapira, A.	24
Earthquake Risk Estimation in the Town of Eilat, Israel.	

√	Frieslander, U., Bartov, Y., Goldman, M., Garfunkel, Z. Tectonic Basins in the Dead Sea Transform along the Arava Valley.	25
√	Frumkin, A. Groundwater of Mount Sedom Diapir.	26
	Gavish, E., Sharvit, Y. The Herodian port at Caesarea and its contribution to the destruction of ancient aqueducts	27
	Gavish, E., Hatzor, Y., Arkin, Y. Adaptation of Empirical Classification Methods ("Q" and "RMR") for Tunneling in Bedded Rock: Lessons from the Giló Tunnel, Jerusalem.	28
	Ginat, H., Enzel, Avni, Y., Zilberman, E. Translocated Streams and Large Alluvial Fans Along the Dead Sea Transform in the Central Arava Valley.	29
√	Ginat, H., Saragusti, I. Lower Paleolithic finds from the Region of Nahal Zihor, Southern Negev.	30
√	Ginzburg, D. Identification of the Biblical Yashpe (Jasper) Stone.	31
√	Gitterman, Y., Pinsky, V., Shapira, A. Semblance and Energy Spectral Statistics for Discrimination of Seismic Events.	32
	Gitterman, Y., Shapira, A., Peled, U. Analysis of Strong Motion Records of the 22.11.95 Nuweiba Earthquake and its aftershocks.	33
	Goldberg, I., Shtivelman, V. Compressional and Shear Wave Velocities- A Tool for Evaluating Rock Properties.	34
√	Goldman, N., Singer, A. First Results, Atlantis II Deep, Red Sea.	35
√	Goldshmidt, V., Rybakov, M., Rotstein, Y., Fleisher, L. Geological "Stripping" of the Gravity Field of Israel.	36
√	Golik, A. Sand Transport Along the Israeli Coastline.	37

	Greenbaum, N., Schick, A.P.	38
	Paleofloods in the Negev: Evidence of Climatic Fluctuations.	
	Gruzman, Y., Sass, E.	39
✓	Mechanism of Stylolite Development.	
	Gurevich, B.	40
	Rock Physics: A Basis for Advanced Interpretation of Geophysical Data.	
	Gutkin, V., Eyal, Y.	41
	Metamorphic Conditions of Roded Migmatite Formation, Mt. Shelomo, Elat.	
	Gvirtzman, Z., Garfunkel, Z., Gvirtzman, G.	42
	Stratigraphy and Tectonics of the Lower Cretaceous in Southern Israel: Evidence from Thickness and Facies Variations.	
✓	Heimann, A., Hatzor, Y.	43
	Mechanical Behavior of Mount Sedom Rock Salt.	
	Hofstetter, A.	44
	The Bar Giora Broad Band Observations of Local and Teleseismic Earthquakes.	
✓	Horowitz, A.	45
	The Principal Stages of Subsidence along the Dead Sea Rift.	
	Kafri, U.	46
✓	The Direction and Amount of Vertical Movements in the Two Main Young Tectonic Phases in Lower Galilee, Israel.	
	Kafri, U., Lang, B., Goldman, M.	47
✓	Groundwater Bodies of Different salinities as detected by TDEM Soundings in the Northwestern Shore of the Dead Sea: A Tool in Understanding Radon Fluctuations.	
	Katz, O., Avigad, D., Matthews, A., Heimann, A.	48
	P-T Path and Preliminary Dating of the Precambrian Basement, S-E Part of the Roded Block, Elat Area, Israel.	
✓	Katzir, Y., Avigad, D., Garfunkel, Z., Matthews, A.	49
	The Origin and Alpine Metamorphism of Dismembered Ophiolites in the Cycladic Massif.	
	Kofman, L.	50
	Mapping of Soil and Rock Structure Using the GPR Method .	

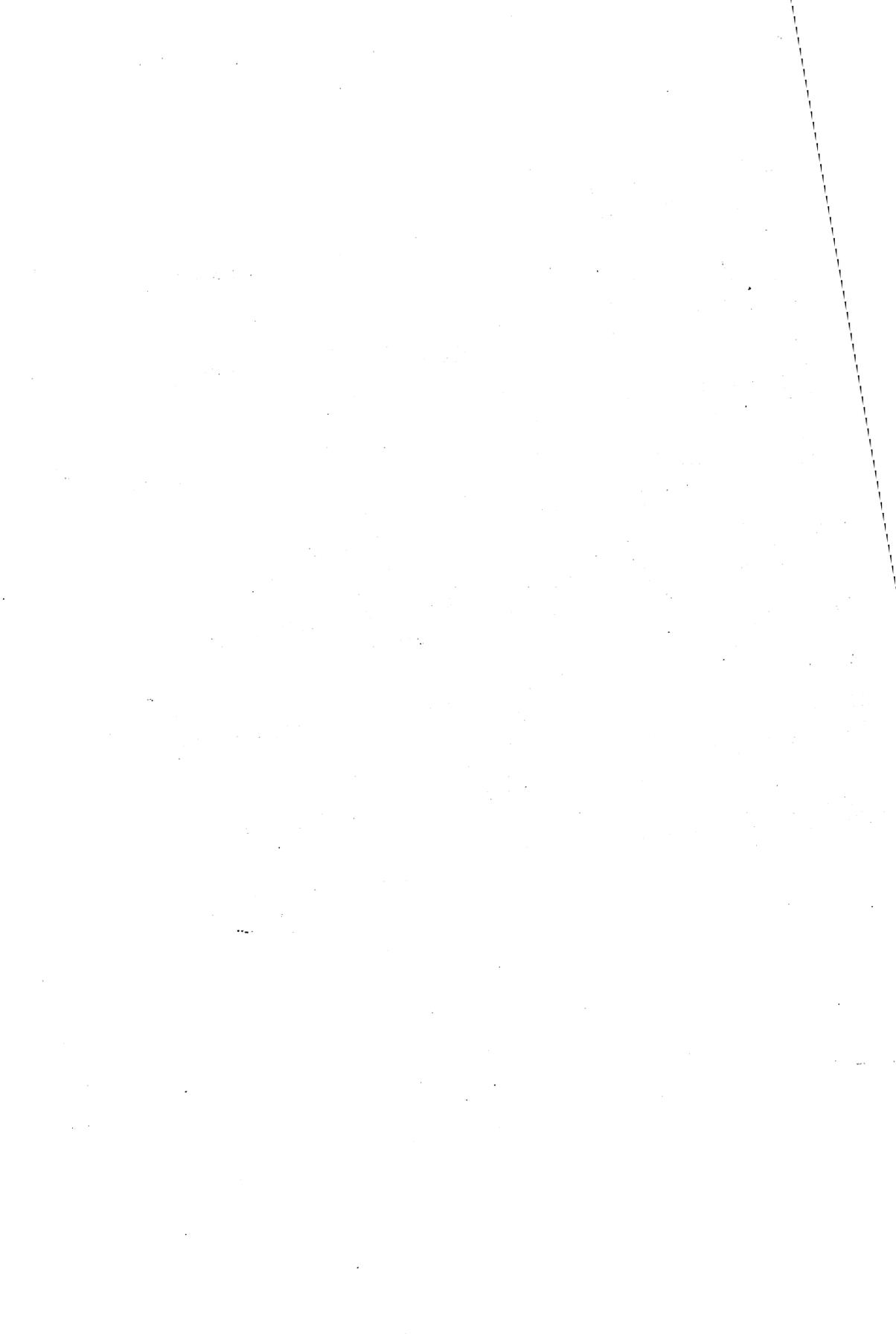
Kofman, L.	51
Use of Georadar for Detection of Underground Structural Irregularities.	
Korzenkov, A.M., Fabian, P., Becker, A.	52
✓ Evidence for 4-th and 7-th Century AD Earthquakes, Avdat Ruins (Israel): Seismic and Historical Implications.	
Korzhenkov, A., Bowman, D.	53
Active Thrust Morphotectonics in the Tien-Shan :Initial Field Observations.	
Kronfeld, J., Livnat, A., Spiro, B., Weinstein-Evron, M.	54
Arava Valley Travertines and Pleistocene Paleoclimate.	
Lekach, J., Amit, R., Grodeck, T., Schick, A.P.	55
Determination of the Active Layer in Desert Streams by Fluvio-Pedogenic Indicators - Southern Arava Valley.	
Levin, M., Hatzor, Y.	56
Analysis of Slope Stability by Back Calculation of Slope Failure in an Open Pit Phosphate Mine in Arad Area.	
Levitski, A., Filanovski, B., Bourenko, T., Kremen, R.	57
On-Site Phase Geochemical Techniques for Mineral Exploration and Hydrocarbon Prospecting: Two Case Histories from Southern Israel.	
Lewy, Z.	58
Octopods- Nude Ammonoids that Survived the K/T Boundary Ecological Crisis.	
Livshitz, Y.	59
Petroleum Zonation of the Southern Coastal Plain, Israel (Preliminary Analysis).	
Livshitz, Ya.	60
Influence of Soils on the Avdat Aquifer Salinization (Southern Shfela, Israel).	
Lyakhovsky, V., Ben-Zion, Y., Agnon, A.	61
Simultaneous Evolution of Earthquakes and Faults in a Rheologically Layered Half-Space.	
Machlus, M., Stein, M., Kolodny, Y., Katz, A.	62
High Resolution $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ and Chemical Composition of Lisan Formation Aragonites- Inferences for the Geochemical History of Lake Lisan (Paleo Dead Sea).	

Malitzky, A., Shapira, A. Evaluation of the IDC Capabilities for Monitoring Seismic Activity in and Around Israel.	63
Marco, S., Agnon, A., Ben-Zion, Y. Fault-Zone Waves: A New Tool for Studying Faults.	64
Marco, S., Brunner, I., Landa, E., Basson, U. The Massada Fault Zone in Outcrop and Geophysical Images.	65
Mart, Y. Neotectonic Activity in the Shallow Continental Shelf of Central Israel.	66
Mart, Y., Robertson, A.H.F. Eratosthenes Seamount and its Cretaceous Tectonic Setting: Results of ODP Leg 160.	67
Matmon, A., Navon, O. Solubility experiments in a Diamond Anvil Cell: NaCl-H ₂ O to 2 GPa and 300°C.	68
Michaeli, L., Arkin, Y. The Geology of the Gilo Viaduct.	69
Mimran, Y., Honigstein, A., Rosenfeld, A., Arkin, Y. The Use of Ostracode Biozonation in the Geotechnical Evaluation of the Mount Scopus Tunnel, Jerusalem.	70
Moroz, I. Geochemistry of the Emerald-Bearing Micaceous Rocks from the Urals.	71
Netzer, M., Wieder, M., Gvirtzman, G. "Ein Haqore Clay": Late Quaternary Dark-Brown Grumusol in the Central Coastal Plain (Israel).	72
Pinsky, V., Shapira, A., Gitterman, Y. Velogram Based Discrimination Between Quarry Blasts and Earthquakes.	73
Plakht, J. 1:50,000 Quaternary Geologic Mapping of Makhtesh Ramon.	74
Polishook, B., Flexer, A. Classification of Chalk Rock Mass Quality.	75

Porat, N., Horwitz, L., Zhou, L.P., Chazan, M., Saragosti, I., Noy, T. ESR and Luminescence Dating of the Paleolithic Site at Holon, the Coastal Plain, Israel.	76
Rabinowitz, N., Steinberg, D.M. Short Term Forecasting of Strong Aftershocks of the Gulf of Eilat $M_w=7.1$ Earthquake of 22 November, 1995.	77
Rabinowitz, N., Steinberg, J., Mart, Y. Magmatic Diapirs in the Intermediate Crust under the Dead Sea.	78
Rogojin, V., Kronfeld, J., Carmi, I. Hydrology of the Pleistocene Coastal Aquifer of Emek Zevulun.	79
Rybakov, M., Goldshmidt, V. Outline of the Gravity and Magnetic Features of the Eastern Mediterranean - Red Sea Region.	80
Salamon, A., Schwartz, D.P. Morphometric Study of a Transpressional Structure by DEM Analysis: The Rodgers Creek Fault, California.	81
Segal, R., Shirman, B. Geomagnetic Component Mapping of Israel.	82
Shamir, G. The Nov.22, 1995, Nuweiba Earthquake: Preliminary Mechanical Analysis.	83
Shamir, G., Feldman, L., Reich, B., BenSasson, C., Hofstetter, A., Shapira, A., Gitterman, Y., Avirav, V., Kadosh, D., Peled, U., Schwartz, Y., Levi, D., Zaslavsky, Y., Malitzky, A. The Nov.22, 1995, Nuweiba Earthquake.	84
Shirman, B. Geomagnetic Secular Variations and Their Correlation with Seismicity in Israel.	85
Shteinman, B., Koren, N., Kaganovsky, S. Sediment Dynamics in Lake Kinneret: Experimental Research with Application of the Fluorescent Tracers.	86
Shtivelman, V. Shear Waves as a Source of Information on the Structure and Properties of the Shallow Subsurface.	87

Shtivelman, V. Site Investigations by Shallow Seismic Surveys: Two Case Histories In Israel.	88
Sivan, D., Gvirtzman, G., Sass, E. Upper Pleistocene Coastlines in the Galilee Coastal Plain, Israel, With an Emphasis on Stage 7.1 and 5.5. Phases.	89
Steinitz, G., Lang, B., Vulkan, U., Avni, Y. Radon Flux in Syenitic Rocks along the Ramon Fault, Makhtesh Ramon.	90
Talesnick, M.L., Brafman, M. Investigating the Deformation Characteristics of an Israeli Chalk.	91
Tsatskin, A., Dar, S. Petrography of Late Roman- Byzantine Cementing Materials at Sumaka, Mount Carmel.	92
Van Zuiden, A., Zuravski, H., Moroz, I. Electron Microscopy Analysis of Inorganic Pigments from Places of Historic Importance: The Room of the Last Supper, Jerusalem.	93
Vulkan, U., Lang, B., Steinitz, G. Electronic Monitoring of Radon at the Northwestern Dead Sea- First Results.	94
Wdowinski, S. A New Theory of Intraplate Tectonics.	95
Wdowinski, S. Is the Dead Sea Transform Really a Transform?	96
Weinberger, R., Lyakhovsky, V., Agnon, A. Evolution of Fracture Patterns in a Desiccated Clay Layer.	97
Weinstein-Evron, M., Weinberger, G., Kronfeld, J., Horowitz, A., Yaniv, A. Does the Judea Group Aquifer Preserve the Holocene Climate Record?	98
Weisbrod, N., Ronen, D., Puls, R.W., Nativ, R. Colloidal Particles in Groundwater.	99
Wust, H., Amit, R., Enzel, Y., Heimann, A., Marco, S., Wachs, D., Zilberman, E. Post-Seismic Analysis of Failure Features Caused by the Gulf of Elat-Aqaba Earthquake (22.11.1995).	100

Wust, H., Frydman, S., Wachs, D. Seismic Triggering of Slope Instabilities: On-Site Investigations in Northern Israel.	101
Zaslavsky, Y., Shapira, A. Comparison of Empirical Dynamic Parameters of Structures Obtained from Force Excitation and Ambient Vibration Tests.	102
Zaslavsky, Y., Shapira, A. Site Amplification Effects in the Vicinity of 3-C Seismic Stations of the Israel Seismic Network.	103
Zaslavsky, Y., Shapira, A., Shtivelman, V. Should Site Amplification Assessments be Generalized or Localized?	104
Zilberbrand, M., Dodu, M. Mass-Balance Study of Geochemical Process in the Vadose Zone and Improved Calculating the Groundwater Recharge.	105
Ziv, A., Garfunkel, Z., Avigad, D. The Alpine Folding on Andros, Implications for the Strain Development and the Kinematics of the Western Cyclades.	106
Zur, A., Hatzor, Y., Mimran, Y. Influence of Grain Size and Texture on Ultimate Strength of Dolomites.	107
Zur, Y., Eyal, Y., Shamir, G. Unconformities Associated with the Developemnt of Hatira Monocline in the Giva't Mador Area.	108



PALEOMAGNETIC STUDY OF THE CARMEL FAULT ZONE,
NORTHERN ISRAEL

M. Achmon¹ and H. Ron²

- 1 Dept. Geophysics & Planetary Science, Tel-Aviv University
2 The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

We present the results of a paleomagnetic study of sites along the Carmel fault system. Our aim was to obtain a clearer picture of the distributed crustal deformation in the vicinity of the fault system. We gathered about 600 samples of Upper Cretaceous carbonate and volcanic rocks and Miocene and Pliocene volcanic rocks at about 100 sites from areas near the fault system. The Natural Remnant Magnetization (NRM) of the samples was measured using a cryogenic magnetometer with integrated AF coils. All samples were stepwise demagnetized using either alternating field or thermal methods at the IPRG Paleomagnetic Laboratory. Additional rock magnetic experiments such as SIRM acquisition, AF or SIRM and SEM analysis were performed on a selected number of representative samples to establish the primary characteristic nature of the magnetization. The primary characteristic magnetic vector for each sample was isolated using the Principal Component Analysis method. The results were then analyzed using standard paleomagnetic statistical procedures (Fisher statistics). The results fall into seven groups which are compatible with the known structural geology of the area: (a) the northern part of Mount Carmel; (b) the southeastern part of Mount Carmel; (c) the eastern Menashe foothills; (d) the western part of the Yizre'el Valley; (e) the Amir incline (Umm El Fahm); (f) the Gilboa block; (g) the eastern Gilboa foothills.

Significant counterclockwise rotation (up to about 30°) about a vertical axis was found in the areas of the eastern Menashe foothills and the eastern Gilboa foothills, located close to the N-S trending segments of the fault zone. Significant clockwise rotation (about 27°) was found in the southeastern Carmel, next to the N-S trending segment of the Carmel border fault. On the other hand, the areas of the northern Carmel, the Yizre'el valley, the Amir anticline and the Gilboa block adjacent to the SE-NW trending segments of the fault zone, showed statistically insignificant rotation about vertical axes. This complicated picture of distributed crustal deformation by rigid block rotation is interpreted as a result of the interaction between the left lateral movement on the fault system and the trend and geometry of each segment of the Carmel fault system. The timing of the deformation is estimated as Pliocene and younger and, therefore, kinematically related to the Dead Sea rift movements.

Sources of salinization in the Coastal Plain aquifer

Yohanan Artzi¹, Avner Vengosh², Aylon Adar¹, Avner Ayalon³

1. Desert Institute, Ben Gurion University, Sede Boqer,

2. Hydrological Service, P.O. Box 6381, Jerusalem,

3. Geological Survey, 30 Malchai Yisrael St., Jerusalem

Groundwater quality in the Coastal Plain aquifer, in the area of Gedera, Yavne, and Giva't Brener, has been impaired due to salinization processes along the eastern margins (salinity higher than 1000 mgCl/l), and also in internal areas of the aquifer, in the form of salt plumes (up to 750 mgCl/l). The salinity has been gradually increased although the rise in the water levels due to decrease in water exploitation in the last few years.

The purpose of the present study is to identify the sources and the mechanisms of the salinization process. The study is based on utilization of archive (hydrological and chemical) data as well as new chemical and isotopic (stable isotopes of oxygen) analyses of groundwater from wells in the research area.

Reconstruction of the salinity variations in the aquifer in the last 60 years indicates that saline plumes existed already during the 1930's. Salinity profiles, as measured during the 1960's, show a gradual increase of salinity with depth, reflecting contribution from underlying saline groundwater.

The brackish groundwater in the Coastal Plain aquifer are characterized by a Ca-chloride composition (low Na/Cl ratio of 0.6, marine SO₄/Cl, B/Cl, and Br/Cl ratios) and δ¹⁸O values (range of -5‰ to -4‰) that are similar to those of uncontaminated regional groundwater in the Coastal Plain aquifer. These chemical and isotopic signatures are conspicuously different from those of sewage or treated sewage effluents (high δ¹⁸O values, high Na/Cl, SO₄/Cl, and B/Cl ratios, low Br/Cl ratio) and thus ruling out the possibility of an anthropogenic source for salinization.

Integration of the hydrological, chemical and isotopic data reveals that the main source of the groundwater salinization in the research area is underlying, deep-seated natural saline groundwater of a marine origin (evaporated sea water that was modified by water-rock interactions). Brackish groundwater with similar chemical composition have been also identified in different areas in the aquifer (e.g., Be'er Toviyya). The deep-seated saline water bodies are located in a confined aquifer at the bottom of the aquifer or in conductive layers beneath the aquifer.

In some wells anthropogenic signals has been identified, indicating groundwater contamination by sewage effluents. The contaminated wells correspond to relatively low salinity or even freshening trends with time. Consequently, irrigation with treated sewage effluents may reduce the salinity of groundwater, particularly in areas of natural salinization process.

The Kuntila Lake - A Plio-Pleistocene Fresh-Water basin in the Upper Paran Drainage System.

Avni, Y.,^{1,2} Rosenfeld, A.,¹ Zaslavsky, N.,³

¹ Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Yisrael Street, 95501 Jerusalem

² Ramon Science Center, P.O.B. 194, 80600 Mizpe Ramon

³ Giveo't Olam LTD, 10 Koresh Street, 94144 Jerusalem

In the upper part of the Paran drainage system, over 35 m lacustrine sediments of marl, chalk and limestone, accumulated. This section is overlain and underlain by coarse fluvial layers of the Arava Formation. The lacustrine sediments are exposed over 300 sq.km filling an erosive relief that developed after the deposition of the lower part of the Arava Formation. The beds contain faunal assemblages of gastropods, ostracodes, fish remains and charophytes. The ostracodes assemblage includes: *Cyprideis torosa*, *Cypridopsis aculeata*, *Cyprideis* sp. and *Candona neglecta*.

The species *Cypridopsis aculeata* and *Candona neglecta* indicate a fresh water environment of deposition. The distribution of the ostracodes throughout the section indicates the existence of a continuous fresh -water lake for more than few ten of thousands years. The monospecific occurrence of *C. torosa* with many irregular pores at the lower exposed part of the section points to a hypersaline event.

Simultaneously to the occurrence of the Kuntila Lake, some other lakes developed in the southern Negev and the Arava Valley. The largest lake existed on the present Arava Valley covering an area of more than 1000 sq. km. Some of these exposures occur in the Neqarot and Zin valleys and in the Mazar Height were described in previous articles as the Mazar Formation of Pliocene age. The occurrence of fresh water gastropods - mainly *Melanopsis* sp.- in parts of the lake sediments indicate that also the central Arava lake was a fresh water basin. The development of fresh water bodies in the southern Negev and within the Arava Valley is an evidence of a humid phase prevailed during the Late Pliocene to the Early Pleistocene.

Late Quaternary Paleoclimate in the Eastern Mediterranean - Stable Isotope Systematics of Soreq Cave Speleothems.

Ayalon, A.,¹ Bar-Matthews, M.,¹ Kaufman, A.²

¹Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Israel St, 95501 Jerusalem.

²Dept. of Environ. Sci, Weizmann Institute of Science, 76100 Rehovot

Cave water in the Eastern Mediterranean semi-arid climatic zone are ^{18}O fractionated relative to concomitant rain waters (usually 1 to 1.5‰ higher) and variations in $\delta^{18}\text{O}$ values reflect fluctuations in the amount of rainfall, wet/dry seasonal changes and evaporation processes in the epikarst zone. In a closed cave system, such as the Soreq cave, low magnesium calcite (LMC) is depositing in isotopic equilibrium from the cave water whose temperatures range from 18 to 22°C and their $\delta^{18}\text{O}$ vary from -6.3 to -3.5‰ (SMOW). The $\delta^{13}\text{C}$ of dissolved CO_2 in waters vary from -15.6 to -5.4‰ (PDB). These values reflect the contribution of the dolomitic host rock, soil-derived CO_2 with C3 type vegetation and processes of CO_2 degassing and carbonate precipitation. The $\delta^{18}\text{O}$ - $\delta^{13}\text{C}$ range of fossil speleothems dated from 25,000 to 7000 yr. BP differ from present-day range, and thus could not have deposited under present-day conditions.

The time period between 25,000±2,500 to 16,000±1,500 yr. BP. known as the last glacial, is characterized by constant growth of many speleothems, whose growth habits of light-colored concentric laminae with large LMC crystals and low detrital components are indicative of deposition from slow, constantly dripping water. Their $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ are relatively high with values of -4 to -2.5‰ and -11 to -7‰ (PDB) respectively and they are positively correlated. A model based on the present-day data suggests that their deposition temperatures were 12°C-18°C, water composition -4.5 to -3‰ (SMOW) and annual rainfall 200-450 mm. The soil was covered with both C3 and C4 type vegetation.

The period between 16,000±1,500 to 10,000±1,500 yr BP is a period of global climatic changes. The Soreq Cave LMC speleothems show a very sharp decrease of both $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ to values as low as -6‰ and -13‰ respectively but with very sharp isotopic fluctuations. Our model suggests that deposition of speleothems occurred at temperature range of 15°C to 19°C with water composition of -7 to -6‰ (SMOW) and mean annual rainfall of 650 to 950 mm. The soil was covered with C3 type vegetation.

During the time period of 10,000±1,500 to 7,000±1,200 yr BP relatively small number of speleothems were formed and their growth rate is slower. They are characterized by thin, irregular, brown-reddish laminae and high concentration of detritus. Their low $\delta^{18}\text{O}$ values of -7‰ to -6‰ coupled with the highest $\delta^{13}\text{C}$ values of -7‰ to -4‰, suggest periods with heavy rainstorms which resulted in short residence time of water within the soil. Deposition temperatures ranged from 15.5°C to 20.5°C, with average water composition of -7.5 to -6.5‰ (SMOW), and annual average precipitation was twice than present-day. Only during the time period of 7,000±1,500 yr BP to 1,000±600 yr BP conditions become similar to present-day but with short and sharp climatic fluctuations.

A Gap in Understanding the Geology of the Southern Coastal Plain of Israel

Baker, S.,

The Israel National Oil Co. Ltd., P.O.B. 50199, Tel Aviv 61500

The Gevar'am "canyon" or "channel" is located in the Heletz field area, just east of the southern coastal plain of Israel. It was so named a quarter of a century ago by Z. Cohen, because to him the feature was formed by subaqueous erosion of the Jurassic shelf edge. Stratigraphic information gathered from the drilling of wells since that time has raised significant doubts about this erosive cause. A new conceptual model is hereby proposed for the development of the Gevar'am "gap", renamed to emphasize 1) its nature as a low area within an elongate ridge, and 2) its formation as a result of variations in aggradational deposition along the ridge. This new model provides an excellent fit with the stratigraphic profile from wells, with the structural profile of recently acquired dip-oriented seismic lines, with the coastal onlap curves developed in the last decade and with the current understanding of the regional geology.

Recognition of the predominant role of the depositional cause for the Gevar'am gap strongly suggests that during the middle to upper Jurassic, a time of mostly transgressive and highstand sealevel, the carbonate shelf edge was building up essentially vertically with a sediment-starved basin to the northwest. Through lower relief parts of the resulting carbonate ridge, river system bypass during occasional lowstands in sealevel deposited "packages" of reservoir-grade sandstones into the basin either as deltas, debris flows or turbidities, depending on the "shelf to basin" profile.

Therefore, an understanding of the proper nature of formation of the Gevar'am gap not only allows for a better appreciation of the geology of the southern coastal plain of Israel, but also allows a better understanding of the potential reservoir traps for oil exploration purposes.

A geophysical survey in the Jamal Cave, Mount Carmel

Beck, A.¹, Weinstein-Evron, M.².

¹The Institute for Petroleum Research and Geophysics, P.O.Box 2286, Holon 58122.

²The Zinman Institute of Archaeology, University of Haifa, Haifa 31905.

The Jamal Cave, the smallest of the Nahal Me'arot sites, contains Lower and Middle Palaeolithic remains within a hard breccia. Unlike the neighbouring caves, the excavation of which started in the late 1920's, the Jamal Cave has not been dug before. As a result, it has been possible to conduct a geophysical survey prior to the excavation of the site. Five radar sections were conducted. A long, diagonal SE-NW section and four shorter, E-W lines. The radar sections show clearly the inclination of the layers, mainly towards the north-west. A deepening of the layers at the north-central part of the cave is interpreted as a probable karstic swallow hole. A change in the inclination of the layers, from an eastern inclination in the deeper layers to a western inclination in the upper layers, may indicate a shift in the location of the swallow hole of the cave through time. There is a very good correspondance between the radar sections and those obtained through subsequent excavations, regarding both the general inclination of layers and the temporal changes in the location of the karstic structures.

Progressive Development of Flexural Slip from Multiple Slip Zones to a Single Detachment: an Example from the Ma'ale Gerofit Outcrop, Southern Israel

Becker, A. ¹, Gross, M. R. ², Guttieras-Alonso, G. ³

¹Ramon Science Center, The Jacob Blaustein Institute for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, P. O. Box 194, Mizpe Ramon 80600, Israel.

²Florida International University, Department of Geology, Miami, FL 33199, USA

³

Progressive development of a system of bedding plane detachments can be observed in an outcrop of interbedded shales, dolostones, limestones, and gypsum beds situated along the western flank of the Dead Sea transform at Ma'ale Gerofit. A combination of diverse lithology, variety of deformation textures, and continuous exposure for more than 260 m provide the opportunity to investigate the development of detachment faults in an extensional tectonic environment.

Bedding plane slip horizons are found at different scales, with a stratigraphic spacing of 10-80 cm between adjacent minor detachments, 2-5 m between intermediate detachments, and greater than 15 m separating major detachment zones. Intensity of deformation is most apparent in green shales containing bed-parallel gypsum veins, with textures including undeformed shale, sigmoidal veins at low angles to bedding, planar foliation with boudined veins, and mylonitized gypsum veins. The wide range of deformation textures allowed us to map the relative intensity of deformation throughout the section, which consists of 74 mechanical layers. The entire outcrop contains a series of rotated blocks bounded laterally by normal faults and bounded above and below by bedding plane slip zones. The normal faults all dip to the west, and the blocks were rotated around a horizontal axis, consistent with top to the west kinematic indicators found in the shales. Block rotation occurs at three different scales, with block height corresponding precisely to the stratigraphic spacing found between minor, intermediate, and major slip horizons.

Outcrop observations show that slip initially occurred along numerous bedding plane horizons within the section. As simple shear continued, normal faulting and block rotation ensued in the more brittle layers. These fault-bounded blocks subsequently prevented further slip from occurring, and consequently bedding plane slip was transferred from these regions to bounding zones above and below the blocks. Slip thus became concentrated along fewer horizons, and as the size of the rotating blocks increased, the spacing between active detachments increased in corresponding fashion. Thus, rigid block rotation due to bedding plane slip provided the mechanism for transferring displacement from multiple bed-parallel horizons to several widely spaced major detachments.

Zircon Crystals and Heavy Mineral Assemblages of the Cretaceous Sandstones of the Makhtesh Ramon Area: Are They Entirely Redeposited from the Underlying Sandstones or Reflect an Additional Supplies of Clastic Material from New Sourcerocks?

Becker, N., Becker, A.

Ramon Science Center, , The Jacob Blaustein Institute for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, P. O. Box 194, Mizpe Ramon 80600, Israel.

Zircon assemblages and the assemblages of transparent heavy minerals of quartz arenites vary significantly across the Cretaceous section of the Makhtesh Ramon area. The main changes in zircon assemblages occurred at contacts between the Lower and the Upper Members of the Hatira Formation (at the level of basanitic volcanism), and between the Hatira and the Ora Formations. The origin of clastic material of the Mesozoic sandstones may be explained by a sequential redeposition from the underlying sandstones, or by a combination of such redeposition with supply of new clastic material from crystalline sourcerocks. The following data suggest that the change in the heavy mineral assemblages was due to change in sourcerocks:

1. Zircon-tourmaline-rutile index (ZTR) of the quartz arenites is decreased upward. The ZTR index is a measure of rock maturity showing combined percentage of stable minerals (zircon, tourmaline and rutile) among the transparent heavy minerals omitting micas and authigenic species. Thus, the observed decrease in ZTR index upsection indicates on the additional supply of clastic material. This decrease of ZTR index was mainly due to the increase upsection of the amount of columnar apatite and sphene. Presence in the Cretaceous sandstones of such unstable minerals as garnet and pyroxene also support the conclusion of an additional clastic material supply.
2. Consistent increase of tourmaline upsection and simultaneous decrease of zircon have been observed among the most stable heavy minerals. Zircon is known as the more stable mineral in relation to tourmaline. Therefore, this fact suggests appearance of less stable mineral parageneses in younger strata.
3. Results of the Thermal-Ion-Emission Pb^{206} - Pb^{207} analyses of clastic zircons show that the zircon supply to the Lower Member of the Hatira Formation was from much younger rocks than that to the Ora and the Ghareb Formations. The oldest "age" of the zircon mixture was obtained from the last two formations (1600 ± 15 MA), whereas the youngest "age" of the zircon mixture (1055 ± 15) was obtained from the zircons of the sandstone layers in the Arod Conglomerate.

STRUCTURE AND TECTONIC EVOLUTION OF THE GULF OF ELAT**Zvi Ben-Avraham****Department of Geophysics and Planetary Sciences****Tel Aviv University, Tel Aviv 69978, Israel**

Marine geophysical and geological studies of the Gulf of Elat provide much information about its shallow and deep crustal structure and about the tectonic processes which take place in this area. These studies include bathymetry, bottom photographs, continuous seismic profiles, seismic refraction, magnetics, heat flow and coring.

The geophysical data indicate that the Gulf of Elat is divided into three distinct segments, northern, central and southern, on the basis of shallow and deep structures. The shallow structure is dominated by the presence of grabens, mostly asymmetric. They are interpreted as pull-apart basins formed by the horizontal motion on faults which are strands of the Dead Sea transform. In the northern and southern basins only one of the longitudinal faults is a strike-slip fault, while the other is predominantly normal fault. In the central basin both faults are strike-slip and are arranged en echelon. This part is the narrowest yet the deepest in the Gulf of Elat and is currently most active. The seafloor is very disturbed in this area and active faulting can be seen in bottom photographs.

Systematic changes in the deep crustal structure take place along the length of the Gulf of Elat as indicated by the heat flow, gravity, magnetics and seismic refraction data. These changes reflect more advanced rifting activity in the southern portion of the Gulf of Elat. This advanced rifting activity propagates northward. The edge of propagation is located below the Aragonese Deep which forms the deepest part of the central basin. In this place the recent seismic activity took place.

PLIOCENE TECTONIC EVENTS IN THE CONTINENTAL MARGIN
OF CENTRAL ISRAEL

Y. Ben-Gai¹, Z. Ben-Avraham² and B. Buchbinder³

1 The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon.

2 Department of Geophysics, Tel-Aviv University.

3 Geological Survey of Israel, Jerusalem.

Tectonic and stratigraphic evolution of the coastal plain, shelf and slope in central Israel during the Pliocene was studied using seismic cross-sections and well logs. Dating of seismic and electric markers is based mainly on correlation of local stratigraphic sequences with a global eustatic curve.

The continental margin was characterized by a relatively high rate of total subsidence and accumulation of large quantities of early Pliocene siliciclastic, Nile-derived sediments. Aggradation of sediments in the landward part of the basin resulted in starvation of the deep basin. This pattern changed approximately 3 m.y. ago when subsidence rates decreased in the coastal plain, forcing the influxed sediments to prograde basinward and build the thick Plio-Pleistocene sedimentary prism under the present shelf and slope. This process has intensified since the late Pliocene during which the base of the slope has been subsiding much faster than the surrounding areas, creating a large accommodation space.

The late Pliocene also marks the onset of additional tectonic features: compressional thrusting was observed in the deep basin offshore Atlit and also in the Kefar Vitkin area in the coastal plain. This phase was short-lived since the overlying seismic reflectors are undisturbed. A tensional feature was observed in the Ashdod area in the coastal plain in the form of a 2km wide down-thrown block. Based on the eustatic curve, the onset of this feature occurred approximately 2 m.y. ago. Unlike the compressional features to the north, the Ashdod Disturbance may still be active. Furthermore, the location of this structure is in alignment with the offshore southern boundary of the Palmahim Disturbance which is seismically active. These tectonic features are probably the result of a change in plate motion which also affected other parts of the Mediterranean region.

Stability prediction of underground openings in jointed chalky rock - a case study.

R. Benary and Y. Hatzor - Geology Dep. , Ben-Gurion university, Beer-Sheva.

In Tel Beer Sheva, which is located on a shallow ridge between Beer sheva wadi and Hebron wadi, an ancient underground water system - dated back to approx. 3000 years ago - was found . The water system includes an underground tunnel which crosses beneath the ancient city wall, and supplies the water from Hebron wadi to the water system, 4 water storage rooms which join together in the central space of the system, and a stairway surrounded by massive retaining walls, which leads from the top of the ancient city down to the water system.

The stratigraphic cross section within this area includes Eocene layered stiff chalk, interbedded with soft marly chalk. The characteristic layer thickness is 30-80 cm. The Uniaxial compressive strength of the stiff chalk is 12 MPa. Four joint sets were defined in this rock mass, creating a jointed blocky mass. The characteristic spacing between neighbored joints is 20-50 cm. The friction angle along the joints planes is at least 40°. According to test drill holes the thickness of the rock above the system ceiling is in the range of 2.5-4.0 m. A Conglomerate sequence is overlying the chalk in erosional unconformity. The conglomerate contains rounded and angular pebbles of limestone and chert. The top of the stratigraphic sequence is comprised of 2-3 m' of archaeological layers.

An accurate mapping of the joint sets and the topographic profile of the ceiling was preformed. This mapping includes photos, scanlines and joint strike measurements. (the amount of dip has minor importants, since it is usually greater then 80°). As a result of the mapping, the ceiling was divided into 5 radial zones of equal topographic levels. The lower outer zone (zone 1) represents the original mining level while ,the upper inner zone (zone 5) represents the top of the ceiling after the collapse and the formation of a dome shape structure.

In order to estimate the roof stability, some parameters were checked according to conventional rock engineering mehods.

The rock mass quality according the Q system is in the aproximate order of 1. In the R.M.R method the value is 42. These values are well fitted to the correlation function between the two methods.

Stability analysis according to the Voussoir beam theory , indicates that the factor of safety against failure in compression or buckling mode is sufficiently high, but is marginal for shear failure across the contact between the roof and the side walls.

Block theory analysis, indicates there are removable blocks. In fact the roof is comprised of a system of removable blocks having a "falling" mode. The blocks are kept in place probably because of arching stresses that are transmitted through the horizontal roof layers.

An important test for the stability was the earthquake which tookplace during november 1995. In a survey which was preformed a shortwhile after the event, inside the cistern, only few falls of some small blocks were observed, with no progressive block failures. It seems that the blocks remained locked in the rock mass structure.

Inspite of the general stability of the system in its present condition, there is still a possibility for local failures of small blocks. The intention to open the cistern for visitors requires adequate design of a support system which will ensure the overall stability of the roof, yet will allow the visitors to observe the rock.

The high grade metamorphic rocks of the Belhat and Gedem ranges, eastern Eritrea

M. Beyth

Geological Survey of Israel, Jerusalem

The southern parts of the Belhat and Ghedem ranges, south of Massawa, are composed of Neoproterozoic off-white garnet-biotite-muscovite-gneisses which were intruded by mafic dykes and sills metamorphosed to amphibolite grade. The amphibolites form dark green distinctive "beds" up to 20 m thick, parallel to the foliation of the gneiss. The assemblage garnet-cordierite was identified in an amphibolite close to its contact with the gneiss. The northern parts of the Belhat and Ghedem schists are composed of kyanite-staurolite-garnet (almandine)-amphibole-biotite paraschist with a dark-green color. They are predominantly meta-pelitic, well bedded and exhibit cross-bedding. The diameter of the garnets and the size of the elongated kyanite crystals amount to several centimeters. Foliation is mostly parallel to bedding, striking northeast and dipping westward, approximately opposite to that of the gneiss. At 700°C kyanite is stable at 7 to 8 Kbar or more, according to Holdaway (1971). The P-T conditions of the orthogneiss were calculated from the chemistry of two mineral pairs; 1. amphibole/plagioclase according to Holland and Blundy (1994); 2. garnet/biotite according to Ferry and Spear (1978). At 7 kbars according to the first method with the presence of quartz the temperature was 714 to 721°C. Using the second method a similar temperature was calculated, under the same pressure, for the core and the rim of the almandine garnet; 734 - 692°C for the core and 642 to 639°C for the rim, indicating retrograde re-equilibrium. The presence of garnet-amphibole with large garnet porphyroblasts (~1 cm), partly rotated, also indicates high grade conditions. No severe retrograde metamorphism was identified, except for chlorite in one sample; the high grade metamorphic minerals are mostly unaltered.

This metamorphic assemblage presents one of the highest metamorphic grades reported from the Arabian Nubian Shield.

The age of the Quartz monzodiorite, the youngest plutonic intrusion in the Timna Igneous complex

M. Beyth¹ and T. Reichman²

1-Geological Survey of Israel, Jerusalem.

2-Max Planck Institute für Chemie, Mainz.

The Timna igneous complex (TIC) consists of five major plutonic and various hypabyssal lithologies. At 610 Ma mantle derived monzodioritic magma intruded the porphyritic granite (625 Ma age) forming a stratified magmatic cell. Fractionation of this mafic magma produced alkali granite and cumulates of olivine norite.

A younger quartz monzodiorite which contain xenoliths of all previously mentioned plutonic rocks was mapped at the center of the TIC (Shpitzer et al. 1992). This intrusion is younger than a N-S hypabyssal, rhyolite/andesite dyke phase but older than a ENE striking dyke phase which were dated in Egypt as 590 Ma (Stern and Voegeli, 1987). According to a modal analysis this monzodiorite has an affinity to granodiorite as suggested by the Streckeisen diagram.

Age determination of the quartz monzodiorite was performed by single zircon $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ evaporation analyses, a technique that followed Kober (1986, 1987). The zircons separates are euhedral with a long prismatic habitus, typical for zircons of igneous origin. They are clear and slightly yellow or pink in color. Fourteen of the selected grains yield an average age of 599.3 ± 2.0 Ma, which is interpreted as the age of the intrusion. This age fits well into the general frame of the TIC and implies that the quartz monzodiorite is the youngest plutonic phase.

One older grain of 732.5 Ma was identified which is interpreted as inherited grain from the older crust which the magma passed through.

Dynamics of litter pollution on Israeli Mediterranean beaches - a budgetary, litter flux approach

D. BOWMAN¹, N. MANOR-SAMSONOV¹ and A. GOLIK²

1 Department of Geography and Environmental development, Ben-Gurion University of the Negev, P.O. Box 653, Beer Sheva 84105, Israel

2 Israel Oceanographic and Limnological Research, National Institute of Oceanography, P.O. Box 8030, Haifa 31080, Israel.

The dynamic behavior of litter was followed on Israeli beaches along with an examination of the impact of the coastal geomorphology as the main controlling factor.

Six prototype sampling beaches of different morphology were selected. The position, number, composition and nature of all the litter pieces, within a 50 m beach front, were recorded. The strips of litter-concentration were demarcated and their movement was mapped along shore-normal transects. The level of weathering and burial of the litter in the sand was defined. All items were tagged in situ, in each beach strip by a different color. Litter movement through the beach was traced and the residence time and the turnover period were calculated. These sampling procedures enabled to define inflow, outflow, transfer, storage, reemergence of buried litter and contributed to calculate the litter budget at each site.

Coastal vulnerability to litter pollution seems to be controlled by the geomorphology of the beaches, with beach porosity, beach width and ridge and runnel morphology as the dominating factors. The narrower the beach the higher the litter flux. The data indicate high mobility of the litter. The Israeli coast is a transfer route for the litter which migrates along the beaches and seems finally to bypass.

The isotopic composition of nitrogen and sulfur as an indication of the sources of anomalous concentrations of sulfate and nitrate in En Bardi.

Burg, A.,^{1,2} Heaton, T.,³ Spiro, B.,³ Katz, A.,¹ Starinsky, A.,¹ Bein, A.²

¹ Institute of Earth Sciences, The Hebrew University, Jerusalem 91904

² Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Israel St., Jerusalem 95501

³ NERC Isotope Geosciences Laboratory, Keyworth, Nottingham, U.K. NG12 5GG

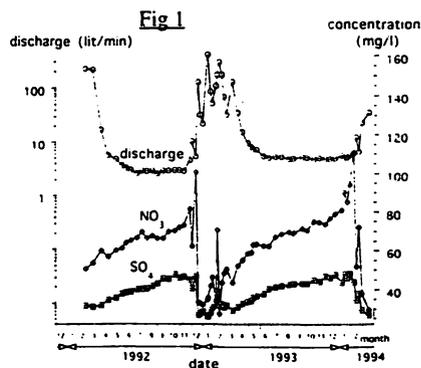
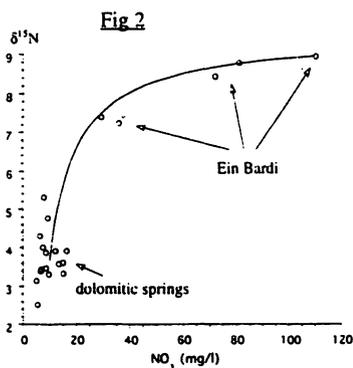
En Bardi is a perennial spring which emerges on the western slope of Gush Halav Wadi in the upper Galilee. The recharge area is limited and consists mainly of bituminous chalks and clayey chalks of the En Zetim, Ghareb and Taqiye fms. The sulfate and the nitrate concentrations in En Bardi are in the ranges of 26-48 mg/l and 27-110 mg/l, respectively. These concentrations are anomalously high compared to adjacent dolomitic springs (less than 19 and 21 mg/l, respectively). Variations of sulfate and nitrate concentrations with time are similar (Fig 1): both increase gradually during summer as the discharge decreases and are minimal during winter, at highest discharge. However, at the beginning of winter, when discharge first increases, the nitrate concentration increases abruptly.

In order to understand the anomalous concentrations, the isotopic compositions of sulfur and nitrogen in the sulfate and the nitrate in En Bardi and in the water soluble fraction of the bituminous rock were analysed.

The isotopic composition of N in the nitrate in En Bardi ($\delta^{15}\text{N} = +7.2 - +9.0\text{‰}$) is significantly higher than that in the adjacent dolomitic springs ($+3.3 - +4.8\text{‰}$). The former values indicate a sewage contribution, which probably originates from septic tanks in the village of Jish situated along the southern edge of the recharge area. The data plot well along a mixing line (Fig 2) between natural source (nitrification of organic matter in the soil, represented by the adjacent dolomitic springs) and anthropogenic source (sewage). The maximum contribution of anthropogenic nitrate in En Bardi (90%) occur at the beginning of the winter as the discharge first increases.

The isotopic composition of S in the sulfate in the dolomitic springs ($\delta^{34}\text{S} = +5.7 - +10.8\text{‰}$) is similar to the composition in rain water. The $\delta^{34}\text{S}$ values measured in En Bardi ($-2.5 - -8.7\text{‰}$) are, however, significantly lower. It is proposed that this composition results from the oxidation to sulfate of organic matter and pyrite which are common in the chalks of the recharge area. This sulfate, with negative $\delta^{34}\text{S}$ values, is easily flushed to the groundwater. The $\delta^{34}\text{S}$ value of the water soluble fraction of the bituminous rock was found to be about -15‰ . The soluble sulfur is less than 6% of the total sulfur in the rock.

The annual fluctuations in the sulfate and nitrate concentrations are due to changes in their availability for flushing. At the onset of winter, some of the natural nitrate and sulfate that accumulated in the upper soil since the end of the previous winter, and a fair amount of the anthropogenic nitrate and organic sulfate that accumulated in the unsaturated zone, are flushed to the groundwater. The rapid flushing of highly soluble nitrate salts causes the abrupt increase in the nitrate concentration. During the rest of the winter, the natural sources become slightly more dominant whereas the concentrations decrease due to dilution by rain water and the decrease in the availability of the anthropogenic nitrate and organic sulfate.



Correlation between surface and sub-surface structures at the Holocene fan-delta of Nahal Darga Dead Sea

Cadan, G.¹, Bruner, I.², Eyal, Y.¹, Enzel, Y.³ and Landa, Y.²

1 Dept. of Geology, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva 84105

2 The Institute for Petroleum and Geophysics, P.O.B. 2286, Holon 58122

3 Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem 91904

We compare surface and subsurface structural information from the Holocene fan-delta of Nahal Darga. This fan delta is comprised of lacustrine beds such as silt, clay and fine sand, and of fluvial beds consisting of boulders, cobbles, pebbles, and coarse sand. The two stratigraphic sections measured at the walls of the Darga channel range, from 10,000 years B.P. to the present, according to twenty radio carbon ages. The fan-delta sequence was deposited in a dynamic environment, and is characterized by many facies changes and erosional unconformities.

Four deformation types were found in this section: 1. Two zones of NNE striking normal faults with displacements ranging from a few cm up to 2 m. The displacement along the faults occurred in single to multiple events and is either limited to a few beds or involves the entire exposure. 2. Deformation due to liquefaction, limited to a single bed, with various styles of deformations, depending on grain size. Ten beds exhibiting this phenomenon, which we attribute to earthquake events, are present in the section. 3. Slumps, several slumps, stratigraphically limited to a few beds, were found along a strip of about hundred meters. The trend of the slumping is also NNE. 4. Minor local folding.

Five shallow high resolution seismic profiles measured parallel to and across the active fan-delta channel show continuity between surface and sub-surface structures. A large fault which crosses the entire exposed section in the northern wall of the Darga channel continues to at least a few hundreds of meters in the sub-surface. The sub-surface faults determined in the seismic profiles are also arranged in two zones, and their strikes are parallel to those exposed at the surface. Normal and reverse faults, arranged in a "flower structure" were found below the zone of the slumps. We suggest that the slumps and "flower structures" are tectonically induced, and may indicate, left-lateral faulting at this location. The observed sequence in the seismic profiles is similar to the exposed one and reveals dynamic changes and many unconformities.

A large unconformity determined at about 200 m below the Dead-Sea level, is probably the boundary between Pleistocene and Holocene deposits. The extension of this unconformity is exposed west of the Dead-Sea coastal road.

FLUID INFILTRATION DURING RETROGRADE METAMORPHISM AND SHEARING OF IGNEOUS DYKES (ELAT METAMORPHIC COMPLEX, ISRAEL).

Cohen, B.,^{1,2} Matthews, A.¹, Bar-Matthews, M.², Ayalon, A.²

1. Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem 91904

2. Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Yisrael Street, Jerusalem 95501

Metamorphosed schistose basaltic to andesitic dykes occur within Precambrian (Pan-African) high-grade metamorphic rocks, Elat, Sinai, Israel. The metamorphism converted the igneous dykes to Upper Greenschist-facies rocks, and thus involved hydration reactions. This work explores the relation between the metamorphism of the dykes, the fluids that infiltrated the dykes during their metamorphism, and deformation that resulted in the development of prominent ductile shear zones at the contacts between the dykes and the adjacent country rocks. The study was based on the construction of petrographic, chemical and $d^{18}\text{O}$ profiles across a 4m wide dyke and the granite gneiss host rocks on either side. The petrographic studies show that despite metamorphism and deformation, the dyke preserved many textural attributes of its original igneous fabric, whereas the granite gneiss developed strong linear fabrics at the contact with the dyke. The dykes also preserved their original igneous chemistry, whereas the granite gneiss shows evidence of element mobilization (e.g., leaching of potassium near the contacts).

$d^{18}\text{O}$ values of quartz separates from the dykes are uniform and average at 13.5‰. These 'dyke values' are also found in the granite gneiss at the contact before smooth drops occur to lower $d^{18}\text{O}$ values (12.2‰ at one contact and 12.8‰ at the other) that are characteristic of the granite gneiss. The isotopic profiles were fit using a one-dimensional transport equation involving advective and diffusion components. Calculations at one contact indicate that advective penetration of solutions from the dyke into the granite gneiss occurred to a depth of 0.66m. A similar calculation at the other contact gave a distance of 0.8m.

Temperatures in the metamorphosed dyke calculated from the $\text{O}^{18}/\text{O}^{16}$ fractionations between quartz and biotite are about 500-550°C. Similar quartz-biotite temperatures were found in the granite gneiss up to 1.2m from the contact. Further away, the temperatures in the granite gneiss gradually rise to 700-800°C. The similarity between the temperatures of the granite gneiss near the contact and those of the metamorphosed dyke is considered to represent the isotopic equilibration of minerals induced by the infiltration of fluids into the granite gneiss during the metamorphism.

The research shows that metamorphism of the dyke was accompanied by fluid infiltration and that a component of this fluid penetrated into the adjacent granite gneiss and reset isotopic compositions in a narrow boundary zone. The fluid penetration evidently was critical to the development of highly sheared fabrics in the contact zone. From the point of view of the regional geological history of Pan African metamorphism in the Arabo-Nubian massif, the temperatures of 500-550°C for the metamorphism of the dyke are lower than the peak regional metamorphic temperatures attained in their host rocks, and point to a retrograde event.

SEQUENCE STRATIGRAPHIC INTERPRETATIONS AND MODELING
IN THE SOUTHERN DEAD SEA AND THE PANNONIAN BASIN OF HUNGARY -
A COMPARATIVE STUDY

I. Csato, C.G.St.C. Kendall and G.R. Baum
Dept. of Geological Sciences, University of South Carolina
Columbia, S. Carolina, U.S.A.

Sequence stratigraphic interpretations of seismic data integrated with computer modeling demonstrate that the sedimentary fill in the southern Dead Sea basin is controlled by high rates of subsidence, salt tectonics, multiple sediment supply and lake-level fluctuations.

Nine third-order unconformities have been defined and correlated with eustatic changes. Stratigraphic modeling revealed that, were the subsidence linear, the lake-level falls would be delayed by 0.2-0.5 Ma relative to eustatic falls. Fan deltas enter the basin at the southern and northern ends of the graben, while salt and lacustrine offshore sediments accumulated in the interior. The southern and northern lacustrine systems interfinger in a mixing zone which changes position as a function of lake-level variations. The advance of the northern system was accompanied by lake-level falls, while lake-level rises favored an influx from the southern system. The northern sedimentary system gradually became more dominant.

There are two distinct stages in the evolution of the Pannonian basin: a syn-rift period in the middle Miocene and a post-rift period in the upper Miocene Quaternary. The separation of the basin from the sea occurred after the end of the syn-rift phase. A significant lake-level fall, coeval with the Messinian desiccation, produced a basinward unconformity. Unlike the Dead Sea graben, the Pannonian basin is a radial extensional setting. Stratigraphic architectural patterns in the Pannonian basin were formed by highly differential subsidence, multiple sediment supply, changes in sediment transport directions and lake-level changes. Two major delta systems advancing from the northwest and northeast filled the basin.

Interfingering facies associations, pinch-out zones, buried fan deltas and local valley fills could be hydrocarbon exploration targets in both basins. Further sequence stratigraphic analysis and modeling may provide more accurate reconstruction of the sedimentary history and facies trap prediction.

New Methodology for the Investigation of Flow and Transport Processes Through Fractures in the Vadose Zone

Dahan, O.,¹ Nativ, R.,¹ Adar, E.,² Berkowits, B.,³

1. The Seagram Center for Soil and Water Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, Rehovot 76100

2. Institute for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Sede Boqer 84990

3. Department of Environmental Sciences and Energy Research, Weizmann Institute of Science, Rehovot 76100

Water flow and solute migration through fractures in the subsurface constitute an important process affecting contaminant distribution in groundwater. In the last decade, much effort has been dedicated to investigating flow mechanisms through fractured systems. The saturated domain of fractured media has been investigated intensively worldwide, and progress in the scope of preferential flow through this domain has been made. However, hydrology and the flow behavior in the unsaturated fractured zone, which links water and pollution sources on the surface to groundwater are not yet well understood. Most theoretical models describing flow mechanisms in this medium are based on soil-physics theory, and laboratory observations on artificial fractures. The models suffer from a lack of information on flow behavior in natural undisturbed fractures, which is essential to establishing any comprehensive prediction model.

This study focuses on the drainage of water and pollutants from surface ponds to the groundwater through fractures in the vadose zone. The first stage of this research was to develop technical means of providing information about the flow and transport regime in undisturbed, discrete fractures in situ. The experimental instruments had to be planned for a scale of several meters, larger than any conceivable laboratory experiment. The experimental setup consists of three major technical systems:

- (a) A compartmental pond installed along an exposed discrete fracture: each 25-cm long compartment of the pond is connected to a different solution source, marked with a different tracer. The water head is controlled in each compartment. Thus, the exposed fracture is fed by a different tracer for each fracture segment along its opening.
- (b) A compartmental sampler, divided into 20-cm compartments, installed in a large-diameter (25-cm), horizontal borehole, beneath the compartmental ponds. The borehole was bored along a fracture plane, exposing the fracture all along the upper part of the borehole. Thus, any effluent draining from a particular fracture segment is collected by a particular cell of the sampler.
- (c) The samples accumulating in the different cells along the sampler are frequently drained by a collection system into separate sampling vessels.

This experimental setup enables the percolation of various tracers under controlled heads, at different locations along an exposed fracture. It further enables the collection of samples of traced effluents draining from different fracture segments in the borehole beneath the ponds. Quantitative analysis of flow rate and relative tracer concentrations in each section, under various water heads in the ponds above, will provide important information about flow rates, flow paths and chemical evolution of the solutions draining down through the fractures. This information will be used to assess flow patterns, and to establish a flow model based on data from field experiments.

Spontaneous Oxidation of Elementary Sulphur

Deutsch, Y. Yechieli, Y.

Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Israel Street, 95501 Jerusalem

Elementary sulphur is well known as an inert element whose water solubility is negligible. At "room temperature" its reaction with other compounds is small, so one does not expect it to be an ecological danger. While working at a site for open sulphur storage, we noticed that where sulphur was spilled, the soil was sometimes strongly acid and gypsum ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) was detected, its origin being, almost certainly the native sulphur. The question arises, what is the mechanism that oxidizes the elemental S^0 to S^{+6} (S^{+4} ?). To investigate this problem, numerous samples of soil, mostly sand, part of them contaminated by sulphur, were gathered. The acidity (pH) of 23 samples was measured periodically after addition of deionized water, starting at the moment of water addition until more than 150 days. The experimental results points to several phenomena:

1. The pH of all the samples without sulphur contamination, remained higher than 7, even after more than 150 days.
2. The acidity of all the samples containing sulphur, dropped to a pH lower than pH-7, sometimes even lower than 2. The pH decreased to a constant value from 10 to 80 days after the water addition.
3. In some samples, the acidity increased, toward alkaline pH values after decreasing (remaining acid nevertheless). In these samples a strong sulfide (H_2S) odour was noticed and the samples turned black.

Conclusions:

1. In an acid environment, three (four?) sulphur compounds: S^0 , SO_4^{--} (SO_3^{--} ?), H_2S , may exist.
2. In the presence of water at "room temperature", elementary sulphur S^0 oxidizes spontaneously to SO_4^{--} (SO_3^{--} ?) while lowering the pH.
3. SO_4^{--} converts directly to H_2S . The back reaction may occur as well
4. No direct reduction of elementary sulphur, S^0 , to H_2S was observed. The mechanism proposed is the following: at first oxidation of the sulphur to sulphate and only then reduction of the sulphate to the sulfide state.
5. The sulphuric acid, H_2SO_4 , produced by the oxidation of sulphur and reaction with water, digests the CaCO_3 (mollusk shells) while depositing gypsum.

It is reasonable to assume that the reactions occurring at room temperature, oxidation of elementary sulphur and the reduction of sulphate to sulfide, in the presence of water, are not "pure" chemical reactions. We suppose that the oxidizing occurs with the aid of bacteria, Thiobacillus, and the reduction with aid of sulphate reduction bacteria. An indication for a biogenic mechanism can be deduced from the fact that in underground native sulphur deposits, where no bacteria exist, the sulphur remains elementary for long periods. If the oxidizing mechanism is mainly chemical, this sulphur would oxidize.

The present work shows that elementary sulphur is a potential pollutant to the environment. The pollution is expressed in the production of sulphuric acid, gypsum and sulfides.

THE GEROFIT FLORA AND ITS CONNECTIONS WITH COEVAL FLORAS

I. A. Dobruskina

Hebrew University of Jerusalem, Givat Ram 91904, Jerusalem, Israel

Imprints of fossil plants occur in the Upper Member of the Early Turonian Ora Shale Fm. in the Gerofit valley and Qetura valley, 4,5 km to the north (Lorch, 1965). Two other localities of Turonian age provided only mineralized fossil stems: Masshaba Sadeh in the northern Negev (Avni & Sass, 1987) and Beer Ora not far from Eilat (Bartov, 1967). Only two other Upper Cretaceous plant localities have been described in the Middle East, in central Lebanon ((Dilcher & Basson, 1990) and in southern Jordan (Bender & Madler, 1969).

The Gerofit flora may be considered as STANDARD flora because it occurs in marine deposits with ammonites and bivalves (Freund, 1962; Freund & Raab, 1969) and connects plant-bearing beds with the International Geochronological Scale (Dobruskina, 1980, 1994).

The Gerofit collection consists of more than 300 imprints of fossils leaves, twigs, stems and fructifications and Qetura collection contains of 75 similar imprints. The main part of leaves consists of angiosperms. Among them are following taxa: Nymphaea mesozoica sp. nov., Nelumbites tenuinervis (Font.) Berry, Menispermites ? sp. Viburniphyllum sp. Platanus ? sp., Magnoliaephyllum palaeocretacicus (Sap.), Magnoliaephyllum lusitanicum Teixeira, Debeva grofitica sp. nov., Archaecypera lorchi Krassil. If the majority of stems and roots also belongs to angiosperms, angiosperms constitute 95% of the whole flora. There are also horsetails (several imprints of stems and a diaphragm), conifers of Brachyphyllum type (three small twigs), and perhaps ferns. If we exclude from our calculations stems and roots of unknown affinity the most abundant taxa in the Gerofit collection are the narrow-leaved trees Magnoliaephyllum and Debeva. Less abundant are the water plants Nymphaea and Nelumbites and wide-leaved leaves of small trees or shrubs Viburniphyllum and liana Menispermites. Platyphyllous leaves, possibly of Platanoid, constitute 4% of the imprints. The Gerofit plant assemblage reflects deposition in a big freshwater lake. The water plants Nymphaea and Nelumbites were floating in the water, small trees and shrubs occupied wide spaces of banks together with horsetails, and big trees with platyphyllous leaves grew farther from the lake, perhaps on the hills together with conifers.

The Gerofit flora has some taxa in common with the Upper Cretaceous floras of the northern shore of the Tethys and some with coeval floras of its southern shore. Debeva, narrow-leaved Magnoliaephyllum and Platanus? connect the Gerofit flora with southern Europe, and the latter and Nelumbites - also with Kazakhstan. Platyphyllous Magnoliaephyllum, Nelumbites and small quantities of conifers connect it with northern Africa. Shallow water ammonites show the same connections (Freund & Raab, 1969).

North Africa belongs to the tropical area, southern Europe is considered to be or a part of the equatorial (Vakhrameev, 1970, 1978; Meyen, 1987) or a part of subtropical area (Krassilov, 1985). The last opinion is based on the presence of Debeva (Dewalquea). Because of the presence of Debeva in the Gerofit flora the Negev region should be referred to the same climatic zone as the European area and not the north African one.

Systematics of the Arava Travertine

Enmar, L.^{1,2}, Katz, A.¹, Starinsky, A.¹, Heimann, A.²

¹Department of Geology, The Hebrew University.

²Israel Geological Survey, Jerusalem

Many travertine outcrops are found in the northern Arava Valley, from Makhtesh Katan in the north to the Menuha Ridge in the south. They are divided into three types:

(A) Cascade and steep slope travertine;

(B) Shallow ponds travertine;

(C) Stream bed travertine.

The three travertine types differ in their petrography. Type A is characterized by thick calcite crusts, comprised of dark and light laminae. The calcite crystals are coarse having low-Mg concentration and containing algal textures. Type B is also comprised of low-Mg calcite. It is characterized by algal mats and peletal-micrite (probably of organic origin), and by the occurrence of molds of reed and other plants. Type C has not yet been checked.

Type A is found in the highest flats of the Arava (60-75 m asl.). Type B is the most abundant in the Arava and can be recognized in different elevations from -70 m to +40 m asl. Type C is found in the same heights as type B.

Type A, the oldest travertine unit, declines east towards the Arava and overlain by type B in an angular unconformity. Type B covers large flat areas and contains two sub-units: hard brown travertine overlying clastic travertine. This clastic travertine sub unit is built up of limestone travertine, travertine nodules, travertine-marl, conglomerate, clays and paleosoles. Type C covers type B or interfingers it in erosional canals. The stratigraphy is in agreement with U-Th ages obtained on these travertines (Kronfeld and Livnat 1987). A correlation between sections 30 Km apart was done using textural, petrographic, lithologic and elevation considerations.

The travertine of type A is low Mg, Sr, Na, and K compared to Type B, resulting from the different chemical properties of the waters in which it formed.

It can be concluded that travertine deposition occurred in the Central Arava during at least three phases:

1) Type A was deposited, in Nahal Hazeva and Zofar areas, on steep slopes, from springs located west to the present known ones.

2) Type B was deposited in shallow depressions, on moderate relief, as limestone or travertine marl, with addition of the clastic material and patches of reed rich travertine. In a later stage when clastic supply decreased it was deposited as massive reed rich travertine.

3) Type C was deposited in subrecent stream beds dissecting older types of travertines.

Bibliography:

Kronfeld, and Livnat, A. (1987). "U-series dating of rift valley travertines and lacustrine deposits". Tel Aviv University. Ministry of Energy and Infrastructure.

DEFORMATION HISTORY OF THE MOOSE MOUNTAIN STRUCTURE, CANADIAN ROCKY MOUNTAINS FOOTHILLS: IMPLICATIONS OF MESOSTRUCTURES.

Eyal, Y.¹, Feinstein, S.¹ and Bell, S.²

1 Dept. of Geology, Ben-Gurion University of the Negev, Beer-Sheva 84105, Israel.

2 Energy and Environment Subdivision, Geol. Surv. of Canada, 3303-33rd St., N.W., Calgary, Alberta T2L 2A7.

The Moose Mountain structure is located some 50 km west-southwest of Calgary in the foothills of the Rocky Mountains of western Canada. At the surface, it outcrops as a faulted anticline rimmed by Mesozoic clastic rocks and cored by Paleozoic carbonates. Exploration and production wells that the structure is a complexly faulted anticline, cored and uplifted by an imbricate stack of thrust sheets. Like many such features in the Rocky Mountain Foothills west of Calgary, the Moose Mountain structure trends northwest, parallel to the surface traces of associated and adjacent thrust faults. The large scale structure is due to a major component of lateral compression being directed approximately perpendicular to the axis of the anticlinal structure. However, its kinematic history has not been documented in detail. In the present study we use small scale structures (mesostructures) to recover the stress fields involved with the deformation of the Moose Mountain structure.

Small-scale structural features were measured at 16 sites. Reported here is a preliminary analysis and results from two sites that encompass 84 measurements of fault planes, striations, veins and fold axes. This analysis suggests that these mesostructures originated in two different paleostress regimes: in one, S_{Hmax} was oriented approximately N-S; in the other, S_{Hmax} was oriented approximately NE. The latter regime is genetically compatible with the large-scale geometry of the Moose Mountain structure and the regional NW trending thrust faults network. The N-NNE S_{Hmax} paleostress orientation derived from the strike-slip faults is discordant to the main Rocky Mountain structural pattern and its delineation by the mesostructures was not anticipated. At this time, the significance of these latter data is not clear, but it could be an indication of dextral shearing in the Canadian Cordillera. The timing of the two inferred events, the spatial distribution of the different mesostructures, as well as their implications for the overall kinematic evolution of the area have not yet been determined.

However, our preliminary results emphasize that mesostructures have the potential to uncover paleo-stress fields not easily predicted by the hosting macrostructures.

EARTHQUAKE RISK ESTIMATION IN THE TOWN OF EILAT, ISRAEL

L. Feldman, Y. Zaslavsky, A. Malitzky, A. Shapira,
Y. Gitterman, and A. Hofstetter
The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

The Gulf of Eilat-Aqaba risk evaluation program is a project of the IASPEI sub-commission on Earthquake Loss Assessment in cooperation with the Earthquake Loss Reduction in the Eastern Mediterranean Region, coordinated by the USGS and UNESCO.

The whole area is currently undergoing urban and tourist facility development, triggered by the peace process in the region. Risk evaluation in the town of Eilat poses a major problem owing to the fact that, on one hand, the town is in close proximity to the active Dead Sea fault system subject to recent strong earthquakes, i.e. the felt events of $M=5.9$ in August 1993 and $M_L=6.2$ in November 1995. On the other hand, no clear historical records or evidence of felt events and estimated intensities are available owing to the scanty population of the area during the last century. Thus, any intensity estimate is doomed erroneous, especially in the case of a strong event. The following procedures are proposed for risk evaluation of such a location:

1. A survey of buildings and structures in order to estimate their vulnerability to strong ground motions.
2. Background noise measurements using the SvE procedure to determine the response spectra. Thickness variations of sedimentary layers and soil within the town itself, are modeled empirically to estimate the site effects.

While the aerial size and population of Eilat are large enough to render risk evaluation there an important target, the town is still small enough to permit a detailed survey of every structure or building. We show that such a project can be generalized for risk evaluation of other sites in the proximity of active faults where data are either limited or unavailable.

TECTONIC BASINS IN THE DEAD SEA TRANSFORM
ALONG THE ARAVA VALLEY

U. Frieslander¹, Y. Bartov², M. Goldman¹ and Z. Garfunkel³

1 The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

2 Geological Survey of Israel, Jerusalem

3 Institute of Earth Sciences, Hebrew University, Jerusalem

Data from geophysical surveys in the Arava valley, including interpreted seismic lines, gravimetric and electromagnetic measurements, facilitate the description of the structure of the Dead Sea transform segment located in the Arava area. This segment is characterized by a series of elongated, en-echelon tectonic basins bounded by parallel boundary faults. The left-stepping between a number of basins (Evrana, Ya'alón and Zofar) apparently coincides with the junction area of the E-W trending main central Sinai-Negev faults and the DSR faults. Three basins located north of the Paran area are separated by two listric faults with large displacements. As a result, the depth of the basins increases to the north.

Gravimetric models based on density computations made for several oil wells (e.g. Sedom Deep, Amiaz-1 and Heimar-1) show that the thickness of the sedimentary sequence in the Dead Sea basin north of the Amatzyhu fault reaches 9.5 km while further south of the fault, in the Shezaf basin, it reaches only 6.5 km. In the shallowest (Zofar) basin, the seismic section indicates a regional dip toward the north. This is consistent with the results of a TDEM survey carried out in the area and enables us to tie the seismic reflection to the top of the Avdat Gr. or Hazeva Fm. in an area where water wells did not penetrate this level.

Groundwater of Mount Sedom diapir

Amos Frumkin

Geography Department, The Hebrew University of Jerusalem, 91905

Since its subaerial extrusion in the Early Holocene Mount Sedom developed a karst system which allows most of the effective rain to drain through the subsurface. The water table was probably lowered and a vadose zone developed as drawdown vadose caves evolved, in a similar manner to that in limestone allogenic karst. Groundwater flow does occur in fissures and conduits above base level, although deeper, where joints become annealed by lithostatic pressure, the salt is quite impervious. The dissolved loads of flood water depend primarily on the residence time of the water in contact with rock salt. Flood waters passing rapidly through integrated cave systems do not reach saturation, while waters infiltrating through tight fissures or held up in subsurface reservoirs reach saturation, mainly by dissolving halite. The solute-discharge relationships are similar to those in limestone and gypsum karst.

A phreatic brine aquifer whose water source is not clear gives rise to small springs along the eastern side of Mount Sedom.

The Herodian port at Caesarea and its contribution to the destruction of ancient aqueducts

Ehud Galili and Jacob Sharvit

Israel Antiquities Authority, P.O.Box 180, Atlit 30350

During the last thirty years the Israeli coast has undergone massive construction. Marinas, ports and breakwaters have been built along the coast and large areas of sea have been reclaimed. Due to the diminishing availability of land along the coast, there is fierce competition and growing pressure from planners who wish to build along the coast, in some cases reclaiming land from the sea. These activities are devastating to the coastal system. Until now the only studies available, regarding this intervention, are those of the last twenty years. The Herodian port at Caesarea can serve as a model of a coastal structure, as it is identical to the large structures planned and constructed along the coast today. Moreover, it is possible to examine its effect on the coastline along a time span of up to 2000 years.

Traces of the destruction are evident in ancient structures that are located south and north of the Herodian harbour. This evidence is found in the high level aqueduct and in the amphitheater, recently revealed south of the ancient Roman city.

Colleges offer various explanations for the destruction of coastal structures. One explanation claims that the aqueduct was abraded by marine erosion, due to the retreating coastline, as result of constructing the harbour. Another suggestion claims that the destruction was caused by tectonic activity. Another explanation suggests that the destruction was caused by the impact of the rise in sea level during the Byzantine period.

Recently it was suggested that sandstone quarrying in the coastal Kurkar ridge and its submergence, exposed the aqueduct to marine erosion. After we examined the relevant studies, we reached the conclusion that the construction of the Herodian harbour was the direct reason for the destruction of the coastal structures north of Caesarea. Following the recent construction of the Hadera port, the coastline north of the port eroded. It thus seems that the same phenomenon occurred subsequent to the construction of the Roman harbour in antiquity. Moreover, we found no traces of sandstone quarrying in the Kurkar ridge north of the Herodian port. It should be noted that there are traces of quarrying in other areas along the Israeli coastline, and they are well preserved. The tectonic explanation is not feasible since there are strong indications for the stability of the coastline in the region. Coastal and underwater archaeological studies indicate that the destruction of the high level aqueduct at Caesarea occurred due to the direct impact of the construction of the harbour. Shortage of sand to the north has resulted in the retreating of the coastline, followed by marine abrasion, that destroyed the foundations of the aqueduct that collapsed.

Adaptation of empirical classification methods ("Q" and "RMR") for tunneling in bedded rock. Lessons from the Gilo Tunnel, Jerusalem.

Gavish, E.^{1,2}, Hatzor, Y.¹, Arkin Y.²

¹ Department of Geology and Mineralogy, Ben-Gurion University of the Negev,
84105, Beer Sheva

² Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Yisrael Street, 95501 Jerusalem

The excavation of Gilo long tunnel is used as a case study for the adaptation of the "Q" (Barton 1974) and "RMR" (Bieniawski 1974) classification methods for layered carbonate and heterogeneous rock mass. The tunnel was excavated in limestone, dolomite and marl of the upper Cretaceous Judea Group at a site in the southern part of Jerusalem. The results of preliminary site investigation, which included geological mapping and five boreholes, provided a range of data which only in part conformed to the reality in tunnel excavation.

The main problem arose from the phenomena of intervening transition zone between the Moza formation and the overlying Amminadav formation, consisting of massive competent dolomite blocks surrounded by soft dolomite "flour" of silt and fine sand size. The geomechanic of the dolomite "flour" and massive dolomite differ significantly in cohesion (27 KPa & 32 MPa) and uniaxial compressive strength. The combination of massive dolomite and dolomite "flour" together with weathering phenomena associated with open fractures, karst and clay, caused problems in the "Q" and "RMR" classification of the transition zone. Drilling at the site did not disclose the heterogeneity of the transition zone. The classification values from the southern part of the tunnel (transition zone) were generally higher than the real values while, the "Q" and "RMR" values in the massive dolomite were generally more conservative than those determined during excavation.

Rock mass classification was carried out during tunneling operation by detailed geological mapping and revealed the difficulties of classification of the transition zone, especially in determining the descriptive parameters of the classification methods. This was also emphasized by the correlation equation between "Q" and "RMR" which could not be applied to the transition zone but give a good correlation, between the two classification methods, for the massive dolomite values.

For rock mass quality rating, it is necessary to determine and qualify the discontinuity systems, the infilling material, extent of weathering and changing in strain condition due to faults and shearing zone. Site investigation can not be based on boreholes which provide only local and not satisfy data. The diversity of "Q" and "RMR" values that range from a very good rock to an extremely poor rock mass emphasize these differences. This diverse range could not be determined on the basis of a few boreholes.

Discontinuity planes were measured at the surface and within tunnel. This data was used to determine potential unstable blocks using the Block theory (Goodman and Shi 1985). The mapping during tunneling showed only small blocks (20 to 30 cm) formed due to random and systematic discontinuity planes which would not cause stability problems. Although Block theory removability analyses showed potentially large key blocks, these did not fall due to the undulating nature of the fractured plane and the heterogeneity of the rock mass.

**Translocated streams and large alluvial fans along the Dead Sea
a transform along the central Arava Valley**

Ginat H.(1,2), Enzel Y.(1), Avni Y. (1,2) and Zilberman E. (2)

- 1) Institute of Earth Science, Hebrew University
- 2) Geological Survey of Israel

During the Pliocene the central Arava was higher than its present elevation by a few hundred of (about 400 meters). It allowed a major stream (the Edom stream) to cross it from east to west. This river delivered into the Negev gravel lithologies which do not exist in the west margins of the Arava.

The headwaters of this stream are in the drainage basin of Wadi Huwar at the eastern margins of the Arava. At the same time the drainage basins to the north of the Edom stream did not cross the Arava and produced large alluvial fans. This is in agreement with the existence of the wide water divide in the central Arava and a subsiding basin to the north of it, not allowing these more northern streams to cross the valley. The entire drainage system drained into the location of the present day Dead Sea.

15 kilometers of left-lateral motion on the Arava-Dead Sea segment of the Dead Sea transform disconnected the Edom stream and the alluvial fans from their drainage basins and made them a fossil feature. Assuming a Pliocene age for the Edom deposits of the Arava Conglomerate and the 15 km. of displacements, the resulting long term average rate of movement along the Arava-Dead Sea fault is 0.5 cm/year.

Lower Paleolithic finds from the region of Nahal Zihor, Southern Negev

Ginat H.(1) Saragusti I.(2)

- 1) Institute of Earth Science, Hebrew University
- 2) Prehistoric Archaeology, Hebrew University

Lacustrine deposits were recently discovered in the basin of Wadi Zihor, south eastern Negev. These deposits indicate the existence of a fresh-water lake which covered an area of approximately 18 sq. km. The stratigraphic location of these deposits within the sedimentary sequence of the region, and preliminary studies of the pollen, ostracodes and mollusk assemblages suggest that the lake existed during the Late Pliocene and Lower Pleistocene. A wide surface that covers the lake deposits along Wadi Zihor is defined as Q1. Lower surface beside the main stream defined as Q2. Two younger surfaces (Q3 and Q4) appear between Q1 and Q2 and the present course of Wadi Zihor.

Many scholars, while describing the expansion of Homo erectus (one of the early hominids) out of Africa, outline a route through the Rift Valley to the Levant, and then to other parts of the old world. Thus the indications for the presence of a fresh water lake during the Lower Pleistocene at the margins of the Rift Valley making it a region of high potential for prehistoric survey.

By intensive Archaeological survey in this area we found over 100 find spots. A few flakes, probably man-made, were found in-situ within the lacustrine deposits. An assemblage in which artifacts (bifaces) made on silicified phosphorite and limestone, include, special picks' which were made for hunting at an early date within the Achelian culture. The topographic location of this assemblage is correlative to the paleo-lake's shore line, suggesting that they might be contemporaneous with each other.

Most of the find spots and sites were found either on top of the Q1 or Q2 surfaces, or on the Turonian limestone slopes, surrounding the south western part of the area. The most impressive sites were a few large concentrations of artifacts, consisting of tens to a few hundreds artifacts each. The degree of refinement of the handaxes and the presence of 'classic' Levallois cores and flakes indicate that most of the assemblages can be ascribed to the Late Acheulian (i.e. towards the end of the Middle Pleistocene). The fact that these assemblages were recovered on top of the Q2 surface, indicate that the creation of this surface predates the assemblage.

Identification of the Biblical Yashpe (Jasper) Stone

Ginzburg, D.

Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Yisrael Street,
95501 Jerusalem.

The Yashpe Stone was a gem used as one of the breastplate stones of the High Priest (Exodus 28:19). It is also mentioned in this sense in Ezekiel (28:13). This stone was the symbol of the tribe of Benjamin. "... Benjamin, his stone is Yashpe and the color of his flag is similar to all colors..." (Midrash Rabba, Numbers, 2:7).

The Yashpe is a multi-color stone including shades of red, black, brown and green.

In ancient literature, in the writings of Tel-Amrana, this stone was called Yaspu. Asuric scripts of Nevoaad describe the statue of "San" by Asur Benfil as sculptured in Hishapu stone. It seems that these two descriptions refer to the same gemstone.

In Greek the stone was called Eisapis and this name comes from the Hebrew. Pliny identified it as Jaspis, a kind of "Chalcedony". In Latin it is Jaspis, in Arabic Jasaf, in Roman it was known as Iaspis and in Acadic it was Aspu.

In medieval literature the stone was identified as "Gashapi" by Abarbanel, "Yasep" by Rabbi Saadiah Gaon and "Jasper" by Rabbi Bahya. The English translation of the Bible (A.V. - 1611) refers to "Jasper".

Modern translation of the Bible (German, French, English) refer to both "Jasper" and "Jaspis".

It can be concluded from this that the stone "Yashpe" is Jasper described as amorphous silica of variegated colors (red, brown, black, green and yellow) known from Egypt, Syria, Cyprus and other Mediterranean countries.

SEMBLANCE AND ENERGY SPECTRAL STATISTICS
FOR DISCRIMINATION OF SEISMIC EVENTS

Y. Gitterman, V. Pinsky and A. Shapira
The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

Two spectral discriminants of quarry blasts and earthquakes have been tested. This discrimination is based on the spectral analysis of seismic sources. The data base included about 100 quarry blasts and earthquakes occurring in the Galilee, Sea of Galilee, Dead Sea, Negev and Jordan. We tested different parameters, such as variations of time windows and frequency ranges, for the data processing in order to find the best separation of the two sets of seismic event.

The known single station discriminant for explosions refers to the relatively greater energy at low frequencies caused by dominant surface waves which, in the case of earthquakes, are much lower. Analysis of the energy ratio of low (1-6 Hz) and high (6-11 Hz) frequency ranges showed that, for specific stations in the Israel Seismic Network (ISN), a satisfactory resolving power between quarry blasts and earthquakes is observed in the magnitude range $M_L=1.3-2.6$ and the distance range 10-100 km. When averaging the ratios obtained at different stations covering a relatively broad azimuth range, the resolving power is significantly enhanced.

The second, newly developed, multi-station discriminant is based on the innovative Low Frequency Spectral Modulation (LFSM) method associated with ripple-firing in quarry blasts and the bubbling effect in underwater explosions. The efficiency of this method in identifying explosions with a low signal-to-noise ratio (SNR) was investigated. We selected a number of explosions and observed azimuth and distance independent spectral modulation patterns presented by source dependent interference minima and maxima. Similarity or divergence of spectral shapes for different stations has been quantitatively assessed by the application of "semblance" and "cross-correlation" statistics, commonly used in seismic prospecting for phase correlation of seismic traces in the time domain.

After some modification, both correlation techniques were applied to amplitude spectra of a subset of ISN stations, providing full separation of earthquake and explosion populations. Optimum results are obtained when processing the whole signal (including P, S and coda seismic phases) in the frequency range (1-12 Hz), with azimuthal coverage of stations 90° and more for each event.

COMPRESSONAL AND SHEAR WAVE VELOCITIES -
A TOOL FOR EVALUATING ROCK PROPERTIES

I. Goldberg and V. Shtivelman

The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

Compressional (V_p) and shear wave (V_s) velocity data can provide unique information on lithology, fluid contents and mechanical properties of various types of soils and rocks.

We propose that the V_p and V_s estimates obtained from shallow seismic surveys be used in order to determine physical properties of rocks in the studied areas. Our approach uses the dependence of seismic velocities and bulk and shear moduli of a fluid saturated rock on the bulk and shear moduli of the dry (unsaturated) rock matrix and the compressibility of the pore fluid. Dry moduli depend in turn on the porosity, structural characteristics and mineralogical composition of the rock.

The proposed technique generalizes present experience in rock physics and in seismic and well log investigations. It is based on the classic approach relating elastic wave velocities to the physical properties of rocks (Biot-Gassman theory of poroelasticity). Recently developed interpretational models describing the behavior of elastic waves in fluid saturated media were also called upon.

The feasibility of the proposed method is demonstrated by applying it to seismic velocity data from various areas of Israel. The velocities obtained from refraction and borehole surveys were used to determine the lithology, composition and type of the pore fluid (water/gas) of rocks. The results obtained correspond well with available geological and borehole information from the investigated areas.

ANALYSIS OF STRONG MOTION RECORDS OF
THE 22.11.95 EILAT EARTHQUAKE AND ITS AFTERSHOCKS

Y. Gitterman, A. Shapira and U. Peled
The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

The Nueva 22.11.95 strong earthquake ($M_L=6.2$, $M_W=7.1$) in the Gulf of Eilat was felt throughout Israel and caused minor damage in Eilat. Thousands of aftershocks followed the main shock, including some felt events of magnitude $M_L > 5$. A total of 13 digital accelerograms was obtained from the main shock and two aftershocks.

Peak ground acceleration (PGA), velocity and displacement were calculated. Analysis of the main shock PGA observations are compared with attenuation functions applied in Israel. It showed anomalous high PGA values at all sites, which may possibly be associated with the rupture directivity phenomenon and site effect. Directivity effect is expected owing to the 40-50 km rupture of the fault in a direction $\approx N20^\circ E$.

The new, recently developed, stochastic rupture directivity model estimates the increase of PGA in Eilat (and other northern recording sites) by a factor of 2-3. Site response evaluation at the Eilat station, based on the Nakamura method (spectral ratio of the horizontal to vertical component) demonstrated strong amplification at 2.3 Hz. This observation is in good agreement with the evaluations made a year before the earthquake using microtremor measurements at the same site and with the analytical 1-D SH transfer functions based on the subsurface model inferred from microtremors using the Aki spatial correlation method.

The Eilat station is located on an alluvial fan (about 50m thick) overlying granite. Using the above subsurface model, the SHAKE program and accelerograms recorded at the surface as input, we generated ground motions on the rock basement and calculated the site response. The computed PGA on rock is lower than the observed PGA by a factor of 2.

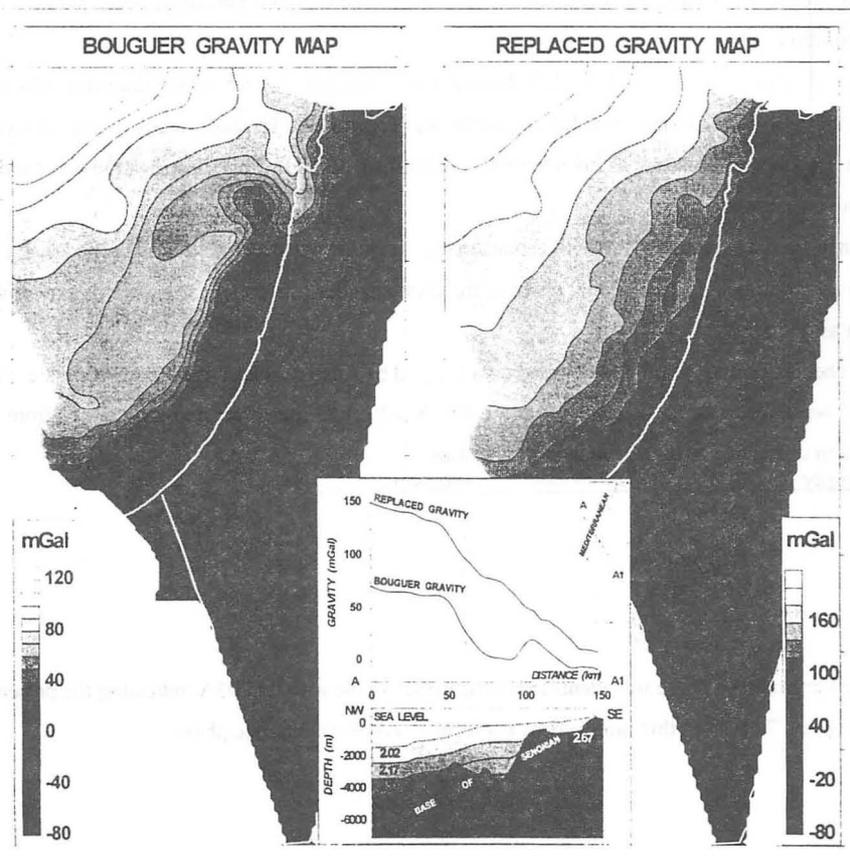
The acceleration response spectra of the recorded strong motions in Eilat are calculated. The average response spectrum as compared to that used in the Israel building code 413 for seismic design shows about 20% higher levels in the range 0.2-0.5 seconds. These observations will be integrated into the updated seismic hazard assessments for Israel.

GEOLOGICAL "STRIPPING" OF THE GRAVITY FIELD OF ISRAEL

Goldshmidt V., Rybakov M., Rotstein Y. and Fleischer L.

The Institute for Petroleum Research and Geophysics
Holon, Israel

The Cenozoic sediments, which are abundant along the coastal plane and offshore are typically with low densities of 2.00 g/cc to 2.55 g/cc. They are associated negative gravity anomalies with amplitudes of up to -50 mGal (see inset in the figure). These large anomalies effective mask the gravity signature of the underlying Mesozoic geological formations with densities of 2.65-2.80 g/cc. In order to discern the gravity anomalies associated with the Mesozoic rocks we calculated the effect of the overlying Cenozoic sediments and removed this effect. The calculation was done in 3-D and took into account the Cenozoic thickness from the base of Senonian. The new replaced gravity map is grossly different from the original Bouguer map and better displays the deep structures in this area.



First results, Atlantis II Deep, Red Sea

Nurit Goldman The Open University, The Hebrew University, Rehovot

Arieh Singer The Hebrew University, Rehovot

The Atlantis II Deep is located in the Red Sea between 21° 19'N and 21° 27'N along 38 05'E. A maximum depth is reached in the active South West Basin, where a hydrothermal brine is being discharged and spreads to other basins in the Deep.

Sulfides, silicates and iron oxyhydroxides accumulate on the bottom of the Deep. A core of the Atlantis II Deep was examined and the results were obtained from its uppermost part.

The common minerals in this core are sulfides: sphalerite and chalcopyrite. Among the oxyhydroxides, goethite was identified, having unit cell parameters indicating isomorphous substitution.

A silicate phase was observed by TEM, having a disc morphology with 1000Å diameter with an outer rim of 30-40Å and an inner part heterogeneous and crystalline. Morphologically similar phases have been described in literature as hisingerite ($\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_7(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). This identification was confirmed by infra red spectroscopy.

Hisingerite is a rare mineral, whose characteristics are still controversial. It is suggested that this mineral constitutes a transitional phase in the crystallization of iron silicates towards clay minerals such as nontronite.

The chemical composition was detected on a Cu grid by Analytical Electron Microscopy: Fe, Si, Zn and S were observed. Si /Fe ratio was above 0.6. A polycrystalline structure was obtained from electron diffraction with the following intensities:

Intensity	d	Intensity	d
7	3.68-3.74	1	1.33
10	2.20-2.46	3	1.28
7	2.21-2.25	2	1.25
6	1.84-1.87	4	0.95
6	1.65-1.70	2	0.87
9	1.44-1.45	2	0.85

A well crystallized phase was identified in the same sample with $d=3.03\text{Å}$ indicating the presence of chalcopyrit. The Zn in this sample does not form a crystalline separate phase.

Sand Transport Along the Israeli Coastline

by

Abraham Golik

Israel Oceanographic and Limnological Research
National Institution of Oceanography

In 1960, Emery and Neev proposed that the sediment transport along the Israeli coastline consists of two mechanisms. In one, within the surf zone, sand is moved by the wave energy flux at a rate and direction which is controlled by wave height and direction in the breaker zone. As the direction of the longest fetch facing the Israeli coast is at azimuth 282° , this is also the direction from which the highest waves can approach the coast. Due to the curved configuration of the coast, waves coming from this direction would cause southward sediment transport in the northern part of the coast from Haifa to Tel Aviv, whereas in the southern part of the coast the transport would be northward. A nodal point should be in the vicinity of Tel Aviv.

In the second mechanism, sand is driven northward, beyond the surf zone on the inner continental shelf, by the margin of the Mediterranean current. Part of this sand migrates shoreward, by the on-off shore currents to nourish the beaches with sand.

Recent evidence points to the validity of this model. Sand accumulation occurs on the northern side of coastal structures in Haifa and of the still water basin of the Hadera power plant. Analysis of aerial photographs of Netanya beach indicates sand accumulation on the beach north of the breakwaters there and erosion south of them to a distance of about 1.5 km on either side. All these indicate sand migration southward. In contrast, the Hertzelia marina, Ashdod Port, the marina and the still water basin of Ruthenberg power plant near Ashkelon and the two groins in Gaza show sand accumulation on their southern side and erosion on their northern one, indicating northward sand transport on this section of the coast.

Redundant surveys of the distribution of coal particles which fall to the sea bottom from the coal terminal of the Hadera power plant indicate northward transport on the inner continental shelf. Bedforms next to rocks projecting from the seabed, on the continental shelf off Ashdod and Haifa, also show a northerly sediment transport.

Results of grain size analyses of some 80 sand samples, which were collected from the beach to a water depth of 30 m between Gaza to Haifa, showed that in the south two populations of sand are found: coarse sand on the beach and in the shallow water and fine sand in deeper water. As one goes from Gaza northward, the beach and shallow water sand becomes gradually finer until it reaches the same size as the deeper sand near Tel Aviv, and from there northward. This similarity of grain size in deep water as well as in shallow water sand north of Tel Aviv indicates a contribution of sand from the inner shelf to the beach, in the pattern proposed by Emery and Neev.

Paleofloods in the Negev: Evidence to climatic fluctuations

Greenbaum, N., Schick, A.P.

Geography Department, Hebrew University, Jerusalem

The paleofloods in the large catchments of the Negev were studied (regionally) by analyzing peak flood level as evidenced by paleostage indicators. The indicators used were mainly fine-grained slackwater deposits and driftwood lines. A hydraulic procedure (HEC-2) provide peak discharge estimates. Flood age was determined by radiocarbon dating.

Twenty six paleofloods were reconstructed in Nahal Zin during the last 2,000 years and 24 in Nahal Paran during the last 450 years. The distribution of the floods through time shows periods of many floods which are also characterized by high flow magnitudes. These periods alternate with periods of few floods. The periods with abundant floods are the last 60 years, the period 1380-920 BP, and probably a period around 2000 BP. Between these periods the hydrological regime was different and the frequency of paleofloods was low.

Periods of many floods correlate with high Dead Sea levels associated with a wetter climate in northern Israel, while periods of few floods are related to low lake levels and a drier climate.

The paleohydrological record of Nahal Paran is less amenable to harder for interpretation because its radiocarbon ages fall within the problematic range of the ^{14}C decay curve. Nevertheless, the data suggest that flood frequency in the 17th and 18th centuries was significantly lower than in the 19th and 20th centuries.

The few paleofloods reconstructed in Nahal Neqarot occurred in periods identical to those in Nahal Paran and reflect a are evident of the similarity in the hydrological behaviour of these catchments, which were both part of a single large catchment up to late Pleistocene.

Mechanism of Stylolite Development.

Gruzman, Y., Sass, E.

Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, 91904 Jerusalem

Stylolites are very common in Turonian limestones all over the country. Although it is agreed that they were formed by dissolution, the timing and mechanism of their formation are still unclear. Several critical observations were made during the present study:

- A. In some places limestone and chert interpenetrate on both sides of a stylolite. This feature indicates that the process of stylolitization and silicification were coeval and both of them are early diagenetic.
- B. Stylolite columns are perpendicular to the bedding planes which were folded at the beginning of the Senonian. It is suggested that stylolites were formed soon after sedimentation at a shallow burial.
- C. Existence of two different generations of stylolites: (1) microstylolites which extend over several cm, with amplitudes of 0.5 mm and a thickness of up to 5 μm ; (2) deeply sutured stylolites with amplitudes of up to 12 mm and seams which reach a thickness of up to 100 μm .
- D. Microstylolites were found inside chert nodules.
- E. Microstylolites were found inside pebbles of Turonian conglomerates, which are located in the middle of a stylolitic unit, and the lithology of its pebbles is very similar to that of the underlying Turonian limestone (Kafri & Sandler, 1992).
- F. Both the macro and microstylolites are enriched with Fe-oxide framboids (former pyrite) of biogenic origin; this points to the existence of organic matter in the original sediments.

Several stages of the stylolite development based on the above observations are inferred:

1. Development of microstylolites from patches of clay or pellet clay coatings.
2. Formation of microstylolite sets.
3. Merging of adjacent microstylolites and the development of macrostylolites.

These observations indicate that stylolitization started very early after sedimentation. This conclusion is inconsistent with a pressure dissolution mechanism of stylolite formation, and requires an alternative mechanism. It is suggested that the possible driving force for the stylolitization is the decay of organic matter, which resulted in the release of CO_2 , leading to carbonate dissolution.

ROCK PHYSICS: A BASIS FOR ADVANCED INTERPRETATION
OF GEOPHYSICAL DATA

B. Gurevich

The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

Recent increase in the use of seismic methods for reservoir characterization demands an in-depth understanding of the relationships between rock/fluid properties and seismic waves. Rock physics is the field that studies such relationships. For reservoir rocks with interconnected pore space, the link between rock properties and seismic characteristics is based on the Biot theory of poroelasticity. The Biot theory predicts that one S wave and two P waves (one a normal P wave and the other a type II or slow compressional wave) may exist within a poroelastic rock. In 1980 the Biot slow wave was observed experimentally. Recent forward modeling based on the Biot theory has yielded excellent agreement with experimental results. However, experiments at low (seismic) frequencies have shown that the Biot theory cannot explain some of the observations, the most notable being the magnitude and frequency dependence of seismic attenuation. To fill this gap, a concept of the local flow or squirt was developed. This concept assumes that seismic attenuation at low frequencies is caused by the wave-induced flow of the pore fluid within an ellipsoid pore or between pores of different shapes. Use of the local flow model requires a knowledge of pore shape distribution. We show another approach which explains some of the outstanding phenomena by taking into account macroscopic reservoir heterogeneity within the framework of the classic Biot theory.

Metamorphic conditions of Roded Migmatite formation, Mt. Shelomo, Elat

Gutkin, V. and Eyal, Y.

Department of Geology, Ben-Gurion University of the Negev, 84105 Beer-Sheva

The Roded Migmatites are exposed in the Mt. Shelomo block, located between the Yotam and Shelomo grabens, and Nahal Netafim and the Elat - Ma'ale Ein-Netafim road. This area, mapped to the scale 1:10,000, includes the following rock units, from older to younger: Roded Amphibolite, Roded Migmatites, Roded Quartz-Dioritic Gneiss, Schistose-Dikes, Roded Quartz-Diorite, Elat Granite, Elat Conglomerate, volcanic rocks (mostly basic), dikes ranging from andesitic-basaltic to quartz-porphyritic (rhyolitic) composition. Most of the rhyolitic dikes belong to the youngest phase and form a dike swarm, sometimes covering as much as 90% of the area.

The Roded Migmatites are exposed in an east-west trending belt between outcrops of Roded Quartz-Dioritic Gneiss and Roded Quartz-Diorite. Some xenoliths of the Roded Migmatites were found also outside this belt. Two types of migmatites were determined: **a.** layered migmatites, **b.** folded migmatite. Some xenoliths of the layered migmatite, about 0.5 m in size were found within the folded migmatites, suggesting an older age for the layered migmatites. The layered migmatites are garnet bearing; the folded migmatites are muscovite bearing, suggesting crystallization under relatively low temperature.

Microprobe analysis of coexisting pairs such as garnet-biotite and plagioclase-muscovite, were carried out to calculate the PT-conditions of the Roded Migmatite metamorphism. The pressure, obtained by the plagioclase-muscovite geobarometer (Ghent and Stout, 1981) is 4.7 kb. This value is similar to the pressure suggested for this rock unit by fluid inclusions. The 710°C migmatization temperature calculated by garnet-biotite (Ferry and Spear, 1978) is high enough to allow partial melting. However, a 610°C which is too low for anatexis was obtained by using the model of Kleemann and Reinhardt (1994).

Field and petrographic observations, such as the absence of alkali feldspar and similar plagioclase composition in adjacent leucosome and melanosome, do not support the formation of the migmatites by anatexis. Migmatization by a metamorphic differentiation seems to be a more reliable mechanism, suggesting that the Kleemann and Reinhardt (1994) model is more suitable for the Roded Migmatites than that of Ferry and Spear (1978).

Garnet-Biotite temperature calculations after Kleemann & Reinhardt (1994)

<i>Temperature °C, calculated for pressure of 4 kb</i>	K&R	P&L	F&S	THO	H&S	I&M	BHA
<i>Average for garnet cores:</i>	595	647	702	666	716	654	596
<i>Average for garnet rims:</i>	572	592	594	585	608	563	534

K&R = Kleemann & Reinhardt (1994), P&L = Perchuk & Lavrenteva (1983)
F&S = Ferry & Spear (1978), THO = Thomson (1976, 1984), H&S = Hodges & Spear (1982) I&M = Indares & Martingole (1985) BHA = Bhattacharya et al. (1992)

STRATIGRAPHY AND TECTONICS OF THE LOWER CRETACEOUS IN SOUTHERN ISRAEL: EVIDENCE FROM THICKNESS AND FACIES VARIATIONS

Gvirtzman Z.¹, Garfunkel Z.¹, Gvirtzman G.²

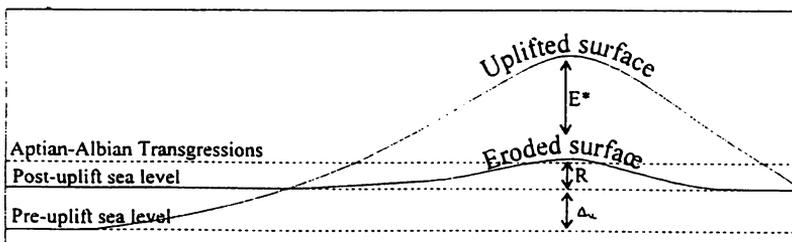
1. Institute of Earth Sciences, Hebrew University, Givat Ram 91904, Jerusalem
2. Department of Geography, Bar Ilan University, Ramat Gan 52900

The Early Cretaceous magmatism in southern Israel was followed by uplifting and erosion. It continued for about 10 My mainly in the central Negev that was uplifted and eroded more than its surroundings. The erosion caught up with uplifting and produced a relief low enough to enable resumption of sedimentation shortly after the end of the magmatism. In this study we examine the post-magmatic section and show that the paleogeography and the tectonics of the region during the Aptian-Albian are directly connected to the previous tectonic activity.

The magmatism was followed by quick subsidence and sedimentation that continued for about 5 My. Then, a non-deposition period took place during which another short pulse of magmatism occurred (the locally known Ramon Basalt). However, this pulse was different: it was mostly volcanic; it was not associated with uplifting; and it was not followed by quick subsidence. The non-deposition continued until the Late Aptian and was also traced in other parts of the Arabian plate, indicating a global regressive period.

Thickness and facies variations within the Lower Cretaceous section, indicate that the most uplifted region, remained above the base level of sedimentation for almost 20 My. Even the Aptian and Albian transgressions that reached deeper parts of the continent (Zuweira and Uza marine tongues) could not cover it.

Using these new stratigraphic data we reevaluate the amplitude of the tectonic movements. The thickness of the eroded section (1000 m) indicate a tectonic uplift of 250-350 m. To this we add the relief that remained after the erosion (R in the enclosed figure), which was at least as high as the later eustatic sea rises that did not cover it (a few tens of m). In addition, the most updated dates of the first magmatic phase (135-122 My) and recently published geologic time scales (Harland et al., 1990; Obradovich, 1993; Gradstein et al., 1994) indicate that uplifting occurred in the Hauterivian-Barremian during a sea level rise (Δ_{sl}) which should also be added to the calculated tectonic uplift (~ 100 m). We therefore conclude that the tectonic uplift due to magmatism was probably about 500 m. The portion that bulged above the rising sea level was lowered by erosion by 250-350 m (E^*), and the remaining relief ($R =$ a few tens of m) remained for almost 20 My.



Mechanical Behavior of Mount Sedom Rock Salt

Heyman Pessah, E., Hatzor, Y.

Department of Geology and Mineralogy, Ben-Gurion University of the Negev,
Beer Sheva 84105

In this research an effort is made to define the mechanical behavior of Mount Sedom rock salt, and to characterize the influence of inclined bedding planes on the elastic response.

The definition of rock strength in rock salt is somewhat ambiguous. Peak stress is never attained, the material always exhibits strain hardening behavior for intact rock under unconfined as well as biaxial stresses. Strain softening was never observed even for anisotropic samples, containing a discontinuity plane with infilling of clay, oriented 50 to 60 degrees with respect to the loading axis. There are two characteristic stages along the typical stress-strain curve for rock salt. The first stage is elastic until yield point. This is a small stage and sometimes is absent. The elastic stage never achieves more than 2% axial strain, and stress difference greater than 10 MPa. The second stage is elasto-plastic behaviour, and is not influenced by confining pressure.

Influence of bedding plane orientation:

The influence of discontinuity planes was tested by samples containing bedding planes at different orientations. The orientation and amount of infilling material controls the behavior of strain as function of change in axial stress. Greater elastic modulus was found for samples prepared parallel to the bedding plane. These samples exhibit average elastic modulus of about 14.5 GPa. This value is about a half of values reported for other salt bodies around the world. The elastic modulus received for samples with inclined bedding planes is influenced by both the rock salt and the infilling material. Poisson's ratio is higher in samples loaded parallel to bedding planes, with values between 0.21 to 0.31. The transition point between compression and dilatation is influenced by the orientation of bedding planes, and the amount of infilling. In general, samples loaded parallel to the bedding planes show less compression before dilatation.

Influence of confining pressure: up to about 4 MPa confining pressure strengthens the salt in the range of elastic strain. Increase of confining pressure above that value does not influence the stress strain law. Elastic modulus and Poisson's ratio increase with increasing confining pressure. The volumetric strain also is influenced by confining pressure. Increase of the confining pressure causes less compression before dilatation. Suggesting that the bulk modulus increases with confining pressure.

Influence of stress history (depth of burial):

Depth of burial was simulated by hydrostatic compression of samples retrieved from the same depth. It was found that the influence of pre-hydrostatic compression is analogous to the influence of confining pressure.

THE BAR GIORA BROAD BAND OBSERVATIONS
OF LOCAL AND TELESEISMIC EARTHQUAKES

A. Hofstetter

The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

The broad band (BB) station at Bar Giora (BGIO) was installed in May 1994. Since then, BGIO has observed many local and teleseismic earthquakes.

A fundamental parameter in any seismological study is earthquake magnitude. A set of 342 teleseisms observed during the period May 6, 1994 to May 31, 1995 was used to determine the body wave magnitude, m_b , surface wave magnitude, M_S , and to calibrate the magnitudes measured by BGIO relative to those of the U.S. National Earthquake Information Center.

The BB stations, either alone or in ensemble, can serve as a powerful tool in the study of the source mechanism of local earthquakes. Several local earthquakes along the Dead Sea rift are used to illustrate this technique using BGIO data.

THE PRINCIPAL STAGES OF SUBSIDENCE ALONG THE DEAD SEA RIFT

A. Horowitz, Palynological Laboratory, Inst. of Archaeology, Tel Aviv University, Ramat Aviv 69978, Israel

Palynostratigraphic studies of 13 deep boreholes from the Dead Sea Rift and one from the Mediterranean offshore resulted in detailed palynozonation for the late Cenozoic of Israel, dated by correlation with foram zones for the Mediterranean Neogene and the oceanic oxygen isotope stages for the Quaternary, and supported by radiometric dates of several points along the sequence.

Analysis of rates of accumulation of the various palynozones in different sub-basins of the Rift indicates that subsidence had occurred in a style of rather limited-sized troughs, for each period in a different locality. Since the palynozones overlying the thick ones are of standard thicknesses, even if the thicker ones only represent steep dips, these still indicate subsidence, at some time during the stage. Since the conclusions are based on comparative thicknesses encountered in the boreholes, no correction was made for compaction.

Average accumulations, indicating only mild subsidences, are recorded for palynozone Ma in the southern Dead Sea (not penetrated elsewhere); and along the entire Rift for Mb, Pb, and QIII through QVII. Considerable accumulations, caused by trough formation and extended subsidence, are recorded for Mc in Arava 1 and Zemah 1, somewhat less in Sedom Deep 1; for Pa in Ami'az 1, Sedom Deep 1 and Zemah 1; and for the entire Quaternary (when taken as a single unit) in most boreholes except for Arava 1.

Detailed analysis of the Quaternary palynozones indicates considerable thicknesses for QIb and QII in the southern Dead Sea; QIc in the central Jordan Valley; QVIII in the southern Dead Sea and especially in the Hula; and QIX-QX in both the southern (but not in Arava 1) and the northern Dead Sea. Somewhat greater accumulations are shown for QIV and QVI in the Hula and for QIa, QIc and QV along the Dead Sea, and especially for QIc in the central Jordan Valley, indicating slightly accelerated subsidence for these sub-basins.

**The direction and amount of vertical movements of the
two main young tectonic phases in Lower Galilee, Israel**

Uri Kafri

Geological Survey of Israel, Jerusalem

Young, Neogene to Quaternary, continental conglomerates in Lower Galilee of the Hordos and Beit Nir formations represent a paleodrainage system which predated the Cover Basalt and the Rift Valley base level. They were deposited on a wide peneplain following the "Syrian Arc" arching phase and were later on displaced by the later tectonic movements responsible for the formation of the Rift Valley. The study of the structural configuration of the conglomerates following the peneplanisation phase and their present one reveals the direction and amount of vertical movements of each of both phases namely, the earlier "Syrian Arc" arching and the later Rift Valley formation.

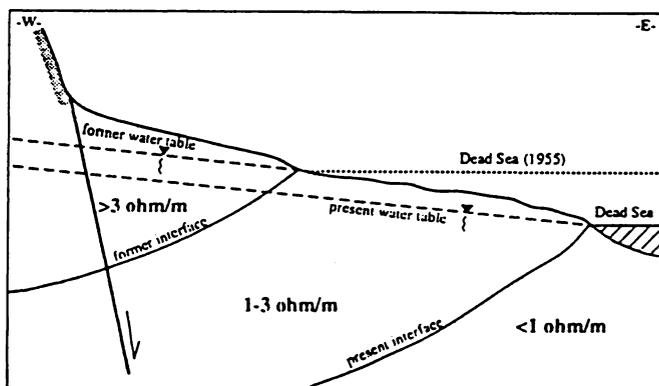
Direction of movements for both phases is uplift in Central Galilee and subsidence in the Coastal Plain. The western foothills region inbetween is typical of reversals, namely, subsidence in the older phase and uplift in the younger one.

Groundwater bodies of different salinities as detected by TDEM soundings in the northwestern shore of the Dead Sea: a tool in understanding radon fluctuations.

U. Kafri¹, B. Lang¹, M. Goldman²

- 1- Geological Survey of Israel, Jerusalem.
2- Institute of Petroleum Research and Geophysics, Holon.

Time Domain Electromagnetic (TDEM) measurements were performed in the framework of the Israel Geophysical Radon Project in order to understand the configuration of the different fresh and saline groundwater horizons and their influence on the radon flux as recorded on the surface in the area. Due to the high solubility of Rn in water, the latter can act either as a carrier or as a barrier to the Rn flux, therefore it is important to understand the hydrological regime of the study area. The soundings were carried out along W-E traverses from the fault scarp to the Dead Sea shore. Previous TDEM studies showed that resistivities between 1 to 3 ohm-m represent salinities of normal sea water, resistivities below 1 ohm-m represent concentrated or partially diluted brines and resistivities above 3 ohm-m are typical of fresh to brackish waters or to unsaturated different rock formations. In the study area groundwater flows generally from W to E towards the Dead Sea base level and the water table controls the configuration and depth of the fresh/saline interface underneath. The present elevation of the sea (ca -408 m) was 18 m higher (ca -392 m) only 40 years ago. Thus at that time, one can assume a higher water table and a respectively higher fresh/saline water interface. As expected and schematically shown below, the TDEM traverses show very low resistivities (brines) as we go deeper and eastward, high resistivities (fresh to brackish) in the shallower part and deeper as we go west. Intermediate resistivities (diluted or flushed brines) appear in-between. This particular zone seems to represent a sequence situated only a short time ago below the former interface and not yet completely flushed. Radon measurements are conducted at the TDEM measuring sites and monitoring is in progress. The results indicate a decrease of the Rn flux values from W to E.



P-T PATH AND PRELIMINARY DATING OF THE PRECAMBRIAN BASEMENT, S-E PART OF THE RODED BLOCK, ELAT AREA, ISRAEL.

Katz O.,^{1,2} Avigad D.,¹ Matthews A.,¹ Heimann A.²

¹Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem 91904.

²Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Yisrael Street, Jerusalem 95501.

The Roded block (Elat area, southern Israel) is one of the northernmost exposures of the Arabo - Nubian basement. The metamorphic rocks of the southern Roded block mainly comprise amphibolites and a layered sequence of partially migmatized schists and gneisses containing biotite, plagioclase and quartz with garnet and/or cordierite (altered to pinite) porphyroblasts. Aluminum-silicates are notably absent in the migmatites, schists and gneisses which is ascribed to a relatively low aluminum content of the rocks and to the low metamorphic pressure (below). The metamorphic sequence is cut by several generations of amphibolite metamorphosed schist dikes, and is intruded to the north by a quartz-dioritic pluton.

The pressure-temperature conditions of the Roded block metamorphic rocks are in the upper amphibolite facies. Maximum temperatures deduced from the chemistries of mineral cores in the amphibolites, cordierite-migmatites and garnet-migmatites are 720°C, 670°C and 630°C, respectively, as determined by thermometry based on Mg/Fe exchange between garnet and biotite and Na and Ca exchange between amphibole and plagioclase. Temperatures deduced from mineral rims are systematically lower than those determined from the cores, and represent either a younger metamorphic event in the lower amphibolite - greenschist facies, or retrograde ionic re-equilibration during the cooling and uplift of the complex. The pressure conditions reached by the metamorphic rocks were less than 5 kbar (corresponding to 12-15 km depth), as suggested by the peak metamorphic assemblage of the migmatites (biotite+garnet+cordierite) and the corresponding absence of sillimanite-biotite bearing paragenesis. Field and textural relations indicate that localized melting occurred in the migmatitic rocks. Thus, it appears that the prograde path of the Roded block migmatites crossed the biotite + staurolite = cordierite + garnet reaction, and, at the highest temperature of the metamorphism, crossed the water-saturated granitic and tonalitic melting curves.

Preliminary K-Ar dating on amphiboles from one amphibolite sample and biotites from one migmatite sample gave ages of 730±12 Ma and ~700 Ma, respectively, suggesting that the major metamorphic phase in Roded block took place at about 700 Ma. Biotites from two other samples of migmatite gave unreasonably young ages (ca 535, 435 Ma) which are interpreted to be a consequence of chloritization resulting from young hydrothermal event.

Aluminum in hornblende barometry and amphibole - plagioclase thermometry indicated that the pressure-temperature conditions of the quartz dioritic pluton are 2-3 kbar (corresponding to 5-9 km depth) and 700°C. U-Pb dating on zircons from one sample of the quartz diorite yielded a crystallization age of 634±2 Ma (kindly performed by Stern & Manton, U.T.D). The slightly deformed quartz dioritic pluton marks the end of the major metamorphic phase in the Roded block.

The metamorphic schist dikes comprise a variety of amphibole mineral chemistries: hornblende, actinolite-hornblende and actinolite. Amphibole - plagioclase thermometry indicates 650°C in the hornblende grains, and lower temperatures of 5-40°C in the actinolites. The hornblende temperatures are similar to the peak temperatures in the metamorphic country rock, and thus it is possible that the schist dikes and the country rock are co-metamorphic. Alternatively, the hornblende could be of magmatic origin. The lower temperatures given by the actinolites in the schist dikes mark a retrograde stage of the P-T path of the Roded block.

The Roded block probably represents metamorphism and plutonism in an environment of accreting island arcs and continental collision. It appears that the peak metamorphic conditions of the Roded block were higher than those of the Elat block, and possibly attained earlier in the Precambrian history.

The Origin and Alpine Metamorphism of Dismembered Ophiolites in the Cycladic Massif

Katzir, Y., Avigad, D., Garfunkel, Z., Matthews, A.

Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem 91904

The variance in field-relations, metamorphic grade and tectonic position of ophiolites makes the Cycladic Massif an ideal terrane to study 'Alpine type peridotites': How does this diversity reflect differences in origin and/or mode of emplacement?

Rocks of ophiolitic origin embedded within the Cycladic blueschist Unit include abundant basic volcanics that show heterogeneous geochemical affinities (MORB, IAT and alkali-basalts) and exotic coarse grained basic to ultrabasic bodies. In the NW cyclades blocks of meta-gabbro, eclogite, glaucophanite and jadeite rock are enclosed in a matrix of serpentinite and form part of a thick (2-3km) succession of pelitic, psammitic and calcareous schists. Relict sedimentary textures suggest that this association originated as ophiolitic olistoliths within proximal clastic-carbonate turbidites (Mukhin, 1995), possibly in an oceanic trench.

In the meta-basites of the NW Cyclades the Eocene high P/T mineralogy is well preserved despite the occurrence of the later greenschist overprint, whereas in the ophiolitic rocks of Naxos it was commonly erased by Oligocene-Miocene high temperature assemblages. Naxos consists of a structural and thermal dome, the core of which is formed by migmatite leucogneiss, primarily continental Hercynian basement. Wrapped around this gneiss dome is a meta-sedimentary cover dominated by siliciclastic micaschists at its lower part, and by emery-bearing marbles at its upper part. The degree of metamorphism increases through a series of isograds towards the central gneiss dome. The main horizon of discontinuous ultramafic lenses occurs immediately above the core-cover contact in the sillimanite zone. Some other ophiolitic bodies occur adjacent to the clastic-carbonate transition in the kyanite zone. Thus, they were interpreted as remnants of serpentinite sheets emplaced along pre-metamorphic thrust-faults. The origin of the continental basement (and platform) - ultrabasic association on Naxos is most intriguing. Attributing the high P/T metamorphism to collision of two micro-continents, this association represents intermingling of subducted continental rocks either with oceanic mantle of the same plate, or with the sub-continental lithosphere of the overthrust plate. A more far-fetched scenario is pre-orogenic emplacement of mantle rocks at a continental rift axis. Relict serpentinitic textures overgrown by anthophyllite-talc assemblage ($\geq 650^\circ\text{C}$) within ultrabasics of the kyanite zone indicate that these rocks are prograde serpentinites rather than retrograde peridotites, thus favouring relatively shallow mantle origin for them.

Mapping of Soil and Rock Structure Using Method GPR

Kofman, L.

Cnaan — Engineering Services Ltd., 55 Liberia St., 34980 Haifa

From the early seventies, much experience had accumulated in the use of the Ground Penetrating Radar (GPR) for mapping of soil structures. The GPR method is a technique which involves sending an electromagnetic wave into the ground and receiving reflections from discontinuous surfaces. It is known that the GPR is very sensitive to differences in properties of neighbouring soil layers, especially to small changes (even a few percentages) in the moisture content. The equipment we used is SIR-10A Radar System, equipped with 100, 300, 500 MHz antennas. The information is displayed as a time (depth)/distance cross-section, which is very similar to the geological one.

A few results are demonstrated, obtained with different antennas in sand-dunes regions and in hilly carbonate rocks ones. From the printer plots (radargrams) of the sandy region near the sea coast of Ashdod various sand layers can be seen, in which there are little differences in moisture content inside an unsaturated interval. In this case the ground water-level can be clearly observed, fact that makes radar technology recommended for ground water investigation in extensive territories.

GPR survey carried out in Nizana dunes. At 17 m depth interval there were 11 surface reflections. Most of reflecting boundaries are due to various moisture contents (granulometry changes). Some of them are more prominent (markers horizons) and show boundaries of lithologically different soils (sand, silt, gravel — according to drillhole).

A considerable portion of our GPR surveys were carried out on rocky soil. In radargrams from many sites, different layers are frequently seen in the rock. From experience we know that most of the strong reflections are the clay layers in the limestone. As the natural moisture content of clay is higher than that in the rock, the amplitude of reflections from contact clay/rock is highest. This boundaries can be clearly seen on the other layers' background (sand, chalk, etc.) in the limestone. GPR surveys from soil surface over the rock, enables measuring changes in thickness of loose sediments.

Use of GPR enables completion of the geological picture and a more correct evaluation of the soil (rock) structure between only a few separated boreholes.

Use of Georadar for Detection of Underground Structural Irregularities

Kofman, L.

Cnaan — Engineering Services Ltd., 55 Liberia St., 34980 Haifa

Detecting and mapping of structural irregularities in the cross-section (voids, fracture zones, clay pockets, etc.) are most important for engineering geology. It was proven that boreholes (no matter how many) will not solve the problem, as they give only pointed information. The use of the Ground Penetrating Radar (GPR) has greatly increased lately for detection and mapping voids and other discontinuities. Continuous information, given by the radar technology, enables to create a picture of the fracture zones of the area planned for building or for road construction.

Thanks to phenomenon of the electromagnetic waves diffractions, sections of cracked and hollow rock or clay pockets can be observed on the coloured screen and on the printer's output (radargram). In cases, where wavelength of the antennas and the size of the voids are of the same magnitude, the voids can be distinctly registered as reverberations pictures.

Frequently and, in particular, in hilly regions (Jerusalem, Haifa, Carmiel, Nazareth, etc.) more exact results are received with a 300 MHz antenna (wavelength in air -1m). This antenna supplies information from average penetration depths (1—10 m) with high resolution. The 100 MHz antennas, with standard transmitter or with very high powered one, were used for detection of deeper voids in rock, even under clay layers. Generally, sections of radargram with strong attenuation of reflection amplitudes, point to the presence of wet clay pockets. Use of the field printer enables partial marking of anomalous zones in real time.

Some results obtained with different antennas in various parts of Israel are demonstrated. Raw data processing by means advanced software techniques enhances the vertical and horizontal resolution of the results obtained. For example, technique such as Hilbert Transform, alters void image from wave reverberation form to a natural void image.

In some multistory building sites the foundation plans were changed due to the results obtained by GPR survey (for example: using piles instead of concrete slabs). A GPR survey in the preliminary stage of the project will enable a correct choice of the foundation method and minimizing the risk of deformation after construction.

Evidences for 4-th and 7-th Century AD Earthquakes, Avdat Ruins (Israel): Seismic and Historical Implications

Korzenkov A. M.¹, Fabian P.² and Becker, A.³

¹ Seismological Institute, NAS, Asanbay, Bishkek, Kyrghyz Republic

² Israel Antiquities Authority, Omer, Israel

³ Ramon Science Center, Ben-Gurion University of the Negev, POB 194, Mizpe Ramon 80600, Israel

The ancient town of Avdat, situated in the central Negev, was inhabited from the Late Hellenistic period until the Late Byzantine period. Archeological evidence reveals that the city was deserted at the 4-th and 7-th centuries, events that were explained by climatic changes or political unrest. The present contribution deals with earthquakes as a most plausible reason for the desertation. The following observations indicate seismic devastation in contrast to failure of foundations or man made destruction: (a) the constructions are built of massive limestone blocks (0.5-1.5 m long); (b) buildings are situated on bedrocks; (c) arches and roofslabs *collapsed straight on the* floors; (d) walls and pilasters were shifted and rotated with strong preferential direction; (e) lintels were thrown a few meters in the direction of the wall incidence; (f) doorposts were rotated, crushed and fractured; (g) joints cut throw adjacent blocks overcoming the stress shadows induced by free surfaces between building stone.

The following features of deformations were applied to determine the direction to an ancient earthquake epicenter:

1. Wall inclinations or incidence. It is known, that walls, facing the epicenter, fall in its direction, whereas walls trending parallel to the direction to an epicenter, fall in both directions due to loss of support of the adjacent walls. The walls of stone building complex in Avdat trend NE and SE. Majority of the SE-trending walls fell down or were inclined to the south, whereas the NE-trending walls demonstrated a symmetrical pattern of the collapse. The similar pattern of fence downfall has been observed in the agriculture fields at the western foothills of the Avdat mountain. 2. Rotation of blocks situated in the mid portion of walls. An assumed principle is that blocks are rotated accordingly to the shear stresses affected buildings. Thus, the rotated blocks situated on perpendicularly oriented walls should have an opposite sense of rotation, if the seismic shock came from the direction close to the bisector of the two walls. At Avdat, the majority of the rotated blocks has been observed on the NE-trending walls with counterclockwise sense of rotation. One clockwise-rotated block has been found in the SE-trending wall.

The distribution and orientation of the deformation features in the Avdat settlement indicate that the shock caused the deformations came from SSW. Thus, the epicenter of the earthquake was located in the central Negev, possibly at the Nafha Fault. The Avdat evidence indicates that the seismic hazard in the Negev area is essential and should be considered in building constructions. Buildings like the one studied in Avdat exist all over the Negev and the Near East, providing a promising field of archaeoseismology.

Active thrust morphotectonics in the Tien-Shan - initial field observations

A. Korzhenkov¹, D. Bowman²

¹ Institute of Seismology, NAS KR, Asanbai 52/1, Bishkek
720060, Kyrgyzstan, C.I. S.

² Department of Geography and Environmental Development,
Ben-Gurion University of the Negev, p.o.box 653, Beer Sheva,
84105, Israel.

The Kyrgyz Tien Shan is the longest and highest northern Himalayan mountain belt, located within the major plate boundary between India and Eurasia. Field evidence was gathered in the Suusamyр valley, supplemented by study of air photos and by geodetic leveling across fault traces.

Shortening is consumed here in developing folds in form of linear, elongate, remarkably aligned and partly breached arrays of pressure ridges, formed either as fault-bend folds or as fault propagation folds. The imprint on the drainage network is by channel diversions and formation of poorly drained areas controlled by shutter ridges. During the initial period of slow uplift the channels must have maintained their courses through the ridges. However, an increase in uplift rate (5-10 mm/y) beyond incision capability (1-6mm/y) surpassed a threshold and caused the beheading of valleys and their transformation into wind gaps. In some cases neither scarps nor other relief elements are visible as causing the drainage diversions. This indicates initial minor uplifts, i.e., recent neotectonics for which the drainage system is the best sensor.

The August, 19, 1992 $M_s = 7.3$ Suusamyр earthquake caused a major rupture in the recent active floodplain of the Suusamyр river. The compressive behavior of this blind thrust is shown in its 2.7 m high hanging wall side which forms a topographical flexure, comprising a "fold limb scarp" with extensional cracks, but without any rupture plan exposed.

A ridge-top depression ("Sackung"), surrounded by arcuate cracks, was also formed by the 1993 rupture, probably as a collapse structure where the local extensional stress exceeded the regional compression. A sequence of saddles, probably of tectonic origin, forming antisllope scarps, were observed near by.

Arava Valley Travertines and Pleistocene Paleoclimates

J. Kronfeld¹, A. Livnat¹, B. Spiro², M. Weinstein-Evron³¹ Department of Geophysics and Planetary Sciences, Tel Aviv University² NERC Isotope Geosciences Laboratory, Keyworth, U.K.³ Zinman Institute of Archaeology, University of Haifa

The final results of a long term investigation of the Arava Travertines that has been ongoing for the past decade are now presented. All the known travertine and lacustrine limestone deposits as well as many additional hitherto unreported travertine occurrences have been collected and analyzed to reveal the paleoclimatic information that they contain. All of the travertines have been dated by the $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ method. Chemical analyses, petrographic study and the isotopic analyses of carbon and oxygen have been performed for most of the samples. Pollen analysis has been carried out on selected well dated samples.

The travertine were formed as a result of an increase (relative to the present) in precipitation over the surrounding area. Coevally there existed temporal freshwater lakes in the Arava Valley whose remains are recorded as lacustrine limestone. All of the ages fall within distinct clusters, with gaps (indicative of non-formation during periods of less humid conditions) between the clusters, from late Pleistocene, 16,000 to over 320,000 y.r. B.P. No appreciable travertine formation is currently taking place. The difference in the ^{13}C and ^{18}O composition exhibited among the different travertines can be readily explained by paleoproductivity and evaporative processes.

Determination of the active layer in desert streams by fluvio-pedogenic indicators - Southern Arava Valley

Judith Lekach¹, Rivka Amit², Tamir Grodek¹, and Asher P. Schick¹

¹Department of Geography, The Hebrew University, Jerusalem

²The Geological Survey of Israel, Jerusalem

A detailed stratigraphic survey conducted in the alluvial fill of the channel of Nahal Yael indicates an existence of a continuous, compacted, red-colored (5YR6/2) unit at an average depth of 50 cm beneath the surficial grey (10YR6/2) non-cohesive alluvium. Cementation by calcium carbonate, either micritic, partly filling the interstitial voids, or calcic cutans enveloping the grains, cause the compaction. Reddening is due to small amounts of iron oxide coatings. The transition between the 'grey' and the 'red' alluvium is abrupt. The compaction and the reddening diminish gradually downward, forming a diffuse lower boundary. At depth of 30-40 cm from the top of the 'red' unit the alluvium becomes gray as on the channel surface. Similar units were found in other channel beds in the region (Roded, Shehoret, Zin), but at various depths from the surface.

The formation of the 'red' unit is tied to the cumulative influence of persistent differences in water availability to various parts of the channel before and during flood events. It represents the lower limit of scour and fill processes operating in the channel during the contemporary flow regime.

Analysis of Slope Stability by back calculation of slope failure in an open pit Phosphate mine in Arad area

Levin, M., Hatzor, Y.

Department of Geology and Mineralogy, Ben-Gurion University of the Negev, 84105 Beer-Sheva

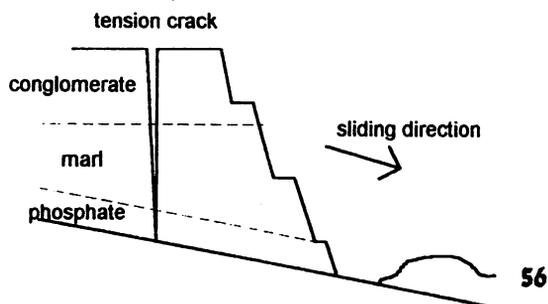
A rock slope failure that took place during August 1994 in an open pit phosphate mine in Arad area, was analyzed by back calculation in order to estimate the slope stability along the south-eastern slopes of the Efeia anticline. The failure consists of a large mass of rock, 40 m, height and 30 m, width. The stratigraphic sequence is comprised of brittle and limy phosphates of the Mishash formation, kaolin marl of the A'reb formation, and boulders and gravels conglomerate with silty sand, where the lower part is natural alluvium and the upper is an excess material from earlier mining. A mechanical model was drawn from a geological map based on measurements of the slope gradient, failure plane, fractures and boundaries between geological units, using Brunton compass and EDM (total station). The mechanical model suggested, a block sliding along a bedding plain. The sliding plane inclination is between 17-21° at azimuth 135°.

In order to verify the model, the following mechanical tests were performed:

- 1) Residual friction angle for various bedding planes using tilt test. An average value of 27° was obtained.
- 2) A clay lamina interbedded between phosphatic limestone and chart layers was tested in C-D direct shear. Values of 19.2° were received for friction angle and 589 kPa for cohesion.
- 3) Samples of phosphate rock were tested in triaxial compression. Values of 40-41° were received for friction angle and 2.5-6.4 MPa for cohesion.

These results confirm the working hypothesis that sliding is induced by shear along the clay lamina, once the block is separated from the rock mass by the tension crack.

Two interesting phenomena which were discovered suggest a challenge for further investigation: one is the propagation of tension crack and its relation to tectonic fractures, and second is the role of cohesion in the mobilized Shear Strength.



On-Site Phase Geochemical Techniques for Mineral Exploration and Hydrocarbon Prospecting: Two Case Histories from Southern Israel

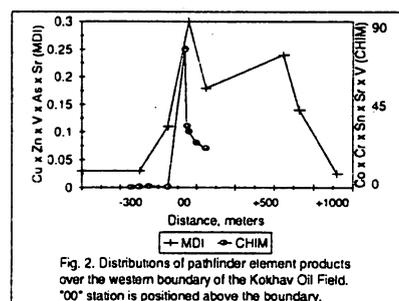
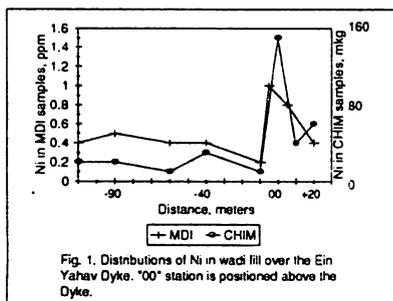
Levitski, A.,¹ Filanovski, B.,¹ Bourenko, T.,¹ Kremen, R.,¹
Tannenbaum, E.,² Bar-Am, G.²

¹ ExploTech Ltd., P. O. Box 3, Ariel 44837

² Kimron Oil & Minerals Ltd., 21 Yona Hanavi St., Tel Aviv 63302

Two on-site phase geochemical techniques - method of diffusion extraction (MDI) and "dipole" version of the CHIM method - were tested at the Ein Yahav site in the Negev area, and at the Kokhav Oil Field near Ashqelon. Both MDI and Dipole CHIM are based on selective extraction of mobile forms of pathfinder elements from surface soils/rocks. The tests were performed with a view to verify feasibility of said techniques in prospecting for deeply seated hydrocarbon accumulations, and in exploration for mineralizations covered by transported overburden.

At the Ein Yahav site, a test profile crossed an ultra-basic dyke covered by fresh wadi sediments several meters thick. The dyke projection on the surface was marked by anomalous concentrations of Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, V, Cr, Mn, Co, Sr, Al, Au, As, Sn and B in MDI samples, and by high readings in Al, Fe, Mn, Ni, Ti, Zn, Cu and Pb by the Dipole CHIM. A comparison of MDI and CHIM data for Ni is given in Fig. 1.



At the Kokhav site, where oil producing formations are found at a depth of about 1500 m, an E-W MDI profile crossed both transition zones of the oil field, showing a "rabbit ears" anomaly in Cu, Zn, V, As and Sr. The CHIM sampling was performed over the western boundary of the Kokhav Field, which yielded anomalous readings in Co, Cr, Sn, Pb, Sr, V and Zn (Fig. 2).

An analysis of the MDI and the CHIM data derived from the above tests, allows for the following conclusions.

- Both investigated methods have enabled the detection of mineralization covered by freshly transported overburden, and of the boundaries of an oil field.
- The MDI anomalies are wider than the CHIM ones and could be identified by fast and relatively inexpensive low-density sampling.
- The CHIM anomalies are of higher contrast than those produced by the MDI, and more accurately pinpoint the target's projection on the surface.
- In both mineral exploration and hydrocarbon prospecting, successive use of the MDI and the Dipole CHIM could be suggested prior to drilling or mining.

OCTOPODS - NUDE AMMONOIDS THAT SURVIVED THE K/T BOUNDARY ECOLOGICAL CRISIS

Lewy, Z.

Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Yisrael St., Jerusalem, 95501.

Most ammonoid conchs increase dimensions in a pattern constant for each morphotype toward the final growth stage, which is recognized by ornament weakening and crowding of the last few septa. Other ammonoids change mode of coiling, inflate their last body chamber, constrict the terminal aperture or develop apertural processes. These latter modifications were assumed to represent maturity during which time the ammonoid probably lived a few years in its prime living stage. However, most of these modified conchs of the live ammonoid floated with an upward facing aperture, restricting lateral movement, mating and predation. The constricted aperture prevented the female from extracting the tentacles to attach eggs onto substrates as most extant cephalopods do. The fatal consequences of these modifications suggest that they had a crucial role in the ammonoid life cycle close before its death. The apertural processes in microconchs (assumed males) may have improved copulation, after which the males died. The terminal body chamber of macroconchs (females) was modified into a boat-like floating egg-case, in which the female laid eggs and thereafter died in it. Thus breeding was performed in the drifting egg-cases in the open ocean, increasing ammonoid dispersal. The few recorded fossil ammonoid eggs are of tiny spheres, 0.5-0.8 mm in diameter, like that of ammonoid protoconchs. These yolk-poor eggs differ from eggs of most extant cephalopods, which contain excess yolk for the young until they can prey by themselves. The corpse of the ammonoid female lay in the egg-case when the unequipped young hatched, and thus may have nourished them. The conchless female octopod Argonauta lays tiny spherical eggs within a specially secreted calcitic egg-case in which she dies. This breeding strategy is unique to argonautids and a group of ammonoids suggesting a common phylogenetic origin. Thus argonautids are regarded ammonoids that lost their conch in Jurassic or Cretaceous times. As nude ammonoids that breed in floating egg-cases they used to occupy empty ammonites before breeding, acquiring the ability to modify conchs by secreting calcite from the expanded tips of two tentacles. Lacking an exoskeleton, they survived the K/T boundary ecological crisis like the genuine coleoids. The following disappearance of floating ammonoid conchs from the Cenozoic seas forced them to secrete a complete egg-case for breeding. The other (non-argonautid) octopods originated from ammonoids, which did not modify the terminal body chamber, and which laid yolk-rich eggs onto substrates like these extant octopods, evolving by losing the conch in Jurassic times (oldest octopod known from the Callovian).

PETROLEUM ZONATION OF THE SOUTHERN COASTAL PLAIN, ISRAEL
(PRELIMINARY ANALYSIS)

Y. Livshits
29/2 Shimoni Street, Tel-Aviv

The Coastal Plain of Israel is situated on the boundary of the eastern Mediterranean basin and the Sinai subplate. The separate historical-structural marginal fault belt unit, with its particular morphology and geological history, is postulated and traced in a submeridional direction along the boundary of the basin and subplate. The marginal fault belt can be divided into five subparallel zones: the western fault zone, the western horst-anticline, the central fault zone, the eastern horst-anticline and the eastern fault zone. The most uplifted part of the marginal fault belt is the Western horst-anticline which is complicated by a series of en echelon anticlines. The Helez horst (with the Helez-Brur-Kokhav oil field) is situated at the western flank of the horst-anticline.

The eastern Mediterranean basin lies mainly offshore. In the study area it is represented by its eastern slope only with two submeridional blocks: the western downfaulted Shiqma block and the eastern uplifted Ashdod block (with the Ashdod oil field).

The differences in the geological development of the eastern Mediterranean basin, the marginal fault belt and the Sinai subplate may be noted during all the main stages of the geological history, since the formation of the Riphean molasse basin (Zenifirm Formation). The marginal fault belt was the most mobile zone during almost all of the platform history.

Based on principles of new tectonic zonation and the reconstruction of geological history in the context of the main elements of the petroleum system, two petroleum provinces are distinguished: (a) the eastern Mediterranean and (b) the northern Arabian. The boundary of the provinces coincides with the eastern boundary of the marginal fault belt. Within the eastern Mediterranean petroleum province, several petroleum subprovinces may be picked out: sea, beach (eastern Mediterranean basin) and marginal (marginal fault belt) and some petroleum regions: Ashdod, Shiqma (beach subprovince), Helez and Telamim (marginal subprovince).

Taking into account that the Helez-Brur-Kokhav and Ashdod oil fields are situated in different petroleum provinces, it is possible to reduce the risk and concentrate exploration in the most attractive areas first. The way to discovering new oil fields in the Coastal Plain of Israel and the adjacent shelf lies in comprehensive petroleum zonation based on detailed tectonic zonation in the context of basin evolution and the main elements of the petroleum system. Only in this way can risk be reduced and a correct exploration strategy and exploration priorities program be developed for the Coastal Plain and shelf zones.

OIL IN ISRAEL IS NOT A MIRAGE!

Influence of soils on the Avdat Aquifer salinization (Southern Shfela Israel).

Livshitz, Ya.

Institute for Desert Research, Ben-Gurion University of the Negev, Beer Sheva 84105

The main source of groundwater salinity of Avdat Aquifer {fractured Eocene chalks} is the ancient residual water from the chalk's porous. This water lead to the high salt concentration (up to 5000 mg/l of chloride) and Mg-Cl water type (water from marine source - rNa/rCl ratio near 0.85, $Q=rCa/[rSO_4+rHCO_3]$ near 0.3, $[rCl-rNa]/rMg < 1$ and rBr/rCl near $1.5 \cdot 10^{-3}$).

Comparison of soil type and groundwater chemical composition (data from 23 wells collected during 1994-1995) indicates, that the soil type influence on the groundwater chemical composition.

There are three main soil types in the region: 1) brown lithosol and brown rendzina on slopes; 2) grumusolic soils; 3) loessial light-brown soils and loess.

The minimal groundwater salinity (150-600 mg/l of chloride) was observed in the eastern, elevated part of the area. In this area the Avdat Group chalk is outcropped or overlaid by brown lithosol and brown rendzina. Westward, the groundwater salinity increases up to 5000 mg/l of chloride in the loess area. Groundwater salinity in the grumusolic soils area ranges from 1000 to 1500 mg/l of chloride.

The development of groundwater salinization can be explained as follows:

1. Fresh rain water and flood (10-20 and 80-120 mg/l of chloride accordingly) percolate, mostly through fractures, and enrich the Avdat Aquifer groundwater in the eastern, elevated part of the region.
2. Flowing westward, the groundwater is enriched by salts by leaching of the chalk porous media. Groundwater in the chalk outcrop and brown lithosol or brown rendzina area is mixed with fresh rain water.
3. In the loessial soil and loess area the groundwater salinity increases sharply because of lower permeability of loess. In the losses area only 2% of rain arrives to the groundwater system (Issar et al. 1988).

The same phenomena of groundwater salinity increasing have been detected in the river alluvial fill water in Southern Shfela (data from 8 wells collected during 1994-1995). This water characterized by Na-SO₄ water type (water rNa/rCl ratio > 1 , $[rNa-rCl]/rSO_4 < 1$ and rBr/rCl near $4.5 \cdot 10^{-3}$). The change of Mg-Cl water type of rain and Avdat Aquifer water to Na-SO₄ water type of flood and alluvial fill water can be explained by salt leaching from the soil: sulfate, that was deposit during special climatic conditions in Pleistocene (Issar, et al., 1988), halite as result of evaporation of previous rain (Rosental et. al., 1983), feldspar (Magaritz et. al., 1984), and ion exchange process. Alluvial fill water in the losses area is more saline (up to 2200 mg/l of chloride) than in brown rendzina or brown lithosol area (300 -550 mg/l of chloride).

Therefore, the influence of loess sequence on groundwater salinization occurs by two ways: the loess prevents a rain water percolation to groundwater, and on the other hand leaching of salts from the loess increases the salinity in the underlying groundwater.

High resolution $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ and chemical composition of Lisan Formation aragonites - Inferences for the geochemical history of lake Lisan (Paleo Dead Sea)

M. Machlus, M. Stein, Y. Kolodny and A. Katz
Institute of Earth Sciences, The Hebrew University, Jerusalem

Oxygen and carbon isotope ratios ($\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$) and Sr/Ca, Na/Ca ratios in Lisan Formation aragonites are used to constrain the geochemical history of Lake Lisan, the late Pleistocene precursor of the Dead Sea. Lisan Formation extends from the Sea of Galilee to Hazeva. It is comprised of white aragonitic laminae (up to a few mm in thickness), alternating with dark detrital laminae, and from layers of gypsum and detritus.

We have performed high resolution sampling of Lisan Fm. at Perazim valley (section PZ1, which was dated by U-series to 70- 26 kyr before present). Aragonite laminae were separated and analyzed for oxygen and carbon isotope ratios, and for Ca, Sr and Na concentrations.

The variations in the geochemical parameters with height in the section are illustrated in Fig. 1. It shows that Sr/Ca ratios decrease systematically from value of $8.5 \cdot 10^{-3}$ (eq) at the bottom to $5.0 \cdot 10^{-3}$ at the top of the section. Na/Ca ratios vary between $5 \cdot 10^{-3}$ at the bottom to $9.5 \cdot 10^{-3}$ at the top. $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ values range between 1 to 5‰, and -3 to 4.5‰ respectively. We note that the average $\delta^{18}\text{O}$ values are ~ 1‰ heavier in the upper part of the section compared to the bottom. Superimposed on the general trend, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ show short fluctuations over a few cm in the section (time scale of tens of years). For example, next to detrital layers $\delta^{18}\text{O}$ values show excursions of up to 3‰. There are abundant detrital layers between 8 to 29 m in the section (approximately between 57 to 34 kyr). In this part of the section Sr/Ca ratios show a scattered behavior.

Similar to the Dead Sea, Lake Lisan was characterized by a layered configuration - a more saline lower layer overlain by a more dilute upper layer. The geochemical parameters determined in this study reflect the evolution of these water bodies. The strong fluctuations in $\delta^{18}\text{O}$, and $\delta^{13}\text{C}$ in consequent layers may reflect the development of an upper water body with short residence time, which precipitated the aragonite. The composition of this water body was controlled by the input/output relation and mixing with the lower water body. The history of the lower water body is reflected by the long term behavior of Sr/Ca and probably by the increase in the $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ along the section. Katz et al. (1977) found a similar secular decrease in Sr/Ca ratios in a Lisan Fm. section near Masada. They explained this behavior by a continuous fresh water input to the lake and mixing with the more saline water body.

The excursions in $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ adjacent to the detrital layers probably reflect changes in the balance between input water and evaporation rate. The higher density of detrital layers in the middle part of the PZ1 section, and the strong fluctuations in the chemical parameters may indicate that this time interval was dominated by frequent changes in the lake level.

Katz A., Kolodny, Y. and Nissenbaum A. (1977) *Geochim. Cosmochim. Acta.* 41: 1609-1626

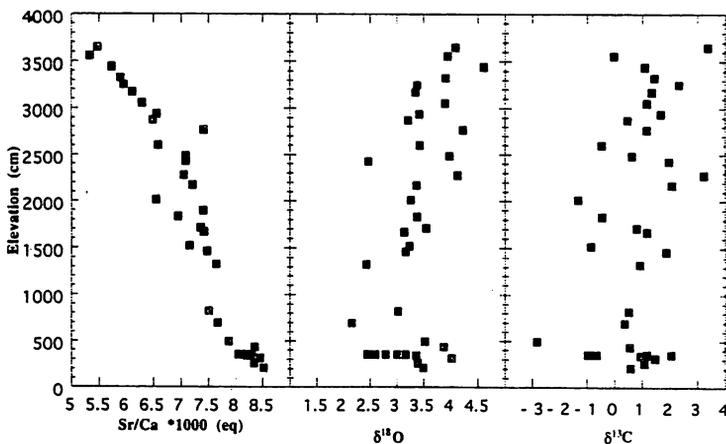


Fig. 1. Sr/Ca, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{13}\text{C}$ in PZ1 section

EVALUATION OF THE IDC CAPABILITIES
FOR MONITORING SEISMIC ACTIVITY IN AND AROUND ISRAEL

A. Malitzky and A. Shapira
The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

In the framework of efforts to reach an agreement to stop nuclear testing, the UN has established a global seismic network to monitor the Comprehensive Test Ban Treaty (CTBT). The current seismic network is based on on-line and off line stations distributed around the world which are analyzed by an International Data Center (IDC) currently located in Washington DC, USA. Based on the reviewed events bulletins of the IDC, the earthquake catalogs of the National Earthquake Information Center (NEIC) of the U.S. Geological Survey and, mainly, the seismological bulletins of the IPRG Seismology Division, we have evaluated the current capabilities of the IDC in monitoring the seismicity in and around Israel. Our main conclusions are:

1. About 94% of the seismic events which occurred during January to November 1995 in the eastern Mediterranean region, and about 96% of the events occurring in the Levant of magnitudes $M > 2.5$, were NOT reported by the IDC.
2. The location errors of the few events which were analyzed by the IDC are in the order of several tens of kilometers, probably unacceptably high for monitoring the CTBT.
3. The IDC mislocation estimations are inconsistent with the observations.

Fault-Zone Waves: a New Tool for Studying Faults

Shmuel Marco^{1,2}, Amotz Agnon¹, Yehuda Ben-Zion³

1. Institute of Earth Sciences, Hebrew University, Jerusalem, Israel.
2. Institute for Petroleum Research and Geophysics, Holon, Israel.
3. Department of Earth and Planetary Sciences, Harvard University, Cambridge, Massachusetts, USA.

Can fault-zones and dikes conduct seismic energy?

Our field experiments show that fault gouges and certain dikes can efficiently conduct seismic energy, particularly in a scale relevant to **environmental studies**. Seismic waves that travel within and in the vicinity of the gouge can be modeled to give information on its dimensions, attenuation of seismic energy, and velocity contrast with surrounding country rocks.

Fault-zone waves (FZW) carry seismic energy traveling within- and refracted along-fault gouges and fault-zone material interfaces. The analytical tool for modeling FZW was developed by Ben-Zion and Aki [*Bull. Seism. Soc. Am.*, 80, 971-994, 1990]. FZW from earthquakes were observed in California and were used to constrain the fault-zone thickness, seismic attenuation coefficient and velocity.

In order to study the feasibility of modeling fault zones along the Dead Sea Transform system, we performed a series of experiments in exposures of the Shelomo fault and in a schist dike, both in the Elat region, southern Israel.

We used a 5 kg hammer and a 30X30 cm aluminum anvil as a source and an EG&G Geometrics with up to 48 channels recording system. Recording was set off by a contact trigger attached to the hammer. The minimum frequency of the geophones was 4 Hz. Sampling interval was 0.5 ms, recording length was 2048 ms. Geophones were placed every 2.5 m or 5 m along a straight line normal to the fault or dike strike. Hammering was done along a line parallel to the geophones line.

Our preliminary observations indicate that even a weak source such as hand-held hammer generates enough seismic energy that travels in fault gouges and dikes with amplitudes that are markedly higher than those that travel in the adjacent rock units. The signals are very clear even without processing.

We plan to carry out similar experiments with stronger source (explosions or vibroseis) and place the geophones at larger distances in order to spread the arrivals of different phases. These experiments can be run as a cheap, simple addition of several shot points to conventional reflection/refraction lines that cross known faults. We also suggest to install a seismograph on the main trace of the Dead Sea Transform using natural sources to study the properties of the transform in high resolution, similar to what is done in the San Andreas Fault, California.

The Masada Fault Zone in Outcrop and Geophysical Images

Shmuel Marco^{1,2}, Ilan Brunner², Evgeny Landa², Uri Basson³,
Amotz Agnon¹, and Hagai Ron²

1. Institute of Earth Sciences, Hebrew University, Jerusalem, Israel.

2. Institute for Petroleum Research and Geophysics, Holon, Israel.

3. GeoSense LTD, 9 Antokolsky St., Tel Aviv.

In order to study the subsurface geometry of the Masada fault zone, we combine ground penetrating radar (GPR) and high resolution seismic reflection profiles across a N-S trending fault zone that was found 1 km east of Masada in outcrops of the Lisan Formation.

Fault planes paralleling the main graben faults and morphological trends are overlain by continuous horizontal layers, indicating that they are syndepositional. The planes dip 50° to 70° eastward as well as westward, with normal displacements up to 2 m. The average strike is 360° with distribution pattern resembling the active graben faults. Gouges, consisting of fine aragonite and detritus breccia, calcite and some gypsum, are commonly less than 10 cm thick.

One GPR profile was made at the top surface of the Lisan above a buried fault whose location and dip are known from exposures. The clear diffraction pattern above the fault is gradually offset westward at depth, in accordance with the fault dip. We therefore interpret similar diffractions in other sections, as well as offset and discontinuous reflectors, as fault planes. The seismic profile also shows discontinuous markers and clear diffractions. The faults can be traced down to about 200 m (0.3 seconds 2-way), well below the Lisan Formation.

Although suitable markers are absent, it seems that horizontal slip is not significant because the prevailing dip is typical of normal faults and because none of the deformations that usually accompany strike slip are present. An upper bound of the maximum E-W extension across the 300-m-wide fault zone is estimated by considering 6 fault planes dipping 50° to 70° with 2 m vertical slip on each. This estimate yields 1.4%-3.3% extension during the Lisan time.

The studied faults do not displace the uppermost few meters of the Lisan Formation which were deposited after faulting migrated. The current active fault lies ~3 km east of the Dead Sea shore, where seismic profiles of other workers show a similar pattern of active syndepositional fault scarps.

NEOTECTONIC ACTIVITY IN THE SHALLOW CONTINENTAL SHELF OF CENTRAL ISRAEL

Yossi Mart¹

1. Leon Recanati Center of Marine Studies, University of Haifa, Haifa

Indications of neotectonic activity was encountered along the shallow continental shelf of central Israel, off Caesarea and off Atlit. The ancient harbor of Caesarea presents apparently ambivalent evidence, because the large Herodian breakwaters are presently submerged 5-8 m below sealevel, whereas other contemporary coastal installations in the same area remain at sealevel. High resolution seismic reflection surveys in the very shallow continental shelf encountered a series of coast-parallel faults that displace both the eolianite, which crops out along the coastal zone, and the submerged breakwaters. The faults have 1-3 m of offsets, downthrowing their seaward flank and leaving their landward flank stable. The stability if the coastal flank is verified by the Roman aqueducts, which maintained their original gradient of 0.5 ‰ between Beit Hannania and Caesarea. It is suggested that the subsidence of the ancient breakwaters was caused by neotectonic displacements on these faults and enhanced by solifluction.

A seismic reflection survey was carried out also in the proximal shelf off Atlit, located on a promontory of late Pleistocene eolianite, truncated by faults to the north and the west. The seismic survey encountered two series of faults, trending N-S and NW-SE, offsetting the upper strata by 1-3 m. Faulted escarpments of the N-S faults are barely covered by sediments, suggesting that they are tectonically active. The escarpments of the NW-SE faults are rarely exposed, suggesting their late Pleistocene age. Submerged at 12 m and undamaged, a Pre-Pottery Neolithic well near a major NW trending fault indicates structural stability of this group of faults during the last 8,000 years.

Apparently the neotectonic activity of the Mediterranean coast of Israel has shaped the coast of the southern Levant during the Late Pleistocene and the Holocene, and offsets occurred even during the last 2,000 years. The displacements, however, are not widespread, and stability of the footwall was measured concurrently with the subsidence of the hanging wall. Merging of geophysical data with archaeological observations confirms the essence of historical records on earthquake damages in the coastal plain of Israel. It seems that the faulted subsidence of the proximal continental shelf is a consequence of the Plio-Quaternary subsidence of the southeastern Mediterranean basin,

ERATOSTHENES SEAMOUNT AND ITS CRETACEOUS TECTONIC SETTING: RESULTS OF ODP LEG 160

Y. Mart¹, A.H.F. Robertson², and ODP Leg 160 shipboard science party

1. Leon Recanati Center for Marine Studies, University of Haifa, Haifa

2. Grant Inst. of Geology and Geophysics, Edinburgh University, Edinburgh

The continental margin of the southern Levant and the adjacent marine basin of the SE Mediterranean are remnants of the southern continental margin and oceanic crust of the central Neotethys. In the NW area of the SE Mediterranean basin are Cyprus and the Eratosthenes Seamount. Cyprus is known to differ geologically from the southern Levant, and the geological boundary between the African and the Eurasian tectonic plates is located between them. The Eratosthenes Seamount has not been masked by the thick sediments of the Nile deep-sea fan or by the Messinian evaporites, and is thus critical for determining the plate boundary in the eastern Mediterranean. Located some 100 km south of Cyprus, the Seamount is elliptical, nearly 100 km long and 60 km wide. It rises from depth of ca. 2,500 m to peak at 600 m below sealevel. It is surrounded by faulted troughs that widen in the west to become a small abyssal plain. Seismic refraction suggests that it is founded on thinned continental crust, which may be of similar character to the crust under Cyprus, whereas a section of oceanic crust probably separates it from the southern Levant. The Cyprean Arc, namely Cyprus active margin, is an arcuate bathymetric feature overlying a major, northward-dipping thrust fault, interpreted as a subduction zone, that separates Cyprus from the Seamount. In view of the critical setting of Eratosthenes Seamount, recent geophysical surveys there were followed up by drilling a N-S of three Ocean Drilling Program boreholes across the Seamount, during ODP Leg 160. Borehole ODP 967 was drilled on the northern slope, at water depth of ca. 2,500 m, and bottomed at 600 m below seafloor. Under nearly 100 m of Plio-Quaternary sediments, where 96 layers of sapropel and 3 of volcanic ash were recorded, and under 25 m of late Miocene micritic carbonates, the borehole then encountered bathyal chalks of Middle Eocene and Coniacian-Maastrichtian ages down to 446 mbsf, underlain in turn by shallow marine limestone. No datable fossils were encountered in the limestone of the lower 144 m of the borehole, but a mid-Cretaceous age of this section is suggested based on comparison with the southern Levant. By contrast, southern Cyprus is dominated by the 92-88 Ma Troodos ophiolites. The occurrence of shallow-marine mid-Cretaceous sequence in Hole 967 and the absence of ophiolite, emphasize the geological similarity of Eratosthenes Seamount with the southern Levant, but its contrast with the geology of southern Cyprus. This supports the existence of a plate boundary between the two areas.

The findings of ODP Leg 160 boreholes suggest that the Eratosthenes Seamount was a shallow marine feature off Africa in the mid-Cretaceous, which then subsided to bathyal depths in the Senonian. The Seamount remained submerged in the Eocene, but as Africa and Anatolia drifted toward each other, the Cyprus-Eratosthenes basin progressively closed. The Eratosthenes crustal unit was then thrust under Cyprus, probably in the Plio-Pleistocene, consequently fueling the uplift of southern Cyprus. The northward-dipping reverse fault between Cyprus and the Eratosthenes could lie in the vicinity of a Late Cretaceous subduction zone, responsible for partial destruction of the southern Neotethys, and the genesis of the Troodos as a supra-subduction zone ophiolite.

Solubility experiments in a diamond anvil cell: NaCl-H₂O to 2 GPa and 300°C.

Ari Matmon and Oded Navon,
Institute of Earth Sciences, The Hebrew University, Jerusalem, Israel.

We report a new, simple method for measuring the solubility of salts at high pressure and temperature using the diamond anvil cell (DAC) and apply it to the study of the NaCl-H₂O system in the range 0-300°C, 10^5 - 2×10^9 Pa (1 bar-20 kbar).

Water and halite in approximately known proportions are loaded in a hydrothermal DAC (Shen and Bassett, 1992) together with a small ruby grain and the cell is pressed to about 0.2 GPa. Temperature is then raised and the size of the halite crystal is monitored until it almost fully dissolves. Pressure is determined using the ruby; equilibrium is demonstrated by watching the crystal dissolution and growth as T is varied by $\pm 2^\circ\text{C}$.

Additional points on the halite liquidus are determined by cooling, increasing pressure, and heating to almost full dissolution. Pressure is then lowered until the final point is determined in the presence of halite+solution+bubble. This point lies on the three phase line (Potter et al., 1977) and the dissolution temperature exactly defines the composition.

Seven compositions with 27-38 wt% dissolved NaCl show mild dependence of solubility on pressure. Solubility increases with increasing pressure up to about 0.5-1 GPa, and then decreases slowly with further increase. The effect of pressure decreases with increasing temperature (dP/dT of the liquidus becomes steeper and more negative). These trends can also be recognized in the data of Bodnar (1994) for solution with 40 wt% halite which are in very good agreement with our results.

THE GEOLOGY OF THE GILO VIADUCT

Lucian Michaeli and Yaacov Arkin
Geological Survey of Israel, Jerusalem.

The Gilo Viaduct is one element of a highway project connecting Jerusalem and Gush Ezion. The viaduct spans 350m over Nahal Har Gilo rising some 50m above the valley floor connecting the Gilo Short and Long tunnels. It stands on five pillars and its extremities rest on the north and south slopes of the valley.

The rocks exposed at the site belong to the Upper Cretaceous Judea Group which form the backbone of the Judean Mountains of the area. The rocks along the viaduct alignment are mainly dolomite, limestone, marl and clay of the Amminadav, Moza and Bet Meir Fms.

Bet Meir Fm (Kubm): consists of yellow well bedded dolomitic marl with some flint concretions. Pillars Do and Eo of heights of 38.5m and 45m are founded in this formation in well consolidated marl.

Moza Fm (Kumo): consists of yellow marl with some interbedded thin limestone beds and lenses of fat blue-green clay. Large blocks of massive dolomite from the overlying Amminadav Fm., are imbedded in the marl. Pillar Co of 20.5m high is founded on this marl.

Amminadav Fm (Kua): consists of light yellow limestone interbedded with limy dolomite and grey hard dolomite. Pillars Bo and Fo of heights of 10m and 19.5m as well as the extremities (Ao, Go) of the viaduct are founded on these rocks.

At each pillar site an excavation of 14m x 14m was made with the depth varying according to the rock type exposed at the base. Detailed mapping of lithology, fractures and karst was carried out. On this basis the following operations were carried out at each site.

1. Excavation to the planned depth of the foundation or deeper depending on the ground conditions.
2. The floor of the excavation was cleaned of all rock fragments and flour. All fractures and solution features mapped and rock quality determined.
3. A 20-25cm thick cement floor was laid.
4. Radar survey was carried out to determine potential disturbed areas below the floor.
5. Results of mapping and radar were correlated and potential weak areas marked.
6. Recommendations made for grout drilling and follow-up test holes.

The data from all operations were recorded and final test holes showed that grouting operations were successful. These operations provided the basis for foundation construction.

The Use of Ostracode Biozonation in the Geotechnical. Evaluation of the Mount Scopus Tunnel, Jerusalem

Y. Mimran¹; A. Honigstein²; A. Rosenfeld¹ and Y. Arkin¹

¹ Geological Survey of Israel, 30 Malkhei Yisrael St.95501 Jerusalem

² Ministry of Energy and Infrastructure, Oil and Gas section 234 Yafu Rd., Jerusalem 94387

The 400m long Mount Scopus tunnel, which is a part of the Jerusalem - Ma'ale Adumim highway is planned to be excavated through chalks and marls of the Senonian Menuha Formation. The total thickness of the sequence exceeds 100m, lacking identifiable lithologic markers. Significant lateral variations in rock mass quality have been attributed to the clay mineralogy and total clay content in the chalk.

Some 250 samples from cores retrieved from the seven boreholes along the tunnel route, spaced 1-2m in average, were analysed for acid insoluble residue, CaO, MgO, SO₃ and P₂O₅ contents. Duplicate samples were used for determining the ostracode assemblages. The subdivision of the sequence into five biozones and subzones of Late Coniacian to Late Campanian age was clearly recognized.

Several geotechnical conclusions were derived from the application of ostracode biozonation on the geological cross section constructed along the tunnel.

- a) The ostracode biozones maintain a rather constant stratigraphic thickness throughout the route.
- b) The deduced dip of the strata is 5° SE, as also anticipated on the basis of regional structural considerations.
- c) Most of the tunnel is expected to be excavated in the Late Santonian S-3a subzone. Emphasis was therefore put on the geotechnical characterization of this unit.
- d) Abrupt reduction in thickness of some units and significant changes in their elevation led to the interpretation of three faults crosscutting the tunnel.

The exact location of the faults and the possibility of intersection of fault surfaces with boreholes, were considered also in accordance with identified crushed intervals in the borehole cores.

The joint micropalaeontological and geotechnical technique in this study may be applied to future geoenvironmental projects in the chalky Menuha formation, in other parts of the country.

Geochemistry of the emerald-bearing micaceous rocks from the Urals

Inessa Moroz

Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, 91904, Israel

The author examined emerald-bearing micaceous rocks from the four deposits of the Urals, which are located in the East Uralian rise in a region of ultrabasic, basic, intermediate and subsequent acid magmatism. These emerald - beryl deposits consist of a number of phlogopite rock bodies, related to the greisen association, with a superimposed pneumatolytic - hydrothermal beryl mineralization resulting from the influence of granite intrusive on the country rocks. As in the Urals, the main deposits of emerald in South Africa, Brazil, India and Egypt are located in regions where acidic magmas have penetrated rocks in the vicinity of basic and ultrabasic rocks. In this manner hydrothermal solutions have generated metasomatism of the ultrabasic and basic rocks leading to the formation of emerald.

The geochemistry of the emerald ores in the Urals is characterized by an unusual quantitative and qualitative combination of elements of, on the one hand, the granitic intrusion (potassium, sodium, fluorine (in part), beryllium, boron, molybdenum, rare alkalies, zinc and barium), and on the other, the country rocks (magnesium, iron, chromium, titanium, nickel, cobalt, copper and sodium (in part)). This points to the metasomatic pneumatolytic - hydrothermal nature of the micaceous rocks.

The quantitative relation of elements in the micaceous rocks depends on the composition of the country rocks. Micaceous rocks, formed in the ultrabasic rocks, are characterized by higher concentrations of potassium, magnesium, fluorine, chromium, rare alkalies (lithium, rubidium, cesium), molybdenum, copper, zinc, tin, nickel, cobalt. Ore bodies, localized in the intermediate country rocks, are characterized by higher concentrations of sodium, iron, boron, titanium, vanadium, barium, lead.

On the other hand, the chemical composition of the micaceous rocks depends on acidity-alkalinity in the mineral-forming solutions, the main indicator of which is the concentration of fluorine and the potassium / sodium ratio. The increased amount of fluorine in the mineral-forming solutions has contributed to the transfer of a number of rare elements, in particular beryllium, in the form of fluorine beryllates, and also to the leaching of chromium, essential in the formation of emerald, from the country rocks. High concentrations of emerald are positively correlated with the amounts of sodium, potassium (and the potassium / sodium ratio), magnesium (and the magnesium / iron ratio), fluorine, beryllium, chromium, titanium (and the chromium / titanium ratio), molybdenum, rare alkalies, zinc, tin, but negatively correlated with the concentrations of lead, cobalt, nickel, copper and boron.

"Ein Haqore Clay": Late Quaternary Dark-Brown Grumusol in the Central Coastal Plain (Israel)

Netzer, M., Wieder, M. and Gvirtzman, G.

Department of Geography, Bar Ilan University, 52900 Ramat Gan

A dark-brown clay bed, 50 to 150 cm thick, was lately exposed during construction works below the sand dunes in the western part of Rishon LeZiyon and nearby along a road cut in Nahalat Yehuda. The same clay bed was also identified further northwards in small outcrop patches along the Ge'ha Highway, near Moshav Matzliah and near Kibbutz Yaqum. The outcrops of west Rishon LeZiyon are scattered in an area of about 10 square kms. The maximum length of the distribution area of the clay bed, between Rishon LeZiyon and Yaqum, is about 40 km. This bed was named "Ein Haqore Clay" after the name of a small spring in the sand dunes of west Rishon LeZiyon.

The clay bed overlies, in a sharp and not-transitional contact, a pre-existing relief that includes uplands, slopes and toeslopes. The elevation difference of the relief is nearly 8m in short distances. Both the pre-existing old relief and the modern relief coincide with the topography of the elongate Kurkar ridges and troughs. The clay bed has a regional continuous occurrence, covering eroded stable surfaces, and not as part of a catena sequence. In a few locations the clay unit is thin due to later erosion. In the area of the southern outcrops the clay bed overlies Hamra paleosols which are known by the lithostratigraphic names "Kefar Vitkin Hamra" and "Poleg Hamra". Therefore, the oldest possible age of the clay bed is Late Quaternary, some tenths of thousands years. In this area the clay unit is overlain by the post-Byzantine sand dunes, known by the lithostratigraphic name "Hadera Sands". In the area of the northern outcrops, however, it appears the clay bed is overlain by the "Ta'arukha Sands", an older generation of fossil sand dunes, some 4,500 years BP. These stratigraphic relationships need further clarification. Some other indications for a minimum age of the clay bed can be deduced from an archaeological site that was discovered below the sands of west Rishon LeZiyon. Mud from the clay unit was used as raw material for sealing burial caves of the Middle Bronze age and therefore the unit is older than about 4,000 years. This clay was also used in the same area as raw material for mud-bricks in a castle of the Israelite period, about 2,500 years old.

The soils which were developed on top of the clay bed are Brown Grumusolic soils or Grumusols. In the area of the southern outcrops, the unit displays silty-clayey material with carbonate nodules accumulated in the deeper part of the B horizons. In the area of the northern outcrops the soil is clayey and the carbonate material was partially or completely leached out. Since these soils were located on the higher stable surfaces of the uplands and they often display calcic horizons in the deeper part of the B horizons, they were formed *in situ*, from parent material of eolian dust that plastered continuously the relief. The accumulation of eolian dust indicates a dry climate during its deposition.

VELOGRAM BASED DISCRIMINATION
BETWEEN QUARRY BLASTS AND EARTHQUAKES

V. Pinsky, A. Shapira and Y. Gitterman
The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

We examined the variation of velograms over the Israel Seismic Network (ISN) and observed differences in the velograms of quarry blasts and earthquakes. The velogram is the display of the envelope of ground motion with respect to the group velocity, R/T (R is the epicentral distance and T the travel time). From these velograms we measured the velocity, V_m , within the range 1-4 km/sec at which the velogram reaches its maximum.

The empirical relationships between V_m and R differ for quarry blasts and earthquakes. These differences are used to design a discrimination criterion to distinguish between quarry blasts and earthquakes.

These observations are attributed to the differing excitation of regional surface waves of these two types of seismic events.

1:50,000 QUATERNARY GEOLOGIC MAPPING OF MAKHTESH RAMON

Plakht, J.

Ramon Science Center, P.O.Box 194, 80600 Mizpe Ramon

Two maps depicting Quaternary geology of Makhtesh Ramon were prepared at the scale of 1:50,000. The major mapping unit in the first map is by genetic type of sediment, which is expressed on the map by a series of major colors. For example, alluvium is green, pediment cover is blue, and aeolian sands are yellow. Each genetic type is further subdivided according to age, and is assigned a corresponding shade of the main color. In addition, different clast characteristics are superimposed on the color scheme. This represents the most widely used method in Quaternary geologic mapping.

Quaternary units mapped in Makhtesh Ramon are:

- (1) Alluvium (river beds, flood plains, and terraces).
- (2) Alluvial fan sediment.
- (3) Alluvial-proluvial sediment of sheetflood plains.
- (4) Colluvium (slope debris).
- (5) Colluvio-proluvial sediment (pediment cover).
- (6) Aeolian sediment.

In the second map sediments are depicted according to their age, with each age assigned a specific color. Therefore, different genetic types of sediments such as alluvium and aeolian sands, for example, may share the same color if they are of the same age. This method requires the knowledge of exact ages of sediments across the entire spectrum of genetic types. Although it may be difficult to determine age relationship, this method of mapping is the most perspective for paleogeographic reconstructions.

Quaternary mapping of Makhtesh Ramon is based on:

- (1) Development of morphostratigraphic scheme and definition of genetic types of sediments. This process includes: (a) construction of geologic-geomorphologic cross sections in different portions of valleys; (b) construction of longitudinal profiles of river beds and terraces; (c) detailed study of pediment surfaces as integral components of the landform system.
- (2) Complex analysis of alluvium and loess as a tool for stratigraphic correlation. It includes: (a) lithologic analysis; (b) the study of paleosols; (c) absolute dating of terrace alluvium and loess; (d) pollen analysis for stratigraphic correlation and paleoclimatic reconstructions.

Classification of Chalk Rock Mass Quality

Polishook, B.¹, Flexer, A.²

1. Petroleum & Energy Infrastructures Ltd.
2. Department of Geophysics & Planetary Sciences, Tel-Aviv University

Rock mass classification for tunneling purposes is commonly done by two methods: rock quality (Q) and rock mass rating (RMR). These empirical methods provide preliminary criteria for tunnel design and allow control of the results obtained from mathematical models.

The suitability of these methods for the classification of chalk rock masses was examined by Polishook & Flexer (1995). According to this work, both rock mass rating methods - Q and RMR - are conservative with regard to the chalk rock mass and require the construction of supports where such are unnecessary.

This work is intended to present a new classification method for determining the quality of chalk rock masses on the basis of conventional rating methods.

The RMR and Q rating methods attribute particular significance to discontinuities of the rock mass, and in effect, most of the criteria that define the quality of the rock mass reflect a state of discontinuity.

The preoccupation with discontinuity in chalk rock masses ignores two characteristics that are typical of this mass and differ in other rock masses.

In chalk rock masses, the discontinuities, joints and bed planes differ in their nature from discontinuities of other rock masses. The joints in chalk have a limited continuity and local opening, and the bed planes have a local rather than regional occurrence.

On the basis of an understanding of the problematic nature of conventional rating methods, it is proposed that the chalk rock mass be rated according to the following criteria:

1. Compressive strength
2. Porosity
3. Content of joints or the joints density
4. Stress reduction factor
5. Joint water reduction factor

The proposed rating method is based on the Q method, and the new criteria are assigned values based on measurements and determinations of the rating by trial and error. The method was tried in tunneling operations conducted in Eocene chalk rock masses. The scarcity of data makes it impossible to determine at this stage whether the proposed rating method can really provide an alternative to the Q and RMR methods with regard to the testing of chalk rock masses.

ESR AND LUMINESCENCE DATING OF THE PALEOLITHIC SITE AT HOLON, THE COASTAL PLAIN, ISRAEL.

Porat N.¹, Horwitz L.², Zhou L.P.³, Chazan M.⁴, Saragosti I.⁵, and Noy T.⁶

1. The Geological Survey of Israel; 2. Institute of Life Sciences, Hebrew University, Jerusalem; 3. Godwin Lab, Cambridge University, UK; 4. Harvard University, USA; 5. Institute of Archaeology, Hebrew University, Jerusalem; 6. The Israel Museum.

The aim of this study was to date the prehistoric site at Holon and the sedimentary units in which the site is situated. The Paleolithic site at Holon was discovered in 1960 during constructions. During three excavation seasons flint tools, mammalian bones and teeth as well as elephants' tusks were revealed. The stratigraphic sequence at the site comprises (from the bottom) Kurkar (aeolianite), lower Hamra (red loamy soil), gray clay where most of the finds were discovered, dark clay and upper Hamra. This sequence is correlated with the Poleg Hamra Member, in the Kurkar Group of the Coastal Plain. The tool assemblage was assigned to the Upper Acheulian, and based on this and the fauna the age of the site was estimated at 250 ka years. Based on correlation with the marine isotopic stages and climatic changes, the age of the Poleg Mbr. was estimated at 150 ka.

In this study the site was dated by two methods: 1. Enamel from mammalian teeth was dated by electron spin resonance (ESR). The method dates the formation of the enamel, i.e. when the animal had lived. 2. The age of sediments from the site was determined by the luminescence methods. These methods date the last exposure of the mineral grains to sunlight and thus give the timing of deposition and burial of the sediment.

Two bovid teeth were selected from the excavation's collection, their enamel was separated from the other parts of the teeth and powdered. The equivalent dose (D_e) was determined by the added dose method. External dose rates were dominated by high U concentrations in the tooth dentine (up to 160 ppm), therefore the lack of sediments directly related to the teeth does not influence the age calculations.

Two pits, 3 m deep, were dug on two sides of the excavation area (which is now build over). A complete, undisturbed section was revealed in one pit, which could be correlated to the section described in the excavation report. Each bed was sampled while taking care not to expose the sediments to light. Sand size alkali feldspars or quartz were separated using physical and chemical methods. D_e was determined for all samples on the feldspars, using the infrared stimulated luminescence. For one sample D_e was determined also on quartz, using the green light stimulated luminescence. External γ dose rates were directly measured in the pits and α and β dose rates were calculated from the concentrations of the natural radioactive elements U, Th and K.

The average ESR age is ~ 215 ka. The luminescence ages are: upper Hamra ~ 100 ka, the artifact-bearing unit ~ 220 ka and the Kurkar at the base of the section (Kurkar Ashdod) ~ 270 ka. Thus the age of Holon site is ~ 210 ka, in isotopic Stage 7. No other absolute ages are available for Acheulian sites in the Near East, but the lowest bed in level E in Tabun, with Acheulo-Yabrudian artifacts, was dated to ~200 ka by several methods (although aother results indicate that level E may be older). Thus the dates from Holon match the chronological sequence of the late Acheulian in the Near East.

The dates from Holon show that the age of Hamrat Poleg is 100-220 ka and Kurkar Ashdod is 270 ka. The Ramat Gan Mbr., stratigraphically above the section at Holon, was previously dated by the luminescence methods to 60 ka. The Holon dates therefore complement the sequence of aeolian deposition and soil formation along the Mediterranean coast of Israel.

SHORT TERM FORECASTING OF STRONG AFTERSHOCKS
OF THE GULF OF EILAT $M_W=7.1$ EARTHQUAKE
OF 22 NOVEMBER, 1995

N. Rabinowitz¹ and D.M. Steinberg²

1 The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

2 Dept. Statistics, Tel-Aviv University, Ramat Aviv

In the aftermath of the 22 November 1995, $M_W=7.1$ earthquake that occurred in the Gulf of Eilat, we propose a statistical model that predicts the number of strong aftershocks expected to occur within a given time window after the main event. This model is a modification of the well known Omori law. It attempts to capture the rate of decay of the seismic activity. Based on the sequence of aftershocks occurring during the first month after the main earthquake, we predict the number of strong aftershocks expected to occur in the second month.

Magmatic diapirs in the intermediate crust under the Dead Sea

Nitzan Rabinowitz¹, Jean Steinberg¹, and Yossi Mart²

Simultaneous inversion of P wave arrivals of 262 local earthquakes, recorded in the region of the Dead Sea, was carried out to model the velocity stratification in the underlying crust and uppermost mantle. The resulting tomographic model delineates several large magmatic domes, rising from the lower crust, at depth of approximately 20 km, and ascending more than 12 km into the overlying intermediate crust. Commonly, the domal ascent took place along the boundary faults of the Dead Sea rift. The domes are elliptical in shape, measuring nearly 5 x 15 km in diameter, and are spaced about 20 km apart. Earthquake foci are abundant around the domes but rare within them. Excluding the proximity to the boundary faults for the Rift, no spatial or structural correlations were discerned between these deeper structures and the shallower salt diapirs of the Dead Sea region. The morphology of these domes, and the distribution of seismic velocities in their environment, suggest that they are magmatic diapirs. The occurrence of these magmatic diapirs under the Dead Sea implies anomalously high temperatures with metastable stratification and gravitational metastable environments in the lower crust, and suggests magmatic upwelling. Comparison with magmatic diapirs elsewhere indicates that there is ground to presume that this diapirism could be associated with tectonic extension. The possibility that the intermediate crust there was affected by a pressure drop that led to the accretion of magmatic melt is less likely due to the piercing nature of the discovered crustal stratification.

¹Institute of Petroleum Research and Geophysics, Holon

²Leon Recanati Center for Marine Studies, University of Haifa, Haifa

Hydrology of the Pleistocene Coastal Aquifer of Emek Zevulun

Vassily Rogojin¹, Joel Kronfeld¹, Israel Carmi²¹ Department of Geophysics and Planetary Sciences, Tel Aviv University² Radiocarbon Laboratory, Weizmann Institute of Science

Important potable water reserves for the Haifa Bay region reside in the coastal plain aquifer. Many wells have been drilled to exploit the groundwater. However, in recent years numerous wells have been closed due to pollutants and/or salinity increases. The present study, centered around Qiryat Khaim and Qiryat Motskin, was undertaken to investigate the hydrology of the aquifer as well as to determine the sources of the salinity and pollutants and to evaluate the potential for the spread of the pollutants throughout the rest of the aquifer.

The Pleistocene aquifer consists of sands and calcareous sandstone, intercalated with beds of silt and clay. The thickness of the exploited section is approximately 100 m. The investigation employed natural stable isotopes ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{18}\text{O}$ and $\delta^{87}\text{Sr}$), radioisotopes (tritium, radiocarbon, U-series) along with hydrologic, stratigraphic and chemical data. It is found that the Pleistocene aquifer is divided into at least two distinct aquiferal units by impermeable clays. The upper phreatic unit is most liable to suffer pollution. Although the thickness of the upper clay layer never exceeds 5–6 m, it effectively prevents the various contaminants percolating downwards, from entering the confined lower subaquifer(s).

OUTLINE OF THE GRAVITY AND MAGNETIC FEATURES OF THE
EASTERN MEDITERRANEAN - RED SEA REGION

M. Rybakov and V. Goldshmidt

The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

The crust in this region has a long and complicated history with periods of extensive tectonism and magmatism. Our knowledge of pre-Cretaceous events is limited to the small number of outcrops and deep wells; a study of the gravity and magnetic anomalies can provide a better understanding of the older geological processes. The gravity and magnetic anomaly maps of the region contain a number of features which may be classified as follows:

1. Some geophysical features can easily be recognized geologically: high frequency magnetic anomalies corresponding to young basalt flows; the offset of the elongated magnetic anomalies on both sides of the Dead Sea transform correspond to recent strike slip motion; prominent negative gravity anomalies correspond to the thick Cenozoic sedimentary basins located offshore Israel and the Dead Sea area, etc. Quantitative interpretation of these anomalies clarifies the subsurface structures and pre-Cenozoic tectonic and magmatic events.
2. Gravity and magnetic anomalies caused by very uncertain geological sources, i.e. the prominent Eratosthenes, Hebron and Carmel magnetic anomalies, the positive gravity anomaly in the Makhtesh Ramon area, etc. Interpretation of these features can confirm previous geological theories or suggest new ones.
3. Features of the potential fields geologically unidentified as yet: a high gravity province occupying the eastern Mediterranean, wide magnetic lows located offshore Lebanon and in the Galilee area, a positive magnetic area located south of Makhtesh Ramon, etc.

Geological recognition of these features, usually corresponding to the deeper parts of the Earth's crust, will complete and improve our knowledge of the geological history of the region. Relevant examples are presented in our paper.

Morphometric Study of a Transpressional structure by DEM Analysis: the Rodgers Creek Fault, California

A Salamon¹ and D P Schwartz²

1. USGS, Menlo Park. Present address: GEOPROSPECT, PO Box 3720, Jerusalem
2. USGS, 345 Middlefield Rd, Menlo Park, CA 94025, USA

The Rodgers Creek fault zone (RCFZ) is a major dextral transpressional fault, taking about 20% of the relative motion between the North American and the Pacific plates. The RCFZ transects the Sonoma Mountains (SM) which is an elongated topographic ridge reaching an elevation of 800 meters. The pattern of the RCFZ and the width-height topographic relations indicate that the RCFZ controls, in part, the present morphology of the SM.

Here we address the uplift process of the SM using analysis of its Digital Elevation Model (DEM) by ARC/INFO program, an advanced Geographical Information System (GIS). This has enabled us to perform a systematic and comprehensive morphometric study of the range topography. On this basis we reconstructed the stream and watershed networks upon which we built the hypsometric histograms of selected basins and the envelop, sub-envelop and residual maps of the SM. These results, together with stream profiles across the RCFZ, clearly reflect its recent activity, in accordance with previous paleoseismic and geological studies. More importantly, the analysis suggests the presence of young deformation on the eastern side of the range, which may be associated with another major structural element, possibly a blind thrust. This morphometric approach has a promise to identify blind faulting in areas of complex topography along strike-slip faults.

GEOMAGNETIC COMPONENT MAPPING OF ISRAEL

R. Segal¹ and B. Shirman^{1,2}

- 1 Survey of Israel, Tel-Aviv
- 2 The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

Geomagnetic component maps of Israel were compiled using ground magnetic surveys conducted in 1993-1995. The mapping is based on absolute magnetic measurements taken at more than 130 points, including the Bar-Giora and Amatsia geomagnetic observatories and 20 permanent sites, the locations and geographic azimuth of which were determined using GPS and GIRO instruments. A total field proton magnetometer (ELSEC-770) and a declination-inclination magnetometer (ELSEC-810) with a resolution of 1nT and 30' were used.

Magnetic component maps were constructed using a grid spacing of 10x10km (the average distance between each two measured points over most of the territory was 10-20km, except for the West Bank territory where it was much less). The five contoured maps (total magnetic field, horizontal and vertical components, declination and inclination) were constructed using a relative base line at the Bar-Giora observatory in 1994. The significant features of these magnetic maps are the large scale Hebron and Carmel magnetic anomalies. The declination over most of the area is between 2°40' and 3°, but over the anomalies in the Galilee, Mediterranean coast and the Arava, its value is $\pm 0.5^\circ$ more than the average. These maps do not include the eastern part of the Golan Heights which is covered by strong, small-scale anomalies induced by basalt flow.

It should be noted that the geomagnetic field has undergone considerable changes in recent times. Thus, according to the Bar-Giora observatory data, the changes during 1993-1995 in declination, horizontal and vertical components amount to 8', 30nT and 80nT, respectively.

THE NOV. 22, 1995, NUWEIBA EARTHQUAKE: PRELIMINARY MECHANICAL ANALYSIS

Shamir, G.

Seismology Division, Institute for Petroleum Research and Geophysics, Holon.

Estimation of the source characteristics (hypo-center location, rupture length and depth, seismic moment, stress drop, average slip, slip distribution) are used to investigate the mechanics of the Nov. 22, 1995, $M_w=7.1$, Nuweiba earthquake. The rupture is first modelled as an isolated, 50km long dislocation plane embedded in an elastic and isotropic crust. The assigned asymmetric slip distribution and rupture patch shape are consistent with fracture mechanical consideration and constrained by the estimated seismic moment and the source function. The resulting distribution of surface displacements shows subsidense of up to 40cm and southward motion of 50-70cm in the southern part of Elat basin. The Nuweiba area underwent an uplift on the order of 10cm and a west-southwest motion of a few tens of cm, all reducing further inland. The Elat-Aqaba area experienced a negligible uplift and a horizontal southward motion on the order of 6cm

The faults mostly affected by interaction with the failed Aragonese fault are the Elat fault bounding the Elat basin on the west, the continuation of the Aragonese fault northward (towards Aqaba) and the WNW trending fault bounding the Elat basin on the south. Two-dimensional numerical calculations show that prominent changes in the failure stress were induced by this interaction. The northern Aragonese fault and most of the Elat fault suffered an increase in left-lateral failure stress, which is fully consistent with the distribution aftershocks and triggered earthquakes in the months since the mainshock. Along the southern part of Elat fault, however, left-lateral slip was inhibited due to the interaction, across the Elat basin, with the main rupture. The characteristics of the Nuweiba earthquake are consistent with the en echelon fault structure of the Gulf (Ben Avraham et al., 1979; Ben Avraham, 1985). Its triggering follows the 1993 earthquake sequence around the Aragonese basin and its propagation northward reflects the slip deficit in the Elat basin segment.

THE NOV. 22, 1995, NUWEIBA EARTHQUAKE

Shamir, G., L. Feldman, B. Reich, C. Ben-Sasson, R. Hofstetter, A. Shapira, Y. Gitterman, V. Avirav, D. Kadosh, U. Peled, Y. Schwartz, D. Levi, Y. Zaslavsky, A. Malitzky

Seismology Division, Institute for Petroleum Research and Geophysics, Holon.

The largest instrumentally recorded earthquake in the Gulf of Elat (Aqaba), and the largest event in the region in at least 100 years, occurred on November 22, 1995, at 04:15 GMT. The hypocenter was located, based on data from Israel, Jordan, Saudi Arabia and Egypt at 28.76°N, 34.66°E, (118.77/-201.8 in Israel grid), and a depth of ~13km. The earthquake magnitude measured $M_L=6.2$ on the local Richter scale, which is based on coda duration and is therefore a lower limit value. The moment magnitude, based on local and global moment-magnitude relations as well as on body and surface wave inversions at teleseismic distances, was $M_w=7.1$.

Preliminary estimates of the source parameters, based on body wave inversions at teleseismic distances and broad band records of the BGIO station are of a seismic moment of $\sim 7 \cdot 10^{26}$ dyne-cm, source duration of 16s, average dislocation of ~2.8m and stress drop of 150-200 bar. These calculations and P-wave first motion polarities provide fault plane solutions which, combined with the known fault structure of the Gulf, indicate that the rupture took place on a fault plane striking 010°-020° and dipping 60°-80° to the WNW. The offset was predominantly left lateral, with a small normal component and a strong unilateral directivity of the rupture towards NNE, suggesting a rupture length of about 50km. The Nuweiba earthquake thus took place on the central Gulf fault, originated on the western side of Aragonese basin and propagated to the eastern side of Elat basin. The source function for this event suggests that slip distribution over the ruptured patch was asymmetrical, with the maximum displacement shifted towards NNE. As a result, over 80% of the total moment was released during the later part of the earthquake duration, in the transition zone between Aragonese and Elat basins.

The Nuweiba earthquake was followed by more than 5000 measured aftershocks in the following two months, 123 of them with $M_L \geq 4$ and 11 with $M_L \geq 5$. Many of the larger aftershocks are clustered in the southern half of the Elat basin, i.e. 20-60km south of Elat.

GEOMAGNETIC SECULAR VARIATIONS
AND THEIR CORRELATION WITH SEISMICITY IN ISRAEL

B. Shirman*

The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon
(*Currently with the Survey of Israel)

Geomagnetic observations at the Bar Giora observatory began in 1989 under the leadership of R. Segal (Survey of Israel) and include digital recordings and absolute measurements. Analysis of the data shows these main groups of magnetic field variations:

- a) Trend alterations caused by large scale internal sources.
- b) Variations associated with external sources (solar day variations, magnetic storms, 27 days and 1 year period variations).
- c) Non-periodic variations association with the earth's crust sources which are connected to seismotectonic processes.

In order to isolate the effects of seismotectonic processes, the magnetic field was filtered using data from other geomagnetic observatories. The filtered magnetic field was compared with the temporal distribution of earthquakes inside Israel. Bay-like geomagnetic variations precede the appearance of seismic activity, the largest of which were concentrated near earthquakes of $M_L=5.8$ on 31 August, 1993 and $M_L=6.2$ on 22 November, 1995 in the Gulf of Eilat.

Sediment Dynamics in Lake Kinneret: Experimental Research with Application of the Fluorescent Tracers

Shteinman, B., Koren, N. and Kaganovsky, S.

Israel Oceanographic & Limnological Research, Yigal Alon Kinneret Limnological Laboratory, P.O.B. 345, 14102 Tiberias

A new technique, fluorescent tracers, has been used in the littoral zone of Lake Kinneret and in the Jordan River mouth to measure the sediment transportation. The results of the study were incorporated into a model where turbulence and wave action are related to grain size of the sediments and the bottom slope (Fig. 1).

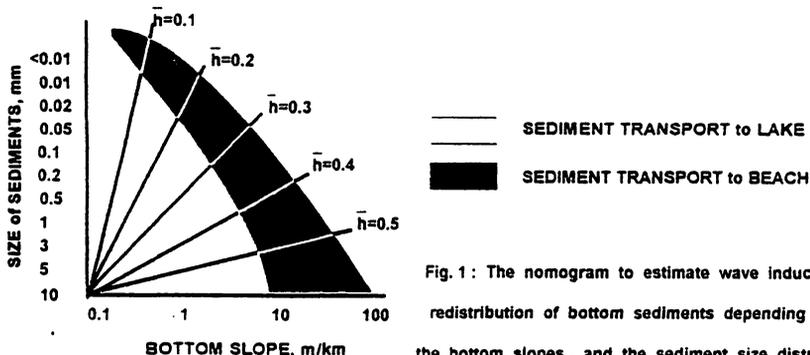


Fig. 1: The nomogram to estimate wave induced redistribution of bottom sediments depending on the bottom slopes, and the sediment size distribution

The model predicted a transport of the littoral bottom sediments in opposite directions (inshore and offshore) caused by fractionation of particles according to their size. These observations indicated that in the littoral zone of the west coast of the lake fluctuations of the water level were followed by different patterns of the bottom sediment movement on different slopes: unidirectional movement of the sediments from the shore and accumulation of sand caused by sediment movements towards the shore. The total zone of the erosion is increased with lowering of water level. Lake water level fluctuations altered interrelationships between sedimentation and resuspension of particles. The method of the fluorescent tracers enabled us to observe directly resuspension event and fractionated transport of bottom sediments in opposite directions. Further development of this method using fluorescent tracers will enable us to carry out quantitative estimations of sediment fluxes.

SHEAR WAVES AS A SOURCE OF INFORMATION ON THE STRUCTURE
AND PROPERTIES OF THE SHALLOW SUBSURFACE

V. Shtivelman

The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

Because of their specific properties, shear (S) waves can provide important and sometimes unique information on the structure and composition of the shallow subsurface. This information may be used to obtain geotechnical parameters of the subsurface as a basis for seismic risk assessments, to distinguish between lithological and hydrological boundaries, etc. In this work, a number of seismic methods using shear waves are discussed:

- Refraction: this method provides a shear wave velocity model for the uppermost part of the geological section.
- High resolution reflection: seismic sections obtained by this method may present a clear and detailed structural picture of the subsurface layers and shallow faults.
- Dispersion analysis of surface waves: the vertical distribution of shear wave velocities may be estimated from conventional seismic records using this technique.
- Downhole velocity measurements: vertical velocity distribution along the borehole is obtained with the energy source located at the surface while the receivers are placed at different depths within the borehole.
- Crosshole investigations: this is the most reliable and precise technique for in situ velocity measurements in which the acquisition system, an energy source and two receivers, is located within three adjacent boreholes.

The results of the application of the above methods are demonstrated using a number of examples from various regions in Israel.

SITE INVESTIGATIONS BY SHALLOW SEISMIC SURVEYS:
TWO CASE HISTORIES IN ISRAEL

V. Shtivelman

The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

Two groups of seismic methods have recently been used extensively for engineering site investigations in Israel:

- Refraction surveys using the compression (P) and shear (S) wave technique. These methods are applied for estimating spatial distribution of seismic velocities in the uppermost part of the geological section. The information obtained by these surveys can be used to derive geotechnical parameters of the site under investigation as well as for seismic risk assessment.
- High resolution reflection surveys. This technique is used for detailed study of the subsurface structure and, in particular, for detecting and mapping shallow faults at the investigated site.

This work presents the results of seismic surveys using the above methods in two regions: at the prospective site for a bridge across the Jordan river (near the Arik Bridge) and at a site on the slopes north of Tiberias for road paving. The following results were obtained at both locations:

- P and S wave refraction surveys present a reliable velocity model which shows good correlation with shallow borehole data. On the basis of this model, initial values for the resonance frequency and amplification factor for each site can be estimated. The values obtained correspond well with the seismometric measurements conducted at both sites.
- High resolution reflection surveys provide a clear and detailed structural picture of the shallow subsurface. On the basis of the seismic sections obtained, a system of shallow faults disrupting the continuity of the subsurface layers can be detected and mapped.

UPPER PLEISTOCENE COASTLINES IN THE GALILEE COASTAL PLAIN, ISRAEL, WITH AN EMPHASIS ON STAGE 7.1 AND 5.5 PHASES.

Sivan D.¹, Gvirtzman G.², Sass E.³

1. Geological Survey of Israel, Jerusalem, and The Department of Maritime Civilizations, Haifa University, Haifa, Israel.
2. Department of Geography, Bar-Ilan University, Ramat-Gan, Israel.
3. Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, Israel.

The Pleistocene sequence in the Galilee coastal plain, Israel, is composed of alternations of calcareous sandstone (kurkar) and red loams (hamra), dark clays and uncemented sands. Some of the calcareous sandstones accumulated and became cemented under marine conditions, while others are of eolian origin. The late Quaternary sequence, whose age spans isotopic stage 7 through Holocene, overlies unconformably an hiatus which represents 0.5-1 million years. The overlying sedimentary cycles start with a thin paleosol and is overlain by calcareous sandstones (Akko Mbr.) of marine origin, which pass eastwards to eolian sand sheets. The marine kurkar represents a transgression that penetrated eastward of the present coastline. The age of the Akko Mbr. is correlated herein with isotope stage 7.1. The global sea level at that time is uncertain, though there is no doubt that it was lower than at present. The present elevation of the Akko Mbr. above sea level is attributed to young tectonic movements. Overlying the Akko Mbr. is the Evron Mbr. which consists of red paleosol, contains findings of mammal bones and Middle Acheulian tools. The lack of carbonates in this soil, and the high content of kaolinite relative to illite-smectite, are indicative of intensive leaching and a humid climate. The Evron Mbr. is correlated with isotope substages 6.6 or 6.4, and the sea level at the time of its deposition and development was lower by tens of meters than the present-day level. Overlying the Evron Mbr. is the Regba Mbr. which consists of two units of calcareous eolianites separated by a red paleosol. The eolianites accumulated in at least three longitudinal ridges. This member, which formed under continental conditions, is correlated with isotopic substages 6.3-6.1. The sea level at the time of its deposition was still lower than the present one. Another transgressive cycle, starting with marine clays and continuing with calcareous sandstones, is the Yasaf Mbr. This member is a fossiliferous marine calcareous sandstone which includes the gastropod *Strombus bubonius* LMK, a diagnostic fossil of the "Tyrrhenian transgression". The Yasaf Mbr. facies is penetrating 1-1.5 km. eastward of the present coastline, and forming an embayed shoreline. The member is correlated with isotope stage 5.5. The accepted sea level at that time is +6m to +7m. In the study area the base of the member is found at altitudes ranging from +5 m in the uplifted structures down to -6.2 m in the relatively lower structures. The overlying Nahlieli Mbr. which outcrop only on a tiny island about 1 km of the coastline, representing substages 5.4 to 5.1. The Holocene sequence overlies unconformably the Late Pleistocene sedimentary cycles. This unconformity represents an hiatus of the last Ice Age. The younger sediments include marine clays of the Holocene maximum, subrecent eolian sands and beachrocks.

The "Tyrrhenian transgressions" and the Holocene maximum transgression of the Mediterranean are represented in the Galilee coastal plain of Israel, by high peaks of stages 7.1, 5.5, 5.3, 5.1 and 1.1. During stage 6, two climatic phases were recognized, one humid (stage 6.4) and the other arid (stage 6.1 to 6.3).

Radon flux in syenitic rocks along the Ramon fault, Makhtesh Ramon

G. Steinitz¹, B. Lang¹, U. Vulkan², and Y. Avni³

- 1- Geological Survey of Israel, Jerusalem.
- 2- Soreq Nuclear Research Center, Yavne.
- 3- Science Center, Mizpe Ramon.

A radon anomaly occurs in Early Cretaceous syenitic intrusion and adjoining sediments extending some 3 km in the Gavnunim-Shen Ramon sector in Makhtesh Ramon, along the Ramon fault. The radon anomaly, discovered in the course of prospecting for uranium, was re-investigated for the occurrence of temporal variations in the radon flux. Five detector tubes (1.2 m long) were set into the syenite at the highest anomaly area, and monitoring was performed by changing detector films twice a week from August 1994 to August 1995. Anomalous radon values were recorded in all tubes throughout, maximal values ranging between 2050 and 4570 pC/l. Two types of temporal variations were observed: (1) the mean value gradually rises from 1070 pC/l to 1320 pC/l (23 %) in 360 days; (2) short term fluctuations from around 500 pC/l to around 3000 pC/l (and vice versa) occur in time spans of several days. These observations are the second documentation in Israel of temporally varying flux of radon. Such phenomenon have been previously described in the Dead Sea Rift (DSR) area. There, the source of Rn is assumed to be associated with Senonian uranium bearing phosphorites, whereas in the Ramon the source must be in Early Cretaceous or older rocks. Short term variations (5-10 days) - termed radon events - observed in the Dead Sea anomaly are also clearly recorded in the Gavnunim anomaly. Assuming that the radon events in the syenite adjacent to the Ramon fault, are - like in the DSR area - linked with the local present day stress/strain regime, the parallel monitoring of the Rn fluctuations in both areas opens new possibilities for developing the use of "tectonically related" radon as a tracer of the present day tectonic activity.

Investigating the deformation characteristics of an Israeli Chalk

M. L. Talesnick and M. Brafman

Technion - Israel Institute of Technology, Faculty of Civil Engineering

A study of the mechanical/deformational characteristics of an Israeli chalk has been performed. The objective of the study was to investigate the deformational properties of an Israeli chalk without the a priori assumption of linear elastic isotropic behavior. The testing methodology allows for the determination of material properties required to describe the behavior of transverse isotropic rocks when subjected to different combinations of normal stresses.

Anisotropy of the mechanical behavior of rock material and rock masses can play a very important factor when considering the engineering aspects of underground openings. Three very broad aspects may be considered:

- i) Determination of in-situ stresses for design calculations, in many cases use of overcoring techniques (doorstopper, CSIR cell) are employed in the determination of insitu stresses. These methods are based in elastic theory and as such must incorporate elastic properties which account for directional dependence as input.
- ii) Design of underground structures. Design stages of underground opening require material properties which account for anisotropic behavior. Both deformability and strength anisotropy must be considered.
- iii) Back calculation of structural deformations due to excavation processes or other induced stresses (either natural or man made) must also consider the directional dependence of the material behavior.

The sedimentary process involved in the deposition of chalk imparts a distinct visible layering to chalk beds. Furthermore the sedimentary process imparts a mechanical anisotropy to the chalk material such that the material may display transverse, or cross isotropic mechanical behavior. Due to its ease of excavation and widespread existence in the near surface Israeli geology several large scale civil engineering projects have been carried out within chalk masses. The present study has been aimed at the quantitative determination of the elastic properties required to describe the deformability of the massive chalk of the Adulam Formation in the northern Negev at Ramat Hovav.

Six different testing configuration were employed on hollow cylinder specimens sampled from the Ramat Hovav site. The testing configurations included uniaxial compression, radial compression, radial tension, and hydrostatic compression. The entire set of testing configurations was performed on each of eight hollow cylinder specimens. Analysis of the different testing configurations leads to the determination of four of the five material properties required to describe the elastic behavior of a transverse isotropic solid.

The results are conclusive. The chalk at the Ramat Hovav site is highly anisotropic. The anisotropy can be expressed quantitatively by comparing the elastic parameters within and perpendicular to the plane of material symmetry. This comparison is shown in the table below. It may be noted that in terms of stiffness, the modulus within the plane of material symmetry is nearly twice that of the stiffness perpendicular to the plane of material symmetry.

Tangent Modulus (MPa)		Poisson Ratio	
plane of material symmetry	perpendicular	plane of material symmetry	perpendicular
within	perpendicular	within	perpendicular
6200	3600	0.2	0.16

Further analysis of the test data allows for the determination of tensile material characteristics as well as effects of confining pressure on the material stiffness.

Petrography of Late Roman - Byzantine cementing materials at Sumaka, Mount Carmel

Tsatskin, A.¹ and Dar, S.²

¹ The Zinman Institute of Archaeology, University of Haifa

² Department of Eretz Israel Studies, Bar-Ilan University, Ramat Gan

Analysis of petrographic thin sections of constructional artifacts at the Jewish settlement Sumaka (Late Roman - Byzantine period) allowed a better understanding of both ancient building technologies and social-economical status of the settlement. We studied the plaster and cement from a synagogue, workshops, a collecting vat of the wine press, and a water reservoir.

The plaster was manufactured of burnt lime with additions of stone and soil aggregates of various sizes, ceramic sherds, marine shells, and organic materials. Several major types of plaster can be distinguished: pure lime mortar, lime mortar with burnt organic additives including manure (?), and mortar enriched with ceramic sherds. The basic raw materials (e.g., limestone, kurkar, shells) were possibly supplied from the Carmel area. It is worth noting that, in contrast to other components, shells from the Mediterranean beach were mixed with the mortar without being ground first. Inclusions of quartz sand are present in minor quantities. Scarce magmatic rock fragments, as well as pyroclastic and ferruginized materials, occur in several samples. They seem to result from the occasional utilization of waste from exotic building materials or as by-products of metalurgic production in the site.

It seems that the function of a structure was a decisive factor as to what kind of mortar to use. For example, the floor of the synagogue is characterized by pure lime mortar, whereas the floors of the workshops were made of mortar enhanced by stone aggregates, including slag and ferrioxides. Hydraulic lime mortar was used in the water reservoir and a collecting vat of the wine press. Hydraulic mortar was manufactured from lime blended with charcoal and/or potsherds, which served to protect the walls of the structure from the impact of water and prevent percolation. The larger water reservoir showed a complex quadruple layering of the cement on its floor: on the top - cement with potsherds, then a charred layer, a pure lime mortar layer, and, finally, a plaster enhanced with gravel.

Electron Microscopy Analysis of Inorganic Pigments from Places of Historic Importance: the Room of the Last Supper, Jerusalem

Van Zuiden, A.,¹Zuravski, H.,¹Moroz, I.²

¹Israel Antiquities Authority, p.o.586, 91004 Jerusalem

²Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, 91904 Jerusalem

The art-historical importance of the Room of the Last Supper lies in its typical Gothical cross-vaults and its capitals which bear the imprint of their builders: the French Crusaders (Lilies of France) and the German Crusaders (shield of Regensburg).

Before a proper conservation proposal can be made by the stone section of the Israel Antiquities Authority (IAA), the following points must be checked: stone type, stone deterioration, salt damage and analysis, temperature, humidity and moisture readings, and presence of old paint or pigment remnants.

Paint remnants were found on columns, capitals and stone ribs (vaults). In the past inorganic pigments were analysed for the IAA by the Geological Institute via the AES ICP method, but unfortunately rather large samples are necessary. From the shield of Regensburg only a very small sample could be removed and thus the Electron Probe Micro Analyzer is much preferred.

Pigments analysed were different greens, browns, pink, dark and bright red.

- Lithopone was found in light and dark green and dark brown (on columns).

It came into commerce around 1820 and was used in late 19th century and first half of the 20th century (mainly as filler). The white pigment is a mixture of barite (BaSO_4) with Sr + ZnS.

- Bright red: Cinnabar, the synthetic and natural HgS is in use from ancient civilisation till the 20th century.

- Green pigments: the green paint on the columns is probably from an organic source; in the matrix- calcite (CaCO_3) or dolomite [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]; much lithopone is found. The green of the stone ribs appeared to be an oxidation product of metal copper.

Except for Cinnabar, all other paint samples are late 19th or even early 20th century.

Electronic monitoring of radon at the northwestern Dead Sea - first results -

U. Vulkan¹, B. Lang², G. Steinitz²

1- Soreq Nuclear Research Center, Yavne.

2- Geological Survey of Israel, Jerusalem.

Data collected during 1992-1994 by monitoring the radon flux (resolution 3-4 days) in the northwestern sector of the Dead Sea, showed the presence of a high and fluctuating radon flux. The temporal variations observed are: (1) multi-year and seasonal, and (2) short term (7-20 days). The latter could be statistically correlated with earthquakes occurring in the nearby sector of the Dead Sea Rift. In order to increase the temporal resolution of the radon flux measurement, a first automatic electronic station was placed (during 1994) in the gravel near Enot Zukim, using a time resolution of 10 minutes. Three additional electronic stations (10 minute time resolution, high sensitivity) were installed in 1995: two measuring radon in the gravel at Qumeran and Enot Qane, and one measuring radon in water at Enot Zukim. The radon measurement is based on gamma ray detectors. Environmental detectors are simultaneously measuring temperature and moisture in the gravel, and external atmospheric temperature and pressure.

The continuous monitoring of radon shows small systematic daily variations probably related to meteorological factors as well as small to large non-systematic variations, one to ten days long - termed "radon events". The variable pattern of these radon events indicates that different processes are responsible for the rise, and respectively the decrease of the radon flux within the sampling volume. This behavior of the radon flux indicates the complexity of the processes controlling both the release of radon at the source and its transport from the source to the surface.

A NEW THEORY OF INTRAPLATE TECTONICS

Wdowinski, S.

Department of Geophysics and Planetary Physics, Tel Aviv University

The theory of plate tectonics assumes a rigid behavior of the tectonic plates and, therefore, cannot explain the observed intraplate deformation. A new theory of intraplate tectonics is developed to quantitatively investigate intraplate deformation as induced by a small non-rigid component of the relative motion between plates. Similar to the theory of plate tectonics, the new theory uses spherical geometry and is strictly kinematic. It is based on simple assumptions that link the well-established directions of relative plate motion to the displacement and deformation fields within a plate interior adjacent to three types of deformable plate boundaries: inward-, outward-, and tangential-displaced boundaries. The theory yields simple predictions about the direction of the intraplate stress field in terms of small circles, great circles, and spiral lines around the pole of rotation of two neighboring plates. The principal axis of the maximum horizontal stress follows small circles for inward-displaced boundaries, great circles for outward-displaced boundaries, and 45° spirals for tangential-displaced boundaries. The theory predictions are systematically compared with more than 7000 observed directions of the principal axis of maximum horizontal stress provided by the world stress map project [Zoback, 1992]. The major contributions of the theory are (1) providing the missing link between global plate motion and regional tectonics, (2) predicting the theoretical expected direction of the first order intraplate stress field, and (3) a distinction between two types of transform plate boundaries.

IS THE DEAD SEA TRANSFORM REALLY A TRANSFORM?

Wdowinski, S.

Department of Geophysics and Planetary Physics, Tel Aviv University

The Dead Sea Transform (DST) is a widely accepted name for the northern segment of the Arabia-Africa plate boundary that shows significant left-lateral displacement. Although its northern end does not terminate abruptly, it can still be called a transform fault according to Wilson's [1965] definition, because it shows significant horizontal displacement and its southern end terminate abruptly. However, it does not meet the rigid plate tectonic requirement of a transform plate boundary, because it does not follow the direction of small circles around the Arabia-Africa pole of rotation (PoR). Several studies have suggested that the DST is a rigid plate boundary between Arabia and the Israel-Sinai subplate, with a PoR separate from the Arabia-Africa pole. Although this approach provides a large degree of freedom to locate the PoR according to the orientation of the DST, it shows that only the southern half of the DST follows the direction of small circles. The northern half of the DST, north of Lake Kinneret, cannot be explained by the rules of rigid plate tectonics.

An alternative explanation for the tectonic setting of the Dead Sea Transform is given by a new theory of intraplate tectonics. Like the theory of plate tectonics the new theory uses spherical geometry, but it accounts for deformation within plates. It yields simple predictions about the direction of the intraplate stress field in terms of small circles, great circles, and newly defined spiral lines around the pole of rotation of two adjacent plates. Applying the theory to the Arabian plate and comparing the predictions with observations provided by the world stress map project [Zoback, 1992] indicates: (1) the direction of maximum horizontal stress follows small circles, (2) the direction of minimum horizontal stress follows great circles, and (3) the direction of maximum horizontal shear stress follows spiral lines at 45° to the PoR. This analysis shows that the DST, throughout its length, follows the direction of spiral lines or the direction of maximum horizontal shear stress. Hence, the DST can be explained by shear sliding under compression, similar to faulting in compressional test of rocks at laboratories.

Evolution of Fracture Patterns in a Desiccated Clay Layer

Weinberger, R.,^{1,2} Lyakhovskiy, V.,² Agnon, A.,²

1. The Geological Survey of Israel, Jerusalem.
2. The Institute of Earth Sciences, Hebrew University of Jerusalem.

We investigated the evolution of mud crack patterns in a desiccated clay layer. This investigation contributes to the understanding of crack initiation and propagation, and to the formation of columnar joints in lava flows and in sandstone. The mud cracks divide the clay layer into cells (polygons) that are disconnected from the substrate. The surface of each fracture develops "plumose structure" from which the origin of the fracture and propagation direction can be inferred. In a few cases it is possible to recognize a defect (such as roots, sandy grains, drops of rain) in the apparently uniform clay layer, but in other cases such defects were not observed. From its origin the fracture propagated bilaterally in a straight or curved pattern, unless the origin was located on the face of a preexisting fracture ("T" junction). We used the fracture-surface morphology and the fracture-intersection geometry to infer the subsequent evolution of fractures in each polygon, and to reveal the overall order of their appearance in a desiccated layer.

We mapped a desiccated clay layer near Massada, the Dead Sea Rift. We present an area of 3 square meters of a 15 mm. thick desiccated layer, that overlay a wet sandy layer. The mapped area contains at least nine stages of evolution of fracturing. Generally, the older fractures are relatively longer and fewer than the younger fractures. Continuous fracturing follows by increase of number of cracks per stage and decrease in their length. However, during late stages of fracturing the number of cracks decrease again. Polygons start to form at the fourth stage. During continuous desiccation and fracturing the cracks to polygons ratio decrease, and at the youngest stage 65 polygons were formed by only 88 cracks (ratio of 1.37). Complimentary observations of a muddy pond that has been desiccated gradually show that relatively longer cracks grow from the margin of the pond inward. The cracks grow at an average rate of a few tens of centimeters per day.

According to linear fracture mechanics theory, macrocracks initiate from micro defects in the material due to tip stress concentration proportional to the square of the radii of the defects. This mechanism was observed only in a few crack origins. In particular, cracks propagate from the convex side of "curve T" junctions, where defect size was not observed and, thus, could not produce significant stress concentration. Nevertheless, advance theories of fracture mechanics enable spontaneous initiation of microcrack clouds in grainy material, in particular at the convex side of curve cracks.

We simulate the evolution of mud fracturing by means of damage mechanics, allowing spontaneous initiation of fractures. In our model the fractures evolve in a non-linear elastic layer that is coupled to a viscous layer at its base. Shear stress at the base of the elastic layer is transferred by the viscous layer, and the desiccation is simulated by an isotropic tension. During the initial stages of the simulation long cracks evolve from randomly distributed defects in the elastic layer. In later stages spontaneous fracturing occurs, producing patterns similar to those observed in the field.



Does the Judea Group aquifer preserve the Holocene climate record?

M. Weinstein-Evron¹, G. Weinberger², J. Kronfeld², A. Horowitz³ and
A. Yaniv⁴

1 Zinman Institute of Archaeology, University of Haifa

2 Department of Geophysics and Planetary Sciences, Tel Aviv University

3 Laboratory of Palynology Institute of Archaeology, Tel Aviv University

4 Department of Physics and Astronomy, Tel Aviv University

To unravel the Holocene and earlier climate changes that have transpired in Israel, many types of climate proxy data have been used, including pollen diagrams, analysis of travertine deposits and archaeological information. It is now suggested that direct evaluation of changes in the amount of paleoprecipitation may be recorded by the ground water itself within the aquifer.

The late Cretaceous (Cenomanian-Turonian) Judea Group carbonate aquifer is a major regional aquifer. It contains large groundwater reserves that are being extensively exploited through a large network of wells. A large data base of radiocarbon analyses has been compiled from published and our unpublished data (mostly coupled with stable carbon and oxygen isotopes, and tritium analyses). The radiocarbon concentrations vary over a wide range from less than 20 pmc to greater than 90 pmc. It appears that the analyzed aquifer is vertically stratified age-wise. If those waters that contain tritium are subtracted from the data base, the remaining samples range from approximately 20-70 pmc distributed around three peaks, tentatively interpreted to be centered at 8200, 4200 and 1500 years B.P., with gaps in between. This we interpret as representing periods of greater and lesser pluviation respectively. The ¹⁴C age distribution histogram appears to correspond to that of the pollen diagram for the same period and for the stages of formation of the Sedom Cave network, and the Holocene settlement pattern of Israel.

Colloidal Particles in Groundwater

Weisbrod, N¹., Ronen, D²., Puls, R. W³., Nativ, R¹.

1. The Seagram Center for Soil and Water Sciences, The Hebrew University of Jerusalem, P.O. Box 12, Rehovot 76100, Israel
2. Department of Environmental Sciences and Energy Research, Weizmann Institute of Science, Rehovot 76100, Israel
3. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, USEPA, P.O.Box 1198, Ada, OK 74820, USA

Colloids constitute a major contaminant carrier in aquifers. Until a few years ago, particles found in groundwater samples were considered artifacts and were filtered out prior to groundwater analysis. However, an increasing amount of evidence suggests that under adequate conditions, particles can be mobile in the subsurface and cannot be ignored when assessing groundwater contamination. The common practice of filtering groundwater samples can change some of the elements' concentrations by several orders of magnitude. The sampling of groundwater particulate matter is a relatively new field with no commonly accepted working protocols. Whereas pumping has been shown to produce colloids and associated contaminants which are not found under natural gradient conditions, passive colloidal sampling techniques are in their infancy. Results presented here were obtained using a passive multi-layer sampler (MLS) which enables the collection of both colloids and water samples under conditions of natural gradient flow. Laboratory calibration yielded a 60% capture efficiency for continuously stirred kaolinite particles (particle diameter between 300 and 700 nm) and ~90% for synthetic latex microspheres (400-nm diameter).

In a 30-m saturated field profile in the Coastal Plain aquifer of Israel, the concentration of colloids, composed mainly of aluminosilicates, quartz, CaCO₃ and organic matter, varied with depth from 20 NTU to 580 NTU. Particles diameter ranged between 300 and 900 nm. In Elizabeth City, North Carolina, the concentration of colloids in a 4-m saturated profile varied between 30 and 720 NTU inside the MLS cells. Within a single profile the concentration of Fe, Al and Cr in the sampled water were proportional to that of the colloids. The concentration of colloids was positively related to the pore size of the dialysis membrane (0.2 and 10 mm). Under conditions of natural gradient flow, the concentration of colloids sampled by the MLS was more than one order of magnitude higher than that of colloids obtained at low-flow pumping rates (~100 ml/min), suggesting artificial filtration (induced by pumping) of colloids by the porous media.

POST-SEISMIC ANALYSIS OF FAILURE FEATURES CAUSED BY THE GULF OF ELAT-AQABA EARTHQUAKE (22.11.1995).

Hillel Wust*, Rivka Amit*, Yehuda Enzel~, Ariel Heimann*, Shmuel Marco*, Daniel Wachs* and Ezra Zilberman*.

* Geological Survey of Israel, Jerusalem 95501

~ Institute of Earth Sciences, Hebrew University, Jerusalem 91905

The 6.2 ML earthquake of November 22th 1995 (Coord. Israel Grid: 117/-201, depth: 13 km) (Shamir et al.,1996; this volume) caused human and material losses along the eastern Sinai peninsula (Egypt). In Israel, more then 100 km from the epicenter, the earthquake was felt mostly in the southern and central part of the country, with a northwards decreasing intensity.

Post-seismic analysis of failure features in nature and on man-made structures is essential to mitigate human and material tolls of future earthquakes. We surveyed post-seismic damage in Elat, Aqaba and in the eastern Sinai peninsula. The natural features observed include joints, cracks, rockfalls, dust clouds, sand volcanoes, piezometric level fluctuations, tsunamis and coral fracturation. The man-made features which were surveyed comprise: buildings, water confinements systems, roads, embankments, levees, ramps, landfills, piers, marina and pools.

Our first conclusion is that the concentration of failures features around Elat's Hotel district was caused by local amplification of ground accelerations and liquefaction. Earlier predictions (Wachs and Zilberman, 1994) of the high seismic sensitivity and vulnerability of Elat's Hotel district were confirmed. Major active N-S striking faults, which run under the city, still need to be accurately analyzed and accounted for.

Our second conclusion is that the damage observed in Elat exceeds what is expected from the peak ground acceleration (0.1 g) recorded in alluvial fan material (Gitterman et al, 1996; this volume). A stronger or closer earthquake could have disastrous human and material consequences if adequate mitigation measures are not taken.

As a result, we recommend to develop for the whole country:

- **comprehensive predicted acceleration maps** which integrate bedrock as well as sub-surface amplification data,
- **seismic hazard maps** including areas which can be subject to liquefaction and slope instabilities.

A special emphasis should be imparted to 3 sensitive areas: the Dead Sea Rift Valley (Elat-Metulla), the Yizreel Valley (Haifa-Beit Shean) and the Coast Line (Ashkelon-Nahariya).

SEISMIC TRIGGERING OF SLOPE INSTABILITIES: ON-SITE INVESTIGATIONS IN NORTHERN ISRAEL

Hillel Wust¹, Sam Frydman², and Daniel Wachs¹

¹ Geological Survey of Israel, Jerusalem 95501

² Technion-Israel Institute of Technology, Haifa 32000

In Israel, the earthquakes of 1837 and 1927 triggered numerous slope instabilities which caused heavy casualties and wide-spread destruction (Wachs and Levitte, 1978, 1980 and 1981). Knowing that the seismic return period for strong earthquakes along the Dead Sea Rift does rarely exceed one century (Ben Menahem, 1991), analysing and monitoring the seismic sensitivity of slope stability is important for the future of the densely populated Galilee region.

The magnitude of the 1927 Jericho earthquake reached ML 6.25 (Ben-Menahem, 1976; Shapira, 1979; Shapira et al., 1993). It triggered landslides more than 200 km away from its epicenter, a distance which exceeds by a factor of 3 the maximal epicentral distance observed worldwide for coherent landslides (Keefer, 1984). This regional high seismic sensitivity is related to the conjunction of low shear strength lithologies, an inherited residual strength associated with preexisting sliding events, perennial undersaturated underground water flow and local amplification of seismically triggered ground accelerations. In an attempt to differentiate between the regular non-seismic slip rate of landslides and potential co-seismic displacements along a slip interface, a comprehensive monitoring and analysis of these interacting parameters is being carried out on an active landslide in the Galilee.

Preliminary results of EDM surveys are presented together with a geometrical model as well as an instrumentation programme for the implementation of continuous monitoring of slip rate, porewater pressure and incoming seismic load.

SITE AMPLIFICATION EFFECTS IN THE VICINITY OF
3-C SEISMIC STATIONS OF THE ISRAEL SEISMIC NETWORK

Y. Zaslavsky and A. Shapira

The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

Earthquake and microtremor records are used to estimate the site response of hardrock sites from seven three-component seismic stations which operate within the Israel Seismic Network. Response functions are determined by implementing the Nakamura (1989) method, i.e. using the spectral ratio between the horizontal and vertical components of the seismograms.

A total of 422 three-component waveforms, obtained from 130 events in the magnitude range 2.4-5.4 and recorded at epicentral distances of 15-500 km, were analyzed. The sites of the seismic stations ATZ (Mt. Atzmon), MBH (Mt. Berech) and, to some extent, SAGI (Sagi Heights) exhibit amplification attributed to the effects of topography. At ATZ, within the 1.3-2.0 Hz range, the amplification is in the order of factor 4. At MBH, amplifications of 3.0-3.5 times are observed in the frequency range 1.5-4.0 Hz. Slight amplifications around 1.3-3.0 Hz are noticeable at SAGI. These responses seem to be independent of the azimuth, distance or magnitude of the events.

A relatively strong amplification effect in the low frequency range (<0.7 Hz) is observed at MKT (Machtsh Katan). This effect can be correlated with the gravity anomaly in that area. The sites at stations DOR (Dorot), ATAR (proposed nuclear power plant site) and ZNT (Zur Natan) demonstrate no amplification effects, probably due to the fact that they are located on platforms.

These observations demonstrate the usefulness of Nakamura's technique in estimating the topographical effects on earthquake monitoring. This method may be used in the process of seismic hazard assessment of ridges and mountain tops, proposed dwelling sites, communications relay stations and power transmission towers.

COMPARISON OF EMPIRICAL DYNAMIC PARAMETERS OF STRUCTURES
OBTAINED FROM FORCE EXCITATION AND AMBIENT VIBRATION TESTS

Y. Zaslavsky and A. Shapira

The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

To evaluate the earthquake vulnerability of existing structures, engineers generally utilize analytical modeling and analysis procedures similar to those applied at the design stage. In this case, the analytical models should take into account the actual properties of the structure, its elements and materials. One way of validating analytical procedures is to perform experimental studies on full-scale structures. Such analysis has been conducted on three different types of structure in Israel: a regular reinforced concrete building (hotel), a prefabricated, eight-story building and a reinforced concrete crane support structure. The following methods were used for the dynamic test:

1. Free vibration test in which oscillations were generated by explosions, ultrasonic shocks or hitting the wall with an accelerated cart.
2. Ambient vibration test due to ground vibration and wind load.

It has been demonstrated that the recorded response of the structure to both ambient and forced excitation yields accurate determinations of the fundamental translational frequencies. The damping estimates by ambient excitation were obtained from the width of the spectral peak which corresponds to the model frequency of interest.

The procedures and results facilitate improved engineering judgement of existing buildings, to be presented by civil engineers for vulnerability assessments.

SHOULD SITE AMPLIFICATION ASSESSMENTS
BE GENERALIZED OR LOCALIZED?

Y. Zaslavsky, A. Shapira and V. Shtivelman
The Institute for Petroleum Research & Geophysics, Holon

The contrast in stiffness between hard rocks and the overlying soft soil can often cause the effect of frequency-selective amplification of ground motions generated by earthquakes. The damage caused to a structure by this effect can be especially severe if the frequency at which the maximum amplification occurs is similar to the natural frequency of the structure.

The objective of this work is to estimate the possible amplification of seismic ground motion at a number of sites in Israel. For this purpose, a small seismometer array was deployed at a site near the River Jordan (north of the Sea of Galilee), near Lod and at several locations in the town of Eilat. Spectral techniques were used to investigate microtremor characteristics of the sites and to relate them to properties of the shallow subsurface. The site response functions are determined using Nakamura's method based on spectral ratios between horizontal and vertical components of the seismograms. Based on a subsurface site model produced from seismic refraction surveys, the 1-D SH transfer functions for low amplitude motions were calculated and compared with the empirical site response function. The results are as follows:

- Site amplifications in the order of factor 6 were observed at some sites. The frequency at which the amplification is dominant may vary from 0.8-7.0 Hz.
- Great differences in response are observed over very short distances (several tens of meters). These differences occur in both frequency and amplification level.
- Surface geology information alone is definitely insufficient for assessing the possibility of site amplification. Empirical verification and/or subsurface information are essential.
- Assessments based on subsurface information, e.g. velocity structure and soil stratigraphy, must be verified by experimental means. The Nakamura method may well serve this requirement.

Mass-balance study of geochemical processes in the vadose zone and improved calculating the groundwater recharge

M. ZILBERBRAND (Hydrological Service of Israel, P. O. B. 6381, Jerusalem 91063)

M. DODU (Computation Center, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem 91904)

The use of mass-balance models for quantifying rates of geochemical processes in a deep or/and slightly drained unsaturated zone is restricted by the general absence of direct information concerning salt output. This limitation could be overcome using an approach of relative ion concentrations in conditions of quasi-steady-state water-salt transfer.

The proposed approach is based on calculating balanced rates of adding (or removing) ions to/from the total annual mass of ions entering the vadose zone, which determines given relative concentrations of these ions in groundwater. Estimating these rates enables one to calculate groundwater recharge best fitted to the mass balance of all considered ions, both conservative and non-conservative during transit through the vadose zone. Quantifying kinetics of geochemical processes in the vadose zone and calculating the rainfall-recharge ratio is performed by computerized solving the overestimated system of mass-balance equations formed according to the proposed approach.

The proposed approach for estimating groundwater recharge presents an extension of the well-known chloride mass-balance method. In the cases considered in this study, the difference between the estimates performed using both methods reached 22-26 %. The chloride mass-balance method disregards dry salt deposition, while in the proposed approach it may be considered as included in the calculated values of the total annual changes of ion mass in the liquid phase. However, this consideration requires applying special methods for solving ill-conditioned systems containing mass changes of both non-conservative and quasi-conservative components of rain water.

The possibilities of the approach were demonstrated using published data from a karstic Soreq cave (Bar-Matthews et al., 1994; Even et al., 1986). Karst investigations, providing both salt output data, data on composition of dissolving and precipitating carbonate rock and speleothems' size and age, enabled to verify the model used for simulating the chemical transformation of penetrating water.

Calculations performed in some specific points of the cave enabled to estimate both net rates of carbonate dissolution (about 20.9 g/m²yr) and precipitation (4.5-9.5 g/m²yr), a composition of dissolved or precipitated sediments, rates of nitrate decomposition (7.2-16.2 g/m²yr), CO₂ production (more than 450 mol/m²yr) and water fluxes in the vadose zone (85-150 mm/yr). Calculated data were shown to be reliable and consistent with other published data.

The Alpine folding on Andros, implications to the strain development and the kinematics in the Western Cyclades

Ziv A., Garfunkel Z. and Avigad D.

Institute of Earth Sciences, The Hebrew University of Jerusalem 91904

The main rock unit on the island of Andros was metamorphosed at blueschist facies to eclogite facies conditions, during the Alpine orogenesis (Eocene). In many places this assemblage was overprinted by a retrogressive, greenschist metamorphism dated to 20-25 Ma. The stratigraphic column on Andros includes marbles, metasediments and metavolcanics. The entire section is folded by a system of recumbent folds of various scales, from microfolds to megafolds reaching a wavelength of the order of 10 km. The dominant fabric is a layer-parallel schistosity. The schist frequently shows stretching mineral lineation on the schistosity. Both the lineation and the fold axes trend NE-SW. This orientation is perpendicular to the strike of the "Hellenic Trend", which is parallel to the present Hellenic orogen.

Previous works discussed the kinematic significance of the fold axes in the Cyclades and the position of the Cyclades within the tectonic framework of the Hellenides. Blake et al. (1981) proposed that the orientation of the fold axes in the Cyclades is perpendicular to the direction of the subduction during the Eocene. According to this scenario the Cyclades were kinematically decoupled from the Hellenides. In contrast, Rodgers (1984) suggested that the present direction of the fold axes is a result of regional reorientation of fold axes, which were originally oriented parallel to the "Hellenic Trend".

The present study focuses on the NE-SW trending megafold system and combines field data with a petrographic study and finite strain calculations.

The timing and conditions of fold formation: The retrogressive greenschist assemblage, in particular albite porphyroblasts, shows static growth on fold hinges, indicating that fold formation and tightening ceased prior to the overprint. The glaucophane growth is more complex and at least three different petrographic generations were distinguished. Most of the glaucophanes belong to the first generation which consist of idiomorphic, pale blue crystals and exhibits pre-kinematic growth with relation to folding. Very large and zoned crystals form the second generation, which is less deformed and seems to join the folding at a later stage. The zoning is from faint blue in the cores to dark blue in the rims, which may be explained by retrogressive changes in the P-T conditions. Finally a minor post-kinematic, dark blue glaucophane (Fe-rich) occurs too, showing that the folding ceased within the blueschist facies conditions.

A quantitative evaluation for the fold axes reorientation model: The amount of strain required to rotate fold axes by 90° into the direction of finite maximum extension (the direction of stretching lineation), was calculated. The results show that at least 450% (corresponding to a shear angle equal to 75°) of finite extension to the NE-SW is required. On the basis of regional tectonic consideration we infer that the amount of finite extension since Late Eocene could not possibly exceed 200%. If the deformation was homogeneously distributed throughout the entire crust, the suggested rotation couldn't have been attained. But if deformation wasn't homogeneously distributed and, instead, was concentrated in shear zones several kilometer thick, a shear ratio of more than 4 to 1 ($=\tan 75^\circ$) would be required to achieve the proposed rotation. However, the lack of rotational or mylonitic fabrics is inconsistent with the later possibility, and hence the model of reorientation is rejected.

Influence of grain size and texture on ultimate strength of dolomites

Zur, A.¹, Hatzor, Y.¹, Mimran, Y.²

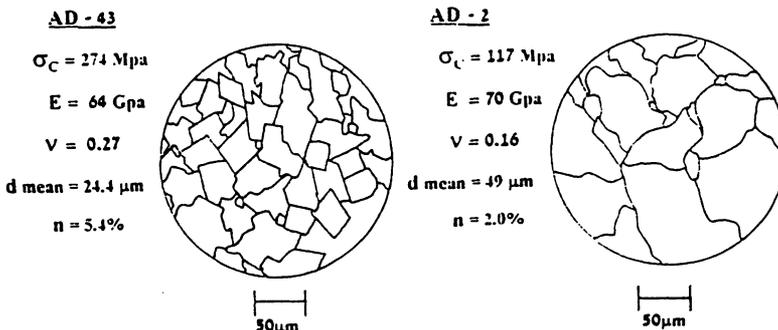
¹Department of Geology and Mineralogy, Ben-Gurion University of the Negev, 84105 Beer Sheva

²Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Israel St., 95501 Jerusalem

25 samples of massive dolomite rock from Aminadav formation were sampled in drill holes from Judea mountains. The samples were tested in a high stiffness load frame, controlled by closed loop servo-control. Early workers in rock mechanics have investigated the influence of the variability in grain size on the mechanical response. The studies used the mean grain size and found best correlation coefficients with ultimate strength. In this research dolomites are studied and the influence of grain size and texture on the ultimate strength are investigated. The base assumption was that the crack initiation is expected to begin from the edge of the largest crystal face. Homogenous and isotropic samples were prepared following ISRM standards. The petrography of each sample has been studied by petrographic and scanning electron microscope (SEM). Grain size distribution shows change up to one order of magnitude in single sample. The relationship between ultimate strength and mean grain size, that was shown in early studies, could not be confirmed in this work. Rock of similar mineralogy, porosity and grain size distribution show extreme change in ultimate strength. The rock matrix is composed of rhombohedral dolomite crystals where face to face and face to edge contacts are common. Three main textures were observed:

Xenotopic mosaic, Idiotoptic mosaic, Hypidiotoptic mosaic

Significant correlation was found between textures and ultimate strength. It was found that Hypidiotoptic mosaic (AD-43), which represents closely packed, anhedral crystal with linear boundaries and many crystal face junctions, show high strength compared to Xenotopic mosaic (AD-2), which represent closely packed crystals, characterized by curved boundaries. It is suggested that grain contact or texture in general also influence peak strength in poly crystalline aggregates



UNCONFORMITIES ASSOCIATED WITH THE DEVELOPMENT OF HATIRA MONOCLINE IN THE GIVA'T MADOR AREA.

Zur, Y.¹, Y. Eyal¹ and G. Shamir²

1 Dept. of Geology, Ben-Gurion Univ. of the Negev, Beer-Sheva

2 The institute for Petroleum Research and Geophysics, Holon.

Giva't Mador is located near the steep southeastern flank of the Hatira monocline, northern Negev, Israel, which is one of the folds comprising the Syrian Arc fold system in this area. The strike along this flank varies considerably, forming outstanding bends, one of which is the Afran bend. The folding of the monoclines, which started during the upper Turonian, is expressed in the Giva't Mador area by a series of angular and erosional unconformities. The character of these unconformities varies in both strike trend and dip angle. The unconformities enable us to estimate the age, rate and spatial variation of folding in this area. All measurements were performed using an Electronic Distance Meter (EDM).

The earliest unconformity, of Turonian age, is characterized by thickness changes within the Nezer formation, implying syn-tectonic deposition. Biostratigraphic evidence, iron oxides staining and, in some locations, a thin conglomerate bed and glauconitic chalk, indicate that the truncation of the top Nezer formation and occasional absence of the overlying Menuha formation resulted from erosion. The second unconformity truncates, partly or completely, the Santonian Menuha formation and is associated with a thin basal conglomerate. In some places this truncation reaches the conglomerate associated with the first unconformity. While normally the Mishash formation overlies the Menuha formation, occasionally it onlaps the Nezer. A third, angular unconformity is distinguished by significant, 20°, variation in the dip of the upper part of the phosphate member of Campanian Mishash formation. Further up-section a continuous change in the dip and thickness of beds was observed throughout the Ghareb, Taqiya and Mor formations. Thickness changes of up to 110 m were measured in the Ghareb formation and about 6° difference were observed between the dips of the base and top of Taqiya and Mor formations. The Mor, Taqiye and Ghareb formations are truncated by the uppermost erosional surface, over which a sub-horizontal conglomerate of supposedly Pleistocene age is overlain. We estimate the changes in folding rate during the various geological periods by calculating the mean rate of dip changes in those periods according to biostratigraphical data. The results indicate that the fastest uplift occurred during the upper Campanian and lower Maastrichtian, and after deceleration in the Paleocene it accelerated again during the Eocene.

Isopach maps of the Nezer and Menuha formations reveal that the amount of truncation along the strike increases toward the highest curvature of the Afran bend indicating that the greatest and earliest folding occurred in that area. We suggest that the reason for these observations is differential movements along the reverse faults at the base of the monocline.

Dear Mr. [Name],

I have received your letter of the 15th.

The information you have provided is being reviewed and we will contact you again as soon as a decision has been reached.

We appreciate your patience and understanding during this process. Your cooperation is essential for us to complete our review.

Sincerely,
[Signature]

רעידת האדמה של נואבה, 22 לנובמבר 1995

שמיר, ג., ל. פלדמן, ב. רייך, ק. בן ששון, ר. הופשטטר, א. שפירא, י. גיטרמן, ו. אבירב, ד. קדוש, א. פלד, י. שוורץ, ד. לוי, י. זסלבסקי, א. מליצקי

אגף סיסמולוגיה, המכון הגיאופיזי, חולון

רעידת האדמה החזקה ביותר באזורנו במשך לפחות 100 שנה והחזקה ביותר שנרשמה מכשירנית באזור מפרץ אילת, אירעה ב-22 לנובמבר, 1995, בשעה 04:15 GMT. על בסיס נתונים מישראל, ירדן, סעודיה ומצרים נקבע מקום המוקד ל- $28.76^{\circ}\text{N}, 34.66^{\circ}\text{E}$ (201.8-118.7 ברשת ישראל), ועומק של כ-13 ק"מ. הרעידה היתה בעלת מגניטודה של $M_L=6.2$ בסולם ריכטר המקומי, המבוסס על משך רישום גלי קודה ועל כן נותן ערך גבולי תחתון. מתוך קשרי מגניטודה-מומנט מקומיים ועולמיים מתקבלת מגניטודת מומנט של $M_w=7.1$.

הערכות ראשוניות של קבועי המקור, על פי אינברסיות של גלי גוף במרחקים טלסיסמיים ועל פי רישום רחב-טווח מתחנת בר גיורא (BGIO), נותנות מומנט סיסמי של כ- $7 \cdot 10^{26}$ dyne-cm, אורך סיגנל של כ-16 שני, הסטה ממוצעת של כ-2.8 מ' ונפילת מאמץ של 150-200 bar. האנליזות הללו, וכן קוטביות של הגעות ראשונות של גלי P נותנים פתרונות מישורי מוקד אשר, יחד עם הידוע על מבנה שברי המפרץ, מראים כי הרעידה התרחשה על שבר שכוונו 020° - 010° ונטיתו 80° - 70° למערב-צפון-מערב. ההסטה היתה בעיקרה אופקית-שמאלית, עם רכיב נורמלי קטן. כמו כן נרשמה בבירור התקדמות חד-כוונית, לצפון-צפון-מזרח, של השבירה, ומכאן ניתן לעריך כי אורך מישור השבר הפעיל היה כ-50 ק"מ. מכאן שהרעידה של נואבה התרחשה על המרכזי שבין שברי מפרץ אילת, החלה בשוליים המערביים של אגן ארגונו והתקדמה אל השוליים המזרחיים של אגן אילת. פונקציית המקור של הרעידה מראה כי פיזור ההסטה על פני השבר הפעיל היה א-סימטרי, כשהמקסימום מוסטת לכוון צפון-צפון-מזרח. כתוצאה, למעלה מ-80% של המומנט הסיסמי השתחרר בחצי המאוחר של הרעידה, באזור המעבר שבין אגן ארגונו לבין אגן אילת.

הרעידה של נואבה לוותה בלמעלה מ-5000 רעשי לווי מדודים במהלך החדשים שאחריה, מהם 123 בעלי מגניטודה $M_L \geq 4$ ו-11 בעלי מגניטודה $M_L \geq 5$. רוב רעשי הלווי הגדולים אירעו בחלק הדרומי של אגן אילת, כ-60-20 ק"מ מדרום לאילת.

רעידת האדמה של נואבה, 22 לנובמבר 1995: ניתוח מכני ראשוני

שמיר, ג.

אגף סיסמולוגיה, המכון הגיאופיזי, חולון

הערכות של קבועי המקור (מיקום המוקד, מימדי השבר הפעיל, המומנט הסיסמי, נפילת המאמץ, ההסטה הממוצעת ופיזור ההסטות) משמשות לניתוח של מנגנון רעידת האדמה של נואבה ($M_w = 7.1$). משטח התזוזה מדומה תחילה כמישור דיסלוקציה בודד באורך 50 ק"מ, אשר נתון בקרום אלסטי ואיזוטרופי. הפיזור האסימטרי של התזוזות וכן מיתאר משטח התזוזה נקבעים בהתאמה לשיקולי מכניקת סידוק ומוגבלים על ידי המומנט הסיסמי ופונקציית המקור. פיזור ההסטות הסטטיות בפני השטח הנובע ממודל זה מראה שקיעה של עד 40 ס"מ ותזוזה אופקית דרומה בשיעור של 50-70 ס"מ בדרום אגן אילת. אזור נואבה עבר הרמה מסדר גודל של 10 ס"מ ותזוזה אופקית למע-דר-מע' בשיעור של מספר עשרות ס"מ. אזור אילת-עקבה עבר הרמה זניחה ותזוזה אופקית דרומה בשיעור 5-7 ס"מ.

השברים העיקריים המושפעים מן האינטראקציה עם שבר ארגונו שהחליק הם שבר אילת המגביל את אגן אילת ממערב, המשך שבר ארגונו צפונה לכוון עקבה, ושבר הגבול הדרומי של אגן אילת שכוונו מע-צפ-מע'. הישובים נומריים דו-מימדיים מראים כי שינויים משמעותיים במאמץ הכניעה הושרו על ידי אינטראקציה זו. עליה של מאמץ הכניעה האופקי-שמאלי חלה בצפון שבר ארגונו וברובו של שבר אילת, בהתאמה לפיזור רעשי הלואי ולמיקום רעשים מושרים בולטים מאז התרחשות הרעידה של נואבה. נראה שבדרום שבר אילת גברה ההתנגדות לתזוזה הודות לאינטראקציה עם שבר ארגונו מעבר לאגן אילת. נתוני רעידת האדמה של נואבה ותכונותיה המכניות תואמים את המבנה המדורג של שברי מפרץ אילת (Ben Avraham et al., 1979; Ben Avraham, 1985) הרעידה החלה כהמשך של גל הרעידות של 1993 באזור אגן ארגונו והתקדמותה צפונה אל אגן אילת מבטאת את הגרעון בפעילות באזור זה.

שינויים בשדה הגיאומגנטי ותלותם בפעילות הסייסמית בישראל וסביבה

ב. שירמן

המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה חולון

מאז 1989 בוצעו על ידי גב' ר. סגל, המרכז למיפוי ישראל, תצפיות גיאומגנטיות במצפה הגיאופיסי בבר גיורא. תצפיות אלה כללו רישום סיפרתי של הערך המוחלט ורכיבי השדה. אנליזת הרישומים מצביעה על התופעות הכלליות הבאות:

1. קיימים שינויים שמקורם בכדור הארץ ומשפיעים על אזור רחב ברדיוס של אלפי ק"מ.

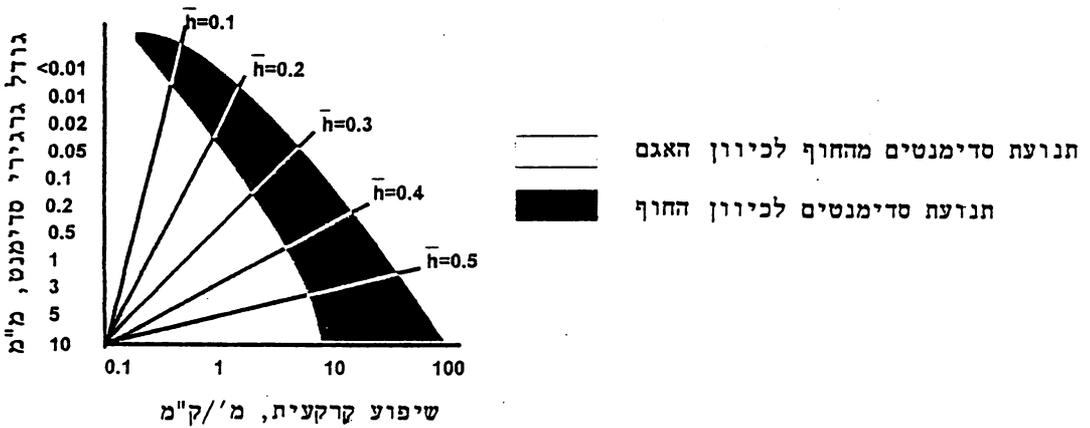
2. חלק מהשינוי בשדה הגיאומגנטי נגרם על ידי תופעות מחוץ לכדור הארץ כגון: סערות שמש ושינויים יומיים, שנתיים וחודשיים (27 יום).

3. שינויים לא מחזוריים שמקורם בתהליכים סייסמוטקטוניים בקרום כדור הארץ.

כדי לבודד את השינויים שמקורם בתהליכים סייסמוטקטוניים "הוחסרו" מהשדה הנמדד בתקופה 1989-1995 השפעות ממקורות מחוץ לכדור הארץ והשפעות אזוריות. בתהליך זה השתמשנו גם בנתונים מתחנות גיאומגנטיות רחוקות. הפונקציה הנותרת השוותה עם היסטוגרמה של רעידות האדמה שהתרחשו באותה תקופה ונרשמו ברשת הסייסמית של ישראל. על פי השוואה זו נראים שינויים משמעותיים בשדה הגיאומגנטי שמקדימים את התרחשותן של רעידות האדמה במפרץ אילת ב-31 באוגוסט 1993 ($M_L=5.3$) וב-22 בנובמבר 1995 ($M_L=6.2$).

הסעת סדימנטים באגם הכנרת, ניסויים בעזרת עוקבים פלואורסצנטיים שטיינמן, ב., קורן, נ., קגנובסקי, ס.

במסגרת המחקר השתמשנו בטכניקה חדשנית של עוקבים פלואורסצנטיים, על-מנת למדוד תהליכי הסעת סדימנטים באזור הליטורל של הכנרת ובשפך הירדן. תוצאות המחקר שולבו במודל המתואר באיור 1.



איור 1: נומוגרמה המשמשת להערכת תפוצה מחדש (redistribution) כתוצאה מפעילות גלים, של סדימנטים בקרקעית, כתלות בשיפועי הקרקעית ובגודלי הגרגר.

המודל חזה הסעת סדימנטים מקרקעית הליטוראל בכיוונים מנוגדים (מהליטוראל כלפי המים העמוקים, ולהיפך), כתלות בתפוצת גודלי הגרגר. התצפיות הראו שבאזור הליטוראל של החוף המערבי לוו שינויי המפלס בדגמים שונים של תנועת סדימנטים על שיפועים שונים:

1. תנועה חד-כיוונית של סדימנטים מהחוף כלפי המים העמוקים (ארוזיה)
2. היצטברות חול עקב תנועת סדימנטים בכיוון החוף.

שטח קרקעית האגם הנתונה לאירוזיה גדל ככל שמפלס המים נמוך יותר. קצבי הרהסוספנסיה והסדימנטציה, והיחסים ביניהם, השתנו כתלות בתנודות מפלס האגם. שיטת העוקבים הפלואורסצנטיים איפשרה לנו לעקוב באופן ישיר אחר ארועי הרהסוספנסיה ואחר כיווני התנועה, המנוגדים, של פרקציות גודל הגרגר השונות. פיתוחים עתידיים של שיטה זו יאפשרו לנו להעריך באופן כמותי את שפיי הסדימנטציה והרהסוספנסיה באגם.

חקר אתר בעזרת סקרים סייסמיים רדודים:

דוגמאות משני אזורים בארץ

ו. שטיבלמן

המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה, חולון

לאחרונה הולך ומתרחב שימוש בשתי קבוצות של שיטות סייסמיות לצורך תכנון הנדסי באזורים שונים בארץ:

- סקרי רפרקציה בטכניקת גלי לחיצה (גלי P) וגלי גזירה (גלי S). שיטות אלו משמשות להערכת התפלגות מרחבית של מהירויות סייסמיות בחלקו העליון של חתך גיאולוגי. המידע המתקבל בסקרים משמש לקבלת פרמטרים גיאוטכניים באתר הנחקר וכמו כן להערכת סיכונים סייסמיים באתר.

- סקרי רפלקציה בהפרדה גבוהה. שיטה זאת משמשת לצורך לימוד מפורט של תת הקרקע ובפרט לזיהוי ומיפוי של שברים רדודים באתר.

עבודה זאת מציגה תוצאות של סקרים סייסמיים שבוצעו בעזרת השיטות הנ"ל בשני אזורים: באתר המיועד להקמת גשר מעל נהר הירדן (בקרבת גשר אריק) ובאתר הנבדק לסלילת כביש במדרון החוף הצפוני של טבריה. בשני האתרים התקבלו התוצאות הבאות:

- סקרי רפרקציה בגלי P ו-S מציגים מודל אמין של מהירויות סייסמיות בתת הקרקע; המודל מראה קורלציה טובה לנתוני קידוחים רדודים. על בסיס המודל נעשתה הערכה ראשונית של תדר התהודה ומקדם ההגברה של זעזועי קרקע בכל אתר. הערכים שהתקבלו נמצאים בהתאמה טובה עם מדידות סייסמוטריות שנעשו בשני האתרים.

- סקרי רפלקציה בהפרדה גבוהה מראים תמונה סטרוקטורלית ברורה ומפורטת של תת הקרקע הרדוד. על בסיס החתכים הסייסמיים שהתקבלו בסקרים, ניתן לזהות ולמפות מערכות שברים הפוגעים ברציפותן של השכבות בתת הקרקע.

גלי גזירה כמקור מידע על מבנה ותכונות של תת הקרקע הרדוד

ו. שטיבלמן

המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה, חולון

הודות לתכונות מיוחדות של גלי הגזירה יכולים גלים אלו לספק מידע חשוב, ולפעמים יחודי, על מבנה והרכב של תת הקרקע הרדוד. מידע זה יכול לשמש לצורך קבלת פרמטרים גיאוטכניים של תת הקרקע, כבסיס להערכת סיכוני רעידות אדמה, להפרדה בין גבולות ליתולוגיים לבין מעברים הידרולוגיים ועוד. בעבודה זאת נסקרות מספר שיטות סייסמיות העושות שימוש בגלי הגזירה:

- רפרקציה: שיטה זאת מספקת מודל מהירויות גלי הגזירה בחלקו העליון של תתך גיאולוגי.

- רפלקציה בהפרדה גבוהה: חתכים סייסמיים המתקבלים בשיטה זאת יכולים להציג תמונה סטרוקטורלית ברורה ומפורטת של שכבות ושברים רדודים בתת הקרקע.

- אנליזת דיספרסיה של גלי שיטח: בעזרת שיטה זאת ניתן להעריך את ההתפלגות האנכית של מהירויות גלי הגזירה מתוך רשומות סייסמיות רגילות.

- מדידת מהירויות בתוך קידוחים: התפלגות אנכית של מהירות גלי הגזירה לאורך הקידוח מתקבלת כאשר מקור האנרגיה נמצא על פני השטח ואילו הקולט ממוקם בעומקים שונים בתוך הקידוח.

- מדידת מהירויות בין קידוחים: טכניקה זאת היא האמינה והמדויקת ביותר למדידת מהירויות, כאשר מקור האנרגיה ושני קולטים נמצאים בתוך שלושה קידוחים סמוכים.

תוצאות יישום השיטות הנ"ל מובאות בעזרת מספר דוגמאות מאזורים שונים בארץ.

ההידרולוגיה של אקויפר החוף הפלייסטוקני
של עמק זבולון

רסילי רוגוזין¹, יואל קרונפלד¹, ישראל כרמי

1. החוג לגיאופיסיקה ולמדעים פלנטריים, אוניברסיטת תל-אביב
2. מעבדה לפחמן 14, מכון ויצמן למדע, רחובות

אקויפר החוף הוא מאגר מים חשוב לאספקת מים באזור מפרץ חיפה. הרבה קידוחים נעשו לניצול מי התהום. אמנם, בשנים האחרונות, נסגרו קידוחים רבים בגלל זיהומים או עלית המליחות. עבודת מחקר זו, שנעשתה בסביבת קרית חיים וקרית מוצקין, עוסקת בהידרולוגית האקויפר ואפיון מקורות הזיהום והמליחות. בנוסף לכך רצינו להעריך את פוטנציאל התפשטות הזיהום לשאר האקויפר.

האקויפר הפלייסטוקני מורכב מחול ואבן חול גירית כשביניהם יש שכבות של חרסית וטיין. עובי החתך המנוצל הוא כ-100 מטר. המחקר מסתמך על מדידות שערכנו באיזוטופים יציבים O^{18} , N^{15} , C^{13} , Sr^{87} איזוטופים רדיואקטיביים (H^3 , C^{14} וסדרת האורניום). בנוסף לכך השתמשנו בנתונים הידרולוגיים כימיים וגיאולוגיים. מצאנו שהאקויפר מתחלק לפחות לשני תת-אקויפרים באמצעות שכבות חרסית. תת האקויפר העליון הוא פריאטי וחשוף לזיהום אנטרופוגני. למרות דקותה של שכבת החרסית העליונה (פחות מ-6 מטר) היא מונעת, בצורה יעילה, חדירה של זיהומים שונים שאינם מחלחלים לכן לאויפר התחתון.

דיאפירים מגמתיים בקרום התיכון מתחת לים המלח

ניצן רבינוביץ¹, דאן שטיינברג¹ ויוסי מרט²

היפוכים בו-זמניים של הגעות של גלי P מ-262 רעידות אדמה מקומיות, שנרשמו באזור ים המלח, שימשו לביצוע מודל של תוואי השכוב בקרום ובמעטפת העליונה שם. המודל הטומוגרפי שחושב מנתונים אלה הצביע על קיומם של מבנים מגמתיים כיפתיים גדולים, שהתרוממו מהקרום התחתון, בעומק של כ-20 ק"מ, והגיעו עד עומקים של 8-10 ק"מ בקרום התיכון. במקומות רבים מצויים המבנים הכיפתיים האלה בקרבת העתקי השוליים של בקע ים המלח. צורתם של המבנים הכיפתיים האלה היא אליפטית, ממדיהם הם 5×15 ק"מ, והם מופיעים במרווחים של כ-20 ק"מ בקירוב. מיקום מרחבי של מוקדי רעידות אדמה בבקע מראה כי מוקדים רבים ממוקדים ליד הכיפות האלה, אולם מוקדים מועטים מצויים בתוך הכיפות. להוציא את הקירבה להעתקי השוליים של הבקע, לא נמצאו הקשרים סטרוקטורליים או מרחביים בין הכיפות המגמתיות העמוקות והדיאפירים הרדודים יותר של מלח באזור ים המלח. הצורה של המבנים הכיפתיים בקרום התיכון והתפלגות המהירויות הסייסמיות בסביבתם מצביעות כי הכיפות הן דיאפירים מגמתיים. הימצאותם של הדיאפירים המגמתיים האלה בקרום מתחת לים המלח מצביעה על טמפרטורות חמות באופן אנומלי, הגורמות לשכוב בלתי יציב מבחינה גרימטרית בקרום התחתון, ומרמות על נביעה מגמתית שם. השוואה עם דיאפירים מגמתיים במקומות אחרים מראה כי יש מקום להניח כי מקורן של התופעות הדיאפיריות הוא בתהליכים של מתיחה טקטונית. האפשרות שהקרום התיכון נפגע מירידת לחצים שגרמה להצטברויות מגמתיות מקומיות סבירה פחות לאור הצורה החודרנית של המבנים הכיפתיים אל תוך השכבות של הקרום התיכון.

¹ המכון למחקרי נפט וגאופיזיקה, חולון

² המרכז ללימודי ים ע"ש ל. רקנאטי, אוניברסיטת חיפה, חיפה

הטרברטינים בערבה ואקלים הפלייסטוקן

קרונפלד, י.¹, ליבנת, א.¹, ספירו, ב.², וינשטיין-עברון, מ.³.

¹ המחלקה לגיאופיזיקה ומדעים פלנטריים, אוניברסיטת תל-אביב
² NERC המעבדה לאיזוטופים במדעי האדמה, קיוורת', אנגליה
³ מכון זינמן לארכיאולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב

בעבודה זו מוצגות התוצאות הסופיות של מחקר בן כעשר שנים של הטרברטינים בערבה. מדגמים מכל הטרברטינים והמשקעים האגמיים הגירניים הידועים, יחד עם מחשופים שעדיין לא פורסמו, נאספו ונלמדו לצורך איסוף נתונים פליאואקלימיים. הטרברטינים תוארכו בשיטת $^{230}\text{Th} / ^{234}\text{U}$. רובם עברו גם אנליזות כימיות ופטרוגרפיות, וניתוח איזוטופים של פחמן וחמצן. מדגמים נבחרים, מתוארכים היטב, נחקרו פלינולוגית.

נראה כי הסדינמטים הנידונים נוצרו בעקבות עליה בכמות המשקעים באזור, בהשוואה להיום. טרברטינים אינם נוצרים באזור היום. גילי הסדימנטים שנחקרו נעים בין 16,000 ליותר מ 320,000 שנים לפני זמננו. התאריכים מתרכזים בקבוצות ברורות וביניהן פערים המציינים תקופות של לחות מועטת. תהליכי אידוי ועוצמת פעילות ביוכימית יכולים להסביר את ההבדלים בהרכב האיזוטופים היציבים של פחמן וחמצן, בין הטרברטינים השונים.

המקור והמטמורפיזם האלפיני של אופיוליטים במאסיב הקיקלדי

קציר, י., אביגד, ד., גרפונקל, צ., מטיס, א.

המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים, ירושלים 91904

המגוון ביחסי-השדה, בדרגה המטמורפית ובעמדה הטקטונית של אופיוליטים הופכים את המאסיב הקיקלדי לאזור אידיאלי למחקר של "פרידוטיטים מטיפוס אלפיני": כיצד משקף מגוון זה הבדלים במקור ו/או באופן ההצבה שלהם?

מרכיבים ממוצא אופיוליטי המצויים בתוך יחידת הבלושיסט הקיקלדית כוללים בנוסף לסלעים וולקניים בסיסיים נפוצים בעלי אפיניות גיאוכימית מגוונת (IAT, MORB) ובזלות אלקליות) גם גופים אקזוטיים של סלעים אולטר-בסיסיים ובסיסיים גסי-גביש. בצפון-מערב הקיקלדים בלוקים של מט-גברו, אקלוגיט וגלאוקופניט המוקפים במטריקס סרפנטיניטי משולבים בחתך עבה (2-3 ק"מ) של שיסטים פליטים, פסמיטים וקלקרים. טקסטורות סדימנטריות רליקטיות מעידות על-כך שמקורה של אסוציאציה זו באוליתוליתים אופיוליטים בתוך טורבידיטים קלסטים-קרבוניטים שהורבדו בסביבה סמוכה למקור ממנו נגזרו (Mukhin, 1995), יתכן בתעלה אוקיאנית.

בסלעים המט-בסיסיים של צמיע הקיקלדים נשמרה היטב מינרלוגיית הלחץ הגבוהה האיאוקנית, למרות האירוע הרטרוגרדי המאוחר יותר, בעוד שבסלעים האופיוליטים נקסוס היא נמחקה ברובה על-ידי מאספי הטמפרטורה הגבוהה מגיל אוליגוקן-מיוקן. האי נקסוס בנוי מכפה סטרוקטורלית ותרמלית, שבלבתה נחשף לויקו-גנייס מיגמטיטי, המייצג תשתית יבשתית הרצינית. ליבה זו עטופה בכיסוי מט-סדימנטרי בו דומיננטים בחלק התחתון מיקה-שיסטים סיליציקלסטים, ובחלק העליון שיישים מכילי מט-באוקסיטים. דרגת ההתמרה עולה בסדרת איזוגרדים לכוון הליבה המיגמטיטית. האופק העיקרי של עדשות אולטר-בסיסיות נחשף מעט מעל למגע תשתית-כיסוי באזור הסילימניט. מספר גופים אופיוליטים אחרים נחשפים בסמוך למעבר קלסטים - קרבוניטים באזור הקיאניט. לכן הם פורשו כשרידים של לוחות סרפנטיניט שהוצבו לאורך thrusts פרה-מטמורפים. מקורה של האסוציאציה תשתית ומדף יבשתיים + אולטר-בסיסיים מסקרן מאד. אם ניחס את המטמורפיזם של הלחץ הגבוה להתנגשות יבשות, הרי אסוציאציה זו עשויה לייצג ערבוב של סלעי-יבשת מופחתים עם מעטפת אוקיאנית באותו לוח, או עם ליתוספירה תת-יבשתית של הלוח הרוכב. תרחיש מרחיק-לכת יותר הוא הצבה פרה-אורוגנית של סלעי מעטפת בציר של בקע יבשתי. טקסטורות סרפנטיניטיות רליקטיות שעליהן התגבש המאסף אנתופיליט+טלק ($\geq 650^{\circ}\text{C}$) בסלעים אולטר-בסיסיים של אזור הקיאניט מצביעות על-כך שסלעים אלו הם סרפנטיניטים פרוגרדים ולא פרידוטיטים רטרוגרדים, ולפיכך ממקור מעטפתי רדוד יחסית.

ניאוטקטוניקה בתנאי קומפרסיה, הרי טיין-שאן - תצפיות שדה ראשונות

קורזנקוב, א.¹, באומן, ד.²

1 המכון הססמולוגי בישקק, קירגיסטאן.
2 המחלקה לגיאוגרפיה ופיתוח סביבתי, אוניברסיטת בן-גוריון.

הרי טיין-שאן בקירגיסטאן מהוים את הרכס הארוך והגבוה בשלשלת הרי ההימליה הצפוניים, ברצועת המגע בין הגוש ההודי לאירואסיה. בוצעו תצפיות שדה בעמק סוסמיר בלווי ניתוח תצא ומדידת חתכים.

הקיצור, תוצאת מישטר הלחיצה, גורם כאן, אם ע"י התעקמות של שברים הפוכים עוורים, או תוצאת התקדמותם, לקימוטים והווצרות גבעות לחץ ליניאריות, ארוכות ומקבילות. צמיחת הגבעות גורמת לחסימת הניקוז ולהטית תעלות. בתחילת הקימוט הצליחו התעלות להתחתך דרך הגבעות המתרוממות. שלב של האצה בקצב ההתרוממות (10-5 מ"מ לשנה), מעבר לקצב ההתחתרות (6-1 מ"מ לשנה), מתחייב מהטיית הניקוז ומהעמקים העזובים המבתרים את גבעות הלחץ.

הטיות ניקוז לנוכח חוסר גבעות לחץ, מצוקי שבירה, או תבליט ברור חוסם, מלמד שמדובר בהרמה ניאוטקטונית ראשונית עכשווית, עדיין חסרת ביטוי תבליטי ברור. בתנאים אלה מהווה מערכת הניקוז חיישן ניאוטקטוני יעיל.

רעידת אדמה בגודל 7.3, שארעה באוגוסט 1992 בעמק ההצפה של נהר סוסמיר, יצרה מתלול טופוגרפי ללא חשיפת מישור שבר ועליו סידקי מתח - מורפולוגיה האופיינית לשבר הפוך ועוור. הרעידה גם גרמה לדפרסיה מלווה בסדקי מתח בראש גבעה סמוכה, עדות למשטר מתיחה מקומי בראש גבעת לחץ. כמו כן ניצפתה במידרון סמוך מערכת של אוכפים, כנראה טקטוניים.

מכ"ם חודר קרקע - שיטת קבלת מידע על מבנה תת-קרקעי חריג

קופמן, ל.

כנען, שרותי הנדסה בע"מ, ליבריה 55, חיפה 34980

אחד הנושאים החשובים ביותר בגיאולוגיה הנדסית הוא איתור איזורים בעלי מבנה חריג (חללים, מערות, סדקים, כיסי חרסית וכו'). הניסיון מלמד, ששימוש בקידוחים (רב ככל שיהיה) לא מהווה מענה לבעיה, מכיוון שהם נותנים מידע רק נקודתי. לאחרונה גדל מאוד השימוש במכ"ם חודר קרקע (Ground Penetrating Radar - GPR) לחיפוש ומיפוי חללים וכד'. קבלת מידע רציף בעזרת מערכת ה-GPR יוצרת את תמונת המבנה החריג של השטח המתוכנן לבניה או לסלילת כביש.

הודות לתופעת דיפרקציה גלים אלקטרומגנטיים ניתן ממש "לראות" על מסך צבעוני ובסרטי תווין קטעים של סלע סדוק וחלול או כיסי חרסית. במצבים בהם אורך הגל של אנטנה-הגיאוראדאר הוא באותו סדר גודל של החללים הריקים, הם מוצגים כתמונות-תהודה (reverberation).

לעיתים קרובות, ובמיוחד באתרי בניה באיזורים הרריים (ירושלים, חיפה, כרמיאל, נצרת וכו') מתקבלות תוצאות מדויקות ביותר (מבחינת ההדמיה של מבנה השכבות על המסך ובסרטי תווין) דווקא בשימוש באנטנה בתדר 300MHz (אורך גל באוויר 1 מ'). אנטנה זו מספקת אינפורמציה בעומקים בינוניים (10-1 מ') ברזולוציה גבוהה. לקבלת מידע על עומקים גדולים יותר משתמשים באנטנות 100MHz עם משדר רגיל, ולפי הצורך, גם במשדר רב-כוח. אנטנות אלו מאפשרות איתור חללים הנמצאים בתוך סלע גם מתחת לשכבות חרסית. בדרך כלל איזורים עם הנחתה חזקה של אמפליטודות ההחזרים (איזורים "לבנים" על סרטי התווין בשחור/לבן) מצביעים על קיום כיסי חרסית עם תכולת רטיבות מוגברת. שימוש בתווין-שדה מאפשר סימון חלק מהמקומות האנומליים באופן ישיר בזמן העבודה בשטח.

בהרצאה מובאת מספר תוצאות שהתקבלו עם אנטנות שונות ברחבי ישראל. עיבוד הנתונים הגולמיים בסכניקות מתקדמות מאפשר שיפור משמעותי ברזולוציה אנכית והאופקית של התוצאות המתקבלות. למשל, התוכנה Hilbert Transform, משנה תמונת חלל מצורת תהודת גלים לצורה מוחשית יותר.

באתרים, המיועדים להקמת רבי-קומות, שונו תוכניות הביסוס בהשפעת המידע שהתקבל בסקר GPR (לדוגמה: שימוש בכלונסאות במקום פלטות בסוף). ביצוע סקר GPR בשלבים הראשונים של תכנון הפרוייקט יאפשר למהנדס בחירה נכונה של שיטת הביסוס הרצויה והקטנת הסיכון של דפורמציה לאחר הבניה.

מיפוי שכבות קרקע וסלע באמצעות שיטת GPR

קופמן, ל.

כנען, שרותי הנדסה בע"מ, ליבריה 55, חיפה 34980

משנות השבעים המוקדמות נצבר ניסיון רב בשימוש במכ"ס חודר קרקע (Ground Penetrating Radar - GPR) לאיסוף מידע על מבנה שכבות הקרקע. שיטת GPR מבוססת על שיגור וקליטת פולסים של גל אלקטרומגנטי המוחזרים ממישורי אי-רציפות (משטחי מגע המפרידים בין שכבות קרקע בעלות קבועים דיאלקטריים שונים). הניסיון מלמד שהגיאוראדאר רגיש מאוד להבדלים בתכונות של שכבות קרקע צמודות, ובעיקר לשינויים קטנים (אחוזים בודדים אפילו) בערך תכולת הרטיבות לעומק החתך.

מערכת ה-GPR שבשימוש משרדנו היא גיאוראדאר מסוג SIR-10A עם שלושה סוגי תדרים: 100, 300, 500 MHz. שינויים במבנה החלק העליון של הקרקע לאורך ציר גרירת האנטנה מוצגים בזמן אמת כחתך זמן (עומק)/מרחק, הדומה מאוד לחתך גיאולוגי.

כדוגמה מוצגות מספר תוצאות, שהתקבלו עם האנטנות השונות באיזורי דיונות-חול ובאזורים הרריים גירניים. מניתוח חזותי של התוצאות שהתקבלו באיזור חול על יד חוף אשדוד, ניתן לצפות בשכבות החול השונות, בהן קיימים שינויים קטנים יותר וקטנים פחות בתכולת הרטיבות באינטרוול לא-רזוי. במקרה זה בסרטי תווין רואים בהבלטה יתרה את פני מי-תהום בתוך חולות, עובדה המאפשרת להמליץ על שיטת-GPR למיפוי מי-תהום בשטחים נרחבים.

מדידות GPR נוספות נערכו בדיונות חול באזור ניצנה. בסווח עומק של כ-17 מ' ניראים 11 גבולות החזרה. רב שכבות אלה הינן בעלות תכולת רטיבות משתנה כפונקציה של הגרנולומטריה, אולם כמה מהם יחסית בולטים יותר (markers horizons) מצביעים על שינויים בליטולוגיה (מישורי-מעברים בין שכבות חול, סילס וחלוקים בהתאמה לנתוני קידוח-נסיון).

רוב עבודות ה-GPR נעשו ע"י משרדנו מפני קרקע סלעית. באתרים רבים, לעתים קרובות רואים בתוך הסלע מספר שכבות בעובי משתנה ושינויים לסרליים לאורך השכבות. ידוע מנסיוננו, שרוב גבולות ההחזרה הבולטים בהם ניתן לצפות בסרטי התווין, הם שכבות חרסיתיות בתוך אבן-הגיר. היות ותכולת הרטיבות הסלעית של החרסית גבוהה בהרבה מזן שבסלע, אמפליטודת החזרים ממישור מגע סלע/חרסית גבוה יותר. אנו רואים את גבולות הנ"ל בבירור רב גם על רקע שכבות אחרות (חול, קרסון וכו') בתוך אבן-הגיר. מדידת GPR מפני שכבת האדמה שמעל הסלע, מאפשרת למפות את קו מגע אדמה/סלע ומדידת שינויים בעובי שכבת אדמה.

תוצאות העבודה מראות שבאמצעות שיטת GPR ניתן להבחין בהשתנות מבנה השכבות בתת הקרקע. שימוש בגיאוראדאר מאפשר השלמת התמונה הגיאולוגית והערכה נכונה יותר של תכונות הקרקע בין הקידוחים הבודדים.

טיפולוגיה פטרוגרפית של חומרי מילוט מהתקופה הרומית מאוחרת -
ביזנטית באתר סומקה, בכרמל

צצקין, א.¹ ודר, ש.²

¹ מכון זינמן לארכיאולוגיה, אוניברסיטת חיפה, חיפה 31905
² לימודי א"י, אוניברסיטת בר-אילן, רמת גן

בדיקה פטרוגרפית של חומרי המילוט ממבנים שונים (בית הכנסת, בתי מלאכה, בורות מים ובתי בד) ביישוב היהודי סומקה, מן התקופה הרומית המאוחרת - ביזנטית בכרמל, איפשרה ללמוד על שיטות בנייה עתיקות ועל מצבו החברתי - כלכלי של הישוב.

הטיח שנבדק הוכן מסיד שרוף, בתוספת שברי-אבנים קטנים, תלכיד קרקע, שברי חרסים, קונכיות (נעמית) וחומרים אורגניים. ניתן להבחין במספר טיפוסים עיקריים של חומרי מילוט: חומר מילוט גירי טהור, חומר מילוט גירי עם שאריות צמחים מפוחמות וחומר מילוט גירי עם שברי חרסים. מקור חומרי הגלם הוא מאזור הכרמל: גיר, כורכר, קונכיות וכד'. ראוי לציין, שבניגוד לחומרים אחרים, הקונכיות הוספו למלט בשלמותן, ללא כתישה וכמעט בלי שעורבבו בחול. מקצת מן החסמים הינם סלעים מגמתיים ופירוקלסטים. מקורם יכול להיות משימוש משני בחומרי בנייה מיובאים או כתוצר לוואי של תעשיית מתכת.

במבנים שתיפקודם שונה נעשה שימוש בסוגי מלט שונים. לדוגמא, את רצפת בית הכנסת מאפיין טיח גירי טהור, בעוד שרצפות בתי המלאכה עשויות טיח מחוזק בחצץ, כולל סיגים ותחמוצות ברזל. בורות מים ובורות אגירה לנוזלים צופו טיח הידראולי המורכב מסיד מעורבב בחתיכות פחם ו/או שברי חרסים; טיפוס טיח זה מותאם לאטימת קירות המבנים ולמניעת חילחול. טיח מבור מים גדול היה מורכב מ 4 שכבות: טיח המכוסה שברי חרסים, שכבה מפוחמת, חומר מילוט גירי טהור, סיד עם צורות סלעים.

השפעת גודל גרגר וטקסטורה על חוזק דלומיטים

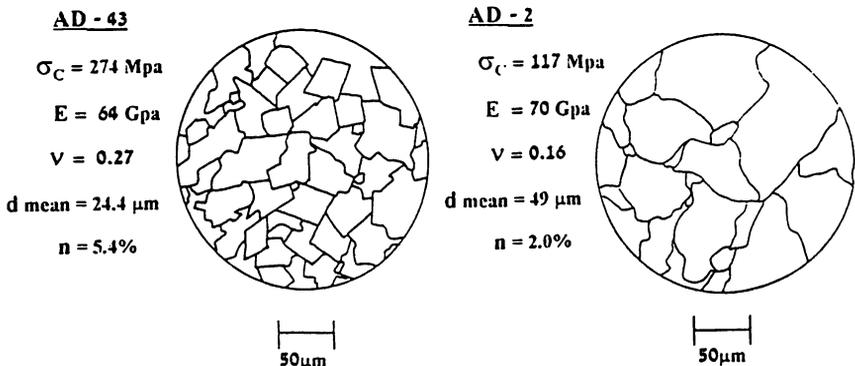
צור, א. ¹, חצור, י. ¹, מימרן, י. ²

¹ המחלקה לגיאולוגיה ומינרלוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, 84105 באר-שבע
² המכון הגיאולוגי, רחוב מלכי ישראל 30, 95501 ירושלים

כ- 25 מדגמים של דלומיט מסיבי מתצורת עמינדב נדגמו מקיזוחים בהרי ירושלים. המדגמים נבדקו לחוזק לחיצה, במכונת לחיצה קשיחה הפועלת במנגנון בקרת סרוו במעגל סגור. הוכנו שקפים מכל המדגמים. מחקרים קודמים אשר בחנו מגוון רחב של סלעים הראו מתאם שלילי בין גודל הגרגר הממוצע לחוזק הסלע. במחקר זה, שהתמקד בסלעי דלומיט בלבד, נבדק מתאם זה. נעשה ניסיון לבחירת מדגמים הומוגניים ואיזוטרופיים על-מנת לבדוד את מדד גודל הגרגר מהשפעות אחרות. השקפים נבדקו במקרוסקופ פטורוגרפי וב- SEM ונבחנו מבחינת הטקסטורה והטקסטורה. פילוג גודל הגרגר שהתקבל מראה השתנות עד כדי סדר גודל במדגם בודד. המדד הראשון שנבדק, בדומה למחקרים אחרים, היה גודל הגרגר הממוצע. ההתאמה בינו לבין חוזק המדגם הייתה נמוכה. מדדים אחרים שנבדקו כמו גודל גרגר מרבי או גודל מודלי אף הם לא הראו התאמה ליניארית כפי שהושגה במחקרים הקודמים. מדגמים בעלי אותו גודל גרגר ובעלי נקבוביות דומה הראו שינויים קיצוניים בחוזק מרבי. בבחינת הטקסטורות נמצא שבאמצעות שלושה טיפוסים טכסטורות ניתן לייצג היטב את המדגמים:

Hypidiotopic mosaic, Xenotopic mosaic, Idiomatic mosaic

נמצאה התאמה בין טיפוס הטקסטורה לחוזק הסלע. נמצא כי המוזאיקה היפידיוטופית (AD - 43) מייצגת סלע צפוף בעל גבישים היפידיומורפיים, עם גידול הדדי מסובך, היוצרים מגעים משטחיים ומגעי חדירה במגע ביניהם ומראה חוזק גבוה ביחס למוזאיקה הקסנומורפית (AD - 2) המיוצגת על-ידי סלע צפוף עם גבישים כסנומורפיים שקווי המגע בניהם מעוגלים ומסולסלים. תצפיות ב- SEM הראו בברור סדקים מסתלסלים ביו גבולות הגרגרים בטקסטורות כסנוטופיות וסדקים שנקטעה התקדמותם בטקסטורות היפידיוטופיות. נראה לפיכך שחוזק מירבי בסלעים פוליקריסטליניים אינו תלוי בגודל גרגר בלבד, כפי שמקובל להניח, אלא מושפע במידה רבה מאופי המגעים בין הגרגרים.



אי התאמות הקשורות לקימוט מבנה חתירה באזור גבעת מדור

צור¹, י. י. אייל, ג. שמיר²

1 המחלקה לגיאולוגיה, אוניברסיטת בן גוריון בנגב, 84105 באר שבע
2 המכון למחקרי נפט וגיאופיזיקה, חולון

גבעת מדור ממוקמת סמוך לאגף הדרום-מזרחי התלול של מונוקלינת חתירה, המהווה חלק מן הקשת הסורית בצפון הנגב. לאורך אגף זה ישנם שינויים בכוון הסטרייק היוצרים מספר כפיפות (ברכיים) במבנה, שאחת מהן היא ברך עפרן. קימוט המונוקלינה, שהחל בטורון העליון ונמשך עד לאחר האיאוקן, גרם למספר רב של אי-התאמות, אירוזיביות וזיזיות, בתצורות ששקעו בזמן זה. אופין ועוצמתן של אי-ההתאמות הללו משתנים בכווני הסטרייק והדיפ של הכפיפה. מחקר זה מנצל את אי-ההתאמות כדי להעריך את גיל וקצב הקימוט של מונוקלינת חתירה באזור גבעת מדור. המדידות נעשו בעזרת מד מרחק אלקטרוני (EDM).

אי-ההתאמה הקדומה ביותר, מגיל טורון עליון, מתבטאת בשינויי עובי בתוך תצורת נצר ונמעידה על השקעה סינ-טקטונית. עדויות ביוסטרטיגרפיות מראות כי הקימוט בסוף הטורון גרם לגידוע ולחוסר השקעה של גג הנצר, ובמספר מקומות גם של חלק מבסיס תצורת מנוחה. אי-התאמה זו מיוצגת ע"י קונגלומרטים ותחמוצות ברזל המשתנים עד לקירטון גלאוקוניטי. אי-ההתאמה השניה, האירוזיבית, גודעת את גג תצורת מנוחה, לפעמים עד בסיסה, כך שתצורת מישש מונחת ישירות על גבי תצורת נצר. אי-התאמה זו קשורה בקונגלומרט בסיס אשר לעיתים, בגלל גידוע עמוק, הורבד על הקונגלומרט המונח על אי-ההתאמה הראשונה. אי-ההתאמה השלישית היא זיזיתית ונמצאת בתוך תצורת מישש מגיל קמפן. ביטויה בשטח הוא שינויי נטיה גדולים בין השכבות השונות, בשיעור של כ-20° בחלקה העליון של התצורה, במיוחד בפרט הפוספט. בחלק העליון של החתך קים שינוי מתמשך של הנטיה ועובי השכבות של תצורות עירב, טקיה ומור. בתצורת עירב נמצאו שינויי עובי בשיעור של עד 110 מ' ובתצורות טקיה ומור נמצאו הבדלי נטיה של כ-6° בין בסיס היחידות לגגן. תצורות אלו גדועות ע"י אי-ההתאמה האחרונה שעל גביה מושקע קונגלומרט תת-אופקי שגילו המשוער הוא פליסטוקן.

הערכנו את השתנות קצב קימוט המונוקלינה בתקופות הגיאולוגיות השונות ע"י חישוב הקצב הממוצע של השתנות הנטיה באותן תקופות. התוצאות המתקבלות מראות כי קצב הקימוט הגבוה ביותר היה בסוף הקמפן ותחילת המסטריכט. לאחר מכן חלו האטה בפליאוקן והאצה באיאוקן התחתון. על מנת לבדוק את ההשתנות המרחבית של אי-ההתאמות בנינו מפות איזופך של תצורות נצר ומנוחה, ובהן נמצאו שינויי עובי ניכרים לאורך סטרייק המבנה. עובין המינימלי נמצא בכפיפה המקסימלית של "ברך עפרן", מה שמעיד שהקימוט המקסימלי /או הקדום ביותר חל באזור זה. הערכתנו היא כי שינויים אלו נובעים מתנועה דיפרנציאלית לאורך השברים ההפוכים שבבסיס המונוקלינה.

פענוח של רצפים סטרטיגרפיים והדמייה בדרום ים המלח
ובאגן הפנוני בהונגריה - מחקר השוואתי.

א. צ'אטו, כ.ג'.סט.ק. קנדל וג'.ר. באום
המחלקה לגיאולוגיה, אוניברסיטת דרום קרוליינה, ארה"ב.

פענוח של רצפים סטרטיגרפיים מנתונים סייסמיים המשולבים
בהדמיית מחשב מראים כי המילוי הסדימנטרי באגן הדרומי של ים המלח
היה מבוקר על ידי שעור גבוה של השתפלות (SUBSIDENCE), טקטוניקת
מלח, אספקת סדימנט ממקורות אחדים ושינויים במפלס האגם.

תשע אי-התאמות מסדר שלישי הוגדרו ונקשרו עם שינויים
אאוסטטיים. הדמייה סטרטיגרפית מראה כי אם ההשתפלות היתה לינארית,
הרי שנפילת מפלסים בים המלח ארעה באחור של 0.2 עד 0.5 מליון שנה
לעומת הארועים האאוסטטיים הגלובליים.

מניפות-דלתא נוצרו בחלקו הצפוני והדרומי של האגן, בעוד שמלח
ומשקעים אגמיים הורבדו במרכזו. התאצבעות בין המערכות הדרומית
והצפונית התרחשה באזור מעבר שמיקומו השתנה כפונקציה של שינויי
מפלס האגם. ירידת מפלס לוותה בהתקדמות המערכת הצפונית, בעוד
שעליתו גרמה להגדלת קצב ההספקה של סדימנטים מדרום. בהדרגה הפכה
המערכת הצפונית לדומיננטית.

התפתחות האגן הפנוני ארעה בשני שלבים נפרדים, SYN-RIFT במיוקן
התיכון ו-POST-RIFT מן המיוקן העליון ועד לרביעון. הפרדת האגן
ממערכת הימים העולמית התרחשה לאחר סיום שלב ה-SYN-RIFT. נפילה
משמעותית במפלס האגם, שהתרחשה במקביל לארוע ההתייבשות של
המסיניין בים התיכון, יצרה מישור אי התאמה בכל רחבי האגן.

האגן הפנוני הוא בעל מבנה מתיחה רדיאלי, שלא כמו אגן ים-המלח.
הדגם הסטרטיגרפי באגן הפנוני נוצר כתוצאה משינויים גדולים בערכי
ההשתפלות, מאספקת סדימנטים ממקורות אחדים, שינויים בכיווני
האספקה ושינויים במפלס האגם. שתי מערכות דלתא עיקריות שהתקדמו
מצפון-מערב ומצפון-מזרח מילאו את האגן.

התאצבעות הכרוכה בשינויים פציאליים, התייחדות של יחידות,
דלחאות קבורות וערוצים שהתמלאו מהווים מטרת אפשריות לחיפושי
הידרוקרבונים בשני האגנים. אנליזה והדמייה סטרטיגרפית מפורטות
עשויות לאפשר שחזור מדויק יותר של ההסטוריה הסדימנטרית וחיזוי
מלכודות.

אגנים טקטוניים בטרנספורם ים המלח לאורך הערבה

א. פריזלנדר¹, י. ברטוב², מ. גולדמן¹, צ. גרפונקל³

- 1 המכון למחקרי נפט וגיאופיזיקה, חולון
- 2 המכון הגיאולוגי, ירושלים
- 3 המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים

נתונים שהתקבלו מסקרים גיאופיזיים בערבה ואשר כוללים קוים סייסמיים מפוענחים ומדידות גרביטטריות ואלקטרומגנטיות, מאפשרים לתאר את מבנהו של קטע טרנספורם ים המלח המצוי בערבה. טרנספורם ים המלח באזור הערבה מאופיין ע"י סדרה של אגנים טקטוניים מאורכים המסודרים בצורה מדורגת והמוגבלים בשברי גבול מקבילים.

מיקום הדירוג השמאלי בין מספר אגנים (עברונה, יעלון וצופר) תואם את אזור המפגש בין שברי הרוחב של מרכז הנגב ושברי טרנספורם ים המלח. שלושת האגנים המצויים מצפון לאזור הפארן (צופר, שיזף וים המלח) מופרדים זה מזה ע"י שברים ליסטרים בעלי זריקה ניכרת. ההסטות על גבי שברים אלה גורמות לכך שעומק האגנים גדל כלפי צפון. מודלים גרביטטרים המבוססים על חישובי צפיפויות מקידוחי הנפט סדום עמוק, עמיעז-1 וחומר-1 מראים כי עובי חתך הסדימנטרי באגן ים המלח מצפון לשבר אמציהו הינו כ-9.5 ק"מ ואילו עובי הסדימנטים באגן שיזף המצוי מדרום לשבר אמציהו מגיע לכדי 6.5 ק"מ בלבד. באגן צופר שהינו הרדוד בין האגנים מראים החתכים הסייסמיים נטיה רגיונלית של השכבות כלפי צפון ועובי רדוד של המילוי הצעיר לתצורת חצבה. הנטיה תואמת תוצאות שהתקבלו בסקר TDEM שבוצע באזור והמאפשר כיוול של הנתונים הסייסמיים על סמך זיהוי גג חבורת עבדת או בסיס תצורת חצבה כתחליף לקידוחים שלא חדרו אופק זה באזור.

מי תהום במחדר המלח של הר סדום

עמוס פרומקין

המחלקה לגיאוגרפיה, האוניברסיטה העברית, ירושלים 91905

מאז נחשף הר סדום בראשית ההולוקן התפתחה בו מערכת קרסט המנקזת את רוב הגשם האפקטיבי דרך תת הקרקע. מפלס מי התהום ירד ככל הנראה בד בבד עם התרוממות ההר והתפתחות מערות בתוכו, בדומה לקרסט בגיר. זרימת מי תהום מתרחשת בסדקים ומחילות מעל מפלס בסיס הניקוז, אך עמוק יותר, במקום שהסדקים אטומים בשל הלחץ הליתוסטטי ותכונות המלח, המוליכות ההידראולית נמוכה מאד. ריכוז התמס במי שטפונות תת קרקעיים תלויה במשך המגע שלהם עם סלע המלח. מי שטפון החולפים במהירות דרך מערות בעלות מוצא אינם מגיעים לרוויה, אך מים המחלחלים דרך סדקים צרים או שוהים במאגרים תת קרקעיים מגיעים לרוויה, בעיקר בשל המסת הליט. יחס תמס-ספיקה דומה למוכר במערות גיר וגבס. אקויפר פריאטי שמקור מימיו אינו ברור מזין מעיינות לאורך השוליים המזרחיים של הר סדום.

מיפוי רביעוני בקני"מ 1:50,000 של מכתש רמון.

פלכט, י.

מרכז מדע רמון, ת.ד. 194, מצפה רמון 80600

הוכנו שתי מפות גיאולוגיות של הרביעון במכתש רמון בקני"מ 1:50,000. יחידות המיפוי הראשיות במפה הראשונה הינם יחידות אלוביאליות שהוגדרו בהתאם למוצאם ונצבעו בצבעים ראשיים. לדוגמא, האלוביום נצבע בירוק, כיסוי הפדימנטים בכחול וחולות איאוליים בצהוב. כל קבוצה חולקה חלוקת משנה בהתאם לגילה היחסי, ונצבעה בצבע הראשי בתוספת גוון כהה המתחזק עם הגיל היחסי. כמו כן הוספו לגווי המפה דגמים גיאומטריים. שיטה זו של סימון יחידות המיפוי הינה המקובלת ביותר במיפוי גיאולוגי של יחידות רביעוניות בעולם.

יחידות המיפוי במכתש רמון הם:

1. אלוביום (אפיקי נחלים, מישורי הצפה וטראסות).
 2. מניפות סחף.
 3. אלוביום-פרולוביום של מישורי הצפה.
 4. קולוביום (משקעים מדרוניים).
 5. משקעים קולוביאליים-פרולוביאליים (כיסוי פדימנטים).
 6. סדימנטים איאוליים.
- במפה השנייה חולקו הסדימנטים בהתאם לגילם, כאשר כל קבוצת גילים ניצבעה בצבע נפרד. מסיבה זו, קבוצות סדימנטים השונות באופיים המורפולוגי ניצבעו בצבע אחד. שיטה זו של מיפוי מחייבת קביעה מדויקת של גיל היחידות השונות. למרות שקביעת יחסי הזמן בין היחידות האלוביאליות הינה לעיתים מסובכת, הרי שמפה זו חיונית ביותר לביצוע שיחזורים פלאוגיאוגרפיים.

המיפוי הרביעוני של מכתש רמון מתבסס על:

1. פיתוח סכמה מורפוסטרטיגרפית והגדרת הטיפוסים הגנטיים השונים של הסדימנטים האלוביאליים. תהליך זה כולל:
 - א. ביצוע חתכים גיאולוגיים-גיאומורפולוגיים בחלקים שונים של המכתש.
 - ב. ביצוע פרופילי אורך לאורך רשת הניקוז באזור.
 - ג. לימוד מפורט של הפדימנטים כחלק מהמערכת הנוף של מכתש רמון.
2. אנליזות רבות משתנים של המשקעים האלוביאליים ומשקעים לסיים ככלי לקורלציה סטרטיגרפית. תחום זה כולל את השלבים הבאים:
 - א. אנליזות ליטולוגיות.
 - ב. לימוד פלאוסולים.
 - ג. תיארוך של טראסות אלוביאליות ויחידות לסיות.
 - ד. אנליזות של פולן עבור קורלציות סטרטיגרפיות ושיחזור פלאואקלימי.

היזק סייסמי מוערך באילת, ישראל

ל. פלדמן, י. זסלבסקי, א. מליצקי, א. שפירא,
 י. גיטרמן, א. הופשטטר
 המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה, חולון

התכנית להערכת ההיזק הסייסמי באזור מפרץ אילת-עקבה הינה חלק מתכנית של תת-ועדה של ה- IASPEI עבור הערכת נזקים ואבידות בשתוף פעולה עם חכנית RELEMR של ה-USGS וכן UNESCO. באזור כולו יש תנופת בניה עירונית ואתרי תירות בעקבות תהליך השלום אשר החל לאחרונה. הערכת היזק סייסמי באילת מהווה בעיה בגלל שמצד אחד העיר נמצאת בקרבה רבה לשבר ים המלח עם רעידות אדמה חזקות מורגשות כגון $M_L=5.9$ באוגוסט 1993 או $M_L=6.2$ בנובמבר 1995. מצד שני אין עדויות היסטוריות ברורות בגלל מיעוט אוכלוסיה במאות השנים האחרונות. כל הערכת עצמה עקב רעידות אדמה היסטוריות יכולה להוות שגויה מאוד, בעיקר במקרה של רעידת אדמה חזקה: לשם הערכת ההיזק הסייסמי הפעולות הבאות מוצעות:

1. סקר מבנים לצורך הערכת עמידותם בתנאים של תנודות קרקע חזקות.
2. מדידת רעש רקע והערכת תגובת אתר בשיטת SvE. הערכת עובי השכבות נעשית בצורה אמפירית.

אילת קטנה מספיק לצורך ביצוע סקר כזה אבל גדולה כדי להחשב כיעד לצורך חישוב היזק סייסמי. אנו מראים כי אפשר להכליל את המקרה הזה עבור אזורים אחרים.

הפרדה בין פיצוצים ורעידות אדמה בעזרת פונקציות מהירות חבורה של גלים סייסמיים

ו. פינסקי, א. שפירא, י. גיטרמן
המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה חולון

בחנו את השתנוותם של פונקציות של מהירות חבורה של גלים סייסמיים (velograms) במרחב הרשת הסייסמית של ישראל. בדיקה מפורטת הראתה שפונקציות אלה מתנהגות שונה במקרים של רעידות אדמה ופיצוצי מחצבות. ה-velogram היא פונקציה שמתארת את מעטפת תנודות הקרקע בתלות במהירות החבורה R/T כאשר R הוא המרחק האפיצנטרלי ו- T הוא זמן התנועה של החבורה. מפונקציה זו מדדנו את מהירות החבורה V_m שבה מעטפת ה-velogram היא בערך מירבי. בדיקה זו בוצעה עבור מהירויות חבורה בתחום שבין 1 ל-4 ק"מ/ש. את הקשר בין V_m והמרחק מהמוקד אפשר לרשום בצורה $V_m = a + b \log R$. מרישומי רעידות אדמה ומחצבות התברר שמקדמי הקורלציה בין V_m ל- R שונה מהותית בהתאם לסוג האירוע ותצפית זו שימשה לקביעת קריטריון לזיהוי פיצוצים ורעידות אדמה. תצפיות אלה מיוחסות להבדלים בתכונות גלי השטח שמתפתחים ברעידות אדמה ובפיצוצים.

תיארוך של האתר הפליאוליתי בחולון בשיטות הלומינסנציה ו-ESR

פורת נ¹, הורביץ ל², צו ל.פ³, חזן מ⁴, סרגוסטי ע⁵, ונוי ת⁶.

1. המכון הגיאולוגי, 2. המכון למדעי החיים, האוניברסיטה העברית, 3. מעבדת גודווין, אוניברסיטת קיימברידג', אנגליה, 4. אוניברסיטת הרוורד, ארה"ב, 5. המכון לארכיאולוגיה, האוניברסיטה העברית, 6. מוזיאון ישראל.

מטרת העבודה היתה לתארוך את האתר הפרהיסטרי בחולון ואת רצף הסדימנטים מחבורת הכורכר בתוכם האתר נמצא. האתר הפליאוליתי בחולון התגלה בשנת 1960 בעת עבודות לפיתוח אזור התעשייה של העיר. שלוש עונות חפירה באתר חשפו כלי צור, עצמות ושיניים של יונקים יחד עם חטים של פילים. החתך באתר כולל (מלמטה) כורכר, חמרה תחתונה, חרסית אפורה בה נמצאו מרבית הממצאים, חרסית כהה וחמרה עליונה. החתך שוייך לחמרת פולג, בחבורת הכורכר של מישור החוף. על סמך הפאונה וכלי הצור ששויכו לתרבות האשליית העליונה, הוערך גיל האתר כ- 250,000 שנה. על בסיס דרגות איזוטופיות ושינויי אקלים גילה של חמרת פולג הוערך ב- 150,000 שנה.

בעבודה הנוכחית האתר תוארך בשתי שיטות: 1. שיני יונקים מאוסף החפירה תוארכו ב-ESR. שיטה זו קובעת מתי התגבש האמייל בשן, דהיינו מתי היונק היה בחיים. 2. גילם של סדימנטים מהאתר נקבע בשיטות הלומינסנציה. שיטות אלו מתארכות את החשיפה האחרונה של סדימנט לאור שמש, דהיינו את זמן ההשקעה והכיסוי של הסדימנט.

שתי שיני בקר נבחרו מהאוסף, האמייל הופרד משאר חלקי השן ונטחן. מנת הקרינה המצטברת נקבעה על ידי מדידת השינוי בעוצמת סיגנל ה-ESR שנגרם כתוצאה מהקרינה של מספר מנות מהאמייל בקרינת γ . נמצא ששטפי הקרינה השנתיים נשלטים על ידי ריכוז גבוה מאד של אורניום בחלקי השן השונים (עד 160 ppm), ולכן אין חשיבות לעובדה שלא היו ברשותנו סדימנטים בקרבה מיידית למקום בו נאספו השיניים.

כדי לדגום סדימנטים שלא נחשפו לשמש, נחפרו באתר שני בורות לעומק של עד 3 מ', משני צידי שטח החפירה (המכוסה כעת במבנה תעשייתי). בבור אחד נמצא חתך מלא ובלתי מופרע, שניתן להקבילו לחתך המתואר בדו"ח החפירה. מכל שכבה נלקחה דוגמה תוך הקפדה על אי חשיפתה לאור. מהדוגמאות הופרדו בשיטות כימיות ופיסיקליות גרגרי אלקלי פלדספר או קוורץ בגודל חולי. בכל הדוגמאות נקבעה מנת הקרינה המצטברת באלקלי פלדספרים על ידי ערוך הסיגנל באינפרה-אדום, ובדוגמה אחת נקבעה מנת הקרינה המצטברת גם על קוורץ על ידי ערוך הסיגנל באור ירוק. שטפי קרינת ה- γ הסביבתיים נמדדו ישירות בתוך הבורות על ידי מונה ושטפי קרינת α ו- β חושבו על סמך ריכוזי היסודות הרדיואקטיביים הטבעיים (U, Th, K).

ממוצע גילי ה-ESR משתי השיניים הוא כ- 215,000 שנה. גילי הלומינסנציה הם כדלהלן: החמרה העליונה כ- 100,000 שנה, היחידה עם הממצאים כ- 220,000 שנה והכורכר בבסיס החתך (כנראה כורכר אשדוד) כ- 270,000 שנה.

ההתאמה הטובה בין גילי ה-ESR וגילי הלומינסנציה מאפשרים לנו לקבוע שגילן של האתר מהתקופה האשליית העליונה בחולון הוא בדרגה איזוטופית 7, בסביבות 210,000 שנה. אין בידינו גילים מאתרים נוספים מהתקופה האשליית העליונה בארץ, אך לבסיס שכבה E בטבון, המכילה כלים של סוף התקופה האשליית (אשלו-יברודית) נקבעו בשיטות שונות גילים בסביבות 200,000 שנה (אם כי ישנם תוצאות המעידות על גילים יותר עתיקים לשכבה זו). אם כן, הגילים מחולון תואמים את הרצף הכרונולוגי של התרבויות האשלייות בארץ.

התוצאות מחולון מראות שגילה של חמרת פולג הוא 100,000-220,000 שנה וגיל כורכר אשדוד הוא 270,000 שנה. הגיל של פרט רמת-גן, הנמצא סטרטיגרפית מעל חמרת פולג, נקבע בעבר ל- 60,000 שנה בשיטות הלומינסנציה. הגילים מחולון משלימים איפוא את הרצף של אירועי השקעת יחידות חוליות ויצירת קרקעות בחוף הים התיכון של ישראל ברביעון.

מיון איכות מסת הסלע הקירטונית

פולישוק ב.¹, פלכסר ע.²

1. חברת תשתיות נפט ואנרגיה בע"מ
2. החוג לגיאופיסיקה ולמדעים פלנטריים, אוניברסיטת תל-אביב

מקובל היום בעולם כי מיון מסת סלע לצרכי מינהור מבוצע באמצעות שיטות המיון Q (Rock Quality) RMR-1 (Rock Mass Rating). שיטות אמפיריות אלו מהוות אמות מידה ראשוניות לתכנון מנהרות ומאפשרות בקרה על התוצאות המתקבלות ממודלים מתמטיים.

התאמת שיטות אלו למיון מסת סלע קירטונית נבחנה על ידי Polishook & Flexer (1995). על פי עבודה זו שיטות המיון לאיכות מסת הסלע Q ו-RMR מחמירות עם מסת הסלע הקירטונית ולמעשה מחייבות תמוך במסת סלע זו כאשר אין צורך בתמוך.

מטרת העבודה להציג שיטת מיון חדשה לקביעת איכותה של מסת הסלע הקירטונית המתבססת על שיטות המיון המקובלות.

בשיטות המיון Q ו-RMR ניתן משקל רב לאי-הרציפויות במסת הסלע ולמעשה מרבית הקריטריונים המגדירים את איכות מסת הסלע מהווים ביטוי למצב אי הרציפויות.

ההתייחסות לאי-הרציפויות במסת סלע קירטונית מתעלמת משתי תכונות האופייניות למסת זו והשוונות במסות סלע אחרות.

במסת סלע קירטונית אי הרציפויות, סדקים ומישורי שיכוב הם בעלי אופי שונה מאי הרציפויות במסות סלע אחרות. הסדקים בקירטון הם בעלי המשכיות מוגבלת ופתיחה מקומית ומישורי השיכוב הם בעלי הופעה מקומית ולא רגיונלית.

בהתאם להבנת הבעייתיות בשיטות המיון המקובלות מוצע למיין את מסת הסלע הקירטונית על פי הקריטריונים הבאים:

1. חוזק לחיצה
2. נקבוביות
3. תכולת סדקים או צפיפות הסידוק
4. מקדם הפחתה עקב מאמצים
5. מקדם הפחתה עקב רטיבות

שיטת המיון המוצעת מבוססת על שיטת Q כאשר לקריטריונים החדשים נקבעו ערכים המבוססים על מדידות וקביעת רמת הדירוג בשיטת ניסוי וטעיה. השיטה נוסתה על מנהרות הכריות במסת סלע קירטונית מגיל איאוקן. הכמות המצומצמת של הנתונים איננה מאפשרת בשלב זה של העבודה לקבוע באם שיטת המיון המוצעת אכן היא תחליף לשיטת Q ו-RMR כאשר נבחנת מסת סלע קירטונית.

ניתוח פני שטח של מבנה גזירת לחיצה אופקית בעזרת מודל גובה ממוחשב (DEM):
הרי הסונומה ושבֵר ה-Rodgers Creek בקליפורניה

ע סלמון¹ וד פ שוורץ²

1. Menlo Park, USGS. כתובת נוכחית: גיאופרוספקט, ת.ד. 3720, ירושלים

2. USGS, 345 Middlefield Rd, Menlo Park, CA 94025, USA

שבֵר ה-Rodgers Creek (RC) מהווה מערכת גזירת לחיצה אופקית ימנית ונושא כחמישית מסך התנועה היחסית שבין הלוח הצפון אמריקני והלוח הפסיפי. שבֵר זה חוצה את הרי הסונומה - רכס טופוגרפי מוארך המתנשא לגובה של כ- 800 מטרים. תוואי ה- RC ויחסי רוחב-גובה של רכס הסונומה מצביעים על כך שהעתק זה מכתיב, בחלקו לפחות, את הטופוגרפיה של הרי הסונומה.

העבודה הנוכחית דנה בתהליך התרוממותם של הרי הסונומה על ידי ניתוח מודל גובה ממוחשב (DEM) בעזרת תכנית ARC/INFO - מערכת מידע גיאוגרפית (GIS). שיטה זו איפשרה ניתוח כולל ושיטתי של טופוגרפיה הרכס. על סמך מודל הגובה הממוחשב שיחזרנו את רשתות הניקוז ופרשות המים של הרכס. בכך התאפשר ללמוד את התפלגות הגבהים של אגני ניקוז נבחרים, ולבנות את מפות ה'מעטפת' (envelop), 'תת-מעטפת' (sub-envelop) וה'שארית' (residual) של רכס הסונומה. תוצאות אלה בשילוב עם חתכים לאורך אפיקי הנחלים (stream profiles) החוצים את שבֵר ה-RC, מעידים על פעילותו הטקטונית העכשווית של העתק זה, בהתאמה עם עדויות פלאוסייסמיות וגיאולוגיות אחרות.

הניתוח כאן מציע עדויות למעוות עכשוי בצידו המזרחי של רכס הסונומה. יתכן כי מעוות זה קשור בנוכחותו של שבֵר עיוור (blind fault) באזור זה. אם כך הדבר, הרי שבניתוח השיטתי המוצע כאן טמונה האפשרות לזהוי שברים עיוורים בסביבת גזירה אופקית המלווה בטופוגרפיה מסובכת.

קווי חוף בפלייסטוקן העליון בחוף הגליל המערבי, תוך דגש על פרקי הזמן של הדרגות האיזוטופיות 7.1 ו 5.5.

סיון, ד. המכון הגיאולוגי, ירושלים, החוג לציוויליזציות ימיות, אוניברסיטת חיפה, חיפה.
 גבירצמן, ג. החוג לגיאוגרפיה, אוניברסיטת בר-אילן, רמת גן.
 שש, א. המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים.

החתך הסטרטיגרפי בחוף הגליל מורכב מחילופי אבן חול קרבונטית (כורכר). חולות חרסיתיים אדומים (חמרה), חרסיות כהות וחולות לא מלוכדים. חלק מאבני החול הצטברו והתלכדו בתנאי ים. וחלקן מקורן איאולי. החתך הרביעוני המאוחר, שגילו נע בין הדרגה האיזוטופית 7 לבין ההולוקן, מונח באי התאמה על פער זמן המייצג כ 1-0.5 מיליון שנה. המחזוריים הסדימנטריים שמעליו מורכבים מפליאוסול דק ומעליו כורכר (פרט עכו). ימי במקורו, העובר כלפי מזרח לכורכר איאולי. גיל פרט עכו משוייך לדרגה האיזוטופית 7.1. הכורכר הימי מייצג הצפה שחדרה מזרחה לקו החוף הנוכחי. גובה מפלס הים בפרק זמן זה אינו חד משמעי, אך ברור שהיה נמוך מהמפלס הנוכחי. את מיקומו של פרט עכו מעל מפלס הים הנוכחי, בחלק מחוף הגליל, יש לשייך לתנועות טקטוניות צעירות. מעל פרט עכו מונח פרט עברון. המורכב מחמרה המכילה כלים המשוייכים לתרבות האשליית התיכונה, ועצמות יונקים. העדר קרבונטים בחמרה זו, והתכולה הגבוהה של קאוליניט ביחס לאיליט-סמקטיט, מעידים על שטיפה אינטנסיבית בתנאי אקלים לחים יחסית להיום. פרט עברון משוייך לפרק הזמן של תת הדרגה האיזוטופית 6.4-6.6. במהלכה היה מפלס הים נמוך בעשרות מ' מהמפלס הנוכחי. מעל פרט עברון הורבד פרט רגבה, המורכב משתי יחידות כורכר איאולי המופרדות ביניהן על ידי יחידת חמרה. האיאוליאניטים יצרו לפחות שלושה רכסים אורכיים. הפרט משוייך לפרק הזמן של הדרגה האיזוטופית 6.1-6.3. בו מפלס הים היה עדין נמוך מהמפלס הנוכחי. מחזור הצפה נוסף, החל בהרבדת חרסיות כהות, ובהמשכו הורבד פרט יסף. הפרט מורכב מכורכר ימי, עשיר במאובנים, כולל המאובן הדיאגנוסטי *Strombus bubonius* LMK, המאפיין את ה"הצפות הטירניות". הפציאס של פרט יסף חודר עד כ 1.5-1 ק"מ מזרחית לקו החוף הנוכחי. ביוצרו קו חוף מפורץ. הפרט משוייך לדרגה האיזוטופית 5.5. מפלס הים בפרק זמן זה חושב ל +6 עד +7 מ'. בסיס הפרט נמצא בחוף הגליל בגבהים הנעים בין +5 מ' לבין -6.2 מ'. משרע גבהים זה מקורו בתנועות טקטוניות מאוחרות. מעל פרט יסף הורבד פרט נחליאלי, הנחשף רק באי נחליאלי המצוי כ 1 ק"מ ממערב לקו החוף. הפרט מייצג את הדרגות 5.1-5.4. החתך ההולוקני מונח באי התאמה מעל מחזורי החתך הפלייסטוקני. אי התאמה זו מייצגת את פער הזמן של תקופת הקרח האחרונה. הסדימנטים הצעירים כוללים חרסיות ימיות מגיל הולוקן. חולות איאוליים וסלעי חוף.

ה"הצפות הטירניות" וההצפה של ההולוקן, מיוצגות בחוף הגליל על ידי יחידות ששויכו לשיאי הדרגות האיזוטופיות 7.1, 5.5, 5.3, 5.1, ול 1.1. במהלך דרגה 6, אובחנו שני אקלימים: לח יחסית (6.6) וארידי יותר (6.1-6.3).

מיפוי גיאומגנטי רכיבי של ישראל

ר. סגל¹, ב. שירמן^{2,1}

1 מרכז למיפוי ישראל, תל-אביב

2 המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה, חולון

המיפוי הגיאומגנטי של ישראל בוצע בשנים 1993-1995. המיפוי מבוסס על מדידות אבסולוטיות ביותר מ-130 נקודות מדידה, כולל המצפים בבר-גיורא ואמציה ו-20 נקודות קבועות. להגדרת מיקום הנקודות ואזימוט גיאוגרפי, השתמשנו במכשירים GPS ו-GIRO. וקטור השדה המגנטי נמדד על ידי פרוטון-מגנטומטר (ELSEC-770) ואינקלינומטר-דקלינומטר (ELSEC-810) בהפרדה של 1 nT ו-30'. המפות נבנו על רשת 10x10 ק"מ (המרחק הממוצע בין הנקודות הוא 10-20 ק"מ ברוב השטח, למרות שצפיפות הרשת בגדה המערבית קטנה יותר). חמש מפות: ערך מוחלט, רכיבים אופקי ואנכי, סטיות ונטיות מגנטיות נבנו יחסית לקו בסיסי של מצפה בר-גיורא בשנת 1994. ניתן לראות מהמפות את האנומליות חברון וכרמל. ערכי הסטיות המגנטיות שמתקבלות ברוב השטח הם 3° - $2^{\circ}40'$, אך האנומליות בגליל בשפלת חוף הים התיכון ובערבה הערכים הם $\pm 0.5^{\circ}$ מעל הממוצע. המפות אינן כוללות את השטח המזרחי של רמת הגולן. מיפוי אזור זה מצריך רשת מדידות צפופות יותר בגלל האנומליות החזקות בו בקנה מידה קטן. חשוב לציין את השינויים השנתיים של השדה המגנטי. כמו כן לפי הנתונים שנמדדו במצפה בר-גיורא שינויים של הרכיבים האופקי והאנכי והסטיה המגנטית הינם 30nT, 80nT ו-8' בהתאמה, במשך השנים 1993-1995.

“חרסית עין הקורא”: גרומוסול חום כהה מגיל רביעון מאוחר במישור החוף המרכזי (ישראל)

נצר, מ., וידר, מ., וגבירצמן, ג.

המחלקה לגאוגרפיה, אוניברסיטת בר אילן, רמת גן 52900

שכבת חרסית חומה כהה, בעובי של 50 עד 150 ס"מ, התגלתה לאחרונה בעבודות פתוח מתחת לדיונות חול באזור מערב ראשון לציון ובמבתר כביש סמוך בנחלת יהודה. חרסית זו זוהתה גם בכונן צפון, במחשופים פזורים לאורך כביש גהה, באזור מושב מצליח ובאזור קבוץ יקום. אתרי החשיפה באזור ראשון לציון מצטרפים לשטח כולל של יותר מ 10 קמ"ר. האורך המרבי של המרחב אשר בו מתפרסת היחידה הסטרטיגרפית, בין מחשופי ראשון לציון ליקום, הינו כ 40 ק"מ בקרוב. חרסית זו כונתה בשם “עין הקורא” על שם מעין קטן בין הדיונות של מערב ראשון לציון.

החרסית מונחת במגע חד, לא-הדרגתי, ובאי התאמה על תבליט קדום הכולל גם ראשי גבעות, וגם מדרונות ורגליהם. הבדלי הגובה בתבליט שעליו מונחת החרסית מגיעים עד ל 8 מ' על פני מרחקים קצרים. התבליט הקדום הנחשף בבסיס החרסית זהה לתבליט הקיים כיום ושניהם מבטאים את ההבדלים הטופוגרפיים שבין רכסי הכורכר ובין המרובות. שכבת החרסית הינה תופעה רגיונאלית רציפה, המכסה תשתית ארוזיבית יציבה ואינה מהווה חלק מרצף קטנארי. במקומות ספורים שכבת החרסית הינה דקה יחסית בגלל ארוזיה מאוחרת. באזור המחשופים הדרומיים החרסית מונחת על חמרות של היחידות הליתוסטרטיגרפיות הידועות כ”חמרת כפר ויתקין” ו”חמרת פולג”. לפיכך, הגיל הקדום ביותר שאפשר לייחס לחרסית הכהה הינו רביעון מאוחר, בסדר גודל של עשרות אלפי שנה. באזור המחשופים הדרומיים, החרסית מכוסה על ידי דיונות החול הבתר-ביזנטי הידועות בשם הליתוסטרטיגרפי “חולות חדרה”. באזור המחשופים הצפוניים, נראה כי שכבת החרסית מכוסה על ידי “חולות התערוכה”, דור עתיק יותר של דיונות, מלפני כ 4,500 שנה. יחסי שדה אלו מצריכים עדיין ברור נוסף. השערות נוספות אודות הגיל המינימלי של שכבת החרסית מבוססות על אתרי חפירות ארכיאולוגיות שהתגלו עקב הסרת החולות הצעירים באזור ראשון לציון. מסתבר כי בוץ אשר הופק משכבת החרסית שימש כחומר גלם לסתימת פתחי מערכות קברים מתקופת הברומה התיכונה ומשום כך גילה של השכבה קדום מכ 4000 שנה. החרסית שימשה גם כחומר גלם לייצור לבני בוץ במצודה בת כ 2500 שנה מן התקופה הישראלית.

הקרקעות שהתפתחו על חרסית עין הקורא הינן גרומוסולים חומים וגרומוסולים. באזור הדרומי המירקם הינו חרסיתי-סילטי עם מעט תצבירי גיר שהתרכזו בחלק התחתון של אופקי ב. באזור הצפוני המירקם הינו חרסיתי והגיר נשטף ממנו באופן חלקי או מלא. המצאותן של קרקעות אלו גם בשטחים יציבים של ראשי הגבעות, וכן הופעתם של אופקים קלציים בחלק התחתון של אופקי ב, מוכיחה כי קרקעות אלו נוצרו באתרן, *in situ*, מאבק אאולי אשר שמש כחומר אב. אבק זה כיסה ברציפות את התבליט. הצטברותו של האבק האאולי מעידה על תנאי אקלים ארידי במישור החוף של ישראל בתקופת הצטברותו של האבק.

הטקטוניקה של ההר הימי ארטוסתנס בקרטיקון: תוצאות קידוחי הפלגה 160 של תכנית הקידוחים האוקיאנית (ODP)

י. מרט¹, א.ה.פ. רוברטסון² וצוות המחקר של הפלגה ODP 160³

1. המרכז ללימודים ע"ג ל"ך קרנאטי, אוניברסיטת חיפה, חיפה
2. מכון גרנט לגאולוגיה וגאופיזיקה, אוניברסיטת אדינבורג, אדינבורג, סקוטלנד
3. ראה רשימה מפורטת בתקציר באנגלית

שולי היבשת של הלבנט הדרומי והאגן דרום-מזרחי של הים התיכון הם שרידים שמורים היטב של שולי היבשת הדרומיים של האוקיאנוס הגאולוגי המרכזי. האזור היווה שולי יבשת בלתי פעילים מאז הטריאס, והוא מייצג תחום מעבר מהיבשת אל הים אפילו כיום. בחלקו הצפון-מערבי של הים התיכון המזרחי מצויים קפריסין וההר הימי ארטוסתנס. הגאולוגיה של קפריסין שונה במובהק מזו של הלבנט הדרומי, לכן מקובל כי הגבול בין הלוחות הטקטוניים של אפריקה ואיראסיה עובר לכן בין האי ישראל. הר ארטוסתנס, שאיננו מכוסה בסדימנטים נילטיים או באבפורטים מסיינייים, מהווה אזור תצפית יחיד במינו לבחינת אופי גבול הלוחות הטקטוניים במזרח הים התיכון. הר ארטוסתנס, הממוקם כ-100 ק"מ דרומית לקפריסין, הוא אליפטי בצורתו, אורכו כ-100 ק"מ ורוחבו כ-60. הוא מתנשא מעומק של כ-2,500 מ' עד לעומק של כ-600 מ' מתחת לפני הים, והוא מוקף על ידי מערכת חפירים ימיים, המתרחבים במערב ויוצרים שפלה אביסלית קטנה. סקר של רפרקציה סייסמית העלה כי הר ארטוסתנס בנוי על גבי קרום יבשתי דק, בדומה לקפריסין, אולם קטע של קרום ימי מפריד בין ההר לבין ישראל. מאידך הקשת הקפריסאית, טביעתו הקשתית של העתק הפוך הצונח צפונה, מפרידה בין ההר הימי והאי. חקירת מאפייני הגאולוגיים של הר ארטוסתנס נמצאה חשובה לפענוח תוואי ההתנגשות בין אפריקה ואיראסיה במזרח הים התיכון, לפיכך בוצעו בו באפריל 1995 מספר קידוחים של תכנית הקידוחים האוקיאניים (Ocean Drilling Program - ODP).

הקידוחים הימיים בהר ארטוסתנס בוצעו לאורך המדרון הצפוני, כאשר קידוח ODP 967, שמוקם בעומק ים של 2,500 מ', הגיע לעומק קידוח של 600 מ'. מתחת לכ-100 מ' של סדימנטים פליו-פלייסטוקניים, שהכילו 96 שכבות של ספרופל ו-3 שכבות אפר וולקני, ומתחת ל-25 מ' של סלעים קרבונטיים מיקריטיים מהמיוקן המאוחר, מצא המקדח קרטונים מגיל אאוקן תיכון וקוניאק-מאסטריכט עד לעומק של 446 מ', ומתחתם 146 מ' של אבן גיר ששקעה בים רדוד. מאחר ולא נמצאו בניגוד מאובנים מנחים, ניתן רק לשער כי גילו של הגיר הוא קרטיקון תיכון. חתך גאולוגי זה שונה במפגיע מהחתך של דרום קפריסין, מקום בו נפוצים אופיולטים מגיל 92-88 מיליון שנה, וסלעים סדימנטריים בתיאליים. המצאות הגיר של הים הרדוד מגיל קרטיקון תיכון והעדר האופיולטים, מצביעים על הקרבה הגאולוגית בין הר ארטוסתנס והלבנט הדרומי מחד, ועל השוני מקפריסין מאידך.

המימצאים של קידוחי ה-ODP מראים כי הר ארטוסתנס היה מבנה גאולוגי בים הרדוד שנמצא קרוב לאפריקה בקרטיקון. אחר כך שקע ההר לסיבה של ים עמוק בסנון התיכון. ההר נשאר בים העמוק גם באאוקן, אולם כאשר נדידתה של אפריקה לקראת אנטוליה הביאה לסגירת האגן הימי בין הר ארטוסתנס וקפריסין, הגיעו ההר והאי לכדי התנגשות. הגוש של ארטוסתנס נדחק אל מתחת קפריסין, כנראה בתקופת הפליוקן, וכתוצאה מכך התרומם הגוש הקפריסאי. החפירים המקיפים את ההר הימי מעידים על שקיעתו הפליו-רביעונית של המבנה, והעתק ההפוך של הקשת הקפריסאית, הצונח צפונה, הוא כנראה שריד לאזור הפחתה נאוטית שצנח צפונה אף הוא, ובו נבלע הקרום הימי שהפריד בין אפריקה ואיראסיה.

פעילות נאוטקטונית במדף היבשת הרדוד של מרכז ישראל

יוסי מרט¹

1. המרכז ללימודי ים ע"ש ל. רקנאטי, אוניברסיטת חיפה, חיפה

סימנים לפעילות נאוטקטונית נמצאו במדף היבשת הרדוד של מרכז ישראל, ממול קיסריה ועתלית. הנמל העתיק בקיסריה מציג לכאורה עדויות דו-משמעיות, היות ובעוד ששוכרי הגלים ההרודיאניים הגדולים מצויים בעומק מים של 5-8 מ', מתקני נמל בו-זמניים אחרים נשארו במפלס הים. סקרים סייסמיים שבוצעו במים רדודים איתרו סדרה של העתקים המסיטים הן את האאוליאניט, הנחשף באזור החוף, והן את שוכרי הגלים. ההעתקים מראים הסטה של 1-3 מ', כאשר הגוש המערבי הורד, והגוש המזרחי נותר במקומו. יציבותו של הגוש המזרחי נקבעה לפי אמות המים הרומיות, ששמרו על שיפוען המקורי של 0.5% בין בית חנניה וקיסריה. מוצע כי השקיעה של שוכרי בגלים חלה כתוצאה מהעתקה נאוטקטונית על פני ההעתקים האלה, שהוגברה עקב זחילת קרקע מתחת למבנה המלאכותי.

סקר סייסי במדף היבשת הרדוד בוצע גם בעתלית, הממוקמת על חצי אי של אאוליאניט פלייסטוקני התחום על ידי העתקים מצפון וממערב. הסקר הסייסי מצא שתי מערכות העתקים, שכוונן צפ-דר' וצפ'מז-דר'מז', והן מעתיקות את השכבות העליונות ב-3-1 מ'. מצוקוני ההעתקים שכוונם צפ-דר' כמעט ואינם מכוסים בסדימנטים, ויש מקום להניח כי הם פעילים. המצוקונים הקשורים להעתקים שכוונם לצפ'מז' אינם נחשפים, וכנראה שגיל פעילותם הוא פלייסטוקני. באר טבולה ושלמה, שתוארכה לתקופה הניאולייתית הקדם-קירמית, שנמצאה בעומק מים של כ-12 מ' בקירבת ההעתק הצפ'מז' הראשי. סמיכות ההעתק והבאר מצביעים על כך שההעתק לא היה פעיל במשך 8,000 השנים האחרונות.

נראה כי הפעילות הנאוטקטונית בחוף הים-תיכוני של ישראל עיצבה את אזור החוף של הלבנט הדרומי ברביעון המאוחר, ותזוזות התרחשו לאורך העתקים שם אפילו במשך 2,000 השנים האחרונות. עם זאת התזוזות הנאוטקטוניות לא היו נפוצות, ויציבות של אגפם המזרחי של מספר העתקים נמדדה כד בכד עם שקיעת האגף המערבי. שילוב הנתונים הגאופיזיים עם תצפיות ארכיאולוגיות מאמתים את הדיווחים ההיסטוריים על ניזקי רעידות אדמה במישור החוף. ניתן להניח כי שקיעתו של מדף היבשת כרוכה בשקיעתו של האגן הדר'מז' של הים התיכון.

הערכת יכולת המעקב אחר אירועים סייסמיים בישראל וסביבה
על ידי מרכז המידע הבינלאומי של האו"ם - IDC

א. מליצקי, א. שפירא

במסגרת מאמצי האו"ם להגיע לכלל אמנה בינלאומית להפסקת ניסויים גרעיניים (CTBT) הוקמה רשת סייסמית עולמית, בשלב זה נסיונית, שמרכזו בואשינגטון, ארה"ב. המרכז בואשינגטון (IDC) מפרסם בולטינים סייסמולוגיים שהוכנו מנתוני הרשת הסייסמית הבינלאומית. את הבולטין של IDC לתקופה ינואר-נובמבר 1995 השוואנו עם מידע על רעידות אדמה ופיצוצים במגניטודה 2.5 ויותר שהתרחשו ברדיוס של כ-800 ק"מ מירושלים. מידע זה לוקט מהבולטינים הסייסמולוגיים של המכון הגיאולוגי של ארה"ב (NEIC) ושל האגף לסייסמולוגיה בממנ"ג. הממצאים העיקריים הם:

1. מרבית האירועים בישראל וסביבה (למעלה מ-94%) אינם מדווחים על ידי ה-IDC. המערך הסייסמי הקיים אינו יכול לבצע מעקב אמין אחר אירועים סייסמיים בישראל ובמדינות השכנות לה.
2. באותם מקרים שהמרכז בואשינגטון גילה ואיכן אירועים סייסמיים מאזורנו, טעויות האיכון של המוקד היו בסדר גודל של מספר עשרות ק"מ. דיוק זה אינו מספיק לעקוב אחר ישום האמנה CTBT.
3. במקרים רבים השגיאות באיכון, כפי שהוערכו ע"י המרכז בואשינגטון, אינם תואמים את השגיאות האמיתיות.

מדידה מפורטת של איזוטופים של חמצן ופחמן והרכב כימי של ארגוניטים מתצורת הלשון - השלכות להיסטוריה הגיאוכימית של אגם הלשון

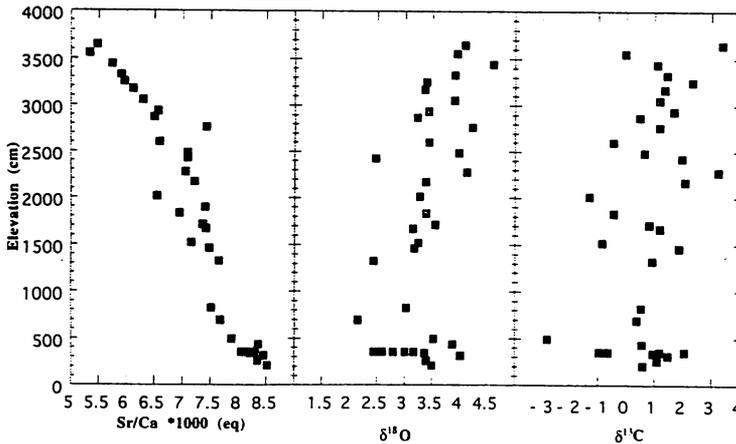
מ. מכלוס, מ. שטיין, י. קולודני, א. כץ
 המכון למדעי כדור"א, האוניברסיטה העברית, ירושלים.

יחסי האיזוטופים של חמצן ופחמן ($\delta^{13}\text{C}$ ו $\delta^{18}\text{O}$) ויחסי Sr/Ca ו Na/Ca משמשים ללימוד ההיסטוריה הגיאוכימית של תצורת הלשון. לצורה זו שקעה מאגם הלשון, האב הפלייסטוקני של ים המלח, ומחשופיה משתרעים לאורך כ-220 ק"מ מהכינרת ועד חצבה. תצורת הלשון בנויה בעיקר מחילופי למינות לבנות הבנויות מארגוניט כימי ולמינות כהות דטרטיות, בעובי של מילימטרים ספורים, וכן משכבות גבס ושכבות קלסטיות.

לצורך מחקר זה נדגם באופן מפורט מחשוף של תצורת הלשון בנחל פריצים (חתך PZ1, תוארך 26-70 אלף שנים לפני ההווה). נלקחו בלוקים המורכבים מחילופי למינות ארגוניטיות ודטרטיות. למינות הארגוניט הופרדו ונמדדו בהן $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ וריכוזי Na, Sr, Ca. השתנות הפרמטרים הגיאוכימיים מול גובה בחתך מוצגת בצירור 1. ניתן לראות כי ערכי Sr/Ca יורדים בהדרגה מ $8.5 \cdot 10^{-3}$ (יחס אקוילנט) בבסיס החתך ל $5 \cdot 10^{-3}$ בגגו. ערכי Na/Ca נעים בין $5 \cdot 10^{-3}$ (יחס אקוילנט) לבין $9.5 \cdot 10^{-3}$. ערכי $\delta^{18}\text{O}$ ו $\delta^{13}\text{C}$ לאורך כל החתך נעים בין 1‰ לבין 5‰ ובין -3‰ לבין 4.5‰ בהתאמה. ערכי $\delta^{18}\text{O}$ הממוצעים בחלקו העליון של החתך גבוהים בכ 1‰ מאשר בחלקו התחתון. על גבי המגמה הכללית ישנן מגמות קצרות טווח, המתרחשות על פני סנטימטרים ספורים (טווח של עשרות שנים כנראה), של שינויים בערכי $\delta^{18}\text{O}$ ו $\delta^{13}\text{C}$. למשל, בסמוך לשכבות דטרטיות ישנן תנודות של עד 3‰ בערכי $\delta^{18}\text{O}$. שכבות אלו מופיעות בחתך בעיקר בין 8 מ' לבין 29 מ' (57,000 ~ עד 34,000 ~ שנים). יחסי Sr/Ca בקטע חתך זה מראים תנודות גדולות יותר ואינם יורדים בצורה חלקה בהשוואה לשאר החתך.

בדומה לים המלח, אגם הלשון היה מדי פעם משוכב. הפרמטרים הכימיים והאיזוטופיים שנמדדו משקפים את התפתחות גופי המים השונים. ערכי $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ ויחסי Na/Ca מראים במקומות תנודות חריפות בשכבות ארגוניט עוקבות. תנודות אלו משקפות גוף מים קצר חיים, שהוא גוף המים העליון באגם, ממנו שקע הארגוניט. גוף מים זה, הושפע ממאזן המים הנכנסים והמתאדים מהאגם ומערבוב עם גוף המים התחתון. ההיסטוריה של גוף המים התחתון (העיקרי) באגם מתבטאת במגמה ארוכת הטווח של ירידת ערכי Sr/Ca וכנראה גם בעליה המקבילה בערכי $\delta^{18}\text{O}$ ו $\delta^{13}\text{C}$ לאורך כל החתך. Katz et al. (1977) מצאו ירידה דומה בערכי Sr/Ca בחתך בתצורת הלשון באזור מצדה, ופירשו ירידה זו כתוספת מים מתוקים בעלי יחס Sr/Ca נמוך וערבובם עם שכבת המים התחתונה המלוחה יותר. מגמות השינוי קצרות הטווח ב $\delta^{18}\text{O}$ ו $\delta^{13}\text{C}$ בסמוך לשכבות דטרטיות נובעות כנראה משינוי במאזן בין המים הנכנסים לאגם לבין האידוי ממנו. ריבוי השכבות הדטרטיות בחלקו התיכון של החתך יחד עם השינויים ב $\delta^{18}\text{O}$ ו $\delta^{13}\text{C}$ בקטע זה מעידים כנראה על תקופה בה מפלס האגם השתנה בתכיפות.

KATZ A., KOLODNY Y., and NISSENBAUM A. (1977). *Geochim. Cosmochim. Acta* 41, 1609-1626.



צירור 1. השתנות יחסי Sr/Ca, $\delta^{18}\text{O}$ ו $\delta^{13}\text{C}$ בחתך PZ1.

מה ענין אוסטרקודה לתכנון מנהרת הר הצופים

י. מימון¹; א. הוניגשטיין²; א. רחנפלד¹; וי. ארקין¹

¹ המכון הגיאולוגי, רח' מלכי ישראל 30, ירושלים 95501

² משרד האנרגיה והתשתית, יחידת הנפט. רח' יפו, 234, ירושלים

מנהרת הר הצופים, שתהווה חלק מכביש המהיר ירושלים - מעלה אדומים מתוכננת במסת סלע קרסונית של תצורת מנוחה מגיל סנון. בטקרים מוקדמים התברר כי במסת הקרטון ההומוגנית למדי ישנן הופעות סלעים בעלי איכות גיאוטכנית נמוכה ביותר עקב תכולה גבוהה של חרסיות בכלל, ושל מונטמורילוניט בפרט.

במסגרת עבודה זו נבדקו למעלה מ-250 מדגמים מגלעינים משבעת הקידוחים לאורך תוואי המנהרה ומעוד שני קידוחים מעבר לשני קצותיה שנקדחו לצורך תכנון הכביש. בכל המדגמים נבדקו מאספי האוסטרקודה, תכולת השארית הבלתי מסיסה, וריכחי קלציום, מגנזיום, סולפט ופוספט. מאספי האוסטרקודה אפשרו חלוקת החתך הקירטוני ל-s היחידות וחלק מהן אף ליחידות משנה, כאשר טווח הגילים של החתך כולו קוניאק עליון עד קמפן עליון.

בחתך גיאולוגי לאורך תוואי המנהרה הותוו הגבולות הביוסטרטיגרפיים של האוסטרקודה וממנו הוסקו מספר מסקנות גיאוטכניות:

א. ככלל היחידות הביוסטרטיגרפיות השונות שומרות על עוביים קבועים.

ב. נטיית השכבות באתר 5 מעלות לדרום מזרח, כמצופה על פי שיקולים סטרואקטורליים רגיונליים.

ג. כמעט כל המנהרה מתוכננת ביחידה s-3a (שגילה סנסון עליון), ועל כן הושם דגש על אפיון גיאוטכני שלה.

ד. הפחתות דרסטיות בעובי חלק מהיחידות לאורך החתך ו"קפיצות" בגובהן, סייעו באיתור שלושה העתקים נורמליים החוצים את תוואי המנהרה. בחינה מדוקדקת של גלעיני הקידוחים סייעה באיתור איזורי ריסוק אשר דרכם עוברים כנראה שניים ממישורי ההעתקה. המיקום המדויק של חיתוך מישורי ההעתקה עם המנהרה תלוי כמובן בנטייתם. מאחר שמדובר בהעתקים נורמליים ניתן להניח כי נטייתם בין 60-80 מעלות.

המידע שנצבר ניתן ליישום בפרויקטים גיאואנדסיים במסת הקרטון של חבורת הר הצופים באזור ירושלים בפרט ובאזורים אחרים בארץ.

הגיאולוגיה של גשר גילה
 לוסיאן מיכאלי ויעקב ארקין
 המכון הגיאולוגי, ירושלים.

גשר גילה הינו חלק מפרויקט מורכב הכולל שתי מנהרות וגשר המקשר ביניהן. הגשר עובר מעל נחל הר גילה ואורכו כ- 350 מ' וגובהו המירבי כ- 50 מ' מעל תשתית הנחל. הגשר כולל 5 עמודים כאשר הקצה הצפוני והדרומי צמודים למדרונות נחל הר גילה.

יחידות הסלע הנחשפות בשטח שיכות לחברת יהודה הבונה את רוב גב ההר. הסלעים הנחשפות לאורך תוואי הגשר הם בעיקר דולומיט, גיר, חוואר וחרסית של תצורות עמינדב, מוצא ובית מאיר מגיל קנומן עליון.

תצורת בית מאיר (Kubm) - מורכבת מדולומיט צהוב עד חום בהיר, בדרך כלל צפוף, במקומות הדולומיט מתחלף עם שכבות דקות של חוואר צהוב ותרסיזי צור שמופיעים במקומות. העמודים Do, Eo בגובה 45 מ' ו 38.5 מ' מוצבים ביחידת זו.

תצורת מוצא (Kumo) - בנויה מחוואר עם מספר שכבות ביניים של גיר קשה עם שרידי פאונה. החוואר, צהוב, רך ובמקומות עם עדשות ושכבות של חרסית בצבע ירוק - כחול, "שמנה" ותופחת. העמוד Co בגובה 20.5 מ' מוצב על גבי החוואר.

תצורת עמינדב (Kua) - מורכבת בחלק התחתון מגיר צהוב בהיר, דק גביש בחילופין עם גיר דולומיטי ובחלק העליון מדולומיט אפור עד אפור בהיר, קשה, עם שרידי פאונה. העמודים Fo, Bo בגובה 10 מ' ו 19.5 מ' וניצבים Go, Ao בקצות הגשר מוצבים על גבי יחידה זו.

בכל חפירה של בסיס עמוד מתוכנן מופתה הליטולוגיה והסידוק בקירות ובתשתית הבור.

תופעות קרסט נפוצות כתעלות וחללי המסה המלווים בעורקי קלציט ומילוי אדמת טרה רוסה. במקומות הקרסט עשוי להתפתח למערות בנפח של מספר מטרים מעוקבים. תופעות אלו עוקבים אחר מערכת הסידוק.

בבסיס כל עמוד המתוכנן נחפרו חפירות בגודל 14x14 מ' ובעומק עד 14 מ' לגילוי תשתית סלע בריא. בחפירות שנעשו עד לעומק המפלס המתוכנן, נחשף בתשתית סלע מאוד בלוי, מסודק עם תופעות קרסטיות. תנאים אלה לא התאימו לבניית עמודי הגשר בגלל שוני חוזק הסלע ממקום למקום. תופעות הקרסט ושינוי חוזק עלולים לגרום לשקיעה דפרנציאלית של העמודים. לאור מצב זה בוצעו הפעולות הבאות:

1. נקוי רצפת החפירה מסלע שבור ומפורר.
2. מפוי סדקים, קרסט ובדיקת איכות מסת הסלע.
3. ביצוע סקר ראדאר, על מנת לבדוק בעומק מתחת לתשתית החפירות, את היחסים בין סלע בלוי וסלע בריא, אופי הסדוק והאפשרות להימצאות חללים קארסטיים.
4. התאמת סקר הרדאר ומפוי תשתית הבור לסימון אזורים מסוכנים.
5. המלצות לקידוחי הזרקות (דייס) למילוי סדקים וחללים.

נסויי מסיסות בתא יהלום: המערכת מים-הליט עד 20 Kbar ו- 300°C.

ארי מטמון ועודד נבון

המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העיברית, ירושלים, ישראל.

במחקר הנוכחי פותחה שיטה המאפשרת קביעה נסיונית של מסיסות מנרלים במים בטמפרטורות ולחצים גבוהים באמצעות תא יהלום שפותח על ידי Shen et. al, 1992. בזכות שקיפותו של התא מתאפשרת תצפית ישירה על התהליכים המתרחשים בתוכו וקביעה מדוייקת של שווי המשקל בין הגביש לתמיסה. הולכת החום המעולה של היהלומים מאפשרת קריאה מדוייקת של הטמפרטורה על ידי תרמוקפלים המובקים ליהלומים. כיול הטמפרטורה בתא בטווח בין 100°C ל- 734°C נעשה בעזרת מעברי פאזה ידועים: מים - אדים, מים - קרח, התכת עופרת, KI ו- KBr. הלחץ בתא נקבע בעזרת ניתוח ספקטרום הפלואורסצנציה של אודם (Ruby).

המינרל שמסיסותו במים נבדקה הוא הליט. מינרל זה נבחר כמייצג של מומסיס בתמיסות אלקטרוליטיות בזכות נפיצותו הרבה באינקלוזיות נוזליות. בנסויי המסיסות הנוכחיים הוכנסו לתא גביש של הליט, מים וגביש של אודם. הטמפרטורה והלחץ בתא הועלו בכדי להמיס את הגביש הנבדק. כאשר הגביש נמס כמעט לחלוטין נמדדו הלחץ והטמפרטורה. לאחר מכן הועלה הלחץ והטמפרטורה שונתה עד להמסה כמעט מלאה של הגביש. באופן זה נמדדו מספר רב של נקודות והוגדרה ה- liquidus עבור הריכוז הנתון. הנקודה האחרונה נקבעת בנכחות מים, גביש ובועת אדים. נקודה זו נמצאת על קו שלש הפאזות ולכן ידעת הטמפרטורה מגדירה את הלחץ וההרכב המדוייק של המערכת של (Potter et. al, 1977). באופן זה נקבעו קוי הליקוידוס עבור מערכות עם ריכוזי הליט של 27% עד 38% משקלית בלחצים עד 20 kbar וטמפרטורות בין 0 ל- 300°C. ניתוח ההתנהגות של המערכת מים-הליט כפי שבאה לידי בטוי במרחב T-P מוביל למסקנות הבאות:

- (א) המסיסות תלויה חלש בלחץ. היא עולה מעט עם עליית הלחץ עד ללחצים שבין 5 ל- 10 קילובאר ואז יורדת עם המשך עליית הלחץ.
 - (ב) השפעת הלחץ יורדת ככל שהטמפרטורה עולה.
 - (ג) המסיסות תלויה חזק בטמפרטורה והיא עולה עם עליית הטמפרטורה.
- ניתן לזהות התנהגות דומה בעבודות קודמות שנעשו על המערכת מים-הליט בטמפרטורות של 350°C עד 800°C ובלחצים של עד 6 קילובאר (Gunter et. al, 1983; Bodnar, 1994; Koster Van Groos, 1991).

גיאוכימיה של סלעי מיקה המכילים אמרלד - אורל

אינסה מורוז

המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים, ירושלים, 91904, ישראל

במסגרת המחקר נבדקו סלעי מיקה המכילים אמרלד מ 4 מרבצים באורל, הנמצאים ברכס המזרח אורלי, באזור של פעילות טקטונומאגמתית אינטנסיבית, מלווה בהתפתחות רחבה של מאגמתיזם אולטרה-בסיסי, בסיסי, בינוני וחמוץ. מרבצי אמרלד-בריל אלה בנויים ממספר גופים של סלעי מיקה- פלוגופיט הקשורים לאסוציאציה של גרייזן עם מינרליזציה פנאומטוליטית-הידרותרמלית מאוחרת של בריל. גופים אלה הם תוצאה של השפעת אינטרוזיה גרניטית על סלעי הסביבה. בדומה, עיקר מרבצי האמרלד בדרום-אפריקה, ברזיל, הודו ומצרים מצויים באזורים בהם חדרו מאגמות חמוצות בסמוך לסלעים אולטרה-בסיסיים ובסיסיים, כך שתמיסות הידרותרמליות יכלו לבצע מטסומטיזם של הסלעים האולטרה-בסיסיים ובסיסיים ולהוביל ליצירת אמרלדים.

הגיאוכימיה של בצרי האמרלד באורל מאופיינת בצרופ בלתי רגיל הן מבחינה כמותית והן מבחינה איכותית של היסודות של המאגמות החמוצות (K, Na, F, Be, B, Mo, Li, Rb, Cs, Zn, Ba) והן היסודות של הסלעים האולטרה-בסיסיים, הבסיסיים והבינוניים (Mg, Fe, Cr, Ti, Ni, Co, Cu), המכילים סלעי מיקה עם אמרלד.

התופעה הזו מאשרת את האופי הפנאומטוליטי-הידרותרמלי מטסומטי של הסלעים המכילים אמרלד (בצר האמרלד).

היחס בין ריכוזי היסודות בסלעים האלה תלוי בהרכב הסלעים מכילי הבצרים. הבצר שנוצר בסלעים אולטרה-בסיסיים מאופיין בריכוז גבוה של Mg, K, F, Cr, אלקלים נדירים (Li, Rb, Cs), Na, Fe, B, Ti, V, Ba, Pb, Cu, Zn, Sn, Ni, Co, Mo יחסית לבצר שבסלעים בינוניים שבו ריכוז גבוה של Na, Fe, B, Ti, V, Ba, Pb. מצד שני, ההרכב הכימי של הבצר תלוי בחומציות-אלקליניות של התמיסות ההידרותרמליות שהשתפו במטסומטיזם של הסלעים. המדד העיקרי של חומציות-אלקליניות הוא ריכוז F ויחס K/Na. ריכוז גבוה של F בתמיסות מסייע להעבר יסודות נדירים, ובפרט, Be בצורה פלואור-ברילטיים וגם להוצאת Cr מסלעים המכילים את הבצר.

נמצאה תלות בין כמות האמרלד בבצר לריכוז יסודות מסוימים. ככל שכמות האמרלד בבצר גבוהה יותר, נמצאו ריכוזים גבוהים של Cr, Mo, (Cr/Ti), Be, Mg, F, (Mg/Fe), Na, K (ויחס K/Na), אלקלים נדירים, Zn, Sn, באותו בצר נמצאו ריכוזים נמוכים של Pb, Co, Ni, Cu, B.

סמנים פלוביו-פדוגניים בתשתית אלוביאלית לקביעת עובי השכבה הפעילה

באפיקים מדבריים

יהודית לקח¹, רבקה אמית², גרודק תמיר¹, אשר שיק¹

¹ המחלקה לגאוגרפיה, האוניברסיטה העברית, ירושלים

² המכון הגיאולוגי, ירושלים

בחינה של המילוי האלוביאלי באפיק הפעיל של נחל יעל, המתנקז לנחל רודד בערבה הדרומית, הראתה קיומה של אי רציפות סדימנטרית בעומק ממוצע של כ- 50 ס"מ מתחת לפני השטח. אי רציפות זו באה לידי ביטוי במגע חד וברור בין שכבת האלוביום העליונה הבלתי קוהזיבית, בגוון אפור (10YR6/2), לבין שכבת אלוביום קומפקטית בעלת גוון אדום (5YR5/4). שכבה זו רציפה לרוחב ולאורך האפיק ובעלת מאפיינים פדוגניים כגון: הצטברות קלציום קרבונט, הן במטריקס והן בתחתית החלוקים, והאדמה של הסדימנט על ידי תחמוצות ברזל. בעוד הגבול העליון של היחידה האדומה חד וברור, המעבר לעומק הוא הדרגתי. קיימת ירידה בקומפקטיות ובעוצמת האדמה, ובעומק של 30-40 ס"מ מגג היחידה הצבע חוזר להיות שוב אפור. יחידות דומות נמצאו באפיקי נחלים נוספים באיזור (רודד, שחורת, ציון) אם כי בעומקים שונים.

המנגנון המוצע להוצרות היחידה האדומה באפיק נחל יעל קשור לכך שמהירות ההתקדמות של גל השטפון גדולה בסדר גודל מקצב החידור של מי השטפון לאלוביום, וכן למשך הקצר יחסית (עד שעות בודדות) של הזרימות. לפיכך, גל השטפון אינו מתקדם מעל תווח רווי והחידור לעומק מתרחש במהלך הזרימה עצמה. מידת הרוויה וכמות המים החודרים לאלוביום הם, על כן, פונקציה של משך הזרימה. קיומם של מאפיינים פדוגניים בתוך תשתית אלוביאלית של אפיק פעיל מרמז על השפעה מצטברת של שינויים בזמינות המים לאלוביום לפני ובזמן השטפון. במהלך זרימה מתרחשים באפיק תהליכי מילוי וחתירה ההמשפיעים לעומק המציין את עובי השכבה הפעילה לכל ארוע. המצאותה של היחידה האדומה באפיק הפעיל מציינת, אם כן, את העובי המירבי של האלוביום המושפע מתהליכים אלה במהלך שטפונות המאפיינים את משטר הזרימות הנוכחי.

התפתחות סימולטאנית של רעידות אדמה והעתקים בחצי-מרחב משוכב ריאולוגי

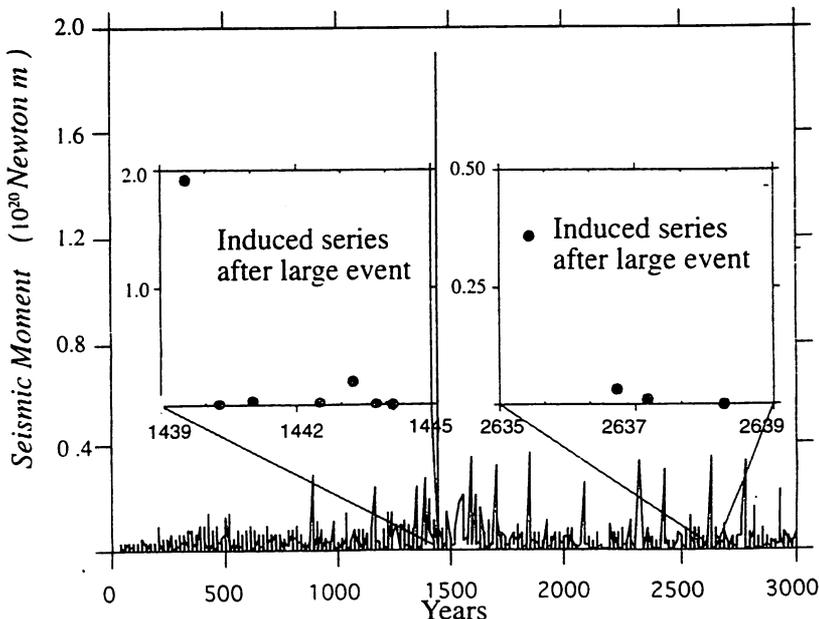
ולדימיר לייחובסקי¹, יהודה בן ציון², ואמוץ עגנון¹

¹המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ו²האוניברסיטה של דרום קליפורניה

מרבית המודלים לשבירה ורעידות אדמה מוגבלים לפעילות לאורך העתק בודד, או לכל היותר מספר מוגבל של העתקים המוכתבים מראש. יוצאים מכלל זה חישובים חלוציים של דפורמציות אלסטיות סטטיות בלוח דק, המדמים היסטוריות ארוכות של סייסמיסיות אזורית והתפתחות מערכות העתקים. הבעיה עם מודלים דו-ממדיים כאלה נעוצה בהזנחת הצימוד של השכבה הסייסמוגנית העליונה עם המצע העמוק שאינו נשבר אלא זורם. דרך צימוד זה משרה המצע העמוק מאמציים אלסטיים משמעותיים על הלוח, ומטעין העתקים בשכבה הסייסמוגנית. מגבלה לא פחותה במודלים הקיימים היא הכתבת ההעתקים מראש, וההנחה שהעתקים אינם בזמן. במעט המודלים בהם העתקים גדלים עם הזמן התכונות האלסטיות של הסלע בגושים קבועות בזמן.

המחקר הנוכחי הינו נסיון לפרוץ את המגבלות האמורות תוך שימוש בפורמליזם של ריאולוגיית נזק תלוי דפורמציה וזמן במודל המורכב מחצי-מרחב משוכב אלסטי - ויסקואלסטי. המודל מאפשר לנו לדמות היסטוריות ארוכות של דפורמציה קרומית ולחקור את ההתארגנות העצמית של רעידות אדמה גדולות והעתקים ראשיים.

החישובים מראים שזנך מפוזר אקראי מתפתח ע"י ריכוזו למערכת העתקים. הקטלוג הסינטטי שלנו מראה התפלגות תדירות-גודל לפי יחס גוטנברג-ריכטר לרעידות הגדולות, ומצביע על סדרות של אירועים בינוניים המושרים ע"י האירועים הגדולים (ציור).



השפעת הקרקעות על תהליכי המלחה באקוויפר עבדת (שפלה הדרומית, ישראל)

ליבשיץ, י.

מכון לחקר המדבר, אוניברסיטת בן גוריון בנגב, באר שבע 84105.

המקור העיקרי של המליחות המים באקוויפר עבדת {קרטון סדוק מגיל איאוקן} מצוי במים העתיקים מתווך הנקבובי של הקרטון. המים האלה הינם הסיבה למליחות המים הגבוהה (עד 5000 מ"ג/ל כלור) והטיפוס המגנזיום-כלוריד השולט באקוויפר (מים ממקור ימי - יחס rNa/rCl סביב 0.85, יחס $Q = rCa/[rSO_4 - rHCO_3]$ סביב 0.3, יחס $[rCl - rNa]/rMg$ פחות מ-1 ויחס rBr/rCl סביב $1.5 \cdot 10^{-3}$).

השוואה בין הרכב הכימי של מי התהום (נתונים מ 23 בארות שנאספו ב-1994-1995) לבין חבורת הקרקעות הראתה קשר ישיר בין סוג הקרקע להרכב הכימי של מי התהום. באיזור המחקר שולטים שלושה סוגים עיקריים של קרקעות: 1) ליטוסול חום ורנדזינה חומה על מדרונות; 2) קרקעות גומוסוליות; 3) קרקעות לסיות ולס.

מליחות מים נמוכה ביותר (600-150 מ"ג/ל כלור) נצפתה בחלק המזרחי של האיזור. באיזור זה הסלעים של חבורת עבדת חשופים או מכוסים בליטוסול חום ורנדזינה חומה. במורד הזרימה מערבה, מליחות המים הולכת וגדלה ובאיזור המכוסה ע"י קרקעות לסיות ולס ומגיעה עד 5000 מ"ג/ל כלור. בשטחים בהם נפוצים קרקעות גומוסוליות מליחות המים בסביבות 1000-1500 מ"ג/ל כלור.

ניתן להניח שתהליכי ההמלחה מתפתחים באופן הבא:

1. מים מתוקים של גשמים ושיטפונות (20-10 ו-80-120 מ"ג/ל של כלור בהתאמה) מעשירים את מי התהום (הזרימה מתפתחת בעיקר לאורך הסדקים) של אקוויפר עבדת בחלקו המזרחי של האיזור.
2. בתהליך זרימה מערבה מי התהום ממיסים מלחים מהתווך הנקבובי של הקרטון (באיזורים בהם סלעים של חבורת עבדת חשופים או מכוסים ע"י ליטוסול חום ורנדזינה חומה כניסת מי גשמים לאקוויפר עבדת נמשכת).
3. באיזורים המכוסים בקרקעות לסיות ולס מליחות המים גדלה באופן קיצוני, כתוצאה של החדירת הנמוכה של הלס. רק כ-2% של מי גשמים מגיעים עד למי התהום (Issar et. al., 1988).

תופעות דומות של עליית מליחות המים באיזורי התפשטות של קרקעות לסיות נצפתה במי חלוקים מנחלים בשפלה הדרומית (נתונים מ 8 בארות שנאספו ב-1994-1995). מים אלו מאופיינים בהרכב נתון-סולפט (יחס rNa/rCl יותר מ-1, יחס $[rNa - rCl]/rSO_4$ פחות מ-1 ויחס rBr/rCl סביב $4.5 \cdot 10^{-4}$). את השינוי של הטיפוס הכימי ממגנזיום-כלוריד המאפיין את מי גשמים ומי אקוויפר עבדת לנתון-סולפט המאפיין את מי הנגר וחלוקים אפשר להסביר בתהליכי המסת מלחים מפני הקרקע: סולפט, שהצטבר בתנאי האקלים המיוחדים ששלטו באיזור בתקופת הפלייסטוקן (Issar et. al., 1988), הליט שהצטבר כתוצאה של התאדות של גשמים קודמים (רוזנטל וחברו, 1983), פלדספר (Magaritz et. al., 1984) וגם תהליכים של חילופי יונים. מי חלוקים באיזורי הלס הרבה יותר מלוחים (עד 2200 מ"ג/ל של כלור) מאשר באיזורים שבהם נפוצים ליטוסול חום ורנדזינה חומה (300-550 מ"ג/ל של כלור).

לס משפיע על המליחות מי התהום בשתי דרכים: הוא לא מאפשר למי גשמים להגיע עד למי התהום ומצד שני שטיפת המלחים מתוך הלס גורמת לעליית המליחות במי התהום הנמצאים מתחתיו.

ניתוח יציבות מדרונות על בסיס חישוב לאחור של גלישת מדרון במכרה פוספטים באזור ערד

לרין, מ., חצור י.

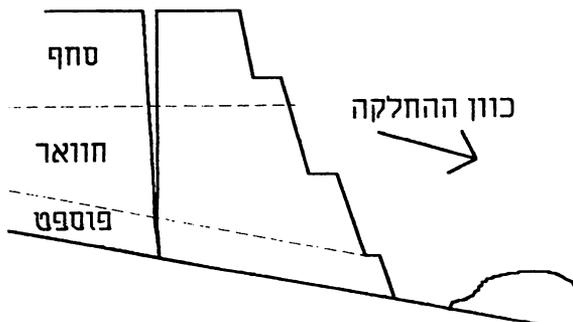
המחלקה לגיאולוגיה ומינרולוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב 84105 באר-שבע
ארוע כשל שארע בקיץ 1994 במכרה פוספט באזור ערד נותח בשיטת חישוב לאחור לצורך הערכת יציבות מדרונות לאורך המורדות הדרום מזרחיים של אנטיקלינת אפעה. המדרון שגלש הכיל בלוק סלע בגובה של כ-40 מ' ורוחב של 30 מ'. חתך הסלע מכיל יחידות סלע פוספט פריך ופוספט גירי השייכים לחלק העליון של תצורת מישאש, חוואר קאוליני מתצורת עירב וצוררות ובלזרדים של גיר בתלכיז חול וסין שחלקם שייך לסחף טבעי וחלקם כיסוי שהונח עקב עבודות כריה קודמות באזור. נתוח הגלישה התבסס על מיפוי בעזרת מצפן ברנטון ומכשיר מדידה מסוג Total Station וכלל מדידות של המדרון, מישור הכשל, סידוק וגבול בין היחידות הגיאולוגיות. מודל מיכני שורטס ולפיו הוערך כי צורת הגלישה הינה החלקה לאורך מישור שכבה. נסית מישור ההחלקה נקבעה לפי נסית שכבות הסלע ונעה בין $17-21^{\circ}$ באזימוט 135° .

לצורך בדיקת המודל בוצעו בדיקות מכניות כדלקמן:

- (1) נבדקה זווית החיכוך השיורית של מישורי מגע שונים בין יחידות הסלע ע"י בדיקות הטיה (Tilt test) והתקבל ערך ממוצע של 27° .
- (2) אופק חרסית שהתגלה בין שכבות הגיר הפוספטי ושכבת צור נבדק בבדיקת גזירה ישירה בתנאים מנוקזים במצב רוויה, והתקבלו ערכים של 19.2° עבור זווית החיכוך ו- $589kPa$ עבור הקוהזיה.
- (3) מבדיקות גזירה טריאקסיאליות שנערכו על מדגמי סלע פוספט גירי התקבלו ערכים של $41-40^{\circ}$ עבור זווית חיכוך פנימית ו- $2.5-6.4 MPa$ עבור קוהזיה. תוצאות אלו מעידות על כך שכשל המדרון התרחש לאורך מישור שיכוב המכיל את אופק החרסית. ההחלקה התאפשרה בעקבות ניתוק הבלוק על ידי סדק מתיחה שהתפתח עד לאופק החרסית. אנליזת רגישות בוצעה במטרה לבדוק את השפעת העומק היחסי של סדק המתיחה (Z/H) גובה הסדק, (H גובה המדרון) על מקדם הביטחון בהתחשב במפלס המים לאורך הסדק. ערך מינימום עבור מקדם הביטחון מתקבל כאשר $Z/H=0.54$ ועומק המים אינו עולה על רבע מגובה הסדק.

שתי תופעות שאותרו בארוע הכשל מהוות אתגר להמשך המחקר. האחת אופן התפשטות סדקי המתיחה והאם קיים קשר למערכת סידוק טקטוני. השניה תרומת הקוהזיה לחזקת הגזירה של מישור ההחלקה, שכן תוצאות הניתוח לאחור מראות כי מרכיב הקוהזיה לא תרם מאומה לחזקת הגזירה בפועל.

סדק מתיחה



תמוננים — אמונואידים ערומים שסרדו את המשבר האקולוגי בגבול קרטיקון-טרצייך

לוי, ז.

המכון הגיאולוגי, רחוב מלכי ישראל 30, ירושלים, 95501.

קונכיות רוב האמונואידים גדלות במגמה אחידה לכל טיפוס קונכיה עד לסיום הגידול, המאופיין על ידי החלשות העיטור והצטופפות המחיצות האחרונות. אמונואידים אחרים משנים את צורת הפיתול של הקונכיה, מרחיבים את קובת הדיור ומכווצים את הפתח הסופי, או מפתחים עליו שלוחות. שינויים מורפולוגיים אלו נחשבו כמציינים את שלב הבגרות, אותו חי האמונואיד בצורתו החדשה מספר שנים. כאשר אמוניטים אלו צפו במים פנה הפתח כלפי מעלה והגביל את כושר התנועה לצדדים, ועמו את יכולת הסריפה וההזדווגות. הפתח המכווץ הקשה על הנקבה לשלוף את זרועותיה כדי להצמיד את הביצים לתשתית, כפי שרוב הראש-רגליים עושים כיום. המגבלות התפקודיות שנגרמו בגלל שינויים אלו בקונכיה הסופית הובילו למות החיה, לכן חייב היה להיות להם תפקיד מכריע בחיי האמונואיד סמוך למותו. השלוחות על פתח המיקרוכונך (כנראה זכר) עשויות היו לעזור בהזדווגות, אחריה הוא מת. קובת הדיור הסופית של המאקרוכונך (הנקבה) התפתחה לקובת הטלה צפה דמוית סירה, בתוכה הטילה הנקבה ביציה ומתה בה. הביצים התפתחו בקובות הטלה הנסחפות בזרמי הים הפתוח, שהגבירו את הפצת האמונואידים הללו. לביצים המעטות המוכרות מאמוניטים צורת כדור זעיר בקוטר 0.5-0.8 מ"מ בדומה לקוטר הקונכיה הראשונית (פרוטוכונך) של האמונואידים. לכן היו אלו ביצים דלות חלבון, הנבדלות מביצי רוב הראש-רגליים החיים כיום, המכילות חלבון עודף המזין את היצורים הצעירים עד שהם מסוגלים לטרוף. גווית הנקבה בתוך קובת הדיור עשויה היתה להזין את האמונואידים שבקעו מביצים דלות חלבון. הנקבה של התמונן חסר השלד Argonauta מטילה ביצים כדוריות זעירות בתוך קובת הטלה קלציטית, אותה היא מפרישה במיוחד, ובה היא מתה. צורת רביה מיוחדת זו לארגונאוטידים (קבוצת תמוננים) ולאמונואידים ששינו את קובת הדיור הסופית לקובת הטלה מורה על קירבה פילוגנטית בין שתי הקבוצות. ארגונאוטידים מקורם מאמונואידים שאבדו את קונכיתם במזוזואיקון. בהיותם אמונואידים ערומים, נהגו להתישב לקראת ההטלה באמוניט ריק שצף במים, תוך כדי קבלת יכולת להתאים את הקונכיה לקובת הטלה נוחה על ידי הפרשת קלציט מהקצוות המורחבים של שתי זרועות. חוסר שלד חיצוני אפשר להם לעבור את המשבר האקולוגי בגבול קרטיקון-טרצייך, בדומה לקרוביהם בעלי השלד הפנימי והמנוון. אולם העלמות קונכיות צפות של אמוניטים בקינוזואיקון אילצה אותם להפריש קונכית הטלה שלמה. התמוננים האחרים התפצלו מאמונואידים שלא שינו את הצורה של קובת הדיור הסופית, ואשר התרבו בדומה לתמוננים אלו בהטלת ביצים עתירות חלבון בצמוד לתשתית. התפצלות זו התרחשה עם התנוונות והעלמות הקונכיה החיצונית ביורה (תמונן) קדום ביותר מוכר (מהקלוביאן).

מסלל P-T ותיארוך ראשוני של התשתית הפרקמברית

בדרום - מזרח גוש רודד, אזור אילת, ישראל
 כ"ע,¹ אבינד ד.,² מטיס א.,¹ חיימן א.¹

¹המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים 91904.
²המכון הגיאולוגי, רח' מלכי ישראל 30, ירושלים 95501.

גוש רודד, הנמצא צפונית מערבית לאילת, הינו אחד ממחשופי התשתית הצפוניים ביותר של השילד הערבי-נובי. היחידה המטאמורפית הנחשפת בדרום גוש רודד מכילה בעיקר גופי אמפיבוליט וסלעי שיסט וגנייס שעברו מיגמטיזציה בדרגות שונות. סלעי השיסט והגנייס מכילים ביוטיט, פלגיוקלו, קוארץ ופורפירובלסטים של גרנט וקורדיריט המוחלף לפניט. אלומינו-סיליקטים לא נמצאו בסלעים המטאמורפיים, עובדה המיוחסת לתכולת אלומניום נמוכה והיווצרות תחת לחצים נמוכים של סלעים אלו. היתידה המטאמורפית מהווה סלע סביבה לתוכו חדרים מספר דורות של דייקים מטאמורפיים, וכן חדורה בצפונה על ידי פלוטון קוארץ-דיוריטי.

תנאי הלחץ-טמפרטורה של הסלעים המטאמורפיים בדרום גוש רודד מצויים בתחום הפציאס האמפיבוליטי הגבוה. הטמפרטורה הממוצעת שהתקבלה מתוך הכימיה של גלעיני מינרלים באמפיבוליט, בקורדיריט-מיגמטיט ובגרנט-מיגמטיט היא 670°C ו- 720°C (בהתאמה לתרמומטריה על פי חילופי Fe ו-Mg בין גרנט וביוטיט ועל פי חילופי Na ו-Ca בין אמפיבול ופלגיוקלו). הלחץ המקסימלי, על פי המאסף המטאמורפי בסלעי המיגמטיט (קורדיריט+גרנט+ביוטיט), הוא 5 קילובר (מתאים לעומק של 15-12 ק"מ). יחסי השדה והטקסטורה של הסלעים המיגמטיטים מציעים שבמקומות עברו סלעים אלה התכה חלקית. המסלול הפרוגרדי של המיגמטיטים ביחידה המטאמורפית של דרום גוש רודד חוצה את קו הראקציה: ביוטיט-סטארוליט = גרנט-קורדיריט, ובטמפרטורות הגבוהות ביותר שהושגו חוצה את קווי ההתכה של הרכב גרניטי והרכב טונליטי.

תיארוך ראשוני בשיטת K-Ar שנעשה על אמפיבול מדוגמת אמפיבוליט אחת וביוטיט מדוגמת מיגמטיט אחת נתן גילים של 730 ± 12 מליון שנה ו-700 מליון שנה, בהתאמה, לפי כך מוצע שהמטאמורפזם העיקרי בגוש רודד התרחש לפני כ-700 מליון שנה. תיארוך שנעשה על ביוטיטים משתי דוגמאות מיגמטיט אחרות נתן גילים צעירים (535 ו-435 מליון שנה), הנובעים מכלורטיזציה שהתרחשה בארוע הידרותרמלי צעיר.

ברומטריה לפי תכולת אלומיניום בהורנבלנדה ותרמומטריה של אמפיבול - פלגיוקלו במספר דוגמאות קוארץ דיוריט נתנו תוצאות של 2-3 קילובר (מתאים לעומק של 5-9 ק"מ) ו- 700°C . תיארוך בשיטת U-Pb שנעשה על צירקונים מדוגמת קוארץ דיוריט אחת נתן גיל של 634 ± 2 מליון שנה (באדיבותם של Stern & Manton מאוניברסיטת טקסס). הפלוטון הקוארץ דיוריטי מציג במקומות דפורמציה הבאה לידי ביטוי בפוליאציה חלשה וטקסטורה פוליגונלית מקומית, ומציין את סוף המטאמורפזם העיקרי בגוש רודד. הדייקים המטאמורפיים מכילים אמפיבולים במספר הרכבים: הורנבלנדה, אקטינווליט-הורנבלנדה ואקטינווליט. תרמומטריה של אמפיבול - פלגיוקלו בגבישי הורנבלנדה נתנה תוצאה של 650°C , ובגבישי אקטינווליט נתנה תוצאה נמוכה יותר של 540°C . הטמפרטורות שהתקבלו מההורנבלנדה דומות לטמפרטורות שהתקבלו בסלע הסביבה של היחידה המטאמורפית, ומכאן שיתכן שהדייקים המטאמורפיים וסלע הסביבה עברו מטאמורפזם באותו ארוע. עוד יתכן, שההורנבלנדה הוא ממקור מגמתי. הטמפרטורות הנמוכות שהתקבלו מהאקטינווליט של הדייקים המטאמורפיים מציינות שלב רטרוגרדי במסלול ה-P-T של גוש רודד. סלעי גוש רודד מציגים מטאמורפזם ופלוטוניזם שהתרחשו ככל הנראה במקביל לשלב הלחמת קשתות האיים והתנגשות היבשות של השילד הערבי-נובי. המטאמורפזם בגוש רודד הגיע לדרגה גבוהה יותר מהמטאמורפזם בגוש אילת, וכנראה התרחש מוקדם יותר בהיסטוריה הפרקמברית.

הכוון וכמות התנועה האנכית של שתי הפזות הטקטוניות

הצעירות בגליל התחתון, ישראל

אורי כפרי

המכון הגיאולוגי, ירושלים

קונגלומרטים צעירים של תצורות הורדוס ובית ניר מגיל ניאוגן עד קוורטר בגליל התחתון מייצגים מערכות ניקוז עתיקות שקדמו לבזלת הכיסוי ולקיומו של בקע הירדן כבסיס ניקוז. הם הושקעו על פנפליין נרחב שנוצר לאחר התרוממות ה"קשת הסורית". קונגלומרטים אלה הוזזו לאחר מכן אנכית עקב תנועות טקטוניות מאוחרות יותר הקשורות בהיווצרות בקע הירדן.

השוואת הקונפיגורציה הסטרוקטורלית של קונגלומרטים אלה לאחר שלב הפנפליניזציה למצבם הסטרוקטורלי כיום מלמד על כיוון ומידת התנועה האנכית הטקטונית של כל אחד מן השלבים, קרי שלב היווצרות ה"קשת הסורית" ושלב היווצרות בקע הירדן.

מתברר שכיוון התנועה האנכית לשני השלבים הוא של התרוממות במרכז הגליל והשתפלות במישור החוף. מאידך אזור רגלי ההרים שבין שני האזורים דלעיל מאופיין ע"י הפוך, לאמור, השתפלות בשלב הקדום והתרוממות בשלב הצעיר יותר.

חדירת נוזלים וגזירה דוקטילית בתהליכי מטמורפוזת רטרוגרדית של הדייק-שיסטים בקומפלקס המטמורפי באילת

כהן, ב. ^{2,1}, מטיוס, א. ¹, בר-מטיוס, מ. ², איילון, א. ²

¹המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית ירושלים, ירושלים 91904
²המכון הגיאולוגי, רחוב מלכי ישראל 30, 95501 ירושלים

דייק-שיסטים בהרכב בולתי עד אנדזיטי חוזרים לשיסטים פליטיים, גרניט-גנייס ואמפיבוליט במסיב הפריקמברי באזור אילת ובסיני. הדייקים עברו מטמורפוזת בפציאס הגרין-שיסט וכתוצאה מכך התרחשו ריאקציות הידרטציה. מחקר זה מתמקד בקשר שבין המטמורפיזם של הדייקים, הנוזלים שחדרו דרכם ותהליכי דפורמציה וגזירה דוקטילית שהתפתחו במגע בין הדייקים וסלעי הסביבה הסמוכים. ברופיל פטרוגרפי, כימי ואיזוטופי שנעשה דרך התך ברוחב של 4 מ' בדייק וסלעי הסביבה משני צידיו נמצא שבדייק נשמרו גם טקסטורות מגמתיות וגם הרכב כימי מקורי למרות תהליכי המטמורפוזת שעברו עליו, בעוד שבגרניט-גנייס במגע עם הדייק התפתחה טקסטורה האופיינית לגזירה דוקטילית ומעוזיות כימיות ברור שהתרחשה נדידה של יסודות.

ערכי $\delta^{18}\text{O}$ בקוורץ שהופרד מסלעי הדייק אחידים והרכבם הממוצע הוא (SMOW) 13.5%. ערכים כאלה מאפיינים גם את הקוץ מהגרניט-גנייס משני צידי המגע. במרחק מהמגע יורדים הערכים ל-12.2 בצדו הדרומי ו-12.8 בצדו הצפוני של המגע. מפתרון משוואות ההובלה במימד אחד המכילות קומפוננטים של אדבקציה ודיפוזיה מתקבלת תמונה של נדידת תמיסות מהדייקים לגרניט-גנייס עד למרחק של 0.66 מ' בצדו הדרומי, ועד למרחק של 0.8 מ' בצדו הצפוני.

טמפרטורת המטמורפוזת חושבה ל-500-550°C לפי הפרקציונציה האיזוטופית ($^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$) בין המינרלים קוורץ וביזיט. טמפרטורות דומות התקבלו גם בשולי הגרניט-גנייס עד למרחק של 1.2 מ' מהמגע. רחוק מהדייק חושבו בגרניט-גנייס טמפרטורות של 700-800°C. הדמיון בטמפרטורות בין הדייק לשולי הגרניט-גנייס מייצג שווי משקל איזוטופי בין המינרלים, כתוצאה מחדירת התמיסות מהדייק לגרניט-גנייס. נוכחותן של התמיסות גרמה ליצירת מבנה גזירה דוקטילי בשוליים.

מנקודת מבט על ההסטוריה הגיאולוגית הרגיונלית של המטמורפיזם הפן-אפריקאי במסיב הערבו-נובי, טמפרטורות של 500-550°C שחושבו למטמורפיזם של הדייק-שיסט נמוכות מאלה המציינות את שיא המטמורפיזם הרגיונלי, ומצביעות על מטמורפוזת רטרוגרדית.

**התאמה ורציפות בין מבנים חשופים ומבנים בתת הקרקע במניפה
ההולוקנית של נחל דרגה, ים המלח**

כדן, ג.1, ברונר, א.2, אייל, י.1, אנזל, י.3, לנדא, י.2.

- 1 המחלקה לגיאולוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, 84105 באר שבע
- 2 המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה, ת.ד. 2286, 58122 חולון
- 3 המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים, 91904 ירושלים

בעבודה זו מוצגת השוואה בין מבנים שנמדדו על פני השטח במניפה ההולוקנית של נחל דרגה ומבנים שאותרו בחתכים סייסמיים רדודים בתת הקרקע של מניפה זו. מניפת נחל דרגה, מורכבת משכבות אגמיות המכילות סילט, חרסית וחולות דקי גרגר ומשכבות נחליות המכילות חלוקים בגדלי גרגר שונים וחולות גסים. שני חתכים סטרטיגרפיים שנעשו בקירות הערוץ, מראים בצורה מפורטת את החלוקה הסטרטיגרפית של החתך, שגילו, לפי עשרים תאריכי פחמן-14, נע בין 10,000 שנים לפני ההווה ועד ההווה. השיכוב כפי שבא לידי ביטוי בחתכים, מאפיין סביבת השקעה דינמית עם שינויי פציאס מהירים וגידועים רבים. ארבעה סוגי מעוות ניצפו בחתך: 1. שתי רצועות של שברים נורמלים. ההסטות לאורך השברים משתנות מסנטימטרים ספורים ועד לשני מטרים, לפעמים הן מוגבלות למספר שכבות בלבד ולפעמים הן כוללות את כל החתך החשוף. לאורך חלק מהשברים ניצפו מספר הסטות חוזרות ואילו לאורך אחרים ניצפתה הסטה אחת בלבד. כיוון כל השברים הוא ל-NNE. 2. מעוותים בתהליכי הנזלה (ליקויפקציה). סוג מעוות זה מוגבל לשכבה בודדת והוא מופיע במבנים שונים, בהתאם לגודל הגרגר של השכבה. עשר שכבות מעוותות בתהליכי הנזלה נמצאו בחתך וכל אחת מהן מיוחסת על ידינו לארוע רעידת אדמה. 3. גלישות. גלישות נמצאות ברצועה שרוחבה כמאה מטרים והן מוגבלות מבחינה סטרטיגרפית למספר שכבות מסויים. גם כיוון הגלישות הוא ל-NNE. 4. קימוט. קיים אזור בו שכבות רבות עברו קימוט קל.

חמישה חתכים סייסמיים רדודים בהפרדה (רזולוציה) גבוהה, שנמדדו במקביל ובניצב לחתכים הסטרטיגרפיים המדודים, מראים על התאמה ורציפות בין המבנים והתופעות שעל פני הקרקע לאלו שאותרו בעומק של עד מספר מאות מטרים. השברים שנמצאו בחתכים הסייסמיים מרוכזים ברצועות, כמו אלו שבפני הקרקע, וכיוונם מקביל לזה של מישורי השברים במחשופים. כך, בקיר הצפוני של ערוץ נחל דרגה, ניתן לראות כי שבר גדול החשוף על פני הקרקע והשובר את כל השכבות במחשוף, נמשך לעומק של מאות מטרים מתחת לפני הקרקע. באזור בו נמצאת רצועת הגלישות מעל הקרקע, ניתן לראות בתת הקרקע שברים, ברובם נורמלים וחלקם הפוכים, היוצרים מבנה של פרח - flower structure ומעידים, כנראה, על שבר הסטה שמאלי בתת הקרקע. מעקב אחרי השיכוב כפי שבא לידי ביטוי בחתכים הסייסמיים, מעיד על דינמיות ועל גידועים רבים כפי שניצפה במחשופים. בחתך הסייסמי שנמדד במקביל לערוץ הנחל ניתן להבחין באי-התאמה גדולה בעומק של כ- 200 מטרים למפלס הנוכחי של ים המלח. יתכן ואי-התאמה זו, אשר חלק קטן ממנה חשוף ממערב לכביש ים המלח, מפרידה בין המשקעים הפלייסטוקניים-ההולוקניים.

לא-להכללה, כן-לבדיקה נקודתית בהערכת תגובת האתר

י. זסלבסקי, א. שפירא, ו. שטיבלמן
המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה חולון

תופעות של הגברת תנודות הקרקע מרעידות אדמה מאופיינת באתרים בהם שתית (תשתית) של סדימנטים רכים מכסים את סלע הבסיס. תגובה זו של האתר היא פונקציה של תדירויות התנודות. הנזק הנגרם לבניינים עקב אפקט זה של השתית עלול להיות חמור יותר אם התדירות העצמית של הבניין קרובה או זהה לתדר ההגברה של הקרקע (תופעת הרזוננס הכפול).

מטרת עבודה זו היא להעריך את פונקציות התגובה במספר אתרים שונים בישראל. לצורך זה נפרסו מערכות סייסמוטריות ליד נהר הירדן מצפון לכנרת, ליד העיר לוד ובמספר מקומות בעיר אילת. ישמנו את שיטת נקאמורה (1989) לפיה ניתן להעריך ניסיונית את פונקציות התגובה מחישוב היחס הספקטרלי של התנודות האופקיות והאנכיות. הערכות אלה הושו עם מודל אנליטי חד מימדי שלהפעלתו נדרש מידע על מבנה תת הקרקע ופרמטרים גיאוטכניים של שכבות הקרקע מעל לסלע. מידע זה מבוסס בעיקר על תוצאות סקרי רפרקציה סייסמית ונתוני ספרות. הממצאים העיקריים של העבודה הם:

- באתרים שונים אפשר לצפות להגברה של התנודות הסייסמיות בפני הקרקע בשיעור של פקטור 6. תחום התדירויות בהם מתרחשת ההגברה הוא רחב למדי: בין 0.8 ל-7.0 הרץ, תלוי במבנה ותכונות תת הקרקע של האתר.

- תגובת האתר עשויה להיות מאוד שונה באתרים שרחוקים רק מספר עשרות מטרים אחד מהשני. ההבדלים הם גם בתדירות שבה מתרחשת ההגברה וגם בשיעור ההגברה.

- מידע גיאולוגי כללי על השתית בפני הקרקע הוא במפורש בלתי מספיק בכדי להעריך את האפשרות שיתרחש אפקט ההגברה. הערכות שמבוססות על מידע זה בלבד עלולות להיות מאוד מעוותות. בדיקה ניסיונית ו/או מידע על תת הקרקע הם תנאי להערכת תגובת האתר בהקשר עם הערכת סיכוני רעידות אדמה.

- במקרים מסוימים המידע הקיים על תת הקרקע (סטרוגרפיה של הסדימנטים הרכים, מהירויות סייסמיות וכיו"ב) אינו מספיק להערכה נכונה של פונקציות תגובת האתר. את ההערכות האנליטיות יש לאמת עם בדיקה ניסיונית. שיטת נקאמורה נמצאה מתאימה לביצוע ההערכות הניסיוניות.

תגובת האתר בתחנות תלת רכיביות של הרשת הסייסמית של ישראל

י. זסלבסקי, א. שפירא

המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה חולון

לכאורה איננו צריכים לצפות לתגובת אתר חריגה באזורים בהם פני הקרקע הם סלע. בחנו הנחה זו בנקודות המדידה של רכשת הסייסמית של ישראל בהן מותקנת תחנה תלת-רכיבית. פונקצית התגובה של האתר הוערכה על פי שיטת נאקמורה (1989) ממדידות של רעידות אדמה ורעש רקע סייסמי. על פי שיטה זו נקבע תגובת האתר מתוך היחס בין ספקטרום התנודות האופקיות לספקטרום התנודות האנכיות. הבדיקה נערכה ב-7 אתרים בהם נמדדו 422 סייסמוגרמות של 130 רעידות אדמה (תחום מגניטודות 2.4-5.4) ממרחקים שבין 15 ל-500 ק"מ מהתחנות. בתחנות ATZ (הר עצמון), MBH (הר ברך) ובמידה מסוימת SAGI (רמות שגיא), זוהתה הגברה של תנודות הקרקע שמקורה כנראה בעובדת מיקומן של התחנות בפסגות הרים. ב-ATZ קיימת הגברה בפקטור 4 בתחום התדירויות 1.3-2.0 הרץ, ב-MBH ההגברה היא בפקטור 3.0-3.5 בתחום של 1.5-4.0 הרץ וב-SAGI יש הגברה בתחום של 1-3 הרץ. אפקט הטופוגרפיה לא תלוי באזימוט, במרחק או במגניטודה של רעידת האדמה. הגברה חזקה זוהתה בתחנה MKT (מכתש קטן). במקרה זה אנו מעריכים שמדובר בהשפעת גופי סלע בתת הקרקע (נצפו שינויים חזקים בשדה הגרביטציה) ובמציאותו של אגן סדימנטרי סמוך לתחנה. בתחנות ZNT (צור נתן), DOR (דורות) ו-ATAR (אתר שבטה) אין תגובת אתר חריגה. הערכות אלה בעלות חשיבות בקביעת פרמטרי המקור של רעידות אדמה מתחנות סייסמיות אך הן מצביעות גם על אפשרויות ישום שיטת נאקמורה בהערכת אפקטים טופוגרפיים ואחרים שישפיעו על הערכות סיכונים מרעידות אדמה.

קביעת התכונות הדינמיות של מבנים מהרעדה ומרעש רקע

י. זסלבסקי, א. שפירא
המכון למחקר נפט וגיאופיסיקה חולון

אחת הבעיות המרכזיות בהערכת רמת פגיעותו לרעידות אדמה של מבנה קיים היא להכיר את התכונות הדינמיות שלו בפועל. הפרקטיקה ההנדסית בדרך כלל מאמצת מודלים חישוביים שדומים מאוד למודל ששימש בתכנון וזאת מבלי לדעת כיצד בוצעה הבניה. נחקרו שיטות שונות לקביעת הפרמטרים הדינמיים של מבנים קיימים וחלקם יקר מאוד לביצוע. בעבודתנו בדקנו את האפשרות לקבוע את התדרים העצמיים של הבניין ואת מקדם הריסון שלו באמצעות מדידות סייסמיות של רעש רקע ושל תגובתו להרעדה ע"י בום על קולי, פיצוצים קרובים ומכות פטיש. הבדיקות בוצעו בבנין בית מלון בים המלח, בנין מגורים בנוי טרומית בקרית שמונה וקיר תומך לעגורן בקרבת הכנרת. הבדיקות הראו ששיטות ההערכה והשיטה שמבוססת על מדידת רעש הרקע קובעות בדיוק רב את תדירויות התנודה העצמית של המבנה הנבדק. בקביעת מקדם הריסון יש הבדלים כאשר במקרה של הרעדה מקדם הריסון נקבע ישירות מאמפליטודות התנודות המתרסנות ובמקרה של רעש הרקע נקבע מקדם הריסון על פי רוחב הספקטרום בתדר התנודה. בשיטה האחרונה מתקבלים מקדמי ריסון בערך פי 2 יותר גבוהים מאשר ממדידה ישירה בעקבות הרעדה. לנתונים אלה תרומה ישירה להערכת רמת עמידותו של בנין קיים ברעידת אדמה ומכאן להערכת היקף הנזקים להם יש לצפות מרעידת אדמה בעתיד.

מחקר תהליכים גיאוכימיים באיזור הבלתי רווי על ידי שיטות מאזן מסה וחישוב משופר של המילוי החוזר של מי תהום

מיכאל זילברברנד (השירות ההידרולוגי, ת.ד. 6381, ירושלים 91063)
מריין דודו (מרכז החישובים, האוניברסיטה העברית בירושלים, ירושלים 91904)

שימוש במודלים של מאזן מסה לכימות קצבי תהליכים גיאוכימיים באיזור הבלתי רווי הינו מוגבל על ידי חוסר מידע ישיר על שטף מומסים למי התהום. על הבעיה ניתן להתגבר על ידי גישה של ריכוזים יחסיים בתנאים של תנועה קואזי-תמידי של מים ומלחים.

הגישה המוצעת מתבססת על חישוב הקצבים של הוספת או הורדת יונים מהמסה השנתית שנכנסת לאיזור הבלתי רווי, קצבים שקובעים את הריכוזים היחסיים (ב-% מיליאקווילנטים) של היונים הנמדדים במי התהום. כימות קצבים אלה מאפשר חישוב המילוי החוזר למי תהום המתאים למאזן מסה של כל היונים הנדונים, משתמרים ולא משתמרים תוך הסעתם באיזור הבלתי רווי. כימות קינטיקה של תהליכים גיאוכימיים באיזור הבלתי רווי וחישוב יחס עוצמת הגשם השנתית למילוי החוזר מתבצעים על ידי פתירה ממוחשבת של מערכת המשוואות המוגדרת-יתר שהורכבה בהתאם לגישה המוצעת.

אפשרויות הגישה הוצגו תוך שימוש בנתונים שהתפרסמו בעבר על מערת סורק (בר-מטיוס וחב', 1994; אבן וחב', 1986). תוצאות מחקר הקרסט מספקות נתונים על פלט מלחים מהאיזור הבלתי רווי, על הרכב הסלע הקרבונטי המתמוסס והשוקע וגם על מידות וגילים של צורות הקרסט. נתונים אלה יחד עם נתונים על כמות והרכב גשם מאפשרים כיוול המודל ששימש להדמית טרנספורמציה כימית של המים המחלחלים למערה.

חישובים שנערכו לכמה נקודות בתוך המערה נתנו אומדנים של קצבי המסת הדולומיט (כ-20.9 גרם ממטר מרובע בשנה) ושקיעת קרבונטים (4.5-9.5 גרם ממטר מרובע בשנה), של הרכב הסדימנטים המתמוססים והשוקעים, של קצבי פירוק הניטרט (2.7-16.2 גרם ממטר מרובע בשנה), של קצבי יצירת CO_2 ביוגנית (יותר מ-450 מול ממטר מרובע בשנה) ושל ספיקות סגוליות של מים באיזור הבלתי רווי (85-150 מ"מ בשנה). הערכים המחושבים מתאימים היטב לנתונים אחרים שפורסמו.

הגישה המוצעת לאמידת המילוי החוזר מהוה הרחבת השיטה הידועה של מאזן מסת הכלור. במקרים הנדונים, ההבדל בין שיטה לרעותה הגיע עד ל-22-26%. שיטת מאזן מסת הכלור מתעלמת משיקוע נתזי ימי, בעוד שהשיטה המוצעת יכולה להתחשב בשיקוע כנכנס לערכים המחושבים של השינוי השנתי הכולל של מסת היונים בפאזה הנוזלית. אך התחשבות זאת דורשת שימוש בשיטות מיוחדות לפתירה של מערכות בלתי מוגדרות היטב שכוללות שינוי מסה של כל מרכיבי מי גשם, הן בלתי משתמרים והן קואזי-משתמרים.

הקימוט האלפני באי אנדרוס, השלכות להתפתחות המעוות ולקנמטיקה בציקלדים המערביים

זיו א., גרפונקל צ. ואביגד ד.
המכון למדעי כדור-הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים 91904

היחידה העיקרית באי אנדרוס בנויה סלעים של לחץ גבוה מפציאס בלושיסט עד אקלוגיט, שהותמרר באורון האלפני (40-45 מ"ש). במקומות רבים ממוסך המאסף האלפני על-ידי מטאמורפיזם רטרוגרדי מפציאס גרינשיסט מגיל 20-25 מ"ש. החתך הסטרטיגרפי כולל שיש מאסיבי, מטהסדימנטים ומטהוולקנים. החתך כולו מקומט על-ידי קמטים צניפתיים מסדרי גודל שונים, מקמטים קטנים ועד קמטי ענק בעלי אורך גל של 10 ק"מ. הפבריק השליט הוא שיסטוזיות מקבילה לשיכוב. בשכבות השיסט ניכרת לנאציה אשר כוונה תת-מקביל לכון הצירי. כון צרי הקמטים הוא צפ-מז' לדר-מע'. כון זה ניצב ל"טרנד ההלנידי", המקביל לאזור ההפחתה הנוכחי.

עבודות קודמות דנו במשמעות הקנמטית של צירי הקמטים בציקלדים ובמיקום הציקלדים בתוך המסגרת הטקטונית של ההלנידים. Blake et al. (1981) הציעו, שכון צירי הקמטים בציקלדים ניצב לכון ההפחתה באוקן. לפי מנגנון זה הקנמטיקה בציקלדים פעלה במנותק מזו שבהלנידים. לעומתם הציע Rodgers (1984), שהכון הנוכחי של צירי הקמטים הוא תוצר של סיבוב רגיונאלי של צירים שכונם המקורי היה במקביל ל"טרנד ההלנידי".

מחקר זה התמקד במערכת הקמטים הגדולים שכונה צפ-מז' לדר-מע', ומשלב תצפיות שדה עם למוד פטרוגרפי וחשבונות של מעוות סופי.

הגיל והתנאים בהם נוצרו הקמטים: המאסף הרטרוגרדי, בפרט האלביט, גדל באופן סטטי על-גבי צירי הקמטים, מכאן ששלב יצירת הקמטים והידוקם הסתיים קודם המטמורפיזם הרטרוגרדי. גידול הגלאוקופן, המיצג את פציאס הבלושיסט, הוא יותר מורכב. פטרוגרפית, ניתן לחלק את הגלאוקופן לשלוש קבוצות עקרויות. רוב גבישי הגלאוקופן משתייכים לקבוצה הראשונה, המורכבת מגבישים אידאומורפים בעלי מופע פרה-קנמטי. גבישים גדולים במיוחד ובעלי איזור יוצרים את הקבוצה השניה, קבוצה זו פחות מעוותת מהראשונה ונראה שהצטרפה לקימוט בשלב מאוחר יותר. האיזור נראה קשור לשינויים רטרוגרדים בתנאי הלחץ והטמפרטורה. בנוסף ניתן להבחין במעט גבישים פוסט-קנמטיים, בעלי גוון כחול-כהה (עשירי-ברזל), המעידים על-כך שהקימוט הסתיים בלון פציאס הבלושיסט.

הערכה כמותית למודל סיבוב צירי הקמטים: חושבה כמות המעוות הדרושה על-מנת לסובב את צירי הקמטים בשיעור של 90° , לכדי תת-מקבילות עם כון ההתארכות המירבית הסופית (כון הלנאציות). התקבל שהמעוות המנימאלי הדרוש כולל רכיב של התארכות בשיעור של 450% (זווית גזירה = 75°) בכון צפ-מז' לדר-מע'. משיקולים טקטוניים רגיונאליים עולה שכמות ההתארכות לא יכלה לעלות על 200%. לפיכך אם פיזור המעוות בחתך הקרום הינו-הומוגני, סיבוב צירי הקמטים אינו אפשרי. לעומת זאת במקרה של פיזור הטרוגני של המעוות, באופן שהמעוות מרוכז באזורי גזירה בעובי של מספר קלומטרים, ניתן לקבל את סיבוב הצירים החל מגזירה פשוטה ביחס של 4 ל-1 ($\tan 75^{\circ}$). העדר פבריק רוטציוני או מילוניטי באנדרוס, אינו עולה בקנה אחד עם האפשרות האחרונה ולפיכך מודל סיבוב הקמטים נדחה.

חלקיקים קולואידליים במי תהום

ויסברוד, נ'., רונן, ד'., פולס, ר. ו'., נתיב, ר'.

1. מרכז סיגורם לחקר הקרקע והמים, האוניברסיטה העברית בירושלים, ת.ד. 12, רחובות 76100
2. המחלקה למדעי הסביבה וחקר האנרגיה, מכון ויצמן למדע, רחובות 76100
3. Robert S. Kerr Environmental Research Laboratory, USEPA, P.O.Box 1198, Ada, OK 74820, USA

חלקיקים קולואידליים מהווים נשאים למזהמים באקוויפרים. עד לשנים האחרונות נחשבו החלקיקים הקולואידליים שנידגמו בקידוחים לגורם מלאכותי שאינו נייד באופן טבעי במי התהום ולכן סוננו והורחקו ממי הדגימה קודם לביצוע האנליזות הכימיות. עם זאת, מספר הולך וגדל של מחקרים שנערכו בשנים האחרונות מצביעים על קיומם וניידותם של חלקיקים קולואידליים במי התהום. מחקרים אילו מראים כי סינונם של חלקיקים אילו עלול לשנות באופן משמעותי את ריכוזם האמיתי של מזהמים שונים הנעים באקוויפרים. דיגום קולואידים במי התהום הינו תחום חדש ועדיין לא נמצאו שיטות המקובלות על כל החוקרים. מחד גיסא, דיגום על ידי שאיבה עלול ליצור כוחות גזירה לא טבעיים בסביבת הקידוח ולהכניס לדוגמה חלקיקים לא טבעיים. מאידך גיסא, שיטות דיגום פאסיביות עדיין אינן מפותחות דיין וניסיון השימוש בהן מוגבל. התוצאות המוצגות בעבודה זו הושגו בעזרת שימוש בדוגם רב שכבתי המאפשר דיגום של מים, מומסים וחלקיקים קולואידליים תחת הגרדיינטים הטבעיים באקוויפר. בכיול מעבדתי בו נבדקה יעילות הדיגום לחלקיקים של תאי הדוגם בתוך תרחיף של חלקיקי קאוליניט נצפתה יעילות של כ 60% (קוטר חלקיק נע בין 300 ל- 700 ננומטר). בניסוי דומה עם חלקיקי לטקס אחידים (600 ננומטר) נתקבלה יעילות של כ- 90%. דיגום החלקיקים בעזרת הדוגם הרב שכבתי נבדק בעבודת שדה בשני אתרים. בפרופיל רווי של כ- 30 מטר באקוויפר החוף סמוך לאשדוד נדגמו חלקיקים קולואידליים המכילים בעיקר אלומינוסיליקטים, קוורץ, גיר וחומרים אורגניים וריכוזם נע בין 30 ל- 580 יחידות עכירות. תחום הגודל של חלקיקים אילו נע בין 300 ל- 900 ננומטר. באתר אחר, בבסיס משמר החופים במדינת צפון קרולינה בארה"ב, נעו ריכוזי החלקיקים הקולואידליים בפרופיל רווי של כ- 4 מטר בין 30 ל- 720 יחידות עכירות בתוך תאי הדוגם הרב שכבתי. ריכוזי הברזל, האלומיניום והכרום בתאי הדוגם הראו התאמה לריכוזי החלקיקים. התאמה נצפתה גם בין ריכוזי חלקיקים גבוהים בתאים בעלי ממברנות של 10 מיקרון מול ריכוזים נמוכים בהרבה של חלקיקים בתאים בעלי ממברנות של 0.2 מיקרון. ריכוזי החלקיקים שנצפו בדיגום פסיבי בדוגם הרב שכבתי היו נמוכים בסדר גודל ויותר מהריכוזים שנתקבלו בעומקים המקבילים תחת שאיבה איטית. תופעה זו, שחזרה על עצמה במספר קידוחים, עשויה להיווצר עקב סינון מלאכותי של החלקיקים ע"י השלד הנקבובי לאחר שהופעלה שאיבה בספיקה קבועה ומהירות הזרימה בסביבת הקידוח התייצבה מחדש.

באיזו מידה מתועדים שינויי האקלים בהולוקן באקויפר חבורת יהודה?

וינשטיין-עברון, מ.¹, וינברגר, ג.², קרונפלד, י.², הורוביץ, א.³, יניב, ע.⁴

¹ מכון זימן לארכיאולוגיה, אוניברסיטת חיפה

² המחלקה לגיאופיזיקה ומדעים פלנטריים, אוניברסיטת תל-אביב

³ המעבדה לפלינוולוגיה, המכון לארכיאולוגיה, אוניברסיטת תל-אביב

⁴ המחלקה לפיזיקה ואסטרונומיה, אוניברסיטת תל-אביב

נתונים משטחי מחקר שונים, כגון פלינוולוגיה, חקר טרברטינים וארכיאולוגיה, עשויים לסייע בשיחזור אקלים תקופת ההולוקן בארץ. נראה כי אף מי התהום באקויפרים משמרים עדויות על שינויים בכמויות המשקעים בעבר. אקויפר חבורת יהודה, מן הקנומן-טורון, הינו אקויפר רגיונלי, המכיל כמויות גדולות של מים המנוצלים כיום בצורה אינטנסיבית. נתונים רבים נאספו בשנים האחרונות לגבי אנליזות של פחמן 14, חלקן קובצו מפרסומים שונים וחלקן בוצעו על ידנו ועדיין לא פורסמו (ברובן משולבות עם אנליזות של פחמן יציב, איזוטופים של חמצן וטריטיום). ריכוזי פחמן 14 מעידים שהאקויפר משוכב בהתאמה לגילים. את המים המכילים טריטיום הוצאנו מהדיון, והמדגמים עם ערכי פחמן 14 שבין 70-20 pmc (אחוז פחמן 14 מודרני) מסתדרים בשלוש קבוצות, המרוכזות סביב 8200, 4200 ו 1500 שנות פחמן 14 לפני זמננו. שיאים אלה מייצגים ככל הנראה תקופות של עליה בשעורי ההזנה של האקויפר התלויים ישירות בכמויות המשקעים באזור. נתונים אלה תואמים את הידוע ממחקרים אחרים, כגון אנליזות פלינוולוגיות, שלבים בהתפתחות מערכת מערות הר סדום ומארג היישובים בהולוקן.

התפתחות דגמי סידוק בעת התיבשות שכבה חרסיתית

וינברגר, ר.^{1,2} ליחובסקי, ו.² עגנון, א.²

1. המכון הגיאולוגי, רחוב מלכי ישראל 30, ירושלים.
2. המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים.

אנו חוקרים התפתחות סדקי בוץ הנחשפים בשכבה חרסיתית יבשה. המחקר תורם להבנת אתחולם של סדקים, והיוצרות מצולעים בקלוח מתקרב של לבה, או עמודונים באבני חול. סדקי בוץ מחלקים את השכבה החרסיתית לתאים (מעין מצולעים) המנותקים מהמצע. בפני כל סדק המהווה דופן של מצולע מתפתח דגם נוצה (plumose structure), שמצביע על מקורו של הסדק וכיוון התקדמותו. לעיתים ניתן לזהות פגם במקור הסדק הפוגע במרקם האחיד של החרסית (כגון שורש צמח, גרגר חול, טיפת גשם וגליות בשכבת הבסיס), ולעיתים אין פגם נראה לעין. מנקודת המקור הסדק התקדם אופקית לשני כיוונים בנתיב ישר או עקום, למעט מקרים שבהם המקור נמצא בפני סדק קיים (צומת "T"). לקביעת סדר הופעת הסדקים בשכבה המיובשת השתמשנו במורפולוגית פני הסדק וביחסי חיתוך בין סדקים. כך התאפשרה קביעה יחסית של סדר הופעת הסדקים בכל מצולע ומצולע, וכן קביעת סדר הופעת הסדקים בשכבה כולה.

מיפניו שכבה חרסיתית סדוקה ומיובשת בקרבת שפך נחל צאלים. אנו מציגים מיפוי שטח של כ 3 מ"ר, כשעובי השכבה המיובשת הינה כ 15 מ"מ. והיא מונחת על גבי שכבה חולית לחה. זהינו לפחות תשעה שלבים שונים של התפתחות סידוק בשטח המיפוי. הסדקים הראשונים ארוכים יותר ומספרם מועט, אך עם התקדמות תהליך הסידוק גדל מספר הסדקים בכל שלב ואורכם קטן יחסית. לקראת השלבים האחרונים של הסידוק מספרם מתמעט שוב. החל מהשלב הרביעי ואילך החלו להיווצר המצולעים הראשונים. בשלב התשיעי והאחרון התקבלו 65 מצולעים (מרביתם בעלי ארבע פאות) הבנויים מ 88 סדקים, ולכן כל מצולע נבנה בממוצע מ 1.37 סדקים בלבד. תצפיות יומיומיות בברכת בוץ העוברת יבוש הדרגתי משלימות את הפרשנות הגיאולוגית של החרסית המתיבשת. תצפיות אלה מלמדות על היוצרות ראשונית של סדקים ארוכים יחסית המתפתחים בדר"כ משולי הברכה אל מרכזה. הסדקים גדלים בקצב ממוצע של עד עשרות סנטימטרים ליום.

מכניקת שבירה לינארית מחייבת אתחול מאקרו-סדקים ממיקרו-פגמים בחומר עקב ריכוז מאמצים בקצה, שמתכוונו לריבוע גודל הפגמים. מנגנון זה נצפה רק בחלק ממקורות הסדקים. בפרט, במפגשי "T" עקומים נצפו סדקים היוצאים מאזור שיא הכפוף של הסדק העקום ללא פגם נראה לעין, ולכן במקום שלא נוצר ריכוז מאמצים משמעותי. יחד עם זאת תאוריות שבירה מתקדמות לחומר גרגרי מאפשרות אתחול ענן מיקרו-סדקים ספונטני, בפרט באזורי כפוף סדקים.



אנו מציגים דימוי נומרי להתפתחות סידוק בברכת בוץ המבוסס על מכניקת נזק המאפשרת גידול סדקים ספונטני. במודל המוצע השכבה הנסדקת אלסטית אי-ליניארית, ומצומדת לשכבה צמיגה מתחתיה. מאמצי הגזירה בבסיס השכבה האלסטית מועברים על ידי השכבה הצמיגה, ותהליך ההתיבשות מדומה על ידי מתיחה איזוטרופית. בשלבי הדימוי הראשונים מתפתחים סדקים ארוכים מפגמים שהוכנסו לשכבה האלסטית, ובהמשך מתפתח סידוק הנובע מעצמו והיוצר דגמי סידוק דומים לאלו שנצפו בשדה.

תיאוריה חדשה של טקטוניקה תוך-לוחית

ודובינסקי ש.

החוג לגיאופיסיקה ולמדעים פלנטריים, אוניברסיטת תל-אביב

תיאורית הלוחות מניחה כי הלוחות הטקטוניים הינם צפידים, ולפיכך אינה יכולה להסביר את המעוותות התוך-לוחי הנצפה. תיאוריה חדשה של טקטוניקה תוך-לוחית פותחה לחקר כמותי של דפורמציה הלוחות הטקטוניים הנוצרת על ידי הרכיב לא-צפיד קטן של התנועה היחסית בין הלוחות. בדומה לתורת הלוחות, התיאוריה החדשה משתמשת בגיאומטריה כדורית. התיאוריה בנויה על מספר הנחות פשוטות הקושרות את כיווני התנועה היחסית בין הלוחות הטקטוניים, הידועים היטב, לשדה המעוותות בתוך הלוחות סמוך לשלושה סוגי גבולות: מועתקים פנימה, מועתקים החוצה ומועתקים משיקית. התיאוריה מיצרת פרדיקציות פשוטות לגבי כיוון שדה המאמצים התוך-לוחיים העוקבים אחרי מעגלים גדולים, מעגלים קטנים, וקווי ספירלות סביב קוטב התנועה היחסית שבין שני לוחות סמוכים. ציר המאמץ האופקי העיקרי עוקב אחר: מעגלים קטנים עבור גבול המועתק פנימה, מעגלים גדולים עבור גבול המועתק החוצה, קווי ספירלה של 45° עבור גבול המועתק משיקית. תחזיות התיאוריה מושוות סיסטימטית עם למעלה מ-4000 תצפיות של כיוון ציר המאמץ האופקי הראשי שנאספו על ידי פרויקט מפת שדה המאמצים העולמיים (Zoback, 1992). שלוש התרומות החשובות של התיאוריה הן: (1) מציאת החוליה חסרה בין תנועת הלוחות הטקטוניים הגלובלית לבין טקטוניקה רגיונלית, (2) חיזוי שדה המאמצים התוך-לוחיים המצופים מבחינה תיארוטית, (3) הבחנה בין גבולות טרנספורם קלאסיים (מעגלים קטנים) לטרנספורמים חדשים (קווי ספירלה).

האם טרנספורם ים המלח באמת טרנספורם?

ודובינסקי ש.

החוג לגיאופיסיקה ולמדעים פלנטריים, אוניברסיטת תל-אביב

טרנספורם ים המלח (טי"מ) הנו שם מקובל לחלקו הצפוני של גבול הלוחות ערב-אפריקה המראה העתקה משמעותית של תנועה שמאלית. למרות שסופו של השבר איננו מסתיים חדות, עדיין ניתן לקרוא לו שבר טרנספורם על פי הגדרתו המקורית של ווילסון (1965), משום שהשבר מראה תזוזה אופקית משמעותית וסופו הדרומי מסתיים חדות. לעומת זאת, השבר איננו תואם את הגדרת הטרנספורם עפ"י תורת הלוחות הצפידים, משום שאיננו עוקב אחר כיוון מעגלים קטנים סביב קוטב התנועה היחסית שבין ערב לאפריקה. מספר מחקרים הציעו כי טי"מ הוא גבול לוחות צפידים בין הלוח הערבי לתת-הלוח ישראל-סיני, ולפיכך, בעל קוטב סיבוב שונה מזה של קוטב ערב-אפריקה. למרות שגישה זו מאפשרת חופשיות רבה במיקום קוטב הסיבוב, היא מראה כי רק חלקו הדרומי של טי"מ עוקב אחר כיוון מעגלים קטנים. חלקו הצפוני של טי"מ, צפונית לים כנרת, איננו בר-הסבר עפ"י חוקי תורת הלוחות הצפידים.

הסבר אלטרנטיבי למיקום הטקטוני של טי"מ מוצע על ידי תיאוריה חדשה של טקטוניקה תוך-לוחית. בדומה לתיאורית הלוחות הטקטוניים, התיאוריה החדשה משתמשת בגיאומטריה כדורית, אך מתחשבת במעוות תוך-לוחי. התיאוריה מנבאת כי שדה המאמצים התוך-לוחי עוקב אחר מעגלים קטנים, מעגלים גדולים, וקווי ספירלה סביב קוטב התנועה היחסית שבין שני לוחות סמוכים. יישום התיאוריה ללוח הערבי והשוואת הפרדיקציות עם תצפיות מפת שדה המאמצים העולמית (Zoback, 1992) מראה כי: (1) המאמץ האופקי המירבי עוקב אחר מעגלים קטנים, (2) המאמץ האופקי המזערי עוקב אחר מעגלים גדולים, (3) מאמץ הגזירה האופקי המירבי עוקב אחרי קווי ספירלה של 45 מעלות סביב קוטב הסיבוב. אנליזה זו מראה כי כיוון טי"מ עוקב, לכל אורכו, אחרי קווי ספירלה המתארים את כיוון מאמץ הגזירה האופקי המירבי. לפיכך, ניתן להסביר את טי"מ באמצעות מנגנון של גזירת החלקה בתנאי לחיצה, בדומה לנסיגות מעבדה של שבירת סלעים בלחיצה.

נזקי רעידת האדמה של נואבה, 22 לנובמבר 1995

ווסט¹, ה, ר.אמית¹, י. אנוז², א. היימן¹, ש. מרקו¹, ד. וקס¹, ע. זילברמן¹

(1) המכון הגיאולוגי, ירושלים

(2) המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים

רעידת האדמה של ה-22 לנובמבר, 1995, שמוקדה היה במפרץ אילת (נ.צ. 201/-118, עומק 13 ק"מ) ובמגניטודה של $M_w = 7.1$ (שמיר ואחרים, 1996, כרך זה), גרמה לנזקים ברכוש ובנפש לאורך חופי מזרח סיני (מצרים). בישראל גרמה הרעידה לנזקים מועטים יחסית והורגשה בעיקר בדרום הארץ (יותר מ-100 ק"מ צפונית למוקד) אך גם בצפונה. בדיקה של נזקי הרעידה, הן לתשתית הטבעית והן למבנים, חשובה ביותר לצורך הערכה של הסיכון הסיסמי הטמון ברעידות אדמה בעתיד. לאור זאת נסקרו התשתיות והמבנים באילת, בעקבה ולאורך מפרץ אילת (חופי סיני) מיד לאחר רעידת האדמה. התופעות הטבעיות שנבדקו היו סדקים, התמוטטויות סלעים, ענני אבק, "התפרצויות" חול, טסונמי, סדקים בריפי אלמוגים ושינויים במיפסל מי תהום. התופעות המלאכותיות שנבדקו היו בנינים, מערכות מים, כבישים, סוללות, רציפים, סכרים, אזורי מילוי עפר, מרינות ובריכות.

המסקנה הראשונה העולה מהסקר מצביעה על כך שריכוז הנזקים באזור המלוות באילת נובע מהגברות מקומיות של תאוצת הקרקע וכשל התשתית. תחזיות מוקדמות על רגישות סיסמית גבוהה של אזור המלוות (וקס וזילברמן, 1994) אושרו. לא נמצאו עדויות לתנועות על שברים בכיוון צפון-דרום הקימים מתחת לעיר. הנזק שנגרם למבנים המלאכותיים גדול מהצפוי עקב תאוצת קרקע מקסימלית של 0.9g שנמדדה במניפות הסחף של העיר אילת (גיטרמן ואחרים, 1996, כרך זה). מכאן שרעידת אדמה במגניטודה גבוהה יותר או שמוקדה קרוב יותר יכולה לגרום לנזקים גדולים בנפש וברכוש במידה ולא ינקטו אמצעים מתאימים. לפיכך אנו ממליצים לפתח בשלב הראשון את המפות הבאות:

- (1) מפת תאוצות קרקע צפויות שתאחד נתוני מסלע עם נתוני הגברה מתת הקרקע.
 - (2) מפות סיכונים סיסמיים הכוללים אזורים הצפויים לליקויפקציה ולגלישות סלע.
- מוצע שהמפות הללו יעובדו לכלל שטח המדינה אך עם דגש ודחופות מיוחדת לאזור בקע ים המלח, עמק יזרעאל (בית שאן עד חיפה) ומישור החוף (אשקלון-נהריה).

אנליזה במיקרוסקופ אלקטרוני של פיגמנטים אי אורגניים ממקומות בעלי חשיבות הסטורית: אולם הסעודה האחרונה, ירושלים.

ואן זיידן, ע.¹, ז'ורבסקי, א.¹, מורח, א.²

¹רשות העתיקות, ת.ד. 586, 91004 ירושלים

²המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים, 91904 ירושלים

החשיבות להסטוריה של האומנות של אולם הסעודה האחרונה היא בצלעות הגוטיות בקמרון ובכותרות המצביעים על מולדתם של הבנאים: צלבנים מצרפת (שושנים צרפתיות) וצלבנים מגרמניה (מגן סמל מעיר רגנסבורג).

לפני שהמחלקה לשימור (מדור אבן) של רשות העתיקות תגיש הצעתה לשימור, יש לבדוק מספר נקודות כמו: סוג האבן, בליית האבן, נזק ואנליזות של מלחים, טמפרטורה, לחות, רטיבות ושרידים של צבע ישן ופיגמנטים.

שרידי צבע נמצאו על העמודים, הכותרות וצלעות הקמרונות. בעבר בדק המכון הגיאולוגי פיגמנטים אי-אורגניים עבור רשות העתיקות בשיטת AES ICP, אבל לשם כך נצרכו דוגמאות גדולות. מהמגן רגנסבורג ניתן לתת רק דגימה מינימלית ולכן השיטה של EPMA יותר מתאימה.

הפיגמנטים שנבדקו הם ירוקים בגוונים שונים, חומים, ורודים, אדום כהה ואדום בהיר.

- ליטופון נמצא בצבע ירוק בהיר וכהה ובחום כהה (בעמודים). הוא הגיע לשוק ב-1820 ובשימוש בסוף המאה 19 ומחצית הראשונה של המאה 20 (בדרך כלל משמש כממלא). הפיגמנט הלבן הוא תערובת של בריט (BaSO₄) עם ZnS+ Sr.

- אדום בהיר: סינבר, HgS טבעי או סינטטי נמצא בשימוש מתקופת הציביליזציה הקדומה עד היום.

- פיגמנטים ירוקים: הצבע הירוק בעמודים הוא קרוב לוודאי ממקור אורגני; במטריצה נמצא בעיקר קלציט (CaCO₃) או זולומיט [CaMg(CO₃)₂]; נמצא הרבה ליטופון. הירוק בצלעות הוא כנראה תוצר חמצון של נחושת.

פרט לסינבר, כל הדוגמאות הצבע הן מסוף המאה 19 או אפילו תחילת המאה ה-20.

התנהגות מכנית של סלעי המלח בהר סדום

הימן פסח, א., חצורי, י.

המחלקה לגאולוגיה ומינרולוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, באר-שבע 84105

מחקר זה מגדיר את התכונות המכניות של סלעי המלח בהר סדום, תוך ניסיון לאפיין את השפעת חומר המילוי במישורי אי רציפות וכיוונים על תכונות כלל מסת הסלע. חוזק הסלע קשה לאפיון משום שעקום המעוות הצירי כנגד מאמץ צירי מראה התחזקות מתמדת של המלח (Strain hardening). התנהגות זו נצפת תמיד בדוגמאות מלח רציף בלחיצה חד צירית ובלחיצה תלת צירית. החלשות של הדוגמה (Strain softening) לא הושגה בשום מקרה גם בדוגמאות שהכילו כמות גדולה (6 מ"מ) של מילוי חרסיתי, במישורי אי רציפות באוריינטציה של 50-60 מעלות לכיוון הלחיצה, ובמעוותים של יותר מ- 5%.

מעוות המלח מאופיין ע"י שני שלבים. השלב הראשון הוא שלב אלסטי עד לנקודת הכניעה (Yield point). שלב זה קטן ביותר ולפעמים אפילו חסר. בכל מקרה הוא לא עלה על 0.2% מעוות צירי והפרש מאמצים של 10 MPa. השלב השני הוא שלב של מעוות אלסטי-פלסטי אשר אינו מושפע בדרך כלל מהמאמץ ההיקפי.

השפעת מישורי השיכוב:

השפעת מישורי השיכוב נבדקה ע"י הכנת דוגמאות בזוויות שונות למישורי השיכוב. התנהגות המעוות כפונקציה של שינוי המאמץ הצירי מלמדת על חשיבות רבה לכמות וסוג חומר המילוי במישורי אי הרציפות וכיוון מישורים אלו ביחס לציר הלחיצה. קבוע האלסטיות הגדול ביותר נמצא עבור מדגמים שנלחצו במקביל לשיכוב או בדוגמאות רציפות ללא שיכוב. עבור לחיצה חד צירית נמצא קבוע ממוצע של- 14.5 GPa לדוגמאות הני"ל. ערך זה נמוך בכ-50% מהמקובל עבור גופי מלח אחרים בעולם. קבוע האלסטיות שהתקבל עבור דוגמאות שהוכנו בניצב או בזווית של 30-40 מעלות לשיכוב, הוא תוצאה של שילוב בין קבועי האלסטיות של חומר המילוי והמלח, ותלוי בכמות חומר המילוי ובזווית מישורי אי הרציפות ביחס לציר הלחיצה. יחס פואסון גבוה יותר בדוגמאות שנלחצו במקביל לשיכוב והוא בין 0.21 ל 0.31. נקודת המעבר מדחיסה לתפיחה (dilatancy), מושפעת ביותר מזווית ממשורי אי- רציפות ביחס לציר הלחיצה ומכמות וסוג חומר המילוי במישורים אלו. ככלל דוגמאות שהוכנו במקביל לשיכוב עברו פחות דחיסה לפני התחלת התפיחה.

השפעת לחץ מקיף: לחץ מקיף של עד כ 4 MPa מחזק את המלח בתחום המעוות האלסטי, כלומר נקודת הכניעה התרחשה בהפרש מאמצים גדול יותר. הגדלת הלחץ ההיקפי מעל שעור זה אינה משפיעה על נקודת הכניעה, (הערך המדויק של לחץ הקפי המשפיע על נקודת הכניעה לא אופייני). קבוע האלסטיות ויחס פואסון מושפעים מהמאמץ ההיקפי וגדלים עם הגדלתו. המעוות הנפחי של המלח מושפע מהמאמץ ההיקפי - הגדלת המאמץ ההיקפי גרמה לפחות דחיסה לפני המעבר לתפיחה.

השפעת היסטורית המאמץ (עומק קבורה):

בניסויים אלו דימינו קבורה של הסלע ע"י לחץ הידרוסטטי. התוצאות שהתקבלו בניסויים אלו דומות לתוצאות שהתקבלו בניסויים בהם בדקנו את השפעת הלחץ ההיקפי.

שלבי השקיעה העיקריים לאורך בקע ים המלח

א. הורוביץ, המעבדה לפלינוולוגיה, המכון לארכיאולוגיה
אוניברסיטת תל אביב, רמת אביב 69978, תל אביב

לימוד פלינוסטרטוגרפי של 13 קידוחים עמוקים מבקע ים המלח ואחד מן הים התיכון איפשר יצירת פלינוזונציה של הקונוואיקון המאוחר בארץ, אשר תוארכה ע"י קורלציה עם איזורי הפורמיניפרה בנאוגן של הים התיכון, ועם עמודת איזוטופי החמצן באוקינוסים לגבי תקופת הרביעון. התיארוך נסמך גם על גילים רדיומטריים בנקודות שונות של החתך.

בדיקת מידת ההצטברות של הפלינוזונים השונים בתת-האגנים של הבקע מראה כי השקיעה התקיימה בסגנון של "בורות" עמוקים אך מוגבלים בשטחם, אשר נוצרו בכל תקופה באיזור אחר. היות והפלינוזונים המכסים את אלה המראים שקיעה חזקה הינם בעלי עוצמות רגילות, הרי שגם אם העוצמות הגדולות נוצרו ע"י דיפוזיה חזקים, גם אז הן מראות על שקיעה בזמן כלשהו במשך הפלינוזון. הדיון במידות ההצטברות הוא משוה, ועל כן לא מובא תיקון לגבי קומפקציה.

הצטברויות מתונות, המעידות על שקיעה איטית ניצפו בפלינוזון Ma באגן הדרומי של ים המלח (לא נחדר בשום מקום אחר בבקע); ולאורך כל הבקע בפלינוזונים Mb, Pb ו-QIII עד QVII. הצטברויות ניכרות של סדימנטים, המעידות על שקיעה מהירה, ניצפו בפלינוזון Mc בקידוחי ערבה 1 וצמח 1, ובמידה פחותה בסדום עמוק 1; בפלינוזון Pa בקידוחי עמיעז 1, סדום עמוק 1 וצמח 1; כאשר נלקחת תקופת הרביעון כיחידה אחת היא מאופיינת בשקיעה מהירה בכל הקידוחים שנבדקו, למעט ערבה 1.

הסתכלות מפורטת יותר על החתך הרביעוני מראה שקיעות ניכרות בתקופות QIb ו-QII בקידוחי האגן הדרומי של ים המלח; QVIII בדרום ים המלח אך במיוחד בחולה; ו-QIX-QX באגנים הצפוני והדרומי של ים המלח. שקיעות מהירות מן הממוצע, אך לא ניכרות במיוחד, המראות האצה כלשהי של התהליך, ניצפו לגבי QIV ו-QVI באגן החולה ולגבי QIc, QIa ו-QV לאורך ים המלח, ואף יותר לגבי QIc בעמק הירדן המרכזי.

תצפיות בעזרת תחנה רחבת פס תדיריות של בר גיורא
עבור רעידות אדמה קרובות ורחוקות

א. הופשטר

המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה, חולון

תחנת בר גיורא (BGIO), בנויה מסייסמומטר בעל פס תדיריות רחב מאוד (BB), הותקנה והופעלה במאי 1994. מאז קלטה התחנה הרבה רעידות אדמה קרובות ורחוקות.

פרמטר בסיסי בכל מחקר סייסמולוגי הוא מגניטודה של רעידת האדמה. מקבץ של 342 רעידות אדמה רחוקות, הנמדדו בתקופה מ-6/5/1994 עד 31/5/1995, הווה בסיס לקביעת מגניטודה של גלי גוף, M_b , ומגניטודה של גלי שטח, M_s , וכן לצורך כיוול של מגניטודות BGIO יחסית לאילו של המרכז הבינלאומי NEIC בארה"ב.

תחנות BB, לחוד או במקבץ, יכולות לשמש ככלי חשוב מאוד בלימוד מכניזם השבירה של רעידות אדמה קרובות. מספר מקרים של רעידות אדמה קרובות אשר קרו לאורך בקע ים המלח מוצבות לצורך יישום השיטה כפי שנמדדו בתחנת BGIO.

חימצון ספונטני של גופרית אלמנטרית

דויטש, י., יחיאלי, י.

המכון הגיאולוגי, רחוב מלכי ישראל 30, ירושלים 95501

גופרית אלמנטרית ידועה כיסוד אינרטי שמסיסותו במים זניחה. ב"טמפרטורת החדר", תגובתה עם תרכובות אחרות קטנה, כך שהיה צפוי שאין היא מהווה סיכון אקולוגי. במסגרת עבודה שנעשתה בסביבות מאגר גופרית, הובחן שבאזורים בהם הגופרית מפוזרת בשטח, כתוצאה משפך, פיזור ע"י רוח וכד', הקרקע הינה לעתים בעלת תגובה חומצית חזקה וכן זוהה בה גבס ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) שמקורו, קרוב לדאי בגופרית האלמנטרית. נשאלת השאלה, מהו המנגנון שהביא לחמצון הגופרית הרומבית האלמנטרית S^0 לגופרית S^{+6} .

על מנת לחקור את התופעה, נאסף מספר גדול של מדגמי חול (הקרקע מסביבות המאגר) שחלקם "מזוהם" בגופרית ובגבס. לכמות מדודה של 23 ממדגמים אלו הוספה במעבדה מנת מים מזוקקים ודרגת החומציות שלהם (pH) נבדקה מדי פעם, החל מרגע הוספת המים ועד ללמעלה מ- 150 יום לאחר ההוספה. תוצאות הניסוי מורות על מספר תופעות:

- א) בכל המדגמים שאינם מכילים גופרית, דרגת החומציות נותרה גבוהה מ- 7 pH, גם לאחר 150 יום מהוספת המים.
- ב) בכל המדגמים מכילי הגופרית ירדה דרגת החומציות אל מתחת ל- 7 pH, לעתים עד לחומציות הנמוכה מ- 2 pH. התייצבות דרגת החומציות התרחשה בין 10 ל- 80 יום מזמן הוספת המים.
- ג) במספר מדגמים עלתה דרגת החומציות עם הזמן, לאחר ירידתה, (אך נותרה חומצית). במדגמים אלו הורגש ריח חריף של סולפיד (H_2S) והמדגם השחיר.

מסקנות:

- 1) בסביבה חומצית יכולים להתקיים שלושת (ארבעת?) הצורונים: H_2S , (SO_3^{--}) , SO_4^{--} , S^0 .
- 2) גופרית אלמנטרית S^0 , בנוכחות מים, מתחמצנת "ספונטנית" בטמפרטורת החדר, ל- SO_4^{--} תוך ירידת ה- pH.
- 3) בסביבה חומצית מתחזר SO_4^{--} ישירות ל- H_2S . תתכן גם הריאקציה ההפוכה דהיינו חמצון H_2S ל- SO_4^{--} .
- 4) לא הובחן חיזור ישיר של גופרית אלמנטרית ל- H_2S , אלא ראשית חימצון לסולפט ולאחר מכן חיזור הסולפט לסולפיד.
- 5) החומצה הגופרתית (H_2SO_4) הנוצרת מחמצון הגופרית האלמנטרית ותגובת התחמוצות עם מים, מגיבה עם CaCO_3 (קונכיות החלזונות) ומשקיעה גבס.

סביר להניח כי שני השלבים של חמצון גופרית אלמנטרית בטמפרטורת החדר וחיזור סולפט לסולפיד, אינם מתרחשים באופן "כימי" טהור. האפשרות הסבירה הינה ששלב החימצון יוצא לפועל, בנוכחות מים, בעזרתם של מיקרואורגניזמים כמו למשל בקטריה חד-תאית מתחמצנת גפרית מסוג *Thiobacillus* ושלב החיזור בעזרת בקטריות מחזרות סולפט. הוכחה לפעילות בקטריאלית ניתן לקבל מהעובדה שבמרבצים בעומק, במקום בו ככל הנראה לא קיימת פעילות כזו, נשמרת הגופרית בצורתה האלמנטרית ללא שינוי. לו תהליך החימצון בנוכחות מים היה בעיקרו כימי, אזי הגופרית במרבצים אלו הייתה מתחמצנת.

מתוך הממצאים ניתן להסיק שקיים פוטנציאל זיהום לסביבה מנוכחות גופרית אלמנטרית בשטח. הזיהום מתבטא בהווצרות חומצה גופרתית, גבס וסולפיד.

פלורה גרופית ויחסים שלה עם פלורות בוזסניות

א. דוברסקינה

האוניברסיטה העברית בירושלים, נבעת רם 91904, ירושלים, ישראל

שרדים של צמחים מאובנים מופיעים בחלק העליון של תצורת פצלי אורה (טורון תחתון) בואדי גרופית וואדי קתורה (לורז, 1965). יש עוד שני מקומות של טורון עם שרדי צמחים: מסבי שדה בנגב צפוני (AVNI & SASS, 1987) ובאר אורה ליד אילת (BARTOV, 1967). אך מסם ידועים רק גזעים מאובנים. פרט לאלה, ידועים בכל הסורח התיכון, צמחים של קרטיקון עליון רק בסרכז לבנון (DILCHER & BASSON, 1990) ודרום ירדן (BENDER & MADLER, 1969).

פלורה גרופית נחשבת לפלורה טסנדרטית (DOBROUSKINA, 1980, 1994) מכיוון שהיא נמצאת בסלעים ימיים עם אמוניטים ופלצפודים (FREUND & RAAB, 1962). מאובנים ימיים מקשרים שכבות נושאות צמחים עם לוח גיאוכרונולוגי בינלאומי.

האוסף של גרופית מורכב מיותר מ-300 דוגמאות של עלים, ענפים, גזעים ופרחים. האוסף של קתורה - 75 דוגמות דומות. רוב העלים מורכב מצמחים בעלי זרע. בניהם:

NYMPHAEA MESOZOICA SP. NOV., NELUMBITES TENUINERVIS (FONT.) BERRY, PLATANUS ? SP., MENISPERMITES ? SP., VIBURNIPHYLLUM ? SP MAGNOLIAEPHYLLUM PALAEOCRETACICUS (SAP.) TEIXEIRA, M. LUSITANICUM TEIXEIRA, DEBEYA GROFATICA SP. NOV., ARCHAECYPERA LORCHI KRASSILL

אם השורשים והגזעים שייכים גם הם לצמחים בעלי זרע, אז, צמחים בעלי זרע מרכיבים 95% מכל הפלורה. חוץ מצמחים בעלי זרע יש באוסף כמה דוגמות של שבטטים, מחטנים ואולי שרכים. אם אנחנו מנקים מהרשימה גזעים ושורשים שהמצב הסיסטמטי שלהם לא ידוע, מופיעים במקום הראשון עצים עם עלים צרים MAGNOLIAEPHYLLUM AND DEBEYA. במקום השני נמצאים צמחים ימיים NYMPHAEA AND NELUMBITES ועצים קטנים ושיחים עם עלים יותר רחבים VIBURNIPHYLLUM וליאנות MENISPERMITES. עלים פלטיפיליים (ייתכן PLATANOIDES) מרכיבים 4% של מציאות.

פלורה גרופית מסקפת הצטברות של סדימנטים באנם גדול עם סים מתוקים. צמחים ימיים NYMPHAEA AND NELUMBITES צפו במים; עצים קטנים ושיחים VIBURNIPHYLLUM וליאנות MENISPERMITES ביחד עם שבטטים החזיקו אזורים נרחבים בנדה; עצים גדולים עם עלים פלטיפיליים ביחד עם מחטניים ודלו יותר רחוק המאגם.

בפלורה גרופית יש כמה סוגים משותפים עם פלורות בוזסניות של החוף הצפוני של טחיס וסוגים שונים משותפים עם פלורות בוזסניות של החוף הדרומי של טחיס. MAGNOLIAEPHYLLUM עם עלים צרים, DEBEYA AND PLATANUS ? AND NELUMBITES אירופה, PLATANUS ? עם קאזחסטן. MAGNOLIAEPHYLLUM עם עלים פלטיפיליים, NELUMBITES וכמות קטנה של מחטניים מקשרים אותה עם צפון אפריקה. לפי (FREUND & RAAB 1969) אמוניטים סמים רדודים מראים אותם קשרים.

צפון אפריקה בזמן קרטיקון עליון שייכת לאזור טרופי, דרום אירופה נחשבת או לאזור טרופי (VAKHRAMEEV, 1970, 1978) או לאזור סובטרופי (KRASSILOV, 1985). הדעה האחרונה סבוסטת על נוכחות של DEBEYA (DEWALQUEA). האזור של נגב בקרטיקון עליון בגלל הנוכחות של DEBEYA בפלורה גרופית כנראה שייך לאותו אזור אקלים של אירופה דרומית ולא לאזור של אפריקה.

שיטה חדשה לחקירת מנגנוני הזרימה וההסעה בסדקים בתווך הלא רווי

דהן, ע.¹, נתיב, ר.¹, אדר, א.², ברקוביץ, ב.³

1. המחלקה לקרקע ומים, האוניברסיטה העברית בירושלים, רחובות 76100
2. המכון לחקר המדבר, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, שדה בוקר 84990
3. המחלקה למדעי הסביבה, מכון ויצמן למדע, רחובות 76100

לזרימה והסעה של מים ומומסים בסדקים בתת הקרקע נודעת חשיבות רבה באשר להתפשטותם של מזהמים במי התהום. בעשור האחרון, הוקדשו מאמצים רבים לחקירת מנגנוני הזרימה דרך מערכות סדקים. התווך הרווי הסדוק של תת הקרקע נחקר באופן אינטנסיבי ברחבי העולם כולו, ונראה כי חלה התקדמות רבה באשר להבנת תהליכי הזרימה המתרחשים בתווך זה. לעומת זאת, מנגנוני הזרימה וההסעה של התווך הסדוק הבלתי רווי, המקשר מקורות מים ומזהמים על פני השטח עם מי התהום, עדין לא ברורים דיים. מרבית המודלים התאורטיים העוסקים בתאור מנגנוני הזרימה וההסעה בתווך זה מבוססים על מודלים מתחום הפיסיקה של הקרקע, ומניסויי מעבדה בסדקים מלאכותיים. מודלים אלה חסרים מידע חיוני ביותר אודות התהליכים המאפיינים זרימה בסדקים טבעיים בתנאים לא מופרים.

המחקר מתמקד בחקירת תהליכי הניקוז של מים ומזהמים מבריכות על פני השטח אל מי התהום, דרך סדקים בתווך הלא רווי. השלב הראשון במחקר התמקד בפיתוח אמצעים טכניים שיאפשרו איסוף מידע לגבי תהליכי הזרימה בסדקים לא מופרים, במקומם הטבעי. האמצעים הטכניים פותחו עבור נסויים שממדיהם עולים על גודלו של נסוי מעבדה סביר, ומורכבים משלוש מערכות עקריות:

(א) בריכת החילחול רב תאית מותקנת מעל סדק בודד שנבחר לצורך הנסוי. כל תא (באורך 25 ס"מ) מתאי בריכת החילחול, מקושר למקור המספק לו תמיסה המסומנת בסמן כימי שונה. עומד המים בכל תא מווסת ומוגדר מראש עבור כל אחד משלבי הנסוי. באופן זה, הסדק החשוף בקרקעית כל תא בבריכת החילחול מחזק בתמיסות המכילות סמנים שונים עבור כל קטע מוגדר מאורכו.

(ב) דוגם רב תאי, המחולק למקטעים באורך 20 ס"מ, מותקן בקידוח אופקי רחב קוטר (25 ס"מ), מתחת לבריכת החילחול. הקידוחים נקדחו לאורך מישור הסדק, באופן החושף את הסדק הנבחר בחלקו העליון של הקידוח האופקי. באופן זה כל תשטיף המתנקז מטה לתוך הסדק מן הבריכות שמעליו יאסף ע"י תא בודד בדוגם הנמצא באתר המנקז את קטע הסדק שמעליו.

(ג) הדוגמאות הנאספות בתוך תאים נפרדים בדוגם יאספו באופן תדיר ע"י מערכת איסוף המעבירה אותן לבקבוקי דיגום נפרדים.

מערך ניסויים זה מאפשר (1) החדרת תמיסות המסומנות בסמנים שונים בעומד מים מבוקר, בנקודות שונות לאורך פיתחו של הסדק החשוף, ו-(2) דיגום התמיסות המנוקזות מטה מבריכות החילחול בנקודות שונות לאורכו של הסדק החשוף בקידוח. עוצמות השטפים וריכוזם של הסמנים השונים בכל תא מתאי הדוגם ביחס למיקומם וריכוזם של תמיסות הסמנים ועומד המים בתאי החילחול, מהווים מידע חשוב באשר לנתיבי הזרימה ושטפי המים דרכם, והאבלוציה הכימית של התמיסות הזורמות דרך סדקים בתווך הקירטוני. המידע ישמש לביסוסם של מנגנוני הזרימה האופייניים למערכות סדקים בתווך הבלתי רווי, וכן לבנייתו של מודל זרימה המבוסס על נתונים מניסויי שדה.

שטפונות העבר בנחלי הנגב: עדויות לתנודות אקלימיות

גרינבאום, נ., שיק, א.

המחלקה לגאוגרפיה, האוניברסיטה העברית, ירושלים

מחקר רגיונלי על שטפונות-העבר (paleofloods) שנערך בנחלי הנגב הגדולים, התבסס על עדויות שדה ישירות לגובה המים (paleostage indicators) הכוללים בעיקר משקעים רפי זרימה (slackwater deposits) ופסים של חומר אורגני. הערכת ספיקות השיא נעשתה באמצעות תכנה הידראולית - HEC-2. גיל השטפון נקבע ע"י תיארוך ברדיוקרבון.

בנחל צין שוחזרו 26 שטפונות-עבר במשך 2000 השנים האחרונות ובנחל פארן - 24 שטפונות במשך 450 השנים האחרונות. פזור השטפונות בזמן מראה על תנודות בין תקופות עתירות שטפונות המתאפיינות גם בעוצמות גבוהות, לתקופות של שטפונות מעטים. תקופות עתירי שטפונות בנחל צין שררו במשך 60 השנים האחרונות, בין 920 BP ל-1380 BP וככל הנראה גם בסביבת שנת 2000 BP. בין התקופות האלה תדירות השטפונות היתה נמוכה.

תנודות אלה במשטר ההידרולוגי של נחל צין מראות התאמה לתנודות מפלסי ים-המלח: תקופות של מפלס אגם גבוה תואמות לתקופות של שטפונות רבים; מפלס אגם נמוך תואם לתקופות של גאוויות מעטות. מכאן נובע שאקלים גשום יותר בצפון הארץ, המזין מיפלס גבוה של ים-המלח, אסוציאטיבי לתקופות שטפוניות בנגב; אקלים המניב פחות נגר בצפון מתקשר לפחות שטפונות בנגב. הרקורד הפליאואידרולוגי של נחל פארן קשה יותר לפענוח עקב גילי הרדיוקרבון, הנופלים בתחום הבעייתי של עקום הדעיכה של ה- ^{14}C . על אף קושי זה מסתמן, בהסתברות גבוהה, שבמאות ה-17 וה-18 התרחשו באופן משמעותי פחות שטפונות מאשר במאות ה-19 וה-20.

שטפונות-העבר הבודדים ששוחזרו בנחל נקרות התרחשו בתקופות עתירי שטפונות כפי שנקבעו על-פי נתוני נחל פארן, ומסתמן דמיון בהתנהגות ההידרולוגית של שני האגנים. דמיון זה הוא פן נוסף להיסטוריה הפליאוגאוגרפית המשותפת של אגנים אלה, כאשר נחל נקרות היה יובל של נחל פארן עד לסוף הפלייסטוקן.

מנגנון של היווצרות סטילוליטים.

גרומן, י., שש, א.

המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית בירושלים, 91904 ירושלים

סטילוליטים שכיחים מאד באבני גיר טורוניות ברחבי הארץ, אולם מעבר לדעה המקובלת כי נוצרו בדרך של המסה, הרי שעיתוי ומנגנון יצירתם לא היו ברורים כה. בעקבות מחקר סטילוליטים אלה התגלו מספר תצפיות קריטיות, והן:

א. במקומות מסויימים סטילוליטים מופיעים באסוציאציה עם תרכיזי צור, ולעתים צור וגיר נמצאים במגע משונן משני צידי הסטילוליט. עיתוי הסטילוליטיזציה חופף איפא את תהליך הציור, ומהווה חלק מהדיאגנזה מוקדמת.

ב. עמודוני סטילוליטים ניצבים למישור השכבות, גם במקומות בהם השכבות נטויות. מאחר וקימוט השכבות חל כבר בסנון, הרי שהסטילוליטיזציה התרחשה זמן קצר בלבד לאחר הצטברות שכבות הסדימנטים, ובעומק רדוד יחסית.

ג. המצאות שני דורות סטילוליטים: לדור ראשון שייכים תפרי המסה דקים או מיקרוסטילוליטים שמשתרעים לאורך מספר סנטימטרים, עוביים מגיע עד 5 מיקרונים, והאמפליטודה שלהם עד 0.5 מ"מ. לדור שני שייכים סטילוליטים מפותחים בעלי אמפליטודה של עד 12 מ"מ ועובי תפר המגיע עד 100 מיקרונים.

ד. מיקרוסטילוליטים נמצאים גם בתרכיזי צור.

ה. מיקרוסטילוליטים נמצאו בחלוקים של קונגלומרט טורוני, הממוקם בתוך יחידה סטילוליטית,

והליתולוגיה של החלוקים דומה לזו של אבן גיר הנמצאת נמוך יותר בחתך.

ו. סטילוליטים ומיקרוסטילוליטים עשירים בגבישי פיריט (המחומצנים בדרך כלל לתחמוצות ברזל) בצורת פרמבואידים. הופעה זו מעידה על נוכחות חומר אורגני בסדימנט המקורי.

בעקבות תצפיות אלה ניתן להבחין במספר שלבים בהתפתחות הסטילוליטים:

1. התפתחות מיקרוסטילוליטים מכתמי חרסיות או עטיפות חרסיות של פלואידים.

2. התקרבות מיקרוסטילוליטים והיווצרות סטים של מיקרוסטילוליטים.

3. הצמדה של מיקרוסטילוליטים סמוכים והתפתחות מאקרוסטילוליטים.

תצפיות אלה מעידות כי הסטילוליטיזציה התרחשה בשלב מוקדם לאחר הצטברות הסדימנטים.

מסקנה זו אינה תואמת את ההסבר המקובל של מנגנון המסה בלחץ ליצירת הסטילוליטים, ונדרש מנגנון

אלטרנטיבי. לאור העדויות אלו מוצע בזאת כי סיבה להמסה הסטילוליטית היא התפרקות חומר אורגני

שלוותה בשחרור CO₂ ובקבלת תנאים קורוזיביים לקרבונט.

תרומתו של הנמל ההרודיאני בקיסריה להרס אמות המים העתיקות

אהוד גלילי ויעקב שרביט

רשות העתיקות, ת"ד 180 נתלית 33050

בשלושים השנים האחרונות נבנו לאורך חופי ישראל נמלים, מדינות, דורבנות ושוברי גלים ויובשו שטחי ים. בשל התחדות הגדולה על שיפוטי הקרקע באזור החוף, קיים לחץ מתמיד של יזמים ומתכננים מסעוניים לבנות מבנים ימיים ולייבש שטחי ים לצרכים שונים. התערבות האדם במערכת החופית, גרסה נזקים חמורים לחופי הארץ. עד כה נלמדו ההשפעות של המבנים בסווח של עשרות שנים בלבד. הנמל ההרודיאני בקיסריה יכול לשמש מודל של מבנה ימי בסדר גודל זהה למבנים שמתוכננים כיום, וניתן לבחון את השפעתו על החופים בסווח של כ- 2000 שנה.

בחופים שמצפון ומדרום לקיסריה קיימות עדויות להרס מתקנים ומבנים שהיו בקרבת החוף בעת העתיקה: (1) אמת המים מצפון לקיסריה - נהרס קטע של מאות מטרים. (2) האמפיתאטרון שנתגלה לאחרונה דרומית לקיסריה - חלקו המערבי נהרס.

החוקרים חלזקים בדעתיהם באשר לגורמי ההרס של המבנים החופיים. מספר חוקרים הציעו שהרס אמת המים הוא תוצאה ישירה של בניית הנמל ההרודיאני, שהפר את מאזן הסדימנטים וגרם לבלייה חזקה בקו החוף. לעומתם טענו אחרים שאמת המים נהרסה כתוצאה מאורעים סקסוניים. בהסבר נוסף שניתן, הוצע שהרס אמת המים והנמל נבעו מעליית מפלס הים שחלה בתקופה הביזאנטית.

לאחרונה הוצע שהרס אמת המים נובע מחציבת אבן סדס לבניה באזור רכס הכרס החופי ולשקיעתו הסקטונית (ואת למדות שלא נתגלו עקבות חציבה באזורים אלו).

מבדיקת הנתונים בשטח והמתקרים הקודמים, נראה לנו כי הרס מתקני החוף מצפון לקיסריה הוא תוצאה ישירה של בניית הנמל: (1) מחקרים שונים הראו שבאזור קיסריה קיימת תנועת חול אורך חופית מצפון ומדרום. כאשר נחטט מקור ההספקה מדרום, סביר להניח שבמאזן הכלל אזורי, יוצר מחסור בצד הצפוני ותגרם בלייה. (2) לאורך בניית נמל חדרה, החלה ארוזיה ליד קיבוץ שדות ים, סביר להניח שגם במקרה של נמל קיסריה נגרם תוצאות זהות בעקבות בניית הנמל העונית. (3) הטישון שהיו מחצבות שלא הותירו עקבות על סכלת הגיזוד אינו מספק, מאחר ובמקומות אחרים בארץ הותירו החציבות עקבות ברורים בסכלאות הגיזוד. (4) אין לקבל את ההסבר הסקטוני, מאחר וקיימות עדויות ליציבות אמת המים ששמרו על השיפוע המקורי, והברכות החצובות בסכלאות הגיזוד ששמרו גם הן על גבהן המקורי. העדויות הארכיאולוגיות החופיות והתת ימיות מחזקות את הטישון שהרס אמת המים מצפון לקיסריה נובע באופן ישיר מהארוזיה ונסיגת קו החוף בעקבות בניית הנמל ההרודיאני.

**ממצאים מתקופת האבן הקדומה ותומתם להבנת גיל המשקעים
הפלייסטוקנים בנחל ציחור, בנגב הדרומי**

גינת ח. (1), סרגוסטי ע. (2)

1. המכון למדע כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים
2. המכון לארכיאולוגיה, האוניברסיטה העברית, ירושלים

באזור נחל ציחור מצויים סלעי גיר, גיר קרטוני וחרסיות שהורבדו באגם של מים מתוקים. שכבות גיר עשירות בחלוקים, אבני חול וסילט גירניות ופלאוסולים אדומים הושקעו בשולי האגם ומאפשרים לשחזר את קו החוף הקדום של האגם. האגם השתרע על שטח של 18 קמ"ר ועובי החתך שהצטבר מגיע ל-15 מטר. בחלק מהשכבות נמצאה מאסף מרשים של גסטרופודים, אוסטרקודים, מלנופסיס ופולן הדומה מאוד למאסף המקביל בתצורת עובידייה. המשקעים האגמיים, שגילם מוערך כפלייסטוקן קדום, מונחים באי התאמה זוויתית על גבי קג"ל ערבה. על גבי המשקעים האגמיים מצוי קג"ל ובגנו מפותח מפלס (Q1) משני צידיו של העמק בנחל ציחור. בשולי הערוץ הראשי ומספר מטרים נמוך יותר ממפלס Q1 מופיע מפלס נוסף (Q2) ועליו כיסוי אלוביאלי דק ולא רציף. בצידי האפיקים הפעילים בגובה שאינו עולה על שני מטר מופיעים מפלסים אלוביאליים צעירים (Q3, Q4).

בעיני חוקרים רבים נחשב הבקע הסורי-אפריקאני לנתיב דרכו התפשט הקדום האדם (ההומו ארקטוס) מאפריקה לשאר חלקי העולם. לפיכך העדויות לקיומו של אגם מים מתוקים בשוליו של בקע, הופכות את אזור נחל ציחור לפוטנציאל גבוה למחקר פרהיסטורי. במהלך השנה האחרונה נערך סקר שיטתי ואינטנסיבי באזור אגם הציחור במטרה לנסות ולאתר אתרים פרהיסטורים בשולי האגם הקדום. הסקר כלל את מחשופי המשקעים האגמיים ואת המפלסים המצויים מעל משקעים אלו. ממצאי הסקר כוללים למעלה ממאה נקודות ממצא ובחלקם ריכוזי כלים ונתזים. מספר נתזים, כנראה מעשה ידי אדם, נמצאו באתרם בתוך המשקעים האגמיים. מכלול אחד אשר הפריטים שבו עשויים מפוספוריט מצורר ומגיר מצורר ובו כלים דו פניים הבולטים בגודלם, עשויים בגסות וכוללים דקרים, תואם את מיקומו של קו החוף של האגם הקדום. עדויות אלו מצביעות כנראה על פעילות של האדם הקדום בשולי האגם. טיב הכלים ואופיים ניתנים אולי לתארוך לשלב קדום בתרבות האשליית, כלומר לתקופת הפלייסטוקן הקדום.

מרבית נקודות הממצא והאתרים התגלו על גבי המפלסים Q1, Q2 או על מדרונות הגיר הטררוני המקיפים את חלקו הדרום מערבי של האגם הקדום. האתרים המרשימים ביותר כוללים מספר ריכוזים ובהם עשרות ולעיתים מאות פריטים בכל אחד. צורת העיצוב של אבני היד ממכלולים אלו, מידת העידון שלהם ונוכחות של טכניקת לבלואה (טכניקה מיוחדת לסיתות נתזים) מעידים על כך כי מרבית המכלולים יכולים להיות משויכים לאשליית העליונה (לקראת סוף הפלייסטוקן התיכון). מרבית הפרטים במכלולים אלו עשויים מצור שמקורו ככל הנראה בסלעי התצורות גרופית, ציחור ומור המצויים בשולי נחל ציחור. העובדה כי מכלולים אלו נמצאו על גבי מפלס Q2 מאפשרת להעריך את גילו כקדום לתקופה בה יוצרו הכלים.

נחלים ומניפות סחף מוסטים אופקית לאורך הערבה

גינת ח. (1,2), אנזל י. (1), אבני י. (1,2), זילברמן ע. (2)

1. המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים
2. המכון הגיאולוגי, ירושלים

שעור התזוזה האופקית השמאלית לאורך טרנספורם ים המלח והערבה מאז הפליוקן, נקבע בערבה הדרומית עפ"י מערכות פלוביאליות מוסטות של קונגלומרט ערבה. "פציאס אדום" הוא הפציאס המרכזי של סלעי קונגלומרט ערבה בנגב הדרום מזרחי ומצוי בנחלים שיטה, יעלון, חיון וציחור. במקומות אלו נחשפים קונגלומרטים בעובי של 20-50 המכילים חלוקים "אקזוטים" - שנגזרו מסלעים מגמטיים ומותמרים, חלוקי קוורץ מעוגלים, פוספוריט מצורר וחלוקי קוורציט שמקורם ממזרח לערבה, בהרי אדום. חלוקים אלו הובלו מערבה בנחלים קדומים שחצו את התוואי הקדום של בקע הערבה, ואת הנגב הדרומי בזרימה ממזרח למערב. הנחלים התכנסו לנחל פארן שזרם באותה עת דרך אגן כרכום ופרצת נקרות אל הערבה הצפונית. בחזית של ג'בל א-רישה, המצוי בצידה המזרחי של הערבה המרכזית, מצויים קודקודי מניפות סחף עתיקות וגדולות, הנמשכות לכיוון מערב, עד לתוואי הנוכחי של נחל הערבה. המניפות העתיקות אינן פעילות כיום ומנותקות מחזית ההרים. פעילות של הסטה אופקית לאורך העתק ים המלח-הערבה והעתק יעלון הביאה לניתוק הנחלים הקדומים (הקשורים לפציאסים אדום ויעלון) ומניפות הסחף העתיקות ממקורותיהם בהרי אדום. הקורלציה בין המערכות הפלוביאליות המנותקות הנמצאות ממערב לטרנספורם לבין אנגי הניקוז המקוריים שלהם, שהוסטו צפונה ממזרח לו נעשתה בעזרת זיהוי מאספי חלוקים "אקזוטים" האופייניים לכל אחד מאנגי הניקוז של הנחלים היורדים מהרי אדום, באזור שבין קע סעידין לעין יהב. במקביל נבדק מאסף החלוקים "האקזוטים" בפציאס אדום במחשופים המצויים בנחלים חיון וציחור. התוצאות מצביעות על כך שנחל חוואר היווה את מקור החלוקים של פציאס אדום והנחלים מוסא ואל-בוראידא היוו את המקור לחלוקים המצויים כיום במניפות הסחף המנותקות במרכז הערבה. על סמך נתונים אלו עולה כי שעור התזוזה האופקית השמאלית מאז הרבדת קג"ל ערבה הוא כ-15 ק"מ. נתונים חדשים מאזור נחל ציחור ונחל פארן מאשרים שגיל קג"ל ערבה הוא פליוקן, ולפיכך קצב התזוזה הממוצע המוערך במהלך שלוש מליון השנים האחרונות הוא 0.5-0 ס"מ בשנה.

על זהותה של אבן הישפה במקרא

גינזבורג, ד.

המכון הגיאולוגי, רח' מלכי ישראל 30, ירושלים 95501

הישפה, אבן חן, האחרונה באבני החושן (שמות, כח', יט') נזכרת גם כאחת מאבני גן העדן (יחזקאל, כח', יג'). אבן הישפה מיוחסת לבנימין "...ישפה וצבע מפה שלו דומה לכל הצבעים..." (מדרש רבה, פב', ז'). לישפה "גוונים הרבה - אדומה, שחורה, ירוקה..." (רבנו בחיי לשמות, כח', יט'). הישפה מוזכרת בכתבים שונים של העולם העתיק. בכתבי תל אל עמרנה - ישפו. בכתובות אשוריות בנבונאוד כתוב שאשור הנפיל פסל מאבן הישפו את האליל סן. ביונית - איספיז ומקור השם בא מעברית. בלטינית - *jaspis* גם פיליניוס מזהה את האבן *jaspis* כסוג של כלצדון. בערבית - ישפ. ברומאית עתיקה - *iaspis*. מייחסים את שם האבן למקור אכדי *aspu*. בספרות ימי הביניים: אברבנאל - גאשפי, רב סעדיה גאון - ישף, רבנו בחיי - ג'ספר. התרגום האנגלי לתנ"ך - A. V. (1611) - גספר.

בתרגומי התנ"ך לשפות שונות בעת החדשה שם האבן מתורגם ל- *Jaspis* או *Jasper*. הישפה - ג'ספר, היא כנראה אבן אמורפית אטומה, הרכבה סיליקה והיא בעלת גוונים שונים: אדום, חום, שחור, ירוק, צהוב. ג'ספר נמצא באגן היס התיכון במצרים, סוריה וקפריסין.

קורלצית "סמבלנס" ואנרגיה ספקטרלית
כאמצעי לזיהוי ארועים סייסמיים

י. גיטרמן, ו. פינסקי, א. שפירא
המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה חולון

לצורך זיהוי פיצוצים ורעידות אדמה בחנו תכונות ספקטרליות של תנודות הקרקע שנרשמו מארועים אלה ברשת הסייסמית של ישראל. נתוני הבדיקה כללו כ-100 ארועים סייסמיים שהם רעידות אדמה ופיצוצי מחצבה בגליל, באזור הכנרת, בים המלח, בנגב ובירדן. בתהליך האנליזה נבחנו פרמטרים שונים כגון חלון הזמן ותחומי התדירויות בסיגנל הנבדק במטרה להגיע ליכולת הפרדה אופטימלית.

השיטה הידועה ביותר לזיהוי פיצוצים מבוססת על הופעתם של גלי שטח חזקים בסייסמוגרמות. גלים אלה הרשמים בעוצמה חלשה יותר במקרים של רעידות אדמה.

אנליזה של היחס האנרגיות בתחום הנמוך (6-1 הרץ) לעומת התחום הגבוה (11-6 הרץ) מראה יכולת אבחנה טובה עבור חלק מתחנות הרשת הסייסמית של ישראל ועבור ארועים במגניטודות 2.6-1.3 ומרחקים של 10-100 ק"מ מהמוקד. מיצוע של היחסים האנרגיות ברשת של תחנות משפר באופן משמעותי את יכולת ההפרדה.

פותחה שיטה חדשה שמתבססת על זיהוי מודולציות בספקטרום הסיגנלים בתחום הנמוך של תדירויות התנודה. שיטה זו מחייבת השוואה של העקומות הספקטרליות של מספר תחנות. השיטה מתבססת על העובדה שפיצוצי מחצבה מבוצעים בהשחיות ופיצוצים תת ימיים נוצר אפקט בעבוע במוקד הפיצוץ. שיטות הקורלציה הראו שניתן להגיע לזיהוי מוחלט של סוג הארוע הסייסמי בתחום תדירויות של 1-12 הרץ וכאשר התחנות פזורות בכיסוי אזימוטלי של לפחות 90° מהארוע.

תוצאות אנליזה של מדי התאוצה

שהופעלו ע"י רעידת האדמה של נואיבה (22 בנובמבר 1995)

י. גיטרמן, א. שפירא, א. פלד
המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה חולון

רעידת האדמה של נואיבה, במפרץ אילת ($M_W=7.1$, $M_L=6.2$) גרמה לנזקים קלים באילת והורגשה ברחבי ישראל. בעקבותיה החלו אלפי רעשי לוואי ביניהם מספר ארועים במגניטודה $M_L > 5.0$. חלק ממדי התאוצה הופעלו ברעידת האדמה (הרעש העיקרי ושני רעשי לוואי) ונמדדו ערכים מירביים של תאוצת הקרקע (PGA), מהירות התנודה וההעתקה מ-13 רישומים של תאוצות הקרקע במרחק של 500-90 ק"מ מהמוקד.

ערכי PGA מרעידת האדמה החזקה הושוו עם ערכים חזויים על פי משוואות נחות שונות לסלע, המשמשות בישראל. כל המדידות גבוהות מהמצופה. יש להניח שמדובר בלפחות שני אפקטים עקריים (א) אפקט הכיווניות ו-(ב) תגובת אתר.

על פי המודל הסטוכסטי שפותח לאחרונה באגף סייסמולוגיה ובהתאם להערכות של תנועה אופקית על פני השבר לאורך של כ-40-50 ק"מ אזימות של 020° לערך, מוערך כי תאוצות הקרקע באילת וערים נוספות מצפון לה, יהיו מוגברות פי 2-3. במקביל, בחנו את פונקציית התגובה של אתר המדידה באילת ולהערכתנו היתה הגברה בפקטור 4-6 בתדר של 2.3 הרץ. הערכות אלה של תגובת אתר, שהתקבלו מחישובים בשיטת נאקמורה (1989), תואמות הערכות שהתקבלו כשנה לפני רעידת האדמה ממדידות של רעש רקע ותואמות הערכות אנליטיות על פי מודל חד-מימדי של תת הקרקע בנקודת המדידה.

תחנת המדידה באילת ממוקמת על מניפת סחף (עובי הסחף כ-50 מטרים). מנתונה, בעזרת תוכנית SHAKE, חושבה האכסלרוגרמה שהיתה מתקבלת אילו פני הקרקע היו סלע גרניט. מחישובים אלה עולה שעל גבי סלע תאוצת השיא, PGA היא בערך פי 2 יותר נמוכה מזו שנמדדה בפועל.

אפקט האתר השפיע גם על ספקטרום התגובה. ספקטרום התגובה הנסיוני (מאילת) גבוה יותר בכ-20% מספקטרום התגובה שבתקן הישראלי 413 לזמני מחזור של 0.2-0.5 שניות.

למצאים אלה עשויה להיות השפעה על הערכות מעודכנות של סיכוני רעידות אדמה בישראל.

תנועת חולות לאורך חוף הים התיכון של ישראל

ע"י

אברהם גוליק

חקר ימים ואגמים לישראל
המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה

ב 1960 הציעו Emery and Neev מודל להסעת החולות לאורך חוף הים התיכון של ישראל אשר היה מורכב משני מנגנוני הסעת חולות. בראשון, החול מוסע, באזור שבין המשברים והחוף, ע"י שטף האנרגיה של הגלים. קצב וכוון תנועת החול מוכתב במקרה זה ע"י גובה הגלים וכוונם. כיוון שכוון משרע נשיבת הרוח (fetch) הגדול ביותר הפונה לחוף הוא באזימוט של 282° מעלות, זהו גם הכוון ממנו יכולים להגיע הגלים הגבוהים ביותר לחוף. מאחר והאוריינטציה של החוף קעורה, נוצר מצב שגלים המגיעים מאזימוט 282° יגרמו להסעת חולות דרומה בחלקו הצפוני של החוף, מחיפה לתל אביב, וצפונה בחלקו הדרומי של החוף. נקודת המפגש בין השניים תהייה בסביבות תל אביב. במנגנון השני החול מוסע מעבר לאזור המשברים, על פנים מדף היבשת, ע"י שולי הזרם הים תיכוני, צפונה. חלק מחול זה מוסע לכוון החוף ומזין בדרך זו את החופים.

בשנים האחרונות הולכות ומתרבות העדויות התומכות במודל זה. ניתן להבחין בהצטברות חול בצד הצפוני של מבנים חופיים בחיפה ובריכת ההשקטה של תחנת הכוח בחדרה. ניתן להבחין בתצומי אויר מחופי נתניה מראה התרחבות החוף מצפון לשוברי הגלים שם, וסחף מדרום להם, עד למרחק של לפחות 1.5 ק"מ לכל צד. כל אלה מעידים על תנועת חול דרומה בקטע זה של החוף. לעומת זאת, קיימת הצטברות חול מדרום, וסחף מצפון, למרינה בהרצליה, נמל אשדוד, המרינה ותחנת הכוח רוטנברג באשקלון והדרבנות בעזה, המעידים על הסעת חולות צפונה לאורך החוף מהרצליה ודרומה.

סקרים חוזרים של תפוצת גרגרי פחם הנושרים ממסוף הפחם של תחנת הכוח בחדרה לקרקעית הים הראו כי גרגרים אלה נעים כל הזמן צפונה. גם bedforms בקרבת סלעים המצויים על קרקעית הים של מדף היבשת באשדוד ובחיפה מראים כי תנועת הסדימנטים על קרקעית פנים מדף היבשת היא צפונה.

תוצאות של בדיקות גודל הגרגר של כ 80 דוגמאות חול, שנאספו משפת הים ועד לעומק של כ 30 מ' בין עזה לחיפה, הראו כי בדרום ניתן להבחין בשתי אוכלוסיות חול עפ"י גודל הגרגר: חול גס על שפת הים ובמים הרדודים וחול דק במי העמוקים. החול הגס במים הרדודים הולך ונעשה דק יותר ככל שמצפינים לאורך החוף עד אשר באזור תל אביב, ומשם צפונה עד חיפה, גודל הגרגר של החול משפת הים זהה לזה של המים העמוקים. תופעה זו מעידה על כך שמקור החול על החופים שמצפון לתל אביב הוא מפנים מדף היבשת כפי שמוצע ע"י Emery and Neev.

תוצאות ראשוניות, שקע אטלנטיס II, ים סוף
 נורית גולדמן, האוניברסיטה הפתוחה רמת אביב והפקולטה לחקלאות, רחובות
 אריה זינגר הפקולטה לחקלאות, רחובות

שקע אטלנטיס ממוקם בים סוף בין קווי הרוחב N 21°19' ו-N 21°27' ולאורך קו האורך E 38°05'.
 עומקו המרבי 2170 מ' באגנו הדרום מערבי. מאגן זה, הפעיל כיום, נובעת תמלחת חמה
 המתפשטת לאגנים האחרים בשקע.

בקרעית השקע מצטברים מינרלים סולפידיים, סיליקטיים ותחמוצות ברזל ממויימות. במסגרת
 המחקר נבדקה שכבת המשקעים העליונה מגלעין אשר נדגם באגן הדרום מערבי בשקע.
 המינרלים השכיחים ביותר בגלעין נמנים על הסולפידים: חלקופיריט וספלריט. מבין תחמוצות
 הברזל הממויימות זוהה גאוטיט בעל פרמטרים בתא היחידה, המצביעים על התלפות
 איזומורפיות.

נמצא מינרל סיליקטי, בעל מורפולוגיה ייחודית, אשר נצפתה במיקרוסקופ אלקטרוני חודר, של
 דסקית בגודל של כ-1000Å בעלת שוליים ברוחב 30-40Å, השונים בהופעתם מן המבנה הפנימי,
 הנראה מגובש והטרונגי. פאזה בעלת מורפולוגיה דומה תוארה בספרות כהיזינגריט
 $(\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$. זיהוי המינרל אושר באמצעות ספקטרום אינפרא אדום.
 היזינגריט הוא מינרל נדיר אשר הדעות בדבר מאפייניו המינרלוגיים עדיין חלוקות. מוצע שמינרל
 זה מהווה שלב מעבר בהתגבשות סיליקטים ברזליים לעבר חרסיות כגון נונטרונטיט.
 ההרכב הכימי של המינרל נבדק באמצעות מיקרוסקופ אלקטרוני אנליטי על רשתית נחושת וזוהו
 היסודות הבאים: ברזל, צורן, אבץ וגופרית. היחס צורן לברזל גבוה מ-0.6.
 דיפרקציה אלקטרונית באותה דוגמא מעידה על מבנה פוליקריסטליני וזוהו המרחקים הבין
 גבישיים הבאים:

עוצמה	d	עצמה	d
7	3.68-3.74	1	1.33
10	2.46-2.20	3	1.28
7	2.21-2.25	2	1.25
6	1.84-1.87	4	0.95
6	1.65-1.70	2	0.87
9	1.44-1.45	2	0.85

בתוך אותה דוגמא זוהתה פאזה מגובשת היטב הבנויה ככל הנראה מגביש בודד ובו מרחק בין
 גבישי של 3.03 Å, גביש זה הוא ככל הנראה חלקופיריט. האבץ אשר נבדק אינו יוצר פאזה
 עצמאית מגובשת.

תנאי המטמורפיזם של מיגמטיט רווד, הר שלמה, אילת.

גוטקין, ו., יהודה אייל, י.

המחלקה לגיאולוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, 84105 באר-שבע.

מיגמטיט רווד נכלל בגוש הר שלמה הנמצא בין גרנן שלמה וגרנן יותם ובין נחל נטפים וכביש אילת-מעלה עין-נטפים. אזור זה שמופה בקנה מידה 1:10,000 בנוי מסלעים מטמורפים ומגמטיים מגיל פריקמבריום ובהם, מהעתיקים לצעירים: אמפיבוליטים, מיגמטיטים, גנייס רווד, דייקים צפחתיים, קוורץ-דיורית רווד, גרניט אילת, קונגלומרט אילת, סלעים וולקניים (בעיקר בסיסים) ונחילי דייקים שהרכבם משתנה מבסיסי לחמוץ כאשר החמוצים הם צעירים יותר ובמקומות אף בנוים עד 90% של השטח.

מיגמטיט רווד נחשף כרצועה שכיוונה הכללי מזרח מערב והיא ממוקמת בין גנייס רווד וקוורץ-דיורית רווד. מספר כסנווליתים של מיגמטיטים אלו נמצא גם מחוץ לרצועה זו. בשדה הוגדרו שני סוגי מיגמטיט: א. מיגמטיטים משוכבים, ב. מיגמטיטים מקומטים. מספר בלוקים מהמיגמטיטים המשוכבים, שגודלם עד 0.5 מ', נמצאו ככסנווליתים בתוך המיגמטיטים המקומטים ומצביעים על האפשרות כי הם עתיקים יותר. המיגמטיטים המשוכבים עשירים בגרנט ואילו המיגמטיטים המקומטים עשירים במוסקוביט, עדות למאסף מטמורפי מאוחר יותר שנוצר בטמפרטורה נמוכה יותר.

לצורך חישוב תנאי המטמורפיזם, טמפרטורה ולחץ, בהם נוצרו המיגמטיטים נעשו אנליזות מיקרופורב של זוגות גרנט - ביוטיט ושל פלגיוקלו - מוסקוביט להם גבול משותף ועל כן סביר כי גדלו בתנאי שיווי משקל. לחץ היווצרות של המיגמטיטים שחושב בעזרת פלגיוקלו-מוסקוביט לפי המודל של (Ghent and Stout, 1981) הוא 4.7 kb. ערך זה תואם את הלחץ שהוערך לפי אינקלוזיות נוזליות במיגמטיטים.

טמפרטורת הגיבוש הממוצעת לגרנט-ביוטיט, 710°C, שחושבה לפי המודל של (Ferry and Spear, 1978) מתאימה לתנאי התכה החלקית. חישוב של אותם נתונים אך לפי המודל של (Kleemann and Reinhardt, 1994) מראה על טמפרטורה ממוצעת של 610°C הנמצאת מתחת לטמפרטורה הדרושה להתכה החלקית. עדויות שדה ועדויות פטרוגרפיות, שהעיקריות שבהן, חסרונו המוחלט של פלדספר אשלגני וחוסר הבדל בהרכב הפלגיוקלו שלבוקוזום ובמלנוזום סמוכים אינן תומכות בהיווצרות המיגמטיט על ידי התכה חלקית.

מיגמטיצייה במענון הדיפרנציאציה המטמורפית מתאים יותר לתוצאות השדה והפטרוגרפיה של מיגמטיט רווד ולכן חישוב הטמפרטורה לפי (Kleemann and Reinhardt, 1994) נראה מתאים יותר להיווצרות מיגמטיט רווד מזה של (Ferry and Spear, 1978).

Garnet-Biotite temperature calculations after Kleemann & Reinhardt (1994)

Temperature °C, calculated for pressure of 4 kb	K&R	P&L	F&S	THO	H&S	I&M	BHA
Average for garnet cores:	595	647	702	666	716	654	596
Average for garnet rims:	572	592	594	585	608	563	534

K&R = Kleemann & Reinhardt (1994)

P&L = Perchuk & Lavrenteva (1983)

F&S = Ferry & Spear (1978)

THO = Thomson (1976, 1984)

H&S = Hodges & Spear (1982)

I&M = Indares & Martingole (1985)

BHA = Bhattacharya et al. (1992)

התאמת שיטות סיווג אמפיריות של מאסות סלע ("Q" ו- "RMR") למנהור במסלע משוכב. לקחים ממנהרת גילה הארוכה ירושלים.

גביש, א. ^{1,2}, חצור י. ¹, ארקין י. ²

¹ המחלקה לגיאולוגיה ומינרלוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, 84105 באר - שבע.

² המכון הגיאולוגי, רחוב מלכי ישראל 30, 95501 ירושלים.

מנהרת גילה הארוכה שימשה לבדיקת התאמת שיטות הסיווג למאסת סלע "Q" (Barton 1974) ו- "RMR" (Bieniawski 1974) למאסת סלע קרבונטית משוכבת ולא אחידה. אתר המנהור נמצא בדרום ירושלים והכרייה בוצעה בתצורת עמינדב וביחידת המעבר אשר נמצאת בין חוואר מוצא ודולומיט עמינדב בחתך של הקרטיקון העליון. תוצאות הסקר הראשוני שנערך באזור בהסתמך על חמישה קידוחים ומיפוי מחשופים קרובים נתן טווח ערכים מצומצם ולא תאם את המציאות אשר התגלתה בפועל תוך כדי הכרייה.

יחידת המעבר בין תצורת עמינדב לחוואר מוצא מכילה חומר קומפטנטי המוקף בחומר רך כדולומיט "אבקתי", גודל גרגר של סילט עד חול דק. הנתונים הגיאומכניים של הדולומיט האבקתי והדולומיט המאסיבי מצביעים על הבדל של עד שלושה סדרי גודל בקוהזיה (27 KPa ו- 32 MPa) והבדלים ניכרים בחוזק הלחיצה החד צירי. שילוב זה של דולומיט מאסיבי ודולומיט אבקתי בנוסף לתופעות של בליה, קארסט והופעת חרסיות גרם בעיה בסיווג יחידת המעבר באמצעות שיטות הסיווג "Q" ו- "RMR". הקידוחים שנעשו לא הצליחו להבחין בהטרונגניות הרבה של יחידת המעבר. הערכים אשר התקבלו לאזור הדרומי של המנהרה (יחידת המעבר) היו גבוהים בהרבה ממה שהתגלה במציאות בעוד שבאזור הצפוני שבו מאסת הסלע הנה דולומיט מאסיבי ערכי איכות מאסת הסלע שהתקבלו היו אף שמרנים מאלו שהתגלו בפועל.

סיווג מאסת הסלע שנעשה תוך כדי כריית המנהרה הצביע על קשיים בסיווג יחידת המעבר, גם כשהייתה חשופה, והקשה על הגדרת הפרמטרים התיאוריים בשיטות הסיווג. הבעייתיות בהגדרת יחידת המעבר באה לביטוי גם במשוואת המעבר בין ערכי שיטת ה- "Q" לערכי "RMR" אשר לא מתאימה ליחידות הגיאולוגיות שהופיעו ביחידת המעבר אך מתאימה בהחלט לדולומיט המאסיבי של תצורת עמינדב.

הצורך להגדיר את מערכות אי הרציפות, חומר המילוי שלהן, דרגת הבליה של מישורי הסידוק ולבדוק את מצב המאמצים בשטח העבודה מחייב עריכת סקר מקיף שלא יכול להתבסס רק על קידוחים אלא חייב להתבסס על היכרות עם תת-הקרקע. חיזוק לדברים אלו ניתן לראות בטווח הערכים אשר התקבל בפועל והשתרע על תחום נרחב שכלל מאסת סלע טובה מאוד ומאסת סלע גרועה ביותר. טווח ערכים זה לא יכול היה להתקבל במספר קידוחים כה מעט ולכן יש לשלב מספר קידוחים גדול הרבה יותר בסקר הראשוני.

מישורי אי הרציפות נמדדו והוגדרו מחוץ למנהרה ובתוך המנהרה ונבדקה האפשרות להיווצרות בלוקים ברי תזוזה משילוב מערכות אי הרציפות. מיפוי שנעשה לכל אורך מנהרת גילה הארוכה העלה כי הבלוקים שנוצרו הנם קטנים (20 עד 30 סנטימטרים) והם אינם מהווים סכנה הנדסית. אנליזת ההזזה שנעשתה בעזרת תיאוריית הבלוקים מצביעה על אפשרות ליצירת בלוקים גדולים הרבה יותר אך המבנה האנדולטורי ותוסר האחידות של מאסת הסלע מנעו היווצרות של בלוקים מסדר גדול יותר. כמו כן, הסידוק אשר השתתף ביצירת הבלוקים הקטנים שהופיעו היה ברובו סידוק אקראי ולא שייך למערכות הסידוק הראשיות.

**הסטרטיגרפיה, הפאליאוגיאוגרפיה והטקטוניקה של דרום ישראל בקרטיקון
התחתון: עדויות משינויי עובי ופציאס בתצורת חתירה**

¹גבירצמן, ז., ²גרפונקל, צ., ²גבירצמן, ג.

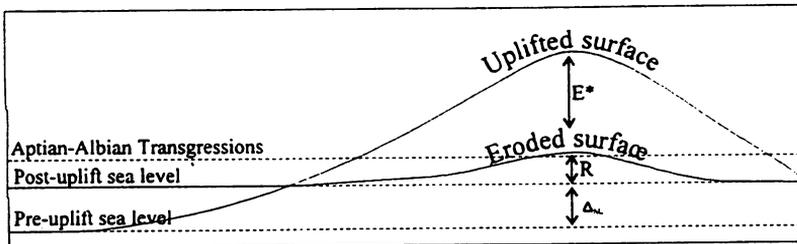
1. המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, גבעת רם 91904, ירושלים
2. המחלקה לגיאוגרפיה, אוניברסיטת בר אילן 52900, רמת גן

בתחילת הקרטיקון התרחשה בדרום ישראל פעילות מגמטית שנימשכה כ- 10 מ"ש וגרמה להתרוממות וארוזיה. מוקד הפעילות היה בנגב המרכזי שהורס במידה הרבה ביותר וממנו הוסר חתך של קרוב ל- 1000 מטר. הארוזיה הצליחה "להדביק" את קצב ההתרוממות, כך שמיד עם סיומה התבליט היה נמוך מספיק על מנת לאפשר את חידוש הסדימנטציה ברוב שטח הנגב. בעבודה זו אנו בוחנים את החתך הפוסט-מגמטי ומראים שהפאליאוגיאוגרפיה והטקטוניקה של הנגב באפטיאן ובאלביאן קשורות בצורה ישירה להתרוממות שהתרחשה קודם לכן.

מיד לאחר המגמטיזם היתה תקופה של השתפלות מהירה וסדימנטציה שנימשכה כ- 5 מיליון שנה. אחר כך הגיעה תקופה של חוסר השקעה שבמהלכה התרחש פולס מגמטי קצר נוסף (בזלת רמון). ברם, הפולס הזה היה שונה מקודמו: הוא היה בעיקרו וולקני; הוא לא גרם להתרוממות ניכרת; וגם לא לווה בהשתפלות מהירה מיד לאחריו. תקופת חוסר ההשקעה נימשכה עד לסוף האפטיאן. עדויות לקיומה אותרו גם במקומות אחרים על גבי הפלטה הערבית וזוהו ניתן ללמוד שהיא מייצגת ארוע גרסיבי גלובלי.

שינויי עובי ופציאס בתצורת חתירה שבנגב המרכזי מראים שהאזור שהתרומם במידה הרבה ביותר נותר גבוה מעל מפלס צבירת הסדימנטים כמעט 20 מיליון שנה. גם בתקופות הטרנסגרסיות של האפטיאן והאלביאן כאשר היס עלה והציף שטחים עמוקים יותר ביבשה (לשון זוזירה ולשון עזזה) מקום זה נשאר בולט מעל פני המים. שחזור קווי החוף של אותן הצפות מאפשר מעקב כמעט רצוף אחר תהליך הדעיכה של אותה ההתרוממות.

הנתונים הסטרטיגרפיים שהצגנו מאפשרים להעריך מחדש את גודל התנועות הטקטוניות. עובי החתך שהוסר מהאזור שהתרומם הכי הרבה (1000 מ') מלמד על התרוממות טקטונית של 250-350 מטר. זהו ערך מינימלי שעליו יש להוסיף את הגובה הטופוגרפי שנוותר לאחר הארוזיה (R באיור המצורף). הגובה הזה היה לפחות כגודל העלויות האיאוסטטיות באפטיאן ובאלביאן שהקיפו את האזור הזה ולא הצליחו לכסותו (כמה עשרות מטרים). בנוסף לכך, סינכרוניזציה בין הגילים העדכניים ביותר של המגמטיזם (122-135 מ"ש לפני ההווה) ובין סקלות זמן נומריות שפורסמו בשנים האחרונות (Gradstien et al., 1994; Harland et al., 1990; Obradovitch, 1993), מראה שגם תוך כדי המגמטיזם וההתרוממות (הוטריוואן ברמיאן) התרחשה עליה איאוסטטית גלובלית (Δ_{SL} באיור המצורף) וגם אותה יש להוסיף לחישוב ההתרוממות הטקטונית (קרוב ל- 100 מטר). בסה"כ מתקבל הרושם שהארוע המגמטי גרם להתרוממות גדולה יותר מכפי שניתן לשער על פי מידת הארוזיה. ההתרוממות הטקטונית היתה ככל הנראה בסביבות 500 מטר ורק חלק ממנה בלט מעל פני היס שעלו אף הם באותו זמן. החלק שבלט החוצה נפגע על ידי ארוזיה חזקה שהנמיכה אותו ב- 250-350 מטר (E^* באיור המצורף) והותירה תבליט שאריתי מתון יחסית (כמה עשרות מטרים) שכלל הנראה הגיע לשיאו משקל גיאומורפולוגי ושרד עד לאלביאן המאוחר.



סקר גיאופיזי במערת גמל, נחל מערות, בכרמל

בק, א.¹, וינשטיין-עברון, מ.²

¹ המכון למחקרי נפט וגיאופיזיקה, ת.ד. 2286, חולון 58122.
² מכון זינמן לארכיאולוגיה, אוניברסיטת חיפה, 31905 חיפה.

במערת גמל, הקטנה באתרי נחל מערות, נתגלו שרידים מן הפליאולית התחתון והתיכון, בתוך ברקציה קשה. בניגוד למערות האחרות, שחפירתן החלה כבר בסוף שנות ה-20, החפירות במערת גמל החלו רק לפני כ-5 שנים. לפיכך, ניתן היה לערוך סקר גיאופיזי לפני החפירות באתר. לצורך הסקר בוצעו חמישה חתכי רדאר: חתך אלכסוני מדרום-מזרח לצפון-מערב המערה וארבעה חתכי רוחב ממערב למזרח. החתכים הצביעו על נטיה כללית של השכבות לצפון-מערב ועל קיומו של שקע עמוק יחסית בחלקה המרכזי-צפוני של המערה. יתר על כן, בחתכי הרוחב הסתמן שינוי בכיוון נטיית השכבות עם העומק: בעוד שהשכבות העליונות נטו מערבה, השכבות התחתונות הראו נטייה ברורה למזרח. תוצאות החפירה באתר תאמו להפליא את נתוני הרדאר, לא רק בכל הנוגע לנטייה הכללית של השכבות, אלא אפילו בזיהוי השינוי בדפוסי נטיית השכבות עם הזמן. שינוי זה עשוי להצביע על תזוזה במיקומו של הבולען הקרסטי במערה במרוצת השנים.

חיזוי יציבות חללים תת - קרקעיים בסלע קירטוני סדוק - דוגמה ממפעל מים בתל באר - שבע

רון בנארי ויוסף חצור - מחלקה לגיאולוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון, באר-שבע

בתל באר-שבע, הממוקם על שלוחה טופוגרפית רדודה בין אפיקי נחל באר-שבע ונחל חברון, נמצאה מערכת תת-קרקעית, ששימשה לאגירת מים. עפ"י הממצאים הארכיאולוגיים המערכת מתוארכת לתקופה הישראלית (לפני כ- 3000 שנה).

המערכת כוללת: תעלה ומנהרת הזנה תת-קרקעית העוברת מתחת לחומת העיר, ארבעה חדרי אגירה משניים המתלכדים לחלל מרכזי שרוב שטחו תפוס ע"י עמוד תמיכה מרכזי, ומכלול מדרגות כניסה היורדות אל המאגר מראש התל במרכז העיר העתיקה.

החתך הסטרוטגרפי בתחום המערכת כולל סלע איאוקני המאופיין בחילופים של שכבות קירטון מסיבי בעובי אופייני של 30-80 ס"מ וביניהן אופקי קירטון-חוארי פריך. הסלע הרציף הוא בעל חוזק לחיצה בלא כלוא של 12 MPa. בסלע נמצאו ארבע מערכות סידוק עיקריות היוצרות מסת סלע בלוקית. המרווח האופייני של הסדקים הוא 20-50 ס"מ. זווית החיכוך לאורך מישורי הסידוק עולה על 40° . עובי הסלע מעל התקרה (עפ"י קידוחי ניסיון) הוא בתחום של 2.5-4.0 מ'. מעל הסלע מונח באי התאמה אירוזיבית קונגלומרט מלוכד היטב המכיל חלוקים מעוגלים ומזוותים של גיר וצור. ב 2-3 מ' העליונים של התל (מעל הקונגלומרט) נמצאות שכבות ארכיאולוגיות.

במסגרת המחקר נערך מיפוי מדויק של מערכות הסידוק והמבנה הטופוגרפי של התקרה. המיפוי כלל צילום, קוי דיגום ומדידת כווני סידוק (לנטיית הסידוק יש משמעות שולית משום שהדיפ האופייני הוא 80° - 90°). מתוצאות המיפוי עולה כי ניתן לחלק את התקרה ל- 5 רצועות היקפיות (סביב מרכז המאגר) בעלות רום טופוגרפי דומה. הרצועה החיצונית הנמוכה (zone 1) מבטאת את מפלס החציבה המקורי ואילו הרצועה הפנימית העליונה (zone 5) מבטאת את מפלס התקרה במרכז לאחר ההתמוטטות ויצירת מבנה דמויי כיפה (קשת).

לצורך הערכת יציבות התקרה נבדקו מספר פרמטרים לפי שיטות הנדסיות שונות.

איכות הסלע לפי שיטת Q הוגדרה (בקירוב) כ- 1. ההגדרה לפי שיטת R.M.R היא 42. מעניין לציין כי תוצאות אלו תואמות לפונקציה המקשרת בין שתי השיטות.

מניתוח היציבות לפי שיטת Voussoir beam עולה כי קיים מקדם בטחון גבוה יחסית ללחיצה וכפיפה אך גבולי לגזירה במגע בין התקרה לדפנות.

מניתוח תיאורטי לפי שיטת Block Theory עולה כי קיימים בלוקים קריטיים ברי תזוזה, אולם בפועל הממצאים מראים כי בלוקים אלו "לא ממשים" את פוטנציאל התזוזה, עקב חוזק הגזירה הגבוה לאורך מישורי הסידוק ופיזור המאמצים האופקיים בתקרה.

מבחן חשוב ליציבות היתה רעידת האדמה בחודש 11/95. בסיור שנערך במאגר זמן קצר לאחר הרעידה נמצא כי למעט אבנים קטנות בודדות, לא התרחשו תזוזות או נפילות משמעותיות והבלוקים נשארו נעולים במבנה המרחבי של מסת הסלע.

למרות היציבות הכללית של המערכת במצבה הנוכחי, קיים חשש לכשלים נקודתיים של בלוקים קטנים. התכנון לפתיחת המערכת למבקרים מחייב נקיטת אמצעי הגנה ודיפון שימנעו מאבנים רופפות לפגוע באנשים.

ארועים טקטוניים בפליוקן בשולי היבשת של מרכז ישראל

יובל בן-גיא¹, צבי בן-אברהם² ובנימין בוכבינדר³

- 1 המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה, חולון.
- 2 המחלקה לגיאופיסיקה ומדעים פלנטריים, אוניברסיטת ת"א.
- 3 המכון הגיאולוגי, ירושלים.

ההתפתחות הטקטונית והסטרטיגרפית הפליוקנית של מישור החוף, מדף היבשת והמדרון של מרכז ישראל נלמדה על ידי בחינת חתכים סייסמיים ולוגים בקידוחים. תארוך של מסמנים סייסמיים וחשמליים מבוסס בעיקר על קשירת רצפים סטרטיגרפיים לעקומת מפלס ים גלובלית.

שולי היבשת בפליוקן התחתון אופיינו בשעורים גבוהים יחסית של השתפלות (SUBSIDENCE) והצטברות של חתך קלסטי עבה של סדימנטים נילוטיים. אגרדציה של סדימנטים בחלקו המזרחי של האגן גרמה ל"הרעבת" האגן העמוק. תבנית זו השתנתה לפני כ-3 מליון שנה כאשר שעורי ההשתפלות במישור החוף החלו לקטון וגרמו לסדימנטים הנכנסים למערכת ליצור פרוגרדציה לכוון האגן העמוק, וכך לבנות את הפריזמה הסדימנטרית העבה במדף היבשת והמדרון של היום. תהליך זה הואץ על ידי השתפלות מהירה בבסיס המדרון, שיצרה מרחב גדול שהתמלא בסדימנטים.

הפליוקן המאוחר מאפיין גם פעילות באתרים נוספים. ארועי לחיצה נצפו באגן העמוק מול עתלית וכן באזור כפר ויתקין במישור החוף. פעילות במקומות אלו פסקה, ככל הנראה, לאחר זמן קצר, כיוון שהחתך הסדימנטרי מעל לתופעות אלו אינו מופרע. ארוע מתיחה נצפה באזור אשדוד במישור החוף, ומראה בלוק נחות ברוחב של כ-2 ק"מ. על בסיס עקומת מפלס הים הגלובלי, החלה הפעילות כאן לפני כ-2 מליון שנה. שלא כמו הארועים בצפון, יתכן והפרעת אשדוד עדיין פעילה. יתרה מזאת, ארוע זה נמצא בהמשכו של הגבול הדרומי של הפרעת פלמחים, המראה פעילות סייסמית. ארועים אלו נוצרו ככל הנראה על ידי שינוי בתנועת לוחות, שהשפיעה גם על חלקים אחרים של אזור הים התיכון.

המבנה וההתפתחות הטקטונית של מפרץ אילת

צבי בן-אברהם
 החוג לגיאופיסיקה ולמדעים פלנטריים
 אוניברסיטת תל-אביב

מחקרים של מפרץ אילת בשיטות שונות של גיאופיסיקה וגיאולוגיה ימית הביאו למידע רב על המבנה הרדוד והעמוק של המפרץ ועל התהליכים הטקטוניים שמתרחשים בו. מחקרים אלה כללו מיפוי העומקים, צילום הקרקעית, ביצוע חתכי רפלקציה סייסמית ורפרקציה סייסמית, מיפוי השדה הגרביטרי והמגנטי, מדידות שפיעת החום ודיגום הקרקעית.

הנתונים הגיאופיסיים מראים שהמפרץ מורכב משלושה חלקים, צפוני, מרכזי ודרומי, הנבדלים זה מזה במבנה הרדוד והעמוק שלהם. התופעה הבולטת במבנה הרדוד של המפרץ היא הווצרותם של אגנים, שרובם לא סימטריים. אגנים אלה נוצרו כאגני מתיחה כתוצאה מתנועת הגזירה לאורך השברים הראשיים של טרנספורם ים המלח. כאגנים הצפוני והדרומי רק אחד השברים האורכיים הוא שבר גזירה בעוד שהאחר הוא בעיקרי שבר נורמלי. כאגן המרכזי שני השברים הם שברי גזירה המסודרים אן אשלון. חלק זה הוא הצר ביותר והעמוק ביותר במפרץ אילת והוא גם הפעיל ביותר מבחינה טקטונית. קרקעית הים מאוד מעוותת באיזור זה ושברים פעילים נצפו בתמונות של הקרקעית.

שינויים סיסטמטיים נצפו לאורך מפרץ אילת במבנה העמוק מנתוני שפיעת החום, הגרביטי, המגנטיקה והרפרקציה הסייסמית. שינויים אלה נובעים מתהליכי שבירה יותר פעילים בחלק הדרומי של מפרץ אילת. תהליכי שבירה אלה מתקדמים צפונה. קצה ההתקדמות נמצא מתחת למעמק ארגונזה שהוא המקום העמוק ביותר באגן המרכזי ובו גם התרחשה הפעילות הסייסמית לאחרונה.

פער בהבנת הגיאולוגיה של מישור החוף הדרומי של ישראל

בייקר, ש.

חברת הנפט הלאומית לישראל, ת.ד. 50199, תל אביב 61500

"קניון" או "תעלת" גבר-עם מצוי באיזור שדה חלץ שממזרח למישור החוף הדרומי של ישראל. הוא כונה כך לפני כ- 25 שנים ע"י צ. כהן, שסבר שה"קניון" נוצר ע"י בליה תת-ימית של קצה המדף היורסי. מידע סטרטיגרפי שהצטבר מקידוחים למן אותו זמן מעלה ספקות משמעותיים לגבי הבליה כגורם להיווצרותו.

מוצע כאן מודל קונספטואלי חדש לגבי התפתחות "פער" גבר-עם, המכונה כך על מנת להדגיש: א) היותו מטבעו איזור נמוך בתוך רכס מאורך, ו- ב) היווצרותו כתוצאה משינויים בשקיעה מצטברת לאורך הרכס. מודל חדש זה מביא לידי התאמה מצויינת של החתך הסטרטיגרפי מקידוחים עם חתכים סטרוקטורליים - סייסמיים, בכיוון הדיפ, שבוצעו לאחרונה. כמו כן קיימת התאמה עם עקומות אוסטטיות (גובה פני הים) וריבוד חופי, שפותחו בעשור האחרון וכן גם עם ההבנה העכשווית של הגיאולוגיה המרתבית.

ההכרה בתפקיד המכריע שיש לגורם ההשקעה בהיווצרות "פער" גבר-עם מראה, שבזמן יורה תחתון-תיכון - זמן המאופיין בטרנסגרסיה וים גבוה, קצה המדף הקרבונטי נבנה בעיקר אנכית, כאשר האגן המצוי בצפון מערב מאופיין בחוסר השקעה.

דרך האיזורים בעלי התבליט הנמוך, שהם תולדת הרכס הקרבונטי, נוצרה מערכת נהרות עוקפת, בתקופות בהן לפרקים היתה ירידה בגובה הים, שהשקיעו באגן "חבילות" של אבני-חול באיכות-מאגר, הן כדלתאות, הן כשפכים והן כטורבידיטים - תלוי ביחסי חתך "המדף-אגן".

לפיכך, ההבנה של הדרך הנכונה של היווצרותו של "פער" גבר-עם יש בה לא רק משום הערכה טובה יותר של הגיאולוגיה של מישור החוף הדרומי של ישראל, אלא גם מאפשרת הבנה טובה יותר של פוטנציאל מלכודות - מאגר למטרות חיפושי נפט.

הרכב האיזוטופי של החנקן והגופרית כאמצעי לזיהוי מקור הניטרט והסולפט החריגים בעין ברדי

בורג, א.¹, איטון, ט.², שפירו, ב.³, כץ, א.¹, סטרינסקי, א.¹, ביון, ע.²

1 המכון למדעי כדור הארץ, האוניברסיטה העברית, ירושלים 91904

2 המכון הגיאולוגי, מלכי ישראל 30, ירושלים 95501

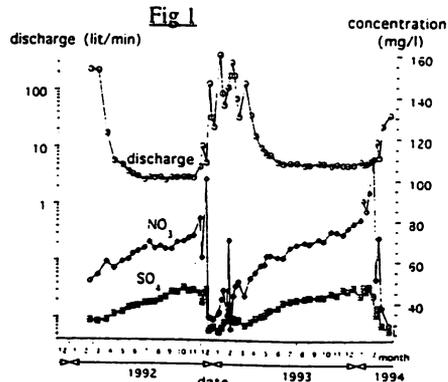
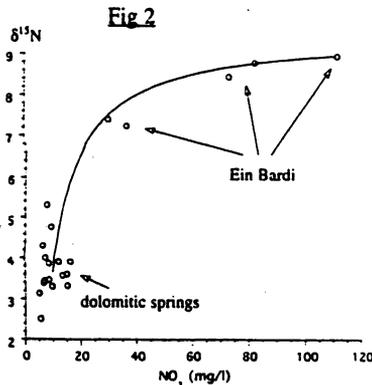
3 NERC Isotope Geosciences Laboratory, Keyworth, Nottingham, United Kingdom NG12 5GG

עין ברדי הוא מעין איתן הנובע במדרון המערבי של נחל גוש חלב. אזור המילוי החוזר של המעין מוגבל מאוד ומורכב מסלעי קירטון וקירטון חווארי, חלקם ביטומניים, השייכים לתצורות עין זיתים, ערב וטקיה. הכפר גיש מצוי בחלקו הדרומי של אזור המילוי החוזר. ריכוזי הסולפט והניטרט בעין ברדי גבוהים באופן חריג יחסית למעיינות סמוכים הנובעים מחתך דולומיטי. באחרונים, ריכוזי הסולפט והניטרט לא עולים על 19 ו-21 מ"ג לליטר (מג"ל) בהתאמה ואילו בעין ברדי ריכוזי הסולפט הוא בתחום 26-48 מג"ל וריכוזי הניטרט בתחום 110-27 מג"ל. השתנות הריכוז של שני המרכיבים עם הזמן דומה (צויר 1). ריכוזם מינימלי במהלך החורף, כאשר ספיקת המעין מקסימלית, והוא עולה בעקביות במשך הקיץ כאשר ספיקת המעין דועכת. ריכוזי הסולפט, בתחילת החורף, במקביל לעליה הראשונה בספיקה, לא משתנה משמעותית, אולם ריכוזי הניטרט עולה מאוד.

במטרה למצוא את הגורמים לריכוזי הניטרט והסולפט הגבוהים והחריגים, נבחר הרכב האיזוטופי של החנקן בניטרט ושל הגופרית בסולפט שבמים וכן בפרקצית הסלע המסיסה במים. ערכי $\delta^{15}N$ אשר נמדדו במי עין ברדי ($+7.2$ - $+9.0$ ‰) גבוהים באופן משמעותי מאלו שנמדדו במעיינות הדולומיטיים הסמוכים ($+3.3$ - $+4.8$ ‰). הערכים האיזוטופיים הגבוהים מעידים על תוספת של מי ביוב שמקורם קרוב לוודאי בבורות הספינה המצויים בכפר גיש. כל הדוגמאות מעין ברדי נמצאות על קו ערוב בין שני מרכיבי קצה (צויר 2) המייצגים שני מקורות שונים: טבעי ואתרופוגני. המרכיב הטבעי (ניטריפיקציה של החומר האורגני שבקרקע) מיוצג ע"י המעיינות הסמוכים, המרכיב האתרופוגני (ביוב) מחושב על פי דוגמת המעין המזוהמת ביותר. כמות הניטרט האתרופוגני במי המעין על פי קו ערוב זה היא כ-90% בתחילת החורף, במקביל לעליות הראשונות בספיקה, וכ-65% בשיא החורף.

ערכי $\delta^{34}S$ אשר נמדדו במי עין ברדי (-2.5 - -8.7 ‰) נמוכים באופן משמעותי מערכי $\delta^{34}S$ שנמדדו במעיינות הדולומיטיים הסמוכים ($+5.7$ - $+10.8$ ‰) והמייצגים את הסולפט הטבעי שמקורו בנשמים. הערכים האיזוטופיים השליליים מצביעים על תוספת של גופרית ממקור אורגני. מקור גופרית זו הוא בחומר האורגני ובפיריט שבסלעי הקירטון. חימצונם מביא ליצירת סולפט בעל ערכי $\delta^{34}S$ שליליים, הזמן לשיטה ע"י מי התהום. סולפט זה עשוי להגיב עם הגיר שבסלע וליצור גבס. $\delta^{34}S$ של המקטע המסיס בסלע, שיתכן ומכיל גבס, הוא בממוצע -15 ‰. הגופרית המסיסה במים מהווה פחות מ-6% מהגופרית הקיימת בסלע.

השינויים הנראים בעין ברדי בריכוזי הסולפט והניטרט עם הזמן נובעים מהתנדודות בזמנית לשיטה. בתחילת החורף, נשפים למי התהום ניטרט וסולפט טבעיים שהצטברו בקרקע מאז תום החורף הקודם ובעיקר ניטרט אתרופוגני וסולפט אורגני שהצטברו באזור הבתלי רווי בקיץ. לאחר שטיפה ראשונית זו, המתבטאת בעליה חזקה בריכוזי הניטרט, עולה חלקם היחסי של המרכיבים הטבעיים, אולם הריכוז הכללי יורד בגלל מיהול עם מי הגשם ובגלל הירידה בזמנית של הניטרט האתרופוגני והסולפט האורגני.



דינמיקה של פסולת לאורך חופי ישראל

באומן, ד.1, מנור-סמסונוב, נ.1, גוליק, א.2

- 1 המחלקה לגיאוגרפיה ופיתוח סביבתי, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, ת.ד. 653 באר שבע.
- 2 חקר ימים ואגמים לישראל, תל-שקמונה, ת.ד. 8030, חיפה.

נחקרה ההתנהגות הדינמית של הפסולת לאורך חופי הים התיכון של ישראל תוך התמקדות בהשפעת המורפולוגיה החופית.

נבחרו שישה חופים בעלי מורפולוגיות שונות. תועדו רמות הבליה והקבירה, המיקום, הכמות, ההרכב והיעוד של כל פריטי הפסולת לאורך קטעי חזית חוף של 50 מטר. ברצועות חוף שונות נצבעה הפסולת בצבעים שונים. תנועות רצועות הפסולת נמדדו לאורך חתכים בניצב לחוף. זיהוי הפסולת הנכנסת, השוהה והיוצאת מהחוף איפשר לחשב את זרימת הפסולת דרך החופים, כולל את פרק הזמן הדרוש להתנקות העצמית של החוף. לבסוף חושב מאזן פסולת בכל אחד מהאתרים.

רגישות החופים לזיהום נמצאה תלויה במורפולוגיה החופית. החדירות, הרוחב ומבנה מישטח החוף מסבירים היטב את מידת הזיהום. ככל שהחוף צר ורגולרי תנועת הפסולת דרכו מהירה יותר. לאורך החוף הים התיכוני קיימת זרימה של פסולת, אך חופי ישראל אינם מהווים את אתרי השקיעה הסופיים. החופים מתנקים טוב למדי והפסולת ממשיכה בנדידה דרכם. החוף הישראלי מהווה איפוא חוף טרנספר של הפסולת.

מקורות המלחה של מי תהום באקוויפר החוף

יוחנן ארזי¹, אבנר ונגוש², אילון אדר¹, אבנר אילון³,

1. המכון לחקר המדבר, שדה בוקר, אוניברסיטת בן גוריון, באר שבע
2. השרות ההידרולוגי, ת.ד. 6381 ירושלים,
3. המכון הגיאולוגי, רח' מלכי ישראל 30 ירושלים.

באזור המרכזי-מזרחי של אקוויפר החוף, סמוך לישובים גדרה - יבנה - גבעת ברנר, קיימות מספר תופעות המלחה בולטות הבאות לידי ביטוי ב: (1) חזית מליחות מזרחית, הנמשכת מצפון לדרום עם מליחות הגבוהה במספר מקרים מ- 1000 מג"ל, ו- (2) כתמי מליחות הנמצאים בחלקו המרכזי של האקוויפר, וממוקמים בתוך או בשולי המכתשים ההידרולוגיים האופייניים לאזור. מליחות המים בכתמים מגיעה עד 750 מג"ל. למרות העלייה היחסית של מפלסי מי התהום בשנים האחרונות נמשכת עליית המליחות של מי התהום המסכנת את המשך אפשרויות ניצול המים מאקוויפר במתכונת הקיימת זה חמישים שנה.

במסגרת מחקר כולל שמטרתו זיהוי מנגנוני ההמלחה באקוויפר החוף באזור נעשה שמוש בנתונים הידרולוגיים וכימיים מן הארכיון. כמו כן נבדקו ההרכבים הכימיים והאיוטופיים (חמצן) של מספר רב של בארות באזור המחקר.

מפות מליחות של אקוויפר החוף משנות השלושים מעידות על קיום גופי מים מליחים ומוקדי המלחה באקוויפר כבר בשנים אלו, כאשר היקף החקלאות באזור היה קטן. פרופילים של מליחות המים כנגד העומק שנעשו בשנות השישים מצביעים על גרדינט ריכוזים עם העומק, ומעידים על חדירת מים מלוחים מבסיס האקוויפר.

המים המליחים באקוויפר מאופיינים בהרכב סידן-כלורידי (יחס Na/Cl נמוך של 0.6, יחסי SO₄/Cl, B/Cl ו- Br/Cl ימיים) עם ערכי δ¹⁸O (תחום של -5% עד -4%) דומים לערכי מי תהום מתוקים במצב בלתי מופר באקוויפר החוף. הרכב כימי זה שונה לחלוטין מהרכב מי קולחים או ביוב (ערכי δ¹⁸O גבוהים. יחסי Na/Cl, SO₄/Cl ו- B/Cl גבוהים ויחס Br/Cl נמוך) ושולל מקור המלחה אנטרופוגני.

שילוב הנתונים ההידרולוגיים, הגיאוכימיים והאיוטופיים מצביע כי מקורות ההמלחה העיקריים של מי התהום באזור זה של אקוויפר החוף הם גופי מים מלוחים ו/או תמלחות ממקורות טבעיים (מי ים מאוידים עתיקים שעברו מודיפיקציה בריאקציות מים-סלע) שנכלאו בבסיס או בשכבות מוליכות מתחת לאקוויפר וגורמים להמלחת המים המתוקים באקוויפר. מים מליחים עם הרכב סידן-כלורידי דומה נמצאו גם באזורים אחרים ויוצרים מוקדים וכתמי המלחה (כמו באר טוביה) באקוויפר החוף.

הנתונים מצביעים כי במקרים בהם ניתן לזהות מקור אנטרופוגני במי התהום, ולפיכך זיהום מי התהום ע"י מי קולחים, קיימת דווקא המתקה או בלימה של תופעת ההמלחה של מי התהום. לפיכך השקיה בקולחים יכולה במקרים מסויימים לגרום לירידה במליחות כאשר ההשקיה מתרחשת מעל אזורים בהם קיימות תופעות המלחה ממקור טבעי כמו באזור המחקר.

סיסטמטיקה של טרוורטינים בערבה

אנמר, ל.^{1,2}, כץ, א.¹, סטרינסקי, א.¹, היימן, א.²

¹המחלקה לגאולוגיה, האוניברסיטה העברית, ירושלים

²המכון הגאולוגי, ירושלים

בערבה הצפונית והמרכזית, ממכתש קטן בצפון ועד לרכס מנוחה בדרום, מצויים מחשופים רבים של טרוורטין (משקעי מעינות). ניתן לחלק את המחשופים לשלושה טיפוסים:

(א) טרוורטין של מפלים ומדרונות תלולים;

(ב) טרוורטין של בריכות רדודות;

(ג) טרוורטין של אפיקי זרימה.

בין הטיפוסים קיים שוני פטרוגרפי בולט. טיפוס א' מופיע כקרומים עבים, הבנויים מרבדים כהים ובהירים לסירוגין, של גבישי קלציט גסים דלי מגנזיום המכילים סטרורקטורות אצתיות. טיפוס ב' בנוי ברובו מקלציט דל מגנזיום שמופיע כמשטחי אצות וכמיקריט בפלואידים (pellets), שמוצאם כנראה בקטריאלי. טיפוס ג' מאופיין בחללים של צמחים עילאיים עשבוניים. טיפוס ג' לא נבדק פטרוגרפית. טיפוס א' מופיע במפלים הגבוהים ביותר בערבה (60-75 מ' מעפה"י). טיפוס ב' הינו הנפוץ ביותר בערבה וקיים ברצף של גבהים מ-70 עד +40 מ' מפני הים. טיפוס ג' מופיע באותם גבהים של ב'.

מבחינה סטרטיגרפית הטרוורטין מטיפוס א' הוא הנמוך ביותר. טרוורטין זה נוטה מזרחה ונמצא באי התאמה זויתית מתחת לטיפוס ב'. טיפוס ב' מופיע במשטחים ומורכב מיחידת טרוורטין קשה שמכסה בהתאמה יחידה טרוורטינית-קלאסטית שבנויה לחילופין גיר טרוורטיני, טרוורטין, חוואר טרוורטיני, קונגלומרט, חרסיות ופלאוסולים. טיפוס ג' מכסה על טיפוס ב' או מופיע בערוצים החתורים לתוך טיפוס ב'. יחסי שדה אלו עולים בקנה אחד עם סדר גילי הטרוורטינים שנמדדו בשיטת סדרת האורניום עיי Kronfeld and Livnat (1987).

בין חתכים שונים המצויים במרחק של עד 30 ק"מ נעשתה קורלציה על סמך דימיון טקסטורלי, פטרוגרפי, ליתולוגי, וגבהים מוחלטים.

הטרוורטינים מטיפוס א' הם בעלי הרכב דל במגנזיום, סטרונציום, נתרן, ואשלגן ביחס לטרוורטינים מטיפוס ב'. נראה שההבדלים הכימיים מיצגים הבדלים בהרכב הכימי של המים מהם שקעו.

על סמך הנאמר לעיל נראה ששקיעת טרוורטין התרחשה בערבה המרכזית לפחות בשלוש פאזות:

- 1) טיפוס א' שקע באיזור נחל חצבה וממערב לצופר על תבליט חריף עם שיפועים גבוהים, ממעינות שהיו ממוקמים מערבית למעינות המוכרים היום.
- 2) טיפוס ב' שקע בשקעים רדודים בנוף מתון, תחילה כגיר או חוואר טרוורטיני בתוספת חומר קלאסטי ועם כתמי טרוורטין קנים, ובשלב מאוחר יותר עם הירידה באספקה הקלאסטית כטרוורטין קנים מסיבי. טרוורטינים אלו שקעו בקרבת המעינות ששפעו עד לעת האחרונה.
- 3) טיפוס ג' שקע בערוצים הסוברצנטים החתורים לתוך הטיפוסים הקודמים.

Kronfeld, and Livnat, A. (1987). "U-series dating of rift valley travertines and lacustrine deposits". Tel Aviv University. Ministry of Energy and Infrastructure.

מחקר פליאומגנטי של מערכת שבר הכרמל, צפון ישראל

מ. אכמון¹, ח. רון²

1 מחלקה לגיאופיסיקה, אוניברסיטת תל-אביב
2 המכון למחקרי נפט וגיאופיסיקה, חולון

אנו מציגים תוצאות של מחקר פליאומגנטי לאורך ובסביבת מערכת השבירה של הכרמל. מטרת המחקר הייתה לקבל תמונה בהירה יותר של הדפורמציה הקרומית בקרבת מערכת השבירה. במהלך המחקר נאספו כ-600 דוגמאות מכ-100 אתרים של סלעים קרבונטיים וולקניים מהקרטיקון העליון וסלעים וולקניים מהמיוקן והפליוקן באזורים סמוכים למערכת השבירה. המגנטיזם השיורי של הדוגמאות נמדד במגנטומטר קריוגני עם סלילי שדה חליפין. דמגנטיזיה מודרנת של הדוגמאות בוצעה או בשדה חילופין (AF) או בשיטה תרמית במעבדה הפליאומגנטית של הממנ"ג. על חלק נבחר של הדוגמאות בוצעו גם מדידות נוספות של התכונות המגנטיות כמו הרכשת SIRM, דהמגנטיזציה של AF ו-ANL ופליזיה ב-SEM כדי לבסס את ההנחה שהמגנטיזם של הדוגמאות הוא ראשוני. הוקטור המגנטי האפיני של כל דוגמה בודד בשיטת Principal Component Analysis. נתוח סטטיסטי של התוצאות נערך בשיטה המקובלת (סטטיסטיקת פישר) בפליאומגנטיקה. התוצאות הפליאומגנטיות נופלות לתוך שבע קבוצות, שעולות בקנה אחד גם עם היחידות הסטרוקטורליות הידועות מהגיאולוגיה של האזור: (א) הכרמל הצפוני; (ב) הכרמל הדרום-מזרחי; (ג) השוליים המזרחיים של גבעות מנשה; (ד) עמק יזרעאל המערבי; (ה) קמר אמיר (אום אל פאחס); (ו) בלוק הגלבוני; (ז) השוליים המזרחיים של הגלבוני.

רוטציות משמעותיות על ציר אנכי (עד כ-30°) נגד כיוון השעון נמצאו בשולי גבעות מנשה ובשוליים המזרחיים של הגלבוני, בקרבה רבה לקטעים של השבר שכיונם צפון-דרום. רוטציות משמעותיות בכיוון השעון (עד כ-27°) נמצאו בכרמל הדרום-מזרחי, ליד קטע שבר הגבול של הכרמל שכיוונו בקרוב צפון-דרום. לעומת זה, באזורים של צפון הכרמל, עמק יזרעאל, קמר אמיר והגלבוני, בסמוך לקטעים של אזור השבר שכיונם דרום-מזרח לצפון-מערב, לע נמצאו רוטציות על ציר אנכי בעלות מובהקות סטטיסטית. הפירוש המוצע לתמונה מורכבת זו של דפורמציה קרומית מפוזרת ע"י רוטציות בלוקים קשיחים הוא שמקורה באינטראקציה בין תנועה שמאלית לאורך מערכת השבר לבין הכיוון והגיאומטריה של כל קטע של מערכת השבירה. גיל המעוות מוכתב ע"י גיל הסלעים הצעירים ביותר המשחחפים בו ונמצא לכן כמיוקני-פליוקני או צעיר יותר. לפיכך הוא קשור כנראה לתנועות של בקע ים המלח.

שינויים פליאוקלימיים בתקופת הקוורטר המאוחר באגן המזרחי של הים התיכון - מחקרים איזוטופיים של משקעי מערת שורק

אילון, א.¹, בר-מטיוס, מ.¹, קאופמן, א.²

¹המכון הגיאולוגי, רחוב מלכי ישראל 30, 95501 ירושלים
²המחלקה למדעי הסביבה וחקר האנרגיה, מכון וייצמן למדע, 76100 רחובות

מי מערות הממוקמות בתנאי אקלים מדברי למחצה באגן המזרחי של הים התיכון מועשרים ב-¹⁸O ביחס למי הגשם (בד"כ ב-1.5-1.0%). הרכבם האיזוטופי משקף שינויים בין שנים גשומות לשחונות, שינויים עונתיים ותהליכי אידוי באזור הבלתי רווי. במערות סגורות שוקע קלציט דל-מגנזיום בשיווי משקל ממי המערה. במערת שורק ההרכב האיזוטופי של החמצן במים (δ¹⁸O‰ SMOW) נע בין -6.3 ל- -3.5 והטמפרטורות נעות בין 18-22°C. ההרכב האיזוטופי של הפחמן המומס במים (δ¹³C‰ PDB) נע בין -15.6 ל- -5.4 ומשקף את תרומת סלעי הסביבה הדלומיטיים, תרומת קרקע עם צמחיה מטיפוס C3, תהליכי בריחת CO₂ ושקיעת קרבונט.

תחום ערכי δ¹⁸O-δ¹³C של משקעי מערה עתיקים שגילם נע בין 25,000 ל-7,000 שנה שונה מטווח הערכים האופייני למשקעי מערה רצנטיים, עובדה המצביעה על שקיעה בתנאים השונים מהיום.

בתקופת הזמן 25,000±2,500 ל-16,000±1,500 שנה, תקופה הידועה כסוף תקופת הגלציאל האחרונה, שקעו במערת שורק משקעים מסיביים, קונצטריים-למינריים, עם גבישים גדולים של קלציט הנקיים מחומר דטריטי ומתאימים לשקיעה מטפטוף אטי ובקצב קבוע. הערכים האיזוטופיים של משקעי המערה גבוהים, ערכי δ¹⁸O(‰PDB) נעים בין 4- ל-2 וערכי δ¹³C בין 11- ל-7. המודל המוצע לשקיעתם מתבסס על השוואה למערכת הרצנטית. לפי מודל זה טמפרטורות ההשקעה נעו בין 12-18°C, הרכב החמצן במים נע בין 4.5- ל-3- הרכב המתאים לכמות משקעים שנתיים של 200-450 מ"מ. הקרקע היתה מכוסה בצמחיה מטפוס C3 ו-C4.

התקופה שבין 16,000±1,500 ל-10,000±1,500 שנה היא תקופה של שינויי אקלים גלובליים. ההרכב האיזוטופי של משקעי מערת שורק מאופיין בירידה בערכי δ¹⁸O ו-δ¹³C לערכים של 6- ו-13 בהתאמה. הירידה היתה מלווה בתנודות חדות. המודל המוצע לתנאי שקיעת משקעי מערה לקראת סוף התקופה הוא טמפרטורה של 15-19°C, הרכב חמצן במים של 7- עד 6- וכמות משקעים שנתיים של 650-900 מ"מ. הקרקע היתה מכוסה בצמחיה מטיפוס C3.

בתקופה שבין 10,000±1,500 ל-7,000±1,200 שנה קצב שקיעת משקעי המערה ירד. משקעי המערה מאופיינים על ידי למינציה אי-רגולרית, גבישי קלציט זעירים וכמות רבה של חומר דטריטי. ערכי δ¹⁸O נמוכים מאד (7- עד 6-) יחד עם ערכים גבוהים מאד של δ¹³C (7- עד 4-) מצביעים על שטפונות, שכתוצאה מהם זמן השהיה של המים בקרקע היה קצר והערכים הגבוהים של δ¹³C נגזרים בעיקר מהתרומה האטמוספירית. לפי המודל המוצע, טמפרטורות ההשקעה היו 15.5-20.5°C, הרכב החמצן במים 7- ל-6- וכמות המשקעים כפולה מהיום. רק בתקופה שבין 7,000±1,200 ל-1,000±600 שנה שררו תנאים הדומים לאלה הקיימים כיום, אם כי גם תקופה זו אינה הומוגנית ומלווה בשינויים קצרי מועד בתנאי האקלים.

הסטורית המעוות לפי מבנים קטנים באנטיקלינת Moose Mountain, מזרח הרי הסלע, קנדה.

אייל, י.¹, פיינשטיין, ש.¹, ו-בל, ס.²

1 המחלקה לגיאולוגיה, אוניברסיטת בן-גוריון בנגב, באר-שבע 50148

2 המחלקה לאנרגיה וסביבה, המכון הגיאולוגי הקנדי, קלגרי, אלברטה

T2L 2A7

בעבודה זו אנו משתמשים בנתוני מדידות של מבנים קטנים (מזוסטרוקטורות) לבדיקת כיווני המתיחה וההתקצרות שפעלו באזור שעבר פעילות טקטונית אינטנסיבית. המבנה שנבחר לצורך זה, אנטיקלינת Moose Mountain נמצא כ- 50 ק"מ ממערב דרום מערב לקלגרי, בשולי הרי הסלע, מערב קנדה. בפני השטח מבנה זה נראה כאנטיקלינה שבורה שמרכזה בנוי מקרבונטים פליאוזואיים ושוליה מקלסטים מזוזואיים. קידוחי מחקר והפקה במבנה זה מעידים כי הוא מורכב ממספר thrust sheets שהובאו ממרחק, לאורך שברים הפוכים בעלי נטיה נמוכה, נערמו זה על גבי זה ולאחר מכן קומטו יחד. כיוון ציר המבנה, בדומה למבנים אחרים באזור זה, הוא לצפון מערב במקביל לכיוון הכללי של הקמטים והשברים הפוכים באזור. בעבודה זו אנו מניחים כי כיווני המאמץ האופקיים הראשיים מקבילים לכיווני המעוות שנקבעו לפי המבנים שנמדדו בשטח. המבנים הגדולים נוצרו תחת התקצרות כאשר S_{Hmax} היה בכיוון ניצב לציר המבנה, כלומר לצפון מזרח.

במרחב אנטיקלינת Moose Mountain נערכו מדידות ב- 16 תחנות ובהן כ- 1000 נתונים של שברים קטנים, סטריאציות, עורקים וצירי קמטים. עבודה זו מציגה אנליזה ראשונית של 84 נתונים משתי תחנות והיא מצביעה על קיומם של שני שדות מאמצים, באחד כיוון S_{Hmax} הוא לצפון עד צפון צפון מזרח; ובשני כיוון S_{Hmax} הוא לצפון מזרח. כיוון שדה המאמצים השני תואם את כיוון אנטיקלינת Moose Mountain והשברים ההפוכים באזור שכיוונם צפון מערב - דרום מזרח. כיוון שדה המאמצים S_{Hmax} הראשון, שנקבע לפי המבנים הקטנים, אינו תואם את התבנית הרגיונלית של המבנים באזור זה ועל כן גם לא נצפה מראש. משמעותו של שדה מאמצים זה אינה ברורה בשלב זה אך סביר כי קיומו מעיד על גזירה ימנית לאורך שברים גדולים שכיוונם צפון - דרום. זמן פעילותם של שני שדות המאמצים הללו ופיזורם במרחב של המבנים הקטנים המאפיינים את כל אחד משדות המאמצים אינו ברור. כמו כן עדיין לא ברורות ההשלכות של שדה המאמצים הראשון על ההתפתחות הקינמטית של האזור.

מכל מקום התוצאות הראשוניות מלמדות כי לעיתים מציאותם של מבנים קטנים אשר אינם תואמים למבנים הגדולים, ועל כן לא נצפו מראש, עשויים ללמד על קיומו של שדה מאמצים השונה מזה המוכר לפי המבנים הגדולים.

אגם כונתילה - מקווה מים מתוקים פליו-פלייסטוקני במעלה אגן נחל פארן

אבני, י.,^{2,1} רוזנפלד א.,¹ זסלבסקי, נ.³

¹ המכון הגיאולוגי, רחוב מלכי ישראל 30, ירושלים 95501

² מרכז מדע רמון, ת.ד. 194 מצפה רמון, 806000.

³ גיבעות עולם בע"מ, רחוב כורש 10, ירושלים 94144

בחלקו העליון של אגן נחל פארן, בנגב ובסיני, מצויות שכבות אגמיות של חוואר, קירטון וגיר היוצרות חתך בעובי של יותר מ- 35 מ'. השכבות האגמיות מצויות מעל ומתחת לשכבות קלסטיות גסות ממקור פלוביאטילי של תצורת הערבה. המחשופים האגמיים פרוסים על שטח של כ- 300 קמ"ר והם ממלאים תבליט ארוזיבי.

השכבות האגמיות מכילות מאסף מאובנים - גסטרופודים, אוסטרקודים, שרידי דגים - Cichlidae (אמנונים) ומאובני אצות (Charophyta). מאסף האוסטרקודים נבדק בפירוט והוא כולל את המינים - *Cyprideis torosa*, *Cypridopsis aculeata*, *Cyprideis sp.*, *Candona neglecta*. המינים *Candona neglecta* ו- *Cypridopsis aculeata* מעידים על מים מתוקים במליחות של פחות מ- 0.5%. תפוצת המאובנים בחתך מעידה על אגם של מים מתוקים שהתקיים ברציפות עשרות אלפי שנים. לעומת זאת, הופעת האוסטרקוד *Cyprideis torosa* כמין יחיד בעל פורים בלתי רגולריים בשכבות שבבסיס החתך החשוף מלמדת על ארוע היפרסליני (מליחות מים עד 70 ‰). בחינה מפורטת של יחסי השדה בין היחידות הפלוביאטיליות והמשקעים האגמיים לאורך מערכת הניקוז המשוחזרת של תצורת הערבה קבעה כי בו זמנית לקיומו של אגם כונתילה התפתחו בנגב הדרומי ובערבה מספר אגמים נוספים. אגם המים הגדול ביותר התקיים בערבה המרכזית והצפונית משני צידי עמק הערבה הנוכחי על שטח של יותר מ- 1000 קמ"ר. מחשופי האגם בנחל נקרות, בנחל צין וברמת מזר תוארו בעבודות קודמות כמשתייכים לתצורת מזר. הופעת מאובני מים מתוקים (בעיקר שבלולי *Melanopsis sp.*) בחלק ממחשופי האגם מעידים כי גם במרכז הערבה התקיים במשך תקופות ארוכות אגם של מים מתוקים. תפוצת האגמים הן בתוך הבקע והן בנגב הדרומי מחזקות את ההנחה שהתפתחותם קשורה בפאזה לחה שהתרחשה בפליוקן המאוחר - פלייסטוקן מוקדם.

- 77 **קופמן, ל.**
מיפוי שכבות קרקע וסלע באמצעות שיטת GPR
- 78 **קופמן, ל.**
מכ"ם חודר קרקע - שיטת קבלת מידע מבנה תת- קרקעי חריג
- 79 **קורזנקוב, א., באומן, ד.**
ניאוסקטוניקה בתנאי קומפרסיה, הרי טיין-שאן - תצפיות שדה ראשונות
- 80 **קציר, י., אביגד, ד., גרפונקל, צ., מטיוס, א.**
המקור והמסתורפיזם האלפיני של אופיוליטים במאסיב הקיקלדי
- 81 **קרונפלד, י., ליבנת, א., ספירו, ב., וינשטיין-עברון, מ.**
הטורורטינים בערבה ואקלים הפלייסטוקן
- 82 **רבינוביץ, נ., שטיינברג, ז., מרט, י.**
דיאפירים מגמתיים בקרום התיכון מתחת לים המלח
- 83 **רוגוזין, ו., קרונפלד, י., כרמי, י.**
ההידרולוגיה של אקוויפר החוף הפלייסטוקני של עמק זבולון
- 84 **שטיבלמן, ו.**
גלי גזירה כמקור מידע של מבנה ותכונות של תת הקרקע הרדוד
- 85 **שטיבלמן, ו.**
חקר אתר בעזרת סקרים סייסמיים רדודים: דוגמאות משני אזורים בארץ
- 86 **שטיינמן, ב., קורן, נ., קגנובסקי, ס.**
הסעת סדימנטים באגם הכנרת, ניסויים בכזרת עוקבים פלואורסצנטיים
- 87 **שירמן, ב.**
שינויים בשדה הגיאומגנטי ותלותם בפעילות הסייסמית בישראל וסביבה
- 88 **שמיר, ג.**
רעידת האדמה של נואיבה, 22 לנובמבר 1995: ניתוח מכני ראשוני
- 89 **שמיר, ג., פלדמן, ל., רייך, ב., בן ששון, ק., הופשטר, א., שפירא, א., גיטרמן, י., אבירב, ו., קדוש, ד., פלד, א., שוורץ, י., לוי, ד., זסלבסקי, י., מליצקי, א.**
רעידת האדמה של נואיבה, 22 לנובמבר 1995

- 62 **נצר, מ., וידר, מ., גבירצמן, ג.**
"חרטית עין הקורא": גרומסול חום כהה מגיל רביעון מאוחר
במישור החוף המרכזי (ישראל)
- 63 **סגל, ר., שירמן, ב.**
מיפוי גיאומגנטי רכיבי של ישראל
- 64 **סיוון, ד., גבירצמן, ג., שש, א.**
קווי החוף בפלייסטוקן העליון בחוף הגליל המערבי, תוך דגש על
פרקי הזמן של הדרגות האיזוטופיות 7.1 ו 5.5
- 65 **סלמון, ע., שורץ, ד., פ.**
ניתוח פני השטח של מבנה גזירת לחיצה אופקית בעמק מודל
גובה ממוחשב (DEM): הרי הסנומה ושבר ה- Rodgers Creek
בקליפורניה
- 66 **פולישוק, ב., פלכסר, ע.**
מיון איכות מסת הסלע הקירטוני
- 67 **פורת, נ., הורוביץ, ל., צו, ל. פ., חזן, מ., סרגוסטי, ע., נוי, ת.**
תיארוך של האתר הפליאוליתי בחולון בשיטות הלומינסציה
וב-ESR
- 68 **פינסקי, ו., שפירא, א., גיטרמן, י.**
הפרדה בין פיצוצים ורעידות אדמה בעמק פונקציות מהירות
חבורה של גלים סייסמיים
- 69 **פלדמן, ל., זסלבסקי, י., מליצקי, א., שפירא, א., גיטרמן, י.,
הופשטר, א.**
היזק סייסמי מוערך באילת, ישראל
- 70 **פלכט, י.**
מיפוי רביעוני בקנה"מ 1:50,000 של מכתש רמון
- 71 **פרומקין, ע.**
מי תהום במחדר המלח של הר סדום
- 72 **פריזלנדר, א., ברטוב, י., גולדמן, מ., גרפונקל, צ.**
אגנים טקטוניים בטרנספורם ים המלח לאורך הערבה
- 73 **צ'אטו, א., סט, כ., ג'., קנדל, ק., באוס, ג'., ר.**
פענוח של רצפים סטרטיגרפיים והדמייה בדרום ים המלח ובאגן
הפנוני בהונגריה - מחקר השוואתי
- 74 **צור, א., אייל, י., שמיר, ג.**
אי התאמות הקשורות לקימוט מבנה חתירה באזור גבעת מדור
- 75 **צור, א., חצור, י., מימרן, י.**
השפעת גודל גרגר וטקסטורה על חוזק דלומיטיים
- 76 **צצקין, א., זר, ש.**
טיפולוגיה פטרוגרפית של חומרי מילוט מהתקופה הרומית
מאוחרת - ביזנטית באתר סומקה, בכרמל

- 47 **כפרי, א.**
הכוון וכמות התנועה האנכית של שתי הפזות הטקטוניות הצעירות בגליל התחתון, ישראל
- 48 **כץ, ע., אביגד ד., מטייס, א., היימן, א.**
מסלול P-Z ותיארוך ראשוני של התשתית הפריקמברית בדרום-מזרח גוש רודד, אזור אילת, ישראל
- 49 **לוי, ז.**
תמונים - אמונואידיים ערומים ששרדו את המשבר האקולוגי בגבול קרטיקון-טרצ'יר
- 50 **לוי, מ., חצור, י.**
ניתוח יציבות מדרונות על בסיס חישוב לאחור של גלישת מדרון במכרה פוספטים באזור ערד
- 51 **ליבשיץ, י.**
השפעת הקרקעות על תהליכי המלחה באקוויפר עבדת (שפלה הדרומית, אילת)
- 52 **לייחובסקי, ו., בן ציון, י., עגנון, א.**
התפתחות סימולטנית של רעידות אדמה והעתקים בחצי-מרחב משוכב ריאולוגית
- 53 **לקח, י., אמית, ר., גרוזק, ת., שיק, א.**
סמנים פלוביו-פדוגניים בתשתית אלוביאליית לקביעת עובי השכבה הפעילה באפיקים מדבריים
- 54 **מרוז, א.**
גיאוכימיה של סלעי מיקה המכילים אמרלד-אורל
- 55 **מטמון, א., נבון, ע.**
ניסויי מסיסות בתא יהלום: המערכת מים-הלית עד 20 Kbar ו- 300°C
- 56 **מיכאלי, ל., ארקיו, י.**
הגיאולוגיה של גשר גילה
- 57 **מימון, י., הוניגשטיין, א., רזנפלד, א., ארקין, י.**
מה ענין אוסטרקודה לתכנון מנהרת הר הצופים
- 58 **מכלוס, מ., שטיין, מ., קולודני, י., כץ, א.**
מדידה מפורטת של איזוטופים של חמצן ופחמן והרכב כימי של ארגוניטים מתצורת הלשון - השלכות להסטוריה הגיאוכימית של אגם הלשון
- 59 **מליצקי, א., שפירא, א.**
הערכת יכולת המעקב אחר ארועים סייסמים בישראל וסביבה על ידי מרכז המידע הבינלאומי של האו"ם - IDC
- 60 **מרט, י.**
פעילות נאוטקטונית במדף היבשת הרדוד של מרכז ישראל
- 61 **מרט, י., רוברטסון, א., ה., פ.**
הטקטוניקה של ההר הימי ארטוסתנס בקרטיקון: תוצאות קידוחי הפלגה 160 של תכנית הקידוחים האוקיאנית (ODP)

- 32 **הימן פסח, א., חצור, י.**
התנהגות מכנית של סלעי המלח בהר סדום
- 33 **ואן זיידן, ע., ז'רזבסקי, א., מורח, א.**
אנליזה במיקרוסקופ אלקטרוני של פיגמנטים אי אורגנים ממקומות בעלי חשיבות היסטורית: אולם הסעודה האחרונה, ירושלים
- 34 **ווסט, ה., אמית, ר., אנזל, י., היימן, א., מרקו, ש., וקס, ד., זילברמן, ע.**
נזקי רעידת האדמה של נואיבה, 22 נובמבר 1995
- 35 **וידובינסקי, ש.**
האם טרנספורם ים המלח באמת טרנספורם?
- 36 **וידובינסקי, ש.**
תיאוריה חדשה של טקטוניקה תוך-לוחית
- 37 **וינברג, ר., ליחובסקי, ו., עגנון, א.**
התפתחות דגמי סידוק בעת התיבשות שכבה חרסיתית
- 38 **וינשטיין עברון, מ., וינברג, ג., קרונפלד, י., הורוביץ, א., יניב, ע.**
באיזו מידה מתועדים שינויי האקלים בהולוקן באקויפר חברת יהודה?
- 39 **ויסברוד, נ., רונן, ד., פולס, ר. ו., נתיב, ר.**
חלקיקים קולואידיים במי תהום
- 40 **זיו, א., גרפונקל, צ., אביגד, ד.**
הקימוט האלפיני באי אנדורס, השלכות להתפתחות המעוות ולקנמטיקה בציקלדים המערביים
- 41 **זילברברנד, מ., מריין, ד.**
מחקר תהליכים גיאוכימיים באיזור הבלתי רווי על ידי שיטות מאזן מסה וחישוב משופר של המילוי החוזר של מי תהום
- 42 **זסלבסקי, י., שפירא, א.**
קביעת התכונות הדינמיות של מבנים מהרעדה ומרעש רקע
- 43 **זסלבסקי, י., שפירא, א.**
תגובת האתר בתחנות תלת רכיביות של הרשת הסייסמית של ישראל
- 44 **זסלבסקי, י., שפירא, א., שטיבלמן, ו.**
לא-להכללה, כן-לבדיקה נקודתית בהערכת תגובת האתר
- 45 **כדן, ג., ברונר, א., אייל, י., אנזל, י., לנדא, י.**
התאמה ורציפות בין מבנים חשופים ומבנים בתת הקרקע במניפה ההולוקנית של נחל דרגה, ים המלח
- 46 **כהן, ב., מטיוס, א., בר-מטיוס, מ., איילון, א.**
חדירת נוזלים וגזירה דוקטילית בתהליכי מטמורפחה רטרוגרדית של הדייק-שיסטים בקומפלקס המטמורפי באילת

- 15 **גביש, א., חצור, י., ארקין, י.**
התאמת שיטות סיווג אמפיריות של מאסות סלע ("Q" ו-"RMR")
למנהור במסלע משוכב לקחים ממנהרת גילה הארוכה ירשלים
- 16 **גוטקין, ו., אייל, י.**
תנאי המטמורפיזם של מיגמטיט רווד, הר שלמה, אילת
- 17 **גולדמן, נ.**
תוצאות ראשוניות, שקט אטלנטיס II, ים סוף
- 18 **גוליק, א.**
תנועת חולות לאורך חוף הים התיכון של ישראל
- 19 **גיטרמן, י., שפירא, א., פלד, א.**
תוצאות אנליזה של מדי התאוצה שהופעלו ע"י רעידת האדמה של
נואיבה (22 נובמבר 1995)
- 20 **גיטרמן, י., פינסקי, ו., שפירא, א.**
קורלציה "סבלנס" ואנרגיה ספקטרלית כאמצעי לזיהוי ארועים
סייסמיים
- 21 **גינצבורג, ד.**
על זהותה של אבן הישפה במקרא
- 22 **גינת, ח., אנוז, י., אבני, י., זילברמן, ע.**
נחלים ומניפות סחף מוסטיים אופקית לאורך נחל הערבה
- 23 **גינת, ח., סרגוסי, ע.**
ממצאים מתקפת האבן הקדומה ותרומתם להבנת גיל המשקעים
הפליסטוקנים בנחל ציחור, בנגב הדרומי
- 24 **גילי, א., שרביט, י.**
תרומתם של הנמל ההרודיאני בקסריה להרס אמות המים העתיקים
- 25 **גרזמן, י., שש, א.**
מנגנון של היווצרות סטילוליטיים
- 26 **גרינבאום, נ., שיק, א.**
שטפונות העבר בנחלי הנגב: עדויות לתנודות אקלימיות
- 27 **דהן, ע., נתיב, ר., אדר, א., ברקוביץ, ב.**
שיטה חדשה לחקירת מנגנוני הזרימה וההסעה בסדקים בתווך הלא
רווי
- 28 **דוברוסקינה, א.**
פלורה גרופית ויחסים שלה עם פלורות בחמניות
- 29 **דויטש, י., יחיאלי, י.**
חימצון ספונטני של גופרית אלמנטרית
- 30 **הופשטר, א.**
תצפיות בעזרת תחנה רחבת פס תדריות של בר גיורא עבור
רעידות אדמה קרובות ורחוקות
- 31 **הורוביץ, א.**
שלבי השקיעה העיקריים לאורך בקע ים המלח

תוכן ענינים

עמוד

- 1 **אבני, י., רוזנפלד א., זסלבסקי, נ.**
אגם כונתילה - מקווה מים מתוקים פליו פלסטוקני במעלה אגן
נחל פארן
- 2 **אייל, י., פיינשטיין, ש., בל, ס.**
הסטורית המעוות לפי מבנים קטנים באנטיקלינת Moose Mountain.
מזרח הרי הסלע, קנדה
- 3 **אילון, א., בר-מטיוס מ., קאופמן, א.**
שינויים פליאואקלימיים בתקופת הקוורטר המאוחר באגן המזרחי
של הים התיכון - מחקרים איזוטופים של משקעי שורק
- 4 **אכמון, מ., רון, ח.**
מחקר פליאומגנטי של מערכת שבר הכרמל, צפון ישראל
- 5 **אנמר, ל., כץ, א., סטרינסקי, א., היימן, א.**
סיסטמטיקה של טרוורטינים בערבה
- 6 **ארצי, י., ונגוש, א., איילון, א., אילון, א.**
מקורות המלחה של מי תהום באקוויפר החוף
- 7 **באומן, ד., מנור-סמסונוב, נ., גוליק, א.**
דינמיקה של פסולת לאורך חופי ישראל
- 8 **בורג, א., איטון, ט., שפירו, ב., כץ, א., סטרינסקי, א., ביין, ע.**
ההרכב האיזוטופי של החנקן והגופרית כאמצעי לזהוי מקור
הניטרט והסולפט החריגים בעין ברדי
- 9 **בייקר, ש.**
פער בהבנת הגיאולוגיה של מישור החוף הדרומי של ישראל
- 10 **בן אברהם, צ.**
המבנה וההתפתחות של מפרץ אילת
- 11 **בן גיא, י., בן אברהם, צ., בוכבינדר, ב.**
ארועים טקטוניים בפליוקן בשולי היבשת של מרכז ישראל
- 12 **בנארי, ר., חצור, י.**
חיזוי יציבות חללים תת-קרקעיים בסלע קירטוני סדוק - דוגמה
ממפעל מים בתל באר - שבע
- 13 **בק, א., וינשטיין-עברון, מ.**
סקר גיאופיזי במערות גמל, נחל מערות, בכרמל
- 14 **גבירצמן, ז., גרפונקל, צ., גבירצמן, ג.**
הסטרטיגרפיה, הפליאוגיאוגרפיה והטקטוניקה של דרום ישראל
בקרטיקון התחתון: עדויות משינויי עובי ופציאס בתצורת חתירה

לאחר שדעך הגל הראשון של חיפושי הנפט בארץ, עבד רון בהצלחה רבה מספר שנים כיועץ בחיפושי נפט ומים בחו"ל במסגרות שונות כמו המחלקה לשיתוף פעולה בינלאומי ואחרות, בארצות שונות באפריקה המערבית ובאמריקה הלטינית.

לרון היתה אישיות מקסימה, הרוגע, השלווה, טוב הלב וההגינות שאפפוהו ואשר אותם הקרין על סביבותיו, יצרו אוירה שונה באורח קיצוני מזו ששררה בארץ בכלל ובענף חיפושי הנפט בפרט. לא זכור לנו אף מקרה אחד בו גילה סימני רוגז או שנזף במישהו. איתו הכל הסתדר על מי מנוחות, והחיוך הטוב מעולם לא סר מעל פניו. לא נטעה אם נאמר שתרומתו להיבט הזה של חיינו היתה חשובה לא פחות מאשר להיבט המקצועי.

משפחת הנריק, נעמי ורון, היוו תא קיומי נפלא שעורר קנאה בקרב כל מכריהם. רון אהב והעריך מאד את עבודתה ויצירתיותה של נעמי ואף סייע לה רבות, החל בעזרה פיזית וכלה בעידוד לכל אורך הדרך.

בתחילת שנות השבעים נקרא רון על-ידי הנהלת משרד הפיתוח למלא את התפקיד של מנהל ענייני הנפט, תפקיד אותו נשא בצורות שונות עד ליציאתו לגמלאות ממשרד האנרגיה והתשתית בשנת 1983. תכונותיו האישיות הנעלות כפי שתוארו לעיל, הגיעו לביטויין ולמיצויין המלא דווקא בתפקיד זה בו מעורבים כל-כך הרבה אינטרסים מסחריים ואישיים, תחרויות ויצרים וזאת בנוסף לתרומה הרבה שהיתה לנסיונו המקצועי הרב והמגוון. אין ספק כי תרומתו למערכת חיפושי הנפט בישראל, בתפקידו זה, היתה בעלת חשיבות וחיוניות לאין ערוך. מאידך, ספק הוא אם הממונים השונים (המעוניינים כרגיל בתוצאות ובמסקנות כבר אתמול...) ידעו להעריך זאת.

אהבנו אותך מאוד רון, יהי זכרך ברוך.

דוד ניב ומשה גולדברג



דברים לזכרו של רון הנריק ז"ל

רון, הילד השישי למשפחת סוחרים לונדונית מרובת ילדים, נולד ב-1918 בבוגנה רג'יס באנגליה, לשם עברה המשפחה בעקבות נפילת פצצה על ביתם בסוף מלחמת העולם הראשונה. שניים מן הבנים קבלו חינוך אקדמי במגמות של מדעי הטבע בעוד האחרים השתלבו בעולם העסקים.

את לימודיו העממיים והתיכוניים סיים רון בלונדון, לאחר מכן קיבל מילגה לאוניברסיטת קיימברידג' וסיים בה לימודי גיאוגרפיה ומתמטיקה לתואר בוגר עוד לפני מלחמת העולם השנייה. עם פרוץ מלחמת העולם השנייה התגייס רון לצבא הבריטי בו שירת כסרן בחיל הקשר. במהלך שירותו ותוך שהיה ואימונים בארץ ישראל, הכיר רון את נעמי ועם שוך הקרבות באיטליה, חזר לארץ ונשאה לאשה.

עם תום המלחמה, חוזר רון לאוניברסיטת קיימברידג' ומסיים בהצלחה את מסכת לימודיו כמוסמך לגיאולוגיה.

עם פרוץ מלחמת השחרור מבקש רון להתנדב למח"ל אך בקשתו נדחית מהיותו נשוי ואב לשתי בנות.

בתחילת חייו המקצועיים עובד רון בניגריה בחיפושי בדיל ומחצבים אחרים עד 1950, שאז הוא נענה לבקשת פרופ' פיקרד, עולה לארץ ומצטרף לראשוני הגיאולוגיים שאישו את המכון הגיאולוגי המצוי בתהליכי הקמה. כמו שאר הגיאולוגים עוסק רון בתקופה זו בעיקר במיפוי גיאולוגי כשהוא מתמקד במפוי של הרי יהודה. לא חולפות הרבה יותר משנתיים והמכון נאלץ לוותר על שירותם של ארבעה מבכירי עובדיו ובניהם רון, וזאת על-מנת לאפשר לחברות הנפט הזרות להנות מן הידע המקצועי של הגיאולוגים המקומיים.

במשך כמה שנים טובות עבד רון בשירות חברת הנפט "פאן ישראל" ולאחר מכן גם ב"חברת הנפט הלאומית של ישראל" שזה אך הוקמה. הוא עסק במיפוי גאולוגי וסטרוקטורלי בנגב, בגליל ובכרמל וכן בקביעת אתרי קידוחים לקידוחי מבנה ולקידוחי מבחן, בפיקוח עליהם ובלימוד וניתוח תוצאותיהם. בזכות היסודיות, הידע וההבנה שלו תרם רבות לאיכות ולרמה של חיפושי הנפט ובמיוחד לגל הראשון של חיפושים אלו.

לא מעט אנשים שלא הכירו את "ההסטוריה הפורמלית שלו" היו פונים אליו בתואר "פרופ'
אפרים גרי".

גרי פרסם עשרות מאמרים ותקצירים, כ-150 דוחות קידוח, הקים וערך במשך שנים את הבטאון העולמי של חוקרי האוסטרקודה בעולם ה-Ostracodologist, ערך את המדריך הבינלאומי של הפלאונטולוגים בעולם, וכל זאת ללא כל הכשרה פורמלית.

יהיו כאלה שיזכרו אותו כטבח מעולה, אבל לא כולם יודעים שלגרי היה אחד האוספים הגדולים בעולם של "ספרי בישול יהודיים" ואוסף מרשים של תקליטי באך. כל מה שגרי עשה בא לו בקלות, ללא מאמץ, מהשרוול, כי הוא היה אינטלקטואל אמיתי, אוטודידקט, איש ספר, איש תרבות ובעיקר איש עדין נפש שמעולם לא העליב אף אדם.

גרי, 35 שנים היינו יחד. גררת אותי למקצוע המיקרופלאונטולוגיה, שמרת עלי ותמכת בי לאורך כל השנים. לא חשבתי שיגיע יום ואספיד אותך. תחסר לנו מאוד, גרי. השארת חלל ריק ואין איש היכול למלא אותו. לא נוכל לשכוח אותך.

בשמי, בשם משפחתי ובשם כל חבריך ומוקיךך - משפחתך הגדולה, היה נא שלום. תנוח בשלום על משכבך ותהה נשמתך, הטהורה והזכה, צרורה בצרור החיים.

אמן.

ברוך זרין



21.11.95

אפרים גרי ז"ל

אפרים גרי נולד בברלין בשנת 1927, בן 68 היה במותו.

כל חייו היה "נע ונד", לא הקים משפחה ולא בנה לו בית קבע. גרי לא היה זקוק למשפחה או לבית קבע. כל מקום אליו הגיע הפך לביתו, וכל מי שפגש הפך לחברו, והחברים ובעיקר ילדי החברים היו לו למשפחה אחת גדולה ואוהבת.

החברות שייצר לא היתה זמנית, אלא קבועה, אמיתית ולאורך שנים. מגרי אי אפשר היה להתעלם. אהבו אותו כי הוא היה מיוחד, אהבו אותו כי הוא עזר לכל אחד, אהבו אותו כי הוא היה טוב, אהבו אותו כי הוא היה נשמה.

בהיותו בן 9, הוא נשלח לקרובי משפחה בארה"ב. עם פרוץ מלחמת העולם, כאשר כל מי שרק היה יכול ברח מאימת הנאצים לאמריקה, עשה גרי דרך הפוכה. ילד בן 13 שב לבדו מארה"ב להונגריה להיות עם אמו בזמן המלחמה. עם סיום מלחמת העולם, ברח לגרמניה. מאחר וידע אנגלית עבד בשרות הצבא האמריקאי, ולאחר מכן בגוינט. כשראה שהיהודים נוסעים לארץ-ישראל, הצטרף לאחרוני העולים ועלה גם הוא בשנת 1950 לישראל, להכשרה של השומר הצעיר בקיבוץ רוחמה.

בצבא שירת גרי כספרן בביה"ס לקצינים ובבה"ד 4 ומשם עבר לביה"ס למלונאות בתדמור. מאחר ולא היתה פרנסה בענף, התגלגל והפך להיות קודח בחברת לפידות. התמונה של שני "הרפניקים", רפי ביטון ואפרים גרי, מרוחים, מכף רגל ועד ראש, בנפט שפרץ מקידות חלץ 1, הפכה לאחת התמונות הידועות בתולדות מדינת ישראל.

אבל להיות קודח, זה לא היה בשביל גרי, הוא שהיה אינטלקטואל, סקרן, למדן וחוקר אמיתי, נדחק למעבדה להתחכך עם הגיאולוגים, ושם נדבק בחיידק המיקרופלאונטולוגיה שלא עזב אותו עד יומו האחרון.

אף אחד לא דחף אותו ללמוד, אף אחד לא מימן לו לימודים. ביוזמתו יצר קשר עם חברת נפט בגרמניה שהסכימה לאפשר לו ללמוד מיקרופלאונטולוגיה בשדה נפט.

גרי, שסיים כחוק רק את גן הילדים, לא ביי"ס עממי, לא תיכון, לא את ביי"ס תדמור, לא אוניברסיטה סגורה או פתוחה, הגיע בזכות האינטלגנציה והתושיה הגדולה שלו לצמרת חוקרי האוסטרקודה בעולם.

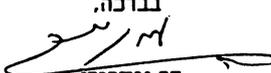
דו"ח קרן הפרס ע"ש פרץ גרדר זיל ליום 31.12.1995

בהתאם להוראות ועדת הביקורת של החברה הגיאולוגית הישראלית שניתנו לוועד החברה וליושב ראש הקרן, מובא להלן מצב הקרן ליום 31.12.1995

ערך בקליט חדשים	ערך נקוב	א) השקעות בניירות ערך
4892.85	1341.94	פי"א חר"ל - קרן נאמנות
<u>16371.05</u>	6442.00	סגולה - קרן נאמנות
21263.90	סה"כ ניירות ערך	
ערך בשקליט חדשים		ב) השקעות בשקליט
38.24		ע"ש מס' 330-025002/21

הערות

1. בשנת 1995 חולק הפרס למר שאול הורוביץ חאת לפי החלטת ועדת הפרס. סכום הפרס שניתן למר הורוביץ היה - 1000 ש"ח. מחצית הסכום בסך 500 ש"ח מרווחי הקרן והמחצית השנייה מקופת ועד החברה הגיאולוגית. הפרס ניתן באספה הכללית של החברה בזכרון יעקב.
2. הדרי"ח הכספי נערך לפי מסמכי בנק לאומי בע"מ סניף ככר ציון, ירושלים.
3. הפרס שניתן מומן מפדיון נייר הערך קרן נאמנות סגולה.

בברכה,

דב גימבורג
י"ר הקרן

הרינו לאשר כי בדקנו את הדו"ח ומצאנו אותו מתאים למסמכים שהוצגו בפנינו.


אמנון רחנפלד

ועדת ביקורת


לוריאן פליישר

החברה הגיאולוגית הישראלית, ת. ד. 1239
מס' עמותה 580008415, מס' חיק מס הכנסה 550008411

מאזן הכנסות והוצאות בשקלים חדשים לשנת 1995

חשבון - 105-307009 בנק פאג'י

הכנסות

סה"כ העברה משנת 1994 (דולר ארה"ב)..... 389.10\$

סה"כ העברה משנת 1994 (לי"ש)..... 64.00£

הוצאות

העברה לשנת 1996 (דולר ארה"ב)..... 389.10\$

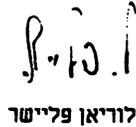
העברה לשנת 1996 (לי"ש)..... 64.00£

גזבר:


ג'ושע שאלה

ועדת ביקורת:


אמנון רחנפלד


לוריאן פליישר

מאזן הכנסות והוצאות בשקלים חדשים לשנת 1995

חשבונות: - 240999 בנק הפועלים - 105-307009 בנק פאג"י

הכנסות

14,995.22.....	יתרה משנת 1994.....
118,008.28.....	השתתפות בכנס זכרון יעקב דמי חבר 1995.....
14,956.00.....	דמי חבר 1995.....
10,000.00.....	תרומות לכנסים 1995.....
<u>12,600.00</u>	דמי הרשמה לכנס - אילת 1996.....
170,559.50	סה"כ

הוצאות

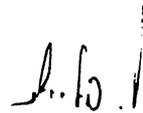
56,308.00.....	הדפסה ספרים לכנס זכרון יעקב ועתון מדעי האדמה (עבור דפי לייזר).....
50,497.81.....	תשלום למלון גני הכרמל (כנס 1995).....
12,000.00.....	מיקדמה למלון נפסון עבור כנס אילת 1996.....
7,550.00.....	תשלום עבור הסעות לכנס זכרון יעקב - 1995.....
2,027.50.....	החזרים לביטולים בכנס זכרון יעקב.....
2,757.93.....	מנהלה (עמלות בנקים, חחרים, שרסוטים וכד').....
724.64.....	דואר, בולים.....
2,457.00.....	רואה חשבון.....
500.00.....	השתתפות בפרס פרץ גרוד ד"ל.....
5,100.00.....	השתתפות של החברה לכנסים גיאולוגיים (כנס ים התיכון, כנס הדיקייים).....
<u>30,636.62</u>	העברה לשנת 1996.....
170,559.50	סה"כ

גזבר:


לוסיאן מיכאלי

ועדת ביקורת:


אמנון רחנפלד


לוריאן פליישר

דו"ח פעילות החברה - 1995/6

הפעילות העיקרית של החברה הגיאולוגית הישראלית בשנת 1995/6 הייתה בתחומים הבאים: ארגון הכנס השנתי, סיורים גיאולוגיים, קידום נושא אתרים גיאולוגיים מוגנים ומתן חסות לכנסים בינלאומיים במדעי האדמה.

- הסיור הגיאולוגי למרוקו התקיים בין התאריכים 7.11.95 - 24.10.95. הסיור בוצע בחסות המכון הגיאולוגי של מרוקו ובתאום עם משרד האנרגיה והמכרות. המארחים סייעו בארגון ובהדרכה מקצועית בסיורים. השתתפו בסיור 26 חברים. ועד החברה מודה לד"ר י. מימרן על ארגון הסיור וביצועו המוצלח.

- עדיין לא הצלחנו לארגן את הסיור הגיאולוגי לירדן שאמור היה להתבצע בחסות העמיתים הירדניים.

- החברה הגיאולוגית הישראלית נתנה חסותה לכנס הבינלאומי ה-3 לדייקים אשר נערך בקבוץ רמת רחל בספטמבר, 1995.
- החברה הגיאולוגית הישראלית נתנה חסותה לכנס הבינלאומי הגיאולוגיה של מזרח הים התיכון אשר נערך בבנייני האומה, ירושלים, אוגוסט, 1995.

- ועדת ההיגוי לשימור אתרים גיאולוגיים המשיכה בפעילות לרכז את החומר שנאסף מחברי החברה והחלה במאמץ להפקת חוברת בנושא.

פרטי החברה הגיאולוגית

פרט פ. גרדר ז"ל יוענק השנה לנדיה טויטש על עבודתה "אלטרציה של דייקים במכתש רמון"

עד מועד הדפסת דו"ח פעילות החברה, לא הוחלט על חתן פרט החברה הגיאולוגית.

החברה הגיאולוגית הישראלית מביעה בזאת את תודתה למוסדות
אלו על תרומתן לכנס:

בנק ספחות בע"מ
לפידות חברת מחפשי נפט לישראל בע"מ
מכרות אבן חן, אילת
משרד האנרגיה והתשתית
המכון למחקרי נפט וגיאופיזיקה
המכון הגיאולוגי הישראלי
חנ"ל - חברת הנפט הלאומית לישראל בע"מ

ועד החברה הגיאולוגית:

אבי שפירא - נשיא
ברבו לנג - סגן נשיא
אלכס בק - מרכז פעולות
לאה פלדמן - מזכירה
לוסיאן מיכאלי - גזבר
מרק גולדמן - חבר
גד אביגד - חבר
גדעון טיבור - חבר

דב גינצבורג מנהל קרן על שם ד"ר פ. גרדר ז"ל

חברי ועדת הבקורת - לוריאן פליישר ואמנון רחנפלד

סדור צילום והפקה: א. מור הדפסות

הכנס השנתי 1996

עורכים:

האוניברסיטה העברית, ירושלים	אביגד דב,
המכון הגיאולוגי, ירושלים	אמית רבקה,
אוניברסיטת חיפה, חיפה	וינשטיין-עברון מינה,
השרות ההידרולוגי, ירושלים	ונגוש אבנר,
אוניברסיטת בן גוריון, באר שבע	חצור יוסף,
המכון למחקרי נפט וגיאופיזיקה	פלדמן לאה,
המכון למחקרי נפט וגיאופיזיקה	שטיבלמן ולדימיר,
המכון למחקרי נפט וגיאופיזיקה	שמיר גד,

אילת

הכנס השנתי, 1996



אילת

כ"ז באדר-א' בשבט תשנ"ו 18-21 במרץ, 1996