

Evaluating the Economic Value of Park Hayarkon



Research proposal submitted as part of Projects Course
in Environmental Studies

Submitted by: Asaf Bar-Josofh, Guy Milman, Natalie Laughlin, Sareet Stotland

Supervised by: Doron Shults

תשע"א, א"א, July 2011

CONTENTS	PAGE
Acknowledgment.....	3
Abstract.....	4-5
Introduction.....	6-7
1. Literature Review.....	8-20
1.1. Urban Parks – Background.....	8
1.2. The Urban Parks Movement.....	8-9
1.3. Urban Parks Services.....	9-10
1.4. Urban Parks Economic Value.....	11
1.5. Hedonic Pricing Method.....	11-12
1.6. Travel Cost Method.....	12-13
1.7. Contingent Valuation Method.....	13-14
1.8. Park Hayarkon – Brief Review.....	15
1.9. Previous Research.....	15-18
1.10.Choice Modelling.....	19-20
2. Hypothesis and Research Questions.....	21
3. The Importance of the Research Questions.....	22
4. Methodology and Preliminary findings.....	23-25
5. Discussion and Anticipated Difficulties.....	26-27
6. Summary.....	28
7. Bibliography.....	29-31
8. Appendices.....	32-36
8.1. Appendix 1.....	32
8.2. Appendix 2.....	33-35
8.3. Appendix 3.....	36

Acknowledgments

We would like to extend our great appreciation and gratitude to Doron Shults for his assistance and productive and professional guidance throughout the semester. Under his supervision, we believe this paper can make an important contribution to the open spaces of Israel. This paper could not have been written without him.

To Prof. Amram Eshel, Tel Aviv University, for the interesting course.

To Karin Ardon Dreyer, for her patience and help, whenever was needed.

To Dr. David Katz, for introducing us to environmental economics in his course, which led to our concept in this course. Also for taking the time to advise us during this paper.

Abstract

Urban parks are the natural assets of a city. Increased population and rapid urbanization was a resultant of the industrial revolution, which led to a tremendous decline in nature. Intolerable living conditions in the city led to the urban park movement, with the objective of increasing quality of life in the city. Up until the nineteen nineties, urban parks became associated with crime, vandalism and neglect. However, due to changing priorities amongst urban residents and decision makers, attention was called to the irreplaceable value of parks as cultural and natural resources. Today, urban parks are not only visual and recreational assets to a community, they drastically contribute to urban policy objectives, inevitably having an economic effect on the city, by creating job opportunities, building community relationships and contributing to the general health of people and the environment.

The economic value of urban parks has been the subject of many international research studies with the implementation of traditional economic value methods such as hedonic price method, travel cost method and contingent valuation method (CVM). However, traditional economic valuation methods fall short of providing reliable, credible and concrete monetary value of urban parks.

Within Israel, Hayarkon Park's economic value has been estimated by two research studies, one conducted academically, the other by the government. Both studies implemented the hedonic method and CVM. Both national and international research studies showed various limitations and discrepancies in results, leading to the identification of a gap in research for the economic value of Hayarkon Park. Doing an economic evaluation is something that requires updating and is crucial for Hayarkon park as the latest valuation was conducted over eight years ago and the park has been subjected to many changes since then including 'threats' of a new highway and residential area. Any adjustment has an economic impact on the value of the park.

Therefore, simply repeating previous studies would not be sufficient in identifying the most accurate economic value of the park to date as too many aspects do not take into account the changes taking place. However, by using the Choice Modelling method, the most accurate economic value of Hayarkon Park can be obtained because it takes different scenarios into account. Different attributes are measured separately because individuals are forced to make a trade-off between two or more scenarios. Multi-nominal

logit models are used to analyze possible outcomes in Hayarkon Park to a given set of attributes. Therefore, determining the value of different attributes of Hayarkon park, whether it means conserving or developing, can be placed cohesively according to the level of importance and understanding the public have.

Preliminary findings from a focus group containing 75% Tel Aviv residents and 25% from Tel Aviv suburbs allowed for the allocation of four main attributes: Yarkon river, bio-diversity, sports and activities and human development, with general taxation being the preferred payment method. General taxation was determined during the focus group through a contingent valuation question of willingness to pay for the possible enhancement of an urban park at an annual tax increase. Therefore, allocating six tax brackets from 0 to 1000 NIS, in 200 NIS increments. The d-optimal design created 25 choice options, minimizing possible outcomes that are unlikely to occur. This allows ten bundles of five choice sets to be handed out to respondents with attributes being represented visually by symbols. Respondents will initially watch a PowerPoint presentation and later given to opportunity to clarify any confusion with the interviewer. This will be followed by presenting the choice task to the respondents in order to determine which scenario they have a preference for. However, it is of crucial importance to adhere to correct and professional procedure for further research as any survey is open to scrutinisation. Results can have an impact on policy and community decision making and therefore any difficulties must be anticipated and minimized.

The beneficial attributes of Hayarkon Park is in danger of being undervalued or eliminated and therefore assigning an economic value using Choice Modelling allows for the most feasible use of the valuation. Implications of such can have an impact on future legislation and policy for a developing urban neighborhood, which in turn can have a positive effect on the community and society as a whole.

Introduction

Urban parks are small-scale green open spaces in cities, a type of nature in close proximity to where people live and work. Like all natural ecosystems, open spaces provides a variety of functions that satisfy humans. Parks and public open spaces can function as large-scale green machines. Urban landscapes filter air and water, cool the environment, produce oxygen, provide a habitat for wildlife and make big contributions to carbon reduction targets (Corner, 2009). In addition to their numerous environmental and ecological services, the presence of natural areas fundamentally contributes to quality of life. Urban nature provides important social and psychological benefits to human societies, which enriches human life with meaning and emotion (Chiesura, 2004).

It will never be possible to completely calculate the economic value of open spaces, and even attempting to evaluate the economic value is very difficult (Fausold and Lilieholm, 1996). This is because the open space is having an economical social value that cannot be measured by the market mechanism. Much of the economic value associated with open space activities can be examined as use and non-use value. Use value results from current use of the resource, including consumptive uses, non consumptive uses (camping, boating) and indirect uses (reading books in the park). Furthermore, in Israel, most open spaces and urban parks are considered public goods, meaning they can be enjoyed without having to pay for them. Their use is not usually limited and up to a certain capacity the use by one person does not lessen the enjoyment for another person. Therefore, there is no incentive for one person to invest effort and money in the conservation of these spaces, making it impossible to obtain optimum allocation through the market mechanism (Zakai, 2002).

Albeit the difficulty in evaluating the economic value of open spaces, it is nonetheless extremely important to do so. Maintaining an open space is a public-political decision and economic assessment is an important tool that aids in guarding open spaces.

The aim of this research proposal is to contribute to the knowledge connected with the economic value of open spaces through case studies on Hayarkon Park in Tel Aviv.

The following paper implements the Choice Modelling method, which is considered the most advanced method to date. The research hypothesis is that Choice Modelling will provide a more accurate economic value of the separate attributes of Park Hayarkon, and will allow for the valuation of different scenarios.

This research is very important. Hayarkon Park is the largest and most famous park in Israel. However, it suffers from strong development pressures, mainly converting open areas in it into expensive buildings and highway (Please refer to appendix 1, Threats to Hayarkon Park, p32). The values measured in the research will be able to give full understanding of the total economic value of Hayarkon Park and of its different attributes. This can serve as a basis for future discussions concerning Hayarkon Park and other open spaces.

Literature Review

Urban Parks – Background

Urban Parks are a type of urban open space. They are traditionally characterized by their horticultural design, recreational value and open space to the public. Some contain semi-natural habitats such as woodlands, heaths and wetlands. While the horticultural history of urban parks is one of their main characteristics, reflected in their formal garden designs and high concentration of exotic species of flora, the more recent parks are characterized by informal design, favorable maintenance to wildlife and a preference for native vegetation (Tzoulas and James, 2004). An urban park are also known as a municipal park (North America) or a public park, public open space or municipal gardens (United Kingdom). These are parks in cities and other associated places offering recreation and green space to residents and visitors to the municipality. The design, operation and maintenance is usually done by government, typically on the local level. Occasionally they are contracted out to a private sector company.

The urban park movement

In the nineteenth century, there became an increase in population and rapid urbanization was a resultant of the industrial revolution. This led to a decline in nature and increased public awareness led to the necessity of introducing natural assets to the city. This induced the creation and development of the urban park movement with the objective of increasing life quality in the modern city (Loures, Santos and Panagopoulos, 2007). The movement began in England (Loures et al, 2007) with the creation of public city parks. Victoria Park was considered the first urban park, however, Birkenhead Park was the first to be constructed exclusively from public money (Tate, 2004). The urban parks movement grew during the 1840's in Britain (1850's in the United States and Canada) as a response to the intolerable living conditions of industrial cities. The provision of urban parks advocated providing fresh air, greenery, contact with nature and a framework for people from all parts of society to mix. Initially, they were not public and were used only by the privileged part of the population (Cranz and Boland, 2004). Albeit variations in dates and emphasis, the history of urban parks can be roughly divided into four periods in Britain, 1833-1890: Emphasis on aesthetic design, 1890-1940: Emphasis on sport, 1940-1995: Urban parks decline, 1995> Present day revival of urban parks (Tzoulas and James 2004). In North America: the romantic (1850s–1890s); the rationalistic (1890s–1950s);

and the regenerative

(1950s–)(Boyer, 2001). Each period promoted urban parks as social reform vehicles that would encourage healthy, wealthy, democratic, and orderly societies. Park advocates reflected changing perceptions of society's major problems, landscapes became cultural compositions as new features were added. By design and gradual growth, urban systems became functionally more complex and spatially segmented (Boyer, 2001).

Many cities today have park departments and civic groups seeking to restore the fabulous landscape parks created by landscape architects such as Olmsted, Jens Jensen and Simmonds. These landscape architects, blending principles of naturalistic park design from 17th to 18th century England with promising understandings of ecology, created aesthetic wonderlands of nature within expanding urban centers where 'real' nature was rapidly declining (Rybczynski, 1999).

Many parks became victims of neglect due to lack of funds and workforce required for their upkeep. However, changing priorities among urban residents and decision makers, as evidenced by recent park restoration initiatives, have called attention to the irreplaceable value of these places as cultural and natural resources. A 1995 forum on urban park restoration, held at the Fourth International Outdoor Recreation and Tourism Trends Symposium, concluded that 'ecosystem approaches' should receive greater attention in urban park restoration efforts. This offers the potential for large urban parks to be more than aesthetic symbols of nature, they can contribute to local and regional biodiversity, provide critical ways that maximize habitat values, and bring nature education experiences in close proximity to millions of people (Gobster, 2001).

Urban Parks Services

Parks have long been recognized as major contributors to the physical and aesthetic quality of urban neighborhoods. However, a new, expanded view has materialized. This new view extends beyond the traditional value of parks as places of recreation and visual assets to communities, and focuses on how policy-makers, practitioners, and the public can begin to think about parks as valuable contributors to larger urban policy objectives, such as job opportunities, youth development, public health, and community building. The traditional view of parks, that they provide and operate recreational facilities and programs, is still widely embraced by community members (Walker, 2004; Ulrich and Addoms, 1981).

Urban parks, open space and related human health issues are a critical component of any state, regional and local infrastructure plan. By promoting the core values at stake in building public infrastructure, they provide: children the simple joys of playing in the park; improving health and recreation; equal access to public resources; democratic participation in deciding the future of the community; economic vitality for all with increased property values, local jobs, small business contracts, and affordable housing; spiritual values in protecting people and the earth; the environmental benefits of clean air, water, and ground; and sustainable regional planning (Loures et al, 2007). Common features of urban parks include playgrounds, gardens, hiking, running and fitness trails or paths, bridle paths, sports field and courts, public restrooms, boat ramps and/or picnic facilities, depending on the budget and natural features available.

Urban Parks Economic Value

The economic value of urban green space systems within cities and towns has been the subject of many studies with the application of many traditional economic value methods. This is done in the hopes of identifying the benefits of urban parks on a local, national and even global scale. The following are examples of non market evaluation methods for the economic value of open spaces.

Hedonic Pricing Method

While it is difficult to extract an exact monetary value of environmental open spaces, one way that economists place an estimate of the benefits derived from urban neighborhood parks is through the Hedonic Pricing Method. Through this method, the value of an urban park, despite being a non-market resource, can be indirectly obtained through the influence exercised by the environment on the market price of another good” (Morancho,2003). The most common surrogate market used is the real-estate market. Because it is assumed that a home is a “bundle of attributes” (Lutzenhiser and Netusil, 2001) we are able to ascertain the benefits of an urban park by examining the “relationship between the selling price and the characteristics of the housing” (Morancho, 2003). Such environmental characteristics can include proximity to open spaces, type of open space, or whether or not the real-estate contains a view. Through hedonic pricing, the value that people place on an urban park can be directly observed through either the increase or decrease in housing prices in relation to these characteristics.

Due to its ability to analyze both on-site and external benefits of environmental open spaces, the hedonic pricing method is widely used by economists to gain insight on the value of urban parks worldwide. For example, a study entitled “A Hedonic Valuation of Urban Green Areas” by Aurelia Bengochea Morancho, examines the link between housing prices and urban green areas in the city of Castellon, Spain and finds that housing prices decrease in relation to distance away from green spaces. According to the study, “every 100m further away from a green area means a drop of 300,000 pesetas in the housing price”(2003). Another article, entitled “The Effect of Open Spaces on a Home's Sale Price” by Margot Lutzenhiser and Noelwah Netusil, further dissects the value of urban parks by researching the effect that a specific type of open space has on housing prices. Mimicking the conclusion of Morancho's study, they find that not only did proximity to an urban park increase the housing prices, but the type of open space was

also significant, with a natural environmental area having the most positive effect (Lutzenhiser and Netusil, 2001). Through examining the prices of real-estate in relation to certain environmental characteristics the hedonic pricing method allows us to indirectly infer the value placed on environmental open spaces.

While the Hedonic Pricing Method provides advantageous tools in determining values for open environmental spaces, it is still rife with limitations and inaccuracies. As explained by Thomas More, Thomas Stevens and P. Geoffrey Allen in the article “Valuation of Urban Parks” (1988), hedonic pricing, when compared with other economic valuation techniques, is an appealing choice in that it is the only technique that “captures the value of external benefits and costs...and is based on actual transaction data.” As apposed to relying on hypothetical situations, it allows for a value to be placed on urban parks through the concrete, observable behavior of home-purchasing patterns. Despite this quality, however, the hedonic pricing method is an inadequate tool in unmasking the true value of an environmental space. Utilizing this method for open spaces valuation is problematic because there are “so many factors influencing property values, it is difficult to sort out specific park effects with accuracy” (More, Stevens, and Allen, 1988). In addition to assuming that people have the luxury to select a combination of the housing features they prefer, this technique also limits valuation to environmental attributes that are strictly related to the housing-market, while not providing an effective tool for discriminating independent environmental attributes.

Travel Cost Method

Another avenue used to assign a value to open spaces is a technique called the Travel Cost Method, which can be utilized in order to quantify the recreational benefits of park users in an otherwise non-market public commodity. Much like the hedonic pricing method, travel cost method allows us to equate the value of an open space with observable monetary transactions, this time with “expenditure related to recreational travel” and “out of pocket costs associated with distance traveled and value of time spent traveling” (Lamtrakul, Hokao, Teknomo, 2005). The value of the open space, therefore, is assumed to be “equal to the cost of travel” (More, Stevens, and Allen, 1988), a number which is obtained through field study and personal interviews. Travel Cost Method allows us place a numerical value on the benefit derived from park users by examining their willingness-to-pay in order to both travel to the destination as well as how much

they are willing to spend for the on-site amenities of the open space. Using this method in their investigation of recreation behavior of domestic tourists within India, Pradeep Chaudhry and Vindhya P. Tewari, in a study entitled “Managing urban parks and gardens in developing countries: a case from an Indian city” (2010), were able to calculate through on-site questionnaires and surveys, that the “consumer surplus per tourist, per visit is Rd. 308 (\$6.40).” Knowing how many people annually travel to visit the urban park, Chaudhry and Tewari are able to analyze that the “annual recreational value of urban parks and gardens of the City Beautiful was estimated as $\text{Rs. } 308 \times 0.30 = \text{Rs. } 92.40$ million (US\$ 1.93 million)” (2008).

Despite its advantages, economists face many problems when attempting to value open spaces with the travel cost method. While this method does allow for observable, travel-incurred transactions to be the proxy for environmental values, it is difficult to attain reliable figures due to the nature of the method. Alan Randall, in his article “A Difficulty with the Travel Cost Method” (1994), argues that “there are a number of persistent difficulties with TCM.” He goes on to elaborate the nature of these problems, including activities and visits to multiple sites, treatment of substitute [sites], and the problem of calculating the time cost of travel (1994). Due to the fact that this method equates money and time spent to travel with value of the open space, it “generally does not work well for neighborhood parks because of the very small differences in user origins” (More, Stevens, and Allen, 1988). The value ascertained by the travel cost method might not accurately depict the value of an urban park due to the fact that it is most frequented by local residents who do not necessarily spend a lot of money to reach the destination, but place a high value on the space, nevertheless. Despite its usefulness in obtaining an estimate value that people place on open spaces, all of these limitations ultimately render the travel cost method as an ineffective tool for calculating a reliable, universal figure.

Contingent Valuation Method

Contingent Valuation Method, or CVM, differs from the Hedonic Pricing Method or Travel Cost Method in that it does not utilize a surrogate market to estimate the value of an environmental space, but rather poses hypothetical situations to elicit values. In contrast to the former methods, CVM is a non-market, stated-preference valuation method that is used to value specific environmental changes from the status quo. By conducting a CVM, surveys or interviews are used to estimate the value of an open space

in relation to respondents' stated willingness to pay “towards the preservation or improvement of an environmental asset” (Tyravainen and Vaananen, 1997). In an effort to determine the value of urban forests in Finland, for example, a study entitled “The Economic Value of Urban Forest Amenities: an application of the contingent valuation method” by Liisa Tyravainen and Hannu Vaananen determines that not only are the “majority of visitors willing to pay for the use of wooded recreational areas” but that “half of the respondents were willing to pay...to prevent the reduction of wooded parks in the housing area” (1997). In another study, “The Economic Value of Old Growth Trees in Israel,” Israeli researchers Nir Becker and Shirra Freeman (2009) estimate the annual value of old growth trees in Israel using the Contingent Valuation Method. They conclude, through respondents' stated willingness-to-pay, that the annual benefit attained from these trees range between 2.35 and 19.9 million Euros.

While CVM provides useful tools that other valuation techniques do not offer, it is the least reliable and credible form of environmental valuation and often its results are not accepted. One major advantage that CVM offers is that, unlike hedonic pricing and travel cost method, one can estimate the value placed on non-use assets, as well as estimate the bequest and existence values of certain environmental assets (Becker and Freeman, 2009). Although this is one major advantage, CVM suffers from a number of shortcomings, and as noted by Tyravainen and Vaananen, “the weakness of this method is that responses are based on hypothetical and not actual behavior” (1997). Other design issues that prove problematic in determining a credible monetary value of open spaces include, but are not limited to, embedding problem[s], sequencing, information effect, hypothetical bias, and strategic bias (Venkatachalam, 2003).

Hayarkon Park – Brief Review

Hayarkon Park is the largest and most famous urban park in Israel.

Tens of thousands of visitors visit the park every week, totalling about sixteen million visitors annually. The Park is located between Rokach Boulevard to the north and Bavli to the south, Hadar Yosef neighborhood to the east and the mouth of the Yarkon River to the Mediterranean on the west. The general area of Hayarkon Park is 3,500 dunams, while the active area of the park covers an area of 3,000 dunams, of which 1400 dunams are lawns, 1,200 dunams groves, garden beds, bushes and flowers and 400 dunams are facilities for the crowd's welfare (Yehoshua Gardens Company, 2011). The park offers its visitors plenty of recreational facilities and activities including varied activities for children, challenging activities, sports facilities, cafes and restaurants, theater and concerts, animal areas, promenades for walking and riding, special gardens, archaeological sites, community centers etc (Please refer to appendix 2, Hayarkon Park's Activities p33-35).

The Yarkon River runs through the park. The Yarkon is the second river in Israel (after Yarden River) and largest coastal river, measuring 27.5km. The source of the river is at Tel Afek (Antipatris) north of Petah Tikva and it flows west through Gush Dan into the Mediterranean Sea. Today most of the Yarkon's water is diverted to the Negev via the national water carrier for irrigation purposes (Wikipedia, 2011). The Yarkon River is the backbone of the park and is central to the natural and landscape value of Hayarkon Park (Yehoshua Gardens Company, 2011).

Previous Research

The socio-economic value of Hayarkon Park has been estimated in two previous studies, one academically and the other by the government. Nurit Zakai (2002) estimated the economic value of Hayarkon Park in her thesis using two methods: the hedonic price method (HPM) and contingent valuation method (CVM).

The hedonic price method estimated the influence of the park on the value of the apartments located near it and the value of the park for the whole neighborhood.

The study area was between Arlozorov Street and Hayarkon Park and included a database of about 1350 observations. The observations were placed on a GIS map according to their address and were analyzed using descriptive statistics and regression models.

Zakai showed that within the study area, comparing an apartment at a distance of up to

100 meters from Hayarkon Park, with an apartment located at a distance of 100-1500 meters from the park, the former has a 136 dollars per square meter higher value than the latter, meaning an addition of over 11,000 dollars for an average-size apartment of 83 square meters, located closer to the park. Zakai also discovered that for apartments located in the study area at a distance of up to 500 meters from the park, every furthering 10 meters leads to a reduction of 3.2 dollars per square meter to the value of the apartment, i.e. a decrease of 265 dollars for a typical 83 square meters apartment. The total added value from proximity to Hayarkon Park, at a distance of up to 100 meters from the park, was estimated at 37 million dollars, according to this account. This is a lower bound value, as the calculation did not include apartments located at a distance of more than 100 meters from the park that are still able to enjoy the park, as well as the value of the park to other neighborhoods located within close proximity, including Ramat-Gan or Hod Hasharon.

In the CVM method, data was gathered by the means of personal interviews, with a sample size of 165 visitors to Hayarkon Park. The data was analyzed using descriptive statistics in order to estimate "willingness to pay" for use of the park. Results showed that the willingness to pay, a one time payment for the preservation of the park, was 514 NIS per household. Zakai estimated that the total population visiting the park per year on average was 220,000 households. In turn, this accumulated the economic value of the park to about 113 million NIS (about 30 million dollars). Zakai acknowledged that in order to get the true value of the park, this value must be added to additional values that were not measured in the study, such as the "existence values" for the metropolitan population that do not visit the park, however, still enjoy knowing that it exists and is available to them should need be.

A study conducted by the Department of Justice, by the Government Appraiser (Aodis and Fleischmann, 2004) examined the impact factors and evaluation methods of public open spaces. The research focused on the theoretical, methodological and practical aspects of assessing a public open space. It examined the economic value of two parks, one in Jerusalem and Hayarkon Park in Tel Aviv. This research also used HPM and CVM.

Hayarkon parks influence on housing prices was measured using the hedonic price method via two aspects: the proximity of the park to the residential neighborhood and the

view from the park to the adjacent apartments. The study area included several streets in the Bavli neighborhood in Tel Aviv up to a 500 meter distance from the park. Results showed that there is no influence to the distance from the park. The reason for this could be due to the region being characterized by planer surfaces, as well as all the buildings being closed. The flat area causes the second or third row of buildings to be partially or completely covered by the first row of buildings, therefore, the existence of a landscape is mainly due to the buildings in the first row. The influence of Hayarkon Park is mainly reflected by the landscape from the apartments nearby in the first row, which adds an average worth of 5.22%, with add-ranged volume of 1.1% - 9.2%. In addition, each ascending floor within buildings (all having lifts) in the neighborhood added a value of about 1.1% for the apartment. This accounted for 771 apartments in this neighborhood with a view to the park and the price of an average apartment was 260 thousand dollars. According to these findings the economic value of the park to the population of the neighborhood was estimated at 10.4 million dollars. The researchers emphasized that the economic value of the landscape as one of the benefits that the park provides, is even higher due to the fact that there are other houses that offer the same landscape to the park and were not taken into account. In addition, they pointed out that valuating landscape is problematic and it is impossible to measure it with objective units as done with distance, because the landscape has a subjective nature and the spatial boundaries of landscape influences are not clear and objective.

The CVM research was conducted via telephone interviews with residents of Jerusalem and the Tel Aviv area, distinguishing between the visitors and non visitors to urban parks. The first phase was an exploratory survey of a limited sample of 38 questionnaires in Jerusalem, and the second phase was a telephone survey of 410 questionnaires, of which 159 questionnaires were from Tel Aviv and the rest Jerusalem. The founding premise was that the designation of these lands is limited solely to conservation, meaning zero probability of development of the park. The residents were asked how much money they are willing to pay for the park's conservation. The researchers used the data collected from these two urban areas to assess the public benefit of urban parks in Israel to 1.491 million Jewish households in the country. The results showed that accounting for the entire country's population, the economic value of Hayarkon Park is 25.7 million NIS (about 5.8 million dollars), while the overall economic value of urban parks in Israel was

estimated at 214.8 million NIS. Based on the results of the HPM and CVM, the total economic value of Hayarkon Park was estimated as 16.2 million dollars.

Table 1 summarizes the results of the researches. We can see that there is a big difference between the results of the academic and the government researches. Both results used the same research methods, HPM and CVM, but got totally different estimations in each method. The academic, objective, research estimated the park from 3.5 to 5.17 more than the government research.

Table 1 – Summary of research results.

	Academic Research	Government Research
Hedonic method	37 million dollars	10.4 million dollars
CVM method	30 million dollars	5.8 million dollars

Choice Modeling

As a stated preferences method, Choice modelling attempts to model the decision process of an individual and by this quantify the attitude towards a certain product. The Nobel prize in economics was awarded to Daniel McFadden. The Centre for International Economics cited his contribution "Choice Modelling is regarded as the most suitable method for estimating consumers' willingness to pay for quality improvements in multiple dimensions." (Centre for International Economics, 2001).

Choice modelling evaluation method may avoid some of the difficulties that can be found in contingent valuation and other stated preference methods. Simply asking people to rate or choose their preferred item or state their WTP for the item, as done in CVM, will generally yield no more information than the fact that people want all the benefits and none of the costs. The choice modelling method forces individuals to make a trade-off between two or more options. These options suggest that each product is assembled of different attributes that can be measured separately (McFadden, 2001). For example in Bennett and Blamey's research (2001), when trying to calculate the WTP for a toilet paper brand, one can separate the deciding factors that assemble the product such as price, number of rolls in a pack, number of sheets and if the paper is recycled or not. After determining the attributes, the spectrum of each attribute needs to be set. If each attribute has a spectrum of 3 states (e.g. Price- 20 NIS, 30 NIS and 40 NIS) the total number of possible combinations of products is very large- $3^4=81$. This number can be reduced by eliminating unlikely and unrealistic combinations in different methods. The chosen possible combinations are divided into bundles of up to 5 different combinations which are handed to respondents, each respondent is confronted with the question "which product would you prefer?" (This is different than the CVM method which asks "how much are you willing to pay for the suggested product?"). Analyzing the data is the complex part in this method and it can be done carefully through Multinomial Logit Models (MNL). MNL is a regression model which is used to predict the probabilities of the different possible outcomes of a dependent variable (the product), given a set of independent variables (the attributes).

One main strength of this method is that compared to CVM where giving yes/no answers may still be subject to 'yea-saying' by respondents giving affirmative responses which tend to satisfy the surveys purpose. Choice experiments avoid this problem, since

respondents get many chances in the interview to express a positive preference for a valued good over a range of payment amounts (Pearce and zdemiroglu, 2002). Lately, many researchers have begun to use the choice modeling technique to estimate the economical value of national parks. Thang Nam Do and Jeff Bennett used choice modelling to estimate biodiversity protection values of Tram Chim National Park, a typical wetland ecosystem of the Makong Delta in Vietnam (Nam Do and Bennet, 2007). Morey, Buchanan and Waldma (2002) used the Choice Modelling technique to estimate the benefits and costs to mountain bikers of changes in trail characteristics, access fees, and site closures in national parks. Fleisher and Sternberg questioning managed to quantify the WTP of the urban population in Israel towards green landscape, summarizing the value people are willing to pay to prevent the mesic Mediterranean landscape from changing to a semi-arid one (Fleisher and Sternberg, 2006).

Hypothesis and Research Questions

The following hypothesis was established as a result of finding the gap while researching the literature review:

Choice Modelling will provide a more accurate economic value of the separate attributes of Park Hayarkon, allowing for the valuation of different scenarios.

In order to prove this hypothesis, the following research questions will be answered through the implementation of the Choice Modelling method.

1. What is the economic value of the Hayarkon Park?
2. What is the value of purifying the Yarkon River to a level of swimmable?
3. How much do people value the presence of animals, wild or domesticated, in the park?
4. Will the addition of more sporting recreational activities, i.e. playground, bike trails, gyms, increase or decrease the value of the park?
5. Which type of vegetation has the biggest economical impact on the park, wild vegetation or manicured lawns?
6. What is the difference in value of Park Hayarkon with the addition of a highway interception?

The Importance of the Research Questions

Maintaining an open space is a public-political decision and economic assessment is an important tool that aids in guarding open spaces. Park Hayarkon is the largest and most famous park in Israel and economic assessment of it is crucial. As mentioned in Section 1.9 (Previous Research), the socio-economic value of Hayarkon Park has already been estimated in two studies, one academically and one by the government. Nevertheless, due to the limitations and discrepancies in results previously discussed both in international and national research, there is strong motivation to measure the economic value of the park using a different method in order to attain a more accurate result. Choice Modelling has the potential to predict the economic value of Park Hayarkon due to the very nature of its methodology (explained in the methodology section).

Re-evaluation of the economic value of the park is crucial due to a number of reasons: Firstly, the latest research was conducted over eight years ago and the last few years have seen strong development pressures, considered as threats to the park (please refer to appendix 1). Secondly, as can be seen in Table 1 (summarizes the results of the studies), there is a large discrepancy between the estimations of the academic and the governmental research, albeit both having used the same research methods, HPM and CVM. Therefore, decision makers are unable to rely on them. Thirdly, there are difficulties in estimating the economic value using the HPM and CVM. Both of the studies estimation reflect only part of the real value of the park. Finally, the Choice Modelling method will enable us not only to get a more accurate economic value of Hayarkon Park, but also the value of separate attributes of the park, like the value of purifying the Yarkon River to a level of swimmable or the values of different kinds of animals in the park. This will also allow for evaluations of different scenarios of the park, this important data that can serve as a basis for future discussions concerning Hayarkon Park.

Methodology and Preliminary Findings

The policy setting for this research is the development of policy on the conservation and development of Park Hayarkon. One of the challenges in this research is identifying what aspects of Park Hayarkon are the main attributes which constitute its economical value. Of the numerous attributes and benefits, emphasis must be placed on the major ones capable of being explained to ordinary people, and be something which they might in principal care about. In order to choose the deciding attributes a focus group composed of members of the group was assembled with participants from Tel-Aviv (75%) and the surrounding suburbs of Tel-Aviv (25%). The discussions held during the focus groups, aimed at identifying the level of understanding that the public have for each of the elements previously discussed on the parks attributes. This identified their views on the importance of each attribute and what would be considered an improvement or reduction of said attribute. Based on findings from the focus group, the focus of this study is based on the following four main attributes:

1. Park Hayarkon River. This attribute focuses on the condition of the river. In the past the river was swimmable and now there is only an option to sail or kayak and sit on the banks of the river. A change in the condition of the water can be drastic for the economical value of the park.
2. Bio-diversity. As the case with many urban parks, Hayarkon park is under constant conflict between preservation of the natural bio-diversity of the park and introducing an artificial recreational area. The economical value of the feeling of being in nature with a relatively high biodiversity or the comfort which is derived from an artificial landscape can be obtained.
3. Sports and activities. A main goal of visiting the park is the recreational activities connected to physical exercise. The trade-off between adding sports facilities and keeping the natural characteristics of the park is addressed in this attribute.
4. Human development. The park is scattered with government and logistical buildings, built in different areas of the park. The real estate value of these buildings can be easily measured by the economical value of removing these buildings through choice modeling. Nethertheless, plans of a future highway crossing through the park may affect the economical value which people allocate to the park.

The payment method used in the survey was an increase in general taxation. The reasoning behind this payment method is due to the fact that the upkeep of urban parks are generally paid for through taxation. Participants of the focus group indicated that taxation was their preferred payment option as compared to direct payment. Six payment levels of taxation were used in the survey, including the 0 NIS level in the no change option. The levels of taxation used were identified through the focus group, which was faced with a contingent valuation question of the likely range of WTP for possible enhancements in the urban park. The final tax levels used in the choice experiment were: 0 NIS, 200 NIS, 400 NIS, 600 NIS, 800 NIS, and 1000 NIS.

Table 2: Summary of Park Hayarkon attributes and levels used in the choice experiment

	Policy Level 1		No change		Policy Level 2	
River	Swimmable		Canu-able		Inaccessible	
Bio-diversity	Intense nature, High biodiversity		No change		Artificial landscape, Low biodiversity	
Sports and activities	Addition of bicycle, running lanes and outdoor gyms		No change		No outdoor gyms, fewer running lanes	
Human development	Remove government building from the park.		No change		Addition of highway crossing the park and neighborhood inside the park	
Annual tax increase	0	200	400	600	800	1000

Out of the 34 x 61 matrix, using d-optimal design method, 25 choice options were created. D-optimal design is a computer algorithm aiming to minimize the possible combinations which are most unlikely to occur. Unlike standard classical designs, such as factorials and fractional factorials, the experimenter must specify a model for the design before a computer can generate the specific treatment combinations (NIST e-handbook, 2003). Ten bundles of five choice sets will be handed to respondents. Thus each choice experiment respondent will be presented with a bundle of five choice tasks, where each choice set includes two policy options and a status quo. For ease of understanding and to

eliminate tiring the respondents visual, symbols will be allocated for each attribute (Please refer to appendix 3, Table 3, sample of a choice modelling survey given to respondent p36). The actual survey will include 5 different policies.

The survey will begin with a pilot survey which will include a PowerPoint presentation which will describe the different attributes of the park. Following the presentation of this information, respondents will be provided with an opportunity to discuss and clarify with the interviewer any issues of outstanding confusion. Respondents will then be informed about the different policies which might change the attributes in the survey. Following the PowerPoint presentation, respondents will be asked to complete a survey which will be introduced as follows:

"During the presentation, you were provided with information on Park Hayarkon. We as a society have some options over possible policies taken in the urban park. We are therefore interested in your opinions on what action you would most like to see taken. We are now going to show you five alternative sets of policy designs that could be used to enhance Park Hayarkon. In each set, you will be asked to choose the design that you prefer."(Christie, M. et al., 2003)

An example of a choice task will then be presented to respondents and the choice task will be explained.

Discussion – Anticipated Difficulties

Anticipating difficulties appropriately before conducting the continuation of this research will minimize probability of 'failure' and can therefore have a significant contribution to the economic evaluation of Hayarkon park. Therefore, the following takes account of the various difficulties that could be faced while conducting the research.

With the intent of producing reliable results for the economic value of Hayarkon park, it is of crucial importance to meet the specific procedures required to meet the highest professional standards. Any study is accessible to scrutiny, especially if it can form the basis of policy decisions which has an effect on the community at large. In principle, stated preference techniques can be used to value any impact, however, in practice, people have cognitive limitations to stating their preferences. Although the choice model survey may seem easily understandable to the scribe, and any confusion respondents have can be explained by the interviewer, the respondent may not 'admit' to such. Failure in perception translates to a failure of behaviour to respond to the effect in question. For example, taking the different scenarios such as the biodiversity attributes from policy one, no change to policy two, can be open to cognitive limitation. If the respondent cannot identify with the provision being changed, whether hypothetically or in reality, then this could lead to insufficient estimates, effecting the overall valuation of the park (Pearce and Ozdemiroglu et al, 2002). If the attribute levels are considered too wide, this could result in dominated alternatives, becoming less efficient for reflection (Bliener and Rose, 2009). Therefore, taking such possibilities into account by and reviewing respondents confusion efficiently by clearly explaining scenarios, cognitive limitation can be significantly reduced.

Another possible difficulty is that modeling decisions and choices can be disparate. Although understanding how respondents learn preferences and make choices is theoretically sound, without clearly connecting this empirically to choice modelling, efforts cannot be improved. Important roles of information processing, perception formation, and cognitive illusions in choice modeling, which are just beginning to be explored (McFadden, 2001). The presence of these econometric calculation should be highlighted as each small variation can lead to a grand change in the overall result. Choice modeling can capture better insights than other stated preferences methods, however, choices are made by different groups of subjects viewing different choice sets with no feedback. This means they have no responsibility for their choices (Louviere and

Meyer, 2008). For the continuation of this research, the survey must present the dilemma to the respondents in order for them to will feel like there will be feedback to their choices.

Adhering to correct procedure and intent will derive the truest, accurate and concrete results possible.

Summary

Park Hayarkon, an expansive urban park with many attributes and services, provides the community with many benefits that are difficult to value economically. The value of the recreational amenities and environmental benefits that the park provides cannot always be calculated in economic terms and therefore are in danger of being undervalued or eliminated. Past research utilizing classic economic valuation approaches have attempted at assigning a monetary value to the park, with many limitations and discrepancies between them. Choice Modelling, unlike the other techniques, allows for the discrimination of all the individual attributes of the park in order to calculate the most accurate and useable economic value.

In order to ensure the preservation or conservation of this natural environmental space within the constantly developing urban neighborhood, it is of the utmost importance that we are able to place an accurate monetary value on Park Hayarkon. Being able to do so provides a better insight for legislation when allocating budgetary allowances and city planning. Choice Modelling establishes a concrete, accurate, and reliable economic valuation of the park, without which, might allow the park to be underestimated in its value and benefits in which it provides to the community. In that it discriminates between different park scenarios, this method allows for the most in depth understanding of what is most highly valued in the urban park and grants policy makers a detailed roadmap of how to implement it, which could also translate nationally and internationally.

Bibliography

- Aodis, J. and Fleischmann L., 2004. Impact factors and evaluation's methods of public open space. [online] Available at: <<http://www.justice.gov.il/NR/rdonlyres/9BD7863D-8209-4C65-8AA4-D52AB686D3D5/15585/shtahimptuhim.pdf>> [Accessed 01 May 2011].
- Bateman, I. Carson R.T. Day B. and Hanemann M., 2002. Economic valuation with stated preferences techniques. Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Becker, N. and Freeman, S., 2009. The economic value of old growth trees in Israel. *Forest Policy and Economics*, 11(2009), pp.608–615.
- Bennett, J. and Blamey, R., 2001. The choice modelling approach to environmental valuation. Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Bliemer, M.J., and Rose, J.M. Efficiency and sample size requirements for stated choice experiments. Delft University of Technology, The University of Sydney.
- Centre for International Economics, 2001, Review of willingness-to-pay methodologies. [online] Available at: <http://www.thecie.com.au/content/files/Capability_Statement_Water_Jan_2009.pdf>
- Chaudhry,P. and Tewari, V.P., 2010. Managing urban parks and gardens in developing countries: a case from an Indian city. *Int. J. Leisure and Tourism Marketing*, 1(3), pp.248-256.
- Chiesura A., 2004. The role of urban parks for the sustainable city. Elsevier, [online] Available at: <<http://carmelacanzonieri.com/library/6123/Chiesura-RoleUrbanParksSustainableCity.pdf>> [Accessed 12 July 2011].
- Christie, M. et al., 2003. A valuation of biodiversity in the UK using choice experiments and contingent valuation. University of Wales Aberystwyth, University of Glasgow, University of Stirling.
- Corner J. (2009) Parks Pay Off. Urban green spaces return both financial and feel-good dividends. *Forbes*, [online] 05 September. Available at: <<http://www.forbes.com/2009/05/05/state-of-the-city-opinions-contributors-high-line-parks.html>> [Accessed 20 July 2011].
- Dean, P., 1979. *The First Industrial Revolution*: New York. Cambridge University Press.
- Diamond, P.A. and Hausman, J.A., 1994. Contingent Valuation: Is some number better than no number? *The Journal of Economic Perspectives*, 8(4), pp. 45-64.
- Fausold, C. J. and Lilieholm R. J.,1996. The Economic value of open space [online] Available at: <http://www.lincolnst.edu/pubs/506_The-Economic-Value-of-Open-Space> [Accessed 12 July 2011].

Fleisher, A. and Sternberg, M., 2006. The economic impact of global climate change on Mediterranean range-land ecosystems: A space for time approach. *Ecological Economics*.
Gobster, P. H., 2007. Urban park restoration and the “Museumification” of nature. *Nature and Culture* 2(2) pp.95-114.

Hadker, N. Sharma, S. David, A. and Muraleedharan, T.R., 1997. Willingness-to-pay for Borivli National Park: Evidence from a contingent valuation. *Ecological Economics*, 21(2), pp.105-122.

Hai, Y., 2007. City Hall Park plan: concrete channels and Highway. *Haaretz*, [online] 08 April. Available at: <<http://www.haaretz.co.il/hasite/spages/846584.html>> [Accessed 10 July 2011]

Iamtrakul, P. Hokao, K. and Teknomo, K., 2005. Public park valuation using Travel Cost Method. *Proceedings of the Eastern Asian Society for Transportation Studies*, 5, pp.1249-1264.

Lee, C. and Han, S., 2002. Estimating the use and preservation values of National Parks’ tourism resources using a contingent valuation method. *Tourism Management*, 23(5), pp. 531-540.

Loures, L. Santos, R. and Panagopoulos T., 2007. Urban parks and sustainable city planning – The case of Portimão, Portugal. *WSEAS Transactions on Environment and Development* [e-journal] 10 (6) Available through: WSEAS database [Accessed 2 May 2011].

Louviere, J.J., Meyer, R.J. 2008. Formal Choice Model of Informal Choices: What Choice Modeling Research Can (and Can't) learn from Behavioral Theory. University of Technology, Sydney, Australia, University of Pennsylvania, Philadelphia, Pennsylvania.

Lutzenhiser, M. and Netusil, N., 2001. The effect of open spaces on a home's sale price. *Contemporary Economic Policy*, 19(3), pp.291-298.

McFadden D., 2001. Economic Choices, Economic Decisions of Individuals, [online] Available at: <http://elsa.berkeley.edu/~mcfadden/charterday01/charterday_final.pdf>

Mitchell, R.C and Carson, R.T., 1993. Using surveys to value public goods: The contingent valuation method. *Resources for the Future*.

Morancho, A.B., 2003. A hedonic valuation of urban green areas. *Landscape and Urban Planning*, 66(2003), pp.35-41.

More, T.A. Stevens, T. and Allen, P.G., 1988. Valuation of urban parks. *Landscape and Urban Planning*, 15(1-2), pp. 139-152.

Morey, E.R. Buchanan, T. and Waldman, D.M., 2002. Estimating the benefits and costs to mountain bikers of changes in trail characteristics, access fees, and site closures: choice experiments and benefits transfer. *Journal of Environmental Management*, 64(4), pp.411-422.

Nam Do T., Bennet J., 2007. Estimating Wetland Biodiversity Values: A choice modelling application in Vietnam's Mekong River Delta. 2007, Australian National University, Economics and Environment Network Working Paper. [online] Available at: <http://een.anu.edu.au/download_files/een0704.pdf>

NIST/SEMATECH e-Handbook of Statistical Methods, agency of the U.S. commerce department, 2003. [online] Available at: <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/index.htm>

Pearce, D. and EceO' zdemiroglu et al., 2002. Economic valuation with stated preference techniques. Department for Transport, Local Government and the Regions: London

Randall, A., 1994. A Difficulty with the travel cost method. *Land Economics*, 70(1), pp.88-96.

Tyrvaainen, L. and Vaananen, H., 1998. The economic value of urban forest amenities: an application of the contingent valuation method. *Landscape and Urban Planning*, 43(1998), pp.105-615.

Tzoulas, K., James, P., 2004. Our Natural Heritage: Urban Parks. (Pdf.) [online] University of Salford: Available at: <www.els.salford.ac.uk/urbannature/.../urban%20nature%20series/urban_> [Accessed 2 May 2011].

Ulrich, R. S., and Addoms, D., 1981. Psychological and recreational benefits of a residential park. *Journal of Leisure Research*, 13(1), pp.43-65.

Venkatachalam, L., 2003. The contingent valuation method: a review. *Environmental Impact Assessment Review*, 24(2004), pp.89-124.

Walker, C., 2004. The public value of urban parks. (Pdf.) [online] The Wallace Foundation: Available at: <<http://www.wallacefoundation.org/knowledge-center/urban-parks/Pages/The-Public-Value-of-Urban-Parks.aspx>> [Accessed 4 May 2011].

Wikipedia, 2011. Yarkon River. [online] Available at: <http://en.wikipedia.org/wiki/Yarkon_River> [Accessed 01 July 2011].

Yehoshua Gardens Company, 2011. Yehoshua Gardens Park. [online] Available at: <<http://www.park.co.il/park.asp?park=2>> [Accessed 01 May 2011].

Zakai N., 2002. Estimating the socio-economic benefits of Yarkon Park in Tel Aviv Research Thesis, Architecture Faculty at the Technion. [online] Available at: <http://library.technion.ac.il/thesis_abs/arc/2246899.pdf> [Accessed 01 May 2011].

Appendix 2: Hayarkon Park's Activities

Park Hayarkon is kind of the "Central Park" of Tel Aviv. It is, along with the beach, the major urban retreat within the Tel Aviv metropolitan area, a great place to reside for the day. Tens of thousands of visitors, who come to the park every week, find the appropriate personal experience that suits them, from sports or sailing to leisure or entertainment.

The following activities exist in the park (Hayarkon Park site, 2011):

1. Attraction's for children
 - a. Playgrounds - There are several outdoor playgrounds for kids (2+) throughout the park. The best being the Adventure Garden that offers a lot of activities for Children. Including a variety of unique facilities that allow climbing, sliding, jumping, fitness, omega, playground equipment, strategy games (in the smart hill area).
 - b. Virgin forest - central to a variety of challenge activities in nature.
 - c. Sports and Games in Sportech – Support facilities for sport activities like soccer fields, basketball, handball, tennis, roller skating courts, labyrinth, bungee, Olympic climbing wall, trampoline, skateboard court and club. Used by children, teenagers and adults.
 - d. Boat ride – Renting motor boats, kayaks or a pedal boat and sailing on the Yarkon River or on the artificial lake.
 - e. Miniature golf
 - f. Zafari –Gunga Gunga – an amazing bird park.
 - g. Dwarf train for kids to travel throughout the park in the summer.
 - h. Pony riding
 - i. Animal areas – at [Bavli](#) and at the center of the park.
 - j. Park Theatre - offers a wide range of activities for children, shows, theatre performances for children and the whole family.
 - k. The farm - 70 dunam of high quality natural experience. Offers outdoor family workshops, tutorials, classes, bird research station, resident garden.
 - l. Meymadion –the largest water park in Israel with a massive variety of facilities.
2. Several promenades, walking and bicycle trails.
3. Rent bicycles and carriages of various kinds.

4. Large number of cafes and restaurants.
5. Areas for barbecue, including: picnic tables, barbecue stations.
6. Concerts and huge performances area ("The Hill of Occurrences") – The park size and location in Tel Aviv makes it a perfect place to host mass events of famous artists from abroad (It hosted [Michael Jackson](#), [Madonna](#), [U2](#), [Paul McCartney](#), [Elton John](#) etc). It also hosts annual events such as the City Taste festival, and [classical](#) performances by the [Israel Philharmonic Orchestra](#) and the [Israeli Opera](#).
7. Wohl Amphitheatre: belongs to the Department of Occurrences of municipality of Tel Aviv – Jaffa. Shows plays, music shows and entertainment.
8. Dog parks - there are three sites, including water stations and activity facilities for dogs that allow pet owners to enjoy with them.
9. Community Centers
 - a. The Council for a Beautiful Israel - the first and only non-profit environmental organization in Israel that focuses on the country's urban centers with a vision of a truly beautiful country.
 - b. National Sports Center - Hadar Yosef Sport Center is a complex of stadiums and many sports facilities. Contains the Israel Olympic Committee offices as well as "National Athletic Stadium", a multi-purpose sports hall and offices of various sports associations.
 - c. Daniel Amichai Rowing Center – Teaches rowing and kayaking.
10. Art and Sculpture complexes: many sculptures are scattered throughout the park, like Tumarkin sculpture, statues of Hamitzr puzzle - which covers an area about three dunams that contains 18 statues representing riddles.
11. Historical and Archaeological sites.

There are also guided tours by Avshalom Institute.

- a. "Seven Mills" - flour mill, which was operated by hydropower force, was active until the early forties and is now an entertainment center.
- b. Stone Dam and Wooden Bridge - Remains of an ancient dam which allowed crossing of the Yarkon River.
- c. "Ten Stations" (Al Hadar) - the biggest flour mill in the Yarkon and one of the largest in Palestine. Contained 18 pairs of millstones. Dykes and walls formed a large reservoir from which water flowed to run the mill.

- d. "Napoleon Mount" - an ancient archaeological site held from the third millennium BCE until the Arab period.
12. Park's gardens – Six unique gardens, each being several dunams.
- a. "Gan HaBanim" commemorates the sons of Tel Aviv – Jaffa, who fell in the Israeli wars. In the garden there are 11 groves of trees growing in Israel. Every grove represents a period or war. Within the groves there are black granite columns containing engravings of the the names of the fallen.
 - b. Terror Victim's Garden - commemorates the 750 people murdered in the city in terrorism acts since 1860.
 - c. Garden of the Rocks - stretches over an area of 40 Duane. In the garden there is a variety of rocks that were brought from all over the country. A hundred species of “Land of Israel” plants were planted between the rocks gathered from all over the country.
 - d. Cactus Garden – covers an area of 30 dunam. Contains 55,000 cacti from around the world, from 3700 species of plants.
 - e. Pruned Garden - covers an area of 15 dunams and combines formal, classic and Mediterranean gardening. The garden is integrated with archaeological and mosaics items.
 - f. Tropical Garden - a garden with an area of 20 dunams containing tropical flora and a nursery selling tropical vegetation. Contains orchid hot house and pools for fish and waterfowl.

Appendix 3 Table 3: Sample of a choice modelling survey given to respondents

	Park A	Park B
Trails	 Inaccessible 	 Accessible 
Biodiversity	 Invasive plants, light food waste	No change
Recreation activities	No outdoor sports, tennis courts  	No change
Human development	Remove government building from the park. 	Addition of highway crossing the park and neighbourhood on the edge of the park.  
Tax	You will pay an extra 100 NIS for annually over a 5 year period. 	You will pay an extra 100 NIS for annually over a 5 year period. 
My preferred answer		



בחינת המרקם הבנוי בישראל: יצירת מדד משולב לזחילה יישובית



הצעת מחקר המוגשת במסגרת קורס פרויקטים באיכות סביבה, תשע"א, 2011

מרצה: פרופ' עמרם אשל

מנחה: גב' קרין ארדון-דרייר

מגישות:

גלית משיח-קמלמן ת.ז. 025169657

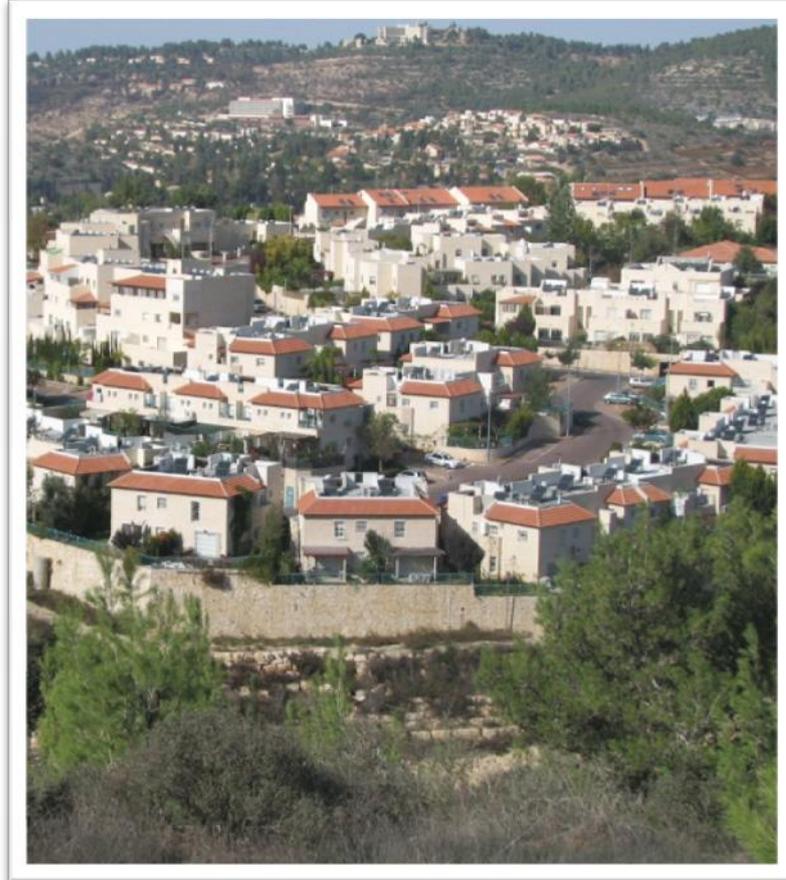
לוסיה ברגובוי-ילין ת.ז. 031526221

עינת רוט ת.ז. 043558253

תמי פשטן ת.ז. 200217263

תודות

ברצוננו להביע את הכרת תודתינו לפרופסור עמרם אשל, מרכז הקורס, על פריסת נושא שטחים פתוחים בפנינו, סוגיה סביבתית מורכבת להגדרה, לדיון ולחקירה. כמו כן, אנו מודים לצוות הקורס על מגוון ההרצאות המעניינות ששמענו בקורס. אנו מודים למר יואב שגיא ממכון דש"א ומר איתמר בן-דוד מהחברה להגנת הטבע על הרצאותיהם המעניינות במסגרת הקורס, אלו היוו את נקודת הפתיחה לבחירת הנושא.



ברצוננו להודות אישית לגב' קרין ארדון-דרייר אשר הנחתה אותנו בכתיבת הצעת מחקר המוצעת, על סבלנותה הרבה לאורך כל הדרך ועל הערותיה החשובות אשר עזרו לנו רבות, הן בהליך העבודה המשותפת והן בגיבוש התוצר הסופי המוגש כאן כהצעת מחקר בנושא שטחים פתוחים בהיבט של זחילה של התפתחות השטח הבנוי בישראל. תודה אישית למר רוך ילין-ברגובוי על הסיוע בסוגיות מתמטיות במסגרת הפרק של שיטות המחקר.

מושגים מקוצרים

זחילה עירונית – ההגדרה הנפוצה ביותר של הזחילה ניתנה על ידי יואינג (Ewing, 1994; Ewing, 1997), אשר הגדיר אותה כסוג של התפתחות מרחבית, המתרחשת בעיקר על חשבון שטחים פתוחים באזורים כפריים בשולי המטרופולין, ומתאפיינת בצפיפות נמוכה ולא רציפה, המסווגת לעיתים קרובות כצורת התפשטות של "דילוגי צפרדע", היוצרת הפרדה של שימושי קרקע ובכך מחייבת תלות ברכב הפרטי.

זחילה מרחבית/ יישובית – דפוס צמיחה המתפתח אל מעבר לרקמה הבנויה באופן בלתי יעיל, ובלתי מבוקר, ולפני שמוצו אפשרויות הפיתוח בתוך הרקמה הבנויה הקיימת.

מרקם הבינוי: כל המדדים הנבדקים במחקר המוצע מסתמכים על מרקם הבינוי של היישוב, שנמדד ביחס לגבולותיו המוניציפאליים. נתון מכריע במדדים נמצא המרקם העירוני של כל יישוב. המרקם העירוני הוגדר ביחס למרקם המרכזי הבנוי.

המרקם המרכזי הבנוי: הוגדר כשטח בעל רצף טריטוריאלי שבתוכו מצויים מרבית השטחים הבנויים של היישוב- מתייחס לכל שימושי הקרקע ובפרט למגורים. המרקם המרכזי מכיל גם שטחים פתוחים מכל סוג המוקפים בינוי.

המרקם העירוני: הוגדר כשטח הבנוי של המרקם המרכזי ביישוב בתוספת שטחים בנויים שדילגו מחוץ למרקם המרכזי.

השטחים הבנויים המדלגים: הוגדרו כשטחים המנותקים פיזית מהמרקם המרכזי הבנוי אך בעלי זיקה ישירה אליו (מגורים, תעשייה מוסדות וכו')

שטחים מדלגים מיוחדים: שטחים אשר אינם נכללים בשטח מוניציפאלי של יישוב כלשהו, ולרוב שייכים סטטוטורית למועצה אזורית, אך מהווים מרכז בנוי בפני עצמו.

כל המדדים שתוארו לעיל, נכללים במחקרנו על מנת לבדוק מרקם בנוי מדלג בתוך שטח הנפה.

תוכן עניינים

3	מושגים מקוצרים	
5	תקציר	
6	מבוא	I.
7	סקירת הרקע המדעי	II.
7	1. הגדרת תופעת הזחילה היישובית	
7-8	2. גורמים לזחילה יישובית	
8-9	3. השפעות פוטנציאליות של זחילה יישובית	
9-10	4. מדידת תופעת הזחילה: דוגמאות מהעולם	
11	התפתחות המרקם הבנוי בישראל	III.
11-12	1. סקירה היסטורית	
13	2. המחקר בישראל	
13	2.1. יחידת המחקר: גלעין בינוי יחיד	
13-16	2.2. שינוי לאורך זמן במדגם רחב של יישובים	
17	מערך המחקר	IV.
17	1. שאלת המחקר	
17	2. השערות המחקר	
17-18	3. חידוש המחקר	
18	4. חשיבות שאלת המחקר	
19	בסיס לשיטות המחקר	V.
19	1. מדגם ובסיס הנתונים	
20	2. יחידת החקירה	
21-22	שיטות המחקר: מאפייני זחילה ומדדי המרקם היישובי	VI.
22	1. שלב I: חישובי מדדי זחילה	
23	1.1. מדדי צפיפות	
23	1.1.1. מדד צפיפות אוכלוסיה יישובית ברוטו	
23	1.1.2. מדד צפיפות אוכלוסיה יישובית נטו	
23	1.2. מדדי תצורה גיאומטרית	
23-24	1.2.1. מדד תצורה (Shape Index)	
24	1.2.2. מדד פרקטלים (Fractal dimension) מסוג היקף-שטח	
25	1.2.3. מדד דילוגי צפרדע ברוטו	
25	1.2.4. מדד דילוגי צפרדע נטו	
25-26	1.2.5. מדד גודל פוליגון ממוצע (גפ"מ)	
27	1.3. מדדי עירוב שימושי קרקע ופריסה מרחבית	
27	1.3.1. מדד אחוז עירוב שימושי קרקע	
28	2. שלב II: חישוב המדד המשולב	
28-29	3. שלב III: סיווג ערכי המדד המשולב לאשכולות	
30-31	אתגרים פוטנציאליים	VII.
31	סיכום	VIII.
32-33	רשימת מקורות	IX.
34-35	נספחים	X.

תקציר

מראשית קום המדינה ועד עתה הלכה מדינה ישראל והתפתחה. מספר האוכלוסייה הלך וגדל, ולצורך מתן מענה למגורים, תעסוקה ושירותים לרמת החיים ההולכת ועולה, המרקם הבנוי הלך והתפשט על פני שטחים פתוחים נרחבים. מצב בו פיתוח המרקם הבנוי מתרחש בעיקר על קרקעות פתוחות באזורים כפריים בשולי המטרופולין, מאופיין בצפיפויות נמוכות ולא רציפות, ומאיים על קיומו של השטח הפתוח, ניתן לכנות גם כ'זחילה עירונית'.

מאז שזוהתה התופעה בעולם, בסוף עידן המהפכה התעשייתית, הלך והתפתח שדה המחקר בתחום, תוך העלאת המודעות וניסיון לרסן את התופעה. אחד הקשיים המובילים בבדיקת קיומה של התופעה הוא העדר הגדרה מוסכמת למושג 'זחילה עירונית'. מרבית המחקרים מתייחסים לתופעת הזחילה העירונית כתופעה שלילית, מקצתם כחיובית. בארצנו, סוגיה זו מעסיקה מאוד את מערכת התכנון, בעיקר בשל מצבה הייחודי של ישראל בהשוואה לארצות מערביות אחרות, כארץ עם שיעור גידול אוכלוסייה גבוה במיוחד וזמינות קרקע מצומצמת.

המחקר הנוכחי עוסק בהיבטים המרחביים של תופעת הזחילה העירונית, התפרסות תופעת הזחילה העירונית ונגיסתה בשטחים הפתוחים. בבחינת תופעת הזחילה העירונית נעשה ניסיון להקיף את מורכבות התופעה ולבחון אותה במספר מדדים, המקיפים היבטים שונים של השפעתה המרחבית. מכאן, בכל מקום שנתייחס למחקרנו נגדיר את תופעת הזחילה העירונית – כתופעת הפיתוח המרחבי.

בחירת תופעת הזחילה העירונית היא חשובה על מנת שנוכל לדעת מהי רמת האיום על השטח הפתוח, ובכך לעודד ניצול ומילוי חללים בתוך המרקם הבנוי, ושמירה על מקסימום שטח פתוח.

במחקרים שסקרנו נמצא כי תופעת הזחילה העירונית ביישובים העירוניים בישראל מצויה בירידה וזאת בניגוד לחקירת מחוזות הארץ בהם שיעור גידול התשתיות הפיזיות עולה על שיעור גידול האוכלוסייה ומעיד על מגמת זחילה ארצית. בעקבות אי בהירות זו, הומלץ לבדוק את הנושא על אזורים גיאוגרפיים גדולים יותר מיישובים עירוניים, כמו נפות, או מטרופולינים, כפי שנציג במחקר זה.

שאלת המחקר עליה נענה: האם הפיתוח המרחבי בישראל עונה להגדרה של פיתוח זוחל?

נתוני המחקר משנת 2009 והובאו מן הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (למ"ס), ומהמנהל למקרקעי ישראל (ממ"י), לצורך זיהוי גבולות היישובים. המתודולוגיה בה נשתמש לצורך המחקר היא מערכת מידע גיאוגרפית, באמצעותה נבחנו מהי רמת הפיתוח המרחבי של כל אחד מ-1000 היישובים ב-17 נפות שנבחרו. נזין נתונים נומריים למדדים אותם בחרנו. המדדים המוצגים כאן, ובהם נשתמש לצורך מחקרנו, נבחרו אחרי סקירה רחבה בארץ ובעולם אחר מדדים המתאימים לבחינת התופעה בארץ. במחקרנו נשתמש בשמונה מדדים שהינם מאפיינים מסוימים של תבנית המרקם העירוני הנגזרים ממאפייני תכנית הקרקע, אותם בחרנו לבחון במחקר זה הם צפיפות, פיזור, הרכב שימושי קרקע וקישוריות בין יישובית בנפה ובין נפתית. שני המדדים הראשונים קשורים לתצורת המרקם היישובי הבנוי, השלישי קשור להרכבו. בספרות מקובל להגדיר מרקם בנוי כזוחל כאשר הוא מתאפיין בצפיפות נמוכה, תצורה מפוזרת ומקוטעת של השטח הבנוי (זו באה לידי ביטוי בתצורה אי-רגולרית, מקוטעת ובדפוס של דילוגי צפרדע), באי עירוב או מגוון דל של שימושי קרקע וכן קישוריות נמוכה. את כל המדדים שייבדקו עבור כל אחד מן היישובים, נאחד לכדי מדד אחד. על פי המדד הסופי – המשולב נוכל לסווג את היישוב לרמת הפיתוח המרחבי המתאים לו. בין קומפקטי לזוחל מאוד.

1. מבוא

חשיבות השמירה על השטחים הפתוחים במדינת ישראל עלתה למודעות כבר במחצית שנות ה-60, עם חקיקת חוק רשות הטבע והגנים, וחוק התכנון והבנייה. מאז, ולאורך השנים, נעשו מאמצים שונים על מנת לשמור על השטחים הפתוחים במקביל לצרכי השעה שנכוונו למדינת ישראל במסגרת גלי העלייה, והעלייה ברמת החיים, ביניהם חקיקת המשנה של "תמ"א 35" המביאה לסדר עדיפויות עליון את שמירת השטח הפתוח, וריסון המרקם הבנוי.

עבודה זו מנסה לסייע במדידת תופעת הפיתוח המרחבי הזוחל בסוגי יישובים שונים בארץ, עירוני וכפרי, במטרה לשמר את השטחים הפתוחים מבינוי בארצנו.

זחילה מכונה לעתים קרובות כדפוס צמיחה בצפיפות נמוכה ובלתי מבוקרת של אזורים עירוניים אל הפרוורים. עם זאת, ההגדרה הנפוצה ביותר של הזחילה ניתנה על ידי יואינג (Ewing, 1994; Ewing, 1997), אשר הגדיר אותה כסוג של ההתפתחות מרחבית, המתרחשת בעיקר על קרקעות פתוחות באזורים כפריים בשולי המטרופולין, והמאופיינת בצפיפות נמוכה ולא רציפה, המסווגת לעיתים קרובות כצורת "דילוגי צפרדע", היוצרת הפרדה של שימושי קרקע והדורשת שימוש רב בכלי רכב פרטיים.

במסגרת חקירת תופעת הזחילה העירונית בארץ נערכו מספר מחקרי מפתח אותם נביא לדיון בעבודה זו, ביניהם מחקרם של פרנקל ואשכנזי, שבדקו 78 יישובים ברחבי הארץ. דפוס הפיתוח המרחבי של כל יישוב נבדק ביחס לגבולותיו המוניציפאליים. במחקרם נמצא, בהתאמה להגדרתו של יואינג (Ewing, 1996), כי היישובים העירוניים נמצאים במגמת ציפוף, בדפוס המוגדר 'קומפקטי'. מסקנה זו נמצאת בניגוד לממצאים ששיעור גידול התשתיות הפיזיות עולה בארץ על שיעור גידול האוכלוסייה בין השנים 1950-1990 (Shoshany and Goldshleger, 2002), מהם הוסק כי קיימת מגמת זחילה ארצית בישראל. בהמשך להמלצותיהם של פרנקל ואשכנזי, החלטנו לבחון את דפוס הפיתוח הזוחל ביחידת מחקר המרחיבה את גבולותיו המוניציפאליים של היישוב, לרמת הנפה. בעצם הגדלת יחידת המחקר ייתכן כי נמצא דפוס זחילה שונים מאלו שנמצאו במחקרים קודמים, היות ולא התבצע מחקר על יחידת מחקר בסדר גודל כזה, ולא נערכה בדיקה השוואתית בין יישוב, לשינוך הנפתי שלו, וזיקה בין יישוב עירוני לכפריים סביבו.

אם כן שאלת המחקר עליה נענה במחקר זה : **"האם הפיתוח המרחבי בישראל עונה להגדרה של פיתוח זוחל?!"**

המחקר נערך ב-17 נפות בארץ, וכולל 1000 יישובים המהווים כ-90% מכלל היישובים המוכרזים בארץ. שיטות המחקר בהן נשתמש כוללות מיפוי המרקם הבנוי ע"י מערכת מ"ג, וחישוב היחס בין השטח הבנוי לשטח הפנוי בגבולות היישוב, ובגבול המרקם המרכזי הבנוי (שטח בעל רצף טריטוריאלי שבתוכו מצויים מרבית השטחים הבנויים של היישוב- מתייחס לכל שימושי הקרקע ובפרט למגורים. המרקם המרכזי מכיל גם שטחים פתוחים מכל סוג המוקפים בינוי).

רמת הפיתוח המרחבי תוגדר באמצעות שמונה מדדים שישולבו לכדי מדד סופי אחד, המייצג את אותה רמת הזחילה הנבחנת.

II. סקירת הרקע המדעי

1. הגדרת תופעת הזחילה

בשני העשורים האחרונים נעשו מאמצים שונים במחקרים רבים להגדיר, לאפיין, למדוד ולהסביר את תופעת הזחילה העירונית (להלן, זחילה מרחבית או יישובית¹). עם זאת, נכון להיום, אין בשדה המחקר הסכמה על ההגדרה או על מאפייני הזחילה. אופייה רב-הפנים של הזחילה מוביל להגדרות שונות ומגוונות הכוללות תחומים שונים, אלו מיושמות בדרכים רבות. חוקרים רבים מצביעים על היעדר הגדרה ברורה, מדויקת, כמותית ויחידה של הזחילה המרחבית כבעיה העקרונית הנוגעת לבחינת נושא זה (Galster, 2000).

בצורתה הפשוטה ביותר, זחילה מכונה לעתים קרובות כדפוס צמיחה עם תכונות דוגמת "הרחבה בצפיפות נמוכה ובלתי מבוקרת של אזורים עירוניים אל הפרוורים" (Song et al., 2002). עם זאת, ההגדרה הנפוצה ביותר של הזחילה ניתנה על ידי יואינג (Ewing, 1997; Ewing, 1994), אשר הגדיר אותה כסוג של התפתחות מרחבית, המתרחשת בעיקר על חשבון שטחים פתוחים באזורים כפריים בשולי המטרופולין, ומתאפיינת בצפיפות נמוכה ולא רציפה, המסווגת לעיתים קרובות כצורת התפשטות של "דילוגי צפדעי", היוצרת הפרדה של שימושי קרקע ובכך מחייבת תלות ברכב הפרטי.

המחקר הנוכחי מתמקד בתכונות הזחילה, על מאפייניה המרחביים: פיזור וחריגה של שימושי קרקע, פיתוח המאופיין בדילוגי צפדעי, וחוסר עקביות בתכנון. כל אחד מן המאפיינים שהוזכרו חשובים בכדי להסביר את הזחילה ואת התכונות בנושא שחוזר ונשנה בספרות, למרות שאין הסכמה חד משמעית על התרומה של כל אחד מהמאפיינים הללו לרמת הזחילה העירונית, כפי שיוסבר בהמשך.

2. גורמים לזחילה עירונית

מרבית הספרות על תופעת הזחילה, מזהה את ההתפשטות העירונית כתוצר של שפע. לאחר מלחמת עולם השנייה, העלייה ברמת החיים במדינות המערב אפשרה למשפחות לרכוש לעצמם מכונית ובית הממוקם במרחק ניכר מהעבודה. נלסון ודאנקן (Nelson and Duncan, 1995) מייחסים את תופעת הזחילה העירונית המשמעותית, שהייתה חלק ממדיניות לאומית, לפריצתם של פרברי אמריקה. זחילה זו הייתה מונעת בידי מדיניות תחבורה לאומית שכללה עידוד הקמת כבישים חדשים, פיתוח דרכים חלופיות, ואחזקת כבישים קיימים. כל זאת, במתן סובסידיות נדיבות ומניעה של התפתחות בצפיפות בינוי גבוהה. חלק מגורמים עיקריים נוספים אשר עשויים לתרום לתופעת הזחילה, ניתן לסווג כמדיניות ההשקעות (כפי שתואר לעיל), תקנות לשימושי קרקע, כלכלה ופיתוח, שינויים דמוגרפיים, ומגמות בסגנון חיים: **תקנות לשימושי קרקע**: תקנות אלו עשויות לעודד את תופעת הזחילה על ידי הגבלת צפיפות הבינוי והפרדת שימושי הקרקע. כמו כן, הוראות לשימושי קרקע מגבילים יותר בתוך אזורים עירוניים, עשויות לגרום לאזורים כפריים להיראות אטרקטיביים יותר עבור יזמים (Snyder and Bird, 1998).

¹ ראוי לציין כבר בשלב זה כי הסיבה לשינוי סמנטי במונח המקורי זחילה עירונית (Urban Sprawl) למונחים המתאימים למחקר המוצע: זחילה מרחבית או זחילה יישובית. זאת בעקבות מסקנות המחקרים עד כה לפיהן הזחילה העירונית היא במקור תוצר של התפשטות ממרכז היישובים העירוניים כלפי חוץ, לשולי העיר או אל עבר יישובי הפריפריה. במהלך השנים המגמה האופיינית בישראל היא זחילה ביישובים לא עירוניים. לכן, ראינו צורך בשימוש במושג מובחן ביתר בהירות, כבסיס למהלך המחקר בו נעריך את הזחילה ברמת היישוב, עירוני וכפרי (כפי שיתואר במהלך הצעת המחקר).

כלכלה ופיתוח: פיתוח בינוי באזורים לא מבונים הגורם לפרבור וזחילה הינו כלכלי הרבה יותר עבור יזמים מאשר פיתוח באזורים בנויים (Song et al., 2002). באחת ההערכות שנערכו באזור המפרץ בקליפורניה עולה כי עלויות הפיתוח ברקמה בנויה בה נדרש שיפוץ אזורים בנויים, יעלה בכ-50 אחוז יותר מפיתוח אשר ניתן לאפיין כזחילה מרחבית (Bragado et al., 1995). החיסכון הכלכלי המושג בפיתוח בצורה של זחילה מרחבית, משויך לקרקע זמינה ופנויה לבנייה, ולאפשרויות חניה בעלויות נמוכות המתאפשרים באזורים שמחוץ ללב העיר.

שינויים דמוגרפיים: חלק מהשינויים הדמוגרפים שתרמו משמעותית לתופעת הזחילה, כוללים גידול באוכלוסייה, שינויים בגודל משק הבית הממוצע, גידול הכנסות משק הבית הממוצע, עלייה באחוזי בעלות על רכבים פרטיים.

מגמות בסגנון החיים: שינויים ברמת וסגנון החיים בעשורים האחרונים תרמו אף הם לתופעת הזחילה. מגמות אלו כוללות (Song et al., 2002):

- הרצון לדיור ושטחי מסחר במחירים סבירים.
- השאיפה לבתים גדולים יותר, וכתוצאה מכך, עלייה בגודלם הממוצע של בתים חדשים.
- אימוץ מדיניות שמטרתה הגדלת אחוזי המחזיקים בבית בבעלותם.
- תפיסת האזורים העירוניים כמקומות עם רמת פשיעה גבוהה ואיכות בתי ספר נמוכה, לעומת האזורים הפרבריים.
- הרצון לחיות בישובים קטנים יותר, בתקווה להבטיח מערך שירותים טוב יותר.
- הרצון לחיות בקהילה הומוגנית.

3. השפעות פוטנציאליות של זחילה יישובית: השלכות שליליות וחוביות

מבקרי התפשטות המרקמים העירונית, מודאגים מההשפעות השליליות הרבות של תופעה זו על הסביבה, הכלכלה, והחברה עצמה. ביולוגים טוענים כי פיתוח זוחל גורם להשפעה על בתי גידול טבעיים של מינים (Song et al., 2002). סוציולוגים טוענים כי תופעת הזחילה גורמת להפצת חוסר השוויון בין אנשים על ידי התבדלות חברתית ועל ידי יצירת מרחקים ארוכים בין אזורי המגורים לבין מקומות עבודה, שירותים, מוקדי צריכה, כל אלו מקשים בעיקר על מעוטי היכולת (Sabri and Yaakup, 2008). הכלכלנים טוענים כי התופעה גורמת הן לאובדן שטחי קרקע חקלאית והן לירידה בערך של הקרקע לחקלאות באזורים בהם הצמיחה הזוחלת מתרחשת מצד אחד, והוספת עלויות עבור בעלים בגרעינים העירוניים מצד שני. עלויות פיתוח תשתיות הסתברו כגבוהות יותר במקרה של התפתחות פיתוח זוחל בצפיפות נמוכה (Nelson and Duncan, 1995).

לסיכום, ההשלכות של פיתוח מרחבי זוחל כוללות עלויות נסתרות בשל התלות ברכב, עלויות תשתית גבוהות יותר, אובדן שטחים חקלאיים ושטחים פתוחים יקרי ערך, חוסר השקעה בליבה העירונית הקיימת, ועומס תנועה. טבלה 2 בנספח 1, מסווגת ומסכמת את ההשפעות השליליות של זחילה כפי שהתווה על ידי החוקרים (Burchell et al., 1998), וכוללת את הקטגוריות הבאות: שיעור ההון הציבורי-פרטי ועלויות התפעול; הוצאות תחבורה ונסיעה, כולל תשתיות; קרקע ושימור סביבה טבעית; איכות חיים (בריאות); והשפעות חברתיות.

על אף שמרבית המחקרים על זחילה מרחבית מתייחסים אל התופעה כתופעה שלילית, נמצאו מספר מחקרים המדגישים את ההשפעות החיוביות של התופעה. עם זאת, ההשפעות החיוביות המתוארות הינן בעלות השפעה מוגבלת בלבד, המאובחנת בעיקר בקרב תושבי הפרברים. כך למשל, במחקר שנערך בארצות הברית (Snyder and Bird, 1998), החשיבו עלייה באורח חיים בצפיפות נמוכה למגורים, גישה נוחה לשטח פתוח בבית ובסביבה הקרובה נסיעות קצרות יחסית, והיכולת להפריד את עצמך מרחבת מבעיות הקשורות לעוני העיר הפנימית (מרכז העיר) כהשפעות חיוביות של ההתפשטות המרחבית. ככל הנראה, כל הנ"ל הן השפעות בלעדיות לאוכלוסיית הפרברים.

מחקר נוסף (Downs, 1994) ציין את היתרונות לתופעה, כגון: גודל המגרש הממוצע, גובה וגודל הבית, ירידה באינטנסיביות עומס התנועה (בשל צפיפות בינוני נמוכה), שיעורי פשיעה נמוכים ואבטחה גבוהה, ובכלל מגוון רחב יותר של אפשרויות חיים. עם זאת, מעט מאוד מההטבות הללו ניתנות למדידה או לכימות, בפרט בקנה מידה לאומי.

4. מדידת תופעת הזחילה - דוגמאות מהעולם

הספרות על תופעת הזחילה העירונית, ועל הפיתוח המרחבי הינה רחבה. במחקרים רבים מתוארות דרכים שונות של מדידת הזחילה, העוסקות בהיבטים שונים של התופעה. בהתאם לכך, חיוני לשקול היטב את המדד המסוים המשמש למדידת זחילה, ולבחור בקפידה את המימדים הנכונים לבחינת התופעה בישראל. לצורך שימוש במדדים קיימים בעבודתנו סקרנו מדדים רבים הנמצאים בשימוש בארץ ובעולם. להלן מקצת מהדוגמאות המובילות של המחקרים והמדדים שנסקרו, וזאת לצורך התאמה מיטבית לבחינת התופעה במחקרנו המוצע. ראוי לציין כי הנסיון ליצור מדד זחילה משולב שהוא צירוף משוקלל של מספר מדדים הוא חדש יחסית במחקר העירוני (Ewing et al., 2002; Galster et al., 2001). בנוסף, יש להביא בחשבון כי הבחינה במחקר זה מתמקדת במחקרים שנמצאו המשפיעים ביותר על התפתחות של מדידות זחילה התיישבותית:

חוקרי קבוצת "הסיירה קלאב" (The Sierra Club, 1998) דירגו סובייקטיבית את רמת הזחילה של המטרופולינים הגדולים בארצות הברית על ידי ארבעה מדדים: מעבר אוכלוסייה מהעיר הפנימית לפרברים, השוואה של שימושי קרקע לגידול האוכלוסייה, עלות זמן התנועה, וירידה במצאי השטחים הפתוחים. כמו כן, פרבור הוגדר לא רק על פי מאפייניו, אלא גם על פי השפעותיו.

בהמשך, גלסטר ואחרים (Galster et al., 2001), פיתחו את המדד לזחילה המורכב ביותר שנראה עד כה. אפיון הפרבור במחקרם התבסס על חישובים ומידול של שמונה מדדים: צפיפות, המשכיות, ריכוז, אשכולות, מרכזיות, גרעיניות, עירוב שימושים, וקרבה. רוב המדדים הללו ישמשו אותנו במחקר זה, כפי שיפורט בהמשך, מלבד מרכזיות, גרעיניות, וקרבה שנמצאו כלא מתאימים למערך המחקר המוצע כאן.

בנוסף, יואינג (Ewing, 2002) חקר את ההשפעות של תופעת הזחילה על איכות החיים באמצעות הגדרת ארבעה מדדים אשר ישמשו למדידת ההתפשטות העירונית: צפיפות מגורים; עירוב שימושים של שירות, מגורים, ותעסוקה; התחדשות הליבה של העיר, והנגישות של רשת הדרכים. יואינג הדגיש את חשיבותה של הנגישות והוסף ביקורת על עבודות קודמות שהחסירו את מדד הנגישות.

טורנס (Torrens, 2008), חוקר מוביל אחר, פיתח גישה חדשנית לאבחון תופעת הזחילה. טורנס בחן מגוון רחב של תכונות האופייניות לתופעה וניהל סקירה רחבה של מדדים אשר שימשו בספרות כבסיס לבחינת תופעת הזחילה, ולבסוף צמצם את בחירותיו לשישה מאפיינים: צמיחה, צפיפות, רציפות, שימושי קרקע, פיזור, ונגישות.

חוקרים רבים אחרים תרמו אף הם לבחינת תופעת הזחילה, וזאת על ידי הקמת מערך מדידה רב-מדדי בניתוח מרחבי-סטטיסטי באמצעות מערכות מידע גיאוגרפיות, להלן ממי"ג (Geographical Information Systems, GIS) או ניתוח סטטיסטי תיאורי (Gupta and DEN, 2008; Sabri and Yaakup, 2008). המדדים שנבחנו במערכים הללו, כיסו היבטים שונים, כולל גידול האוכלוסייה, תעסוקה, תנועה של אנשים (פרטים ואוכלוסיות), צריכת משאבים, אסתטיקה אדריכלית, איכות החיים וכו'. מדדים נפוצים בחקירת התופעה הינם: שיעור הצמיחה, שיעור גידול האוכלוסייה או השטח הבנוי; צפיפות, כגון צפיפות אוכלוסין, צפיפות מגורים, צפיפות התעסוקה; תצורה מרחבית, וקירבה. (Cheng, 2003; Fang, 2007), אלו יפורטו בפרק השיטות 5.

ניתן לסכם ולומר כי מצד אחד קיימות מגוון של שיטות למדוד ולהעריך כמותית את תופעת הזחילה (Glaster et al., 2001; Johnson, 2001; Ewing et al., 2002) ומצד שני, חלק מהחוקרים לא מתייחסים לתופעה כאל תופעה מדידה ומדויקת, אלא כאל מצב שניתן לתיאור השוואתי (Johnson, 2001). למרות זאת, לאחרונה מתפתחת מגמה בקרב החוקרים לנסות ולהגדיר מדדים כמותיים מדויקים לתופעת הזחילה. הבולטים מביניהם (Torrens and Alberti, 2000) אשר הציעו לראשונה מגוון רחב של מדדי זחילה מתחומי מחקר שונים, ואחריהם (Glaster et al., 2001; Ewing et al., 2002) אשר ביצעו מדידות מקיפות של זחילה מרחבית במספר רב של אזורים מטרופוליניים בארה"ב ויצרו גם דירוגים השוואתיים באמצעות מדד זחילה משולב, המשקלל מספר מדדים המייצגים מאפיינים שונים של התופעה (פרנקל ואשכנזי, 2005; Frenkel and Ashkenazi, 2007).

III. התפתחות המרקם הבנוי בישראל

1. סקירה היסטורית

בראשית ההתיישבות בארץ, שטחים פתוחים היוו סמל לנחשלות, והמדיניות הרווחת של פיזור היישובים בארץ שימשה כאמצעי ראשון לביטחון, לתפיסת הקרקע ועיצוב גבולות הארץ. בהתאמה, בשנת 1948 יצאה לדרך "תכנית שרון" אשר תפקידה היה לממש את מדיניות הפיזור ופריסת היישובים על כמה שיותר שטח.

בבחירת ההיסטוריה ההתיישבותית בארץ ישראל, ניתן לראות כי עד שנות ה-60 התרכז גרעין גדול של אוכלוסייה ממעמד הביניים בערים היהודיות, ובשולי הערים האלו התגוררה בשיכונים ציבוריים אוכלוסייה מהמעמד הנמוך. מעמדות אלו, אשר הגיעו ברובם מארצות מזרח אירופה והמזרח התיכון, העדיפו באופן ברור את המגורים בעיר אשר סיפקו את מקומות התעסוקה ואפשרו איכות חיים גבוהה יחסית על פני הכפרים החקלאיים שבפריפריה.

בתחילת שנות ה-60 ניתן לראות את הניצנים הסטטוטוריים לשמירה על השטחים הפתוחים. בשנת 1964 אושר בכנסת "חוק הגנים הלאומיים ושמורות הטבע", שעבודת החקיקה עליו החלה עוד בשנת 1956. במסגרת החוק הוקמו שתי רשויות: רשות הגנים הלאומיים ורשות שמורות הטבע. כמו כן, הוקם על פי חוק יסוד מינהל מקרקעי ישראל, תש"ך-1960, ארגון מינהל מקרקעי ישראל אשר היה אחראי לניהולן של רוב קרקעות המדינה בכפוף לשר החקלאות. חוק התכנון והבניה, אשר נחקק בשנת 1965, קבע כי "ייעודה ומימושה של קרקע חקלאית לא ישונה ביד הרשויות המוסמכות אלא במקרים יוצאים מן הכלל" כל זאת מתוך מטרה לשמור על הקרקע כאמצעי ייצור חקלאי, ולוודא כי כל שינוי ייעוד של קרקע חקלאית ידרוש אישור של מועצת תכנון עליונה והוועדה לשמירת קרקע חקלאית (הוולק"ח) (לבציון-נדן, 2004).

בשנות ה-70 וה-80 החלו משקי בית צעירים מהמעמד הבינוני להעדיף בתים צמודי קרקע בפרברים על פני דירות במרכזי הערים. בתחילה נתקלו משקי בית אלו בקשיים במימוש רצונם בשל המדיניות הממשלתית של שמירת קרקע חקלאית והתרת מגורים כפריים במסגרת יישובים חקלאיים בלבד. מדיניות זו הלכה והשתנתה כאשר בשנת 1977 עלה הליכוד לשלטון והחל לעודד הקמתם של יישובים קהילתיים לא חקלאיים במטרה לתפוס "חזקה יהודית" על קרקעות הארץ כדוגמת תכנית המצפים שמטרתה הייתה ייחוד הגליל (Tal, 2008).

במקביל, החל ממחצית שנות השמונים פקד את המגזר הכפרי משבר כלכלי-חברתי. חקלאים נפלו לחובות והמוסד הקיבוצי החל להתערער. המשבר בענף החקלאות הוביל להפשרה מאסיבית של קרקעות חקלאיות לצרכי מגורים (Gonen, 1995; Gonen, 1996).

לעומת זאת, בתחילת שנות ה-90 עם בואם של כמיליון עולים בגלי עלייה מברית המועצות, עלה צורך מיידי לספק פתרונות מהירים לקליטת העלייה. המשבר החקלאי והצורך ליישב מספר רב של עולים, הובילו את הממשלה לקבל שורה של החלטות מהותיות הנוגעות להגדלת היצע הקרקעות לבנייה. כלומר, הטילה על מינהל מקרקעי ישראל לשווק קרקעות פנויות וזמינות למשרד השיכון והוסיפה הערת השעה לחוק התכנון והבניה שקבעה הסדרים מיוחדים לאישור תוכניות בנייה בהליך מזורז תוך דיון בוועדה אחת בלבד, הוועדה לבנייה למגורים (ול"ל) (לבציון-נדן, 2004).

בעקבות שינוי סדר היום הלאומי וירידה מעמדה של הקרקע החקלאית אל מול הבנייה, הועבר גוף מינהל מקרקעי ישראל לאחריות משרד הבינוי והשיכון, ביוני 1990, ושינה את מדיניותו בקבלת שורה של החלטות אשר היוו תמריץ משמעותי לחקלאים להפשיר קרקע ולחבור ליזמי נדל"ן. באותם ימים חוותה הארץ צמיחה דמוגרפית וכלכלית מהירה שחייבה תנופת בנייה והפשרת קרקעות חקלאיות לצרכי פיתוח מואץ של מרכזי תעסוקה ושכונות מגורים בשטחים פתוחים לא עירוניים. העלייה ברמת החיים מגבירה את הדרישה לשיפור בתנאי הדיור ומביאה צעירים ממעמד חברתי-כלכלי בינוני וגבוה לחפש מגורים צמודי קרקע ביישובים קהילתיים לא חקלאיים. מגורים אשר ניתן למצוא באותה תקופה במחירים הזולים בהרבה מהיצע המגורים בערים (פרנקל ואשכנזי, 2005).

למרות מגמת ההתפשטות לפרברים, בניגוד למה שניתן לראות בשאר מדינות העולם, רוב המעמד הבינוני היהודי העדיף את האיכויות העירוניות, כגון נגישות לשירותים ומגוון תעסוקתי, והמשיך לגור בתוך הערים תוך בניית שכונות חדשות ותהליכי התחדשות בשכונות הישנות (Gonen, 1996). גם בערים הקיימות, העלייה ברמת החיים מובילה לעלייה ברווחת הדיור ולהגדלת שטח הרצפה הבנויה לנפש. בין השנים 1960-1997 הוכפלה בארץ רווחת הדיור מ-14.6 מ"ר לנפש עד ל-28.5 מ"ר לנפש ומחקרים מראים כי היא צפויה לעלות עד שנת 2020 ל-38 מ"ר ממוצע לנפש (כהן, 1997). תהליכים אלו של גידול בצריכת משאבי הקרקע לצורך פיתוח בינוי והירידה בצפיפות הבנייה בישראל, המובאים במחקרים הללו, יכולים להצביע על תהליך ברור של התחלת הזחילה המרחבית בארץ.

במקביל למתרחש בארץ, בשנת 1992 התקיימה בריו דה-ז'נרו ועידת ריו אשר העלתה על סדר היום נושאים כגון שמירה על משאבי כדור הארץ ופיתוח בר קיימא, והביאה לשינוי תפיסתי בחשיבות השמירה על השטחים הפתוחים גם בארץ. חלק מההשפעות של ועידת ריו בארץ ניתן לראות בפעולות השונות של המחוקק והגופים הסטטוטוריים, שמטרתם הייתה שמירה על השטחים הפתוחים והגדרת צורת פיתוח המרקם הבנוי בארץ. בפעולות אלו - פירסום תמ"א 22 ליעור וייעור בשנת 1995, פרסום תוכנית מתאר ישראל 2020 בשנת 1996, ותקפותה של תמ"א 35 לבניה לפיתוח ולשימור בשנת 2005, מביעה מדינת ישראל את רצונה לחזק את המרקמים הבנויים הקיימים, לעבותם ולמנוע את הנגיסה הנוספת בשטחים הפתוחים בארצנו.

בנוסף לטיעונים התכנוניים והחברתיים כנגד תופעת הזחילה כגון: חוסר יעילות כלכלית, הסתמכות על ניידות בכלי רכב פרטיים היוצרים זיהום אויר והחלשת הבסיס הכלכלי של מרכזי הערים, מתווסף, בארץ, לטיעונים אלו גם הטיעון הדמוגרפי והגיאופוליטי. טיעון זה מחזק את ההתייחסות לתופעת הזחילה הבלתי מרוסנת כאיום משמעותי על השטחים הפתוחים בארצנו והופך את המחקר האמפירי הבוחן את הגורמים לזחילה ואת מאפייניה לבעל חשיבות רבה בניסיון לשלוט בתופעה (פרנקל ואשכנזי, 2005).

2. המחקר בישראל

את המחקר המקיף לתופעת הזחילה המרחבית בארץ ניתן לחלק לשתי קבוצות עיקריות :

2.1. מחקרים בהם יחידת המחקר היא גלעין בינוני יחיד, לרוב חסרים במימד הדינמי על ציר הזמן

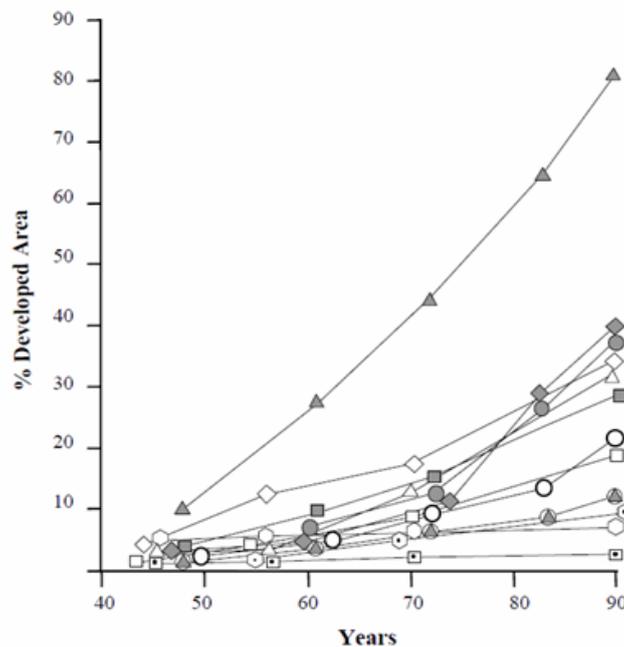
לקבוצה זו ניתן לשייך עבודה שפורסמה על ידי המכון לחקר ירושלים והסביבה (קמחי, 2004), זו בדקה את הצפיפויות הקיימות בירושלים באופן יחסי לשתי ערי המטרופולין הנוספות חיפה ותל אביב. בדיקה זו נעשתה, לאור דרישה שהועלתה על ידי עיריית ירושלים בשנת 1998, להרחיב את גבול השיפוט של העיר ירושלים מערבה, וזאת בעקבות טענתה למחסור בקרקעות לבנייה לאוכלוסייה היהודית בעיר (לפי ממצאים פנימיים של ניתוח תהליכים דמוגרפיים עתידיים).

צפיפות האוכלוסין נטו (שטח בנוי למגורים/מספר תושבים) בירושלים עמדה על 15.3, גבוה מהצפיפויות בתל אביב – 13.1 ובחיפה 10.6. לעומת זאת, צפיפות הבינוי נטו (שטח בנוי למגורים/מספר יחידות דיור), שהיא מדד יעיל יותר לקביעת שיעור ניצול הקרקע, עמדה בירושלים על 3.9, נמוך באופן ניכר בהשוואה לתל-אביב 7.6 ולחיפה 4.6 (קמחי, 2004). ממצא זה מעיד על פוטנציאל גדול להמשך בנייה של בתי מגורים בתוך תחומי העיר עצמה ואינו מצדיק את הרחבתה על שטחים חדשים, דבר המגביר את זחילתה, בניגוד לטענת עיריית ירושלים בזמנו.

2.2. עבודות מחקר אשר באו לנתח שינוי לאורך זמן במדגם נרחב של יישובים, בחנו לרוב את תופעת

הזחילה באמצעות מדד אחד בלבד

המחקר העיקרי בישראל, המאפיין את קבוצת המחקרים הזו, נערך על ידי שושני וגולדשלגר (Shoshany and Goldshleger, 2002), ונמצא כי בין השנים 1950-1990 הצפיפות ברוטו הארצית הייתה במגמת ירידה. מחקר זה בחן את היחס בין שיעור גידול התשתיות הפיזיות לבין שיעור גידול האוכלוסייה, הנקרא מדד הזחילה, ובדק את ששת המחוזות בישראל צפונית לבאר שבע על סמך מדידות שבוצעו עבור ישראל 2020, כפי שניתן לראות באיור הבא.

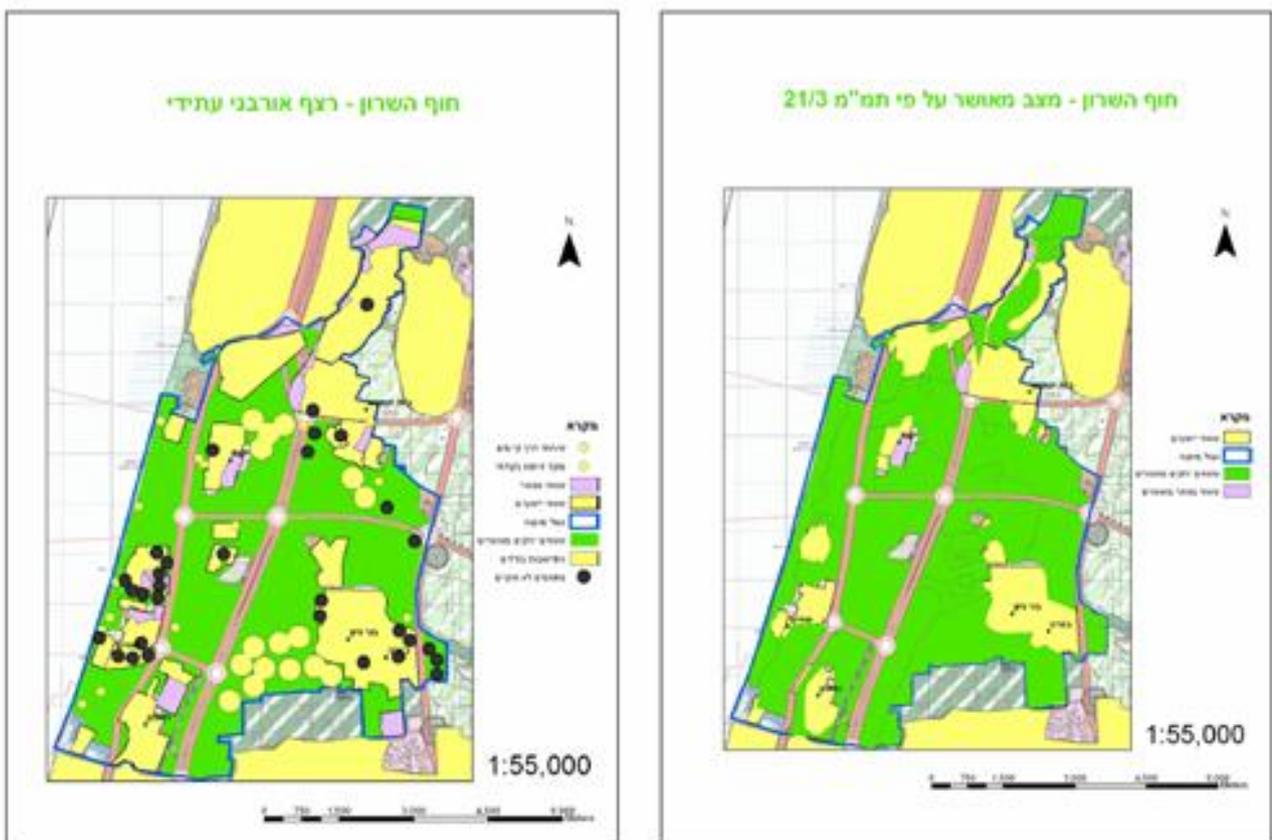


איור 1: שינויים בגודל היחסי של אזורים מפותחים בישראל (Shoshany and Goldshleger, 2002)

ממצאי המחקר הראו כי השטח הבנוי בישראל גדל בממוצע ב-38% במהלך אותן 40 שנה, בעוד שהאוכלוסייה גדלה ב-23% ואילו הצפיפות הממוצעת ירדה ב-11% (Shoshany and Goldshleger, 2002). בנוסף, הממצאים מצביעים על כך ששיעור גידול התשתיות הפיזיות עולה על שיעור גידול האוכלוסייה לאורך השנים, ומכאן, הוסק כי קיימת מגמת זחילה ארצית בישראל. חקירת תופעת הזחילה המרחבית במדד עיקרי אחד, כמו במקרה זה (היחס בין שיעור גידול התשתיות הפיזיות לבין שיעור גידול האוכלוסייה), מפשטת את תופעת הזחילה המרחבית ומחסירה את אותם מדדים נוספים לבחינת אופי הגידול של המרקם הבנוי.

בניגוד לגישה הרווחת למדידת תופעת הזחילה המתמקדת בצורת התפתחותו של המרקם הבנוי, קיימת גם גישה חלופית, עקיפה, המתמקדת בשטחים הלא בנויים ובוחנת את אובדן השטחים הפתוחים המצויים בין הרקמות הבנויות (Nelson, 1999).

בעבודה "מאבדים את האדמה" שפרסם ארגון אדם טבע ודין בשנת 2005 (דורי וגלעד, 2005), נבחנו ריכוזי העסקים המצויים בצמוד או בסמיכות ליישובי מועצת חוף השרון בתכניות הבנייה המאושרות והעתידיות המופקדות בידי המועצה. ממצאי המחקר עולה כי קיימת גזילה של 30% מכלל השטחים הפתוחים לטובת מרכזי מסחר, מגורים, מוקדי פיתוח ואטרקציות (דורי וגלעד, 2005). המשך מגמות הבנייה בשטח ואישור תוכנית המתאר יהפכו את אזור חוף השרון מאזור פתוח וירוק ברובו לאזור בעל מאפיינים עירוניים. וזאת בניגוד לתמ"מ 21/3 המגדירה כ-66% משטחי המועצה כשטחים פתוחים: שמורות טבע וגנים לאומיים, שטח נוף כפרי פתוח, שמורות נוף ושטחים חקלאיים, כפי שנראה באיור הבא לדוגמא.



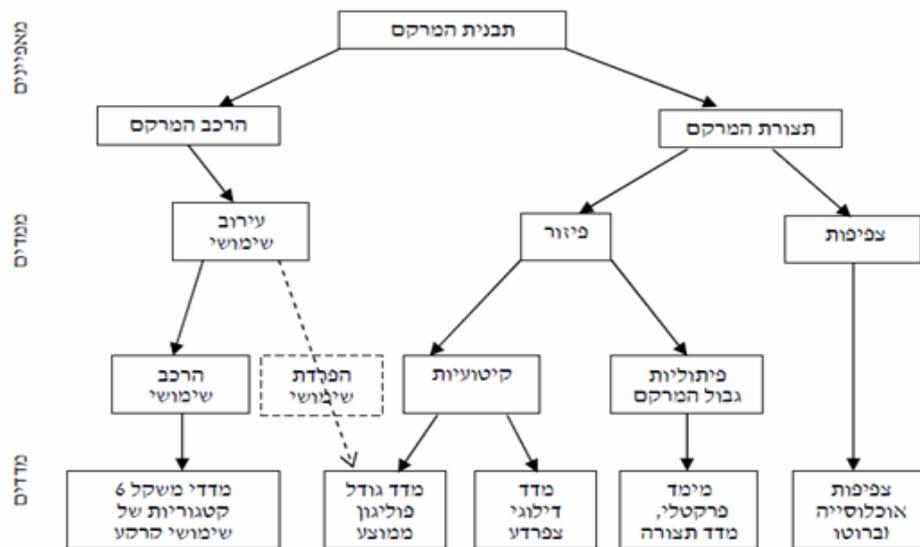
איור 2: תמונת העתיד בחוף השרון, מאזור חיץ פתוח (תמ"מ 21/3) לאזור עירוני רציף (דורי וגלעד, 2005)

ממצאי הבדיקה שבוצעה במחקר זה, נמצא כי כמות שטחי המסחר והתעסוקה לתושב, הקיימת בתחום מועצה אזורית חוף השרון עלתה כבר אז (בשנת 2005) באופן משמעותי על זו הקיימת ברשויות העירוניות הסמוכות לה (דורי וגלעד, 2005). מתוך נתון זה ניתן להסיק כי השטחים הפתוחים המוצעים לשמש למסחר ותעסוקה במועצה אזורית חוף השרון, עתידים בפועל להוות תחרות לשטחי המסחר והתעסוקה של הוד השרון, הרצלייה, כפר סבא רעננה ונתניה ובכך להביא לבריחת עסקים ממרכזי ערים אלו, להחלישן ולגרום לתופעה הזחילה המרחבית.

כיום, גוברת ההבנה בקרב החוקרים, כי לתופעת הזחילה מאפיינים רבים והשלכות שונות לתחומים אורבאניים, כלכליים, חברתיים תחבורתיים ועוד.

הנטייה הרווחת הינה להתייחס לתופעת הזחילה כתופעה מורכבת אשר יש לבחון את מורכבותה על ידי מספר רב של מדדים, כדוגמת המחקר אותו אנו מציעים.

המחקר הראשון בארץ שהתייחס לתופעת הזחילה המרחבית, כתופעה מורכבת הדורשת בחינה ממספר מדדים, בוצע על ידי פרנקל ואשכנזי (Frenkel and Ashkenazi, 2007; פרנקל ואשכנזי, 2005). במחקר זה, החוקרים בדקו את התפתחות הבנייה ב- 75 יישובים עירוניים ובחן מדדים שונים של זחילה עירונית לאורך 20 שנים (1985-2005): צפיפות ותצורת הבנייה, הרכב שימושי הקרקע ומידת "דילוגי הצפרדע" (יצירה של מוקדי בנייה חדשים לאחד דילוג על שטח פתוח הצמוד לעיר) וכל זאת על מנת לנסח מדד משולב לתופעת הזחילה.



---- ממד שלא נבדק במסגרת עבודה זו (ראו הסבר מפורט בתת-סעיף הדן בממד הגפיים בהמשך).

איור 3: מאפיינים, ממדים, ומדדים של תופעת הזחילה היישובית (פרנקל ואשכנזי, 2005)

מכלל היישובים שנבדקו על פי מדד הזחילה המשולב, הוגדרו 15 כ- "קומפקטיים מאוד", בהם הפיתוח היה בתחום המרקם העירוני הקיים ולא על חשבון שטחים פתוחים נוספים. מדובר בעיקר בערים גדולות, כמו בת ים, באר שבע ותל אביב. בקבוצת היישובים שהוגדרו 'זוחלים מאוד' נמצאו 22 יישובים, את רובם ניתן להגדיר כיישובי פרברים או כיישובים חקלאיים, שהפכו עם השנים לעירוניים דוגמת סביון, כוכב יאיר, כפר שמריהו, הוד השרון וקריית טבעון (פרנקל ואשכנזי, 2005).

על אף שניתן לראות מגמת זחילה ביישובים רבים על פי מחקר זה, מתברר כי מרבית היישובים במדגם עברו למגמה קומפקטית יותר, וכי 76% מהאוכלוסייה מתגוררת כיום ביישובים בהם רמת הזחילה ירדה. ממצא זה נבע, ככל הנראה, מגל העלייה של שנות התשעים, בו נקלטו העולים החדשים במלאי דירות לא מאוכלסות אשר היה קיים במרכזי הערים הוותיקות. מצב זה הביא למיצוי עתודות קרקע קיימות ולציפוף מרקמים עירוניים קיימים (פרנקל ואשכנזי, 2005).

כמו כן, ניתן לראות מגמה ברורה של האצת הפיתוח ביישובים הזוחלים ביותר. תנופת הפיתוח ביישובים הזוחלים מואצת וניכרת מגמה של ביקוש גובר להתגורר ביישובים בעלי דפוסי פיתוח זוחלים ו"בזבזנים יותר בהיבט צריכת הקרקע. יישובים אלו מאופיינים בדפוסי בנייה צמודי קרקע בעלי צפיפויות נמוכות ואוכלוסייה חזקה יחסית מבחינה חברתית-כלכלית." (פרנקל ואשכנזי, 2005).

מתוך הממצאים של המחקרים הנסקרים במחקר זה, ניתן לסכם לשלש מסקנות עיקריות בהקשר לתופעת הזחילה המרחבית:

- א. נצפתה מגמה ברורה של זחילה מרחבית במחוזות הארץ (Shoshany and Goldshleger, 2002).
- ב. במקרה בוחן חוף השרון (דורי וגלעד, 2005), אובחנה נגיסה משמעותית בשטחים הפתוחים לטובת פיתוח מסחר תעסוקה ובינוי, במחיר פרבור מרכזי התעסוקה בערים הסמוכות.
- ג. צריכת הקרקע ביישובים זוחלים יעילה פחות מצריכת הקרקע ביישובים קומפקטיים (פרנקל ואשכנזי, 2005).

במחקרים אלו, נמצא שתופעת הזחילה ביישובים העירוניים מצויה בירידה, ולכן מומלץ לבדוק את הנושא גם על אזורים גיאוגרפיים גדולים יותר כמו נפות, מחוזות, או מטרופולינים (פרנקל ואשכנזי, 2005). מתוך המלצה זו, במחקרם של פרנקל ואשכנזי, והממצאים השונים במחקרים האמפיריים שנעשו בארץ, הוחלט במחקר המוצע על ידינו, כמפורט בהמשך, להרחיב את יחידת המחקר ליחידת הנפה. כמו כן, על מנת לנטרל את השפעת גלי העלייה של שנות התשעים, החלטנו לבצע בחינה על פני 3 נקודות זמן שונות המתפרסות על התקופה שלפני גל העלייה הגדול ואחריו.

IV. מערך המחקר המוצע

1. שאלת המחקר

האם הפיתוח המרחבי בישראל עונה להגדרה של פיתוח זוחל?

עבודתנו זו באה על מנת להמשיך את מחקרם של פרנקל ואשכנזי, 2005, על ידי הגדרת יחידת המחקר נפה, יחידה גיאוגרפית שלא נבדקה עד עתה בארץ, ומתוך כך להוסיף על הידע הקיים בתחום תופעת הזחילה העירונית בישראל, ופיתוח הבינוי על חשבון השטחים הפתוחים. במסגרת זו, נבחן את תופעת הפיתוח המרחבי ברמת הנפה, על ידי מיפוי יישובי ישראל, ובחינת הפיתוח המרחבי שלהם על פי מדדים שונים כמפורט בשני פרקי השיטות (IV ו-V). ניתוח הממצאים יתבצע על ידי השוואת המדדים, ועל פי יצירת מדד משולב. היישובים ייבחנו כל אחד לגופו, ויסוכמו לפי השיוך הנפתי למדד נפתי אחד.

2. השערות המחקר

- א. ברמה ארצית: הזחילה העירונית בישראל מבוזרת במרחב ואינה מופיעה רק או בעיקר בשולי המטרופולינים או הפריפריה, כפי שנמצא אופייני בעולם.
- ב. ברמת היישוב: רמת הזחילה של המרקם הבנוי גבוהה יותר ביישובים כפרים מאשר ביישובים עירוניים.
- ג. ברמת הנפה: רמת הזחילה של נפות המוגדרות ככפריות גבוהה יותר מנפות המוגדרות כעירוניות.

3. חיזוש המחקר ביחידת המחקר

במחקרים קודמים, כאמור, אין התייחסות ליחידה גיאוגרפית שבין יישוב למחוז. במחקרנו זה נבדוק 17 נפות הפזורות בכל רחבי הארץ, ובתוכן את כלל היישובים, כפריים ועירוניים. היתרון של יחידת המחקר - הנפות הוא שהן כוללות יישובים מסוגים שונים - כפרי, ועירוני. כך נוכל להשוות את הפיתוח המרחבי בין סוגי יישובים שונים, אך גם בין הנפות, יחידות מחקר גיאוגרפיות גדולות יותר, ולראות דפוסי התנהגות רחבים יותר. מעניין לראות האם יש הדדיות בין היישובים העירוניים בנפה, לבין היישובים הכפריים שלה. כיצד מתנהגת הנפה בתוך גבולותיה, ומהי זיקתה אל גבולותיה. במחקרו של פרנקל ואשכנזי נמצא כי היישובים הכפריים זוחלים יותר לעומת היישובים העירוניים (פרנקל ואשכנזי, 2005). על מנת לראות האם יש שוני בפיתוח המרחבי בין נפות בהן יש יותר יישובים כפריים לעומת כאלה עם רוב יישובים עירוניים חילקנו את הנפות לפי אחוז התושבים הגרים בעיר לשלוש קבוצות: עירוניות, כפריות, וסמי-עירוניות (לפי נתוני למ"ס, 2009). ניתן לראות את חלוקת הנפות בטבלה הבאה (1).

טבלה 1: חלוקת נפות לפי אחוז תושבים עירוניים (חושב לפי למ"ס, 2009)

<u>כפרית</u>	<u>סמי עירונית</u>	<u>עירונית</u>
>80% מתושבי הנפה גרים ביישוב עירוניים	80-90% מתושבי הנפה גרים ביישובים עירוניים	<90% מתושבי הנפה גרים ביישובים עירוניים
יהודה ושומרון	רמלה	תל אביב
כנרת	אשקלון	חיפה
גולן	השרון	ירושלים
צפת	באר שבע	רחובות
	יזרעאל	פתח תקווה
		חדרה
		עכו (40 יישובים ערביים מתוך 130)

במסגרת המחקר נערך תהליך מיפוי של כל אחד מהיישובים של הנפות הני"ל. תהליך המיפוי כלל אבחון השטח הבנוי המרכזי כמפורט להלן, מיפוי שימושי קרקע עיקריים שהוגדרו על ידנו כמשמעותיים ביותר לאבחון תהליך תופעת הזחילה (מגורים, תעשייה ומסחר, וחינוך). הנפות ימדדו על פי קריטריונים זהים המופרטים בחלק המתודולוגי, ובשלוש נקודות זמן נבחרות: 1990, 2000, 2010. ישנה חשיבות רבה לבחינת הנפה במספר נקודות זמן. תופעת הזחילה הינה תופעה דינמית, ורב ממדיית (אשכנזי ופרנקל, 2005), ולכן יש לבחון אותה על ידי מספר מאפיינים, ולאורך זמן. באופן הזה נוכל לנטרל את השפעת גלי העלייה הגדולים בשנות ה-90, ולבחון את הפיתוח המרחבי גם בעשור שבא אחריו.

4. חשיבות המחקר

מדינת ישראל מתאפיינת במשאבי קרקע מוגבלים, רמת חיים עולה וצפיפות אוכלוסין הולכת וגדלה, כולל קבוצות אוכלוסייה בעלות קצב גידול טבעי מהיר ביותר. מכאן, תרומת המחקר באה לידי ביטוי בשני רבדים:

ברובד הראשון, היות והמחקרים בישראל מועטים, ממצאי המחקר מוסיפים למחקרם של שושני וגולדשלאגר (Goldshlager and Shoshani, 2002) פרנקל ואשכנזי (Frenkel and Ahkenazi, 2007). יותר מכך, כפי שציינו פרנקל ואשכנזי במחקרם: קיימת אפשרות שבגלל שחקרו יישובים עירוניים בלבד, התוצאות לא תאמו את הממצאים בעולם, אשר חקרו אזורים גיאוגרפיים או מנהלתיים סטטיסטיים. לכן, יהיה ניתן להבהיר שאלה זו בעקבות הבחינה המוצעת ביחס לתמונת המצב בעולם.

ברובד השני, בדיקת מגמות הזחילה העירונית בארץ תסייע בזיהוי התופעה בישראל ולאפיין אותה כבסיס לקבלת החלטות, במידה ויעלה צורך מדינית בהתערבות של מכתבי המדיניות בישראל, בריסון של תופעת הזחילה והנגיסה בשטחים הפתוחים (פרנקל ואשכנזי, 2005). יש לציין כי ריסון התופעה איננו מטרת מחקר אלא פועל יוצא אפשרי ליישום, בהתאם לתוצאות הבחינה הנוכחית.

V. בסיס לשיטות מחקר

לצורך ניתוח המדדים נערך תחילה מיפוי מרחבי עבור כל יישוב על פי מרקם הבינוי, ושימושי הקרקע מגורים, מסחר, חינוך. אפיון תופעת הפיתוח המרחבי בישראל נמדדת על ידי שלוש תבניות שונות של מרקם הפיתוח, וזאת בכדי לייצר תמונה מלאה של הפיתוח המרחבי. על בסיס תבניות המרקם שימצאו, יבחנו צורות הפיתוח המרחבי של כל יישוב, וישוקללו לצורת הפיתוח עבור הנפה כולה.

מאפייני תבניות המרקם בהם אנו נשתמש נבחרו על ידינו מתוך מחקרים מהארץ ומהעולם, כפי שהוזכרו בסקירת הספרות: תצורה, הרכב, פריסה. מאפיינים אלו שאובים מעולם האקולוגיה, שם פותחו מאות מדדים לבחינה כמותית של תכסיות קרקע:

תצורה: כולל את הגיאומטריה והפריסה המרחביות של תכסית הקרקע. הרכב: רמת הגיוון וההטרונגניות של תכסית הקרקע.

המדדים נבדקו עבור כל יישוב, ונעשה שקלול עבור הנפה כולה.

ראה תרשים 3.2- תרשים זרימה- הקשר בין תבניות המרקם למדדים.

1. מדגם ובסיס הנתונים

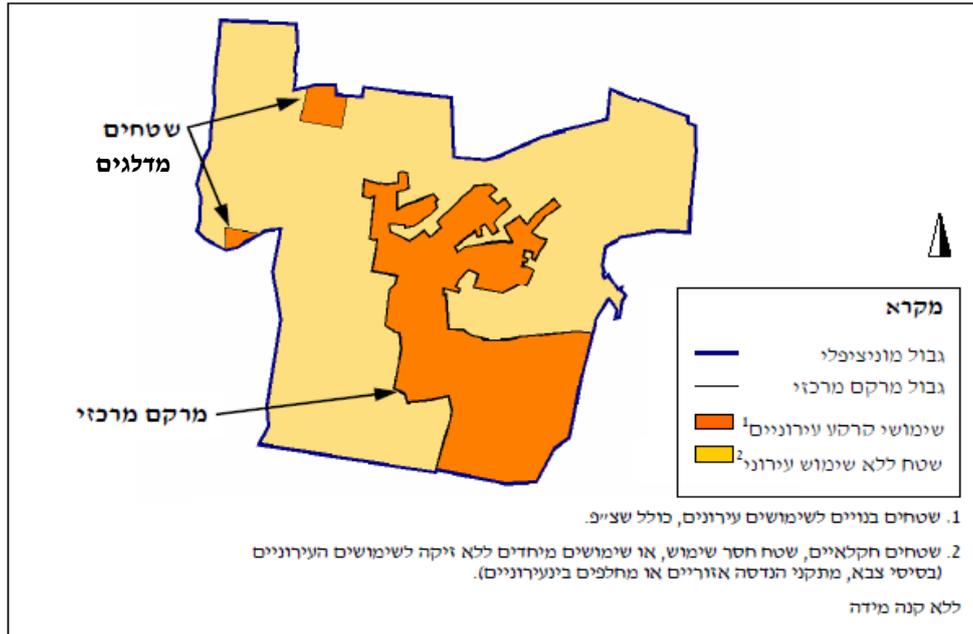
המדגם ששימש לבניית בסיס הנתונים לצורך בחינת ההשערות כלל את מרבית היישובים בארץ המחולקים ל- 17 נפות, הכוללות בסה"כ 1000 יישובים. הנפות כוללות 7 נפות עירוניות, 5 נפות סמי עירוניות, 4 נפות כפריות. המדגם מהווה 89% מכלל היישובים בארץ. הנפה היחידה מבין כלל הנפות בארץ שלא נבדקה במסגרת מחקרנו היא נפת יהודה ושומרון. כלל הנפות הנבדקות יוצרות רצף יישובים מהצפון לדרום. (נספח 3)

הנפות כוללות יישובים ערביים, יהודים, ויישובים מעורבים, מכל סוג: עירוני/כפרי/קהילתי. נתוני הלמ"ס עבור הנפה הם כלליים בלבד וכוללים נתונים עבור יישובים עירוניים, וכפריים. אין נתונים נפרדים עבור יישובים בעלי מאפיינים דמוגרפיים שונים, ערבים/יהודים ולכן גם אנו לא הפרדנו את הנפות הכוללות יישובים ערבים או מעורבים, על אף שדפוס הפיתוח של הבנוי, ואופן הפיתוח שונה מיישבים כפריים יהודיים, בגלל המסורת, והבנייה הבין-דורית.

דפוס בינוי נוסף שהבאנו בחשבון במחקרנו הוא בינוי בשטחים מוניציפאליים של מועצות אזוריות, על אף שאינם משתייכים ליישוב כלשהו דוגמת מרכזי בילוי וקניות. הסיבה לכך היא החלפת שימושי קרקע חקלאיים במסחריים, ויצירת עוגנים ליישובים העירוניים והכפריים שמסביב היוצרים מרכזים בעלי פיתוח אינטנסיבי במרכז אזורים חסרי פיתוח. אזורים אלו מהווים כוח חלוץ, וזרז לפיתוח מסביב כפי שנמצא בצומת ירקונים (דורי וגלעד, 2005).

2. יחידת החקירה

יחידת החקירה שנמדדה היא נפתית, ויישובית. עבור כל יישוב מיפינו את מרקם הבינוי המרכזי. מתוך המיפוי יצרנו בסיס נתונים נומריים לצורך ניתוח אופי הפיתוח המרחבי. כל אחד מהמדדים המפורטים מטה נבחן עבור כל יישוב (וכן, ראו איור מקדים 4), וסוכם לידי מדד נפתי יחיד.



איור 4: יחידת החקירה – המרקם היישובי (מרקם מרכזי+ שטחים מדלגים בעלי זיקה למרקם היישובי, דוגמא ביישוב קדימה, 2002 (פרנקל ואשכנזי, 2005)

מרקם הבינוי: כל המדדים הנבדקים במחקר המוצע מסתמכים על מרקם הבינוי של היישוב, שנמדד ביחס לגבולותיו המוניציפאליים. נתון מכריע במדדים נמצא המרקם העירוני של כל יישוב. המרקם העירוני הוגדר ביחס למרקם המרכזי הבנוי.

המרקם המרכזי הבנוי: הוגדר כשטח בעל רצף טריטוריאלי שבתוכו מצויים מרבית השטחים הבנויים של היישוב- מתייחס לכל שימושי הקרקע ובפרט למגורים. המרקם המרכזי מכיל גם שטחים פתוחים מכל סוג המוקפים בינוי.

המרקם העירוני: הוגדר כשטח הבנוי של המרקם המרכזי ביישוב בתוספת שטחים בנויים שדילגו מחוץ למרקם המרכזי.

השטחים הבנויים המדלגים: הוגדרו כשטחים המנותקים פיזית מהמרקם המרכזי הבנוי אך בעלי זיקה ישירה אליו (מגורים, תעשייה מוסדות וכו')

שטחים מדלגים מיוחדים: שטחים אשר אינם נכללים בשטח מוניציפאלי של יישוב כלשהו, ולרוב שייכים סטטוטורית למועצה אזורית, אך מהווים מרכז בנוי בפני עצמו.

כל המדדים שתוארו לעיל, נכללים במחקרנו על מנת לבדוק מרקם בנוי מדלג בתוך שטח הנפה.

VI. שיטות מחקר: מאפייני זחילה ומדדי המרקם היישובי

בחלק זה יפורטו המדדים ששימשו למדידת תופעת הזחילה המרחבית במחקר זה. כפי שצויין בסקירת הספרות, לא קיימת הגדרה אחידה, מוסכמת וכמותית לזחילה ומאפייניה. כאמור, יחידת החקירה שנבחרה לעבודה זו היא תבנית של המרקם הבנוי של יישוב עירוני או כפרי. בהמשך לפרנקל ואשכנזי, 2005 ובהתאם להצעתם של Torrens and Alberti, 2000 וביתר דקדוק כארגז כלים למדידה כמותית של זחילה יישובית (Torrens, 2008), נעשתה אנלוגיה בין המרקם הטבעי הפתוח המהווה יחידת החקירה במחקרים אקולוגיים, לבין המרקם היישובי הבנוי. מכאן, נתייחס לפוליגונים של שימושי קרקע בנויים בתוך המרקם היישובי באל "כתמי קרקע" (patches), ונתאר את תופעת הזחילה המרחבית באמצעות מאפייני התצורה (configuration), ומאפיין ההרכב (composition) של המרקמים היישוביים הבנויים.

מימדי הזחילה (dimensions), שהם מאפיינים מסויימים של תבנית המרקם העירוני הנגזרים ממאפייני תכסית הקרקע, אותם בחרנו לבחון במחקר זה הם צפיפות, פיזור, הרכב שימושי קרקע וקישוריות בין יישובית בנפה ובין נפתית. שני הממדים הראשונים קשורים לתצורת המרקם היישובי הבנוי, הממד השלישי קשור להרכבו ואילו הממד הרביעי קשור לנגישות. בספרות מקובל להגדיר מרקם בנוי כזוחל כאשר הוא מתאפיין בצפיפות נמוכה, תצורה מפורזת ומקוטעת של השטח הבנוי (זו באה לידי ביטוי בתצורה אי-רגולרית, מקוטעת ובדפוס של דילוגי צפרדע), באי עירוב או מגוון דל של שימושי קרקע (פרנקל ואשכנזי, 2005) וכן קישוריות נמוכה (Fang et al., 2007).

מתוך ממדי הזחילה שהוצגו גזרנו את מדדי הזחילה (indices) שמוצגים בהצעה זו. כאמור, המדדים הם ביטויים כמותיים של מאפייני המרקם היישובי הבנוי וממדי הזחילה הנובעים ממנו. מדדים אלו חושבו עבור כל יישוב מיישובי המדגם בשלש נקודות זמן (t_0 , t_1 , t_2). כך, ניתן יהיה להשוות את היקף ורמת הזחילה בין היישובים השונים והנפות, ועל ידי כך לסווגם כיישובים "זוחלים" או "קומפקטיים" באופן יחסי על רצף היישובים המתקבל. בנוסף, ניתן יהיה לבחון את הדינמיקה של התופעה על ציר הזמן, ולקבוע האם יישוב נעשה יותר "זוחל" או יותר "קומפקטי" לאורך התקופה נחקרת.

מחקרים בהם מאוזכרים המדדים בהם נשתמש לעבודה זו, מציעים לכל מדד "כיוון" (נמוך או גבוה), לפיו ניתן לזהות באופן יחסי או השוואתי האם יישוב מסויים יוגדר כזוחל או קומפקטי. לדוגמא: עבור מדד הצפיפות נקבע כי ערך נמוך באופן יחסי תואם דפוס זוחל, בעוד שערך גבוה של צפיפות מצביע על דפוס קומפקטי של המרקם הבנוי. לעומת זאת עבור מדד משקל שימוש קרקע למגורים מסך שטח המרקם היישובי נקבע כי ערך גבוה של מדד זה, תואם מצב של זחילה יישובית (פרבר שינה) בעוד שערך נמוך מצביע על דפוס קומפקטי (יישוב מרכזי, לרוב עיר מרכזית). למטרת עבודה זו, נשתמש בשמונה מדדים, הנחלקים לחמש קבוצות עיקריות של מאפיינים: צפיפות, תצורה, דילוגי צפרדע, קיטועיות, והרכב שימושי קרקע. המדדים יחושבו עבור כל יישובי המדגם בשלשת נקודות הזמן שצוינו לעיל.

להלן מפורטים המדדים המשתייכים לקבוצות אלו וכן את הכיוון היחסי של כל מדד לפיו תקבע רמת הזחילה היחסית.

טבלה 2: מאפיינים, מימדים ואינדקסים של המרקם הבנוי

מאפיינים של תבנית המרקם היישובי	מימדים גיאומטריים רעיוניים של זחילה	משתנים	מדדים	כיוון מגמת ההשפעה על רמת הזחילה
תצורה (configuration)	צפיפות	צפיפות אוכלוסיה	צפיפות ברוטו	(-)
			צפיפות נטו	(-)
	פיזור	אירגולציה של צורת הגבולות של מרכז האזור הבנוי	מימד פרקטלי	(+)
			אינדקס צורה	(+)
			אינדקס דילוגי צפרדע ברוטו	(+)
			אינדקס דילוגי צפרדע נטו	(+)
			גודל פוליגון ממוצע של "כתם קרקע" (Patches)	(-)
הרכב (composition)	עירוב שימושי קרקע	הרכב שימוש קרקע ²	אזור מגורים	(+)
			אזור תעשייה	(-)
			מוסדות ציבוריים	(-)
			שימוש קרקע מעורב	(-)
			תיירות	(-)
			שטח פתוח	(-)
			שימושי קרקע מיוחדים	(-)

לסיכום, ניתן לזהות שלשה שלבים עיקריים בחלק זה של שיטות המחקר, כדלקמן:

- שלב I: חישובי מדדי זחילה וסיווג לקטגוריות. בשלב הראשון בחרנו את המדדים וסיווגנו אותם לקטגוריות זחילה ובמחקר עצמו נחשב את כל המדדים.
- שלב II: חישוב המדד המשולב. בשלב זה נשקלל את המדדים לכדי מדד משולב אחד כדי שיהיה קל להשוות בין היישובים והנפות.
- שלב III: דירוג ערכי המדד המשולב לאשכולות. בשלב זה נדרג את הערכים שקיבלנו לאשכולות זחילה. לאחר מכן, האשכולות היישוביים יסווגו לנפות זוחלות ולא זוחלות. לבסוף, נסווג את אחוז האשכולות הזוחלים ביחס לאחוז האשכולות הקומפקטיים לדפוסים מרחביים.

1. שלב I: חישובי מדדי זחילה

במחקר זה ההנחות העומדות בבסיס המידול כוללות שלש הנחות א-פריוריות (Frenkel and Ashkenazi, 2007). ראשית, אנו מניחים כי קיים מתאם (קורלטיביות) בין המדדים ו/או הקטגוריות של המדדים – כלומר, יש קשר ביניהם וזאת כקשר ליניארי בין המדדים (באופן בלתי תלוי אחד בשני) לבין זחילה (משתנה תוצאה). בנוסף, משקל ההשפעה של כל מדד אינו זהה, כלומר כל מדד מקבל את המקום שלו בהסבר של הזחילה. כך נוכל לדעת אילו מהגורמים הכי מסבירים את הזחילה ואילו פחות.

² הרכב שימושי הקרקע לפי משקל: אחוז כל קטגוריית שימוש קרקע.

1.1. מדדי צפיפות

צפיפות היא אחד המדדים השכיחים ביותר במחקרים העוסקים בגידול עירוני בכלל ובזחילה בפרט. בהקשר של צפיפות, "זחילה" מוגדרת בספרות כמצב בו הצפיפות היישובית נמצאת במגמת ירידה לאורך זמן, ו/או כמצב בו הצפיפות נמוכה מערך סף כלשהו קבוע מראש. מדדי הצפיפות (D) שערכיהם והשתנותם בין שלשת נקודות הזמן הנחקרות בעבודה זו הם צפיפות אוכלוסייה ברוטו ונטו. ראשית, נבחרה צפיפות אוכלוסייה ולא צפיפות משקי בית כמקובל בעולם, וזאת בכדי לנטרל את השונות הגדולה הקיימת בישראל. בנוסף, הסיבה שנלקחו זוגות של מדדי זחילה: ברוטו ונטו, מבוססת על העדויות לכך שהן מבטאות מצבים שונים של תבניות התיישבות. לדוגמא: זחילה של יחידות מגורים בלבד (פרבור) או זחילה של תעסוקה וחברות קמעוניות (גבולות העיר) או שניהם (Frenkel and Ashkenazi, 2007).

1.1.1. מדד צפיפות אוכלוסייה יישובית ברוטו: מוגדרת כיחס בין מספר התושבים ביישוב i לבין שטח המרקם היישובי ביישוב (קמ"ר), כפי שמוצג במשוואה הבאה³:

$$(1) D_{gi} = \frac{P_i}{BA_i}$$

כאשר: P_i מספר תושבים ביישוב i ,

BA_i שטח בנוי ביישוב i (קמ"ר שימושים).

1.1.2. מדד צפיפות אוכלוסייה יישובית נטו: מוגדרת כיחס בין מספר התושבים ביישוב i לבין סך שטחי המגורים ביישוב (קמ"ר), כמוצג במשוואה הבאה:

$$(2) D_{ni} = \frac{P_i}{RA_i}$$

כאשר: RA_i הוא סך שטח המגורים ביישוב i (קמ"ר).

1.2. מדדי תצורה גיאומטרית

למאפיין השני של הזחילה היישובית, משתייכים מדד התצורה ומדד הפרקטליות, אלו מחושבים על ידי היחס שבין היקף לשטח המרקם המרכזי, והם מבטאים את מידת הפיתוליות והאי-רגולריות של גבול המרקם המרכזי. ככל שתצורת המרקם המרכזי קרובה יותר לעיגול, כך המרקם המרכזי נחשב יותר "קומפקטי". ככל שגבול המרקם המרכזי מפותל ומפוזר יותר, המרקם נחשב "זוחל". ירידה בערכי המדדים הללו לאורך זמן תצביע על מילוי קומפקטי של המרקם, בעוד שעלייה בערכי המדדים תצביע על דפוס זוחל ובלתי מרוסן (Torrens, 2008; פרנקל ואשכנזי, 2005).

1.2.1. מדד תצורה (Shape Index): מבטא את מידת ההתאמה של שטח המרקם המרכזי לצורת עיגול, כפי שמוצג במשוואה הבאה:

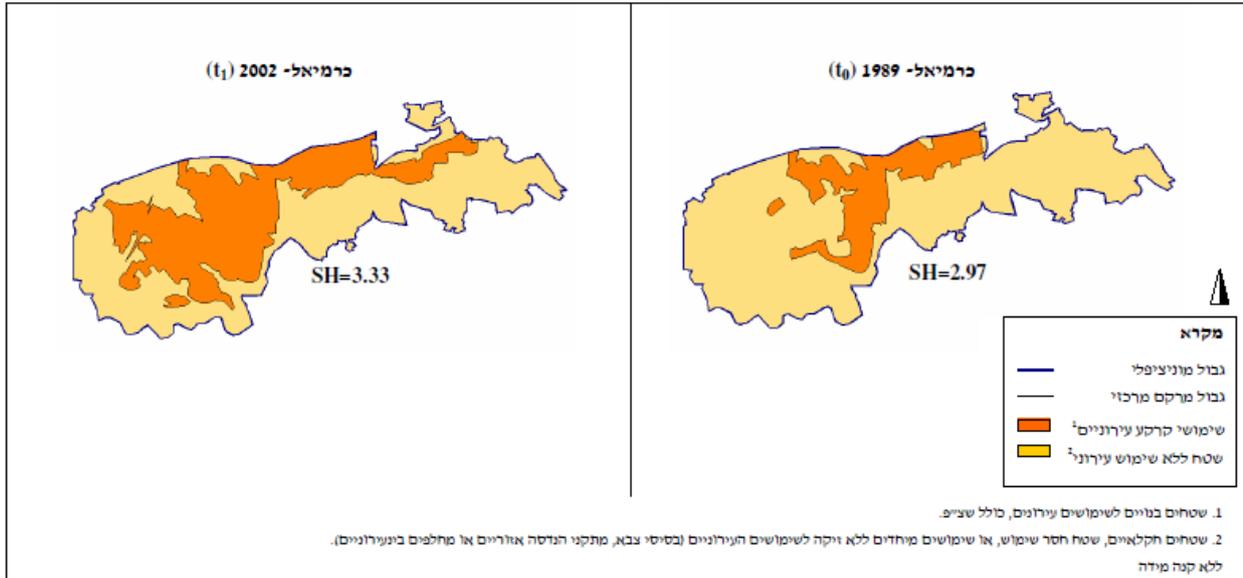
$$(3) SH_i = \frac{L_i}{2\sqrt{\pi A_i}}$$

כאשר: L_i הוא היקף המרקם המרכזי של יישוב i (במטרים),

³ במשוואות 1-7: i יישוב נחקר, j סוג שימוש קרקע. מקור המשוואות: Frenkel and Ashkenazi, 2007. לפיתוח המשוואות ניתן לעיין במחקרו של טורנס (Torrens, 2008).

A_i הוא שטח המרקם המרכזי של יישוב i (במ"ר).

ערכו של מדד התצורה גדול או שווה ל-1. כאשר ערכו שווה ל-1, צורת המרקם היא עיגול, דהיינו קומפקטית, וככל שערכו גדול מ-1, צורת המרקם פחות דומה לעיגול והיא הופכת לצורה מפותלת יותר. התואמת מרקם זוחל, כפי שניתן לראות באיור הבא.



איור 5: השתנות מדד תצורה גיאומטרית (SHi) של המרקם הבנוי בעיר כרמיאל, בין t0 לבין t1 (פרנקל ואשכנזי, 2005)

1.2.2. מדד פרקטלים (Fractal dimension) מסוג היקף-שטח $(F_i)^4$: מדד המבטא את מידת האי רגולריות של גבול המרקם המרכזי וערכו נע בטווח הערכים 1-2. ככל שערכו של F_i קרוב יותר ל-2, מידת האי רגולריות של גבול המרקם המרכזי גבוהה יותר, ולכן הפיתוח נחשב לבלתי מרוסן וזוחל יותר. כלל שערכו של F_i מתקרב ל-1, גבול המרקם המרכזי מתקרב לצורת מעגל והמרקם נחשב לקומפקטי, כמוצג במשוואה הבאה:

$$(4) \quad F_i = \frac{\log(L_i^2)}{\log A_i}$$

כאשר: L_i הקף המרקם המרכזי ביישוב i (במטרים),

A_i שטח היישוב (קמ"ר).

מדד נוסף שהוגדר הינו מדד דילוגי צפרדע (Leapfrog Index) LFI, המוגדר כיחס בין השטחים המדלגים מחוץ למרקם היישובי לבין שטח המרקם היישובי. אזור יחשב כ"זוחל" יותר ככל שהמרקמים הבנויים החדשים בו יהיו מקוטעים היחס למרקם העירוני הישן (פרנקל ואשכנזי, 2005). כלומר, זיהוי מצב של "זחילה" יעשה בשתי דרכים: הראשונה, השוואת ערכי LFI בין היישובים והנפות, והשנייה בחינת מידת השינוי בערכי LFI לאורך תקופת המחקר (הפרש בין התקופות, באחוזים).

⁴ צורה פרקטלית היא צורה אירגולרית ובעלת דמיון פנימי, כלומר בעלת סידור פנימי החוזר על עצמו מספר פעמים רב, בקנה מידה הולך וקטן (Torrens, 2008).

1.2.3. מדד דילוגי צפרדע ברוטו (LFI_g): מבטא את היחס בין מספר האזורים המדלגים מחוץ ליישוב נבחן

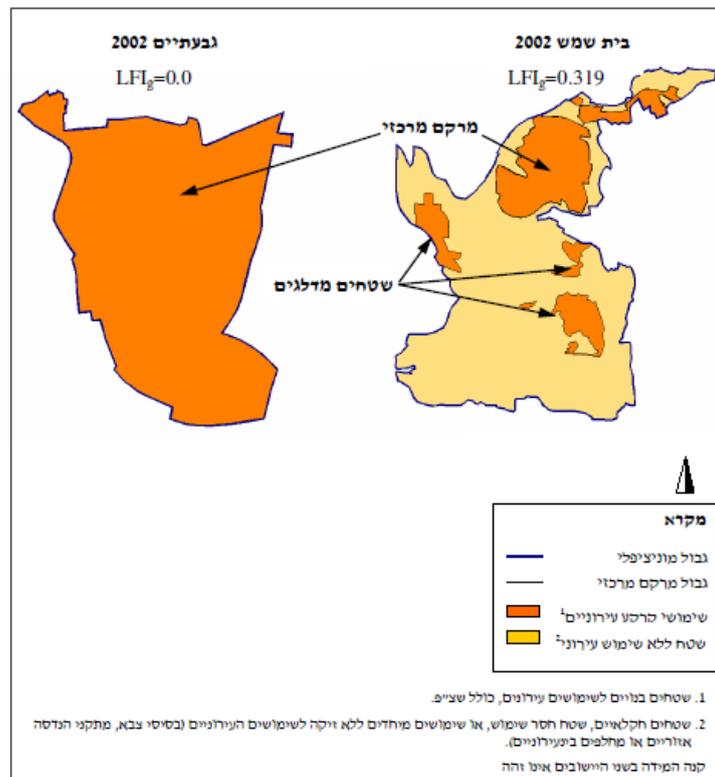
(i) לבין השטח הבנוי ביישוב בקמ"ר, כמוצג במשוואה הבאה:

$$(5) \quad LFI_{gi} = \frac{Aout_i}{BA_i}$$

כאשר: $Aout_i$: אזורי דילוגי צפרדע ביישוב i ,

כולל קטגוריות שימוש קרקע j_{out1-9} , הם אזורי שימושי קרקע 1-9 וכולל את שטח האזור הבנוי.

באיור הבא (6), מהמדד מודגם לדילוגי צפרדע ברוטו (LFI_g), תוך השוואה בין שני היישובים בית שמש 0.319 (יישוב זוחל, עם שטחים מדלגים) וגבעתיים 0 (יישוב קומפקטי, ללא שטחים מדלגים), בשנת 2002.



איור 6: הדגמת מדד דילוגי צפרדע ברוטו (LFI_g) בבית שמש ובגבעתיים, 2002 (פרנקל ואשכנזי, 2005)

1.2.4. מדד דילוגי צפרדע נטו (LFI_n): מגורים מחוץ למרקם הבנוי של היישוב, כפי שניתן לראות במשוואה

הבאה:

$$(6) \quad LFI_{ni} = \frac{RAout_i}{RA_i}$$

כאשר: $RAout_i$: אזור מגורים מחוץ לאזור המרכז הבנוי של יישוב i (מ"ר),

RA_i : אזור מגורים ביישוב i (שימוש קרקע סוג 1).

1.2.5. מדד גודל פוליגון ממוצע (גפ"מ)

מדד גודל פוליגון ממוצע או הגפ"מ MPS_{ij} (Mean Patch Size), מבטא את היחס שבין שטח שימוש קרקע מסוים, לבין מספר הפוליגונים הלא משיקים מאותו שימוש קרקע. הגפ"מ מבטא את ממד העירוב של

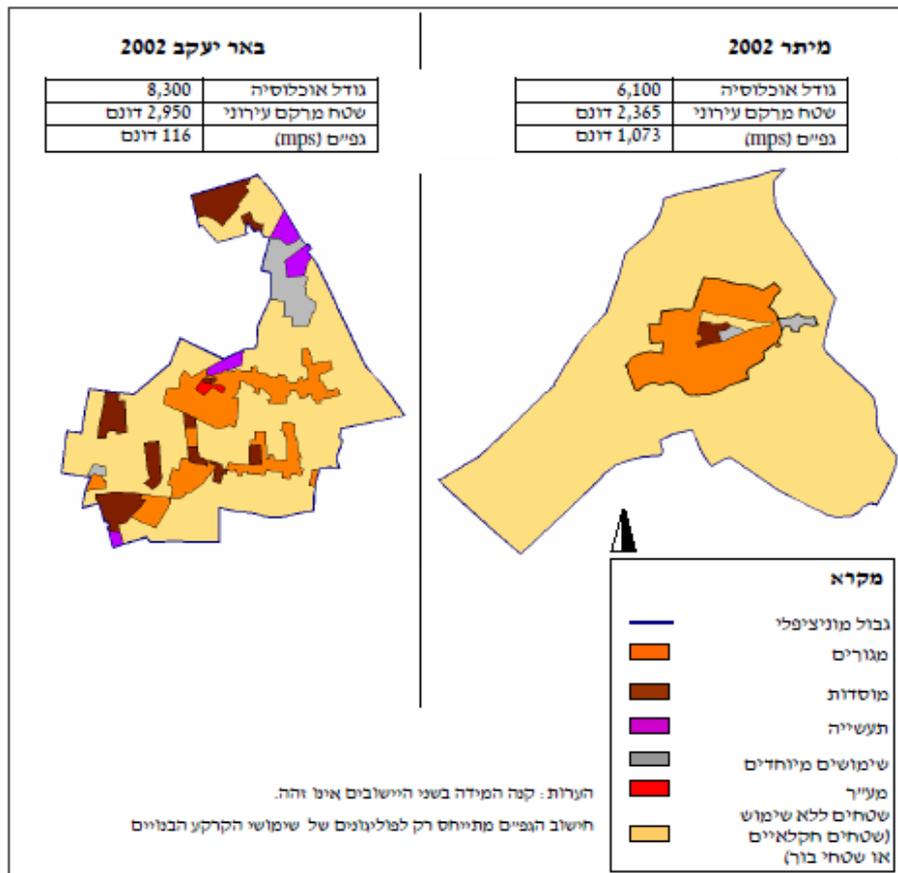
שימושי הקרקע, מבחינת הפריסה המרחבית של השימושים, והן את ממד הקיטועיות של המרקם היישובי. ככל שערכו של הגפ"מ קטן או נמצא במגמת ירידה לאורך זמן, השטח הנחקר נחשב מקוטע יותר, וקיימת הפרדה מרחבית רבה יותר בין שימושי הקרקע הבנויים. במצב זה יחשב המרקם היישובי פחות קומפקטי ויותר זוחל (Torrens and Alberti, 2000; Torrens, 2008). חשוב לציין כי פריסה מרחבית של שימושי קרקע המבטאת את מידת העירוב שלהם, תלויה בגודל פוליגון ממוצע והן במרחק שבין הפוליגונים. למרחק זה יש השלכה על רמת הנגישות ועל היקף הנסיעות בתוך המרקם היישובי. ככל המרחק בין הפוליגונים גדול יותר, הנגישות נמוכה יותר והמרקם נחשב "זוחל". במחקר זה זו ייבדק גודל הפוליגונים מכל שימוש קרקע.

במחקר זה בחרנו ליישם את מדד הגפ"מ באופן אגרטיבי על כלל המרקם היישובי, ולכן ימדדו עבור כלל השימושים הבנויים ביישוב, כאשר ימדדו קטגוריות השימושים הבנויים ביישוב ביחס למספר פוליגונים של השימוש ביישוב, כמוצג במשוואה הבאה:

$$(7) \quad MPS_{ij} = \sum_{j=1}^7 \frac{a_{ij}}{n_{ij}}$$

כאשר: a_{ij} אזור עם שימוש קרקע j ביישוב i ,

n_{ij} מספר פוליגונים של שימוש קרקע j ביישוב i



איור 7: גודל פוליגון ממוצע בבאר יעקב ומיתר, 2002 (פרנקל ואשכנזי, 2005)

1.3. עירוב שימושי קרקע

מאפיין מרכזי נוסף של תופעת הזחילה הוא אי עירוב או עירוב נמוך של שימושי קרקע, הבא לידי ביטוי בשני הבטים: הרכב ופריסה מרחבית (Fang et al., 2007; Torrens, 2008; פרנקל ואשכנזי, 2005). בעבודה זו בחרנו להתמקד בהיבט הרכב שימושי קרקע כמבטא את מידת עירוב השימושים של המרקם היישובי. בהתאם לכך, נגדיר יישובים "זוחלים" כאלה המאופיינים במשקל גבוה של שימושי קרקע למגורים, לעומת יישובים "קומפקטיים" בהם משקל שימושי הקרקע למגורים נמוך יותר, ואילו משקל שימושי הקרקע האחרים (תעשייה, מוסדות, מסחר ופנאי) הוא גבוה יחסית. יישובים בהם שימושי קרקע שאינם מגורים נמוך, היקף הנסיעות מחוץ ליישוב לתורך צריכת השימושים שחסרים בו (תעסוקה, מסחר, שירותים) גבוה יותר, וזהו מאפיין מובהק של יישוב "זוחל".

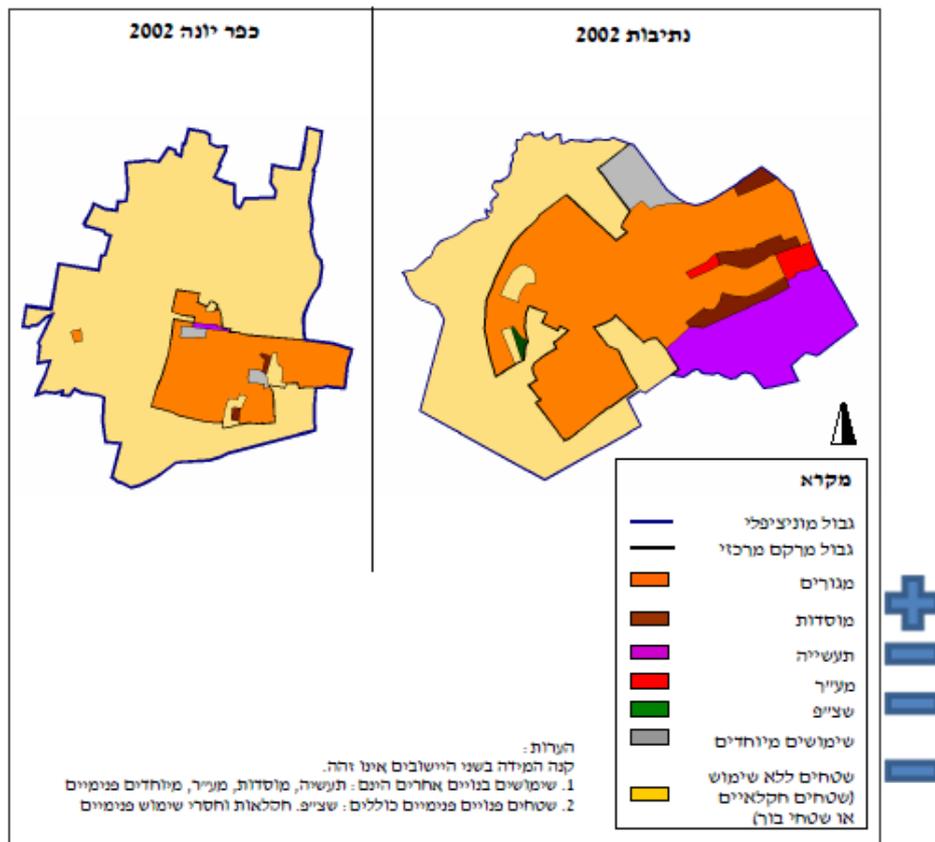
הוגדרו שש קטגוריות של שימושים בנויים, המהווים סממן (אינדיקציה) לרמת הזחילה ביישוב: מגורים, אזורי תעשייה ומסחר כולל קניונים, מוסדות עירוניים, מע"ר, תיירות ונופש, שטחים בנויים מיוחדים בתוך המרקם המרכזי כגון מרכזי ספורט, מחלפים ראשיים, תחנות אוטובוס ורכבת מרכזיות.

1.3.1 מדד הרכב שימוש קרקע (%): משקל של כל קטגוריית שימוש קרקע לפי האחוז שלו בהרכב, כמוצג במשוואה הבאה:

$$(8) \quad LU_{ij} = \frac{a_{ji}}{BA_i}$$

כאשר: LU_{ij} אזורי שימושי קרקע 1-9 וכולל את שטח האזור הבנוי.

באיור הבא ניתן לראות דוגמא לכיוון הצפוי להיות של השפעת המדד על רמת הזחילה (במקרא +/-).



איור 8: עירוב שימוש קרקע בכפר יונה ובנתיבות, 2002 (פרנקל ואשכנזי, 2005)

2. שלב II - חישוב המדד המשולב

כאמור, במחקר זה ניישם מדדים מתחומי מחקר שונות (מדדי צפיפות אוכלוסייה, מדדים גיאומטריים ומדדים אקולוגיים), וכן נשקלל את מערך המדדים שיתקבל לכדי מדד משולב אחד. על מנת להשוות בצורה עקבית את רמת הזחילה בזמנים t_1 (2002) ו- t_2 (2010) לרמת הזחילה בזמן t_0 (מחצית שנות ה-80), ניצור מדד משולב ל- t_0 על ידי הפיכת מדדי הזחילה ב- t_0 לציוני תקן (Z scores) על פי ממוצעי וסטיות תקן של מדדי הזחילה ב- t_1 , ולאחר מכן הכפלת ציוני התקן שהתקבלו במקדמי ההכפלה של ערך מדד הזחילה המשולב ב- t_1 ; כך שחיוב המדד המשולב בכל אחת מנקודות הזמן יהיה עקבי והמדדים יהיו בר השוואה. מתודולוגיה זו יושמה גם במחקרים קודמים (Ewing et al., 2002; Frenkel and Ashkenazi, 2007).

בחלק זה של המחקר יעשה שימוש בשיטת שקלול (weighting) של כל 17 המדידות כדי לייצר אינדקס זחילה משולב אחד. נבחרה שיטת ניתוח גורמים (Factor Analysis) כמתאימה היות וחלק מהמשתנים קורלטיביים ליניארית אחד לשני. מטרתה העיקרית של הטכניקה הסטטיסטית הזו היא צמצום משתנים ונתונים. טכניקה זו שימושית בעיקר כאשר מעוניינים בתיאור תופעות רב מימדיות. כלומר, תופעות המורכבות ממשתנים רבים שביניהם קיימים מתאמים ליניאריים, באמצעות מערך מצומצם יותר של משתנים. בבסיס שיטת ניתוח הגורמים עומדת ההנחה כי ניתן לייצג כל מערך משתנים באמצעות מספר מצומצם של גורמים עיקריים, שהם צירופים ליניאריים משוקללים של אותם משתנים. ככל שהגורמים העיקריים מסבירים אחוז גבוה יותר של השונות במדגם התצפיות, כך ניתוח הגורמים יהיה בעל תוקף סטטיסטי מובהק יותר (Torrens, 2008; cited in Frenkel and Ashkenazi, 2007). עדיין, הנחנו שאחדים ממימדי הזחילה הם בלתי תלויים אחד בשני. ולכן, בשלב הראשון הפרדנו את 17 המדידות לשלש קבוצות מדדים המייצגות שלשה מימדי זחילה: צפיפות, פיזור והרכב, כפי שתואר בפרק קודם.

3. שלב III – תיקנון וסיווג ערכי המדד המשולב לאשכולות

שלב זה מחולק לשני שלבי ביניים:

3.1. בשלב הראשון יבוצע תיקנון אינדקס זחילה משוקלל לציוני התקן שחושבו בשלב הקודם⁵. במחקר זה יהיה שימוש בטכניקה של תיקנון כשיטה מקובלת לייצור סקאלה ברת השוואה (Frenkel and Ashkenazi, 2007). תהליך התיקנון הינו חישוב ציון תקן (Z): מספר המתקבל מחיסור ממוצע קבוצת נתונים (אוכלוסייה) מנתון מסוים בקבוצה זו וחלוקת התוצאה בסטיית התקן של הקבוצה. ציון התקן אשר מתקבל מהחישוב, מבטא את המרחק של הנתון הגולמי מהממוצע, ביחידות של סטיית התקן. על ידי חישוב ציון התקן ניתן לדעת את מיקומו היחסי של נתון בודד בהשוואה ליתר נתוני הקבוצה (משוואה 9).

$$(9) \quad Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

כאשר: Z = ציון התקן, X = הנתון הגולמי, μ = ממוצע הקבוצה, σ = סטיית התקן של הקבוצה.

⁵ המדד המשולב: בישוב i עבור נקודת זמן נבחרת יחושב הממוצע המשוקלל של המדד המשוקלל לצפיפות ופיזור והמדד המשוקלל לעירוב שימושי קרקע שחושבו קודם לכן, בשלב I.

בסוף השלב הנוכחי, ימוצע המדד המשולב של כל היישובים בכל נפה, וכך יתקבל ערך משולב יחיד לכל נפה ויהיה ניתן להשוות ביניהן את רמת הזחילה הנפתית.

3.2. בשלב הבא, יבוצע דירוג ערך המדד המשולב עבור כל יישוב ונפה. לאחר מכן, תבוצע חלוקה לאשכולות זחילה, כדלקמן:

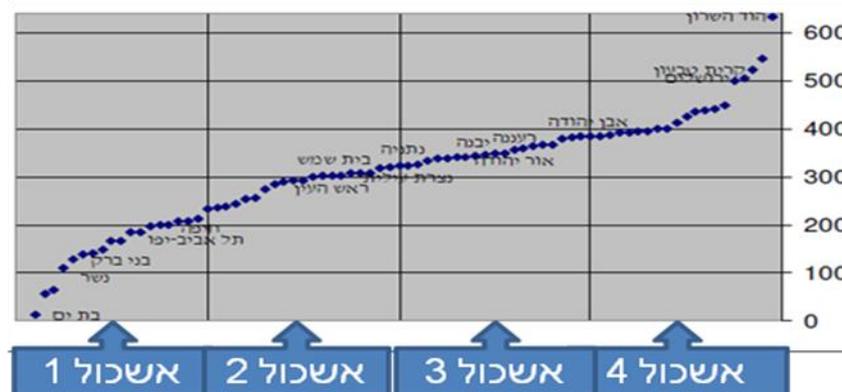
• אשכול 1 = קומפקטי מאד $0 < Z_i < 200$

• אשכול 2 = קומפקטי $200 < Z_i < 300$

• אשכול 3 = זוחל $300 < Z_i < 350$

• אשכול 4 = זוחל מאד $Z_i > 350$

כאמור משלב קודם (3.1), לשם הנוחות, אינדקס הזחילה המשוקלל יתוקנן (ינורמל) לציון תקן חיובי ($Z \geq 0$). להלן דוגמא לתרשים דירוג היישובים העירוניים הנבחרים לפי ציוני התקן (איור 9).



איור 9: דירוג יישובים עירוניים לפי המדד המשולב המתוקנן בזמן t0 (פרנקל ואשכנזי, 2005)

בתרשים המוצג ניתן לראות כי באשכול הקומפקטי מצויים היישובים העירוניים, כגון: בת ים, נשר, בני ברק, תל אביב וחיפה. בפרק האתגרים (6), נדון בסוגיה של המדגם הנחקר בהקשר ליישובים בעלי שיעור אוכלוסייה חרדית מובהקת גבוה (בני ברק, אלעד). באשכול השני מדורגים היישובים כגון: ראש העין ונצרת עילית. בקבוצה הזוחלת, מצויים היישובים כגון יבנה, אור יהודה ורעננה בקבוצה הזוחלת (קבוצה שלישית) ויישובים כגון הוד השרון וירושלים באשכול הרביעי של יישובים בעלי דפוס זחילה "זוחל מאד". לסיכום, סיווג היישובים והנפות לאשכולות זחילה מתבסס על דירוג ציון התקן, והאשכולות מייצגות את מידת הזחילה שלהם: ככל שציון התקן קרוב יותר לאפס, כך הנפה או היישוב יותר קומפקטי. ולהיפך, ככל שציון התקן גבוה יותר כך הנפה או היישוב יותר זוחל. לפני השלב הסופי של התצוגה הגרפית של הממצאים ולאחר סיווג אשכולות היישובים לנפות (לפי אחוז היישובים הזוחלים בכל נפה), הממצאים יוצגו גם כן כסיכום טבלאי של סיווג היישובים ואשכולות לנפות, ויכלול את כותרות העמודות כדלקמן: זהות הנפה, מספר יישובים בנפה, מסך הכל היישובים בנפה - אחוז אשכולות קומפקטיים (אשכולות 1-2), ואחוז אשכולות זוחלים (אשכולות 3-4). כל הנתונים יעובדו בתוכנת ממי"ג ArcGIS גרסא 10 ובשלב הסופי הממצאים יוצגו כמפות תמטיות.

VII. אתגרים פוטנציאליים

ראשית, שתי שאלות עקרוניות שעלו במסגרת הצעת המחקר עוסקות בטיב התופעה של זחילה מרחבית: האם תופעת הזחילה היישובית הינה תופעה חיובית או שלילית? והאם ניתן לשלוט בכך? כפי שצויין בפרק סקירה המדעית (2), שאלות אלו נדונות רבות בספרות ואיננה ממטרות המחקר הנוכחי. עדיין, אנו מניחים כי התופעה בחלקה בלתי נמנעת, בחלקה חיובית ובחלקה שלילית. לכן, ניתן יהיה להשתמש בממצאים אלו לצורך שקילת הצעדים לשליטה מסוימת בתופעה (Sabri and Yaakup, 2008).

סוגיות נוספות שעולות מההכנה להצעת המחקר, עוסקות בשיטות המחקר ובחומרים שנבחרו לעבודה זו: **הכללת יישובים במדגם (inclusion):** אוכלוסיית מדינת ישראל מתאפיינת במגוון קבוצות אוכלוסייה, בעלות מאפיינים חברתיים, דתיים ותרבותיים שונים. מאפיינים אלו צפויים להשפיע על צורת וקצב הזחילה באופן שונה מיישובים עם אוכלוסייה אחרת, ולכן צפויים לעוות את התמונה המתקבלת מהמידול של המדדים המרחביים שנבחרו בעבודה זו. היות ובמודל זה אין הבדלה בין הסוגים השונים של האוכלוסייה בין היישובים השונים, עיקר המחשבה היא על יישובים ערביים (כגון קלקיליה וקלנסוואה) וחרדיים (כגון אלעד ובני ברק) בישראל. לכן, יתכן וכי נראה לנכון להוציא את היישובים הערביים והחרדיים באופן מובהק, הכוללים אוכלוסייה עם 50% ומעלה של אוכלוסייה ערבית או חרדית.

בחינת השפעות של גורמים דמוגרפיים וכלכליים: מחקר זה מתמקד בהבטים המרחביים של זחילה מרחבית בישראל ואינה בוחנת הבטים אחרים של הנושא, כגון: השפעות של דינמיקה חברתית, כלכלית, בטחונית ופוליטית במרחב הישראלי. השפעות אלו מביאים לכך שמבחינה מרחבית הזחילה באזורים מסוימים אינה אפשרית לכל הכיוונים באופן שווה, זאת מסיבות לאומיות הסטוריות ועכשוויות, כגון: כוחות כלכליים, בטחוניים ופוליטיים, וכן עמדות ורצון אישיים של הפרט. לכן, יש לקחת בחשבון מגבלות אלו בשלבי ניתוח התוצאות.

ריבוי הגדרות, שיטות ומדדים: בספרות קיימות שיטות וכלים מחקרניים רבים, מתחומי ידע שונים, לבחינה של התפתחות התיישבותית במרחב ובזמן. משיטות אלו נגזרים מדדים מרובים חישה מרחוק, רשתות, אקולוגיה, טיפולוגיות של שימושי קרקע אחרים, כגון: שטחים פתוחים, אסתטיקה של שימושי קרקע ועוד. צירוף מדדים ייחודי לכל מחקר ומחקר מביאים לתבניות זחילה שונות. לכן, יהיה קושי להשוות למחקרים אחרים בעולם, אך עדיין יהיה ניתן לבחון את ממצאי המחקר למחקר הישראלי של פרנקל ואשכנזי (פרנקל ואשכנזי, 2005) ממנו יצאנו למחקר הנוכחי.

בנוסף, כפי שצויין בפרק השיטות (V) - לצורך נוחות החישובים ופישוט המודל הנבחר, הנחנו שלש הנחות בסיס. הראשונה מניחה משקל זהה לכל המדדים, כלומר שאין קשר ביניהם. בפועל, ישנה תלות בין המדדים ולכן הנחה זו לאו דווקא נכונה. הנחה נוספת בבסיס המודל היא כי קיים מתאם בין המשתנים על ידי קשר ליניארי (הקשר הכי פשוט), כאשר במציאות הקשר עשוי להיות מסובך יותר. מכאן, במידה ונזהה את הקשר ניתן יהיה להשתמש בשיטה חלופית לקשר לא ליניארי, לדוגמא: שיטה סטטיסטית מרחבית (likelihood) לצורך הערכת אומדן של קשרים לא ליניאריים (Cheng 2003). הנחה שלישית היא שקיים משקל זהה לכל שימושי הקרקע וכן הומוגניות בכל אזור שימוש. כאמור, אין סיבה להניח א-פריורית כי

קיים קשר כה פשוט, אך שיטה זו נמצאה מקובלת בספרות העכשווית (Danlin, 2003; Chen, 2003; Torrens, 2008; Ståhle Marcus, 2010). לסיכום, במודל המיושם בעבודה זו נשתמש בהנחות אלו ונמנע בכך מסיבוכיות מתמטית הנובעת משימוש בקשרים בסדר גבוה יותר בהנחות הבסיס המיושמים במודל.

VIII. סיכום

מדידת תופעת הזחילה העירונית הינה חיונית לצורך השמירה על השטחים הפתוחים. בשדה המחקר קיימות הגדרות רבות למושג זחילה עירונית, מהן נגזרים מדדים שונים, ושיטות מדידה שונות. במהלך עבודתנו זו התוודענו למורכבותה של התופעה ומדידתה, בעולם בכלל, ובישראל בפרט. בשנים האחרונות ישנה נטייה של החוקרים לבחון את התופעה המורכבת ע"י מספר מדדים, הלקוחים מתחומי מחקר שונים. בעבודתנו זו, ניסינו גם אנו לייצג את תופעת הזחילה היישובית בישראל ע"י מדידת התופעה במספר מדדים המייצגים היבטים שונים של התופעה. כיוון שבעבודתנו זו רצינו לבחון את התופעה עבור כל יישוב, ועבור נפה, גילינו כי מדדים עבור קנה מידה שאינו יישוב, אך קטן ממחוז כמעט ואינם בנמצא, והיה צורך לעשות את ההתאמות ליחידת המחקר שבחרנו. גילינו כי מדד חשוב ביותר לבדיקת תופעת הזחילה הינו מדד הנגישות כיוון שדרכו ניתן למדוד זיקה, יוממות, וניידות תושבים בין נפות, ערי גלעין, ויישובים שונים.

למרות חשיבותו של מדד זה, טרם השתמשו בו למדידת תופעת הזחילה העירונית בארץ, ומכאן גם הבעייתיות שבו. ישנן דרכים רבות למדוד נגישות, אך זמינות הנתונים לצורך שימוש במדד בארץ מהווה בעיה. (מדידת מרחק נסיעה ותדירות השימוש ברכב פרטי, למשל). לפיכך, אנו ממליצות לבצע עבודת המשך שתתמקד בנושא מדד הנגישות והתאמתו לארץ.

לסיכומו של המדידה השתמשנו במדד משולב שאפשר השוואה בין יישובית, ובין תקופות שונות. כפי שהצגנו בעבודתנו תופעת הזחילה היישובית הינה תופעה מורכבת, ובהתאם לכך אופן המדידה שלה, והשלכותיה הרבות.

IX. רשימה ביבליוגרפית

מקורות בעברית

1. דורי, י., וגלעד, ש. 2005. מאבדים את האדמה, מסחר מחוץ לעיר – פגיעה חברתית וסביבתית, מועצה אזורית חוף השרון כמקרה בוחן, אדם טבע ודין.
2. לבציון-נדן, נ. 2004. שכר המדינה יוצא בהפסדה, ישראל מתקצבת את נטישת הערים הגדולות. ארגון חיים וסביבה.
3. כהן, י. 1997. התפתחות הבנייה למגורים בישראל ותחזית עד שנת 2020. תמ"א 35 – תוכנית מתאר ארצית משולבת לבנייה לפיתוח ולשימור, תל אביב.
4. פרנקל, א. ואשכנזי, מ. 2005. חזון בר קיימא מול מציאות זולתה, הזחילה העירונית בישראל: בחינה אמפירית של תבנית המרקמים העירוניים. המרכז לחקר העיר והאזור, הטכניון, מכון טכנולוגי לישראל.
5. קמחי, י. 2004. מגמות בהתפתחות ירושלים ובזיקותיה למרחב הסובב אותה, ירושלים בת-קיימא סוגיות בפיתוח ושימור, מכון ירושלים לחקר ישראל פורום ירושלים בת-קיימא. עמ' 46-11.

מקורות באנגלית

6. Bragado, N., Corbett, J., and Sprowls, S. 1995. **Building Livable Communities: A Policymaker's Guide to Infill Development**. Center for Livable Communities, Local Government Commission, Sacramento, CA.
7. Burchell, R.W., Shad, N. A., Lisotkin, D., Phillips, H., Downs, A., Seskin, S., et al. 1998. **The costs of sprawl revisited**. Washington, DC: National Academy Press.
8. Cheng, J. 2003. **Modelling Spatial and Temporal Urban Growth**. Doctoral Dissertation. Faculty of Geographical Sciences, Utrecht University, TC Utrecht, the Netherlands. ISBN 90-6164-212-4. ITC Dissertation number 99.
9. Danlin, Y. et al. 2003. **Spatial Association and spatial statistic techniques**. Department of Geography, University of Wisconsin.
10. Downs, A. 1994. **New Visions for Metropolitan America**. Washington, DC: The Brookings Institution.
11. Ewing, R. 1994. **Causes, characteristics, and effects of sprawl: A literature review**. Environmental and Urban Issues, 21(2), 1–15.
12. Ewing, R. 1997. **Is Los Angeles-style sprawl desirable?** Journal of the American Planning Association, 63(1), 107–126.
13. Ewing, R., Pendall, R. and Chen, D. D. T. (2002). **Measuring sprawl and its impact**. Washington D.C. Smart Growth America.
14. Fang et al. 2007. **Measuring Urban Sprawl in Beijing with Geo-Spatial Indices**. Journal of Geographical Sciences.
15. Galster, G. et al. 2000. **Wrestling Sprawl to the Ground: Defining and Measuring an Elusive Concept**. Fannie Mae Foundation, Vol. 2, Issue 4.

16. Gonen, A. (1995), Recent Middle-Class Spread to Suburbia, in: Gonen, A. (ed.), **Between City and Suburb – Urban Residential Patterns and Processes in Israel**, chp. 9, pp. 114-138, England: Avebury.
17. Gonen, A. (1996), **Changing Urban Residential Structure in Israel**, Gradus, Y. and Lipshitz, G. (eds.). **The Mosaic of Israeli Geography**, pp. 55-62, The Negev Center for Regional Development, Beer Sheva: Ben-Gurion University of Negev Press.
18. Nelson, A.C. and J.B. Duncan. 1995. **Growth Management Principles and Practices**. Chicago, IL, American Planning Association
19. Nelson, A. C. 1999. **Comparing States with and without Growth Management Analysis Based on Indicators with Policy Implications**. Land Use Policy, no. 16, pp. 121-127.
20. Sabri, S. and Yaakup, A. 2008. **Multi-Criteria decision making for Urban Sprawl, using Analytic Network Process and GIS, case of Iskandar Malaysia Region**. The 2nd Interantional Conference on Built Environment in Developing Countries (ICBEDC). Kuala Lumpur, Malaysia. Online: <<http://fabserver.utm.my/download/ConferenceSemiar/ICBEDC2008P02.pdf>>
21. Shoshany, M., Goldshleger, N. .2002. **Land-use and Population Density in Israel-1950 to 1990: Analysis of Regional and Local Trends**. Land Use Policy, No 19, pp. 123-133.
22. Sierra Club. 1998. **Sprawl: The dark side of the American dream**. College Park, MD: Challenge to Sprawl Campaign.
23. Snyder, K., and L. Bird. 1998. **Paying the Costs of Sprawl: Using Fair-Share Costing to Control Sprawl**. Online: <<http://www.sustainable.doe.gov/articles/sprawl.html>>
24. Song, P. et al. 2002. **Techniques for Mitigating Urban Sprawl: Goals, Characteristics, and Suitability Factors**. Texas Department of Transportation.
25. Ståhle, A. and Marcus, L. 2010. **Compact Sprawl Experiments: Four Strategic Densification Scenarios for Two Modernist Suburbs in Stockholm**. The Journal of Space Syntax Volume: 1, Issue: 1, Pages: 59-76.
26. Tal, Alon 2008, **Space Matters: Historic Drivers and Turning Points In Israel's Open Space Protection Policy**, Israel Studies, Volume 13, Number 1, Spring 2008, pp. 119-151 (Article).
27. Torrens, P.M., Alberti, M. 2000. **Measuring Sprawl, Centre for Advanced Spatial Analysis**. Working Paper Series, paper 27, London: University College.
28. Yu, Danlin. **Spatial Association and spatial statistic techniques**. *Power Show*. N.p., n.d. Web. 15 May 2011. Online: <http://www.powershow.com/view/1ab7f-MDc1Y/Spatial_Association_and_spatial_statistic_techniques_flash_ppt_presentation>
29. Central Bureau of Statistics, Israel. Web. May 2011. Online: <www.cbs.gov.il>

אתרי אינטרנט

X. נספחים

נספח 1:

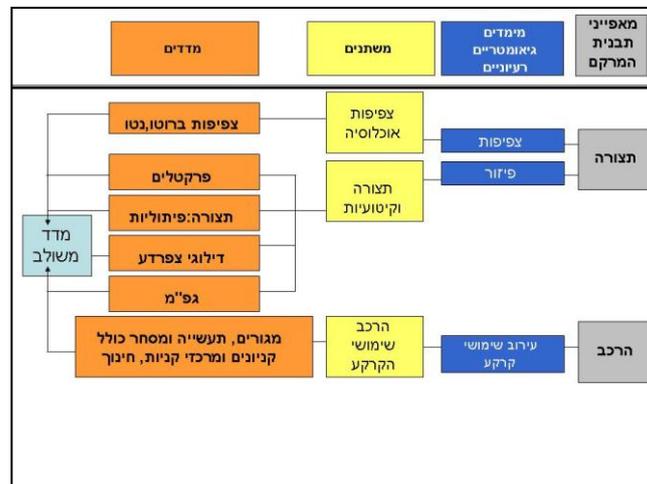
טבלה 3: השפעות שליליות של זחילה

Substantive Concern	Negative Impact
Public-Private Capital and Operating Costs	Higher Infrastructure Costs
	Higher Public Operating Costs
	Higher Private Residential and Non-Residential Development Costs
	Worse Public Fiscal Impacts
	Higher Aggregate Land Costs
Transportation and Travel Costs	Greater Vehicle-Miles-Traveled (VMT)
	Longer Travel Times
	Higher Frequency of Automobile Trips
	Higher Household Transportation Expenditure
	Less Cost Efficient Transit
	Higher Social Costs of Travel
Land and Natural Habitat Preservation	Higher Risk of Injuries and Fatalities
	Loss of Valuable Agricultural Land
	Reduced Farmland Productivity
	Reduced Farmland Viability (Water Constraints)
Quality of Life	Loss of Fragile Environmental Lands
	Loss of Regional Open Space
	Aesthetically Displeasing
	Reduced Community Bonds
	Greater Stress
	Higher Energy Consumption
	Higher Water Consumption
Social Issues	Greater Environmental Pollution
	Reduced Historic Preservation
	Worse Jobs-Housing Imbalance
	Foster Suburban Exclusion
	Foster Spatial Mismatch
	Foster Residential Segregation
	Worsen City Fiscal Stress
	Worsen Inner City Deterioration

מקור: Burchell et al., 1998

נספח 2:

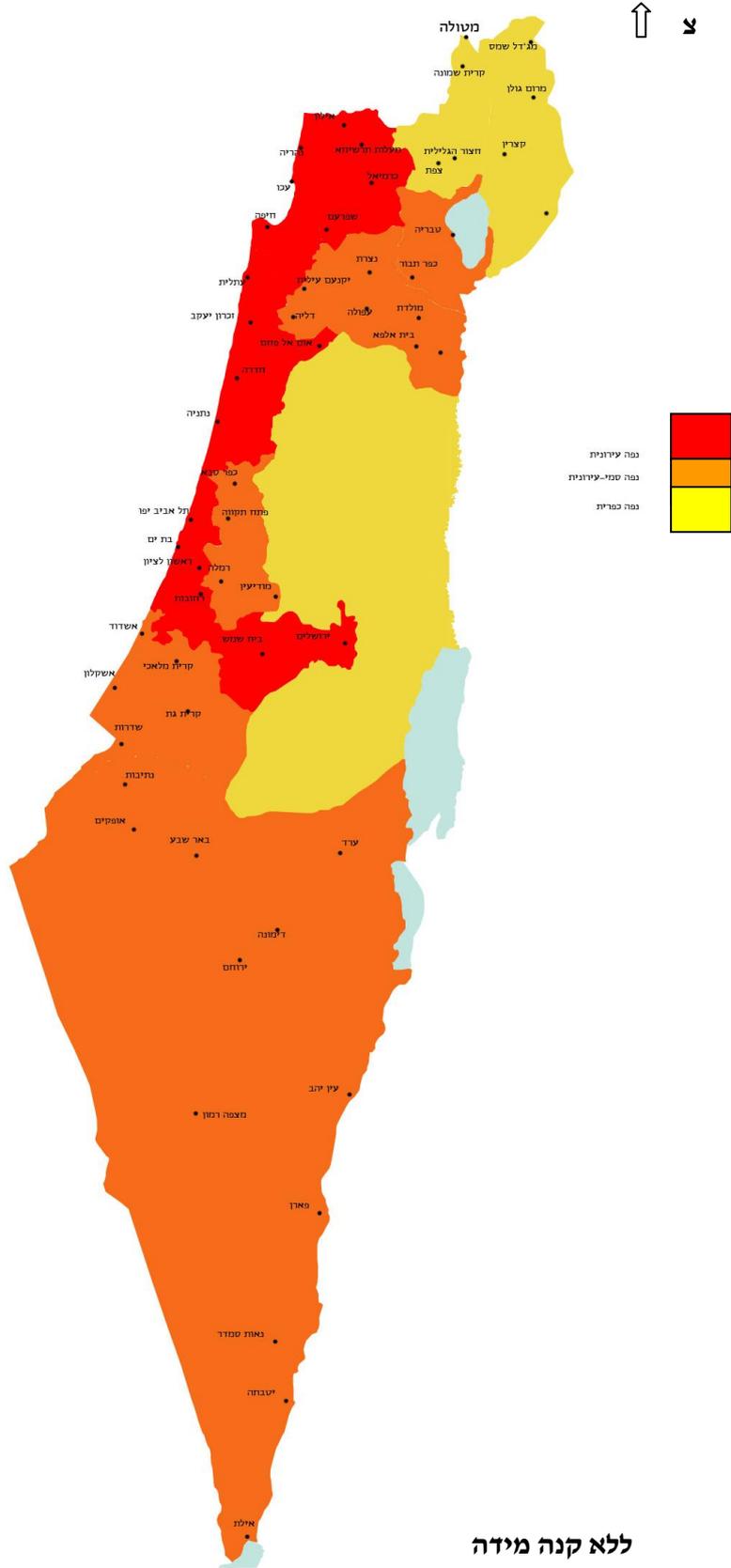
איור 3.2 - סיווג המדדים לפי מימדים גיאומטריים



מקור: פרנקל ואשכנזי, 2005

נספח 3: הנפות שנבדקו במסגרת העבודה

מקור: למ"ס, 2009



אומדן גודל האוכלוסייה של יעל נובי (*Capra Ibex Nubiana*) במדבר יהודה לקראת בניית גדר ההפרדה

הצעת המחקר מוגשת במסגרת קורס פרויקטים באיכות הסביבה, תשע"א

מגישים:

- טל עמית,
- אבישי מוסקוביץ,
- מאיר נאמן,
- שחר כהנוביץ,

תודות:

- הפקחים – גל וין (נגב דרומי) ודודו זכאי (מדבר יהודה)
- ד"ר עמרם אשל

תוכן:

3	תקציר
4	מבוא
6	סקירת רקע מדעי
11	שאלות מחקר וחשיבות שאלות המחקר
13	שיטת מחקר
18	הערכת קשיים צפויים
19	סיכום
21	ביבליוגרפיה
24	נספחים

תקציר

לאור הקמת גדר המערכת העתידית שתחצה את השטחים הפתוחים של מדבר יהודה ותפריד בין שטחי הרשות הפלסטינית לשטחי ישראל, אוכלוסיות יונקי הבר באזור המופר עלולה להימצא בסכנה. על פי ניירות עמדה של חוקרים מתחום האקולוגיה בארץ, המופיעים בין השאר כעמדתה של החברה להגנת הטבע, נראה שאחד המינים המרכזיים שנמצאים תחת איום ממשי באזור דרום מדבר יהודה הינו היעל הנובי. זאת אולי מכיוון שהאזורים אותם חוצה הגדר קרובים במיוחד לאזורים שבהם אוכלוסיית היעל הנובי משגשת יותר מאשר במקומות אחרים בארצנו. מאחר וטרם בוצע מחקר מקיף שימדוד וינטר אוכלוסייה זו, מצאנו לנכון להציע מחקר שיתמקד באזורים הרלוונטיים, על מנת שניתן יהיה בעתיד לחקור את השפעת הגדר לאחר שתוקם. בנוסף, המחקר המוצע יאפשר ביצוע אומדן של הקשר בין אוכלוסיות היעלים השונות, ובהמשך להציע פתרונות אפשריים וחלופות סביבתיות לתוכנית הקמת הגדר שימזערו את הפגיעה במערכת האקולוגית.

דרך המחקר המוצעת למדידת גודל אוכלוסיית היעלים באזורים המדוברים היא באמצעות אנליזה של D.N.A בגללים. באמצעות שיטה זו ניתן לבדוק לספור כמה פרטים שונים חיים באזורים הנבדקים. בנוסף ניתן לעקוב אחר פרטים העוברים מאזור אחד לשני, שכן הספירה מתבצעת על פי זיהוי מדויק של פרט ספציפי.

מתוך כך ניתן יהיה ללמוד יותר על אורח חייהם של היעלים בארץ בהקשר לריכוזי תפוצה ופריסה בשטח ובהקשר של היחס בין האוכלוסיות השונות. לאחר מחקר זה שיאמוד בדיוק גבוה את גודל אוכלוסיית היעלים כיום, מחקר המשך עתידי של גודל האוכלוסייה לאחר בניית גדר ההפרדה יאפשר ללמוד על השפעות הקיטוע של גדר ההפרדה על המגוון הביולוגי בשטחים הפתוחים של ארצנו.

מבוא

שימור המגוון הביולוגי הוא בעל חשיבות גדולה על יציבותן ובריאותן של מערכות אקולוגיות. במהלך המאות האחרונות התמעטה אוכלוסית יונקי הבר הגדולים בישראל ובחלקה אף נכחדה (IUCN, 2001). הכחדה עשויה לנבוע משינויים סביבתיים מהירים כגון כניסת טורפים חדשים או אסונות טבע. כיום, גורמים אנטרופוגנים מהווים את האיום הגדול ביותר על אוכלוסיית יונקי הבר בפרט ועל המגוון הביולוגי בכלל (Fahrig, 2003). ההשפעה האנטרופוגנית החמורה ביותר נובעת מהרס בתי הגידול הטבעיים ומשינויים שמחולל האדם בסביבת החיים של חיות הבר. הרס וקיסוע (Fragmentation) בתי גידול, הנחשבים לאיומים הגדולים ביותר על המגוון הביולוגי (Groombridge, 1992, אצל Fahrig, 1997), גורם לבידוד אוכלוסיות ותתי אוכלוסיות ויכול לגרום להכחדתן בהעדר מסדרונות מעבר (Crooks, 2002), אם עקב ניתוק האוכלוסייה ממקורות מים ומזון הכרחיים ואם עקב פגיעה במגוון הגנטי.

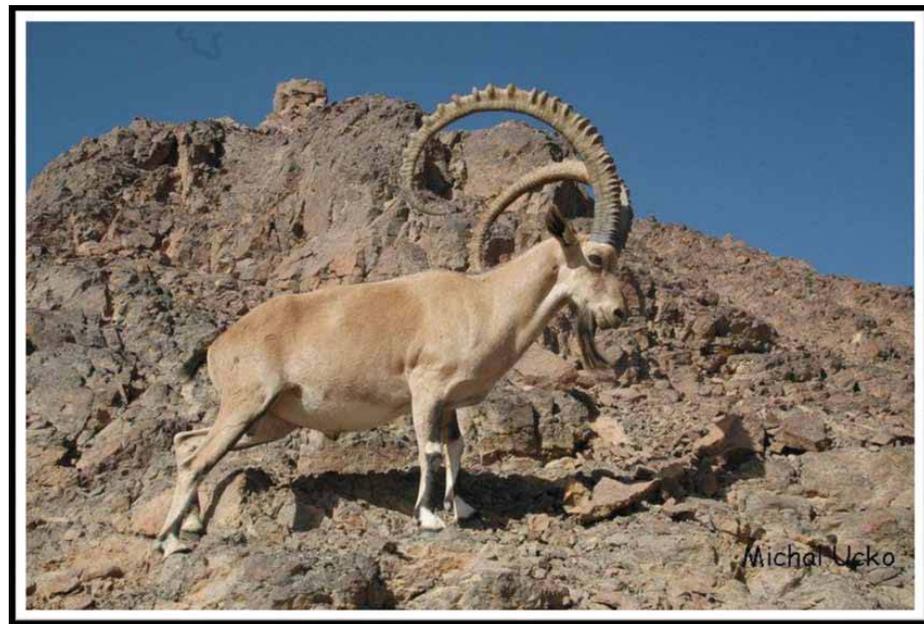
היעל הנובי (*Capra Ibex Nubiana*), הוכרז לאחרונה כמין אנדמי לאזור מדבר יהודה, זאת לאחר שנכחד מרוב אזורי המחייה שלו במזרח התיכון עקב ציד בלתי מבוקר (פרלברג, 2009). היעל הנובי משמש כמדד ליציבות המערכת האקולוגית המדברית ומשמש כסמל של שימור טבע (סמל רשות הטבע והגנים הלאומיים, ראו נספח א') ומורשת היסטורית (הופעות בתנ"ך ובציורי קיר עתיקים באזורנו) (פרלברג, 2009). בישראל מצויים כאלף פרטים של יעל נובי, מחציתם במדבר יהודה (Mendelsohn & Yom Tov, 1999).

גדר ההפרדה המוקמת בין ישראל לרשות הפלסטינית, מהווה מכשול קרקעי מאסיבי המונע מעבר חופשי של יונקי בר בין צדדיו (ראו נספח ב', מכשול הגדר). תוואי הגדר העתיד להיבנות במדבר יהודה (ראו נספח ג', תוואי הגדר המוצע) עתיד לבדוד את אוכלוסיית היעלים במדבר יהודה לשתי אוכלוסיות קטנות נפרדות ואף קיים חשש לניתוקם משטחי רעיית החורף שלהם ברמת המדבר (פרומקין ופרומקין-אחירון, 2011). כמו כן אוכלוסיית צפון מדבר יהודה תנותק מאוכלוסיית הר הנגב.

אחת השיטות לבדוק את השפעת בניית הגדר על המערכת האקולוגית היא לבדוק את ההשפעה על מין מטריה אשר יכול לתת אינדיקציה לגבי ההשפעה על כלל המערכת האקולוגית בה הוא חי. היעל הנובי יכול לשמש כמין מטריה למערכת האקולוגית של מדבר יהודה (פרלברג, 2009). היותו של היעל הנובי גם מין דגל המעורר את אהדת הציבור הוא עוד שיקול בבחירת מין זה כנושא המחקר של עבודה זו.

על מנת לבדוק את השפעה של גורמים סביבתיים על אוכלוסייה, חשוב לאמוד תחילה את גודל האוכלוסייה כקריטריון בסיסי להערכת היציבות וההשפעה הסביבתית על המין (IUCN, 2001). השוואה של גודל האוכלוסייה כיום אל מול גודל האוכלוסייה לאחר בניית הגדר תבדוק את השפעת הגדר על המערכת האקולוגית במדבר יהודה ותהווה כלי בידי קובעי המדיניות לגבי יישום או שינוי תוואי ואופי הגדר בשטח מדבר יהודה.

הערכת גודל אוכלוסיית היעל הנובי כיום הנה בעייתית בשל אי דיוקים בשיטות מדידה המיושמות בשטח: ספירת פרטים על ידי פקחים (פרלברג, 2009). מחקר זה בא לענות על הצורך בבסיס נתונים מדויק לגבי גודל האוכלוסייה של היעל הנובי כך שאפשר יהיה בעתיד לבצע השוואה והערכה של השפעת הגדר. שיטות מחקר הדורשות לכידה וניוד של בעל החיים (Mark and Recapture) אינן ישימות בשל בעיות אתיות ולוגיסטיות. שיטות מחקר לא-פולשניות (Non-Invasive) שאינן דורשות לכידה, סימון או הפרעה לבעל החיים מהוות פתרון לבעיה המתוארת ומיושמות בעבודה זו.



יעל נובי (פרלברג, 2009).

סקירת הרקע המדעי

מגוון ביולוגי וקיטוע:

בשנת 1992 נחתמה אמנת ריו שתכליתה הוא שימור המגוון הביולוגי (UNEP, 1992). למגוון ביולוגי פנים רבות ובו שלושה מרכיבים מרכזיים: מגוון גנטי, מגוון מינים ומגוון מערכות אקולוגיות (Heywood et al., 1995). שלושת המרכיבים הללו קשורים זה בזה באדיקות ושינויים במרכיב אחד יכולים להשפיע על המרכיבים האחרים (שקדי ושדות, 2000). הרס וקיטוע (או פיצול) בתי גידול הם שתי הסיבות העיקריות לקצב הכחדת המינים והמגוון הביולוגי הגבוה הנוכחי (Groombridge, 1992, אצל Fahrig, 1997). בידוד בית גידול ופיצולו עלול להוביל לאובדן של מיני מפתח, הקטנת אוכלוסיות, שינוי גודל קבוצות הגיל באוכלוסיות, שינוי בהרכב המינים (הכחדה, פלישה) או הרמות הטרוניות, שינוי בקצב הפצה, המגוון הגנטי, עושר ומגוון המינים וסחיפה גנטית (Spellerberg, 1990, אצל פרבולוצקי ופולק, 2001). ולכן שימור שטחים פתוחים הינו אמצעי מרכזי בשמירת המגוון הביולוגי (שקדי ושדות, 2000).

השטחים הפתוחים (כולל שטחי חקלאות), מהווים כ-90% משטח ישראל. הם מקוטעים, אינם אחידים בפזורה המרחבי וסובלים מפעולות פיתוח בסמוך להם. השטחים הפתוחים בחבל הים תיכוני שבו מרוכזת עיקר אוכלוסיית ישראל, מאופיין בקיטוע רב והשטחים המוגנים בו (שמורות טבע, גנים לאומיים ויערות קק"ל) מפוצלים ליחידות רבות וזעירות המוקפות בשטחים בנויים וכבישים ראשיים (אחירון-פרומקין, 2011). בישראל למעלה מ-300 שמורות טבע העוסקות בשימור מגוון ביולוגי אך אין די בכך בכדי להגן על מגוון זה משום ש:

(1) רוב שמורת הטבע הן קטנות על פי כל אמת מידה ובהכרח מאפשרות את קיומן של אוכלוסיות קטנות בלבד (שקדי ושדות, 2000). אוכלוסיות קטנות כאמור רגישות יותר לתופעות קשות לחיזוי כגון סחיפה גנטית המורידה את המגוון והגדלת ההסתברות לזיווג שארים (Caughley & Gunn, 1996, אצל שקדי ושדות, 2000). אירוע אקראי שמחוץ לשליטתנו מביא בהסתברות גבוהה להכחדתן של אוכלוסיות קטנות (Meffe & Carroll, 1997). זו הסיבה לתלותן של אוכלוסיות מוגנות בתחומי שמורות טבע באוכלוסיות הנמצאות בשטחים פתוחים מחוץ לה.

(2) שמורות הטבע מנותקות זו מזו על ידי כבישים (ותשתיות אחרות) ובינוי (וצורות הפרה והפרעה אחרות), דבר העלול למנוע העברה של חומר גנטי בין אוכלוסיות ולירידה בהתאמת האוכלוסייה לסביבתה (Meffe & Carroll, 1997). ניתן להסיק מהכתוב לעיל שעל מנת לשמר מגוון ביולוגי עלינו לא רק להגן על שטחים גדולים אלא גם ליצור בניהם רציפות, בכדי לאפשר את קיומן של אוכלוסיות גדולות יחסית ומעבר של גנים בניהן (שקדי ושדות, 2000). רצף קרקעי בין אזורים שמורים נקרא מסדרון אקולוגי.

מדבר יהודה

מדבר יהודה הינו מדבר מקומי הנוצר מתנאים גיאוגרפיים מיוחדים ובכך הוא שונה מהמדבר בסיני ובנגב שהם חלק מרצועת המדבריות הסובטרופיות (דנין, 1973).

גבולות: מדבר יהודה משתרע בין מורדות הרי יהודה / הרי חברון במערב ובין ים המלח במזרח. בצפון מפריד ואדי עוג'יא בינו ובין השומרון ובדרום מפריד נחל חימר בינו לבין הנגב.

אקלים: כמות המשקעים השנתית נמוכה מאד: מ-200-300 מ"מ גשם בצפון וצפון מערב ל-20-50 מ"מ גשם בדרום ודרום מזרח. כאשר כן יורדים גשמים הם חזקים ונמשכים פרק זמן קצר יחסית המתרכזים במספר ימים בודדים בשנה. רכס ההרים במערב המדבר יוצר "צל גשם" תופעה בה עננים המגיעים ממערב הנושאים מים ממטירים בפסגות, באוויר הקר, ו"מתייבשים" כשהם יורדים במהירות יחסית על הרכס המזרחי של הרי יהודה / הרי חברון דבר הגורם לאקלים מדברי צחיח (גדות, 1973).

מים במדבר יהודה: מדבר יהודה מתאפיין בעירוץ צפוף ממערב למזרח הנוצר בגלל גשמים חזקים היוצרים שיטפונות כתוצאה מסוג הקרקע וכושר הולכה נמוך שלו (גדות, 1973). כל הנחלים במדבר הם נחלי אכזב (גדות, 1973). מקורות המים העיקריים הם בנחל דויד ונחל ערוגות שם יש נביעה קבועה של מעיינות הניזונים ממי תהום שמקורם בגשמים היורדים בהרי יהודה / הרי חברון (גדות, 1973; מנדלסון ויום-טוב, 1987). מקורות מים נוספים מישניים הם מעיינות בנחל צאלים ובנחל משמר כמו גם בנחל עוג'יא ובנחל קלט. בנוסף יש נביעות ארעיות קטנות בנקודות שונות בקניונים שלאורך עמק חוף ים המלח (גדות, 1973).

יחידות הנוף במדבר יהודה: ניתן לחלק את מדבר יהודה לארבע יחידות נוף המתפרסות לאורך המדבר (מצפון לדרום). להלן החלוקה ומאפייניהם, ממערב למזרח, לפי משל (1973):

- א. המדרגה העליונה – זו רצועה צרה בשיפוליו המזרחיים של רכס הרי יהודה / הרי חברון. רצועה זו מאופיינת במדרון משופע מתון עד תלול. מסלע של גיר קשה ודולומיט (קנומן-טורון), וקירטון שמכוסה בדרך כלל בנארי. 300-450 מ"מ גשם בממוצע רב שנתית.
- ב. רמת המדבר – יחידה המהווה את רוב שטחו של מדבר יהודה. מאופיין כאזור מבוותר המשתפל כללית מזרחה. הנחלים הראשיים מקבילים זה לזה וזורמים כמובן מזרחה. מסלע של צור וקירטון היוצרים גבעות מעוגלות, כיפתיות, אך גם גבעות מזדקרות לעיתים. 300-50 מ"מ גשם בממוצע רב שנתית. באזור זה כמעט ואין מעיינות (גדות, 1973).

ג. מצוק העתקים – מצוק זקוף המתנשא לגובה של מאות מטרים. בדרך כלל בנוי מכמה מדרגות. המסלע באזור זה הוא בעיקר קנומן. קניונים קוטעים את רציפות המצוק ויוצרים בו מפרצים עמוקים וצרים.

ד. עמק חוף ים המלח – גודלה של יחידה זו תלויי בשינויים במפלס ים המלח. הטופוגרפיה באזור זה היא אופקית כראוי לעמק. רוב השטח מכוסה בסחף ובחלוקים. האקלים טרופי חם. ישנן ריכוזי נביעות מתוקות ומלוחות, חמות וקרורות לאורך החוף. לידן נאות מדבר קטנים.

היעל הנובי

המין יעל (*Capra Ibex*) שייך לתת משפחת היעלים (*Caprinae*), שבמשפחת הפריים (*Bovidae*) (מנדלסון ויום-טוב, 1987; דנין, 1998). המין מונה חמישה תת מינים (מנדלסון ויום-טוב, 1987; דנין ואח', 1998):

- *Capra Ibex Ibex* – תחום תפוצתו בהרי האלפים שבאיטליה צרפת ושוויץ.
- *Capra Ibex Caucasica* – תחום תפוצתו בהרי הקווקז.
- *Capra Ibex Siberica* – תחום תפוצתו בדרום מזרח הרי ההינדו-פקיסטן, צפון הודו והרי סיביר.
- *Capra Ibex Walia* – תת מין בסכנת הכחדה שכל אוכלוסייתו מונה כ 500 פרטים. חי בהרי סמיין שבאতিופיה, בעבר תפוצתו הייתה יותר נרחבת (IUCN, 2011).
- *Capra Ibex Nubiana* – היעל הנובי החי בצפון סודן, במצריים, סיני, בחצי האי ערב, בירדן ובארץ ישראל.

אזורי תפוצה בארץ (ראו נספח ד'): תחום תפוצה של היעל הנובי בארץ הוא מתחת לקו ה-200-150 מ"מ גשם בשנה (ראו נספח ה') (מנדלסון ויום-טוב, 1987). עם זאת ברמת הגולן מתקיימת אוכלוסייה קטנה, שהועתקה לשם בשנת 1970 (שם; דנין ואח', 1998). ליעל הנובי שלושה אזורי תפוצה מרכזיים בארץ: אזור מדבר יהודה, מרכז הנגב (הר הנגב, אזור שדה בוקר ומצפה רמון) והרי אילת - שם האוכלוסייה הקטנה ביותר מבין השלושה (פרלברג, 2009; Shkedy & Saltz, 2000). היעל הנובי, להבדיל מחיות מדבר אחרות, צריך לשתות כל מספר ימים. לכן ריכוזי התפוצה שלו הם בעיקר סביב מעיינות ונביעות (מנדלסון ויום-טוב, 1987; דנין ואח', 1998). מנדלסון ויום טוב (1987) מניחים שבאזורים בהם נפוצים היעלים אך אין מקור מים קרוב, הם הולכים כל מספר ימים למקור מים קרוב. לפי מחקרם של שקדי וזלץ ריכוזי אוכלוסיות נמצאים תמיד סביב מקור מים זמין ואם נצפים פרטים או ריכוזי פרטים באזורים אחרים סימן שהם בנדידה בין בית גידול אחד לאחר (Shkedy & Saltz, 2000). לטענתם מתקיימת הגירה של פרטים, דרך מסדרונות אקולוגיים, בין אוכלוסיות במרכז הנגב לאוכלוסיות במדבר יהודה אך כנראה שאוכלוסיית היעלים בהרי אילת מבודדת משאר

האוכלוסיות בארץ (Shkedy & Saltz, 2000). באזור מדבר יהודה, בחורף, נפוץ היעל הנובי גם בואדיות באזור רמת המדבר בו הוא מלכך עשב ירוק המספק את צרכי המים שלו (דנין ואח', 1998).

נדידה עונתית: ליעלים תחומי מחייה שונים ביניהם הם נודדים לפי שלושה עונות: חורף, קיץ ועונת הייחום (ספטמבר עד נובמבר). המרחקים בין תחומי המחייה יכולים להגיע לעשרות קילומטרים (מנדלסון ויום-טוב, 1987). זכרים בוגרים בדרך כלל דבקים בתחומי מחייה קבועים ובעיקר בזה של עונת הייחום (מנדלסון ויום-טוב, 1987).

בית גידול: לרוב חי היעל הנובי באזורים הרריים וסלעיים בעיקר באזורים המאופיינים בואדיות ומצוקים. עם זאת הוא לעיתים נוטה לנדוד לתוך אזורים אחרים. מכיוון שכאמור היעל הנובי צריך לשתות תכופות, בית הגידול שלו יהיה קרוב למקור מים זמין. עובדה זו באה לידי ביטוי במיוחד בתקופת הקיץ היבשה בה מתרכזים היעלים סביב מקור מים קבוע. כך למשל אזור עין גדי, בו יש נביעה קבועה של מעיינות בנחל דויד ונחל ערוגות, מהווה גן עדן ובית גידול אופטימאלי ליעל הנובי ואכן האוכלוסייה שם בקיץ מונה כשליש מסך הפרטים בארץ (מנדלסון ויום-טוב, 1987). בעונת החורף קטנה האוכלוסייה בעין גדי לשליש מגדול האוכלוסייה בקיץ שכן היעלים נודדים כאמור לתוך רמת המדבר (דנין ואח', 1998).

מאפיינים פיסיים: גופו של היעל מוצק ושרירי, רגליו קצרות וחזקות. מבנה גופו מותאם לטיפוס יותר מאשר לריצה (להבדיל מהצבי למשל), שכן מבנה שריריו מקנה לרגליו יותר כוח מאשר מהירות. מרכז כף רגלו של היעל הינה כמו כרית גמישה כגומי ומסביבה קרן קשה. מבנה זה מאפשר היאחזות בסלעים ועצירה פתאומית במצוקים תלולים (נעלי מטפסי הרים מעוצבות בהתאם לצורה זו). הצעידה מתבצעת על שתי אצבעות – השלישית והרביעית. האצבע השנייה והחמישית קצרות יותר ואינן נוגעות בקרקע אלא בשעת ירידה במדרון תלול במיוחד. היעל מסוגל לקפוץ לגובה של עד 3 מטר (מנדלסון ויום-טוב 1987).

הבדלים זווניים: הזכרים גדולים וחזקים מהנקבות. אורך גופם של הזכרים 120 ס"מ, ושל הנקבות 100 ס"מ. משקל הזכרים 45-60 ק"ג (ועד 80 ק"ג בשבי) ומשקל הנקבות 20-40 ק"ג (ועד 50 ק"ג בשבי) (מנדלסון ויום-טוב, 1987). כמו אצל רוב בעלי הקרניים היעלים מאופיינים בדו-צורתיות מינית. לנקבות קרניים דקות וקצרות יותר (עד 40 ס"מ) אך הן חדות יותר ויכולות לשמש נשק מסוכן יותר (מנדלסון ויום-טוב, 1987). זאת בעוד לזכרים קרניים עבות וארוכות יותר המשמשות אותם למאבקי דומיננטיות (מנדלסון ויום-טוב, 1987). ישנם גם הבדלי תזונה בין הזכרים לנקבות. הזכרים נוטים לאכול חתיכות מזון גדולות וזמן עיכולן ארוך יותר מאשר נקבות שאוכלות במשך יותר זמן פיסות קטנות המתעכלות במהירות גדולה יותר (מנדלסון ויום-טוב, 1987). ככל הנראה יש גם הבדלי תפוצה בין המינים, וזאת כאשר נקבות נוטות להיות בקבוצות גדולות יותר וקרוב יותר למצוקים (Shkedy & Saltz, 2000).

מאפיינים חברתיים: היעל הינה חיה חברתית החיה לרוב בעדרים. ישנם מספר סוגי עדרים: עדרי נקבות הכוללות גדיים וזכרים צעירים (לרוב עד גיל שנתיים); עדרי זכרים בוגרים ומתבגרים, שמתחברים יחדיו לקראת עונת הייחום ונלחמים על דומיננטיות (עם כי רוב הקרבות מתבצעים בין זכרים בינוניים בעוד הזכרים הדומיננטיים צריכים להילחם פחות); ובעונת הייחום עדרי זכר דומיננטי עם הרמון של נקבות (מנדלסון ויום-טוב, 1987). לעיתים העדרים מתערבבים אך לא בעונת הייחום. כאשר הנקבות ההרות עוזבות את העדר להמליט הגדיים הצעירים נותרים לבדם, דבר היוצר עדר של צעירים. לעיתים נצפים זכרים בוגרים הנעים לבדם. ישנה תחלופה ערה של פרטים בין עדרים שונים מאותו סוג. בכל עדר (גם של זכרים וגם של נקבות) יש מבנה היררכי ברור (מנדלסון ויום-טוב, 1987).

תפוצה היסטורית: לפי מפת תפוצתו ההיסטורית של היעל הנובי (ראו נספח ו') ניתן לראות שתחום התפוצה של היעל בעבר היה די רציף בין צפון ים המלח לאזור הנגב וכנראה אפילו עד מצוקי אילת.

אזורים בהם מתרכזים אוכלוסיות של יעלים בארץ (לפי פרלברג, 2009):

נווה עין גדי: בנחל דויד ונחל ערוגות ישנה נביעה של מים מתוקים כל השנה הנובעים ממאגרים תת קרקעיים שמקורם בגשם שבהרי יהודה / הרי חברון באזור המדרגה העליונה ולא ברמת המדבר (גדות, 1973). על כן המקום מהווה מוקד משיכה מרכזי ליעלים באזור. בשנת 2009 נספרו באזור זה 238 פרטים.

אזור מדבר יהודה (פרט לנווה עין גדי): המוקדים העיקריים בהם מתרכזים יעלים במדבר יהודה הם: אזור קומראן, עיינות צוקים, מצוקי דרגות ועין סלבדורה. באזור זה נספרו ב-2009 במהלך אוקטובר 165 יעלים.

אזור מרכז הנגב (הר הנגב): מקורות המים והמרעה שבהם לעיתים מתרכזים יעלים הם: עין זיק, עין עקב עליון, עין עקב תחתון, מעלה דיבשון, עין עבדת, בור חווארים, רכס חלוקים, הר צרור. בנוסף לנביעות שונות זמניות. בכל אזור הר הנגב נספרו ב-2009 141 יעלים.

אזור הרי אילת: מקורות המים והמרעה שבהם לעיתים מתרכזים יעלים: שפך נחל גרופית, שפך נחל קטורה, נחל נטפים תחתון, נחל רודד תחתון, נחל שני, נחל עתק, נחל רחם, נחל נימרה, נחל שלמה, אזור אוגדת אילת, תמנע ומצודת יטבתה. מדובר בכ 59 יעלים שנספרו באביב 2009 ויתכן שהם מנצלים את כל המזון והמים העומדים לרשותם ולכן נמצאים במצב של מיצוי כושר הנשיאה של השטח.

שאלות המחקר

1. מהו גודל אוכלוסיות היעל הנובי כיום, טרם הקמת גדר ההפרדה באזור מדבר יהודה ורמת הנגב? במחקר יבדקו 3 אוכלוסיות של יעלים; האוכלוסייה במדבר יהודה (לא כולל עין גדי), האוכלוסייה בעין גדי והאוכלוסייה בהר הנגב.
2. מהי מידת הגירת פרטים בין האוכלוסיות בשלושת האזורים הנבחרים, טרם הקמת הגדר.

חשיבותן של שאלות המחקר

היעל הנובי משמש מזה עשורים כ"מין דגל" בנושא שמירת טבע בארץ, ומופיע על סמל רשות הטבע והגנים (ראו נספח א'). זהו מין נדיר של יונק צמחוני גדול, הנמצא בסכנת הכחדה וזקוק לשטחים נרחבים ומגוונים כדי להתקיים, ולכן יכול לשמש כ"מין מטרייה" מוצלח לאזורים הרריים ומצוקים. כך, ירידה בגודל אוכלוסיית היעלים יכולה להעיד על ירידה בכושר השטח כולו לשמור הן על היעלים והן על מינים אחרים החולקים את אותו השטח. גורמי הסיכון וההפרעה העיקריים לקיומו של היעל כיום הם ציד, אכילת שרידי מזון ואריזות מזון הגורמים לחסימות במערכת העיכול, פיתוח הכרוך בהרס איזור המחיה של היעלים (כמו ייבוש/זיהום של מקורות מים שהיעל שותה מהם) ועומס מבקרים.

לפי האקולוגים יורם יום טוב, נגה שור-קורנפלד ואחרים (יום טוב ואח', 2006), רצף השנים השחונות נותן את אותותיו באוכלוסיית היעלים במדבר יהודה, שמקורות המזון הטבעיים שלה הולכים ומידלדלים. כמין בסכנת הכחדה, אשר סובל מגורמי הפרעה רבים המסכנים את קיומו, יכולת היעלים לשרוד ולהתקיים תלויה גם בפעילות אנושית שאינה מפריעה או גוזלת משאבים טבעיים. בעקבות הצורך הביטחוני אשר עולה על שיקולים אקולוגיים ואחרים בהליכי קבלת ההחלטות, הגדר שתקום עלולה לחצות את איזור הגידול, להגביל את תנועת היעלים, להפריד בין אוכלוסיות יעלים למקורות המים והמזון שלהם, לשנות את מסלולי נדידתם ולא לאפשר הגירה של פרטים בין אוכלוסיות משני עברי הגדר. בנוסף, הקמת גדר שתהווה מחסום פיזי (בניגוד לאמצעי הגנה אלקטרוניים כמצלמות או חיישנים שאינם מפריעים לתוואי השטח), תשנה ותסיט את ערוצי מי הגשמים העיליים והתת-קרקעיים, ועלולה לפגוע בהתמלאות נחלים, הגבים והמעיינות במדבר, אשר משמשים את היעלים בתקופת הקיץ (יום טוב ואח', 2006).

על הסכנה האקולוגית הטמונה בהקמת גדר ההפרדה במדבר יהודה, ועל אוכלוסיות היעלים בפרט, חוו דעותיהם גם פרומקין ואחירון-פרומקין (2007): "היעלים במדבר יהודה מתרכזים בקיץ בעיקר סביב נאות המדבר בסמוך למעיינות, אך בחורף, לאחר שמתחילה נביטת הצמחים החד-שנתיים, עולים יעלים אל רמת המדבר לצורך רעייה. זכרים בוגרים, ולעתים גם נקבות בוגרות, נצפים

משוטטים במרחקים גדולים משולי המצוקים ונראים לעתים על גבעות במערב מדבר יהודה (למשל, באום דרג', כ-12 ק"מ מערבית לעין גדי). הגדר עשויה למנוע תנועה עונתית של יעלים בין מרחבי המחיה שלהם, לחייב אותם להצטופף בשטח מוגבל יחסית למרחב המחיה הטבעי שלהם ולצמצם את מקורות המזון שלהם, הדבר עלול לשבש את אורח חייהם ואולי אף להביא לחשיפה מוגברת לטורפים ולצמצום אוכלוסייתם".

שפע אוכלוסייה (מספר הפרטים ביחידת שטח) הנו אחד המדדים החשובים ביותר במעקב אחר אוכלוסיות מסוימות ובדיקת הפגיעה שלהן מגורמים סביבתיים (IUCN, 2001). שפע האוכלוסייה מכונה גם צפיפות האוכלוסייה מחוברת ישירות גם למדד התפוצה של האוכלוסייה, קיים קשר הדוק בין התפוצה לבין השפע, כך שכאשר אחד המדדים נפגע גם השני מושפע ממנו במערכת יחסים מורכבת השונה ממין למין (Gaston, 2002). היעל הנובי במדבר יהודה עתיד להינתק מהאוכלוסייה השכנה שלו בנגב, ההשפעה על התפוצה עשויה להשפיע גם על השפע של הפרטים. מחקר זה בא לספק בסיס נתונים מהימן שיאפשר בדיקה עתידית אם השפעה כזו תתרחש ובאיזו מידה. ההשערה שלנו היא שקיטוע משמעותי כמו גדר ההפרדה יפגע באיזון האקולוגי במגוון צורות וישפיע לרעה על שפע האוכלוסייה של היעל הנובי, יחד עם זאת תיתכן גם השפעה הפוכה בתחילת הדרך, קיטוע יכול להשפיע גם לכיוון של עודף אוכלוסייה (אין טורפים, אין לאן להגר) אך גם תופעה זו עתידה לפגוע באוכלוסייה בטווח הרחוק עד להתייצבות (משום שהמשאבים לא יתמכו בריבוי גדול של האוכלוסייה (Swanson, 2008).

שיטת הספירה של אוכלוסיית היעל הקיימות כיום בארץ אינן מדויקות (עד כדי 40% טעות), עובדה שתקשה על מחקר לקבוע את השפעת הקיטוע העתידי של השטח על אוכלוסיית היעל הנובי ועל המערכת האקולוגית (פרלברג, 2009). מחקר זה מנסה לפתור את בעיית הדיוק של הספירה ולאפשר כאמור מחקר עתידי על השפעת הגדר.

השלכותיהן המעשיות של תוצאות המחקר יכולות להביא לדיון מחודש של רשויות השלטון בתוואי הגדר או להתערבותם של פקחי הרטי"ג. אם בהעברה מתוכננת של פרטים בין אוכלוסיות, שיפוץ וניהול מעיינות, יצירת מעברים ליעלים בתוך הגדר או האכלה מבוקרת (כפי שנעשה בהרי אילת לאחר צמצום בגודל האוכלוסייה), ואם ברמה התיאורטית להוסיף על הידע הקיים מבחינת גודל אוכלוסיות, התנהגות וניידת היעלים בישראל בהתאם לעונות השנה.

שיטות מחקר:

קיימות שיטות שונות למדידה ולהסקה סטטיסטית לגבי גודל אוכלוסיה של מין מסוים בתא שטח מסוים. מחקרנו עוסק במדידה של גודל אוכלוסית יונקי בר גדולים בשטח נתון ומצומצם בגודלו (טווח הנדידה של יעל הוא כ 12 ק"מ סביב בסיס המים והמסתור שלו), הדבר משפיע ישירות על שיטות המדידה האפשריות, ככלל מחקר מסוג זה העוסק באוכלוסיה הנמצאת בשטח נתון ואינה נודדת על פני מרחבים גדולים הוא נוח יותר ומגוון האמצעים האפקטיביים לעריכתו גדול יותר. להלן מפורטות השיטות האפשריות לעריכת המחקר:

מתודולוגיות אפשריות למדידת שפע האוכלוסייה של היעל הנובי במדבר יהודה:

ספירת פרטים:

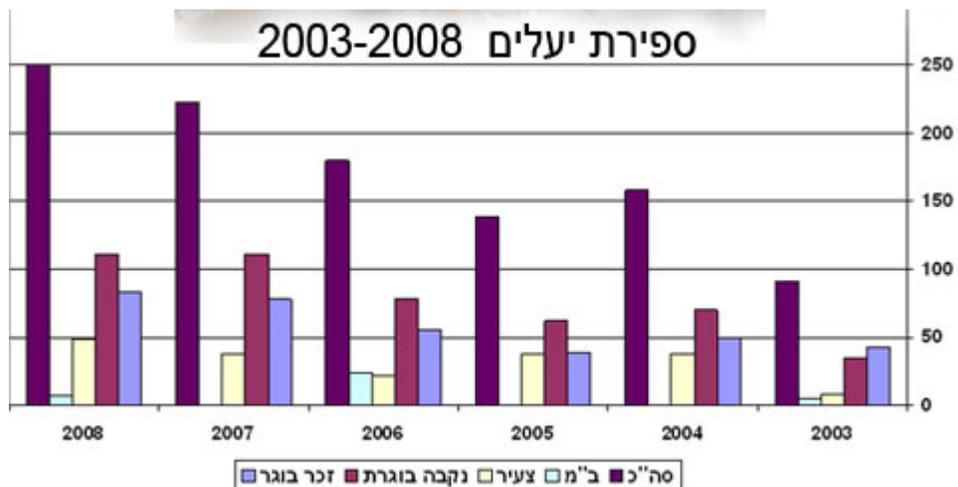
השיטה המקובלת כיום בארץ גם לגבי היעל הנובי ובכלל בעולם, היא השיטה הפשוטה ביותר – ספירה על ידי פקחים או מתנדבים היוצאים לשטח ומתעדים את מספר הפרטים שהם נתקלים בהם. על מנת לכסות שטח גדול ולהסיק מסקנות תקפות, יש להוציא לשטח מספר סופרים גדול יחסית ולחבר באופן מהימן את הספירות שלהם כך שלא יהיו חזרות. מצד שני יש לפרוש את הסופרים כך ששטחים לא יפוספסו. ככלל שיטה זו לא מדויקת ודורשת מבצע ממוקד הדורש כח אדם רב יחסית. אקולוגים נוהגים לעיתים לדגום שטח מסוים וממנו להסיק לגבי שאר בית הגידול. כמובן ששיטה זו מפחיתה את הדיוק של המדידה משום שהיא מערבת הנחות של החוקר לגבי פיזור האוכלוסיה הצפוי בבית הגידול.

שיטות ספירה מסוג זה לא נחשבות מהימנות ומגיעות לטעויות של עד כ-40% (פרלברג, 2009).
להלן שיטות ספירה נוספות שנבחנו לעבודה זו:

ספירה מנקודות תצפית אסטרטגיות – פקחים או מתנדבים ממתנינים בנקודות אסטרטגיות בהם בעלי החיים חייבים לעבור (למשל לאורך מעבר מסוים או ליד נקודות שתייה). כאשר מוצאים מספר מצומצם של נקודות בשטח בהן בעל החיים חייב לעבור ניתן לשבת בנקודות ולספור כל פרט שעובר. החסרון של שיטה זו היא שזמן הספירה האפקטיבי אורך זמן רב (מספר ימים), היא עלולה להפריע לחיות הבר לעבור בנקודה ההכרחית, ולבסוף לא ניתן לעקוב אחר חזרה של אותו פרט באותה נקודה או בנקודות שונות בזמן המדידה. בין השאר נספרים בשיטה זו היעלים באזור קומראן, עינות צוקים, מצוקי דרגות ועין סלבדורה (בבדיקה האחרונה נספרו כ-250 יעלים) (פרלברג, 2009).

ספירה רכובה (רכבי שטח) – באזורים שונים בארץ פקחי החברה להגנת הטבע סופרים את היעלים והצבאים במדבר יהודה בדרך כלל במבצעים שנתיים בהם יוצאים פקחים רכובים על גבי רכבי שטח ומסיירים בבתי הגידול. כל רכב עובר מספר נקודות שתוכננו מראש במהירות ומעביר נתונים בזמן אמת כך שמחברים את כל הספירות במקביל ומקבלים **מספר מינימלי** של האוכלוסיה.

ספירה מן האוויר (מסוק) – התנועה המהירה ומבט העל של המסוק מאפשרת קבלת תמונה מדויקת יחסית של מספר הפרטים באוכלוסיה כמו גם אינפורמציה מדויקת על פיזור במרחב כאשר משתמשים במכשירי GPS לקביעת המיקום (Fitzpatrick, 1998).



מתוך פרלברג, 2009

סימון ולכידה (Mark and Recapture) – שיטת לינקולן פטרסון למדידת גודל אוכלוסיה מציעה ללכוד ולסמן מדגם של פרטים מהאוכלוסיה ולאחר זמן קצר לבצע לכידה שנייה ולמדוד את מספר

הפרטים המסומנים שנלכדו. בשיטה זו ניתן להסיק סטטיסטית את גודל האוכלוסייה על פי שעור הפרטים המסומנים בלכידה השנייה. שיטה זו מניחה שהאוכלוסייה סגורה כלומר שבין שתי הבדיקות אין הגירה שלילית או חיובית בבית הגידול ואין מקרי מוות או ילודה. הנחה זו מצריכה קרבה בזמן של שתי המדידות.

נוסחת המדידה של לינקולן פטרסון :

$$\frac{R}{M} = \frac{C}{N}$$

N = סה"כ גודל האוכלוסייה

M = מספר פרטים שנלכדו וסומנו בלכידה הראשונה

C = מספר פרטים שנלכדו בלכידה השנייה

R = מספר הפרטים המסומנים שנלכדו בלכידה השנייה

סידור של המשוואה מחדש יעזור לנו לחשב את גודל האוכלוסייה בעזרת המדידות :

$$N = \frac{MC}{R}$$

שיטה זו סובלת מהחיסרון של סיבוך בלכידה במיוחד כאשר מדובר בבעל חיים גדול כיעל הנובי. בנוסף, שיטה זו נחשבת כהתערבות חזקה ועלולה לגרום לשינויי התנהגות בקרב הפרטים שנלכדו דבר שעלול לסכן אותם ולהשפיע על דיוקי המדידה.

ספירה של כמות הגללים בתא שטח – מחקר על צפיפות האוכלוסייה של צבאים בבריטניה בוצע על ידי ניטור כמות הגללים לאורך זמן והסקה על גודל האוכלוסייה על פי כמות הצואה. החסרון בשיטה זו במדבר יהודה היא שקשה להבדיל בין צואה של יעל לשל צבי בתצפית ישירה ולכן מחקר מסוג זה דורש בדיקות נוספות, כגון אנליזה גנטית (Tony 1998).

אנליזה DNA של שערות פרווה – מחקר מסוג זה בוצע בהצלחה בקנדה לצורך מדידת גודל אוכלוסיית דובי הגריזלי. איסוף שערות פרווה לצורך המחקר דורש הצבת מלכודות האכלה ספציפיות למין כך שהפרטים ישאירו שערות במקומות איסוף מוגדרים. מעבר להיותה מתערבת באופן חלקי, שיטה זו סובלת גם מחיסרון של חוסר דיוק בשל השפעת סוג ופיזור המלכודות על אופי האוכלוסייה הנמדדת (Mowatt, 1999).

אנליזה גנטית של גללי צואה – מכל השיטות זו השיטה הבלתי מתערבת ביותר וגם המדויקת ביותר. מחקר מסוג זה נעשה בהצלחה גם בישראל על אוכלוסיית הנמרים במדבר יהודה ובנגב (פרז 2003). איסוף שיטתי של גללי צואה על ידי פקחים וחוקרים ואנליזה גנטית של הגללים מאפשרים זיהוי

פרטים אינדיבידואלים והגדרה די מדויקת של גודל האוכלוסייה בתא השטח. חסרונה של שיטה זו הוא היותה איטית (אורכת זמן רב) והיותה תלויה בזמן מעבדה יקר. יתרונה הגדול הוא בכך שאינה דורשת את נוכחות בעל החיים בעת הדיגום ובכך נמנעת הפרעה למושא המחקר ומתאפשר איסוף נתונים גדול ולאורך זמן. יחד עם זאת יש לזכור ששיטות האנליזה במעבדה הן מסובכות וגם בהן קיימת סכנה להטיה של המדידות ולטעויות של החוקר עקב השימוש בשיטות ביוכימיות מורכבות ובטכנולוגיה רגישה הדורשת מספר רב של חזרות ובקורות (פרז, 2003).

מתודולוגית אנליזה גנטית של גללי צואה ואומדן גודל האוכלוסייה

אנליזה גנטית של גללי צואה מתבססת על כך שבעת ההפרשה נדבקים לגללים תאי אפיטל מהמעיי של בעל החיים. הפרדה של תאי אפיטל אלו מהצואה ואנליזה גנטית שלהם מאפשרת זיהוי האינדיבידואל המפריש וזאת בעזרת איתור סדרת סמנים מיקרוסטילטיים (אתרים ייחודיים ב-DNA). ניתוח מספר אתרי DNA הכוללים מספר חזרות קצר של נוקלאוטידים האופייניים לפרט מסוים ביונקים – כלומר אחראים לשיעור גבוה של פולימורפיזם בתוך המין, מאפשר בניית פרופיל גנטי לפרט – מעין טביעת אצבע גנטית. כך דגימות אקראיות של גללים לאורך זמן בתא שטח נתון בונות פרופילים לכל האינדיבידואלים הנמצאים בתא השטח אם הבדיקה תימשך מספיק זמן.

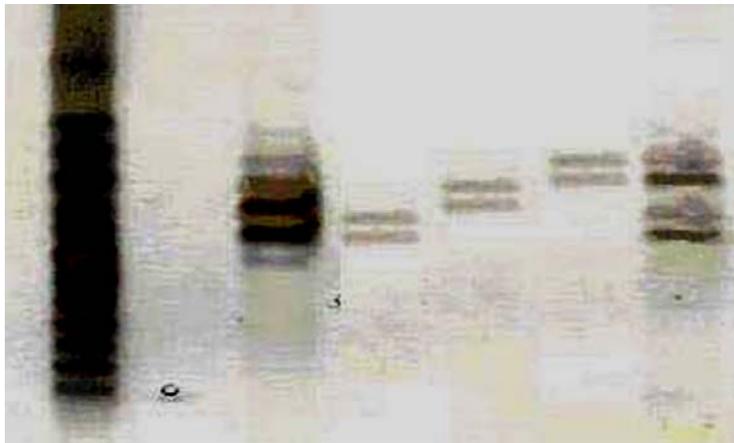
לצורך קביעת גודל האוכלוסייה על ידי מספר מצומצם של דגימות ניתן להשתמש בשיטה סטטיסטית הנקראת Rarefaction Curve – שיטה זו עורכת אקסטרפולציה בעזרת מודל מתמטי המתחשב במספר הפרטים האינדיבידואלים החדשים המתגלים ביחס למספר הדגימות הנאסף. בשיטה זו ניתן גם לקבוע את זוויג האינדיבידואל על ידי אנליזה של כרומוזום ה Y (פרז, 2003, Kohn, 1999).

הפקת DNA - פקחים וחוקרים יאספו דגימות צואה באתרי דיגום (תוואי הנחלים, ליד נקודות השתייה, ליד מקורות מזון ובמקומות מסתור בהתאם לדיווחים המתקבלים מפקחי רט"ג). דגימות הצואה יאספו במעטפות עליהן ייכתב מיקום וזמן האיסוף. מתוך הדגימות יופק DNA בשיטת הגברה של מקטע (PCR) ע"פ פרוטוקול סטנדרטי (Kohn, 1999).

זיהוי מין השיוך של הדגימה – הגברת גן מיטוכונדריאלי בטכניקת PCR. טכניקת PCR מאפשר למעשה להכפיל מקטעי DNA באופן סלקטיבי על ידי יצירת תגובת שרשרת אנזימטית של הכפלת DNA למקטע ספציפי, לאחר הכפלה ויצירת כמות גדולה של DNA מיטוכונדריאלי, מרצפים אוטומטי בעזרת מכשיר "גנטיק אנליזר 3100" הנמצא בשימוש יחידת הרצף של אוניברסיטת תל אביב. לאחר מיפוי הגנום עורכים השוואה לבנק גנטי ברמת המין (רצף הגן המיטוכונדריאלי ייבדק באמצעות תוכנת BLAST הנמצאת באתר NCBI) (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)

20.7.11). לאחר קבלת תוצאות יבודדו כל הדגימות של היעל הנובי להמשך זיהוי אינדיווידואלי של הפרטים.

זיהוי הפרט מהדגימה בעזרת מקטעים מיקרוסטליטים – היתרון של שימוש במיקרוסטליטים על פני סמנים גנטיים אחרים נתון בשכיחותם הגבוהה בכרומוזום והיותם רצפים קצרים מאד (2-6) של נוקליאוטידים, עובדה המאפשר לנתח גם DNA באיכות ירודה דוגמת גללי צואה יבשים. לצורך אנליזה של המיקרוסטליטים יש להשתמש בטכניקת הגברה של גן (PCR) לצורך יצירה של כמות מספיקה לאנליזה. תוצרי ה-PCR מורצים באלקטרופורזה בגיל המאפשרת לזהות את השונות או הזהות הגנטית בין הדגימות המנותחות (פרז, 2003, Kohn; 1999).



דוגמא לתוצאה של הרצה באקטרופורזה בגיל של PCR של

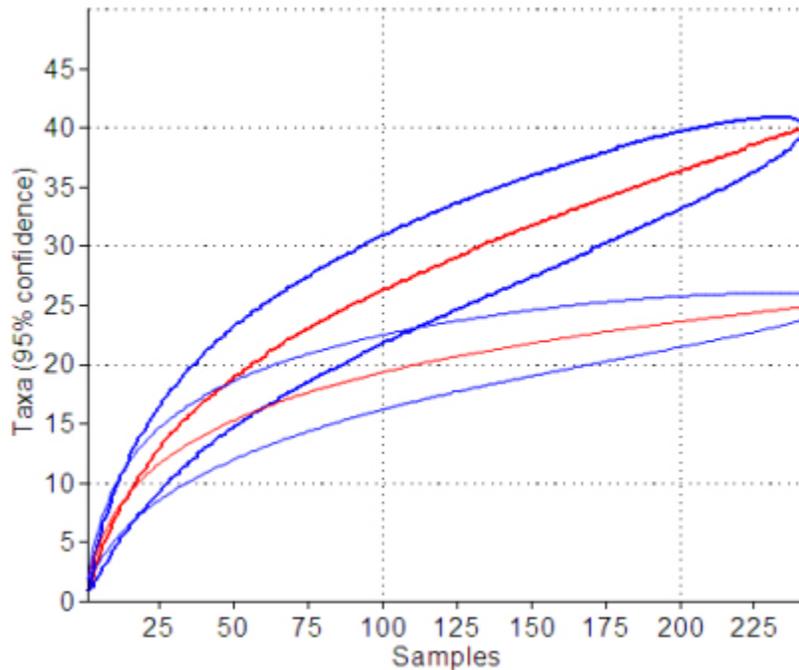
מיקרוסטליט מסוים, כל עמודה מייצגת DNA של פרט אחר, העמודה השמאלית ביותר מהווה אינדיקציה כללית למשקל המולקולרי של מקטעי ה-DNA (מתוך פרז, 2003).

אומדן גודל האוכלוסייה בעזרת אנליזה גנטית של הגללים – ניתן להעריך גודל אוכלוסייה מנתונים גנטיים באמצעות שיטת ה-Rarefaction Curve (העורכת אקסטרפולציה לעקומה שטרם הגיעה לרוויה) (Cang et al. 2009)

בהנחה שכל גנוטיפ ייחודי מייצג נמר אחר, גודל האוכלוסייה מוערך כאסימפטוטה של עקומה המתארת את מספרם המצטבר של גנוטיפים ייחודיים כפונקציה של מספר הגללים שנבחנו. למדידה של גודל האוכלוסייה בשיטה זו ניתן להשתמש במשוואה של צ'סל:

$$y = a - a[1 - (1/a)^x] \quad (\text{פרז, 2003; Chessel's equation})$$

שיטה זו רגישה לסדר הניתוח של הדגימות ולכן יש להריץ אותה מספר פעמים גדול (כ-1000) ובסדר אקראי כך שממוצע התוצאות יבטל סטייה אפשרית.



דוגמא לאקסטרפולציה של מספר הפרטים המזוהים (ברמת ודאות של 95% ביחס למספר הדגימות שנבדקו עד כה).

קשיים ואתגרים צפויים במחקר ודרכי התמודדות

לשיטת המחקר הנבחרת יש יתרונות ברורים - היא המדויקת ביותר, פולשנית באופן המינימלי ביותר ועל כן נבחרה, יחד עם זאת שיטה זו מאתגרת את החוקר במספר מישורים:

- איסוף גללים של המין – איסוף הגללים מתבסס על ידע באשר למקומות המסתור הרעייה ומרחב הנדידה של המין הנבדק, איסוף הגללים אורך זמן רב ומלווה בעבודת שטח ארוכה. כמו כן באיסוף גללים אין אינפורמציה לגבי זמן הטלתם ומתי עבר הפרט במקום. על כל אלו נראה לנו שיש מענה הולם, ידע נרחב לגבי מרחבי המחיה של היעל הנובי, עזרתם של פקחי רטייג הנמצאים ממילא בשטח באיסוף גללים, וחוסר החשיבות למחקר בדבר זמן ההטלה של הגללים.

- איכות הדגימות – איכות דגימות ה DNA שניתן להפיק מגללים יבשים היא נמוכה. יחד עם זאת אנליזה של אתרי מיקרוסטליטים מאפשר עבודה עם דגימות באיכות נמוכה – אנו זקוקים למקטעים קצרים מאד של DNA כך שגם דגימות באיכות נמוכה מאד יכולה לספק את הדרישות. כמו כן אנו מסתמכים על מחקרים שבוצעו בהצלחה בעולם ובפרט בארץ בתנאים גיאוגרפיים ואקלימיים זהים (פרז 2003).

- טעויות מעבדה – תוצאות מחקר זה מתבססות בעיקר על תוצאות אנליזה גנטית שמתאפשרת על ידי שימוש בשיטות כימיות לשיכפול מקטעים, הפרדתם ומדידת משקלם המולקולרי.

דיוק והיצמדות לפרוטוקולים קיימים הוא הכרחי על מנת לשמור על דיוק בתוצאות ומהימנות של המחקר. על החוקרים להיות מומחים בתחומם ולהסתמך על מכשור אמין ופרוטוקולים מוכחים.

- אומדן סטטיסטי רגיש לטעויות – אומדן גודל האוכלוסיה הסופי הוא סטטיסטי – האקסטרפולציה נעשית על ידי משוואה הבודקת את היחס בין מספר הפרטים החדשים שנתגלו לעומת מספר הדגימות, שיטה זו רגישה מאד לסדר בדיקת הדגימות - ייתכן שכל הפרטים החדשים מרוכזים בדגימות הראשונות שנבדקו עובדה שתטה את החישוב הסטטיסטי. על מנת להתגבר על קושי זה יש לבצע את החישוב הסטטיסטי מספר רב של פעמים בסדר דגימות שונה ואקראי על פי מחקרים בתחום זה יש לחזור כ 1000 פעמים על החישוב על מנת להגיע לתוצאות אמינות (Cang et al. 2009).
- משך המחקר – איסוף דגימות בכמות מספקת דורש זמן רב של שהייה ואיסוף בשטח או כח אדם רב. מחקר זה יצטרך את עזרת פקחי רשות הטבע והגנים ובמידה רבה תלוי במידת שיתוף הפעולה והעזרה שנצליח לגייס.
- מחיר - אנליזה גנטית דורשת זמן מעבדה ושימוש במיכשור מתקדם ויקר. עלות זמן המעבדה, החוקרים המומחים והשימוש במכשור דורש תקציב ומימון למחקר. על מנת להשיג מימון אנו עתידים לפנות בעזרת הצעה זו לקרנות העוסקות בשימור טבע ולהציע להן להשתתף ולתרום למחקר החשוב.

סיכום

מדבר יהודה הינו שטח של כ-1,500 קמ"ר המשתרע בין הרי חברון במערב, הרים הנהנים משפע יחסי של גשמים והשייכים לאזור הים תיכוני, לבין ים המלח במזרח, המצוי באזור מדברי מובהק שכמות הגשמים בו פחותה ממאה מ"מ בשנה. מבחינה נופית הוא בנוי מארבע יחידות אורך המשתרעות במקביל זו לזו מצפון לדרום: המדרגה העליונה, רמת המדבר, מצוק ההעתקים וחופי ים המלח. זהו אחד האזורים היחידים בארץ שקיימת בו מוזאיקה מרתקת של נופי מדבר שונים, הכוללים מניפות סחף, נאות מדבר אחדות (שהגדולה בהן בשטח ישראל היא נאת עין גדי), מצוקים נישאים, רמה מדברית, ומורדות הרי חברון שבהם מתרחש המעבר החד מעולם חי וצומח ים-תיכוני למדבר. לכל אחד מנופים אלה ייחוד משלו מבחינת החי והצומח. למרות היותו של כל אחד ממרכיבי המדבר בעל ייחוד משלו, יש לכל אחד מהם השפעה על האחרים. הדוגמה הבולטת ביותר לכך היא השפעת הגשמים הרבים היורדים בהר חברון על כל אזורי המדבר: המים המחלחלים לקרקע זורמים באקוויפרים תת קרקעיים מזרחה, וחלקם נובעים במעינות שבואדיות, דוגמת המעינות שבנחל דוד ונחל ערוגות שבאזור עין גדי, או מעינות הנובעים בנחלים צאלים, משמר ובוקק. המים הזורמים על פני הקרקע בעת שיטפונות מתנקזים בחלקם לנחלים, ויוצרים גבים המהווים מקור מים בעונה היבשה לבעלי חיים רבים, מקומיים או עופות נודדים. למרות היותו שוכן בסמוך לירושלים ולהרי חברון המאוכלסים בצפיפות יחסית, מדבר יהודה הינו אקוסיסטמה שנפגעה במעט מפעילות האדם. אין בתחומי הארץ שום איזור אחר שניתן להשוואתו למדבר יהודה מבחינות אלה, וזאת בין השאר עקב דרגת השימור הגבוהה של האזור, שהביאה לכך שזהו האזור היחיד בישראל בו מוצאים אקוסיסטמה מדברית הכוללת את כל המרכיבים האופייניים, מרמת הצומח הירוד ועד רמת טורפי העל.

התערבות האדם, ושנים שחונות רבות בעשור האחרון, נותנות את אותותיהן על אוכלוסיות של בעלי חיים וצמחים שונים אשר שרויים בסכנת הכחדה. היעל הנובי, אחד ממניי היונקים הנתון בסכנת הכחדה, אשר זקוק לשטחים נרחבים ומגוונים על מנת להתקיים, נודד בין אזורים שונים בהתאם לעונות השנה בחיפוש אחר מזון ומקורות מים. המחקר המוצע מתמקד בהערכת אומדן כמותי מדויק יחסית של יעלים דרך זיהוי DNA בגללי הצואה, אשר עולה באמינותו על שיטת הספירה המקובלת של רשות הטבע והגנים. שיטה זו אינה פולשנית, ואינה דורשת את הימצאות החיה בזמן הבדיקה. דרך ספירת היעלים, יינתנו נתונים מהימנים על כמות היעלים באוכלוסיות השונות בזמנים נתונים, על נדידת פרטים בין אזורים שונים ועל הגירת פרטים בין האוכלוסיות.

חשיבות שאלת המחקר היא בקבלת מידע יסודי ומדויק יותר בנוגע למצב היעלים בארץ ולהתנהגות היעלים לאורך השנה מבחינת נדידה והגירה, בתקווה שתהווה פרט נוסף בהליכי קבלת ההחלטות בנוגע לתוואי ואופי הגדר לכשתקום, על מנת למזער את הנזק וההפרעה ליעלים.

בדיקת הנתונים בשלושה אזורים שונים אשר סמוכים לקו הירוק (מדבר יהודה, עין גדי, הר הנגב), חשובה על מנת לבחון גם את הקשר בין האוכלוסיות השונות, וגם את השוני הקיים בין האוכלוסיות בהתאם לעונות השנה ולאופי כל שטח ואזור.

ביבליוגרפיה

מקורות בעברית:

- אחרון-פרומקין, ת. (2011). *דוח מצב הטבע 2010*. שותפות המארג (מערך אקולוגי רב גורמי) – בחסות האקדמיה הלאומית למדעים.
- גדות, י. (1973). *מדבר יהודה*. בתוך: מדבר יהודה וים המלח - קובץ מאמרים לכנס הייט של החברה להגנת הטבע. אילן, צ. (עורך). בייס שדה עין גדי ע"ש עמי אסף. החברה להגנת הטבע.
- דנין, א. (1973). *צומח במדבר יהודה*. בתוך: מדבר יהודה וים המלח - קובץ מאמרים לכנס הייט של החברה להגנת הטבע. אילן, צ. (עורך). בייס שדה עין גדי ע"ש עמי אסף. החברה להגנת הטבע.
- דנין, א. ארבל, א. לוי, נ. (1998). *היעל הנובי*. אטלס כרטא – החי והצומח של ארץ ישראל. ירושלים.
- יום-טוב, י. וחובי'. (2006). *ייחודיותו של מדבר יהודה וההרס הצפוי לו, מסמך עמדה*. אתר החברה להגנת הטבע (20.7.11):
<http://www.teva.org.il/?CategoryID=492&ArticleID=781&Page=1>
- מנדלסון, ה. יום-טוב, י. (1987). *היעל הנובי*. החי והצומח בארץ ישראל: אינציקלופדיה שימושית מאוירת. כרך 7 ע"מ: 269-277. משרד הביטחון והוצאה לאור, החברה להגנת הטבע.
- משל, ז. (1973). *יחידות הנף של מדבר יהודה*. בתוך: מדבר יהודה וים המלח - קובץ מאמרים לכנס הייט של החברה להגנת הטבע. אילן, צ. (עורך). בייס שדה עין גדי ע"ש עמי אסף. החברה להגנת הטבע.
- פרבולוצקי, א. פולק, ג. (2001). *אקולוגיה: התיאוריה והמציאות הישראלית*. הוצאת כרטא. ירושלים.
- פרומקין, ר. פרומקין-אחירון, ת. (2007). *היבטים אקולוגיים של גדר ההפרדה במדבר יהודה, מסמך עמדה*. אתר החברה להגנת הטבע (20.7.11):
http://www.teva.org.il/_Uploads/dbsAttachedFiles/AdivGalsOpinion.pdf
- פרוז, ע. (2003). *אומדן גודל האוכלוסייה של נמרי ערב מגללים בישראל באמצעות אנליזה מולקולרית של DNA*. עבודת MA בהנחיית גפן, א. מוקדי, ע. אוניברסיטת תל אביב.
- פרלברג, א. (עורך). (2009). *דו"ח חיות הבר בישראל 2009 – חולייתנים*, אומדן גודלן של אוכלוסיות נבחרות והערכת מגמות. פרסומי חטיבת המדע, רשות הטבע והגנים הלאומיים.
- שקדי, י. שדות, א. (2000). *מסדרונות אקולוגיים בשטחים פתוחים: כלי לשמירת טבע*. חטיבת המדע, רשות הטבע והגנים. ישראל.
- חומר נוסף בנושא היעל הנובי, אתר החברה להגנת הטבע:
http://www.parks.org.il/BuildaGate5/general2/data_card.php?Cat=~50~~370045724~Card2~&ru=&SiteName=parks&Cl= &Bur=418669433

- Alan, B, F. Barryr, N. George, T, L. (2002). *What is Habitat Fragmentation?* *Studies in Avian Biology* 25:20-29.
- Cang, H. et al. (2009). *Extrapolating population size from the occupancy - abundance relationship and the scaling pattern of occupancy*. *Ecological Applications* 19:2038–2048.
- Crooks, D, R. Soule, M, E. (1999). *Mesopredator release and avifaunal extinctions in a fragmented system*. *Nature* 400:563-566.
- Fahrig, L. (1997). *Relative Effects of Habitat Loss and Fragmentation on Population Extinction*. *The Journal of Wildlife Management*. Vol. 61, No. 3, pp. 603-610.
- Fahrig, L. (2003). *Effects of Habitat Fragmentation on Biodiversity*. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. Vol. 34, pp. 487-515.
- Heywood, V, H. Baste, I. Gardner, K, A. (1995). *Introduction*. In, Heywood, V, H. Watson, R, T. (eds.). *Global biodiversity assessment*. 5-19. Cambridge University Press, Cambridge.
- IUCN. (2001). *Red List Categories and Criteria version 3.1*. IUCN, Gland, Switzerland.
- IUCN. (2011). *IUCN Red List of Threatened Species. Version 2011.1*. IUCN, Gland, Switzerland.
- Kevin, J. et al. (2000). *Abundance–occupancy relationships*. *Journal of Applied Ecology* Volume 37, Issue Supplement s1, pages 39–59, September.
- Kohn, M, H. Kamradt, D, A. York, E, C. (1999). *Estimating population size by genotyping faeces*. *Proc. R. Soc. Lond. B*266:657-663.
- Mallon, D, P. Kingswood, S, C. (2001). *Global Survey and Regional Action Plans. Part 4*. IUCN Publication.
- Meffe, G, K. Carroll, C, R. (1997). *Principles of conservation biology*. Sinauer Associates, INC. Publishers, Sunderland.
- Mendelsohn, H. Yom-Tov Y. (1999). *Mammalia of Israel*. Israel Academy of Sciences and Humanities. Jerusalem.

- Mowat, G. (1999). *Estimating grizzly bear population size - Using Hair Capture, DNA Profiling, and Mark-Recapture Analysis*. Journal of Wildlife Management ????.
- Shkedy, Y. Saltz, D. (2000). *Characterizing Core and Corridor Use by Nubian Ibex in the Negev Desert, Israel*. Conservation Biology, 14: 200–206.
- Swanson, G. Armstrong, H. Campbel, D. (2008). *Estimating deer abundance in woodlands: the combination plot technique*. Forestry commission Bulletin. 128.
- Tony, F. (1998). *Detecting Deer: New Method for Counting Population in Urban Areas*. Science ?????.
- UNEP. (1992). *Convention on biological diversity*. Cambridge University Press. Cambridge.

נספחים

נספח א' - סמל רשות הטבע והגנים (פרלברג, 2009):



נספח ב' - מכשול הגדר (<http://www.securityfence.mod.gov.il>, 20.7.11):

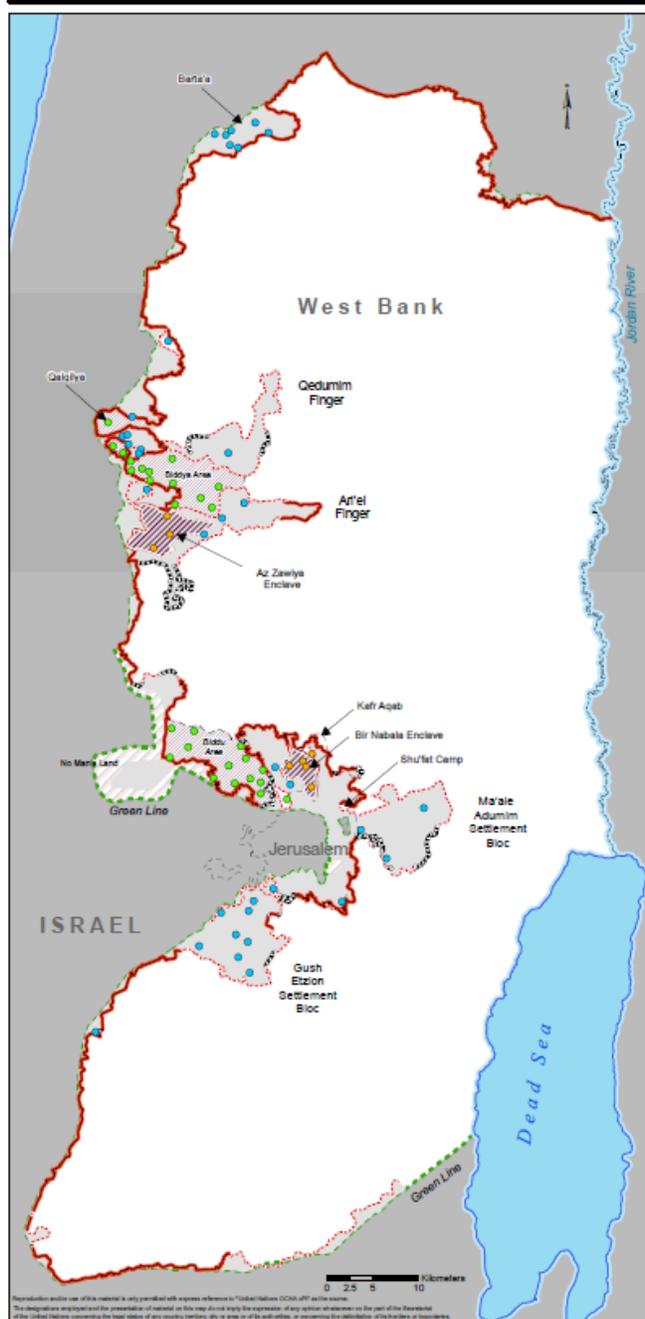




UN Office for the Coordination of Humanitarian Affairs

West Bank Barrier Route Projections

July 2008



Area Affected

The Barrier's total length is 723 km, more than twice the length of the 1949 Armistice Line (Green Line) between the West Bank and Israel.

The total area located between the Barrier and the Green Line is 9.8 % of the West Bank, including East Jerusalem and No Man's Land.

When completed, approximately 13 % of the Barrier will be constructed on the Green Line or in Israel with 87 % inside the West Bank.

Populations Affected

If the Barrier is completed based on the current route:

Approximately 35,000 Palestinians holding West Bank ID cards in 35 communities will be located between the Barrier and the Green Line.

The majority of the approximately 250,000 Palestinians with East Jerusalem ID cards will reside between the Barrier and the Green Line. However, Palestinian communities inside the current municipal boundary, Kafir Aqab and Shufat Camp, are separated from East Jerusalem by the Barrier.

Approximately 125,000 Palestinians will be surrounded by the Barrier on three sides. These comprise 28 communities; the Biddya and Biddu areas, and the city of Qalqilya.

Approximately 26,000 Palestinians in 8 communities in the Az Zawiyah and Bir Nabala Enclaves will be surrounded on four sides by the Barrier, with a tunnel or road connection to the rest of the West Bank.

Barrier Route

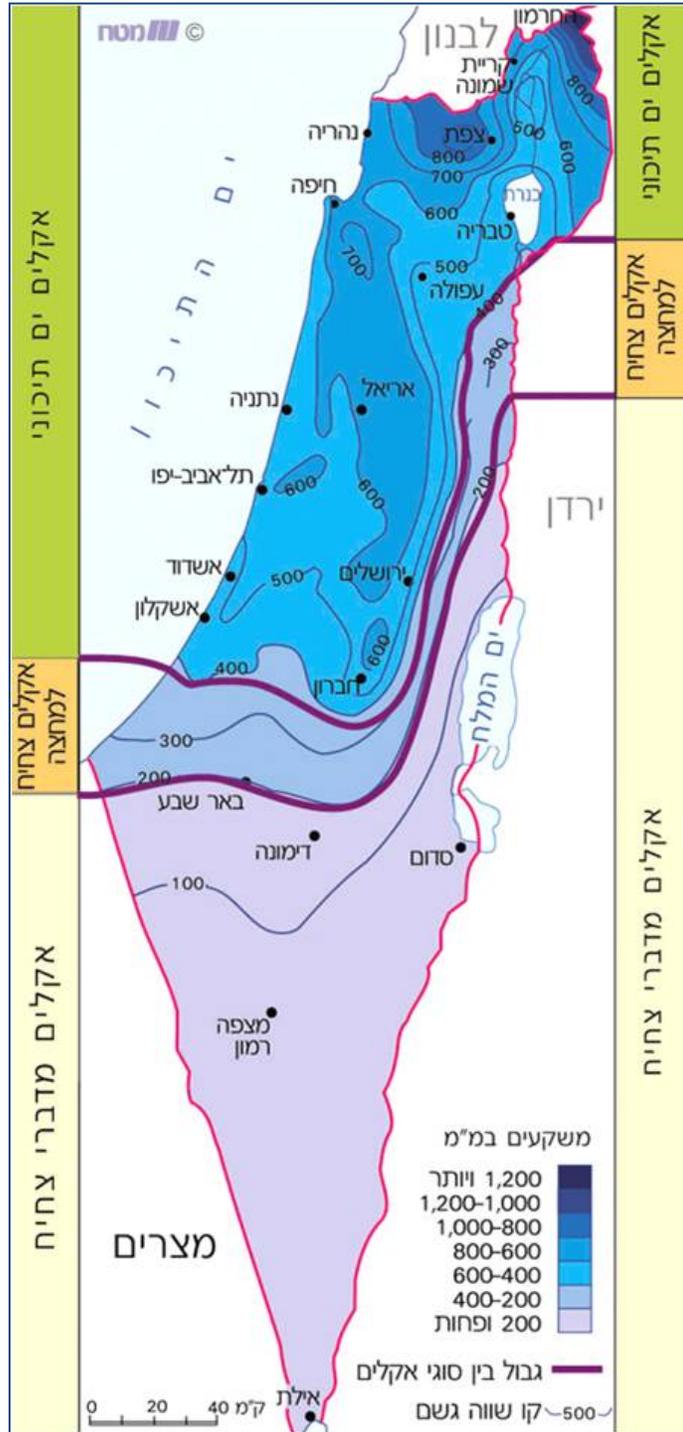
- Completed
- - - - Under construction
- - - - Planned

Cartography and Barrier Themes: OCHA-oPt IMU
Map December 2007
Base data: MoPIC (2000) updates OCHA (2006)

For comments contact ochaopt@un.org
Tel. +972 (02) 582-9962 <http://www.ochaopt.org>

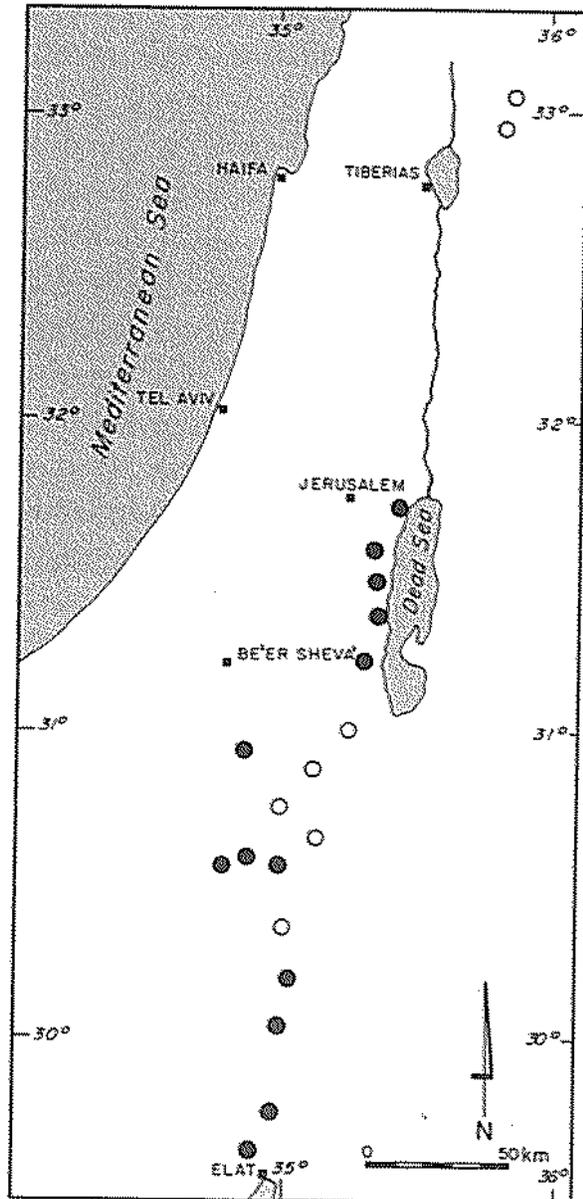
נספח ד' - מפת תפוצת היעל הנובי (דנין, 1998):





Distribution map of *Capra ibex nubiana*:

● – museum records, ○ – verified field records.



הצעת מחקר במסגרת קורס פרוייקטים באיכות הסביבה התשע"א

בית הספר ללימודי הסביבה ע"ש פורטר

אוניברסיטת תל-אביב

בנושא:

"השדרה הירוקה" לפי תמ"א 35

כמסדרון אקולוגי עבור המין

Carabus sidonius

מגישים:

מירונוב אנה, קציר עדי, פלייטמן גדיאל ומילס אלעד

09/07/2011

תודות

ברצוננו להודות למספר חוקרים ואנשי תכנון, אשר תרמו רבות לגיבוש הצעת המחקר:

- לפרופ' עמרם אשל, הפקולטה למדעי החיים, אוניברסיטת תל אביב – על ההכוונה והביקורת הנוקבת.
- לאדריכלית נעמה רינגל, משרד תכנון מוטי קפלן – על האישור לשימוש במפות התשריט של תמ"א 35 ועל הרצאה מרתקת בנושא המעקב אחר יישום הוראות התוכנית.
- לד"ר ירון טיקוצ'ינסקי, ראש התכנית לביוטכנולוגיה ימית במרכז האקדמי רופין, בית הספר ללימודי הים והסביבה הימית מכמורת – על עזרתו בבחירת השיטות המולקולריות.
- למר איתי רנן, דוקטורנט במחלקה לזואולוגיה, הפקולטה למדעי החיים אוניברסיטת תל אביב – על הייעוץ לגבי הפרמטרים האקולוגיים לבחירת המין הנדרש, על שהכיר לנו את המין *Carabus sidonius* ותכונותיו כביו-אינדיקטור.
- לפרופ' יוסף הדר, המחלקה לאבולוציה והתנהגות, האוניברסיטה העיברית המחלקה לאקולוגיה – על הסיוע בבחירת המין למחקר ובסקירת הספרות.
- לד"ר ליאוניד פרידמן, המחלקה לזואולוגיה, אוניברסיטת תל אביב – על הסיוע בבחירת המין למחקר, בשיטות לדיגומו ובסקירת הספרות.

תקציר

כתבה: אנה מ'רונוב

מערכת ההחלטות ומאמצי השמירה הנוגעים למגוון הביולוגי בישראל בפרט ובעולם בכלל, לוקות בחסר. זאת מכיוון שהן מתעלמות פעמים רבות מחשיבות המגוון הגנטי התוך מיני, לעומת מגוון מינים במערכת האקולוגית ומגוון המערכות הביולוגיות באופן כללי. למגוון הגנטי התוך מיני ישנה חשיבות רבה מכיוון ששונות גנטית היא זו שמאפשרת למינים להגיב בהתאם לשינויים ואיומים סביבתיים ובכך לאפשר הישרדות ארוכת טווח.

מסדרונות אקולוגיים (המהווים תוואי שטח קווים, השונים מסביבתם ומחברים בתי גידול שונים) עשויים להוות מרכזים בהם מתקיימים תהליכים אבולוציוניים, ולשמש כמאגרים גנטיים. עם התפתחותן של רעיון המסדרונות האקולוגיים, נעשו מחקרים רבים על מנת לבחון את יעילותם. עד תחילת שנות האלפיים, הדעות לגבי יעילותם היו חלוקות, בעיקר בשל ביצוע ניסויים לוקים בחסר. אולם, החל משנת 2000 חל שינוי במערכי הניסויים ומרבית המחקרים הראו כי מסדרונות אקולוגיים מגבירים את מעברם של פרטים בין בתי הגידול השונים ובשל כך משפרים את המגוון הגנטי התוך מיני.

תוכנית המתאר הארצית (תמ"א) 35, אשר אושרה בממשלה בנובמבר 2005, שמה לראשונה את חשיבות השמירה על השטחים הפתוחים במרכז השיח התכנוני בישראל. תוכנית זו הגדירה רצף של שטחים פתוחים - "השדרה הירוקה", אשר מהווה מסדרון אקולוגי פוטנציאלי, שיאפשר מעבר פרטים מצפון לדרום ובכך לאפשר את העשרתו של המגוון הגנטי. בעבודה זו תיבחן השאלה, האם השדרה הירוקה עפ"י תמ"א 35 אכן מהווה מסדרון אקולוגי למינים מקומיים. לצורך כך נבחר כמין מייצג החיפושית הרצה *Carabus sidonius* שתפוצתה לאורך השדרה ידועה. מטרת העבודה היא לבדוק האם קיים קשר גנטי בין אוכלוסיות הקרובות מצפון ומדרום למסדרון האקולוגי. זאת באמצעות דיגום פרטים לאורך המסדרון האקולוגי והשוואה בין הפרטים השונים בשיטות גנטיות מולקולאריות.

באמצעות השימוש בשיטות מולקולאריות ניתן לבחון האם המסדרון האקולוגי מאפשר "מעבר" של חומר גנטי לאורך המסדרון (ועל כן השונות הגנטית בין פרטים משני צידי המסדרון תהיה נמוכה) או שלחילופין קיים מצב של פרגמנטציה של בתי הגידול (מצב שעלול להוביל לשונות גנטית גבוהה בין הפרטים משני צידי המסדרון). היתרון בשימוש בשיטות המולקולאריות הוא גילוי שונות חבויה (שאינה באה לידי ביטוי במופע חיצוני), פיענוח אירועים "היסטוריים" באבולוציית המין וכן גילוי חותמות גנטיות המעידות על הורשה בין הורה לצאצא. בחינת השונות הגנטית במין זה, תאפשר להעריך, האם השדרה הירוקה כפי שהיא מוגדרת בתמ"א 35, מהווה מסדרון אקולוגי עבורו כמין מייצג.

תוכן

5	מבוא : תוכנית המתאר הארצית (תמ"א 35) – עדי קציר	◦
	סקירת הרקע המדעי לעבודה :	◦
7	מסדרונות אקולוגיים – אנה מירנוב	•
10	שימוש בשיטות מולקולריות במחקרים אקולוגיים – אלעד מילס	•
16	השימוש במין <i>Carabus sidonius</i> כמין מייצג – גדיאל פלייטמן	•
17	שאלת המחקר וחשיבותה : עדי קציר	◦
	שיטות המחקר :	◦
18	אזור המחקר ומאפייניו – עדי קציר	•
21	שיטות הדיגום האקולוגי – גדיאל פלייטמן	•
22	שימוש בשיטות מולקולריות – אלעד מילס	•
25	הערכת הקשיים הצפויים במחקר : אלעד מילס	◦
26	סיכום : אנה מירנוב	◦
28	רשימת מקורות : עדי קציר (עריכה)	◦

מבוא

תוכנית המתאר הארצית (תמ"א) 35

כתבה: עדי קציר

תוכנית המתאר הארצית 35 (תמ"א 35) אושרה על ידי ממשלת ישראל בסוף שנת 2005. התוכנית יוצרת לראשונה שפת תכנון חדשה, המבדילה בין אזורים מוטי שימור לאזורים מוטי פיתוח, תוך אבחנה בין חמישה מרקמי תכנון שונים, כל אחד בעל אופי וייעוד שונה (ראה טבלה 1). אחת ממטרות התוכנית הינה "שמירת עתודות קרקע לדורות הבאים תוך כדי שמירה על ערכי טבע, חקלאות, נוף ומורשת..." והיא מתבטאת בתמ"א 35 על ידי איגוד שטחים פתוחים בשדרה רציפה, המוגדרת כ**מרקם שמור משולב**, אשר "מטרתו לאחד ברצף ערכי טבע, חקלאות, נוף, התיישבות ומורשת תוך יצירת שדרה ירוקה מצפון לדרום" (תמ"א 35, הוראות התוכנית, 2005). לפי סעיף 1.7.4 (1) בתמ"א 35, הפיתוח באזורי המרקם השמור המשולב חייבים להיעשות תוך שימור ערכי טבע ורציפות השטחים הפתוחים.

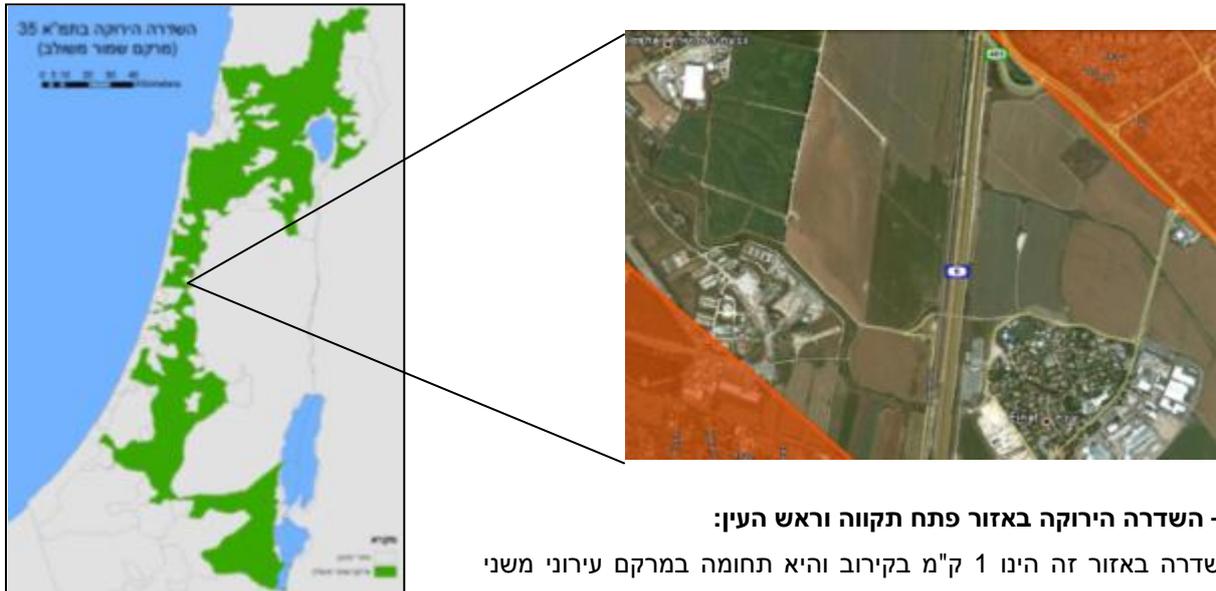


טבלה 1 : מרקמי התכנון לפי תמ"א 35
(מתוך מצגת של אדרי' נעמה רינגל)

הראציונל העומד מאחורי שמירה על רצף שטחים פתוחים, נגזר מחשיבות שטחים אלו ביצירת מעבר בטוח לפרטים בין בתי גידול ובקישור בין אוכלוסיות או תתי אוכלוסיות של מינים (ראה סקירה ספרותית בהמשך). עם זאת, הגדרת השטחים הפתוחים בתמ"א 35 כוללת ייעודים מגוונים כגון שמורות טבע, גנים לאומיים, יערות, שטחי נוף כפרי פתוח, שטחים חקלאיים, פארקים מטרופוליניים, מאגרים, דרכים, מסילות, קווי תשתית ועוד. חלק מהשימושים הנכללים בהגדרה זו, עלולים להוות מכשול בעבור מינים שונים, שאינם מלווי פעילות אנושית, במעברם בין שטחי מחיה. אזורים מסוימים לאורך השדרה הירוקה, ובייחוד באזור מרכז הארץ (לדוגמא, ראה איור 1), מופרעים על ידי פעילות אדם אינטנסיבית במסגרת הגדרת השימושים המותרים בתמ"א 35, הפרעה אשר עלולה למנוע מהשדרה הירוקה לתפקד כמסדרון אקולוגי פעיל עבור מינים שונים.

הצעת מחקר זו, אשר נכתבה במסגרת הקורס פרויקטים באיכות הסביבה, מציעה לבחון האם רצף השטחים הפתוחים הבונה את השדרה הירוקה לפי הגדרתה בתמ"א 35, אכן משמש כמסדרון אקולוגי. לצורך המחקר נבחר המין *Carabus sidonius* כמין מייצג (ראה בהמשך), אשר עברו ייבחנו השימוש בשדרה הירוקה כמסדרון אקולוגי, זאת על ידי בדיקת קשר גנטי בין אוכלוסיות המין מצפון לשדרה, במרכזה ומדרום לה. העבודה תכלול דיגום המין הנבחר לאורך השדרה, איסוף

דגימות DNA מהפרטים שיידגמו והשוואה בין הפרטים ע"י שיטות גנטיות (ראה בפרק שיטות המחקר).



איור 1 – השדרה הירוקה באזור פתח תקווה וראש העין:

רוחב השדרה באזור זה הינו 1 ק"מ בקירוב והיא תחומה במרקם עירוני משני צידיה (בתמונה מימין - בצבע כתום). השטחים החקלאיים, הישובים הכפריים ושולי כביש 6 מהווים כולם חלק מההגדרה של שטחים פתוחים לפי תמ"א 35 ולכן נכללים בהוראות התוכנית כחלק מרצף השטחים הפתוחים. עיבוד לתמונה מתוך google-earth.

סקירת הרקע המדעי לעבודה

מסדרונות אקולוגיים

כתבה: אנה מ'רונוב

חשיבות השונות הגנטית התוך מינית

התוכנית הלאומית למגוון ביולוגי בישראל (פרבולוצקי ושקדי, 2010) גורסת כי מרבית תשומת הלב בקבלת החלטות ובמאמצי שמירה הנוגעים למגוון ביולוגי, בעולם ובישראל, מוקדשת למגוון בין המינים ולמגוון של מערכות אקולוגיות תוך התעלמות מהמגוון הגנטי התוך מיני.

שונות גנטית חיונית להמשך התהליכים האבולוציוניים הטבעיים, שבהם נבררות התכונות המתאימות של האורגניזם להקשר סביבתי מסוים. יש חשיבות לשמרה הן לתועלת האדם, הן למטרות מחקר והן כערך העומד בפני עצמו. שונות גנטית הינה אחד הגורמים החשובים המאפשרים לאוכלוסיות של מינים טבעיים לעמוד בפני שינויים סביבתיים, מחלות, טפילים ואיומים אחרים. זאת אודות לעובדה שיש באוכלוסיות מגוון גנטי רחב דיו המאפשר להן להגיב לשינויים ולאיומים. מכאן שאוכלוסיות מגוונות יותר הן בעלות סיכויים גבוהים לשרוד לטווח ארוך.

אולם, במסגרת תכנון של מדיניות שמירה אשר מביאה בחשבון את המגוון התוך-מיני, ישנו קושי לבחון את הרמות הגנטיות של כל מין ומין בכל אוכלוסיותיו ולאורך כל תחום התפוצה שלו. לשם התגברות על קושי זה, ממליצים פרבולוצקי ושקדי לבחון רמות גנטיות של מינים דווקא באזורים פיזיים שעונים על אחד משלושת הקריטריונים:

- שטחים קטנים יחסית בהם למינים רבים עשויות להיות רמות נמוכות של מגוון גנטי, מצב שעשוי לאיים על קיום המינים הללו לטווח ארוך.
- אזורים בהם למינים רבים יש רמות של מגוון גנטי גבוהות במיוחד, מצב שעשוי לאפשר להם לשרוד לטווח ארוך.
- אזורים שבהם נשמרים מבנים גנטיים נדירים שעשויים לשנות תדירותם בעתיד ולאפשר הישרדות.

אזורי מעבר (מסדרונות אקולוגיים) עשויים לענות על הקריטריון השני והשלישי. ממספר מחקרים שנערכו בשנים האחרונות עולה כי הפניית תשומת לב רבה יותר למחקר ושמירת המגוון הגנטי במסדרונות אקולוגיים עשויה להוכיח את עצמה כאסטרטגיה יעילה בהקשר לשימור המגוון. אם ימצא בהמשך שאזורים אלו עשירים במיוחד במגוון גנטי, ראוי לשמור עליהם הן כמרכזים שבהם נשמרים ומתקיימים תהליכים אבולוציוניים והן כמאגרים גנטיים.

מסדרונות אקולוגיים

איזור המעבר, המכונה בלשון מקצועית מסדרון אקולוגי הוא ע"פ הגדרתם של שקדי ושדות, 2000: "תוואי שטח קווי, שאופיו שונה מהסביבה בה הוא נמצא, המתבר אזורים גדולים יחסים המשמשים בתי גידול למספר מינים". הצורך במסדרון אקולוגי מקורו בתיאוריית הביוגאוגרפיה של איים (McArthur & Wilson 1967) שעיקרה הוא עיסוק בשאלת מספר המינים הצפויים להימצא בשטח מוגדר כלשהו. התיאוריה המקורית עסקה באיים של ממש וטענה כי מספר המינים בשטח מסוים

(אי) מייצג את האיזון בין קצב התנחלות של מינים לבין קצב היכחדותם. ככל שהאי מרוחק יותר מהיבשת כך יש בו פחות מינים וככל ששטח האי גדול יותר, כך קצב ההכחדה של אוכלוסיות הוא נמוך יותר.

בשנות ה-70 נפוצה ההקבלה בין איים ויבשות לבין שמורות טבע (Wilson & Willis 1975). הקבלה זו הביאה לרעיון המסדרון האקולוגי שמטרתו לחבר בין שמורות הטבע על מנת לאפשר מעבר של פרטים בין השמורות ולאפשר התנחלות של מינים חדשים.

כאמור, ע"פ תיאוריית הביוגאוגרפיה של המינים גודל השטח משפיע על קצב הכחדת האוכלוסייה ואי לכך גם על גודלה. ניתוק של אוכלוסיות בשמורות טבע שונות עשוי להביא להקטנת גודלי אוכלוסיות, דבר שעשוי להביא לסדרת תופעות הנפוצות באוכלוסיה קטנה: בעיות סטוכסטיות דמוגרפיות (מספר פרטים, יחס זויגים), בעיות סטוכסטיות גנטיות (סחיפה גנטית, זיווגי שארים) וכן בעיות סטוכסטיות סביבתיות (Allee et al, 1949). ע"פ תאוריית הביוגאוגרפיה של איים יצירת מסדרונות אקולוגים תגדיל את שטח בית הגידול ותאפשר מפגש בין האוכלוסיות המצויות בשמורות טבע דבר שיקטין את היתכנות התופעות המפורטות לעיל.

עם תחילת ההקבלה בין איים לשמורות טבע נערכו מחקרים רבים אשר בחנו את יעילותם של מסדרונות. יתרונותיהם הבולטים של מסדרונות אקולוגיים סוכמו במאמרו של Noss 1987:

- עליה בקצב ההגירה בין השמורות שעשויה להביא לעלייה במגוון המינים ולהגדלה של אוכלוסיות קיימות.
- הרחבת שטחי המזון למינים אשר זקוקים לשטחים נרחבים.
- הרחבת התנאים הסביבתיים בבתי גידול בעיקר למינים אשר שזקוקים למגוון תנאים סביבתיים בבית הגידול.
- הקטנת הסיכוי של פרטים להיפגע במעבר משמורה לשמורה.
- אפשרות מפלט בעת קטסטרופה סביבתית.

יחד עם זאת היו מדענים רבים אשר התנגדו או העלו ספקות בנוגע ליעילות המסדרונות. עיקרי טענותיהם מסוכמים במאמר של שקדי ושדות 2000:

- הקמת מסדרונות מתבססת על התיאוריה כי מספר המינים בשטח נתון הוא קבוע, מה שלא נכון בפועל.
- יתרונם של המסדרונות בולט בעיקר עבור אוכלוסיות על. אולם אין מספיק עדויות לקיומן של אוכלוסיות על רבות.
- כיום לא קיימים מספיק מחקרים אמפיריים שמוכיחים ירידה במגוון הגנטי באוכלוסיות מבודדות וכן שמסדרונות מקטינים את הירידה במגוון.
- בעייתיות של זיווגי שארים נפוצות בעיקר בבעלי חיים מביתים ולא בחיות בר.
- אין מספיק מחקרים שמוכיחים כי מסדרונות משמשים למעבר בע"ח או שללא מסדרונות האוכלוסיות תיפגענה דמוגרפית או גנטית.
- למסדרונות עשויה להיות השפעה שלילית: העלאת מגוון גנטי בשמורת טבע אחת על חשבון השנייה, הפצת מחלות מדבקות, התפשטות שריפות, הפצת מינים זרים, הגדלת שטח המגע

בין בע"ח לבני אדם, המסדרונות עשויים להוות מבלע וכן מסדרונות שמשמשים אוכלוסיה אחת עלולים להוות חיץ לאוכלוסיה אחרת.

מרבית ההתנגדות נבעה מן העובדה שלא נערכו מספיק ניסויים שבחנו את יעילות המסדרונות והניסויים שנערכו בשטח אינם עמדו בקריטריונים למערך ניסוי אקולוגי מלא. במרבית הניסויים לא נבדקו גודל השמורה ביחס לאורך המסדרון, לא נבחנה איכות המסדרון עצמו, לא נעשה שימוש במטריצות של שטחים מקוטעים והשוואות של מעבר בתוך מסדרון לבין מעבר בשטחים אקראיים ובאופן כללי הניסויים נעשו בשטחים קטנים יחסית.

החל משנת 2000 חל שינוי במערך הניסויים ומרבית המחקרים נעשו במערכות ניסוי רחבות ידיים תוך כדי השוואה של מעבר אורגניזמים מבתי גידול המחוברים במסדרון לבתי גידול מבודדים. בחיפוש אחר מאמרים שיצאו בין השנים 2000 ועד 2010 שכללו את המונח "Corridor" בהטיות שונות, נמצא כי כ-90% מהמאמרים שפורסמו בשנים הללו הראו כי לשטחים המחוברים ע"י מסדרון יש יתרון מובהק על פני שטחים מנותקים.

דוגמאות לעדויות על יעילות מסדרונות

Townsend & Levey 2005 וכן Tewksbury at el. 2002 מצאו כי האבקה באמצעות פרפרים, דברים וצרעות בשטחים המחוברים במסדרונות גבוהה פי 2 מזו שבשטחים מופרדים, מה שמלמד על תפקידם החשוב של מסדרונות בתהליך ההאבקה.

Hadad at el. 2003 בחנו מעברים של פרפרים, יונקים קטנים וציפורים בין שטחים המחוברים במסדרון לבין שטחים מנותקים ונמצא כי עבור 5 מינים היה המסדרון משמעותי, עבור מין אחד אינו משמעותי ועבור 4 מינים לא היה ניתן להסיק מסקנה. מחקר נוסף של Hadad & Tewksbury 2005 הראה כי על אף שהמסדרונות אינם "איכותיים", באם הם מחברים בתי גידול באיכות גבוהה, הם יעלו את פיזור הפרפרים בין בתי הגידול ובכך את הזרימה הגנטית.

Castellon & Sieving 2005 הראו כי קבוצת ציפור אנדמיות לדרום אמריקה, נשארו זמן ארוך יותר בבתי גידול מבודדים ואילו ציפורים בבתי גידול מחוברים במסדרון נעו בין בתי הגידול השונים.

Yin at el 2006 הראו כי אוכלוסיית הפנדות בסין, אשר סובלת מירידה מסוכנת במגוון הגנטי, החלו לעשות שימוש במסדרון אשר מחבר שתי אוכלוסיות מבודדות.

Damschen et al. 2006 נראה כי שטחים המחוברים במסדרונות כוללים יותר מיני צמחים מקומיים מאשר שטחים מבודדים.

Dixon at el. 2006 מצא כי המסדרון האקולוגי משמש מעבר של אוכלוסיות דובים אחת לבית הגידול של אוכלוסיה אחרת וכן כי נמצאו עדויות על עירוב גנטי של האוכלוסיות.

Lapola & Flower 2008 הראו כי אוכלוסיית הנמלים בשמורת הטבע המבודדת סבלה מדימיון גנטי רב בהשוואה לשלוש אוכלוסיות נמלים אחרות החיות יערות המחוברים ביניהם במסדרונות. תוצאות אלה חיזקו את ההחלטה לחבר את השמורה במסדרונות אל היערות.

השפעה שלילית של מסדרונות אקולוגיים

ע"פ Orrock & Damschen 2005 למסדרונות השפעה חיובית על מרבית בע"ח אולם קיימת השפעה שלילית על ציפורים מפיצות זרעים, אשר נטרפות בקצב גבוהה יותר כאשר הן שוהות במסדרונות.

מאמר בנושא דומה Weldon 2006 הראה כי למסדרונות השפעה שלילית על טריפת קני ציפורים אשר נבנים בטווח המסדרונות.

לסיכום, Gilbert-Norton at al. 2009 בחנו 78 ניסויים ב-35 מאמרים שונים ומצאו כי מסדרונות מגבירים את המעבר בין בתי הגידול השונים ב-50% ומאשר עבור אוכלוסיית הציפורים. מסקנות מאמר זה חסרי חוליות ובעלי חוליות (שאינם ציפורים) ומאשר עבור אוכלוסיית הציפורים. מסקנות מאמר זה מחזקות את הנאמר בסקירה שלפנינו לפיה מסדרונות משמשים מעבר לפרטים בין בתי גידול ועשויים לשפר את המגוון הגנטי וכן כי נתונים אלה נכונים בעיקר עבר פרטים שאינם ציפורים.

שימוש בשיטות מולקולריות במחקרים אקולוגיים

כתב: אלעד מילס

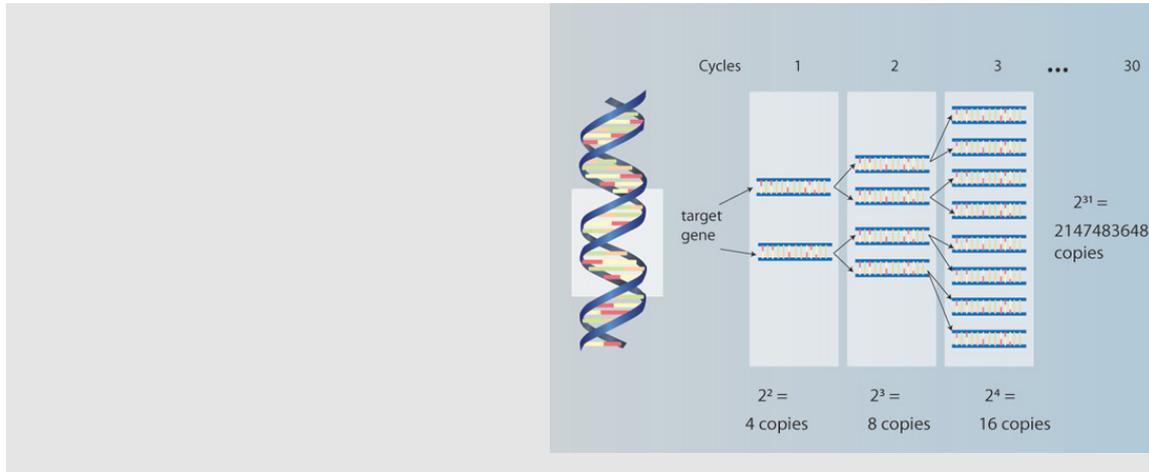
היסטוריית השימוש באקולוגיה מולקולרית

החל מסוף המאה ה-19, החלו חוקרים להפנים את העובדה שהתשובות לחלק מהשאלות האקולוגיות המוצבות בפני המדע ניתנות לפתרון ע"י בחינת ההרכב המולקולרי של האורגניזמים. בשנת 1860 חוקר בשם Church, שחקר יחסים בין ציפורים, עשה ניסיון ראשון להשתמש במולקולה מגוף האורגניזם במטרה לענות על שאלה אקולוגיות. ממחקרו עלה כי הפיגמנט שנבדק, טוראצין (Turacin), נכח אך ורק במשפחת ציפורים מסוימת ועל סמך כך קבע כי מעצם שיתופן של מולקולות מסוימות בין מינים שונים ניתן להגדיר קרבה אבולוציונית. חשיבות מחקרו של Church ונוספים אחריו הייתה בעצם הטמעת הרעיון שחקר מולקולות מגוף האורגניזמים יכולה לשמש להבנת התנהגות בע"ח, יחסים בין בע"ח ותהליכים אבולוציוניים (Monsen-Collar and Dolcemascolo 2010).

אותו רעיון הוא שהוביל להתפתחותו של ענף מחקר חדש המוכר כאקולוגיה מולקולרית החוקר מגוון רחב של נושאים וביניהם אסטרטגיות רבייה, קרבה משפחתית, התמיינות אורגניזמים, שימור מינים ולימוד הרכבי אוכלוסיות מינים. לצורך חקר נושאים אלו, עושים האקולוגים שימוש בסמנים גנטיים. סמנים אלו הם מקטעים מרצף ה-DNA הבונה את גנום האורגניזם ובעודם מצויים בתא החי מספרם נע בין עותק בודד לשני עותקים מאותו רצף, כתלות בסוג הסמן.

אחד הפיתוחים שגרמו למהפכה בעולם המולקולרי ולהגדלת מגוון השיטות הוא מכשיר ה-PCR (Polymerase Chain Reaction) המאפשר סינתזה של עותקים מרובים יותר מאותו רצף על ידי שכפול רצף המקור בתנאי מעבדה מבוקרים (ראה איור 2) (Mullis, Faloona et al. 1986). הגדלת כמות העותקים לפרט בודד הקטינה את הצורך בכמויות גדולות של DNA מהפרט הנדגם ולהגברת יעילות השיטות הגנטיות, במיוחד כאשר ישנו קושי בהשגת כמויות גדולות של רקמה מהפרט או

כאשר ישנו צורך במספר רב של דוגמאות כפי שנדרש במקרה של גנטיקה של אוכלוסיות (Rodu
 .(1990; Eeles, Warren et al. 1992



איור 2 ריאקציית Polymerase Chain Reaction (PCR): שיטת ה-PCR מתבססת על כמות DNA ראשונית שמוצתה מהאורגניזם. בשילוב עם מספר ריאגנטים עובר ה-DNA סדרת מחזורים של הגברה; כל מחזור מורכב משלושה שלבים: בשלב הראשון (דנטורציה) מתרחשת הפרדה של דו גדיל ה-DNA ובכך מתאפשרת בשלב השני (קשירה) גישה לפריימרים להתמקם באתרים הנבחרים על גבי ה-DNA. בשלב האחרון (התארכות) נוקלאוטידים חופשיים בתמיסה משתלבים ברצף המתהווה של ה-DNA ויוצרים עותק של האזור המיועד להגברה. מספר העותקים גדל באופן מעריכי בכל מחזור וכך בסיום התהליך (30-35 מחזורים) מתקבלים מיליוני עותקים של רצף היעד (Monsen-Collar and Dolcemascolo 2010).

השימוש בכלים מולקולריים מקנה לנו יכולת להתגבר על מספר בעיות בפניהן עומדת הגישה האקולוגית הקלאסית:

- **מסגרת זמן מוגבלת לביצוע תצפית**- אלא אם קיימת היסטוריה ארוכת שנים של איסוף מידע על פרט נחקר מסוים, האקולוגיה מתוחמת לפרק זמן מצומצם התלוי באורך המחקר הנערך. בזמן שממעט המידע שנצטבר ננסה לבצע אקסטרפולציה במטרה להסיק מה התרחש בעבר או עשוי להתרחש בעתיד, התא החי מטביע על גבי מולקולות הרגישות לשינויים חותמים אשר ניתן לפענח באמצעות כלים מולקולאריים וכך ללמוד לגבי התנהגות הפרט וסביבתו.
- **תלות בתצפית ישירה**- מדד חשוב לכשירותו של מין וכפועל יוצא שרידות ארוכת טווח של אוכלוסייה הוא הצלחה רבייתית, כלומר הצלחת הפרט בהעברת החומר התורשתי לדורות הבאים. שימוש באמצעים הקיימים- תצפית, סימון ותיוג אינם יאפשרו לנו ללמוד רבות על אופן התנועה של הפרטים אך לא על יכולת ההזדווגות שלהם. שיטות מבוססות DNA מאפשרות לנו לבחון סמנים גנטיים בקבוצה מסוימת המועברים בהורשה בין הורה לצאצא, כדי להצביע על הקשרים המשפחתיים, ומכאן לספק תובנות לגבי ההצלחה הרבייתית של הפרטים המרכיבים את האוכלוסייה.
- **שונות כאלמנט הנסתר מן העין**- גישות אקולוגיות מסתמכות על תצפית ישירה כאמור ולעיתים שינויים המתחוללים בגוף האורגניזם אינם באים לידי ביטוי במופע חיצוני. אין זה מן הנמנע שאורגניזמים יציגו מופע זהה בזמן שהשונות ביניהם תהא גבוהה מאוד.

פענוח רצפי ה-DNA מקנים בידינו כלים להשוות בין פרטים וללמוד על השונות באוכלוסייה.

חשוב להדגיש ולומר כי אקולוגיה מולקולרית אינה באה להחליף בשום צורה את הגישה האקולוגית הקלאסית. שיטות מולקולאריות באות להעשיר ולהגביר את הידע הקיים ולספק אמצעי נוסף לחיזוק התשתית הקיימת.

מגוון השיטות המולקולאריות במחקר האקולוגי

לרשות האקולוגים עומדים כיום מגוון רחב של סמנים מולקולריים. בחירת הסמן שיתאים לשאלה הנשאלת הינו אחד השיקולים החשובים שעלינו לקחת בחשבון כאשר אנו ניגשים לבצע עבודה פילוגנטית. על אף הרצון לעשות שימוש בכלים המתקדמים ביותר, דווקא השימוש בסמנים קיימים, אתרים ידועים ונחקרים על גבי ה-DNA ושיטות סטטיסטיות מפותחות היטב, הם אלו שיתרמו יותר לביסוס הידע הקיים סביב הסמן ויסייעו להבנה מתקדמת של הקשרים המורכבים בין קבוצות אורגניזמים שונים (Caterino, Cho et al. 2000).

מבחינה היסטורית, טרום עידן ה-PCR, הסמנים הראשונים שנעשה בהם שימוש לחקר אוכלוסיות וקרבה פילוגנטית הם ה-Allozymes. אלו הם מספר אנזימים הבאים לידי ביטוי בתהליך המטאבוליזם האוניברסלי לכלל האורגניזמים. ע"י בחינת השונות שבין רצף חומצות האמינו המרכיבות את האנזים ניתן להסיק לגבי השינויים בקוד הגנטי הבונה אותם ולהניח לגבי קרבה בין הקבוצות הנבחנות. אמנם שיטה אינה בוחנת ישירות את הרכב חומצות הגרעין שב-DNA אך מפאת השימוש העקיף שבמידע הגנטי היא הוכנסה תחת הכותרת "סמנים מבוססי גנים מקודדים".

את הסמנים הבאים בתור נוטים לחלק לפי תפקודם בתא: קבוצת הסמנים הראשונה היא סמנים המבוססים על גנים המקודדים לחלבונים או מולקולות RNA מבניות או קטליטיות שונות ובשם DNA Coding Genes או DNA Barcoding method. גנים אלו הינם גנים השמורים אבולוציונית ועל כן נבחרו לשמש כאינדיקטורים. קבוצת הסמנים השנייה היא סמנים המבוססים על אזורים שאינם מקודדים אך הינם שמורים בין קבוצות שונות ומאפשרים הסתכלות רוחבית לצורך השוואה, ונמצאים תחת השם DNA Fingerprinting/Profiling.

הסמן העיקרי ובעל השימוש הנרחב ביותר בקבוצת הסמנים הראשונה הוא mtDNA, השימוש בגנים מיטוכונדריאליים. ה-DNA המיטוכונדריאלי מועבר בהורשה אמהית עם מספר עותקים רב בעלי מופע יחיד, זהו אזור בעל שיעור מוטציות גבוה אך באותו הזמן נמצא בו אזורים השמורים אבולוציונית היטב וניתן למצוא מידע ביו-אינפורמטי רב מקבוצות שונות לגביו. לצד יתרונותיו בשנים האחרונות מתגלות מספר בעיות עם הסמן, בין היתר זליגה של העותק האבהי, אינטגרציה ל-DNA הגנומי וסלקציה טבעית (Selective Sweeping).

קבוצת סמנים נוספת, אך פחות בשימוש, היא זאת של ה-DNA הגרעיני המקודד לתת יחידות ה-RNA המשתתפות בבניית יחידת התרגום של התא, הריבוזום. נהוג להתייחס לתת יחידות אלו כשמורות אבולוציונית מעצם תפקודן הכה חשוב בתא ועל כן ניתן להבחין בשינויים ברצפים המקודדים להן. כמו כן ישנו שימוש באזור המרווח (ITS) שבין שתי תת היחידות שכן רמת הוריאביליות שבו עולה על זו שבתת היחידות המבניות. עוד אנו מוצאים כי גנים פונקציונאליים,

כאלו שנועדו לשרת מטרה מסוימת נפוצים בקבוצה כזו או אחרת, יכולים לשמש גם הם כסמנים מוצלחים. השימוש בסמנים מסוג זה בא לידי ביטוי בעיקר במחקרים הבודקים התבטאות גנים (Transcriptomics) אך גם משמשים ליצירת מפות תאחיזה גנטיות וליצירת עצי קרבה בין קבוצות שונות (Dendograms).

שיטת העבודה בכל הסמנים המצוינים לעיל היא זהה וכוללת עבודה ביו-אינפורמטית מקדימה, הכנת פריימרים מתאימים לרצפים המיועדים להגברה וריצוף תוצרי ה-PCR שלאחריו תתבצע אנליזת ההשוואה תוך שימוש בשיטות סטטיסטיות המקובלות בגנטיקה של אוכלוסיות.

קבוצת הסמנים השנייה, DNA Fingerprinting/Profiling, מתבססת על יצירת פרופיל גנוטיפי לגנום של אורגניזם נבחן ללא צורך בהתעסקות עם גנים ספציפיים. השיטה הראשונה במסגרת קבוצה זו היא שיטת ה-RAPD, המבוססת על הגברה באמצעות מכשיר ה-PCR תוך שימוש בפריימרים אקראיים. הרעיון מאחורי השיטה/סמן גורס שאם ניקח מספר דוגמאות שונות ונעביר אותן את אותו תהליך של הגברה, נצפה לקבל הבדלים שמקורם ברצפים השונים ועל בסיס כך נוכל לקבוע כמה קרובים/רחוקים הם הפרטים הנדגמים.

שני הסמנים הבאים הינם פיתוח של היכרות עם אתרי הכרה וחיתוך של אנזימי רסטריקציה (Restriction Enzyme). השיטה הראשונה והקדומה יותר היא ה-RFLP שעושה שימוש באנזימי רסטריקציה לחיתוך ה-DNA לאלפי פרגמנטים, כתלות בסוג ובכמות האנזימים. לאחר החיתוך מתבצעת השוואה ע"י הרצת כל הדוגמאות זו לצד זו באלקטרופורזה.

וריאציה מתקדמת יותר של השיטה, AFLP, לוקחת את הפרגמנטים שנחתכו ומעבירה אותם הגברה במכשיר ה-PCR. אמנם שיטה זו אינה מצריכה כמות גדולה של DNA אך היא יוצרת תמונה דומיננטית, כלומר מעלימה מצב של הטרוזיגוטיות (שני אללים שונים לאותו אתר).

מיקרוסטליטים, המוכרים גם כרצפים בעלי מספר חזרות משתנה (VNTR) הינם סמנים בעלי חזרות של 1-6 נוקליאוטידים בתוך ה-DNA הגרעיני. רצפים אלו אינם מקודדים ולא משתתפים בתהליכי בקרה בתא, הם בעלי שיעור מוטציה יחסית גבוה, הודות לטעויות שכפול- Slipped strand mispairing ומאופיינים באחוז שונות גבוה, המתאים לאפיון קרבה גנטית בין אוכלוסיות של אותו מין. אלו הסמנים המיושמים ביותר במחקר אקולוגי (Finger and Klank 2010) ובעלי הרזולוציה הגבוהה ביותר שניתן למצוא.

טבלה 2 מסכמת בקצרה את סוגי הסמנים הנפוצים בשימוש, סיווגם, הרצף אותו הם מיועדים להגביר ואופן השימוש בהם.

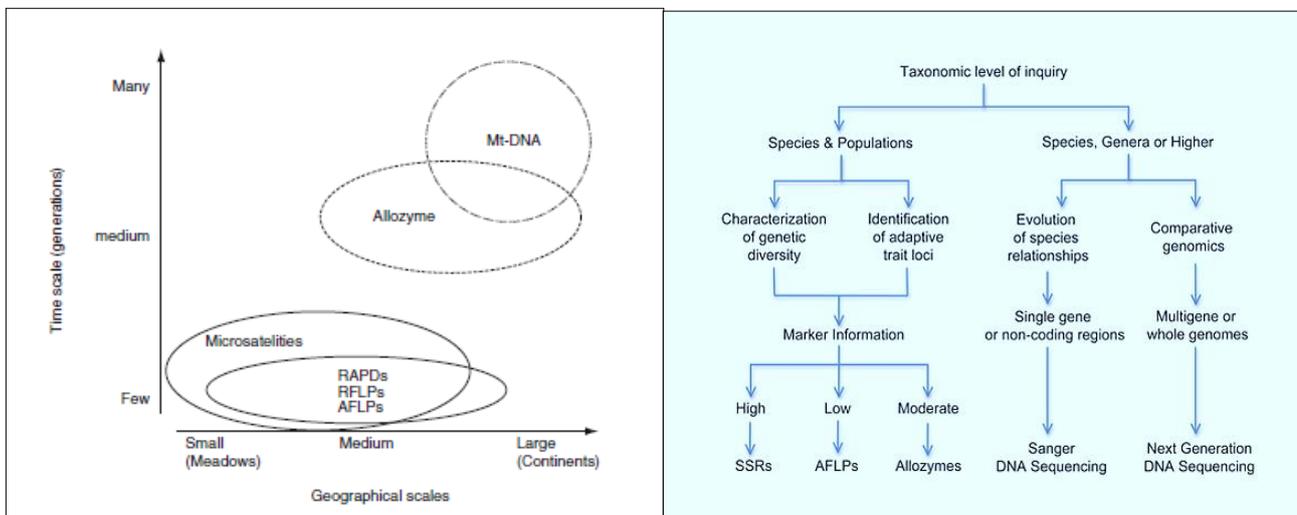
סיווג הסמן	רצף היעד	אופן השימוש
שיטות מבוססות אזורים מקודדים - DNA Barcoding		
<i>Mitochondrial DNA</i>	<u>גנים עיקריים:</u> Cytochrome Oxidase I, II 16S rDNA	השוואת גנים שמורים אבולוציונית, המועברים בהורשה אמהית ומצויים בעותק יחיד, אם על ידי פריימרים ספציפיים לקבוצה טקסונומית מסוימת או ע"י פריימרים אוניברסליים המשותפים למספר קבוצות
	<u>גנים משניים:</u> 12S rDNA, CO III, ND5, ND2, ND4, ND1	
<i>Nuclear Ribosomal DNA</i>	18S rDNA	השוואת גנים מקודדים לאחת מתת היחידות של הריבוזום השמורות אבולוציונית בין אורגניזמים מקבוצות טקסונומיות שונות
	28S rDNA	
	Internal Transcribed Spacer	השוואת אזור המרווח שבין הגנים המקודדים לתת היחידות של הריבוזום
<i>Nuclear Protein-Coding Genes</i>	רצפי גנים המקודדים לחלבונים שונים ב DNA הגנומי	השוואת גנים פונקציונאליים השמורים באופן משתנה בין קבוצות טקסונומיות שונות
<i>Allozymes/Isozymes</i>	אנזימים חשובים המשתתפים בתהליכים מטאבוליים בתא	השוואת וריאנטים שונים של האנזים כפי שהם נגזרים מאללים שונים של אותו גן מקודד
שיטות מבוססות אזורים לא מקודדים - DNA Fingerprinting		
<i>RAPD/DAF/AP-PCR</i>	אתרים רנדומליים על גבי ה-DNA הגנומי	הגברה באמצעות פריימרים אקראיים והשוואה בין דוגמאות
<i>Restriction Enzymes methods</i>	אתרי הכרה של אנזימי רסטריקציה	RFLP - חיתוך של אתרי הכרה ב-DNA AFLP - נוסף על החיתוך מתבצעת הגברה סלקטיבית ב-PCR תחת תנאים מחמירים
<i>Microsatellites (Variable Number Tandem Repeats)</i>	מספר חזרות של נוקליאוטידים בעלי שיעור מוטציה גבוה באזורים שונים בגנום (בדרך כלל פחות מ-5 בסיסים בחזרה, למשל: CAGCT)	השוואה בין אתרים בעלי חזרות בין גנומים של אורגניזמים קרובים וחיפוש אחרי פולימורפיות
<i>Sanger DNA Sequencing</i> <i>Next generation Sequencing</i>	ריצוף כלל ה-DNA של האורגניזם המבוקש	ככלל משמש לריצוף מקטעים קצרים במגוון רחב של שיטות אך שימוש נוסף וחשוב הוא היכולת להשוות גנומים שלמים של אורגניזמים בעלי קרבה משתנה

טבלה 2: סוגי סמנים מולקולאריים נפוצים: חלוקת הסמנים היא על פי תפקוד אזור הסמן, בין אם מקודד (DNA Barcoding) או אינו מקודד (DNA Fingerprinting). עפ"י רוב קבוצת השיטות הראשונה תצריך איזושהי היכרות מוקדמת עם אתר הסמן כתלות ברמת הרזולוציה; מין, סוג, משפחה וכן הלאה. לעומת זאת, הקבוצה השנייה לא תצריך ידע מולקולרי מוקדם (Brower and DeSalle 1994; Caterino, Cho et al. 2000; Behura 2006; Wells and Stevens 2008).

כפי שניתן ללמוד, הכלים המולקולריים העומדים לרשות האקולוגים לחקר אוכלוסיות הינם רבים ולשיטות השונות יתרונות וחסרונות שונים. על מנת לבחור את השיטה המוצלחת ביותר, כזו שתטיב עם המחקר, עלינו לענות על מספר שאלות טרם נבחר בסמן: (1) מהי השאלה האקולוגית עליה אנו מעוניינים לענות (2) מהן סקאלות הזמן והמרחב אליהן אנו מחפשים להתייחס (3) כמה חומר חי יכול לעמוד לרשותנו (4) מהו תקציב המחקר (5) עד כמה נפוץ השימוש בסמן ובכמה פרסומים מדעיים הוא מופיע (Assmann, Buse et al. 2007).

הסמן בו בחרנו לבצע את עבודת המחקר הינו מהסוג מיקרוסטליטים. שאלת המחקר עליה אנו מנסים לענות עוסקת באוכלוסיות של מין יחיד ועל כן דרושה רמת גבוהה מאוד של אבחנה. איור 3 מציג את אופן בחירת הסמן בהתבסס על הרמה הטקסונומית בה אנו מתמקדים (Allan and Max 2010). ניתן לראות כי על מנת לאפיין הבדלים גנטיים ברמת האוכלוסיות והמינים השיטה שתספק את מירב האינפורמציה היא שיטת המיקרוסטליטים (SSR), בעוד שיטות ה-AFLP וה-Allozymes ייתנו תמונה ברזולוציה נמוכה ובינונית בהתאמה.

מבחינת סקאלות זמן ומרחב, החיפושית *Carabus Sidonius* היא בעלת מרחב תפוצה בינוני (עשרות עד מאות קילומטרים) וזמן הדור שלה הינו קצר יחסית (כשנה). כפי שניתן לראות באיור 3, תכונות אלו מתיישבות היטב עם יכולות המיקרוסטליטים (Finger, Schmitt et al. 2009; Finger and Klank 2010).

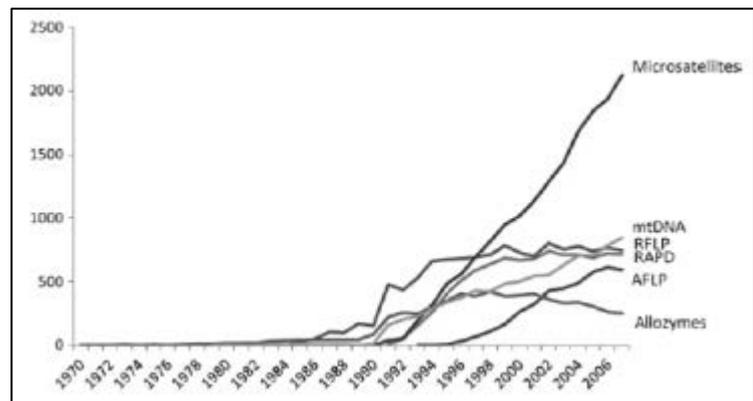


איור 3 : אופן בחירת הסמנים המולקולריים : מימין- תרשים זרימה המתבסס על הרמה הטקסונומית הנבדקת. אם שאלת המחקר עוסקת במינים או ברמה טקסונומית גבוהה יותר, נבחר לעבוד בשיטות של ריצוף ה-DNA ואילו ברמות טקסונומיות נמוכות יותר נעדיף להשתמש בשיטות שונות (SSR, AFLP, Allozymes). מתוך (Allan and Max 2010) משמאל- השימושיות של כל שיטה ביחס לסקאלות זמן ומרחב משתנות. על אף החפיפה המסוימת בין המיקרוסטליטים לשיטות ה- AFLP, RFLP, RAPD, לאחרונות ישנם מספר חסרונות בולטים והופכים את המיקרוסטליטים לשיטה המועדפת בסקאלות אלו (Bennett 1992; Jones, Edwards et al. 1997)

מיקרוסטליטים הוא הסמן המולקולרי המיושם ביותר כיום במחקר האקולוגי (ראה איור 4), השימוש בו למטרות שימור סביבה הוא הרחב ביותר שניתן למצוא. השיטה אינה מצריכה כמויות גדולות של חומר חי וניתן אף להשתמש בחומר יבש ובכך להגדיל את סקאלת הזמן אותה ניתן לנתח באמצעותו. כפי שניתן לראות באיור 4, החל מסוף שנות ה-80, אז הומצא מכשיר ה-PCR חלה עלייה אסטרונומית בכמות הפרסומים המתעסקים בסמנים מולקולריים, ובעוד שאר הסמנים הגיעו לאיזושהי רוויה בשנות ה-2000, מספר המחקרים הקשורים במיקרוסטליטים רק הולך וגדל (Finger and Klank 2010).

איור 4: מספר פרסומים (בנושאים ביולוגיים רלוונטיים) בין השנים 1970 ו-2007 העושים שימוש בסמנים השונים - מתוך 1,758 מאמרים בכירים שפורסמו בין השנים 1994 ו-2003, 29.8% עשו שימוש בסמנים מיטוכונדריאליים ו- 42.5% במיקרוסטליטים. הגרף ממחיש כי הבדלים אלו רק גדלו בהמשך.

מתוך (Finger and Klank 2010)



השימוש במין *Carabus sidonius* כמין מייצג

כתב: גדיאל פלייטמן

שאלת המחקר וחשיבותה

כתבה: עדי קציר

שאלת המחקר שתיבחן בעבודה זו הינה: **האם ה"שדרה הירוקה" המוגדרת בתמ"א 35 מהווה מסדרון אקולוגי עבור המין *Carabus sidonius* ?**

שאלת המחקר המוצעת מאירה באור מחקרי את הקביעות התכנוניות שבתמ"א 35, ובוחנת אותן מתוך זווית אקולוגית. חשיבות השמירה על רצף שטחים פתוחים כמסדרון אקולוגי נבחנה בעבר, בעיקר תוך התייחסות לשטחים טבעיים. מאחר והשטחים הפתוחים לפי תמ"א 35 אינם בהכרח טבעיים (כוללים כבישים, שטחי חקלאות וכו'), יש לבחון את רלוונטיות ההחלטה התכנונית לפיה יש לשמרם, גם בהקשר האקולוגי.

במידה ואכן מתקיים קשר בין אוכלוסיות המתקיימות בצפון השדרה, לאלו שבדרומה, ניתן יהיה להניח כי ייתכן והשטחים הפתוחים, כפי שמוגדרים בתמ"א 35, מאפשרים יצירת מסדרון אקולוגי, ולכן ישנה חשיבות בשימורם. במידה ויימצא כי לא מתקיים קשר בין האוכלוסיות, הרי כי אז ייתכן שעל אף הגדרת השדרה הירוקה, לא מתאפשר מעבר פרטים בה. ממצא זה יידרוש בחינה נוספת על ידי שימוש במינים נוספים או בשיטות מחקר נוספות.

שאלת מחקר זו הינה אחת מתוך מכלול שאלות לפיהן ניתן לבחון את ההחלטות התכנוניות המופיעות בתמ"א 35 בהיבט אקולוגי. ישנה חשיבות גדולה בבחינת החלטות אלו לאורך זמן, וזאת במטרה לאפשר שימור אמיתי של מגוון המינים והמגוון הגנטי בתוך אוכלוסיות המתקיימות במציאות הפיתוח האינטנסיבי ברחבי הארץ.

שיטות המחקר

אזור המחקר ומאפייניו

כתבה: עדי קציר

הגדרת אזור המחקר

השדרה הירוקה, כפי שהיא מוגדרת בהוראות תמ"א 35, כוללת את כל אזורי התכנון הכלולים במרקם השמור המשולב. הגדרה זו כוללת בתחומה אזורים בהם קיים רצף שטחים פתוחים וטבעיים (בתות, חורשים, יערות), שאינם מופרעים כלל או שעוצמת ההפרעה בהם היא נמוכה, ולעומתם אזורים בהם השטחים הפתוחים הטבעיים מקוטעים על ידי פעילות האדם. לצורך עבודה זו, נבחין בין שני אזורים שונים לאורך השדרה, הנבדלים ביניהם ברוחב השדרה, מידת ההפרעה האנושית בהם ומידת לחצי הפיתוח (ראה איור 5) – אזור מרכז השדרה לעומת האזור הפריפריאלי. מרכז השדרה הירוקה הינו האזור שבין כביש 651, בין קיסריה לפרדס חנה, לכביש 431, בין מודיעין לראשון לציון. באזור זה רוחב המרקם השמור המשולב צר במיוחד (נע בין 1-20 ק"מ), השטחים הטבעיים מקוטעים ומופרעים על ידי פעילות אנושית נרחבת ולחצי הפיתוח אינטנסיביים ביותר. לעומתו, האזור הפריפריאלי, המחולק למתחם הצפוני (כולל את כל האזור שמצפון לכביש 651 בין פרדס חנה לקיסריה) ולמתחם הדרומי (מדרום לכביש 431 בין מודיעין לראשון לציון) מאופיין בשטחים פתוחים טבעיים נרחבים ומקושר מצפון לאזורי המרקם השמור הארצי בגליל ובגולן ומדרום למרקם השמור הארצי ולמרקם הכפרי שבנגב והערבה. הן האזור הצפוני והן הדרומי מאופיינים ברצף שטחים פתוחים, ברוחב שדרה מינימאלי של 15 ק"מ ובלחצי פיתוח מתונים יחסית.



איור 5 – חלוקת השדרה הירוקה לשני איזורים עיקריים. אזור המרכז (בצבע אדום) והאזור הפריפריאלי (ירוק). עיבוד מתוך תשריטי תמ"א 35 באדיבות אדרי' נעמה רינגל

אקלים

השדרה הירוקה חולשת על שטחים מצפון הארץ ועד דרומה, הנתונים לתנאי אקלים משתנים ולחבלים פיטוגיאוגרפיים שונים (ראה חלוקה לפי (Danin and Plitmann 1987). על מנת לשמור על תנאי שטח, צומח ואקלים אחידים בקירוב, אזור המחקר עצמו יעסוק רק בשטחים שנתונים לאקלים הים תיכוני, המאופיין בקיץ חם ויבש למשך 7-8 חודשים בשנה, חורף קריר וקצר עם שונות רבה בכמויות המשקעים משנה לשנה וקרירת שמש חזקה (פרובולוצקי וחברי 1992). כמות המשקעים הממוצעת היא 400-1000 מ"מ לשנה והטמפרטורה הממוצעת עומדת על כ- 19°C (ויזל 1984).

בתי גידול

לאורך השדרה הירוקה ניתן למצוא מגוון רחב של בתי גידול כתלות בתשתית ובקרקעות, בפעילות ומעורבות האדם, בצומח ובגורמי הסביבה השונים. המין *Carabus sidonius* מתקיים בבתי גידול טבעיים ובשדות חקלאיים, ולכן אתרי הדיגום יוגבלו אף הם לאזורים אלו.

- חורש ים תיכוני - החורש הוא תצורה של עצים, שיחים ומטפסים הגדלים במערוב. כיסוי הצומח בחורש רציף וצפוף והוא יוצר נוף סבוך. החברה האופיינית לחודש היא חברת אלון מצוי ואלה ארצישראלית. כמחצית ממיני העצים של החורש הים-תיכוני הם ירוקי-עד וביניהם אלון מצוי, אלת המסטיק, ער אציל, חרוב מצוי, בר-זית בינוני וקטלב מצוי. את המחצית השניה מהווים מיני עצים המשירים את עליהם בחורף (לדוגמה: אלה ארצישראלית, אלון התולע, אלון התבור, עוזרר קוצני ואגס סורי). תקופת הצמיחה, הפעילות והפריחה של עצי החורש הים-תיכוני מוגבלת בעיקר לאביב ולראשית הקיץ, אולם צמחי חורש רבים נכנסים לפעילות נוספת לקראת הסתיו (ויזל 1984).
- יער - יער הוא תצורת צומח של עצים גבוהים, בעלי גזע ראשי. צפיפות הצמחים בו נמוכה יותר מאשר בחורש. חלקות יער טבעיות בארץ אינן רבות וניתן למוצאן בעיקר בהר, למשל, בכרמל (חורשת הארבעים), בסביבות ברעם (יער ברעם) ובהרי יהודה (שמורת המסרק). תצורת עצים נפוצה יותר בארץ היא זו של יער נטוע. הקרן הקיימת לישראל נטעה מאז קום המדינה ועד היום כ- 920 אלף דונם של יערות ברחבי הארץ, (לפי אתר קק"ל, ראה רשימת מקורות), היוצרים בית גידול ייחודי, המכיל הן מיני צומח מקומי והן מינים גרים. היער יוצר תנאים ייחודיים הודות לצל שמטילים העצים, להתפתחות שכבה עבה של נשר עלים ורקבובית והתפתחות אוכלוסיות ציפורים ובעלי חיים אחרים המלווים את היער (פיינברון-דוהן ודנין 1998).
- בתה וגריגה - תצורות צומח אלו מורכבות בעיקר משיחים, בני שיח ועשבונים. גריגה היא תצורת צומח ים-תיכוני ששולטים בה שיחים שגובהם מגיע למטר, בערך. הצמחים השליטים בחברות הגריגה הם קידה שעירה, אשחר ארצישראלי, מרווה משולשת, שלהבית דביקה, לוטם מרווני ולוטם שעיר. הגריגה מהווה בדרך כלל שלב ביניים בטור הסוקסיוני המוליך אל החורש, ולכן מוצאים מעבר הדרגתי בינה ובין החורש (ויזל 1984). הבתה הוא השם המקובל לתצורת צומח ים-תיכוני ששולטים בה בני-שיח שגובהם מגיע בדרך כלל עד 0.5 מ'. נוסף לבני-השיח מרובים בבתה גם מינים של צמחים עשבונים וגיאופיטים, וחברות

הצמחים העיקריות בבתה הן חברת הסירה הקוצנית, חברת הקורנית המקורקפת וחברת הלוטמית הדביקה (ויזל 1984).

מפת אתרי הדיגום

אתרי הדיגום יתפרסו באתרים לאורך השדרה הירוקה, המייצגים את בתי הגידול השונים. סה"כ יידגמו 16 אתרים החל מכפר מנחם בדרום ועד מגידו ויער הזורע בצפון (ראה איור 6).



איור 6 – מפת אתרי הדיגום: 16 אתרים יידגמו לפי החלוקה הבאה: חמישה אתרים ביערות (צהוב), ששה אתרים בבתות וגריגה (ירוק) וחמישה אתרים בשדות חקלאיים (אדום).

עיבוד מתוך google-earth בשילוב מפת המרקם השמור המשולב.

שיטות הדיגום האקולוגי

כתב: גדיאל פלייטמן

שימוש בשיטות מולקולאריות

כתב: אלעד מילס

על מנת להתחיל לעבוד עם מיקרוסטליטים, ראשית יש צורך לבדוק איזה מידע ביואינפורמטי קיים במאגרי המידע ובמידה וקיים, לוודא כמה הוא רלוונטי לאורגניזם הנבחר.

סקירה ספרותית שנערכה הראתה כי לא קיימים רצפים קודמים של מיקרוסטליטים מהמין *Carabus sidonius* והיות ואנו מעוניינים ברזולוציה גבוהה ככל הניתן במטרה להבדיל בין פרטים המשתייכים לאותו המין עלינו לדאוג שהפריימרים בהם נעשה שימוש יתאימו ככל הניתן לאוכלוסיות המרכיבות את המין. כדי להשיג מטרה זו נחלק את העבודה לשני חלקים: **חלק א'** יכלול איסוף מדגמי של פרטים מהם נכין ספרייה גנומית שתשמש לאיתור רצפים חוזרים-מיקרוסטליטים, נתכנן אזורי עבודה גנומיים ונעצב פריימרים להמשך העבודה. **בחלק ב'** של העבודה יתבצע דיגום אינטנסיבי מהאזורים השונים ויעשה שימוש בפריימרים שעוצבו לביצוע האנליזה הגנטית, ממנה יתקבל מידע לגבי מספר האללים לאתר (Locus) והגנוטיפים ותדירותם ומהם נוכל לחשב את רמת ההטרוזיגוטיות הנצפית (Observed Hetrozygosity) של האוכלוסיות. על ידי השוואת חישוב זה לרמת ההטרוזיגוטיות המצופה (Expected Hetrozygosity) כמתקבל משינוי המשקל של הרדי ויינברג נוכל להצביע על מצב המגוון הגנטי של האוכלוסיות. כמו כן נוכל לייצר עצי קרבה (דנדוגרמות) להמחשת הקרבה בין הפרטים בין האזורים השונים.

חלק א'

יתבצע לפי פרוטוקול עבודה מסודר (Selkoe and Toonen 2006). שלבי העבודה הינם כדלקמן:

הכנת הספרייה הגנומית

1. איסוף 20-30 פרטים משלושת אזורי הדיגום.
2. מיצוי DNA באמצעות ריכוז מלחים גבוה.
3. עיכול ה-DNA הגנומי ע"י אנזימי רסטריקציה (200-1000bp).
4. סלקציה וניקוי של תוצרי הרסטריקציה על גבי קולונה.
5. ליגציה של הפרגמנטים אל וקטור מתאים וטרנספורמציה לחיידקי *Escherichia coli*.
6. סדרת סלקציות לבידוד והגברת החיידקים הרקומביננטיים והפקת ה-DNA.

מציאת רצפים חוזרים- מיקרוסטליטים

7. היברידיזציה לגלאים אוליגונוקליאוטידים מסומנים לצורך איתור מיקרוסטליטים פוטנציאליים.
8. ריצוף של האתרים הפוטנציאליים באמצעות פריימרים אוניברסליים.
9. אפיון תכולת האתרים ועיצוב פריימרים ספציפיים לאלו שנמצאו מתאימים (ייבחרו אתרים המועברים בהורשה מנדלית קלאסית ונייטרליים באופן סלקטיבי). עיצוב הפריימרים יתבצע באמצעות תוכנת PRIMER 3 כדי לעמוד בקריטריונים הבאים: (i) גודל הפריימרים בין 17 ל-25 בסיסים (ii) גודל תוצר PCR לא עולה על 250 בסיסים (iii) אחוז GC גבוה מ 40% (iv) כמות

קטנה של תצורות מבניות משניות (v) טמפרטורת Annealing בין 50-60 מעלות ועם הבדלים של פחות ממעלה בין הפריימרים. (Brouat, Mondor-Genson et al. 2002). השאיפה תהיה למצוא מספר רב ככל הניתן של רצפים רפטטיביים וכך לבצע השוואה רבת אתרים/אתר בודד בין הפרטים והאזורים.

10. בחינת הפריימרים על מספר פרטים (10-20) לידוא מגוון אללי ורמות הטרוזיגוטיות.

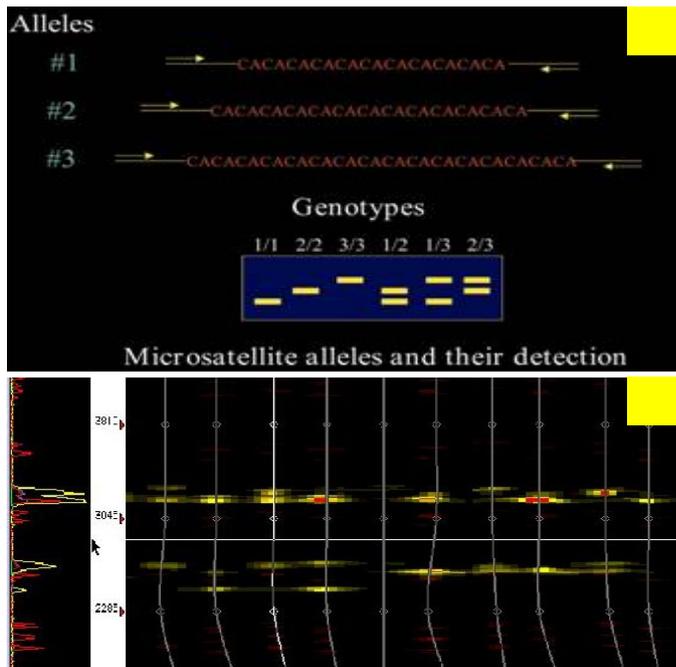
11. מיסוד פרוטוקול Multiplex PCR להגברה בו זמנית של מספר אתרים המסומנים בצבע פלואורסנטי שונה ובעלי טמפרטורת Annealing שונה.

חלק ב'

מרגע שיש בידינו פריימרים המסוגלים להגביר מקטעי מיקרוסטליטים מפרטים של המין *Carabus sidonius* והעונים לדרישות (Selkoe and Toonen 2006) ניתן להתחיל בדיגום אינטנסיבי של פרטים מאזור המחקר. גודל המדגם (N) הוא נושא קריטי וחשוב שנועד לספק לעבודה המולקולרית מובהקות סטטיסטית. על מנת לקבל גודל מדגם מייצג, יאספו מן השטח מספר גדול ככל הניתן של פרטים משלושת אזורי הדיגום, גודל המדגם להשוואה יבוסס על מספר הפרטים הקטן ביותר שנאסף מאחד מן האזורים ובאזורים בעלי המדגם הגדול יותר תבוצע שיטת הדילול (Rarefaction). שיטה זו עושה שימוש בתדירות התפוצה של האללים באתר (Locus) במטרה להעריך את מספר האללים שיתרחשו בגודל מדגם קטן יותר של פרטים מאותו אזור (Petit, El Mousadik et al. 1998), כך מתבצעת סטנדרטיזציה של גודל המדגם לגודל המדגם הקטן אליו מתבצעת ההשוואה. מספר הפרטים הקטן ביותר ממנו לא נרצה לרדת הוא (L. Pruett and Winker 2008) N=20.

ריצוף הדוגמאות ופענוח הגנוטיפ

לאחר כל הרצה בה יוגברו המיקרוסטליטים בפרטים, יישלחו הדוגמאות לאלקטרופורזה בגיל וקריאה במכשיר ה- ABI PRISM Genetic Analyzer (Applied Biosystems), התוצאות יעברו Genotyping באמצעות תוכנות GeneScan (Applied Biosystems) לפי פרוטוקול החברה לניתוח תוצאות ה-PCR. תוצאות GeneScan ייתנו לנו מידע על גודל הפרגמנט של האתרים השונים ויזהו אם האתר הינו הטרוזיגוט או הומוזיגוט. אין לדבר משמעות באשר לדומיננטיות או רצסיביות היות ומדובר ברצפים שאינם מקודדים. באיור 7 ניתנת דוגמה לאופן הופעת הסמנים על גבי הגיל.



איור 7 – האיור העליון מציג שלושה אללים לאותו אתר (Locus) לפי הרצף בחלק העליון. ניתן לראות שכל רצף שונה באורכו ובמספר החזרות (CA). בחלק התחתון באיור מופיעים הרצפים בהרצה על גבי ג'ל. האיור התחתון מציג גנוטיפ מהסוג הטרזיגוט - Aa. כך נראות תוצאות הניתוח מתוכנת ה-GeneScan. הסימונים הצהובים מקורם בסימון הפלואורסנטי של הרצף מאחד האתרים הנבדקים. סמן הגדול מצביע על כך שמדובר בשני מקטעים בעלי גודל שונה כתוצאה מהשוני במספר החזרות ומשמאל מופיעים הפיקים המציינים את שני המקטעים.

מתוך INSATDB/about.php/http://cdfd.org.in

בשלב זה לאחר שיהיו בידנו כל המיקרוסטליטים המרוצפים נוכל בשלב ראשון לייצר עץ פילוגנטי לשם הצגת המרחקים בין הפרטים מאותו אזור ובין האזורים השונים. לשם כך נעשה שימוש בתוכנת CLUSTALW באמצעות שיטה מבוססת מרחק- Neighbor Joining Method (NJ) שמחשבת את המחשבת מרחק בין הרצפים עפ"י מספר ההבדלים בבסיסים וממקמת את הדומים ביותר אחד ליד השני בעץ, כמו כן נבצע ROOTING לעץ על ידי הוספת רצף של חיפושית נוספת ממשפחת הרצניתיים (Carabidae)- כך נוכל לקבל מושג לגבי זמן התפצלות האוכלוסיות (Molecular Clock) במידה וכזה יימצא.

את תוצאות הרצפים מתוכנת GeneScan נעביר לאנליזה גנטיקה של אוכלוסיות ע"י תוכנת GenePOP (Online Version). התוכנה תנפיק את המדדים הבאים: ¹שכיחות האללים, ²שכיחות הגנוטיפים לפי ש"מ הרדי ויינברג, ³ הטרזיגוטיות צפויה, ⁴ הטרזיגוטיות נצפית, ⁵מקדם זיווג קרובים (Inbreeding), ⁶שכיחות אללים כללית, ⁷אינדקס הטרזיגוטיות כללי ו- F statistics (Raymond and Rousset 1995). הטרזיגוטיות היא מדד חשוב לבריאותה של אוכלוסייה, ומשמעותה שישנו היזון של אללים שונים לתוך האוכלוסייה. אוכלוסייה שאינה חשופה לזרימה חיצונית של אללים תחרוג מש"מ עדין זה ומשמעות הדבר תהיה שמתקיימת הכלאה בין הפרטים באוכלוסייה (Inbreeding) תוך הגברת החשיפה לגנים לאליים רצסיביים. ש"מ הרדי ויינברג במצב אידיאלי מושתת על הנחות יסוד תיאורטיות שאינן מתקיימות במציאות אך נותנות נקודת התייחסות אליה ניתן להשוות את המצב הקיים (Guo and Thompson 1992; Wigginton, Cutler et al. 2005).

אם כך, המדדים המתקבלים מן התוכנה יאפשרו לנו ללמוד ממצב ההטרזיגוטיות אם האוכלוסיות מאזור זה או אחר מבודדות, אם נוצר צוואר בקבוק או סחף גנטי.

הערכת הקשיים הצפויים במחקר

כתב: אלעד מילס

ניתן לחלק את הקשיים בהם אנו צפויים להיתקל לשני חלקי העבודה: עבודת השדה האקולוגית והעבודה בשיטות המולקולריות:

דיגום ועבודת שדה

1. הנחת מלכודות - ייתכן והמלכודות שנפזר בשטח לא יחזיקו מעמד, אם בעקבות סקרנים שיוציאו אותן ממקומן ובין אם מהרס לא מכוון על ידי בעלי חיים. כמו כן חלק מהמלכודות שיוצבו, ימוקמו בשטחים חקלאיים, דבר שידרוש שיתוף פעולה מצד החקלאים ומודעות מצדם לעצם קיומן של המלכודות בשטחם. דרך אפשרית להתגבר על בעיה זו היא להציב מלכודות בעודף. בשלב ראשוני נציב מספר מלכודות כפי שצינו ונבצע מעקב אחר מצבן כדי לאמוד את הצורך בהשמת נוספות. הסבר חשיבות המחקר לחקלאים והשוואת המלכודות מכל מיני סקרנים יסייעו בדבר.

2. איסוף הפרטים - ייתכן כי גודל המדגם שיאסף יהיה קטן מידי לצורך קבלת מובהקות סטטיסטית. היות והמלכודות יהיו תחת ניטור קבוע, במידת הצורך ניתן להוסיף מלכודות. דרך אפשרית נוספת הינה למשוך את החיפושיות למלכודת באמצעות פיתיון. חומצה אצטית (Cardenas and Hidalgo 2000), צללוזה ספוגה בין אדום (Assmann and Janssen 1999), תרכובות סינטטיות כמו α -pinene (Zumr and Starý 1991) הן רק כמה דוגמאות אשר עשויות לסייע בלכידת חיפושיות מהסוג Carabus.

3. קושי בזיהוי פרטים מהמין Carabus sidonius - מין זה משתייך למשפחה בה מינים רבים דומים מאוד. לעין בלתי מקצועית הבדלת *sidonius* משאר מיני הסוג Carabus איננה טריוויאלית. במקרה ובו יהיה יוצר קושי בזיהוי המין מבין כמה חיפושיות שנלכדו ניתן לפנות למומחים לסיוע בזיהוי.

עבודה מולקולרית

1. קושי באיתור מיקרוסטטליטים מתאימים - קיים חשש שמא השיטה בה נהוג להשתמש לפי פרוטוקול העבודה שצוין לא תהא רגישה דיה ותניב מעט מידי רצפים חוזרים. במקרים מסוימים בשילוב של עבודה לא נקייה היא לא תניב אף סמן אחד. לשם כך הכנו מבעוד מועד שיטה חלופית העושה שימוש ב- Sequencing Next Generation (Smith, Joss et al. 2011) ומתיימרת לספק תוצאות במקרים בעייתיים. שיטה זו אינה נפוצה בשימוש בחקר חיפושיות מהסוג שלנו ועל כן היא תישמר כחלופה.

2. קשיים טכניים במהלך העבודה המולקולרית - העבודה המולקולרית היא בעיקרה סיוזיפית ומדובר בקשיים שקצרה היריעה מלדון בהם, הם עשויים להתעורר בכל נקודה במהלך העבודה והפיתרון להם הוא סבלנות וחזרה על התהליך תוך שמירה על עבודה נקייה ומדויקת. דוגמאות לכך הן: בעיות חיתוך עם אנזימי הרסטריקציה, קושי בקבלת תוצרי PCR, פריימרים לא ספציפיים, זיהומים, ריצוף לא מוצלח של תוצרי השיבוט וכן הלאה.

כתבה: אנה מירנוב

נקודת המוצא של עבודה זו היא במתן דגש על חשיבות המגוון הגנטי התוך מיני במערכת ההחלטות ומאמצי השמירה הנוגעים למגוון הביולוגי בישראל בפרט ובעולם בכלל. שמירה על מגוון הגנטי מאפשרת למינים שונים להגיב בהתאם לשינויים ואיומים סביבתיים ובכך לאפשר הישרדות ארוכת טווח.

עבודה זו בוחנת בזווית מדעית את הקביעות התכנוניות של תמ"א 35 לגבי שמירת הרציפות של שטחים פתוחים אשר מכונים בתמ"א-ה"שדרה הירוקה". זאת תוך התמקדות באזור מרכז השדרה הירוקה (בין כביש 651, בין קיסריה לפרדס חנה, לכביש 431, בין מודיעין לראשון לציון) אזור בו רוחב המרקם השמור המשולב צר במיוחד, השטחים הטבעיים מקוטעים ומופרעים על ידי פעילות אנושית נרחבת ונתונים ללחצי פיתוח אינטנסיביים ביותר.

לכאורה, "השדרה הירוקה" ע"פ תמ"א 13 עשויה להוות מסדרון אקולוגי פוטנציאלי, שיאפשר מעבר פרטים מצפון לדרום ובכך יסייע בשמירה על עושרו של המגוון הגנטי התוך מיני. מחקרים מדעיים רבים הוכיחו כי מסדרונות אקולוגיים עשויים להוות מרכזים בהם מתקיימים תהליכים אבולוציוניים, ולשמש כמאגרים גנטיים. אולם, מאחר והשדרה הירוקה כוללת שטחים פתוחים אשר אינם טבעיים בהכרח (כוללים כבישים, שטחי חקלאות וכו'), יש לבחון האם היא אכן משמשת מסדרון אקולוגי וישנה רלוונטיות להחלטה התכנונית לשמרה, גם בהקשר האקולוגי.

לצורך בחינת סוגיה זו נבחרה חיפושית הרצה *Carabus sidonius* כמין מייצג. הבחירה במין זה נעשתה מכיוון שהוא ענה על מספר קריטריונים העשויים להגדיר מין מייצג, כגון: מחיה במגוון בתי גידול, שימוש בשטח מחייה רחב יחסית, צפיפות נמוכה יחסית, ביולוגיה ידועה ועוד. מטרתו העיקרית של המחקר היא בדיקה האם קיים קשר גנטי בין אוכלוסיות ה-*Carabus sidonius* מצפון ומדרום למסדרון האקולוגי. זאת באמצעות דיגום פרטים לאורך המסדרון האקולוגי והשוואה בין הפרטים השונים בשיטות גנטיות מולקולאריות.

השימוש בשיטות מולקולאריות מעניק יכולת לבחון האם המסדרון האקולוגי מאפשר "מעבר" של חומר גנטי לאורך המסדרון (ועל כן השונות הגנטית בין פרטים משני צידי המסדרון תהיה נמוכה) או שלחילופין קיים מצב של פרגמנטציה של בתי הגידול (מצב שעלול להוביל לשונות גנטית גבוהה בין הפרטים משני צידי המסדרון). היתרון בשימוש בשיטות המולקולאריות הוא גילוי שונות חבויה (שאינה באה לידי ביטוי במופע חיצוני), פיענוח אירועים "היסטוריים" באבולוציית המין וכן גילוי חותמות גנטיות המעידות על הורשה בין הורה לצאצא.

מבין מגוון השיטות הגנטיות מולקולאריות הרחב, עבודה זו עוסקת בשימוש בשיטת הסמנים הגנטיים. הסמן הנבחר לביצוע עבודת המחקר הינו מהסוג מיקרוסטליטים. שיטה זו מספקת את מירב האינפורמציה בעת השימוש בקרבוס כמין מייצג וזאת בשל מרחב תפוצה בינוני וזמן דור קצר. שיטה זו תאפשר לבחון את השונות הגנטית של הפרטים שיאספו לאורך השדרה הירוקה.

במידה ואכן יתקיים דמיון גנטי בין אוכלוסיות המתקיימות בצפון השדרה, לאלו שבדרומה, ניתן יהיה להניח כי ייתכן והשטחים הפתוחים, כפי שמוגדרים בתמ"א 35, מאפשרים יצירת מסדרון אקולוגי, ולכן ישנה חשיבות בשימורם. במידה ויימצא כי לא מתקיים דמיון גנטי בין האוכלוסיות,

הרי כי אז ייתכן שעל אף הגדרת השדרה הירוקה, לא מתאפשר מעבר פרטים בה. ממצא זה יידרוש בחינה נוספת על ידי שימוש במינים נוספים או בשיטות מחקר נוספות.

שאלת מחקר בעבודה זו הינה אחת מתוך מכלול שאלות לפיהן ניתן לבחון את ההחלטות התכנוניות המופיעות בתמ"א 35 בהיבט אקולוגי. ישנה חשיבות גדולה בבחינת החלטות אלו לאורך זמן, וזאת במטרה לאפשר שימור אמיתי של מגוון המינים והמגוון הגנטי בתוך אוכלוסיות המתקיימות במציאות הפיתוח האינטנסיבי ברחבי הארץ.

רשימת מקורות ספרות

- ויזל, י. 1984 מתוך אלון ע. (עורך), החי והצומח של ארץ ישראל : אנציקלופדיה שימושית מאויירת. כרך 8. משרד הביטחון, ההוצאה לאור.
- פרובולוצקי, א., פולק, ג. ולחמן, א. 1992. "החורש הים תיכוני : רקע כללי - סיכום וספרות". יד הנדיב, החברה להגנת הטבע.
- פרובולוצקי, א., ושקדי, י. 2010. "איומים על המגוון הביולוגי ודרכים לשימורו". התוכנית לשמירה על המגוון הביולוגי בישראל.
- שקדי, י. ושדות, א. 2000. "סקר ספרות בנושא מסדרונות אקולוגיים". *מסדרונות אקולוגיים בשטחים פתוחים, כלי לשמירת הטבע*. 30-41.
- תכנית מתאר ארצית משולבת לבנייה, לפיתוח ולשימור, תמ"א 35, הוראות התוכנית, 2005. משרד הפנים, חוק התכנון והבנייה התשכ"ה - 1965.
- Allan, G. J. and T. L. Max (2010). "Molecular Genetic Techniques and Markers for Ecological Research." *Nature Education Knowledge* **1**(11): 2.
- Allee W.C., A.E. Emerson, O. Park, T. Park, & K.P. Schmidt. 1949. "Principles of Animal Ecology". *Saunders*, Philadelphia.
- Assmann, T. and J. Janssen (1999). "The Effect of Habitat Changes on the Endangered Ground Beetle *Carabus Nitens* (Coleoptera: Carabidae)." *Journal of Insect Conservation* **3**(2): 107-116.
- Assmann, T., J. Buse, et al. (2007). "From Latreille to DNA systematics – towards a modern synthesis for carabidology". Back to the Roots and Back to the Future. Towards a New Synthesis between Taxonomic, Ecological and Biogeographical Approaches in Carabidology - *Proceedings of the XIII European Carabidologists Meeting, Blagoevgrad*. L. D. Penev, T. L. Erwin and T. Assmann, Pensoft Publishers, Sofia, Moscow 41–76.
- Behura, S. K. (2006). "Molecular marker systems in insects: current trends and future avenues." *Molecular Ecology* **15**(11): 3087-3113.
- Bennett, J. (1992). "DNA-based techniques for control of rice insects and diseases: transformation, gene tagging, and DNA fingerprinting". Rice pest science and management: selected papers from the *International Rice Research Conference*. P. S. Teng, K. L. Heong and K. Moody. Los Banos, Laguna (Philippines), IRRI: 147-172.

- Brouat, C., G. Mondor-Genson, et al. (2002). "Isolation and characterization of microsatellite loci in the ground beetle *Carabus nemoralis* (Coleoptera, Carabidae)." *Molecular Ecology Notes* **2**(2): 119-120.
- Brower, A. V. Z. and R. DeSalle (1994). "Practical and Theoretical Considerations for Choice of a DNA Sequence Region in Insect Molecular Systematics, with a Short Review of Published Studies Using Nuclear Gene Regions." *Annals of the Entomological Society of America* **87**: 702-716.
- Cardenas, M. A. and M. J. Hidalgo (2000). "Seasonal activity and reproductive biology of the ground beetle *Carabus dufouri* (Coleoptera: Carabidae)." *European Journal of Entomology* **97**(3): 329-338.
- Castelon T. D., & K. E. Sieving. 2006. "An experimental test of matrix permeability and corridor use by an endemic understory bird". *Conservation Biology*. 20(1), 135-145.
- Caterino, M. S., S. Cho, et al. (2000). "The current state of insect molecular systematics: a thriving Tower of Babel." *Annual Review of Entomology* **45**: 1-54.
- Damschen E. I., N. M. Hadad, J. L Orrock, J. J Tewksbury, & D. J. Levey. 2006. "Corridors increase plant species richness at large scales". *Science*. 313, 1284-1286.
- Danin, A. and U. Plitmann. 1987. "Revision of the plant geographical territories of Israel and Sinai". *Plant Systematics and Evolution* **156**:43-53
- Dixon J.D., M. K. Oli, M. C. Wooten, T. H Eason, J. W. McCown, & D. Paetkau. 2006. "Effectiveness of a regional corridor in connecting two florida black bear populations". *Conservation Biology*. 20(1), 155-162.
- Eeles, R. A., W. Warren, et al. (1992). "The PCR revolution." *Eur J Cancer* **28**(1): 289-293.
- Finger, A. and C. Klank (2010). "Review Molecular Methods: Blessing or Curse?" *Relict Species*. J. C. Habel and T. Assmann, Springer Berlin Heidelberg: 309-320.
- Finger, A., T. Schmitt, et al. (2009). "The genetic status of the violet copper *Lycaena helle*– a relict of the cold past in times of global warming." *Ecography* **32**(3): 382-390.
- Gilbert-Norton L., R. Wilson, J. R. Stevens & K. H Beard. 2009. "A Meta-Analytic Review of Corridor Effectiveness". *Conservation Biology*. 24(3), 660-668.

- Guo, S. W. and E. A. Thompson (1992). "Performing the Exact Test of Hardy-Weinberg Proportion for Multiple Alleles." *Biometrics* **48**(2): 361-372.
- Hadad N. M., D. R. Bowne, A. Cunningham, B. J. Danielson, D. J. Levey, S. Sargent & T. Spira. 2003. "Corridors use by diverse taxa". *Ecology*, 84(3), 609-615.
- Hadad N. M., & J. J. Tewksbury. 2005. "Low quality habitat corridors as movement conduits for two butterfly species". *Ecological Applications*. 15(1), 250-257.
- Jones, C. J., K. J. Edwards, et al. (1997). "Reproducibility testing of RAPD, AFLP and SSR markers in plants by a network of European laboratories." *Molecular Breeding* **3**(5): 381-390.
- Lapola D. M., & H. G. Flower. 2008. "Questioning the implementation of habitat corridors: a case study in interior São Paulo using ants as bioindicators". *Biol.* 68(1), 11-20.
- L. Pruett, C. and K. Winker (2008). "The effects of sample size on population genetic diversity estimates in song sparrows *Melospiza melodia*." *Journal of Avian Biology* **39**(2): 252-256.
- MacArthur R.H., & E.O. Wilson. 1967. *Island biogeography*. Princeton University Press, Princeton.
- Monsen-Collar, K. J. and P. Dolcemascolo (2010). "Using Molecular Techniques to Answer Ecological Questions." *Nature Education Knowledge* **1**(11): 1.
- Mullis, K., F. Faloona, et al. (1986). "Specific enzymatic amplification of DNA in vitro: the polymerase chain reaction." *Cold Spring Harb Symp Quant Biol* **51 Pt 1**: 263-273.
- Noss R. F. 1987. "Corridors in real landscapes, a reply to Simberloff and Cox.Cons". *Biol.* 1, 159-164.
- Orrock J. L., & E. I. Damschen. 2005. "Corridors cause differential seed predation". *Ecological Applications*. 15(3), 793-798.
- Petit, R. J., A. El Mousadik, et al. (1998). "Identifying Populations for Conservation on the Basis of Genetic Markers." *Conservation Biology* **12**(4): 844-855.

- Raymond, M. and F. Rousset (1995). "GENEPOP (Version 1.2): Population Genetics Software for Exact Tests and Ecumenicism." *Journal of Heredity* **86**(3): 248-249.
- Rodu, B. (1990). "The polymerase chain reaction: the revolution within." *Am J Med Sci* **299**(3): 210-2.16
- Selkoe, K. A. and R. J. Toonen (2006). "Microsatellites for ecologists: a practical guide to using and evaluating microsatellite markers." *Ecology Letters* **9**(5): 615-629.
- Smith, S., T. Joss, et al. (2011). "Successful development of microsatellite markers in a challenging species: the horizontal borer *Austroplatypus incomptus* (Coleoptera: Curculionidae)." *Bull Entomol Res*: 1-5.
- Tewksbury J. J., D. J Levey, N. M. Hadad., S. Sargent, J. L. Orrock, A. Weldon, B. J Danielson, J. Brinkerhoff, E. I. Damschen, & P. Townsend. 2002. "Corridors affect plants, animals, and their interactions in fragmented landscapes". *PNAS*. **20**: 12923-12926.
- Townsend P. A., & D. J. Levey. 2005. "An experimental test of whether habitat corridors affect pollen transfer". *Ecology*, **86**(2), 466-475.
- Weldon A. J. 2006. "How corridors reduce indigo bunting nest success". *Conservation Biology*. **20**(3), 1300-1305.
- Wells, J. D. and J. R. Stevens (2008). "Application of DNA-based methods in forensic entomology." *Annu Rev Entomol* **53**: 103-120.
- Wigginton, J. E., D. J. Cutler, et al. (2005). "A Note on Exact Tests of Hardy-Weinberg Equilibrium." *The American Journal of Human Genetics* **76**(5): 887-893.
- Wilson E. O., & E. O. Willis. 1975. Applied biogeography. In, M. L. Cody and J. M. Diamond, eds. Ecology and evolution of communities. Harvard University Press, Cambridge.
- Yin K., Y. Xie & N. Wu. 2006. "Corridor connecting giant panda habitats from north to south in the Min mountains, Sichuan, China". *Integrative Zoology*. **1**: 170-178.
- Zumr, V. and P. Starý (1991). "Effects of baited pitfall traps (*Hylobius abietis* L.) on non-target forest insects." *Journal of Applied Entomology* **112**(1-5): 525-530.

מקורות ברשת

- <http://www.appliedbiosystems.com/absite/us/en/home.html>
- <http://genepop.curtin.edu.au>
- http://www.kkl.org.il/kkl/hebrew/nosim_ikaryim/yeharot/mifal%20hayeur%20updated.x

בית ספר ללימודי סביבה ע"ש פורטר, אוניברסיטת תל-אביב

ניתוח קונפליקט ויצירת קונצנזוס תוך שימוש ב"מסגרות הבנה"-מקרה תחנת הכוח הסולארית באשלים

הצעת מחקר המוגשת במסגרת קורס פרויקטים באיכות
הסביבה

צביקה פופר, עמית גלר, ניר שוהם, רננה שורצולד
תשע"א

בהנחיית איתי אליאב

תוכן עניינים

4	..... תקציר	.א.
5	..... מבוא	.ב.
5	..... סקירת ספרות	.ג.
5	..... קונפליקטים סביבתיים בארץ ובעולם – גורמים ומאפיינים	.ג.1.
7	..... אנרגיה סולארית- בחינת הטכנולוגיות, היתרונות והחסרונות והמדיניות הממשלתית	.ג.2.
8	..... ייצור חשמל מתאים פוטו-וולטאים (PV cells)	.ג.2.א.
9	..... אנרגיה תרמו-סולארית	.ג.2.ב.
9	..... חסרונותיהם העיקריים של השיטות הקיימות לייצור חשמל מאנרגיית השמש	.ג.2.ג.
10	..... חלופה להקמת תחנות כח ריכוזיות – הצבת פאנלים פוטו-וולטאים על גגות	.ג.2.ד.
11	..... התפתחות המדיניות הממשלתית בישראל בנושא אנרגיה סולארית	.ג.2.ה.
11	..... קונפליקטים סביבתיים סביב תחנות כח סולאריות – דוגמאות מהעולם	.ג.3.
13	..... קונפליקט הקמת תחנת הכח הסולארית באשלים	.ג.4.
13	..... תיאור גאוגרפי של סביבת הקונפליקט	.ג.4.א.
13	..... ציר זמן – החלטות והתרחשויות מרכזיות	.ג.4.ב.
15	..... מחזיקי עניין ועמדות בולטות	.ג.4.ג.
18	..... שאלות המחקר	.ד.
19	..... השערות המחקר	.ה.
19	..... מטרתו וחיבתו של המחקר	.ו.
19	..... מתודולוגיה	.ז.
20	..... ניתוח קונפליקט ויצירת קונצנזוס	.ז.1.
21	..... חקר קונפליקט בגישה מבנית-אובייקטיבית	.ז.2.
21	..... שלבי הניתוח המבני	.ז.2.א.
24	..... חקר קונפליקט בגישה סובייקטיבית – ניתוח של מסגרות הבנה	.ז.3.
24	..... מסגרות הבנה ככלי להערכת קונפליקט	.ז.3.א.
25	..... שלבי העבודה	.ז.3.ב.
27	..... השוואה בין פרופילים והסקת מסקנות	.ז.3.ג.
29	..... הערכת הקשיים הצפויים	.ח.
29	..... סיכום	.ט.
30	..... רשימת מקורות	.י.
32	..... נספחים	.יא.
32	..... נספח מספר 1	.יא.1.
32	..... נספח מספר 2	.יא.2.
33	..... נספח מספר 3	.יא.3.

תודות:

כותבי הצעת המחקר רוצים להודות לצוות הקורס על הליווי במהלך הסמסטר ובעיקר לאיתי אליאב על ההערות וההארות.

נוסף על כך, ברצוננו להודות לכל המרצים האורחים שהגיעו במהלך הסמסטר ופרשו עבורנו את יריעת הידע הרחבה בנושא שטחים פתוחים כהכנה לעבודה זו.

לסיום, נרצה להודות לחברינו, הסטודנטים בקורס, על ההערות לאחר הצגת הפרוייקט ביום העיון בנושא.

א. תקציר

עבודה זו עוסקת בקונפליקט סביב תחנת הכח הסולארית "אשלים" שהינו קונפליקט סביבתי הנסוב בעיקרו סביב סוגיית השטחים הפתוחים. ב-3.2.2004 החליטה המועצה הארצית לתכנון ובניה על הקמת תחנת כוח סולארית באתר "אשלים" הממוקם בתחומי המועצה האזורית רמת הנגב. הקמת הפרויקט תוכננה לאמצע שנת 2010, אך נכון ליולי 2011 טרם נבחרו הזוכים במכרז ומתמודדים רבים פרשו ממנו טרם ההכרעה.

גורמים רבים הביעו את התנגדותם לפרויקט אשלים מסיבות שונות, בין אם סביבתיות-חברתיות ובין אם כלכליות-תפעוליות. העיכוב בביצוע הפרויקט, למרות היתרונות הגלומים בו, ממחיש את המורכבות של המיזם ואת ריבוי האינטרסים של מחזיקי העניין השונים היוצרים קונפליקט מתמשך סביב יישומו. מטרת המחקר המוצע בעבודה זו היא **למפות את הקונפליקט סביב הקמת תחנת הכוח באשלים ולנתח את האינטרסים של מחזיקי העניין בפרויקט** אותם ניתן לחלק לשלוש: גופים שלהם אינטרס ישיר, כלכלי או אחר, בהקמת המיזם או באי הקמתו (תושבי אשלים, המועצה האזורית רמת הנגב, חברות שניגשו למכרז, צה"ל וחברת החשמל לישראל). גופים ממשלתיים ורגולטורים המנהלים את מתן האישורים וקובעים את התנאים הכספיים והטכניים של המיזם (משרד התשתיות, משרד האוצר, רשות החשמל, מינהל מקרקעי ישראל ורשויות התכנון) וגופי שמירת טבע וסביבה (המשרד להגנת הסביבה והחברה להגנת הטבע).

לשם מענה על שאלת המחקר: **"מהן "מסגרות ההבנה" של מחזיקי העניין השונים בקונפליקט סביב הקמת תחנת כח סולארית באשלים והאם וכיצד ניתן להשתמש בניתוח הקונפליקט על מנת לקדם את פיתרונו?"**, ייעשה שימוש במתודולוגיה של "מסגרות הבנה". הניתוח יתבצע בארבעה שלבים עיקריים: **א.** זיהוי מחזיקי העניין, **ב.** איסוף ויצירת חומר לניתוח סובייקטיבי, **ג.** זיהוי קטגוריות ורעיונות שבאים לידי ביטוי בראיונות ובחומר הנלווה אצל מחזיקי העניין השונים, **ד.** השוואה בין פרופילים והסקת מסקנות. מעבר לכך הצעת המחקר מציעה שימוש בניתוח איכותני נוסף, משלים לניתוח הסובייקטיבי: ניתוח מבני. הניתוח המבני יבחן חמישה היבטים של הקונפליקט: עוצמתו, מורכבותו, דרגת היתרון היחסי של החלופה המוצעת, רמת נחיצות הפרויקט והפער בין אוכלוסייה נפגעת ואוכלוסייה נהנית. שילוב של שתי מתודולוגיות אלו מהווה חידוש אקדמאי שיכול ללמד על היתרון בשימוש בגישות משלימות: אובייקטיביות וסובייקטיביות.

שאיפתנו היא כי בהתבסס על הערכת הקונפליקט ניתן יהיה לזהות את מקורותיו, לזהות קווי דימיון (בסיס להבנות) ומאידך קווי שונות (בסיס לאי הבנות אך גם ל"רווח משותף" או trade-off) בין מחזיקי העניין ולהציע פתרון ל"מסגור מחדש" (REFRAMING) של הסוגיה. ניתוח כזה יכול להוביל לשיפור בדינאמיקה סביב הקונפליקט ובקידום פתרון מוסכם על כל הצדדים ומעבר לכך, להוות בסיס לפתרון קונפליקטים דומים בעתיד, או אף מניעתם.

ב. מבוא

ב-2004.3.2 החליטה המועצה הארצית לתכנון ובניה על הקמת תחנת כוח סולארית באתר "אשלים" הממוקם בתחומי המועצה האיזורית רמת הנגב. לאחר פרסום המכרז, הקמת הפרויקט תוכננה לאמצע שנת 2010 אולם נכון לאוגוסט 2011, יותר משנה לאחר המועד המתוכנן לתחילת הקמה, טרם נבחרו הזוכים במכרז ומתמודדים רבים פרשו ממנו טרם ההכרעה. לפרויקט הקמת תחנת כח סולארית גדולה, מהסוג המתוכנן בשדה אשלים, חשיבות רבה למשק החשמל בישראל ולעמידה ביעדי הממשלה לייצור חשמל ממקורות מתחדשים. למרות חשיבות זו ועל אף יתרונותיו הסביבתיים היחסיים של הפרויקט הקמת התחנה תגזול כ-5500 דונם של שטח פתוח, על כל הנגזר מכך. גורמים רבים הביעו את התנגדותם למיזם מסיבות שונות, בין אם סביבתיות-חברתיות ובין אם כלכליות תפעוליות. העיכוב בביצוע המיזם למרות היתרונות הגלומים בו ממחיש את מורכבותו ואת ריבוי האינטרסים הכרוכים בו. מטרת המחקר המוצע בעבודה זו היא למפות את הקונפליקט סביב הקמת תחנת הכח באשלים ולנתח את האינטרסים של מחזיקי העניין בפרויקט. ניתוח זה יכול להוביל לשיפור בדינאמיקה סביב הקונפליקט ובקידום פתרון מוסכם על כל הצדדים. מחקר מסוג זה יהווה גם בסיס לפתרון קונפליקטים דומים בעתיד, ואולי אף יסייע למניעתם מבעוד מועד.

מבנה העבודה הוא כדלקמן: תחילה נסקור את הגורמים העיקריים לקונפליקטים סביבתיים ומאפייניהם. לאחר מכן נפנה לתיאור הטכנולוגיות הקיימות בתחום האנרגיה הסולארית, היתרונות והחסרונות של תחנות כח סולאריות והמדיניות הממשלתית של ישראל בתחום. כרקע לתיאור הקונפליקט באשלים נסקור קונפליקטים דומים בעולם ונעמוד על מהות הסכסוך. לאחר סקירה זו נפנה לתיאור הקונפליקט באשלים, סביבתו הגיאוגרפית, ציר הזמן של התרחשויות עיקריות בקונפליקט ועמדות מרכזיות בקרב מחזיקי העניין. לאחר הצגת שאלות המחקר, מטרתו וחשיבותו יתוארו באופן מפורט שתי מתודולוגיות איכותניות שונות למיפוי הקונפליקט: מבנית (אובייקטיבית) וסובייקטיבית. הניתוח המבני מתבסס על חמישה סעיפים שיביאו להבנת אופי הקונפליקט. הניתוח הסובייקטיבי מסתמך על מתודולוגיה של מסגרות הבנה של מחזיקי העניין. לאחר הצבעה על קשיים שעלולים לעלות בביצוע המחקר נפנה לסיכום העבודה.

ג. סקירת ספרות**ג.1. קונפליקטים סביבתיים בארץ ובעולם – גורמים ומאפיינים**

קונפליקטים סביבתיים נפוצים הן ברמה המקומית (עיר או שכונת מגורים) והן ברמה הלאומית (נמל תעופה, תשתיות אנרגיה ועוד). מקורו של קונפליקט סביבתי הינו אי הסכמה לגבי שימושי קרקע או שימוש במשאב סביבתי (טבעי או מלאכותי) אחר. מרבית הקונפליקטים הסביבתיים מתגבשים סביב המתח הנוצר בין פעולות שמגמתן רווח כלכלי ותוצאתן העקיפה כוללת פגיעות סביבתיות. הפגיעה בסביבה ובחברה לעיתים אינה ניתנת למדידה באופן מדעי, אובייקטיבי, אלא נשענת על תחושות והערכות. ניתן לזהות מספר מימדים לקונפליקט: מימד "סביבת-הקונפליקט" המתבטא הן בהיבט הגיאוגרפי ובקנה המידה של

הקונפליקט והן בהקשר החברתי-פוליטי שלו, מימד בעלי הענין (הצדדים המעורבים), ומימד יחסי הגומלין והתפתחות הקונפליקט השם דגש על התהליך שהקונפליקט עובר.¹

קונפליקטים סביבתיים מאופיינים לעיתים קרובות בריבוי משתתפים כדוגמת: יזמים, תושבים, גופי שמירת סביבה, משרדי ממשלה ברמות השונות (ארצי, מחוזי, מקומי), בעלי קרקעות, עמותות ועוד. למשתתפים מידת השפעה שונה וכח יחסי שונה וכן נגישות שונה למידע - כל אלה יוצרים אי שוויון בין בעלי העניין.² בהיבט הנושאי, קונפליקטים סביבתיים, כמו קונפליקטים מתחום המדיניות הציבורית, הם בעלי אופי בין-תחומי ודורשים הבנה טכנית, מדעית ומקצועית מעמיקה. מעבר לאופיים הבין-תחומי קונפליקטים אלה עוסקים בניסיון לחזות את השפעותיהם העתידיות של פרויקטים על הסביבה.³ בנוסף על כך, הם נוטים להיות כרוכים בהליך בירוקרטי מורכב ופעמים רבות הסכסוך נסוב במידה רבה סביב בעיות בתהליך עצמו ולא סביב הנושא הסביבתי עצמו.⁴

קונפליקטים סביבתיים בישראל: בישראל ניתן להבחין בגידול ניכר הן בכמות והן בעוצמה של סכסוכים סביבתיים כתוצאה ממספר גורמים (ראה איור 1):



איור 1: גורמים לסכסוכים על איכות סביבה בישראל (מקור: בן-גל, 2004)

נדירות המשאבים וצרכי פיתוח: ההקשר הגיאוגרפי הרחב בו מתנהל כל סכסוך סביבתי במדינת ישראל הוא של מדינה צפופת אוכלוסין העושה שימוש רב במשאבי קרקע, מים טבע ונוף, ומאפשרת, מתוך מחסור, פלישת שימושי קרקע אינטנסיביים אל קרקעות חקלאיות ואל שטחים פתוחים.⁵ בשל כך ישנו חיכוך מתמיד בין פונקציות שימושי הקרקע השונות. עקב חוסר במשאבים, ביניהם המחסור בשטחים פתוחים, פרויקטים רבים מגיעים לידי מימוש רק לאחר שנים רבות, אם בכלל, ומלווים באי הסכמות בדבר חלוקת משאב הקרקע, חלוקת נטל הסיכון והתנגדויות רבות מצד בעלי עניין שונים. האוכלוסייה בישראל מרוכזת במישור החוף המרכזי לעומת זאת, אזור הנגב מאופיין בדלילות אוכלוסין ולכאורה שופע בשטחים פתוחים הניתנים לפיתוח. נוכח הצפיפות במרכז והפוטנציאל הגדול לקונפליקטים סביבתיים שם, ישנה נטייה להעביר לדרום תשתיות ומתקנים כדי לנצל את מרחביו. כך הוחלט על העברת אתר הטמנת פסולת לאתר דודאים שבנגב, הקמת עיר הבהד"ים ועוד. התפיסה היא כי הפוטנציאל לקונפליקט באזור דליל באוכלוסין הוא קטן יותר. אולם, לקונפליקט המתרחש באזור ספר, נוסף מימד נושאי של צדק סביבתי-

¹ טרבייה, ח.א., 2008. "ניהול ויישוב קונפליקטים סביבתיים בחברות שסועות לקראת יצירת מודל מותאם תרבותית: ניתוח מקרים של קונפליקטים בגליל", חיבור לשם קבלת התואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת חיפה, החוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, חיפה, ישראל.

² שם, וכן: בן גל, מ., 2004. "ניתוח מסגרות הבנה (FRAMES, FRAMING) ככלי לניהול ויישוב סכסוכים בנושאי איכות הסביבה", חיבור לשם קבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת חיפה, החוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, חיפה, ישראל. עמ' 10.

³ טרבייה, 2008. ראה הערה 1.

⁴ בן גל, 2004. ראה הערה 2.

⁵ מזור, א ואחרים. 1993. תכנית אב לישראל בשנות האלפיים. 2020. חיפה, ישראל.

חברתי. העברת תשתיות לנגב טומנת בחובה הוספה של פונקציות שליליות (זיהום, זיהום נופי וכד') במקביל לפונקציות חיוביות (תעסוקה) המשפיעות על אופן התפתחותם של קונפליקטים.

במימד הפוליטי המערכת בישראל מאופיינת בריבוי **פוליטיקה ואינטרסים מקומיים** המשפיעים על הליך התכנון. במימד המוסדי מערכת התכנון בישראל היא בעלת **אופי הירארכי** ומקבלי החלטות בה מגיעים עם רקע מקצועי, פוליטי או ציבורי במינונים שונים. המערכת מאופיינת גם ב**ריכוזיות** בולטת ותהליכי קבלת החלטות מסורבלים. נוסף על אלו, **התקשורת** המפותחת המביאה כל אירוע קרוב לפתחם של האזרחים וכן קיומם של **אירגונים לא ממשלתיים** (NGOs) פעלתנים רבים מגבירים את המודעות הציבורית וגורמים למעורבות אזרחית ניכרת.⁶

תוצאותיהם של סכסוכים אלה הן במקרים רבים פרויקטים המיושמים באופן שאינו משביע את רצונם של אף אחד מהגורמים המעורבים – היזמים מתוסכלים מהנזק הכלכלי בעיבוד והמתנגדים מאוכזבים מעצם הקמת הפרויקט. לסכסוכים אלו לעיתים מתלווה נזק סביבתי עקיף שכן כאשר מדובר בפרויקט שמטרתו לתת פיתרון לבעיות סביבתיות, כגון אתרי סילוק פסולת, מתקני טיהור שפכים וכמו במקרה הנחקר בעבודה זו, הקמת אתר לייצור חשמל ממקורות מתחדשים, עיבוד הפרויקט עלול להביא לפגיעה בסביבה.⁷

בפרק הבא נדון באנרגיה סולארית, נסקור את הטכנולוגיות הקיימות, היתרונות והחסרונות של הטמעה של אנרגיה סולארית במשק החשמל והמדיניות הממשלתית בנושא. סקירה זו תאפשר לנו לפנות לנושא קונפליקטים סביבתיים סביב תחנות לייצור חשמל מאנרגיה סולארית בעולם ולתיאור הקונפליקט סביב הקמת התחנה הסולארית באשלים.

2.ג. אנרגיה סולארית- בחינת הטכנולוגיות, היתרונות והחסרונות והמדיניות הממשלתית

האנרגיה האצורה בקרינת השמש ניתנת לניצול על פני כדור הארץ ע"י מתקנים הממירים אותה לאנרגיה תרמית או חשמלית. לעומת זאת, הפקת אנרגיה על ידי שריפת דלקים מחצביים פוגעת באדם ובסביבה בצורה קשה ובלתי הפיכה. שריפה זו פולטת לאוויר חלקיקים מזהמים הפוגעים בבריאות בני האדם והפחמן הדו חמצני הנפלט בתהליך השריפה תורם להאצת קצב התחממות כדור הארץ ולשיבוש מערכת האקלים העולמית ויחסי הגומלין העדינים שבינה לבין אוכלוסיות החי והצומח.

מדינות וגופים רבים בעולם מנסים למצוא מקורות חלופיים להפקת אנרגיה כגון: שריפת פצלי שמן, הפקת אתנול מגידולי סוכר ותירס, אנרגיה גיאותרמית וכו'. יצור אנרגיה ממקורות אלה עדיין גורם לפגיעה ניכרת בסביבה הן בתהליכי ההפקה והן בתהליך השימוש/השריפה. לכן התחליף הנחשב לראוי ביותר לאחר תהליכים של התייעלות וחיסכון הוא שימוש במקור אנרגיה מתחדש.

פוטנציאל צריכת האנרגיה העולמית השנתי שקול לאנרגיה האצורה בקרינת השמש המגיעה לכדור הארץ בכל 40 דק'.⁸ בנוסף לאנרגיית השמש, קיימים מקורות מתחדשים נוספים להפקת אנרגיה כגון:

⁶ בן גל, 2004. ראה הערה 2.

⁷ Feitelson, E., 2001. "Malicious Sitting or Unrecognized Processes? A Spatio-temporal Analysis of Environmental Conflicts in Tel Aviv" *Urban Studies* 38(7), 1143-1159. בתוך בן-גל. 2004. ראה הערה 2.

⁸ מור, ע. סרוסי, ש. לסטר י. 2008. אנרגיה חלופית ושטחים פתוחים. דו"ח שהוכן עבור מכון דש"א.

אנרגיית רוח, מים וגלים. עם זאת, גם בעת ניצול מקורות מתחדשים לייצור אנרגיה יש לקחת בחשבון את עלות "טביעת כף הרגל האקולוגית" הכרוכה בייצור האלמנטים להפקת החשמל, תחנות הכוח עצמן, בהולכת החשמל מהתחנות למשתמשים ובטיפול במתקן בתום השימוש בו. גם בישראל, כמו בשאר העולם, החלו להבין את הצורך בניצול ופיתוח של יצירת אנרגיה ממקורות מתחדשים ואת האפשרויות הקיימות בתחום זה. למעשה, חברות ישראליות השתמשו בטכנולוגיות כאלה כבר בשנות ה-80 והקימו כבר אז חוות סולאריות בקליפורניה.⁹ בשנים האחרונות נעשים בישראל מהלכים לקידום יוזמות לייצור חשמל ממקורות מתחדשים בהיקפים נרחבים, אולם כבר היום ברור שלצד היתרונות הסביבתיים הברורים שיש לשימוש בטכנולוגיות אלה, גלומות בהן גם השפעות שליליות. אחת ההשפעות העיקריות נובעת מדרישות השטח הניכרות של מתקנים לייצור אנרגיה סולארית. מצב זה יוצר קונפליקט בין שני צרכים סביבתיים חיוניים: הצורך לצמצם את השימוש בדלקים מחצביים מצד אחד והצורך לשמור על שטחים פתוחים ככאלה מצד שני. התמודדות נאותה עם הקונפליקט מחייבת בחינה שקולה של טכנולוגיות ומתקנים שונים לייצור אנרגיה ממקורות מתחדשים הלוקחת בחשבון את מיקומם והיקפם תוך כדי התייחסות לכלל התועלת מהם אל מול המחיר הסביבתי שהם גובים בתחום השמירה על שטחים פתוחים.

בשנים האחרונות התפתחו מספר שיטות לניצול אנרגיית השמש, אך כיום ישנן שתי שיטות אשר הוכיחו עצמן כיעילות וכלכליות ולכן הן הנפוצות ביותר: ייצור חשמל מתאים פוטו-וולטאים והפקת חשמל בצורה תרמו-סולארית לתחנות גדולות.¹⁰

ג.2.א. ייצור חשמל מתאים פוטו-וולטאים (PV cells)

שיטה הממירה את האנרגיה האצורה בקרני השמש המגיעות לכדור הארץ ישירות לחשמל. טכנולוגיית PV הנפוצה כיום היא בעייתית מפני שהיא עדיין לא מנצלת את האנרגיה הסולארית בצורה יעילה ולכן האנרגיה המופקת באמצעותה היא יקרה. למרות שבתנאי מעבדה דווח על יכולת המרה לחשמל של 30% מאנרגיית השמש המגיעה לפאנל, בפאנלים שנמצאים בייצור תעשייתי, יכולת ההמרה עומדת כיום על-7-15%. חומר הגלם העיקרי שנעשה בו שימוש לבניית פאנלים סולאריים הוא הסיליקון והם יכולים לייצר חשמל גם בימים מעוננים ולכן הם שמישים גם במדינות בהן אין קרינת שמש גבוהה. לטכנולוגיות אלה פוטנציאל רב אם יצליחו מפתחים להעלות את אחוזי הנצילות שלהם באופן משמעותי.

הטכנולוגיות החדשניות ביותר בתחום הן:

1. **Thin Film PV** (רצועות פוטו-וולטאיות דקות): רצועות העשויות מחומר מיוחד שיוצר תאים פוטו וולטאים בעלי אחוז נצילות אנרגיה גבוה תוך שימוש מופחת באופן משמעותי במשאבים לעומת תאי סיליקון רגילים, עובדה שמוזילה את עלויות הייצור שלהם. יתרון נוסף שיש לרצועות אלה הוא גמישותן והיכולת להניחן כמעט על כל משטח. בעולם כבר פועלות היום מספר תחנות כוח המייצרות חשמל תוך שימוש בטכנולוגיה זו.

⁹ ש.ס.

¹⁰ ש.ס.

2. **תאים פוטו-וולטאים בעלי נצילות גבוהה במיוחד:** בתאים כאלה נעשה שימוש היום בעיקר בלויינים ואחוזי נצילות האנרגיה בהם יכולים להגיע ל 30-40%. בעולם אין עדיין תחנות כוח המייצרות כמות מסחרית של חשמל תוך שימוש בטכנולוגיה זו בעיקר עקב המחיר הגבוה לייצור פאנלים כאלה.¹¹

3. **תאים פוטו-וולטאים מרוכזים:** בטכנולוגיה זו מראות רבות מרכזות את קרני השמש לעבר תאים פוטו-וולטאים אחדים. היתרון המרכזי בשיטה זו הוא שהיא חוסכת את הצורך בייצור תאים פוטו-וולטאים רבים וכך מופחתות עלויות הייצור. בעולם אין היום תחנות כוח המייצרות כמות מסחרית של חשמל תוך שימוש בטכנולוגיה זו אולם לאחרונה דווח כי באוסטרליה מתוכננת לקום תחנה המבוססת עליה בהיקף ייצור חסר תקדים של 154MW.¹² מחקר נרחב בתחום זה מתבצע גם במרכז למחקר אנרגיית השמש בשדה בוקר.

ג.2.ב. אנרגיה תרמו-סולארית

שימוש בשיטה זו להפקת חשמל בהיקפים גדולים הוא פיתוח ישראלי שנוסה לראשונה במדבריות קליפורניה בשנות ה-80 על ידי חברת לוז. השימוש הפשוט והנפוץ בשיטה זו בארץ הוא לחימום מים בדודי שמש כתחליף לחימום באמצעות חשמל או גז. אנרגיה תרמו-סולארית מופקת היום בשלוש טכנולוגיות עיקריות:

1. **טכנולוגיית ה"שוקת":** בטכנולוגיה זו מראות במבנה פרבולי נפרשות על שטח מישורי נרחב, עוקבות אחר השמש, קולטות את קרניה וממקדות אותן בצינור נירוסטה העובר במרכזן. הצינור הטבול במים מוליך שמן מיוחד המתחמם עד לטמפרטורה של 350-450 מעלות צלזיוס ובכך גורם לרתיחת המים וליצירת קיטור המניע טורבינה לייצור החשמל. בשיטה זו נעשה שימוש מסחרי כבר למעלה מ-25 שנה במדבריות קליפורניה על-ידי החברה הישראלית "סולל". טכנולוגיה זו צורכת שטח רב יחסית, כ-1,800 דונם ל-100 מגה וואט, והיא מוגבלת מבחינת יכולת המיקום שלה כיוון שהיא דורשת שטחים מישוריים נרחבים על מנת שיהיה ניתן לעקוב אחר השמש בצורה האופטימאלית.
2. **טכנולוגיית קולט מרכזי (מגדל שמש):** בטכנולוגיה זו מרכזים את קרני השמש לנקודה יחידה באמצעות מראות שעוקבות אחרי תנועת השמש בשני צירים. במרכז שדה המראות יש מגדל ואל ראשו מרוכזות קרני השמש, ריכוז קרני השמש בנקודה יחידה יכול לייצור חום של יותר מ-1,000 מעלות צלזיוס המנוצל להפקת חשמל.
3. **צלחת פרבולית מרכזת:** בטכנולוגיה זו נבנית צלחת פרבולית ששטחה בין 70 ל-400 מטרים הדומה לצלחת לוויין גדולה שעוקבת אחרי השמש בשני צירים ומרכזת את קרניה לקולט שמוצב במוקד הפרבולה. טכנולוגיה זו עדיין אינה בשימוש מסחרי.

ג.2.ג. חסרונותיהם העיקריים של השיטות הקיימות לייצור חשמל מאנרגיית השמש:

¹¹ ש.ם.

¹² ש.ם.

1. עלות גבוהה: עלות ייצור החשמל מחייבת התערבות ממשלתית בדמוי הבטחת קנייה בתעריפי חשמל גבוהים.
2. אגירה: קיים קושי לאגור את האנרגיה הנצברת בשעות היום ולצרוך אותה בשעות החשיכה או בימים בהם העננות מסתירה את קרינת השמש.
3. התקדמות טכנולוגית מהירה היוצרת כמויות פסולת גדולות מהתחנות הישנות.
4. תפיסת שטחים גדולה ביחס לתחנות כוח קונבנציונאליות המביאה לפגיעה בשטחים פתוחים, כפי שמדגימה הטבלה הבאה:

שם התחנה וטכנולוגיית ייצור	שטח נדרש בקמ"ר לייצור 1,000 MW/p	חשמל מיוצר בקמ"ר (באלפי MW/h)
חדרה - פחמית	0.781	9,534
חגית - גז	1.11	5,524
2 תחנות תרמו-סולארית באשלים	16-25	86-134
תחנה תרמו-סולארית בנבאדה ארה"ב	21.6	130
2 תחנות פוטו-וולטאיות באשלים	20	90
תחנה פוטו-וולטאית, בספרד	25	60
תחנת רוח מתוכננת ברמת הגולן	368	8

טבלה 1: השטח הנדרש בשיטות שונות של ייצור חשמל. ניתן לראות כי תחנות סולאריות דורשות שטח רב לעומת תחנות כח פחמיות וכאלו המופעלות בשימוש בגז. מבין הטכנולוגיות הסולאריות הטכנולוגיה התרמו-סולארית עדיפה על הטכנולוגיה הפוטו-וולטאית. כלומר המשמעות הסביבתית של ניצול שטחים פתוחים להפקת אנרגיה סולארית היא עצומה לעומת הטכנולוגיות המסורתיות יותר. (מקור: דו"ח מכון דש"א, אנרגיה חלופית ושטחים פתוחים, 2008)

ג.2.ד. חלופה להקמת תחנות כח ריכוזיות – הצבת פאנלים פוטו-וולטאים על גגות:

ככלל הטכנולוגיה הפוטו-וולטאית אינה מחייבת הקמת תחנות כוח מרכזיות, למרות שהדבר אפשרי, וזה גם יתרונה המרכזי. ניתן להציב פאנלים פוטו וולטאים בשטחים בנויים או בנויים למחצה והטכנולוגיות הקיימות היום מאפשרות הצבת פאנלים אלו כמעט על גבי כל משטח.

חשיבות השמירה על שטחים פתוחים בישראל ונדירות משאב הקרקע הזמינה בה הן בין הסיבות שהקמת חוות סולאריות גדולות הזקוקות לאלפי דונמים לפעילותן מעוררת התנגדות. עובדה זו הביאה את מכון דש"א להזמין מחקר שבחן את האפשרות לניצול שטחים מופרים ובאופן ספציפי, גגות מבנים קיימים, לטובת ייצור אנרגיה סולארית. במחקר נעשה שימוש במערכת מידע גיאוגרפית (GIS) להערכת שטח הגגות הפנוי בארץ.¹³ לצורך הערכת הפוטנציאל בארץ, נעשה שימוש בממוצע זהיר של 30% שטח גג פנוי כאשר בעולם ההערכות מתייחסות לכ-20% בבניינים בעלי גג משופע ובכ-70%-50% בגגות שטוחים. מסימולציות וממדידות קרינה שבוצעו, ניתן להסיק שהתפוקה השנתית של מערכת פוטו-וולטאית היא אחידה יחסית בכל חלקי הארץ ותשתנה בלא יותר מ-8% לכל כיוון מהממוצע העומד על 1460 kWh לשנה

¹³ ורדימון, ר. 2010. הערכת הפוטנציאל לייצור חשמל פוטו-וולטאי מבוסס על גגות בתים בישראל. המחלקה לחומרים ופני השטח, מכון ויצמן למדע. הוכן עבור מכון דש"א.

לקילוואט.¹⁴ המסקנה מניתוח זה היא שקיים בארץ שטח גג מספק עבור התקנת כמות משמעותית של מתקני יצור חשמל פוטו-וולטאי ועל כן יש שרואים באופציה זו חלופה ראויה להקמת תחנת כח סולארית ריכוזית בשטחים פתוחים.¹⁵

ג.2.ה. התפתחות המדיניות הממשלתית בישראל בנושא אנרגיה סולארית:

בשנת 2007 ייצור החשמל ממקורות מתחדשים בישראל עמד על 0.1%. במאי 2008 העלה שר התשתיות את הרף וקבע יעד של 10% חשמל נקי עד שנת 2020.¹⁶ בהתאם למדיניות זו העבירה הממשלה חוק שנכנס לתוקף ביולי 2008 המאפשר לאנשים פרטיים לייצר חשמל באמצעות פנלים סולאריים במתקנים מסדר גודל קטן (עד 15 KW) ולמוכרו לחברת החשמל.

בוועידה לשינוי אקלים שהתקיימה בקופנהגן בחודש דצמבר 2009 הצהיר נשיא המדינה, שמעון פרס, כי עד לשנת 2020, ממשלת ישראל מתכוונת לעשות מאמץ עילאי להפחית את פליטות הפחמן הדו חמצני ב-20% בהשוואה לתרחיש "עסקים כרגיל".¹⁷ הצהרה זו מהווה לכאורה רוח גבית להרחבת ייצור החשמל הסולארי בארץ אולם היא אינה מגובה במדיניות ממשלתית קונקרטית ובכל מקרה מתייחסת למצב של "עסקים כרגיל" ולא לרמות הפליטה בשנת בסיס מסוימת שמהן יש להפחית, כפי שמקובל בעולם.

בינואר 2011 אושרה ברשות החשמל מכסת הייצור למתקנים גדולים, מעל 300 מגה וואט, אך כבר בפברואר 2011 החליטו משרד האוצר ורשות החשמל להקפיא את מכסות הייצור של חשמל סולארי עבור מתקנים אלה (כמו המתקנים המתוכננים באשלים) בטענה שייצור חשמל ממתקנים סולאריים מטיל על כתפי הציבור סבסוד יקר מדי של טכנולוגיה חדשה ויש לחכות עד שטכנולוגיות הייצור תהיינה יעילות יותר. ב-17.7.2011 ביטלה הממשלה את ההקפאה ואישרה את הצעת משרד התשתיות והמשרד להגנת הסביבה בנושא אנרגיות מתחדשות הקובעת כי עד סוף שנת 2014 יעמוד ייצור החשמל המיוצר באמצעות אנרגיה סולארית על 1,430 מגה וואט. משמעות ההחלטה היא כי המדינה תגדיל את מכסת הייצור החשמל באמצעות מתקנים סולאריים ב-460 מגה וואט, מתוכם 200 מגה וואט בטכנולוגיה תרמו סולארית ו-260 מגה וואט בטכנולוגיה פוטו וולטאית. בנוסף, המדינה תקבע הסדרה ל-110 מגה וואט של אנרגיה סולארית לצריכה עצמית (מתקנים קטנים שמיועדים לגנות) בפריסה לשלוש השנים הקרובות.¹⁸

ג.3. קונפליקטים סביבתיים סביב תחנות כח סולאריות – דוגמאות מהעולם

התרחבות הבנת הצורך הדחוף בפיתוח מקורות מתחדשים לייצור חשמל יחד עם שיפורים בטכנולוגיות הפקת אנרגיה סולארית וכן תמיכה וסבסוד של ממשלות בעולם לקידום מתקנים שכאלה מביאים להתרבות המאמצים להקמת תחנות לייצור אנרגיה סולארית ברחבי העולם, מישראל דרך ספרד ועד לקליפורניה. למרות היתרונות הברורים של תחנות אלה: ייצור אנרגיה בטוחה, לא מזהמת באופן יחסי ובאספקה קבועה, הקמתן מעוררת התנגדויות עזות, מסיבות מגוונות.

¹⁴ ורדימון, ר. 2010. ראה הערה 13.

¹⁵ ראה את עמדתם של מכון דש"א, החברה להגנת הטבע והמשרד להגנת הסביבה בפרק בעלי העניין.

¹⁶ מור, ע. סרוסי, ש. לסטר י. 2008. ראה הערה 8.

¹⁷ פרס, שמעון, מתוך נאומו לפני ועידת קופנהאגן, 17.12.2009, מתוך אתר נשיא המדינה,

http://www.president.gov.il/Speeches/Pages/171209_01.aspx

¹⁸ גוטמן, ליאור, עיתון כלכליסט, 17.7.2011 <http://www.calcalist.co.il/local/articles/0,7340,L-3524625,00.html>

סיבה אחת היא פגיעה בבת גידול של חי וצומח בשטח שעליו אמורה לקום התחנה. מתוך ראייה כלכלית או של אספקת אנרגיה כשיקול עיקרי, רבים מתומכי תחנות האנרגיה הסולארית נוטים לראות במדבריות, שבהם הן בדרך כלל אמורות לקום, מקומות "ריקים". אולם, הם כמובן אינם ריקים אלא מהווים בית לבעלי חיים וצמחים רבים שבניית התחנה והתשתיות הנלוות עלולים לפגוע בהם ובבית הגידול שלהם פגיעה קשה. בשל פגיעה צפויה כזו בחי נעצרה במאי 2011 בנייתה של תחנת האנרגיה הסולארית איבנפה (Ivanpah) במדבר מוהאבי שבדרום קליפורניה וזאת לאחר שאושרה כבר ע"י כל רשויות הפיתוח בארה"ב. צו הפסקת הבניה הוצא לאחר שבדיקה שנערכה ע"י שירות הדגה וחיות הפרא האמריקאי (US Fish and Wildlife Service) מצא כמות גדולה הרבה יותר של צפי מדבר באיזור ממה שציפה ולכן הפגיעה בהם הייתה צפויה להיות גדולה ממה ששוער קודם לכן. בניית הפרויקט, שעלותו מעל שני מיליארד דולר ושאמור לספק בסופו של דבר כ 391 מגה וואט, החלה באוקטובר 2010 והייתה אמורה להסתיים עד 2013. כעת אמור ה USFWS לגבש תכנית הגנה חדשה על אוכלוסיית הצבים עד סוף אוגוסט ורק אחרי אישורה יוכלו העבודות להתחדש.¹⁹ לעומת זאת, בקטלוגיה שבספרד, באיזור הפארק הלאומי מונטסני (Montseny) בין ברצלונה לעיר חירונה תמכו הגורמים הסביבתיים בחשמול חוות מבודדות על-ידי לוחות פוטו וולטאים דווקא כדי לצמצם את הפגיעה בטבע שתתרחש עם בניית תשתיות חשמל קונבנציונאלי והתושבים התנגדו לפרויקט מחשש שלא יזכו לאספקת חשמל סדירה ושתלות בחשמל סולארי לא תאפשר ליישוביהם ועסקיהם להתרחב.²⁰

סיבה נוספת להתנגדויות לתחנות סולאריות היא ערך תרבותי ייחודי שתושבים מייחסים לשטח המתוכנן להן. כך קרה בהקשר של התחנה שאמורה לקום בImperial Valley בקליפורניה שנגדה הגישה קבוצה המייצגת חברים מהשבט האינדיאני קצ'ין (Quechan) תביעה להפסקת העבודות במיזם שאמור לייצר 709 מגה וואט בטכנולוגיה תרמו סולארית. התובעים טענו שהקמת הפרויקט תפגע באדמות שחברי השבט רואים בהם אדמות מורשת שבטית ושהן בעלי חיים המהווים חלק ממיתוס הבריאה של השבט שבו הם מאמינים. התביעה התקבלה ובניית הפרויקט הוקפאה.²¹

התנגדות נוספת לפרויקט ב-Imperial Valley מקורה בהליך המימון ונבעה מהערבויות להלוואה שניתנו ליזמים, חברת Bright Source (חברת האם של חברת ברייט סורס ישראל שניגשה למכרז התחנה באשלים) ע"י הממשלה הפדרלית בארה"ב. טענה של חסידי צמצום ההתערבות הממשלתית מחד ומתנגדי התמיכה בתאגידים פרטיים ("טייקונים") מצד שני, היא שאין סיבה שהמדינה תשקיע כספים בהעמדת ערבויות לפרויקט פרטי שיכניס בסופו של דבר כסף רב לחברה.

העיכוב בבניית הפרויקטים הסב ליזמים נזק כספי רב והביא חברות אחרות שזכו במכרזי בניית תחנות אנרגיה סולארית בארה"ב לעבור מתכנון תחנות סולאריות תרמויות הזקוקות לאישור פדרלי, לכאלה שיפעלו בטכנולוגיה פוטו וולטאית שלפי התקנות הנוכחיות צריכות להיות מאושרות רק ברמה המקומית,

¹⁹ Wang, Uccilia. *Reuters*: <http://www.reuters.com/article/2011/04/25/idUS46562358120110425> (25.4.2011)

²⁰ Munda G. and Russi, D. 2008 " Social multicriteria evaluation of conflict over rural electrification and solar energy in Spain", *Environment and Planning*, volume 26, pages 712- 727.

²¹ Wannier, Greg, <http://blogs.law.columbia.edu/climatechange/2011/05/18/green-vs-green-litigation-for-and-against-solar-power-in-california> (18.5.2011)

מצב המקל מאוד על תהליכי האישור. אולם, תחנות הפועלות בטכנולוגיה פוטו וולטאית אמנם צורכות פחות מים והן קלות יותר להתקנה מאשר תחנות הפועלות בטכנולוגיה תרמו סולארית, אולם הן דורשות שטח גדול יותר ולכן המעבר לכיוון צפוי להחריף את המחאות בנושא גזילת שטחים לצורך הפקת אנרגיה סולארית.²² סיבות אלו להתנגדות לפרויקטי הקמת תחנות סולאריות בעולם יכולים ללמד אותנו על המורכבות של הסוגיה. סיבות דומות ונוספות עלולות להתגלות גם בניתוח מקרה תחנת הכח באשלים שבבסיס עבודה זו.

ג.4. קונפליקט הקמת תחנת הכח הסולארית באשלים

ג.4.א. תיאור גאוגרפי של סביבת הקונפליקט

שדה אשלים ממוקם בשטחה של המועצה האזורית רמת הנגב והוא גובל ביישוב הקהילתי אשלים. אשלים הינו ישוב קהילתי חילוני המונה כ- 70 משפחות ובהן כ-300 נפשות הנהנה ממעמד של איזור עדיפות לאומית א'. ביישוב משפחות צעירות רבות והוא נמצא במגמת התרחבות. התושבים עובדים מחוץ ליישוב וכן פעילים בו עסקים שונים כגון רפואה אלטרנטיבית, צימרים, גלריה ומשתלה. איזור הנגב הצפוני, בו ממוקם שדה אשלים, מאופיין בתנאים גיאוגרפיים ואקלימיים מתאימים ליצור של חשמל מאנרגיית השמש והוא מתאים מבחינה תפעולית ותשתיתית לביצוע הפרויקט. תנאים אלו כוללים בין היתר שטחים פתוחים בהיקף רחב בתוואי קרקע מישורי ובאדמה חרסיתית המקלים על תהליכי הבנייה והקמת תשתיות תמך (צינורות להולכת גז וכ"ו) וכן רמות קרינת השמש הגבוהות ביותר בישראל העומדות בממוצע על $19.6 \frac{MJ}{m^2}$ לשנה אשר יסייעו להשגת תפוקת ייצור מקסימאלית.²³

ג.4.ב. ציר זמן – החלטות והתרחשויות מרכזיות

ב-3.2.2004 החליטה המועצה הארצית לתכנון ובניה על הקמת תחנת כוח סולארית באתר "אשלים" לאחר שבחנה 11 חלופות הכוללות בין היתר את רמת בקע, שדה בוקר, ניצנה, רמת חובב ועוד.²⁴ עפ"י ההחלטה אתר אשלים מורכב משלושה שטחים נפרדים (ראו איור 2). שטח A ממוקם מערבית לקיבוץ אשלים וצפונית לכביש 211 ועתיד לכלול 4,500 דונם של מתקנים לייצור חשמל בטכנולוגיה תרמו-סולארית בהספק של כ-110 מגוואט. שטח B הממוקם דרומית-מזרחית ליישוב ודרומית לכביש יספק גם הוא כ-110 מגה וואט והשטח השלישי, המיועד לטכנולוגיה פוטו-וולטאית (PV) ימוקם מערבית לשטח A והוא יתפרש על פני 1,000 דונם וייצר כ-30 מגוואט. סה"כ אמור לייצר שדה אשלים 250 מגה וואט חשמל.

לשם ביצוע הפרויקט החליטה המועצה הארצית לתכנון ובנייה, להכין תוכנית מתאר ארצית (חלקית) – תמ"א/10/ב/1 שתאפשר הקמת תחנות כוח סולאריות בכושר ייצור של כ-250 מגה וואט במתקן אחד או יותר ובטכנולוגיות שונות, עם גיבוי בגז טבעי/דלק. התכנית תתייחס גם לדרכי הגישה לאתר, לאופן הוצאת האנרגיה, אופן אספקת הדלק, אמצעים למניעת מפגעים סביבתיים ועוד.²⁵ כמו כן הוחלט כי פרויקט

²² Woody, Todd. *New-York Times*:

<http://www.nytimes.com/2011/02/24/business/energy-environment/24solar.html?pagewanted=1> (23.2.2011)

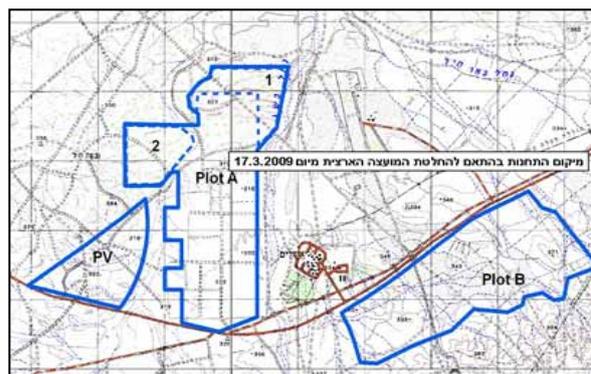
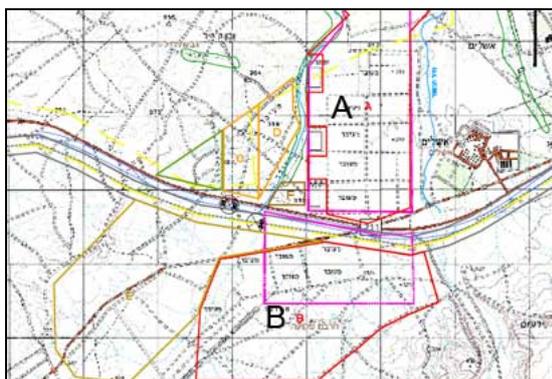
²³ נתון מתוך דו"ח ממוצעי קרינה גלובלית 2005-1991, אתר השירות המטאורולוגי www.ims.gov.il תאריך כניסה: 23.7.2011

²⁴ זוהר א. מאי 2009. סיכום עבודת הוועדה לבחינת חלופות למיקום תחנת כוח סולרית. מינהל התכנון, משרד הפנים.

²⁵ דיווח מיישבת המועצה הארצית לתכנון ובנייה 03.02.2009

אשלים יפעל במתכונת של BOT (Build Operate Transfer) שעל פיה היזמים שיזכו במכרז יקימו ויתפעלו את הפרויקט במשך 20-25 שנה, שבמהלכן ייהנו מרווחיו, ולאחריהן יחזירו אותו למדינה.

בתכנון המקורי שטח B מוקם באזור מישורי שאינו רגיש מבחינה סביבתית הנקרא "חרבת פקועה" (ראו איור 3), אך מכיוון שזהו שטח אש בשליטת צה"ל, ביקשו הרמטכ"ל ומנכ"ל משרד הביטחון להעביר את המתקן המתוכנן לשטח חלופי (ראו איור 2). עקב שינוי זה, נוצר מצב בו שטחים A ו B מקיפים את הישוב אשלים מכיווני צפון מערב ודרום מזרח בהתאמה ובכך למעשה "כולאים" אותו בין שתי תחנות כוח, קווי מתח גבוה, מערכות תשתית וכו'. עובדה זו מהווה בסיס להתנגדות התושבים לתוכנית כפי שיפורט בפרק מחזיקי העניין.



איור 2 : פריסת שלושת מתחמי התחנות באתר "אשלים" איור 3 : פריסת מתחמי התחנות על פי התכנון המקורי

בתאריך **23.9.07** אישרה הממשלה יציאה למכרז והקמת ועדה בין-משרדית להקמת תחנות כוח סולאריות, הכוללת את נציגי משרדי האוצר והתשתיות ואת הרשות הציבורית לחשמל אשר תלווה את כל שלבי הפרויקט, כולל קידומו הסטאטוטורי, שיעשה באמצעות צוות תכנון מטעמה.²⁶ כמו כן, ועדה זו פרסמה את שלב המיון המוקדם לקבלת הצעות להקמת תחנות כוח סולאריות. בהתאם ללוח התוכנון, בחירת היזם יועדה להיערך ברבעון השלישי של שנת 2009 וההקמה באמצע שנת 2010. לאחר עיכובים רבים, פורסמו מסמכי המכרז הסופיים רק באמצע 2010 ומספר המתחרים על המכרז הצטמצם משבעה לשניים.

נכון לחודש יולי 2011 ישנן שתי מתמודדות להקמת תחנות הכוח התרמו-סולארית במסגרת פרויקט אשלים, כל אחת מהן בהיקף של כ- 110 מגוואט: על שטח A – מתמודדת קבוצה המורכבת מהחברות שיכון ובינוי וסימנס ועל שטח B מתמודדת קבוצה המורכבת מהחברות סולר מילניום, מנרב ואלקטרה. המצב הנוכחי, בו על כל שטח מתחרה רק קבוצה אחת ובפועל לא מתקיים מכרז תחרותי תקין אינו אופטימלי וייתכן שהוא מהווה סממן להתנהלות בלתי תקינה של המדינה בקידום פרויקטי תשתית לאומית. את הדינאמיקה הזו נבחן במחקר המוצע.

על פי הודעת הגורמים הממשלתיים הרלבנטיים בראשית 2011, הגופים שעדיין נמצאים במכרז להקמת פרויקט אשלים הגישו הצעותיהם הסופיות ובחירת הקבוצה הזוכה אמורה להתבצע עד סוף השנה. על פי

²⁶ אתר משרד הפנים : <http://www.moin.gov.il/OfficeUnits/PlanningAdministration/masterplan/Pages/tma10b1.aspx> תאריך כניסה: 11 מאי 2011.

התכנון, הליך תיאום התנאים הכספיים והסדרי המימון אשר באמצעותם יתנהל הפרויקט ימשך כשנה ומשך הקמתן של התחנות אמור להימשך כ-3 שנים. כלומר, גם בתרחיש האופטימי ביותר, המועד הקרוב ביותר לתחילת ייצור החשמל באשלים הינו שנת 2015. לפי היעדים הממשלתיים בשנה זו היקף יצור אנרגיה ממקורות מתחדשים מתוכנן לעמוד כבר על 5% מייצור חשמל.

ג.4.ג. מחזיקי עניין ועמדות בולטות

הקונפליקט סביב הקמת שדה הכוח הסולארי באשלים מהווה דוגמה למספר הרב של מחזיקי עניין המעורבים בקונפליקטים סביבתיים בישראל וכן להשפעה הדרמטית של ריבוי זה על היקף הקונפליקט, התפתחותו ועומק חוסר ההסכמות בין הצדדים.

ניתן לחלק את מחזיקי העניין השונים לשלוש קבוצות:

- **גופים שלהם אינטרס ישיר** – כלכלי או אחר - בהקמת המיזם או באי הקמתו: תושבי אשלים, המועצה האזורית רמת נגב, חברות שניגשו למכרז, צה"ל וחברת החשמל לישראל.
- **גופים ממשלתיים ורגולטוריים** – המנהלים את מתן האישורים וקובעים את התנאים הכספיים והטכניים של המיזם: משרד התשתיות, משרד האוצר, רשות החשמל, מינהל מקרקעי ישראל, ורשויות התכנון.
- **גופי שמירת טבע וסביבה**: המשרד להגנת הסביבה והחברה להגנת הטבע.

גופים בעלי אינטרס ישיר במיזם

תושבי אשלים: עמדתו הרשמית של היישוב היא התנגדות נחרצת לפרויקט כפי שהוא מוצע עתה. לטענת התושבים שטחים A ו B מקיפים את הישוב אשלים מכיווני צפון מערב ודרום מזרח בהתאמה (ראו **איור 2**) ובכך כולאים אותו בין שתי תחנות כוח, קווי מתח גבוה ומערכות תשתית. אלה יגרמו לחסימה מהותית של נוף המדבר וישנו לחלוטין את אופי סביבת היישוב. שינויים אלה יובילו להרעה באיכות חייהם של התושבים ולירידה בערך בתייהם. מעבר לכך, חסימה זו תגביל בעתיד ואולי אף תמנע לחלוטין את יכולתו של הישוב להתרחב.

המועצה האזורית רמת נגב: המועצה והעומד בראשה, מר שמוליק ריפמן, תומכים בפרויקט ורואים בו חשיבות כ"מנוע הכלכלי הבא שיפתח את הנגב", כדברי ריפמן.²⁷ לראייתם הקמת התחנה תביא איתה פיתוח תעשיות נלוות ותוליד עשרות מקומות פרנסה לתושבי הנגב. עמדתו של ריפמן היא כי "הנגב הוא המקום המתאים ביותר להפקת אנרגיה סולארית, יש שמש כמעט כל השנה ומעט מאד ימים הם מעוננים, וישנם שטחים גדולים שאפשר לנצל".²⁸ הרשות המקומית רואה כאינטרס-על את הפיתוח הכלכלי של תחום שיפוטה, וכדי לתמוך בעמדה זו היא גובה משטחים שיוקצו לייצור אנרגיה סולארית את תעריף הארנונה הנמוך ביותר המותר לה עפ"י החוק. ריפמן התבטא במספר הזדמנויות נגד גופי התכנון והרגולציה המעכבים לדעתו את הפרויקט בגלל עודף רגולציה והליכים מורכבים. המועצה האזורית מדגישה את תמיכתה בפרויקט גם מההיבט הסביבתי והלאומי: באומרה כי אנרגיה סולארית "שומרת על

²⁷ מעוז, א. פורטל תשתיות סביבה ואנרגיה: <http://www.tashtiot.co.il/2009/11/29/%d7%a8%d7%9e%d7%aa-%d7%94%d7%a0%d7%92%d7%91-%d7%aa%d7%97%d7%a0%d7%aa-%d7%9b%d7%97-%d7%a1%d7%95%d7%9c%d7%90%d7%a8%d7%99%d7%aa> (29.11.2009)

²⁸ שם.

כדור הארץ (ועל) העמידה של מדינת ישראל ביעדים שהיא קבעה להקטנת כמות גזי החממה²⁹. בשל תמיכתה בפרויקט היא מעוניינת במכסות ייצור גבוהות כמה שיותר. מצב זה יוצר קונפליקט יוצא דופן בין הרשות המקומית לבין היישוב שנמצא בתחומה.

חברת החשמל לישראל: תומכת בפרויקט שדה הכוח באשלים ואף עושה מאמצים רבים להשתתף בו כקבלן משנה (זאת מכיוון שע"פ חוק החשמל אסור לה לקחת חלק בהקמת תחנות כוח חדשות). עמדתה בקשר לפרויקט היא כלכלית בלבד.

חברות שניגשו למכרז: במכרז כפי שהוא כיום אין למעשה תחרות. על חלקה A מתמודדות יחד קבוצת שיכון ובינוי וחברת סולל (גלגול של חברת לוז, החלוצה בתחום האנרגיה הסולארית משנות ה-80), ועל חלקה B מתמודדת קבוצה המשותפת לחברות ברייטסורס אנרגי ואלסטרום. אינטרס העל של כל החברות שניגשו למכרז הוא מקסום רווחים וצמצום הרגולציה שמגבילה את התנהלותן של החברות ומציבה להן תנאים.

במשק עם שאר מחזיקי העניין ובחווה עם המדינה לחברות אלה אינטרסים נוספים. ראשית, קיצור הליכים בירוקרטיים - ריבוי הגורמים הקשורים במתן האישורים להקמת שדה כוח סולארי והאיטיות המאפיינת את דחיפתו של כל פרויקט גדול במדינת ישראל מקשים על חברות לתכנן את פעילותן בהקשר של שדה הכוח מכיוון שאין להן טווח זמן סביר שבו הן יודעות שתהליך האישור יסתיים. במקרה של שדה האנרגיה הסולארית הראשון בישראל שנחנך בישראל ביוני 2011 ליד קיבוץ קטורה בערבה עברו כחמש שנים מאז התחלת תכנון השדה ועד לחנוכתו. מנכ"ל החברה שמפעילה את השדה בקטורה התבטא כי "השחקנים הגלובליים, שמחזיקים את הכסף הגדול, יראו כיצד התחום מתנהל מבחינת הרגולציה ושהם לא מקבלים מענה בזמן סביר - וילכו למדינות אחרות... הם יסיקו מהזיגוג הזה שבישראל לא רציניים ושאי אפשר לא דואג שתהיה להם ודאות ואופק"³⁰. בשל המכשולים הבירוקרטיים והסחבת התכונת בטיפול בנושא המכרז באשלים פרשו ממנו לאורך הדרך חברות אחרות שהתכוונו לגשת אליו.

שנית, חשובה לחברות עקביות במדיניות מצד הרשויות והמשרדים האחראיים וגופי הרגולציה שונים. על מנת שחברה תוכל לבצע תחשיב ולדעת שהמיזם אכן ישתלם לה, הנתונים שעל פיהם היא פועלת חייבים להישאר זהים לכל אורכו של הפרויקט. כך לגבי גובה התעריפים שבהם תקנה חברת החשמל את החשמל משדה הכוח הסולארי, לגבי הביקוש המובטח, כלומר גובה המכסות שיוקצו לאנרגיה סולארית, ולגבי היבטים טכניים ובטיחותיים שונים שבהן החברות מחויבות.³¹ כמו כן החברות מבקשות לדעת שתנאי הפעולה שלהן לא יורעו ביחס לפעילות של מתקני ייצור סולאריים קטנים יותר, לדוגמה כאלה על גגות מבנים. בנוסף, חשוב לחברות המפעילות ממשק טכני ותפעולי פשוט ויעיל עם חברת החשמל שהיא המפיצה של המוצר שאותו הן מייצרות.

²⁹ אתר המועצה האזורית רמת נגב: <http://www.ramat-negev.org.il/main.php?m=1145&s1=1462&s2=2029> תאריך

כניסה: 11.6.2001.

³⁰ אזולאי, י. מתוך **גלובס** :

http://www.renewablesb2b.com/ahk_israel/he/portal/solar/news/show/19601c9406b6ac94 (4.6.2011)

³¹ ב 17.7 קיבלה הממשלה החלטה על הארכת המכסות למתקנים סולאריים גדולים בסך 460 מגה ואת עד לשנת 2014, החלטה המהווה עידוד לתחום וסימן ליציבות במדיניות הממשלה כלפיו. מתוך אתר **NRG** :

<http://www.nrg.co.il/online/1/ART2/260/669.html?hp=1&cat=459&loc=166> (17.7.2011)

צה"ל: האינטרס העיקרי של צה"ל בהקשר של שדה הכוח באשלים הוא שמירה על היקפם ורציפותם של השטחים המיועדים לאימונים שנמצאים באיזור היישוב. התנגדות הצבא להקמת שטח B של התחנה באיזור חרבת פקועה מכיוון שהוא משמש כשטח אימונים הביאה להזזת שטח B לאיזור אחר שלטענת תושבי אשלים יוצר את "טבעת החנק" של מתקני התשתיות סביב היישוב.

גופים ממשלתיים ורגולטוריים

משרד התשתיות: זהו המשרד אחראי ליישום החלטת הממשלה מ-2009 שקבעה יעד של ייצור 10% מהחשמל בישראל תוך שימוש באנרגיות ממקורות מתחדשים עד שנת 2020. המשרד שואף לקדם את השימוש באנרגיה סולארית כדי להביא לצמצום יבוא נפט ופחם שיביא לארבע תועלות: תועלות כלכליות (צמצום הנטל הכלכלי על המשק, צמצום הגרעון המסחרי וכן ניצול של תגמולים ממנגנון הסחר בפליטות של פרוטוקול קיוטו); תועלת גיאופוליטית (הפחתת התלות האסטרטגית במקורות חיצוניים לאספקת צרכי האנרגיה); תועלת סביבתית (הפחתת רמת זיהום האוויר) ותועלות מדעיות (קידום טכנולוגיות מקומיות והטמעת טכנולוגיות חדישות ממדינות אחרות).

משרד האוצר: המשרד שואף לשמור על עלות נמוכה לאוצר המדינה בהקמת מתקני ייצור החשמל ובסובסידיות שהם מקבלים. כמו כן מייצג המשרד את האינטרסים של אזרחי המדינה ושואף לשמור על עלות חשמל נמוכה לצרכנים. המשרד טוען שיש לערוך פסק זמן בקידום הענף, שכן על פי הערכת רשות החשמל, יישום מלא של החלטת הממשלה יביא לעלייה בתעריף החשמל בשיעור של 18% והתפתחות זו היא כמובן בניגוד לאינטרס של הצרכנים. באוצר ובמשרד התשתיות חוששים מהתפתחות מצב כמו זה שהתרחש בשנה שעברה בספרד, שם הממשלה הבטיחה תעריפים אטרקטיביים להקמת מתקנים סולאריים אולם חזרה בה לאחר שהבינה כי לא תוכל לעמוד בנטל הסובסידיות ונאלצה לפצות את היזמים.

מנהל מקרקעי ישראל: המנהל שואף למקסם את התמורה לקרקע ולכן מהווה גורם משמעותי בתחשיב עלויות הפרויקט. החלטת ממי"י מספר 949 משנת 2003 היא שמאפשרת הסבת חלק משטחי הייצור של יישובים חקלאיים וכפריים לתחנות כוח סולאריות.

רשות החשמל: הרשות אחראית על קביעת תעריפי החשמל והתמריצים להקמת מתקנים סולאריים. היא אמורה לוודא שהמכסות ימומשו אך לא ייחצו. במליאת הרשות מיוצגים משרדי התשתיות והאוצר וכן נציגי ציבור הממונים ע"י המשרדים הללו. הרשות מטפלת בלמעלה מ-1,000 בקשות להקמת מתקנים לייצור חשמל מאנרגיית השמש או הרוח. היא אמורה להגן על האינטרסים של הצרכנים: מחירים נמוכים, ואספקת חשמל סדירה. בשל היותה לעיתים קרובות גורם בעל דעות עצמאיות קיים מתח בין הרשות למשרד התשתיות. בשל מתח זה יו"ר הרשות הקודם הודח מתפקיד לאחר שנקלע לעימות מתמשך עם שר התשתיות על רקע טענתו שהשר ומשרדו מתערבים באופן פסול בעבודת הרשות ולא מאפשרים לה לייצג את האינטרסים של הצרכנים כראוי.

משרד הפנים - רשויות התכנון: לכאורה גורם זה אינו מהווה מחזיק עניין שלו אינטרס בנושא אולם הוא מהווה גורם חשוב בהתפתחות המיזם מכיוון שהוא הגוף המנפיק בפועל את האישורים הסופיים להקמתו. נגד גופי התכנון מועלות טענות קשות על סחבת ועל עודף בירוקרטיה שמרפים את ידי הגורמים שרוצים להשקיע במיזם או לקדם אותו.

גופי שמירת טבע וסביבה

המשרד להגנת הסביבה : המשרד רואה במיקום תאים פוטו-וולטאים על גגות שימוש ראוי ורצוי מאד שיש לדחוף לכיוונו ולוודא שכל החסמים הקיימים לגבי מוסרים. עמדת המשרד היא כי הקמת שדות סולאריים בשטחים פתוחים היא מיקום לא מיטבי, שראוי להתבצע, אם בכלל, על פי סדר העדיפות הבא :

1. מיקום בשטחים חקלאיים נחותים (קרקע זיבורית).
 2. מיקום בשטחים חקלאיים שצמודים ליישוב או למתקני תשתית תוך מתן עדיפות למשיכת תשתיות מינימלית (קווי חשמל, דרכים וכיו"ב).
 3. בכל מקרה אין לאשר הצבת מתקנים סולאריים על הקרקע ביעודי קרקע מוטי שימור על פי תמ"אות כגון : שמורות טבע וגנים לאומיים, יערות, נחלים, חקלאות מוגנת מפיתוח וכד'.
- המשרד מדגיש כי יש להתייחס ולבחון את נושא התשתיות הנלוות (קווי מתח, דרכים, גידור וכיו"ב) כחלק מהתוכנית עצמה. בשורה התחתונה על אף האמור לעיל ובגלל החשיבות שהמשרד מייחס להפקת אנרגיה ממקורות מתחדשים, בשורה התחתונה המשרד תומך בהקמת התחנה באשלים.

החברה להגנת הטבע : הארגון תומך ומקדם מעבר מניהול היצע החשמל לניהול הביקוש במטרה להקטינו. בשלב השני, קורא הארגון לעודד הקמת מתקנים פוטו-וולטאים על גגות מבנים ובשטחים מופרים מפותחים (מגרשי חניה, מאגרי מים וכו'). בשלב השלישי הוא קורא לאפשר הקמת מתקנים פוטו-וולטאים בינוניים, תוך מתן עדיפות לשטחים מופרים בצפון הנגב ובמערבו והצמדתם ככל הניתן ליישובים קיימים. בסדר העדיפות האחרון נמצאים כל אותם מתקנים, המתוכננים להשתרע על שטחים עצומים ואשר צפויים ליצור את הלחץ הגדול ביותר על השטחים הפתוחים, ביניהם פרויקט אשלים. עם זאת, בשורה התחתונה החל"ט תומכת בפרויקט ובמיקומו הנוכחי מפני שהוא לוקח בחשבון את הרגישות הסביבתית הנמוכה יחסית של השטח, בו לא מתקיימים בתי גידול לזנים נדירים של בעלי חיים וצמחיה.

בפרק זה הוצגו עמדותיהן המרכזיות של מחזיקי העניין כפי שעולה מסקירה ראשונית ביותר. על מנת להבין את עמדת מחזיקי העניין לעומק וכדי לסייע בקידום פתרון לקונפליקט אנו מציעים לערוך מחקר כמפורט בפרקים הבאים.

ד. שאלות המחקר

שאלת המחקר שבבסיס העבודה היא :

מהן "מסגרות ההבנה" של מחזיקי העניין השונים בקונפליקט סביב הקמת תחנת כח סולארית באשלים, האם וכיצד ניתן להשתמש בניתוח הקונפליקט על מנת לקדם את פיתרונו?

שאלת מחקר המשלימה את השאלה המרכזית :

מהם המאפיינים המבניים של הקונפליקט והאם ישנם "חסמים מבניים" לפיתרונו?

ה. השערות המחקר:

למחזיקי העניין השונים ישנן "מסגרות הבנה" שונות (בעיקר מסגרות מסוג "ערכיות" ו"מסגרות תהליך").³² כלומר, הערכים שעל פיהם הם מגבשים את עמדותיהם בקונפליקט וה"משקפיים" דרכם הם רואים את המצב הם שונים. ניתוח הקונפליקט וזיהוי האינטרסים יוכל להוביל לשיפור הדינאמיקה שלו בעתיד על-ידי זיהוי נקודות המחלוקת, נקודות משותפות ופוטנציאל ל"trade-off" שיאפשרו הליך גישור בין הצדדים וקידום פתרון סביב קונצנזוס.

השערה נוספת, המתייחסת לשאלת המחקר המשלימה - העוסקת בחסמים המבניים, היא שחלק ניכר מהקונפליקט נובע מבעיות "מבניות" של היתרון היחסי של החלופה שנבחרה ורמת הנחיצות שלה. השערה זו נובעת מניתוח ראשוני של הקונפליקט ועמדות מחזיקי העניין כפי שהוצג בפרק ג.4. המראה כי ישנן חלופות שנתפסות כלגיטימיות יותר (התקנה על גגות לדוגמה) וכי יתכן שנחיצות הפרויקט למשק החשמל הישראלי פוחתת נוכח תגליות הגז האחרונות.

ו. מטרתו וחשיבותו של המחקר

למחקר המוצע ישנה חשיבות כפולה: חשיבותו הישירה נוגעת לשיפור הדינאמיקה סביב קונפליקט הקמת תחנת הכח הסולארית באשלים. באמצעות תהליך של מיפוי הקונפליקט ניתוח האינטרסים ומסגרות ההבנה של כלל מחזיקי העניין בפרויקט, זיהוי מסגרות הבנה משותפות ופוטנציאל ל"רווח משותף" המחקר יכול לקדם תהליך של יצירת קונצנזוס. נוכח העובדה כי הפרויקט כעת מעוכב ועתידו אינו מובטח, קידום פיתרון נראה כמהלך רצוי. חשיבות נוספת למחקר מסוג זה במציאות הישראלית היא השימוש בו כבסיס לפתרון קונפליקטים דומים בעתיד, או אף מניעתם מבעוד מועד. רבים ממחזיקי העניין בפרויקט אשלים יהיו מעורבים, כפי הנראה, גם בפרויקטים עתידיים מסוג זה. הרגלתם בהבנת מסגרות הבנה שזרות להם יכולה להוות בסיס להבנות בעתיד.

חשיבותו הנוספת של המחקר המוצע מתבטאת בתרומתו לתחום הידע של ניתוח קונפליקטים בשדה האקדמי. למעשה, המחקר הנוכחי מהווה עבודה חלוצית המשלבת שתי מתודולוגיות שונות לניתוח קונפליקטים. דרכו ניתן יהיה ללמוד על החשיבות של השימוש בשתי השיטות כשיטות משלימות ושכלולו של הכלי המתודולוגי.

ז. מתודולוגיה

בפרק זה נציג את הכלים המתודולוגיים בהם אנו מציעים להשתמש לצורך ניתוח הקונפליקט סביב הקמת תחנת הכח הסולארית באשלים. כפי שהוצג בפרקים הקודמים הקונפליקט מתקיים בסביבה גיאוגרפית ותכנונית מסוימת ומעורבים בו מחזיקי עניין רבים בעלי אינטרסים שונים. הפרק יתאר את תהליך הניתוח וההערכה של קונפליקט. תוצאותיו של ניתוח זה ישמש לקידום פתרון לקונפליקט וליצירת קונצנזוס.

³² מסגרת הבנה היא למעשה בחינה של ה"משקפיים" שדרכם נבחנים נושאי הקונפליקט על ידי מחזיקי העניין וכיצד הם משפיעים על התמונה הנראית. מסגרות הבנה הן תבניות חשיבה, נקודות השקפה והמיקוד של בעלי העניין השונים. מסגרות ערכים וזהות עוסקות בערכים ועקרונות, הנתפסים כחשובים ביותר ע"י המעורבים, ומנחים אותם בגיבוש עמדתם וקבלת ההחלטה. מסגרות תהליך עוסקות באופן בו מתפתח הסכסוך, האם הוא הוגן, איך הצדדים מתנהגים, ומה הם היחסים ביניהם. נושא מסגרות ההבנה יפורט בהרחבה בפרק 3.3.א.

1.ז. ניתוח קונפליקט ויצירת קונצנזוס

הפתרונות השכיחים של קונפליקטים סביבתיים בישראל הם במישורים הפוליטיים-תחיקתיים, השיפוטי והמנהלי.³³ כלומר, מרבית הכלים הנתונים בידי המערכות המתמודדות עם סכסוכים סביבתיים בישראל הם בצורה של הכרעת גורם חיצוני – ועדות בדיקה, הכרעת הרשות ופעמים רבות הכרעת בית המשפט. כתוצאה מכך מניבים הדיונים החלטות רק לאחר שנים שכן המערכת מצויה בעומס רב. ההחלטה המתקבלת אינה מקובלת על אחד הצדדים במקרים רבים ותהליך ערעור מהווה עיכוב נוסף להליך. פרויקטים רבים מתעכבים בוועדות התכנון השונות ובבתי משפט במשך שנים ארוכות, משום שמערכת התכנון בישראל והמערכות החברתיות והפוליטיות הקשורות בה אינן מסוגלות להגיע לפתרון מוסכם.³⁴ מורכבות זו הובילה למגמה של חיפוש אחר פתרונות אשר דוגלים ביישוב סכסוכים בדרכים של דיאלוג ומשא ומתן.³⁵

חיפוש אחר דרכים ליישוב קונפליקטים בתהליכי הידברות ולבניית קונצנזוס התפתח בשנות ה-70 בארצות הברית ובחלק ממדינות אירופה. נושא יישוב הקונפליקטים עוסק בתחומים רבים – סכסוכי עבודה, משפחה, קהילה ועוד. תחום התכנון והפיתוח המרחבי ואיכות הסביבה הוא אחד התחומים שבו נצברו ניסיון והצלחה ביישוב סכסוכים.³⁶ תהליך של הערכת קונפליקט משמעותו ראשית כל מיפוי: איתור הגורמים המעורבים, זיהוי אינטרסים ועמדות, תאור הבעיות, זיהוי נקודות מחלוקת ואזורי הסכמה.³⁷ תהליך המיפוי וההערכה הוא תהליך מקדים לפתרון הקונפליקט שבא להעריך האם ניתן ליישוב בדרך של משא ומתן ויצירת קונצנזוס ולעיתים הוא אף מעלה את הקווים המנחים לפתרונו. יש לציין כי לא תמיד הפתרון שיושג במסגרת משא ומתן הוא הפתרון הסביבתי ביותר, החברתי ביותר או הכלכלי ביותר, אולם הוא הפתרון שניתן להגיע לגביו לקונצנזוס הרחב ביותר תוך זמן סביר. לכן, יש לזכור שפיתרון שכזה הוא לא תמיד "נכון" יותר מפתרונות אחרים. בתחומים אחרים שבהם קיימת מסגרת ערכית ברורה ומוסכמת על החברה, לדוגמה איסור פלילי על רצח, פתרון של פשרה המתבסס על משא-ומתן אינו בהכרח הראוי ביותר. כך לדוגמה החברה המערבית לא מקבלת את הערך של "שמירת כבוד המשפחה" כצידוק לרצח ומעדיפה על פניו את ערך שמירת החיים. לעומת זאת, במקרי קונפליקט בסוגיות סביבתיות אין ערך או אינטרס שמוסכם בחברה כולה כערך בעל חשיבות עליונה או מכרעת. באין יכולת להגיע להכרעה ערכית, נראה כי יהיה עדיף לכל הצדדים המעורבים להגיע לאיזון בין האינטרסים והערכים השונים ועל כן הליך של יצירת קונצנזוס הוא המתקבל ביותר על הדעת. נכון כי גיבוש פשרה ע"י משא ומתן יכול להיות תהליך ארוך ומייגע גם הוא ולכן יש נטייה של מחזיקי העניין לפנות לערכאה חיצונית לקבלת הכרעה, אולם הליך של יצירת קונצנזוס יביא לאיזון ראוי יותר לדעתנו בין הערכים והאינטרסים של מחזיקי העניין השונים.

³³ בן גל, מ., 2000. ניתוח מסגרות הבנה ככלי להערכת סכסוכים סביבתיים מתמשכים, עבודת גמר להשלמה לתואר שני, אוניברסיטת חיפה, החוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, חיפה, ישראל.

³⁴ ברכיה ושמיר, 1999. מבוא לסדנה בנושא יישוב קונפליקטים סביבתיים בישראל, המשרד להגנת הסביבה, ירושלים, ישראל:

<http://sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho=Articals^11606&enZone=conflict> (20.4.2011).

³⁵ בן-גל 2004, ראה הערה 2.

³⁶ ברכיה ושמיר, 1999. ראה הערה 34.

³⁷ בן-גל 2004, ראה הערה 2.

על מנת לנתח קונפליקט ובמטרה להביא לפתורנו חשוב להבין את כל צדדיו. לכן יש להכיר את המרחב הגיאוגרפי, את הדרך בה תופסים הגורמים המעורבים את הקונפליקט ואת ההליך התכנוני כמכלול. יחסי הגומלין בין כל אותם גורמים יכולים ללמד על מהות הקונפליקט.

נציע לשלב בין שתי שיטות לניתוח הקונפליקט סביב הקמת תחנת כח סולארית באשלים, שילוב אשר לדעתנו יאפשר הבנת נרחבת ומעמיקה. חקר קונפליקט מבני (אובייקטיבי) וחקר קונפליקט סובייקטיבי המתבסס על מתודולוגיה של מסגרות הבנה.

2.ז. חקר קונפליקט בגישה מבנית-אובייקטיבית

גישה מבנית לניתוח קונפליקטים וסכסוכים היא גישה שנועדה לברר את יחסי הגומלין בין המרכיבים הגיאוגרפיים, החברתיים, התכנוניים והפיזיים של המערכת הסביבתית בה מתרחש הקונפליקט. אלו הם גורמים שקשה לאתרם בהתבטאויות של אנשים כיוון שאינם סובייקטיביים ואיתורם דורש הפשטה של המצב. פעמים רבות, מחזיקי העניין אינם מודעים למגבלות וההזדמנויות המבניות שעומדות מאחורי הקונפליקט וכך עשוי להיווצר עבורם קושי בהבנת מהות הקונפליקט. בעבודה זו ייבחנו חמישה היבטים מבניים של הקונפליקט: עוצמת הקונפליקט, מורכבותו, דרגת היתרון היחסי, רמת נחיצות הפרויקט והפער בין אוכלוסייה נפגעת ואוכלוסייה נהנית.

2.ז.א. שלבי הניתוח המבני:

א. עוצמת הקונפליקט: במאמרו על קונפליקטים סביבתיים בערים קומפקטיות מציג דה-רו מדד לבחינת עוצמת קונפליקט סביבתי.³⁸ לדידו, עוצמה זו היא פונקציה של היקף המפגע הסביבתי והיקף האוכלוסייה הנפגעת. למאפיין זה השפעה על אופי הקונפליקט. כאשר אוכלוסייה גדולה נפגעת ממפגע סביבתי משמעותי ההתנגדות לפרויקט (בין אם להקמת פרויקט או מחאה על מצב נתון) נתפסת כלגיטימית יותר. מצב ביניים הוא כאשר המפגע חמור אך מעט אנשים נפגעים ממנו או כאשר אוכלוסייה רבה נפגעת ממפגע שולי יחסית. מצב בו אוכלוסייה קטנה נפגעת ממפגע זניח יקשה על ניהול מאבק וישפיע בכך על התנהלות קונפליקט בנושא. על אף שאזור השדות הסולאריים בנגב איננו מיושב באופן אינטנסיבי הניתוח ידרש להגדיר אוכלוסייה נפגעת במובן הרחב. על כן, יש לכלול בניתוח את כלל האוכלוסייה הנפגעת, לדוגמא, תושבי ישראל המתיריים בנגב שנפגעים כתוצאה מפגיעה נופית בשטחים הפתוחים, את הפגיעה במערכת האקולוגית באזור שחשובה לאזרחים וכדומה. להמחשה ראו איור 4. את עוצמת הקונפליקט נסווג לשלוש קטגוריות: A מייצגת קונפליקט בעוצמה נמוכה, B קונפליקט בינוני ו-C קונפליקט עוצמתי.

ב. מורכבות הקונפליקט: הבחנה נוספת שעושה דה-רו במאמרו היא לגבי מורכבות הקונפליקט. מורכבות זו מתבטאת ביחס בין מטרות הפרויקט ודרגת השיתוף של הציבור. מטרות הפרויקט נמדדות:

1. בכמותן - האם מדובר בפרויקט בעל מטרות רבות, כגון: עידוד תעסוקה בנגב, ייצור אנרגיה למשק החשמל, עמידה בהתחייבויות בינלאומיות לאנרגיה ממקורות מתחדשים, תדמית

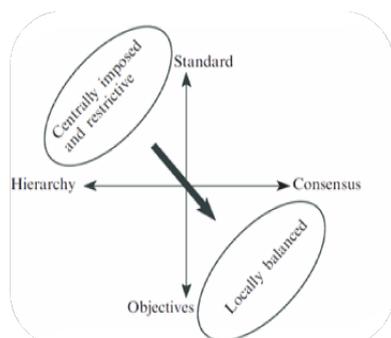
De Roo, G. 2000. Environmental conflicts in compact cities: complexity, decision-making, and policy approaches, *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 27, 151-162 ³⁸

המועצה האזורית וכדומה, או בפרויקט בעל מטרה אחת, כאשר במקרה שכזה, לרוב קל יותר למצוא חלופה. כפי הנראה, הקונפליקט באשלים יסווג כקונפליקט בעל מטרות רבות.

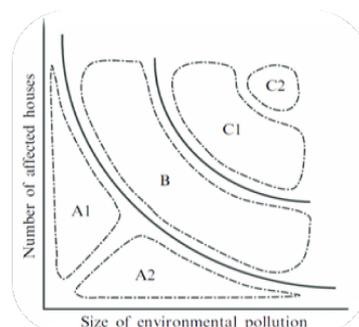
2. בגמישותן – לדוגמא, האם הוגדר יעד של הממשלה לאחוז ייצור חשמל מאנרגיה סולארית או שמדובר ביוזמה פרטית? האם מדובר ביעד מספרי קונקרטי או בהצהרת כוונות כללית? גם כאן ההשלכה היא על מידת היכולת להשפיע על מסלול הפרויקט וההבנה האם הוא למעשה נתון שיש לנסות ל"צמצם את נזקיו" או שניתן להשפיע עליו.

בהיבט שיתוף הציבור הכוונה היא איפה ממוקם הפרויקט על הציר שבין שיתוף ציבור מלא להליך הירארכי שאינו מערב את הציבור. מדיניות וקבלת החלטות מלמעלה-למטה היא לרב חד-מימדית לעומת תכנון שמערב את הציבור המקומי ומתמקד באופטימיזציה של הליך התכנון.³⁹ להמחשה ראו איור 5.

מורכבות הפרוייקט תיבחן על ידי ניתוח מסמכי מדיניות ופרוטוקולים של ועדות מהם ניתן להבין מה הן מטרות הפרוייקט והאם הציבור היה מעורב בקבלת ההחלטות. הפרוייקט ימוקם על שני הצירים על מנת להגדיר האם מדובר בפרוייקט "גזירה קשיחה" לבין "פרוייקט גמיש".



איור 5: מורכבות הקונפליקט



איור 4: עוצמת הקונפליקט

בתרשים מתוארים שני צירים המייצגים את מטרות הפרויקט (הציר האנכי) ומידת שיתוף הציבור (הציר האופקי). פרוייקט אשר מטרותיו קשיחות, מוגדרות מראש ואינו מערב את הציבור (רביע ראשון) הינו בגדר "גזירה המוטלת מלמעלה" ואילו פרוייקט גמיש המערב את הציבור מאפשר תהליך של איזון מקומי על סמך אינטרסים שונים (רביע רביעי). מקור: De-Roo, 2000.

בציר ה-X מתואר גודל המפגע הסביבתי ובציר ה-Y מספר התושבים הנפגעים. קטגוריה A מייצגת קונפליקט שעוצמתו חלשה, B קונפליקט שעוצמתו בינונית ו-C קונפליקט בעוצמה גבוהה כאשר הפרוייקט משפיע על אולוסייה רבה והפגיעה הסביבתית ניכרת. מקור: De-Roo, 2000.

ג. דרגת היתרון היחסי: הבנת היתרון היחסי של האתר המוצע למטרה מסוימת על פני אתרים אחרים היא חיונית. אם לאתר הנבחר ישנו יתרון מובהק על פני אלטרנטיבות אחרות יש פוטנציאל נמוך להצלחת מאבק בנושא. במקרה כזה, המאבק צריך לסוב סביב סוגיית הלגיטימיות של המטרה והתוכנית ולא סביב האתר. הבנת האלטרנטיבות לקונפליקט סביב הקמת השדות הסולאריים באשלים תסייע במיקוד הקונפליקט ובמיקוד האופציות לפתרונו. לדוגמא, התמיכה של מחזיקי עניין רבים (מכון דש"א, החברה להגנת הטבע, משרד להגנת הסביבה) בחלופה של התקנת מתקנים סולאריים על גגות כפתרון לעמידה ביעד הייצור מאנרגיות ממקורות מתחדשים נראה כפתרון חלופי לגיטימי שיכול לערער

את הצורך בפרויקט אשלים. לעומת זאת, העובדה שנבחנו 11 חלופות וחלופת אשלים נמצאה כחלופה עם הרגישות הסביבתית הפחותה ביותר מסייעת לגיוס התמיכה של ארגונים סביבתיים בחלופה זו ויכולה להעיד על יתרון יחסי למיקום המוצע.

ד. רמת הנחיצות: הדיון ברמת הנחיצות נובע מכך שרמת הנחיצות הנתפסת משפיעה על דעת הקהל ולזו יש השפעה מבנית על התפתחות הקונפליקט. על כן, בנושא השדות הסולאריים יש להבין את חשיבות הפתרון למשק האנרגיה בישראל, במיוחד בהקשר של חתירה למעבר לשימוש באנרגיה ממקורות מתחדשים, ואת מידת נחיצותו.

ה. פער גודל ופער חברתי בין אוכלוסייה נפגעת ואוכלוסייה נהנית: בעוד שבסעיף בראשון לניתוח המבני ישנה התייחסות לגודל האוכלוסייה הנפגעת (ועוצמת המפגע) סעיף זה עוסק בגודל היחסי. לגודל היחסי יש משמעות רבה, ככל שקבוצה גדולה יותר נהנית מיישום הפרויקט וקבוצה קטנה יותר נפגעת מיישום הקונפליקט הופך מזערי יחסית והסיכוי להצלחת מאבק בנושא קטן. לעומת זאת, כאשר מדובר בפגיעה בקבוצה גדולה הקונפליקט מתנהל באופן שונה. יש לזכור שלא מדובר רק על הנפגעים/הנהנים הישירים מהפרויקט. כפי שצוין, הנהנים מנוף הפתוח הם קבוצה גדולה של אנשים ולכן לא ניתן לתחום את הנפגעים מהפרויקט רק לתושבי הנגב. מנגד הנהנים מהפרויקט הם כל אותם מי שיהנו מהחשמל שיופק בתחנה הסולארית וכן תושבי הנגב שיועסקו במתקן. לכן ניתוח כזה צריך להיעשות באופן מדויק ונרחב. היחסיות כאן חשובה שכן רק ממנה נוכל ללמוד על המשמעות האמיתית של הגודל (גודל האוכלוסייה הנפגעת לדוגמא). הפער החברתי בין הקבוצה שיש לה תועלות מהפרויקט והקבוצה הנפגעת גם הוא משפיע על אופי הקונפליקט ועל אפשרות לתפיסה שונה של מחזיקי העניין (כפי שתבטא בניתוח הסובייקטיבי של הקונפליקט). פעמים רבות כאשר הפער החברתי בין האוכלוסיות הינו גדול הקונפליקט למעשה מקבל אופי של קונפליקט על צדק-חברתי ואופיו משתנה.

הניתוח המבני הינו ניתוח איכותני המהווה רקע לניתוח הסובייקטיבי. הוא אינו מנבא את הצלחתו של הליך גישור אלא מהווה ניתוח משלים לניתוח הסובייקטיבי. ביחד, שתי השיטות יכולות ללמד על מהות הקונפליקט. לדוגמא, ללא ניתוח מבני שיביא לחשיפת האלטרנטיבות לפרויקט ייתכן ועמדות מסויימות של בעלי עניין לא ילקחו בחשבון. הבנת אלטרנטיבות לפרויקט יכולה לחשוף מחזיקי עניין נוספים שרלוונטים למחקר (לדוגמא: מועצות אזוריות של אתרים חילופיים). בחינת עוצמתו של הפרויקט יכולה לעזור בזיהוי האוכלוסייה הנפגעת ובכך לחשוף בעלי אינטרסים נוספים. מורכבות הפרויקט מלמדת על התהליך בו התקבלו ההחלטות ועל מטרות הפרויקט ובכך להוות רקע לעמדות של מחזיקי העניין. לדוגמא: בפרויקט בו לא התבצע שיתוף ציבור ניתן לצפות שהאוכלוסייה המקומית תביע עמדות של התנגדות להליך. בחינה מבנית יכולה לסייע גם בניסיון לצפות את התפתחות הקונפליקט - בחינת החלופות ורמת הנחיצות של הפרויקט יכולים לסייע בהבנה האם הקונפליקט ייסוב סביב אופי הביצוע (במקרה בו מטרות הפרויקט נתפסות כלגיטימיות ואין חלופה טובה להשגת המטרה) או סביב דיון על הלגיטימיות של הפרויקט (במקרה בו הצורך בפרויקט אינו ודאי או כאשר יש חלופה מתקבלת על הדעת).

לסיכום, תפקידו של הניתוח המבני הוא להוות מסגרת להבנת הפוטנציאל להתפתחות הקונפליקט ואופיו. הפרמטרים הנבחנים בצורה איכותנית יעלו כפי הנראה גם בעמדות מחזיקי העניין אולם ניתוח מבני שמתבצע על ידי גורם לא מעורב (החוקר) מסייע להבנת תמונת הקונפליקט באופן אובייקטיבי. באמצעות הניתוח המבני ניתן למקם את הקונפליקט על הציר שבין "גזירה המוטלת מלמעלה" לפרויקט

גמיש ומקומי, לזהות את תפקיד הציבור (אם קיים כזה), את חשיבות הפרויקט והיתרון לביצועו באתר מסוים וההקשר החברתי בו הוא מתרחש. כל אלו הם מאפיינים אובייקטיביים אשר עשויים להשפיע על האינטרסים ו"מסגרות ההבנה" של בעלי העניין השונים.

3.ז. חקר קונפליקט בגישה סובייקטיבית – ניתוח של מסגרות הבנה

בשנת 1999 משרד המשפטים, המשרד להגנת הסביבה והמרכז הישראלי למשא ומתן ולגישור התחילו להכיר בחשיבות של יישוב קונפליקטים בצורות חילופיות המבוססות על הערכת הקונפליקט ויצירת קונצנזוס בתכנון וסביבה בארץ.⁴⁰ מאז יושמו שיטות אלו במגוון עבודות ובניתוח סכסוכים שונים.⁴¹

גישה איכותנית (סובייקטיבית) לניתוח קונפליקטים משמעותה בדיקת האינטרסים הגלויים והסמויים של הצדדים. לפי טענתו של פול דה-יונג, לשעבר סמנכ"ל במשרד החקלאות לנושא שמירת טבע בהולנד, כ-80% מהקונפליקטים "נולדים" עקב חוסר התייחסות מספקת להבנת האינטרסים של בעלי העניין בזמן תהליך קבלת ההחלטות.⁴² מסגרות ההבנה של בעלי העניין השונים מסננות את המציאות ואת בסיס המידע להחלטות, מגבילות את תשומת הלב וגורמות לנטייה לחפש ולראות רק את המידע התומך במה שמאמינים שהוא נכון.⁴³ קונפליקטים נוצרים משום שלמחזיקי עניין יש תפיסות שונות באופן מהותי לגבי מה נמצא בסיכון והערכה שונה למידת הסיכון. לכן, מאמצים לפתור סכסוכים כאלו מצריכים בדרך כלל ניסוח מחדש של הסכסוך.

3.א. מסגרות הבנה ככלי להערכת קונפליקט:

בן גל ושמואלי מציגות מתודולוגיה של בחינת "מסגרות הבנה" ככלי לניתוח והערכת הקונפליקט.⁴⁴ כלי זה מאפשר הבנה טובה יותר על מה, ולמה, מתפתחים סכסוכים בנושאי שמירת הסביבה בישראל, ומדוע הם מתמשכים. מסגרת הבנה היא למעשה בחינה של ה"משקפיים" שדרכם נבחנים נושאי הקונפליקט על ידי מחזיקי העניין וכיצד הם משפיעים על התמונה הנראית. מסגרות הבנה הן תבניות חשיבה, נקודות השקפה והמיקוד של בעלי העניין השונים.⁴⁵

במאמרן של בן גל ושמואלי מוצגים ארבעה סוגים של מסגרות הבנה שבעזרתן ניתן למפות קונפליקט ולהסביר את הבדלי התפיסה של הצדדים המעורבים.⁴⁶ מסגרות ערכים וזהות עוסקות בערכים ועקרונות, הנתפסים כחשובים ביותר ע"י המעורבים, ומנחים אותם בגיבוש עמדתם וקבלת ההחלטה. מסגרות מהות דנות במה שנתפס כאינטרסים החשובים, בעיות עקרוניות, חשיבות יחסית, נושאים לדיון, פתרונות – כולם כפי שהם מנוסחים ע"י המעורבים. מסגרות תהליך עוסקות באופן בו מתפתח הסכסוך, האם הוא הוגן,

⁴⁰ ברכיה, ו. 2002. "מבוא לניהול קונפליקטים" בתוך: *ניחול קונפליקטים בתכנון- פיתוח ואיכות הסביבה*, המשרד להגנת הסביבה, אגף תכנון, יחידת הפרסומים ירושלים, ישראל.

⁴¹ לדוגמה ראה: טרבייה 2008, הערה 1. בן-גל 2004, הערה 2 ועוד.

⁴² ברכיה ושמיר, 1999. ראה הערה 34.

⁴³ Kaufman, S. and Smith J. 1999. "Framing and Reframing in Land Use Change Conflicts", *Journal of*

Architecture, Planning and Research, 16(2), Summer, 1999, 164-180. ראה הערה 2.

⁴⁴ בן גל, מ., שמואלי, ד., 2004. "מסגרות הבנה (תבניות חשיבה – framing) והשפעתן על סכסוכים בנושאי איכות הסביבה" חיפה, ישראל: *אופקים בגאוגרפיה* 62: 95-112.

⁴⁵ בן גל. 2004. ראה הערה 2.

⁴⁶ בן גל, מ., שמואלי, ד., 2004. ראה הערה 44.

איך הצדדים מתנהגים, ומה הם היחסים ביניהם. מסגרות **ניסוח** עוסקות באופן ובמלל בו משתמש המעורב, ולמעשה מבטאות את הרקע המחשבתי של האדם. ראה איור בנספח מספר 1.

במחקר המוצע, כמו גם במאמרו של בן גל ושמואלי, נציע להשתמש בעיקר במסגרות ההבנה הערכיות כבסיס לניתוח איכותני של הקונפליקט סביב הקמת שדות סולאריים באשלים.⁴⁷ ננסה להתחקות אחר הפרשנויות והמשמעויות הסובייקטיביות של בעלי העניין המעורבים כפי שבאות לידי ביטוי במסגרות ההבנה שלהם. לצורך כך יש לזהות את מסגרות ההבנה הפעילות, למיין אותן ולאתר את אלו הרלוונטיות למיפוי הסכסוך.

ז.3.ב. שלבי העבודה :

א. זיהוי מחזיקי העניין : זיהוי של אותם גורמים שמעורבים בצורה זו או אחרת ויש להם עניין בפרויקט.

ב. איסוף ויצירת חומר לניתוח סובייקטיבי : הניתוח הסובייקטיבי בעבודה ייעשה תוך ניתוח של היגדים שילוקטו ממקורות שונים כדוגמת: פרוטוקולים מועדות, כתבות בעיתונות, מסמכי עמדה, אתרי אינטרנט, בלוגים, תגובות לכתבות באינטרנט ("טוקבקים"), דוחות רשמיים וראיונות עומק עם ממלאי תפקידים ובעלי עניין נוספים.

ראיונות העומק יערכו בפורמט פתוח על פי שאלון מובנה מראש. השאלות יבחנו את מעורבותם של המרואיינים בקונפליקט, הקשר עם בעלי עניין נוספים, תיאור השתלשלות האירועים, זיהוי אינטרסים ועמדות, הצגת פתרונות, דעתם של המרואיינים על תהליכים הקשורים בקונפליקט, הצעות לשינוי ועוד. דוגמאות לשאלות שיוצגו למחזיקי העניין במסגרת ראיונות העומק **בנספח מספר 2**.

ג. זיהוי קטגוריות ורעיונות שבאים לידי ביטוי בראיונות ובחומר הנלווה אצל בעלי העניין השונים : זיהוי הקטגוריות השונות ייעשה על בסיס שיטת ה-Grounded Theory שסוכמה על ידי ראסל.⁴⁸ ליבו של התהליך הוא זיהוי תמות (Themes) בטקסטים וקידודן. שלבי הניתוח :

- 1) חלוקת תמלול הראיונות והטקסטים הנלווים ליחידות טקסט (היגדים).
- 2) זיהוי קטגוריות אנליטיות שעולות מהטקסט. וקיבוץ ל"קטגוריות-על" במידת הצורך.
- 3) איסוף האמירות בכל קטגוריה והשוואה ביניהן.
- 4) בחינת הקשרים בין הקטגוריות.
- 5) שימוש בקשר עם בין הקטגוריות לבניית המודל התיאורטי והצגת הניתוח תוך שימוש בציטוטים המאירים את התיאוריה.

בהתבסס על הספרות ומניתוח של כ-160 ראיונות עם בעלי עניין בתשעה סכסוכים סביבתיים בישראל זיהו בן-גל ושמואלי את המסגרות הערכיות (מסגרות ההבנה) הבאות כנפוצות:⁴⁹

⁴⁷ אלו הן מסגרות ההבנה העיקריות בהן השתמשו במחקרים קודמים מסוג זה והן המסגרות שנוגעות לאינטרסים ומסייעות לפיתרון הקונפליקט.

⁴⁸ Russell, B. H., 2000. Social Research Methods. Qualitative and Quantitative Approaches. Thousand Oaks,

CA: Sage. 2004. ראה הערה 2.

⁴⁹ בן גל ושמואלי. 2004. ראה הערה 42.

- **חברתית-קהילתית**: ראיית הדברים מנקודת מבט חברתית או מתוך אינטרס של הקהילה. אמירות כדוגמת: "הנגב מקופח וממשיכים לקפח אותו" (לובי באר שבע, סכסוך דודאים)
- **צדק**: התמקדות בחלוקה הוגנת של נטל התוצאות (לחיוב ולשלילה). אמירות כדוגמת: "זורקים לנו את הזבל של המרכז וללא כל פיצוי" (לובי באר-שבע, סכסוך דודאים)
- **חוק וזכויות**: התמקדות בחוקים ובשמירה עליהם ובזכויות כשיקולים עיקריים. אמירות כדוגמת: "אין פשרות לעמידה בתקנים" (רשות מקומית, סכסוך על הרחבת מחצבה)
- **ראייה כלכלית**: דגש על אינטרס של רווח כלכלי. אמירות כדוגמת: "אין להתפשר על כדאיות כלכלית" (אחראים על סילוק פסולת גוש דן, סכסוך דודאים)
- **ראייה פרקטית**: גישה מעשית ששמה דגש על סבירות וקלות יישום של פתרונות. אמירות כדוגמת: "יש להתפשר בין מה שחייבים ללוקסוס שרוצים" (המשרד להגנת הסביבה, סכסוך כביש 6)

- **ראייה אקולוגית סביבתית**: חשיבות להגנה על הטבע ואיכות הסביבה. אמירות כדוגמת: "היעדים והתנאים צריכים להיות כאלו שיתאימו לסביבה. לא משהו אחר." (המשרד להגנת הסביבה, סכסוך נחל הקישון)
- **התייחסות למדע**: מדעית/טכנית, מורכבות/אי-ודאות, מדע כתרמית. אמירות כדוגמת: "התנגדות אמורה להתבסס על עובדות" (משרד ממשלתי ארצי, סכסוך דודאים)
- **אפס סיכון**: אף רמת סיכון איננה מתקבלת, ללא קשר לעלויות ולסבירות ההצלחה. אמירות כדוגמת: "התנאי הוא אפס תקלות ולא ניתן להתפשר על כך." (ירוקים, סכסוך נחל הקישון)

קיימות מסגרות הבנה נוספות כגון: אי ודאות, ראיית מדע כתרמית/ ראייה כוללת/מדיניות, הזדהות ארגונית, ייצוג הציבור. מסגרות נוספות יכולות להתגלות תוך עבודה על החומר ובמהלך ראיונות עם בעלי העניין. למעשה מסגרות ההבנה עולות מהטקסט ולא נכפות עליו ולכן לא ניתן לדעת מה הן יהיו אלא לאחר ניתוח הממצאים.

הניתוח יעשה ע"י שימוש בטבלה הבאה:

סוג	תת-סוג	קבוצה A			קבוצה B
		מראיין 1	מראיין 2	מראיין 3	
סוג 1	מסגרת הבנה א	אמירות	אמירות	אמירות	אמירות
	מסגרת הבנה ב	...	...	...	...
	מסגרת הבנה ג	...	...	...	...
סוג 2	מסגרת הבנה ד	...	...	...	...
	מסגרת הבנה ז	...	...	...	...
	מסגרת הבנה ח	...	...	...	...
סוג 3	מסגרת הבנה ט	...	...	...	...
	מסגרת הבנה י	...	...	...	...
	מסגרת הבנה יא	...	...	...	...
	מסגרת הבנה ה+ו	...	...	...	...

טבלה 2: דוגמא לטבלה לניתוח הנתונים (מקור: בן-גל, 2004)

כאשר "סוג" מתאר למעשה "מסגרת-על", קבוצה מתארת קבוצה של מספר מראיינים מאותו מקור – לדוגמא: מראיינים מטעם הרשות המקומית וכדומה. למעשה, חלוקת המראיינים לקבוצות איננה טריוויאלית שכן לעיתים ארגונים שלכאורה הם מאותו סוג מציגים תפיסת עולם שונה ואינטרסים שונים. לכן, יש לבחון אפשרויות לחלוקה על-פי תפקיד במערכת (רשויות, תושבים, NGOs וכדומה), על פי

התנגדות או תמיכה בפרויקט, על פי אינטרסים והנושא המרכזי שמפריע למחזיק העניין או למעשה לא לחלק לקבוצות. ההכרעה תיפול רק אל מול הנתונים. תוצאה של טבלה מסוג זה (כמתואר בטבלה 2) היא כפולה: ראשית, נוצר פרופיל לכל בעל עניין בו מתוארות מסגרות ההבנה המשמעותיות לו ביותר (ראה דוגמה **בנספח 3**). שנית, ניתן לזהות מהן מסגרות ההבנה השולטות בקונפליקט ככלל ולמי הן משותפות. תדירות הופעת הנושא תחושב כמספר ההיגדים שביטאו מסגרת הבנה מסוימת כחלק מכלל ההיגדים של אותו גורם.

ז.3.ג. השוואה בין פרופילים והסקת מסקנות:

השוואה בין פרופילים של בעלי עניין שונים תאפשר מחד לזהות **קווי דמיון** (בסיס להבנות) ומאידך **קווי שונות** (בסיס לאי הבנות אך גם ל"רווח משותף" או trade-off). רווח משותף יכול להיווצר כאשר קיים שוני בסדרי עדיפויות של גורמים שונים. כך יכול להיווצר מצב בו גורם אחד מוכן לוותר בקלות על דבר החשוב ביותר לגורם האחר מבלי לוותר על האינטרס שלו. בטבלה 3 מוצגים ההבדלים בין תפיסות כפי שהוצגה במאמרו של שמואלי ובן גל (2004):

בעלי עניין	שוני במסגרות הבנה דומיננטיות וחזקות	מסגרות הבנה חלשות יחסית או נעדרות
יזמים	כלכלית	אקולוגית/סביבתית מדיניות/ראייה כוללת
רשויות מקומיות	חוק וזכויות כלכלית	
רשויות מחוזיות	טכנית/מדעית חוק וזכויות	כלכלית
רשויות ארציות	טכנית/מדעית	חברתית/צדק חברתי
"ירוקים"	אקולוגית/סביבתית מדיניות/ראייה כוללת חברתית/צדק חברתי	כלכלית
תושבים מקומיים	חברתית/צדק חברתי	מדיניות/ראייה כוללת

טבלה 3 : מסגרות הבנה ערכיות שונות – הבדלים בין תפיסות. מקור: (בן-גל ושמואלי, 2004)

בטבלה 3 ניתן לראות כי, לדוגמה, הרחבת הראייה הכלכלית של הירוקים והתושבים ומנגד הרחבת הראייה הסביבתית של היזמים יכולה לעזור.

מסגרות הבנה משותפות, לעומת זאת, יכולות להוות בסיס ערכי משותף לקבלת החלטות ופתח להבנות לגבי הנושאים העקרוניים האמורים להנחותן. בטבלה 4 מוצג הדמיון בין תפיסות כפי שהוצגה במאמרו של בן גל ושמואלי⁵⁰:

מסגרות הבנה חזקות דומות			בעלי עניין
כלכלית	טכנית/מדעית	חוק וזכויות	יזמים
כלכלית		חוק וזכויות	רשויות מקומיות
	טכנית/מדעית	חוק וזכויות	רשויות מחוזיות/ארציות
	טכנית/מדעית	חוק וזכויות	רשויות ארציות
חברתית	טכנית/מדעית	חוק וזכויות	"ירוקים"
חברתית		חוק וזכויות	תושבים מקומיים

טבלה 4 : מסגרות הבנה ערכיות דומות – דמיון בתפיסה. (מקור: בן-גל ושמואלי, 2004).

מטבלה 4 ניתן ללמוד כי ישנן מסגרות הבנה המשמשות בעלי עניין רבים. לדוגמה חוק וזכויות או ראייה טכנית/מדעית. העובדה כי מסגרת הבנה משותפת למספר מחזיקי עניין היא "חוק וזכויות" יכולה ללמד על אפשרות לפתרון הפרוייקט דרך מהלך חקיקתי או על ידי הדגשת הזכויות המעוגנות בחוק של

הצדדים המעורבים. כמו כן, אנשי שמירת הסביבה והתושבים חולקים מסגרת הבנה חברתית. בעלי עניין שחולקים מסגרת הבנה משותפת יכולים ליצור קואליציה ולפעול יחדיו.

נוסף על למידת קווי הדימיון והשוני, מסגרות ההבנה משפיעות על האופן בו נתפסת מהות הסכסוך. מעבר לאי-הסכמה באשר לדרכי הפעולה ("האיך") בעלי עניין רואים בעיות אחרות כרלוונטיות ("המה"). כלומר, לבעלי העניין יש הערכה שונה למה נמצא בסיכון. על מנת להמחיש את הסוגיה ניתן דוגמא באמצעות ניתוח שנעשה לסכסוך על אתר סילוק פסולת "דודאים".

ערכים	"המה"	"האיך"
רשויות	שיקולים טכניים/מדעיים	פתרון לפסולת
תושבים	שיקולים חברתיים	קיפוח הנגב ותדמית העיר
		הקמת האתר בהקדם
		מאבק ציבורי כנגד הקמת האתר

טבלה 5: שיקולים ערכיים ותפיסת מהות הסכסוך – דוגמא: אתר סילוק פסולת הדודאים. (מקור: בן-גל ושמואלי 2004).

בטבלה 5 ניתן לראות שהצדדים בסכסוך סביב אתר סילוק פסולת "דודאים" תפסו את הסכסוך באופן שונה ("המה") ולכן היה שוני ב"איך". הרשויות ראו את הבעיה כמפגעים הסביבתיים (ריחות, רעש, תנועה) לאחר קריסת חירייה ואילו התושבים התמקדו בקיפוח הנגב ובתדמיתה של באר שבע. חוסר תשומת לב של הרשויות לבעיות החברתיות מנעה מהן חיפוש פתרונות נוספים לבעיות מרכזיות שהועלו ע"י התושבים. אילו כל צד היה מבין את הבעיות של הצד השני ייתכן שהיו עולות אופציות אחרות לפתרון הקונפליקט שהיו עונות על החששות המרכזיים של כל המעורבים. מכך ניתן ללמוד כי כשקיימת התאמה עקרונית בין מסגרות הבנת הסיכון של הצדדים קיים פוטנציאל טוב יותר לפתרון הסכסוך.⁵¹

כפי שצוין בפתיחת פרק זה מסגרות ההבנה מהוות מסננת או "משקפיים" למציאות ולמידע. כאשר תשומת הלב מוטת בעקבות מסגרת הבנה מסוימת ישנה נטייה לראות רק מידע התומך בה ולהתעלם ממידע הסותר אותה. סינון המידע מהווה צמצום של בסיס הידע להחלטות ובכך מגביל את האפשרויות לפתרון הקונפליקט.⁵² כל עוד לא חל שינוי בתפיסת הסכסוך ("המה") כל בעל עניין ידבוק בעמדתו ולמעשה יחריף בכך את הסכסוך. שינוי במסגרת ההבנה ופתיחות למידע שלא בהכרח מתיישב עם מסגרת ההבנה המקורית יכול, אם כך, להביא לשינוי בתפיסת הפעולה ("האיך"). תהליך זה למעשה מתואר כתהליך של מסגור מחדש (reframing) של הקונפליקט.

בהתבסס על ניסיון קודם אנו מצפים למצוא כי לכל המעורבים בקונפליקט אמת שונה וכי כל גוף יתאר את השתלשלות האירועים מזווית הראיה שלו ולא בהכרח יהיה מודע לאינטרסים של הצדדים האחרים.⁵³ שאיפתנו היא כי בהתבסס על הערכת הקונפליקט ניתן יהיה לזהות את מקור הקונפליקט ואת מסגרות ההבנה המשותפות לכל בעלי העניין ולהציע פתרון ל"מסגור מחדש" (REFRAMING) של הסוגיה בתקווה שניתן יהיה להגיע לפתרון. הרחבת נקודות הראייה הערכיות של בעלי העניין יכולה לסייע לגורמים להבין טוב יותר את האחרים ולאמץ גישה הוליסטית יותר לקונפליקט.

⁵¹ בן גל, 2004. עמ' 41. ראה הערה 2.

⁵² Kaufman, S. and J. Smith, 1999. ראה הערה 43.

⁵³ ברכיה ושמיר, 1999. ראה הערה 34. ושמואלי ובן-גל, 2004. ראה הערה 44.

לסיכום פרק המתודולוגיה, תפקידו של הניתוח המבני הוא להוות ניתוח משלים לניתוח הסובייקטיבי. שתי שיטות אלה יחד יביאו להבנה מלאה יותר של הגורמים לקונפליקט, מאפייניו, נקודות המחלוקת העיקריות והפוטנציאל להגעה לקונצנזוס.

ח. הערכת הקשיים הצפויים

הקושי המרכזי שעלול להתעורר בביצוע מחקר מסוג זה הוא נגישות למחזיקי העניין המרכזיים שהיא חיונית לביצוע הניתוח הסובייקטיבי שמסתמך בעיקרו על ראיונות עומק עם מחזיקי עניין. ייתכן שמחזיקי עניין מסוימים ימאנו לשתף פעולה ולחשוף את מלוא עמדתם בסוגיה. על מנת להתמודד עם קושי זה יהיה על מבצעי המחקר להציג את מטרת המחקר באופן ברור ולהדגיש שאין בכוונתם לנקוט עמדה או להצדיק בעל עניין זה או אחר אלא להביא לפתרון הקונפליקט. קושי נוסף עלול להתעורר בשלב ניתוח ראיונות העומק וייצור יחידות טקסט אנליטיות. הליך זה הוא סובייקטיבי לחלוטין ודורש זהירות רבה על מנת שלא להסיט את התוצאות. על מנת להתגבר על קושי זה על מבצעי המחקר להעזר ולהסתמך בעבודות קודמות שעשו שימוש במתודולוגיית "מסגרות ההבנה".

ט. סיכום

עבודה זו מהווה הצעת מחקר לבחינת הקונפליקט סביב תחנת הכח הסולארית באשלים. הקונפליקט סביב הקמת התחנה נוגע לעתידם של השטחים הפתוחים באזור הנגב, באתר אשלים ובאתרים נוספים בעתיד. המחקר יבחן מהן מסגרות ההבנה של מחזיקי העניין השונים בקונפליקט סביב הקמת תחנת הכח וכיצד ניתן להשתמש בהן לניתוח הקונפליקט על מנת לקדם את פיתרונו. כמו כן ייבחנו חמישה מאפיינים מבניים של הקונפליקט כרקע משלים לניתוח הסובייקטיבי. חשיבותו של המחקר המוצע היא בסיוע לפתרון הקונפליקט באשלים וביצירת ידע שיסייע במניעת קונפליקטים סביבתיים עתידיים טרם התפתחותם. מעבר לכך, חשיבותו מתבטאת גם ברמה האקדמאית שכן הוא משלב שתי מתודולוגיות שטרם יושמו יחד לניתוח קונפליקטים סביבתיים.

מן המידע שמוצג בהצעת המחקר ניתן לשער כי ממצאי המחקר יובילו למסקנה כי ניתן להגיע לפתרון הקונפליקט בצורה שתתקבל על דעת רוב מחזיקי העניין על-ידי הליך של מסגור מחדש של הקונפליקט. מבחינה מבנית לקונפליקט מאפיינים אינהרנטים שיש להכיר בהם. העובדה כי משק החשמל עובר שינויים רבים בתקופה האחרונה נוכח גילויי הגז החדשים, מה שמערער את נחיצות הפרוייקט, וכן קיומן של חלופות לייצור אנרגיה סולארית בדמות התקנה על גגות, כלומר היתרון היחסי של הפרוייקט על פני החלופות לו נחלש, מהווים רקע להתעוררות התנגדויות לפרוייקט אשלים. נכון להיום, עתידו של הפרוייקט ושל השטחים הפתוחים באזור אשלים טרם הוכרע ומחקר מהסוג המוצע בעבודה זו יכול להוות אבן דרך חשובה בהסדרת הסכסוך לגבי פרויקט זה ולגבי סכסוכים סביב פרויקטים דומים בעתיד.

י. רשימת מקורות:

- בן גל, מ. 2000. "ניתוח מסגרות הבנה ככלי להערכת סכסוכים סביבתיים מתמשכים", עבודת גמר להשלמה לתואר שני, אוניברסיטת חיפה, החוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, חיפה, ישראל.
- בן גל, מ. 2004. "ניתוח מסגרות הבנה (FRAMES, FRAMING) ככלי לניהול ויישוב סכסוכים בנושאי איכות הסביבה", חיבור לשם קבלת תואר "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת חיפה, החוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, חיפה, ישראל.
- בן גל, מ., שמואלי, ד. 2004. "מסגרות הבנה (תבניות חשיבה – framing) והשפעתן על סכסוכים בנושאי איכות הסביבה" חיפה, ישראל: **אופקים בגאוגרפיה** 62 : 95-112.
- ברכיה, ו. 2002. "מבוא לניהול קונפליקטים" בתוך: **ניהול קונפליקטים בתכנון, פיתוח ואיכות הסביבה**, המשרד להגנת הסביבה, אגף תכנון, יחידת הפרסומים ירושלים, ישראל.
- ברכיה ושמיר, 1999. "מבוא לסדנה בנושא יישוב קונפליקטים סביבתיים בישראל", המשרד להגנת הסביבה, ירושלים, ישראל. זמין בקישור הבא:
<http://sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Object&enDispWho>
 (=Articals^I 1606&enZone=conflict (20.4.2011
- ורדימון, ר. 2010. הערכת הפוטנציאל לייצור חשמל פוטו-וולטאי מבוזר על גגות בתים בישראל. המחלקה לחומרים ופני השטח, מכון ויצמן למדע. הוכן עבור מכון דש"א.
- זוהר א. 2009. סיכום עבודת הוועדה לבחינת חלופות למיקום תחנת כוח סולרית. מינהל התכנון, משרד הפנים.
- טרביה, ח.א. 2008. "ניהול ויישוב קונפליקטים סביבתיים בחברות שסועות לקראת יצירת מודל מותאם תרבותית: ניתוח מקרים של קונפליקטים בגליל", חיבור לשם קבלת התור "דוקטור לפילוסופיה", אוניברסיטת חיפה, החוג לגיאוגרפיה ולימודי סביבה, חיפה, ישראל.
- מזור, א. ואחרים. 1993. תכנית אב לישראל בשנות האלפיים 2020. חיפה, ישראל.
- מור, ע. סרוסי, ש. לסטר יובל. 2008. אנרגיה חלופית ושטחים פתוחים. דו"ח שהוכן עבור מכון דש"א.
- De Roo, G. 2000. "Environmental conflicts in compact cities: complexity, decision-making, and policy approaches", *Environment and Planning B: Planning and Design*, vol. 27, 151-162.
- Feitelson, E., 2001. "Malicious Sitting or Unrecognized Processes? A Spatio-temporal Analysis of Environmental Conflicts in Tel Aviv", *Urban Studies* 38(7), 1143-1159.
- Kaufman, S. and Smith, J. 1999. "Framing and Reframing in Land Use Change Conflicts", *Journal of Architecture, Planning and Research*, 16(2), 1999, 164-180.
- Munda G. and Russi, D. 2008. "Social multicriteria evaluation of conflict over rural electrification and solar energy in Spain", *Environment and Planning*, volume 26, pages 712- 727.

Russell, B. H. 2000. Social Research Methods. Qualitative and Quantitative Approaches. Thousand Oaks, CA: Sage.

אתרי אינטרנט :

אתר גלובס :

http://www.renewablesb2b.com/ahk_israel/he/portal/solar/news/show/19601c9406b6ac94

אתר המועצה האזורית רמת נגב : <http://www.ramat-negev.org.il/main.php?m=1145&s1=1462&s2=2029>

אתר השירות המטאורולוגי : www.ims.gov.il

אתר כלכליסט : <http://www.calcalist.co.il/local/articles/0,7340,L-3524625,00.html>

אתר משרד הפנים :

<http://www.moin.gov.il/OfficeUnits/PlanningAdministration/masterplan/Pages/tma10b1.aspx>

אתר נשיא המדינה : http://www.president.gov.il/Speeches/Pages/171209_01.aspx

פורטל תשתיות סביבה ואנרגיה : <http://www.tashtiot.co.il/2009/11/29/%d7%a8%d7%9e%d7%aa->

[%d7%94%d7%a0%d7%92%d7%91-%d7%aa%d7%97%d7%a0%d7%aa-%d7%9b%d7%97-](http://www.tashtiot.co.il/2009/11/29/%d7%a8%d7%9e%d7%aa-%d7%94%d7%a0%d7%92%d7%91-%d7%aa%d7%97%d7%a0%d7%aa-%d7%9b%d7%97-)

[%d7%a1%d7%95%d7%9c%d7%90%d7%a8%d7%99%d7%aa/](http://www.tashtiot.co.il/2009/11/29/%d7%a8%d7%9e%d7%aa-%d7%94%d7%a0%d7%92%d7%91-%d7%aa%d7%97%d7%a0%d7%aa-%d7%9b%d7%97-%d7%a1%d7%95%d7%9c%d7%90%d7%a8%d7%99%d7%aa/)

אתר NRG : <http://www.nrg.co.il/online/1/ART2/260/669.html?hp=1&cat=459&loc=166>

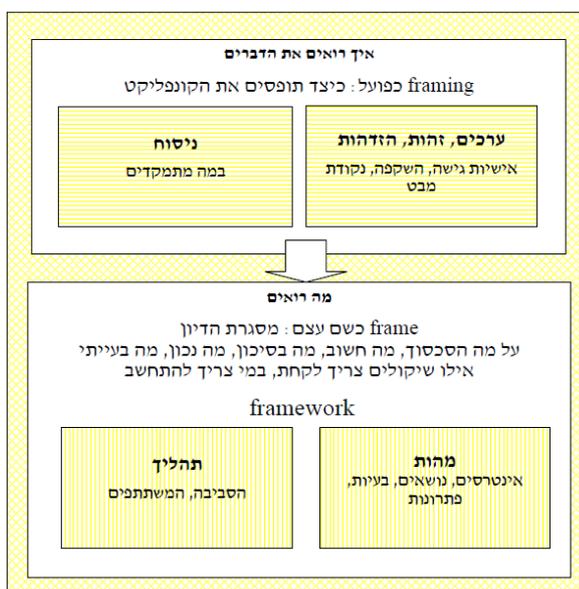
New-York Times: <http://www.nytimes.com/2011/02/24/business/energy-environment/24solar.html?pagewanted=1>

Reuters: <http://www.reuters.com/article/2011/04/25/idUS46562358120110425>

<http://blogs.law.columbia.edu/climatechange/2011/05/18/green-vs-green-litigation-for-and-against-solar-power-in-california>

יא. נספחים:

יא.1. נספח מספר 1:



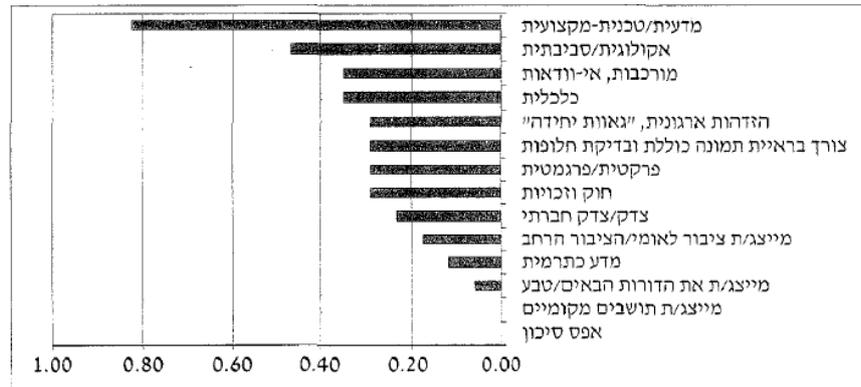
איור 6: סוגי מסגרות הבנה (המקור: שמואלי ובן-גל, 2004, עמ' 99)

יא.2. נספח מספר 2:

דוגמאות לשאלות שיוצגו למחזיקי העניין במסגרת ראיונות העומק:

- אילו סוגיות הכרוכות בקונפליקט הן החשובות ביותר בעיניך?
- אלו היבטים ביישום הפרויקט חשובים בעיניך ביותר? אלו הכי פחות?
- אילו סוגיות לא טופלו עדיין?
- אילו סוגיות מצאו את פתרונן?
- מה היו הציפיות שלך לפתרון הקונפליקט?
- אילו פתרונות ניתן היה להציע?
- באילו סוגיות ניתן היה להתפשר?
- מי מהמשתתפים היה גורם מעכב?
- האם תהליך קבלת ההחלטות אפשר לך להביע את האינטרסים שלך?

יא.3. נספח מספר 3:



איור 7: פרופיל ערכי של המשרד לאיכות הסביבה, על פי תדירות שימוש במסגרות הבנה ערכיות. באיור ניתן לראות כי מסגרת ההבנה המדעית-טכנית-מקצועית היא הדומיננטית יותר בקרב אנשי המשרד להגנת הסביבה. לעומת זאת אנשי המשרד לא לוקחים בחשבון עמדות המייצגות תושבים מקומיים. לאחר קבלת פרופיל מסוג זה לכל אחד ממחזיקי העניין ניתן להשוות בין הפרופילים ולזהות קווי דימיון (בסיס להבנות) ומאידך קווי שונות (בסיס לאי הבנות אך גם ל"רווח משותף" או trade-off). המשך הפירוט בסעיף זי.3.ג. (מקור: בן גל ושמואלי, 2004).

השמורה הביוספרית כרמל תכנון מול מציאות



הצעת מחקר המוגשת במסגרת קורס פרויקטים באיכות הסביבה, תשע"א

דור ענת, הרשקוביץ מיכל, טייטלבאום שלי ומעוז לירון

מרצה: פרופ' עמרם השל
מנחה מסייעת: קרין ארדון דרייר

1 באוגוסט 2011

א' באב תשע"א

תודות

לקרין ארדון דרייר, המנחה המסייעת, על העזרה הייעוץ והסבלנות
לדונית רותם, אקולוג שטחים פתוחים של רשות שמורות הטבע והגנים, על סיוע נרחב, אספקת נתונים עדכניים ומענה
לכל שאלותינו
לפרופ' אוריאל ספריאל, ראש וועדת MAB בישראל, על חומר הרקע והעזרה
לפרופ' עדו יצחקי, ראש המרכז לחקר הכרמל באוני' חיפה, על העזרה והייעוץ

תוכן עניינים :

תקציר העבודה 4

1. מבוא 6

2. סקירה מדעית 7

2.1 תוכנית MAB והשמורות הביוספריות 7

2.1.1 האבולוציה של שמירת טבע 7

2.1.2 ייחודיות והתפתחות תוכנית אדם וביוספרה 9

2.1.3 הגדרת שמורה ביוספרית 10

2.1.4 מבנה השמורה הביוספרית 11

2.2 השמורה הביוספרית בכרמל 12

2.2.1 רקע 12

2.2.2 סיבות להקמת השמורה 12

2.2.3 האיזור והממשק בכרמל 14

2.2.4 מחקר וניטור 17

2.2.5 האוכלוסייה בכרמל 18

2.2.5.1 רקע כללי 18

2.2.5.2 הדרוזים 18

2.2.5.3 נקודות חיכוך עיקריות עם האוכלוסייה הדרוזית 19

רעייה 19

כריתת עצים 20

התרחבות הישובים הדרוזים 20

2.2.6 חינוך והסברה 20

2.2.7 תיירות 21

	שאלת המחקר	21	.3
	חשיבות שאלת המחקר	21	.4
	שיטות המחקר	22	.5
	5.1. חמש המטרות של אונסקו	22	
שימור משאבים ביולוגיים וגנטיים גלובליים המייצגים את המערכת האקולוגית שבה מצויה השמורה			5.1.1
			23
שימור תרבויות מקוריות ועיסוקים מסורתיים של התושבים המקומיים.		23	5.1.2
חקר המערכת הטבעית ללימוד מרכיביה לצורך שימור משאביה.		24	5.1.3
ייעול ניהול משאבי הטבע לשיפור מצבם הכלכלי של התושבים מבלי לפגוע במשאבים אלו.		24	5.1.4
	חינוך והכשרת התושבים	25	5.1.5
	הקשיים הצפויים	25	.6
	תוצאות ראשוניות	26	.7
	7.1. ניטור	26	
	7.2. חינוך והסברה	26	
	7.3. תיירות	26	
	סיכום	27	.8
	מקורות	28	.9
	נספחים	30	.10

עד לשנות השבעים של המאה הקודמת הדרך המקובלת לשמירת טבע בעולם הייתה באמצעות שמורת טבע וגנים לאומיים. השמירה בשמורות אלו הייתה כמעט מוחלטת והפיתוח הוגבל למתקנים זעירים בלבד. עם הגידול באוכלוסיה והשימוש המוגבר במשאבים נוצר לחץ על שירותי המערכת שהשמורות מספקות מחד, ומאידך, החל ניצול לרעה של מקורות המים ומשאבי קרקע שלא נמצאו תחת פיקוח. בעקבות שני תהליכים אלו הבינו כי זו טעות לצפות ששמורות טבע יספקו את כל שירותי המערכת הדרושים לפיתוח הקיים והעתיד. בנוסף לכך, החלו להיווצר קונפליקטים בין האוכלוסיות המקומיות שגרות בסמיכות לשמורות הטבע ולמעשה, התפרנסו ממנו, לבין הממונים על השמורות. זאת ועוד, מדענים אשר ביקשו לבצע מחקרים בשמורות נתקלו במחסומים וקשיים רבים שהערימו עליהם הממונים על השמורה. כל אלה הובילו למחשבה כי יש צורך לשנות את השיטה הקיימת לשמירת הטבע.

ארגון החינוך המדע והתרבות של האו"ם, אונסקו, הקים את וועדת אדם וביוספירה (MAB- Man and biosphere). וועדה זו, אשר כוננה ב-1971, הגתה את רעיון השמורות הביוספיריות, רעיון שבו האדם הוא חלק מהמערכת האקולוגית. מצד אחד, המערכת הטבעית זוכה להגנה הנעשית תוך התייחסות והתחשבות בצורכי האדם ותרבותו באזור. מהצד השני, האוכלוסיות המקומיות מחויבות לקבל על עצמן נורמות התנהגות שונות כלפי הסביבה הטבעית שהם חיים בתוכה. בשנת 1976 הכריזה וועדת MAB, על הקמת הרשת העולמית של השמורות הביוספיריות (WNBR). מטרתה של הרשת הייתה ליצור אינטרס משותף למציאת פתרונות מעשיים לגישור בין האדם והטבע.

על פי אונסקו: "שמורה ביוספרית היא מערכת אקולוגית יבשתית או חופית/ימית (או ימית בלבד, או שילוב שלהם) אשר הוכרה באופן בינלאומי במסגרת תוכנית MAB". השמורות המועמדות להכרה צריכות לקיים שלושה עקרונות בסיסיים: שימור, פיתוח ופונקציות תמיכה לוגיסטיות. וועדת MAB המקומית מלווה את תהליך הכנת המועמדות תוך שיתוף גורמים פנימיים רלוונטיים כמו משרדי ממשלה. המרחב ייקרא כשמורה ביוספרית רק לאחר שיוכר ככזה ע"י אונסקו. מנהלת השמורה תחויב להגיש מדי 10 שנים דו"ח מעקב תקופתי על מצב השמורה.

השמורה בנויה משלושה חלקים: ליבה, חיץ ומעבר. שלושת אזורים אלה מאפשרים רמות שונות והדרגתיות של פיתוח ושימור. האזור השמור ביותר, המנוהל למעשה כשמורת טבע הוא הליבה, מנגד איזור המעבר מאופיין בפיתוח (אך כפיתוח בר קיימא) והדגש בו הוא על רווחת התושבים. באזור החיץ מותרת פעילות הכוללת פיתוח מינימאלי כמו חקלאות, תיירות, מתקני ניטור ומטרתו לבלום הפרעות מבחוץ בכדי להבטיח שמירה על אזור הליבה.

השמורה הביוספירית בכרמל הוכרזה בשנת 1996. היא מתפרסת על פני שטח של 266 קמ"ר וכוללת שמורות טבע, גנים לאומיים יערות קק"ל ויישובים. היא הוכרזה בעקבות שרפות חוזרות ונשנות. למעשה, לאחר השריפה הגדולה של 1989 הוכרז שיקום השטחים הפגועים כפרויקט לאומי. במסגרת החלטות "הועדה המקצועית לשיקום ופיתוח הכרמל" שהתכנסה באותה שנה, קבעו כי הכרמל מתאים לתפקד כשמורה ביוספירית אך ההחלטה לא תוקצבה. ביקורו של שר הסביבה הגרמני, אשר הבטיח לסייע בצירוף ישראל לרשת השמורות הביוספיריות, החזיר את רלוונטיות ההחלטה. בשנת 1991 נחתם הסכם שיתוף פעולה בין משרד הסביבה הגרמני עם רשות שמורות הטבע דאז.

על פי ההסכם, רשות שמורות הטבע התחייבה להכין את המסמכים לוועדת MAB הישראלית ולאחר מכן העולמית. השמורה בכרמל נבנתה על פי מודל השמורה ביוספירית "ברכטסגאדן" הגרמנית.

לשמורה בכרמל הוגדרו מטרות ספציפיות, אשר מתמקדות בכרמל הגבוה הכולל את תחומי היער והחורש ואינם כוללות את רצועת החוף. כמו כן, אינן מתייחסות לגורם האנושי החי בשמורה ובסביבות השמורה.

עם הכרזת השמורה החל מיפוי השטח אשר עובד במערכת המידע הגיאוגרפי. סקירת השטח יצרה כחמש מפות עיקריות בסיסיות- טופוגרפיה, גיאולוגיה, משקעים, צומח ושימושי קרקע וגבולות סטטוטוריים. מיפוי השטח ובחינת האינטרסים השונים ותוכניות פיתוח עתידיות, אפשרו את חלוקת המרחב לאזורים השונים (ליבה, חיץ ומעבר). הוכרזו שלושה אזורי ליבה אשר מוגדרים כשמורות טבע מוכרזות ומהווים 5% מהשטח, אזורי החיץ המהווים 70% מהשטח וכוללים יערות קק"ל, אזורים חקלאיים ואת פארק הכרמל. השטח הנוסף, כ- 25%, מהווה את אזור המעבר וכולל בתוכו את האזורים המאוכלסים.

אוכלוסיית השמורה מונה כ- 200,000 איש באזור המעבר ועוד כ- 5000 איש באזור החיץ. רוב תושבי השמורה גרים בשני הישובים הדרוזים עוספייה ודליית אלכרמל לפיכך אלו הישובים המרכזיים מולם פועלת מנהלת השמורה ולכן בעבודה נתמקד בתושבים הדרוזים. קיימים מספר קונפליקטים בין האוכלוסייה הדרוזית לבין מנהלת השמורה. הקונפליקטים נעים בעיקר סביב נושא התרחבות ופיתוח ערים אלו ושימוש בלתי מבוקר וחוקי במשאבי הטבע; כריתת עצים, רעיה לא מבוקרת.

בשמורת הכרמל וסביבתה קיימים מספר מרכזי הדרכה וחינוך העוסקים בנושאי אקולוגיה ושמירת טבע וכן קיימים כ-25 חניונים. חשוב לציין כי התיירות בכרמל מהווה עוגן כלכלי ולמעשה, מהווה את מקור הפרנסה העיקרי של תושבי השמורה הדרוזים.

בעבודה זו מטרתנו לבחון האם השמורה הביוספרית בכרמל עומדת במטרות אותן מציבה אונסקו, לשמורות ביוספריות. חמש המטרות הן: שימור משאבים ביולוגיים וגנטיים גלובליים המייצגים את מערכת האקולוגית שבה מצויה השמורה, שימור תרבויות מקוריות ועיסוקים מסורתיים של התושבים המקומיים, חקר המערכת הטבעית ללימוד מרכיביה לצורך שימור משאביה, ייעול ניהול משאבי הטבע לשיפור מצבם הכלכלי של התושבים מבלי לפגוע במשאבים אלו, חינוך והכשרת התושבים. כל מטרה תיבדקנה בשיטת מחקר שונה. שיטות המחקר כוללות שימוש במערכת מידע גיאוגרפי, הפצת שאלונים לאוכלוסייה הדרוזית, מעקב ומעבר על דוחות ניטור שבוצעו והוגשו לוועדת MAB הישראלית, בחינת הפעילויות המועברות במרכזי ההסברה והחינוך בשמורה ובחינת פעילויות החינוך המתבצעות במוסדות החינוך הפורמאלי והבלתי פורמאלי באזור השמורה.

במהלך הסקירה הספרותית וקריאת חומר הרקע אספנו מספר תוצאות ראשוניות; הניטור בכרמל מתבצע ע"י רשות הטבע והגנים וקק"ל במסגרת הממשק השוטף שלהן אך לא במסגרת השמורה הביוספרית. הסיבה לכך נובעת מריבוי זכויות על הקרקע. כמו כן, התוודענו לפעילויות חינוך שונות הנערכות הן בבתי הספר בישובים הדרוזים והן בבתי הספר של ההתיישבות היהודית הכפרית המצויה באזורים השונים בשמורה.

1. מבוא

שאלת המחקר בעבודתנו באה לקבוע כיצד עומדת השמורה הביוספרית בכרמל בחמשת המטרות שהציבה תכנית MAB (Man and Biosphere) של אונסק"ו להקמת שמורות ביוספריות. לשם כך נתחיל בסקירה ספרותית שתציג את הגישות לשמירת טבע בעבר ובהווה, את הצורך באיזון בין השימור לפיתוח ואת רעיון השמורות הביוספריות של MAB שבהן לענות על צורך זה. לאחר מכן נציג את השמורה הביוספרית בכרמל על כלל מרכיביה ונסיים בהצגת שאלת המחקר, חשיבותה והשיטות שאנו מציעות לבדיקת חמשת המטרות להקמת שמורות ביוספריות בכרמל.

שמורות ביוספריות מהוות כלי תכנוני וניהולי המשלב שימור משאבי טבע ושטחים פתוחים עם פיתוח מושכל. רעיון השמורות הביוספריות על שלל עקרונותיו, אותם נציג במהלך העבודה, מהווה פתרון לשימור והגנה על שטחים פתוחים ברחבי העולם ויכול להוות כלי ליישומה של תמ"א 35 שמטרתה לתת מענה לצרכי הבניה והפיתוח בישראל תוך שמירה על שטחים פתוחים ועל עתודות קרקע לדורות הבאים.

בחינת שאלת המחקר תתרום להתאמה ולחיזוק מודל השמורות הביוספריות בישראל ובכך לשמירת השטחים הפתוחים בישראל. חשיבותן של השמורות הביוספריות ככלי לשימור וניהול שטחים פתוחים בישראל עולה בעקבות גודלה של ישראל והצפיפות והקרבה של האוכלוסייה לשטחים הפתוחים.

נציין את החשיבות המעשית של שאלת המחקר לכרמל עצמו. קביעת הכשלונות וההצלחות של השמורה בכרמל יתרמו לחיזוק המערכות האקולוגיות, לבקרה על השינויים הקיימים בהן ולהגנה מפני אסונות דוגמת השריפה הגדולה בכרמל בסוף שנת 2010. מטרתנו כי המסקנות שיעלו מהמענה לשאלת המחקר יביאו בעתיד להמלצות לתכנון וניהול ממשק יעיל ונכון יותר בכרמל.

2.1. תוכנית MAB והשמורות הביוספריות

2.1.1. האבולוציה של שמירת טבע

ב-1872 הוכרז פארק ילוסטון, כפארק הלאומי הראשון בעולם לפי הקריטריונים המודרניים שלנו, על ידי הקונגרס האמריקאי, הכרזה שלא נראה כי נעשתה במקריות לולא מייסדיה שמעו על מדע האקולוגיה אשר התפתח באותם ימים באזורים אחרים בעולם. או אז החלה לחלחל ההבנה כי עקרונות האקולוגיה הלוא היא חקר היצורים החיים - כולל האדם, ביחס לסביבתם, הם המקיימים את העקרונות הבסיסיים לייסוד ותחזוקה הולמת של שמורות טבע ופארקים לאומיים (Polunin & Eidsvik, 1979). למעשה, מיסודו של הפארק הוליד מושג חדש ודרך חדשה לשמר ולהגן בצורה הטובה ביותר כפי שחשבו אז על הטבע, לטובתם ולהנאתם של הדורות הבאים (National park service, U.S department of the interior, 2010).

במרוצת מאה השנים שלאחר ההכרזה - עד שנות ה-70 של המאה הקודמת, שמורות טבע ופארקים לאומיים נהיו למסגרות המקובלות בעולם לשמירת טבע. כאמור, הקונספציה הייתה כי באמצעותם ניתן לשמר את התהליכים והמשאבים הטבעיים (שטרן, 2001). לפי אשכנזי (1996) השמירה על הטבע בשמורות הטבע והפארקים הייתה מוחלטת והפיתוח הוגבל למתקנים זעירים בלבד. שמירת שכזו הייתה (והינה) חיונית לתפקוד המערכות התומכות חיים על פני כדה"א (המערכות האקולוגיות) היות והאדם מפיך תועלת מתפקודיהן באופן ישיר או עקיף. תפקודים אלה נקראים שירותי המערכת (Costanza et al. 1987).

העולם באותן שנים, לא חשש מבעית גידול האוכלוסין, חש תחושת שפע מעושה, הביע בורות כלפי מונחים כמו "שיווי משקל אקולוגי" והדאגה לסביבה שלכשעצמה כלל לא הייתה קיימת. אפילו במדינות מפותחות (וודאי שגם במדינות מתפתחות) פארקים ושמורות טבע עמדו תמיד תחת איום מתמיד – בחברות שפע היו אלה לחצי האיום של תרבות הפנאי ואילו אוכלוסיות מקומיות ועניות היו חודרות לאזורים המוגנים על מנת להעשיר את מזונם ומשכורתם (Polunin & Eidsvik, 1979).

פולונין ואדסוויק (Polunin & Eidsvik, 1979) טוענים כי בתחילה היה נדמה כי גידול אוכלוסין מאסיבי ועלייה בצריכה יכולים להתרחש ללא ריסון, אך בה בעת התעוררה התחושה כי התנהגות כזו כבר לא יכולה להיות פתורה מעונש. הגידול באוכלוסייה והשימוש המוגבר במשאבים ובאנרגיה הביאו ללחצים אדירים על המערכות האקולוגיות בשמורות הטבע ובמקביל לניצול לרעה של קרקעות ומקורות מים שלא נמצאו תחת הגנה ושמירה סטטוטורית, והחלה לחלחל ההבנה כי אין לצפות ששמורות הטבע והגנים הלאומיים יספקו את כל שירותי המערכת שידרשו לתחזוקת הפיתוח הקיים והפיתוח העתידי. (שטרן, 2001).

בגישה דומה ניתן להבחין במאמרו של ליאופולד (1949) - תורת מוסר האדמה. המאמר פורסם כפרק מהספר "A sand county almanac, and sketches here and there" ובו מבחין הכותב בין שתי קבוצות: הראשונה – קבוצת השימור או ה-conservation – אשר יחסה לאדמה כאל מספקת משאבים או מוצרים בלבד, בעוד הקבוצה השנייה – קבוצת ה-preservation – הקבוצה הרוצה לשמור על המצב הקיים, מתוך הבנה שיש להתייחס אל האדמה כחלק

ממכלול ביוטה רחב יותר אשר נחוץ זמן להתחדשות ולהתאוששות. ליאופולד זיהה את הצורך המידי באתיקה לשימור סביבתי ותרם רבות להתפתחות תנועה השימור הסביבתי¹.

במרוצת השנים, רעיון השמורות והפארקים הסגורים החל ליצור גם קונפליקטים ממשיים בין האוכלוסיות הנמצאות בסמיכות לשמורות הטבע אשר התפרנסו מה"טבע" ובין הממונים עליהם ועל שמירת הטבע. יתר על כן החלו להתעורר גם קונפליקטים בין האחרונים ובין מדענים אשר נתקלו במחסומים רבים שהקשו עליהם לבצע מחקרים מדעיים בשמורות ופארקים.

כל אלו הביעו להתפכחות והבנה כי ישנו צורך ברוויזיה בפרקטיקת שמירת הטבע: בעוד שמורות טבע ופארקים לאומיים תפקדו כ"איי טבע" מובדלים, הקים ארגון החינוך מדע והתרבות של האו"ם – אונסקו- United Nations- educational scientific and cultural organization את וועדת MAB – Man and biosphere, אשר הגתה את רעיון השמורה הביוספרית – רעיון שבו האדם הוא חלק מהמערכת האקולוגית (ספריאל, 2009).

במאמרה מספרת אשכנזי (1996) כי רעיון השמורות הביוספריות צמח לראשונה בכנס UNESCO שנערך בפריז בשנת 1968 ושם עלה הצורך בשימור משולב של השטחים המייצגים את ה"ביוספירה" - המעטה החי של כדור הארץ – הכולל את האדם.

וועדת MAB כוננה בשנת 1971 במטרה ליצור שמורות טבע חדשות – על בסיס אלו הקיימות אשר בהן ניתן לבצע גם מחקר וניטור, וגם יענו על צרכי האדם – למשל שמירת משאבים גנטיים כמו מינים וזנים אשר להם פוטנציאל חקלאי או רפואי. כל אלו יהוו חלק מרשת גלובלית המכוונת לשמירה של כל טיפוס הטבע שיש לעולם להציע, ולא דווקא על פיסות טבע ייחודיות. כך נולד רעיון הרשת העולמית (ראה נספח א') של השמורות הביוספריות (Batisse, 1982).

אנשי וועדת MAB הראשונים אשר כונו על ידי אונסק"ו "כוח משימה מיוחד" ניסו להתמודד עם אחת השאלות הכי קשות וחשובות איתן מתמודד העולם: כיצד ניתן לאפשר שימור מגוון ביולוגי ומשאבים טבעיים עם שימוש בר קיימא בהם? בעיית הרצון לשימור מול הצורך האנושי בפיתוח. לפיכך חשבו חברי הוועדה ליצור ישות מרחבית בעלת מרכיבי נוף טבעי ומרכיבי נוף אנושי. כך תקדם השמורה ותשמש דוגמא למערכת יחסים מאוזנת בין בני האדם והטבע (UNESCO, 1996).

שטרן (2001) מציין כי בצורה כזו, מחד זוכה המערכת הטבעית להגנה אולם תוך התייחסות והתחשבות מושכלת בצורכי האדם ותרבותו באזור ומאידך, האוכלוסיות האנושיות החיות באזור מחויבות לקבל על עצמן מגבלות ונורמות התנהגות כלפי הסביבה הטבעית. כך מתאפשרים ושלובים שימור משאבי טבע עם פיתוח זהיר ומושכל שאינו מכלה משאבים אלו (פיתוח בר קיימא) ועם מתן האפשרות להתקיים ממשאבי הטבע מבלי לפגוע בהם לטווח ארוך.

¹ קורות אלדו ליאופולד ותורת מוסר האדמה על פי האתר הרשמי של קרן אלדו ליאופולד. נדלה ב-24.07.2011. מתוך: <http://www.aldoleopold.org/AldoLeopold/landethic.shtml>

2.1.2. ייחודיות והתפתחות תוכנית אדם וביוספירה

רעיון תוכנית MAB והשמורות הביוספריות צמח במקביל לתוכניות שימור בינלאומיות אחרות של האו"ם כמו תוכנית לשימור ביצות (Ramsar convention) והתוכנית לשימור אתרי מורשת עולמית, אשר הוכרזו בשנים 1971 ו-1972 בהתאמה. אולם מהרגע הראשון היה ברור כי תוכנית זו נבדלת מהם בעקבות תפיסת שילוב האדם בשימור ובפיתוח בר קיימא (Price et al., 2010). לחמן (2008) מחזקת ומציינת כי תוכנית MAB נוסדה על מנת לייצר את הבסיס המדעי לשיפור היחסים בין האדם וסביבתו.

הרעיון הזה העומד בבסיס השמורה הביוספרית אמור להשיג יעילות בהקצאת משאבי הקרקע המוגבלים על ידי שימוש רב תכליתי במשאבים אלה. במסגרת ההתארגנות הבינלאומית ניתן גם לכוון, לייעץ, לבקר ולהנחות ובנוסף חוסכת זמן בחיפוש אחר פתרונות לניהול וממשק האזור, מאשר כל מדינה בנפרד (אשכנזי, 1996).

ב-1976 הכריזה הוועדה על הקמת הרשת העולמית של השמורות הביוספריות (WNBR). המטרה של הרשת העולמית הייתה והינה יצירת אינטרס משותף למציאת פתרונות מעשיים לגישור בין האדם והטבע. הרשת העולמית מהווה אמצעי לשימור ונתמכת על ידי רשתות תת אזוריות או נושאיות (UNESCO, 1996).

עד שנת 1981 מנתה הרשת 208 שמורות ב-54 מדינות אך נראה היה כי רעיון השילוב אינו מוצלח בכל המקומות. על כן בשנת 1983 התכנס הקונגרס הבני"ל הראשון של השמורות הביוספריות במינסק. הקונגרס הגה את "תוכנית הפעולה לשמורות ביוספריות" ואומץ על ידי ועידת אונסקו ב-1984. תוכנית זו פעלה במשך עשור. עיקר עקרונותיה היו הגדרה מחדש של הרעיון ומתן דגש על כך שהשמורה צריכה לשמש כאתר דוגמה להרמוניה, ויחסים ארוכים ומתמשכים בין האדם וסביבתו הטבעית (UNESCO אצל Price et al., 2010).

ב-1995 לאחר עשור רווי פעילות סביבתית עולמית שבו בוסס ונוצק הדפוס של פיתוח בר קיימא באמצעות ועידת ריו ואגינדה 21, ובנוסף לכך שאמנת המגוון הביולוגי נכנסה לתוקף, נתכנסה בסביליה שבספרד הוועידה הבני"ל השנייה של MAB, לבחינת תוכנית הפעולה ולהתאמתה לעשורים הבאים. למעשה בתקופה זו הרעיונות המקוריים של התוכנית נהפכו לנחלת הכלל וועידת סביליה הביאה לאימוץ התפיסה כי כולם מכירים בצורך בשמירה ובפיתוח בר קיימא אך תוכנית MAB והשמורות גם ילמדו וידגימו איך עושים זאת ויהוו מעבדות ניסוי והדגמה בפועל. בעקבות הכנס נולדו המסגרת הסטטוטורית של השמורות הביוספריות ואסטרטגיית סביליה – משנה סדורה ליעדים ומטרות, והמלצות ליישום ברמה לאומית תוך השגת יעדים בני"ל (ספריאל, 2009). תרומה ניכרת וחשובה מיוצגת בדמות סעיף 9 למסגרת הסטטוטורית (UNESCO, 1996) המספק מדד לבחינת השגת היעדים הללו ובו כתוב כי מעתה תחל הוועדה לדרוש לקבל לידיה דיווח ושליחת דוח סקירה על ידי הנהלת השמורה על מצבה בכל עשר שנים.

ב-2008 התכנסו במדריד בפעם השלישית. התרומה העיקרית מכנס זה הייתה יצירת תוכנית מדריד לפעולה בחמש השנים הבאות (2008-2013) אשר מטרתה לעודד מעורבות השמורות הביוספריות במאמצים העולמיים

להתמודדות עם האצת שינויים גלובליים כמו שינויי האקלים, אבדן מגוון ביולוגי ועיור מואץ (ספריאל, 2009). עד סוף שנת 2010 מנתה הרשת הגלובלית של השמורות הביוספריות 564 שמורות ב-109 מדינות.²

בזמן הקמתה של התוכנית וניסוח מטרותיה עדיין לא נולד המושג פיתוח בר קיימא, לא שררה המודעות לשינויי אקלים, ורוב אוכלוסיית העולם עדיין חיה באזורים כפריים. תוכנית MAB התאימה עצמה לשינויים במציאות הגלובלית. ההתאמה מתמצת בעצם את העברת הדגש מ"שמירת טבע" ל"תועלת האדם מהטבע".

2.1.3. הגדרת שמורה ביוספרית

ההגדרה על פי אונסקו כפי שמופיעה במסגרת הסטטוטורית (UNESCO, 1996) גורסת כי: "שמורה ביוספרית היא מערכת אקולוגית יבשתית או חופית/ימית (או ימית בלבד, או שילוב שלהם) אשר הוכרה באופן בינלאומי במסגרת תוכנית MAB". לאחר מכן נשאר השמורה בריבונות ושיפוט של המדינה בה היא נמצאת. תהליך ההכרזה והמעמד החוקי אינו אחיד במדינות שונות. לפי לחמן (2008) במקסיקו השמורות הביוספריות מעוגנות בחוקי המדינה.

השמורות המועמדות להכרה כשמורות ביוספריות מועמדות להכרזה על ידי שלטון מקומי או לאומי ועליהן

לעמוד במספר קריטריונים ודרישות, כל עוד יעמדו בשלושה עקרונות בסיסיים:

א. שימור – מגוון מינים, משאבים גנטיים, אקוסיסטמות ונופים

ב. פיתוח - ברוח הקיימות של פיתוח כלכלי ואנושי

ג. פונקציות תמיכה לוגיסטיות – לתמיכה של פרויקטי הדגמה, חינוך סביבתי ומחקר וניטור.

השמורות צריכות לעמוד כמובן גם במספר קריטריונים בסיסיים מדעיים כמו אזור הכולל פסיפס של מערכות אקולוגיות המייצגות אזורים ביו-גיאוגרפיים, האזור צריך להיות משמעותי מבחינת שימור המגוון הביולוגי או הגנטי של צמחים או בעלי חיים בו, אך מנגד שניכרת בו השפעת אדם ושניתן יהיה לדרג את ההתערבות האנושית בו (UNESCO, 1996). כמו כן, ישנה חשיבות לאזורים אשר מעובדים באופן מסורתי, שיש בהן עניין מדעי ייחודי ושטחים המתאימים לפיתוח ולהערכת שיטות לניצול בר קיימא של משאבים מתכלים. כמו כן, השמורות צריכות להיות גדולות דיו כדי שהשמירה תהיה אפקטיבית ותאפשר מעקב ומחקר אחר שינויים גלובליים ארוכי טווח (אשכנזי, 1996).

לחמן ב"מדריך למרחבים ביוספריים בישראל" (2008) מציינת כי וועדת MAB מקומית מלווה את הכנת המועמדות תוך שילוב גורמים משמעותיים ורלוונטים כמו גורמי ממשלה, מוסדות ורשויות ולאחר מכן תיבדק ההיתכנות של המרחב על ידי יום ומה מידת ההתאמה שלו. ההמלצות וההיתכנות יוגשו לוועדת MAB המקומית אשר יכולה גם לסייר במקום ולבקש השלמת מידע מהיום. לאחר מכן ובהתאם להנחיותיה תוגש הבקשה לאונסקו. לאחר שיוכר המרחב על ידי אונסקו ויוכל להיקרא מעתה שמורה ביוספרית ולאורך פרקי זמן קבועים וסדורים של עשר שנים יתבצעו תהליכי ניטור, מעקב ודיווח על ידי מנהלת השמורה.

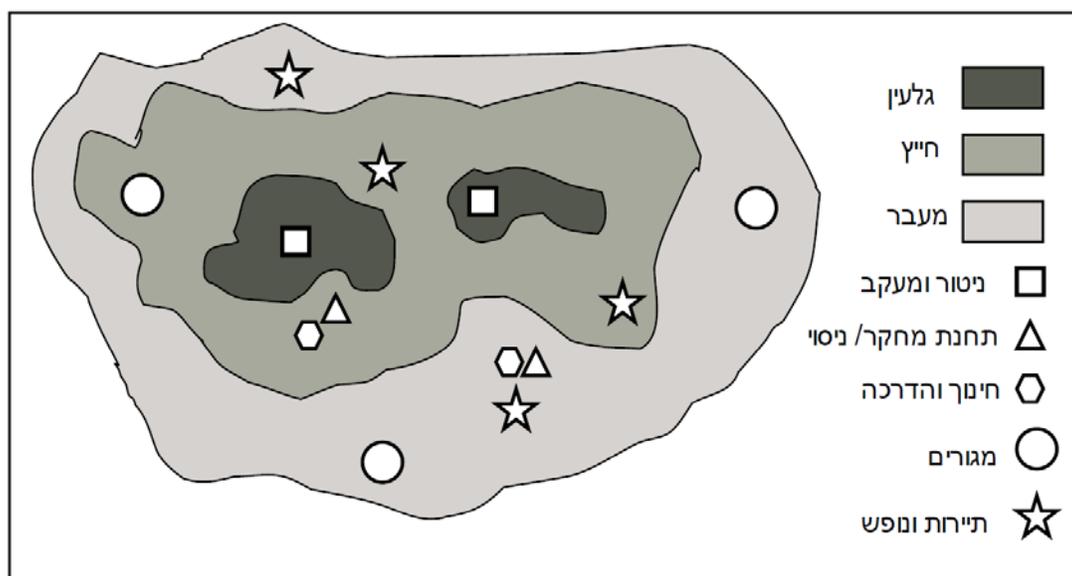
כפי שצוין קודם מטרת העל של השמורה הביוספרית היא לקדם שלושה עקרונות מפתח חשובים אשר משלימים ומחזקים זה את זה למילוי תפקידה. להלן נפרט עליהם מעט יותר. העיקרון הראשון הוא כמובן שימור.

² על פי מפת רשת השמורות הביוספריות של UNESCO-MAB 2010. נדלה בתאריך 11.06.2011 מתוך: <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/>

שימור מגוון ביולוגי מורכב בעצם משני רכיבים – שימור מגוון מינים ושימור שונות גנטית. שימור מגוון מערכות אקולוגיות כמו ים, יער, חוף, נהר ומגוון נופים. העיקרון השני הינו פיתוח – פיתוח אנושי של האוכלוסייה הקרה בסמוך לשמורה, ופיתוח כלכלי שלהם באופן שהוא בר קיימא מכל הבחינות. העיקרון השלישי הינו לוגיסטי. על השמורה לתפקד כבסיס לוגיסטי, לספק תמיכה למחקר, לניטור, למרכז חינוכי לתושבי השמורה ולתיירים ולחילופי מידע ברמה מקומית, לאומית ועולמית. ניתן לומר כי העקרונות מאוגדים תחת שני תחומים – מדעי וחברתי – סוציולוגי (אשכנזי, 1996; ספריאל, 2009).

2.1.4. מבנה השמורה הביוספרית

מבנה השמורה נרקם באופן של שלושה אזורים חיגור (ראה איור 1) אשר ההיררכיה בינן, מאפשרת רמות של שימור מהמרכז לשוליים ופיתוח זהיר, הדרגתי ובר קיימא בשטח ההיקפי המאופיין בפעילות אדם (התיישבות, חקלאות, עיסוקי תרבות מסורתית ועוד). לפיכך בשמורה ביוספרית חלים כללי שימור על פי קטגוריות מסוימות, והיא מורכבת משלושה חלקים מוגדרים הקשורים בינם ומנוהלים כמכלול אחד (MAB אצל אשכנזי, 1996)



איור 1: מבנה החיגור הפנימי במרחב הביוספרי (נלקח שטרן, א. 2001).

מקור: http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/index_pirsumim/p0213_1.pdf

אזור 'הגלעין' או 'הליבה' של השמורה הוא שטח שמור ללא הפרעה, על פי מטרות השימור שהוגדרו. אזור הליבה יכול להיות מנוהל כשמורת טבע ללא הפרעה או ככזו עם רעייה ושריפות מבוקרות. השטח הזה הוא זה שצריך לאפשר את קיומם של המינים המאפיינים את המערכות האקולוגיות במצב של קלימקס (חברת שיא) או במצב דינמי לקראת מצב כזה (Maldague אצל אשכנזי, 1996). ישנה חשיבות עליונה לכך שתתאפשר באזור זה המשך האבולוציה הביולוגית (Batisse, 1982).

אזור החיץ נועד לבלום הפרעות מבחוץ ובכך להבטיח את ההגנה על הגלעין השמור. בשטח זה מותרות רק פעילויות מחקר ומעקב בניטור (ובמקרה הצורך שיקום) וגם חינוך תיירות והטמעה (Price et al., 2010).

אזור מעבר הוא השטח בו נצבר הידע מהשטחים המוגנים בגלעין וסביבתו מנוצלת לשיתוף התושבים המקומיים בשימוש מושכל במשאבים טבעיים (שימוש בר קיימא). אם קיימים שימושים באזור החיץ כמו חקלאות מסורתית או נופש ותיירות, אזי הם יהיו קיימים גם בשטח הזה, אולם כאן יש גם דגש על פיתוח ופעילות כלכלית של תושבים. אזור החיץ נועד להגן על אזור הליבה כך שיוכל לספק את שירותי המערכת לאזור המעבר ובאופן זה לאפשר שהפיתוח (באזור המעבר) יהיה בר קיימא. זוהי התרומה של שמירת הטבע לפיתוח. אם הפיתוח באזור המעבר איננו בר קיימא, אזי אזור החיץ לא יספיק כדי להגן על הליבה מפני אזור המעבר (אשכנזי, 1996).

אזור זה נקרא גם אזור מעבר מתוך תקווה שאוכלוסיות החיות באזורים משיקים אליו ואף מחוץ לשמורה, יושפעו מהמתרחש בה יחקו את התנהגות תושבי אזור המעבר ובכך ילך ויתרחב אזור המעבר וזאת כהצלחה של השמורה הביוספרית כולה (ספריאל, 2009).

2.2. השמורה הביוספרית בכרמל

2.2.1. רקע

השמורה הביוספרית בכרמל הוכרזה בשנת 1996. השמורה מתפרסת על שטח של 266 קמ"ר וכוללת שמורות טבע, גנים לאומיים יערות ויישובים (Rotem, 1997). המערכות אקולוגיות העיקריות בכרמל הינן בתה, יער אורנים, יער פארק וחוף הים (Rotem, 1997). גבולות השמורה הינם חיפה בצפון, הים במערב, כביש זכרון-יקנעם בדרום וכביש יקנעם-יגור במזרח (פרנקנברג, תאריך לא ידוע) (ראה נספח ב').

רקע טופוגרפי: הכרמל הינו רכס הרים משולש העולה מן הים ומחולק לשלוש תת-יחידות. בצפון הכרמל מדרונות תלולים מפרידים את הכרמל מעמק זרעאל, מצוקי הדולומיט מייצגים סיעוף של בקעת הירדן המשתרע לכיוון צפון מערב מבקעת בית שאן ועד הים במפרץ חיפה, רכס הכורכר לאורך הים במערב וגבעות אבן סיד גיריות בדרום מזרח (Rotem, 1997). מבחינה גיאולוגית הכרמל הינו אנטיקלינה שעלתה מהים בתקופת המיוקן. מאופיין במגוון גיאומורפולוגי הכולל מדרונות ומצוקים רבים ומעט מישורים שמחלקים את הנוף לאזורים שונים (Israel Nature Reserves Authority, 1994).

השמורה הביוספרית בכרמל מייצגת סביבה ים תיכונית צחיחה למחצה (Rotem, 1997). האקלים בכרמל הינו אקלים ים תיכוני עם חורף גשום וקיץ יבש, ללא הבדלי טמפרטורה קיצוניים בין עונות ובין יום ללילה, בהשוואה לשאר אזורי הארץ. טמפרטורה ממוצעת בחודש החם 26° , טמפרטורה ממוצעת בחודש הקר 12° וממוצע משקעים בשנה של 600 מ"מ (Israel Nature Reserves Authority, 1994).

2.2.2. סיבות להקמת השמורה

השמורה הביוספרית בכרמל נולדה בעקבות טראומה של שריפות חוזרות ונשנות שהתרחשו במהלך שנות ה-80 וכלו כ-4.5 קמ"ר של חורש ויער (פרנקנברג, ללא תאריך). לאחר השריפה הגדולה בספטמבר 1989 הוכרז שיקום השטחים

הפגועים כפרויקט לאומי ובדצמבר 1989 התכנסה "הוועדה המקצועית לשיקום ופיתוח הכרמל" לדון בשיקום הכרמל והגנתו מפני שריפות (הוועדה המקצועית לשיקום ופיתוח הכרמל, 1990). הוועדה דנה בצורך בתכנון מחודש של הכרמל ובמסגרתה נבחנו מספר חלופות שונות לניהול התכנון באזור, בניהן רעיון השמורה הביוספרית (הוועדה המקצועית לשיקום ופיתוח הכרמל, 1990). ב-1990 הוועדה החליטה על התאמה של הכרמל לתפעול כשמורה ביוספרית אך ההחלטה לא תוקצבה (פרנקנברג, ללא תאריך).

פרנקנברג (ללא תאריך) טוען השינוי מגיע עם ביקורו של שר הסביבה הגרמני דאז, קלאוס טפפר, בישראל. טפפר הבטיח לישראל סיוע בנושאי סביבה על ידי צירופה של ישראל לרשת השמורות הביוספריות. רשת השמורות הביוספריות של MAB פותחה באותה עת בגרמניה במטרה לקדם את גרמניה המזרחית עם האיחוד. הקשר בא לידי ביטוי בגיבוי השמורה בכרמל בצידו זהה לצידו שניתן לשמורות בגרמניה ובסדנאות וידע ממומחים גרמניים (פרנקנברג, ללא תאריך). בשנת 1991 נחתם הסכם שיתוף פעולה בין משרד הסביבה הגרמני לבין רשות שמורות הטבע דאז שכותרתו: "יישום של תכנית מחקר וניטור ארוכי טווח בהר הכרמל תוך שימוש במערכת GIS ממוחשבת: תרומה לפרויקט יסוד השמורה הביוספרית בהר הכרמל" (פרנקנברג, ללא תאריך). במסגרת הפרויקט רשות שמורות הטבע התחייבה להכין את מסמכי ההגשה לוועדת MAB הישראלית ולאחר מכן העולמית (פרנקנברג, ללא תאריך).

פרנקנברג (ללא תאריך) מסביר כי הכרמל נבחר לשמורה הביוספרית הראשונה בישראל מכיוון שהוא מכיל את כל רכיביה:

כאמור, תפקידי השמורה הביוספרית הם שימור משאבים גנטיים, מינים, מערכות אקולוגיות ויחידות נופיות. השמורה אמורה לספק תמיכה לוגיסטית להצגה, חינוך סביבתי ותרגול, מחקר וניטור הקשורים לנושאי שימור ופיתוח ברי קיימא מקומיים, לאומיים וגלובליים. השמורה הביוספרית הוגדרה על ידי אונסקו כאזור גיאוגרפי הכולל ישובים, שטחים לפיתוח תיירותי, שטחי חקלאות, אזורים לפיתוח מבוקר (כמין יערות קק"ל וגנים לאומיים) ואזורים שמורים (כמו שמורות טבע). הפעלת שמורה ביוספרית נעשית בשיתוף פעולה בין הגורמים העיקריים הקשורים לשטח הכלול בה (עמ' 2).

על פי גסול (2010) סיבה נוספת להקמת השמורה הביוספרית בכרמל וצירופה של ישראל לרשת השמורות הביוספריות היא לצורך החלפת מידע. פרויקט הכרמל מהווה חלק מתכנית אדם וביוספרה של אונסקו העוסק ב- "שימור אזורים טבעיים והחומר הגנטי בהם" (פרנקנברג, ללא תאריך). כפי שצינו קודם לכן מטרת תכנית אדם וביוספרה הינה יצירת מערכת עולמית של שמורות ביוספריות הכוללת את שלל טיפוסים המערכות האקולוגיות הקיימות, הקמת מערכת ניטור סביבתי באזורים לשימור לטווח הארוך ויצירת אפשרות מחקר ופיתוח של המערכות האקולוגיות והאינטראקציה של האדם עמן (פרנקנברג, ללא תאריך). השמורה הביוספרית בכרמל מהווה תחנה נוספת ברשת הניטור העולמית ותאפשר החלפת מידע (פרנקנברג, ללא תאריך). בנוסף הכרמל מציג שינויים מואצים בתהליכי המערכת האקולוגית בעקבות שטחו הקטן כך שתוצאות תצפיות בשינויים חזויים בתנאי אקלים ותנאים ביולוגיים ואקולוגיים יהיו זמינות בזמן קצר יחסית (פרנקנברג, ללא תאריך). רשות הטבע והגנים פועלת ליישום תכנית נטור לטווח ארוך בכרמל ולמחקר אקולוגי וניטור סביבתי כחלק מתכנית השמורה (פרנקנברג, ללא תאריך).

השמורה בכרמל נבנתה על פי מודל השמורה הביוספרית "ברכטסגאדן" (Berchtesgaden³) הגרמנית, שהיוותה מודל עבור השמורות בגרמניה, ויושמו בה איסוף וניתוח נתונים באמצעות מערכת ממ"ג, מערכות מידע גיאוגרפי (גסול, 2010). אמות המידה לשמורה בכרמל נלקחו מאמות המידה לפיה הוכרזה השמורה בגרמניה על ידי משרד הסביבה הגרמני ו-MAB בניהן ייחודיות המערכות האקולוגיות, שטח האזורים השונים, מצב סטטוטורי, ניהול וארגון (פרנקנברג, ללא תאריך).

לשמורה בכרמל הוגדרו מטרות ספציפיות (גסול, 2010):

- שמירת החברות השונות של היער והחורש הטבעיים בכרמל
- שמירת חברות המהוות שלבים בדינמיקה האקולוגית של הכרמל – גריגות ובתות עשבוניות
- שיקום מערכות טבעיות פגועות מכריה וחציבה, כריתה, רעית יתר, שריפה והשמדת חיות בר
- יישום פעולות ממשקיות לשיקום, אישוש והשבת חיות בר
- פיתוח מודל לדגם שמורה ביוספרית ישראלית, גרסה מקומית של דגם אונסקו
- קישור לרשת הבין לאומית של שמורות ביוספריות, כמנוף לפיתוח ולקידום השמורה הביוספרית בעזרת גורמים לאומיים ובין לאומיים

בחינת מטרות השמורה על פי גסול (2010) מראה כי המטרות מתמקדות בכרמל הגבוהה הכוללת את תחומי היער והחורש, אך אינן מתייחסות לרצועת החוף, לאוכלוסייה בתחום השמורה ולאוכלוסייה הגובלת בשמורה דוגמת היער חיפה. ההתייחסות לפיתוח הכלכלי מוגבלת ועוסקת בנופש בכרמל בלבד.

2.2.3. האיזור והממשק בכרמל

מערכת הממ"ג מהווה את הבסיס לאיסוף הנתונים וניתוחם בכרמל. עם הכרזת השמורה החל מיפוי השטח וקליטת המידע לשכבות שונות במערכת הממ"ג (גסול 2010). מסקירת השטח נוצרו 5 מפות בסיסיות – טופוגרפיה, גיאולוגיה, משקעים, צומח ושימושי קרקע וגבולות סטטוטוריים (גסול 2010). בנוסף מופו נתוני ליתולוגיה, אתרי נופש, אתרים בעלי עניין מיוחד, שרפות על פי מועד האירוע, צומח, מינים נדירים ושטחי חקלאות (גסול 2010).

מיפוי השטח מאפשר את יצירת מפת האיזור (zoning) של השמורה. חלוקת המרחב לשלושת האזורים הביוספריים (ליבה, חיץ ומעבר) מתבסס על ניתוח הפוטנציאל לשימור ופיתוח (שטרן, 2004). החיגור על פי פרנקנברג (ללא תאריך) "קובע את גרדיאנט שימושי הקרקע ואת ההשפעות הסביבתיות, מתמודד עם הקונפליקטים בשימושים, וקובע את הדרישה לממשק המערכת האקולוגית."

גסול (2010) מתארת את תהליך האיזור בכרמל: כחלק מהמיפוי שנעשה חולק שטח השמורה ל 101 סוגים של שימושי קרקע ביניהם תפוצת צמחים נדירים, צורות ליתולוגיות, שימושי שטח על פי קבוצות צומח וממשקים קיימים. פרנקנברג (ללא תאריך) מצייין כי שימושי הקרקע השונים סווגו למספר אזורים: אזורים בנויים: שטחים עירוניים, תעשייתיים, כפריים, מסורתיים ועוד. אזורים פגועים: מחצבות ומזבלות. אזורים תחבורתיים: דרכים מהירות,

שמורת ברכטסגאדן באתר אונסק"ו³ <http://www.unesco.org/mabdb/br/brdir/directory/biores.asp?mode=all&code=GER+04>

מסילות ברזל ועוד. אזורי חקלאות: גידולים רב שנתיים או עונתיים, מרעה ואחו וברכות דגים. אזורי יער: מחטני ורחב עלים. אזורי צומח טבעי: חורש, יער פארק, תצורות חורש, עשב, צידי נחלים וחוף. ואתרים שונים: ארכיאולוגיים, נופיים ואתרי פיקניק.

עבור כל שימוש קרקע נעשתה התאמה לאיזורי ליבה, חיץ ומעבר ובנוסף נלקחו בחשבון שטחי ליבה מינימליים דרשים, רווח מקסימלי בין ליבות סמוכות, ורוחב של שטחי ספיגה הדרושים על פי מידת ההפרעה להתפתחות המערכת האקולוגית בכל תחומי שימושי הקרקע (פרנקנברג, ללא תאריך). כך התקבלה מפת חיגור ראשונית המייצגת את התכונות האקולוגיות ומרכיביו הביולוגיים והאביוטיים של כל תא שטח (פרנקנברג, ללא תאריך).

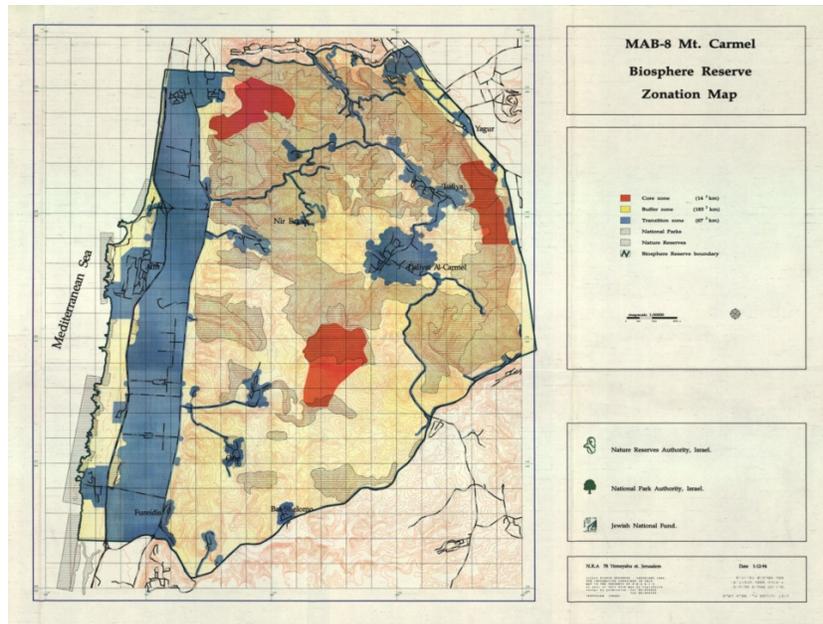
במקביל למפת שימושי הקרקע מופו האינטרסים של בעלי העניין בשטח כגון משרדי ממשלה דוגמת משרד החקלאות והסביבה, רשות הגנים האלומיים (דאז), רשות שמורות הטבע (דאז), החברה להגנת הטבע ועוד (פרנקנברג, ללא תאריך). מופו תשתיות ותכניות עתידיות, מפות מנהליות, מניעת שריפות ופיתוח תיירותי. בנוסף מופו יישובים, כבישים ודרכים בצירוף שטח ספיגה שחושב על פי מידת ההפרעה להם גורמים. מידת ההפרעה דורגה על פי עצמת הסעת ההפרעה והזיהום ועל פי רגישות המערכת הקולטת, לדוגמא, אזור ספיגה של רוחב 100 מטרים לכביש ו-200 מטרים לשטח חקלאי (פרנקנברג, ללא תאריך). על פי ההשפעה האנושית על המערכת האקולוגית ניתן היה לקבוע, במפת האינטרסים, עבור כל אזור את מידת התאמתו לאזור ליבה, חיץ ומעבר (פרנקנברג, ללא תאריך).

מפת ההתאמה הפוטנציאלית ומפת ההפרעות הסביבתיות אלו הן למעשה מפת השימור ומפת הפיתוח (ראה נספח ג'). הרכבה של מפת השימור ומפת הפיתוח איפשרה את יצירת מפת החיגור של השמורה הביוספרית בכרמל. על פי מפה זו הוגדרו אזורי הליבה, החיץ והמעבר בכרמל עליהם נרחיב בהמשך.

בתיאורו את תהליך האיזור בכרמל פרנקנברג (ללא תאריך) מציין כי המיפוי המפורט של הצומח, הקרקע ושימושי הקרקע השונים איפשר את קביעתם של בתי הגידול העיקריים בכרמל: ארבע מערכות אקולוגיות הכוללות את האלון המצוי, אורן ירושלים, אלון התבור והחרוב. מערכות אלו היוו את הבסיס למיקום הליבות בשמורה, בהן לא מבוצעות פעולות ממשק (פרנקנברג, ללא תאריך). ארבעת מערכות אלו מחברות ברצף את הליבות לאזורי החיץ, הנבדלים המליבות בממשק הפעיל המתרחש בהם (פרנקנברג, ללא תאריך).

תכנית הממשק בכרמל נגזרה ממפת שימושי הקרקע ומפת האתרים והערכת הצומח הקיים באתר מסוים (פרנקנברג, ללא תאריך). כלי הממשק העיקריים בכרמל הינם שמירת אזור ללא ממשק, כפי שמתרחש בליבות, רעייה, חקלאות, גיזום ודילול ושריפות יזומות תוך התחשבות בימושי קרקע דוגמת שטחי נופש, אזורי אימון צבאיים ופיתוח. נבנו מודלים לבחינת ההשפעה של הממשקים על המערכות האקולוגיות ונבנתה תכנית ניתור לבחינת השפעות הממשק על המתרחש בשטח (פרנקנברג, ללא תאריך).

קעת נציג את מפת האיזור בכרמל ונפרט על כל אחד מהאזורים הביוספריים, הממשק המתקיים בהם והמערכות העיקריות:



איור 2: מפת האיזור שמורה ביוספרית כרמל.

מקור: טופס ההגשה לאונסק"ו, רשות הטבע והגנים, 1994.

ליבה

בכרמל הוכרו 3 אזורי ליבה המתפרשים על שטח של 14 ק"מ ומהווים 5% משטח השמורה (Rotem, 1997):

- אשדות יגור - מייצג את האלון המצוי במדרונות הצפון מזרחיים של הכרמל
- וואדי קלח גלים והחי בר – מייצג את המעבר מיער טבעי של אורן ירושלים ליער פארק של חרובים בצפון מזרח הכרמל
- וואדי חרובים – מייצג יער פארק של אלון התבור, כולל גם אזור של חרובים במרכז הכרמל

שלושת אזורי הליבה הינם בסטטוס שמורת טבע מוכרות כך שהשימור בהם הוא בדרגה הגבוהה ביותר מבחינת חוקי מדינת ישראל (Rotem, 1997). באזור הגלעין קיים ממשק שימור מוחלט בעזרתו האזור מוגן מפני שריפות (פרנקנברג, ללא תאריך). אזורי הליבה ברוב המקרים אינם מנוהלים כך שהחזות הטבעית והגומחות האקולוגיות אינן נפגעות (Rotem, 1997). השפעה שלילית כתוצאה מפעילות אדם באזורי הליבה יכולה להיות קיטוע של בתי גידול כתוצאה משבילים וגידול בבוטנציאל לשריפה וזיהום (Rotem, 1997).

חיץ

אזורי החיץ בכרמל מתפרשים על שטח של 185 קמ"ר ומהווים 70% משטח השמורה (Rotem, 1997). אזורי החיץ כוללים את יערות קק"ל, פארק הכרמל על 27 חניוני הנופש שבו ואזורים חקלאיים כאשר הניהול והפיתוח באזורים

אלו מוגבל (Rotem, 1997). שימושי הקרקע והפעילות הכלכלית העיקריים באזורי החיץ בכרמל הינם חקלאות, יערנות, רעיה, תיירות ונופש, מחקר, פעילות חינוכית ואימונים צבאיים (Rotem, 1997). ההשפעה שלילית כתוצאה מפעילויות אלו יכולה להיות הפחתה ורמיסה של האזורים הטבעיים, סכנת שריפה וזיהום ופגיעה נופית כתוצאה מאימוני הצבא (Rotem, 1997). הממשק באזורי החיץ מותאם למערכת האקולוגית באזור מסוים ומטרתו לחזק ולפתח את המערכת האקולוגית, שמירה על ייצוג של כלל מרכיבי הצומח בכרמל, מקסום המגוון הביולוגי ושמירה על רצף מרכיבי הנוף (פרנקנברג, ללא תאריך).

המערכות העיקריות שבשמורה והממשק הקיים בהן באזורי החיץ :

מערכת האלון המצוי, המערכת המורכבת ביותר הכוללת 6 תצורות צומח. ללא ממשק כריתה ורעיה המערכת תתפתח לחורש סבוך. ניהול ממשק רעיה ודילול בא לשמר על מגוון המינים ועל מינים נדירים. רעיה של בקר בגדרות ועדרי עזים מונהגים ישפיע על מופע הצומח בהתאם לצורת הרעיה. ממשק דילול בצירוף רעיה יביא להפיכת חורש סבוך לחורש פתוח (פרנקנברג, ללא תאריך) ולשמירה על מינים נדירים כגון השושן הצחור (Rotem, 1997). בנוסף בניית בריכות חורף מלאכותיות בא לפצות על אבדן בתי גידול, בעיקר לשימור הסלמנדרה הכתומה (Rotem, 1997).

מערכת אורן ירושלים מתחלקת לשני שלבים: שלב יציבות דינאמית הכולל שריפה והתחדשות ושלב ביניים להתפתחות מערכת האלון המצוי. שתי המערכות מתחילות בקרקע חשופה כתוצאה משריפה (פרנקנברג, ללא תאריך). הממשק המתקיים במערכת האורן הירושלמי הוא הפחתה של הסיכוי לשריפה על ידי כריתת עצים ורעיה (פרנקנברג, ללא תאריך).

מערכת החורב ומערכת אלון התבור, מערכות פשוטות יחסית אך חסרה הבנה על היחסים ביניהן. שתי המערכות דומות במופע ובדרישות השטח (פרנקנברג, ללא תאריך). השפעות האדם על המערכות הן רעיה וטיול והממשק העיקרי הינו רעיה והגנה מפני שריפות (Rotem, 1997).

מעבר

אזורי המעבר בכרמל מתפרשים על שטח של 67 קמ"ר ומהווים 25% מהשמורה (Rotem, 1997). אזורים אלו הינם אזורים מאוכלסים ומפותחים, בהתאם לתכנית המתאר בתוספת חגורת בטחון לפיתוח עתידי הכוללים את הכפרים, שולי חיפה וקטעי חקלאות ופיתוח לאורך חוף הים (פרנקנברג, ללא תאריך). שימושי הקרקע והפעילות הכלכלית העיקריים באזורי המעבר הינם יישובים, חקלאות, פעילות צבאית ותחבורה (Rotem, 1997). ההשפעה השלילית של פעילויות אלו בשטח הינה זיהום כתוצאה מאבק, זיהום מים וזיהום אוויר וכן שרפות שמקורם באתרי פסולת פיראטיים (Rotem, 1997).

2.2.4. מחקר וניטור

כפי שצינו מחקר וניטור מהווה חלק ממטרות השמורה הביוספרית. על פי פרנקנברג (ללא תאריך) מטרות הניטור בכרמל הן חיזוק ההבנה לגבי המערכות האקולוגיות בשמורה, בדיקת השינויים כתוצאה מפעולות הממשק במטרה לבחון את התאמת הממשק למערכות השונות והשתייכות לרשת בינלאומית של ניטור לטווח ארוך. החי-בר,

מרכז למחקר ורבייה להשבת חיות בר לטבע הינו תחנת המחקר היחידה המצויה בתוך השמורה (Rotem, 1997). בנוסף קמפוסים אקדמאיים בסביבת השמורה מהווים חלק מהניטור והמחקר המתרחש בה דוגמת אוניברסיטת חיפה והטכניון (Rotem, 1997).

2.2.5. האוכלוסייה בכרמל

2.2.5.1. רקע כללי

לאחר שסקרנו את הצד האקולוגי ביולוגי של השמורה נעבור לפאן האנושי של שמורת הכרמל. האוכלוסייה בכרמל מורכבת מכמה סוגי יישובים עיקריים: יישובים יהודיים כפריים: בית אורן, עין הוד, ניר עציון, ויישובים דרוזים: עוספייה ודליית אלכרמל בהם רוב דרוזי ומיעוט מוסלמי, מיעוט נוצרי ומיעוט בדואי (Rotem, 1997). אוכלוסיית השמורה מונה 200,000 איש בשטחי המעבר ו 5,000 איש בשטחי החיץ (Israel Nature Reserves Authority, 1994).

2.2.5.2. הדרוזים

בחרנו להתמקד באוכלוסייה הדרוזית בעוספייה ודליית אל כרמל משום שאלה היישובים העיקריים מולם פועלת מנהלת השמורה. הסיבה לכך היא שהם נמצאים במובלעת במרכז הפארק ומרבית הקונפליקטים סביב נושא שימור האדמות וכריתת עצים הם עימם. (גסול, 2010).

התמונה מטה הינה מכנס שנערך בשנת 1988, שנה לפני השריפה ושבע שנים לפני הקמת השמורה הביוספרית, נושא הכנס הינו היחסים בין הדרוזים לשמורות טבע ועצם קיומו מוכיח כי הנושא הוכר כנושא חשוב ועקרוני.



איור 3: תמונה מכנס באוניברסיטת חיפה, 1988.

מקור: אתר אוניברסיטת חיפה, <http://druze.haifa.ac.il/html/hebrew/knasim.html>

מקור ההתיישבות הדרוזית בכרמל בדרוזים שהיגרו מסוריה ולבנון והדעות חלוקות אם מדובר בתהליך שהחל בראשית המאה ה-17 או בשלהי המאה ה-18. המסמך הכתוב הראשון שמתעד התיישבות דרוזית בכרמל היא צוואה משנת 1815 (אביבי, 2009). חלק מהמסורת הדרוזית כללה התיישבות בחורבות הר הכרמל. עדויות כתובות לקיום הכפרים עוספייה ודליית אלכרמל קיימות משנת 1863 (אביבי, 2009).

הדרוזים הגיעו לכרמל מהגליל העליון והתחתון כאשר חיפשו איזורי התיישבות חדשים בשל התעמרות השלטונות, רדיפה מצד שכניהם המוסלמים ובשל מצוקות כלכליות (אביבי, 2009).

מקורות הפרנסה העיקריים של אוכלוסית השמורה הם חקלאות, יערנות, רעייה, תיירות ונופש, מחקר, חינוך והכשרה צבאית (Rotem, 1997).

בין עיסוקים אלה בולטים העיסוקים המסורתיים של הדרוזים – חקלאות, רעייה ויערנות (Rotem, 1997).

באופן טבעי נוצר מתח בין נושאי פיתוח יישובים ושימור מגוון ביולוגי ואקולוגי ושטחים פתוחים, במקרה הספציפי של שמורת הכרמל מדובר במתח סביב כמה נקודות ספיציפיות. תוכנית MAB שואפת לחבר בין האדם והסביבה, להפוך את שימור הטבע והמגוון הביולוגי לדבר רצוי בעיני האוכלוסיה ולא כמטרד או מכשול בדרך לפיתוח. כיום בעולם כולו ככלל, ובישראל בפרט מכירים בכך שהטבע והאדם שלובים זה בזה והרשת הגלובלית של השמורות הביוספריות יכולות להיות כלי בעל פוטנציאל רב לפיתוח בר-קיימא ברמה הגלובלית ולשיפור חייה של האוכלוסיה החיה בסמוך או בתוך השמורה לצד שמירה על ערכי הטבע והסביבה בה (ספריאל, 2009). בנקודות הבאות נראה כיצד הדבר מתבצע בשמורת הכרמל.

2.2.5.3 נקודות חיכוך עיקריות עם האוכלוסיה הדרוזית

רעייה

האוכלוסיה הדרוזית בכרמל מקיימת רעייה בלתי מוסדרת של עדרים מדליית אלכרמל ועוספיה במזרח הכרמל, ממערב ומצפון מערב לדליית אלכרמל ועוספיה.

פתרון: ההמלצות שהוגשו לשר להגנת הסביבה במאי 2011 על ידי הועדה הועדה לממשק היער ושיקום אקולוגי בכרמל (הועדה לממשק היער ושיקום אקולוגי בכרמל, 2011) היו:

- הסדרת הרעייה בישובים דלית אל כרמל, עוספייה וטירת הכרמל ועידוד מגדלי צאן ובקר נוספים מישובים אלה ליציאה למרעה, כולל בשטחים רחוקים יחסית מהישובים.
- הקמת עדרים חדשים באזורים בהם אין כיום רעייה. רעייה בלחץ גבוה סביב ישובים, רצוי ע"י עדרי עיזים היוצרים לחץ רעייה גבוה סביב הישוב.
- גיבוש תכנית רעייה, ותשתית נדרשת, לתחזוקת אזורי החיץ לאחר הקמתם.
- התכנית צריכה להיות מתואמת בין רשות המרעה ורטי"ג/קק"ל לפי מעמד השטח הנדון.

כריתת עצים

הדרוזים כרתו בעבר כמויות עצים גדולות בצורה לא מבוקרת לצורך הסקת בתים ומסחר, הנושא היווה נקודת מחלוקת עיקרית עם מינהל השמורה. צרכי הפיתוח והפרנסה של האוכלוסייה הדרוזית התנגשו באופן בולט וישיר עם צרכי השימור והגנת הטבע של השמורה.

פתרון: לאחר שנים של מאבק ומתיחות בין מנהל השמורה לאוכלוסייה הדרוזית המקומית, הוקמה בשנות ה-2000 מנהלת משותפת המורכבת מנציגי מנהל המקרקעין ורטי"ג ונציגי המנהלת הוצבו באופן שבועי בעירייה על מנת לשמוע על מצוקות האוכל' המקומית ולמצוא דרכים לפתרון (גסול, 2010). בין השאר, נציג רטי"ג אמור לאפשר לאוכלוסייה הדרוזית לכרות עצים בעלות סימלית בהתאם לממשק ניהול הצומח האקטיבי בכרמל ובכך למגר את תופעת הכריתה הבלתי חוקית (גסול, 2010).

בשלוש השנים האחרונות מחלקים עץ להסקה לתושבי השמורה, בעיקר לכפרים הדרוזים. ממשק את צרכי שני הצדדים, מחד השמורה אשר זקוקה לדילול מבוקר לצורך מניעת שריפות וניהול צומח אקטיבי ומגייס הדרוזים אשר מקבלים עץ חוקי וזול להסקה. (רותם, 2006).

התרחבות היישובים הדרוזים

נושא נוסף לחיכוך בין האוכלוסייה הדרוזית למנהלת השמורה הוא המתח בין רצונם של הדרוזים לפתח את יישוביהם ולהרחיב את שטחיהם לבין צרכי השמורה לשמר את שטחיה ואף להרחיבם (גסול, 2010). הרחבת שטחי היישובים ושימושי קרקע מותרים ואסורים עומדים במרכז הקונפליקט בין המינהלה והדרוזים (רותם, 2006).

פתרון: קיומה של המנהלה המשותפת ב 2000 ונציגות שבועית קבועה בכפרים פתרה באופן חלקי את הבעיה (גסול, 2010).

כמו כן, החל תהליך של החלפת קרקעות - שטחים פרטיים שהוכרוזו בעבר כגן לאומי מוחלפים עם שטחי מדינה המועברים לגן הלאומי (רותם, 2006). התהליך נוצר עקב צרכי עיר הכרמל להתפתח מחד ונקיטת פעולות חד צדדיות מאידך. נערך משא ומתן ארוך המנסה לישב את הסכסוך ארוך השנים בראיה של עשרים שנים קדימה (רותם, 2006).

2.2.6. חינוך והסברה

בשמורת הכרמל וסביבתה כמה מרכזים העוסקים בחינוך והסברה בנושאי אקולוגיה ושמירת טבע.

- מרכז ההדרכה בנחל הדרכות משמש במרכז הדרכה ומבקרים וכן כבסיס לפעילות חינוכית סביבתית בבתי ספר באיזור השמורה (גסול, 2010).
- חי בר כרמל הפך לשמורה קולטת קהל בה מתבצעות פעילויות הדרכה ומחקר ונעשו בה פעולות כדי להפוך אותה לנגישה לפלח רחב יותר של הקהילה (גסול, 2010).
- בשמורת הכרמל שלוש תחנות מידע של השמורה הממוקמות באליקים, נחל אורן ואוניברסיטת חיפה (גסול, 2010).

- ב 10.02.2010 יצאה הודעה לתקשורת מטעם אוניברסיטת חיפה כי האוניברסיטה ורשות הטבע והגנים ישתפו פעולה בהקמת המרכז לחקר הכרמל, מרכז מחקר שיאגד בפעם הראשונה את המחקרים הקשורים לשמורת הכרמל במגוון התחומים: צמחייה, בעלי חיים, גיאולוגיה, ארכיאולוגיה, איכות סביבה, תיירות ועוד (אוניברסיטת חיפה - מערך תהוד"ה, 2010).

2.2.7. תיירות

גסול (2010) מתארת את המצאי התיירותי בכרמל לפיה בשמורת הכרמל 25 חניונים, 3 תחנות מידע, מצפורים, מרכז הסברה בחוות משמר הכרמל ושמורת החי בר שהפכה לשמורה קולטת קהל, בנוסף ניתן למצוא באיזור כולו אטרקציות ושירותים תיירותיים. בישובים הכפריים ובערים ניתן למצוא מסעדות, יקבים, מרכזי בריאות וספא, חנויות וגלריות, מרכזים תרבותיים, אתרים לילדים וחברות המציעות טיולי שטח ופעילות אתגרית (גסול, 2010). בעיר חיפה מגוון שירותים ונקודות משיכה נוספות עבור תיירים: מסעדות, בתי קפה, מוזיאונים, גלריות, חנויות ומרכזי תרבות וחינוך (גסול, 2010). הכפרים עוספיא ודליית אלכרמל מהווים מוקד משיכה חשוב עבור תיירים רבים והם מציעים מסעדות, חנויות, אתרי מורשת ותרבות וכן צימרים. מלון יערות הכרמל וקיבוץ בית אורן מציעים ספא, מלון, חוות סוסים וטיולי גיפים בשמורה (גסול, 2010).

התיירות מהווה עוגן כלכלי עיקרי בשמורת הכרמל אך תחום פעילות זה מנוהל על ידי מגוון גופים ואין ניהול אינטגרטיבי של כלל השמורה אלא ניהול פרטני: רטי"ג וקק"ל מנהלות את התיירות בגנים הלאומיים, היערות ושמורות הטבע וכן פועלות באיזור שתי עמותות תיירות (גסול, 2010).

התיירות בעוספיא ודליית אלכרמל מבוססת בעיקר על מכירת מזון ומזכרות אך השאיפה הינה להתרחב לתחום האירוח והאטרקציות (רותם, 2006). שאיפה זו נועדה לשנות את דפוס התיירות הקיים, בו התיירות מתרכזת בעיקר בסופי השבוע לדפוס הפרוס בצורה מאוזנת יותר על פני כלל ימות השבוע (רותם, 2006).

3. שאלת המחקר

האם השמורה הביוספרית כרמל עומדת במטרות שאונסק"ו מציבה לשמורות ביוספריות?

חמש המטרות אותן אנו בוחנות על מנת לענות על שאלת המחקר יוצגו הפרק שיטות המחקר.

אנו משערות כי לא נקבל תשובה חד משמעית לשאלה זו אלא נגלה כי ישנן מטרות בהן השמורה עומדת בצורה טובה יותר וישנן כאלה בהן השמורה עומדת בצורה טוב פחות.

4. חשיבות שאלת המחקר

קביעת האופן בו עומדת השמורה הביוספרית כרמל במטרות שהציבה אונסק"ו לשמורות ביוספריות תציג בפנינו את אופן התפקוד של השמורה בכרמל ואת טיב התכנון של השמורה. תשובות אלו ייסעו לשיפור המצב הכרמל ולתכנון של שמורות ביוספריות עתידיות בישראל.

החשיבות תיאורטית של שאלת המחקר הינה שבחינת הכשלוניות וההצלחות של המודל בכרמל תאפשר בניית מודל של תכנון וניהול שמורות ביוספריות בישראל והתאמה של מודל השמורות הביוספריות בארץ.

עם הטמעתה של תכנית המתאר הארצית, תמ"א 35, המכירה בחשיבותם של השטחים הפתוחים חשיבותן של השמורות הביוספריות בישראל יעלה ככלי תכנוני וניהולי המשלב שימור משאבי טבע ושטחים פתוחים עם פיתוח מושכל, " כך שיכולים להתקיים בו יחדיו שימור הטבע ופיתוח, באופן כזה שהאחד תומך בשני" (שקדי, 2005). תכנון ביוספרי מופיע ככלי לשימור שטחים פתוחים בדו"ח מדיניות וכלים לשמירה על שטחים פתוחים של המשרד להגנת הסביבה (2003). בנוסף מטרת השמורה הביוספרית לניצול בר קיימא של משאבים יכולה להשתלב ביישום החלטת הממשלה המחייבת את משרדי הממשלה לפעול ברוח של פיתוח בר קיימא⁴.

החשיבות המעשית של שאלת המחקר הינה שיפור ניהול ותכנון הכרמל כשטח פתוח שמתקיימת בו פעילות אנשית מגוונת. מסקנות שאלת המחקר יובילו לחיזוק הכרמל, לשמירה ולבקרה על השינויים במערכת האקולוגית ולהגנה מפני אסונות נוספים דוגמת השריפה הגדולה שהתחוללה בו בחודש דצמבר אשתקד. כראיה לכך חיזוק עקרונית השמורה הביוספרית בכרמל הופיעו כחלק מטיטות המלצות ועדת ממשק היער ושיקום אקולוגי בכרמל (2011) בעקבות השריפה. הכנת תכנית הבראה לכרמל היוותה חלק מ"הצעה לתכנית העבודה של ועדת אדם וביוספריה של ישראל" שנכתבה על ידי יו"ר הוועדה פרופסור אוריאל ספריאל בשנת 2009.

5. שיטות המחקר

5.1. חמש המטרות של אונסקו

מטרת העבודה, כפי שמשמע משאלת המחקר, הינה לבחון האם השמורה הביוספרית בכרמל עומדת בחמש המטרות אותן הציבה תוכנית אדם וביוספריה של אונסקו לקיום שמורות ביוספריות. על מנת לענות על שאלה זו, נציג בפרק זה את חמש המטרות ונבחן כל אחת מהן בנפרד במטרה להבין האם שמורת הכרמל עומדת ביעדים אותה מציבה המטרה. כל אחת מהמטרות תיבדקנה בשיטת המחקר המתאימה ביותר.

חמש המטרות:

1. שימור משאבים ביולוגיים וגנטיים גלובליים המייצגים את מערכת האקולוגית שבה מצויה השמורה
2. שימור תרבויות מקוריות ועיסוקים מסורתיים של התושבים המקומיים.
3. חקר המערכת הטבעית ללימוד מרכיביה לצורך שימור משאביה.
4. ייעול ניהול משאבי הטבע לשיפור מצבם הכלכלי של התושבים מבלי לפגוע במשאבים אלו.
5. חינוך והכשרת התושבים.

כעת לאחר שהצגנו את חמש המטרות נפרט לגבי כל מטרה באיזה אופן, באיזו שיטת מחקר, נבחן כל אחת מן המטרות.

⁴ על פי החלטת הממשלה מספר 246 מדיניות ממשלת ישראל תתבסס על עקרונות פיתוח בר קיימא. נדלה בתאריך 27.07.11 מתוך: <http://www.sviva.gov.il>

5.1.1. שימור משאבים ביולוגיים וגנטיים גלובליים המייצגים את המערכת האקולוגית שבה מצויה

השמורה

צוות ההוגים של השמורות הביוספריות הבין את חשיבות השמירה על מגוון מינים במערכת האקולוגית ועל כן המטרה הראשונה עוסקת בשימור מגוון מינים וכוללת בתוכה שימור מגוון גנטי. שני אלה חיוניים לשמירה על יציבות המערכת האקולוגית בכלל ועל הישרדות מינים בפרט.

על מנת לבחון את היציבות ו/או את השינויים בשני פרמטרים אלה, יש צורך לערוך ניטורים. יחד עם זאת, וכהשלמה למערך הניטורים, רצוי לבצע מחקרים בנושאים גנטיים ואקולוגיים. מחקרים אלה ישלימו ויחזקו מידע קיים וכן יספקו מידע חדש.

במסגרת עבודה זו אנו מעוניינים לבדוק האם מאז הקמת השמורה נערכו ניטורים. במידה וכן, נרצה לדעת מהו היקף הניטורים לגבי כל אחד מן הפרמטרים שמצוינים במטרה (מגוון ביולוגי ומגוון גנטי). כמו כן נרצה לדעת האם הניטורים נעשים בצורה שיטתית. כלומר, האם הניטורים מתבצעים אחת לזמן מוגדר ובמקומות שונים בשמורה או שהם נעשים בצורה ספוראדית מבחינת הזמן והמקום.

כפי שצוין בפרק המבוא, לפי סעיף 9 במסגרת הסטטוטורית של רשת השמורות הביוספריות, אחת ל-10 שנים כל שמורה שהוכרזה על ידי המועצה הבינלאומית לאדם וביוספירה של אונסקו, חייבת להגיש דוח ניטור תקופתי. הדו"ח מוגש על פי תבנית המופיעה בהנחיות של המועצה הבין לאומית של ICC-MAB. זהו למעשה פרמטר נוסף וחשוב אותו נרצה לבחון, מתי הוגש דוח כזה והאם הדוח הוגש.

מידע על הניטורים והמחקרים ייאסף הן ע"י סקירת ספרות והן ע"י פניה לגופים האמונים על ביצוע הניטורים והמחקרים. בשלב הראשוני, נחפש מאמרים ופרסומים מדעיים על ניסויים שנעשו בשטח השמורה ועוסקים בבע"ח וצמחים המצויים בה. לאחר מכן, נפנה לגופים האחראיים על השמורה ונבקש מידע על מחקרים במידה ונעשים כאלה, בשמורה ועל ניטורים שנעשו. הגופים אליהם נפנה כוללים את המחלקה המדעית של רשות הטבע והגנים והמכון לחקר מדיניות קרקעית ושימושי קרקע של קק"ל, המרכז לחקר הכרמל הפועל במסגרת אוניברסיטת חיפה.

5.1.2. שימור תרבויות מקוריות ועיסוקים מסורתיים של התושבים המקומיים.

בפרק העוסק באוכלוסייה בכרמל ציינו כי אנחנו מתמקדים באוכלוסייה הדרוזית בשמורה ומנינו את הסיבות לכך. כחלק מסקירת הספרות המופיעה בפרק, למדנו על העיסוקים המסורתיים והעכשוויים של האוכלוסייה הדרוזית בכרמל.

את בחינת השאלה האם הדרוזים שומרים על עיסוקיהם המסורתיים נבדוק בשיטות שונות אשר ישלימו אחת את השנייה. מטרת השימוש במספר שיטות היא קבלת תמונה רחבה ומשקפת של מצב התעסוקה כיום ובעבר.

בתחילה, נפנה לנתוני הלמ"ס כדי לבדוק מהם מקורות הפרנסה של תושבי הערים הללו כיום. הפניה לנתונים אלה, תעשה על מנת לקבל תמונה כללית וראשונית על התפלגות מקורות הפרנסה העיקריים של התושבים הדרוזים כיום.

בשלב השני, נרצה לפנות לתושבים עצמם, לראשי הקהילות, לראשי הערים ולאקדמאים, זאת כדי ללמוד על מקורות הפרנסה העיקריים של התושבים כיום לעומת העבר. הפניה לראשי הקהילות (זקני הכפר), לראשי העיריות ולאקדמאים תעשה באמצעות ראיונות ושאלונים. הפניה לתושבי העיר, במדגם מייצג, תעשה באמצעות שאלונים.

השאלונים והראיונות ינוסחו כך שניתן יהיה להוציא מהם מידע על מקורות הפרנסה העיקריים כיום והסיבות לעיסוק במקורות אלו. כמו כן, ישאלו המרואיינים והתושבים על מקורות הפרנסה של האוכלוסייה בערים אלו בעבר והאם חלו שינויים באורח החיים של התושבים ואם כן כתוצאה ממה. ניתוח השאלונים והראיונות אמור לספק לנו מידע על שלוש הנקודות; מקורות פרנסה כיום, מקורות פרנסה בעבר, אם חלו שינויים באורח החיים של התושבים מהם ומהן הסיבות לתמורות אלו. נקודה מעניינת שהשאלונים יספקו לנו מידע לגביה היא, האם יש שוני במקורות הפרנסה בין התושבים הצעירים (30-20) לבין האוכלוסייה המבוגרת יותר (60-40). כלומר, האם מאז הקמת השמורה לפני 20 שנה מקורות הפרנסה העיקריים של האוכלוסייה היו שונים מאלה כיום. (ראה שאלון לדוגמא, נספח ד').

5.1.3. חקר המערכת הטבעית ללימוד מרכיבי לצורך שימור משאביה.

כפי שכבר ציינו בפרק על הכרמל כשמורה ביוספירית משאבי הטבע אליהם מתייחסים בשמורת הכרמל הם בעיקר משאב העץ, היער. לפיכך בבואנו לבדוק מטרה זו נשים דגש על שינויים בתכסית הקרקע בדגש על שימור משאב היער מול פיתוח.

השינויים בתכסית הקרקע יבדקו באמצעות שימוש במערכת מידע גיאוגרפי (ממ"ג). מערכת זו מאפשרת להשתמש בנתונים קיימים וליצור מהם נתונים חדשים לפי צורכי המחקר.

נשתמש בתצלומי אוויר (תצ"א) משנים שונות מאז הקמת השמורה ועד היום. את התצלומים נעגן בתוך התוכנה וכך שכל תצלום מהווה שיכבה. בנוסף לשכבות של התצלומים השונים, ניצור שיכבה הכוללת את הישובים באזור ואת האיזורים השונים של השמורה. כך למעשה נוכל לשים את השכבות שונות אחת על השניה ובחון האם התרחשו שינויים בתכסית הקרקע מאז הקמת השמורה. במידה ואכן התרחשו שינויים, נבחן מהו היקפם ובאילו מחלקי השמורה השינויים התרחשו (ליבה, חיץ, מעבר). במידה וישנם שינויים אשר התרחשו באזורים השמורים של השמורה, נרצה לבחון האם אלו שינויים שנועדו לקדם את אחת ממטרות השמורה כמו תחנות ניטור, מתקני נופש ופנאי או שזוהי זליגה של השטחים המיושבים. נקודה מעניינת שניתן ללמוד עליה מניתוח היקף השינויים במידה והתרחשו, היא האם באזור זה חלו תהליכי פיתוח בדומה לשאר חלקי המדינה.

נקודה נוספת שאפשר ללמוד עליה מתוך התבוננות בנתונים אלה, האם חל שינוי נקודתי או מרחבי באופי החורש והיער. האם עצים הוחלפו (בתהליך טבעי או מעשי ידי אדם כמו שירפה, כריתת עצים, מחלות וכדומה) בצמחיה עשבונית ו/או שיחים ולהיפך.

5.1.4. ייעול ניהול משאבי הטבע לשיפור מצבם הכלכלי של התושבים מבלי לפגוע במשאבים אלו.

במטרה זו נרצה לבחון כיצד ניהול יעיל של משאבי הטבע העיקריים בשמורה, אשר במקרה שלנו, מדובר במשאב היער, הביא לשיפור מצבם הכלכלי של האוכלוסייה החיה בשמורה. כפי שכבר צוין, בניסיון למדר את הכריתה הבלתי חוקית

של עצים בכרמל על יד האוכלוסייה הדרוזית, נעשה ניסיון לחלק עץ להסקה בחורף וגם לאפשר כריתת עצים מבוקרת. בנוסף לכך, הותרה רעיה מבוקרת בשטחי השמורה.

על מנת להבין האם תהליכים אלו אכן סייעו מחד, לשיפור מצבם הכלכלי של תושבי השמורה, ומאידך, לפקח על הכריתה הבלתי חוקית ולהביא לירידה במימדיה. נבחן בתחילה את נתוני הלמ"ס בנוגע למצבם הסוציו אקונומי של תושבי הערים הדרוזיות. נרצה לבחון זאת במימד הזמן, מאז הקמת השמורה דרך תחילת פרויקט החלוקה ועד היום. כהשלמה וכדי לבדוק את צידו השני של המטבע, נבצע ראיונות עם האנשים הממונים על הפרויקט וננסה לברר עימם, האם היקף מימדי הכריתה הבלתי חוקית בכרמל ירדו, האם הפרויקט נחל הצלחה וזכה לשיתוף פעולה עם התושבים, כיצד כיום הם מפקחים על הכריתה בכרמל והאם בידי הממונים קיימים אמצעי אכיפה.

5.1.5. חינוך והכשרת התושבים

על פי גורדון וספריאל (2010) אופן ההכרזה של השמורה בכרמל נעשה בתהליך של top down ולא בתהליך של bottom up, ברוח רעיון השמורות הביוספריות, הכולל את שיתוף הציבור והקהילה בתהליך התכנון והניהול של השמורה (כפי שקרה לאחרונה במועצה אזורית מגידו). מסיבה עיקרית זו, הסברה נכונה להכרת מטרות השמורה וחשיבותה וכן הכשרת התושבים לאופן החיים סביב ובתוך השמורה הינם הכרחיים להצלחתה. זאת בנוסף לחינוך והטמעה של רעיון השמורה אצל התושבים הצעירים (ילדים ונוער) כדי לאפשר את המשכיותה.

כפי שכבר צויין בתת הפרק 2.2.6, בשמורה קיימים מספר מרכזי חינוך והסברה. נרצה לבדוק מהם התכנים המועברים במרכזים אלו והאם הם קשורים לרעיון השמורה הביוספירית בכלל, ולהגדרתו של הכרמל ככזה, בפרט. ניתן לבחון זאת על ידי עיון בתוכניות הלימוד ו/ או הפעילויות. מתוך כך, ניתן לכמת מהו אחוז הפעילויות המועברות הקשורות לנושא הכרמל כשמורה ביוספירית. נקודה נוספת וחשובה אותה נרצה לבחון, האם בבתי הספר בהם לומד הדור הצעיר, מתקיימות תוכניות לימוד בנושאי השמורה הביוספירית בכרמל והחיים בה, אם כן מהו היקף הפעילות. האם הוא רציף ומתקיים לאורך מספר שנים או כפעילות חד שנתית ו/או חד פעמית.

בנוסף לכל אלה ניתן לקיים ראיונות עם אנשים העוסקים בנושא ובוחנים אותו כבר מספר שנים. לדוגמא דר' גלית גסול, אשר בחנה נושאים אלו לעומק בשנים 2006 ו- 2009. מתוך הראיון, ננסה להבין מהי התרשמותה על נושא זה.

6. הקשיים הצפויים

עבודה זו מורכבת ממספר תחומים שונים. על מנת לחקור ולבחון כל תחום ישנו צורך לגלות הבנה בסיסית ולהכיר את המושגים העיקריים בו. דבר זה כשלעצמו, דורש המון זמן לימוד והתייעצויות עם אנשי מקצוע המומחים בתחום. הצעת מחקר זו, נכתבה ע"י ארבעה אנשים שונים שכל אחד הגיע מתחום אחר והשלים את הידע החסר של שאר חברי הקבוצה. מסיבה זו, במידה ואדם אחד יבצע את המחקר, יתכן ומסגרת הזמן המוקצבת לא תספיק ולא תאפשר ביצוע מחקר מעמיק.

בנוסף לכך, רבות משיטות המחקר מבוססות על שיתוף פעולה עם אישים שונים ועם האוכלוסייה הדרונית. כדי למנוע אי שיתוף פעולה מלכתחילה, ניתן להציע תמורה מסוימת עבור השתתפות במחקר ומענה על השאלון. פניה רשמית ומפורטת לגופים האמונים על השמורה ולאנשי אקדמיה, יכולה למנוע חשדנות ורצון לקיום שיתוף פעולה.

7. תוצאות ראשוניות

במהלך קריאת חומר הרקע אספנו מספר תוצאות ראשוניות. תוצאות אלה עוסקות בעיקר בדוחות שכבר הוגשו לוועדות MAB השונות, דיווח על ניטורים שנעשו ופעילויות הסברתיות וחינוכיות הנערכות בשיתוף בתי הספר באזורי המעבר של השמורה.

7.1. ניטור

הניטור הקיים כיום בכרמל מתבצע על ידי רשות הטבע והגנים ומוסדות אקדמאיים נוספים אך מבוצע כחלק מהממשק השוטף של רשות שמורות הטבע וקרן קיימת לישראל ולא במסגרת השמורה הביוספרית (רותם, 2006). על פי ספריאל וגורדון (2010) פעולות הניטור אינן מבוצעות באופן שוטף. פרנקנברג (ללא תאריך) טוען כי הקושי בביצוע מוסדר של ניטור בכרמל נובע מריבוי הזכויות על הקרקע שיש לקבוצות עניין שונות. אנו מקוות כי הקמתו של המרכז לחקר הכרמל באוניברסיטת חיפה בשנת 2010 שתפקידו לאגד מחקרים מתחומים שונים הקשורים לכרמל, יתרום לביסוס פעולות הניטור והמחקר בשמורה.

7.2. חינוך והסברה

נערכות פעילויות עם בתי ספר בעוספיא ודליית אל הכרמל וכן עם בתי ספר בחוף הכרמל: בתי ספר בעוספיא ודליית אלכרמל אימצו אתרים בכרמל ובסמוך לכפרים וביצעו שם עבודות פיתוח והתוויית שביל וניקיון במסגרת הפעילות למדו התלמידים ביחד עם מוריהם על הכרמל. כמו כן, נערך קורס המזכה בגמול השתלמות למורים בבתי הספר האלו במסגרתו המורים עברו סדרה של סיורים והרצאות הנוגעים לנושאים רבים בכרמל. בבתי ספר יסודיים בחוף הכרמל נערכות הדרכות הכוללות לימוד וסיור בעקבות פרויקטים שונים בכרמל ובחופו. לדוגמה פרויקט לשימוש בתנשמות ובזים לממשק של שדות חקלאיים להפחתת השימוש בחומרי ריסוס.

בנוסף, במרחב פועלות מספר קבוצות של תושבים המקימות ומתפעלות חוגי ילדים ונוער כאשר נושאם העיקרי הוא חזרה לטבע, שימוש בו והכרתו. במרחב הביוספרי קיימת עמותת כחול וירוק המבצעת פעולות לשמירה על הסביבה. התהליך החל בראיה כוללת של הכרמל והחוף אך כיום מתמקד בעיקר באזור החופים וישווי מישור החוף ופחות בשמורה עצמה (רותם, 2006).

7.3. תיירות

כפי שצינו אחד מעקרונות השמורה הביוספרית הינו פיתוח בר קיימא. על פי טופס ההגשה לאונסק"ו (Israel Nature Reserves Authority, 1994) פוטנציאל הפיתוח של השמורה הביוספרית הינו ניצול נכון של משאבי השמורה לפיתוח בר קיימא. פוטנציאל הפיתוח בשמורה הביוספרית בכרמל הינו תיירות ומוצרים מהיער (Israel Nature Reserves Authority, 1994). על פי רותם (2006) באזורי המעבר מתקיימים תהליכים של מעבר לחקלאות אורגנית, בעיקר

במושבים ובקיבוצים וישנם מיזמי תיירות כחלק מהווייתו של הכרמל כמרחב טבעי וכפרי דוגמת תעשיית טיולים ואירוח אך תהליכים אלו מתרחשים שלא במסגרת שמורה הביוספרית.

8. סיכום

המערכות האקולוגיות בהן חיים בני האדם וכל שאר היצורים בטבע, מספקות שירותים לאדם, חלקן לקיומו הפיזי וחלקן למערכות הכלכליות והחברתיות. לפיכך כל פגיעה במערכות האקולוגיות כמוה כפגיעה באספקת שירותים אלו וגוררת פגיעה בתועלות לאדם. ככל שהתערבות במבנה ובתפקוד המערכות הטבעיות גדולה יותר, כך קטנים השירותים אותם הן מספקות.

ההכרה בחשיבות שימורן של אותן מערכות החלה עוד בסוף המאה ה-19 עם הקמת שמורות הטבע והפארקים הלאומיים והתחדדה בתחילת שנות ה-70 של המאה ה-20 בביסוס רעיון השמורה הביוספרית. רעיון זה מאחד בתוכו שימור טבע הכולל בתוכו את נוכחות ופעילות האדם. את הרעיון הגתה וועדת Man And Biosphere אשר הוקמה על ידי UNESCO בשנת 1971. השימור מבוסס על שלושה אזורי חיגור הכוללים ליבה בעלת רמת שימור טבע מרבית, על אזורי חיץ המאפשרים מחקר באזורים השמורים ומגנים על אזור הליבה מפני אזור המעבר, בו מתאפשר פיתוח מושכל של האדם שאינו מכלה את משאבי הליבה. הגישה הגמישה של שימור מתוך הבנה של צורכי התושבים של השמורה, תרמה לשימור שטחים נרחבים בעולם שלא היו נשמרים אילולא גישה זו. עד סוף שנת 2010 הוקמו ברחבי העולם 564 שמורות ביוספריות. אחת מהן היא השמורה הביוספרית בכרמל. השמורה הביוספרית בכרמל הוקמה בשנת 1996 לאחר שאירעו בה שריפות יער חוזרות ונשנות והגשת מסקנות הוועדה לשיקום הכרמל על הצורך בתכנון מחודש של ניהול הכרמל. השמורה בכרמל מייצגת מערכות אקולוגיות של חורש ים תיכוני בשטח כולל של 266 קמ"ר. השמורה כוללת 3 אזורי ליבה המוגדרים גם כשמורות טבע מוכרזות, אזורי חיץ ואזורי מעבר בהן ניתן למצוא התיישבות כפרית יהודית, דרוזית (עם מיעוט מוסלמי ונוצרי) ועירונית. בשנים הללו נוצר מתח בין ההתיישבות הדרוזית ומנהלת השמורה בנוגע לפיתוח היישובים.

עניין זה הוביל אותנו לדיון בנוגע למימוש המטרות העולמיות אשר הוגדרו על ידי UNESCO, בעת הקמת וביסוס השמורה הביוספרית בכרמל ולשאלה המחקרית האם השמורה בכרמל עומדת במטרות אלו. חמשת המטרות עוסקות במחקר ובשימור אקולוגי וגנטי וכן בפיתוח כלכלי ואנושי בר קיימא, באמצעות מגוון תחומים כמו חינוך ותיירות, מחקר מקומי וניטור, ועיסוקים מסורתיים. חמשת המטרות המוגדרות הופרדו אחת מהשנייה והמחקר מציע לבחון כל אחת בנפרד על ידי מתודולוגיה מתאימה.

מנתונים ראשוניים שנבחנו והתקבלו מגורמים שונים המעורבים בהנהלת השמורה כמו רשות שמורות הטבע והגנים וקק"ל עולה כי בעוד אחת ממטרות השמורות הביוספריות הינה שיפור חייה של האוכלוסייה המתגוררת בסמוך אליה לצד שמירה על ערכי הטבע שבה, נראה כי בכל הנוגע לאוכלוסייה הדרוזית, השמורה הביוספרית בכרמל מתקשה לעמוד ביעדיה. אולם, נראה כי ישנן מטרות אחרות בהן ההצלחה גדולה הרבה יותר. השלמתו של המחקר יכולה לסייע בידי מנהלת השמורה לקיים את המטרות הבינלאומיות בצורה היעילה והמיטבית למען הטבע והאדם בכרמל. כמו כן,

ניתוח ובדיקה של האופן שבו עומדת השמורה בכרמל במטרות שהציבה UNESCO, יכולה לסייע בתכנון וניהול שמורות עתידיות בישראל, ותאפשר בניית מודל מתאים לטובת שמירת טבע ושטחים פתוחים בשילוב פיתוח מושכל.

9. מקורות

אביב, ש. (2009). צוואה המפיצה אור על התיישבות הדרוזים בכרמל. בתוך: מעוז, יי (עורך) אופקים בגיאוגרפיה (עמ' 73-74) חיפה: החוג לגיאוגרפיה אוניברסיטת חיפה.

אוניברסיטת חיפה, מערך תהוד"ה. (עודכן לאחרונה ב-10.02.2010) 'מרכז לחקר הכרמל'. נדלה ב 19.07.2011 מתוך: <http://wordpress.haifa.ac.il/?p=2234>

אשכנזי, ש. (1996). שמורות ביוספריות - משמעותן, ערכן בשמירת הטבע ותפקודן. *אקולוגיה וסביבה*, 3(4): 207-217. הועדה המקצועית לשיקום ופיתוח הכרמל. (1990). סיכום הדיונים וההמלצות של הועדה המקצועית לשיקום ופיתוח הכרמל. *הביוסיפרה*, י"ט, 5. גרסה אלקטרונית.

המשרד להגנת הסביבה, אגף שטחים פתוחים. (2003). מדיניות וכלים לשמירה על שטחים פתוחים: תיקי כלי, עקרונות פעולה והמלצות. הוצאה לאור: המשרד להגנת הסביבה, החברה להגנת הטבע, רשות הטבע והגנים, הקרן הקיימת לישראל, מינהל התכנון במשרד הפנים ומשרד האוצר.

ועדת ממשק היער ושיקום אקולוגי בכרמל. (2011). טיוטת המלצות ועדת ממשק היער ושיקום אקולוגי בכרמל. הוגש לשר להגנת הסביבה.

משרד הפנים, מינהל התכנון. (2010). תכנית אב לאיתור מרחבים ביוספריים - הנסיון הישראלי בתכנון מרחבים ביוספריים. ירושלים: גסול, ד.

ספריאל, א. (2009). הצעת עבודה לתוכנית העבודה של ועדת אדם וביוספירה של ישראל. מסמך פנימי, ועד אדם וביוספירה של ישראל.

פרנקנברג, א. (ללא תאריך). פרויקט הכרמל - הכרזת הכרמל כשמורה ביוספרית. נדלה ב 15.05.2011 מתוך: <http://www.parks.org.il/files/carmel-biospere.pdf>

שטרן, א. (2001). מרחבים ביוספריים - בין אדם לסביבה. נדלה בתאריך 11.06.2011 מתוך: http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/index_pirsumim/p0213_1.pdf

שטרן, א. (2004). התוויה ותכנון של שמורות ביוספריות בישראל. *הרשת הגאוגרפית*, 1, 1, 15-2.

שקדי, י. (2005). שמורות ביוספריות - מהן, למה ולמי יש בהן צורך?. נדלה בתאריך 16.05.11 מתוך: http://www.sviva.gov.il/Enviroment/Static/Binaries/index_pirsumim/p0214_1.pdf

רותם, ד. (2006). מרחב ביוספרי כרמל - דו"ח מצב יוני 2006. הוגש לוועדת אדם וביוספירה של ישראל.

Batisse, M. (1982). The biosphere reserve: A tool for environmental conservation and management. *Environmental Conservation*, 9: 101-111

Costanza R., D'Arge R., De Groot R., Farber S., Grass M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P. and Van der bellt M. (1987). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387: 253-260

Israel Nature Reserves Authority. (1994). Biosphere reserve nomination form of Mt. Carmel biosphere reserve. Internal document, UNESCO-MAB

National park service, U.S department of the interior.(last updated 31.08.10). Yellowstone: History and Culture. Retrieved 24.07.11, from: <http://www.nps.gov/yell/historyculture/index.htm>

Polunin D. and Eidsvik K. (1979), Ecological principles for the establishment and management of national parks and equivalent reserves. *Environmental Conservation*, 6: 21-26

Price M.F, Park J.J and Bouamrane M. (2010), Reporting progress on internationally designated sites: the periodic review of biosphere reserves. *Environmental Science & Policy*, 13: 549-557

Rotem, D. (2007). Periodic review of Mt. Carmel biosphere reserve. Internal document, UNESCO-MAB

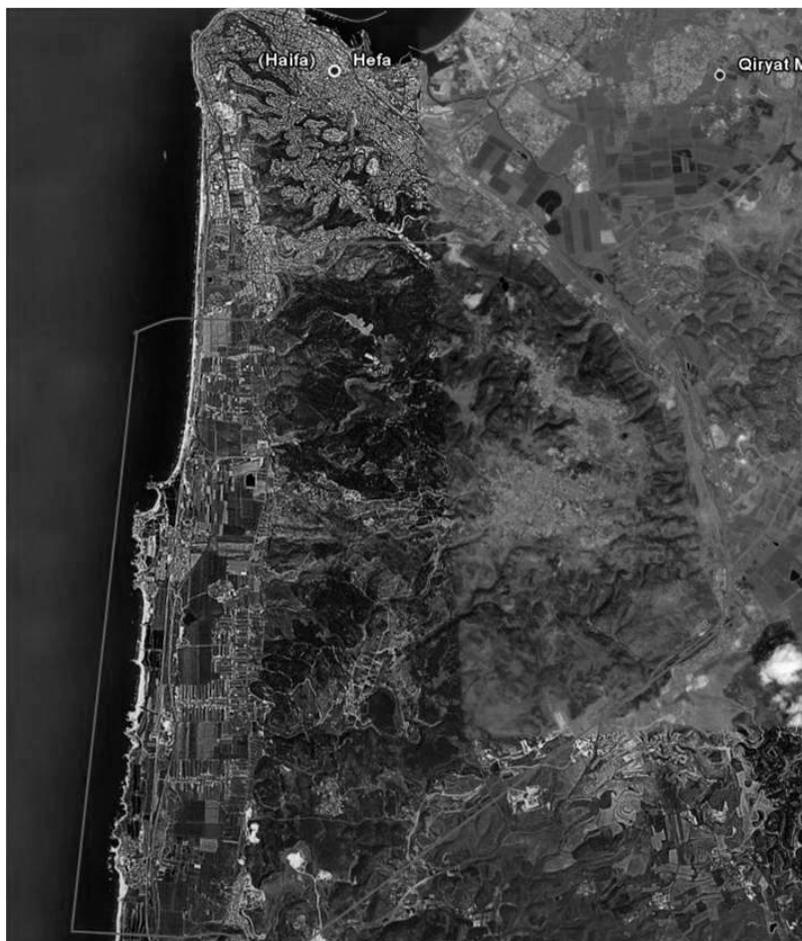
Safriel, U. and Gordon, U. (2010) Program for ecosystem assessment of dryland biosphere reserves: Israel contribution to the implementation of the Madrid action plan for MAB and WNBR. Ben Gurion University, 75 pp.

UNESCO-MAB. (1996). Biosphere reserve -The Seville Strategy and the statutory framework of the World Network. Paris, France

נספח ב'

תצ"א שמורה ביוספרית כרמל

מקור: ריכטמן, ערמון ובר-אל (2006) מצגת שמורות ביוספריות

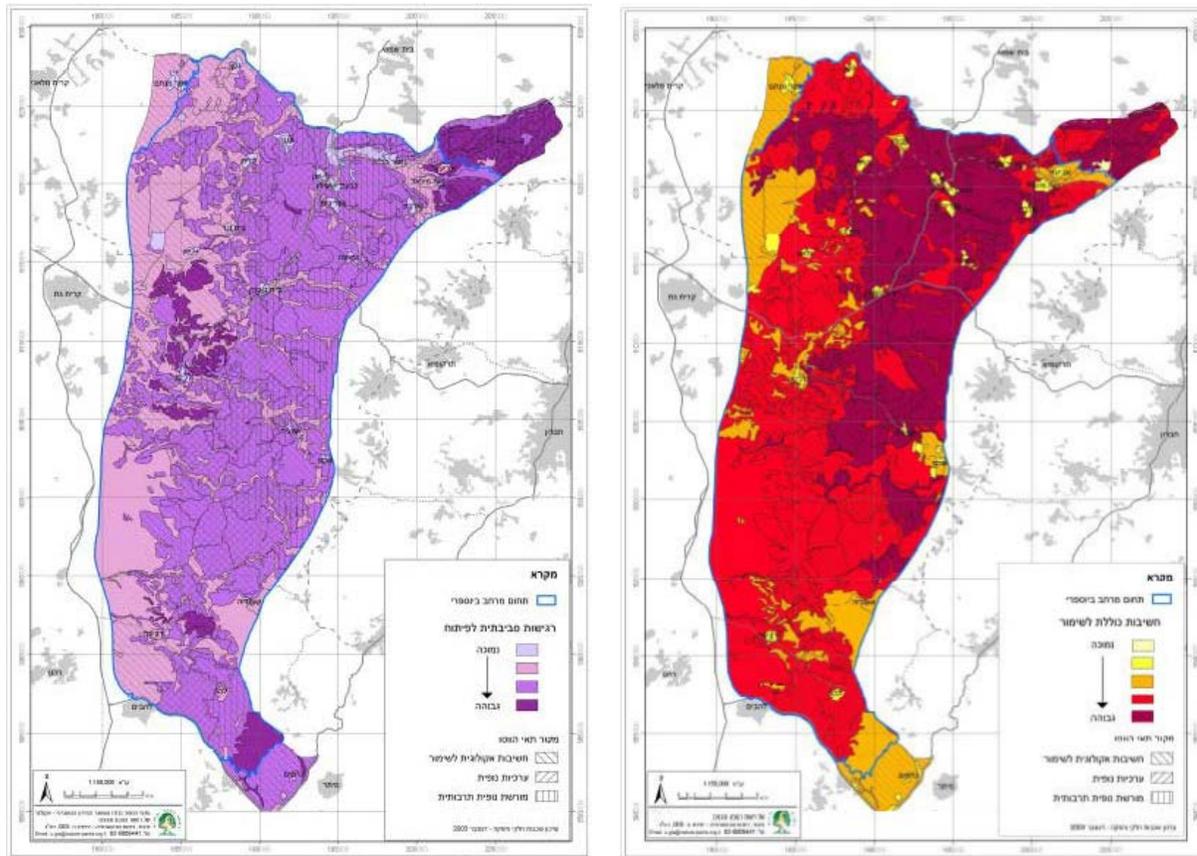


נספח ג'

מפת החשיבות לשימור והרגישות לפיתוח (מימין לשמאל) בשפלת יהודה

מקור: שטרן (2004) התוויה ותכנון של שמורות ביוספריות בישראל

שטרן מתאר את תהליך חלוקת המרחב לאזורים הביוספריים. על פיו החלוקה מתבצעת על ידי הצלבת שתי מפות – מפת חשיבות לשימור ומפת רגישות לפיתוח.



נספח ד'

שאלון לדוגמא:

בתחילת השאלון הנשאל יתבקש לציין פרטים אישיים כגון מין, גיל, מגורים ומצב משפחתי.

דרג כל אחד מצרכי הקהילה שלך על פי תפיסתך את חשיבותם: (חשוב מאוד, חשוב במידה מסוימת, לא חשוב):

1. הרחבת גבולות היישוב
2. שימוש במשאבי היער לצרכי תושבי הקהילה
3. הקמת מרכזי חינוך בלתי פורמאליים
4. עידוד מרכזי תעסוקה
5. פיתוח וקידום תיירות

בין הצרכים הנ"ל, מהו הצורך המהותי ביותר עבורך: _____

מהו מקור הפרנסה העיקרי שלך:

1. עצמאי
2. שכיר
3. קצבה
4. אחר: _____

מהו המקצוע העיקרי בו אתה עוסק:

1. איש כוחות הביטחון (צבא, משטרה, משמר הגבול, כבאות)
2. חקלאות
3. תיירות (אירוח, הסעדה, טיולים ועוד)
4. חינוך
5. עובד ציבור
6. אחר: _____

מה הסיבות שהביאו אותך לבחור בעיסוק זה:

1. רווח כלכלי
2. עניין
3. עסוק משפחתי
4. נוחות (מיקום, שעות עבודה)
5. אילוצי השוק
6. אחר: _____

מהו היה עיסוקם העיקרי של הורידך במהלך חייהם: _____

האם חל שינוי לטובה במצבך הכלכלי ב- 15 השנים האחרונות? כן / לא

האם אתה מטייל ונופש באזורי הטבע שבסמיכות למקום מגוריך? כן / לא

אם כן באיזה אופן :

1. פיקניק
2. טיול רגלי/אופניים/סוסים
3. קמפינג
4. טיול גיפים

באיזו תדירות (האופציה המתאימה ביותר) : פעם בשבוע / פעם בחודש / פעם בשנה

מהי שביעות רצונך מהגורמים השונים המשפיעים על המתרחש בכרמל :

1. המועצה המקומית אליה אתה שייך _____
2. אנשי רשות שמורות הטבע והגנים _____
3. אנשי קרן קיימת לישראל _____
4. מנהל מקרקעי ישראל _____

דרג את שביעות רצונך מהנושאים הבאים : (מרוצה מאוד, מרוצה במידה מסויימת, לא מרוצה)

1. כריתה מבוקרת ועל פי מכסות על עצים בכרמל
2. הקמת מרכזי חינוך בכרמל
3. רעייה מבוקרת

כיצד משפיעה ההכרזה על חוף וים כעל שמורת טבע ימית, על המגוון הביולוגי בשמורה?

הצעת מחקר המוגשת במסגרת קורס פרויקטים באיכות הסביבה, תשע"א

31/7/2011

מנחה: איתי אליאב

מגישים:

אוהד מיכאלי, ת.ז. 035847342

איילת אריאלי, ת.ז. 040676918

יעל אוסטרובסקי, ת.ז. 040799538

יפתח ענבר, ת.ז. 040359598

שי קסירר, ת.ז. 040819039

תודות

תודה לד"ר רותי יהל, האקולוגית הימית של רשות הטבע והגנים על הייעוץ, המידע וההכוונה המקצועית היכן שהיה צורך.

תודה לאיתי אליאב על ההנחיה המסורה, הליווי, הירידה לפרטים ועל הצגת התמונה הגדולה.

תוכן העניינים

3	תקציר
5	1. מבוא
7	2. רקע
7	2.1. המערכת האקולוגית של הים התיכון
8	2.2. רגישות הסביבה החופית בישראל לפעילות האנושית
11	2.3. האמצעים הסטטוטוריים להגנה על החופים והים בישראל
13	2.4. שמורות טבע
16	3. שאלת המחקר
16	3.1. חשיבות המחקר
16	3.2. מטרת המחקר
16	3.3. השערת המחקר
17	4. מצב המגוון הביולוגי ועדויות לפגיעה
17	4.1. סקירת סקרי חופים שנעשו בחופים הנבדקים
19	4.2. מינים אינדוקטיביים למגוון ולהשפעות הפרעה אנושית
21	5. מתודולוגיה
26	5.1. ניתוח נתונים :
29	6. מסקנות אפשריות כלליות
30	7. סיכום
31	8. בבליוגרפיה
36	9. נספחים
36	9.1. נספח א'
39	9.2. נספח ב'
40	9.3. נספח ג'
41	9.4. נספח ד'
44	9.5. נספח ה'
50	9.6. נספח ו'

תקציר

כפי שלחצי פיתוח מאיימים על המגוון הביולוגי בשטחים פתוחים ביבשה כך, גם שטחי חוף וים נתונים תחת איומים דומים. העלייה בצפיפות האוכלוסין לאורך החוף בישראל, העמידה את אזור החוף והים בלחצי מבקרים, פיתוח ובניה, זיהומים, אובדן שטחים ובתי גידול ודיג יתר. נוסף לכך, פתיחת תעלת סואץ בשנת 1869 אפשרה למינים רבים להגר ולהתבסס כמינים פולשים תוך דחיקת האוכלוסיות המקומיות, והקמתו של סכר אסואן בנהר הנילוס ב-1964 פגעה במקור החול של חופי הים התיכון בישראל. כל אלה הביאו לשינויים בתנאים של בתי הגידול, ומעמידים בסכנה את המגוון והעושר הביולוגיים בחופי ובמימי הים התיכון של ישראל. בישראל קיימים מספר גופים שבידיהם הסמכות והכלים לטיפול ולתכנון בסביבה החופית והימית ולהגנה עליה מפני לחצי פיתוח: מוסדות התכנון והולח"פ, רשויות מקומיות, רשות הטבע והגנים הלאומיים והמשרד להגנת הסביבה. בנוסף, לאורך השנים נחקקו מספר חוקים במטרה להגן על חופי ומימי הים התיכון. האמצעי הסטטוטורי החזק ביותר להגנה על ערכי הטבע שבסביבה החופית והימית מפני לחצי פיתוח הוא ההכרזה על אזור שכזה כעל שמורת טבע. חוק השמירה על הסביבה החופית והימית (2004), עיבה את ההגנה על סביבה זו, בכך שהגדיר את מטרות השימור בה.

כרקע למחקר המוצע נציג מחקרים וסקרים שנערכו בעבר בחופים אלה. המחקר המוצע יבדוק כיצד ההכרזה על חוף ואזור בים כעל שמורת טבע, משפיעה על המגוון הביולוגי בשמורה. המחקר יתמקד במגוון ביולוגי בשני חופים שישמשו כמקרי בוחן: חוף דור-הבונים- המוגדר כשמורת טבע ימית וחוף נווה ים- שאינו מוגדר כשמורת טבע ימית. במסגרת המחקר נציע לערוך סקר של המגוון הביולוגי בחופים אלה ולהשתמש בנתונים ממחקרים וסקרים שנערכו בהם בעבר. מטרתו של המחקר היא לבדוק כיצד משפיעה שמורת טבע ימית על המגוון הביולוגי בחופי ישראל. מטרה נוספת היא ליצור מאגר נתונים ביולוגי שיאפשר בהמשך השוואה בין מצבם של חופים דומים הנתונים תחת הגנות סטטוטוריות שונות. כאמור, שמורת טבע ימית הינה אמצעי חדש יחסית להגנה על שטחים פתוחים בישראל, שיעילותו טרם נחקרה. אחת ממטרותינו במחקר ובדיקת יעילותו של הכלי "הכרזה על שמורת טבע" יהיו אינדיקציה לחשיבותו ולחשיבות קידום ההכרזה על שמורות טבע ימיות נוספות. בנוסף, שמורות טבע ימיות נוספות נמצאות בתהליכי הכרזה ומחקר אקדמאי ומקצועי, נוסף על פעילות ארגונים סביבתיים בנושא עשויים לקדם את הצורך בהכרזות אלה.

סקירת המגוון הביולוגי הדרושה למחקר מורכבת מארבע סקירות משנה אשר יתייחסו לארבע קבוצות אורגניזמים: (1) דגה (2) חסרי חוליות ימיים (3) חסרי חוליות בחוף (חולונים) ו- (4) צבי-ים. סקירות אלה דרושות לגבי כל חוף בנפרד כך שמדובר בארבע זוגות של סקירות משנה. כל זוג כזה ישמש לעריכת השוואה בין שני החופים (שמורה/לא שמורה) לגבי קבוצת האורגניזמים הנבדקת. בבדיקות הדגה וחסרי החוליות תיערך גם השוואה בין מצבם של אורגניזמים אלה בחוף דור הבונים לפני הכרזתו כשמורה (2002) לבין מצבם לאחר מכן, בבדיקת צבי ים תיערך השוואה למצב בעבר בחוף דור הבונים ובחוף נווה ים. את הנתונים לגבי המגוון הביולוגי לפני ההכרזה נציע לקחת ממחקרים שבוצעו בעבר.

נציע לנתח את הסקירות והשוואות הנ"ל באמצעות ניתוח סטטיסטי לכל מדד, באמצעות מבחן Wilcoxon signed rank, מבחן א-פרמטרי המיועד להשוואה בזוגות. ככלל, ככל שתהיה מובהקות סטטיסטית ביותר בדיקות ומדדים לדור-הבונים ביחס לעצמו בעבר ולנווה ים, נסיק כי קיימת השפעה חיובית רבה יותר להכרזת השמורה על המגוון והמערכת האקולוגית. במידה ויהיה מצב

ביניים, בו חלק מהמדדים בחוף הבונים מובהקים וחלקם לא (ביחס לעבר וביחס לנווה ים), נמליץ על מחקרי המשך לבדיקת השפעת הניהול והאכיפה הספציפיים בכל סוגיית שמירת טבע בשמורה.

1. מבוא

קורס פרויקטים בחקר הסביבה עסק השנה בתחום השטחים הפתוחים בישראל. אקולוגים מגדירים שטחים פתוחים כמרחבים בהם נמצאות המערכות האקולוגיות (Ecosystem) אשר מספקות למרכיבים החיים בהם (Biotic) ולאנושות שלל שירותים שונים (Ecosystem Services). בניהם משאבים כגון: מזון; חומרי גלם טבעיים; תמצן הנוצר בפרוטוסינתזה; אנרגיה: רוח, מים, שמש; בקרה: אקלים, פירוק פסולת, ספיקת פחמן דו חמצני; מחזור המים: אגירת משקעים, טיהור בחלחול וכו'; בנוסף, מספקים השטחים הפתוחים שירותי פנאי ותרבות לאוכלוסייה האנושית שבקרבתם (פרבולוצקי ופולק, 2001). בדומה למערכות האקולוגיות שבשטחים פתוחים יבשתיים, גם המערכת האקולוגית הימית מספקת שלל שירותי מערכת, בניהם מקורות מזון (דגים, אצות ופירות ים), נתיבי תחבורה ומקורות אנרגיה (גז טבעי, נפט ולאחרונה גם אנרגיות מתחדשות של רוח וגלים). חופיו מהווים אתרי בילוי ורחצה פופולאריים ונגישים. בנוסף, הם מקורם של העננים מורדי הגשם ושל חלק גדול מהחמצן שאותו אנו נושמים תודות לפרוטוסינתזה של אורגניזמים מימיים. הם גם המווסת העיקרי של האקלים, ובזכותו נהנים תושבי מישור החוף מאקלים ים תיכוני. בישראל, החל מהשנים האחרונות מנוצלים מי הים גם כמי שתייה תודות למתקני ההתפלה שהוקמו לאורך החופים.

על פי המשרד להגנת הסביבה, "שטחים פתוחים הם כל השטחים הבלתי מבוזרים ואלה שאין עליהם תכנית בינוי מפורטת ומאושרת" (המשרד להגנת הסביבה, 2002). לישראל כ- 200 ק"מ קו חוף, וכ- 4,200 קמ"ר מים טריטוריאליים, שטח השווה לכחמישית מהשטח היבשתי של המדינה. גודלה הקטן של המדינה, ולחצי הפיתוח הרבים בה, משפיעים על החופים ועל הים בתהליך הדומה לזה המאיים על השטחים הפתוחים היבשתיים האחרים. רבע מקו החוף הארצי, כ- 49 ק"מ מתוך כ- 200 ק"מ, סגורים כיום בפני הציבור בשל שימושים בטחוניים ותשתיות, חצי מהחופים הינם חופים בשטחים עירוניים ורק כ- 53 ק"מ של חוף הינו חוף טבעי פתוח. עלייה בהיקף האוכלוסייה וצמצום שטחי החוף הנגישים לציבור מגבירים את הלחץ על רצועת החוף, ועליה בהיקף האוכלוסייה משפיעה גם על הלחצים על השירותים השונים שמספקת המערכת האקולוגית הימית. שטח הים מנוצל להקמת מתקני תשתית שונים: מתקני קידוח, נמלים, מרינות, תחנות כח, מתקני טיהור שפכים ומתקני התפלה, בעוד ששני המתקנים הראשונים עלולים לזהם את המים בקרבתם בחומרי דלק ובידוד שונים, המתקנים אחרונים מזרימים מי קרור, רכוז תמלחות ושפכים תעשייתיים שונים בהיקפים של מילארדי מטרים מעוקבים בשנה. בשנים האחרונות קיים משרד הפנים סקר התכנות לאיים מלאכותיים אשר קבע כי קיימת היתכנות פיסית להקמת איים מלאכותיים מול חופי ישראל, ושורה של עבודות הובילו להחלטה של המועצה הארצית לתכנון ובניה לייחד את האיים המלאכותיים לטובת מתקני תשתית. בימים אלו נבחנת הקמת תחנת הקליטה של הגז הטבעי באסדה בים (משרד הפנים, 2010). יחד עם זאת, כפי שנכתב ב"מסמך המדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות - דוח מסכם - יולי 2007" לא ניתן להניח באופן פשטני כי "כל התשתיות הולכות אל הים והים איננו מלא". למיקום תשתיות על איים מלאכותיים השלכות סביבתיות, תכנוניות וכלכליות כבדות משקל, אף יותר ממתקני תשתית על החוף.

הצורך הגובר להגן על הסביבה הימית קיבל ביטוי בכמה החלטות מדיניות שהתקבלו בישראל ובעולם בשנים האחרונות. ביניהן, אמנת ברצלונה להגנה על הים התיכון (1995) והפרוטוקולים הנלווים שלה הקוראים להקמת שמורות ימיות שיגנו על מערכות אקולוגיות חופיות

וימיות בים התיכון, וחוק הגנת הסביבה החופית התשס"ד-2004, אשר מגדיר שטח הגנה בטווח של 300 מטר מקו החוף אל תוך המים. בשנים האחרונות, מתוך אותה מגמה של הרחבת ההגנות על המערכות האקולוגיות בים התיכון, החלה בישראל מגמה של הכרזה על שטחים ימיים כשמורות טבע. משנת 2000 הוקמו שש שמורות טבע ימיות, הראשונה שבינן היא שמורת ים הבונים בשנת 2002, וישנן שמורות נוספות המצויות כיום בתהליכי הכרזה. בימים אלו אף הכריזה רשות הטבע והגנים על כוונתה לקדם הכרזה של שמורות על כ-20% משטחי המים הטריטוריאליים של ישראל (אנגרט ויהל, 2011).

במחקר אותו אנו מציעים כאן, ברצוננו לבדוק כיצד משפיעה ההכרזה על חוף וים כעל שמורת טבע, על המגוון הביולוגי בשמורה. אנו סבורים כי מחקר ובדיקה של יעילותו של הכלי "שמורת טבע ימית" יהוו אינדיקציה ליעילותן של השמורות ככלי להגנה על הסביבה, ולחשיבות קידום ההכרזה של שמורות טבע ימיות נוספות. מתוך שלל הנושאים עליהן משפיעה ההכרזה על שמורת טבע, בחרנו במחקר זה להתמקד בהשפעת ההכרזה על המגוון הביולוגי בשטח הימי והחופי בשטחה. הבחירה בפרמטר המגוון הביולוגי נעשתה מתוך ההכרה כי בתחומים רבים אליהם מתייחס חוק שמירת הסביבה החופית, מהווה המגוון הביולוגי והפגיעה בו אינדיקטור לפגיעה בסביבה ולמידת חומרתה של העבירה (אתר המשרד להגנת הסביבה 2011ב). השערת המחקר היא שההכרזה על שמורת טבע ימית מהווה אמצעי טוב ויעיל להגנה על המגוון הביולוגי כאשר היא מגובה באכיפה מתאימה.

2. רקע

2.1. המערכת האקולוגית של הים התיכון

שמירת הטבע בתחום הימי בעולם ובארץ, נמצאת בפיגור אחרי התחום היבשתי, הן מבחינת מודעות והן מבחינת מדיניות והתייחסות לנושאי שימור ערכי הטבע. תופעה זו מייצגת את המתרחש בשמירת הטבע בעולם כולו, ובאה לידי ביטוי גם במחקר הבסיסי, בו ייצוג המערכות הימיות נמוך יותר (Menge, 2009). לכן, חשוב להעמיק את המחקר אודות המערכת האקולוגית הימית ולהבין את מורכבותה.

קרקעית חופי הים התיכון של ישראל היא חולית. מקור החול (עד חיפה) באגן הניקוז של הרי אתיופיה ובדלתת הנילוס. משם מוזרמים החולות לחופי ישראל בעזרת הזרם המרכזי הים תיכוני. יש הבדל בין החופים בגודל הגרגר היורד מדרום לצפון. בנוסף, כוללים חופי ישראל והים רכסי כורכר. כורכר הוא חול שהתאבן והתקשה בעזרת רסס מי ים או מפלס ים קדום שהכילו חומר גירני (קלציט) שמקורו בשלדים של חסרי חוליות ימיים קדומים (אלמגור, 2005). מימי ישראל עשויים להיראות אחידים מקו החוף ועד לגבול מימי החופין, אך ניתן לסווג את בתי הגידול העיקריים למספר קבוצות עיקריות:

- בתי גידול בעלי תשתית של חול נודד.
- רכסי כורכר תת ימיים - דיונות חול נודדות שחלק מהביוקלסטרים שבהן התמוססו, והקרבוט שנוצר שקע מחדש וליכד אותן. בחלק מהאזורים ניתן למצוא מספר רכסי כורכר מקבילים בעומקי קרקעית משתנים שבין 10-130 מ'. עומק המסלע המיוצב מאפשר התבססות של מינים ישיבים רבים.
- מסלע קשה מיוצב - בעיקר ראשי ההרים שהמשכם בסביבה הימית (ראש כרמל, ראש הנקרה).
- טבלאות גידוד: טבלאות הגידוד לאורך החוף המזרחי של הים התיכון מהוות בית גידול ייחודי, שתשתיתו סלע כורכר המצופה קרום ביוגני (Hyams et al., 2002). רכסי הכורכר שבשפת הים נתונים לתהליכי בליה פיסיקלית וביוולוגית המותירה טבלאות סלע אופקיות - "טבלאות גידוד". טבלאות אלה (Abrasion platforms) מצויות בתחום הכרית (הגאות והשפל). פני הטבלה נחשפים לאוויר בזמן השפל, ומצויים מתחת לפני הים בשעות הגאות. האורגניזמים המצויים על פניהן (כגון שושנות ים, רכיכות, בלוטי ים, צלחיות, אצות ודגים) מאופיינים במנגנונים המאפשרים להם להתקיים בתנאים המשתנים באופן קיצוני במהלך היממה (טמפרטורה, לחות, מליחות ורווית החמצן). על פני טבלאות הגידוד נוצרים מכתשי המסה, בריכות רדודות ובורות שפל, היוצרים תתי גידול שונים זה מזה (micro-habitats) בתנאים ומאכלסים מגוון גדול של מיני אצות ובעלי חיים. בין טבלאות הגידוד ובשטח שממזרח להן נוצרות לגונות רדודות ובריכות חוף, המתרחבות לפעמים למפרצונים. בחלקן התחתון של טבלאות הגידוד, בסמוך לקרקעית החולית, מצויים בדרך כלל צנירים, שקעים ומנהרות.
- שוניות צינורנים: החלזונות הישיבים צינורן בונה (*Dendropoma petraeum*) ושלשולן משולש (*Vermetus triquetrus*) יוצרים קרום כיסוי ביוגני על בסיס טבלת הגידוד ע"י חומר גירני שמפרישים (גליל וחבריה, 2001). חלזונות אלה בונים את כרכוב הטבלה (המסגרת), יוצרים את מבנה השוניות ובכך מספקים הגנה על הסלע משחיקה ושומרים על המבנה הביוגני של הטבלה (Safriel, 1975).

- נביעות גז מהוות בית גידול למאסף ייחודי של צדפות ואורגניזמים נוספים, שדות עשב ים (sea grass meadows), ובית גידול של המים הפתוחים.

חלוקה נוספת של בתי הגידול בחופי ישראל היא לפי מיקום ביחס לקו המים (2000 Fishelson). הקרקעית הקשה מתחלקת באופן הבא: אזור על כרית - אינו מכוסה ע"י הגאות; אזור כרית - מכוסה לעתים על ידי הגאות ומכיל בתוכו 3 תת בתי גידול המובדלים בחשיפה למי הים והגלים, מליחות וטמפרטורה; תת כרית רדוד - מכוסה כמעט תמיד ע"י הגאות; אזור טבול רדוד (1-5 מ') - בחלקו העליון מושפע מתנועת המים והגלים וככל שמעמיקים בו מורגשת פחות תנועת מים והתאמת המינים בהתאם; תת כרית עמוק (20-6 מ') - לרב בשיפוע קל, הקרקעית היא שילוב של קרקע רכה עם סלעים בגדלים שונים ממקור ביוגני או פיזי; אזור חופי עמוק (40-80 מ'); אזור תת חופי (100-1000 מ') - בית גידול זה מתחיל בסוף אזור האור והיצרנות ומכיל בעיקר אורגניזמים מפרקים.

הקרקעית הרכה מתחלקת באופן הבא: שולי על כרית – לרב מעבר לגאות, תנאים יבשים וחמים; תת כרית (0-1 מ') – נשטף ע"י הגלים תנועת של חומר גס ושברי צדפות; אזור תת כרית רדוד (1-6 מ'); תת כרית עמוק (6-10 מ'); קרקעית חול מעורבת (20-40 מ') – שילוב חול, חרסית וחלקיקים שנשחקו והוסעו מהחוף הסלעי.

מורכבות מבנית זו תורמת לכך שבמי הים ובקרקעיתו מצוי מגוון מינים הכולל מאות מיני דגים, אלפי מינים של חסרי חוליות, וכן מיני צומח, יונקים ימיים וצבי ים, המהווים כולם חלק מהמערכת האקולוגית הימית. בכל אחד מאלה ישנה התפתחות אבולוציונית של מערכות, תתי מערכות ומשפחות רבות של מינים.

2.2. רגישות הסביבה החופית בישראל לפעילות האנושית

2.2.1. רגישות המגוון הביולוגי ותנאי המחיה בחופי הים התיכון בישראל

35% מהמינים הימיים בעולם נמצאים בסכנת הכחדה חמורה (המגוון הביולוגי בישראל, אתר המשרד להגנת הסביבה, 2010). חומרתו של נתון זה מחריפה כאשר משווים אותו לאחוז המינים היבשתיים שבסכנה הכחדה, העומד כיום על 14%. בים בישראל ישנם כ-900 מיני רכיכות וכ-420 מיני דגים (גבריאלי וחובריו, 2010). בשל לחצי פיתוח ובניה כתוצאה מגידול באוכלוסייה וציפוף אוכלוסין באזור החוף לאורך השנים, נתונים חופי הים התיכון והסביבה הימית תחת פגיעה ואיומים מתמשכים.

אורכה של רצועת החוף של ישראל הוא 197 ק"מ. רצועת החוף מורכבת מסביבה חולית וסלעית, כאשר מרבית התשתית לאורך החוף היא חולית. רצועת החוף החולית דלה יותר במינים מאשר רצועת החוף הסלעית, מכיוון שחוסר היציבות של החול מונע מבע"ח רבים להתיישב עליו (אלמגור, 2005).

שינויים בתנאים הפיזיקליים והביולוגיים של סביבות המחיה הנגרמים, בין היתר, על ידי לחצים והפרעות אנתרופוגניות, נותנים יתרון למינים ג'נרליסטים על פני מינים מקומיים מתמחים.

המינים המקומיים, הזקוקים לתנאי מחייה מסויימים (טמפרטורה, אור, מליחות, רמת חומציות, משטח התיישבות וכיו"ב) בכדי להתקיים ולהתרבות, נחקים עם שינויים אלה ע"י מינים גנרליסטיים, שאינם מקומיים, המסתגלים ביתר קלות לתנאי מחיה שונים ומשתלטים על סביבת המחיה (Galil, 2007). פתיחת תעלת סואץ ב- 1869 הובילה להגירה של כ- 700 מיני דגים וחסרי חוליות מים סוף לים התיכון. מרבית המינים שהיגרו לים התיכון הם מינים גנרליסטים שדחקו את המינים המקומיים שהתקשו לשרוד בתנאים החדשים (Galil, 2000). יש לציין שעושרו של המגוון הביולוגי מתבטא לא רק במספר המינים, אלא גם בהימצאותם של מינים ייחודיים. מכיוון שכך, הגירת המינים עם פתיחת תעלת סואץ פגעה בעושר המינים בים התיכון של ישראל, ולא תרמה לו.

בנוסף לכך, פגיעה ישירה ע"י דיג או איסוף פרטים באופן שאינו מבוקר והעולה על קצב התחדשות האוכלוסייה (שפנייר, 2008), מביאה אף היא לפגיעה במגוון הביולוגי בסביבה החופית והימית.

2.2.2. השפעות פעילות אנושית על המגוון הביולוגי

הים התיכון וחופיו סובלים מזיהומים והפרעות אנתרופוגניות מסוגים שונים. מרבית ההפרעות גורמות לשינויים בתנאי הסביבה (חלקם בלתי הפיכים), וחלקם מהווים הפרעה ישירה, כגון דיג ואיסוף פרטים. זיהומי שפכים הגורמים להעשרה אנתרופוגנית, זיהומי רעש ותאורה, אובדן שטחי מחיה כתוצאה מכרייה ובנייה, שפכים תעשייתיים ודלקים- הם חלק מהגורמים לשינויים בתנאים הפיזיים והביולוגיים של בתי הגידול. שינויים אלה עשויים לגרום לפגיעות פיזיולוגיות, בהן קשיי רבייה חמורים של דגה, כגון הטונה, המקרל האפור והקיפון האפור. בנוסף, ניתן לראות ירידה ניכרת באוכלוסיית צבי הים (צבי הים, אתר המשרד להגנת הסביבה, 2006).

הגורמים העיקריים שגרמו לפגיעה בבתי הגידול והביאו לשינוי במגוון הביולוגי בים ובחופים:

1. **הקמת מתקנים:** כ-50 ק"מ (מתוך 197 ק"מ) מרצועת החוף בישראל סגורים לשימוש הציבור, ומשמשים לנמלים, מחנות צבא, שדות תעופה, תחנות כוח, תשתיות (גז, תקשורת וכו'), ביטחון, מתקני התפלה ועוד.
2. **בינוי:** כ-70% מאוכלוסיית ישראל מתגוררת ברצועת החוף, והביקוש לדיור באזור החוף, בעיקר באזור המרכז, הולך ועולה ומאיים על שטח החוף שעוד נותר. מתוך החופים הפתוחים לציבור, 53 ק"מ מהם הם חוף פתוח- היתר בנויים או מיועדים לבנייה עירונית או כפרית. בנוסף לכך, ייבוש קטעי ים לצורך בניה והקמת איים מלאכותיים ממשיכים לאיים הן על רצועת החוף והן על הסביבה הימית.
3. **צמצום כמות החול: מאזן החול המגיע מדלתת הנילוס ומסולק ע"י הרוח והגלים נפגע עם הקמת סכר אסואן (1964).** מכיוון שהקמת הסכר מונעת התחדשות אספקת החול לדלתת הנילוס, והחולות שבדלתא הם מקור החול בחופי ישראל, יש סכנה מוחשית שבעתיד הלא רחוק תפגע אספקת החולות לחופי ישראל. **כריית החולות והמשך הבניה** על החופים ממשיכים לגרום מכמות החול, שיכולת התחדשותו מוטלת כעת בספק. במהלך המאה ה-20 נגרעו כ-20 מליון מ"ק חול כתוצאה מפעילות האדם. זוהי כמות השווה ל-60 שנות הספקת חול במצטבר.

צוקי הכורכר המשתרעים לאורך כ- 70 ק"מ בגובה של 15-40 מ', מצויים בתהליך התמוטטות טבעי, בו נגרעים מהם כ- 15-30 ס"מ בכל שנה. פעילות האדם (עבודות עפר, בנייה על המצוקים או בסמוך להם ונסיעה ברכבי שטח), מאיצים את קצב ההתמוטטות. כתוצאה מכך ישנה פגיעה בעושר המינים של החי והצומח של איזור החוף.

4. **זיהום:** דלקים, שמנים מכלי שיט, שפכים תעשייתיים, עירוניים וחקלאיים, זיהומים תרמיים ועוד מגיעים למים בהיתר, במתכוון או שלא במתכוון ומזהמים את המים. זיהומים אלה גורמים פגיעות פיזיולוגיות לדגה ולאוכלוסיית חסרי החוליות ביים. שפכי חקלאות המכילים אנטיביוטיקה, הורמונים, נוטריינטים וכיו"ב מוזרמים אל המים. מבריכות הדגים בנווה ים מוזרמים שפכים המעשירים את המים ומשנים את התנאים הביולוגיים. תמלחות ממתקני התפלה וחומרים נוספים משנים את המליחות והתנאים הפיזיקליים בעמודת המים (היתרי הזרמה לים, אתר המשרד להגנת הסביבה, 2010).

5. **תנועת כלי שיט:** ספינות השטות לתחנות הכוח בחדרה, חיפה, אשקלון ואשדוד גורמות לזיהומים אקוסטיים ותרמיים, ופוגעות בתנאים הפיזיקליים של אוכלוסיות הדגים וחסרי החוליות.

6. **מינים פולשים:** כפי שהוזכר לעיל, מינים פולשים יכולים להתבסס באזורים אליהם היגרו על חשבון מינים מקומיים ולפגוע במגוון הביולוגי. כאמור, פתיחת תעלת סואץ היא שאפשרה את הגירת מאות המינים לים התיכון, וביחד עם השינויים האנתרופוגניים שפורטו כאן (ס' 5-1) הביאו לשינוי בהרכב האוכלוסיות ולפגיעה בעושר המינים. הצדפה "בוצית מגוונת" (*Brachidontes pharaonis*) לדוגמא, היא מין פולש שהשתלט על משטחי גידול כגון טבלאות הגידוד ודחק את המין המקומי, הבוצית הקטנה (*Mytilaster minimus*). הדג "לגינן סואץ" (*Lagocephalus suezensis*) הוא דג רעיל הנפוץ ביים סוף ובאוקיינוס ההודי, ולא נצפה ביים התיכון עד לפתיחת התעלה (יהל ושקדי, 2009).

7. **זיג יתר:** יבול הדיג הולך ופוחת משנה לשנה באזורים רבים, כתוצאה מניצול יתר ודיג לא מבוקר. כאשר קצב הדיג עולה באופן משמעותי על יכולת ההתחדשות של האוכלוסייה, ניתן לראות פחות ביבול הדיג וירידה לרמות נמוכות יותר בשרשרת המזון. בישראל ישנה ירידה של כ-40% בדיג ברשתות ביחס ל-1980 (המגוון הביולוגי בישראל, אתר המשרד להגנת הסביבה, 2010).

מחקר שנערך בחופי עתלית (שפניר, 2008) במטרה לברר האם הכרזה על אזורים כמוגנים משפיעה על אוכלוסיית הדגים, הראה באופן חד משמעי כי מצב החברה היה טוב יותר באזור המוגן לעומת האזור הלא מוגן, מבחינת מגוון, מספר וביומאסה. המחקר נערך ביים עתלית הסגור לציבור ולדיג ומשמש כשטח אימונים של הצבא. במסגרת המחקר נערכה השוואה בין יבול הדיג בשטח הצבאי הסגור לבין שטח הצמוד לו מצפון בו ניתן לדוג. סירות הדיג יצאו בשעות קבועות וזהות ובתנאים קרובים ככל האפשר. יבול הדיג בחוף הסגור בו הדיג אסור היה גבוה יותר, מגוון המינים גדול יותר והביומאסה של הפרטים גדולה יותר אף היא. בקרב המינים הלספסים (שאינם יעד לדיג) לא נמצא הבדל בביומאסה בין שני האזורים, דבר שחזק את ההשערה כי ההבדל בביומאסה במינים שכן מהווים יעד לדיג, נגרם כתוצאה מדיג ולא כתוצאה מגורמים אחרים.

8. **נופש/פנאי:** עומס מבקרים בחוף, הבערת אש, צלילה ספורטיבית ושנירקול, דיג ספורטיבי והפרעות רעש ותאורה גורמים לזיהומים שונים ומשפיעים על מצב החברות החיות בחוף ובים. דריכה על משטחי התיישבות של חסרי חוליות, איסוף פרטים, זבל, ועוד, יוצרים הפרעות שונות לאורך החוף ובמים. למשל, תאורה והבערת אש ע"י מבקרים עלולה לפגוע במסלול ההליכה לים של צבי ים שזה עתה בקעו (עינב, 2000).

2.3. האמצעים הסטטוטוריים להגנה על החופים והים בישראל

המוסדות המוסמכים לטיפול בחופים בישראל שואבים את סמכותם ממגוון של חוקים, המגיעים מפנים שונים של המשפט הישראלי ושנועדו לשרת מטרות שונות. הגופים הם: מוסדות התכנון והוועדה לשמירת הסביבה החופית (ולחוף), רשויות מקומיות, רשות הטבע והגנים הלאומיים והמשרד להגנת הסביבה (פיש, 2002. עמ' 408-406). מוסדות התכנון שואבים את סמכותם מחוק התכנון והבנייה, והם אחראים ליצירת מדיניות ותכנון ומערכת תוכניות לפיתוח ושימור אזור החוף. בנייה תוכנית מתאר ארצית לחופי הים התיכון (תמ"א 13), הנחלקת לתמ"א 13א' העוסקת בשימושי הקרקע השונים בחופים, ותמ"א 13ב' המתמקדת בנושא מעגנות ומרינות. התמ"א מעניקה ביטוי תכנוני משפטי מעודכן בשטח החופים לדוקטרינת הנאמנות הציבורית, ומטרתה לשמור על משאב החוף תוך איזון צרכי פיתוח. השימושים המותרים במסגרת התוכנית: רחצה, נופש, ספורט, מתקני תיירות, שימור עתיקות, שמורות טבע, גנים לאומיים, שטחי יעור, שמורות חוף, נמלים, ושימושי קרקע אחרים המחייבים מיקום לאורך החוף (סעיף 4א, לתמ"א 13). המונח "שמורת חוף" בתמ"א 13 מוגדר כ"רצועת חוף המיועדת להיות עתודה לפתוח חוף רחצה או שמורת טבע או גן לאומי או שטח ציבורי פתוח" (סעיף 8 לתמ"א 13). הוראות סעיף 12(4)א לתמ"א אוסרות על בנייה בקו של 100 מטרים מקו המים, הוראה זו נועדה בעיקרה לאפשר גישה ומעבר חופשי למים לכלל הציבור. מתוקף היותה של תמ"א 13 תוכנית מתאר ולא תוכנית מפורטת היא נותנת רק הנחיות לשימושי קרקע שונים, ואינה מפרטת ערכי טבע ספציפיים הדורשים הגנה. סעיף 10 לתמ"א 13 קובע כי עד שנת 1988 יש להתאים תוכניות אחרות (מחוזיות, מקומיות ומפורטות) להנחיות התמ"א. אך כפי שמציין פיש (2002, עמ' 420) קיימות תוכניות רבות לפיתוח אזורי החוף שאושרו לפני תמ"א 13, ושהוראותיהן סותרות את התמ"א שנשארו בתוקף עד היום. הרשויות המקומיות, מחויבות לטיפול בחופים כמו בכל שטח מקרקעין אחר שבתחום שיפוטן, ומתוקף "חוק הסדרת מקומות רחצה התשכ"ד-1964", המחייבן לעמוד בהוראות הניתנות על ידי שר הפנים, ומסמיכן להתקין תקנות עזר. חוק זה אינו מתייחס לערכי הטבע בחוף ובים ודואג לנושאים מנהליים הנוגעים לחופי רחצה, כגון: דמי כניסה, איסור רחצה, שמירת ניקיון וסדר, הסדרת משחקים, בעלי חיים, מלתחות.

ביוני 1976 נחתמה אמנת ברצלונה להגנה על הים התיכון מפני זיהום (Convention for the Protection of the Mediterranean Sea Against Pollution) אשר נכנסה לתוקף ב-1978. מדינת ישראל חתמה על האמנה, כולל אישורה על ידי הכנסת. אמנת ברצלונה נועדה לשמש אמצעי שיאפשר מעקב ופיקוח שוטפים על מצב הים התיכון, זיהוי בעיות סביבתיות קיימות ומקורן. האמנה מחייבת את המדינות החברות בה, לנקוט את כל האמצעים הדרושים על מנת לצמצם את זיהום הים ולהגן על הסביבה הימית במטרה ליצור מנגנון שיפעל למניעת התדרדרות במצב הים –

בעיקר מההיבט של זיהומו. רבים מהחוקים למניעת זיהום ים והגנה על ערכים אקולוגיים בים במדינת ישראל הנם פועל יוצא של החתימה על האמנה. בשנת 1982, נחתם במסגרת האמנה פרוטוקול גינבה לעניין אזורים בעלי הגנה מיוחדת. פרוטוקול זה כלל בתוכו את הבסיס הרעיוני והמשפטי להקמת שמורות טבע בים. בשנת 1995 שונה שמה של האמנה לאמנה להגנה על הסביבה הימית ואזורי החוף של הים התיכון. החידוש באמנה זו הוא שהיא אינה מתייחסת רק לים התיכון, כי אם לאגן הים כולו, בגישה אשר מפנימה את עקרונות הפיתוח בר הקיימא כפי שנוסחו בריו דה ז'נרו בפסגת כדור הארץ ב-1992 (אתר המשרד להגנת הסביבה, 2011א).

האמנה עוסקת בנושאים הבאים: הערכה ושליטה על זיהומי ים בשמן וכימיקלים; ניטור הסביבה הימית; ניהול בר קיימא של המשאבים הימיים והיבשתיים בשילוב עם נושאים חברתיים - כלכליים (על פי עקרונות פיתוח בר קיימא); מניעת זיהום החופים והים באופן מתמשך או חד-פעמי מספינות או מקורות יבשתיים; הגנת המורשת, החי והנוף בסביבה הימית והחופית; קידום עזרה הדדית בין המדינות לשמירה על הסביבה הימית ומניעת זיהומים; קידום איכות החיים של תושבי אגן הים התיכון. מלבד גוף האמנה מכילה אמנת ברצלונה שבעה פרוטוקולים, המפרטים את הצעדים המעשיים שעל המדינות לנקוט, על מנת למנוע את זיהום הים התיכון וההגנה על סביבתו, בניהם גם פרוטוקול בדבר אזורים מוגנים במיוחד והמגוון הביולוגי בים התיכון אשר נכנס לתוקף בשנת 1999. פרוטוקול זה, עוסק בהגנה מיוחדת על בעלי חיים וצמחים ים תיכוניים הנמצאים בסכנת הכחדה ועל אזורים שלמים, הנחשבים חיוניים לקיומם ודורשים הגנה ייחודית. הפרוטוקול מחליף את פרוטוקול ג'נבה. ישראל חתמה על הפרוטוקול, אך טרם אשררה את התיקונים.

המשרד להגנת הסביבה ממונה על אכיפתם של מספר חוקים למניעת זיהום ים, אשר נחקקו בעקבות החתימה על אמנת ברצלונה הראשונה. בניהם: חוק מניעת זיהום הים (הטלת פסולת), התשמ"ג-1983; חוק מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים, התשמ"ח-1988; פקודת מניעת זיהום מי ים בשמן [נוסח חדש], התש"ס-1980. שלושת חוקים אלו, והתקנות הנלוות אליהם, מכסים טווח רחב מאוד של מקורות זיהום אפשריים למי הים הן ממקורות יבשתיים כגון: ביוב, פסולת, תעשייה – והן ממקורות ימיים כגון: אסדות קידוח, נמלים וספינות - ובכך מספקים הגנה רחבה למערכת האקולוגית הימית. חוקים אלו, כפי שמצייין פיש: "מצביעים על הרצינות בה ראה המחוקק את הצורך למנוע מפגעים סביבתיים", נועדו להרתיע ומאפשרים להעניש את מי שזיהם. "ואולם מערכת החוקים הזו לא הוכיחה עדיין שביכולתה להפוך מגמות שליליות אשר המשכן יביא לקריסת מערכות" (פיש, 2002, עמ' 273). תחת ביקורת זו ניתן להכניס גם את "חוק איסור נהיגה ברכב בחוף הים התשנ"ז-1997", האוסר על נהיגה בשטח של 100 מטרים מקו המים ובתחום שטח חוף רחצה מוכרז.

בעקבות השינויים באמנת ברצלונה, גיבש משרד הפנים בשנת 1999, באמצעות מנהל התכנון והועדה למימי חופין את "מסמך המדיניות למימי חופין". המסמך קבע מדיניות בת-קיימא מקיפה הכוללת יעדים ועקרונות לניהול המים הטריטוריאליים של ישראל. מהחלטות המסמך: הבטחת הנגישות המרבית לציבור הרחב ומגוון שימושי אנוש; התחשבות מרבית וזהירה במשאבי החוף והים, שימור תהליכים אקולוגיים כולל נכסי ארכיאולוגיה ומורשת והבטחת מגוון עשיר של נופים ומינים; מתן עדיפות גבוהה של שימושים לצורכי פנאי ונופש בעלי זיקה לחוף וליים; מיצוי זהיר של הפוטנציאל הכלכלי הייחודי של משאבי הים (משרד הפנים, 1999). על אף מחויבותם של חברי

הועדה לעמוד בכללי הניהול שנקבעו במסמך, הוא אינו בעל מעמד משפטי מחייב. יתרה מכך, הועדה למימי חופין התפרקה בשנת 2004 עם כניסתו לתוקף של חוק שמירת הסביבה החופית והקמתה של הולחו"ף.

"חוק שמירת הסביבה החופית התשס"ד-2004", נחקק על רקע השינויים שתוארו לעיל בתפיסת החשיבות של חיזוק מנגנוני ההגנה על הסביבה החופית, ובלחץ הארגונים הסביבתיים הישראליים על רקע שלל מאבקים נגד בנייה ופיתוח בחופי ישראל שהתקיימו במהלך שנות התשעים (אנגרט ויהל, 2011). מטרת החוק מתייחסת לשלל ערכים אותם רואה המחוקק כראויים להגנה ממטרותיו: להגן על הסביבה החופית ואוצרות הטבע והמורשת שבה, לשקמם ולשמרם כמשאב בעל ערכים ייחודיים וכן למנוע ולצמצם במידת האפשר פגיעה בהם. לשמור את הסביבה החופית והחול החופי לתועלת ולהנאת הציבור, ולדורות הבאים. לקבוע עקרונות והגבלות לניהול, לפיתוח ולשימוש בני קיימא של הסביבה החופית. החוק עושה הבהרה של ההגדרה המשפטית הישראלית של "מהו חוף" ומרחיב את השטח המוגן אל מעבר לקו מאה המטרים, ומגדיר כי הסביבה החופית היא השטח שנמתח 300 מטרים מקו המים (שנקבע על פי ממוצע מיקומו בגאות בשפל) הן בכיוון היבשה (מערבה) והן בכיוון המים (מזרחה). זהו החוק הראשון שמעניק לים הגנה מבחינת ערכי הטבע והמורשת שבו. לעומת חוקי מניעת הזיהום, החוק אינו מגדיר באופן ספציפי סוגי חומרים אסורים או סוגי פעילות אסורה (כמו נהיגה או הזרמת ביוב) אלא מגדיר מהם תוצרי הפעולה אשר נחשבים כפגיעה בסביבה החופית. כגון: פגיעה במערכות אקולוגיות; פגיעה בטבלאות גידוד ומסלע, במערות ובמצוקים טבעיים, בדיונות חול ובאזורי שפך של נחלים; פגיעה בקו המגע בין הים והיבשה ושינוי, פגיעה בזרימה ובתנועה הטבעית של החול החופי ומי הים; גרימת סיכון או נזק לאזורי מחיה של מיני צומח או בעלי חיים, ולרבייתם בסביבה החופית (חוק שמירת הסביבה החופית, 2004; אנרגט ויהל, 2011).

2.4. שמורות טבע

משנת 1963 ניכרה ההכרה בחשיבות השמירה על השטחים הפתוחים, כאשר חוקק חוק גנים לאומיים ושמורות טבע. החוק נועד להגן על שטחים פתוחים שהוכרזו כגנים לאומיים או כשמורות טבע, מתוך שתי מטרות עיקריות: האחת, שמירה על שטחים טבעיים למען פעילות האדם, והשנייה, שמירה על ערכי הטבע. הצורך, אז כהיום, נבע מהגדילה המואצת של מרכזים עירוניים צפופים אשר החלו להוות איום על השטחים הפתוחים. החוק תוקן מספר פעמים, עד לתיקונו האחרון ל-"חוק גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה, התשנ"ח-1998" (להלן: "חוק שמורות טבע"). החוק מגדיר את תפקידיה וסמכויותיה של רשות הטבע והגנים למען קידום מטרותיו. סעיף 33 לחוק אוסר על פגיעה, סחר או החזקה בערכי טבע מוגנים. המונחים מוגדרים בצורה רחבה בחוק, כך שהם מקיפים כמעט את כל צורות הפגיעה והסחר האפשריות (פיש, 2002. עמ' 584-586).

החוק מאפשר לסווג שטחים פתוחים לצורך שני שימושים עיקריים במטרה להגן על הטבע: גן לאומי או שמורת טבע. ההבדל העיקרי בין השניים טמון בסדרי העדיפויות בין ההגנה על הטבע וצרכי האדם. **שמורת טבע** נועדה בראש ובראשונה להגן על הטבע: לשמור על שטח השמורה ועל ערכי הטבע שבה – על הנוף, המערות, המים וכדומה הנמצאים בשמורה, וכן על הצמחייה ובעלי

החיים שבתוכה, ולהגן על כל אלה "מפני שינויים בלתי רצויים" כמוגדר בחוק. הפיתוח בשטח זה הוא לרוב מוגבל ומצומצם לחלק קטן מתחומי השמורה. ישנם סוגים שונים של שמורות טבע, ובהן: שמורות של צמחייה – כמו שמורת הר מירון שליד צפת; שמורות של נופי מים – כגון תל דן בגליל העליון; שמורות של חולות – דוגמת שמורת ניצנים במישור החוף הדרומי; שמורות של מערות – כגון מערת הנטיפים ליד קיבוץ בית גוברין; שמורות בעלי חיים – ובהן החי-בר ביוטבתה ובהר הכרמל ושמורות טבע ימיות – כגון ים דור הבונים וים אבטח.

גן לאומי לעומת זאת, הינו איזור טבע ונוף בעל חשיבות למורשת הלאומית. גן לאומי נועד לטפח את הסביבה ואת האתרים שבה על מנת לשפר את אפשרויות הבילוי והנופש לציבור באתר. ישנם גנים ארכיאולוגיים והיסטוריים, המבוססים על אתר חשוב להיסטוריה של ארץ ישראל ועם ישראל, ובהם: הגן הלאומי במצדה, בית הכנסת העתיק בבית אלפא, הגן הלאומי בבית שאן והגן הלאומי בקיסריה. יש גנים לאומיים שהם חופים מוגנים, כמו: הגן הלאומי בחוף אכזיב, ויש גם גנים לאומיים שנבחרו בשל הטבע והנוף המיוחד שבהם, כמו חורשת טל בגליל העליון, והגנים הלאומיים בעין עבדת שבנגב (אתר המרכז לטכנולוגיה חינוכית, 2011). עד כה הוכרזו כ- 92 גנים לאומיים וכ- 348 שמורות טבע (אתר טבע ונופים בישראל, 2011).

תהליך ההכרזה על שטח כעל שמורת טבע או גן לאומי, הינו תהליך מורכב מבחינה בירוקרטית, ואורך בדרך כלל שנים רבות. רוב שמורות הטבע והגנים הלאומיים שהוכרזו בשנים האחרונות, הוכרזו לאחר תהליך שארך מעל עשור. תהליך ההכרזה כולל את השלבים העיקריים הבאים: איתור השמורה; דיון בצוות מקצועי; תיאומים מול גופים רלוונטיים; אישור מועצת שמורות טבע וגנים לאומיים; דיונים בוועדות התכנון המקומיות והמחוזיות לקראת הפקדה; הפקדת התוכנית להתנגדויות הציבור; אישור הוועדה לשמירת קרקע חקלאית ושטחים פתוחים; דיון בהתנגדויות; הליכי הכרזה; חתימת שר הפנים, ופרסום התוכנית בקובץ התקנות הממשלתי (אתר טבע ונופים בישראל, 2011). ההכרזה מחייבת את חתימת שר הפנים מאחר והעיסוק הוא בשימושי מקרקעין, אשר נמצאים תחת סמכותו של שר הפנים על פי חוק התכנון והבנייה. התנגדות הרשות המקומית, משרדי הממשלה או בעלי קרקעות פרטיות בתחומי התוכנית מהווים את עיקר הגורמים המעכבים את אישור ההכרזה (פיש, 2002. עמ' 588).

ההכרזה על שטח פתוח כשמורת טבע – ימית או יבשתית - משמעותה מתן עדיפות עליונה לייעוד זה על פני כל ייעוד אחר, בין אם בנייה, הקמת עסק וכדומה (פיש, 2002. עמ' 590). ההכרזה קובעת איסורים על פגיעה כלשהי בשמורת טבע כגון: השמדה, הריסה, השחתה, גרימת נזק לבעלי חיים, הכנסת חומר זר לשמורה (אשר עלול לפגוע בערכי טבע) ועוד. עסקים שהיו קיימים בתחום השמורה טרם הכרזתה כשמורה יישארו, אך עסקים חדשים יידרשו לקבל אישור מרשות הטבע והגנים ובהתאם לתנאים שייקבעו. בנוסף, הרשות רשאית לקבוע כללים בדבר התנהגות מבקרים בתחומי השמורה ולנקוט את כל הצעדים על פי כל דין לפינוי מחזיקים שלא כדין, במקרקעין הכלולים בשטח, או למבקרים המתנהגים שלא כדין; בנוסף אוסר החוק על נהיגה בתחום השטח המוגן (חוק שמורות טבע). יש לציין כי "חוק שמורות טבע" הינו חוק אנתרופוצנטרי במהותו מאחר ולשטחים המיועדים חייב להיות עניין מדעי או חינוכי על מנת שיוכלו להיות מועמדים להכרזה כשמורת טבע (פיש, 2002. עמ' 587). על פי הכתוב בחוק, שר הפנים יכריז על שמורת טבע או גן לאומי לא לפני שתהיה תכנית מתאר ארצית מאושרת המייעדת את השטח כשמורת טבע או כגן

לאומי. תמ"א 8 הינה תכנית מתאר ארצית לגנים לאומיים, שמורות טבע ושמורות נוף ומטרתה לאתר שטחים המיועדים היום או שיועדו בעתיד לשמש גנים לאומיים, שמורות טבע או שמורות נוף (פיש, 2002. עמ' 604-601).

במהלך השנים, מאז חוקק החוק הראשון ב-1963, תוקנו תקנות הנוגעות ל"חוק שמורות טבע", אשר מתייחסות לנושאים שונים. כלל התקנות נוגעות לאיסור לפגוע בשמורת טבע או בגן לאומי ומהוות חידוד, פירוט והרחבה לחוק. בין ה"פגיעות" האסורות המפורטות בתקנות הרלוונטיות להגנה על ערכי הטבע: השמדה, השחתה, הריסה, חבלה, גרימת נזק לבעל חיים או הטרדתו, רעייה, כריתה, קטיפה, נטילה, שינוי צורה או תנוחה טבעית של חי, צומח או דומם, או הפרעה לריבויים ולהמשך התפתחותם הטבעי, שינוי של פני הקרקע, חפירה, הקמת מבנה או מיתקן, הכנסת חומר זר, השלכת פסולת או השארתה, ועוד (תקנות גנים לאומיים ושמורות טבע, התשכ"ח-1968; תקנות שמורות הטבע (סדרים והתנהגות), התשל"ט-1979; ותקנות גנים לאומיים ושמורות טבע, התשמ"ד-1983). ניתן לראות כי חוק שמורות טבע בשילוב תקנותיו מספק מטריות הגנה רחבה מאוד על ערכי הטבע. לעומת חוקי זיהום מי-ים, אשר פורטו בסעיף הקודם, המספקים הגנה מצומצמת יחסית, ההכרזה על שמורת טבע בשטח ים או חוף יכולה לספק הגנה משפטית רחבה יותר על ערכי הטבע בשמורה.

עד לסוף שנות ה-90 ותחילת שנות ה-2000 המודעות להגנה על שטח הים היתה נמוכה מאוד ורוב שמורות הטבע אשר הוכרזו בשטחי החופים והים כללו בעיקרן את שטח החוף ומעט מאד את שטח הים. כבר ב-1964, הוכרזו שמורת חוף האלמוגים ושמורת איי חוף דור ומעגן מיכאל, אך הכרזה זו לא נתנה ביטוי הולם להגנה על הסביבה הימית בקרבת שטחים אלה. שטחים ימיים קטנים זכו להגנה מכוח תקנות מיוחדות (באזור ראש הנקרה, חוף דור-הבוניים ובאזור חוף אלמוג). רק בתחילת שנות ה-2000 החל שינוי משמעותי בנושא (אתר טבע ונופים בישראל, 2011). עד היום הוכרזו, כאמור, 6 שמורות ימיות קטנות ששטחן הכולל אינו עולה על רבע אחוז משטח המים הטריטוריאליים של ישראל בים התיכון. השמורות שהוכרזו הן: איי ראש הנקרה (כוללת 3 איים, הוכרזה ב-1965); איי דור (5 איים, 1965); ים דור הבונים (2002); ים אבטח (2003); ים גדור (2004); חוף וים שקמונה (2008). בנוסף, "שמורת הים התיכון" (באזור אכזיב וראש הנקרה), "השמורה" (באזור נחל מערות עד טנטורה) ו"שמורת האלמוגים" (באילת), אשר הוכרזו ע"י השר להגנת הסביבה (אתר רשות הטבע והגנים, 2011).

3. שאלת המחקר

כיצד ההכרזה על חוף וים כעל שמורת טבע, משפיעה על המגוון הביולוגי בשמורה? ייבדק בחופים שימשו כמקרי בוחן: חוף דור-הבוניים המוגדר כשמורת טבע ימית וחוף נווה ים- שאינו מוגדר כשמורת טבע ימית.

3.1. חשיבות המחקר

לפי השופט דניאל פיש, "ההגנה הטובה ביותר על אזור או שטח מבחינת מערכות הטבע נמצאת באפשרות כי יוכרז כשמורת טבע". כאמור בסעיפים הקודמים, רק בתחילת שנות ה-2000 ניתן היה לראות התייחסות לים כבעל חשיבות משמעותית לשימור ערכי הטבע בו. יתרה מכך, שמורת טבע ימית הינה אמצעי חדש יחסית להגנה על שטחים פתוחים בישראל אשר יעילותו טרם נחקרה. אנו סבורים כי מחקר ובדיקה של יעילותו של הכלי "הכרזה על שמורת טבע ימית" יהיו אינדיקציה לאפקטיביות שלו בשמירה על ערכי טבע בשטח ההכרזה. כמו כן, שמורות טבע ימיות נוספות נמצאות בתהליכי הכרזה ואנו מאמינים כי למחקר מעין זה חשיבות רבה היות והוא יכול להשפיע על תהליך קבלת ההחלטות בנוגע לקידום הכרזה על שמורות טבע ימיות נוספות, ובהכרעה בנוגע לשמורות הנמצאות כבר בתהליך זה.

3.2. מטרת המחקר

- קבלת אינדיקציה להשפעתה של ההקמה של שמורת טבע ימית, על המגוון הביולוגי הימי והחופי ישראל.
- איסוף ידע ונתונים שיוכלו לשמש (לצד ידע ונתונים שייאספו ממחקרים דומים) כבסיס ידע למסמכי מדיניות שמירת הסביבה החופית והימית.

3.3. השערת המחקר

הכרזה על שמורת טבע מהווה אמצעי טוב ויעיל להגנה על המגוון הביולוגי כאשר היא מגובה באכיפה מתאימה. אנו מניחים, על פי מדיניות רטי"ג בכלל, והמרכז להצלת צבי ים בפרט, כי בחוף הבונים, לפחות עבור חלק מהפרמטרים הנבדקים, האכיפה מספקת את ההגנה המתאימה. בפרמטרים אלה נצפה למצוא יתרון למגוון הביולוגי בשמורת חוף דור הבונים ביחס למגוון בחוף נווה ים.

4. מצב המגוון הביולוגי ועדויות לפגיעה

4.1. סקירת סקרי חופים שנעשו בחופים הנבדקים

מרבית המחקרים והסקרים שנעשו התקיימו בחוף דור הבונים, שם נערכו סקרי אצות, חסרי חוליות ודגים. בחוף נווה ים תועדו תצפיות אך לא נערכו סקרי מצאי ביולוגי לפרסום (ד"ר רוני יהל, רטי"ג, בעל פה). ישנם מחקרים שבדקו מצאי ביולוגי באזור מסוים, וממצאיהם מצורפים כנספחים (ר' נספחים א'-ו). מחקרים נוספים שבוצעו בחופים הנבדקים בדקו את מצבם של מינים מסוימים בהשוואה לאזורים אחרים ו/או תקופות אחרות, או את השפעתה של פעילות מסוימת על מינים מסוימים. מחקרים אלה מפורטים להלן.

4.1.1 השפעת לחצי דריכה על המגוון הביולוגי בטבלאות בחוף דור הבונים

טבלאות הגידוד מכילות מגוון רחב של בתי גידול וחסרי חוליות ימיים. סקר של תלמידי ביה"ס למדעי הים במכמורת (ביה"ס למדעי הים והסביבה הימית, 2008), בהנחייתה של ענת צמל, השווה מגוון מינים על טבלאות גידוד הנמצאות תחת עומסי דריכה שונים¹. בסקר נמצא כי לחץ דריכה בינוני של דייגים באזור הכרית (המלווה גם בשימוש בחלק מהאורגניזמים כפיתיונות), יוצר את מגוון ועושר המינים הגבוהים ביותר, לעומת לחץ דריכה נמוך המאפשר השתלטות מין דומיננטי (האצות תופסות את כל פני השטח ולא מאפשרות לחסרי חוליות להתיישב על הטבלה) ולחץ דריכה גבוה הפוגע בכל המינים ובמארג המזון. הסבר לכך הוא שלחץ הדריכה הבינוני יוצר איזון בין האצות, ומאפשר לחסרי חוליות להתיישב על הטבלה בצורה מיטבית ביחס למצב בלחצי הדריכה האחרים. ניתן להסביר תופעה זאת ע"י תיאוריית הפרעה הבינונית (Connell, 1978) הגורסת כי הפרעה בתדירות או בעוצמה בינונית מונעת השתלטות מין יחיד ודחיקה תחרותית של כל המינים (פרבולוצוק ופולק, 2001). לפי תיאוריה זו, לחץ דריכה נמוך מאפשר השתלטות מין דומיננטי, ולחץ דריכה גבוה פוגע בכל המינים ובמארג המזון. כך, במצב של הפרעה שאינה חזקה מדי, הפרטים שעל הטבלה יזכו להגנת האצות וייהנו מתרומתן, ובד בבד יזכו לשטח חדש להתיישבות. 5.1.2 חסרי חוליות בחוף הבונים- סקרים ותצפיות: השוואה בין ים הבונים לים מעגן מיכאל:

בסקר שנערך ב-2009 (ביה"ס למדעי הים והסביבה הימית, 2009) מול חופי מעגן מיכאל (חתך דרומי) והבונים (חתך צפוני) בעומקים 8-109 מ', נמצא כי אין הבדלים משמעותיים בהרכב חברת החי בין החופים. בסקר זה נמצא עושר מינים רב בחברת החי בקרקעית (Meiobenthos) ובחברת העל קרקעית (Epibenthos) בעומקים 20-60 מ' ובעומקים 30-60 מ', אתרים בהם נמדדו ריכוזי כלורופיל גבוהים. נראתה עליה בתכולת החומר האורגני בסדימנט עם העומק בשני האתרים, כאשר בחוף הבונים, בעומק של 50 מ', אחוזי תכולת החומר האורגני היו גבוהים במיוחד, דבר המעיד על המצאות חומרים אורגניים ממקור אנתרופוגני. תוצאות אלו תאמו את ריכוז הכלורופיל הגבוה באזור. 40% מהפרטים שנצפו בדגימת החי בקרקעית השתייכו למחלקת התולעים הרב זיפיות, המעידות אף הן על העשרה אורגנית. עם זאת, בחוף הבונים נראה כי חברת החי בקרקעית

¹ עומסי דריכה- עוצמת, תדירות ומשך הדריכה על המשטח הנבדק, הנגרם כתוצאה ממטיילים, דייגים וכיו"ב. אזור בו עומס הדריכה גבוה הוא אזור אליו מגיעים אנשים לעיתים קרובות ושהים בו פרק זמן ארוך באופן יחסי.

עשירה יותר במינים לעומת חוף מעגן מיכאל. במספר תחנות מדידה, בינוניות ועמוקות, נראו מינים נדירים כגון עכביש ים. מגוון המינים הגבוה ביותר בשני החופים נמצא בעומקים 30-70 מטרים, בהם מורכבות המצע היתה מקסימאלית.

מחקר שנערך ב-1992 הראה כי באזור שמורת חוף דור הבונים, נמדד מספר גדול פי שלושה של רכיכות, מאשר בחופים השכנים הלא מוגנים, בהם גם לחץ המבקרים היה גבוה יותר (1992 Safriel et al.). סקר זה מתייחס לחלקו של החוף שהיה מוגן כבר משנת 1980. במחקר שנערך באתר המכונה "המערה הכחולה", הנמצא מול חוף הבונים, תועד עושר של שושנות ים ודגים (גור, 2004).

אצות

מכיוון שאצות הן מרכיב בסיסי בשרשרת המזון, המהוות אינדיקציה לעושר החברה, מצאנו לנכון לציין מחקרים שנעשו גם בתחום זה, אף על פי שאינן אחד מהגורמים שמיועדים לבדיקה במחקרנו. עושר מינים, הימצאותן וכמותן של האצות, יכולים להעיד על התנאים באזור הנבדק ועל מצב החברה. בים הבונים ניתן למצוא מגוון מינים גבוה של אצות ומינים נדירים לחופי הארץ (כגון המין *Schottera niceaeensis* או *Rytiphloea tinctor*). באתר המכונה "המערה הכחולה" בחוף הבונים, בו מי הים חודרים לאורך סדק בסלעי הכורכר, שילוב התנאים של מיעוט תאורה, האופייני לעומק, ועושר במינרלים ובפחמן דו חמצני המאפיין את אזור הכרית, יוצרים סביבה עם תנאים ייחודיים. בין היתר ניתן למצוא בה עמוד מרשים של *Pterocladia*, אצה המאפיינת את צידו התחתון של תחום הכרית, לצד אצות כמו *Amphiroa Peyssonnelia squamaria*, שהן מינים המאפיינים מקומות חשוכים בעומק המים ובשל התאורה הלקויה 'מטפסים' גבוה יותר (גור, 2004).

4.1.3 סקרי מצאי ביולוגי שנערכו בחוף הבונים

מסקרי מצאי ביולוגי שנערכו בחוף הבונים עולה כי חוף הבונים הוא העשיר והמגוון ביותר ביחס לחופי האזור. לחוף דור הסמוך ובחוף נווה ים, תנאים טופוגרפיים דומים, אך הם סובלים מפעילות יתר של אנשים. ההשפעות הסביבתיות והפעילות האינטנסיבית של המבקרים הרבים בשמורה, כולל פעילות הדיג המתקיימת בה (דיג חכות, רשתות, רובי צלילה, טרם נבחנו באופן רחב ומקיף (עינב, 2000).

להלן הסקרים שבוצעו עד כה בחוף הבונים (אצל עינב, 2000), ר' נספח א'-ו'. לרשימות המלאות:

- מיני האצות שנמצאו בחוף הבונים (רובן בתחום הכרית) על פי לונדברג, 1996 (נספח א' טבלה מספר 1)
- בעלי חיים שנמצאו בתחום הכרית (חלקית), מעובדת על פי בנימיני וענבר, (1982) ואחרים. (נספח ב' טבלה מספר 2)
- מיני הדגים שנאספו בשמורת הבונים על פי דייאמנט, 1977 (נספח ג' טבלה מספר 3)
- מיני חסרי החוליות שנאספו בשמורת הבונים על פי דייאמנט, 1977 (נספח ד' טבלה מספר 4)
- מיני חסרי החוליות שנאספו בחוף דור הבונים, על פי גור 1994 (נספח ה' טבלה מספר 5)

5.1.4 סקרים שנערכו בחוף נווה ים

בחוף נווה ים לא נערכו סקרי מצאי ביולוגי מסודרים כפי שפורסמו עבור חוף דור הבונים. עם זאת, מצאי המינים עבור אזור זה, שבוסס על תצפיות לאורך השנים, הוכן ב-2006 (על פי מקורות ספרות) בהזמנת רט"ג בידי ד"ר בלה גליל וד"ר מנחם גורן. הרשימה כוללת 341 מינים של אורגניזמים ימיים, בהם אצות, צורבים, רכיכות, תולעים, פרוקי רגליים, קווצי עור ודגים (ד"ר רוני יהל, רט"ג, בעל פה).

4.2 מינים אינדוקטיביים למגוון ולהשפעות הפרעה אנושית

צבי ים הם זוחלים קדומים המצויים כיום בסכנת הכחדה. בנוסף לבדיקה כללית של מגוון מיני דגים וחסרי חוליות, מחקר זה יסקור גם את מצב האוכלוסיות של שני מינים אינדוקטיביים: הסרטן חולון החוף וצב הים, המעידים על מצב המגוון הביולוגי באזור ועל השפעות הפרעות אנתרופוגניות (ר' פרק שיטות).

1. חולון החוף: חולון החוף (*Ocypode cursor*) הוא סרטן קצר בטן מסדרת מעשירי הרגליים. החולון חי בחופים חוליים ומותאם היטב לחיים על גבי החול: העיניים ארוכות ונישאות על גבי גבעולים כדי להגדיל את שדה הראייה, והן מוגנות על ידי זיפים. קצוות הרגליים מחודדות ומאורכות כדי להיטיב ללכת על פני החול. כל פרט חופר לעצמו מחילה בחול מעל לקו המים ובמהלך היום סותם את פתח המחילה בחול. המחילות עמוקות יותר ככל שהן רחוקות מקו המים, כדי שיחדרו עד לאזורי הלחות. החולון הוא אוכל כל וניזון גם משיירים ופסולת. צבעו צהבהב ועיניו תכולות. הצבתות שונות בגודלן, לעתים הימנית גדולה יותר ולעתים השמאלית (Strachan et al., 1999).

2. צבי ים: צבי ים הם זוחלים קדומים המצויים כיום בסכנת הכחדה בארץ ובמקומות נוספים בעולם. בארץ מצויים צב הים הירוק (*Chelony mydas*) וצב הים החום (*Caretta caretta*). שניהם נמצאים בסכנת הכחדה ושניהם מוגדרים כחיית בר מוגנת (לוי וברש, 2010). אורך שריונם יכול להגיע למטר וחצי ומשקלם למעל ל-100 ק"ג. צבי הים מסוגלים לצלול לעומק רב יחסית לפרקי זמן ארוכים, ומוצאם הקדום הוא צבים יבשתיים, שבמהלך התפתחותם שבו חזרה אל הים. מן השלב היבשתי באבולוציה של צבי הים נותרו שתי תכונות: הם נושמים אוויר כמו יצורים יבשתיים, ומטילים את ביציהם על החוף ולא בים. צבת ים יכולה להטיל בעונת ההטלה מספר פעמים באותו חוף, בהפרש של שבועיים. צבות הים חוזרות להטיל בחוף בו בקעו, ולכן כל הפרעה או שינוי בתנאים יכולים למנוע מהם להגיע אל החוף ולהטיל. תכונות אלה חושפות אותם לסכנות רבות והופכות אותם לפגיעים ביותר (צבי הים, המשרד להגנת הסביבה, 2006).

בים קיימת פעילות ענפה של צב-הים החום שמשמש בחוף החולי להטלה וברצועה הימית למרעה. בעשרות השנים האחרונות חלה פגיעה באוכלוסיית צבי הים לחופי הים התיכון ובעולם כולו. הארגון הבינלאומי לשמירת טבע הגדיר אותם בספר האדום (RDB, 1982), את צב הים החום כפגיע (Vulnerable), ואת צב הים הירוק כנדיר. צב הים החום הינו המין הנפוץ יותר באזורנו. פעולות הניטור וההצלה הנרחבות שנעשות כיום בעולם מגובות במחקרים, תיעוד ואיסוף נתונים

מקיף, העולה באופן ניכר על נתונים מחקרניים שנאספו על מינים אחרים. עושר נתונים זה בא לידי ביטוי גם בעבודה זו, בהשוואה לנתונים שנאספו על מינים אחרים, כמפורט להלן.

מספר הטלות של צבי הים בישראל קטן באופן משמעותי במהלך העשורים האחרונים. בחוף עתלית בשנת 1958 נמנו כ-15 קינים לק"מ חוף. בסקר אווירי שנערך בשנת 1968 אותרו כ-100-150 קינים בחופי ישראל וצפון סיני (סלע, 1979). בשנת 1995 נצפו בחופי הארץ 49 הטלות, בשנת 1994 נצפו 33 קינים, בשנת 1993 נצפו 10 הטלות וב-1992 3 הטלות בלבד. ב-1995 נצפו כ-40 הטלות מתוכן 6 הטלות מוצלחות ו-13 עליות סרק בחוף הבונים (מידע בעל פה, יהודה בונה). הירידה הקיצונית במספר הטלות נובעת ככל הנראה ממספר סיבות: בראשית המאה, פעילות ענפה של ציד פגעה משמעותית באוכלוסיית הצבים, בעיקר במזרח הים התיכון. כיום, פרטים רבים נפגעים מתאונות דייג ומתאונות אקולוגיות, פציעות וחנק משקיות ניילון. כריית הזיפיף עד שנות ה-60 ועצירת חולות בחופי הארץ הנמשכת גם היום, הורידו את גובה החול בחופי ההטלה ופגעו בסיכויי ההצלחה של הקינון. צמצום גובה ושטח החול כתוצאה מכרייה, בינוי ופיתוח הביאו לצמצום השטחים החופיים הזמינים להטלה. הבערת אש ותאורה פוגעת בכושר הניווט של הצבים ועלולה להסיט אותם מדרכם חזרה אל הים או למנוע מהם להגיע לחוף ולהטיל. בבדיקה שנעשתה בחוף נווה ים נספרו כ-52 עליות של צבי ים אל החוף (לא נעשתה הפרדה של הטלות או עליות סרק) בין השנים 1992-1996 (החברה להגנת הטבע, 1996). כיום מבוצעת בכל הים התיכון תכנית לממשק צבי הים (Demetropoulos and Hadjichristophorou, 1995). כחלק מהתוכנית, פקחי רשות שמורות הטבע עורכים סיורי בוקר בעונת הקינון ומעתיקים את הקינים לחוות גידול. בבוא היום (לאחר כחודשיים) משוחררים הפרטים הצעירים בחוף ממנו בקעו (לוי וברש, 2011).

5. מתודולוגיה

המגוון הביולוגי ייבדק בחופים שישמשו כמקרי בוחן: חוף דור-הבונים המוגדר כשמורת טבע ימית וחוף נווה ים- שאינו מוגדר כשמורת טבע ימית. הממצאים בשני החופים ישוו לסקרים מהעבר (היכן שיש) ובין החופים עצמם. מטרת ההשוואה בין החופים היא לראות אם השינוי האפשרי בחוף הבונים מושפע (סטטיסטית, לא סיבתית) מההכרזה והשלכותיה ואינו שינוי שמקביל לשינויים בחופים הדומים באופי בתי הגידול, אך אינם מוכרזים כשמורה ימית. שני החופים הללו הם בעלי מאפיינים של חוף סלעי ולכן ההשוואה ביניהם יכולה להציג תוצאות מהימנות.

סקירת המגוון הביולוגי כוללת ארבע בדיקות: מגוון ביולוגי של דגה, מגוון ביולוגי של חסרי חוליות ימיים, חסרי חוליות בחוף (חלונים) וצבי-ים.

5.0.1 בדיקת הדגה:

המחקר הנוכחי ישווה בין הדגים הנסקרים באזור השמורה הימית (חוף דור-הבונים) ואלו הנסקרים באזור הביקורת (חוף נווה ים). תוצאות הסקר ישוו לנתונים מהעבר מאזור השמורה הימית (Diamant et. Al, 1986, Diamant, 1977) ורשימת מיני דגים מתצפיות לאורך השנים בנווה ים (גליל וגורן, 2006).

במחקר שסקר את מגוון מיני הדגים בחוף הבונים השתמשו החוקרים ברעל מסוג רותנון (Rotenone) ע"מ לשתק את הדגים ואספו אותם בעזרת רשתות יד וצלצלים. הרעל הרג את רב הדגים ואלו שלא, ניצודו ע"י צלצלים. מכיוון שמאז חלה פגיעה קשה באוכלוסיות הדגים בארץ באופן כללי, אנו מעוניינים להשתמש בשיטות ידידותיות יותר לסביבה ולכן החלטנו ליישם שיטות סקירה חדשות יותר ולהשוות בין שני המחקרים לפי הפרמטרים החופפים. נבצע סדרה של צלילות SCUBA ושנירקולים ונרשום ע"ג לוחות את מספר הפרטים מכל מין שנוהה. ניעזר גם במצלמות ע"מ לזהות מאוחר יותר מינים קשים לזיהוי. שיטה זו יושמה בהצלחה בסקר דומה שנערך בפיליפינים (Abelson et.al, 2010).

בכל חוף ייבחר שטח של 550X100 מ' (בהתאמה למחקרים קודמים), בו יבוצעו הסקרים. תבוצע סדרה של 10 צלילות בכל חוף, מתוכן 5 ע"פ השטח (שנירקול) ו- 5 באמצעות SCUBA באזור טבלאות הגידוד. באזור זה מגוון הדגים הוא הגדול ביותר. עומק ממוצע של 3-4 מטרים. על הצלילות להתבצע במקביל בשני החופים, בימים עם תנאי מזג-אוויר נוחים, למשך פרק זמן של 45 דקות. במהלך הצלילות יירשמו כל הדגים אשר ייראו ע"י הצוללים על-גבי לוח כתיבה ולאחר מכן יוזנו התוצאות למחשב להמשך ניתוח.

הממצאים יפורטו בטבלה הבאה:

מין	שם עממי	מספר פרטים
-----	---------	------------

הנתונים ייערכו בטבלה הבאה :

המדד	דור הבונים	נווה ים
מספר כולל של דגים (פרטים)		
מספר מינים (=עושר מינים)		
מגוון מינים *Shannon-Weiner Diversity Index		

*הסבר בהמשך

תוכן עקומת *K-dominance* (מפורט למטה)

בנוסף, תיערך השוואה בין מספר פרטים ומינים של משפחות ספציפיות (מאפיינות/ מינים בסיכון/ לספסיים/ דגים מסחריים) ותסוכם בטבלה הבאה :

המדד	דור הבונים	נווה ים
משפחות מאפיינות		
מינים לספסיים		
מינים מסחריים		
מינים בסיכון		

הניתוח הסטטיסטי לכל מדד יהיה באמצעות מבחן Wilcoxon signed rank, מבחן א-פרמטרי המיועד להשוואה בזוגות (שפנייר, 2008). מבחן זה מטפל במדגמים תלויים, ופועל על דירוגי ההפרשים בין הקבוצות, אותם אנחנו מדרגים. הפרשים יכולים להיות שליליים, ולכן ראשית ידורגו ההפרשים לפי הערך המוחלט שלהם. לאחר הדירוג, יוחזר הסימן המקורי (במידה והיה שלילי). לכל מדד תוכן הטבלה הבאה :

הוספת הסימן לדירוג	דירוג ההפרשים (בערך מוחלט)	ההפרש בין התוצאות (d)	תוצאה נווה ים	תוצאה הבונים	מדד

לאחר מכן, מחשבים את סטטיסטי המבחן (T – שאינו קשור למבחן הפרמטרי הידוע). הסטטיסטי הוא סכימה של כל הערכים בעלי הסימן הפחות שכיח (חיוביים לעומת שליליים). הסטטיסטי מחושב בערך מוחלט, כך שגם אם הסכימה הראתה דירוגים שליליים, הרי שהסטטיסטי יהיה חיובי. לשם מובהקות סטטיסטית נשווה לערך קריטי מהטבלה לפי מספר המדדים וה- α (רמת מובהקות) שנבחר. מסקנות מובהקות לגבי יתרון לאחד החופים בכל אחד מהמדדים יהיו אם הערך הסטטיסטי יותר גדול מהקריטי. מסקנות אלו ייבחנו בהתאם למעמד כל אחד מהחופים בהתאם לשאלת המחקר.

המדדים מבדיקות אלו מחוף הבונים יושוו לעבודה של דיאמנט (1977,1986), ובנווה ים למידע שנאסף ב- 2006. בנוסף, שני חופים אלה יושוו למצב בעתלית שהוא חוף שמור ביותר (נתוני שפנייר, 2008). ההשוואה לעתלית חשובה בבדיקת הדגה בלבד (ואינה רלוונטית לחסרי החוליות), מכיוון שחוף נווה ים צמוד מדרום לשטח הצבאי הסגור בעתלית וישנה אפשרות זליגה של פרטים למקום אליו אנו מתייחסים במחקר כאל הכי פחות שמור (נווה ים). העבודה של שפנייר ב-2008 הראתה הבדל מובהק בשלל הדגה בין השטח המוגן מדיג בעתלית לאזור שאינו מוגן וצמוד אליו מצפון, לכן, אנו משערים שעובדה זו לא תשבש את הבדיקה, אך יש לוודא זאת ע"י השוואת הנתונים של השטח המוגן מ-2008 לשל החופים הנבדקים במחקר זה ושלילת דמיון בדגה בין שטח זה לשטח נווה ים. בנוסף, אנו מעריכים כי יהיה יתרון במדדים הנבדקים לחוף דור-הבונים לעומת נווה ים, בשל הקפדה מסוימת שיש בשמורה בנושא הדיג.

5.0.2 הקשיים בהם אנו עלולים להיתקל ביישום שיטות ההשוואה והבדיקה הם:

- **ההשוואה לנתונים בנווה ים מהעבר** – הנתונים שם מוגבלים ולא מתארים מצב בשטח נתון בנקודת זמן אחת. המסקנה מהשוואה זו תוכל להיות איכותית בלבד ולא תהווה ביקורת לשינויי מגמה מרגע הכרזת השמורה.
- **נווה ים צמוד מדרום לשטח הצבאי הסגור בעתלית** – מהאזורים הימיים המוגנים ביותר – ראה לעיל.
- **חוסר התאמה בשיטות הסקר (שימוש בשיטות שונות) מטעמים סביבתיים ומוסריים** – עשוי להטות מעט את התוצאות, אך אנו צופים שלא באופן משמעותי, השטח הנסקר הוא זהה.
- **תנאי מזג אוויר לא יציבים לעריכת הסקרים** יכולים לגרום לבעיות בראות בגלל הרחפה של חול ומכך לחוסר אחידות מבחינת רזולוצית הסקרים.
- **קושי בזיהוי מינים דומים** – כאשר ניתקל במינים דומים נשתמש בצילומים ע"מ לזהות בצורה מדויקת.

5.0.3 בדיקת חסרי חוליות ימיים:

בבדיקה זו ישנם נתונים מאותן עבודות שפורטו בבדיקת הדגה. בכל חוף ייבחר שטח של 550X100 מ' שיחולק ל-55,000 ריבועים של 1X1 מ' שימוספרו. 100 ריבועים אשר ייבחרו באופן אקראי (בעזרת אלגוריתם RANDOM באקסל) בכל חוף, ייסקרו. הסקירה תתבצע בשיטת הקוואדרטים – מסגרות של 1X1 מ' בהם יירשמו כל הפרטים הנצפים ויצולמו בוידאו לטובת ניתוח נוסף. ניתוח הנתונים יהיה ע"פ מספר הפרטים מכל מין ושטח הכיסוי היחסי שלהם, ויסודרו בטבלה הבאה (בכל קוואדרט):

מין	שם עממי	מספר פרטים	שטח כיסוי יחסי
-----	---------	------------	----------------

בנוסף ינוטרו משתנים א-ביוטיים: מצב הים (נוח, גלי, סוער), מצב הגאות, כיוון הרוח (נתונים זמינים באינטרנט), טמפרטורה המים ומליחותם (CTD)².

הנתונים ייערכו בטבלה דומה במדדים העיקריים לזו של הדגה. יסוכמו מדדי מגוון, עושר, שפיעות יחסית (מפורט למטה) ותוכן עקומת K- dominance למספר הפרטים ולשטח הכיסוי.

הניתוח סטטיסטי בין המדדים המחושבים של חסרי החוליות בשני החופים ובהשוואה לעבר בחוף הבונים יהיה באמצעות מבחן Wilcoxon signed rank.

אנו משערים שיהיה יתרון לא משמעותי לחוף השמור גם במדד זה. השערה זאת מבוססת על העובדה שלעומת נושא הדגה, אין ניטור ספציפי לשמירה על חסרי חוליות, לכן השמירה הכללית העדיפה בחוף דור הבונים תתן לו רק יתרון מסוים בבדיקה זו.

הקשיים הצפויים בבדיקה זאת הם ההשוואה לנתוני העבר בנווה ים, אחידות תנאי מזג האוויר והים והקושי בזיהוי מינים דומים (ראה פירוט לעיל).

5.0.4 בדיקת מחילות סרטנים:

תיערך באזור החוף בדיקת line transects לספירת מחילות סרטנים באזור החולי. בדיקה זו נערכת ע"י פריסות של חבלים באורך 30 מטרים (טרנסקטים), הממוקמים באופן אקראי (במקביל לקו המים). מכל צד של החבל יונח קוואדרט ששטחו 0.5 מ². כלומר, בכל טרנסקט ייסקרו 30 מ². בכל קוואדרט ייספרו מספר המחילות. בכל בדיקה נערוך ארבע פריסות חבל (טרנסקטים). חלק זה של הבדיקה יבחן את השפעת המבקרים ו/או השפעת תפעול החוף על החלק החולי. הסרטנים ומחילותיהם רגישים להשפעות אנתרופוגניות (מזון, פסולת, דריכה, נסיעה, חריש ועוד) – בכך חשיבות בדיקה זו ובכך גם הבעייתיות שלה, לבודד השפעה נקודתית. הסיבה לכך היא שסרטנים הם יצורים נפוצים יחסית בחוף ואמורים להימצא בו בשפע. לבדיקה זו אין תקדימים בחופים אלה בספרות המדעית, אולם השוואה לפי סקלת זמן הינה פחות רלוונטית משום שמחילות הסרטנים מושפעות ברמה היומיומית מפעילות האדם בסביבתם ומתנודות הגאות והשפל. לכן, נקפיד לבצע את הבדיקות באותה השעה בכל פעם.

בשל מגוון ההשפעות השונה בין החופים ואופי ההשפעה של המבקרים, קשה להעריך איזו השפעה תהיה יותר משמעותית ותפגע/ תועיל יותר לקיומן של מחילות הסרטנים.

הנתונים ייאספו בכל חוף בצורה הבאה:

² מכשיר ה CTD מודד טמפרטורה, עומק ומליחות של המים בנק' בה הוא נטבל.

מספר טרנסקט	מספר מחילות ל-מ'

ויסוכמו בטבלה הבאה :

חוף	מספר מחילות ל-מ'

הניתוח הסטטיסטי בין מספרי המחילות הממוצעים בשני החופים יהיה באמצעות מבחן Wilcoxon signed rank.

5.0.5 בדיקת צבי ים:

בחופי הים התיכון נפוצים באופן יחסי כיום 2 מינים של צבי-ים: צב הים החום וצב הים הירוק. אומדן גודל האוכלוסיות הנ"ל בחוף הישראלי בוצע ע"י סקר קינים בעונת ההטלה (מאי-אוגוסט) לכל אורך החוף. בשנות ה-80 בוצעו סקרים חלקיים והחל מ-1993 ועד היום, בוצעו סקרים מלאים מידי יום בכל חופי ישראל, בכל האתרים בעלי פוטנציאל הטלה (קולר, ז. 1993-2003; לוי, י. 2004-2009).

בשיתוף עם פקחי רט"ג, נאסוף את מספר קיני צבי-ים בחופים המדוברים ונשווה אותם לנתונים משנים קודמות (החל מ-1993). כיוון שהצבים רגישים מאוד להפרעות אנושיות, הם מין אינדיקטיבי מצויין להפרעות אנתרופוגניות בחוף הים.

את הנתונים נרכז בטבלה הבאה :

תאריך	חוף	מספר עליות	מספר הטלות	מספר ביצים לקן

הנתונים יסוכמו למספר עליות/ קינים/ ביצים להטלה לשנה (ראה טבלה לעיל), ולצורך ההשוואה זו תיערך הטבלה הבאה :

שנים	חוף	מספר עליות ממוצע לשנה	מספר הטלות ממוצע לשנה	מספר ביצים בממוצע לקן
1993-2002	דור הבונים			
2003-2011	דור הבונים			
1993-2002	נווה ים			
2003-2011	נווה ים			

בניתוח התוצאות יושווה הממוצע השנתי לפני ההכרזה על השמורה (2002) ואחרי ולשנת הבדיקה, כמו כן, לכל תקופה תיערך השוואה בין שני החופים הנבחרים. כך ניתן יהיה לראות אם מגמת שינוי אפשרית בחוף הבונים (ההשוואה לעבר בחוף זה), תהיה קשורה להכרזת השמורה או למגמה כללית (לפי מגמת השינוי בנווה ים).

הניתוח סטטיסטי בכל השוואה יהיה באמצעות מבחן Wilcoxon signed rank.

אנו משערים כי יהיה יתרון מובהק, שיגבר מ-2002 לטובת חוף דור הבונים לאור ההקפדה בשמורות חופיות וימיות בנושא.

6.1 ניתוח נתונים:

Shannon-Wiener diversity index – הוא מדד המודד את המגוון הביולוגי בחברה אקולוגית נתונה. השימוש העיקרי בו הוא להשוואת המגוון בין שתי חברות ביולוגיות או יותר. המדד לוקח בחשבון הן את העושר הביולוגי בבית הגידול והן את התפוצה היחסית של כל מין בחברה, כלומר את מספר המינים ואת הפיזור בין המינים של סה"כ הפרטים בבית הגידול.

מתואר לפי הנוסחה הבאה:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

5.1.1 פרמטרים:

- S - מספר המינים (או הרמה הטקסונומית שנבחרה).
- n_i - מספר הפרטים של כל מין (או הרמה הטקסונומית שנבחרה).

- p_i - חלקו היחסי של כל מין (או הרמה הטקסונומית שנבחרה) בחברה = $\frac{n_i}{N}$
- N - מספרם הכולל של הפרטים בחברה = $\sum_{i=1}^S n_i$

ככל שהערך של H' גדול יותר, קיים סיכוי רב יותר שהפרט הבא שיבחר לא יהיה שייך לאותו מין. במילים אחרות, ככל שהערך של H' גדול יותר מגוון המינים גדול יותר. עם זאת, יש לציין כי שתי חברות עם אותו אינדקס מגוון מינים לא בהכרח בעלות אותו עושר מינים ושיווינויות בין המינים. הערכים לרב נעים בין 0.5-4, כשהערך המקסימלי שווה ל-LN של מספר המינים כשיש שוויון בין כל המינים. המדד רגיש למספר הכולל של המינים (Spellerberg and Fedor, 2003).

המדד יופעל על בדיקת הדגה ובדיקת חסרי החוליות ע"פ הנתונים שירוכזו בטבלה הבאה:

מין	מספר פרטים בחברה	חלק יחסי בחברה
-----	------------------	----------------

❖ עושר המינים (species richness) - מספר המינים שהופיעו בכל חזרה (S) (Gotelli 2001 and Colwell).

המדד יופעל על בדיקת הדגה ובדיקת חסרי החוליות ע"פ מספר המינים הכולל בכל בדיקה.

5.1.2 עקומת K -dominance - מינים מדורגים בה על פי הדומיננטיות שלהם. בציר ה-X, ערך לוגי של דירוג המינים, כאשר המין הדומיננטי ביותר נמצא בראשית הצירים. ובציר ה-Y הערכים של הדומיננטיות המצטברת עד 100%. מניתוח אחוזי התרומה של המינים השונים ניתן להשוות פרופילי מגוון מינים בין דוגמאות שונות. העקומה מראה מינים לפי הדירוג בכל דוגמה. Lamshead et al. (1983). מדד זה יופעל על בדיקת הדגה ובדיקת חסרי החוליות ע"פ הנתונים שיסודרו באקסל לפי דומיננטיות ויערכו בטבלה הבאה:

מין	מספר פרטים	חלק יחסי בחברה	שכיחות יחסית מצטברת (חלק יחסי+שכיחות יחסית מצטברת של הפרט הקודם)
-----	------------	----------------	---

עקומה זו נותנת תמונה ויזואלית לגבי פיזור הפרטים בין המינים השונים. חברה מגוונת ושיוויונית תציג עקומה עם שיפוע מתון וה"פלאטו" (השלב בו העקומה כמעט ומקבילה לציר ה-X) של הגרף יגיע בשלב מאוחר יחסית. לעומת זאת חברה בה יש מין או מספר מינים דומיננטיים בלבד, כשלשאר תרומה מינימאלית להרכב החברה תציג שיפוע תלול והגעה מוקדמת יחסית לשלב ה"פלאטו".

עקומה זו תורמת להערכה ולהשוואה איכותית של הבדיקות, בנוסף לבדיקות המובהקות הסטטיסטיות.

העקומה תוצג בבדיקת הדגה ובדיקת חסרי החוליות ע"פ מספר המינים הכולל בכל בדיקה (ושטח כיסוי בבדיקת חסרי החוליות).

5.1.3 שפיעות יחסית - מחושבת לפי יחס בין מספר ההופעות של כל מין בטרנסקט לבין סה"כ ההופעות של כל המינים בטרנסקט. מתוך כך יוצג טרנסקט מייצג של כל הקוואדרטים אשר הופיעו בו. אקראיות הקוואדרטים הכרחית לקבלת תוצאה מייצגת של מדד זה (MacArthur, 1960). המדד יופעל על בדיקת הדגה ובדיקת חסרי החוליות.

6. מסקנות אפשריות כלליות

ככלל, ככל שיהיו יותר מדדים ובדיקות מובהקים לטובת חוף דור-הבונים מול הנתונים שלו לפני הכרזת השמורה ומול נווה ים, נסיק כי ישנה השפעה חיובית יותר להכרזת השמורה על המגוון והמערכת האקולוגית. במקרה קיצון הראשון בו כל מדדי העושר, המגוון והפיזור מובהקים סטטיסטית לטובת דור הבונים לאחר ההכרזה, נסיק באופן חד משמעי כי הכרזה על שמורת טבע ימית מיטיבה עם המגוון והעושר הביולוגי ונמליץ על יעילותו של כלי זה. במקרה הקיצון השני בו לא יהיה שום הבדל ומובהקות סטטיסטיות במדדי העושר, המגוון והפיזור, נסיק כי כלי זה אינו תורם למגוון הביולוגי ולא משרת חלק מהמטרות לשמן יושם.

אנו משערים כי התוצאות יהיו בטווח ביניים של מקרי קיצון אלו: חלק מהמדדים בדור-הבונים יהיו נבדלים ומובהקים סטטיסטית וחלקם לא, ביחס לעבר וביחס לנווה ים. במקרה שכזה, נמליץ על מחקרי המשך בנושא אשר יבדקו איך האכיפה הספציפית בשמורה בתחום מסוים (דיג, חסרי חוליות, צבים וכו') משפיעה על המגוון והעושר הביולוגיים. במחקרים מסוג אלה, המסקנות יהיו לגבי הניהול והאכיפה בשמורת טבע ימית מוכרזת ולא רק לגבי ההכרזה עצמה. מחקר השוואתי בין סוגי אכיפה שונים הקיימים בשמורות עשוי גם הוא לחדד את הנושא.

מחקרים נוספים שיש לעשות על מנת להרחיב ולבסס תוצאותיו של מחקר זה הם מחקרים דומים על אזורים נוספים לאורך חופי ישראל (מחקר זה בדק שני חופים כמקרה בוחן). כמו כן, יתרמו מחקרים נוספים אשר יבודדו השפעות אנתרופוגניות ספציפיות על המגוון בחופים הנבדקים.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln p_i$$

7. סיכום

צמצום השטחים הפתוחים לאורך חופי הים התיכון, לחצי הפיתוח, סכנות הזיהום והלחצים האקולוגיים על המינים והמשאבים הטבעיים שבים ובחופים מעמידים בסכנה את מגוון בתי הגידול והמינים שבהם. עם עליית המודעות הציבורית והמדעית לחשיבות ערכי הטבע שבים ובחופים, יש להעמיד אמצעי הגנה ראויים.

ההכרזה על חוף וים כעל שמורת טבע הינה אחד מהאמצעים הטובים ביותר לכך, בנוסף למחויבות לאמנת ברצלונה, לחוק השמירה על הסביבה החופית והימית ולשאר החוקים שצוינו בנושא. לכן, חשובה בדיקת יעילותו של אמצעי זה. מחקר זה יבדוק כיצד משפיעה ההכרזה על חוף וים כעל שמורת טבע, על המגוון הביולוגי בשמורה. ייערך סקר מגוון ביולוגי בשני חופים שישמשו כמקרי בוחן: חוף דור-הבוניים- המוגדר כשמורת טבע ימית וחוף נווה ים- שאינו מוגדר כשמורת טבע ימית. שני החופים הללו הם בעלי מאפיינים של חוף סלעי ולכן ההשוואה ביניהם יכולה להציג תוצאות מהימנות. בעבודה זו תיערך סקירה של מספר קבוצות אורגניזמים – דגה, חסרי חוליות ימיים, חסרי חוליות בחוף (חולוניים) וצבי-ים.

מטרתו של המחקר היא לקבל אינדיקציה כיצד משפיעה ההקמה של שמורת טבע ימית על המגוון הביולוגי בחופי ישראל. מטרה נוספת היא איסוף ידע ונתונים שיוכלו לשמש (לצד ידע ונתונים שייאספו ממחקרים דומים) כבסיס ידע למסמכי מדיניות שמירת הסביבה החופית והימית. כאמור, שמורת טבע ימית הינה אמצעי חדש יחסית להגנה על שטחים פתוחים בישראל, שיעילותו טרם נחקרה. אנו סבורים כי מחקר ובדיקה של השפעת הכלי של "הכרזה על שמורת טבע ימית" יהוו אינדיקציה ליעילותו, ולחשיבות קידום ההכרזה של שמורות טבע ימיות נוספות. בנוסף לזאת, מחקר, לצד פעילות ארגונים סביבתיים וחקיקה, עשויים לקדם את אישור ההכרזה של שמורות טבע ימיות נוספות הנמצאות בתהליכי הכרזה.

מסמך המדיניות המקיף האחרון לשמירת הסביבה החופית והימית (אנגרט ויהל, 2011) מצביע על חשיבות הקשר שבין סקרים ומחקרים מדעיים לבין שימוש בכלי של הכרזה על שמורות טבע ימיות להגנה על ערכי הטבע. למשל, בתקופה זו נערך מחקר של רטי"ג בשיתוף "חקר ימים ואגמים לישראל", שבין היתר, משווה בין חברת החי באיי אכזיב, שהם שמורת טבע, לבין האיים מדרום, שאינם שמורת טבע, אך מיועדים להיות חלק משמורת הטבע הימית הגדולה המוצעת, ראש הנקרה.

מסמך המדיניות מציע להכריז על 20% מהשטח הימי של ישראל כעל שמורות טבע. ההצעות מתבססות על איסוף נתונים מסקרים ומחקרים מדעיים שבוצעו באזורים המדוברים. על פי ממצאי הסקרים והמחקרים, בתוך כל מקטע התייחסות במסמך הוחלט היכן להציע הכרזה כשמורת טבע. תוצאות מחקרים מסוגם של מחקר זה המוצע בעבודתנו, עשויים להשתלב בעדכונים השוטפים של מסמך המדיניות האמור, ולתרום לעיצוב מדיניות שמירת הטבע בסביבה הימית והחופית. תוצאות מחקר זה יכוונו מחקרי המשך לבדיקת אכיפה ספציפית בשמורות, ולהרחבה ולביסוס המידע ההשוואתי בין אזורים שמורים לכאלו שאינם.

8. ביבליוגרפיה

- אלמגור, ג., 2005. חוף הים התיכון של ישראל. משרד התשתיות הלאומיות, המכון הגיאולוגי, ירושלים. דו"ח מס' GSI/13/02
- אנגרט, נ., יהל, ר., 2011. מדיניות שמירת הטבע בים התיכון: שמורות טבע ימיות ככלי לשימור הסביבה והמגוון בים התיכון. רט"ג.
- גבריאל, י., פלדמן, ע., רול, אורי., 2010. מצגת המגוון הביולוגי בישראל, עבור קמפוס טבע, אוניברסיטת תל אביב.
- גור, א., 2004. מתחת למים, 44 אתרי צלילה בישראל. מפה הוצאה לאור.
- גליל, ב., גורן, מ. ואורטל, ר., 2001. שקמונה בין כרמל לים. הוצאת דפוס אוניברסיטת תל אביב.
- גליל, ב., גורן, מ., 2006. מסמך ביולוגי שמורת ים גדור. המכון הלאומי לאוקיאנוגרפיה חקר ימים ואגמים לישראל, חיפה ואוניברסיטת תל אביב.
- יהל, ר' ושקדי, י., 2009. איך ראוי לשמור על המגוון הביולוגי בים התיכון? מצגת חטיבת מדע, רט"ג. לוי, יניב. ברש, עדי., 2011 סיכום פעילות לאישוש אוכלוסיות צבי-ים בים התיכון. המרכז להצלת צבי ים, מכמורת. <http://parks.org.il/sigalit/tzabimDoc2010.pdf>
- עינב, ר., 2000. חוף הבונים פרוגרמה. מסמך עבור רט"ג.
- פיש, ד. 2002. דיני איכות הסביבה בישראל, הוצאת מחשבות, עמ' 273-239, 431-404, 605-584.
- פרבולוצוק אבי. פולק גד. 2001. אקולוגיה התאוריה והמציאות הישראלית. הוצאת כרטא, ירושלים.
- שפניר, א., 2008. דו"ח סופי: מחקר שטחים ימיים מוגנים – עתלית. המכון ללימודי-ים ע"ש ליאון רקנאטי, החוג לציוויליזציות ימיות, אוניברסיטת חיפה
- בית הספר למדעי הים והסביבה הימית, 2008. דו"ח סיום בקורס הכרת המערכת החופית ב', השפעת הדייגים על הרכב החברה של טבלאות הגידוד, מכמורת. בית הספר למדעי הים והסביבה הימית, 2009. דו"ח סיום בקורס אקולוגיה יישומית, סקר ימי דור - הבונים לאיתור גבולות להקמת שמורה ימית, מכמורת.
- החברה להגנת הטבע. 1996. סקר משאבי טבע ונוף, חוף הכרמל, נוה ים- דור, יולי 1996.
- המשרד להגנת הסביבה, 2002. *מדיניות וכלים לשמירה על החופים הפתוחים – דו"ח ביינים מספר 1 – רקע להגדרת מדיניות, הוצאת המשרד להגנת הסביבה בשיתוף החברה להגנת הטבע, רשות הטבע והגנים, הקרן הקיימת לישראל, מינהל התכנון במשרד הפנים ומשרד האוצר.*
- משרד הפנים, 1999. מנהל התכנון, *מסמך מדיניות, הועדה למימי חופין*
- משרד הפנים, 2007א. מנהל התכנון, *מסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות - דוח מסכם – יולי 2007*
- משרד הפנים, 2007ב. מנהל התכנון, *מסמך מדיניות לאיים מלאכותיים לתשתיות - דוח מסכם לקראת דיון בולחו"ף*
- משרד הפנים, 2010. הודעת דובר משרד הפנים, 3/8/2010, *הנחיות לעריכת תסקיר השפעה על הסביבה למתקן קבלה לגז טבעי באסדה בים.*

המשרד להגנת הסביבה, 2006. *צבי הים*, 20.6.2006, אתר המשרד להגנת הסביבה :
<http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWh>
o=sea_turtle&enZone=sea_turtle [נבדק: 23.7.2011]

המשרד להגנת הסביבה, 2010 א. מה מצב המגוון הביולוגי בחופי ישראל? 24.3.2010, אתר המשרד להגנת הסביבה :

<http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Obj&enDispWho=Articals^I1178&enZone=biodiversity> 2010 [נבדק : 23.7.2011]

המשרד להגנת הסביבה, 2010 ב. הגנת הסביבה הימית, אתר המשרד להגנת הסביבה, 15.6.2010. http://www.sviva.gov.il/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=heterim_hazrama_yam&enZone=sea_pollution [נבדק : 25.7.2011]

המשרד להגנת הסביבה, 2011 א. אמנת ברצלונה. 19.1.2011, אתר המשרד להגנת הסביבה : http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=convention_barcelona&enZone=convention_barcelona [נבדק : 23.7.2011]

המשרד להגנת הסביבה, 2011 ב. חוק שמירת הסביבה החופית 12.1.2011, אתר המשרד להגנת הסביבה : http://www.sviva.gov.il/Enviroment/bin/en.jsp?enPage=BlankPage&enDisplay=view&enDispWhat=Zone&enDispWho=sviva_hofit&enZone=sviva_hofit [נבדק : 23.7.2011]

רשות הטבע והגנים, 2010. שמורות וגנים מוכרזים. 6.2.2011, אתר רשות הטבע והגנים : <http://parks.org.il/sigalit/muchrazim1-2010.pdf> [נבדק : 18.6.2011]

משרד החינוך. המרכז לטכנולוגיה חינוכית, אתר המרכז לטכנולוגיה חינוכית : <http://lib.cet.ac.il/> טבע ונופים בישראל. אתר <http://www.inature.info> 28.5.2011 [נבדק : 18.6.2011]

מדינת ישראל. חוק גנים לאומיים, שמורות טבע, אתרים לאומיים ואתרי הנצחה, התשנ"ח-1998.

מדינת ישראל. חוק מניעת זיהום ים ממקורות יבשתיים, התשמ"ח-1988.

מדינת ישראל. חוק מניעת זיהום הים (הטלת פסולת), התשמ"ג-1983.

מדינת ישראל. חוק מניעת זיהום הים ממקורות יבשתיים, התשמ"ח-1988.

מדינת ישראל. פקודת מניעת זיהום מי ים בשמן [נוסח חדש], התש"ס-1980.

מדינת ישראל. תוכנית מתאר ארצית חלקית לחופים מס' תמ"א 13 לחופי הים התיכון .

מדינת ישראל. תוכנית מתאר ארצית לגנים לאומיים, שמורות טבע ושמורות נוף, מס' תמ"א 8.

תקנות גנים לאומיים ושמורות טבע (איסור פגיעה בערכי-טבע מוגנים וההגנה עליהם), התשכ"ח – 1968.

תקנות שמורות הטבע (סדרים והתנהגות), התשל"ט-1979.

תקנות גנים לאומיים ושמורות טבע ואתרי הלאום (איסור פגיעה בערכי טבע מוגנים), התשמ"ד- 1983.

Abelson, A., Ben-Tzvi, O. and Michaeli, O., 2010. Status report of the coral reefs of Puerto Princesa: Assessment for conservation action. For municipality of Puerto Princesa.

Connell, J.H, 1978. Diversity in Tropical Rain Forests and Coral Reefs. Science, New Series, Vol. 199, No. 4335. pp. 1302-1310.

- Diamant, A., 1977. A quantitative and qualitative analysis of a fish community of an artificial reef in the Mediterranean Sea, with comparison to those of natural biotopes. M. SC. thesis, Hebrew University, Jerusalem, Israel, 106 pp.
- Diamant, A. Ben-Tuvia, A. Baranes, A. and Golani, D., An analysis of rocky coastal eastern mediterranean fish assemblages and a comparison with an adjacent small artificial reef. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1986, Vol. 97, pp. 269-285
- Demetropoulos, A. and Hadjichristophorou, M., 1995. Manual on Marine Turtle Conservation in the Mediterranean. UNEP (MAP) SPA/IUCN/CWS/Fisheries Department, MANRE (Cyprus). 24pp.
- Fishelson, L. 2000. Marine animal assemblages along the littoral of the Israeli Mediterranean seashore: The Red-Mediterranean Seas communities of species. *Italian Journal of Zoology* 67: 393 - 415.
- Galil, B. 2000. A Sea Under Siege – Alien Species in the Mediterranean. *Biological Invasions* 2: 1387-3547
- Galil, B., 2007. Loss or gain? Invasive aliens and biodiversity in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 55: 314-322
- Gotelli, N. J. and Colwell, R. K., 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, 4: 379–391
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1461-0248.2001.00230.x/full>
- Hyams, O., Almogi-labin, A. & Benjamini, C. (2002). Larger foraminifera of the southeastern Mediterranean shallow continental shelf off Israel. *Israel Journal of Earth Sciences*, 169–179, 51.
- Lambshead PJD, Platt HM & KM Shaw, 1983. Detection of differences among assemblages of marine benthic species based on an assessment of dominance and diversity. *J. Nat. Hist.* 17: 859-874.
- MacArthur, R., 1960. On the Relative Abundance of Species, *The American Naturalist* Vol. 94, No. 874 (Jan. - Feb.), pp. 25-36
- Safrieli, U.N., 1975. The role of Vermatid Gastropods in the formation of Mediterranean and Atlantic reefs. *Oecologia (Berl.)* 20, pp 85-101
- Safrieli, U. N. Keasar, T. and Dolev, Y. 1992. MEDPAN Exploratory limpet program, Israel, a report. Dep. of Evolution, Systematics & Ecology. The Hebrew University of Jerusalem.

Spellerberg, I. F., and Fedor, P. J., 2003. A tribute to Claude Shannon (1916–2001) and a plea for more rigorous use of species richness, species diversity and the “Shannon-Wiener” index. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 12:177–179

Strachan P. H., Smith R. C., Hamilton D. A.B., Taylor A. C., Atkinson R. J. A., 1999. Studies on the ecology and behaviour of the ghost crab, *Ocypode cursor* (L.) in northern Cyprus. *Scientia Marina*, Vol 63, No 1.

Barcelona Convention (1995). Protocol Concerning Specially Protected Areas and Biological Diversity in the Mediterranean.

טבלה מספר 1 : מיני האצות שנמצאו בחוף הבונים (רובן בתחום הכרית) על פי לונדברג, 1996

<i>Acanthophora najadiformis</i> (Delile) Papenfuss
<i>Acetabularia acetabulum</i> (L.) Silva
<i>Acetabularia parvula</i> Solms-Laubach
<i>Acrochaetium</i> sp.
<i>Alsidium corallinum</i> C. Ag.
<i>Alsidium helminthochorton</i> (La Tourette) Kutzing
<i>Amphiroa</i> sp.
<i>Botryocladia botryoides</i> (Wulfen) J. Feldmann
<i>Bryopsis plumosa</i> (Hudson) C. Ag.
<i>Caulerpa racemosa</i> (Forsskal)
<i>Centroceras clavulatum</i> (C. Ag.) Montagne
<i>Ceramium bertholdii</i> Funk
<i>Ceramium</i> sp.
<i>Chondria dasyphylla</i> (Woodward) C. Ag.
<i>Chrysymenia ventricosa</i> (Lamouroux) J. Ag.
<i>Chrysymneia pinnulata</i> J.Ag. in Zanardini
<i>Cladophora pellucida</i> (Hudson) Kutzing
<i>Cladophora prolifera</i> (Roth) Kutzing
<i>Cladophoropsis</i> (Kutz) Boersg
<i>Codium elongatum</i> (Turner) C.Ag.
<i>Colpomenia peregrina</i> (Sauvageau) Hamel
<i>Colpomenia sinuosa</i> (Martens) Derbes & Solier
<i>Colpomenia</i> sp.
<i>Corallina elongata</i> Ellis & Solander
<i>Corallina mediterranea</i> Areschoug
<i>Corallina</i> sp.
<i>Cystoseira abrotanifolia</i> C. Ag.

<i>Cytoseira fimbriata</i> (Desfontaines) Bory
<i>Dasya</i> sp.
<i>Dictyopteris membranacea</i> (Stackhouse) Batters
<i>Dictyopteris polypodioides</i> (De candolle) Lamour
<i>Dictyota dichotoma</i> (Hudson) Lamouroux
<i>Dictyota fasciola</i> (Roth) Lamouroux
<i>Dictyota</i> sp. <i>Dilophus fasciola</i> (Roth) Howe
<i>Ectocarpus</i> sp.
<i>Ectocarpus tomentosum</i>
<i>Enteromorpha clathrata</i> J. Ag.
<i>Enteromorpha compressa</i> (Linnaeus) Greville
<i>Enteromorpha intestinalis</i> (Linnaeus) Link
<i>Enteromorpha linza</i> (Linnaeus) J. Ag.
<i>Gelidiella</i> sp.
<i>Gigartina</i> sp.
<i>Gracilaria bursa pastori</i> (Gmelin) Silva
<i>Gracilaria compressa</i> (C. Ag.) Greville
<i>Gracilaria dendroides</i> Garguilo, De Masi et Tripodi
<i>Hypnea cornuta</i> (Kutzing) J. Ag.
<i>Hypnea musciformis</i> (Wulfen) Lamouroux
<i>Jania rubens</i> (Linnaeus) Lamouroux
<i>Laurencia obtusa</i> (Hudson) Lamouroux
<i>Laurencia papillosa</i> (C. Ag.) Greville
<i>Nemalion helminthoides</i> (Vellay) Batters
<i>Padina gymnospora</i> (Kutzing) Vickers
<i>Padina pavonia</i> (Linnaeus) Gaillon
<i>Peyssonnelia squamaria</i> (Gmelin) Decaisne
<i>Porphyra linearis</i> Greville
<i>Rytiphloea tinctoria</i> (Clemente) C. Ag.
<i>Sargassum vulgare</i> C. Ag.

<i>Spatoglossum solierii</i> (Chauv.) Kutzing
<i>Spyridia</i> sp.
<i>Taonia atomaria</i> (Woodward) J. Ag.
<i>Udotea petiolata</i> (Turra) Borgesen
<i>Ulva fasciata</i> Delile
<i>Ulva intestinalis</i> Linnaeus
<i>Ulva lactuca</i> (L) Le Jolis
<i>Valonia utricularis</i> (Roth) C. Ag.
<i>Zonaria tournefortii</i> (Lamour.)Mont.

טבלה מספר 2: רשימה חלקית של בעלי חיים שנמצאו בתחום הכרית

מעובדת על פי בנימיני וענבר, (1982) ואחרים.

מיני תולעים -	טרם הוגדרו כל המינים.
עכובון האצות	<i>Acanthonyx lunulatus</i>
שושנה אדומה	<i>Actinia equina</i>
קרנון	Blennidae
בוטריל פרחוני	<i>Botrylloides schlosseri</i>
בוצית גדולה	<i>Brachidontes variabilis</i>
כיטון	<i>Chiton sp.</i>
בלוטון ים	<i>Chthamalus sp.</i>
ספוג	<i>Cliona sp.</i>
תולען	<i>Dendropoma petraeum</i>
קיפוד ים	Echinoidea
סלעון זיפי (משויש)	<i>Eriphia verrucosa</i>
מלפפון ים	Holothuroidea
תמר הים	<i>Lithophaga lithophaga</i>
חופית	<i>Littorina sp.</i>
חיטחביים	Membranipora
תמנון החוף	<i>Octopus vulgaris</i>
אלמוג	<i>Oculina patalonia</i>
נחשוני ים	Ophiuroidea
קפצן מצוי	<i>Palaemon elegans</i>
צלחית	<i>Patella sp.</i>
תולען	<i>Vermetus triquetraeum</i>

<i>Mullus surmuletus</i>	<i>Boops</i>
<i>Oblada melanura</i>	<i>Chelon labrosus</i>
<i>Pomadasys bennetti</i>	<i>Crenilabrus quinque maculatus</i>
<i>Pranesus pinguis</i>	<i>Cristiceps argentatus</i>
<i>Raja clavata</i>	<i>Diplodus cervinus</i>
<i>Sarpa salpa</i>	<i>Diplodus sargus</i>
<i>Scartella cristata</i>	<i>Diplodus vulgaris</i>
<i>Scorpaena porcus</i>	<i>Euscarus cretensis</i>
<i>Siganus rivulatus</i>	<i>Gobius paganellus</i>
<i>Symphodus ocellatus</i>	<i>Lithognathus mormyrus</i>
<i>Thalassoma pavo</i>	<i>Mugil cephalus</i>
	<i>Mugilids (juv)</i>

9.4 נספח ד'

טבלה מספר 4: רשימת מיני חסרי החוליות שנאספו בשמורת הבונים על פי דייאמנט, 1977

Foraminifera: Textularia sp.	חורריות
Porifera: sycon sp. Chondrosia sp. Thethya sp.	ספוגיים
Coelenterata:	
Hydrozoa: Halocordyle sp. Agalopyxis septifera Orthopyxis sp.	הדרתיים
Anthozoa: Bunodactis sp. Anemonia sulcata Cladocora sp.	אלמוגיים
Bryozoa: Zoobothryon sp.	חיטחביים
Polycheta: Pontogenia sp. Platyneris sp. Spirorbis corrugatus Polyopthalmus sp. Dasychone cingulata	תולעים רב זיפיות
Cirripedia	זיף רגליים

Balanus sp.	(בלוטי ים)
Isopoda Gnathia sp. Idothea sp.	שווי הרגליים
Amphipoda: Elasmopus sp.	קפזרגליים
Tanaidacea Tanais sp.	
Decapoda	מעשירי רגליים
Alpheidae: Alpheus dentipes Alpheus sp. Synalpheus hululensis	
Hyppolitidae Hyppolyte leptocerus	
Palaeomonidae: Leander serratus	
Pagurinae: Pagurus anachoretus Eupagus sp. Clibanarius sp. Diogenes pugilator	
Porcellanidae: Porcellana platychelles	
Majidae: Acanthonyx lunulatus Pisidia longimana	
Portunidae:	

Portunus sp.	
Xanthidae: Xantho floridus Eriphia sp.	
Mollusca:	רכיכות
Gastropoda: Diopora sp. Conus mediterraneus Pisania striata Murex brandaris Cantharus sp.	חלזונות
Nudibranchia: Elysia viridis	
Pelecypoda: Modiolus barbatus Brachiodontes variabilis Pteria sp. Cardium sp. Benguinea sp. Ostrea sp.	
Cephalopoda: Octopus vulgaris	דינונאים (תמנון)
Echinodermata:	מערכת קווצי עור
Asteroidea: Asterina gibbosa	כוכבי ים
Ophiuroidea: Ophiothrix fragilie	נחשוני ים

Amphipholis sp.	
Ophioderma sp.	
Echinoidea: Arbacia lixula	קיפודי ים
Holothuroidea: Holothuria impatiens Cucumaria sp. Pseudocnus sp.	מלפפוני ים
Asciacea: Botrylloides sp. Didemnum sp. Styla sp.	

9.5 נספח ה'

טבלה מספר 5: רשימת מיני חסרי החוליות שנאספו בשמורת הבונים באזור הליטורל, גור 1993
מסמל מין שנצפה בחוף החולי. העמודה השמאלית מציגת את דרגת השכיחות ע"פ הדרוג:
1 - נפוץ מאוד, 2 - נפוץ, 3 - קיים בשטחים מסויימים, 4 - מזדמן, 5 - נדיר (עד כדי פרטים בודדים).

	<u>Chordata</u>	<u>מערכת מיתרנים</u>
	<u>Tunicata</u>	<u>אצטלנים</u>
1	<i>Botrylloides schlosseri</i>	בוטריל פירחוני
2	<i>Botrylloides leachi</i>	
2	<i>Didemnum maculoseri</i>	קרומית ברודה
4	<i>Halocynthia papillosa</i>	אצטלן תפז
	<u>Echinodermata</u>	<u>מערכת קווצי העור</u>
	<u>Echinoidea</u>	<u>מחלקת קיפודי ים</u>
2	<i>Paracentrotus lividus</i>	קיפודן סגול

2	<i>Arbacia lixula</i>	קיפודן שחור
		<u>מחלקת נחשוני ים</u>
4	<i>Ophiothrix fragilis</i>	דקרן שבירי
4	<i>Ophioderma longicauda</i>	גלדיית ארוכת זרועות
	<i>Holothuroidea</i>	מחלקת מלפפוני ים
2	<i>Holothuria tubulosa</i>	גלילן צינורי
4	<i>Holothuria forskali</i>	גלילן פורסקל
3	<i>Cucumaria planci</i>	גלילנית מגושמת
	<u>Mollusca</u>	<u>מערכת רכיכות</u>
	<u>Polyplacophora</u>	<u>מחלקת כיטונים</u>
4	<i>Chiton olivaceus</i>	כיתון זיתני
4	<i>Isochnochiton rissoi</i>	כיתון מקוקו
4	<i>Middendorffia caprearum</i>	כיתון גרגרי
	<u>Gastropoda</u>	<u>מחלקת חלזונות</u>
4	<i>Diodora graeca</i>	יסדוק יוני
4	<i>Diodora italica</i>	יסדוק איטלקי
4	<i>Fissurella nubecula</i>	יסדוק הכרית
2	<i>Patella caerulea</i>	צלחית מכחילה
2	<i>Patella aspera</i>	צלחית מחוספסת
1	<i>Monodonta turbinata</i>	חדשן משובץ
4	<i>Gibbula sp.</i>	גבנונית
5	<i>Clanculus sp.</i>	קלנקולית
1	<i>Littorina meritoides</i>	חופית חוורת
1	<i>Littorina punctata</i>	חופית מנוקדת

1	<i>Vermetus triquetrus</i>	שלשולן משולש
1	<i>Dendropoma petraeum</i>	צנורן בונה
2	<i>Cerithium vulgatum</i>	מגדלון שכיח
2	<i>Cerithium rupestre</i>	מגדלון הסלעים
2	<i>Cerithium sp.</i>	מגדלון
5	<i>Luria lurida</i>	פי הכושי הנקוד
5	<i>Phalium undulatum</i>	קסדה גלונית
3	<i>Phyllonotus trunculus</i>	ארגמון קהה קוצים
5	<i>Murex (Bolinus) brandaris</i>	ארגמון חד קוצים
3	<i>Thais haemastoma</i>	ארגמונית אדומת פה
4	<i>Ocenebrina edwardsi</i>	ארגמונית קהת צלעות
3	<i>Columbella rustica</i>	יונית מצוייה
5	<i>Fasiolaria lignaria</i>	פלכית חומה
2	<i>Conus ventricosus</i>	חרוט ים תיכוני
3	<i>Aplysia fasciata</i>	ארנב ים מפוספס
5	<i>Elysia sp.</i>	אליזיה
5	<i>Umbraculum mediterraneum</i>	סוכן ים תיכוני
5	<i>Hypselodoris elegans</i>	חשופית נאה
4	<i>Trimusculus garnoti</i>	גרידינייה עגולה
	<u>Bivalvia</u>	<u>מחלקת הצדפות</u>
2	<i>Mytilaster minimus</i>	בוצית קטנה
3	<i>Brachidontes variabilis</i>	בוצית מגוונת
4	<i>Pinctada radiata</i>	פנינית פשוטה
4	<i>Donax trunculus</i>	סירת משה *
4	<i>Petricula lithopaga</i>	סלעונית קודחת

3	<i>Lithophaga lithophaga</i>	תמר היים
	<u>Cephalopola</u>	<u>מחלקת ראש רגליים</u>
3	<i>Octopus vulgaris</i>	תמנון החוף (מצוי)
	<u>Crustacea</u>	<u>מחלקת סרטנים</u>
	<u>Decapoda</u>	<u>מעשירי רגליים</u>
1	<i>Palaemon elegans</i>	קפצן מצוי
3	<i>Alpheus sp.</i>	נקשן
2	<i>Clibanarius erythropus</i>	נזירון אדום רגל
2	<i>Porcellana platycheles</i>	חרסית שטוחת צבת
5	<i>Maja verrucosa</i>	עכובית זוטית
5	<i>Pisa sp.</i>	פיזה
2	<i>Acanthonyx lunulatus</i>	עכובון האצות
2	<i>Eriphia verrucosa</i>	סלען זיפני
3	<i>Xantho hydrophilus</i>	סלעונית
1	<i>Pachygrapsus transversus</i>	שישן דו שן
2	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	שישן תלת שן
4	<i>Callinectes sapidus</i>	שייט כחול
4	<i>Ocyroide cursor</i>	חולן החוף *
4	<i>Gastrosaccus mediterraneus</i>	כיסן ים תיכוני *
	<u>Isopoda</u>	<u>סדרת שווי הרגלים</u>
1	<i>Ligia italica</i>	טחבנית מתחמקת
	<u>Amphipoda</u>	<u>סדרת קפזרגלאים</u>
3	<i>Talitrus saltator</i>	נתרן החוף

	<i>Cirripedia</i>	זיפרגלאים
2	<i>Eurapia depressa</i>	בלוטן שטוח
1	<i>Chthamlus stellatus</i>	בלוטן מצוי
3	<i>Balanus amphitrite</i>	בלוט נמלים
3	<i>Lepas anatifera</i>	ברווזון החוף
	<u>Insecta</u>	<u>מחלקת חרקים</u>
4	<i>Bledius tristis</i>	קצרחרפית החוף *
5	<i>Cicindela sp.</i>	גדית החוף *
	<u>Annelide</u>	<u>מערכת תולעים טבעתיות</u>
	<u>Polycheta</u>	<u>מחלקת תולעים רב זיפיות</u>
1	<i>Spirorbis mediterraneus</i>	סלילונית ים תיכונית
2	<i>Serpula vermicularis</i>	צנורית משוכה
2	<i>Serpula masiliensis</i>	צנורית ים סופית
2	<i>Vermiliopsis infundibulum</i>	צנורית השלבים
2	<i>Pomatoceros triquetor</i>	צנורית משולשת
1	<i>Dasychone lucullana</i>	נרתיקנית שכיחה
4	<i>Eurythoe complanata</i>	זכוכיתית דוקרת
5	<i>Hermodice carunculata</i>	זכוכיתית אדומת זימים
4	<i>Neries sp.</i>	נריס
4	<i>Scolelpis squamata</i>	נרתיק חולית *
4	<i>Nephtys sp.</i>	נפטיס *
	<u>Bryozoa</u>	<u>מערכה חיטחביים</u>
2	<i>Watersipora</i>	נקבובית

4	<i>Membranipora tenuis</i>	פרגודית עדינה
3	<i>Zoobotryon</i>	סעיפנית רכה
	<u>Coelenterata</u>	<u>מערכת נבוביים</u>
	<u>Hydrozoa</u>	<u>מחלקת הידרתיים</u>
3	<i>Aglaophenia pluma</i>	נוצנית לבנה
4	<i>halacordyle distihia</i>	שיחנית ורודה
	<u>Anthozoa</u>	<u>מחלקת אלמוגים</u>
2	<i>Actinia equina</i>	שושנה אדומה
3	<i>Bunodactis gemmacea</i>	פנינית הסדקים
3	<i>Anemonia sulcata</i>	דונוגית צורבת
4	<i>Aiptasia sp.</i>	איפטסיה
5	<i>Cladocora cespitosa</i>	אלמוג הדשא (נדיר!)
	<u>Porifera</u>	<u>מערכת ספוגים</u>
4	<i>Clathrina coriacea</i>	רשתון לבן
3	<i>Chondrilla nucula</i>	כריתן ים תיכוני
3	<i>Cliona viridis</i>	קודחן ירוק
3	<i>Chondrosia reniformis</i>	כלייתן סחוסי
3	<i>Ircinia sp.</i>	סרחן
4	<i>Oscarella lobularis</i>	שעון תכול

9.6 נספח ו'

טבלה מספר 6: סקר המצאי הביוטי בחוף דור הבונים, ע"פ גור, ע. 1994

1. רשימת מיני חסרי-חוליות בחוף הבונים - דור

מתוך: גור ע. (1994), חוף הבונים-דור: סקר המצאי הביוטי.

הסקר בוצע בין יוני 1993 לבין נובמבר 1994, בחוף ועד עומק מים של כ- 2 מ'.

<u>Chordata</u>		מערכת מיתרניים
<u>Tunicata</u>		אצטלניים
Botrylloides schlosseri		בוטרייל פירחוני
Botrylloides leachi		בוטרייל
Didemnum maculosseri		קדומית ברודה
Halocynthia papillosa		אצטלן תפז
<u>Echinodermata</u>		מערכת קווצי-עור
Paracentrotus lividus		קיפודן סגול
Arbacia lixula		קיפודן שחור
Ophiothrix fragilis		דקרן שברייר
Ophioderma longicauda		גלדיית ארוכת-זרועות
Holothuria tubulosa		גלילין צינורי
Holothuria forskali		גלילין פורסקל
Cucumaria planci		גליליית מגושמת
<u>Mollusca</u>		מערכת רכיכות
Chiton olivaceus		כיסון זיתני
Ischnochiton rissoi		כיסון מקווקו
Middendorffia caprearum		כיסון גרגרני
Diodora graeca		יסדוק יוני
Diodora italica		יסדוק איטלקי
Fissurella mubecula		יסדוק הכרית
Patella caerulea		צלחית מכחילה
Patella aspera		צלחית מחוספסת
Monodonta turbinata		חדשן משובץ
Gibbula sp.		גבנונית
Clanculus sp.		קלנקוליית
Littorina neritoides		חופית חיוורת
Littorina punctata		חופית מנוקדת
Vermetus triquetrus		שלשולן משולש
Dendropoma petraeum		צנורן בונה
Cerithium vulgatum		מגדלון שכיח
Cerithium rupestre		מגדלון הסלעים
Cerithium sp.		מגדלון
Luria lurida		פי-הכושני הנקוד
Phalium undulaum		קסדה גלונית

<i>Phalium undulaum</i>	קסדה גלונית
<i>Phyllonotus trunculus</i>	ארגמון קהה-קוצים
<i>Murex brandaris</i>	ארגמון חד-קוצים
<i>Thais haemastoma</i>	ארגמונית אדומת-פה
<i>Ocenebrina edwardis</i>	ארגונית קהת-צלעות
<i>Columbella rustica</i>	יונית מצויה
<i>Fasciolaria lignaria</i>	פלכית חומה

<i>Conus ventricosus</i>	חרוט ים-תיכוני
<i>Aplysia fasciata</i>	ארנב-ים מפוספס
<i>Elysia sp.</i>	אליזיה
<i>Umbraculum mediterraneum</i>	סוככך ים-תיכוני
<i>Hypselodoris elegans</i>	חשופית נאה
<i>Trimusculus garnoti</i>	גדיניה עגולה
<i>Mytilaster minimus</i>	בוצית קטנה
<i>Brachidontes variabilis</i>	בוצית מגוונת
<i>Pinctada radiata</i>	פיניית פשוטה
<i>Donax trunculus</i>	סירת משה
<i>Petricula lithophaga</i>	סלעונית קודחת
<i>Lithophaga lithophaga</i>	תמר הים
<i>Octopus vulgaris</i>	תמנון החוף

מערכת פרוקי-רגליים
מחלקת סרטנים

<i>Palaemon elegans</i>	קפצן מצוי
<i>Alpheus sp.</i>	נקשן
<i>Clibanarius erythropus</i>	נירון אדום-רגל
<i>Porcellana platycheles</i>	חרסית שטוחת-צבת
<i>Maja verrucosa</i>	עכובית זוטית
<i>Pisa sp.</i>	פיזה
<i>Acanthonyx lunulatus</i>	עכובון האצות
<i>Eriphia verrucosa</i>	סלען זיפני
<i>Xantho hydrophilus</i>	סלעונית
<i>Pachygrapsus transversus</i>	שישן דו-שן
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	שישן תלת-שן
<i>Callinectes sapidus</i>	שייט כחול
<i>Ocypode cursor</i>	חולון החוף
<i>Gastrosaccus mediterraneus</i>	כיסן ים-תיכוני
<i>Ligia italica</i>	סחבנית מתחמקת
<i>Talitrus saltator</i>	נתרן החוף
<i>Euraphia depressa</i>	בלוטון שטוח
<i>Chthamalus stellatus</i>	בלוטון מצוי
<i>Balanus amphitrite</i>	בלוט נמלים
<i>Lepasanatifera</i>	ברווחון-ים

בניית מודל GIS לתעדוף שטחים פתוחים עבור מתקנים פוטו-וולטאיים בינוניים

הצעת מחקר המוגשת במסגרת קורס פרויקטים באיכות הסביבה תשע"א

בנושא שטחים פתוחים בישראל

רכז הקורס: פרופ' עמרם אשל

מנחה המחקר: מר נועם סגל

מוגש על-ידי: רן ישר, נעה חזון, נועה אהרוני וינאי שפי

יולי 2011

תודות

למר נועם סגל, על ההנחיה המקצועית ועל ההערות המועילות.
למר דורון אהרון, נציג משרד התשתיות ברשות החשמל, על הארת השיקולים בבחירת יעדי
האנרגיה המתחדשת לשנת 2020.
למר רן דרסלר, יועץ למנהל התכנון במשרד הפנים, על ההכוונה בנושא מדיניות התכנון הארצית.
לחברת greengo על הייעוץ בתחום התשתיות הפיסיות של מתקנים פוטו-וולטאיים.

תוכן העניינים

4	תקציר
5	מבוא
7	סקירת ספרות
16	שאלות המחקר וחשיבותן
17	שיטת המחקר
24	הערכת הקשיים הצפויים במחקר
25	סיכום
26	מקורות

תקציר

התנדלדלות מאגרי הדלקים המחצביים בעולם ושינוי האקלים, הזיהום והמתרחבות הגיאופוליטית הנגרמים כתוצאה מהשימוש בהם מעודדים מדינות רבות, וביניהן ישראל, להפיק אנרגיה ממקורות מתחדשים. אולם אליה וקוץ בה - אנרגיה ממקורות מתחדשים בכלל, ואנרגיה סולארית בפרט, דורשים שטחי קרקע נרחבים - משאב שנמצא במחסור במדינת ישראל הצפופה. המחקר ידון בקונפליקט העומד לפתחה של הממשלה: כיצד ניתן להגדיל את תפוקת החשמל מאנרגיית השמש תוך שמירה מיטבית על השטחים הפתוחים בישראל? לשם כך נבחן החלטות ממשלה, מסמכים של גופים ציבוריים ומחקרים אקדמאיים ונחלץ מהם קריטריונים המבטאים איזון הולם בין השניים. על בסיס קריטריונים אלו נבנה מודל גיאוגרפי מרחבי (GIS) המדרג את מידת התאמת השטחים הפתוחים בישראל להקמת מתקני אנרגיה סולארית. לבסוף נשתמש במודל שבנינו ככלי לבחינת התנהלות מוסדות התכנון בפועל, באמצעות ניתוח המתקנים שאושרו אל מול תוצאות המודל.

מבוא

כ- 87% ממקורות האנרגיה שהניעו את הכלכלה העולמית ב-2010 היו דלקים מאובנים (נפט, פחם וגז טבעי) - דלקים שהשימוש בהם נמצא במגמת עליה מעריכית ומתמשכת מאז המהפכה התעשייתית (כמחצית מכלל האנרגיה המחצבית שנצרכה מאז, נצרכה בשני העשורים האחרונים בלבד). יתר מקורות האנרגיה העולמיים מתחלקים בין אנרגיה הידרו-אלקטרית (7%) ואנרגיה גרעינית (5%). האנרגיות המתחדשות הבאות - אנרגיית השמש, הרוח, הגלים ואנרגיה גיאותרמית, מספקות כיום בערך אחוז בודד מצריכת האנרגיה העולמית (BP 2011).

לדלקים מאובנים מספר יתרונות משמעותיים על פני מקורות אנרגיה חלופיים - הם מאכסנים כמות גדולה של אנרגיה בנפח קטן יחסית ועל כן ניתן לנייד אותם בקלות; הם מספקים גמישות תפעולית לצורך הפקת חשמל (או כל אנרגיה אחרת) לאורך כל שעות היממה ובכל מזג אוויר; ועל אף מחירם המאמיר בשנים האחרונות, הם נותרו מקור זול יחסית להפקת אנרגיה ביחס למקורות מתחרים, בפער משמעותי במיוחד מול הפקת חשמל מאנרגיה מתחדשת (נעמוד על נקודה זו בהמשך). עם זאת, תהליך השריפה של דלקים מאובנים מלווה בשחרור של גזי חממה הגורמים לשינויי אקלים ולהתחממות גלובלית - מהבעיות הסביבתיות הקשות והחמורות ביותר שאיתן התמודדה האנושות מעולם. בשל כך, החל מועידת האו"ם בריו בשנת 1992 החליטו מרבית מדינות העולם על צעדים לקראת הפחתת פליטות גזי החממה, ואף הציבו יעדים ברורים לכך. אך על אף מאמצים אלו, צריכת דלקים פוסיליים ופליטת גזי חממה ברמה הגלובלית ממשיכות לגדול בעקביות (IEA 2011).

לבד מהבעיות הסביבתיות הקשות הנגרמות משריפת דלקים מאובנים, מחקרים רבים מנבאים כי אנו נמצאים במרחק שנים מעטות משיא תפוקת הנפט הגלובלית¹ (Alekklett et al. 2010), שממנה ואילך כמות הנפט המופקת בכל שנה תתאפיין במגמת ירידה. תחזיות דומות נשמעות גם לגבי פחם (Patzek and Croft 2010) וגז טבעי (Hughes 2011). תהליכים אלו יכתיבו מציאת חלופות אנרגטיות, כאשר המקורות המבטיחים ביותר מבחינת הפקה מתמשכת ובת-קיימא הם מקורות המיוצרים מאנרגיה מתחדשת. לפי REN21, תוכנית פעולה בינלאומית לעידוד אנרגיה מתחדשת, השימוש באנרגיה זו בשנים 2005-2010 צמח בכ- 50%-15% בשנה במדינות המפותחות (REN21 2010). מבין כל מקורות האנרגיה המתחדשת הקיימים כיום, ניצול אנרגיית השמש באמצעות תאים פוטו-וולטאים הינה הטכנולוגיה שהציגה את הצמיחה החדה ביותר בשנים אלו מבחינת היקף השימוש והייצור, בין היתר הודות להתפתחות טכנולוגית שהוזילה באופן משמעותי את העלויות (שם).

מדינת ישראל ניצבת בנוסף לבעיות הללו בפני מציאות אנרגטית לא פשוטה - הביקוש לחשמל גדל כתוצאה מגידול האוכלוסיה ומהעלייה ברמת החיים, בעוד שעתודות (רזרבות) החשמל קטנות, אספקת האנרגיה מתאפיינת בחוסר יציבות (חבלות ותקלות חוזרות ונשנות בצינור הגז ממצרים), ומשק החשמל מבודד (לישראל אין הסכמי שיתוף חשמל עם שכנותיה כפי שנהוג באירופה). אתגרים אלו מעודדים פיתוח של משק אנרגיה מקומי, יציב ונקי. מבין האנרגיות

¹ נפט הינו הדלק המחצבי המבוקש ביותר - הביקוש אליו גבוה יותר מהביקוש למתחריו הפוסיליים - פחם וגז טבעי (BP 2011).

המתחדשות, לאנרגיה סולארית פוטנציאל משמעותי בישראל הודות לקרינת השמש החזקה האופיינית לאזור.

עקב האכילס של הפקת חשמל מאנרגיה סולארית הוא שהיא צורכת שטחים נרחבים. ישראל מתאפיינת בגידול האוכלוסיה המהיר ביותר מבין כל המדינות המפותחות (CIA 2011), והיא בעלת שטח קטן יחסית - ולפיכך היא גם אחת המדינות הצפופות ביותר מבין כל המדינות המפותחות (UN 2010). במציאות זו, עתודות השטחים הפתוחים, במיוחד לאור תהליכי פרבור מתמשכים, הלכו והצטמצמו במהירות עם השנים. המודעות לחשיבותם של השטחים הפתוחים מחלחלת בעשורים האחרונים לארגונים סביבתיים, חברתיים ולגופים ציבוריים. ערכם המכריע לתפקודן התקין של המערכות האקולוגיות, לנופש ופנאי (במיוחד עבור אוכלוסיות עירוניות), וכיעד חשוב לתיירות, הפכו את השטחים הפתוחים בישראל לאחת מזירות המאבקים המרכזיות של ארגוני הסביבה. התהליכים הדמוגרפיים והעלייה ברמת החיים של האוכלוסיה בישראל מנבאים לחצים הולכים וגוברים לניצול מואץ של השטחים הפתוחים הפנויים שנותרו לצורך פיתוח תשתיות, מגורים, תעשייה וכן הלאה. מתקנים להפקת אנרגיה סולארית הינם צרכן נוסף המתחרה על שטחים פתוחים (ובזבזני במשאב הקרקע ביחס לחלופות אחרות להפקת אנרגיה כפי שנראה בהמשך), ובקונטקסט זה בחרנו לבחון בעבודה זו את טיוב ההקצאה של השטחים הפתוחים לטובת הפקת חשמל מאנרגיית השמש. לאחר שסקרנו כאן בקצרה את הרקע לקונפליקט שבו יעסוק המחקר (החשיבות של הפקת אנרגיה מתחדשת מול הצורך בשמירה על שטחים פתוחים), נפנה כעת לניתוח ספרות העוסקת בנושא זה.

סקירת ספרות

אנרגיה מתחדשת מול שטחים פתוחים (Green Vs. Green) - קונפליקטים מהעולם

הצמיחה המהירה בסקטור האנרגיה המתחדשת אילצה את ארגוני הסביבה בכל העולם לפתח אסטרטגיות לצורך התמודדות עם הקונפליקט שבין שני אינטרסים סביבתיים מובהקים - ייצור מקסימום אנרגיה מתחדשת מצד אחד, ובו בעת צמצום הפגיעה בשטחים פתוחים למינימום מצד שני.

קליפורניה יכולה לשמש במקרה מבחן לתוצאותיו של קונפליקט שכזה. הממשלה המקומית הציבה יעד שאפתני של הפקת 33% מהחשמל מאנרגיה מתחדשת עד שנת 2020. לפי נתוני הממשלה, מעל 40 חוות סולאריות נמצאות כעת בשלבי פיתוח שונים, ורובן ככולן מתמודדות עם התנגדויות שונות של תושבים (California Energy Commission 2004). דוגמא אחת מתוכן היא חברת Solargen, שביקשה להקים מתקנים סולאריים על פני כ- 80,000 דונם בעמק Panoche. החברה נתקלה בהתנגדות קשה לתוכניתיה מצד תושבים מקומיים העוסקים בחקלאות אורגנית, שטענו שהקמת החווה תפריע לעסקיהם. בתגובה, החברה שינתה את תוכניתיה המקוריות והקטינה את שטח הפריסה המתוכנן בכדי לאפשר לכבשים באזור לרעות בחופשיות. למרות זאת התושבים החליטו לתבוע את החברה ואת מוסדות התכנון שאישרו את הקמת המתקנים תוך שימוש בחוקים סביבתיים שונים, ביניהם הדגשת הימצאותם של מיני בעלי חיים בסכנת הכחדה בעמק. נכון להיום החברה נמצאת בקשיים כלכליים בעקבות התהליכים המשפטיים המתמשכים, ועתיד החווה הסולרית עדיין לוט בערפל (Solargen 2010).

גם בישראל גורמים סביבתיים זיהו את הבעייתיות הקיימת בעידוד הקמת מתקנים לאנרגיה מתחדשת. כך לדוגמא מסמך שחובר לאחרונה ברשות הטבע והגנים (אך לא פורסם עדיין לציבור; ידיעות אחרונות 2011) קובע כי פאנלים סולאריים עשויים לגרום להטעיית בעלי חיים, לשיבוש מחזורי הרבייה שלהם, ולסנוור ולהשתקפויות שמביאים להתנגשות המונית של ציפורים ועטלפים בקולטים. המסמך מצביע על כך שחוות סולאריות עושות שימוש נרחב בחומרי הדברה נגד עשביה, ופעולתן גורמת ל"צללות הנותרות בנוף שנים ארוכות והשפעתן על עולם החי והצומח משמעותיים ביותר".

דוגמא לגוף סביבתי שמנסה ליישב את הקונפליקט הזה הוא הארגון האמריקאי The Nature Conservancy. הארגון מעודד פיתוח ושימוש באנרגיה מתחדשת, תוך התחשבות בשטחים פתוחים ותוך איתור האתרים המתאימים ביותר לכך. בארגון פותח מודל של "פיתוח ע"י תכנון" (Development by Design; Kiesecker et al. 2010) הכולל:

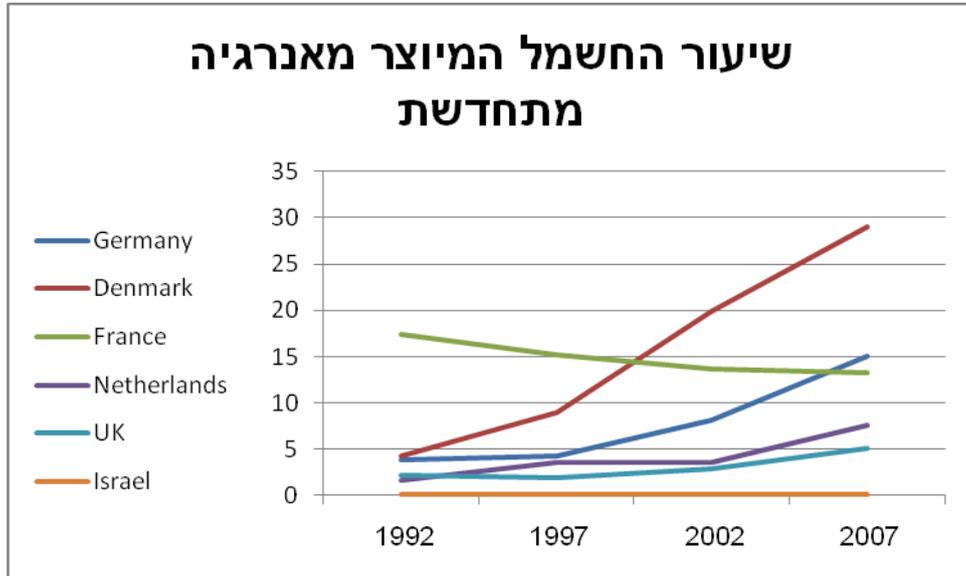
1. מקסום הניצולת אנרגטית בכל תא שטח, ועל-ידי כך צמצום שטח המתקן והשפעתו על הסביבה.
2. מיפוי אזורים רגישים שבהם יש להימנע מפיתוח.
3. עידוד פעולות שימור יזומות באתרים שבהם הוקמו מתקנים לניצול אנרגיה מתחדשת.

מחקרנו ינסה לתרום לפתרון הקונפליקט באמצעות מיפוי שטחים פתוחים על מנת להמליץ על פיתוח או שימור בהתאם לרגישותם (מתאים לסעיף השני במודל הנ"ל).

היקף הפקת אנרגיה מתחדשת בישראל בהשוואה ליתר מדינות העולם המפותח

לפני שנפנה לנתח את מדיניות הממשלה לתכנון אנרגיה מתחדשת בישראל, חשוב להאיר את מצבה של ישראל בתחום זה ביחס למדינות אחרות בעולם. הפקת חשמל מאנרגיה מתחדשת² בישראל נמוכה מאוד בהשוואה למקובל באירופה:

תרשים 1. השוואת שיעור החשמל המיוצר מאנרגיה מתחדשת בישראל מול מדינות אירופאיות נבחרות.



מקורות: מרכז המחקר והמידע של הכנסת 2010, European Commission 2011.

אף על פי שישראל הייתה ועודנה מובילה עולמית בניצול אנרגיית השמש לחימום מים באמצעות דודי שמש, בתחום הפקת החשמל מצבה עגום ביותר. שיעור החשמל המיוצר מאנרגיה מתחדשת עמד על כ-0.1% בלבד בשנת 2009, בעוד שבאירופה מדינות כמו גרמניה ודנמרק רשמו בעשור האחרון שיעורי צמיחה מרשימים בתחום זה. לשם השוואה, בארה"ב שיעור החשמל המיוצר מאנרגיה מתחדשת עמד על כ-10% ב-2009 (EIA 2010).

החלטות ויעדי הממשלה בנוגע לתכנון מקורות האנרגיה המתחדשת עד שנת 2020

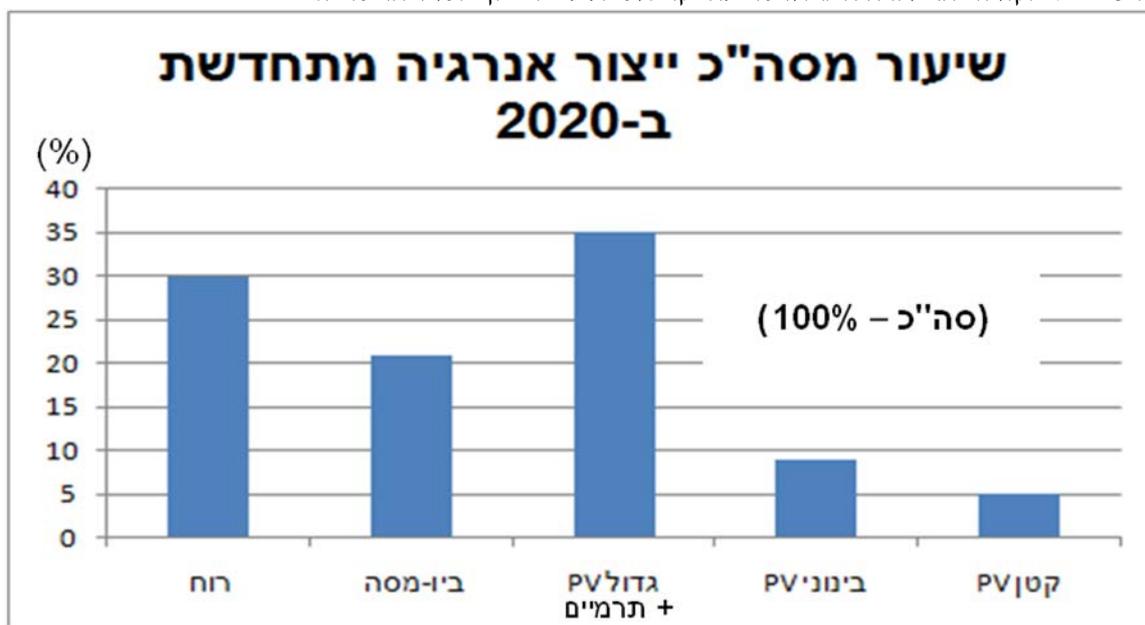
מדיניות הממשלה בדבר אנרגיה מתחדשת מעוגנת במספר החלטות ממשלה אשר מבהירות את כיוון צעידתו של השלטון המרכזי בנושא.

- בשנת 1998 הוחלט על הקמת צוות בין משרדי עליו הוטל לקדם פיתוח טכנולוגיות לאנרגיות חלופיות במטרה להפחית את התלות בדלק מיובא ולהקטין את זיהום האוויר (משרד הפנים 2009).
- בשנת 2002 נקבעו לראשונה יעדים כמותיים לייצור חשמל באמצעות אנרגיה מתחדשת - נקבע יעד של כ-2% לשנת 2007, וכ-5% לשנת 2016 (שם).

² הכוונה כאן לאנרגיה המופקת מזרימת מים, רוח, שמש, גלים, אנרגיה גיאותרמית וביו-מסה.

- בשנת 2007 שיעור ייצור החשמל מאנרגיה מתחדשת עמד עדיין על כ-0.1% (כפי שניתן לראות בתרשים 1), והיה ברור שהממשלה נכשלה לחלוטין ביעדים שהוצבו ב-2002. בשנה זו הוחלט על הקמת תחנת כוח סולארית באשלים שבנגב בהיקף של 200-250 מגה-וואט מותקן (שם).
- בשנת 2009 התקבלה החלטת ממשלה 4450 (חכ/176) שבה עודכנו מחדש היעדים להפקת חשמל באמצעות אנרגיה מתחדשת. נקבע יעד של כ-5% לשנת 2014, וכ-10% לשנת 2020. ההחלטה קבעה כי בכל שנה בין 2010-2020 תוקם תחנת כוח המבוססת על מקורות אנרגיה מתחדשת בהיקף שלא יפחת מ-250 מגה-וואט מותקן. כמו כן ההחלטה קבעה כי רוב הקרקעות יאותרו באזור הנגב והערבה, וכי על המועצה הארצית לתכנן ובניה לאשר תוכנית מתאר ארצית שבה יסומנו אתרים מתאימים לאכלוס תחנות כוח בהיקף של 500 מגה-וואט מותקן בתוך שנה וחצי מיום קבלת ההחלטה.
- בשנת 2010 התקבלה החלטת ממשלה 2508 שבה נקבע יעד של הפחתת פליטת גזי חממה ב-20% ביחס לתרחיש 'עסקים כרגיל'. החלטה זו תאמה את עמדת נשיא המדינה בוועידת קופנהגן 2009 שעסקה בשינוי אקלים (הארץ 2009). פיתוח אנרגיה מתחדשת היא רק כלי אחד שבאמצעותו מתכוונת הממשלה לעמוד ביעד זה. אמצעים נוספים הם התייעלות אנרגטית, עידוד חסכון, שינוי תמהיל הדלקים הפוסיליים (גז טבעי על חשבון פחם) וכן הלאה. כפועל יוצא מהחלטות הממשלה הנ"ל, משרד התשתיות פרסם מסמך (משרד התשתיות 2010) שבו הוגדרו יעדים מדויקים למקורות האנרגיה המתחדשת לייצור חשמל עד שנת 2020. ההתפלגות המתוכננת לשנת 2020 היא כדלקמן:

תרשים 2. מקורות האנרגיה המתחדשת להפקת חשמל לפי תכנון משרד התשתיות ב-2020.



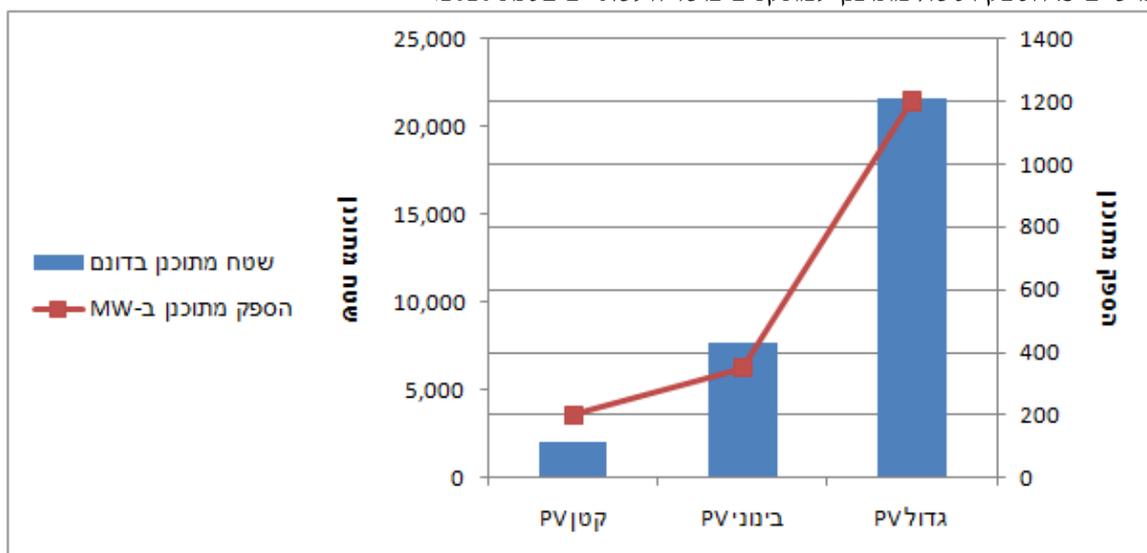
מקור: משרד התשתיות 2010.

כפי שניתן לראות, מקור האנרגיה המרכזי מתוכנן להיות סולארי - בין אם בטכנולוגיה פוטו-וולטאית (המרה ישירה של קרינת שמש לחשמל) או בטכנולוגיה תרמית (שימוש בקרינת השמש לחימום נוזלים שמפיקים חשמל באמצעות קיטור). החלוקה לגודל המתקנים (קטן/בינוני/גדול) מוגדרת כך:

- מתקן פוטו-וולטאי קטן - הספק מותקן של עד 50 קילו-ואט. גודלו - עד חצי דונם למתקן (כל מתקן כולל מספר פאנלים סולאריים). מותקן על גגות בלבד. מתחלק ל:
 - מתקנים ביתיים - הספק מותקן של עד 15 קילו-ואט
 - מתקנים מסחריים - הספק מותקן בין 15-50 קילו-ואט.
- מתקן פוטו-וולטאי בינוני - הספק מותקן של 51 קילו-ואט עד 5 מגה-ואט (גבול יכולת ההולכה של רשת החשמל). גודלו - 1-110 דונם למתקן.
- מתקן גדול - מתקן פוטו-וולטאי או תרמי בהספק מותקן של 5-500 מגה-ואט. גודלו - 100 עד 9,000 דונם למתקן.

כנגזרת מהיעדים הנ"ל, משרד התשתיות קבע יעדים מדויקים להספק המותקן הכולל של כל אחת מהקטגוריות הללו לשנת 2020 (מתוך היקף זה מוגדרות מכסות להקמת מתקנים בכל אחד מהגדלים השונים). כמו כן, מתוך היקף ההספק שנקבע ניתן לחשב את השטח המתוכנן שצפויה כל קטגוריה לנצל (כל הנתונים ממשרד התשתיות 2010):

תרשים 3. הספק ושטח מתוכנן למתקנים פוטו-וולטאיים בשנת 2020.

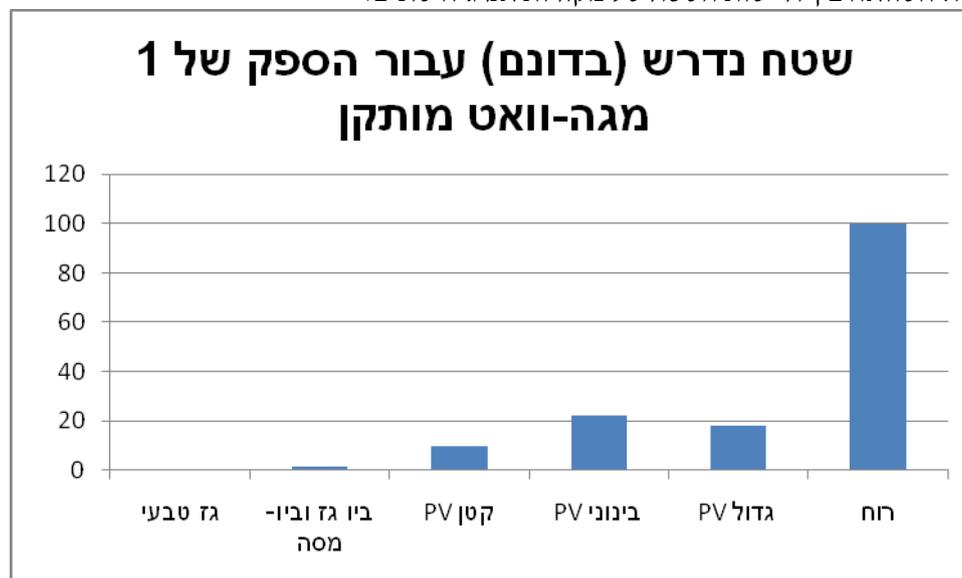


מקור: משרד התשתיות 2010.

סך השטחים הפתוחים שהמתקנים הללו מתוכננים לנצל (לא כולל מתקנים קטנים הממוקמים כאמור אך ורק על גגות) הוא בערך 30 קמ"ר.

בהקשר זה, משרד התשתיות ערך השוואה בין השטח הנדרש עבור הפקת חשמל ממקורות אנרגיה שונים. ההבדלים בין אנרגיה מחצבית לאנרגיה מתחדשת בולטים לעין:

תרשים 4. השוואה בין דרישות השטח של מקורות אנרגיה שונים.

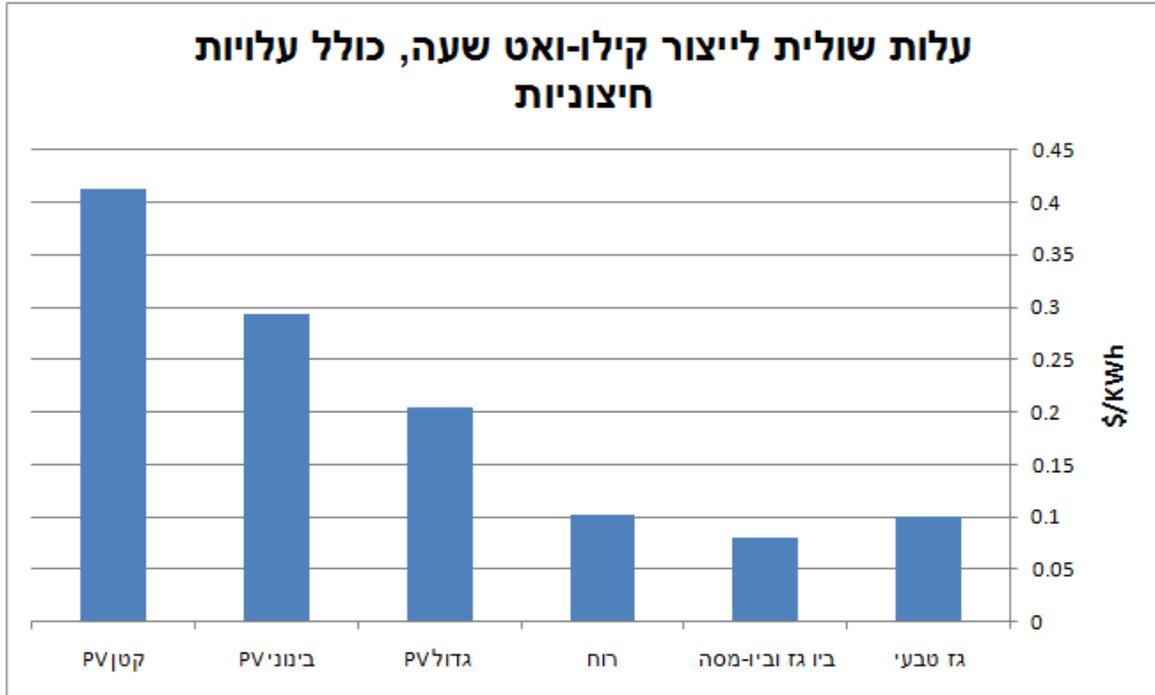


מקור: משרד התשתיות 2010.

לגז טבעי, שעליו מתוכננות להתבסס מרבית תחנות הכוח בישראל, יש יתרון אדיר ביחס לאנרגיות מתחדשות בדרישה לניצול שטחים פתוחים - עבור הספק מותקן של 1 מגה-וואט, נדרש רק 0.1 דונם בתחנת כוח המופעלת על גז טבעי, לעומת שטחים גדולים בהרבה בחוות סולארית (חוות רוח דורשות אפילו יותר שטח).

מכאן עולה שאלה ביקורתית ביחס ליעדי משרד התשתיות - מדוע ההספק המתוכנן למתקנים קטנים קטן מזה המתוכנן עבור מתקנים בינוניים וגדולים, אם בניגוד אליהם הוא אינו גוזל שטחים פתוחים? בנוסף לכך, הקמת מתקנים סולאריים קטנים על גגות המבנים הקיימים בישראל יעילה יותר מבחינת ניצול שטח ביחס למתקנים בינוניים וגדולים (כפי שניתן לראות בתרשים 4). ואכן, מחקר שבוצע בישראל (Vardimon 2011) מצא שניתן לעמוד ביעדי הממשלה אם יותקנו פאנלים סולאריים אך ורק על גגות המבנים הקיימים בישראל, מבלי לפגוע כלל בשטחים הפתוחים. תשובת משרד התשתיות לביקורת זו נעוצה בעלות ייצור החשמל:

תרשים 5. השוואה בין העלות הכספית של ייצור חשמל ממקורות אנרגיה שונים.



מקור: משרד התשתיות 2010.

משרד התשתיות ורשות החשמל (הגוף הממשלתי שאחראי על תעריפי החשמל) אינם מעוניינים שכל המתקנים הסולריים שיוקמו יהיו מתקנים קטנים על גגות, שכן עלות ייצור החשמל שלהם היא הגבוהה ביותר מבין כל החלופות, וצעד שכזה יגרום לייקור משמעותי של מחיר החשמל (מחיר החשמל מגלם את עלות הפקתו). המחקר שלנו אינו מתעתד לבקר את שיקולי הממשלה בקביעת יעדים אלו (כלומר בהעדפת מחיר חשמל נמוך על פני שימור שטחים פתוחים). נתייחס ליעדים הללו כמשתנים אקסוגניים, וננסה לבחון בתוך המגבלות והמכסות שהם מכתביים כיצד ניתן להבטיח את מזעור הפגיעה בשטחים הפתוחים.

תמ"א 35

לאחר שסקרנו את יעדי הממשלה לתכנון מקורות האנרגיה המתחדשת, נסקור את מדיניות הממשלה כלפי שימור שטחים פתוחים. תכנית המתאר הארצית המשולבת לבניה, פיתוח ושימור (תמ"א 35), שאושרה על ידי הממשלה בסוף שנת 2005 (מעמדה המשפטי הוא שווה ערך לחוק), נועדה לתת מענה לצורכי הבנייה והפיתוח של המדינה תוך שמירה על השטחים הפתוחים ועל עתודות הקרקע לדורות הבאים. התוכנית מדגישה את עקרון הרצף של השטחים הפתוחים, תוך שמירה על ערכי טבע, חקלאות, נוף ומורשת. בתוכנית ניתן דגש על פיתוח הערים ובלימת הפרבור, קידום התחבורה הציבורית, חידוש ופיתוח של הישובים הקיימים, שמירה על איכות הסביבה, ומתן עדיפות לפיתוח הנגב, הגליל וירושלים.

בכדי לאפשר הבחנה ברורה בתוך המרחב הארצי בין שטחים מאפשרי פיתוח לבין שטחים מוטי שימור, התמ"א מחלקת את כל שטח המדינה לחמישה "מרקמים" שונים, שלכל אחד מהם יעוד תכנוני שונה (לפי סדר יורד של חשיבות השימור):

- **מרקם חופי** – מטרתו לשמר את החופים הפתוחים ואת העורף החופי-כפרי. מיועד להישאר פתוח ברובו באופן המבטיח את גישת הציבור אל החוף ומעבר לאורכו. תכנון ופיתוח במרקם ייעשה בזיקה נופית ותפקודית לים, לחוף ולשטח הפתוח העורפי, ויבטיח את שילובם המוגבל והזהיר בערכי המרקם.
- **מרקם שימור ארצי** – מטרתו שימור מרחבים גדולים ורציפים של שטח פתוח וערכי טבע, חקלאות ונוף במגמה לעודד בעיקר פעילויות פנאי ונופש, תיירות וכן תעסוקה ופעילות של מערכת הביטחון הכרוכה במרחבים הגדולים בתנאי שהם משתלבים בנוף ותוך צמצום הפגיעה בסביבה, ולאפשר בו פיתוח חקלאות והרחבת יישובים.
- **מרקם שימור משולב** – מטרתו לאחד ברצף ערכי טבע, חקלאות, נוף, התיישבות ומורשת תוך יצירת שדרה ירוקה מצפון לדרום וחיצים פתוחים לאורך ערוצי נחלים ראשיים במרכז. המרקם מיועד להשיג שילוב של פיתוח מוגבל במרכז הארץ ופיתוח זהיר באזורי הפריפריה.
- **מרקם כפרי** – אליו יכוון פיתוח יישובים כפריים, לרבות שטחי תעסוקה, שטחים חקלאיים ושטחים לתיירות, ובלבד שלא ייפגע אופיו הכפרי-חקלאי הכולל ויישמר, ככל האפשר, רצף שטחים פתוחים וחקלאיים.
- **מרקם עירוני** – אליו יכוון עיקר הפיתוח של שימושי הקרקע, תוך שימת דגש על פיתוח תחבורה ציבורית והסעת המונים. הפיתוח יהיה ברובו עירוני קומפקטי תוך הבטחת שטחים פתוחים עירוניים ובינעירוניים לצורכי ציבור, ושמירה על שטחים ומסדרונות המיועדים לתשתיות עתידיות לטווח הארוך.

בהתאם לתפיסת ההיררכיה התכנונית, תמ"א 35 מהווה סד אשר במגבלותיו צריכות לעמוד כל יתר תכניות המתאר הארציות השונות וכן כל תוכניות רשויות התכנון הזוטרות (המחוזיות) והמחוזיות). עם זאת, אין בסיווגו של שטח כלשהו לאחד מסוגי המרקמים משום קביעה של ייעוד קרקע מוגדר. המרקם משמש כיעוד-על שהוגדר על-ידי הממשלה, ובסמכות גופי התכנון הזוטרים להעניק פרשנות ליעוד זה בבואם לדון בתוכניות מפורטות. עם זאת, המרקם משמש כתמרוך חוקתי, וחריגה בוטה ממנו יכולה לאפשר לבית המשפט לבטל החלטות של גורמי התכנון הזוטרים (ראו למשל ערעור אזרחי 8116/99).

מכאן נובע שהחלטות הממשלה בדבר אנרגיות מתחדשות צריכות גם הן לעמוד במגבלות תמ"א 35. על מנת לשלב באופן ראוי בין השתיים נכתבה תמ"א 10/ד/10, תוכנית מתאר ארצית למתקנים פוטו-וולטאיים.

תמ"א 10/ד/10

תוכנית זו נועדה להסדיר את שימושי המקרקעין בכל הנוגע להקמת מתקנים לייצור חשמל בטכנולוגיה פוטו-וולטאית בשטח שאינו עולה על 750 דונם (סעיף 5.3; נדון במשמעויות של מגבלה זו בהמשך). הזיקה לתמ"א 35 היא הדוקה - כך למשל תמ"א 10/ד/10 אוסרת באופן קטגורי הקמה של מתקנים סולאריים במרקם החופי (סעיף 10.2). בנוסף לכך התוכנית מעניקה משקל רב ליעוד השטח בתוכניות המתאר המקומיות/מחוזיות (סעיף 11.4). כמו כן דורשת תמ"א 10 הפקת

מסמך נופי-סביבתי שמטרתו להעריך את ההשפעה הצפויה על הסביבה. בהמשך נדון בהשפעה של תמ"א 10/ד/10 על מודל ה-GIS המתוכנן.

מודלים מבוססי GIS שפותחו בעולם לתעדוף הקצאת שטחים פתוחים עבור אנרגיה מתחדשת

ה-GIS (Geographic Information System) הינו כלי תכנוני יעיל המשמש גיאוגרפים החל משנות ה-60 של המאה ה-20. הכלי מאפשר מיפוי מרחבי רב שכבתי על פי קטגוריות שונות, ומאפשר למשתמש לבחור אילו שכבות ברצונו להציג בכל עת על גבי מפת בסיס. מאז היווצרותו, ה-GIS משמש ככלי לניתוח, ניהול ותכנון של שטחים מסוגים שונים בכלל, ושל שטחים פתוחים בפרט (הכלי פותח במקור עבור רשות היערות הקנדית; Forseman 1997).

המחקר הראשון שבו פותח מודל GIS עבור תעדוף הקצאת שטחים פתוחים לאנרגיה מתחדשת (Baban and Parry 2001) מיפה שטח של 1,600 קמ"ר באנגליה בחיפוש אחר שטחים מתאימים להקמת "חוות" לייצור חשמל באמצעות טורבינות רוח. החוקרים זיהו את הקונפליקט בין הצורך הסביבתי בפיתוח אנרגיית רוח לבין המשמעויות כבדות המשקל שייגזרו על היקפים נרחבים של שטחים פתוחים במידה ואכן יוחלט על פיתוח מואץ שכזה. כמענה להיעדרם של מדדים אחידים ומקובלים לתעדוף שטחים פתוחים עבור חוות-רוח, בבאן ופארי נדרשו תחילה למפות את הקריטריונים הרלוונטיים לתעדוף שכזה. לשם כך הם שלחו סקר ל-100 גופים ציבוריים ופרטיים, ביניהם גם חברות עסקיות שפועלות בתחום אנרגיית הרוח. הסקר מיפה קריטריונים פסיים לאיתור שטחים מתאימים לחוות רוח וכן חקר את המדיניות והרגולציה של הממשלה וגופי התכנון בתחום.

הקטגוריות הרלוונטיות שנאספו מהסקר סווגו למספר קטגוריות-על: פיסיות (טופוגרפיה ועוצמת רוח), תכנוניות (מרחק מאוכלוסייה), כלכליות (מרחק מכבישים ורשתות חשמל קיימות), סביבתיות (מרחק ממקורות מים וממקומות רגישים מבחינה אקולוגית) ולהשפעות על משאבים (מרחק מאתרי תיירות, הימנעות מפגיעה בקרקע חקלאית איכותית). עבור כל קריטריון נבנה מדד המשקף את מידת ההתאמה של תא שטח כלשהו להקמת חוות רוח בתחומו. המדד נע בין 0 (מתאים מאוד) ל-10 (לא מתאים) עבור כל אחד מהקריטריונים. לחלק מהקריטריונים טווח הציונים היה בינארי (0 או 10), ולחלק הטווח היה מדורג (כל או חלק מטווח המספרים השלמים שבין 0-10). תא שטח שבו אחד מהקריטריונים קיבל את הציון 10 נפסל לחלוטין מלשמש כאתר פוטנציאלי. לאחר שכל תאי השטח נחקרו וקיבלו הערכה כמותית על-פי כל אחד מהקריטריונים (כאשר כל קריטריון מהווה שכבת GIS עצמאית במפה האינטגרטיבית), כל תא שטח קיבל ציון משוקלל המסתמך על הציון של כל אחד מהקריטריונים שנבחנו בתחומו.

החוקרים הריצו שני מודלים שונים לחישוב הציון המשוקלל בכל תא שטח - במודל הראשון כל אחד מהקריטריונים קיבל משקל זהה (בהנחה שכל הקריטריונים עמדו במינימום הנדרש וקיבלו ציון נמוך מ-10); במודל השני הקריטריונים השונים דורגו לפי החשיבות היחסית שלהם לקביעת מיקום חוות רוח, ובהתאמה קיבלו משקל שונה במודל המשוקלל. התוצר הסופי של המחקר הוא שתי מפות אינטגרטיביות (לכל אחד מהמודלים) המדרגות את כל תאי השטח בתחום הנתון לפי מידת התאמתם להקמת חוות רוח.

החוקרים הדגישו את היתרונות הנובעים מהגמישות של המודל שמבוסס על משקולות שונות לכל קריטריון בציון הסופי. גמישות זו מאפשרת קבלת תוצאות המשקפות באופן מדויק את סדרי

העדיפויות שהגוף המתכנן/מנתח מגדיר (למשל ניתן להעניק משקל גבוה יותר להימנעות מפגיעה בשטחים רגישים מבחינה אקולוגית ביחס לקרבה למקומות ישוב). מרגע שבסיס הנתונים קיים, כל משתמש/מתכנן יכול לשחק עם המשקולות כרצונו ולאפיין את המודל כך שיתאים לצרכיו באופן מיטבי. במחקרנו אימצנו את ההמלצה הזו והענקנו משקל שונה לכל קריטריון במודל שבנינו (יפורט בהמשך).

מחקר נוסף שבוצע מספר שנים לאחר מכן ניסה לאתר באמצעות מתודולוגיה דומה שטחים מתאימים להקמת חוות רוח באזור מפרץ סן-פרנסיסקו (Rodman and Meentemeyer 2006). המחקר זה נבדל ממחקרם של בבאן ופארי בכך שהוא איגד את קריטריוני-העל השונים לשלושה תתי-מודלים נפרדים (תת מודל פיסי - מודד היתכנות כלכלית; תת מודל סביבתי - מודד השפעה על הסביבה הלא-אנושית; ותת מודל אנושי - מודל השפעה על בני אדם), ובכך איפשר תצוגה גיאוגרפית וניתוח של כל תת-מודל בנפרד. על מנת לפשט את הניתוח ואת איסוף הנתונים, רודמן ומינטמייר נתנו לקריטריונים טווח ציונים מצומצם יותר, בין 0-4 בלבד. בתוך כל תת-מודל הקריטריונים השונים קיבלו משקולות שונות בהתאם לחשיבותם; אולם במודל המשוקלל, הציון שניתן לכל תא שטח נגזר מהציון הממוצע בכל אחד משלושת תתי-המודלים (כלומר כל תתי-המודלים קיבלו משקל זהה). חידוש נוסף במחקר זה כלל דיפרנציאציה בין גדלים שונים של חוות רוח - אבחנה שהיא קריטית גם עבור מחקרנו, ונעמוד עליה בהרחבה בהמשך. החוקרים גם התייחסו לראשונה ליכולת של מודל מבוסס GIS לחזות התנגדות ציבורית עתידית להפיכת שטחים פתוחים לחוות רוח (ובכך למנוע או למזער מאבקים בסגנון Green Vs. Green).

מחקרים נוספים השתמשו במתודולוגיה דומה על מנת לתעדף אתרים פוטנציאליים להקמת חוות רוח ביוון (Tegou et al. 2010) ובבלגיה (Lejeune and Feltz 2008). ככל הידוע לנו, מחקר אחד בלבד³ (Yue and Wang 2006) תיעדף פוטנציאל להתקנת אנרגיה פוטו-וולטאית (במקביל לבדיקת היתכנות של אנרגיית רוח וביומסה), אך מחקר זה התייחס רק לגגות ולא לשטחים פתוחים, כאשר הקריטריון הרלוונטי היחיד שנבדק היה שטח הגג הפנוי.

לסיכום, קיימים מחקרים בעולם לתעדוף מבוסס GIS של הקצאת שטחים פתוחים לאנרגיית רוח. עם זאת, לא קיימים מודלים לתעדוף דומה עבור מתקנים להפקת אנרגיה סולארית. בהמשך נפרט כיצד בכוונתנו לבצע זאת בישראל.

³ בנוסף למחקר של ורדימון שהוצג למעלה.

שאלת המחקר

בחרנו לנסח שאלת מחקר העוסקת בקונפליקט שעומד לפתחה של הממשלה : מתן מענה לצרכי הפיתוח הצפויים של האנרגיה המתחדשת בישראל אל מול שמירה על שטחים פתוחים וערכי טבע. השאלה עוסקת בתעדוף שטחים לייצור חשמל באמצעות מתקנים סולריים בינוניים תוך שמירה על שטחים פתוחים בישראל.

השאלה: פיתוח כלי לתכנון וניתוח מדיניות, באמצעות מודל גיאוגרפי-מרחבי (GIS), המתעדף את השטחים הפתוחים בישראל למתן היתר לבניית מתקנים סולריים בינוניים, בהסתמך על מקורות שונים הנוגעים לאנרגיה מתחדשת ולשטחים פתוחים ולממשק ביניהם.

חשיבות שאלת המחקר:

פיתוח המודל יספק כלי שמסוגל להתמודד עם הקונפליקט שהוצג למעלה באופן אפקטיבי ומיטבי. אף על פי שהמודל מבוסס על השערות רבות, ובהיותו מודל הוא אינו מסוגל להכיל את כל מגוון המשתנים הרלוונטיים, בכל זאת הוא מסוגל לדעתנו לתרום הן לתהליך התכנון והן לניתוח וביקורת גופי התכנון. המחקר יספק כלי לבחינת המדיניות שממשלת ישראל הציבה לפנייה - צורך נחוץ ובעל חשיבות ציבורית רחבה.

שיטת המחקר

במחקרם, Baban and Parry (2001) מסכמים את יתרונות מערכת ה-GIS לתעדוף שטחים פתוחים עבור הקמת חוות רוח :

- יכולת להתיך יחדיו מידע רב ממקורות מידע שונים ומדיסציפלינות מגוונות.
- יכולת פשוטה ונוחה לעבד את המידע הנ"ל ולספק תעדוף כולל של השטחים הפתוחים לפי קריטריונים גמישים (משקלם במודל ניתן לשינוי בקלות בהתאם להעדפות המשתמש).
- יכולת לנתח את ההשלכות האפשריות מהקמת חוות רוח במיקום מסוים על פני קשת של תחומים, ויכולת להציע תגובות וחלופות על מנת להתמודד עם הקשיים הצפויים להתעורר מכך.

אנו תמימי דעים עם הניתוח הנ"ל, ולכן החלטנו לבנות מודל לתעדוף שטחים פתוחים עבור בניית מתקנים פוטו-וולטאיים בישראל. אף על פי שלמיטב ידיעתנו לא קיים עדיין מודל שכזה במחקר, בכוונתנו להתבסס (בעיקר בהיבט המתודולוגי) על המחקרים שבוצעו בתחום שטחים פתוחים ואנרגיית רוח (כפי שהוצגו בסקירת הספרות). המודל שבנינו דומה לזה של Rodman and Meentemeyer (2006) והוא כולל שני תתי-מודלים המהווים את הבסיס להערכת התאמתו של תא שטח נתון להקמת מתקן פוטו-וולטאי :

- **תת מודל פיסי** - נותן מענה לשאלה: *"באיזו מידה השטח הנבחר הינו אפקטיבי וכלכלי להקמת מתקן פוטו-וולטאי בינוני?"*
- **תת מודל סביבתי-אנושי** - נותן מענה לשאלה: *"מהי רמת הפגיעה הסביבתית והחברתית שתיגרם כתוצאה מהקמת מתקן פוטו-וולטאי בינוני בשטח הנבחר?"*

כמו אצל רודמן ומינטמייר, המודל המשוקלל (הממפה את הציון הסופי שכל תא שטח מקבל) יורכב מהציון הממוצע של שני תתי המודלים (שניהם יהיו בעלי משקל זהה). מכיוון שהמודל עוסק בשטחים פתוחים בלבד, הגדרנו שכל תאי השטח שיוזנו למודל יהיו שטחים לא מבונים (קרקע חשופה) בגודל של 1 דונם לפחות, שלא קיימות לגביהם תוכניות בניה מאושרות.

לפני שנמשיך בהצגה מפורטת של המודל, נציין כי המודל (ולפיכך גם המחקר כולו) ימפה שטחים אך ורק לפי התאמתם להקמת מתקנים פוטו-וולטאיים 'בינוניים', קרי בעלי הספק מותקן של 51KW-5MV, וששטחם נע בין 1-110 דונם למתקן (לפירוט נוסף ראו את סקירת הספרות לעיל). המתקנים הפוטו-וולטאיים ה'קטנים', ששטחם הוא עד חצי דונם למתקן, מותקנים אך ורק על גגות ולפיכך אינם רלוונטיים למודל הממפה שטחים פתוחים. התלבטנו רבות האם ראוי שהמחקר יכלול גם מתקנים פוטו-וולטאיים 'גדולים', המהווים למעשה תחנות כוח לכל דבר ועניין ומנצלים שטחים בהיקפים עצומים (בין 9,000-100 דונם למתקן). לשם כך ראוי לעמוד בהרחבה על מספר הבדלים עקרוניים בין מתקנים מסדר גודל 'בינוני' ל'גדול' על מנת לנמק את הבחירה שביצענו :

1. **שקיפות ופיקוח.** כמות המתקנים הגדולים המתוכננת הינה מצומצמת מאוד (11 אתרים בלבד), ורובם כבר נבחרו בקפידה ובדקדקנות בדרגות התכנון הגבוהות ביותר ע"י צוותים ייעודיים של משרד הפנים והתשתיות. מתקנים אלו נידונים במועצה הארצית לתכנון ובנייה והקמתם מעוגנת בחקיקה והחלטות ממשלה ייעודיות (משרד התשתיות 2010: 21; משרד הפנים 2009). לעומת זאת, המתקנים הבינוניים צפויים לכלול מאות אתרים שונים, שהליך התכנון שלהם מתבצע ברמה המקומית והמחוזית - דרגים שבהם דרגת השקיפות ויכולת הפיקוח של גופים ביקורתיים כמו ארגוני סביבה ותקשורת הינן נמוכות יותר מטבען. אחת המטרות המרכזיות של המחקר היא לפתח כלי שימש לניתוח וביקורת של תהליך קבלת ההחלטות במוסדות התכנון, ולפיכך האפקטיביות של הכלי צפויה להיות גבוהה יותר בניתוח האישורים שניתנו להקמת מתקנים בינוניים.

2. **תסקירי השפעה על הסביבה.** בעוד שהאתרים למתקנים הגדולים נבחרו בקפידה לאחר סקירות סביבתיות מקיפות ומקצועיות, בשטחים דלילי אוכלוסין ובשטחים פתוחים בעלי ערכיות נמוכה יחסית, הרי שהאתרים שבהם יוקמו מתקנים בינוניים יהיו בסבירות גבוהה יותר בלב שטחים פתוחים ערכיים, על קרקע חקלאית, בקרבת ישובים, ויוכנו עבורם סקירות סביבתיות מקיפות פחות. משום ישנו ערך מוסף ביישום המודל על מתקנים בינוניים.

3. **מגבלות תמ"א 10/ד/10.** אחת מאבני הבניין המרכזיות שעליה הסתמכנו בבחירת הקריטריונים למודל שלנו, תמ"א 10/ד/10, מוגדרת רק עבור מתקנים בשטח של עד 750 דונם (סעיף 5.3). רבים מהמתקנים הגדולים מיועדים לתפוס שטח גדול בהרבה (תחנת הכוח באשלים לדוגמא מתוכננת להתפרס על פני כ- 9,000 דונם; משרד הפנים 2009) - ועובדה זו הופכת את הניתוח של תחנות גדולות על-פי תמ"א 10/ד/10 ללא רלוונטית. מצד שני, התמ"א רלוונטית עבור כל המתקנים הבינוניים, ששטחם המקסימלי עומד על כ-110 דונם.

4. **טכנולוגיה תרמו סולארית.** חלק מהתחנות הגדולות ייבנו כתחנות תרמו-סולאריות, בעוד שכל הבינוניות יוקמו בטכנולוגיה פוטו-וולטאית. בבחירת הקריטריונים למודל שבנינו ישנו הבדל רב בין שני הדגמים השונים הללו, וההשוואה ביניהם הינה מסורבלת ובעייתית.

5. **מתודולוגיית מחקר מתאימה.** המתקנים הגדולים מתאפיינים ברמת מורכבות גבוהה במיוחד, שבה באים לידי ביטוי אינטרסים של עשרות בעלי עניין, מו"מ מורכב ביניהם והליכי רישוי ארוכים ופתלתלים (ראו לדוגמא את הצעת המחקר בנושא הקמת תחנת הכוח באשלים). המתודולוגיה הראויה לדעתנו במחקר שעוסק במתח שבין ניצול שטחים פתוחים לבין הצורך באנרגיה מתחדשת באתרים מסוג זה ראוי שיהיה מחקר איכותי בעיקרו, המתבסס על מקרה מבחן אחד ובוחן אותו לעומקו, על כל רבדיו. במקרה של מתקנים מסדר גודל בינוני, מדובר על כמות גדולה בהרבה של מתקנים, בעלי רמת מורכבות פחותה, ולכן יכולת השוואתית טובה יותר. לפיכך לדעתנו למחקר של מתקנים מסוג זה מתאימה מתודולוגיה כמותית, השוואתית ורוחבית - תכונות שמחקר מבוסס GIS עונה עליהן.

כנגזרת מההשוואה הנ"ל בין מתקנים בינוניים לגדולים, בחרנו למקד את המחקר והמודל שבנינו במתקנים בינוניים בלבד.

נפנה כעת לבחינת הקריטריונים המרכיבים את שני תתי-המודלים במחקר - תת-המודל הפיסי והסביבתי-אנושי.

טבלה 1. תת-המודל הפיסי.

ציון	רמת חשיפה ממוצעת לשמש (KWh/m ² /yr)	שיפוע השטח הממוצע (%)	מפנה השטח הממוצע בשיפוע מעל 2% (מעלות ביחס לצפון)	הצטברות אבק (g/m ² /day)
מעולה (4)	2001 ומעלה	עד 2%	160-°200	עד 1
טוב (3)	1901-2000	2%-3%	120-°160 או 200-°240	1-3
סביר (2)	1801-1900	3%-4%	080-°120 או 240-°280	3-5
חלש (1)	1701-1800	4%-5%	040-°080 או 280-°320	5 ומעלה
לא מתאים (0)	עד 1700	מעל 5%	320-°040	-
משקל בתת-המודל (סה"כ - 100%)	50%	20%	20%	10%

את תת-המודל הפיסי מרכיבים ארבעה קריטריונים.

רמת חשיפה ממוצעת לשמש הינה הקריטריון המשמעותי ביותר לקביעת היתכנות של אתר כלשהו להקמת מתקן פוטו-וולטאי. הערכים שלפיהם הקריטריון מדורג מתייחסים לכמות החשמל שקולט פוטו-וולטאי בטכנולוגיה מוגדרת ובעל שטח פנים של מטר רבוע יפיק בתא השטח במהלך שנה ממוצעת. הנתונים המספריים וטכנולוגיית הקולטים שלפיהם ניתנים הציונים לתא השטח לקוחים מהמחקר של ורדימון שנערך על אזורים שונים בישראל (Vardimon 2011).

שיפוע השטח הממוצע נמדד באחוזים, והתאמתו להקמת מתקן פוטו-וולטאי יורדת ככל שהשיפוע תלול יותר. התפעול והתחזוקה של פאנלים סולריים הניצבים על פני קרקע משופעת מסובכים ויקרים יותר, נצילותם נמוכה יותר ביחס לקרקע מישורית (שבה הפאנלים עצמם ממוקמים בשיפוע מיטבי, אך באופן פשוט וזול יותר), והסכנה לסחף של קרקע גדלה. עקרון זה מצוין בכלליות בתמ"א 10/ד/10 (סעיף 11.5) והנתונים המספריים שלפיהם ניתנים הציונים במודל לקוחים ממחקרים טכניים שנערכו בתחום (U.S. Department of Energy 2005, Nguyen and Pearce 2010).

מפנה השטח הממוצע רלוונטי רק עבור שטחים שבהם קיים שיפוע לא זניח (מעל 2%)⁴. ככל שהמפנה של השטח המשופע דרומי יותר, כך הנצילות שלו גבוהה יותר. במפנה צפוני לחלוטין אין היתכנות כלכלית להקמת מתקן פוטו-וולטאי. עקרון זה מובהר בתמ"א 10/ד/10 (סעיף 11.5) והנתונים המספריים שלפיהם ניתנים הציונים לקוחים מחברה עסקית הפעילה בתחום (greengo).

הצטברות אבק הינה קריטריון נוסף להיתכנות הכלכלית של הקמת מתקנים פוטו-וולטאיים. באזורים שבהם מצטבר אבק רב, הנצילות של הפאנלים יורדת משמעותית ויש להשקיע משאבים רבים (מים או טכנולוגיות מתקדמות) על מנת לסלק את האבק. הערכים שלפיהם הקריטריון מדורג מתייחסים למשקל (בגרם) של שכבת האבק המצטברת על מטר רבוע של פאנל במהלך

⁴ שטח לא משופע מקבל במודל אוטומטי ציון מקסימלי (4) בקריטריון זה.

יממה, והם לקוחים ממחקר שחקר את השפעת האבק על נצילות פאנלים פוטו-וולטאיים (Mani and Pillai 2010).

קריטריון נוסף שנבחן אך הוחלט שלא להכניסו למודל הוא מרחק מכבישים ומתשתית חשמל קיימת. סקירה של רשת החשמל והכבישים בישראל, בשילוב עם ניתוח השטח שהינו בעל פוטנציאל ראשוני להקמת מתקנים פוטו-וולטאיים (קרי בניכוי שטחי אש, שמורות טבע וגנים לאומיים), העלו כי בישראל המרחקים לתשתיות קיימות הינם זניחים ביחס למדינות אחרות בעולם, ובשל חשיבותו הזניחה של קריטריון זה בחרנו שלא לשלבו במודל.

משקולות הקריטריונים השונים בתת-המודל הפיסי נבנו לפי התרומה היחסית שלהם למודל - רמת החשיפה הממוצעת לשמש קיבלה את המשקל הגדול ביותר (50%). השיפוע ומפנה השטח קיבלו יחד נתח גדול גם כן (20% כל אחד) שכן קשה יחסית להתמודד מבחינה טכנולוגית עם תאי שטח שקיבלו ציון נמוך בקריטריונים אלו. הצטברות אבק קיבלה משקל נמוך יחסית (10% בלבד) בגלל פתרונות טכנולוגיים מתקדמים בתחום מהשנים האחרונות (Stuart 2010).

טבלה 2. תת-המודל הסביבתי-אנושי.

ציון	מרקם לפי תמ"א 35	יעוד לפי ת"מ מחוזית/ מקומית	רגישות אקולוגית	רצף שטחים פתוחים (גדרה/ חדרה)	איכות הקרקע החקלאית
מעולה (4)	כפרי	בינוי	נמוכה	פריפריה	זיבורית
טוב (3)	שימור משולב	פיתוח	-	-	-
סביר (2)	עירוני	-	בינונית	מרכז	בינונית
חלש (1)	-	-	-	-	גבוהה
לא מתאים (0)	חופי, שימור	שימור	גבוהה	-	-
משקל בתת-המודל (סה"כ - 100%)	20%	40%	20%	10%	10%

תת-המודל הסביבתי-אנושי מכיל הן השפעות סביבתיות והן השפעות אנושיות. בחרנו לאחד את שני סוגי ההשפעות לתת-מודל אחד (בניגוד ל Rodman and Meentemeyer 2006) שכן התקשינו מאוד להפריד בין השניים בחלק מהקריטריונים, כפי שנראה מיד.

המרקם שבו מוגדר תא השטח לפי תמ"א 35 מהווה את הקריטריון הראשון, ומאפיין את הייעוד הכללי בהיבטי פיתוח שקבעה הממשלה במסגרת התמ"א. המרקמים המיועדים לשימור על-פי התמ"א, מרקם שימור ומרקם חופי, מאפיינים שטחים בעלי רגישות גדולה מאוד לפיתוח, ובמודל שלנו פוסלים משום כך את תאי השטח הכלולים בהם מלהיות בעלי פוטנציאל לפיתוח מתקן פוטו-וולטאי. מרקם עירוני מקבל ציון נמוך יחסית (2), מתוך הבנה כי השטחים הפתוחים בסביבה העירונית בישראל הם מצומצמים ויקרים (על-פי תמ"א 35 הם "מיועדים לפיתוח עירוני וקומפקטי, תוך כדי הבטחת שטחים פתוחים עירוניים ובינעירוניים לצורכי ציבור" - הגדרה שלדעתנו פיתוח מתקן פוטו-וולטאי בינוני לא עומד בה (בשטחים עירוניים יש לעודד לטעמנו התקנה מקסימלית של מתקנים קטנים על גגות של מבנים קיימים מבלי לפגוע בשטחים פתוחים, אותם יש ליעד לתשתיות אחרות ולפארקים להנאת הציבור). מרקם שימור משולב ומרקם כפרי מקבלים ציון גבוה במודל (3 ו-4 בהתאמה) בהיותם שטחים פתוחים המיועדים חלקית לפיתוח,

אך ערכיותם נמוכה ביחס למרקמים האחרים. המרקם הכפרי רגיש קצת פחות לפיתוח ביחס למרקם שימור משולב על פי תמ"א 35.

היעוד לפי תוכנית המתאר המחוזית או המקומית מהווה את הקריטריון השני בתת-המודל. בעוד שלמרקם בתמ"א 35 יש יעוד כללי ולא מחייב, היעוד לפי תוכנית המתאר המחוזית או המקומית היא המחייבת על פי חוק, והיא זו שלוקחת בחשבון שיקולים ממוקדים ומקומיים שתמ"א 35 אינה שוקלת (כגון מרחק מאתרי תיירות, מגורים ומקורות מים, פיתוח עתידי וכו'). תא שטח שמיועד לפי תוכנית המתאר לשימור אסור שיתאפשר לבנות בו מתקן פוטו-וולטאי, ולכן הוא נפסל במודל שלנו. תא שטח המיועד לבינוי או לפיתוח מקבל ציון גבוה (4 ו-3 בהתאמה). מדרוג זה מגובה באופן מפורש בתמ"א 10/ד/10 (סעיף 11.4).

שני הקריטריונים התכנוניים הנ"ל כוללים מגוון של שיקולים אנושיים וסביבתיים שנלקחו בחשבון בועדות התכנון בכל הרמות (למשל רגישות אקולוגית, אתרי מורשת, ושמירה על שטחים פתוחים בשטחים עירוניים צפופים), ומשום כך מצאנו כי אין טעם להפריד בין תת-המודל הסביבתי לאנושי.

שלושת הקריטריונים הנוספים עוסקים בעיקר בהיבט הסביבתי:

הרגישות האקולוגית של תא השטח כפי שהיא מוערכת על-ידי גורמים סביבתיים מקצועיים (ממשלתיים ומגזר שלישי) מהווה שיקול חשוב במודל שלנו. מפאת קוצר היריעה אין באפשרותנו לפרט את כל השיקולים בהגדרת הרגישות האקולוגית של תא שטח נתון, אך אלו כוללים את כמות המינים בסכנת הכחדה, חוסנה של המערכת האקולוגית, ההשפעה הצפויה של פיתוח על החי והצומח וכו'. שיקולים אלו היו אמורים להילקח בחשבון בקריטריונים התכנוניים (סוג המרקם בתמ"א 35 ויעוד בתוכנית המתאר המקומית/מחוזית) אך במקרים רבים ניתן להבחין בקונפליקט בין גופי התכנון (הנתונים ללחצי פיתוח חזקים מצד יזמים) לבין הגופים הסביבתיים הלוחצים על שימור. קריטריון זה בא להעניק משקל עצמאי לגופים הסביבתיים במקרים שבהם ישנה מחלוקת בינם לבין הגופים המתכננים לגבי חשיבות שימור תא השטח. קריטריון זה מגובה בתמ"א 10/ד/10 (סעיף 15).

שמירה על רצף שטחים פתוחים הוא קריטריון סביבתי נוסף, והוא בא לתת ביטוי כמותי לצורך על שמירת 'מסדרון אקולוגי' במרכז הארץ, העני בשטחים פתוחים ביחס לפריפריה. על כן כל תאי השטח הנמצאים צפונית לגדרה ודרומית לחדרה (ההגדרה המקובלת ל'מרכז הארץ') מקבלים ציון נמוך יותר משטחים הנמצאים בפריפריה (כלומר בשאר שטח המדינה). החשיבות לשמירת רצף שטחים פתוחים מגובה בתמ"א 10/ד/10 (סעיף 11.19).

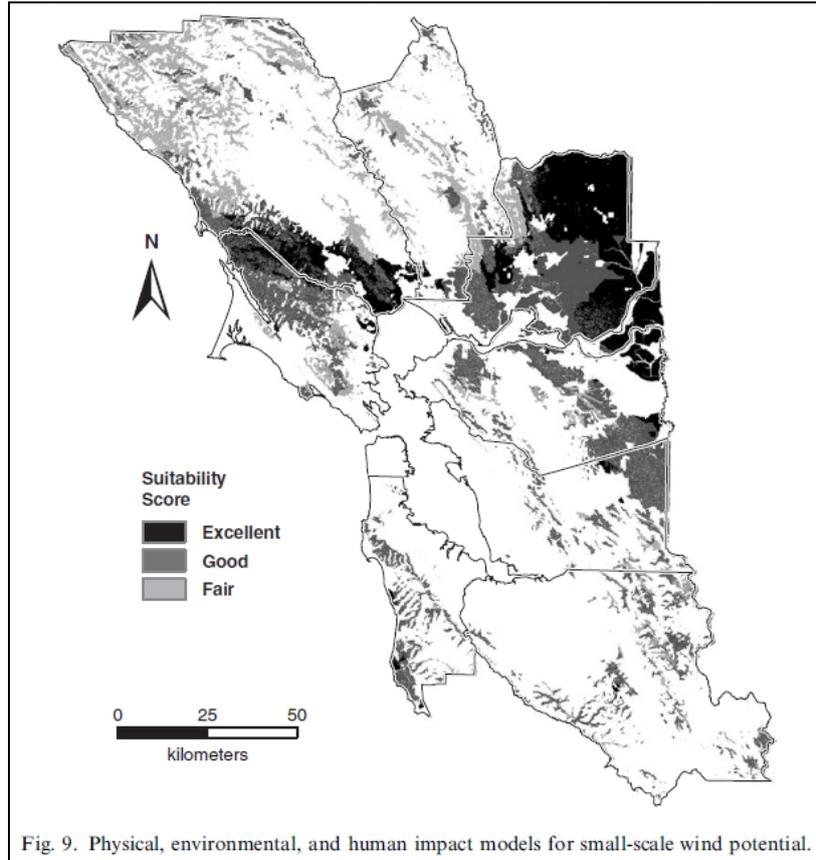
איכות הקרקע החקלאית היא קריטריון שהינו בעל חשיבות גבוהה למדינה בהיבטי ייצור מזון וניצול משאבי קרקע (משרד הפנים 2009: סעיף 5.4; תמ"א 10/ד/10 סעיף 11.5). אם תא השטח הינו קרקע חקלאית, ככל שאיכותה ירודה יותר, כך היא אטרקטיבית יותר להקמת מתקן פוטו-וולטאי (היא פוגעת פחות בכושר הייצור החקלאי). תא שטח שאיננו חקלאי יקבל בקריטריון זה ציון מקסימלי.

קריטריון נוסף שנבחן אך הוחלט שלא להכניסו למודל הוא מרחק מאזור מגורים. משרד הבריאות קובע נהלים מחייבים של מרחק מינימלי בין מערכות חשמל במתקנים פוטו-וולטאיים לבין סביבת מגורים (הנוהל קיים גם עבור מתקנים קטנים, שהינם בעלי הספק נמוך יותר ממתקנים בינוניים; מקור - חברת greengo). קריטריון זה זוכה להתייחסות כללית בלבד בתמ"א 10/ד/10 (סעיף 9.7.3). המרחקים המדוברים הם בעלי רזולוציה נמוכה מאוד (מטרים בודדים), ולכן לא ניתן להביאם לידי ביטוי במודל ארצי כמו במחקרנו. אנו יוצאים מנקודת הנחה שועדות התכנון מקפידות תמיד על קיום ההנחיות של משרד הבריאות, ועל כן לא מצאנו טעם לשלב קריטריון זה במודל.

משקלות הקריטריונים השונים בתת-המודל הסביבתי-אנושי נבנו לפי התרומה היחסית של הקריטריונים למודל - הסטטוס התכנוני של תא השטח (המרקם לפי תמ"א 35 והיעוד לפי תוכנית המתאר המקומית/מחוזית) מהווים את חלק הארי של הציון (60%), מתוך הנחה שגופי התכנון המוסמכים לקחו בחשבון את השיקולים הסביבתיים והאנושיים המרכזיים וביצעו תעודף ראוי של אזורים מיועדים לפיתוח. תוכנית המתאר המקומית/מחוזית מקבלת משקל רב יותר מהמרקם בתמ"א 35 (40% מול 20% בהתאמה) שכן היא אמורה לא רק לפעול ברוח תמ"א 35, אלא היא גם רלוונטית ומפורטת בהרבה מתמ"א 35 (כפי שהסברנו למעלה). עם זאת, לתמ"א 35 'זכות וטו' במודל על שני מרקמים - המרקם החופי ומרקם השימור - ומשום כך השפעתה על המודל כלל אינה זניחה. הקריטריונים הסביבתיים: רגישות אקולוגית, רצף שטחים פתוחים ואיכות הקרקע החקלאית מהווים את יתר המשקל בציון של תת-המודל הסביבתי-אנושי (20%), 10% ו-10% בהתאמה). לרגישות האקולוגית ניתן משקל גבוה יחסית ביחס לשני הקריטריונים האחרים מתוך רצון לתת משקל משמעותי לגופים סביבתיים המחזיקים בעמדה שונה מגופי התכנון לגבי ערכיות השטחים הפתוחים (כפי שהוסבר לעיל). הקריטריון שבדק את ההשפעה על רצף שטחים פתוחים בהתאם למרכז/פריפריה מקבל ציון נמוך יחסית, מתוך הנחה שמשקל מסוים היה צריך להינתן לכך גם בקריטריונים התכנוניים (תמ"א 35 והיעוד לפי תוכנית המתאר). לבסוף, איכות הקרקע החקלאית קיבלה גם היא ציון נמוך יחסית מתוך עמדה משותפת של הכותבים, כי סעיף זה הינו בעל משמעות סביבתית ואנושית פחותה ביחס לקריטריונים האחרים (אך עם זאת חשוב מספיק בכדי לקחת חלק במודל).

התוצרים המתקבלים מהמודל הינם שכבות GIS הממפות את שטח המדינה לפי הציון של כל תא שטח בכל אחד מהקריטריונים, וכן שכבות משוקללות המעניקות ציון לתא שטח לפי תת-המודל הפיסי, תת-המודל האנושי-סביבתי, והמודל המשוקלל (שבו כל תת-מודל מהווה 50% מהציון הסופי). מטבע הדברים בשלב זה של המחקר אין באפשרותנו להציג מפה של ישראל לדוגמא, אך להמחשה נציג מפה דומה של התוצר הסופי מתוך המחקר של Rodman and Meentemeyer (2006).

תרשים 6. המודל המשוקלל לתעדוף שטחים פתוחים להקמת חוות רוח קטנות במפרץ סן-פרנסיסקו.



מקור: Rodman and Meentemeyer 2006.

החלק המסכם של המחקר - שימוש במודל ככלי תכנוני וככלי לניתוח מדיניות

לאחר סיום בניית המודל והרצתו על כל שטח המדינה, ניתן להשתמש במודל בשני אופנים שונים. ברמה התכנונית, מתכננים (בועדות התכנון המקומיות והמחוזיות בעיקר) יוכלו להשתמש במודל ואף לשנות בו את המשקולות על מנת שישקפו את העדפויות המדויקות, על מנת לקבל תעדוף כולל של השטחים הפתוחים באזורם עבור הקצאתם לבניית מתקנים פוטו-וולטאיים בינוניים. פן נוסף, שיהיה למעשה חלק מהמחקר עצמו, הוא שימוש במודל ככלי לניתוח פעולות ועדות התכנון בפועל. נאסוף מידע על כל המתקנים הבינוניים שהוגשו לאישור בועדות השונות, ובאמצעות ני"צ מרכז המתקן נצליב את המידע עם הציון שאותו תא השטח קיבל במודל. ההשוואה תאפשר לבחון מתאם סטטיסטי בין התעדוף שביצע המודל לבין התעדוף שביצעו ועדות התכנון (מתקנים שקיבלו או לא קיבלו אישור), וכמו כן תאפשר ניתוחים מורכבים יותר - לדוגמה האם ועדות התכנון נוטות לאשר תוכניות לבניית מתקנים בינוניים לפי סדר קבלתן (לראשונות שהוגשו סיכוי גבוה יותר להתקבל) או שמא לפי מידת ההתאמה של תא השטח (אותו נעריך באמצעות הציון שהוא קיבל במודל). באמצעות השוואות אלו נוכל לנתח טוב יותר את פעולתן של ועדות התכנון, לספק שקיפות ציבורית שכיום חסרה בתחום זה, ואולי אף לפתח דיון ציבורי בתחום.

הערכת הקשיים הצפויים במחקר

אנו צופים מספר קשיים במימוש הצעת המחקר:

- **שיקולים בבחירת המשקולות לכל אחד מהקריטריונים.** אנו שומרים לעצמנו את הזכות לעדכן את המשקולות שהענקנו לכל קריטריון במודל וגם להוסיף או לבטל קריטריונים בהתאם להתקדמות המחקר ולתובנות חדשות שנקבל. בחירת המשקולות הינה תהליך סבוך וסובייקטיבי, הדורש פרשנות של מדיניות הממשלה, ובמהלכו אנו נדרשים להגיע לקונצנזוס בינינו לבין עצמנו.
 - **בניית מודל גיאוגרפי מרחבי ברזולוציה גבוהה** דורשת בסיס נתונים רחב ומדויק, אשר אנו צופים קשיים טכניים בבנייתו (במיוחד בקריטריונים שבהם נדרש לבנות את בסיס הנתונים מאפס). כמות השכבות במודל הינה רבה, ועל כן בניית בסיס הנתונים המלא הינה משימה לא פשוטה.
 - **יכולת נגישות לאינפורמציה** לעיתים הינה מוגבלת, במיוחד למאגרי הנתונים של מוסדות התכנון. אנו תקווה שחסמים בירוקרטיים כאלו ואחרים ייפתרו במהלך העבודה על המחקר.
- כנגזרת מכל הנ"ל, ולאור רבגוניותו של המחקר (העוסק בנושאים תכנוניים, פסיקליים, גיאוגרפיים, סביבתיים ועוד), אנו ממליצים לבנות צוות מחקר רב תחומי אשר יוכל לכסות את כל תחומי המחקר ולעבוד במסגרת של הפריה הדדית.

סיכום

המחקר המוצע לעיל צפוי לטייב את ניהול הקונפליקט שבין אינטרס לפיתוח אנרגיית מתחדשת ממקורות סולאריים לבין אינטרס לשמר את השטחים הפתוחים המועטים יחסית שנתרו בישראל. המודל שהצענו יוכל להקל על תהליכי התכנון, בכך שיאפשר למתכננים בחינה השוואתית של מידת ההתאמה של שטחים פתוחים שונים לבניית מתקנים פוטו-וולטאיים בינוניים. כמו כן המודל יאפשר לנו ולחוקרים נוספים בעתיד לנתח ולבקר את הרישיונות שמעניקים גופי התכנון בפועל, ולאפשר שקיפות שתוביל לדיון ציבורי פתוח על הקונפליקט הנידון.

מקורות

- הארץ. 2009. נשיא המדינה, שמעון פרס, בוועידת האקלים בקופנהאגן: האקלים דורש פעולות ללא קשר לגבולות. פורסם ב- 17 בדצמבר, 2009. זמין בכתובת: <http://www.haaretz.co.il/hasite/spages/1135785.html> [תאריך גישה אחרון: יולי 21, 2011].
- ידיעות אחרונות (ynet). 2011. ירוק? לא בטוח - אנרגיה סולארית פוגעת בטבע. פורסם ב- 21 ביולי, 2011. זמין בכתובת: <http://www.ynet.co.il/articles/0,7340,L-4098338,00.html> [תאריך גישה אחרון: יולי 21, 2011].
- מרכז המחקר והמידע של הכנסת. 2010. ייצור חשמל באמצעות אנרגיות מתחדשות – מעקב אחר ביצוע החלטת הממשלה 4450 לאור התכנית הלאומית להפחתת פליטת גזי החממה (הוגש לוועדה המשותפת פנים-עבודה לנושא סביבה ובריאות בתאריך 12 בדצמבר 2010). זמין בכתובת: <http://www.knesset.gov.il/mmm/data/pdf/m02732.pdf> [תאריך גישה אחרון: יולי 21, 2011].
- משרד הפנים. 2009. מדיניות לקידום תכניות להקמת מתקנים סולאריים לייצור חשמל (דו"ח שלאין). פורסם בתאריך 30 באוגוסט 2009. סימוכין: תש 2009-7499.
- משרד התשתיות. 2010. מדיניות משרד התשתיות הלאומיות לשילוב אנרגיות מתחדשות במערך ייצור החשמל בישראל. זמין בכתובת: <http://www.mni.gov.il/NR/rdonlyres/D2E4FE39-80D6-4E05-AC44-E9C0BCDE5FEB/0/renewables.pdf> [תאריך גישה אחרון: יולי 18, 2011].
- ערער אזרחי 8116/99. 2001. אדם טבע ודין נגד הוועדה המקומית לתכנון ובניה שומרון ואחרים (23.7.2001).
- Alektlett, Kjell et al. 2010. The Peak of the Oil Age – Analyzing the world oil production Reference Scenario in World Energy Outlook 2008. *Energy Policy* 38: 1398–1414.
- Baban, Serwan M.J. and Tim Parry. 2001. Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. *Renewable Energy* 24: 59-71.
- BP. 2011. *Statistical Review of World Energy*. Available Online: <http://www.bp.com/statisticalreview> [accessed: July 18, 2011].
- California Energy Commission. 2004. *Integrated Energy Policy Report (2004 update)*. Available Online: <http://www.energy.ca.gov/reports/CEC-100-2004-006/CEC-100-2004-006CMF.PDF> [accessed: July 18, 2011].
- CIA (Central Intelligence Agency). 2011. *The World Factbook - Country Comparison by Population growth rate (2011 update)*. Available Online: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2002rank.html> [accessed: July 18, 2011].
- EIA (Energy Information Administration). 2010. *Electricity Net Generation From Renewable Energy (Release Date: August 2010)*. Available Online:

- http://www.eia.gov/cneaf/alternate/page/renew_energy_consump/table3.html
[accessed: July 18, 2011].
- European Commission. 2011. *EU Energy in figures and factsheets (revision 2011)*. Available Online:
http://ec.europa.eu/energy/publications/statistics/statistics_en.htm [accessed: July 18, 2011].
- Foresman, Timothy W. (ed.). 1997. *History of Geographic Information Systems: Perspectives from the Pioneers* (Prentice Hall Series in Geographic Information Science). Prentice Hall PTR.
- Hughes, J. David. 2011. *Will Natural Gas Fuel America in the 21st Century?* Post Carbon Institute: Santa Rosa, California. Available Online:
<http://www.postcarbon.org/report/331901-will-natural-gas-fuel-america-in>
[accessed: July 18, 2011].
- IEA (International Energy Agency). 2011. Prospect of limiting the global increase in temperature to 2°C is getting bleaker. Available Online:
http://www.iea.org/index_info.asp?id=1959 [accessed: July 18, 2011].
- Kiesecker, J.M et al. 2010. Development by Design: Blending Landscape Level Planning with the Mitigation Hierarchy. *Frontiers in Ecology and the Environment* 8: 261–266.
- Lejeune, P and C. Feltz. 2008. Development of a decision support system of setting up a wind energy policy across the Walloon Region (southern Belgium). *Renewable Energy* 33: 2416-2422.
- Mani, Monto and Rohit Pillai. 2010. Impact of dust on solar photovoltaic performance: Research status, challenges and recommendations. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14: 3124–3131.
- Nguyen, H.T. and J.M. Pearce. 2010. Estimating potential photovoltaic yield with r.sun and the open source Geographical Resources Analysis Support System. *Solar Energy* 84: 831-843.
- Patzek, Tadeusz W. and Gregory D. Croft. 2010. A global coal production forecast with multi-Hubbert cycle analysis. *Energy* 35: 3109-3122.
- REN21 (Renewable Energy Policy Network for the 21st Century). 2010. *Renewables 2010 Global Status Report*. Available Online:
<http://www.ren21.net/REN21Activities/Publications/GlobalStatusReport/GSR2010/tabid/5824/Default.aspx> [accessed: July 18, 2011].
- Rodman, Laura C. and Ross K. Meentemeyer. 2006. A geographic analysis of wind turbine placement in Northern California. *Energy Policy* 34: 2137-2149.

- Solargen. 2010. *Solargen Energy Employee Expenditure Analysis*. Available Online: <http://www.cosb.us/solargenagendapacket/5.%20clerk%20of%20the%20board%20part%20pdf.pdf> [accessed: July 18, 2011].
- Stuart, Becky. 2010. Mars: Self-cleaning technology can keep solar panels dust-free. *pv magazine*. Available Online: http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/mars--self-cleaning-technology-can-keep-solar-panels-dust-free_100000760/ [accessed: July 18, 2011].
- Tegou, Leda-Loanna et al. 2010. Environmental management framework for wind farm siting: Methodology and case study. *Journal of Environmental Management* 91: 2134-2147.
- UN (United Nations). 2010. *World Population Prospects, the 2010 Revision*. Available Online: http://esa.un.org/unpd/wpp/Sorting-Tables/tab-sorting_population.htm [accessed: July 18, 2011].
- U.S. Department of Energy. 2005. *Assessing the Potential for Renewable Energy on National Forest System Lands*. Available Online: <http://www.nrel.gov/docs/fy05osti/36759.pdf> [accessed: July 18, 2011].
- Vardimon, Ran. 2011. Assessment of the potential for distributed photovoltaic electricity production in Israel. *Renewable Energy* 36: 591-594.
- Yue, Cheng-Dar and Shi-Sian Wang. 2006. GIS-based evaluation of multifarious local renewable energy sources: a case study of the Chigu area of southwestern Taiwan. *Energy Policy* 34: 730–742.