



מדינת ישראל

משרד התשתיות הלאומיות
המכון הגיאולוגי



המשרד לאיכות הסביבה
אשכול מדיניות ותכנון

שלום עם הסביבה



המשרד לאיכות הסביבה
وزارة جودة البيئة
Ministry of the Environment



מכון ירושלים לחקר ישראל
המרכז למדיניות סביבתית

מסמך מדיניות

אגן ים המלח

הערכת מצב ומשמעויות לעתיד

בתנאים של המשך ירידת מפלס הים

ירושלים

תשס"ו, 2006

מסמך מדיניות

אגן ים המלח

הערכת מצב ומשמעויות לעתיד
בתנאים של המשך ירידת מפלס הים

מוגש לממשלת ישראל

ירושלים
תשס"ו, 2006

עריכה לשונית – שלמה ארד
ריכוז – גלית חזן, מכון ירושלים לחקר ישראל
הפקה והבאה לדפוס – חמוטל אפל, מכון ירושלים לחקר ישראל
עיצוב ועימוד – אסתי ביהם
הגהה – מיכל קורח, מכון ירושלים לחקר ישראל

ניתן לעיין במסמך באתרים:

www.sviva.gov.il

www.jiis.org.il

www.gsi.gov.il

זכויות היוצרים שייכות למשרד לאיכות הסביבה ולמכון ירושלים לחקר ישראל.
ניתן לצטט ולהעתיק מן המסמך לצורכי מחקר, לימוד ומדיניות ובתנאי שיינתן קרדיט מלא למקור.

ועדת ההיגוי

יושבי־ראש

- | | |
|------------------|-------------------------------|
| – ד"ר מיקי הרן | – מנכ"לית המשרד לאיכות הסביבה |
| – ד"ר מיכאל בייט | – משרד התשתיות הלאומיות |
| – ולרי ברכיה | – המשרד לאיכות הסביבה |

חברי הוועדה

- | | |
|--------------------|---------------------------------------|
| אוהד אורנשטיין | – משרד התעשייה, המסחר והתעסוקה |
| ירון ארגז | – משרד התיירות |
| עו"ד נטע דרורי | – המשרד לאיכות הסביבה |
| אדר' אליסיה סיבר | – משרד הפנים |
| יעקב קידר | – משרד החוץ |
| דוד דשן דויטש | – מינהל מקרקעי ישראל |
| אמיר שביט | – משרד האוצר |
| אסף מאיר | – משרד האוצר |
| דב ליטבינוף | – מועצה אזורית תמר |
| מרדכי דהמן | – מועצה אזורית מגילות |
| אינג' עווד הראל | – מפעלי ים המלח |
| דוד ירוסלביץ | – נציבות המים |
| רון שוורץ | – רשות הניקוז ים המלח |
| ניר אנגרט | – רשות הטבע והגנים |
| עו"ד גדעון ברומברג | – ארגון ידידי כדור הארץ, המזרח התיכון |

מחקר וכתובת המסמך

התשתית הפיסית

המכון הגיאולוגי, ירושלים

ד"ר עמוס בין

ד"ר איתי גבריאל

ד"ר יואב אבני

ד"ר משה שירב

ד"ר יוסי יחיאל

ד"ר מאיר אבלסון

ד"ר גדי בר

ד"ר עזרא זילברמן

ד"ר עמוס סולומון

ד"ר עודד כץ

אקולוגיה וסביבה

אלי רו – גיאולוגיה וייעוץ סביבתי, קיבוץ עין-גדי

ד"ר רון פרוסקין – ייעוץ אקולוגי וסביבתי

תכנון

מוטי קפלן – תכנון מתאר וסביבה

נירית ויטמן – מוטי קפלן, תכנון מתאר וסביבה

כלכלה

רון חקלאי – כלכלה אורבנית בע"מ, רמת גן

ד"ר ניר בקר – אוניברסיטת חיפה

חגית זלינגר – אוניברסיטת חיפה

רון בנארי – מהנדס

משפט ומינהל ציבורי

ד"ר ראובן לסטר, עו"ד – לסטר את גולדמן, משרד עו"ד

עו"ד ורדה בריף – לסטר את גולדמן, משרד עו"ד

דני לבני – לסטר את גולדמן, משרד עו"ד

עורכים

ד"ר עמיר אידלמן – מכון ירושלים לחקר ישראל

גלית כהן – המשרד לאיכות הסביבה

ד"ר עמוס בין – המכון הגיאולוגי

מוטי קפלן – תכנון מתאר וסביבה

תוכן העניינים

7	פתח דבר
9	א. ממצאים, משמעויות וקווים למדיניות
12	ב. תפיסת תכנון חדשה
13	ג. המלצות
15	1. מבוא
15	1.1 מסגרת המסמך ומטרותיו
15	1.2 גורמים ומשמעויות מירידת המפלס
16	1.3 החלטת הממשלה
16	1.4 תרחיש של ברירת המחדל
16	1.5 הצוות ושיטת העבודה
18	2. מפעל ההתיישבות באזור ים המלח
18	2.1 רקע היסטורי
19	2.2 מועצה אזורית תמר
22	2.3 מועצה אזורית מגילות ים המלח
23	2.4 השפעות ירידת המפלס על ההתיישבות
26	3. אגן ים המלח – תהליכי עיצוב ומשמעותם
26	3.1 המבנה ועיצוב האגן בזמן ובמרחב
27	3.2 פעילות סיסמית ורעידות אדמה
29	4. ים המלח (גוף המים) – תמונת מצב, תהליכים ומגמות
29	4.1 תיאור האגם
29	4.2 הרכב ים המלח והתפתחותו
30	4.3 מאפיינים ושינויים בים המלח
31	4.4 מאזן המים ושינויי המפלס של ים המלח
33	4.5 תחזית למפלס הים
34	5. האגן הצפוני – תגובת התשתית הפיסית לירידת המפלס
34	5.1 התפתחות הנוף והתחרות נחלים
46	5.2 גלישות, סחף וחתירת נחלים עקב רעידות אדמה ושיטפונות קיצוניים
47	5.3 מי התהום, הנביעות החופיות והשינויים החזויים בהם
48	5.4 התפתחות בולענים (בורות) ושקיעות קרקע
57	6. האגן הדרומי – בריכות האידוי
57	6.1 בריכות האידוי כגורם מרכזי באגן
58	6.2 התפתחות בולענים באגן הדרומי

7	האקולוגיה והסובב הטבעי	60
7.1	שינויים סביבתיים ונופיים בחוף הנחשף	60
7.2	נאות החוף	62
7.3	מגמות ותהליכים בנאות החוף	66
7.4	חופי הים המדבריים	73
7.5	מלחות	76
7.6	השינויים הסביבתיים והאקולוגיים באגם	76
7.7	המשמעויות האקולוגיות	78
8	המצב התכנוני	79
8.1	עיקרי הדברים	79
8.2	ניתוח שימושי-קרקע על רקע מפות ההיתכנות	79
8.3	המערכת התכנונית	87
8.4	תכניות-מתאר מפורטות	90
8.5	השפעת השינויים על תכנון האזור	92
8.6	מרחב התכנון	112
9	המשמעות הכלכלית	115
9.1	ירידת מפלס ים המלח – עלויות ותועלות	115
9.2	גורמים כלכליים באזור ים המלח	115
9.3	ערך כינון – אומדן העלויות המשקיות (עלות השיקום, Restoration Costs)	115
9.4	מתודולוגיה לניתוח כלכלי של ערכי טבע וסביבה	121
9.5	שימוש אלטרנטיבי במים	122
9.6	סיכום העלויות והתועלות בתרחיש של ברירת מחדל	123
125	נספח 1: החלטת הממשלה מס' 2863 מיום 5.1.2003	
126	נספח 2: בולעני ים המלח – מתווה מומלץ להתנהלות הנדסית-רישונית	
140	נספח 3: נספחים לפרק האקולוגי	
145	נספח 4: נספחים לפרק הכלכלי	
167	ביבליוגרפיה	

ים המלח, וירידת המפלס תימשך בקצב של כמטר אחד בשנה ואולי אף יותר. ירידת מפלס בשיעור של 15-20 מטרים נוספים היא אפוא בחזקת צפי מינימאלי לכל התחלה של שינוי בתנאים, וזאת אף אם יוחלט מייד על פעולות דרסטיות, כמו בניית מובל-ימים ("מובל השלום") או החזרת מקורות המים הטבעיים לים המלח. זאת מפאת הזמן הארוך הנדרש ללימוד ההשלכות הסביבתיות ולהשלמת נתונים, לתכנון ולאישור תכניות (במיוחד בפרוייקט מולטי-טרנאלי), לגיוס משאבים ולמימוש פעולות בהיקף הרחב המתחייב מן העניין.

חשוב לציין שגם לאחר יישום תכנית לשינוי המצב, תהליך הרמת פני הים — ממפלס של לפחות 435-440 מטר מתחת לפני הים (לעומת 418- כיום) עד למפלס היעד — יימשך שנים רבות מרגע שיוחל בהזרמת מים נוספים לאגן. כל הבעיות המאפיינות את המצב כיום, ובעיקר התהליכים הגורמים לכשל הקרקעי בתחום שמתחת לקו הגובה 400- מטר, ידעו בהדרגה רק כאשר יתקרב מפלס הים לרום זה. ראוי לציין כי שימור התעשייה הכימית בים המלח מחייב את קיומן של בריכות האידוי באגן הדרומי. לפיכך, מפלס יעד של כ-402 מטר מתחת לפני הים, הוא מפלס מרבי, שיבטיח אי-הצפה חוזרת של האגן והרס הבריכות. זאת ועוד: גם אם יוחלט לקבע את מפלס ים המלח במפלסו הנוכחי (418- מטר), תארך החזרה למפלס-יעד זה לא פחות מ-30 40 שנה מהיום.

לפיכך: "ברירת המחדל" והמציאות הנגזרת ממנה, תקפות ורלוונטיות לכל אופק תכנוני הנראה לעין (30-40 שנה ואף יותר). יחד עם זאת, יש כמובן לקדם את בחינת המהלכים המכוונים לשינוי המגמות, על-מנת שניתן יהיה לגבש מדיניות לאומית כוללת ובת-קיימא לאגן ים המלח.

הירידה המתמשכת במפלס הים והתגברות מפגעי התשתית לאורך החופים, הביאו לאי-ודאות באשר להמשכיותן של התופעות, מגמות-התפתחותן, הסיכונים המלווים אותן והנזקים הכלכליים הנלווים להן. מסמך זה מפזר חלק ניכר מאי-ודאות זו ומציג תחזית מבוססת לעתיד הים וחופיו. תחזית זו מהווה בסיס להתוויית מדיניות להתנהלות ופיתוח, התואמות את התנאים המשתנים ומכוונות לאפשר המשך הפעילות ומיצוי הפוטנציאל הגלום באזור.

מסמך זה מציג ראייה רב-תחומית של אזור ים המלח ומתווה המלצות וקווי-מדיניות לעתיד האזור.

הירידה המתמשכת של מפלס ים המלח גוררת בעקבותיה שינויים פיסיים, המתרחשים לאורך החופים ומשפיעים על תנאי הקיום והפיתוח באזור. עוצמת השינויים והאיום הנגזר מהם, יצרו אי-ודאות המגבילה את הפעילות השוטפת באזור ואת המשך תנופת הפיתוח.

ירידת המפלס והשינויים הפיסיים יימשכו וייתכן אף שיגברו. המשך מהלך החיים ופיתוח האזור מחייבים התמודדות עם המציאות המתהווה, ומכאן הצורך בהיערכות מחודשת, התואמת את התנאים המשתנים והשלכותיהם.

מטרתו של מסמך מדיניות זה, ליצור מסד נתונים אמין ומקיף של מכלול התופעות והשינויים המרחשיים בים המלח ובחופיו, לנתח את משמעותם ולהמליץ על מדיניות לעתיד האזור.

במסגרת עבודה זו אותרו ומופזו אזורים בהם צפויים כשלים קרקעיים ברמות היתכנות שונות, לצד אזורים נרחבים בהם התשתית יציבה ובטוחה, וניתן להפנות אליהם פיתוח ללא מגבלות. תוצאות העבודה מצמצמות מאוד את תחומי האי-ודאות, מאפשרות להמשיך את הפעילות השוטפת באזור ומהוות בסיס ליוזמות פיתוח באגן ים המלח.

תכליתו של עבודה זו לאפשר שגשוג למפעל ההתיישבות לחופי ים המלח ולהבטיח אפיקי פיתוח מיטביים ובני-קיימא באזור.

מסגרת העבודה

היוזמה להכנת מסמך זה נובעת מן השינויים המפליגים המתרחשים באגן ים המלח ומן הצורך לגבש מדיניות לאומית לגבי עתידו. ברקע הדברים עומדות לכאורה שתי גישות עקרוניות המחייבות נקיטת עמדה: הגישה הראשונה מאמצת את ההנחה כי התנאים שהביאו למצב הנוכחי באגן ים המלח אינם ניתנים לשינוי בטווח הנראה לעין, ולפיכך יש להתמודד באופן מיטבי עם המצב שנוצר. הגישה השנייה מכוונת, לעומת זאת, להתערבות יזומה ודחופה לשינוי המצב, אם בהחזרת מרבית זרימות הירדן לקדמותן ואם בהקמת "מובל-ימים". **מסמך זה מטפל במהלכים הנגזרים רק מן הגישה הראשונה, המוגדרת "ברירת המחדל".**

ניתוח המידע שנלמד במסגרת עבודה זו, מעלה באופן חד-משמעי כי בטווח הנראה לעין לא יהיה שיפור במאזן המים הגירעוני של

מבנה המסמך

המסמך כולל שלושה מרכיבים:

- ❑ קווי המדיניות המוצעים לעתיד ים המלח, הכוללים גישה תכנונית מתאימה לתנאים המתהווים באזור. חלק זה כולל הצגה תמציתית של עיקרי הממצאים והמשמעויות.
- ❑ גוף המסמך כולל תשעה פרקים, בהם סקירה על אזור ים המלח, ההתיישבות, התשתית הפיסית, אקולוגיה וסביבה, המצב התכנוני וניתוח כלכלי.
- ❑ נספחים המציגים נתונים וניתוחים משלימים.

א | ממצאים, משמעויות וקווים למדיניות

זאת לעומת המפלס הנוכחי, שהוא 418- מטר ושטח של כ-650 קמ"ר, ולעומת המפלס של 395- מטר ושטח של כ-1,000 קמ"ר שהיו בשנת 1950. משמעות הדבר היא כי חרף הירידה הניכרת אשר צפויה עוד במפלס — ההצטמצמות בשטח האגם תימשך בקצב איטי יותר מזה שהתרחש עד כה. זאת בשל התייבשותו המוחלטת של האגן הדרומי והרדוד בשלבים המוקדמים של ירידת המפלס ובשל השיפועים החריפים המאפיינים את שולי האגן הצפוני והעמוק.

□ מסמך זה מציג מפות המתארות באופן כמותי את המגמות בהתפתחות מצב התשתית הפיסית, כולל:

◆ **מיקומם של קווי החוף הצפויים בעתיד, במרחב ובזמן;**

◆ **שקיעות קרקע ואזורים מועדים להיווצרות בולענים,** בחלוקה לאתרי בולענים פעילים, אזורים בהם קיים פוטנציאל להיווצרות בולענים, אזורים בהם לא ניתן לשלול אפשרות להיווצרות בולענים ואזורים בהם לא צפויה היווצרות בולענים;

◆ **חשיפת משטחי בוץ, מדרונות תלולים ואזורים מועדים לגלישות קרקע חזרתי בוץ;**

◆ **חתירה והעמקה מואצת של אפיקי הנחלים, הפוגעת ומאיימת על כבישים ותשתיות;**

◆ **ערעור יציבותם של מקווימים טבעיים, דוגמת עינות צוקים, קנה וסמר, והפגיעה באתרים ייחודיים אלה.**

◆ **אבדן מיתתהום המקטין את האוגר החד-פעמי של האקוויפרים המתנקזים לים המלח כתוצאה מירידת המפלס.** אבדן זה קטן יחסית ואינו עולה על עשרות מיליוני מטרים מעוקבים בשנה, וזאת בניגוד לטענה שנשמעה בעבר — בעיקר מכיוון ממלכת ירדן — בדבר אבדן של מאות מיליוני מטרים מעוקבים בשנה.

3. פגיעה בלתי-הפיכה בנאות החוף ובמינים ייחודיים

□ בנאות החוף קיימת מערכת אקולוגית בעלת ערכים אוניברסאליים ואזוריים. לנאות החוף תפקיד חשוב כמקום חנייה בנתיב נדידת הציפורים, כמקור מים ומזון וכמקום מחסה לעופות וליונקים הגדולים של מדבר-יהודה. ירידת מפלס הים

1. מצב של אי-ודאות משבש את שגרת החיים ומגביל תכנון ארוך-טווח

□ מצבו הנוכחי של ים המלח מבטא את מצוקת המים האזורית. הוא תולדה של מדיניות ממשלות ירדן, סוריה וישראל, לניצול משאבי המים באגן ההיקוות והפקת מלחי הים על-ידי המפעלים התעשייתיים בישראל וירדן. מאגן ים המלח נגרעים מדי שנה יותר ממיליארד מטרים מעוקבים של מים שפירים, שזרמו בעבר לים המלח. פעילות המפעלים בבריכות האידיו מגדילה את גירעון המים עוד בכ-250 מיליון מטרים מעוקבים (מלמ"ק). כתוצאה מהמצב שנוצר, נגרמים נזקים, משתבשת שגרת החיים באזור וגוברת האי-ודאות באשר לעתידו.

□ ירידת מפלס הים גוררת שינויים מתמידים במיקום קו החוף ובתנאים הפיסיים השוררים לאורכו. שינויים אלה משפיעים על יציבות התשתיות, מאיימים ופוגעים בפועל במבנים, כבישים, גשרים, שטחי-חקלאות ותשתיות הנדסיות אחרות. הנגישות המיידית אל הים נמנעת, ונפגמת האטרקטיביות התיירותית של האזור.

□ האי-ודאות שנוצרה לגבי המגמות הקיימות ומידת הסיכון הנשקפת מהן, הביאה לעצירת תכניות פיתוח קיימות והיא מונעת קידום תכניות לגילום הפוטנציאל הקיים באזור ייחודי זה.

2. פיזור האי-ודאות ומתן תחזית מוסמכת להשתנות הדינאמית של האגן

□ קצב הירידה של מפלס ים המלח בשנים הבאות יהיה כמטר אחד בשנה. לפיכך יגיע מפלס הים בשנת 2025 לרום של כ-440 מ' מתחת לפני הים התיכון ובשנת 2050 לרום של כ-465 מ' מתחת לפני הים.

□ **ים המלח אינו צפוי להיעלם** גם אם לא יינקטו פעולות לשינוי מאזן המים הגירעוני באגן. המפלס ימשיך לרדת גם בשנים הבאות, אולם הוא צפוי להתקרב למצב יציב בתוך כ-200 שנה, במפלס נמוך ב-100-150 מטר מתחת למפלס הנוכחי — דהיינו, ברום של כ-550- מטר ובעומק מים מרבי של 200 מ'. לקראת הגעה למפלס זה, יהיה שטח האגם כ-450 קמ"ר, קצב האידיו יקטן ויבד בבד תחול גם התמתנות בקצב ירידת המפלס.

5. תפעול בריכות האידוי באגן הדרומי משפיע על המלונות

□ התנאים הטבעיים וקיום בריכות האידוי באגן הדרומי, מכתיבים אופי תהליכים שונה מהותית באזור זה, לעומת המתרחש באגן הצפוני. בעוד שבאגן הצפוני יש התפתחות נמרצת של בולענים, הרי שבקטעים שלאורך בריכה מס' 5 ומדרום לה, התפתחות הבולענים מצומצמת יחסית. חקירת האזור הדרומי טרם הושלמה וחסר מידע על התפתחות בולענים בשטח המפעלים ובריכות האידוי ועל התנאים בתת הקרקע המכתיבים את היווצרות הבולענים.

□ תחזוקת בריכות האידוי של המפעלים מאפשרת את קיומה של תשתית מלונאות מפותחת לחופיהן. עם זאת, הצטברות שכבת מלח בעובי של כ-20 ס"מ לשנה על קרקעית הבריכות, גורמת לעלייה מתמדת במפלס המים בבריכות – דבר המאיים על התשתיות ועל המלונות. על-פי החלטה מיוחדת של הממשלה, נבחנות כיום באחריות משרד התיירות, חלופות שונות המיועדות לתת פתרון למלונות עד סוף תקופת הזיכיון של מפעלי ים המלח (2030).

□ אין כיום נתונים ותחזיות לתוחלת החיים של מפעלי ים המלח מעבר לתום תקופת הזיכיון. להמשך קיומן של בריכות האידוי יש השלכות מהותיות על התפתחות תנאי התשתית הפיסית בשטח הבריכות עצמן ובאגן הדרומי כולו, וכן על המשך קיומה של המלונאות באזור.

6. שימושי-קרקע

□ שימושי הקרקע באזורי החוף בהם מתקיימים שינויים דינאמיים מהותיים, הם בעיקר לתיירות ומעט לחקלאות. **מרבית שטחי היישובים, אזורי התעשייה ומוקדי התיירות, מרוחקים מן החוף ומצויים מחוץ לתחום ההשפעה האינטנסיבי של ירידת המים.**

□ ירידת המפלס מלווה בהתרחקות משמעותית של קו המים ממתקני תיירות ומדרכי גישה ששימשו את המבקרים עד לפני שנים אחדות. סוגיית הנגישות היא אחד הנושאים

גוררת שינויים בנאות החוף וגורמת להתפתחות פלגים מהירי-זרימה ופריצת מקווי-מים, לירידת מפלס מי התהום ולעלייה במליחותם. תהליכים אלה עלולים להביא לצמצום מגוון המינים, להשפיע על הציפורים הנוודות באזור ולפגוע במערכות אקולוגיות מקומיות ייחודיות.

4. אומדן המשמעויות הכלכליות של ברירת המחדל

□ אומדן הערך הכספי, שניתן לכימות באמצעות "ערך הכינון", מבוסס על תחשיב מאזן בין עלויות הנזקים לחקלאות ולמערכות הכבישים לבין התועלות שנוצרו למפעלי ים המלח בזכות עליית ריכוז המלחים במי האגן הצפוני.

□ המפעלים לניצול מלחי ים המלח בישראל ובירדן, מפיקים תועלת כלכלית מהשינויים שהתרחשו עד כה ומאלה הצפויים לפחות בעשרות השנים הבאות. עליית מליחות המים מביאה להעלאת יעילות תהליך מיצוי המלחים, והרווח הכלכלי המתקבל מכך לאחר קיזוז נזקים והוצאות משניות הכרוכות בירידת המפלס, נאמד בתוספת ייצור של כ-100 אלף טון אשלג בשנה (למפעלי ים המלח הישראליים בלבד). מחירי האשלג הם כ-12 יורו לטון, כלומר כ-1.2 מיליון יורו לשנה, שהם כ-6.8 מיליון ש"ח לשנה. הערך המהוון של תוספת ההכנסה השנתית הוא כ-78 מיליון ש"ח על-פני 20 שנה ו-107 מיליון ש"ח על-פני 50 שנה.

□ להלן ריכוז נתונים על ערך הכינון ועל עלויות הנזקים הישירים הנובעים משינויי המפלס.

□ בעבודה זו לא נלקחו בחשבון התועלות למשק בישראל, בסוריה ובירדן מן השימוש במים שפירים שנגרעים ממאזן המים של ים המלח. נושא זה ייבחן בעתיד.

□ שיטת ערך הכינון בוחנת את עלות שיקום התשתיות בגין ירידת המפלס, אך אינה בוחנת את הפגיעה בערכו של ים המלח כתופעת טבע ייחודית.

□ במסגרת עבודה זו נעשה ניסיון ראשוני לאמוד את אבדן הערך הכלכלי של ים המלח כמשאב סביבתי וכערך טבע ייחודי.

עלויות בש"ח		סוג הנזק
50 שנים להיוון	20 שנים להיוון	
38,000,000	31,000,000	התחרות סחיפה של נחלים-כבישים, גשרים ומעבירי-מים בולענים בכבישים חקלאות
15,000,000	12,000,000	
12,000,000	12,000,000	
65,000,000	55,000,000	
		סה"כ עלות הנזקים

המחייבים היערכות בעתיד הקרוב, כדי לאפשר למבקרים להמשיך וליהנות מנגישות לים, במקומות שאין בהם סיכון.

❑ תכניות המתאר, בכל הרמות, נעשו בטרם אובחנו השינויים הדינאמיים לאורך חופי ים המלח. חלק משימושי הקרקע הקיימים וחלק מן התכניות לפיתוח עתידי, חופפים אזורים המועדים להיווצרות בולענים.

❑ בניית התשתיות במרחב שבין הים הנסוג לבין קו המצוקים המוצג במסמך הנוכחי, אובחנו ומופו שטחים פוטנציאליים לפיתוח, ללא מגבלות הנובעות מצפי להתפתחות הבולענים.

לסיכום: הבנת המצב הקיים, תוצאותיו והשלכותיו, מהווה בסיס לחשיבה מחדשת ולהתוויית עקרונות וכיווני פיתוח ביחס לעתידם של חופי ים המלח, בהתאם לתנאים המשתנים. כל זאת על-מנת לאפשר את המשך מפעל ההתיישבות באזור, את תנופת הפיתוח ואת מיצוי הפוטנציאל הגלום בו.

ב | תפיסת תכנון חדשה

□ הפיתוח לחופי ים המלח ייעשה במתחם מוגדר וסביר, בהיקף שטח הנתון לשליטה ובנייה מבוקרות, וללא צורך בפריסה רבתי לאורך החוף.

□ בתפיסה המוצעת יתקיימו הפיתוח וההתנהלות העיקרית מחוץ לאזורים המועדים לכשל קרקעי, והקשר לים יתבצע בצירים מוגדרים, מוגבלים ומובטחים מבחינה הנדסית.

תפיסות תכנון אלו ואחרות העשויות להפיח רוח חדשה בתכנון מרחב חופי ים המלח, מן הראוי שייבחנו בזהירות ובקפידה על ידי מערכות התכנון. פיתוח תפיסות התכנון במקרה של אגן ים המלח, חייב להיות משולב בצורה הדוקה עם הערכה מוסמכת של תנאי התשתית הפיסית, הן באופן רגיונאלי והן באופן פרטני ברמת האתרים הספציפיים. מעבר לבעיות המיוחדות הקשורות לירידת מפלס ים המלח, ראוי לזכור שמדובר באזור בעל רגישות גבוהה במיוחד לרעידות אדמה ולכשלים קרקעיים נלווים. אלה אמנם אינם מושפעים מירידת המפלס, אבל יש בהם כדי להשפיע על תפיסות התכנון ובוודאי גם על יישומן.

תפיסת התכנון המקובלת לאורך חופי ים, מבקשת בדרך הטבע לנצל את היתרון הגלום בחוף ומתפרסת לרוב לאורכו של החוף. כך היה גם בתכנוני הוותיקות שנועדו לחופי ים המלח, שראו בצדק את הפוטנציאל הגלום בקרבת החוף. תפיסת התכנון היתה פיתוח באוריינטציה מוארכת, בציר צפון-דרום ובמקביל לקו החוף, בשאיפה לקרבה מרבית אליו. המציאות החדשה שמטה את הקרקע התכנונית מתחת לרגליהן של התכנוניות הקיימות, הציבה אותן בתחום בעייתי מבחינת התשתית הקרקעית וניתקה אותן מקו החוף הלוך ונסוג במהירות ובהתמדה.

תוצאות עבודה זו מורות על קשיים מצטברים, דווקא בסמיכות לקו הים, הן בשל הנסיגה המתמדת הצפויה במיקומו של קו החוף והן בשל היווצרות הבולענים ושקיעות הקרקע המתרכזות בעיקר מתחת לקו הגובה 400- מ'. קשיים אלה ראוי שיובילו לחשיבה מחודשת בכל הקשור לתפיסת הפיתוח הראויה לחופי ים המלח. מועלית כאן המחשבה, הטעונה בחינה יסודית בכל תכנית עתידית, להחליף את כיוון ההסתכלות הקלאסי – צפון-דרום – המקביל וסמוך לחופי הים – בציר מערב-מזרח, שראשיתו במצוק ההעתיקים והמשכו בחופי ים המלח במערב.

על-פי תפיסה זו, מתחם הפיתוח עשוי לכלול שטח במעלה המצוק או גם שטחים המקושרים ביניהם למרגלותיו, עד לחוף הים. ציר פיתוח זה יכול אלמנטים תיירותיים והתיישבותיים שונים, אמצעי-אכסון, אטרקציות, תשתיות רוחביות, נגישות טובה למים ותנועה בטוחה ונוחה לאורך הציר, שתחבר את גובה המצוק עם חוף הים.

לתפיסת תכנון זו יתרונות משמעותיים:

□ היא קושרת את איכויותיו ואוצרותיו של מדבר-יהודה ישירות עם הערך התיירותי האטרקטיבי של ים המלח – המקום הנמוך בעולם.

□ החיבור לראש ההר, בקצה מדבר-יהודה, קושר את התיירים והמבקרים ישירות למסלולים ואתרים במדבר-יהודה.

□ בראש המצוק קיימת תצפית על ים המלח ועל מניפות הסחף היורדות אליו עד הרי אדום ומואב במזרח – נופים שאינם גלויים לשהים בחופי הים עצמו.

- (1) מסמך זה יישמש בסיס לכל התנהלות של מוסדות התכנון, המועצות האזוריות, מע"צ וכל גורם אחר באזור ים המלח. המפות שבמסמך מציגות אזורים מועדים להתפתחות בולענים ולכשל-קרקע. במסגרת ועדת המנכ"לים לנושא הבולענים, בחן צוות הנדסי את פעולות ההנדסה והרישוי באזור. תמצית דוח הביניים של צוות זה מובאת כלשונה בנספח.
- (2) כל גוף האחראי לתשתית פיסית כלשהי באזור ים המלח (המועצות האזוריות, מע"צ, חברת החשמל וכו'), יבחן בהקדם ובאופן מדוקדק את ההשלכות הצפויות לתשתיות הנתונות תחת אחריותו באזורים המסומנים במפות כאזורים מועדים לכשל קרקעי. היות שהרזולוציה של המפות שבמסמך זה אינה מיועדת לתכנון מפורט ולתכנון הנדסי, נדרשת היערכות כדלקמן:
- יש לאתר באופן שיטתי מבנים, דרכים, תשתיות אחרות ושימושים חקלאיים הנמצאים באזורים המועדים לכשל קרקעי על-פי מפות אלו ויש לערוך בדיקות הנדסיות מפורטות לקביעת מידת הסיכון המיידית הצפויה בהם, בין השאר כמפורט בנספח ההנדסי.
 - יש לבחון את ההיתכנות לכשל קרקעי, כדי למנוע נזק ולהיערך לתחזוקת התשתיות הנתונות בסיכון מיידית.
 - יש לאתר חלופות ולפנות אתרים הנתונים בסיכונים בלתי-נמנעים, או כאלה שאין היתכנות הנדסית ו/או כדאיות כלכלית למניעתם.
 - יש לקבוע את המנגנון הכלכלי וההנדסי שידאג לפינוי ו/או למציאת החלופות.
- (3) המכון הגיאולוגי יקיים ניטור, יעבה את בסיס נתוני התשתית ויעדכן מעת לעת את מפות ההיתכנות להתפתחות בולענים ולכשל קרקעי אחר. עניין זה הוא בעל חשיבות עליונה בהתחשב דינאמיות של האזור ובסיכונים הנגזרים ממנה. כל תכנון יחייב התייעצות עם המכון הגיאולוגי ועם יועץ הנדסי, לבחינת הפריסה המדויקת של האזורים המועדים לכשל קרקעי בכל אתר ספציפי והמשתמע מכך בזמן ובמרחב.
- (4) מוסדות התכנון יכינו תכנית-מתאר חדשה לחופי ים המלח ויעשו שינויים בתכניות המתאר הקיימות באזור, תוך גיבוש
- תפיסה תכנונית התואמת את התנאים הדינאמיים הצפויים בטווח של 30-40 השנים הבאות, בהתאם לממצאים המוצגים במסמך זה, ובהתייחס לדברים המובאים בנספח ההנדסי.
- (5) משרד התיירות והמועצות האזוריות יבחנו מחדש את תכנית האב לתיירות לחופי ים המלח ויעדכנו אותה בהתאם למהלכי התכנון החדשים לחופים אלה.
- (6) הממשלה תביא לגיבוש התפיסה והתנאים להמשך פעילות המפעלים הכימיים מעבר לטווח של שנת 2030 (תום תקופת הזיכיון של מפעלי ים המלח).
- (7) הגורמים המקצועיים והסטטוטוריים המופקדים על סוגיות המים באזור (נציבות המים, רשויות הניקוז, המועצות האזוריות והמכון הגיאולוגי), יקיימו מעקב שוטף אחר נביעות החוף, מי התהום והנחלים המתנקזים לים המלח, ויכינו מתווה כולל של מערכות הניקוז העליות, שיותאם לשינויים המהירים המתרחשים בהן כתוצאה מירידת פני הים. בהקשר זה ראוי לבחון גם את כל הנושאים המשפיעים על המערכת ההידרולוגית בים המלח והנגזרים מניצול אינטנסיבי של מי-תהום בשולי הים ובמעלה הזרימה, ומשחרור קולחים מטופלים ובלתי-מטופלים באגן ההיקוות.
- (8) רשות הטבע והגנים תעקוב אחר השינויים המתרחשים בחי ובצומח הקשורים למעיינות החוף, ותבחן אותם באופן שוטף לאור השינויים שחלו בספיקה ובמיקום המעיינות בגין ירידת מפלס פני הים. הרשות תיערך ותנקוט צעדים להגנה ולשמירה על נאות החוף ועל מקווי המים הייחודיים, מפני אפשרות של פריצת מקווי המים הרדודים בגין התחתרות, אשר תביא לאבדן ערכי הטבע המיוחדים והנדירים הנשענים עליהם.
- (9) הממשלה תגבש מתווה ארגוני שיבטיח תיאום ותקצוב הפעולות הנדרשות בנושא זה ממשרדי הממשלה השונים ומן המועצות האזוריות הקשורות בו.
- כל השותפים לעריכת מסמך-מדיניות זה, לעתיד ים המלח, קוראים לממשלה ליישם המלצות אלו באופן מיידית, שכן התהליכים הנוכחיים והסיכונים הנגזרים מהם יימשכו בכל מקרה לפחות במהלך 30-40 השנים הקרובות. עם זאת, יש להיערך גם לטווח

הארוך יותר, שמעבר ל-40 השנים הבאות, ולבחון אפשרויות לשינוי המגמה של ירידת המפלס בחלופות שונות. לשם כך מומלץ שהממשלה תקדם את השלמת מסמך המדיניות ותורה לבחון את משמעויותיהם של מהלכים אפשריים לשינוי המאזן השלילי של מי ים המלח ולריסון המגמות המסתמנות, כמפורט במסמך זה. מדובר בבחינת המשמעויות של "מובל-ימים" (מים-סוף או מן הים התיכון) ושל השבת מרבית הזרימה הטבעית (בעיקר של הירדן והירמוך) לים המלח. יש לקיים בחינה זו במקביל לבדיקת היתכנות "מובל השלום" מים-סוף לים המלח, עליה סוכם לאחרונה, ואשר תיעשה על-ידי גורם בינלאומי בחסות הבנק העולמי. מן הראוי שממשלת ישראל תגבש עמדה עצמאית לעתיד ים המלח, שתתבסס על שמירת ייחודו של האזור ועל האינטרס הלאומי של ישראל.

1.1 מסגרת המסמך ומטרותיו

מסמך מדיניות זה נועד לסייע במימוש הפוטנציאל הגלום באזור ים המלח תוך הסתכלות כוללת, על רקע ירידת מפלס הים באגן הצפוני והתהליכים המתחוללים באזור.

מטרת המסמך להציג תמונת מצב מוסמכת ועדכנית ולגבש כיווני פיתוח שיאפשרו חיים תקינים, המשך ההתיישבות ופיתוח התיירות, ביחד עם שימור ים המלח וסביבתו.

החזון לעתיד ים המלח, כפי שגובש בשנות השמונים, אינו יכול עוד לשמש בסיס לתכנון עתידי. נסיגת קו החוף והתרחבות תופעת הבולענים, משפיעות על אורחות החיים באזור. החניון ומטע התמרים בעין גדי ננטשו ותכניות פיתוח שונות נעצרו. מיפוי חוף ים המלח בעתיד ומיפוי האזורים המועדים להתפתחות בולענים ולסחיפה עקב ירידת מפלס הים, מראים שעיקר אזורי הכשל הקרקעי הצפויים, מצויים ברצועה צרה לאורך החוף, בצמוד לקו המים. שאר השטחים באזור הם כר נרחב לפיתוח, ללא חשש מתופעות אלו.

מסמך זה מציג נתונים, הערכות ותחזיות לגבי המצב הקיים והצפוי באזור ים המלח ומציג מתודולוגיה לניתוח תרחיש של ברירת מחדל, כלומר: **מה צפוי להתרחש בים המלח ובסביבתו מבלי שיינקטו אמצעים לריסון ירידת המפלס**. בהסתמך על ניתוח **משמעותי ברירת המחדל**, מוצגים קווים מנחים לפיתוח מיטבי של אזור ים המלח באזורים יציבים ונטולי סיכון לכשל קרקעי בגין בולענים.

1.2 גורמים ומשמעויות מירידת המפלס

ים המלח הוא אגם ייחודי בעל חשיבות עולמית, הנובעת מהיותו המקום הנמוך ביותר על-פני כדור הארץ ומן ההרכב היוצא-דופן של מימיו. שטח ההיקוות של הים מתפרס משיא החרמון בצפון ועד ראש נחל פארן (צפונית-מזרחית לאילת) בדרום. האקלים, תופעות הטבע והמסגרת הנופית וההיסטורית, מקנים לו פוטנציאל כלכלי ניכר בתחומי התעשייה, התיירות והחקלאות לסוגיה, בישראל וברידן כאחת. השילוב בין מסורות דתיות לבין ערכי נוף, טבע ומדע ייחודיים, וקרבתו הגיאוגרפית לאתרים מקודשים לכל

הדתות, מציב את ים המלח במוקד ההתעניינות העולמית והוא מועמד להכרזה כאתר מורשת עולמית ע"י UNESCO.

במהלך המאה העשרים ירד מפלס ים המלח ביותר מ-25 מ' וכיום הוא נמצא בגובה 418 מ' מתחת לפני הים התיכון. ירידת המפלס בכמטר אחד בשנה, מבטאת מאזן מים שלילי באגן, המסתכם בשטחו הנוכחי בכ-650 מיליון מ"ק בשנה. ירידת המפלס נובעת בעיקר מניצול המים השפירים באגן ההיקוות, על-ידי ישראל, סוריה וירדן. בנוסף, מפעלי ים המלח והמפעלים המקבילים בירדן, מאדים את מי ים המלח בבריכות אידיו באגן הדרומי ותורמים יחדיו כ-35% מסך גירעון המים הנוכחי. תהליכי האידיו וירידת המפלס צפויים להימשך שנים רבות, אולם עקב העלייה הדרגתית במליחות הים, יואט קצב האידיו ובסופו של התהליך צפוי מפלס ים המלח לרדת לרום של כ-550 מטר מתחת לפני הים ולהתייבב בו, ללא שינוי משמעותי נוסף.

ירידת מפלס ים המלח גרמה להתייבשות האגן הדרומי ולחשיפת משטחי בוץ נרחבים סביב הים. התפתחות הבולענים קשורה ישירות לירידת מפלס הים ולשינוי שחל במשטר מי התהום המתנקזים אליו. שינויים קיצוניים אלה מביאים להיווצרות חללי המסה בשכבת מלח בתת הקרקע, ואלה קורסים באופן פתאומי ומביאים בסופו של דבר להתמוטטות פני השטח. ירידת המפלס מאיצה גם את תהליכי העירוף והסחיפה של הנחלים, הגורמים לפגיעה בתשתיות ההנדסיות. הירידה במפלס גורמת לאבדן מי תהום על חשבון אוגר חד-פעמי ומביאה לערעור ולשינוי במצבם של מקווי-מים ואתרי-טבע ייחודיים. המצב שנוצר כתוצאה מכך, גורם לבלימת פיתוח התשתיות והתיירות סביב הים מחמת חוסר-ודאות ומחמת הסכנות הגלומות בהתערערות התשתית. בצידו המערבי של האגן הצפוני של ים המלח לא מצויים בתי-מלון, ואלה הקיימים ניצבים באגן הדרומי, לחופי בריכות מלאכותיות המהוות חלק ממערך הייצור של מפעלי ים המלח. בשל אילוצי תפעול, מועלים המפלסים בבריכות בהדרגה ונוצר איום של הצפה ופגיעה ביסודות של אחדים מבתי המלון.

בחופי ים המלח מתרחשים תהליכים שעוצמתם מגיעה לממדים של תופעת-טבע, וכולם נגזרים מהפרת שיווי המשקל הטבעי של המערכת בידי האדם. כל ניסיון להתמודד עם התהליכים אלה מחייב התערבות אנושית נוספת בממדים נרחבים, שתהייה לה השלכה על אזור ים המלח וסביבתו. החשש שמא מהלכים אלה עלולים

1.4. תרחיש של ברירת מחדל

מסמך מדיניות זה מתייחס לתרחיש הראשון בלבד, ומתמקד בגיבוש קווי-מדיניות ועקרונות להמשך פיתוח האזור ולשימור ערכי הייחודיים בתרחיש ברירת המחדל. כלומר, המסמך מתאר מה צפוי להתרחש בים המלח וסביבתו ללא נקיטת אמצעים לריסון ירידת המפלס. המגמות המסתמנות באזור אינן צפויות להשתנות באופן מהותי במהלך 30 השנים הקרובות לפחות, גם אם תחלנה יוזמות לנקיטת פעולה באחת משתי החלופות האחרות. המסמך מתייחס לשאלות הקשורות בשימור ובביסוס מערכות החיים והתשתיות המשמשות את תושבי המקום ועוסק בשאלות המחייבות התמודדות וגיבוש מדיניות-פיתוח המתאימה למצב העכשווי ולהמשכו בטווח תכנוני של 30 השנים הקרובות לפחות.

הרחבת מסמך-מדיניות זה ובחינת כל המשתמע מתרחשים אחרים הבאים לשנות את המגמות הנוכחיות, מחייבות איסוף מידע ופיתוח כלי-הדמיה שבעזרתם ניתן יהיה לנתח את התנהגות המערכת בעקבות שינוי מהותי של המצב (כחקמת מובל-מים). בהתחשב בכך שבכל מקרה לא יהיה שיפור במאזן המים הגירעוני של ים המלח בטווח הנראה לעין, מהווה מסמך זה מסגרת ראויה לאימוץ וליישום מוקדם ככול הניתן.

זה המקום לציין כי מסמך מדיניות זה מתבסס בין השאר על עבודות שנערכו במסגרת החלטת-ממשלה נפרדת לעניין הבולענים בים המלח. עבודות אלו, שנערכו ע"י המכון הגיאולוגי בשיתוף עם המכון הגיאופיסי – במסגרת ועדת מנכ"לים בראשות מנכ"ל משרד התשתיות – טיפלו בחקירת תופעת הבולענים ובמיפוי של אזורים מועדים. תוצאות עבודה נוספת, שבוצעה ע"י צוות הנדסי במסגרת אותה ועדת מנכ"לים ובחנה את ההיבטים ההנדסיים של תופעת הבולענים, מובאות כלשונן בנספח למסמך זה.

1.5. הצוות ושיטת העבודה

עבודה זו מנתחת כאמור את המשמעויות הסביבתיות, הכלכליות והמשפטיות, בתרחיש של ברירת מחדל. המשרד לאיכות הסביבה ביחד עם משרד התשתיות הלאומיות ומכון ירושלים לחקר ישראל, גיבשו צוות עבודה בעל התמחויות ספציפיות לשם הכנת המסמך:

- **צוות המכון הגיאולוגי** – בחן את התופעות והתהליכים המתרחשים כיום בים המלח ובתשתית הסובבת אותו, במטרה לחזות את ההשלכות של המשך התפתחותם בעתיד. תופעות ותהליכים אלה נותחו בעזרת מומחים בתחום הגיאולוגיה, הגיאומורפולוגיה, ההידרוגיאולוגיה, הגיאופיסיקה, הגיאוכימיה והלימנולוגיה של גוף המים. המחקר שעליו מתבסס הצוות בעבודתו בכל אחד מן התחומים, נעשה בשיטות הכוללות

ליצור בעיות חדשות, אולי חמורות אף יותר, מחייב לכמת ולבחון את משמעותם בהקשר מערכת-יאגני ובעזרת כלי-חיזוי מהימנים.

מסמך זה מציג נתונים, הערכות ותחזיות לגבי המצב הקיים והצפוי באזור ים המלח ומציג מתודולוגיה לניתוח תרחיש של ברירת מחדל, כלומר: **מה צפוי להתרחש בים המלח ובסביבתו ללא נקיטת אמצעים לריסון ירידת המפלס. כפי שמוסבר במסמך, צפי זה תואם גם למצב של החלטה לריסון התהליך, שכן עד לשחזור המפלס הנוכחי יחלפו לפחות 30-40 שנה.**

המסמך כולל ניתוח ראשון של תגובת התשתית הטבעית לירידת מפלס הים ומציג תחזיות לשנים הבאות. בהמשך מוצג ניתוח אקולוגי וסביבתי של ההשלכות על החי, הצומח, הדומם והאדם. הפרק התכנוני מנתח את מצבן של תכניות הפיתוח השונות על רקע הצפי של ירידת המפלס. הפרק הכלכלי מציג את השיטות לאומדן שווי הנכסים באזור ים המלח והעלויות לתיקון נזקים, ומציג גישה לאומדן שווי של ים המלח כערך טבעי ייחודי. בהכנת המסמך השתתף צוות משפטי, שניתח את הדינים המקומיים והבינלאומיים החלים על המערכות השלטוניות אשר קובעות את גורלו של האזור. הניתוח המלא של ההיבטים המשפטיים הנגזרים מהשינוי במצבו של הים, יוצג בהמשך, בדוח נפרד.

1.3. החלטת הממשלה

ממשלת ישראל קיבלה החלטה להכין מסמך מדיניות לעתיד ים המלח, שיגובש על-ידי המשרד לאיכות הסביבה ומשרד התשתיות הלאומיות (החלטת ממשלה מס' 2863 מיום 5 בינואר 2003 – נספח 1). המסמך אמור לבחון ולשקלל את נתוני התשתית הקשורים לים המלח, להעריך את משמעותם הסביבתית, הכלכלית והמשפטית ולהציג מסקנות והמלצות כבסיס לקבלת החלטות על עתיד האזור. המסמך הנוכחי מתייחס לתרחיש של ברירת מחדל, שהוא אחד משלושה תרחישים אפשריים:

- **ברירת המחדל** – המשך מאזן המים השלילי באגן ואף החמרתו בגין גריעת מים שפירים נוספים. תרחיש זה מתאר מצב ריאלי שימשיך ויתקיים בכל מקרה במהלך עשרות השנים הקרובות.
- **מובל הימים** – פעולה לשינוי מהותי של מאזן המים של האגן, באמצעות הזרמת מי-ים ומי-רכז לאחר התפלה, בכמות השווה ואף עולה על קצב האידוי. פעולה זו מחייבת היערכות והשקעות כבדות.
- **השבת מים שפירים** – פעולה לשינוי מאזן המים באגן, באמצעות חזרת חלק ניכר ממקורות המים הטבעיים שהתנקזו לים המלח, בדומה למצב שהתקיים לפני עשרות שנים. פעולה זו מחייבת ויתור על שיעור ניכר ממקורות המים למשקי האזור ומציאת מקורות חלופיים.

תצפיות ומדידות ברצועת החוף ובגוף המים, נטילת מדגמים ואנליזות גיאוכימיות ואיזוטופיות, עריכת קידוחים וסקרים גיאופיזיים ופיתוח מודלים להדמיית המערכת הלימנולוגית ומי התהום. עבודת המכון הגיאולוגי מבוססת על שורה ארוכה של מחקרים וסקרים שנעשו במכון הגיאולוגי, במכון הגיאופיזי, במכון לחקר ימים ואגמים ובאוניברסיטאות, וכן על עבודות שנעשו במסגרת מינהל מדעי האדמה במשרד התשתיות, כמו פרויקט הבולענים באיגום ממשלתי, חקירת עינות-צוקים (במימון נציבות המים) וכן סקרים ומחקרים על גוף המים ומי התהום, במימון משרד התשתיות, קרנות מחקר ומפעלי ים המלח.

□ **צוות אקולוגיה וסביבה** – הצוות סקר את השפעת ירידת מפלס ים המלח על המערכות האקולוגיות והסובב הטבעי והאנושי, והתמקד בהערכות לגבי השפעת השינויים על המאפיינים הטבעיים של החי, הצומח והדומם באגם ובחופו והשלכותיהם על תושבי האזור. עבודת הצוות מתבססת על שורה ארוכה של מחקרים וסקרים, בעיקר מחקרים שנערכו באוניברסיטה העברית בירושלים, באוניברסיטת תל-אביב וברשות הטבע והגנים.

□ **צוות כלכלי** – ניתח את ההשלכות הכלכליות של התהליכים המתרחשים והחזויים באגן, ואמד את משקלם וחשיבותם הכלכלית של ים המלח וסביבתו בתרחיש של ברירת המחדל. בנייתו ההשלכות משולב גם היבט של עלויות הנדסיות לכינון נזק לתשתיות. הצוות יישם שיטות מקובלות לאומדנים כאלה ובחן גישות המבוססות על סקרי דעת-קהל, שפותחו במטרה לכמת את הערך הכלכלי של משאבי טבע ונוף וישמו במקומות אחרים בעולם.

□ **צוות תכנוני** – בחן את מצבם של שימושי הקרקע באזור, את התכנית ואת תכניות המתאר, על רקע תנאי השטח החדשים שנוצרו עקב השינויים שחלו באזור. הצוות העריך את ההשלכות הנובעות מכך והציג קווים לתפיסה תכנונית ולהיערכות חדשה לחופי ים המלח.

□ **צוות משפטי ומינהל-ציבורי** – ניתח את המשמעויות המשפטיות הקשורות בניצול המים באגן ההיקוות של ים המלח ובתוצאות ניצול זה. הצוות ערך סקירה של הגופים השלטוניים הקשורים לים המלח. נעשה ניסיון להצביע על תהליכים והחלטות שהתקבלו במסגרות שונות, שהביאו למצבו הנוכחי של ים המלח. הצוות התבסס על ניתוח מפורט של חוקים, תקנות, פסיקה, אמנות והדין הבינלאומי.

2 | מפעל ההתיישבות באזור ים המלח

2.1. רקע היסטורי

הרקע המדברי של חבל ים המלח הוא הבסיס לתדמיתו כארץ־גזירה, כמקום מקלט וכחממה שטיפחה מסורות ורעיונות בתחומי הדת והמוסר. בנוסף לכך נוצלו נאות המדבר סביב ים המלח כחממות חקלאיות טבעיות שהצמיחו גידולים נדירים, אשר ביחד עם משאבי הים (מלח ואספלט) שימשו בסיס כלכלי ליישובי־קבע. העליות והמורדות המאפיינים את תולדות ההתיישבות באזור, אינם משקפים שינויים בנתוני הטבעיים אלא שינויים ביכולת המימוש שלהם.

עם ההתמוטטות הכללית של החקלאות, לקראת סוף המאה ה־8 לספירה, שקעו גם התרבויות החקלאיות הייחודיות לנאות ים המלח, ובהן תרבויות התמר וצמחי הבושם. פרט להתאוששות מסוימת בימי הביניים – שהתבטאה בהמשך גידול הכופר להפקת החנה, גידול קנים לייצור סוכר וכן גם ניל להפקת צבע האינדיגו – הלכו היתרונות היחסיים של האזור והתרחקו מכלל מיצוי.

העת החדשה, עד 1948

היעד הראשון להתיישבות עברית בחבל ים המלח בעת החדשה הוא יריחו, שהיתה מיושבת עד סוף המאה ה־19 בקומץ בדואים שחורים מבני הע'וארנה, הנחשבים הנחותים ביותר בסולם החברתי הערבי. ב־1876 נוסדה "אגודת פתח־תקווה" שרכשה קרקעות להתיישבות יהודית חקלאית ביריחו, במקום שזוהה כ"עמק עכור (...ואת עמק עכור לפתח תקווה" – הושע ב' 17), אך העסקה בוטלה על־ידי השלטון העות'ומאני.

ההתיישבות בחבל ים המלח היתה מאושיות תורת ההתיישבות הציונית. לוינסקי (1889) ביטא זאת לראשונה כחזון מקיף של התיישבות עירונית גדולה, המבוססת על משאבי ים המלח וסביבתו: תעשייה, תירות, חקלאות ואיכות־חיים.

ב־1930 החל לפעול בצפון ים המלח מפעל האשלג, אשר שכונת העובדים היהודים שלו, שקמה ב־1933, היתה למעשה היישוב העברי הממוסד הראשון באזור. יהודה קופילביץ' (לימים אלמוג) גייס כוח־אדם יהודי למפעל מקרב גרעיני הקיבוץ המאוחד, על בסיס הרעיון של הקמת קיבוצים המבוססים על תעשיות ים המלח. ב־1939 הוקם קיבוץ בית הערבה, חרף גזירות הספר הלבן, במסווה של חווה חקלאית לצורכי מפעל האשלג. ההצלחה החקלאית, שהושגה בתנאים שאיש לא האמין כי ניתן לקיים בהם

חקלאות, הפכה את בית הערבה לסמל האתוס של הפרחת השממה. ב־1934 הכשילו הבריטים ניסיון התיישבות דומה בצאפי, סמוך לשלוחה הדרומית של מפעל האשלג. ממערב למפעל הצפוני, בחוף המתווה קשת כלפי דרום, פעלה "חברת קליה" (מקור השם: קליום – אשלגן בלטינית) שזיכיונה כלל הפעלת חוף רחצה, מסעדה ומלון. עד מלחמת העצמאות פעלו וחיו במרחב ים המלח כ־1,000 יהודים, שעסקו בתעשייה, חקלאות ותיירות – שילוב המבטא היטב את הפוטנציאל של החבל. אך מציאות זו חדלה להתקיים עקב אירועי מלחמת העצמאות, שהותירו את צפון ים המלח מחוץ לגבולות מדינת־ישראל.

בין השנים 1949-1967

בשנת 1949 נתפסה עיני־גדי על־ידי צה"ל וכך נקבעה האחזיה הישראלית בחוף המערבי של ים המלח, בין סדום לעיני־גדי. העבודה במפעל האשלג הדרומי חודשה ב־1952, במסגרת חברת "מפעלי ים המלח" ובאותה שנה קמה התיישבות ראשונה בנאות הכיכר, כחווה חקלאית המבוססת על גידול ירקות חורף (ראה להלן). המפעל בסדום התקשה לתפקד עד לארגונו־מחדש על־ידי מרדכי מקלף ב־1955. כחלק מהשינויים הארגוניים, בוטלו מגורי העובדים במקום.

ב־1953 עלתה היאחזות נחל לעיני־גדי והפכה ב־1956 לקיבוץ. הקמת הקיבוץ שאבה את השראתה מדימויי שיר השירים ונתפסה כחידוש היישוב החקלאי היהודי בעיני־גדי לאחר כ־1,200 שנה. באותה שנה הוקמה גם המועצה האזורית תמר על־ידי משרד הפנים.

ניצני המלונאות נראו בעיני־גדי ב־1960 בדמות אירוח־כפרי בקיבוץ. ענף המלונאות המוכר היום בדרום ים המלח, החל להתפתח עם פתיחתו של מלון עיני־בוקק ב־1963 ביזמה מוסדית, ומלון גלי־זהר שקם ב־1965 ביזמה פרטית.

משנת 1967

תוצאות מלחמת ששת הימים אפשרו גישה מחודשת לצפון ים המלח וחילו של האזור למרכז המדינה, דרך ירושלים. ההתיישבות המחודשת החלה ב־1968 כהיאחזות נחל בחוף קליה ועם השנים קיבל השם ההיסטורי משמעות גם כראשי־תיבות (קליה) – קם לתחייה ים המוות). בשנים 1968-1971 נסלל הכביש מעיני־פסחה

לעין־גדי, וכך יצאה עין־גדי מבידודה בקרן־זווית של קו הגבול והתיירות הפכה למרכיב חשוב בכלכלתה. היאחזויות נחל נוספות כמו בצפון ים המלח: בית הערבה (החדשה) ומצפה־שלם, שהתאזרחו לאחר מכן, קיבוץ אלמוג ומושב ורד־יריחו. אולם האתר המקורי של בית הערבה נותר נטוש, מפאת מיקומו ממזרח לצייר הביטחון השוטף. ב־1981 הוקמה המועצה האזורית "מגילות ים המלח".

ההתיישבות החדשה בצפון ים המלח מבוססת על היתרונות החקלאיים של האזור, שפע של מִיתָהוּם באיכות טובה המופקים מקידוחים, ומי קולחין מירושלים ומעלה־אדומים, המהווים בסיס לגידולים חקלאיים שונים ולשטיפות קרקע. קיבוץ מצפה־שלם מקבל גם מים מותפלים ממעיינות קנה. צפון ים המלח הוא כיום אחד המרכזים הגדולים והחשובים ביותר בארץ לגידול התמר, שהוא הענף החקלאי החשוב והבולט ביותר באזור. בד בבד מתפתחת גם התיירות: אירוח־כפרי בתחומי היישובים, שירותים לתיירות חולפת, מרחצאות תרמ־מינרליים, שירות־חוץ ופארק מים, כמו גם תכניות ותשתית ראשונית למרכז מלונאי. אתר קומראן הוא מוקד תיירות חשוב ונלווה אליו מוזיאון "בית הסופר" בקיבוץ אלמוג.

2.2. מועצה אזורית תמר

תחום המועצה

שטח המועצה משתרע על 1,760,000 דונם לאורך דרום בקעת ים המלח וצפון הערבה, מקו שביתת הנשק (1949) בצפון ועד קו עין־חצבה כביש מעלה־עקרבים בדרום, כולל דרום רמת מדבר־יהודה. תחום המועצה כולל ברובו שמורות טבע ושטח מדברי, וכן מתחמי תעשייה ומלונאות המרימים למועצה האזורית ארנונה כחוק. המועצות האזוריות השכנות הן מגילות ים המלח בצפון, וערבה תיכונה בדרום.

אוכלוסייה

האוכלוסייה בתחום שיפוט המועצה מונה כ־1,300 תושבי־קבע בשבעה יישובים: שני קיבוצים – עין־גדי והרעמשא; שני מושבים – נאות הכיכר ועין־תמר; חווה פרטית – עין־חצבה; מרכז כפרי – נווה־זוהר ובי־ס־שדה – בעין־גדי.

מקורות ההכנסה העיקריים של תושבי הקבע הם בעיקר חקלאות ואירוח, בעוד השליטה במשאבים התעשייתיים והתיירותיים העיקריים והתשואה הכלכלית שהם מניבים, הן בידי גורמים מחוץ לאזור.

המועצה האזורית תמר משרתת כ־2 מיליון אורחי־נופש הלנים בים המלח מדי שנה ועוד למעלה ממיליון נופשים שאינם לנים במתקני התיירות והאירוח (בתחום זה המועצה היא שנייה רק לאילת). לפני השפל שחל בארבע השנים האחרונות בתיירות הנכנסת, שהו בים המלח יותר ממיליון תיירי־חוץ בשנה.

תחומי אחריות ייחודיים

המועצה האזורית תמר אחראית למספר פרויקטים "לאומיים" והיא מחויבת להשתתף במימוןם מהכנסותיה (על־פי חוק ההסדרים):

- הגנה על המלונות והחופים מפני עליית המפלס בבריכה 5;
- טיפול בתופעת הבורות (הבולענים), כולל שיקום תשתיות והשקעות כספיות כבדות בביצוע מחקר ומיפוי במרחבים עצומים;
- הקמה, אחזקה ותפעול של חופי הרחצה המשרתים את כלל אוכלוסיית ישראל, ללא סיוע ממשלתי;
- תמיכה שוטפת בתיירות, תכנון ופיתוח אזורי תיירות;
- הקמת התשתיות להן התחייבה החברה הממשלתית לפיתוח ים המלח;
- קיום בקרה ופיתוח סביבתי.

המועצה האזורית נמצאת בהתמודדות בלתי־פוסקת עם בעיות אקולוגיות־פיסיות של קריסת ובלית תשתיות כתוצאה מהשינויים הדרמטיים המתחוללים בים המלח. התמודדות זו מתרחשת בפריסה ובעצמה חסרות תקדים בארץ.

מגמות ותכנון

בתכניות המתאר הארציות (תמ"א 31 ותמ"א 35), נמצאת המועצה האזורית תמר בשוליים החיצוניים של הטבעת החיצונית ביותר של מטרופולין באר־שבע, ואינה זוכה לכל עדיפות. פרט להתייחסות לנושא שמירת הנוף ואתרי הטבע, אין תמ"א 35 מתייחסת לתהליכים המתרחשים בתחום המועצה האזורית: תהליכים סביבתיים שליליים, ירידת הסקטור החקלאי, הגירה שלילית ועוד, וכמוה גם תכנית המתאר האזורית (1984). קיימת תכנית לחיזוק היישוב הקהילתי בנווה־זוהר (100-150 יחידות דיור) ולבנייה תקציבית ביישובי הכיכר – נאות הכיכר ועין־תמר.

חינוך תרבות וספורט

שני בתי-ספר יסודיים, ההולכים וקטנים בהיקפם, פועלים באזור: האחד בעין-גדי והשני בנאות הכיכר. בכל אחד מהם כ-50 תלמידים. בגלל מספרם הנמוך של התלמידים, מקובצים חלקם בכיתות רב-גיליות. בעין-גדי קיימת מערכת חינוך על-יסודית, הכוללת חטיבת-בניניים וחטיבה עליונה עם פנימייה, בה לומדים כ-200 תלמידים.

היקפה הקטן של מערכת החינוך אינו מאפשר היצע מגמות וחינוך באיכויות הדומות לאלו של מרכזי האוכלוסייה הגדולים, ואינה מאפשרת הכשרה והכוונה של התלמידים לצורכי כוח האדם המקצועי הטבעי לאזור, בתחומי התעשייה והתיירות. גם גורמי התעשייה והתיירות אינם מגלים עניין בהכשרת כוח-אדם מקצועי מקרב אוכלוסיית התלמידים המקומית.

כחלק מתהליך תכנון אסטרטגי, הוקמה במועצה ועדת-היגוי לתחום החינוך, שפועלת יחד עם "המרכז לצמיחה במערכת החינוך" באוניברסיטת בן-גוריון, על-מנת לגבש מערכת חינוך שתענה על הצרכים המיוחדים הנובעים מהריחוק הגיאוגרפי ומן האופי ההטרוגני של היישובים והאוכלוסייה, ותיתן להם מענה ארגוני ומתודי הולם.

מערכת התרבות והספורט מתרכזת בפעילות מתנ"ס (ללא מבנה פיסי מרכזי) המפעיל חוגים נושאים ותכניות-תרבות ויוזם אירועים. מופעי-תרבות מתקיימים בעיקר באולם התרבות האזורי בעין-גדי, ובעיית הריחוק הגיאוגרפי מקשה על עירוב קבוצות האוכלוסייה בפעילויות השונות. בתכנית החינוך האסטרטגית קיימת מחשבה להקים מרכז חינוך ותרבות אזורי בנווה-זוהר, שהוא המרכז הגיאוגרפי והמוניציפאלי של האזור.

בטענה שרוב עובדיהם באים מערים אלו. לתעשייה נציג בעל זכות-הצבעה במועצה האזורית תמר.

בבעלות יישובי המועצה אין כמעט תעשייה, למעט "עין-גדי, מים מינרליים" (שותפות עם יפאורה) ועוד מפעל קטן הפועל בעין-גדי בתחום הפולימרים.

מלונאות

בחמש השנים שלפני פרוץ אינתיפאדת אל-אקצה, חל באזור פיתוח מלונאי מואץ ומספר חדרי המלון עלה מ-1,500 ל-4,000. תכנית המתאר הארצית לתיירות, תמ"א 12, צופה גידול ניכר העשוי להגיע ל-12,500 חדרים עד לשנת 2010 (ביחד עם ערד).

שליש ממיסוי המלונות מוקדש לפרסום ושיווק, וקיים ויכוח בין המועצה למלונאים על היקף ההשקעות וסדרי העדיפויות. לטענת המלונאים יש להשקיע יותר בפיתוח אטרקציות, כדי להאריך את משך שהות התיירים באזור.

לסקטור המלונאי אין נציג במועצה, אלא משקיף בלבד, והקשרים בין המלונאים לקהילה מצומצמים. התעסוקה במלונאות מתאפיינת בשכר בינוני ונמוך, שכן הבכירים מעדיפים שלא לעבור עם משפחותיהם לאזור, בהיעדר אלטרנטיבות למגורים ותעסוקה לבני הזוג. על כן מתאפייני כוח עבודה בכיר זה בארעיות ואינו מהווה מקור פוטנציאלי לאוכלוסייה חדשה. כמו בתעשייה, גם בקרב המלונאים עולה מדי פעם דרישה להקמת מועצת תיירותית עצמאית.

יישובי המועצה האזורית תמר

נאות הכיכר

מושב עובדים זה הוא היישוב הראשון שהוקם בתחומי המועצה. הוא נוסד ב-1952 כחוה חקלאית שהתבססה על גידול ירקות חורף. עם גבור התחרות מול יישובי גוש-קטיף והבקעה, עבר היישוב להתבסס על ענף המלונים, אשר גם הוא נתון כיום במשבר. בשל המשבר סבל המושב מעזיבה ומזה 15 שנה לא נקלטו בו משפחות חדשות, בין היתר מחשש לצמצום מכסות המים והקרקע. כתוצאה מכך אין ההתפלגות הדמוגרפית של אוכלוסי המושב נורמאלית וקיימים פער-גיל בקבוצות גיל מסוימות. גני הילדים אינם מלאים ובית הספר היסודי עומד בסכנת סגירה.

אוכלוסיית המושב מונה כ-340 נפש, בתוכם כ-200 ילדים, רובם לומדים בביה"ס היסודי בנאות הכיכר ובביה"ס העל-יסודי בעין-גדי. 35 מתוך 64 המשפחות מעבדות את שטחיהן ושטחים נוספים

התעשייה

בין מפעלי ים המלח לבין התיירות שורר קונפליקט, אך קיימת גם תלות הדדית. למפעלי ים המלח יש זיכיון על שטחים נרחבים אשר מקנה להם עמדת-כוח כלפי המועצה ואינו מאפשר לה יזמות פיתוח אזוריות בלא הסכמתם. ליישובים הנמצאים בתחום הזיכיון (יישובי הכיכר ונווה-זוהר) סכסוכי קרקעות מתמשכים עם מפעלי ים המלח, שאינם מאפשרים לממש בנייה תקציבית שאושרה על-ידי משרד השיכון לשם התרחבות והתבססות, והדבר מעיב על עתידם. בנוסף, קיימת בין המפעלים למועצה מחלוקת בשאלת היחס הנכון בין שיעור המיסים לשירותים, ומפעלי ים המלח מעלים מדי פעם את התביעה להקים מועצה תעשייתית בעלת משק סגור ומנותק מהמועצה. חומרי הגלם של מפעלי מישור-רותם מבוססים על כריית מחצבים ועל תוצרים של מפעלי ים המלח. קיים לחץ חזק מצד רשויות הערים ערד ודימונה, להעביר אליהן את שטחי המפעלים כדי לזכות בתשלומי הארנונה שלהם,

החכורים משכניהם, והגידול המוביל כיום הוא הפלפל. יש גם ניצני התפתחות של חקלאות תיריתית, חדרי-אירוח וזימות שונות.

עלויות המחיה במקום גבוהות מחמת הריחוק מהמרכז, היקף האוכלוסייה הקטן והרגלי הצריכה שנקבעו בתקופות השפע. כיום יש מודעות להכרח שבקליטה, ולאחרונה אכן נקלטו שש משפחות, אולם המחסומים העיקריים בפני התרחבות הם קשיי-דיור, מחסור בקרקע חקלאית (הקונפליקט עם מפעלי ים המלח) וחוסר במקורות פרנסה.

קיבוץ עין-גדי

היישוב הוקם בשנת 1956 על בסיס היאחזות הנחל שעלתה למקום ב-1953. בגלל בידודו וריחוקו, הוקם הקיבוץ ועוצב כיחידה אוטונומית הכוללת שירותי חינוך. הבסיס הכלכלי היה מלכתחילה החקלאות – בעיקר ירקות חורף. היתרון היחסי היה האקלים, שחיפה על החסרונות האגרוטכניים (קרקעות אבניות ומשופעות), אך עם התפתחות טכנולוגיית החממות והמנהרות במקומות אחרים בארץ, איבדה עין-גדי את יתרונה היחסי. נוסד גידולים נוספים, בהם מנגו ופמלו שנראו מבטיחים, אך בסופו של דבר הם נעקרו והגידול העיקרי נותר התמר. ב-1960 נוסד ענף אירוח צנוע. סלילת כביש עין-פשהח – ירושלים שיפרה את הקשר עם מרכז הארץ דרך ירושלים, ובמקביל עבר מרכז הכובד לעיסוק באירוח ותירות על חשבון החקלאות המצטמצמת. הוקם בית-הארח שהתרחב עם הזמן ל-150 חדרים והוקמו מרחצאות תרמו-מינרליים, שאף הם הורחבו עם הזמן בהשקעות גדולות.

רגישותה של התירות למצב הביטחוני באה לידי ביטוי בשנות האינתיפאדה ונוספה לכך תופעת הבולענים שפגעה פגיעה חמורה בתירות החוף הטבעי, שנהנתה מיתרון על מתחם המלונות שלחוף הבריכה התעשייתית. כמו כן חיסלה תופעת הבולענים את מטע התמרים כמטע מסחרי ובכך איבדה עין-גדי את המעוז החקלאי האחרון שלה – אבידה כלכלית וערכית. לאחרונה נטעו מטעי מנגו בשיטת גידול חדשה, בשטחים הגבוהים והמשופעים שאין בהם חשש להיווצרות בולענים, אולם שטחים אלה מצומצמים בהיקפם. הפגיעה בחקלאות ובתירות הותירה את הקיבוץ עם מקור הכנסה יציב אחד – מפעל "עין-גדי, מים מינרליים" (שותפות עם יפאורה). המפעל ניזון ממי מעין עין-גדי, מהמכסה ההיסטורית שנקבעה בזמנו לקיבוץ בהסכמים ששותפים להם נציבות המים ורשות הטבע והגנים, על חשבון שימושים קודמים. ההסכמים אינם ניתנים לשינוי והם יוצרים מגבלה להתפתחות המפעל. קיימת גם התנגדות עקרונית של גופים ירוקים לעצם הרעיון.

התפלגות המחזור העסקי של עין-גדי ב-2003: תעשייה (בעיקר מים מינרליים) – 53%; תירות – 26%; עבודת חוץ – 9%; אחרים (כולל חקלאות) – 15%.

אוכלוסיית הקיבוץ מונה 537 נפש, בהם 365 בוגרים ו-172 ילדים. אוכלוסיית הבוגרים מתפלגת ל-195 חברים ו-125 תושבים (כולל 57 בני המקום). אוכלוסיית הילדים מתפלגת לכ-80 תלמידי בי"ס תיכון (כולל 45 ילדי-חוץ בפנימייה) וכ-50 תלמידי בי"ס יסודי. היתר – גנים וגיל רך – לומדים כולם בעין-גדי. חלקה של האוכלוסייה הבוגרת עולה, וכניסתה של אוכלוסייה חדשה נמנעת בשל מחסור בדיור ומגבלות תעסוקה.

עין-תמר

מושב זה, שנוסד ב-1982 כמו נאות הכיכר, התבסס תחילה על ירקות חורף ולאחר מכן על מלונים, נקלע אף הוא למשבר מאותן סיבות שצוינו לעיל, ולא פותחו בו מקורות פרנסה חלופיים. בשל המצב הכלכלי הקשה, עברו רק לאחרונה רוב המשפחות ממחנה הארעי של המושב אל יישוב הקבע. פינוי המחנה הישן אפשר את ניצולו לאירוח. כמו בנאות הכיכר, כחצי מהמשפחות מעבדות את השטחים שלהן וכן שטחים החכורים משכניהם. יתר המשפחות מתפרנסות מעבודות שונות במקום ומחוצה לו.

אוכלוסיית המקום מונה כיום 31 משפחות וכוללת כ-100 ילדים, רובם לומדים בבי"ס היסודי בנאות הכיכר ובבי"ס העל-יסודי בעין-גדי. משפחות אחדות נמצאות בתהליך קליטה, אולם סכסוכי-קרקעות מתמשכים עם מפעלי ים המלח מקשים לממש בנייה תקציבית שאושרה על-ידי משרד השיכון ומעבים על עתיד המקום.

נווה-זוהר

הוקם כמקום מגורים לעובדי מפעלי ים המלח, אך ברבות השנים אוכלס באנשים שונים וכיום גרים בו כ-70 תושבים. ליישוב בעיות סוציאל-אקונומיות וזוה שנים שלא נגבו בו מסים עירוניים ואין לו שירותים משל עצמו. חולשתו מתבטאת גם בהיעדר מנהיגות מקומית והוא מנוהל בידי ועד ממונה. ביזמה חדשה ומשותפת של המועצה האזורית, משרד השיכון ומינהל מקרקעי ישראל, הופקדה תכנית להקמת יישוב קהילתי חדש בן 100-150 יחידות דיור עם שני חדרי-אירוח לכל יחידה, מרכז מסחרי ומתקני ספורט. סיכויי הטובים של המקום לגדול ולשנות את המאזן הדמוגרפי באזור, יחד עם שינויים מתאימים במערכת החינוך, עשויים להפוך כבר בטווח הקרוב את נווה-זוהר למוקד השינוי במועצה האזורית כולה.

עין-חצבה

נוסדה ב-1962 כחווה פרטית וגרים בה כ-30 תושבים (המשפחה המייסדת ומשפחות שכירים). אלה מעבדים כ-1,500 דונם של ירקות חורף, דיר גדול לבשר, דגינוי לייצוא, כרמים, תמרים

וציפורי-מחמד. היישוב שייך גיאוגרפית לגוש עין-יהב – חצבה, אך סיבות אנושיות הביאו לשיוכו הנוכחי.

הרעמשא

יישוב קטן המונה 34 מבוגרים ו-28 ילדים, נוסד כקיבוץ ב-1983 וצורף למועצה האזורית לירות שזיקתו הגיאוגרפית היא לדרום-הר חברון. אנשי היישוב נערכים לשינוי אופיו ל"כפר שיתופי להתיישבות רבת-כליתית" בעל אידיאולוגיה של אקולוגיה ומורשת, המקדם יזמות של המתיישבים בתחומי מחקר ופיתוח, חקלאות, חינוך, הייטק ותיירות אקולוגית. כל מתיישב בונה את ביתו ומקדם את פרנסתו בעצמו או מסתמך על אמצעי ייצור משותפים. קיימת עתודת מגורים המיועדת לגל הקליטה הראשון ותכנון עם דגשים על בנייה אקולוגית ומשתלבת.

2.3. מועצה אזורית מגילות ים המלח

תחום המועצה

המועצה הוקמה בשנת 1981. בשנת 2003 שונה השם מ"מגילות" ל"מגילות ים המלח". שטח המועצה כולל 750,000 דונם (מתוכם רק 480,000 דונם יבשה) והיא משתרעת לאורך צפון ים המלח והירדן התחתון, מקו שביתת הנשק (1949) בדרום עד נחל פרת (ואדי קלט) בצפון, וכוללת במערב רצועה בערבות יריחו ובצפון רמת מדבר-יהודה.

אוכלוסייה ומקורות תעסוקה

אוכלוסיית המועצה כוללת כ-950 נפש בחמישה יישובים: ארבעה קיבוצים – קליה, מצפה-שלם, אלמוג ובית הערבה, ומושב אחד – ורד-יריחו. עד 2020 מתוכננת אוכלוסייה של כ-7,000 נפש.

חקלאות: היא הענף המוביל. היא כוללת מטעי-תמרים, גידולי שדה, רפת-חלב, ותרנגולי-הודו. ההיקף הכספי של הייצור החקלאי עומד על כ-70,000,000 ש"ח ומהווה כ-70% מסך-כל ההכנסות של יישובי המועצה.

תעשייה קלה: יישובי המועצה שותפים במעבדות ים המלח – מוצרי קוסמטיקה AHAVA שהיקף הייצור השנתי בהם מסתכם בכ-15,000,000\$.

תיירות: האתרים העיקריים הם קומראן ושמורת עינות-צוקים (בניהול רט"ג), מצוקי-דרגות, חוף אטרקציה, חוף סיאסטה, חוף

מינרל, חוף נווה-מדבר ומרכז המבקרים "אהבה". בבתי הארחה כ-470 חדרים (אלמוג, קליה ומצפה-שלם) וחדרי-אירוח בוורד-יריחו. כ-6,000 חדרים מלון מתוכננים בשטח המועצה.

פוטנציאל תיירותי גדול מאוד ובלתי-מוצה לפי שעה, הוא הירדן התחתון (ירדן יריחו), לו נודעת חשיבות דתית נוצרית.

חינוך: בתחומי המועצה: גני-ילדים באלמוג, קליה ומצפה-שלם. גן-חובה + בי"ס יסודי (110 ילדים) בקליה.

מחוז לתחומי המועצה: בי"ס על-יסודי בעין-גדי (כ-40 ילדים), מעלה-אדומים וירושלים (כ-40 ילדים). סך הכול: 320 ילדים.

מתקנים נוספים בתחום המועצה: אבנת – פנימייה לנוער דתי עם צרכים מיוחדים.

יישובי המועצה

קליה

קיבוץ שהוקם כהיאחזות נח"ל ב-1968 והתאזרח ב-1974. אוכלוסיית הקיבוץ מונה 350 נפש, מתוכם 82 חברים. ענפיו העיקריים הם מטעי-תמרים, תרנגולי-הודו, רפת-חלב וגידולי-שדה; תיירות: "מרכז קומראן" – מרכז מבקרים ומסעדה, בית-הארחה, חוות-יענים ושותפות בפארק המים "אטרקציה"; תעשייה: שותפות במפעלי "אהבה", מעבדות ים המלח.

שירותים ביישוב: חינוך ממעון ועד בי"ס יסודי, כולל חוגי העשרה ותנועת-נוער, בריאות (קופ"ח, מרפאת-שיניים ורפואה אלטרנטיבית), כלבו, בעלי-מקצוע (מוסכניקים, חשמלאים, מסגרים, מכבסה ואחזקה), מתקני-ספורט ובריכה.

שירותים מחוץ ליישוב: חינוך על-יסודי בירושלים (אזור רישום) ובעין-גדי.

חזון לפיתוח: מתוכננת שכונה קהילתית בת 350 יחידות-דיור; בשלב א' ייבנו 58 יחידות על מגרשים של חצי דונם.

מצפה-שלם

קיבוץ זה נוסד ב-1977 והוא מונה 200 נפש (40 משפחות), מתוכם 59 חברים ומועמדים. ענפיו העיקריים הם חקלאות: מטעי-תמרים, תרנגולי-הודו וחממות; תיירות: מרחצאות וחוף "מינרל", "מצוקי דרגות" – מרכז לפעילות מדברית ואכסניה; תעשייה: שותפות במפעל מעבדות ים המלח "אהבה"; אחת בשנה (בפסח) מתקיים במקום פסטיבל מוסיקה.

בית הערבה

קיבוץ שהוקם כהיאחזות נח"ל ב־1977 והתאזרח ב־1986. גרות בו 52 נפשות, מתוכם 30 חברים.

הענפים העיקריים הם מטעי תמרים, אבטיחים, מלונים, ענבים; מזון דרכים ותחנת־דלק.

שירותים מחוץ ליישוב: חינוך – מעון־בי"ס יסודי בקליה; בריאות – באלמוג.

חזון לפיתוח: יישוב בן 120 משפחות; בית־הארוחה; שכונה קהילתית ל־400 יחידות־דיור; בשלב א' ייבנו 20 יחידות על מגרשים של חצי דונם.

2.4. השפעות ירידת המפלס על ההתיישבות

תחבורה

גשר נחל ערוגות שנסחף בשיטפון של 2 במאי 2001 ולא שוקם עד כה ותחזיות לשיבושים נוספים באזור, מציגים תחזית בעייתית לכל נושא התחבורה לאורך ים המלח. מעבר להשלכות הממלכתיות, יש להתפתחות החזויה השלכות אזוריות ומקומיות, בכך שקיום הקשר בין יישובי האזור לבין המרכז ידרוש כבר בתקופה הקרובה תכנון חדש ומשאבים נוספים.

התרחבות מישור החוף

התרחבות מישור החוף וחשיפת מישורי בוץ היא תופעה כללית הבאה לידי ביטוי גם במרחב עין־גדי, ובעיקר במפרץ מזור. יצירת מישורי הבוץ והתרחבותם יוצרת חיץ הולך וגדל בין הים כיעד תיירותי ("לגעת במקום הנמוך בעולם") לבין התייר. נסיגת החוף מחייבת הארכת נתיבי הגישה אל החוף על תשתית בלתי־יציבה ובעלת חזות שלילית. הקרקעית הבוצית והטובענית אותה פוגש התייר ברדתו למים, פוגמת בחוויית הרחצה.

אזור חמי־מזור מופיע בתכנית המתאר המקומית 'תמר' כאזור נופש חופי. הרציונל הכלכלי של הקמת חמי עין־גדי היה להציע שירותי־חוף ומרחצאות־מרפא כמערכת אחת, והם נבנו בכפוף למגבלות שאסרו בנייה מתחת לגובה של 390.5 מתחת לפני הים התיכון – שתוכנן בזמנו כמפלס יעד למפעל הימים. אי־מימוש מפעל הימים ונסיגת קו החוף, יצרו הפרדה פיסית של מעל קילומטר בין שני היסודות שעליהם היה מבוסס הפרוייקט מלכתחילה. מעבר לשאלה האסתטית של חזות השטח המפריד, נוצר פחות ברור באטרקטיביות של המקום, ונגרמו הוצאות בלתי־

שירותים ביישוב: מעון לגיל הרך, מרכזית, מתקני־ספורט ובריכה, מרפאה, פאב.

שירותים מחוץ ליישוב: חינוך על־יסודי בעין־גדי.

קיבוץ מצפה שלם עדיין לא נפגע מתופעת הבולענים, אולם התופעה מאיימת על תחומי פעילותו. אתר בולענים גדול ודינאמי צמוד למרחצאות "מינרל" מדרום, התפתחות חדשה מאיימת על החממות באזור נחל דרגה, ושטח שתוכנן לבנייה לאירוח נפסל עקב התופעה.

חזון לפיתוח: מתוכננת שכונה קהילתית בת 200 יחידות־דיור; בשלב א' ייבנו 35 יחידות על מגרשים של חצי דונם; פרויקט אירוח תיירותי בחוף "מינרל".

אלמוג

קיבוץ שנוסד ב־1979 ומונה כ־200 נפש (30 משפחות), מתוכם כ־60 חברים. ענפיו העיקריים הם חקלאות: תמרים, כרם, גידולי־שדה, רפת־חולבות ותרגולי־הודו; תיירות: מוזיאון "בית הסופר", בית־הארוחה ובו 81 חדרים, שותפות בפארק המים "אטרקציה", אורחן ותחנת דלק בצומת אלמוג; בשכונה הקהילתית 180 יחידות דיור על מגרשים של חצי דונם.

שירותים ביישוב: מעון וגן, שירותי־תרבות (בעיקר בחגים), בריאות (רופא משפחה), מתקני הספורט כוללים בריכה.

שירותים מחוץ ליישוב: חינוך יסודי – בקליה, על־יסודי – בעין־גדי, ספורט – בקליה, תרבות – בתחומי המועצה ובירושלים, בריאות – בירושלים.

חזון לפיתוח: יישוב בן 200 משפחות, בעל אופי קהילתי, המורכב מחברי קיבוץ ותושבים.

ורד־יריחו

מושב זה נוסד ב־1980 והוא מונה 157 נפש (כ־50 משפחות). ענפי תעסוקה עיקריים: תיירות (חדרי־אירוח, פונדק דרכים), חקלאות, מסחר ועבודות חוץ בירושלים וסביבתה.

היישוב פתוח לקליטה ובימים אלה נערכים לקליטת 41 משפחות. שירותים ביישוב: מעון וגן ילדים, מועדון לתושבים, תנועת־נוער, בריאות (קופ"ח, טיפת־חלב ווטרינר), בית־כנסת ומקווה, מתקני־ספורט כולל בריכה.

שירותים מחוץ ליישוב: גן חובה + בי"ס יסודי בקליה, על־יסודי בירושלים (אזור רישום) ועין־גדי.

חזון לפיתוח: שכונה קהילתית עם 300 יח"ד המתוכננות על מגרשים של חצי דונם.

אתר בולענים נוסף, חבר-צפון, מתפתח במהירות ומשיק לגדר חמי-עין-גדי והמשך התפתחותו עלול להביא לסגירתו של ענף כלכלי חשוב, מאחורונים שנתרו.



איור 2.2: אחד הבולענים שנפערו בחניון עין-גדי והביאו לנטישתו (המקור: רז, 2003)



איור 2.3: סולריום עין-גדי, בולענים שנפערו בכביש הגישה לאתר (למעלה) ומתחת למבנה (למטה) (המקור: רז, 2004)

צפויות בשל הצורך להקים מערכת שינוע ולתחזק אותה על התשתית הבוצית, וכן הצורך להעתיק מפעם לפעם את מתקני הקצה בהתאם לשינויים בקו החוף. בעיית שירותי החוף מחמירה בחורפים גשומים מפאת עליית מפלס עונתית, הגורמת להמסה ולהתמוטטות רצפת המלח החופית, אליה הועתקו מתקני הקצה לאחר ירידת המפלס הקודמת.

בולענים

בעיית הבולענים היא הבעיה האקוטית ביותר בשלב זה. קיימים בולענים בתחומי הפעילות של היישובים עין-גדי, נווה-זוהר ומצפה-שלם.

במצפה-שלם מתפתח אתר בולענים גדול ודינאמי בצמוד למרחצאות "מינרל", ובולען חדש וגדול מתפתח במהירות סמוך לחממות שעל הגדה הדרומית של נחל דרגה. מצפון למרחצאות מינרל הושעה פרויקט תיירות לאחר שהתברר כי המקום מועד להתפתחות בולענים.

בנווה-זוהר קיים אתר בולענים פעיל החופף בחלקו את מתחם המועצה האזורית. עם זאת נראה שסכנת הבולענים אינה מרחפת על בתי המרכז הכפרי והיישוב הקהילתי המתוכנן.

בעין-גדי אירעו פגיעות גוף ונזקים כבדים כתוצאה מהתפתחות בולענים שהביאו לנטישת מקורות פרנסה. תופעת הבולענים גרמה לחיסול גידולי התמר כענף מסחרי בתחומי עין-גדי (איור 2.1), לנטישת מתחם התיירות בחוף (איור 2.2), להענקת הסולריום (איור 2.3) ולהשקעות גדולות בהגנת המשתמשים בו מפני סיכוני הבולענים. בלית ברירה ובהיעדר חלופות, נמשכת בעין-גדי פעילות אנושית יומיומית באתרי בולענים פעילים ובאזורים המוגדרים במפת ההיתכנות כבעלי היתכנות גבוהה להתפתחות בולענים.



איור 2.1: אחד הבולענים שנפערו במטע תמרים והביאו לנטישתו (המקור: רז, 2003)

אוכלוסיית הקבע ביישובים אלה נחשפת לתופעה הנראית כאסון־טבע שאינו מוגדר בכל חוק, אינו כלול בשום מסגרת ביטוחית ואינו מוכר על־ידי גורם כלשהו, וזאת בשעה שהצבא חופשי לנטוש קווי־ביטחון־שוטף מחשש לבלענים, ומע"צ פותרת בעיה בקטע של כביש 90 בעלות כבדה מתקציב המדינה. עד כה לא ניתנו כל פתרונות למצב זה ואלה אף אינם נראים באופק.

עתיד ההתיישבות במציאות הקיימת

ההתיישבות הנוכחית באזור, שראשיתה בחברת המייסדים שהתיישבה בעין־גדי ממניעים של אידיאולוגיה ושליחות לאומית, הסתגלה במהלך שלושה דורות למציאות אקלימית לא מוכרת ולתנאי ריחוק ממרכזי אוכלוסייה ותעסוקה מרכזיים. משאך החלה להתגבש באזור יציבות כלכלית הנשענת על משאביו המיוחדים ויתרונותיו היחסיים, התערער המצב עקב הירידה המתמשכת של מפלס הים והבעיות הסביבתיות הקשות הנלוות לו, ובראשן תופעת הבולענים. אלה הביאו להקפאת תכניות־פיתוח אזוריות ממשלתיות ומקשות על מציאת פתרונות שעשויים לסייע בשיקום דפוסי הפעילות הכלכלית המסורתית. המצב שנוצר מעיב על כל ההווה המוניציפאלית של האזור ומאיים על עצם מרקם החיים.

על־כן, לנוכח המציאות הסביבתית החדשה הצפויה להימשך ואף להתעצם בטווח הנראה לעין, יש לגבש מהלכים ממסדיים מוגדרים שיאפשרו את פיתוח האזור ושגשוגו. החלטת המועצה הארצית לתכנון ובנייה, לפתוח בהליך לגיבוש תכנית מתאר חדשה לאזור – שהתקבלה זה לא מכבר בעקבות הכנת המסמך הנוכחי – היא צעד ראשון בכיוון הנדרש, בהתאמת התפיסה התכנונית והפיתוח־בפועל למציאות המשתנה.

3 | אגן ים המלח – תהליכי עיצוב ומשמעותם

3.1. המבנה ועיצוב האגן בזמן ובמרחב

אגן ים המלח הוא השקע היבשתי העמוק ביותר על-פני כדור הארץ. הוא הולך ומעמיק עוד, כתוצאה משקיעת הקרקעית לאורכו. הפעילות הגיאולוגית האינטנסיבית האחראית לעיצובו הייחודי של האגן, באה לביטוי גם ברעידות אדמה חזקות, כפי שעולה מרישום מכשירני עכשווי, מתיעוד היסטורי וממגוון של עדויות גיאולוגיות. כל אלה מעידים על הדינאמיות של האגן שהתפתחותו נמשכת ומלווה ברעידות אדמה, שעצמתן עלולה להיות חזקה ואף הרסנית.

ים המלח הוא אגם שהתפתח במשך 10,000 השנים האחרונות (בהולוקן) בחלק העמוק של אגן ים המלח. קדמה לקיומו סדרה של אגמים, שהאחרון בהם הוא אגם מלוח המכונה "ימת הלשון", שהתקיים בתקופת הקרח האחרונה (בין כ-70,000 שנה ל-14,000 שנה לפני זמננו) והשתרע בשיאו בין חצבה שבדרום ועד לאגם הכינרת שבצפון.

מפלט "ימת הלשון" עבר תנודות רבות בעקבות שינויי אקלים שהביאו לשינויים בכמות המים שנקוו באגם ובשיעור ההתאדות מפניו. סלעי המשקע האגמיים הלבנים שהורבדו על קרקעית ימת הלשון (תצורת הלשון) חשופים באזורים נרחבים בשולי בקע ים המלח. תצורת הלשון מורכבת משכבות דקות (למינות) המייצגות בצורה מחזורית את עונות השנה וניתן ללמוד מהן על שינויי האקלים שהתרחשו באזורנו בתקופת קיום הימה. בנוסף, עקב הרגישות הרבה של סלעי המשקע האגמיים לזעזועים סיסמיים, מסייע לימוד תצורת הלשון גם לשחזר את רעידות האדמה החזקות שאירעו באזורנו בתקופת קיום הימה.

ים המלח, שנוצר לפני כ-10,000 שנה בעקבות דעיכת ימת הלשון, היה נתון גם הוא לתנודות עקב שינויי אקלים באזורנו. כאשר המפלט עלה, הוצף האגן הדרומי הרדוד של ים המלח. כאשר הוא ירד, הצטמצם שטח האגם לחלקו הצפוני, בו הגיע עומק המים לכ-300 מ'. סלעי המשקע שהורבדו בים המלח מאז שנוצר, דומים במידה רבה לאלה של ימת הלשון ומשמשים גם הם בסיס ללימוד שינויי האקלים ורצף רעידות האדמה בעשרת אלפי השנים האחרונות.

אגן ים המלח מתפתח בתוך בקע (graben או rift) בחלקו העליון של קרום כדור הארץ, הנמשך מתורכיה שבצפון ועד למוזמביק

שבדרום ומוכר בשם "השבר הסורי-אפריקאני". המבנה השקוע של הבקע והקירות הזקופים שבצידיו, הם הביטוי שעל-פני השטח למערכת העתקים שיוצרת את הבקע ונקראת בלשון המקצועית "טראנספורם ים המלח" (Dead Sea Transform). הבקע מהווה גבול בין שני לוחות טקטוניים הנעים צפונה במהירות שונה זה מזה, וכתוצאה מכך הם מתחככים זה בזה. ההעתקה לאורך גבול הלוחות היא אופקית שמאלית, עם הסטה מצטברת של 105 ק"מ. כלומר, הצד המזרחי של הבקע ("הלוח הערבי") מוסט צפונה יחסית לצד המערבי ("תת-הלוח סיני") בקצב ממוצע של כחצי ס"מ לשנה.

המבנה של אגן ים המלח עצמו, נגזר מהגיאומטריה של מערכות ההעתקים אשר מרכיבות אותו והכוללת את שבר הטראנספורם הראשי ומערכות שברים משניים הקשורים לתנועה ולמיון המתפתח באזור. לאגן צורה של מעין ארוך (rhomb shaped graben) שרוחבו כ-15 ק"מ ואורכו כ-150 ק"מ – מעין-יהב בדרום ועד אזור קליה בצפון.

קירות הבקע הזקופים – 'מצוקי ההעתקים' – הם הביטוי שעל-פני השטח למערכת העתקי השוליים אשר מלווה את אגן ים המלח משני צדדיו. הגורם המניע את התפתחות העתקי השוליים הללו הוא כפול: התרחקות שני הלוחות זה מזה, אשר גורמת לפתיחת שקע לאורך הגבול ביניהם ולהתמוטטות שולי הלוחות אל תוך האגן המקומי שנוצר שם. בנוסף, שולי הלוחות מתרוממים כחלק מתהליך הניתוק ביניהם. התרוממות זו מגיעה עד כדי קילומטר אחד ובמהלכה נוצרים הרי יהודה במערב והרי מואב במזרח.

מערכת העתקים נוספת חוצה את אגן ים המלח לרוחבו, ממזרח למערב. אלה הם העתקי מתיחה אשר מחלקים את אגן ים המלח לאגני-משנה, אשר התפתחו בשלבים שונים בהיסטוריה של האגן. לאורך העתקים אלה מתרחשת מתיחה של האגן בכיוון צפון-דרום, במקביל לכיוון בו הוא מתארך. בדרום, באזור נאות הכיכר, יוצרת מערכת זו את השוליים הדרומיים של האגן, שם היא מורכבת מהעתקי ניתוק שטוחים (העתק ליסטר) אשר כמעט ואינם באים לביטוי על-פני השטח.

להכרת המבנה הפנימי של אגן ים המלח יש חשיבות רבה מבחינת ההיבטים המדעיים, הטקטוניים והסיסמולוגיים, וכן בשל ההיתכנות הכלכלית הטמונה בו להיצאות נפט וגז ואפשרויות הניצול של אוצרות הטבע. המבנה של האגן נחקר ומופה בשיטות

מגוונות, הכוללות סקרייטש, קידוחים ושיטות גיאופיסיות, כגון רפלקציה ורפרקציה סיסמית, כבידה ומגנטיות. מתברר כי בתוך האגן מצויים משקעים משני סוגים עיקריים: הסוג האחד מקורו יבשתי והוא כולל משקעי קונגלומראט, חול וחרסיות, שנגזרו מבליה וסחף באגני הניקוז היבשתיים שהתנקזו לבקע ים המלח. הסוג האחר כולל גירים, חווארים וסלעים אוופוריטיים, כגון מלח וגבס, אשר שקעו כתוצאה מאידוי מוגבר בגופי המים השונים שאכלסו את האגן בשלביו השונים. עובי המשקעים שהצטברו לאורך יותר ממחצית שטחו של האגן מגיע ל-5 ק"מ ויותר, ובשיאם אף עולה העובי על 10 ק"מ. עוביים הרב של המשקעים שהצטברו באגן, מעיד על שיעור שקיעתו ומכאן גם על קצב הצטברות הסדימנטים בתוכו, אשר מגיע ל-1 ק"מ במיליון שנה.

אגן ים המלח החל להתפתח לפני למעלה מ-15 מיליון שנה, ככל הנראה במקביל לתחילת התנועה על טראנספורם ים המלח. עד לסוף תקופת המיוקן, לפני כ-5.5 מיליון שנה, התפתח האגן לכדי מחצית גודלו הנוכחי ולאחר מכן נראה כי קצב הגידול שלו הוא, כמו גם קצב השקיעה בבסיסו. בשלב הראשון נתרדו באגן משקעים יבשתיים. לאחר מכן, בתקופה של 4-6 מיליון שנה לפני זמננו, נתרדו מלחימי עובי של כמה ק"מ כתוצאה מחדירה של לשוניים לבקע, דרך עמקיזרעאל. המלח כוסה לאחר מכן במשקעים יבשתיים ונקבר, אך מאוחר יותר – כתוצאה ממשקלו הסגולי הנמוך, תכונותיו המכאניות ותעוקת המשקעים שמעליו – פרץ את הכיסוי שמעליו במקומות אחדים כדיאפיר (מחדר) ואף חדר אל פני השטח בהר סדום וקרוב מאוד לפני השטח בחצי אי הלשון.

הפעילות המגמאטית בתוך אגן ים המלח מועטה מאד. מצפון לאגן חשוף גוף בזלתי בודד ומדידות מגנטיות מעלות כי בדרום האגן קבורים ככל הנראה גופים מגמאטיים בתת הקרקע. בשולי האגן מוכרים סלעים מגמאטיים בצד המזרחי בלבד ומקורם מתקופות שונות. הפעילות המגמאטית הצעירה ביותר אירעה באזור זרקא-מעין לפני כחצי מיליון שנה. כיום לא ניכרת אנומליה תרמית באגן ים המלח, והמעיינות החמים שבשולי האגן משקפים מצב בו מי התהום חודרים לעומק רב בטרם עלותם לפני השטח, וזאת בשל מבנה האזור. הפעילות הטקטונית באגן ים המלח נמשכת כיום ותימשך גם בעתיד. האגן הולך ומעמיק וקולט סחף שיטפוני ממקור יבשתי ומשקעים כימיים-מינרליים שמקורם בים המלח.

3.2 פעילות סיסמית ורעידות אדמה

רעידות אדמה, בעצמות שונות, מלוות את אגן ים המלח כחלק בלתי-נפרד מתהליך היווצרותו והתפתחותו. הרעידות משקפות

את הפעילות הטקטונית העכשווית ומאפשרות לזהות ולאפיין את תהליכי המעוות הנוכחי בעומק האגן. ככלל, הפעילות הסיסמית לאורך טראנספורם ים המלח מתרכזת באגנים העמוקים של מפרץ אילת, ים המלח והכינרת, אך גם בחלקים האחרים של הבקע. עדות לרעידות אדמה חזקות שהיו בעבר הרחוק באגן ים המלח, ניתן למצוא בשכבות הדקיקות המעוותות בתצורת הלשון, בתייעוד היסטורי וברישוב מכשירי שוטף במשך מאה השנים האחרונות. הרעידה החזקה ביותר אשר נרשמה בעזרת מכשור מודרני, אירעה בשנת 1927 בצפון ים המלח; דרגתה 6.2 והיא גרמה לנפגעים ולנזק משני עברי הבקע. מחקר ענף של מאפייני השברים ודפורמציות של הסדימנטים באגן, מלמד שעצמת הרעידות החזקות ביותר שהתרחשו באגן הגיעה לדרגה 7-7.5 בסולם ריכטר. הופעתן של הרעידות החזקות אינה קבועה ולא ניתן לחזותן. לאחרונה הועלו השערות כי רעידות האדמה החזקות מופיעות במקבצים של אירועים חזקים במיוחד ולאחריהם באות תקופות ארוכות של שקט יחסי, הכוללות רעידות 'בינוניות' בלבד.

פענוח המנגנון המכאני של הרעידות, עבור קיים רישום מכשירי מפורט, מראה כי הן משקפות את תנועת הגזירה השמאלית על-גבי הטראנספורם ואת תנועת המתחה במערכות ההתקנים בשולי האגן ובתוכו. מאידך-גיסא, כמות האנרגיה שהשתחררה ברעידות המודרניות וההיסטוריות, פחותה מהצפוי ואינה תואמת להיתכנות החזויה על-פי קצב תנועת הלוחות. סיבת האיתומה אינה ברורה עדיין ולא ידוע אם היא נעוצה באופי הפעילות הסיסמית באגן או שהיא נובעת מכך שאין בידינו נתונים מלאים. תפוצת מוקדי רעידות האדמה מפוזרת בכל שטח אגן ים המלח, אולם ישנם שלושה מוקדים עיקריים: בדרום ים המלח, בצפון הלשון ובמרכזו ובצפונו של האגן הצפוני.

באזור ים המלח נצפו ותועדו תופעות-טבע שאירעו כתוצאה מרעידות אדמה בינוניות וחזקות וניתן להסיק מכך שקיימת שם היתכנות לכשל בתשתית הגיאולוגית אשר עלולה לסכן מבנים מעשיידי-אדם. כבר ברעידה הבינונית שאירעה בצפון ים המלח בחורף 2004 והגיעה לדרגה 5.2, ניתן היה לצפות במגוון רחב של תופעות: סדקים ומפולות בתשתית הבנויה סלעים רכים וצעירים, התנזלות קלה בתשתית מלאכותית, נחשול ים (צונאמי) בגובה של כמה עשרות סנטימטרים, עלייה בשפיעת גז הרדון ושינויים במפלסי המים בבארות ובבולענים. תאוצות הקרקע שנרשמו באירוע זה, מלמדות כי במספר מקומות הן הוגברו כתוצאה ממבנה התשתית והטופוגרפיה. כאמור, רעידת האדמה שהתרחשה בשנת 1927 בעצמה של 6.2 אף היא בצפון ים המלח, אך בעצמה גבוהה בהרבה מזו של 2004, גרמה לסדקים רחבים בקרקע, לנחשול ים בגובה מטר ולחסימה של הירדן לכמה שעות כתוצאה מגלישת קרקע לאפיקו. העדויות ההיסטוריות מלמדות כי תופעות כאלו חוזרות ונשנות ברעידות חזקות.

השכבות המופרות והמְעוּוּת בסדרת השכבות של תצורת הלשון ותצורת צאלים, שהשקעתם החלה לפני כ־70,000 שנה ונמשכת עד היום הזה, מלמדים על זעזועים חזקים שפקדו את הסדימנט עוד בהיותו בקרקעית הים ונגרמו מרעידות אדמה חזקות. שכבת גבס המופיעה לעתים מעל לשכבות המקומטות, מיוחסת לערבוב מכאני של שכבות המים השונות בים – ערבוב שנגרם כתוצאה מן הרעידה שזעזעה את קרקעית הים.

בטבלה 3.1 מובא סיכום קצר של גורמי הסיכון הסיסמי האפשריים באגן ים המלח, תוך התייחסות לאזורים בהם קיימת היתכנות להתרחשות התופעה.

הידע המדעי אינו מאפשר חיזוי ממשי של רעידות אדמה ולפיכך לא ניתן לקבוע מתי תתרחש הרעידה המסוכנת הבאה, על איזה העתק ובאיזו עצמה. לעומת זאת, די במידע הקיים בידינו לגבי אגן ים המלח, כדי להעריך שבכל אחד מההעתקים הראשיים המרכיבים את הטראנספורם ואת שולי אגן ים המלח קיים פוטנציאל לרעידה חזקה שעצמתה המרבית עלולה להגיע לדרגה 7.5. המידע הקיים מאפשר גם הערכה סבירה של הסיכונים מרעידות אדמה וזיהוי כללי של אתרים בעלי רגישות מיוחדת לכלל הסיכונים או לחלק מהם. הנתונים מעוגנים בתקן ישראלי מחייב בתחום הבנייה. המהלכים לתכנון האזור חייבים לקחת בחשבון את הנתונים הסיסמיים ואת אזורי הסיכון שהוגדרו.

טבלה 3.1: סיכוני רעידות אדמה באגן ים המלח, ברעידת אדמה חזקה

גורם הסיכון	תיאור התופעה	אזורים מועדים עיקריים
קריעת פני השטח	קריעת פני השטח וסידוק לאורך ההעתק;	תוואי ההעתקים הראשיים של הטראנספורם ושולי האגן, כולל מצוק ההעתקים;
תאוצות סיסמיות	תנודות מחזוריות של הקרקע;	כל האגן; תאוצות גבוהות במיוחד צפויות בסמוך להעתק שיפעל ברעידה;
הגברת התאוצות הסיסמיות	הגברת זעזועים במקומות שהתשתית רכה, על הרים גבוהים ומצוקים תלולים;	בפני השטח בהם חשופים סלעים רכים וצעירים; במצוקים ובהרים בשולי האגן;
כשל במדרון	גלישה והתמוטטות של מדרונות בלתי יציבים, בעיקר אלה הבנויים סלע רך;	ביתרונות בתצורות הלשון וצאלים, מצוקי ההעתקים, קרקעית ים המלח;
כשל קרקע, סידוק והתנזלות	מְעוּוּת וסידוק בסלעים רכים, חול ספוג במי תהום רדודים עלול לאבד את חוזקו ולהתנהג כנוזל;	תשתית הבנויה סלעים רכים וצעירים, בעיקר בתצורות הלשון וצאלים;
נחשול ים (צונאמי)	נחשול מים עז אשר יציף את החוף.	הצפה ושיטיפה של אזור החוף, מקו המים ועד לגובה של מטרים אחדים מעליו.

4 | ים המלח (גוף המים) – תמונת-מצב, תהליכים ומגמות

הים אל מתחת לרום המיצר, נותק הקשר ביניהם, והאגן הדרומי, שרומו המרבי אינו יורד מ-404 מטר, התייבש. ההתייבשות הביאה לירידה חדה בשטחו של ים המלח, אולם בשל רדידותו ירד נפח הים במידה פחותה בהרבה (איור 4.1). כיום מצויות באגן הדרומי בריכות האידוי של המפעלים הכימיים הישראליים (מפעלי ים המלח – DSW) והירדניים (APC – Arab Potash Co.) והוא מנוקז לים המלח דרך המשכו של ערוץ נחל ערבה, אשר התחתר בינתיים דרך המיצר.

האגן הצפוני הוא גדול ועמוק, צורתו כאמבט מלבני בעל דופנות המשתפלות אל קרקעית שטוחה למדי, שרומה הוא סביב 730 מ'. האגן אינו סימטרי והמדרון המזרחי שלו תלול בהרבה מהמדרון המערבי. עיקר הנגר לים המלח, ובראשו נהר הירדן, נכנס לאגנו הצפוני העמוק וקיטומו של גוף מים באגן הדרומי תלוי באספקה של מים מהאגן הצפוני.

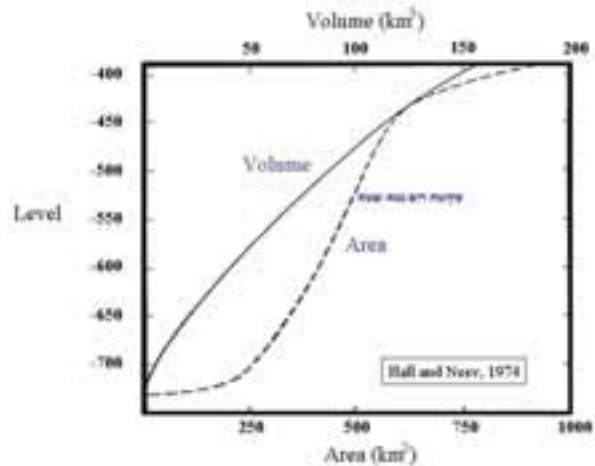
4.2. הרכב ים המלח והתפתחותו

מימיו של ים המלח מלוחים פי עשרה בערך ממימי רגילים והרכבם הכימי מיוחד. תמלחת ים המלח התפתחה ממימי אשר חדרו לבקע ים המלח לפני כמה מיליוני שנים דרך לשונות בעמק יזרעאל. התאידות וכניסת מים מוגבלת, הביאו לעלייה במליחות המים וגרמו להתגבשות מלחים, בכללם גבס ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) והליט (מלח בישול NaCl) שהצטברו על קרקעית האגם. לאחר ששכבות המלח התרדו, הן כוסו בסדימנטים צעירים. מאוחר יותר בהיסטוריה הגיאולוגית, עקב תהליכים גיאולוגיים מורכבים, התרוממו חלק מיחידות אלו ויצרו את מחדרי המלח של הר סדום וחצי אי הלשון. תגובות כימיות בין תמלחת המוצא שחדרה לתת הקרקע, לסלעי הגיר שבשולי הבקע, הביאו לשינויים נוספים בהרכב התמלחת ובמיוחד לסילוק של סולפאט ותוספת של קלציום. לאחר ניתוק הקשר עם הים, המשיכו להתקיים תהליכי ריאקציה עם סלעי הסביבה, והתמלחת יצרה אגמים חדשים (אגם הסמרה ואגם הליסון). מי הנגר אשר התנקזו לאגמים אלה, הביאו איתם מלחים אשר הוסיפו לשנות את הרכב תמלחת המוצא והביאו לשקיעה נוספת של גבס, הליט ומינרלים קרבוניטיים (קלצייט וארגוניט CaCO_3).

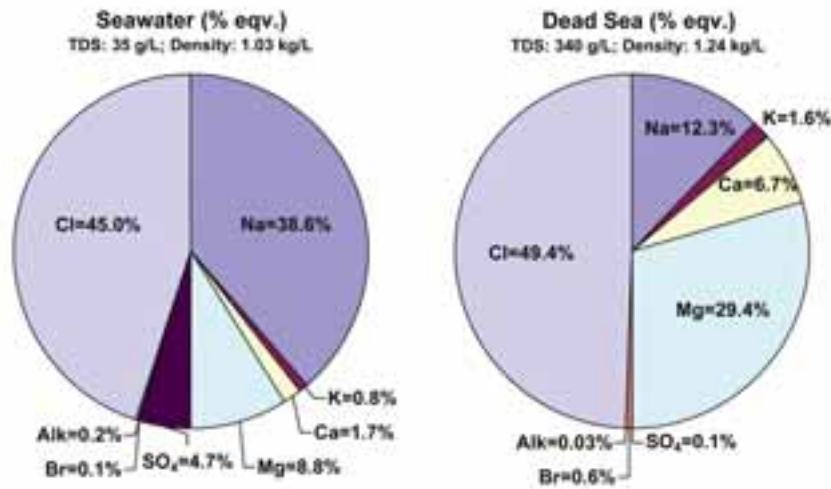
4.1. תיאור האגם

ים המלח הוא המקום הנמוך ביותר על-פני כדור הארץ. למים המתנקזים אליו אין מוצא טבעי אלא באידוי, ועל-כן הוא מוגדר "אגם טרמינלי". מפלסו משקף את המאזן בין כמות המים הנכנסים אליו לבין הכמות המתאדה ממנו. השינויים הטבעיים במפלס נובעים משינויים בנפח המים המתנקזים לאגם וקשורים לכמות המשקעים באגן ההיקוות, וכן משינויים בקצב האידוי. בתקופות בהן מאזן המים חיובי, כמות המים הנכנסת לאגם גדולה מזו המתאדה ואז מפלס הים עולה, ואילו כאשר מאזן המים שלילי, יורד מפלס הים. ירידת המפלסים החריפה המתרחשת כיום בים המלח היא תוצאה ישירה של מעשיידי-אדם, והיא נובעת מסכירת רוב מקורות המים הטבעיים אשר התנקזו בעבר לים המלח והטייתם.

לים המלח שני אגנים – צפוני עמוק ודרומי רדוד – המופרדים על-ידי סף, בגובה של כ-400 מטר, המצוי באזור "מיצר לינץ". עד שנת 1976 היו שני האגנים מחוברים, אולם עם ירידת מפלס



איור 4.1: יחסי רום-שטח-נפח של ים המלח, עד מפלס של 390 מ' מתחת לפני הים, מוצגים בגרף היפסומטרי. הגרף מבוסס על מיפוי של קרקעית ים המלח משנת 1974 (המקור: Hall and Neve, 1974, המכון הגיאולוגי)



איור 4.2: הרכב מי ים המלח בהשוואה להרכב מיים באחוזי אקוויולנטים (המקור: נתוני המכון הגיאולוגי)

בעבר התקיימה גם זרימה בין האגן הצפוני והדרומי והיו חילופי מים טבעיים בין השניים. צפיפות המים בשכבות העליונות של האגן הדרומי היתה עולה עם ירידת הטמפרטורות בסתיו וגורמת לשקיעתם מטה, ולכן המים באגן הדרומי היו תמיד מלוחים, צפופים וכבדים יותר מאשר בחתך העומק המקביל באגן הצפוני. המים הכבדים ששקעו לקרקעית הרדודה של האגן הדרומי "זחלו" צפונה והתנקזו לתוך האגן הצפוני העמוק ובמקביל זרמו מים עליונים מהאגן הצפוני לאגן הדרומי. כיום, לאחר ניתוק הקשר הטבעי בין האגנים, ממשיכים להתקיים ביניהם חילופי מים על ידי שאיבה מלאכותית של תמלחת מהאגן הצפוני אל ברכות האידוי. לאחר מיצויה התעשייתי, והשינוי שחל בהרכבה הכימי, מוחזרת התמלחת הנותרת ("תמלחות סופיות") לאגן הצפוני.

מאז ניתוק האגנים וערבובו המלא של גוף המים, מתפתח בים כל שנה שיכוב עונתי (טרמוקלינה) המתחיל בחודשי האביב ונשמר בחודשי הקיץ, חרף האידוי המוגבר מהמים העליונים והעלייה במליחותם. בתנאים אלה נשמר השיכוב בזכות הטמפרטורה הגבוהה של המים העליונים, המגיעה ל-35-36 מעלות צלזיוס ומקטינה במעט את צפיפות המים. בתחילת החורף, בחודשים נובמבר-דצמבר, מתרחש היפוך וחלה הומוגניזציה של עמודת המים כתוצאה מהתקררות המים העליונים והעלייה בצפיפותם. יוצאות דופן במחזור זה היו השנים שלאחר החורפים 1979/80 ו-1991/92. נפחי המים הגדולים אשר זרמו לים בחורפים אלה (1.5 מיליארד קוב בחורף 1991/2) מהלו את המים העליונים והביאו לשיכוב של עמודת המים, אשר נמשך על-פני 3-4 שנים. בתנאים הנוכחיים ובאלה הצפויים להתקיים בשנים הקרובות, ימשיך ים המלח להיות גוף מים הומוגני המקיים שיכוב עונתי, או לכל היותר שיכוב בן

תמלחת ים המלח מוגדרת כתמלחת קלציום-כלורידית. דהיינו, תמלחת אשר בהשוואה להרכב מיים רגילים היא מדוללת יחסית ביוני הסולפאט (SO₄) והביקרבונאט (HCO₃). לפיכך, יון הכלוריד הוא היום בעל המטען השלילי הבלעדי כמעט במערכת. יחסית למיים, תמלחת ים המלח מדוללת גם בנתרן ומועשרת במגנזיום, קלציום, אשלגן וברום (איור 4.2). תמלחות בהרכבים הדומים להרכב ים המלח, מופרות בעולם כמעט רק מתת הקרקע, בדרך-כלל בתמלחות המצויות במגע עם נפט. לפיכך, ים המלח הוא אגם ייחודי לא רק בשל מליחותו הגבוהה אלא גם בשל הרכבו הכימי. בעולם קיימים אגמים ספורים בלבד עם הרכב קלציום-כלורידית הדומה לזה של ים המלח.

4.3 מאפיינים ושינויים בים המלח

עד שנת 1979 היה ים המלח גוף מים משוכב, בו שכבת המים העליונה, עד עומק 40 מטר, היתה מהולה מעט בהשוואה לגוף המים העמוק. שיכוב זה התקיים על-פני תקופה של מספר מאות שנים, אשר במהלכן היו המים העמוקים מבודדים מהאטמוספירה. בידוד זה אפשר התפתחות תנאים מחזרים (נטולי-חמצן) במים העמוקים והם הכילו סולפיד מומס (H₂S). במחצית השנייה של המאה העשרים, כתוצאה ממאזן המים השלילי של הים, עלתה מליחות המים העליונים וצפיפותם. ב-1979 השתוותה צפיפות המים העליונים לזו של המים העמוקים והים עבר ערבוב ואווירור מלא.

4.4. מאזן המים ושינויי המפלס של ים המלח

עדויות היסטוריות וגיאולוגיות מצביעות על כך שהמפלס של כ-390 מטר, שאפיין את ים המלח בראשית המאה הקודמת (השנתון ההידרולוגי לישראל, 1971), אינו המפלס המאפיין את המאות האחרונות. בדרך-כלל היה המפלס נמוך יותר ועמד על כ-400 מטר, דהיינו סביב רום קרקעית מיצר-ליניץ' החוצץ בין האגן הדרומי, הרדוד, לבין האגן הצפוני, העמוק. האגן הדרומי שימש לפיכך גורם ממתן (buffer) לשינויי המפלס. בתקופות של מאזן-מים-חיובי גרמה עליית המפלס מעל ל-400 מטר להצפת האגן הדרומי ולהגדלה ניכרת בשטח הים ובאידיו פני המים, אשר בלמו את המשך עליית המפלס. בתקופות של מאזן-מים-שלילי, גרמה ירידת המפלס אל מתחת ל-400 מטר לירידה ניכרת בשטח האגם, להקטנת שטח האידיו ולבלימת מגמת הירידה.

קיימות הערכות שונות לגבי מאזן המים הטבעי של ים המלח, כפי שהתקיים במחצית הראשונה של המאה העשרים. בסיס הנתונים להערכות אלו לוקה בחסר ומבוסס על מספר מוגבל של מדידות-ספיקה בנחלים ובוואדיות (להוציא את הירדן, שם פעלה תחנת מדידה רציפה לאורך שנים) ועל נתונים חלקיים המשליכים על חישוב קצב האידיו מפני המים. למרות מגבלה זו, קיימת הערכה כללית שהנפח השנתי של המים שהתנקזו לים המלח נע בין 1,500 ל-2,000 מלמ"ק. נפח דומה התאדה מפני הים, אשר כלל בתקופה זו גם את האגן הדרומי.

בטבלה 4.1 מוצגת הערכה לנפחי הכניסות השנתיות הממוצעות לים המלח במחצית הראשונה של המאה העשרים. כאמור, בשל האי-ודאות הרבה, יש להתייחס לנתונים אלה כאל ערכים מייצגים בלבד. לפי הערכות המכון הגיאולוגי נראה שנפח המים השנתי שהתנקז לים המלח עמד על 1,700-1,800 מלמ"ק ונפח דומה התאדה ממנו.

בטבלה 4.1 מתייחסים מי התהום הלא-מזוהים לנפח המים המתנקז לים המלח מתחת למפלס הים ולכן אינו ניתן למדידה ישירה. ההערכות לנפח זה במצבו הלא-מופר של הים, נעו בתחום של 100-200 מלמ"ק בשנה. חשוב לציין כי זוהי הכמות שמגיעה לים המלח מכל הכיוונים וכי הנפחים הם בחזקת הערכה לסדר-גודל בגין אי-ודאות ומיעוט נתונים (קיימות הערכות גדולות פי כמה אך לדעת המכון הגיאולוגי, ערכים אלה מוגזמים). ראוי להדגיש כי נפח מי השיטפונות (בניגוד לזרימות הבסיס) המגיעים ישירות לים המלח ממזרח, ממערב ומדרום, נמוך יחסית ומסתכם לכל היותר במספר עשרות מלמ"ק/שנה. עיקר השינויים בזרימות בין חורפים גשומים לשחונים, הם שינויים בזרימות בנהר הירדן.

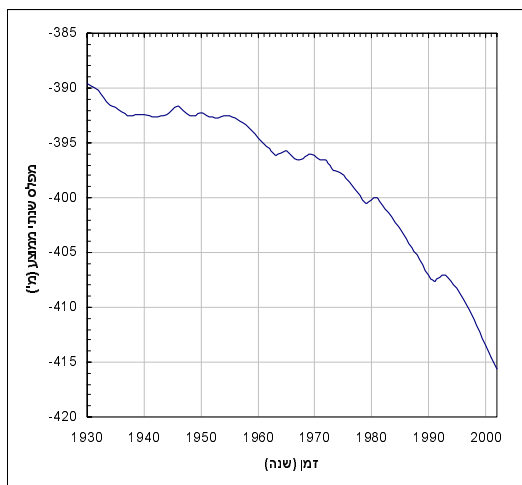
שנים ספורות, שיתפתח בעקבות נפחים גדולים של זרימות בחורפים גשומים במיוחד.

כתוצאה ממאזן המים השלילי בים המלח, עולה מליחות המים והיא צפויה להמשיך ולעלות גם בשנים הבאות. עלייה זו מלווה בהתגבשות והתרבות הלית (מלח בישול) אשר החל לשקוע בים בשנת 1979. התגבשות זו מקטינה את המשקל הכולל של המלחים המומסים בים ומרסנת את העלייה במליחות, יחסית לירידת נפח הים. לפיכך, היחס בין אחוז עליית המליחות לאחוז ירידת נפח המים קטן מ-1. ההליט מתגבש באופן ספונטאני מכל עמודת המים במהלך כל השנה וכן מפני השטח בקיץ. מאחר שמי ים המלח רוויים ביחס להליט, כל חפץ המצוי באגם משמש מרכז גיבוש למלח זה.

בעקבות הקטנת הזרימות אל ים המלח והירידה באספקת סולפאט וביקרבוונאט, כמות הגבס והארגוניט המתגבשת בים קטנה בהרבה מבעבר. לפיכך, אירועי ההלבנות של פני הים שנצפו באגם אחת למספר שנים ונמשכו מספר שעות עד ימים, אינם מתרחשים עוד כיום. אירועים אלה הוסברו בגיבוש ספונטאני של הארגוניט והגבס על פני המים והסתיימו עם שקיעת מינרלים אלה לקרקעית. ראוי לציין כי כמות הגבס והארגוניט אשר התגבשה ושקעה במהלך אירועי הלבנה אלה, היתה רק חלק קטן ממסת הגבס והארגוניט אשר שקעה באגם בכל שנה. ברור כי הירידה באספקת הסולפאט והביקרבוונאט לים המלח מפחיתה את הסיכוי לצפות שוב באירועי ההלבנה שתוארו לעיל.

למרות כינויו "ים המוות" וחרף שמו הרשמי באנגלית Dead Sea, ים המלח מאפשר קיום חיים, אף כי בתנאי עקה קשים. המליחות הגבוהה של ים המלח בשנים האחרונות ומגמת העלייה הנמשכת במליחות, אינן מאפשרות כיום פריחות מיקרוביאליות מסיביות. אלו מחייבות מיהול של המים לרמה של לפחות 10%-15% מהמליחות הנוכחית ותוספת של פוספאט (עבודות של אהרון אורן). אירועי פריחה כאלה נצפו בעקבות החורפים הגשומים של 1980/1 ו-1991/2 אשר לוו בזרימות מסיביות של מים מתוקים ויצרו שכבת-מים עליונה מהולה. בתנאי מיהול אלה מתפתחת אוכלוסייה של אצות (דונליאלה) המזינה ומקיימת אוכלוסיית חיידקים ובקטריות. בשני אירועי הפריחה, הקנתה התפרצות אוכלוסיית האצות צבע ירוק לים. פריחת החיידקים שבאה בעקבות פריחת האצות, צבעה את הים באדום-סגול. אולם במצבו הנוכחי של הים, שואפת ספירת האצות בים המלח לאפס ורמת החיידקים נמוכה ביותר. האוכלוסיות הללו מתקיימות על סף גבול הסיבולת וריכוזן במים הוא על גבול יכולת המעקב או מתחתיו. ראוי לציין כי מערכת אקולוגית ייחודית זו של ים המלח, מבודדת ומנותקת מהמערכות האקולוגיות הסובבות את הים ולכן השינויים המתקיימים בה אינם משפיעים על מערכות אחרות.

בספיקות של עינות-צוקים, קנה וסמר, בשל שאיבות-מים גוברות מאקוויפר ההר המזרחי, המזין מעיינות אלה.



איור 4.3 שינויים במפלס ים המלח ב-70 השנים האחרונות
(המקור: המכון הגיאולוגי והשירות ההידרולוגי)

גורם משמעותי התורם לגירעון המים בים המלח הוא המפעלים הכימיים הישראליים והירדניים. אלה שואבים מים מהאגן הצפוני לבריכות-אידי באגן הדרומי, שם מתאדה התמלחת לכדי מחצית מנפחה ומשקיעה מינרלים שלחלקם ערך כלכלי רב. התמיסות המרוכזות הנותרות ("תמלחות סופיות") מוחזרות לים דרך התוואי המלאכותי של נחל ערבה, העובר בין בריכות האידי הישראליות והירדניות. סך גירעון המים כתוצאה מפעילות תעשייתית זו עומד על כ-250 מלמ"ק לשנה. בשטחו הנוכחי של ים המלח (כ-650 קמ"ר) תורם נפח זה 40-35 ס"מ/שנה לירידת המפלס.

מאזן המים של ים המלח במצבו הנוכחי, מבוסס גם הוא על הערכות-זרימה ומאזני-מים. ההבדלים בין ההערכות השונות נעים בטווחים גדולים בהרבה (באופן יחסי) מאלה של ההערכות ההיסטוריות, ומתבטאים בהבדלים של כמה מאות מלמ"ק. במיוחד בולט ההבדל בין הערכות של מקורות ישראליים למקורות ירדניים לגבי השפעת ירידת מפלס הים על הגדלת זרימת מי התהום אליו. הירדנים מעריכים כי תהליך זה מביא לאבדן של יותר מ-400 מלמ"ק מאוגר מי התהום לכל מטר ירידת מפלס. לטענתם, נפח זה הוא מעבר לנפח הזרימות הטבעיות של מי התהום לים המלח בתנאי מפלס קבוע. ההערכות הישראליות לאבדן מי תהום בגין ירידת המפלס הן מתוננות בהרבה ועומדות על כמה עשרות מלמ"ק בשנה לכל היותר. מאחר שאין ויכוח בדבר קצב ירידת מפלס הים וסך גירעון המים שהוא מבטא, הרי שכניסות מי-תהום לים המלח בנפחים הגדולים המוערכים על-ידי הירדנים, מחייבות קצב אידי

טבלה 4.1: אומדי הכניסות והיציאות באגן ים המלח במחצית הראשונה של המאה העשרים

מלמ"ק/שנה	כניסות
1,300-1,100	הירדן
150-100	זרימות ישירות ממערב (עינות-צוקים, קנה וסמר)
200-150	זרימות ישירות ממזרח (הארנון, זרד ועוד)
~80 200-100	גשם ישיר מי-תהום לא-מזוהים
2,000-1,500	סה"כ כניסות
מלמ"ק/שנה	יציאות
2,000-1,500 (1.5-2.0 מ' /שנה)	התאדות מפני המים (כ-1,000 קמ"ר)

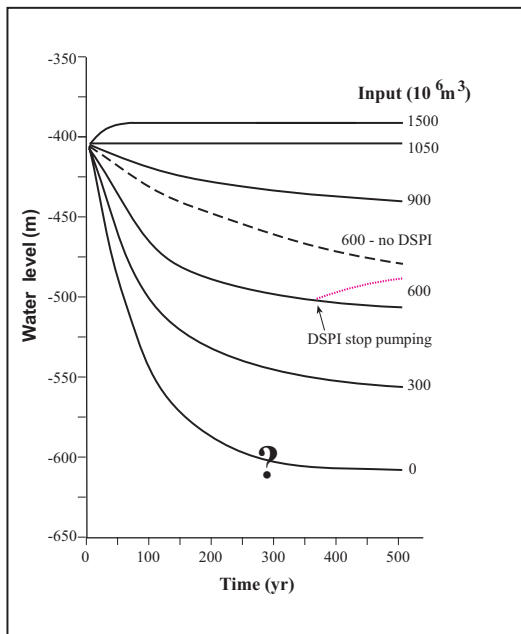
הירידה הדרמטית המתרחשת כיום במפלס ים המלח (איור 4.3), נובעת משינוי מהותי במאזן המים של ים המלח וממעבר למאזן-מים שלילי קיצוני. שלא בדומה למתואר לעיל, ירידה זו אינה מבטאת שינוי אקלימי, אלא היא תוצאה ישירה של התערבות האדם במאזן המים של ים המלח. ירידת המפלס האופיינית לשנים האחרונות, בהן לא נפתח סכר דגניה והזרימות בירמוך היו מוגבלות, היא בשיעור של כ-0.8-1.0 מטר בשנה, והיא מייצגת גירעון מים שנתי של כ-650 מלמ"ק. ירידת המפלס הממוצעת משנת 1980, הכוללת גם את עליות המפלס החדות בעקבות החורפים 1979/80 ו-1991/92, היא כ-70 ס"מ/שנה. ירידות המפלס הללו הן בראש וראשונה תוצאה של שימוש מוגבר במים במעלה הזרימה והטיית מקורות הירדן, סכירת מוצא הכינרת בסכר דגניה והפניית המים למרכז הארץ דרך המוביל הארצי והטיית מי הירמוך בסוריה ובירדן. בנוסף, חלק מהוואדיות המזרחיים של הבקעה, אשר בעבר התנקזו לים המלח דרך הירדן, נסכרו אף הם. כתוצאה מתהליכים אלה מזרים הירדן לים המלח רק 70-150 מלמ"ק בשנה, שהם כ-10% מהספיקות המקוריות שלו.

נוסף לירידה הדרסטית בזרימת הירדן קיימת גם ירידה בזרימות הישירות לים המלח ממזרח, כתוצאה מהטיה או מסכירת חלק מהוואדיות המזרחיים. סכירה דומה לא קיימת כיום בוואדיות היורדים לחופו המערבי של ים המלח, אך בעתיד צפויה ירידה

4.5. תחזית למפלס הים

ללא התערבות מחודשת ורחבת-היקף במאזן המים של ים המלח, צפוי מפלסו להמשיך לרדת גם בשנים הבאות. קצב ירידת המפלס עשוי אף לגבור אם חלק ממעט המים המתנקזים כיום לים המלח ייתפסו ויוטו אף הם. מאידך-גיסא, מלווה המשך ירידת המפלס בעלייה במליחות ובירידה בשטח האגם – שני גורמים אשר מקטינים את האידוי מפני המים. מספר מודלים בלתי-תלויים חוזים כי בנפחי המים הזורמים כיום לים המלח, הוא צפוי להתקרב ליציבות בתוך 150-200 שנה במפלס הנמוך ב-100 עד 150 מטר מהמפלס הנוכחי, דהיינו סביב 550- מטר (איור 4.4). לקראת הגעה למפלס זה, בו שטח האגם יהיה כ-450 קמ"ר, יקטן קצב האידוי ויתמתן גם קצב ירידת המפלס בהתאם.

במהלך חמישים השנים הבאות צפוי כי ירידת המפלס תימשך בקצב של כמטר בשנה ולפיכך יהיה המפלס ב-2025 בגובה של כ-440-, וב-2050 הוא ירד לגובה של כ-465- מטר מתחת לפני הים. בהסתמך על המפה הבתימטרית של ים המלח, שהוכנה על-ידי המכון הגיאולוגי בתחילת שנות השבעים, ניתן לשרטט בקירוב את מיקומם של קווי החוף בשנים אלו (ראו פרק 5).



איור 4.4: מודל להשתנות מפלס ים המלח בזמן, כפונקציה של סך נפח המים השנתי המתנקז אליו (הערך המספרי בצד ימין של כל עקומה). הקו המקווקו מציין את התפתחות הים ללא מפעלי ים המלח; הקו האדום מציין את התפתחות הים לאחר הפסקת פעילות המפעלים בעקבות הגעה למפלס של 500- מטר. בשני התרחישים הללו נפח הכניסות הוא 600 מלמ"ק לשנה (המקור: Yechieli et al., 1998, המכון הגיאולוגי)

נוכחי גדול מאד מפני ים המלח – 2 מטר בשנה – לעומת קצב אידוי של כ-1.1 מטר לשנה על-פי חישובי המכון הגיאולוגי. הערכת המכון הגיאולוגי לסך הכניסות לים המלח כיום (טבלה 4.2) עומדת על כ-400 מלמ"ק בשנה, דהיינו פחות מרבע מנפח המים שהתנקז באופן טבעי לים המלח עד אמצע המאה הקודמת (טבלה 4.1). כאמור, גם בלא התייחסות למאזן-מים מדויק, מבטאת ירידת מפלס של כמטר בשנה, לגירעון מים שנתי של כ-650 מלמ"ק בשנה.

טבלה 4.2: אומדני המכון הגיאולוגי לכניסות ויציאות מים מאגן ים המלח כיום

כניסות	מלמ"ק/שנה
הירדן (ללא פתיחת הסכרים בשנים גשומות במיוחד)	~100
זרימות ישירות ממערב (כולל מעיינות)	~100
זרימות ישירות ממזרח (כולל מעיינות)	~100
גשם ישיר	~50
מיתתום בניקוז תתימי (כולל בגין ירידת מפלס)	100-50
סה"כ כניסות	400-350
יציאות	מלמ"ק/שנה
התאדות מפני המים (כ-650 קמ"ר)	750-700
התאדות במפעלים הכימיים (בישראל וירדן)	300-250
סה"כ יציאות	1050-1000

טבלה 4.2 מתארת מצב בו אין זרימות חריגות בירדן כתוצאה מפתחה של סכרים בכינרת ובירמוך ומבטאת גירעון מים של כ-650 מלמ"ק. באם מביאים בחשבון זרימות חריגות כמו אלו של חורף 91/92, ממוצע הזרימות בירדן הוא כ-300 מלמ"ק וגירעון המים הרב-שנתי הנוכחי יורד לכ-450-500 מלמ"ק. לעומת זאת, צפוי שבשנים הבאות יפחתו הזרימות הישירות לאגם באופן משמעותי, בשל ניצול המים במעלה הזרימה. בנוסף, גם אירועי הזרימה החריגים צפויים לפחות בזכות תפיסה יעילה יותר של המים במעלה הזרימה. לפיכך, כל התחזיות המשמשות בסיס למסמך הנוכחי יוצאות מנקודת-הנחה של ירידת מפלס של 1.0 מ' בשנה.

5 | האגן הצפוני – תגובת התשתית הפיסית לירידת המפלס

הנדרש להובלת חלוקים גדולים. החלוקים הקטנים יותר וחומר דקי-גרגר, נישאים הלאה במורד ומצטברים בהדרגה ובהתאמה לירידת רמת האנרגיה של המים.

תצורת הלשון וקווי חוף קדומים: משקעי ימת הלשון, החשופים בעיקר ממערב לקו החוף הישן של ים המלח (~392- מטר), רגישים מאד לתהליכי סחיפה, ולכן משפיעה האצת תהליכי ההתחזרות לאורכם במהירות על אופי התבליט שבהם. רוב המחשופים של תצורת הלשון נמצאים כיום באזור הקשת המרכזית של מצוק ההעתקים, בין עין-גדי לנחל רחף ובשולי האגן הדרומי של ים המלח. בין מחשופי תצורת הלשון ובין המניפות, מצויים שטחים הבנויים מחלוקים ושברי-סלע שיוצרים סדרה של מדרגות מקבילות המשתפלות במתניות אל חופי הים. שטחים אלה נוצרו כמדרגות-חוף קדומות, בזמן שימת הלשון נסוגה וגוף המים התכנס אל גבולות הים הנוכחיים. אתרים בולטים במיוחד לתצורת-נוף זו מצויים בין מניפת נחל קדרון ומניפת נחל דרגה, בין עין-גדי ומניפת נחל חבר ובאזור שבין נחל רחף ונווה-זוהר.

רצועת החוף הפעילה: רצועת החוף הפעילה משתרעת בין קו החוף הנסוג לקו החוף שלפני תחילת ירידת המפלס המהירה של שנות השישים. המאפיינים העיקריים של רצועת החוף הם שיפוע החוף והרכב של סלעי המשקע הבונים אותו. המפה הבתימטרית של ים המלח מראה שככול שמפלס ים המלח ירד, כן יגדל בד"כ שיפוע רצועת החוף. זאת בגלל חשיפת המדרון התלול של האגן הצפוני שהוא תוצר של פעילות טקטונית לאורך המקטע המערבי של העתקי ים המלח. כמו כן נמצא שרוב האזורים הנחשפים בנויים ממשקעים דקי-גרגר, רגישים יותר לתהליכי סחיפה מאזורי המניפות הבנויות מסחף גס-גרגר. לנתונים אלה השלכות על הקצב ועל אופי התחזרות הנחלים בעתיד וכן על יציבות התשתית בכלל ובאזור קו החוף בפרט.

קצב ההתחזרות באזורי החוף הנחשפים, תלוי בין השאר באופי מערכות הניקוז שבעורפם. חופים הנמצאים בשולי מניפות-סחף או באזורי נביעות, מועדים לתהליכי סחיפה והתחזרות מהירים יותר מאלה שבעורפם יש מצוקים המנוקזים על-ידי ערוצים קטנים. חופים בעלי שיפוע תלול הבנויים מסלעי משקע דקי-גרגר, יהיו רגישים להתחזרות וגלישות ויפגעו גם על-ידי אפיקים בעלי אגן ניקוז קטן מאד, כפי שניתן לראות כבר היום בכמה אזורים.

5.1. התפתחות הנוף והתחזרות נחלים

5.1.1. מאפייני היחידות הגיאומורפולוגיות העיקריות והתחזרות בהן

ירידת מפלס ים המלח מרחיבה את רצועת החוף הסובבת אותו ומשנה את משטר השיפועים של ערוצי הנחלים המתנקזים אליו. הערוצים עוקבים אחר המפלס הנסוג ומתחזרים לאחור, בקצב של עשרות עד מאות מטרים בשנה. בחזית מניפות הסחף של הערוצים היורדים לים המלח ובשטחים שבין המניפות, נחשפים משטחים של בוץ טובעני, אשר מקשים את הגישה אל קו המים. חלק מן התהליכים הם איטיים ורציפים וחלקם מהירים ופתאומיים ופוגעים בתשתיות האזור.

השינויים החריפים המתרחשים באזור ים המלח, קשורים קשר אמיץ למאפיינים הגיאומורפולוגיים של האזור שבין קו המים הנסוג לבין בסיס המצוקים. מישור החוף צר יחסית ורוחבו רוב המקומות אינו עולה על קילומטר אחד. רק באזור מניפות הסחף של נחל חבר ונחל צאלים, מגיע רוחב מישור החוף של ים המלח ל-5 ק"מ בקירוב.

להלן תיאור היחידות הגיאומורפולוגיות העיקריות באגן הצפוני של ים המלח ומאפייניהן העיקריים:

מצוקי ים המלח – "מצוק ההעתקים": אלה הם המצוקים הגבוהים המלווים את ים המלח לכל אורכו ומוגבלים במזרחם בסדרת העתקי הבקע. הם מתחלקים לשלוש קשתות מורפולוגיות: הקשת הצפונית – מאזור קליה עד עין-גדי, הקשת המרכזית – מעין-גדי עד נחל רחף, והקשת הדרומית – בין נחל רחף לשולי הר סדום. את מצוק ההעתקים מנקזים ערוצים קטנים רבים ובכמה מקומות מכוסים המדרונות בדרדרות. אירועי-גשם קיצוניים עלולים ליצור זרמי-גלית (Debris flow) ולסכן את התשתיות הנמצאות בבסיס המצוקים, ובעיקר את הדרכים.

מניפות סחף: לאורך בסיסו של מצוק ההעתקים התפתחו מניפות סחף בעלות צורה של חרוט בפתחי הקניונים של הנחלים המנקזים את מדבר-יהודה. המניפות מתפתחות במקומות בהם שיפוע הערוצים קטן וכושר הנשיאה של המים פוחת אל מתחת לסף

כמעט לחלוטין, עם שיפוע קל לצפון. מאז התייבשות האגן הדרומי, מתחרת נחל הערבה צפונה דרך מיצר-ליניץ' ומנקז בדרכו את "התמלחות הסופיות" של מפעלי ים המלח, בחזרה לאגן הצפוני. לאורך שוליו המערביים של המיצר נמשכות תעלת ההזנה הישנה ותעלת ההזנה החדשה של מפעלי ים המלח, שהוקמה בסוף שנות השבעים על-גבי סוללה ומשמשת להעברת מים מים המלח אל בריכות האידוי.

5.1.2. מיפוי התשתית הפיסית ואזורים מועדים להתחרות וגלישות

קריטריונים ושיטת המיפוי: סיכום עדכני ומיפוי התשתית הפיסית כיום ועם המשך ירידת המפלס זיהוי אזורים מועדים לסחף והתחרות נחלים לאורך חופי ים המלח, מוצגים בדוח המכון הגיאולוגי GSI/18/2004. המפות באיור 5.2 מציגות את מיקום קו החוף ב-2002, את המיקומים הצפויים ב-2025 ו-2050 וכן את השיפועים בחוף המתהווה. המפות מציגות גם את תחום השתרעות אזורי הבוץ והחלוקים וכן אזורי-סיכון הנוצרים מזרימות בלית וגלישות בוץ. זרימות הבלית עשויות להתרחש בעקבות אירועי גשם כבדים, במקומות בהם חומר בלוי לא-מלוכד מונח על-גבי מדרונות תלולים. גלישות הבוץ עשויות להתרחש בשל כשל של בוץ רווי-מים על-גבי שיפוע תלול בתוך ים המלח ובשוליו, לעתים באופן ספונטאני, אך בעיקר בעקבות אירועים סיסמיים.

אזורים מועדים לנוק לתשתיות-כבישים כתוצאה מהתחרות נחלים, סוגו לשלוש קטגוריות על-פי רמת האנרגיה של הנחלים ועצמת ההתחרות הצפויה. הסיווג מבוסס על ניתוח אגני הניקוז (איור 5.3) והדינאמיקה המאפיינת אותם, על בסיס דוגמה מייצגת כדלקמן:

נחלים בעלי כושר התחרות גבוה: אגן מייצג – נחל דוד (איור 5.4). אגן בגודל בינוני עם זרימות אגרסיביות בשל הקרבה הגדולה שבין מצוק ההתקיים לחוף ים המלח. שיפועים בשיעור של 17%-22% צפויים להיחשף בתוך 25-50 השנים הקרובות. בקטעים של כביש 90 הנמצאים מצד אחד בסמוך למצוק ההתקיים (פחות מ-500 מ') ומצד שני בסמוך לקו החוף (300 מ' היום ועד 550 מ' בשנת 2050), צפויה התפתחות של ערוצים תלולים עם שיפוע של כ-6%. משמעות הדבר היא התחרות לעומק של 25 ו-50 מ' בסמוך לכביש ופגיעה בו בתוך 25-50 השנים הקרובות. החתירה תלווה בהתרחבות בשיעור מתון, שלא יעלה על 10 מ' בכל צד של האפיק הנוכחי וזאת בגלל חשיפת חלוקים בדופנותיו.

נחלים בעלי כושר התחרות בינוני: אגן מייצג – נחל תמרים (איור 5.4). אגן בגודל בינוני עד קטן, עם זרימות אגרסיביות בינוניות בשל מרחק גדול יחסית לקו החוף הנוכחי (1,200 מ'), היוצר רצועת ספיגה רחבה. בנחלים מסוג זה יש קטעים תלולים

תופעה נוספת הקשורה לשיפוע קו החוף היא תהליכי-גידוד ימיים; כאשר שיפוע החוף מתון, ירידת המפלס יוצרת מערכת מדרגות חופיות ההולכת ויורדת כלפי הים (איור 5.1). באזורים בהם השיפוע תלול מאוד, עלול להיווצר מצב בו קו החוף כמעט שאינו נסוג, אלא נשאר במקומו או אף מתקדם מערבה עקב תהליכי גידוד וסחיפה של המצוק החופי. תהליך זה עלול לסכן מבנים בסמוך לקו החוף.

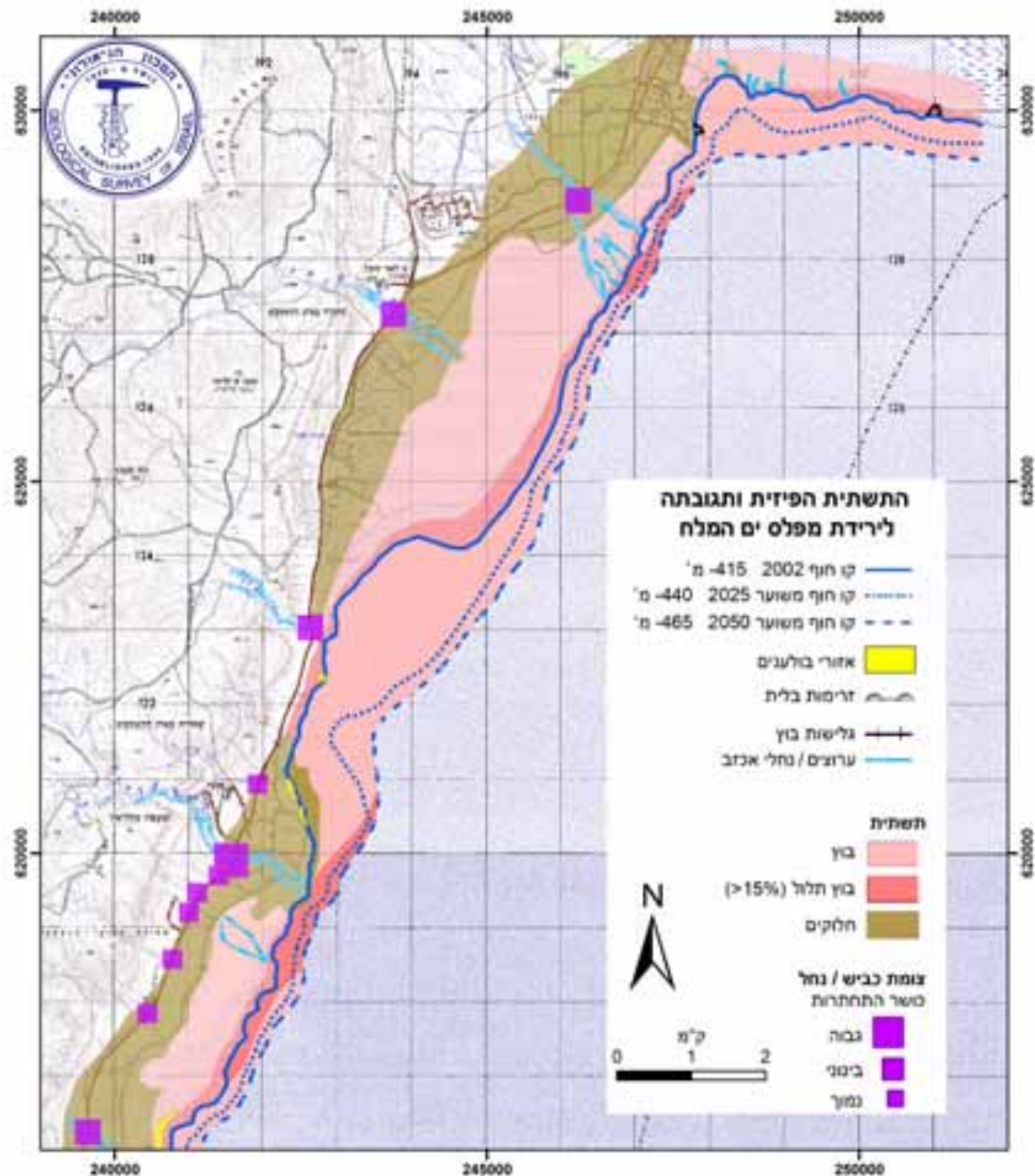


איור 5.1: מדרגות חופיות שנוצרו כתוצאה מירידת המפלס (המקור: אבני וחובריו, המכון הגיאולוגי, GSI/18/2004)

אתרי-נביעות: אתרי-נביעות פזורים לאורך חופי ים המלח, בעיקר באזורים בהם קו החוף סמוך למצוק ההתקיים. עינות-צוקים, קנה וסמר, הם אתרי הנביעות העיקריים, אך ייתכן שעקב המשך נסיגת קו החוף ייחשפו אזורי-נביעות נוספים. אתרי הנביעות הנמצאים בין קומראן למצפה-שלם, נחשפו לרגלי מצוק ההתקיים עקב ירידת המפלס, אך מאחר שמפלס מי התהום עוקב אחר ירידת פני הים, קיימת תופעה של נדידת הנביעות והחל תהליך מהיר של עירוף לאורך אפיקי הזרימה של המעינות.

הדלתה של הירדן בצפון ים המלח: בחלקו הצפוני של ים המלח הצטבר חתך עבה של סחף דק-גרגר שהביא נהר הירדן אל ים המלח. נסיגת האגם חשפה משטחי-בוץ נרחבים, בעלי שיפוע מתון, המהווים למעשה את המניפה התתי-ימית של הירדן, שנוצרה כאשר מפלס האגם היה גבוה. עם ירידת המפלס בשנים האחרונות, הולכת ונחשפת המניפה התתי-ימית והירדן מתחרת בה תוך יצירת ערוץ צר ועמוק.

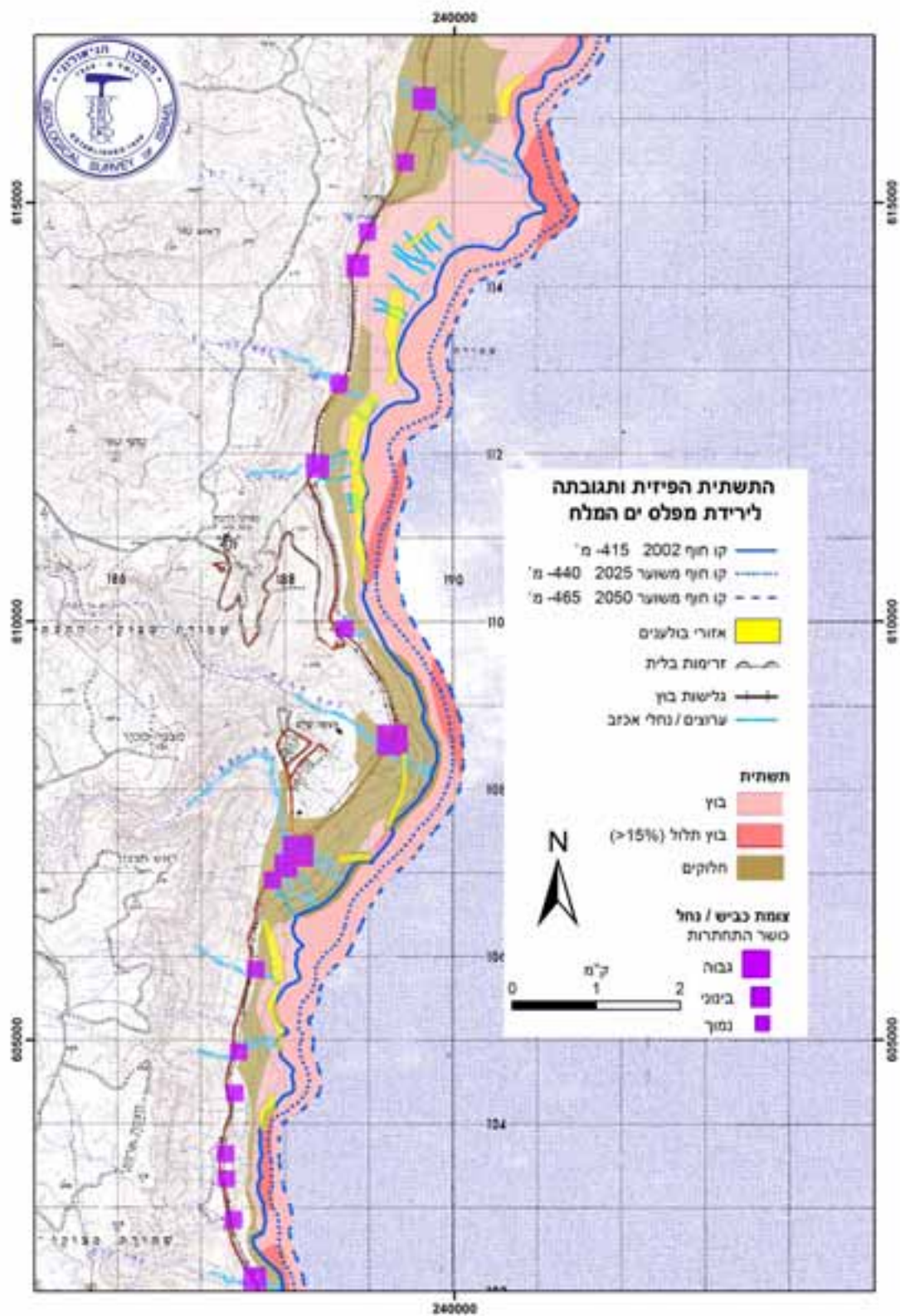
מיצר-ליניץ': אזור מיצר-ליניץ' משתרע בין האגן הצפוני של ים המלח לבין האגן הדרומי, בו מרוכזות בריכות האידוי. המיצר מתייחס למעבר הצר שהיה בעבר בין חצי האי המכונה הלשון (ליסאן) במזרח, לבין מצוק-התקיים במערב. רוחב המיצר הוא 5-5 ק"מ ואורכו כיום 9-10 ק"מ. המורפולוגיה של המיצר שטוחה



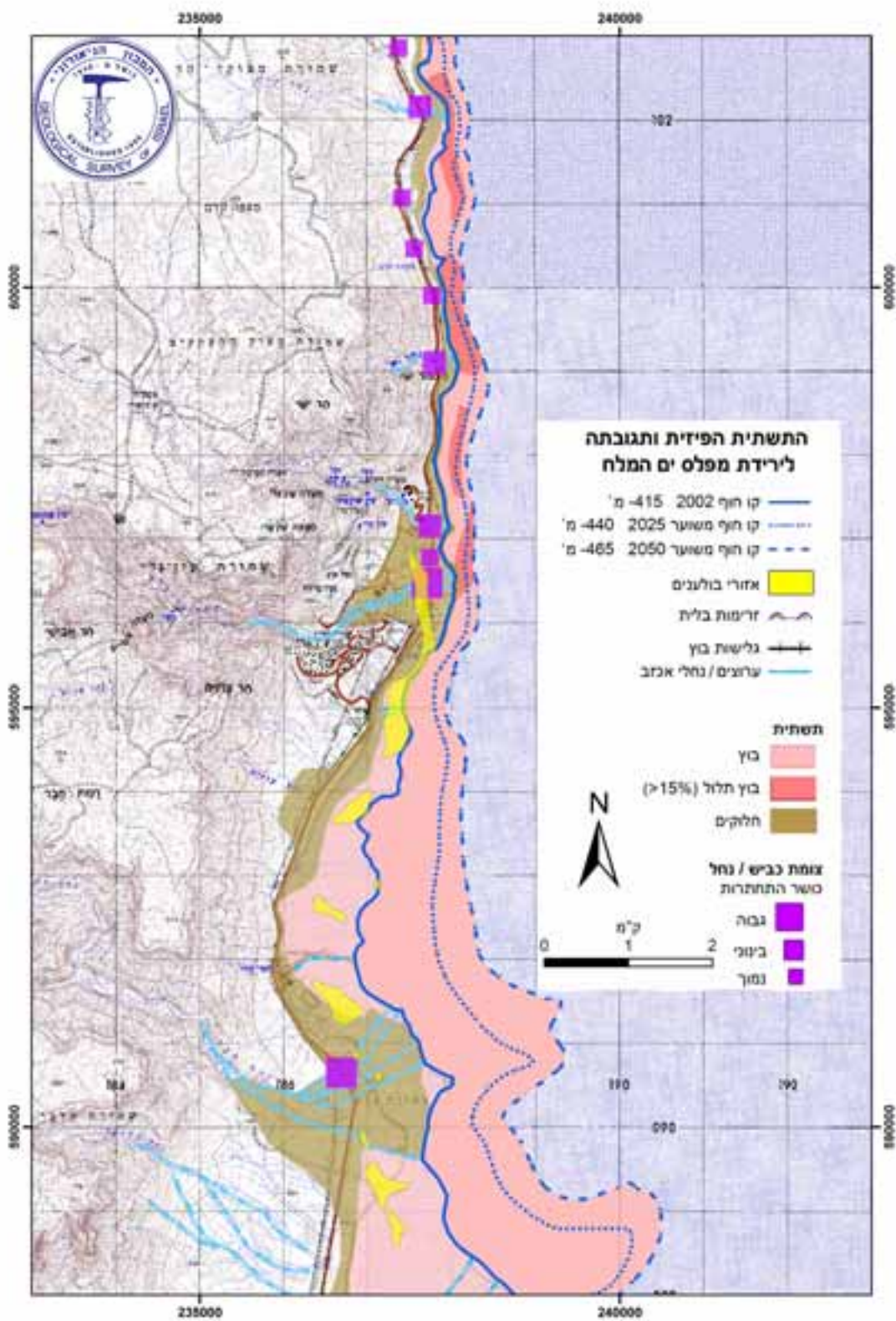
איור 5.2 א: מיפוי התשתית הפיזית ותגובתה לירידת המפלס (המקור: אבני וחוברין, GSI/18/2004, המכון הגיאולוגי)

האגנים מסדר-גודל בינוני אינם פעילים במחזורים שנתיים אלא רב-שנתיים וזאת בתלות באירועים שיטפוניים חריגים המתרחשים אחת לכמה שנים. ההתחזרות הצפויה מקו החוף מערבה, נאמדת בשיעור של כמה מטרים לשנה, אך ההתרחבות הצפויה עד 2050 עשויה להגיע לכמה עשרות מטרים, וזאת בגלל התמוטטויות וגלישות של חרסיות שתיחשפנה בצידי האפיק.

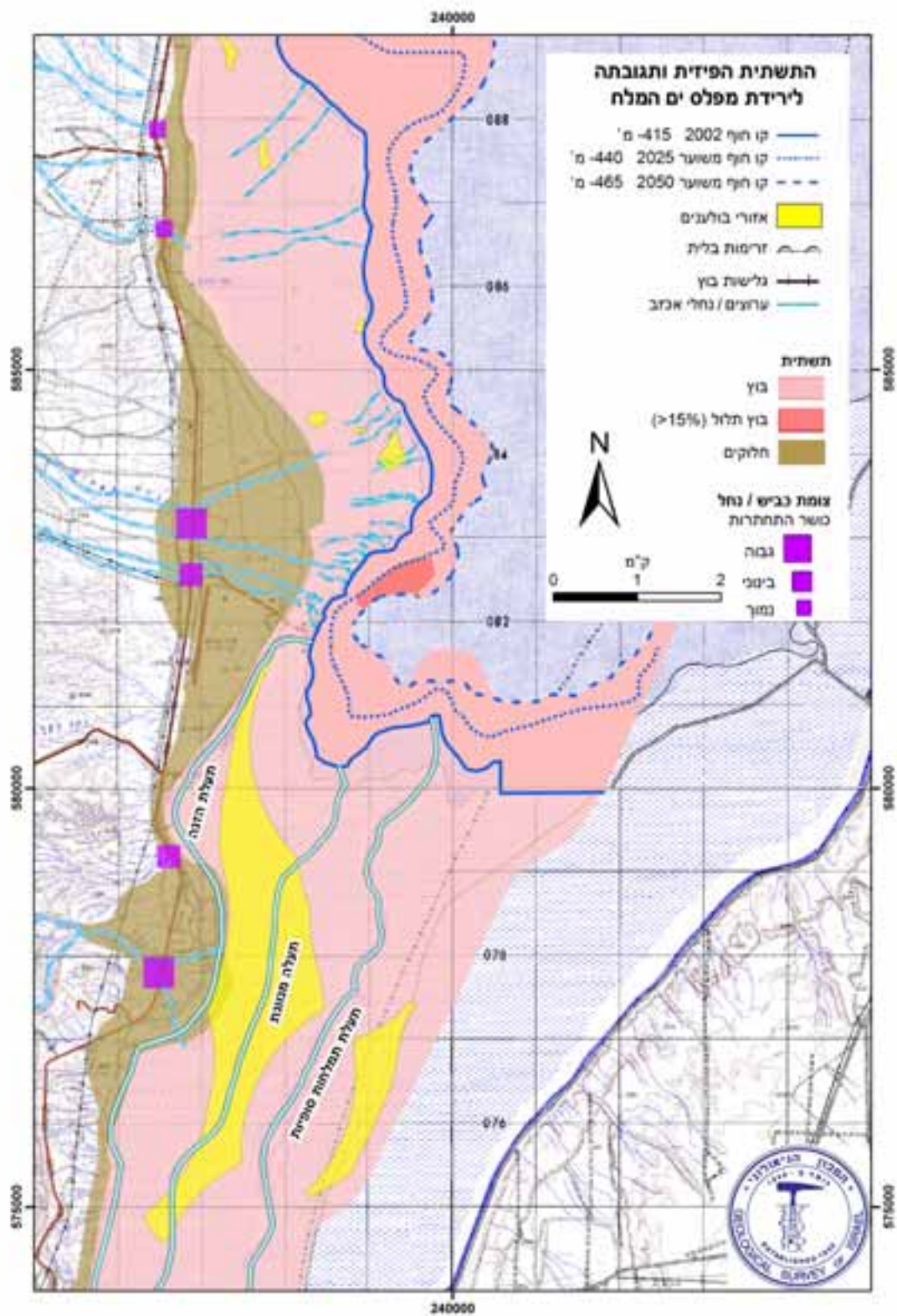
(מעל 10%) וקטעים מתונים (בין 3%-5%) כאשר הגורם העיקרי שקובע את קצב ההתחזרות הוא רצועת הספיגה הרחבה בחזית מניפת הסחף, הבולמת לעת עתה את התחזרות הערוץ. חשיפת ראש המתלול החופי במהלך 50 השנים הבאות, עקב ירידת המפלס, תגרום למוצא נחל תמרים להתחזר לאחור באופן שייצור ערוץ עמוק שראשיתו בקו החוף הנסוג.



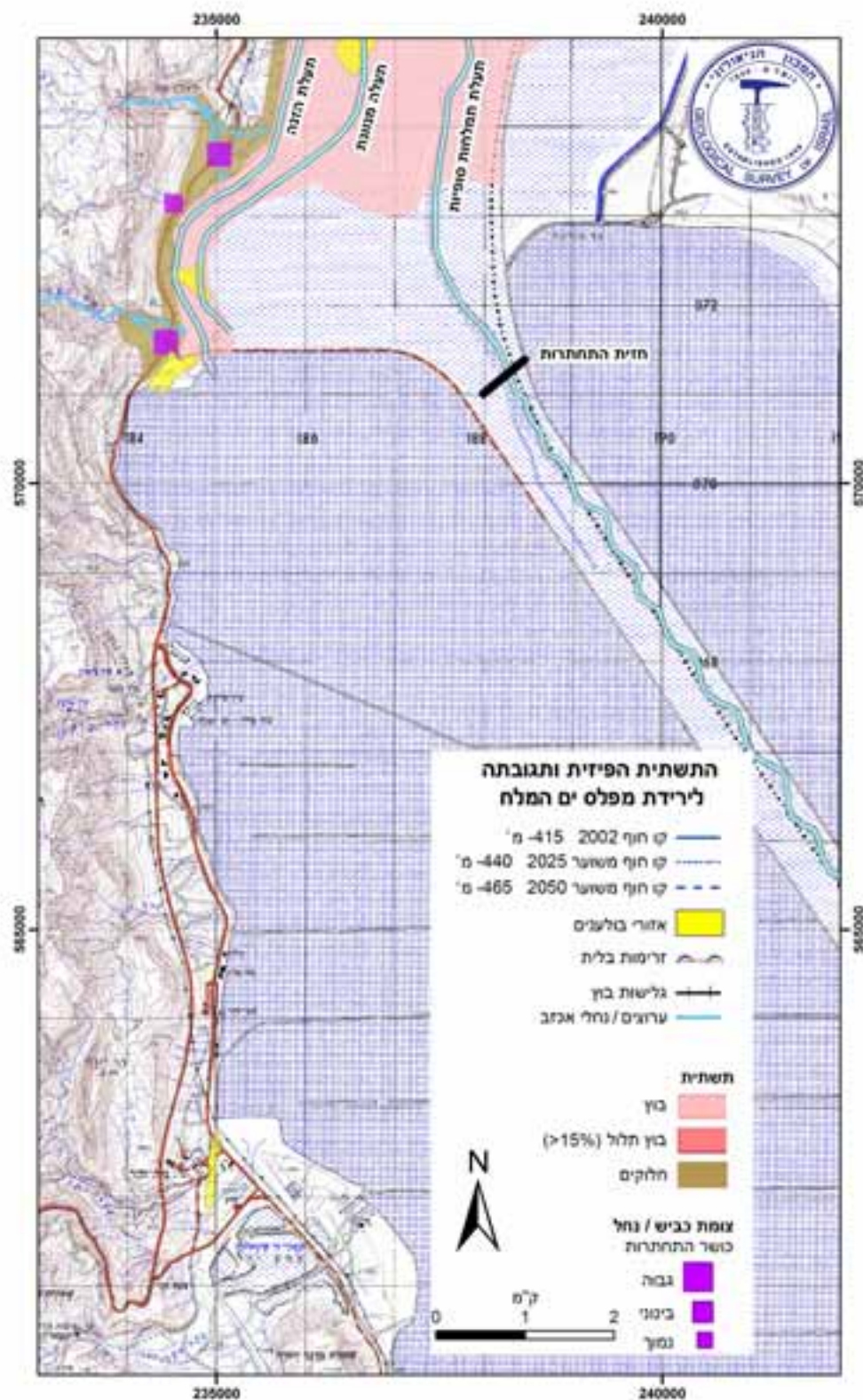
איור 1.5.2: מיפוי התשתית הפיזית ותגובתה לירידת המפלס (המקור: אבני וחוברין, GSI/18/2004, המכון הגיאולוגי)



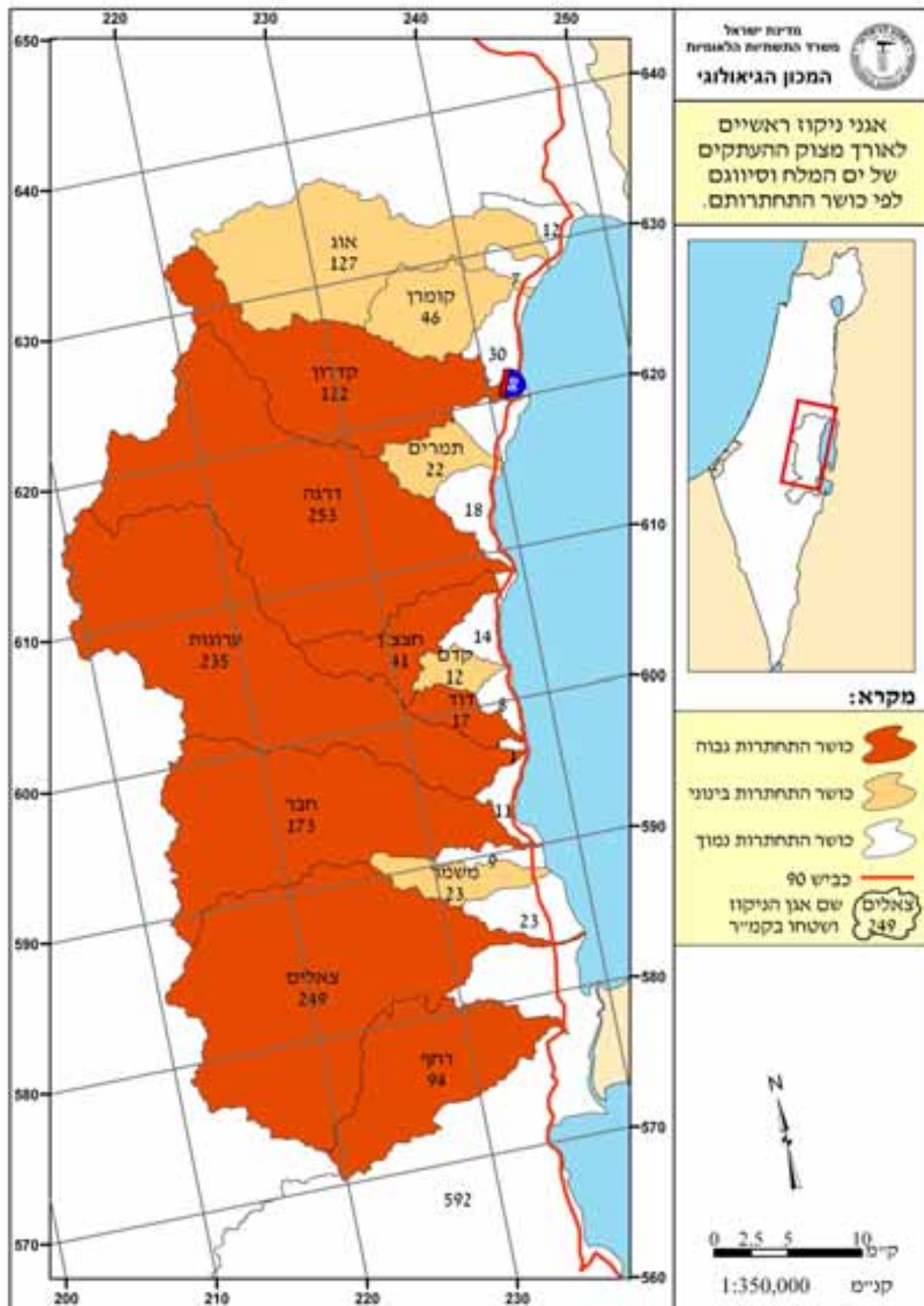
איור 5.2: מיפוי התשתית הפיזית ותגובתה לירידת המפלס (המקור: אבני וחוברין, GSI/18/2004, המכון הגיאולוגי)



איור 7.5.2: מיפוי התשתית הפיזית ותגובתה לירידת המפלס (המקור: אבני וחבריו, GSI/18/2004, המכון הגיאולוגי)



איור 5.2ה: מיפוי התשתית הפיזית ותגובתה לירידת המפלס (המקור: אבני וחברין, GSI/18/2004, המכון הגאולוגי)

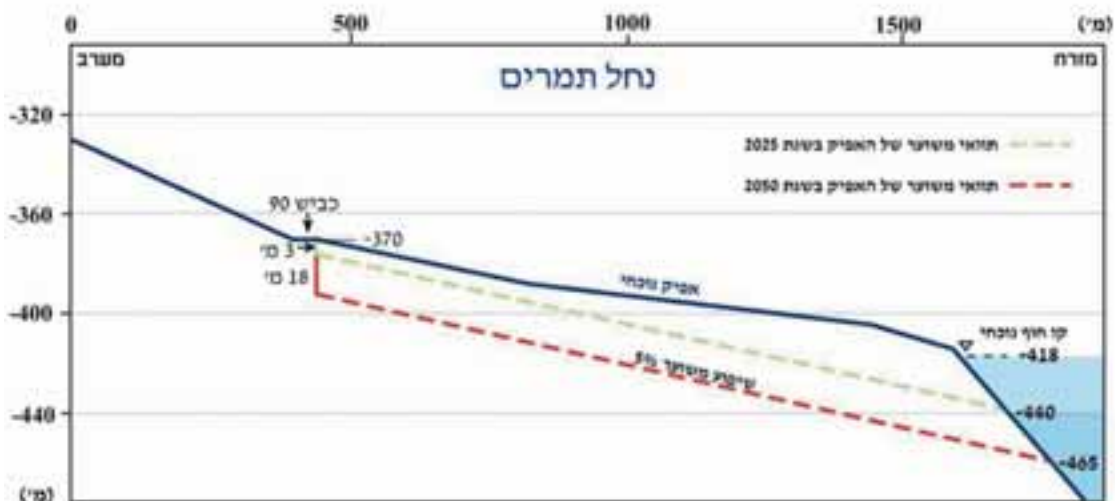


איור 5.3: אגני הניקוז של הנחלים הראשיים המתנקזים לים המלח וסיווגם לפי כושר התחתרות של הערוצים (המקור: אבני וחוברין, המכון הגיאולוגי GSI/18/2004)

נזקים ממשיים לכביש 90 באזור הגשרון, אם כי אפשר שתהיה התחתרות בעצמה של כמה מטרים. מידת התרחבות האפיק באזור הגשרון לא תעלה על 5 מ' מכל צד של האפיק הנוכחי.

שימושים ומגבלות המיפוי: מפות התשתית הפיסית והאזורים המועדים להתחתרות וסחף (איור 5.2), אמורות לשמש בסיס לתכנון אזורי וכלי מנחה לרשויות התכנון. הממצאים והמפות הנדונות, משמשים במסמך זה בסיס לניתוח הכלכלי המציג את ערכי הכינון ומציב תבנית לניתוח עתידו של האזור בתרחישים חלופיים. התחזיות הניתנות כאן מבוססות על תצפיות ונתונים חלקיים המאפשרים לעמוד על התהליכים, להעריך את המגמות

נחלים בעלי כושר התחתרות נמוך: אגן מייצג – אגן קטן מצפון לנחל תמרים. אגן זה שגודלו כ-2³ קמ"ר, מנקז את מצוק ההעתקים ועובר את כביש 90 מתחת לגשרון. האגן מוגדר כבעל זרימות אגרסיביות נמוכות למדי. באגן מסוג זה, העובר ברצועת חוף שרוחבה כ-1,400 מ' ובו קטעים תלולים (מעל 10%) ומתונים (עד 1% בשטח המדף השטוח ו-8% בתחומי המניפה), הסיכון לכביש 90 מהתחתרות הוא נמוך. שיפועי ההתחתרות הצפויים במהלך 25 עד 50 שנה עקב ירידת מפלס הים, מגיעים לכ-5% ו-6% בהתאמה. שיפועים אלה נמוכים משיפועי המניפה שהתפתחה במוצא הנחל במהלך תקופת המפלס הגבוה של ים המלח, בראשית המאה העשרים. לפיכך לא צפוי נחל זה לגרום



איור 5.4: חתכים לאורך הערוצים הראשיים של נחל דוד ונחל תמרים המתנקזים לים המלח וסיווגם לפי כושר התחתרות גבוה ובינוני, בהתאמה. מבנה הכביש, שהוא קשיח ועמיד יחסית להתחתרות, יוצר מדרגה זמנית (המקור: אבני וחוברין, המכון הגיאולוגי GSI/18/2004)

ולתת להן ביטוי כמותי מקורב. יש לזכור שמיקום קווי החוף והישוב השיפועיים של קרקעית ים המלח הנחשפת, מבוססים על סקר בתימטרי שביצע המכון הגיאולוגי בתחילת שנות השבעים, במגבלות של ציוד ואילוצים גיאופוליטיים. ביצוע סקר חדש באמצעים חדשניים, יוכל להניב רמת דיוק טובה פי כמה. הערכת מגמות ההתחזרות של ערוצי הנחלים מבוססת על ניתוח התהליכים שהתרחשו מאז תחילת ירידת המפלס וכוללת מעקב ארוך-טווח אחר התפתחות מערכות-ניקוז מייצגות. הממצאים והמפות מספקים מסד סביר לניתוחים המוצגים במסמך זה, על כל המשתמע מהם. תוספת מידע והעלאת רמת הדיוק הנדרשים לכל תכנון פרטני באתר נתון, יוכלו לחדד את הממצאים אך לא ישנו באופן מהותי את המסקנות הבסיסיות המוצגות כאן.

5.1.3. תחזית להתפתחות הנוף והתחזרות באזורים מועדים

התפתחות הנוף ומיקום מקורב של קווי החוף בשנים 2025 ו-2050, מוצגים במפות התשתית והשינויים הגיאומורפולוגיים (איור 5.2). להלן סקירה מפורטת של התהליכים הצפויים לאורך קטעי החוף השונים, מצפון לדרום. בסקירה זו מפורטים סיכונים לתשתיות, שרובם ניתנים למניעה ולטיפול באמצעים הנדסיים וטכניים.

צפון ים המלח משפך הירדן ועד לחוף קליה: קטע זה, שאורכו כ-5 ק"מ, בנוי ממדרון תלול של בוץ חרסיתי ששקע בחזית המניפה התתימית של הירדן. ירידת המפלס הצפויה בשנים הקרובות, תגרום לחשיפת חזית המניפה היוצרת כבר עתה מדרון תלול, הנוטה לפתח גלישות גדולות של החומר הבוצי. ערוץ הירדן עצמו צפוי לחתור לאחור ולבתר את המניפה ההולכת ונחשפת, תוך יצירת שרשרת תגובה שתעלה במעלה ערוץ הירדן ותסכן את יסודות הגשרים (כמו גשר עבדאללה) והמתקנים שלאורכו. במקביל יעלו סיכוני הגלישות של התשתית החרסיתית-בוצית הנחשפת על מדרון הדלתה של הירדן.

רצועת החוף מקליה לעינות-צוקים: קטע זה, שאורכו כ-7 ק"מ, כולל את המניפות הנרחבות של נחל אוג ונחל קומראן, המתפרזות על מדף רדוד ושטוח המשתרע ממערב לשבר יריחו, הנמצא עדיין בים. נסיגת קו החוף באזור זה, מאז אמצע המאה שעברה, הביאה לחשיפה של רצועת חוף ברוחב של כ-2 ק"מ שתשתיתה בוצית. המניפות של נחל אוג ונחל קומראן אינן מגיעות עד לקו החוף הנסוג והן מסתיימות במישור חוף ים המלח. בערוצים החתורים בתשתית החרסיתית, המחברים את המניפות עם חוף הים, החל תהליך של התחזרות שילך ויגבר עד כדי סיכון תשתיות כביש 90. גלישות כמו אלה שהתרחשו בחורף 2003 צפויות להתגבר עם המשך חשיפת המדרון התתימית התלול שראשו כבר חשוף, ולסכן את מתקני החוף ואתרי הנופש והרחצה המרוכזים בקטע זה.

מעיינות-צוקים לעינות-קנה: קטע זה, שאורכו כ-10 ק"מ, כולל את עינות-צוקים, את מניפת נחל קדרון ואת החופים שבין מניפת נחל קדרון ומקבץ המעינות של עינות-קנה. בקרבת מצוק ההעתקים בנויה התשתית מחלוקים ועשירה במפולות-אבן והיא הופכת חרסיתית באזורים הנחשפים כלפי מזרח. רצועת החוף באזור עינות-צוקים מבתרת על-ידי עשרות פלגימים הפורצים בקו המעינות ומתנקזים אל הים הנסוג, תוך כדי יצירת ערוצים עמוקים בתשתית החרסיתית. מגמה זו, ביחד עם שינויים במיקום, בהרכב ובספיקת המעינות שתימשך עם ירידת המפלס, צפויה לפגוע בעתיד הלא-רחוק במקווי המים בשמורה. כלפי דרום, במוצא נחל קדרון, מצויה מניפת סחף גדולה שרוחבה כשני ק"מ והיא בולטת כקילומטר וחצי מחזית מצוק ההעתקים אל תוך ים המלח. ערוץ נחל קדרון מתחתר במרכז המניפה והתהליך מתקדם במעלה האפיק בהשפעת שיטפונות החורף וזרימת מי-שפכים. במורד הכביש התפתח מפל בגובה 3 מ' (מארס 2004) והוא מאיים כבר עכשיו על התשתית עליה נבנה גשר אירי מבוטן הצפוי להיזקק קשות עם המשך התהליכים הפעילים בחופי ים המלח. בקו החוף יוצר נחל קדרון מניפת סחף קטנה וצעירה הבנויה מחלוקים, אך בשוליה הולכים ונחשפים חופים הבנויים מתשתית חרסיתית. מדרום לנחל קדרון יצרו הגלים סדרה של מדרגות חופיות שגובהן 0.6-1 מ', החתורות בתשתית החרסיתית. חופים חרסיתיים מדרומים שכאלה, מלווים את קו החוף דרומה לכיוון עינות-קנה. רוחב רצועת החוף שנחשפה באזור זה מאז אמצע המאה שעברה, מגיע לכדי 1.5-1 ק"מ והיא צפויה להתרחב עד למתלול החופי שאינו חשוף עדיין ברוב המקומות.

מעיינות קנה וסמר: קטע זה, באורך של כ-5 ק"מ, כולל את שני מקבצי המעינות של עינות-קנה ועינות-סמר. באזור זה עתיד להמשיך ולהיחשף מדף רדוד שתשתיתו חרסיתית, עד לחשיפת המתלול התתימית התלול, המרוחק כ-200 מ' מקו החוף של שנת 2002. המשך גידול הבולענים בקרבת הנביעות, מביא ליצירת לגונות נרחבות במקומות שונים. באזור זה אין זרימות שיטפוניות חזקות, מאחר שאגני הניקוז היורדים אל אזור המעינות, מוגבלים בשטחם. עם זאת, כאשר ייחשף במהלך השנים הקרובות ראש המתלול התתימית, צפויה האצה בהתחזרות האפיקים, העשויים לפגוע בכביש 90 ובתשתיות הנלוות לאורכו. גם כאן צפוי שינוי במיקום, בהרכב ובספיקת המעינות בעקבות ירידת המפלס.

שפך נחל דרגות וחוף מינרל: קטע זה, באורך כ-4 ק"מ, בנוי בעיקר ממניפות נחל דרגה ונחל חצצון, היוצרים ביחד מניפת סחף נרחבת. עם המשך ירידת מפלס ים המלח, צפויים להיחשף בהדרגה קטעי חוף בעלי תשתית חרסיתית, המצויים בחזית מניפת החלוקים. עקב השיפועים התלולים באזור זה, גרמה ירידת מפלס הים לחשיפה של רצועת חוף צרה-יחסית, שרוחבה אינו עולה על 200-500 מ'. השיפועים התלולים של רצועת החוף והמרחק הקצר

אינטנסיבי של ערוצי הנחלים דוד וערוגות, כשהם מבתרים את המניפה. במאי 2001, במהלך אירוע שיטפוני, נהרס גשר כביש 90 שנבנה מעל לנחל ערוגות, כתוצאה מהתקדמות החתירה תחת יסודותיו. גשר אירי חדש שהוקם בתוך הערוץ של נחל ערוגות, יורד כ-6 מ' מתחת למפלס מניפת עין-גדי. במורד הגשר האירי נוצרה במאי 2003 מדרגה בגובה של 4 מ', שהתעמקה עד כדי 6 מ' במאוס 2004. גם בנחל דוד הולך ונוצר איום על הכביש החוצה את נחל דוד והוא מיוצב מזה זמן על-ידי קיר-תמך של גביונים ובטון בגובה 10 מ'. במורד קיר התמך מתרחשת התחתרות אינטנסיבית העוקבת אחר נסיגת מפלס ים המלח. הפרשי הגובה בין הכביש לבין חוף הים למרגלות קיר התמך, הגיעו במאי 2003 לכ-15 מ' המתפזרים במורד הערוץ לאורך 200 מ' בשיפוע ממוצע של 7.5%. המשך התעמקות חלקו המזרחי של נחל דוד מאיים על יציבות המבנה ההנדסי והוא עלול לקרוס באירוע שיטפוני משמעותי אחד.

בין נחל ערוגות ונחל דוד מצוי מגלש המנקז את השטחים החקלאיים ואת המדרון של מעין עין-גדי. המגלש בנוי אבן ומשולב בטיילת (שבחלקה נהרסה עם קריסת הגשר על נחל ערוגות). כ-20 מטר במורד המגלש, התפתח קניון עמוק היורד ישירות לחוף ים המלח. הפרשי הגובה בין המגלש למפלס הים מגיעים היום לכ-26 מ'. בעתיד הקרוב צפוי ראש הקניון להתחתר לאחור ולהגיע לקרבת המגלש, תוך יצירת סיכון הולך וגדל לכביש 90 ולטיילת שנבנתה לאורכו. המשך ירידת המפלס תחשוף את חזית מניפות הסחף, תעלה במידה ניכרת את קצב התחתרות הנחלים ותסכן את תשתיות הכביש והחוף.

מדרום לעין-גדי עד מיצרי-לינין: קטע זה, שאורכו כ-15 ק"מ, כולל תשתית חופית חרסיתית גם בחזית המניפות של נחל חבר ונחל צאלים. באזור שבין נחל חבר ונחל צאלים מגיעים החופים החדשים שנוצרו מאז אמצע המאה הקודמת, לרוחב העולה על שני ק"מ. התרחבות זו צפויה להימשך גם בשנים הקרובות, עד לחשיפתו הצפויה של המתלול הנמצא במרחק של כמה ק"מ מקו החוף הנוכחי. ערוצי הנחלים, בעיקר נחל חבר ונחל צאלים, מתחתרים בדרכם בתשתיות החלוקים של המניפות, ובאופן נמרץ יותר בתשתית החרסיתית ההולכת ונחשפת עם ירידת המפלס. כתוצאה מכך הולכים ומתעמקים הערוצים היורדים אל הים, תוך ביתור עמוק של החופים. תהליך ההתחתרות של הערוצים בחזית המניפות באזור קו החוף, נודד במעלה האפיקים וגורם כבר היום ליצירת מדרגה טופוגרפית של מטרים אחדים ממזרח לכביש 90. תהליך זה עומד להימשך ולפגוע בעתיד הקרוב בתשתיות הכביש, כמו גם בקווי המים והחשמל הצמודים אליו. המשך ירידת המפלס תגרום להתרחבות החופים הבוציים באזור שמדרום לעין-גדי ולהאצת ההתחתרות של ערוצים במניפות הסחף של נחלי חבר וצאלים.

אל קו החוף הנסוג, הביאו להתעמקות גדולה של אפיק נחל דרוגות וחצוץ ממזרח לכביש 90 וליצירת הפרשי-גובה הולכים וגדלים בין הערוץ לכביש (כ-15' מ' בשנת 2004). הכביש תלוי כבר עתה על גבי גשר אירי מבוטן, שבסיסו ויסודותיו מתערערים כתוצאה מזרימת המים באפיק ובתוך אופק החלוקים העליון. בשיטפונות חורף 2002-2003 נהרס קטע מכביש 90 באזור הגשר, באורך של כ-300 מ' (איור 5.5) ונפגעו קשה הכבישים המובילים אל מתקני הנופש שבקרבת חוף מינרל. מגמות אלו צפויות להחריף בשנים הבאות, עם המשך ירידת המפלס של ים המלח, עם הגידול המתמיד בשיפועי הערוצים היורדים אל הים ועם חשיפת מדרונות-בוץ תלולים.



איור 5.5: סחיפת כביש בנחל דרוגות
(המקור: אבני וחוברין, המכון הגיאולוגי, GSI/18/2004)

האזור שבין מצפה-שלם ועין-גדי: קטע זה, שאורכו כתשעה ק"מ, עשוי רצועת חוף צרה הצמודה למצוק ההעתקים. בעקבות ירידת המפלס עד כה, נחשפה באזור זה רצועת חוף ברוחב 200-300 מ' בלבד שתשתית חרסיתית, להוציא שתי מניפות קטנות של נחל קדם ונחל ישעי. ראש המדרון התלול כבר חשוף בחזית מניפת נחל קדם, והוא צפוי להיחשוף יותר עם המשך ירידת המפלס בעתיד. כבר עתה (2004) מתפתחים בקטע חוף זה כמה ערוצים עמוקים המבתרים את התשתית החרסיתית של החופים. השפעת ההתחתרות על כביש 90 והתשתיות שלאורכו בקטע זה היא מוגבלת, כי הכביש נסלל במרומי מצוק ההעתקים ולא על חוף הים.

אזור עין-גדי: קטע זה, שאורכו כ-2 ק"מ, כולל את הנחלים דוד וערוגות, היוצרים שתי מניפות סחף צמודות הבנויות מחלוקים. בשל השיפועים התלולים שבמוצא מניפות הסחף אל הים, התרחבה רצועת החוף של ים המלח מאז אמצע המאה הקודמת בשיעור מתון של 150-300 מ' בלבד. במקביל החל תהליך התחתרות

תעלת התמלחת הסופית/אפיק נחל ערבה: התעלה מנקזת אליה תמיסות שונות לאורך שפלת המלחים בבריכות האידוי וכן דליפות מבסיס הסוללה הישראלית והירדנית ומהאזור המוצף המשתרע מצפון לבריכה. עקב כמות המים הרבה המתנקזת דרך התעלה, עוקבת התחנתות אחרי ירידת מפלס הים באופן רציף. ההתחנתות נודדת במעלה האפיק דרומה וראשה מתקרב כבר היום אל המסדרון שבין הסוללה הישראלית לירדנית, שלאורכו זורמות כיום התמלחות הסופיות כמעט ללא התחנתות. בקטע בו חוצה התעלה את האזור המוצף, מתפתחות גלישות לאורך שולי התעלה. המשך הירידה במפלס והמשך ההתחנתות, ייצרו תעלה עמוקה לאורך המסדרון שבין הבריכות הישראלית והירדנית ויפגעו ביציבות הסוללות ובאטימותן.

אזור מיצר-ליניץ: הקטע הדרומי, שאורכו כ-2 ק"מ – הנתחם מדרום ע"י הסוללה הצפונית של בריכה 5 ומשתרע בין תעלת ההזנה הישנה במערב ותעלת התמלחות הסופיות במזרח – מוצף כיום בחלקו והוא בלתי-ניגש. באזור זה יש מספר רב של קונוסים רדודים שבמרכוזם סימני נביעה, והם מוגדרים Sand Volcanoes. הקונוסים, שהיקפם מטרים אחדים עד עשרות מטרים, פזורים על-פני כל המרחב, אך במקומות אחדים ניכר סדר והתפתחות לאורך לינאמנטים (איור 5.6). נראה כי המים המציפים כיום את האזור ואת הקונוסים, מבטאים נביעות ארטזיות מקרקעית המיצר, שסחפו איתן סדימנט היוצר קונוס סביב כל נקודת נביעה. מקור המים עשוי להיות דליפות מבריכה 5 וכן מי-תהום ממערב ומדרום-מערב, המתנקזים אל האגן הצפוני. באזור זה קיימת גם התפתחות בולענים מואצת המיוחסת לפעילותם של מי-תהום אלה. צפוי כי התהליכים המתרחשים כיום בקטע זה ילכו ויגברו עם המשך ירידת המפלס באגן הצפוני מחד-גיסא והרמת מפלס הבריכה מאידך-גיסא.



איור 5.6: Sand Volcanoes במיצר-ליניץ, מצפון לסוללה הצפונית של בריכה 5 (המקור: אבני וחוברין, GSI/18/2004, המכון הגיאולוגי)

5.2. גלישות, סחף וחתירת נחלים, עקב רעידות אדמה ושיטפונות קיצוניים

רעידות אדמה ושיטפונות בעלי עצמה גבוהה במיוחד, הם אירועים בעלי אופי חריג וחד-פעמי. המהירות שבה יורד מפלס הים גורמת לחוסר שיווי-משקל מצטבר בכל המערכות הפיזיות הסובבות את הים, וכתוצאה מכך עולה במידה רבה רגישותן לאירועים חד-פעמיים.

5.2.1. גלישות בעקבות רעידות אדמה

המשך ירידת מפלס ים המלח תחשוף בחופו המערבי חתך המורכב ברובו סדימנטים חרסיתיים. סוג זה של סדימנט הוא בד"כ חלש מכאנית (חוזק נמוך לגזירה) ורגיש להתפתחות כשל במדרון, בפרט כאשר הוא חשוף בשיפועים תלולים. עצם החשיפה של מדרון ימי כתוצאה מירידת המפלס, יכולה לגרום לעתים להחלשתו ולהגדיל את רגישותו לכשל וגלישות בגין רעידות אדמה; בכל מקרה, חשיפת מדרונות אלה, המאפשרת נגישות אליהם, מעלה את הסכנה הקשורה להתפתחות כשל במדרון ימי שכזה.

הרגישות להתפתחות גלישות-מדרון (הכוונה לכלל התופעות של תנועת החומר במורד) ובפרט בזמן רעידות אדמה, תלויה בראש וראשונה בסוג המשקע המרכיב את המדרון ותלילותו. כאמור, באזורים שייחשפו בים המלח קיים סדימנט חרסיתי אחיד למדי, שבו המקטע הדק ($<2\mu\text{m}$) שנבדק במספר מדגמים מהאגן הצפוני, מהאגן הדרומי ומשפך הירדן, כולל 35%-60% (משקלי) Illite ו-Smectite. מינרלים אלה תורמים לחוזק נמוך של החומר החרסיתי כולו. צפי כי היחס בין המרכיבים הדקים בסדימנט למרכיבים הגסים, ישתנה בהתאם לקרבה לנחלים המובילים גם חומר דטריטי גס. בחינת השיפועים בחוף המערבי (בין פני ים המלח הנוכחיים – 418 מטר מתחת לפני הים – לבין קו 465 מטר מתחת לפני הים (הצפי ל-2050) מעלה כי בקטעי-חוף רבים ייחשפו שיפועי-מדרון של 5° עד 15° ויש אף אזורים תלולים יותר, עם שיפוע של עד 25°. מתצפיות שדה נראה כי בקו החוף הנסוג נוצרות טרסות גידוד מקומיות, בשיפועים תלולים ($<40^\circ$), היכולות להגיע לגובה של מספר מטרים. באופן כללי, גלישות-מדרון בחומר חרסיתי רטוב, מוכרות גם בשיפועי-מדרון לא תלולים של 10°. לאורך טרסות הגידוד בחופי ים המלח, מופרות גלישות בנפחים של עד עשרות מ"ק, אשר נוצרו בחלקן ברעידת האדמה הבינונית (MW=5.3) שהתרחשה בפברואר 2004 בצפון ים המלח. קיימות גם עדויות המרמזות על התפתחות גלישות תת-ימיות בנפחים גדולים יותר ברעידה זו.

בהנחה כי בכל המדרונות שייחשפו צפוי סדימנט חרסיתי דומה, ניתן לקבוע שלוש דרגות רגישות לכשל:

1. **נמוכה:** שיפוע-מדרון של עד 10°. צפוי שבאזורים אלה יתפתחו גלישות בעיקר ברעידות אדמה;
2. **בינונית:** שיפוע-מדרון שבין 10° ל-20°. צפוי שבאזורים אלה יתפתחו גלישות ברעידות אדמה, אך גם בתנאים סטטיים (ללא רעידה), כתוצאה מהגידוד;
3. **גבוהה:** שיפוע-מדרון של מעל 20°. צפוי שבאזורים אלה יתפתחו גלישות במצב סטטי, קל וחומר ברעידת אדמה, שם יתפתח נפח גדול של גלישות.

חשוב לציין שכל התערבות הנדסית במדרונות הטבעיים, ובפרט אם לא תיעשה מתוך הבנת הגורמים הקובעים את יציבות המדרון, עלולה להעלות את רגישות המדרונות לכשל. בטיב הנתונים הבתימטריים הנוכחיים יש כדי להצביע באופן כללי על אזורים בעלי רגישות מיוחדת. כל תכנון עתידי הכולל תכניות לפיתוח מסדרונות גישה לים ופיתוח חופים, מחייב חקירה ממוקדת של אזורי היעד ובדיקה פרטנית של מכלול תנאי התשתית. חקירת התשתית אמורה להתייחס גם לאפשרויות של הגברת הסינגל הסיסמי והתנזלות באתר נתון בגין רעידת אדמה המשליכה על יציבותם של מתקנים בכלל ומתקני-חוף בפרט.

5.2.2. סחף ועריצה בעקבות שיטפונות חריגים

ירידת המפלס המתמדת והמהירה של ים המלח מוציאה את מערכת הניקוז משיווי-משקלה ואינה מאפשרת למערכת להתייצב. הוציאה את תהליכי העירוי המתקיימים מול הנביעות של עינות-צוקים, קנה וסמר – הגורם הפעיל המעצב את המבנה והשיפוע של הנחלים באזור הוא האירועים השיטפוניים המתרחשים בהם. השיטפונות מופיעים בתדירות ובעצמה לא-קבועות אבל לכל נחל יש בד"כ תחום של אירועים המאפיין אותו. השיטפונות גורמים לכל אותן תופעות עירוי וחתירה שנידונו קודם, אבל מפאת אופיים ונדירותם אין בהם כדי להדביק את קצב ירידת המפלס ולבנות שיפוע זרימה מתון יחסית. כתוצאה מכך הולכים ומצטברים הפרשי גבהים ושיפועים המעלים במידה רבה את עצמת השפעתם של שיטפונות חריגים. אירועים בודדים של שיטפונות חריגים יוצרים הרס וחתירה בעצמה המשתווה לפעולה מצטברת של שיטפונות רגילים על-פני שנים. קריסת גשר ערוגות במאי 2001 והפגיעות הנרחבות בתשתיות הכביש באפיקי הנחלים דרוגות וחצצון בחורף 2003/2002 הם דוגמה להשפעתם של השיטפונות החריגים (איור 5.5).

5.3. מי התהום, הנביעות החופיות והשינויים החזויים בהם

5.3.1. מערכת מי התהום

מי התהום בקברת ים המלח קשורים באופן ישיר למערכת ההידרו-גיאולוגית האזורית ולמפלס ים המלח. בתנאים רגילים מתקיים מצב של שיווי-משקל בין מי התהום למי הים, המתאפיין במצב בו מי התהום מונחים על המים המלוחים ומישור המגע שביניהם בתת הקרקע – הפן הביני (interface) – נטוי מקו החוף מטה, כלפי היבשה. השינויים במפלס ים המלח מערערים שיווי-משקל זה ומשפיעים באופן ברור על מפלסי מי התהום, על הפן הביני ועל מיקום הנביעות ומהווים גורם מרכזי בתהליך יצירת הבולענים (פרק 5.3). בדומה לתהליכים הקשורים לרשת הניקוז העילית, ירידת מפלס הים המהירה יוצרת משטר שיפועים חדש ותלול יותר למערכת הניקוז התת-קרקעית סביב האגם. השינוי בשיפוע, המוגדר כגרדיינט הזרימה, מתפתח בהדרגה בתהליך הדומה להתחלתות-לאחור המוכרת בערוצי הנחלים. הירידה המהירה והמתמשכת במפלס הים אינה מאפשרת למערכת מי התהום להתייבב, ולפיכך צפוי כי הגרדיינטים החריפים המתפתחים תחילה במורד הזרימה ובסמיכות יחסית לבסיס הניקוז הנסוג, יתפשטו בהדרגה מערבה, וטווח ההשפעה ילך ויתרחב. מכיוון ששטף המים העובר בחתך נתון עומד ביחס ישר לגרדיינט הזרימה, גורם תהליך זה להתרוקנות של אוגר חד-פעמי של מי-תהום. בתחילה מצוי עיקר האוגר המתרוקן בקברת החוף ומורכב ברובו מתערובת של מי הים ומי התהום שהרוו את החתך האקוויפרי במערכת פן ביני בהדרגה, עם התפשטות ההשפעה אל מעלה הזרימה, ילך ויגדל חלקם של המים השפירים בנפח המים המתרוקנים מהאוגר. עם זאת, מים שיתנקזו לים המלח יהיו עדיין מלוחים בשל המליחות הגבוהה של מי ים המלח, שרישומם במי התהום ניכר גם במיהול נמוך ביותר.

התרוקנות אוגר חד-פעמי היא תהליך שלילי הגורם נזק בלתי הפיך למערכות מי התהום והמעיינות. דוברים ירדנים, המצטטים עבודות של Salameh and El-Naser (2000a,b; 1999), אומדים את הזרימות כתוצאה מהפסדי האוגר הנידונים ביותר מ-400 מלמ"ק לכל מטר של ירידת מפלס. הערכות חוקרי המכון הגיאולוגי, המבוססות על מדידות ישירות ועקיפות של קצב האידוי, נמוכות בשיעור של 40%-100%. חשוב לציין כי במקומות רבים צפויה ירידת מפלס מי התהום להתמתן ביחד עם ירידת מפלס הים, ואף להיפסק לחלוטין עם המשך ירידת הים ונסיגתו מזרחה. זאת כתוצאה מניתוק הרצף האקוויפרי עם הים הנסוג. ניתוק זה צפוי בשל היעלמותם של אופקי החלוקים נושאי המים מזרחה,

והשתלטות חתך חרסיתי אטום. במצב זה יתנקזו מי התהום במערכת מעיינות-חוף שמפלסם יהיה גבוה ובלתי-תלוי במפלס הים ותהליך ריקון האוגר ידעך בהדרגה.

5.3.2. עינות-צוקים, קנה וסמר

מבחינה כמותית, מערכת מי התהום העיקרית בצד הישראלי של ים המלח היא בתבורת-יהודה, וניקוזיה הטבעי המקורי הוא בעיקר בעינות-צוקים, קנה וסמר. מערכת זו מנוצלת במידה הולכת וגוברת במעלה הזרימה. כבר היום קיים קושי להפיק מים בגב ההר המזרחי ובשוליו, בין השאר מפאת עומק המפלסים מפני הקרקע וירידתם בגין ההפקה המקומית. ירידת מפלס הים שהתחוללה עד כה, וזו הצפויה בהמשך, יביאו ללא ספק לירידת מפלסים כוללת בכל מערך הזרימה, אמנם לא בטווח המיידית אלא רק בעוד עשרות שנים. עם זאת, אין בידינו אמצעים מכיילים שיאפשרו לאמוד איך ובאיזה קצב יגיבו המערכות הרגיונאליות לירידת מפלסים כה דרסטית. הדברים נכונים הן לגבי אקוויפר תבורת-יהודה המתנקז לים המלח ממערב וצפון-מערב והן לגבי שאר מערכות מי התהום המתנקזות לים המלח מדרום-מערב וממזרח.

עינות-צוקים (עין-פשהח) מייצגים את אזור הנביעות הגדול ביותר בצד המערבי של ים המלח. לאחר שנים של הערכות-ספיקה בלבד, בוצעו ב-2003 וב-2004 סבבי-מדידה ע"י השירות ההידרולוגי, שהעלו שפיעה שנתית בכמות של כ-65-70 מלמ"ק. יש להניח שלכמות זו נוספת עוד כמות, שאותה קשה להעריך (10%-15%) והיא מבטאת נביעות חופיות ותתי-ימיות רדודות. חסרונם של נתונים מדויקים לגבי העבר, אינו מאפשר לקבוע בוודאות אם ישנה ירידה בספיקה הכללית. עם זאת מתרחשים ללא ספק שינויים בשטח. מתקיימת נדידת נביעות כלפי דרום, המשנה באופן הדרגתי את מערך הנביעות האזורי באתר. הנביעות הניכרות המתפתחות בדרום האזור כוללות מים מלוחים המוסברים בשטיפה של אזורים שהיו ספוגים במי ים המלח במפלסים גבוהים יותר. חקירה הידרו-גיאולוגית מפורטת של עינות-צוקים, המתבצעת בעצם הימים האלה על-ידי המכון הגיאולוגי עבור נציבות המים, תסייע להעריך בהמשך את הצפוי להתרחש שם בגין ירידת מפלס הים.

בעינות קנה וסמר, אשר ספיקתם נאמדת בכ-25-30 מלמ"ק בהסתמך על מדידות השירות ההידרולוגי ב-2004, גוררת ירידת מפלס הים לירידה של מפלס מי התהום הגורמת לנדידת חלק מהמעיינות. בעינות-קנה מתרחשת הנדידה בעיקר בכיוון דרום-מזרח, בעוד שבעינות-סמר מתרחשת הנדידה בעיקר דרומה. עם השנים מסתמן גם שינוי במליחות הנביעות, שעיקרו ירידה משמעותית של הרכיב המתוק בנביעות הללו (מתחת ל-1,000 מג"ל), דבר המוסבר בנדידת הפן הביני מזרחה ואילוץ מי התהום המתוקים לשטוף אזורים שהיו ספוגים בעבר במי ים המלח. החשש

קרסטיים) המהווים סכנה לנפש ולרכוש, משבשים את מהלך החיים באזור ופוגעים בפיתוח ובבנייה (איור 5.7). חקירת הנושא, פענוח מנגנוני ההיווצרות ומיפוי האזורים המועדים להתפתחות בולענים, המוצגים במסמך מדיניות זה, מבוססים על דוחות של המכון הגיאולוגי GSI/13/2004, GSI/20/2004, GSI/21/2004 המסכמים פעילות ממושכת ועתירת עבודה ואמצעים (עשרות קידוחים, הפעלת אמצעים גיאופיסיים, צילומי אוויר והדמיות לוויין, ניסויי שדה ומעבדה, ואנליזות גיאוכימיות ואיזוטופיות וכו') שנעשתה לפי החלטת הממשלה לעניין בורות ים המלח.



איור 5.7: בולען בחוף ים המלח ובתוכו שרידים של צינור ניטור מקדוחי החקר
(המקור: אבני וחבריו, המכון הגיאולוגי, GSI/18/2004)

הבולענים, שמגיעים לעומק של עד 20 מטר ולקוטר של עד 25 מטר, מופיעים במקבצים בעלי כיוון מועדף ברור, המקביל במקומות רבים למבנים הטקטוניים העיקריים של הבקע (איור 5.8).

הבולענים במישורי הבוץ נוטים להיות רדודים ורחבים (יחס גדול של קוטר/עומק) לעומת הבולענים במניפות הסחף, שהם עמוקים יותר, עם קירות זקופים ובעלי יחס קטן יותר של קוטר/עומק. בנוסף להופעת בולענים קיימת תופעה נרחבת של שקיעת הקרקע

העיקרי הוא שהמשך ירידת המפלס תגרום להמלחה נוספת של הנביעות, לירידה בספיקה ולמעבר עיקר זרימת מי התהום לאופקים עמוקים אשר יתנקזו לים בסמוך לקו החוף החדש. התייבשות הנביעות הנוכחיות ונדידתן מזרחה, עלולה לגרום לדעיכת המערכת האקולוגית הנשענת עליהם (ראו פרק 7). עם המידע הקיים כיום קשה להעריך את תגובת המעיינות לירידת המפלס ואת קצבה, אך בטווח הנראה לעין תימשך ואף תחריף המגמה הכללית המתבטאת בנדידת הנביעות והמלחתן.

5.3.3. מי־תהום הניזונים מאקוויפרים עמוקים

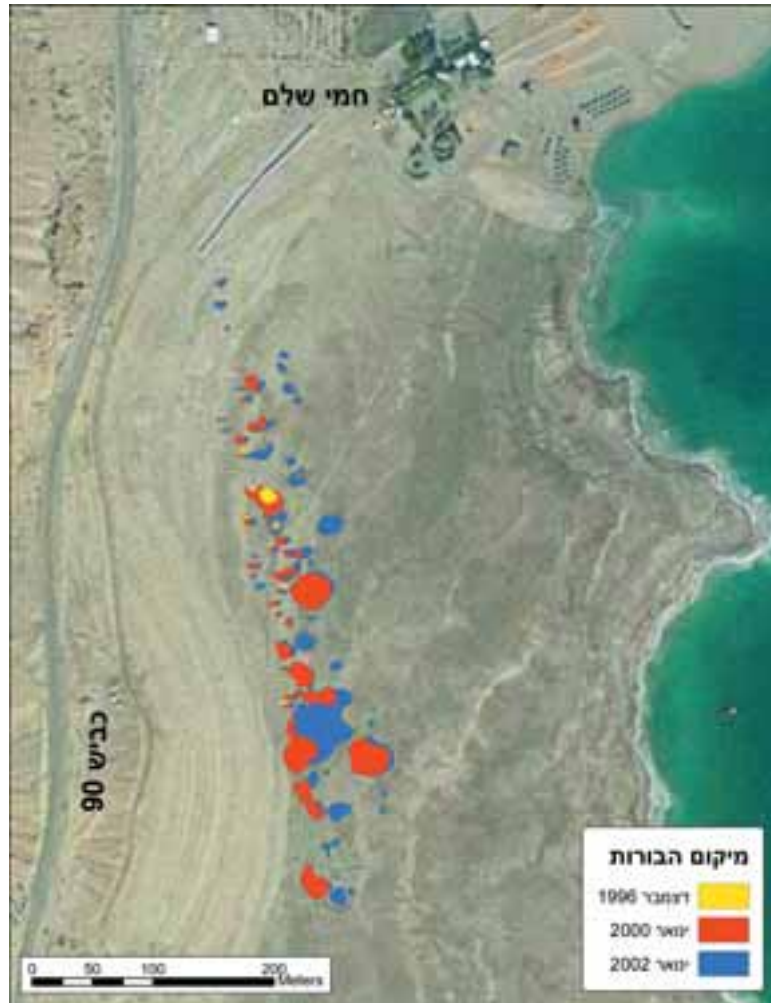
לאורך השוליים הדרום-מערביים של ים המלח ודרומה, קיימת מערכת מי־תהום באקוויפרים של חברות־היהודה ופזורה. המים באקוויפרים אלה מנוצלים במידה רבה ע"י מפעלי ים המלח ובמידה פחותה לחקלאות ולהתפלה למלונות. מקור המים הוא במערכות נרחבות המשתרעות על פני הנגב וסיני ועיקרן מים בלתי־מתחדשים. מערכות־מים אלו, להן מיתוספת גם כמות מסוימת של מים מתחדשים, מתנקזות באופן טבעי לחלקו הדרומי של אגן ים המלח, בתחום שעדיין אינו מגיב ככל הנראה לירידת מפלס הים. השאלות הקשורות בניצול מערכות־מים אלו, הן מבחינת האיזונים ההידרוגיאולוגיים והן מבחינת מדיניות התפעול והקצאת המים לשימושים השונים, אינן נידונות במסמך זה והן טעונות מחקר נוסף.

מקור נוסף למי־תהום, שאינו בעל משמעות כמותית כמשאב־מים אך יש לו חשיבות כלכלית לשימושים במרחצאות המרפא, הוא מים מלוחים וחמים העולים מאקוויפרים עמוקים. מים אלה, בעלי ריח של מימן־גופריתי, מוכרים במספר נביעות (כגון עיך־קדם) ונשאבים בקידוחים רדודים (הקידוחים של מרחצאות חמי־עיך־גדי וחמי־שלם). ירידת המפלס באגן הצפוני ונסיגת החוף, גורמות לתזוזת הנביעות בעקבות קו החוף ואולי אף מגבירות את הנביעות התת־ימיות על חשבון הנביעות היבשתיות. ירידת המפלס עשויה לפיכך לחייב היערכות וגמישות בניצול מים אלה והתאמה לתנאים המשתנים. לא צפוי שזמינות מים אלה תרד או תיפסק.

5.4. התפתחות בולענים (בורות) ושקיעות־קרקע

5.4.1. תיאור התופעה וסיבותיה

לאורך חופי האגן הצפוני של ים המלח, הן בצידו המערבי והן בצידו המזרחי, נוצרו בעשור האחרון מאות בולענים (בורות



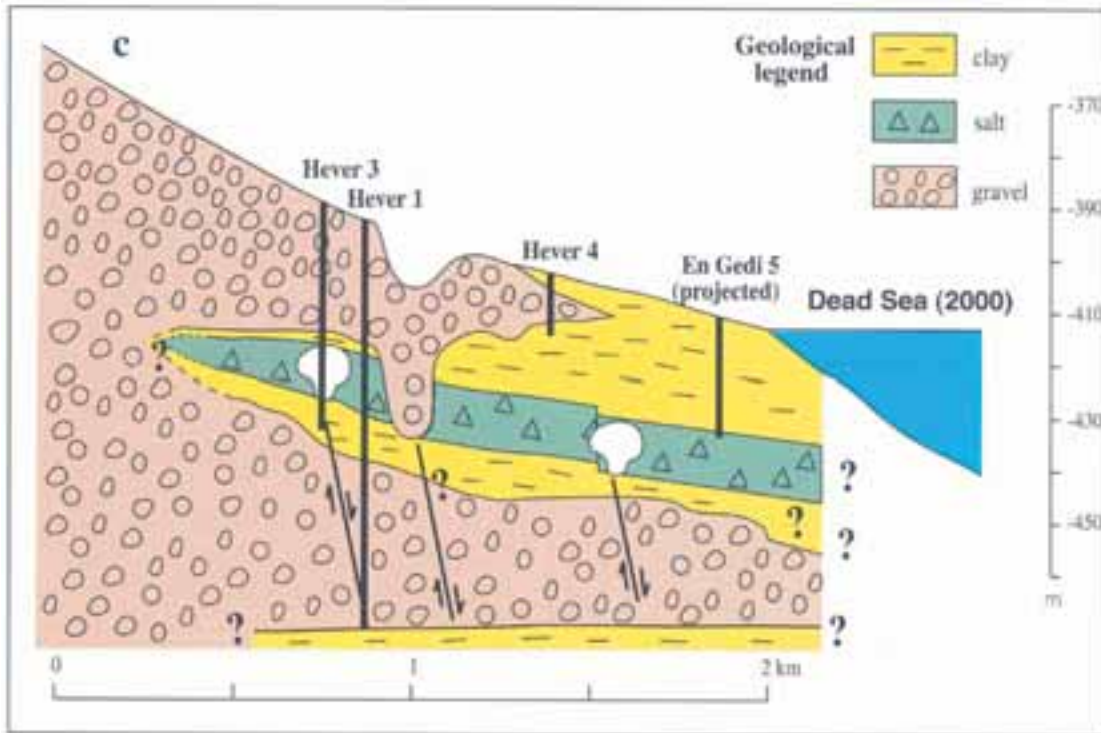
איור 5.8: בולענים שהתפתחו לאורך ליניאמנט בין 1996 ל-2002 מדרום לחמי שלם
 (המקור: יחיאלי וחובריו, המכון הגיאולוגי (Current Research, 2002)



איור 5.9: שקיעות קרקע המלוות את התפתחות הבולענים
 (המקור: אבני וחובריו, המכון הגיאולוגי, GSI/18/2004)

(איור 5.9) שמנוטרת בשיטה חדשנית למדידת שינויים בפני הקרקע, בחישה מרחוק על-ידי אינטרפרומטריה של רדאר (InSAR).

המנגנון הגורם לתופעות הנדונות קשור בירידה המתמשכת של מפלס ים המלח בשלושים השנים האחרונות, אשר גורמת לשינויים מהירים וחריפים בתנאים ההידרוגיאולוגיים השוררים בתת-הקרקע בקרבת החוף. עקב ירידת מפלס מי התהום והשינוי במיקום הפן הביני (ירידה ונדידה כלפי מזרח), באה שכבת מלח המצויה בתת-הקרקע (בעומק שבין 20 ל-60 מ') במגע עם מים לא רוויים במלח, ואלה גורמים להמסתה וליצירת חללים בתוכה (איור 5.10). עם הזמן קורסות תקרות החללים ובעקבותיהן קורסת מסת הסלע הבלתי-מלוכד שמעל לשכבת המלח אל תוך החללים, ועל-פני השטח נפערים בולענים. המים הלא-רוויים נעים בתוך שכבת



איור 5.10: המסת שכבת-מלח בתת הקרקע על-ידי מי-תהום לא רוויים במלח, גורמת להיווצרות הבולענים
 (המקור: יחיאלי וחוברין, המכון הגיאולוגי 2002, Current Research)

רוחב) והם הולכים וגדלים. המפלס בגופי-מים אלה עולה עד שהמים ניגרים מהדופן ומתנקזים אל הים.



איור 5.11: בולען שהפך למקוה-מים
 (המקור: אבני וחוברין, המכון הגיאולוגי 2004, GSI/18/2004)

המלח ובסביבתה. בחלק מהאתרים נעים המים ככל הנראה דרך קווי חולשה טקטוניים, המכתיבים את ממד ההתפתחות הקווית של הבולענים (איור 5.8).

הממצאים בצד המערבי של ים המלח מראים כי עיקר תופעת הבולענים מתמקדת בקטע שמצפון לבריכות ים המלח ועד לאזור שמדרום לעינות-צוקים. בקטע זה קיימים עשרות אתרים של בולענים אשר מתפתחים, גדלים ומתמזגים במהירות רבה. מצפון לעינות-צוקים אין בולענים כלל ואילו מול הבריכות, באגן הדרומי, ישנם מעט אתרי בולענים. באתר הבולענים של נווה-זוהר, ואולי גם בשטח המפעלים, קיימת פעילות בעצמה נמוכה יחסית.

השקעים והבולענים מתמלאים לעתים במי-תהום או במי ים המלח, והופכים לבריכות קטנות. מליחות גופי-מים אלה נעה בתחום שבין מחצית המליחות של ים המלח ועד מליחות העולה על זו של ים המלח. באזורי הנביעות מנקזים שקעים אלה מים, תוך ייבוש הצומח בסביבתם, ויוצרים מקווי-מים (איור 5.11) שהגדולים שבהם התפתחו באזור עינות-סמר (עד 265 מ' אורך ו-55 מ'

5.4.2. מיפוי אזורים מועדים להיווצרות בולענים

קריטריונים ושיטת המיפוי: הקריטריון המרכזי לקביעת היתכנות להתפתחות בולענים הוא קיומה של שכבת המלח, שהיא הגורם הראשוני לתופעה. קריטריונים נוספים הקשורים להיווצרות בולענים כוללים שקיעות-קרקע, הימצאות מי-תהום בעלי עומד והרכב המסוגלים לחדור ולהמיס מלח, וקווים טקטוניים שלאורכם מתפתחים הבולענים. בהסתמך על קריטריונים אלה הוגדרו ומופו שלוש רמות היתכנות, כדלקמן (איור 5.12):

אזור היתכנות 1: אזור בו קיימת התפתחות ודאית של בולענים. האזור מקיף את אתרי הבולענים הקיימים ועוד תחום של 25 מ' נוספים סביבם. באתר בו הבולענים מתפתחים לאורך ציר-קווי מוגדר, גבול אזור 1 נמתח במרחק של 100 מ' מהבורות בכיוון האורך. אזור זה מסומן במפת הסיכון בצבע צהוב.

אזור היתכנות 2: אזור בו קיימת היתכנות גבוהה להתפתחות בולענים, בו נמצאים כל הקריטריונים הקשורים להתפתחותם. תחום אזור זה נקבע בעיקר לפי תפוצת אתרי בולענים קיימים, אזורי שקיעות-קרקע והימצאות שכבת המלח לפי נתונים מקידוחים וחתכי רפרקציה סיסמית. תחום זה כולל גם אזורים שבהם יש סבירות גבוהה לקיומה של שכבת מלח בתת הקרקע, וזאת בהסתמך על יישומם של פרמטרים מדודים במודל סדימנטולוגי-לימנולוגי שהכתיב את תפוצתה הראשונית של שכבת המלח. אזור זה, בו כאמור קיימת רמת היתכנות גבוהה להתפתחות בולענים, מסומן במפת ההיתכנות בצבע ורוד.

אזור היתכנות 3: אזור בו לא ניתן לשלול קיומם של המרכיבים הקשורים להתפתחות בולענים ובעיקר את האפשרות להימצאותה של שכבת מלח בתת הקרקע וקרבה מיידית לגבול שכבת המלח. תחום זה מסומן במפת ההיתכנות בצבע ירוק.

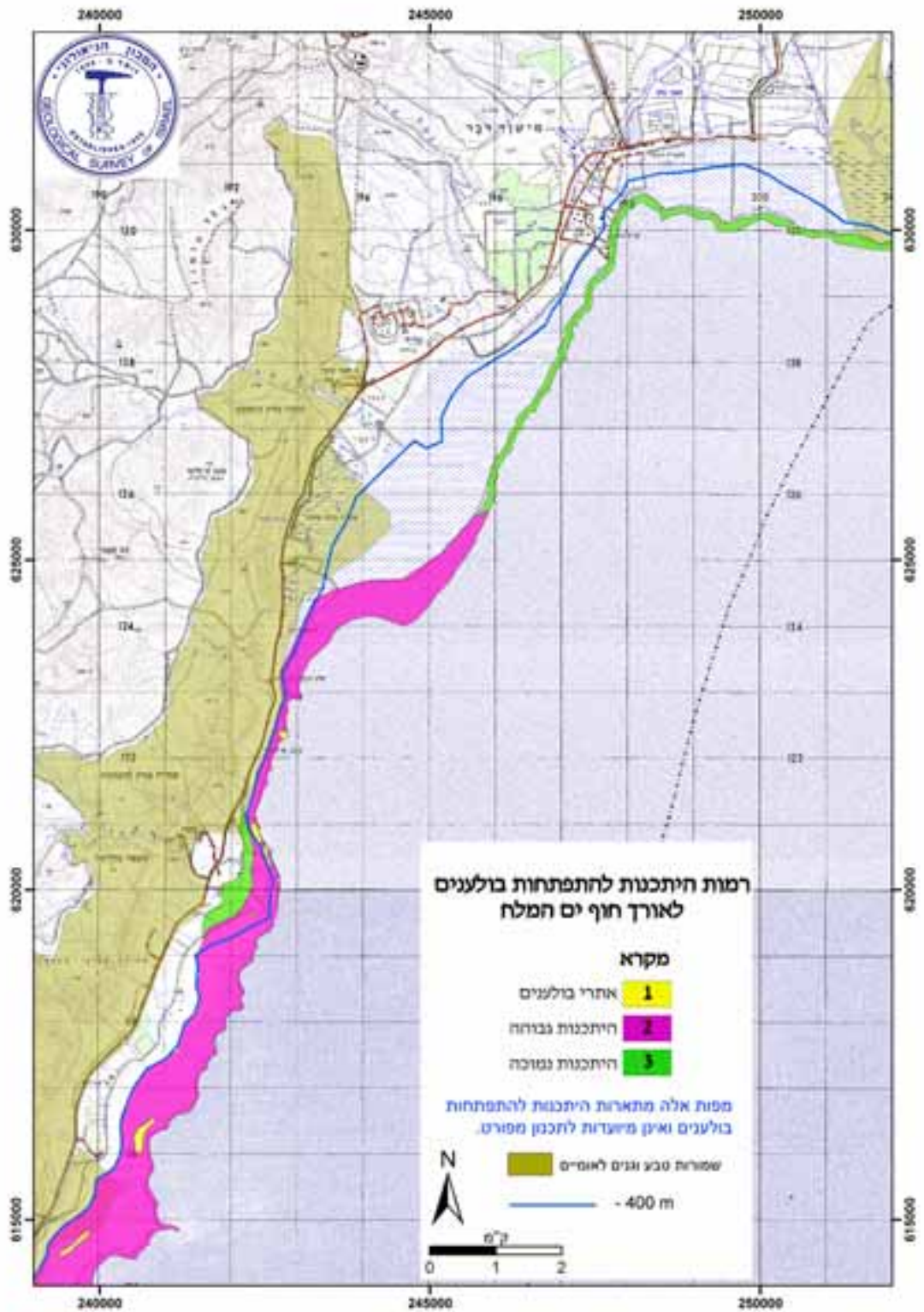
במפת ההיתכנות מוצגים שלושה מרכיבים נוספים, וזאת כדי להעמיד את ממדי התופעה בהקשר המרחבי:

1. קו גובה 400-: קו זה (לפי רובד ה-DEM של המרכז למיפוי ישראל) מייצג בקירוב את הגבול המערבי של אזורי ההיתכנות לבולענים ואת הגבול המזרחי המותר לפיתוח לפי התקנות הקיימות (העומד על 390.5 – מטר).
2. תחום שמורות הטבע: שמורות הטבע באזור (מסומנות בצהוב-כתום) כוללות את רוב שטח מצוק ההעתקים וכן אתרים בחוף ים המלח ובעיקר נאות-חוף.
3. תחום לבן: אזור הנתחם במזרח בגבול אזורי ההיתכנות להתפתחות בולענים ובמערב בגבול שמורות הטבע. כפי שמוצג

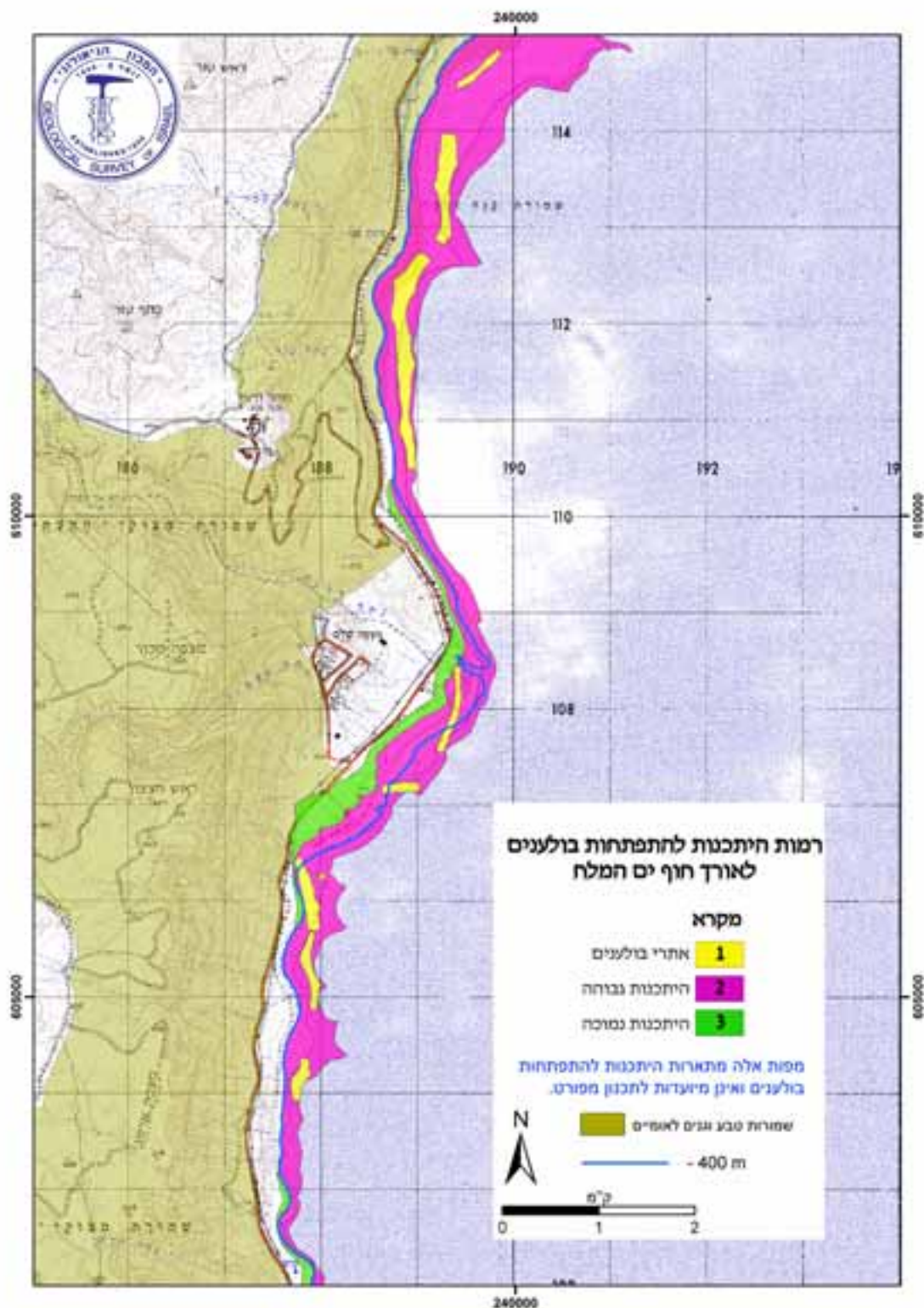
בפרק התכנוני, התחום הלבן הוא שטח פוטנציאלי לפיתוח ללא מגבלות הנובעות מצפי להתפתחות בולענים.

המפות: שימושים ומגבלות

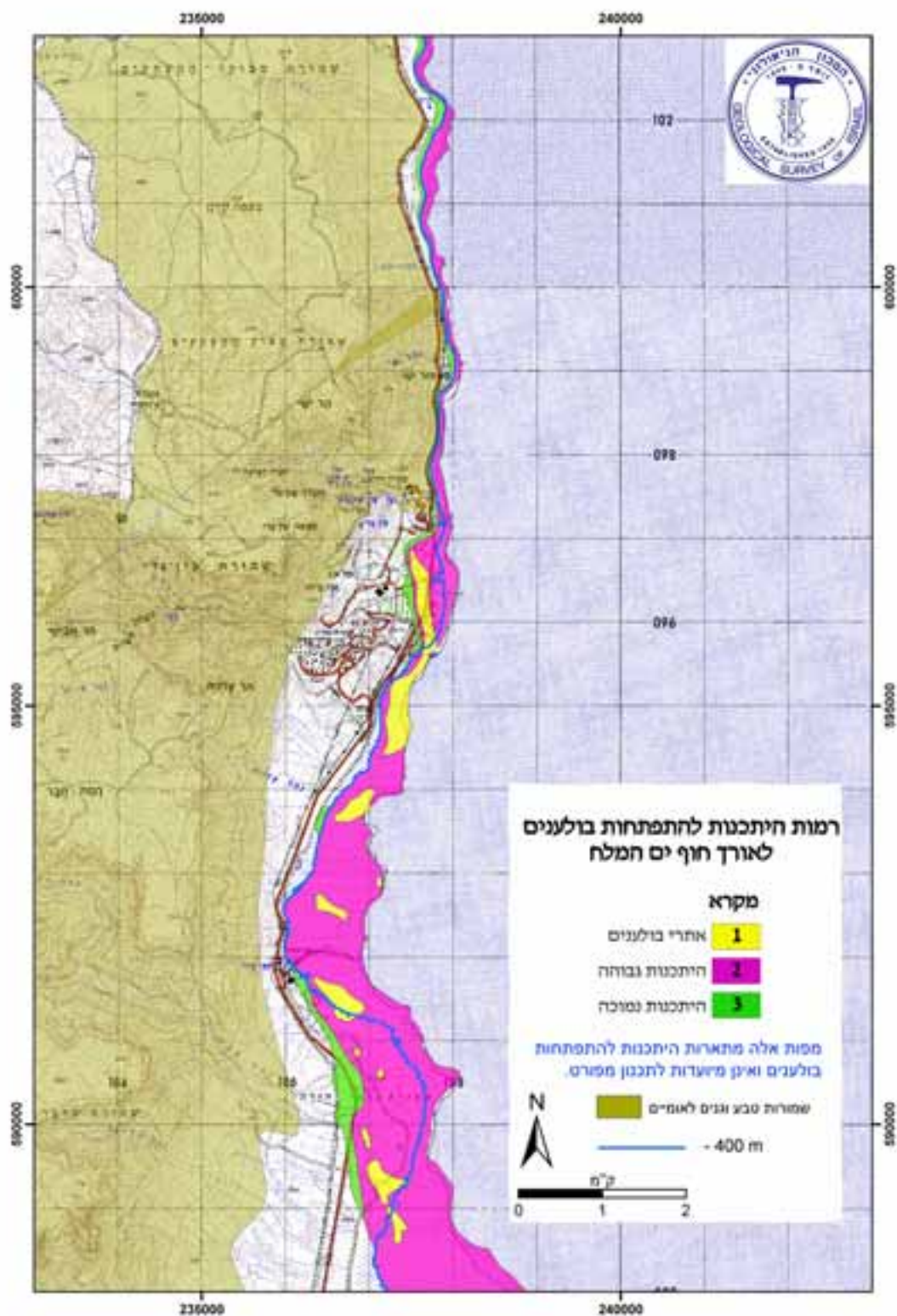
מומלץ כי רשויות התכנון, הרישוי ותחזוקת התשתיות (ובכלל זה מינהל התכנון, הוועדה המחוזית לתכנון ולבנייה, הוועדות המקומיות לתכנון ולבנייה, המועצות האזוריות ומע"צ) יאמצו את המפות המציגות את הצפי להתפתחות התשתית הפיסית והאזורים המועדים להתפתחות בולענים ולכשל קרקע, כמפות בסיס לכל התנהלות באזור ים המלח. חשוב להדגיש כי על סמך החלטת הממשלה אמורות מפות אלו לשמש בסיס לקביעת נהלים מחייבים לפעולות הנדסיות ולמתן רישיונות. נהלים אלה מקודמים באחריות הצוות הנדסי הפועל בעניין בולעני ים המלח לפי החלטת הממשלה. תקציר הדוח של צוות זה (מוגש לוועדת המנכ"לים לבורות ים המלח), מובא כלשונו בנספח. ראוי לציין כי לצורכי תכנון ויישום מפורטים, מתחייבת התייעצות עם המכון הגיאולוגי, העוסק בעדכון המפות ובסיס הנתונים, וזאת כדי לקבוע את מידת הסיכון בכל אתר ספציפי. בעיקר נכון הדבר לגבי קביעת הגבולות המדויקים של אזורי ההיתכנות להתפתחות בולענים ולכשל קרקעי אחר.



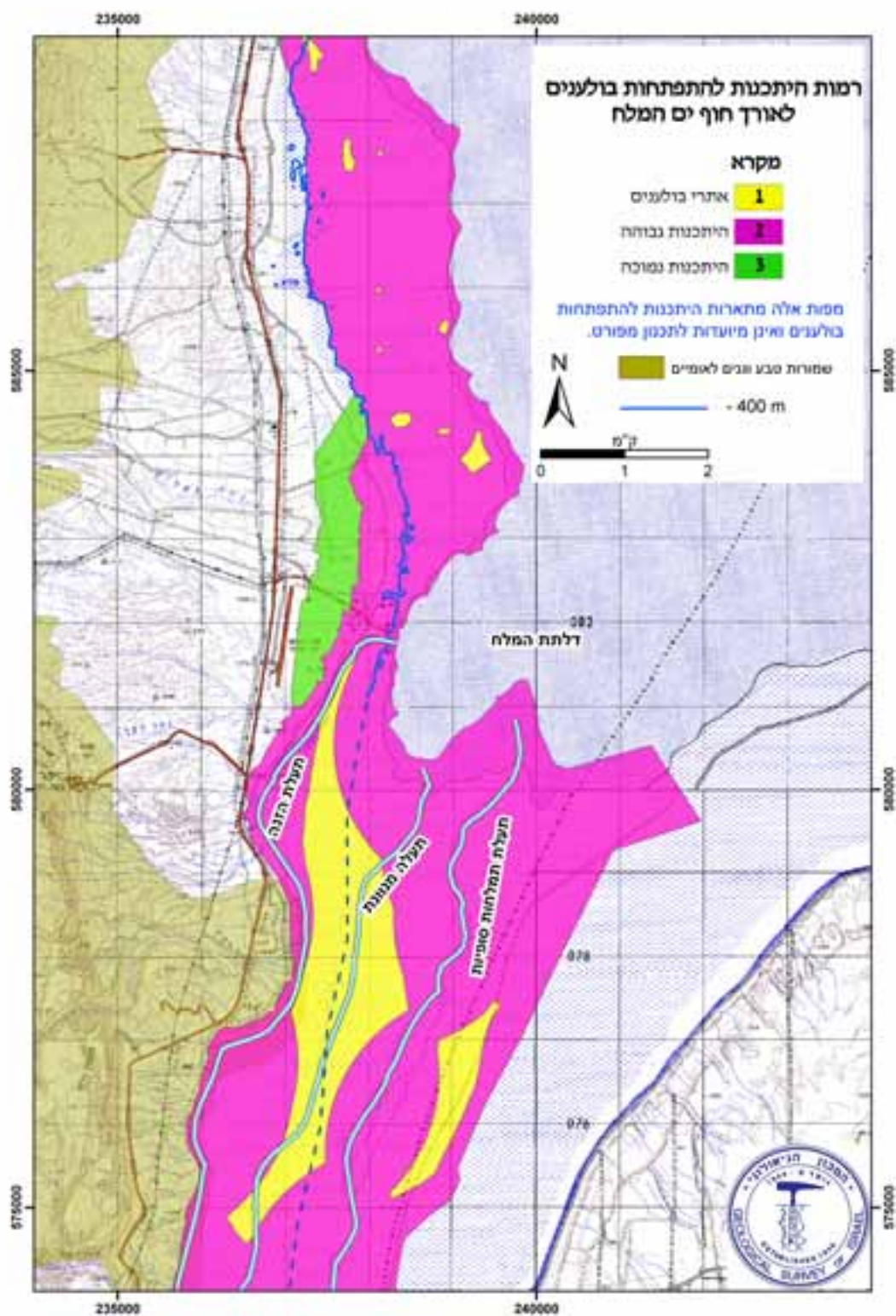
איור 5.12 א: מיפוי רמות היתכנות להתפתחות בולענים לאורך חופי ים המלח. התחום הלבן הוא שטח פוטנציאלי לפיתוח, ללא מגבלות הנובעות מצפי להתפתחות בולענים (המקור: אבסון וחוברין, המכון הגיאולוגי, GSI/13/2004)



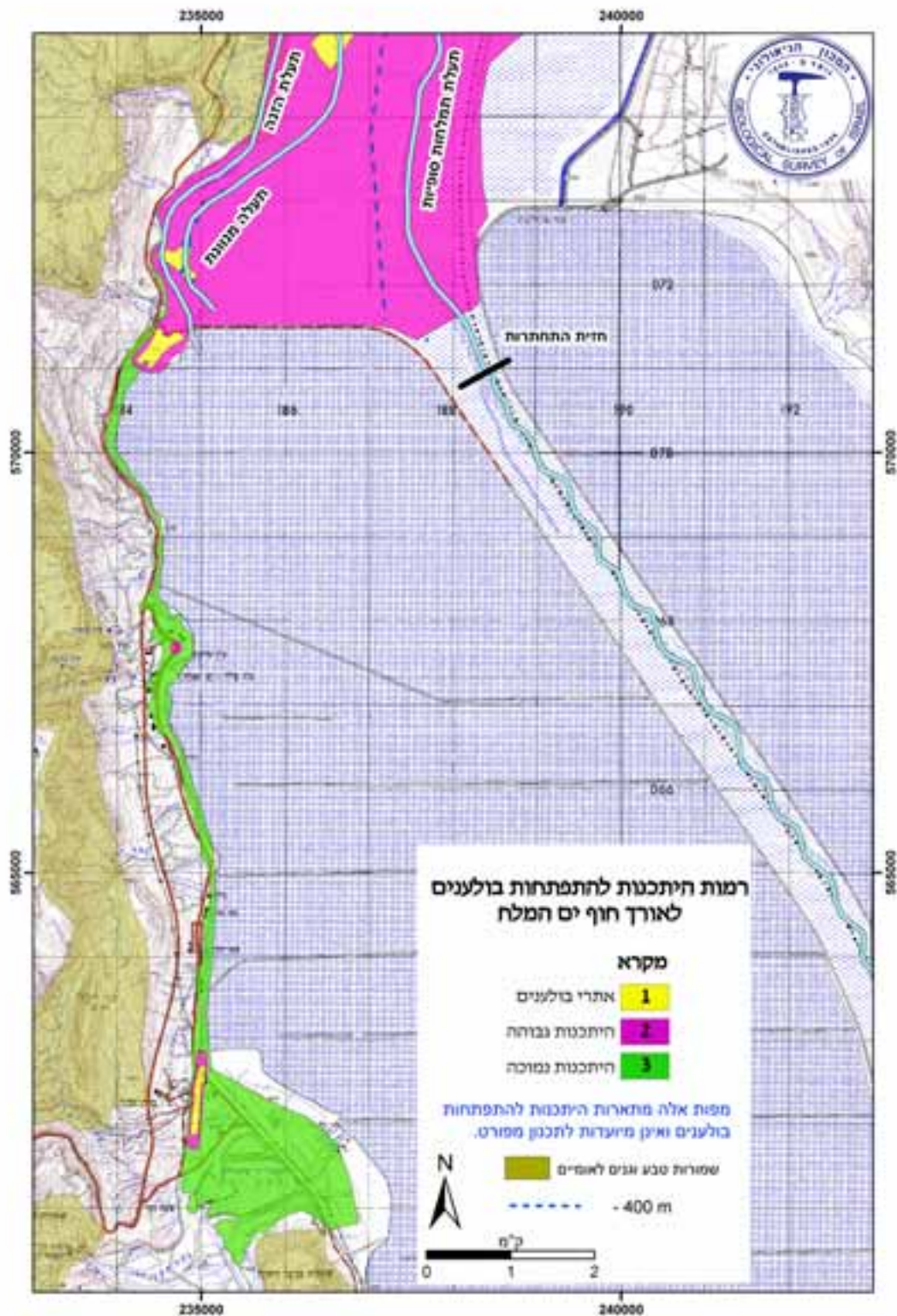
איור 5.12.ב: מיפוי רמות היתכנות להתפתחות בולענים לאורך חופי ים המלח. התחום הלבן הוא שטח פוטנציאלי לפיתוח, ללא מגבלות הנובעות מצפי להתפתחות בולענים (המקור: אבולסון וחוברין, המכון הגיאולוגי, GSI/13/2004)



איור 5.12: ג.מ.פ.י רמות היתכנות להתפתחות בולענים לאורך חופי ים המלח. התחום הלבן הוא שטח פוטנציאלי לפיתוח, ללא מגבלות הנובעות מצפי להתפתחות בולענים (המקור: אבליסון וחוברין, המכון הגיאולוגי, GSI/13/2004)



איור 7.5.12: מיפוי רמות היתכנות להתפתחות בולענים לאורך חופי ים המלח. התחום הלבן הוא שטח פוטנציאלי לפיתוח, ללא מגבלות הנובעות מצפי להתפתחות בולענים (המקור: אבולסון וחוברין, המכון הגיאולוגי, GSI/13/2004)



איור 5.12: מיפוי רמות היתכנות להתפתחות בולענים לאורך חופי ים המלח. התחום הלבן הוא שטח פוטנציאלי לפיתוח, ללא מגבלות הנובעות מצפי להתפתחות בולענים (המקור: אבלסון וחוברין, המכון הגיאולוגי, GSI/13/2004)

6.1. בריכות האיזוי כגורם מרכזי באגן

6.1.1. נפחי שאיבה ותפעול המערכת

באגן הדרומי של ים המלח נמצאות בריכות האיזוי של המפעלים הכימיים הישראליים והירדניים, הפועלים במתכונת דומה. שני המפעלים שואבים את מי ים המלח מדרום האגן הצפוני ומזרימים אותם דרומה, דרך תעלות הזנה פתוחות, לבריכות האיזוי שבאגן הדרומי. תחנת השאיבה הישראלית P88 נמצאת ממזרח למצדה, בעוד שהתחנה הירדנית פועלת ממול, על חופו של חצי-אי-הלשון. ירידת מפלס ים המלח מקשה על השאיבה ומחייבת להעתיק מדי פעם את תחנת השאיבה בעקבות ירידת המפלס. תחנה P88 היא התחנה השלישית שהקימו מפעלי ים המלח. תחנת השאיבה הראשונה, P7, יצאה לחלוטין משימוש והיא "תלויה באוויר". תחנה P8 ממשיכה לתפקד באופן חלקי, אולם היא צפויה לצאת מכלל שימוש בתוך זמן קצר. תחנה P88 תוכל לתפקד עוד כעשור שנים ובמפעלי ים המלח כבר מתכננים את תחנת השאיבה הבאה.

חומר הגלם המשמש את המפעלים הכימיים לייצור האשלג הוא המינרל קרנליט ($KMgCl_3 \cdot 6H_2O$). בתהליך האיזוי של מי ים המלח שוקע תחילה מלח בישול (הליט) ורק במליחיות גבוהה יותר מתחיל לשקוע הקרנליט (אגב המשך שקיעת ההליט). המפעלים הכימיים עושים לפיכך הפרדה בין בריכות המלח, בהן שוקע ומצטבר מלח בישול, שאינו "נקצר", לבין בריכות הקרנליט, שאותן "קוצרים". עיקר ההליט בבריכות של מפעלי ים המלח שוקע בבריכה מספר 5 (הבריכה הצפונית ביותר) בקצב של כ-20 ס"מ בשנה. כתוצאה מכך קטן נפח המים התפעולי בבריכה ולכן נדרשים המפעלים להגביה את הסוללות סביב הבריכה כדי שניתן יהיה להעלות את מפלס המים. להעלאת מפלס המים בבריכה יש השלכות ישירות על המלונות שנבנו לחופה.

התמלחת המרוכות מבריכות המלח מוזרמת ל"בריכות הטרקלין" שבדרום האגן הדרומי, בהן מתחילה שקיעת הקרנליט. משם מועברת התמלחת הלאה, לבריכות הקרנליט המופעלות בטור, כך שמליחות התמלחות עולה מבריכה לבריכה. קציר המלחים מבריכות הקרנליט (שם שוקעים קרנליט, הליט ומעט מאד גבס) נעשה באמצעות דוברות השואבות את המלחים למפעלים באמצעות צינורות צפים הנגררים אחריהן. הקרנליט שנקצר משמש גם את מפעל המגנזיום, ואילו התמלחות מהבריכות משמשות גם

את מפעלי הברום ומפעל פריקלס. התמלחות המרוכות ביותר מבריכת האיזוי האחרונה, הנקראות "תמלחות סופיות", נשפכות אל מעבר לסכר המזרחי של הבריכה. כאן עובר המשכו של ערוץ נחל ערבה, הנתחם בסוללות של שני המפעלים. בערוץ זה זורמות התמלחות הסופיות צפונה, בחזרה לים המלח. התמלחות הסופיות מהמפעל הירדני מוזרמות אף הן לאותו ערוץ, וליים המלח מגיעות תערובות משני המפעלים. מבחינה כימית, התמלחות הסופיות הן תמלחות כמעט נקיות של קלציום ומגנזיום-כלוריד, וזאת לאחר שמרבית יוני הנתרן והאשלגן שהיו במי ים המלח המקוריים שקעו עם המלחים בבריכות האיזוי. מליחות התמלחות הסופיות גבוהה ביותר וצפיפותן עומדת על כ-1.35 גרם/סמ"ק. ערבוב התמלחות הסופיות במי ים המלח מלווה בשקיעה מסיבית של מלח היוצר דלתה של מלח בדרום ים המלח. שקיעה זו היא תוצאה של ערבוב בין שתי תמלחות הרוויות ביחס להליט, אך בעלות הרכב כימי שונה.

עיקר תהליך השקעת המלחים שתואר לעיל, מתרחש בחודשי הקיץ החמים, כאשר קצב האיזוי גבוה. בחודשי החורף, כאשר האיזוי נמוך, אין כמעט שאיבה של מי ים המלח או שחרור של תמלחות סופיות. בתהליך האיזוי שתואר לעיל מתאדים בערך כ-50% מנפח המים שנשאבו מים המלח, והיתרה מוחזרת לים. מפעלי ים המלח שואבים מדי שנה כ-250-300 מלמ"ק ומחזירים לים כ-125-150 מלמ"ק. המפעלים הירדניים פועלים בתפוקה של כ-2/3 מזו של מפעלי ים המלח ולכן נפחי השאיבה שלהם ונפח התמלחות הסופיות המוזרמות על-ידם בחזרה לים המלח קטנים בהתאם. בסך הכול מסתכם האיזוי בבריכות האיזוי של המפעלים הכימיים הישראליים והירדניים בכ-250 מלמ"ק לשנה. בשטחו הנוכחי של ים המלח שקול אובדן נפח זה לירידת מפלס של 35-40 ס"מ.

6.1.2. יחסי הגומלין שבין תפעול הבריכות למלונות החוף

מלונות ים המלח נבנו לחופה של בריכה מס' 5. הבריכה נועדה כאמור לשקע הליט (מלח בישול) שהוא תוצר-לוואי בלתי-רצוי הנוצר בתהליך האיזוי. שימור נפח המים בבריכה הוא חיוני להבטחת כושר הייצור של המפעלים, ולכן מוגבהות הסוללות מעת לעת ומפלס הבריכה מועלה, כפיצוי למלח המצטבר על הקרקעית. על-פי מפעלי ים המלח דוח בן-גון (ראו פרק 6.1.3),

נמוכות העלויות הכרוכות בהגבהת הסוללות מעלויות סילוק המלח מקרקעית הבריכה.

המפלס העולה בבריכה מאיים על המלוונות הסמוכים לחוף והוא גרם למחלוקת שהגיעה לדיון משפטי. הפתרון שהוצע בדבר הקמת חיץ בין מפלס הבריכה הגואה לבין המלוונות, יצר מצב שבו המים בבריכת האידי גבוהים מנדבכים נמוכים של המלוונות. ככול שתימשך עליית מפלס המים בבריכה, תעלה חומרת האיום ותעלה היתכנות הנזק האפשרי כתוצאה מכשל הנדסי או מקריסת החיץ ברעידת אדמה. מול האיום שנוצר עקב תפעול הבריכות, יש לזכור את התלות של המלוונות במפעלי ים המלח, משום שבלא תפעול הבריכות לא תהיה למלוונות סמיכות לחוף ים (בריכה) (איור 6.1). העלייה של מפלס המים בבריכות האידי מהווה איום גם על קטעים מכביש 90 ולאחרונה חויבו מפעלי ים המלח להגביהו.



איור 6.1: המלוונות לחוף בריכה מס' 5
(צילום: עמיר אידלמן)

עד כה עלתה קרקעית הבריכות בכ-7.5 מ' ובשנת 2030, שנת תפוגת זיכיון מפעלי ים המלח, צפויה ההתרוממות המצטברת להגיע לכ-13 מ'. החשיבות הכלכלית של המפעלים והתעסוקה הרחבה שהם מספקים, מאפשרים להניח כי המשך פעילותם, כולל המפעל הירדני, תימשך גם לאחר תום תקופת הזיכיון. למרות זאת יש להתייחס לאפשרות, הרחוקה אמנם, שהמפעלים יושבתו וכל מערך תפעול הבריכות יופסק. במצב זה תיהפכה הבריכות בהדרגה, כולל בריכה מס' 5 אשר לחופה שוכנים מלוונות ים המלח, למלחות ומשטחי-מלח. הפסקת הייצור במפעלים תאט כאמור את קצב ירידת המפלס באגן הצפוני של ים המלח בכ-35 ס"מ בשנה. במצב כזה יתאפשר חידוש הדרגתי של ניקוז מיישטפונות נחלים אל תוך האגן הדרומי – ניקוז הנמנע כיום על-ידי המפעלים. בהתחלה ייקלטו מרבית מי הישטפונות במלחות ולא יגיעו אל האגן הצפוני, אולם המשך ירידת המפלס באגן הצפוני יערער

בהדרגה את מבנה המלחות ומשטחי המלח, ועם הזמן הם יתקזזו לאגן הצפוני. בתנאים אלה צפוי כי האגן הדרומי ינקז יותר מי תהום מהשוליים, וכתוצאה מכך יגבר בהדרגה תהליך היווצרות הבולענים באזור.

6.1.3. פתרוונות מוצעים

הטיפול בבעיית יחסי הגומלין בין הבריכות למלוונות נבחן בתוקף החלטות ממשלה ובמסגרת ועדות שונות (כולל ועדת בן-נחון) באחריות משרד התשתיות הלאומיות ומשרד התיירות. הפתרוונות הנבחרים כוללים שינוי במבנה בריכה 5 ויצירת לגונה נפרדת בצידה המערבי, עם מפלס קבוע שאינו מאיים על המלוונות. פתרון זה, המשולב גם בשינויים תפעוליים של מערך הבריכות על-ידי המפעלים, כולל גם בקשות להקמת בריכת-אידי נוספת (בריכה 6) מצפון לבריכה 5. מול פתרון זה נבחנת חלופה אחרת, שבה תופעל מערכת לסילוק המלח המצטבר מבריכה 5 כולה ("חלופת הקציר"). שתי החלופות דורשות השקעות ניכרות ביותר ונראה כי האפשרות הראשונה זולה משמעותית, אף כי יש בה פתרון רק עד לתום תקופת הזיכיון (2030) ולאחר מכן יידרש הפתרון של סילוק המלח המצטבר. ב-29.7.04 התקבלה החלטת ממשלה המטילה על משרד התיירות לבצע בדיקת היתכנות ל"חלופת הלגונה" ובמקביל לחזור ולבחון את חלופת ה"קציר" וכן חלופה לשינוי מיקומם של המלוונות בקו המים.

במקביל נעשה מאמץ לטפל בבעיית הנוכחיות של הצפת מתקני המלוונות המצויים בקדמת קו החוף, שיימשכו בכל מקרה עד ליישום פתרון כולל (2007?). המאמץ מתמקד ביצירת חיץ יעיל להפחתת החלחול התת-קרקעי מתחת לסוללות ההגנה על בתי המלון ושאיבת מי התהום ליד המלוונות, להורדת מפלסם אל מתחת לסף נדרש. ראוי לציין עוד כי לאור ההשקעות הניכרות הנדרשות בכל מקרה לייצוב המצב באזור הבריכות ובהתחשב במצב הכללי באגן ים המלח, מקדם מינהל מקרקעי ישראל בחינה של עיבו מלוונות באזור זה.

6.2. התפתחות בולענים באגן הדרומי

קצב התפתחות הבולענים באגן הדרומי נמוך באופן משמעותי מזה שבאגן הצפוני. בכל האגן הדרומי (מדרום לגבול הצפוני של בריכה 5) מופיע בולען בערך אחת בשנתיים, ובשנה האחרונה הואץ הקצב לשלושה בולענים בשנה. לעומת זאת, באגן הצפוני מופיעים 150-200 בולענים בשנה, בארבע השנים האחרונות.

ההבדל בהתפתחות בולענים בין האגן הדרומי לצפוני נובע מהבדלים טבעיים בין האגנים ומהבדלים הנובעים מקיומן של בריכות האידוי של מפעלי ים המלח. כאמור, הגורם המרכזי להיווצרות הבולענים הם מי התהום, אשר בעקבות ירידת המפלס מגיעים אל שכבות מלח תת־קרקעיות וממיסים אותן. באזור הסמוך מדרום־מערב לים המלח קיימת מערכת מי־תהום בחבורות־יהודה ובפורנוב, המתנקזות באופן טבעי לים המלח. הניצול האינטנסיבי של מי־תהום אלה בשורה של קידוחי־הפקה מפחית ואף מונע כנראה ניקוז מים משמעותי לעבר ים המלח.

לעומת זאת, בקטע המרכזי־צפוני של האגן הדרומי (מצפון להר סדום ועד לדרום הלשון) נראה שיש ניקוז מי־תהום משכבות אלו לסדימנטים של המילוי, ודרכם לאגן הצפוני. מערכת מים פעילה זו, הכוללת ככל הנראה תת־אקוויפרים אחדים, חסומה באופקיה העליונים על־ידי בריכות האידוי ומוטה כלפי צפון. מצב זה מביא ככל הנראה לשטף מוגבר של מי־תהום בגבולה הצפון־מערבי של הבריכה וגורם להתפתחות בולענים נמרצת באזור הגבול הצפוני של בריכה 5. גם הבולענים המעטים־יחסית שנוצרו באזור המפעלים ובנווה־זוהר, מיוחסים לפעילות מי־תהום אלה, המתנקזים לאגן הצפוני של ים המלח באופקים תחתונים, שאינם חסומים על־ידי הבריכות.

חשוב לציין שבמסגרת חקירת הבולענים מושם הדגש על האזור שמצפון לבריכות האידוי. הנקודה הדרומית ביותר בה נלמד תת הקרקע באמצעות קידוחים וסקרים גיאופיזיים, היא נווה־זוהר, ולא נאסף מידע על אזור המפעלים ובריכות האידוי. יחד עם זאת יש לקחת בחשבון את האפשרות שהקצב האיטי של הופעת הבולענים באגן הדרומי עשוי להשתנות בעקבות ירידה נוספת של מפלס הים באגן הצפוני ובעקבות האצת זרימת המים באקוויפרים בתת הקרקע של הבריכות.

נוצרים כתוצאה מהתפשטותה של השכבה, בגלל המשך גיבוש מלח בתוכה (איור 7.1 ו-7.2). משטחי המלח שנחשפו נתונים להשפעת מי-גשמים, היוצרים בו תופעות המסה בעלות ערך אסתטי. בחורפים גשומים באופן חריג, המפלס עולה זמנית, שכבת המים העליונה נמהלת ועשויה להמיס את רצפת המלח בחוף. בחורף 2002/3 עלה מפלס האגם במטר, חלק ממשטחי המלח הומסו והחתך הבוצי שמתחתם נחשף לפעולת הגלים שיצרו בו מצוק זקוף.



איור 7.1: רכסונים שנוצרו כתוצאה מהתפשטות רצפת המלח
(צילום: אלי רז)

מישורי הבוץ ורצפות המלח הם יסודות נופיים חדשים המלווים כיום את מרבית קו החוף המערבי של ים המלח, כרצועה שרוחבה משתנה בהתאם לטופוגרפיה. רצפת המלח הנחשפת היא מוקד משיכה ותוספת רבת-עניין למבקר.

בקעת ים המלח מכילה מגוון מינים עשיר מחבלים ביוגיאוגרפיים שונים. רבים מהם נמצאים כאן בקצה גבול תפוצתם. שילוב של תנאים שונים, כגון אקלים, טופוגרפיה, מעיינות וכד', אפשרו את קיומם של מיני חי וצומח המרוחקים מאות ק"מ מאוכלוסיות המקור שלהם. חלקם הפכו עם הזמן למינים אנדמיים – מינים שתפוצתם העולמית מוגבלת לתחום גיאוגרפי מצומצם ביותר.

נאות המדבר של עין-גדי ועין-בוקק ניזונים ממים באיכות טובה, הנובעים ישירות מאקוויפר ההר המזרחי ומקיימים בתוכם יסודות אופייניים של חי וצומח טרופי. מערכות אלו ניזונות ממקורות מים הנובעים גבוה מעל ים המלח, אין להן קשר הידראולי איתו והן אינן מושפעות ישירות מהשינויים המתחוללים בו. לכן, עם כל חשיבותן, הן אינן נכללות במסגרת עבודה זו.

המערכת הטבעית של האגם עצמו כוללת תופעות טבע ייחודיות ובכלל זה מיקרואורגניזמים בעלי הסתגלויות מיוחדות המתקיימים בגוף המים. הפרק הנוכחי דן בשינויים הסביבתיים והנופיים ובמערכות הטבעיות באגם עצמו ולאורך חופיו המושפעים במישרין או בעקיפין מירידת המפלס.

7.1 שינויים סביבתיים ונופיים בחוף הנחשף

מישורי בוץ ורצפות מלח

השינוי הנופי הבולט ביותר שנגרם מירידת המפלס של ים המלח, הוא נסיגת קו המים והתרחבות מישור החוף. באזורים בעלי שיפוע תלול הנסיגה היא מועטה יחסית, אך באזורים בעלי שיפוע מתון הנסיגה היא משמעותית. בצפון-מערב ים המלח מגיעה הנסיגה לכדי 2 ק"מ ובמישור צאלים ל-2.5 ק"מ. קרקעית ים המלח נחשפת בעיקר כמישור בוץ מלווה ועקר, שחלקו המערבי, הוותיק, נמצא בתהליך התייבשות. חזותם הכללית של מישורי הבוץ מעוררת אצל מרבית המגיבים תחושה של פיחות אסתטי.

משנות השמונים של המאה העשרים, החלו מחזורי שקיעת מלח לקרקעית ומרכיב המלח המוצק בסדימנט של ים המלח עולה דרומה. בשוליים המזרחיים של מישורי הבוץ, בעיקר מעין-גדי ודרומה, נחשפים עתה חלקים מקרקעית האגם כרצפת-מלח קשיחה ושבורה לאורך רכסוני-קימוט מקומיים. רכסונים אלה



איור 7.3.א: הפקת מלח מבריכת אל-חליל ב-1904 (צילום: משלחת בלנקנהורן)



איור 7.2: מינרליזאציה לאורך סדקים ברצפת המלח (צילום: אלי רז)



איור 7.3.ב: בריכת אל-חליל כפי שהיא נראית כיום, רחוקה ומנותקת מהים (צילום: אלי רז)



איור 7.3.ג: הופעה מחדשת של לגונות בעקבות חורף 1991-2 (המקור: רז, 1993)

סוללות חלוקים ולגונות

לגונות בים המלח היו בעבר חלק בלתי-נפרד מנוף החוף, והן חדלו להתקיים בגלל הירידה הדרסטית של המפלס. נושא הלגונות קשור למורשת ים המלח, משום שהן היו מקור להפקת מלח. המלח היה מצרך חשוב בעת העתיקה והפקתו הקלה יחסית ביים המלח היוותה יתרון כלכלי חשוב. מקורות היסטוריים רבים עוסקים בתפקידו של המלח (salarium) כשכר (salary) וכאמצעי תשלום, ושימושו בפולחן הישראלי והיהודי בולט במקורות (ויקרא ב' 13). 'לשכת המלח' בבית המקדש נועדה להבטיח אספקה שוטפת לצרכי הפולחן, ושמו של המלח הפולחני, 'מלח סדומית', מעיד על מקורו מים המלח. הפקת מלח מלגונות ביים המלח מתוארת בכתבי נוסעים ואף מופיעה בצילומים מתחילת המאה העשרים (איור 7.3.א).

אחת הידועות והמתועדות שבהן נודעה בשם בריכת אל-חליל, כארבעה ק"מ מדרום לעין-גדי. מקומה של הלגונה ניכר עד היום כשקע בנ"צ 236150/593100 ואף מתואר כבריכה במפות, למרות שאיננה מתחדשת מזה עשרות שנים (איור 7.3.ב). הלגונות נוצרו בעורפן של סוללת חלוקים. היווצרות סוללות אלה לא היתה ברורה עד לתצפיות שנערכו בחורף 1991/2, שהיה מרובה גשמים. ב-9 בפברואר 1992 הורם סכר דגניה מחשש להצפות סביב הכינרת, לאחר שהיה סגור כ-10 שנים. מהירות זרם החוף החזק ביותר שתועד עד אז, היה 0.6 מ' בשנייה (Hecht & Ezer, 1984), ומחולל הזרמים העיקרי נחשבה הרוח. בזמן שהירדן חזר לזרם במלואו, נמדדו זרמים לאורך החוף שמהירותם היתה כ-12 מ' בשנייה, כל זאת ללא רוח בכלל. הזרמים החזקים יצרו צנירים במתלולי חופים ובמניפות סחף, גרמו להתמוטטויות ונשאו איתם קרקע טעונת-חלוקים דרומה. אלה הונחו ויצרו סוללות סמוך

ג. מי ים המלח שחדרו בתקופת מפלס גבוה והם נשטפים עתה בחזרה לאגם בגלל מפלס נמוך.

החלקים היחסיים של המרכיבים השונים משתנים בין הנביעות, כאשר במעיינות חדשים המופיעים בעקבות ירידת המפלס גדל מרכיב ים המלח, ואילו היסוד התרמומינרל שמאופיין על-ידי טמפרטורות ומליחויות גבוהות, ותרכובת נדיפה של מימן גפריתי – סולפיד (H_2S), שולט ממצפה שלם ודרומה.

המעיינות הצפוניים כוללים נביעות רבות של מים ברקיים, רבות מהן בטווחי מליחות המאפשרים תמיכה בצומח טבעי עילאי, השקיה חקלאית ואספקת מיישתייה (מותפלים), והן מרוכזות בעיקר בשלושת הגושים הגדולים שיוצרים את נאות החוף של ים המלח: עינות-צוקים, עינות-קנה ועינות-סמר. לעומת המעיינות הדרומיים, הם מתאפיינים בכתמי צומח גדולים, שגודלם, פיזורם והרכבם משתנים כתוצאה מירידת מפלס ים המלח (ראו פרק 7.2).

המעיינות הדרומיים בהם שולט המרכיב התרמומינרלי, מפוזרים לאורך החוף מחמי-שלם (קו רוחב 606000) ועד לנחל חבר (קו רוחב 589750), כאשר הצפיפות הגבוהה ביותר של הופעתם היא לאורך החוף הצר שלרגלי החלק הגבוה ביותר של מצוק ההעתקים, בין חמי-שלם לעין-גדי.

הריבוי המרשים של נביעות ופלאים תרמומינרליים בין חמי-שלם לעין-גדי מלווה את ירידת מפלס ים המלח ומהווה מקור עניין לתירידי וטיילים. משמעותם האקולוגית אינה ברורה די הצורך (ראו פרק 7.4.4) וייתכן שטמון בהם פוטנציאל כלכלי בתחום המרפא.

נוכחות המעיינות לסוגיהם לאורך החוף, נעשית בולטת יותר בגלל הארכת מסלולי זרימתם אל קו החוף המתרחק, תוך חתירת 'קניוני בוך'. תופעות אלה מהוות מציאות נופית חדשה וייחודית לחוף המערבי של ים המלח.

7.2. נאות החוף

נאות המדבר של חוף ים המלח הן מערכת טבעית התלויה במקורות מים המקיימים קשר הידראולי עם ים המלח, ולכן היא גם מושפעת מאוד מירידת מפלסו. מערכת זו, מלבד היותה כתם ירק רענן בנוף מדברי, משמשת מקום מחסה ורבייה ומקור מזון לבעלי-חיים רבים ומשמרת בתוכה ערכי-טבע ומדע נדירים ובעלי-חשיבות, שעתידים אינו ברור במציאות הנוכחית, המשתנה במהירות.

המעיינות מרוכזים בשלושה גושים גדולים, עם ספיקה כוללת של כ-110 מלמ"ק לשנה וטווח מליחויות נרחב, והם יוצרים את נאות

לקו החוף או במרחק מה מתחתיו. בהמשך עליית המפלס באביב הוצפו הסוללות, ובעת ירידת המפלס הסתוות הן נחשפו ומאחוריהן התבודדו גופי-מים – לגונות (איור 7.3ג), שהשקיעו בהמשך מלח. מלבד אפיזודה זו, אין כמעט היווצרות של סוללות חוף ואלה שנוצרות הן דלילות, נמוכות וצרות. כמו-כן, עליות המפלס העונתיות אינן גדולות דיין כדי להציף שטחים בעורפן. בחורף 2002/3 עלה אמנם המפלס במטר אחד בערך והתחוללו זרמים חזקים, אולם לא נוצרו סוללות חוף משום שמרבית חוף ים המלח מוקף כיום במישורי-בוץ ואספקת החלוקים מצומצמת.

גופי-מים חדשים

שקעים ובולענים הולכים ומתרבים בתחום מישורי הבוץ. בסמוך לקו החוף, במקום שמפלס מי התהום הוא רדוד, הבולענים הופכים לבריכות ולאגמים קטנים. מליחות מי תהום אלה היא בדרך כלל כחצי ממליחות ים המלח (פי חמישה ממי הים התיכון) וגבוהה מכדי לשמש בתי-גידול לביטוה עילאית, אך נראה שקיים בהם עולם מיקרוביאלי שלא נחקר עד כה, הגורם להופעת גוונים שונים של המים ממקום למקום בהתאם לשינויים בתנאים. תהליכי אידוי גורמים ליבוש מלח בשולי הבריכות ועל גבי עצמים בתוכם, בגוונים וצורות המושפעות משינויי המפלסים בבריכות, בעקבות שינויי מפלסים עונתיים של ים המלח. יש בריכות המקבלות תרומות של מים מכילי סולפיד, ותהליכי החמצון גורמים לעתים להופעת קרום גפריתי צהבהב בהיר על פני המים.

באזורי נביעות מנקזים הבולענים את המים וגורמים לייבוש סביבתם, על הצומח שאכלס אותו. שרשרות של בולענים אשר התפתחותם מלווה בשקיעה כללית של סביבתם, יוצרים בריכות ואגמים (איור 7.13) שהגדולים שבהם הגיעו עד כה לממדים של עד 265 מ' אורך ו-55 מ' רוחב (בקרב עינות-סמר). גופי-מים אלה הולכים וגדלים עם הזמן ועודף המים גולש מהם מזרחה ויוצר פלאים החותרים אל הים.

שינויים בנופי מעיינות החוף

בניגוד לחוף המזרחי, שבו המעיינות החופיים מועטים ומוגבלים לדרום, החוף המערבי של האגן הצפוני משופע בנביעות רבות. ריכוזי הנביעות וכן הספיקות שלהם, גדולים בצפון ויורדים כלפי דרום ובמקביל משתנה גם איכות המים. אקוויפר החוף ניזון משלושה מקורות:

א. מים מתוקים שמקורם בהתרסקות מי אקוויפר ההר לתוכו ומחלחול של נגר עילי.

ב. מים תרמומינרליים שמקורם בתמלחות עתיקות והם עולים מהעומק לאורך העתקי השוליים.

צוקים על-ידי פרופ' אביטל גזית וצוותו, נמצאו 28 טקסונים של חסרי-חוליות (נספח 33). כצפוי במקווי-מים מליחים עם מאפיינים כימיים ימיים, יש כאן שליטה של מחלקות ממקור ימי – חלזונות וסרטנים – על-פני מחלקת החרקים, שמקורה יבשתי. רוב הטקסונים מאפיינים מקווי-מים מליחים זורמים ובלתי-מזוהמים. מאלה ראוי לציין מין מהסוג Chimarra, מסדרת שעירי הכנף (Trichoptera) השייך למשפחה בעלת הרגישות הגבוהה ביותר להפרעות וזיהומים (דרגה 10 על-פי Chessman, אצל גזית וחוב', 2003). נוכחות מין זה משקפת את האיכות הגבוהה של המים במקום, מאחרוני בתי הגידול המימיים הנקיים באזורנו. עד כה לא נמצא מין זה במקום אחר בארץ וייתכן שהוא אנדמי. ריכוז גדול יחסית של מינים אנדמיים מצוי במעיינות אלה, מרביתם חסרי-חוליות אקוטיים (להלן).

חסרי-חוליות יבשתיים

מבין חסרי החוליות שמחוץ למים, בולטים המינים הקשורים לצומח ובעיקר לעץ האשל. עולם חרקים שלם נסמך על האשל, וחרקים אלה משמשים מקור-משיכה לבעלי-חיים אחרים הניזונים מהם. אחד המרכיבים הפאונסיטיים של מעיינות החוף הוא הנמלה אורגת האשלים (*Poliracis simplex*) — חרק שמקורו באסיה הטרופית (איור 7.4). היא מצויה גם במעיינות מזרח הנגב והערבה ובמעיינות מדבר-יהודה וחוף ים המלח, אך הריכוז הגדול ביותר



איור 7.4: הנמלה אורגת האשלים (*Poliracis simplex*), חרק שמקורו באסיה הטרופית (המקור: טוביה קורץ, עופר 2000)

החוף של ים המלח: עינות-צוקים (עינ-פשחה) הנובעים בין קווי הרוחב 621000 ל-627000 הם ריכוז המעיינות השופע ביותר כיום סביב ים המלח כולו, עם ספיקות של 65-70 מלמ"ק. יש להניח שלכמות זו נוספים עוד 10%-15% של נביעות חופיות ותתי-מיות רדודות; עינות-קנה (ע'וויר) – בין קווי הרוחב 613350-6151801 ועינות-סמר (תורייבה) – בין קווי הרוחב 610000-6130001 – שספיקתם נאמדת בכ-15-20 מלמ"ק.

7.2.1. הצמחייה

בתחום השמורות של מעיינות החוף עינות-צוקים, עינות-קנה ועינות-סמר, תועדו 162 מיני צמחים (מתוך נתוני רט"ג, 2003; ברלינר, 1981; רבינוביץ, 1988, 1989; דולב, 1996, 1997; זהרי, 1980; מיכלסון, 1992). בחלוקה לפי שמורה, תועדו 94 מיני צמחים בעינות-צוקים ו-130 מיני צמחים בעינות-סמר וקנה. בסך הכול תועדו במעיינות החוף כ-50 צמחים של בתי-גידול לחים (נספח 33).

מכלל מיני הצמחים שתועדו בעינות-צוקים, 38 (40%) הם צמחים של נופי מים ובתי-גידול לחים. בעינות-סמר וקנה 35 מינים (27%) הם צמחים של נופי-מים ובתי-גידול לחים. צמחים אלה, שתפוצתם באזור צחיח זה מוגבלת לבתי-גידול לחים (נביעות, מי-תהום גבוהים, בריכות, מלחות לחות וכו'), הם הראשונים שיושפעו משינויים במפלס מי התהום או במליחותם. כ-90% מכלל הצמחים ההידרופיליים ('אוהבי-מים') בשני גושי הנביעות, הם צמחים רב-שנתיים. 13 מתוך 15 מיני הצמחים הנדירים והנדירים-מאוד שתועדו במעיינות החוף ואשר מוגדרים גם כמינים "אדומים" הנמצאים בסכנת הכחדה כלשהי, הם צמחים של בתי-גידול לחים ורטובים: בלומיאת בובה, צפצפת הפרת, בן-מלח (שרשר) שיחני, אוהל הגבישים, אוכס חד-ביתי, עדעד הביצות, עליעב חלוד, מכבד הביצות, פספולון דו-טורי, סיסניית הביצות, סוף רחב-עלים, גומא כדורי ובן-חורש גדול. 15 מינים מכלל הצמחים שתועדו הם מינים מוגנים, מתוכם 10 אופייניים לבתי-גידול לחים (לדוגמה: צפצפת הפרת, עדעד הביצות ובן-חורש גדול).

7.2.2. החי

חסרי-חוליות אקוטיים

חברת חסרי החוליות האקוטיים החיה סביב ים המלח נבחרה כדוגמה לאחת מתוך אחת-עשרה חברות בעולם המצויות בסכנת הכחדה (The IUCN Invertebrate Red Data Book, Wells et al., 1980). תחום המליחיות הרחב במעיינות החוף מתבטא במגוון מינים גדול, ומרבית הטקסונים הנפוצים של חסרי-חוליות אקוטיים בארץ מיוצגים כאן. בסקר שנערך בנובמבר 2002 בעינות-

נוספים – קרפדה ירוקה – מין בסכנת הכחדה, ואילנית מצויה – מין שעתידי בסכנה. צפרדע הנחלים המצויה גם בעינות-קנה ובעינות-סמר, מוגדרת כמין הנתון בסיכון נמוך.

עופות

מידע רב על מיני העופות בעינות-צוקים רוכז מתוך פעילות טיבוע (סימון רגלי העופות בטבעות מיוחדות) ותצפיות שערכו גרעון פרלמן, רמי מזרחי ואלי דרור בשנים 1988-1997 (דרור ומזרחי, 1989; פרלמן ומזרחי, 1997-1988). במשך שנים אלו טובעו בשמורה 2,341 ציפורים ונלכדו 316 ציפורים שטובעו קודם לכן (לכידות חוזרות). מאמץ הדגימה לא היה קבוע לאורך התקופה (מבחינת מועדי הלכידה, מספר שעות הלכידה, אורך הרשתות, מיקום הרשתות וכו') ולפיכך אין אפשרות להסיק מסקנה כלשהי לגבי שינויים בהרכב אוכלוסיית העופות בשמורה במשך תקופת התצפיות והטיבוע. עם זאת, אפשר ללמוד מתוצאות הטיבוע על הרכב המינים המאפיין את השמורה בעונות השונות (במיוחד לגבי מינים שקשה לצפות בהם, אך אפשר ללכדם ברשתות ערפל), ועל חשיבות השמורה למינים נודדים שמשתמשים בשמורה למנוחה ומשחרים בה למזון (על-פי השיעור הגבוה יחסית של לכידות חוזרות). מידע נוסף על עופות מעיינות החוף נלקח ממאגר המידע הממוחשב של רשות הטבע והגנים, מתצפיות שנערכו בין השנים 1970 ל-2002. מינים אחדים היתוספו לרשימת עופות עינות-סמר וקנה מתוך תצפיות שערכו טריסטראם ואנשיו במאה התשע-עשרה.

בסך הכול תועדו בשתי השמורות של מעיינות החוף 152 מיני עופות. מספר זה מהווה כ-30% מכלל מיני העופות המקננים או החולפים באזורנו. 32 מינים תועדו בעינות-קנה וסמר ו-151 מינים בעינות-צוקים. ההבדל בין שני האתרים נובע במידה רבה ממאמץ הדגימה הרבי-יחסית שהושקע בעינות-צוקים בהשוואה לעינות-קנה וסמר, אך גם בשל המגוון העשיר יותר של בתי-גידול בעינות-צוקים. מכלל מיני העופות שנצפו (152) – 53 מינים (35%) הם עופות נודדים שאינם מקננים בישראל. שאר המינים אמנם מקננים בישראל, אך רובם אינו מקנן בתחום מעיינות החוף. אין מידע מפורט על קינון עופות בשמורות מעיינות החוף, אך מהיכרות עם המינים שתועדו נראה כי רק כרבע מכלל העופות שתועדו הם עופות יציבים באזור, שעשויים לקנן בתחומי השמורות או בקרבתן. בקבוצה זו נכללים גם עופות המקננים במצוק ההעתקים שממערב לשמורות, אך מוצאים מזון ומים בתחום השמורות. מתוך המינים שתועדו נמצאים 17 מיני עופות בסיכון (על-פי הספר האדום, דולב ופרבולוצקי, 2002): 8 מינים נתונים בסכנת הכחדה חמורה (CR), 3 מינים בסכנת הכחדה (EN), ו-6 מינים עתידים בסכנה (VU). שני מינים נוספים קיננו בישראל בעבר (RE) אך אינם מקננים בה עוד.

שלה כיום הוא בעינות-צוקים (עופר, 1990). חשיבות עינות-צוקים כבית-גידול לאורגת האשלים גדולה במיוחד לאור הכחדתו המוחלטת-כמעט של הריכוז הגדול שהיה בנחל ערוגות. מקור אנרגיה חשוב לנמלה זו הוא הפרשות מתוקות של כנימות וציקדות החיות על האשלים, ומכאן תלותה העקיפה באשלים. עוד חרק בולט הקשור לאשל הוא ברקנית האשל (*Sterapsis squamosa*) חיפושית החיה בעיקר באזורים החמים שלאורך הבקע (איור 7.5).



איור 7.5: החיפושית ברקנית האשל (*Sterapsis squamosa*) החיה בעיקר באזורים החמים שלאורך הבקע (המקור: צילום דורון הורוביץ, רז 1993)

דו-חיים

"... אין במקום שומם זה דבר שחיה תוכל להתקיים ממנו. רק צפרדעים הכריזו בקרקוריהן על מציאותן שם." כך מתאר לינץ' את עין-פסחה (עינות-צוקים) בעת סיורו במקום בשנת 1847. בינתיים התברר כי למרות היות המקום "שומם", יש בו דו-חיים

חסרי-חוליות: מיני רכיכות וסרטנים אנדמיים לארץ, לבקע ים המלח או לים המלח ולנגב, נמצאו במעיינות ים המלח יותר מאשר בכל מקום אחר בארץ (Por et al., 2001), אולם האוכלוסיות והביוטופים באזור ים המלח קטנים ומאוימים. מקבוצת הסרטנים התגלו ארבעה מינים הידועים עד כה מעיינות-קנה וסמר בלבד (!!!). מינים אלה חיים במים מליחים מתחת לפני הקרקע, ומקורם כנראה במינים שהגיעו בחדירה ימית מצפון לפני כשלושה מיליון שנים. הם נתגלו ב-1989 בסקר שנוערך בעיינות-קנה וסמר לקראת הפקת מים, וייתכן שהם נמצאים גם במעיינות נוספים (דימנטמן, 1989; Dimentman & Por, 1991). רשימת חסרי-חוליות אנדמיים החיים באזור ים המלח ומקומות מציאתם, מופיעה בנספח 3. ד. רשימת בעלי החיים האקוטיים שנמצאו בעיינות-צוקים בסקר חסרי-חוליות מופיעה בנספח 3 (גזית וחוב, 2003).

דגים: האמנונים הם דגי נהרות טרופיים ששרדו במערכת הירדן מתקופה שאקלים טרופי שרר בארץ. הקרבה הגיאוגרפית של הירדן לעיינות-צוקים מבהירה את מקורם של האמנונים במקום. אמנון הירדן (*Reochromis aureus*) הנמצא בעיינות-צוקים, מצביע על שונות מסוימת מבני-מינו שבירדן. נאוויית מצויה (*Aphanius mento*) היא דג שמקורו באסיה הקטנה. שני תת-מינים של מין זה מתקיימים במקום. נאוויית ים-המלח היא מין אנדמי למעיינות ים המלח והנפוץ ביותר בהם. דג זה מאכלס את כל נופי המים סביב ים המלח (כולל ביצות רדודות וחמות) ובשפיעה חזקה ניתן היה לראות דגים רבים ממין זה בתוך ים המלח עצמו (גורן, 1989; גורן, 2003; בן-טוביה, 1990; Goren & Ortal, 1999).



איור 7.6: נאוויית ים-המלח (*Aphanius richardsoni*) מין אנדמי למעיינות ים המלח (צילום: מנחם גורן)

טריסטראם (1865) מזכיר מין של בינון מעיינות-צוקים (עין-פשחה) שמאז לא נתגלה בצד המערבי של ים המלח. דג אנדמי נוסף – עגלסת סדומית (*Garra ghorensis*) – נמצא בעין-חדיתא (במזרח האגן הדרומי), במים מתוקים הזורמים על-גבי חלוקים, ואחר כך נתגלה גם במעיינות הכיכר. נראה שמין זה נכחד בתחומי ישראל מחמת השפעות אנתרופומורפיות חזקות באזור נאות הכיכר.

מצוק ההעתקים וחוף ים המלח פרוסים לאורך תוואי נדידה מרכזי למיני עופות רבים, בתוכם עופות דורסים, עופות מים, ציפורי שיר, סיסים ושרקרקים. כתמי הצומח של המעיינות בולטים למרחוק במרחב הצחיח הסובב אותם, דבר המושך אליו עופות נודדים בסתיו ובאביב. במעיינות החוף תועדו כ-110 מיני עופות נודדים. עופות אלה חונים במעיינות החוף בעת נדידתם ומנצלים את האזור למנוחה, לאכילה, לשתייה ובעיקר לאגירת שומן לקראת המשך הנדידה. חלק מהמינים הנודדים שוהה באזור המעיינות לתקופות ארוכות יחסית – בחורף או בקיץ. חשיבות מעיינות החוף לעופות הנודדים גדולה במיוחד לאור העובדה שלא נעשה בהם שימוש בכימיקלים רעילים, וחלקם סגורים לקהל, דבר המאפשר לעופות הנודדים לנוח ולאכול באין מפריע. ייחודה של שמורת עיינות-צוקים הביא להכללתה ברשימת האתרים של נופי-מים חשובים לציפורים בקנה-מידה עולמי (IUCN, 1980). אזור מעיינות החוף ומצוק ההעתקים הוגדר גם כאחד האזורים החשובים לציפורים במזרח התיכון (Evans, 1994).

יונקים

באזור מעיינות החוף תועדו, או צפויים להימצא על-פי תפוצתם הגיאוגרפית והעדפותיהם האקולוגיות, כ-30 מיני יונקים המהווים 30% מכלל מיני היונקים של ישראל (נספח 3). מתוך רשימה של 31 מיני יונקים אלה, נתונים 12 מינים בסכנת הכחדה אזורית.

7.2.3. מינים אקוטיים, אנדמיים ושרידיים

מאז נוצר בקע ים המלח כמקום נמוך מסביבתו, הוא ניקז אליו גופי מים, הן ימיים והן יבשתיים, ונוצר בו מגוון עשיר של בתי-גידול לחים (אורטל, 1991). מגוון של נציגי פאונה אקוטית מחבלים זואוגיאוגרפיים אחדים הגיע למקום בזמנים שונים, והסתגל לתנאי המקום תוך גילוי גמישות אקולוגית. עם השתנות התנאים מסביב, נותקו מינים אלה מאוכלוסיות המקור שלהם. ראוי להבהיר שכל המינים האקוטיים החיים במעיינות ים המלח, הגיעו לפני שנוצרה המציאות הגיאוגרפית הנוכחית (להוציא ייצורים קטנים בעלי צורות-קיימא, שיכולים להגיע עם הציפורים הנודדות). ים המלח ומדברי-הודה מהווים מחסום, בבחינת 'אין יוצא ואין בא', שאינו מאפשר החלפת חומר גנטי עם אוכלוסיות המקור שנותרו הרחק ממנו. המסלול האבולוציוני המקומי הוביל לדרגות שונות של שונות גנטית ביחס לאוכלוסיית המקור, עד כדי היווצרות מינים מקומיים – אנדמיים. האנדמיזם מאפיין את הבקע בכלל, אולם במעיינות ים המלח הוא הרחיק לכת במיוחד הודות לתנאי המקום ולהיסטוריה שלו.

7.2.4. תמיכה במערכות אקולוגיות שכנות והערך הביולוגי

מעיינות חוף ים המלח נובעים למרגלות חלקו הצפוני של מצוק ההעתקים. מעיינות אלה – צוקים, קנה וסמר – הם מקורות המים והצומח הטבעיים הגדולים ביותר במרחב שבין יריחו בצפון לעין גדי בדרום, לאורך רצועה שאורכה כ-40 ק"מ באזור מדברי צחיח. מעיינות אלה נובעים כל השנה ותומכים בעושר רב של מיני חי וצומח, הן כמותית והן איכותית. לפיכך, מעיינות החוף הם מקור המים והמזון הזמין והבטוח ביותר לקיומן של אוכלוסיות טבעיות של חי וצומח המצויות בהם במשך כל השנה. חשיבותם של נאות-מדבר כמעיינות החוף רבה, לא רק למינים היציבים שחיים בהם במשך כל השנה, אלא גם בתמיכה בבעלי-חיים המתקיימים רוב זמנם מחוץ לנאות המדבר.

במערכת אקולוגית מדברית יש תנודות גדולות בזמינות מים ומזון לאורך השנה ובין שנים שונות. לפיכך, בעלי-חיים מדבריים החיים במדבר-יהודה באזורים הקרובים למעיינות, יכולים להסתמך על נאות המדבר בשנות בצורת, וכך להתגבר על תקופות קשות ולשרוד עד לבוא ימים טובים יותר. גם בתקופות שפע יחסי של מים ומזון, מספקים מעיינות החוף תנאים מועדפים למינים החיים בשוליהם. הקבוצות המנצלות את מעיינות החוף בצורה הטובה ביותר הם היונקים והעופות שמסוגלים לעבור מרחקים גדולים יחסית. עופות דורסים כזו מדברי, בז מצוי, עקב עיטי, רחם, לילית מדבר ותנשמת, וציפורי-שיר כעורב חום-עורף, עורב קצר-זנב וטריסטרימית, מקננים בד"כ במצוקים גבוהים שאינם מצויים באזור המעיינות אלא ממערב להם, לאורך מצוק ההעתקים. עופות אלה מזדמנים למעיינות החוף כשהם משחרים למזון. עופות אחרים הנמשכים למעיינות, הם ציפורי-מדבר אוכלות זרעים כעפרוני מדבר, גבתון מדבר וקורא, הנמשכים אל המים, או ציפורים אוכלות חרקים כסנונית מדבר, הנמשכות לשפע החרקים המעופפים. מבין היונקים החיים מחוץ למעיינות החוף, נמשכים למעיינות בעיקר טורפים כמו תן, שועל מצוי, צבוע מפוספס, קרקל ונמר, עטלפים אוכלי-חרקים ולעתים גם צבי ישראלי או יעל. לגבי מרביתם אין שטח המעיינות מספק את כל צורכיהם, ותחום מחייתם גדול בהרבה.

הערך הביולוגי של מעיינות החוף:

- קיומם של מינים שזהו בית-גידולם היחיד על-פני כדור הארץ;
- מערכת מים חופשית מזהום, מהבודדות בארץ;
- מקור מים ומזון ומקום מסתור ומנוחה לעופות נודדים, על ציר נדידה מרכזי;
- תמיכה במגוון מינים עשיר ובמערכת האקולוגית של מדבר-יהודה;

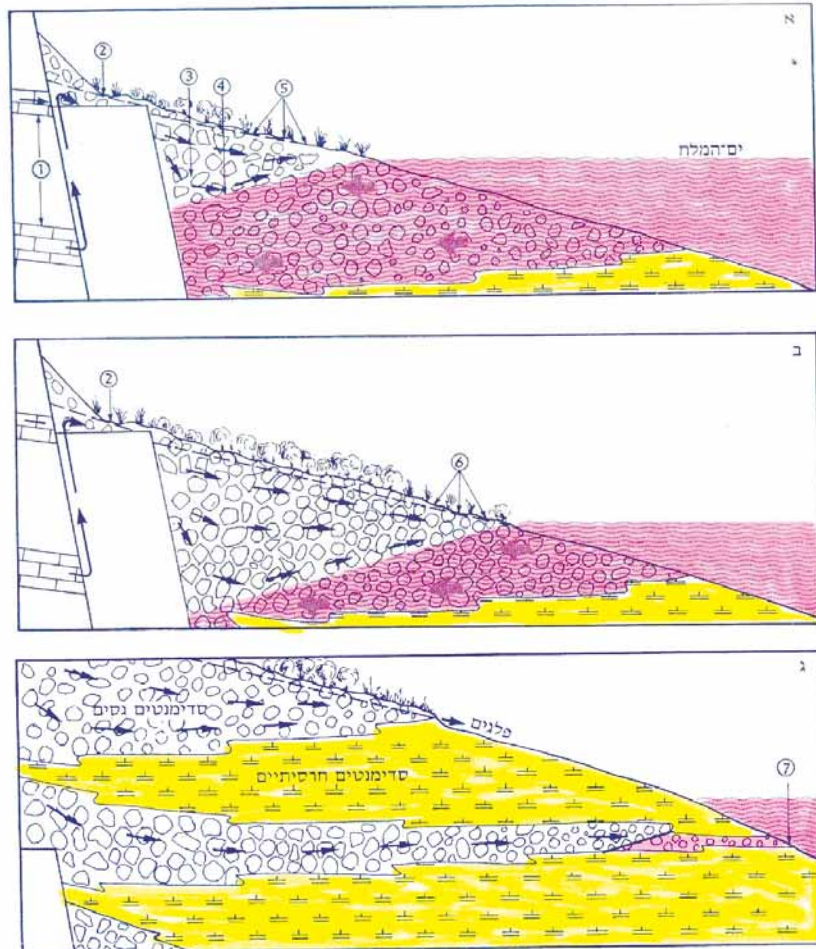
□ תרומה חשובה להבנת תהליכים אבולוציוניים, תמורות סביבתיות וקשרים עם מערכות-מים שונות בהיסטוריה של בקעת ים המלח, באמצעות המינים האנדמיים והאוכלוסיות השרידיות.

7.3. מגמות ותהליכים בנאות החוף

7.3.1. שינויים בזמינות המים

השינוי הבולט ביותר לעין המתחולל בנאות החוף כתוצאה מירידת מפלס ים המלח, הוא השינוי בממדיהם. לתת הקרקע בחלקו הגבוה של החוף, מוליכות טובה למים. בהיותה עשויה חלקיקים גסים, חדרו אליה מי האגם המלוחים והכבדים ממזרח ועל גביהם צפו מי התהום הקלים שחדרו ממערב. ירידת מפלס המים המלוחים בתחום זה ונסירתם, אפשרה למי התהום להתפשט בעקבותיהם ולתמוך בצומח שהתפשט מזרחה, בד בבד עם חשיפת פני הקרקע. המשך ירידת המפלס ונסירת קו החוף, הפגישו את החזית העוקבת של מי התהום עם משקעים בעלי חלקיקים עדינים (חרסיות) ומוליכות מים מוגבלת. חשיפת החרסיות מנעה המשך תנועת מי התהום כחזית בתת-הקרקע, בלמה את המשך התפשטות הצומח כחזית מעל פני הקרקע ואילצה את מי התהום להגיח אל פני השטח כפגעים, אשר המשך התפשטות הצומח מוגבל לאורכם (איורים 7.7, 7.11, 7.12). החרסיות החשופות הן מישורי הבוץ שבתוכם חותרים הפגעים בדרכם אל הים הנסוג, תוך יצירת 'קניוני-בוץ' (איור 7.8) ההולכים ומעמיקים (נמדדו 6 מ' עומק בעינות-צוקים ו-4 מ' בעינות-קנה).

אכלוס השטח באזורי המעיינות במיני הצומח ההידרופילי נקבע בעיקר על-ידי מליחות המים, העומק האפקטיבי לניצולם, אופי הקרקע ופעילות האדם (שרפות, שאיבה או הטיה של מים, הזרמת מים בתעלות, רעיית צאן ובקר, גידור, פריצת דרכים וכו'), ולא קל לבודד את הגורמים הטבעיים מאלה המלאכותיים. השינוי הבולט בזמינות ובמליחות המים הוא בעיקר בציר מערב-מזרח במקביל לחוף. לכן נוצרו חגורות מקבילות של צומח עם מינים שולטים שונים, מחגורה לחגורה. בדרך כלל, פרט לחופים צרים ותלולים במיוחד, החגורה המערבית, הרחוקה ביותר מהמים, היא בעלת אופי יובשני והצמח השולט בה הוא מלוח קיפת. בחגורת הביניים שולט האשל ובחגורה המזרחית קנה מצוי (איור 7.9). סביב מעיינות ובריכות ולאורך פגעים במליחות נמוכה, מתקיים חיגור של צמחים טבולים וצמחי-גדות כגון: סוף מצוי, גומא חלקלק, טיון בשרני, פלגית שיחנית, אבפטוריון הביצות, ליפיה זוחלת, קנה-סוכר גבוה, ובלומיאת בובה – שהיא נדירה, ומוגבלת למעיינות בבקע.



איור 7.7: ירידת מפלס ים המלח, שינויים בזרימת מי התהום, חשיפת משטחי הבוץ והשינויים בתפוצת הצומח (המקור: רז, 1993)



איור 7.8: "קניוני בוץ" בעינות צוקים (צילום: אלי רז ורון פרומקין)

התרחבות נאות החוף שמלווה את ירידת המפלס היא מרשימה, וכנראה גם חיובית מבחינת המערכת הטבעית שלהם והתמיכה במערכות השכנות ובעופות החורפים והנוודים, ושרידי החיגור הקלאסי עדיין ניכרים בהם. ואולם, השינויים במשטרי הזרימה העילית והתת-קרקעית משפיעים על שינויים בפיזור הצומח של נאות החוף ועל הרכבו. בשל התייבשות מקורות ששפעו בעבר (בצפון עינות צוקים) וירידת מפלס מי התהום, מתרחשת חדירה של צמחי-מדבר מזרחה, שהבולט בהם הוא רכפתן המדבר, ודחיקה מזרחה של חגורות הצומח. ירידת מפלס מי התהום המתרוקנים דרך הנביעות והזרימות החדשות מקנה יתרון תחרותי לאשל מעמיק השורש על-פני קנה מצוי ששורשיו שטחיים. המשך ירידת מפלס מי התהום אל מתחת לבית השורשים האפקטיבי לקנה

בתחרות חזקה עם סמר חד ובשולי הזרימה שולט בן-מלח מכחיל. בערוצים החדשים, מהירי הזרימה, שולט קנה מצוי באופן כמעט מוחלט. התהליכים הקיימים מצביעים לכאורה על יתרון לקנה. אף-על-פי שהאשלים אינם ייחודיים למקום, הם תומכים בפאונה עשירה, ואם יחול בהם צמצום משמעותי עלולה להתרחש תגובת שרשרת בעולם החי העשיר הנסמך עליהם. לדעת חוקר הנמלים יעקב עופר, ירידה במספר עצי האשל עלולה לפגוע באוכלוסיית אורגת האשלים בעינות-צוקים, שהם 'המעוז' העיקרי שלה בארץ, לאחר שאוכלוסיית נחל ערוגות קרסה.



איור 7.9: חיגור בעינות-סמר: צומח דליל בחגורת המלוח בתחתית התמונה, חגורת האשל במרכז התמונה וחגורת הקנה למעלה (צילום: אלי רז ורון פרומקין)

מליחות המים בנאות החוף של קנה וסמר היתה בשנות השבעים בין מאות ספורות לאלפים בודדים של מגכ"ל (אקר, 1991; ביידי וגולדשטהוף, 1972; נאור וסימון, 1988). עם חלוף הזמן גדלה משרעת המליחיות והופיעו מעיינות בעלי מליחות של עשרות אלפי מגכ"ל. לפיכך, צפוי כי המשך תהליך ההמלחה של המעינות יוביל לצמצום בעושר מיני הצומח. יש עדויות על נוכחות מיני צמחי-מים שפירים בעבר, כדוגמת ערבה מחודדת, ואפשר שהיעלמותם או נדירותם קשורה בעליית המליחות.

המצוי, גורם לדחיקת חגורת האשל מזרחה, אך לא אל מישורי הבוץ, שם מתקשים האשלים להתבסס ולהתפתח. הקנה המצוי, לעומת זאת, הוא מאכלס זריז של בתי-גידול חדשים עם מיתתם גבוהים ומלוחים, כגון שטחים שרופים ומישורי-בוץ נחשפים, שמי המעינות מגיעים אליהם תחילה כזרימת-שטח.

התחנתות הפלגים לאחור עלולה לפרוץ בעתיד את דופנות מקווי המים בעלי חיגור גדות טיפוסיות, שהם גם מקומות חיותם של דגים וחסרי-חוליות אקוטיים. בעיקר מאוימים האמנונים, הזקוקים למקווי-מים גדולים-יחסית. ראוי לתשומת לב דיווחה של רוחמה ברלינר (1981) על היעלמות נאוית המלחות מעיינות-סמר, ועל נדירותה בעינות-קנה. באותו דוח מציינת ברלינר את הקטנתם המשמעותית של מקווי המים כתוצאה משינוי משטר הזרימה, וסביר שיש קשר בין הדברים. לאור ממצאי סקר פאונטיסטי

התחנתות ערוצים במשטחי הבוץ גורמת לניקוז מים רבים לתוכם על חשבון הסביבה הגבוהה יותר, שמתייבשת. במעבר מזרימות שטחיות לזרימה נמרצת בערוצים המתעמקים, מתנוונת חברת צומח המאפיינת זרימות-שטח רדודות, שבה קנה מצוי נמצא

טבלה 7.1 דוגמאות לזיקה שבין מיני צומח שכיחים במעינות החוף לבין מליחות המים זמינותם

הערות	ריכוז מלח במים (מגכ"ל)			שם הצמח
	שכיח	מקסימום	מינימום	
במלחה לחה, מיתתהום בעומק 2-3 מ'	500-200	1,000	200	אוכס חד-ביתי
		1,200	335	סמר חד
בקרע לחה		1,200	335	קנה-סוכר גבוה
טבול במים	520-285	2,500	285	סוף מצוי
צמח גדות	1,200-285	2,500	285	בלומיאת בובה
במיתתהום גבוהים	5,200-2,000	6,050	285	קנה מצוי
במיתתהום נמוכים 1-1 מ' ונביעות מלוחות	6,050-4,200	6,050	285	אשל
חגורה מערבית יובשנית, עומק מיתתהום 4-8 מ'	1,000-800	1,000	800	מלוח קיפח
	7,500-1,000	8,500	550	ימלוח פגום
ביצות מלוחות ושולי זרימות רדודות	5,700-2,100	6,000	1,000	בן-מלח מכחיל

שנערך ב-1988 בעינות-סמר, מציין ד"ר חנן דימנטמן (1989) שהשינויים הגדולים במשטר הזרימה ובמליחותיות גרמו לשינויים בתמונה הפאונסיטית הכללית.

המינים האנדמיים של חסרי החוליות האקוויטיים הם הערך המדעי המוביל של מעיינות החוף, והמידע שבידינו מוגבל ונכון לכ-12 שנים לאחור. מרבית המינים הללו קשורים לנביעות עצמן, ונוכח השינויים שחלו בהם קיימת אי-ודאות מוחלטת לגבי התהליכים העוברים על אוכלוסיות אלו במציאות הנוכחית. ללא סקר מקיף לתיעוד המצב הנוכחי, אין אפשרות להשוות לעבר וממילא קשה להסיק לגבי העתיד.

7.3.2. שינויים בעינות-קנה וסמר

עינות-קנה ועינות-סמר משתרעים לאורך החוף ברצועה צרה שאורכה כ-5 ק"מ ורוחבה כמה מאות מטרים. המעיינות תחומים במערב במרגלות מצוק ההעתקים; במזרח – בקו החוף של ים המלח, בצפון – בשפך נחל קנה, ובדרום – במניפת הסחף של נחל דרגות. עינות-קנה (ע'זויר) הם הגוש הצפוני המשתרע לאורך 1.83 ק"מ בציר צפון-דרום, בין קווי הרוחב 613350 ל-615180, ועינות-סמר (תוריבה) הם הגוש הדרומי, המשתרע לאורך 3 ק"מ בציר צפון-דרום, בין קווי הרוחב 610000 ל-613000. ירידת מפלס ים המלח גרמה להתפשטות גושי הצומח של המעיינות עם הזמן ולצמצום המרחק ביניהם, ולפיכך יש נטייה להזכיר אותם בנשימה אחת, ואף לציין שהם התחברו לגוש אחד. בדיקה פרטנית מעלה שאין רצף בין הגושים ושהם שומרים על מאפיינים שונים לאורך זמן רב (איור 7.10).



איור 7.10: מבט כללי על עינות-קנה (הגוש השמאלי) ועינות-סמר (הגוש הימני הרחוק). שימו לב לאירציפות שבין הגושים (צילום: אלי רז ורון פרומקין)

השינויים במאפיינים האקולוגיים והסביבתיים שהתרחשו במעיינות-קנה וסמר בארבעים השנים האחרונות, מושפעים משני גורמים עיקריים:

□ ירידת מפלס ים המלח ונסיגת קו החוף, שגרמו לשינויים הן במפלס מי התהום ובפיזור הנביעות, הן במליחותיות והן במערכות הניקוז על-פני השטח.

□ ריבוי שרפות ופגיעה ישירה ועקיפה בחי ובצומח ניכרים משנות השישים המאוחרות, בעקבות פריצת כביש 90 ושיפור הנגישות למבקרים באתר.

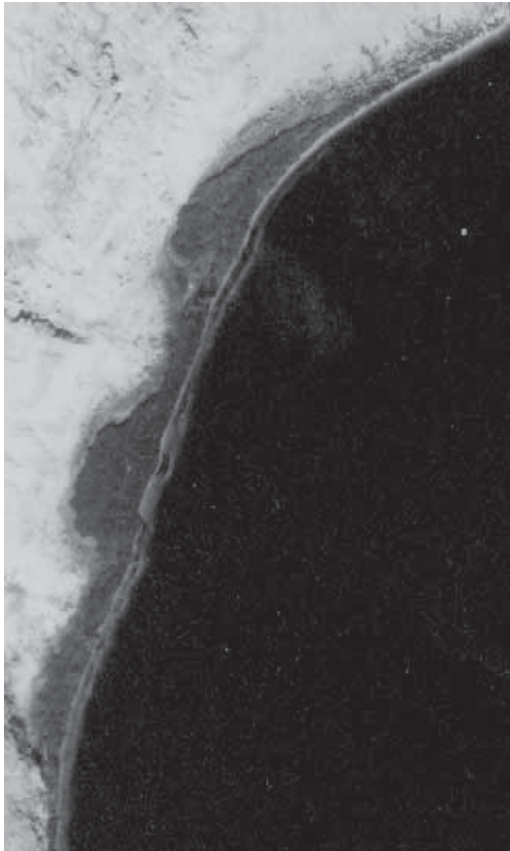
עקב ריבוי השרפות במעיינות, קיים קושי לבדל את השפעתן על הצומח מהשפעת ירידת המפלס ומהשינויים ההידרולוגיים הנובעים ממנו.

עינות-קנה: השוואה בין תצלומי-אוויר מינואר 1945 ומנובמבר 2002 (איור 7.11), מראה כי חזית הצומח ההידרופילי התפשטה כ-200 מ' לכיוון מזרח וכ-350 מ' לדרום. מי התהום מגיחים מחזית הצומח אל פני השטח כפלאים הזורמים לכיוון דרום-מזרח. הצומח מתפשט עם הפלאים ובתוכם ומגיע עד לקרבה ניכרת לחוף הנוכחי, שהתרחק כ-850 מ' מקו המשאבה (איור 7.12).

כיוון הזרימה של הפלאים על-פני משור הבוץ והתפשטות הצומח לאורכם, אינם מושפעים מכיוון הזרימה בתת-קרקע אלא מפני השטח בלבד. הגורם הראשי הקובע את דגם הניקוז על-פני משור הבוץ הנחשף, הן תעלות ארוזיביות שנוצרות על-גבי הסדימנט, אשר מתחתרות ומעמיקות עקב ירידת מפלס ים המלח.

לפי דוחות של רשות הטבע והגנים, בשנים 1971-1975 היה חיגור צומח ברור, ואילו ב-1986 לא היה חיגור. התמורות העיקריות שעולות מהדוחות הן תזוזה של חגורת האשל מערבה, על חשבון הקנה, כצפוי ממגמת ירידת מפלס מי התהום, והעובדה שסוף מצוי – צמח של מים מתוקים-יחסית – שהיה שכיח ב-1975 – נעשה נדיר למדי ב-1986. השינוי הבולט ביותר כיום (מלבד ההתפשטות) הוא התפוגגות החגורה המערבית של המלוח. החגורה דלילה מאוד, פרטים רבים בה שרופים וישנה חדירה של צמחי-מדבר מובהקים כמו רכפתן המדבר ואף יפרוק זיפני.

לעומת הדיווח על נדירות הסוף המצוי והיעלמות הערבה המחודדת, שנשרפה ולא התאוששה, ראוייה לציון התחדשות של גושי צפצפת הפרת, וכן כתמים בשליטה של קנה-סוכר גבוה בליווי אשלים קטנים וסמר חד, וכן כתם של קנה-סוכר גבוה עם אבפטוריון הביצות, סמר חד, מעט קנה מצוי ואשלים קטנים, בלוויית הסחלב הנדיר בן-חורש גדול! להרכבי הצומח שצוינו בשורות האחרונות יש חשיבות רבה בהיותם מייצגים סביבות בעלות מליחות נמוכה יחסית. מתצפית רשות הטבע והגנים, לפיה



איור 7.11: עינות־קנה – תצלומי־אוויר משנת 1945 (משמאל) ומשנת 2002 (מימין) (המקור: המרכז למיפוי ישראל)



איור 7.12: עינות־קנה – הצומח התפשט עד קו מסוים כחזית, וממנו מזרחה, לאורך פלגים ובתוכם, עד לקרבת החוף (צילום: אלי רז ורון פרומקין)

לא היה חיגור ב־1986, עולה כי המצב הנוכחי דומה יותר לזה ששרר ב־1971 מאשר לזה של 1986. ייתכן שהדבר קשור לשרפות, ואם אכן כך הדבר, ייתכן שהתמונה הנוכחית מעידה על תהליך שיקום ומגמה של חזרה לשיווי המשקל הקודם.

עינות־סמר: השוואה בין תצלומי־אוויר מינואר 1945 ומנובמבר 2002, מעידה על התפשטות של הצומח דרומה, לאורך שני ק"מ ויותר. לצומח המאכלס את השטחים החדשים חזות רעננה ומשגשגת והוא עוקב אחר הפלגים הזורמים מזרחה עד קו החוף הנסוג. במפרץ סמר, אתר הנביעות ההיסטורי, התקדמה חזית הצומח רק כ־110 מ' מזרחה (בקו המשאבה), תוך שמירה על דגם חיגור מקביל לחוף, אך עם חגורות מבודרות יותר, צומח דליל יותר וחזות של עקה. בין חזית הצומח לבין קו החוף שנסוג בכ־300 מ', נותר שטח עקר המתרחב עם הזמן, והוא מכיל בחלקו מקבצי בולענים עם גופי־מים שמליחותם כמחצית ממליחות ים המלח. חלק מהבולענים התחברו והפכו לאגמים קטנים, המנקזים אליהם מי־מעיינות הניגרים דרכם אל הים, אך אין התבססות

צומח סביב הבולענים ולא לאורך הפלגים המתנקזים אליהם (איור 7.13). בקטע הדרומי והצפוני יותר מבחינת הצומח וגם מבחינת הבולענים, מגיע הצומח עד קו הבולענים, אולם אינו עובר אותם. נראה שלמרות המיהול של מי המעיינות במי התהום המלוחים של הבולענים, מלוחים מים אלה יותר מדי עבור הצומח.



איור 7.13: עינות סמר ההיסטוריים – דלדול הצומח בחגורות וחזות של עקה, בולענים מפותחים שהתחברו לאגמים המנקזים מים ומייבשים את סביבתם (צילום: אלי רו ורון פרומקין)

ב-1945 היה הצומח ההידרופילי מוגבל לחוף מפרץ סמר (בין קווי רוחב 612 ל-613). הגבול המערבי של החגורות הנוכחיות שומר על מתאר חוף זה. דוחות של רשות הטבע והגנים מציינים התייבשות במערב, חדירה של צומח יובשני ודחיקת החגורות מזרחה, כאשר שטחים שהיו בשליטת קנה נתפסו על-ידי אשל. כמו כן מצוין שסוף מצוי, שהיה שכיח ב-1975, נעשה נדיר למדי ב-1986. מיפוי צומח שנערך בשנת 1971 באזור הצפוני, מראה חיגור ברור עם חגורה רחבה של מלוח קיפח במערב, חגורה ברורה וכמעט רצופה של אשל וחגורה מזרחית של קנה. במרכז, סמוך לנביעות העיקריות וכנראה בהשפעתן, היה כתם בשליטת קנה סוכר גבוה ומובלעת של סוף מצוי. חיגור מתועד זה עבר שרפה גדולה ב-1973 אשר ערערה את החיגור ואת הכיסוי היחסי של המינים השונים במרכז השטח.

כיום, כמו במיפוי של 1971, בתחום ההיסטורי של עינות סמר (מפרץ סמר) גבוה הכיסוי היחסי של האשל (כולל האשל השרוף) משל הקנה, וניתן לזהות את המערך ההיסטורי של שלוש החגורות המוסטות מזרחה. אולם הצומח בהן דליל יותר, הטרוגני יותר ועם חזות של מצוקת מים, פרט לכתמים בודדים. לא נמצא אזור, ולו קטן, בשליטת קנה סוכר גבוה ולא נמצאו סוף מצוי או צפצפת

הפרת. באופן כללי מעטים כאן הצמחים בעלי הדרישות למים במליחויות נמוכות יחסית.

הצומח הצעיר באזור שמדרום למפרץ סמר ניזון ממעיינות הנובעים מרצועה צרה של סדימנטים גסים שנחשפו זה מקרוב לרגלי המצוק. רצועה זו, שבה התבססו אשלים, מגירה מים המשקים חגורה מזרחית רחבה מאוד של קנה המאכלס במהירות מישור-בוץ הולך ונחשף. החיגור ברור, אף כי הגבול המזרחי של חגורת הקנה הוא 'דיפוזי' בהשפעת הפלגים הצעירים והקצרים הניגרים מזרחה. בחלק המרכזי הנמצא מתחת למצוק, חסרה חגורת המלוח והיא מופיעה רק בשוליים המתרחבים מצפון (כהמשך לחגורת המלוח של מפרץ סמר) ומדרום. חגורת האשל נמצאת לכל האורך, אך היא צרה מאוד ושרופה ברובה. כללית, דומה תמונת הצומח כאן לזו של עינות קנה, למעט נוכחות מינים בעלי דרישות למליחות נמוכה יחסית, שנתרו עד היום בעינות קנה ושרדו בקושי במפרץ סמר. תמונה זו מעידה על משטר מים דומה לזה של עינות קנה, אך במליחויות גבוהות יותר.

מסקנות

שתי המגמות העיקריות בעינות קנה וסמר הן:

□ **צומח עינות קנה מתפשט לכיוון דרום-מזרח.** ההתפשטות הנוכחית של הצומח על-גבי מישור הבוץ הנחשף מתרחשת לאורך הפלגים, עד לקרבת החוף הנסוג.

□ **דילול הצומח במפרץ סמר** מתרחש במקביל לנדידת פוטנציאל המים דרומה והתפשטות של צומח רענן בעקבותיו. דלדול בכמות המים הזורמים מזרחה, מעל ומתחת לפני השטח, שפילתם בהשפעת הבולענים וכן מליחות המים בבולענים, מונעים התבססות חדשה ממזרח להם.

הקריטריונים האקולוגיים שנבחנו מצביעים על הבדלים מהותיים בין עינות קנה לסמר. התהליכים השליליים והאיזמים הקשורים לירידת המפלס פועלים על שניהם, אך 'תפסו' את עינות קנה בנקודת התחלה טובה יותר, שסיבותיה נעוצות בתנאים הידרו-גיאולוגיים שביטוייהם החשובים לעניין זה: מפלס רדוד יותר, מליחויות נמוכות יותר ושפיעה גדולה יותר. אין ספק שמפרץ סמר נמצא בדעיכה ופוטנציאל המים שלו עובר לרצועה הדרומית, אם כי לא באיכות ההיסטורית שיכלה לתמוך בכל מגוון הצומח המקורי של סמר. לעומת זאת, חוסר הרציפות הנוכחית וההיסטורית של הצומח בין עינות קנה לעינות סמר, והידלדלות הצומח במפרץ סמר הגובל בעינות קנה השופעים מדרום, מצביע על מחסום הידרולוגי החוצץ ביניהם ותורם בין היתר להבדלים האקולוגיים בין שתי נאות החוף.

7.3.3. שינויים בעינות-צוקים

בשנות הארבעים של המאה העשרים היתה עינות-צוקים שטח למרעה בקר ובה גדלו, בין היתר, הרדוף הנחלים, עבקה שכיח וצפצפת הפרת. על-פי אלי רז (1993) שלושת המינים הנ"ל נעלמו מן השמורה, אם כי בראשית שנות התשעים חזרה צפצפת הפרת ונבטה בשטחים שמהם נסוג ים המלח. עבקה שכיח תועד בשמורה ב-1992 (מיכלסון 1992).

רבינוביץ (1943) מציין כי בעין-פשה (עינות-צוקים) שולטות חברות הידרופיליות: קנה מצוי – במקומות העשירים ביותר במים, קנה מצוי – סמר ימי – במרחק מה ממרכז הביצה, ואשל מרובע/אשל היאור – סמר ימי – בשולי הביצה, בלוויית טיון בשרני.

עזי פז (1973) מציין כי חברת הצומח השלטת בעינות-צוקים היא אשל היאור ואשל מרובע, הגדלה במקומות שבהם אין מים גלויים על-פני השטח. חברה זו מתפשטת מזרחה למקומות הנחשפים עם נסיגת הים. חברה בולטת נוספת היא קנה מצוי. במקומות מתוקים יותר גדל גם סוף מצוי, וכן מרור ימי, טיון בשרני, ליפה זוחלת, עדעד ביצות וגומא חלקלק. במקומות שבהם מי התהום גבוהים יותר ומלוחים יותר, גדל סמר חד. בשטחים היבשניים יותר – בעיקר כלפי צפון ומערב – גדלים צמחי מלחה כמלוח קיפח, ימלוח פגום, הגה מצויה, ערר כרתי ושרשר שיחני.

הפסקת הרעייה בשמורה ושרפות חוזרות ונשנות, הביאו במשך השנים להשתלטות קנה מצוי על שטחים נרחבים, תוך דחיקתם של מינים אחרים. נוף השמורה השתנה מאחו לח, הכולל מגוון מינים גדול, לסבך קנים, שהוא דליק במיוחד. כדי למנוע השתלטות קנה מצוי על שטח השמורה, הוכנסו לשמורה בשנת 1981 חמורים אחדים. מספר החמורים גדל בהדרגה ל-26 ב-1986, ול-35 ב-1991.

ב-1986 מציין אהרון דותן כי הנביעות הצפוניות הולכות ומתייבשות, ואילו בחלק הדרומי מופיעות נביעות רבות. באזור הצפוני מוחלף בהתאמה הקנה (למעט כתם קטן בעין-ע'זאל) בצומח יבשני או עמיד למלח (אוכס חד-ביתי, שרשר שיחני, סמר ערבי, מלוח קיפח, עדעד מאובק) ואילו הצומח ההידרופילי מתפשט דרומה עד מניפת נחל קדרון. כמו כן, עם נסיגת הים מתפשט הצומח מזרחה, אך עדיין בלי התייבשות רצינית בחלק המערבי. ברוב השטח מגיעה צמחיית הקנה והאשל עד סמוך לכביש.

על-פי דותן, חברות הצומח השולטות בעינות-צוקים הן קנה מצוי, אשל היאור ואשל מרובע, ואילו הקנה המצוי שולט באזורים עם מי-תהום גבוהים יחסית. בשולי בריכות שמליחותן נמוכה כנראה, גדל סוף מצוי. בשולי תעלות ובריכות גדלים פלגית שיחנית ומרור ימי. בשוליים המזרחיים של חגורת הצומח גדלים בלומיאת בובה

וגומא חלקלק. במקומות עם מים במליחות גבוהה למדי, גדלים סמר ערבי וטיון בשרני.

על-פי מיכלסון (1992) החברה הנפוצה והיחידה הגדלה סמוך לחוף הים היא אשל היאור ואשל מרובע. במקווי-מים מתוקים שולטים קנה מצוי, עבקה שכיח וסוף מצוי. בסבך הצומח גדלים סמר ימי, גומא חלקלק, טיון דביק וטיון בשרני. ליד נביעות מלוחות גדלים בן-מלח מכחיל וכף-החתול השרועה. במקומות בעלי מליחות בינונית גדלים אוכס חד-ביתי, אוכס שיחני, ערר כרתי והגה מצויה. בשטחים יבשים ומלוחים גדלים מלוח קיפח ומלחית קשקשנית.

בשנים 1995-1996 נערך בשמורה מעקב אחר השתנות הצומח כדי לנטר את ההשפעות של רעיית החמורים ולבחון את הממשק המונהג בשמורה. ככלל, נמצא שהרעייה השפיעה על פתיחת שטחים שבהם גדל קנה ותרמה להגדלת עושר מיני הצמחים בשמורה (דולב 1996).

מסקנות

ארבע הנקודות המרכזיות במגמות השינויים בעינות-צוקים הן:

□ הנביעות הצפוניות בעינות-צוקים מתייבשות בד בבד עם השתלטות צומח יבשני באותם אזורים וזאת בשעה שהצומח ההידרופילי מתפשט דרומה ומזרחה.

□ תהליכי הצחחה בחגורה המערבית ותזוזה של חגורות הצומח מזרחה, משותפים לנאות החוף, בעיקר בעינות קנה וסמר, וקשורים לגורם משותף – ירידת מפלס ים המלח. גם לשרפות השפעה על השינויים בחיגור הצומח ובשינוי באחוזי הכיסוי בין המינים, אולם יכולת השיקום של נאת-קנה גבוהה משל נאת-סמר בשל ההבדל בנתונים ההידרוגיאולוגיים. בנאות-צוקים ניכרת השפעה רבה של התערבות האדם על חברות הצומח (שרפות, רעייה, גידור ועוד) ולפיכך קשה לבדוד את הגורם העיקרי להרכב הצומח הנוכחי.

□ המין השולט במפרץ סמר (עינות-סמר ההיסטוריים) הוא האשל, ואילו ברצועה הדרומית החדשה שולט הקנה. בצומח עינות-קנה שולט זה עשרות שנים הקנה המצוי. מכאן שתמונת המצב הכללית והקבועה היא של מי-תהום גבוהים יותר בעינות-קנה לעומת עינות-סמר. התהליכים הקיימים בנאות קנה וסמר מצביעים, לכאורה, על יתרון הקנה המצוי על-פני האשל. בנאות-צוקים ניכרת התפשטות אשלים על-פני שטחים גדולים יחסית, זאת בשל רעייה אינטנסיבית של חמורים הניזונים בעיקר מקנה, או בשל ירידת מפלס מי התהום.

□ ההמלחה – הן לפי המדידות והן לפי הרכבי הצומח, גדולה ההמלחה יותר בעינות-סמר מאשר בעינות-קנה, ונראה שהיא גורמת לירידה במגוון המינים.

7.3.4. השינויים הצפויים בנאות החוף עקב נסיגת קו החוף

רום המפלס החזוי לשנת 2025 הוא 440- מ'. כתוצאה מכך יתרחבו מישורי הבוץ עד כ-1,200 מ' מזרחה לנביעות הנוכחיות באזור קנה. הצפי שלהלן מניח שבתקופה זו יישמרו מגמות השינויים האקולוגיים הנוכחיים, בהמשך להתרחבות מישורי הבוץ.

תימשך המגמה הכללית של ההמלחה המלווה את ירידת המפלס וצפייה ירידה במגוון המינים. חלקם היחסי של המינים הרגישים למליחויות גבוהות בהרכב המינים ובכיסוי השטח יפחת ובעינות-סמר הוא אולי אף ייעלם. משני המינים ההידרופיליים המובילים בנאות החוף צפוי יתרון שילך ויגבר, לקנה על-פני האשל.

רדיפת הפלגים בעקבות קו החוף הנסוג תימשך על-גבי מישור הבוץ הנחשף, למעט במפרץ סמר. חתירת הפלגים תגרום לשינויים בהרכב הצומח בקרבנם, ובהמשך – לניקוז השטח ולהתייבשות הצומח מחוצה להם, ואולי אף לצמצום זמינות המים ברצועה המערבית. לאורך הפלגים ימשיך להתפשט מזרחה צומח הידרופילי, אלא אם תהיה התפתחות חזקה של בולענים שתמנע זאת.

במפרץ סמר יימשך הדילול בחגורות הצומח ההידרופילי, מלווה בחדירה גוברת של צומח יובשני (כגון, רכפתן המדבר ויפרוק זיפני). ההתפתחויות במעיינות מדרום למפרץ סמר תהיינה דומות לאלו של עינות-קנה, אך בפיגור פאזה, והצומח יתקדם לאורך הפלגים עד סמוך לקו החוף או עד לבולענים, במידה שיופיעו. לא ברור אם הנביעות ימשיכו להתפשט דרומה ועד היכן, אך אם הן יגיעו למניפת נחל דרגה הסמוכה, תיתכן התבססות של הצמחייה כחיגור מקביל לחוף. במקרה זה ההשתרעות הנרחבת יותר של תשתית החלוקים הגסים מזרחה, תאפשר גם נדידה נרחבת יותר של חגורות הצומח מזרחה, בהמשך לירידת המפלס, עד לבלימתו על גבול מישורי הבוץ.

בין שנת 2025 לשנת 2050 צפוי המפלס לרדת עד לרום של 465- ולחשוף באזור קנה וסמר מדרון חוף תלול שיגביר את עצמת התחתרות הפלגים ויחריף את המגמות שתוארו לעיל. ירידת המפלס עשויה לשחרר את הלחץ מעל מוצאי תת-אקוויפרים עמוקים יותר, שלא היו פעילים עד כה, ואלה עלולים לשחרר את מי אקוויפר החוף ישירות לים, עמוק מתחת ליכולת הניצול של הצומח (איור 3.ג) ולגרום להתייבשות המקורות הסמוכים לפני השטח. אם תתממש חזות קשה זו, היא תגרום לאבדן נאות-קנה וסמר על ערכיהן הייחודיים.

7.4. חופי הים המדבריים

ההגדרה 'חופי הים המדבריים' מתייחסת ליתרת חופו המערבי של האגן הצפוני של ים המלח, מדרום לנאות החוף, אשר מתאפיינת

בהיעדר נביעות-מים באיכות מספקת לקיום כתמי צומח הידרופילי עילאי. לאורך חוף זה נבחנו ההשפעות של ירידת מפלס ים המלח בארבעה מקומות המייצגים ארבעה בתי-גידול שונים זה מזה: חוף עין-גדי מייצג חופי חלוקים, מניפת נחל חבר מייצגת מניפת סחף פעילה, מישור צאלים מייצג מישורי-בוץ שנמצאים בתהליך התייבשות וקטע החוף שלם-עין-גדי עשיר במעיינות תרמו-מינרליים.

7.4.1. חוף עין-גדי

חוף עין-גדי נמצא בין מניפות הנחלים דוד וערוגות והוא אחד הקטעים הבודדים בחוף ים המלח בו קיים חוף חלוקים ברצף לאורך יותר מקילומטר (בציר צפון-דרום), ללא רצועת-בוץ בינו לבין קו החוף הנוכחי.

השטח שבין המניפות, ממערב לכביש 90, הוא בעיקרו שטח חקלאי שרובו נסגר בינתיים לשימוש בגלל הופעת בולענים והוא לא יידון כאן. לשטח שמזרח לכביש 90 שני ייעודים: מצפון לערוץ נחל ערוגות – שמורת טבע מדרום לערוץ נחל ערוגות – אזור שירותים ומתחם תיירות שנסגר בינתיים בגלל בולענים ומחנה צבאי שפונה אף הוא מאותה סיבה. התשתית הטבעית ומערכת הניקוז לאורך החוף מופרים לחלוטין בגלל פיתוח שירותים ומתקנים המגיע עד לקו המים ובגלל כביש 90 והטילת המלווה אותו, המשפיעים אף הם על פיזור הזרימות העיליות ועל משטר התחתרות הערוצים. כך גם לגבי המערכת הביולוגית של החוף מדרום לנחל ערוגות.

ב-1986 נערך סקר צומח לאורך החוף (לוי, 1986) מנחל ערוגות וצפונה, בקטע המוגדר כשמורה, ותועדו בו עשרות מינים. תיעוד נוכחי של הצומח מתבצע על-ידי ביולוג השמורה (מיכאל בלכר, בע"פ) והוא כולל מאות מינים, בכללם כל אלה שתועדו בעבר. השוואת הסקרים הללו מראה שלפחות ב-18 השנים האחרונות לא היתה לירידה המשמעותית במפלס הים כל השפעה שלילית על הצומח לאורך החוף בקטע הנידון.

7.4.2. מניפת-חבר

מניפת-חבר שונה מהמניפות הגדולות האחרות בכך שהיא כמעט לא הופרה על-ידי פעילות אנושית. חלקה הצפוני מוגדר כשמורת טבע, וכיסוי חלוקים גסים מבדיל אותה מסביבתה. עד 1974 נראו נביעות של מים תרמומינרליים בשולי המניפה, אך עם ירידת המפלס נעלמו הנביעות. לאחרונה נתגלתה מחדש נביעה כזו סמוך לקו החוף הנוכחי.

השטחים הנחשפים כתוצאה מירידת המפלס אינם מתאכלסים כמעט בצומח רב-שנתי. ממזרח לכביש 90 מפוזרים עצי-שיטה

הצבאים נמנעים מלשהות בעומק השטח החשוף ונראה שאינם מותאמים לתנועה על טרשי המלח השבירים והחדים. ברוב התצפיות נראו הצבאים בחלק המערבי היבש של השטח העקר בפעילות שאינה יכולה להתפרש כשיחור למזון. על פי הספרות, צבי המדבר קשור לאפיקי נחלים גדולים במדבר וניזון מהצמחים הנפוצים בהם: בעיקר מעלים ותרמילים של עצי שיטה וגם מרכפתן המדבר, מלוח קיפח, הגה מצויה וסילון קוצני. שלושת הראשונים נפוצים ממערב למישור צאלים וצבאים אכן ניזונים מהם שם. על-פי תצפיות בצבאים דרוסים שנמצאו על כביש 90, נראה שהצבאים הנצפים במישור צאלים מגיעים אליו מאזור הרעייה המסורתית שלהם, ובהיעדר מקורות מזון, מן הסתם הם מפיקים ממנו תועלת אחרת. לחיית-מישורים כגון הצבי יש יתרון הישרדותי בשטח שבו התצפית למרחקים גדולים אינה מופרעת, והוא מהווה מרחב התרעה מפני טורפים. ייתכן שהצבאים שוהים במרחב זה כל אימת שאינם זקוקים לתור אחר מזון, או שהם נמלטים אליו בשעת סכנה. יונקים אחרים הנצפים שם או שעקבותיהם נראים, הם זאבים וצבועים שכנראה נמשכים לשטח בעקבות הצבאים, וכן מכרסמים וארינמלים.

עין-גדי נחשבה לקצה גבול התפוצה הצפונית של צבי הנגב, אולם עופר שנאסף בקליה מצביע על האפשרויות שנפתחו להתפשטות האוכלוסייה צפונה, כנראה בזכות התרחבות מישור החוף בעקבות ירידת מפלס ים המלח.



איור 7.14: מישור צאלים – אשלים ליד בולען המנקז מי-גשמים
(המקור: רז, 2002)

7.4.4. חוף-שלם – עין-גדי

ירידת מפלס ים המלח מלווה בריבוי גדל והולך של מעיינות ופלאים תרמומינרליים (איור 7.15). התופעה מרוכזת במיוחד מדרום למצפה-שלם והתפשטה דרומה, במקביל לירידת המפלס, בואכה עין-גדי.

בודדים (בעיקר שיטה סוככנית), בעיקר בשוליים המערביים של המניפה, ובכל תחומה פזורים שיחים רב-שנתיים ובהם רותם המדבר, מלוח קיפח ורכפתן המדבר, אשר ביחד עם השיטים הם מהווים יסודות חשובים במארג המזון. השיחים מתמעטים במורד המניפה ואינם נראים מתחת לרום של 395-, אולם צומח עונתי נובט שם בחורפים גשומים. בבולענים שנפערו במניפה ברום שבין 380- ל-390- מופיע חתך דק (וצעיר) יחסית של חלוקים על-גבי חתך עבה של חרסיות מלוחות. ייתכן שהדינאמיקה על-פני המניפה והחרסיות המלוחות שמתחת, מקשים על התבססות הרב-שנתיים.

במניפת-חבר מתקיימת האוכלוסייה הצפונית ביותר בעולם של חרדון-צב מצוי (בלכר ובלכר, 1999) אוכלוסייה זו מבודדת אך יציבה. הניידות המוגבלת של חרדון-הצב ותלותם במקורות המזון, ובעיקר בשיטים (בוסקילה 1984), מונעת את התפשטותם אל השטח שנחשף. לעומת זאת, צבאים, שהם בעלי ניידות גבוהה, נראים גם בשטחים שנחשפו. לפי ביולוג השמורה, מיכאל בלכר (בע"פ), שטחים אלה אינם יכולים לשמש יעדים לצבאים המשחרים למזון ונראה כי הם משמשים מסדרון אקולוגי למעבר בין יעדים כאלה. זאבים וצבועים הנראים בשטחים אלה, מגיעים אליהם כנראה בעקבות הצבאים.

באופן כללי לא ניתן לזהות עד כה השפעה שלילית של ירידת מפלס הים על המערכת האקולוגית באזור מניפת-חבר.

7.4.3. מישור צאלים

בשל המליחות הרבה, נותרים מישורי הבוץ חשופים מצומח לשנים רבות. החלקים המערביים של מישורי הבוץ שנחשפו מוקדם יותר, מתייבשים ופניהם מתבלים והופכים לאבק דק ומלוח הנישא ברוח. אכלוס שטחים אלה בצומח הוא אטי מאוד ומוגבל למגוון נמוך של הרכבי צמחים סובלי-מלח ולמקומות נמוכים המנקזים מים. לעומתם, חופי חלוקים שנחשפו נשטפים מהמליחים ומתאכלסים באופן בולט בצומח מגוון, ובכמה מקומות הם הפכו גם למוקדי-פריחה עונתיים המושכים מבקרים. המשמעות האקולוגית של מישורי הבוץ נבחנה במישור צאלים – תוספת מרחב של כ-15 קמ"ר. השוליים המערביים של מישורי הבוץ מתאכלסים בצמחייה באיטיות רבה, בעיקר בצמחי-מלחה ממשפחת הסלקיים, כגון בך-מלח מכחיל ומיני מלחית ואוכם. בערוצים שלאורך נתיבי הניקוז (הרדודים) האכלוס מעט מהיר יותר ומופיעים בהם גם מלוח קיפח ופרוק זיפני. חלקים גדולים של השטח החשוף מכוסים בקרומי-מלח ורובו ככולו חסר צומח, למעט בולענים, שאחדים מהם מנקזים מי-גשמים ומאפשרים קיום מקבצים קטנים של אשלים (איור 7.14). למרות החזות העקרה יש בשטח לא מעט עקבות של מכרסמים קטנים ואף מחילות. בולטת מאוד נוכחות קבועה של עדר צבי הנגב (*Gazella dorcas*) בן כ-15 פרטים. עדר זה הוא חלק מהאוכלוסייה הצפונית ביותר של מין זה.

אותו לתרכובת נדיפה בעלת ריח חריף – סולפיד (H_2S). לעתים יש צפיפות גבוהה מאוד של בקטריות פוטוסינתטיות בשלוליות ובנתיבי הזרימה, וכן משקעים של היסוד גפרית, הנוצרים עקב חמצון חוזר של הסולפיד בתהליך הפוטוסינתזה וכנראה גם במהלך החשיפה לחמצן האטמוספרי. הבקטריות הפוטוסינתטיות הן כנראה היצרניות הראשוניות של המערכת ואליהן קשורות במישרין, או דרך גורמים נוספים, אוכלוסיות של חרקים הנמשכים אל משטחי הבקטריות. בניגוד למערכת הביולוגית של ים המלח, שהיא מבודדת לחלוטין, סביר שקיימים קשרים בין המערכת של המעינות התרמומינרליים לבין המערכות השכנות. שאלת יחסי הגומלין בין מערכת אקולוגית זו, שבסיסה מתרחב עם הזמן עקב ירידת המפלס, לבין המערכות השכנות, אינה ברורה דיה והיא ראויה להיבחן.

7.4.5. חופי האגן הדרומי

לאגן הדרומי אין כיום חוף טבעי. מאזור מצדה ודרומה, בואכה בריכות האידי, מהווה תעלת ההזנה של מפעלי ים המלח חיץ בין מערכת הניקוז לבין קו החוף. הלאה, דרומה, החוף הוא למעשה חוף של בריכות-אידי על כל המשתמע מכך. ההפרה הסביבתית של חופי האגן הדרומי גרמה לשיבושים במערכות האקולוגיות ולהיעלמות בתי-גידול.

מעיינות מקומיים

הפיתוח התעשייתי לחוף האגן הדרומי גרם להרס מספר מעיינות קטנים מבלי שנערכו בהם סקרים מקדימים. הטקסון הבולט במעינות אלה היה הדג האנדמי נאוית ים-המלח. מצד שני נעשו מניפולציות באוכלוסיית נאוית המלחות: ידוע לנו לפחות על מקרה אחד של לכידת נאויות על-ידי חובב דגים, ממעיין שעמד להיחרס אל מחפורת מלאכותית שמי תהום עלו בה מדרום להר סדום. אוכלוסיית הנאויות התבססה ושגשגה במקום זה שזכה לשם 'בריכות נאויות'. כמו-כן התברר שנאויות המלחות מתאימה מאוד להדברה ביולוגית של יתושים, ולכן מתבצעת לכידה והעברה של נאויות על-ידי מחלקת התברואה של המועצה האזורית תמר ממקוה-מים אחד למשנהו, טבעיים ומלאכותיים כאחד.

באזור הכיכר הוכנסו לגידול דגים שאינם שייכים למערכת הטבעית. פליטים מגידולים אלה מוצאים דרכם אל מערכות המים בסביבה ומשבשים את הרכב המינים הטבעי. במעינות אחדים באזור נאות הכיכר ודרום-מזרח ים המלח, התקיים בסוף שנות השמונים של המאה העשרים דג אנדמי למעינות דרום ים המלח – עגלסת סדומית (*Garra ghorensis*). כפי שכבר נאמר, מין זה נכחד בתחום ישראל, אך ייתכן שהוא קיים עדיין בתחום ממלכת ירדן. אין ביטחון שהיעלמותו קשורה ישירות לתמורות בים המלח.

הטמפרטורה הגבוהה של המים נגזרת מהעומק ממנו הם עולים – 1.5-1 ק"מ בחמי עין-גדי והיא מושפעת מנפח הזרימה של המים ומהירותם הקובעים את מידת איבוד החום לסביבה תוך כדי עלייתם, וכן ממייהולם במי ים המלח ובמי התהום. המליחות הכללית היא כמחצית זו של ים המלח, אולם יש בה מרכיבים שהרכיזים היחסיים שלהם שונים מאלה של ים המלח (ומעיידים על מקור נוסף) כגון ריכוז גבוה יחסית של יוני סולפט (פי שישה מזה של ים המלח) וריכוז נמוך יחסית של יוני מגנזיום (Raz,1983)



איור 7.15: חוף שלם – עין-גדי; למעלה – פלגים תרמומינרליים ללא צמחייה עילאית ומשקעי גפרית בהירה לאורכם, תופעה חדשה בחופי ים המלח. למטה – נביעה תרמומינרלית (צילום: אלי רז ורון פרומקין)

המעיינות התרמומינרליים באזור מקיימים מערכת אקולוגית המבוססת על מעגל הגפרית. המים העולים הם עתיקים וחסרי-חמצן ומשמשים בית-גידול לבקטריות אל-אווירניות. בהיעדר חמצן משתמשות הבקטריות הללו ביון הסולפט עתיר החמצן (SO_4^{--}) כדי לחמצן חומר אורגני לתהליכי החיים, ואגב כך הן 'מחזרות'

7.5. מלחות

7.5.1. מלחת-זוהר

נווה-זוהר נמצא בקצה מסדרון טופוגרפי המנקז כמויות גדולות של מי-שיטפונות מאזור הרי דימונה, בקעת ערד ודרום מדבר-יהודה. מי האגן הדרומי בתת-הקרקע של החוף נמהלים במי השיטפונות המגיעים ממערב ויוצרים מיתוהם במליחויות המתאימות לצמחי מלחה. המין הבולט במיוחד במלחת-נווה-זוהר הוא אוכם חד-ביתי. בעבר התקיים במקום כתם ירוק, צפוף ורצוף של צומח והוא שהקנה למקום את השם 'נווה'. כיום מבתר כביש 91 את המלחה, חלקים ממנה הוכשרו לחקלאות (שננטשה בינתיים), חלקים גדולים אחרים הופרו בגלל כרייה, ועל חלק מהשטח הנוותר הוקם מאגר-מים. מי בריכה 5, שמפלסם עולה בהתמדה, מציפים את השוליים המזרחיים, גורמים לתמותה של הצומח ויוצרים חגורה של עצים טבועים המתרחבת עם הזמן.

7.5.2. מלחת-סדום

מלחת-סדום שהיתה המלחה הגדולה והחשובה ביותר בארץ, היא מערכת טבעית חשובה שהיתה קשורה לים המלח אך ניתקה ממנו בגלל הפיתוח התעשייתי.

מלחת-סדום משתרעת מדרום לים המלח ברום של 340-376 מ' מתחת לפני הים. יחידת נוף מישורית זו מוצפת מעת לעת על-ידי נחל צין, נחל אמציה וערוצים קטנים נוספים, בעיקר מדרום-מערב. במלחה יש מיתוהם גבוהים ובשוליה המערביים נובעים מעיינות רבים. חלק מהשטח הוא עקר – חסר צומח – וחלקו מכוסה בצמחיית מלחה או בצמחיית מעיינות צפופה. **עד אמצע המאה העשרים היתה מלחה זו הגדולה והשלמה ביותר בארץ** והתאפיינה בעולם חי וצומח עשיר ומיוחד: יונקים כחזיר-בר, חתול-ביצות, קרקל, צבוע, תן ונזוקיה, עופות מקומיים כתחמס נובי ודרור הירדן ועופות נודדים השוהים במקום לאכילה ולמנוחה. כ-180 מיני עופות נצפו באזור מלחת-סדום, חלקם נדירים. בין העצים אפשר לציין את צפצפת הפרת, שלושה מיני אשל וסלודורה פרסית.

בעבר (בורבין 1963) התקיים כאן צומח צפוף עם 5 חגורות ברורות מדרום לצפון:

- (א) שיטה סלילנית ופרקרק פרסי;
- (ב) אשל הירדן ואוכם חד-ביתי;
- (ג) ימלוח פגום ושנהבית רוזמרין;
- (ד) אשל מרובע ובן-מלח מכחיל;
- (ה) בן-מלח מכחיל.

כיום כוסה חלק גדול מן המלחה בבריכות אידוי של מפעלי ים המלח. חלקה הצפוני של מלחת-סדום – מלחת שפך נחל צין,

שהיתה צפופת צומח – עבר שינויים רבים בשל בניית סוללות עפר להטיית מי-שיטפונות וכריית חומר ואדי במשך שנים רבות. השטח ממערב לכביש 90 נפגע בעיקר מהטיית מי נחל אשלים דרומה בראשית שנות התשעים, שגרמה לסכירת ואדיות שחצו אותו ממערב למזרח, ולפיכך צומצמה במידה ניכרת אספקת מי שיטפונות לערוצי הנחלים ולחי ולצומח שבתוכם. מדרום למפעלים נמצא מושב עין-תמר בלב המלחה ובשוליה הוכשרו שטחים לחקלאות.

שרידי המלחה שנותרו לאחר הפיתוח התעשייתי מאוימים על-ידי המשך התפשטות החקלאות והבינוי.

7.6. השינויים הסביבתיים והאקולוגיים באגם

7.6.1. שינויים מינרליים

ים המלח רווי במינרלים הליט (מלח ביסול) גבס וארגוניט. לעתים – תמיד בשיא הקיץ – היתה מתרחשת תופעה מינרלוגית מרהיבה, אשר במהלכה נראה ים המלח לבן כחלב. תופעת "ההלבנה" היתה אחד ממאפייני האגם ומושא לתצפיות של חוקרים ומתעניינים. ההלבנה היתה אפקט אופטי של גבישי גבס וארגוניט שנוצרו באופן ספונטאני במים (Neev & Emery, 1967). מחזורי היווצרות המינרלים הללו יצרו רצף של קרומים על-גבי עצמים טבועים, אשר נחשפו בירידות המפלס העונתיות והיו **אחד הערכים האסתטיים שייחדו את ים המלח** (איור 7.16). מחזוריות התופעה מאפיינת את הבוצה (סדינמט) של ים המלח הנחשפת כיום לעין בגלל ירידת המפלס והיתה מוכרת מגלעיני-קיידוח שהוצאו מקרקעית האגם. היווצרות מינרלים אלה היתה תלויה באספקת יוני סולפט וביקרבונט באמצעות הנגר (בעיקר הירדן) משום שחלקם היחסי של אלה בים המלח הוא מצומצם. בלוך וחובריו (1945) מתארים הלבנה שהחלה בליל 25 באוגוסט 1943



איור 7.16: קרומים מינרליים שנוצרו בעבר על-גבי חלקים ועצים ואינם נוצרים עוד כיום (המקור: אלי רז, 1993)

ונמשכה חודשים אחדים. ההלבנה האחרונה נצפתה באוגוסט 1974 ונמשכה מספר שעות. נראה שהתופעה חדלה להתקיים בעקבות הצמצום הדרסטי בנגר לאגם, ואילו הקרומים המינרליים שנוצרו בעבר נמצאים כיום בתהליך של הרס ללא התחדשות.

בלימת ירידת המפלס על-ידי החזרת זרימת הירדן או פיצוי על הגירעון במימיים (תעלת הימים), תחזיר את תופעת ההלבנות לים המלח, אך לא ברור לאילו משכי-זמן ובאיזו תדירות. המצב הנוכחי חיובי מבחינת ממשפלי ים המלח ואם ייווצר גבס מחדש, ידרש מחיר כלכלי לסילוקו, בעוד שמן ההיבט הסביבתי **היעדר הלבנות כיום הוא אבדן חלק מייחודו ומקסמו של ים המלח.**

מיני האלובקטריום ידועים מסביבות אחרות שבהן שולט קטיון הנתרן החד-ערכי. ריכוז גבוה של קטיונים דו-ערכיים, כגון סידן ובמיוחד מגנזיום, המאפיינים את ים המלח, ידוע כקטלני לאורגניזמים ומחייב התאמה מיוחדת נוסף על הסיבולת למליחות גבוהה. ההסתגלות לריכוז גבוה של יונים אלה מצביעה על התאמה מיוחדת שעברו בקטריות אלה לתנאי ים המלח (Oren, 1983b).

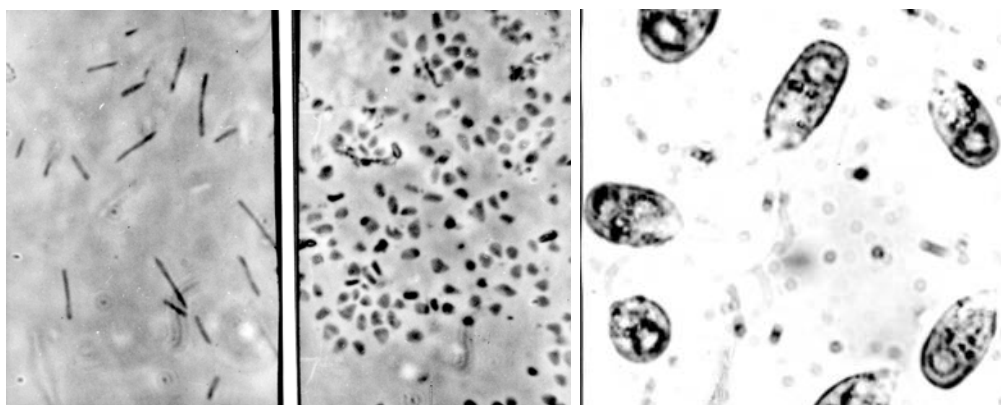
דילול המים בעקבות ריבוי גשמים, כפי שהיה בחורפים 1991/2 ו-1980/1, גרם להתפרצות אוכלוסיות וגידול עצום של הביומסה. בתחילה התפרצה אוכלוסיית הדונליאלה והקנתה לים צבע ירוק ולאחר מכן באה התפרצות אוכלוסיות הבקטריות שצבעו את הים בגוון אדום-סגול מרהיב.

1992	1980	1964	אירועי פריחות
15	9	40	אלפי תאי אצות בסמ"ק
30	20	0.9	מיליוני בקטריות בסמ"ק

פריחה של אוכלוסיות תועדה רק כאשר גוף המים היה משוכב וצפיפות שכבת המים העליונה, המהולה (מדודה בטמפ' של 20 מעלות), היתה נמוכה מ-1.21 גרם בסמ"ק (Oren, 1983c, 1985; Oren, & Shilo, 1982). שתי הפריחות הגדולות שנצפו בחורפים 1980/1 ו-1991/2 (Oren, 1993), לוו בחילופים מרשימים בצבע המים ובהרבה עניין לחוקרים, לתושבים ולתיירים. כיום חיות האוכלוסיות הללו על סף הסיבולת שלהן והריכוז שלהן במים הוא מתחת ליכולת המעקב. ככל שמפלס ים המלח ממשיך לרדת גוברת המליחות ותרומות גדולות יותר של נגר נדרשות למיהול לרמה המאפשרת פריחות. משום כך **תופעה מרשימה זו, שהיתה נפוצה יותר בעבר, נעשית נדירה וספק אם תמשיך להתקיים.**

7.6.2. המערכת הביולוגית של האגם

המערכת הביולוגית של האגם שרויה בלחץ אקולוגי מפאת הריכוז הגבוה של המלחים וההרכב הייחודי. כבכל מערכת אקולוגית של סביבה קיצונית, גם בים המלח שרשרת המזון קצרה. היצרן הראשוני (primary producer) היא אצה פוטו-סינתטית, חד-תאית מהסוג דונליאלה (*Dunaliella*) (איור 7.17) המשתייכת לקבוצת הירוקיות. ריכוז המלחים במים יוצר לחץ אוסמוטי המאיים לשאוב מהאורגניזם את נוזליו, ואילו הדונליאלה מסנתזת ומרכזת גליצרול כדי ליצור לחץ נגדי. הגליצרול משמש חומר הזנה אורגני בלעדי עבור בקטריות מסוג הלובקטריום (*Halobacterium*) (Oren, 1983a) (איור 7.17). הבקטריה *Haloarcula marismortii* מייצרת פיגמנט אדום המגן עליה מפני קרינה חזקה, והבקטריה *Halobacterium sodomense* היא מְתַג המייצר, בהשפעת האור, פיגמנט סגול-בקטריורודפסין, שמסוגל לנצל אורכי-גל עד 570 ננומטר למטרות ביואנרגטיות ומאפשר הישרדות גם לאחר שהגליצרול נגמר (Oren, 1983b).



איור 7.17: מימין – דונליאלה, אצה שוטונית ירוקה, היצרנית הראשונית במערכת האקולוגית של ים המלח. משמאל – בקטריות הניזונות מהגליצרול שמייצרת האצה (המקור: אהרון אורן)

□ ירידת המפלס יוצרת מציאות חדשה בחופי ים המלח: מישורי-בוץ ומשטחי-מלח, בולענים, מקווי-מים חדשים ופלגים חתורים עמוק בבוץ. לעומת זאת חדלו להיווצר סוללות חלוקים ובעקבותיהן גם הלגונות, שהיו ממאפייני חוף ים המלח.

□ ההידרדרות האקולוגית בנאות החוף צפויה להימשך והיא מחייבת היערכות הולמת להבטחת עתידם (ראה נספח).

□ לפי שעה אין סימנים לתהליך הידרדרות אקולוגית בחוף המדברי. התרחבות מישור החוף מרחיבה את תחומי הפעילות של אוכלוסיות מסוימות ועשויה ליצור מסדרונות אקולוגיים שיחצו גבולות היסטוריים של תפוצת אוכלוסיות.

□ הפעילות האנושית באגן הדרומי גרמה לשינויים סביבתיים, אקולוגיים ונופיים מרחיקי-לכת. חלק גדול מהם בלתי-הפיכים ולכך נודעות משמעויות חשובות לעתיד האזור.

גבישי גבס שנוצרו באירועי הלבנות (להלן) לא הגיעו לקרקעית, ולכן שוער קיומן של בקטריות אנאירוביות מחזרות סולפטים מקבוצת *Desulfovibrio*, שהתקיימו בגוף המים התחתון שהיה חסר חמצן והן שגרמו לפירוק הגבס. בקטריות אנאירוביות נוספות בודדו גם מהסדימנט. השינויים במצב ההידרוגרפי של ים המלח מאגם משוכב לאגם מעורבב ומאוורר וחוזר חלילה, גורמים לחיסול ולחידוש אוכלוסיית ה-*Desulfovibrio*.

לאחרונה בודדו 26 מינים שונים של פטריות מים המלח (Buchalo et al., 2000). תפטיר של מין אחד נמצא על פיסת עץ בתוך הים והיתר נבטו במעבדה. רוב המינים שבודדו הם כלל עולמיים, שנבגיהם כנראה הגיעו עם הניקוז או הרוחות; על-פי יכולתם לנבוט על מצע שהכיל ריכוז של מעל 50% מי ים המלח, ייתכן שעברו התאמה לחיים בים המלח, כמו הדונליאלה וההלובקטריות לפחות מוכחת יכולתן להתקיים בים המלח כנבגי קיימא, או כתפטיר, אם לא בצורה וגטיבית. מכלל אלה יוצאת הפטרייה *Gimnascella marismortui* שהיא מין חדש למדע וכנראה אנדמית ואותנטית לים המלח. מעט מאוד ידוע על פטריות של סביבות היפרסליניות ועל תפקידן במארג המזון של ים המלח.

היעלמות החיזיון הקשור בפריחת האורגניזמים ושינוי צבע הים כתוצאה מהמשך המגמה הנוכחית, היא אבידה של תופעת טבע ייחודית ורבת עניין. לעומת זאת – המערכת האקולוגית של ים המלח מבודדת ומנותקת מאלה הסובבות את ים המלח, ולא צפויה כל 'תגובת שרשרת' אקולוגית כתוצאה ממניפולציות אנושיות לכאן או לכאן.

7.7. המשמעויות האקולוגיות

לגידול שחל במירעון מאזן המים של ים המלח בעשורים האחרונים ולירידת המפלס הנגזרת מכך, יש משמעויות אקולוגיות וסביבתיות מרחיקות-לכת.

□ בגוף המים של האגם חלו שינויים בתכונות המים וכתוצאה מכך נפגעו מאפיינים ותופעות טבע ייחודיות, כגון תופעת ההלבנות, יצירת קרומים מינרליים (איור 7.16) ופריחות של מיקרואורגניזמים.

□ האפשרות שעניות-קנה וסמר יתייבשו עלולה לגרום לאבדן נאות-חוף ירוקות, להזיק למערכות הביולוגיות הנתמכות ולהביא לאבדן המגוון הגדול ביותר של אורגניזמים אנדמיים שהתגלה עד כה. האנדמיזם הוא מהערכים המדעיים המובילים במערכת הטבעית של ים המלח, וגם אם המעיינות לא ייבשו, לא ברור מה יעלה בגורלן של האוכלוסיות האנדמיות והשרידות.

ייעודי הקרקע הסמוכים לקו החוף ונמצאים בחלקם באזורי היתכנות, הם בעיקרם ייעודי תיירות ומלונאות הכלולים במרקם חופי על-פי תמ"א 35, ייעודי תיירות על-פי תמ"א 12 וייעודי תיירות וסימבולים המסומנים לאורך קו החוף על-פי התכנית המחוזית למחוז דרום ותכניות מקומיות.

משמעות תכנונית

פריסת ייעודי הקרקע מושפעת ללא ספק מן המצב החדש שנוצר עקב היווצרות הבולענים והתרחקות חופי ים המלח. יתר על כן, אלו הן תופעות דינאמיות אשר תלכנה ותגברנה עם השנים.

המפות המוצגות בדוח זה תוחמות שטח נרחב המשתרע בין קו המצוק לגבולות שמורות הטבע ורום טופוגרפי של 390.5- במקביל לחוף הים, שהוא פוטנציאל למגוון שימושים. שטח זה, המסומן בלבן במפות ההיתכנות, שאין בו מגבלות הנדסיות מיוחדות, נדרש לתכנון בצורה מושכלת, חלקו לשימור וחלקו לפיתוח ההתיישבות והתיירות שיאפשרו לנצל את המשאבים הגלומים באזור.

8.2. ניתוח שימושי-קרקע על רקע מפות ההיתכנות

להלן ניתוח של שישה אזורי הפיתוח לאורך ים המלח (מקבצים), הכוללים יישובים כפריים, תעשייה כפרית הצמודה ליישוב, פיתוח תיירותי ושטחי חקלאות, על רקע מפות ההיתכנות להיווצרות בולענים.

8.1. עיקרי הדברים

פרק זה בוחן את השפעת השינויים במפלס ים המלח על שימושי וייעודי הקרקע לחופיו. על בסיס מפות המכון הגיאולוגי שהוצגו בפרקים הקודמים, נבחנו ההשפעות משתי זוויות עיקריות:

□ השפעת הבולענים ואזורים מועדים להתחזרות-נחלים על שימושי הקרקע ועל ייעודיהם;

□ השפעת התרחקות קו החוף על שימושי הקרקע וייעודיה.

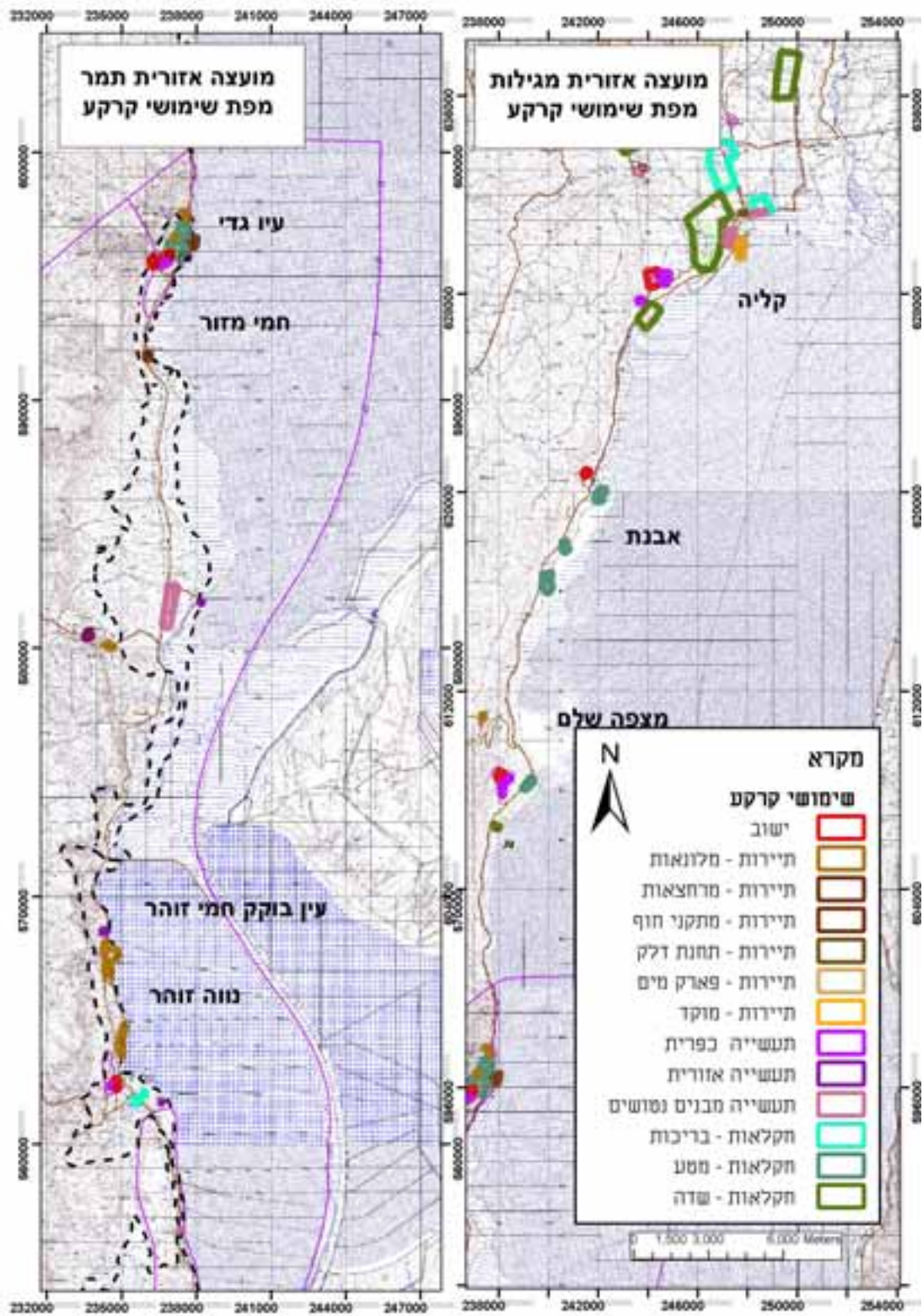
שיטת העבודה

סיווג שימושי הקרקע נעשה באמצעות ניתוח תצלומי-אוויר עדכניים. שימושי הקרקע העיקריים כוללים: חקלאות לסוגיה (גידולי שדה, מטעים, בריכות), שטחי תעשייה, בינוי למגורים ותיירות לסוגיה (מלונאות, שירותי חוף, אטרקציות ומוקדי תיירות).

סיווג ייעודי הקרקע נעשה תוך ניתוח תכנית-מתאר ארצית, תכנית-מתאר מחוזית ותכניות מקומיות, והדגש ניתן לייעודים העשויים להיפגע מהיווצרות בולענים, מהתחזרות-נחלים ומהתרחקות מקו החוף.

ממצאים

שימושי הקרקע העיקריים הכלולים באזורי ההיתכנות או בסמיכות להם, הם בעיקר שימושי תיירות השוכנים לאורך החוף ומעט שטחי חקלאות. היישובים (להוציא נווה-זוהר) ואזורי התעשייה ומוקדי התיירות (למעט אזור עין-גדי) מרוחקים מן החוף. הם בנויים בקרבת שיפולי המצוק (אבנת, עין-גדי, קדרון ועוד) ואינם מושפעים ישירות מהתהליכים המתרחשים בים וברצועת החוף הסמוכה לו.



איור 8.1: שימושי-קרקע

א. מקבץ קליה

- שטחי החקלאות ושטח היישוב אינם בתחום אזורי ההיתכנות ואין משמעות לקרבתם לקו החוף.

קליה נמצאת בפינה הצפונית ביותר של חופי ים המלח. זהו יישוב כפרי הכולל מגורים ותעשייה, פארק מים תיירותי הצמוד לחוף, שטח גדולי-ישידה ובריכות גידול. היישוב סמוך למבני המועצה האזורית מגילות ולתחנת דלק והסעדה (איור 8.2).

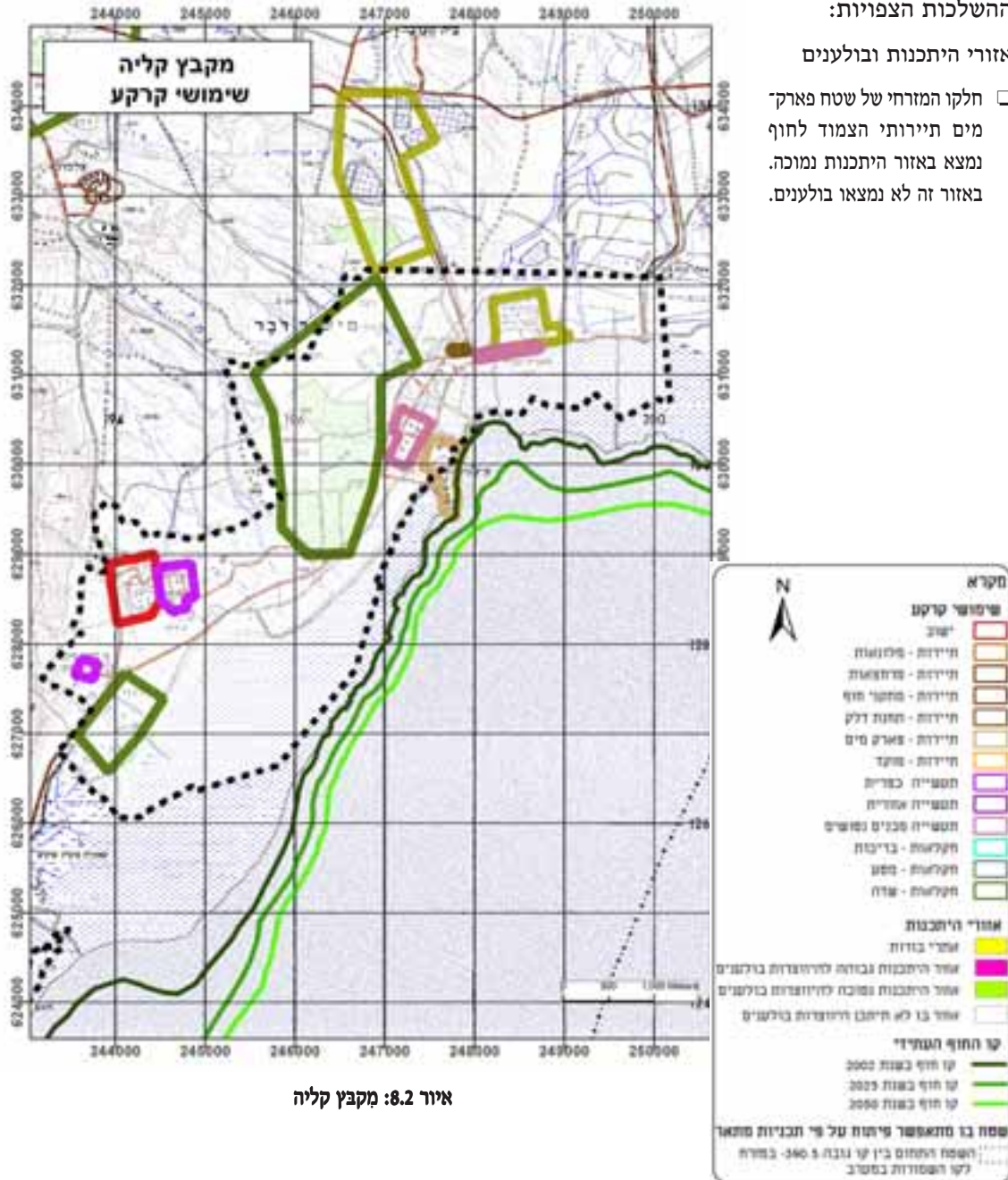
שינויים בקו החוף

- עם השנים צפויה נסיגה משמעותית בקו החוף.

ההשלכות הצפויות:

אזורי ההיתכנות ובולענים

- חלקו המזרחי של שטח פארק מים תיירותי הצמוד לחוף נמצא באזור ההיתכנות נמוכה. באזור זה לא נמצאו בולענים.



איור 8.2: מקבץ קליה

- באזור אבנת קיימים על חוף הים שני ריכוזי בולענים, כ־700 מ' מאזור בנוי וכ־500 מ' משטח המטעים.
- השטחים החקלאיים שמדרום ליישוב מצויים בתחום אזור היתכנות נמוכה.

ב. מקבץ אבנת

מרכז ללימודי סביבה הכולל מכללה, מגורי סטודנטים ושטחים חקלאיים מדרום ליישוב, סמוך לקו המים (איור 8.3).

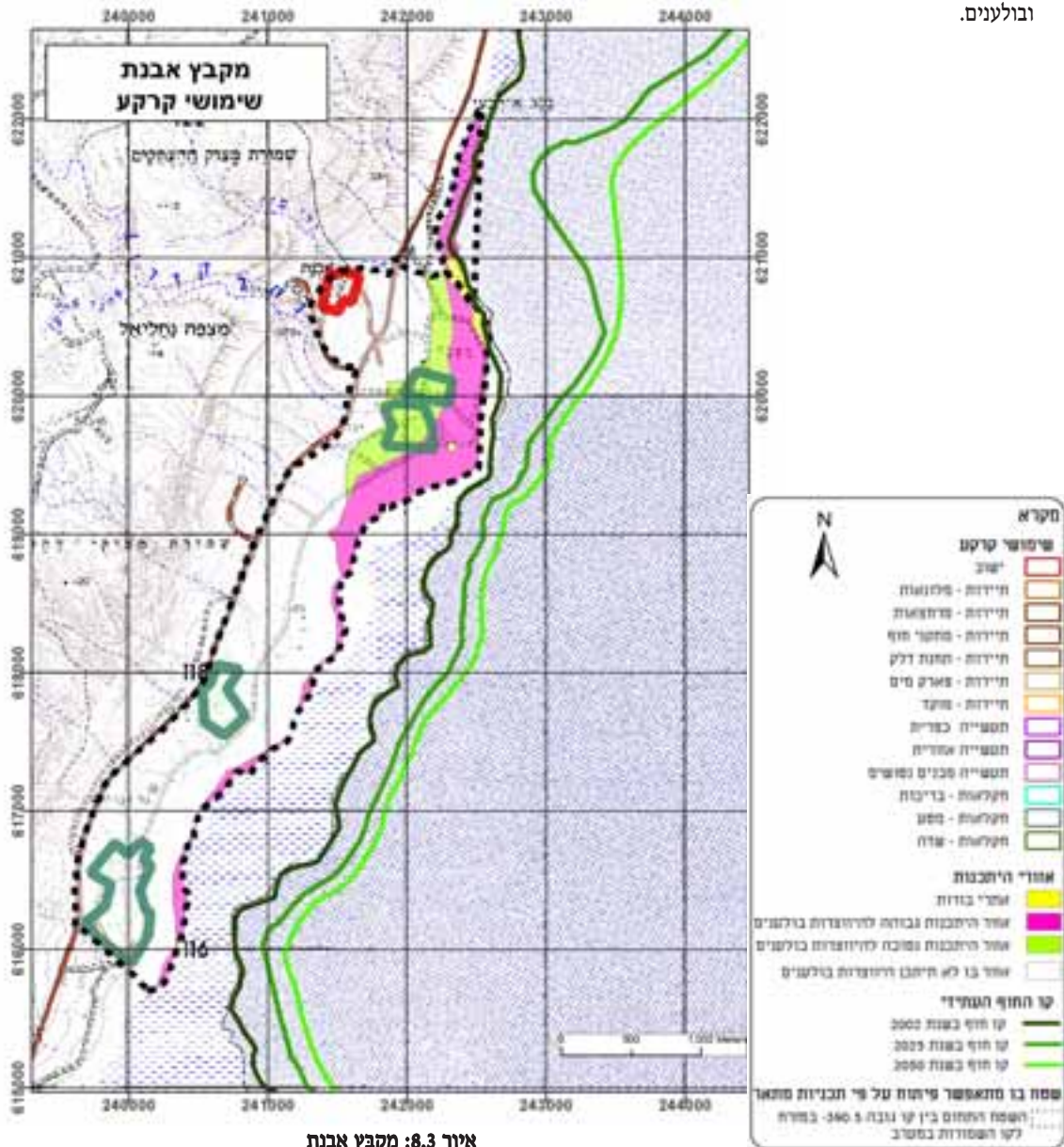
שינויים בקו החוף

ההשלכות הצפויות:

- באזור זה צפויה נסיגה משמעותית בקו החוף.

אזורי היתכנות ובלענים

- המרכז ללימודי סביבה באבנת אינו בתחום אזורי היתכנות ובלענים.



איור 8.3: מקבץ אבנת

ג. מקבץ מצפה-שלם

שינויים בקו החוף

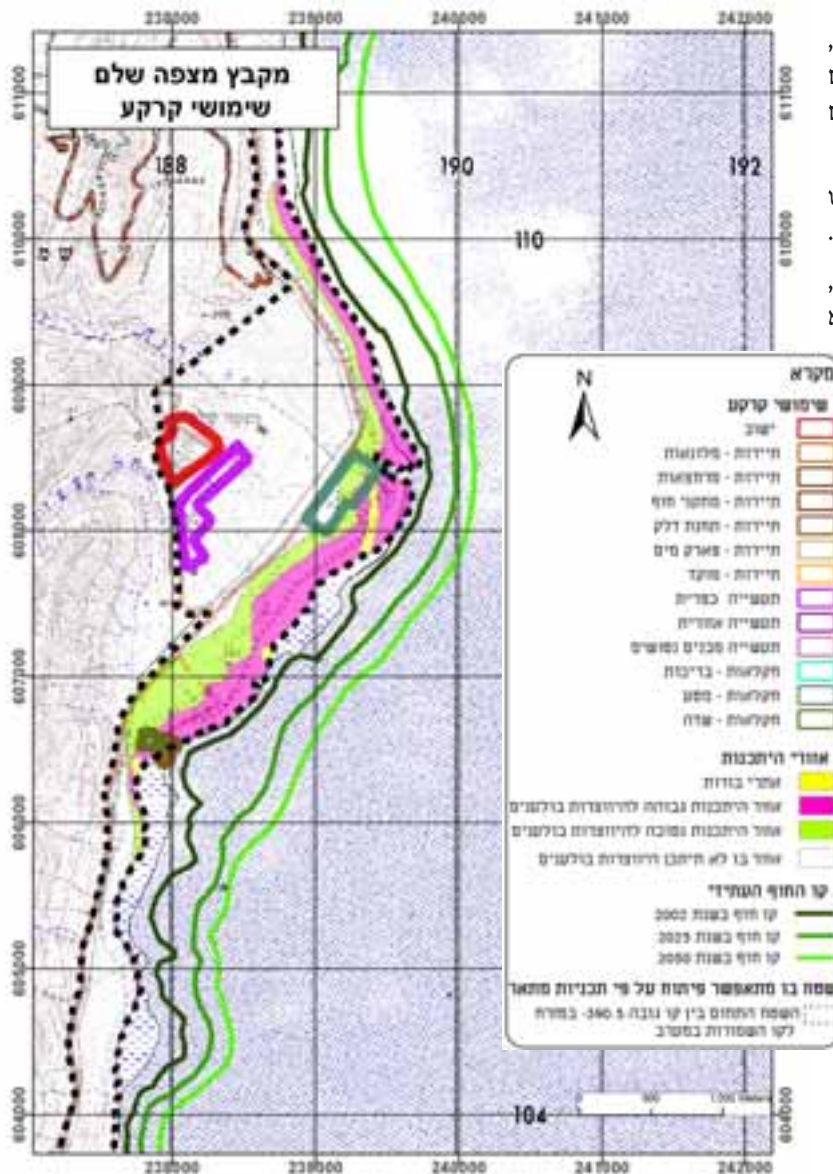
- באזור חוף מינרל צפויה התרחקות ניכרת של קו החוף מזרחה, שתלך ותגבר עם השנים.
- התרחקות קו החוף משמעותית לשימושי הקרקע הקשורים בתיירות ובשירותי החוף. לכל השאר היא חסרת משמעות.

זהו האתר התיירותי "מצוקי-דרגות" ולמרגלותיו היישוב מצפה-שלם ואזור תעשייתי הצמוד אליו (מפעל "אהבה"). בסמוך לו נמצאים שטחים חקלאיים של מטעי תמרים. האתר התיירותי "חוף מינרל" הכולל שירותי חוף והסעדה, נמצא לאורך החוף (איור 8.4).

ההשלכות הצפויות:

אזורי היתכנות ובלענים

- האתר התיירותי "מצוקי-דרגות", ולמרגלותיו היישוב מצפה-שלם ואזור תעשייתי הצמוד אליו, אינם בתחום אזורי היתכנות.
- השטח החקלאי שמזרחה לכביש מצוי בתחום אזור היתכנות נמוכה.
- האתר התיירותי "חוף מינרל", הכולל שירותי חוף והסעדה, נמצא בסמיכות לאתר בולענים פעיל ובתחום אזור היתכנות גבוהה.
- באזור מצפה-שלם ודרומית לו מופו מספר ריכוזי בולענים המרוחקים כ-500 מ' משטח חקלאי וכ-800 מ' משטחים בנויים (יישוב ואזור תעשייה).
- מספר ריכוזי בולענים פעילים נמצאו מצפון ומדרום לאתר התיירות "חוף מינרל".



איור 8.4: מקבץ מצפה-שלם

ד. מקבץ עין-גדי

שינויים בקו החוף

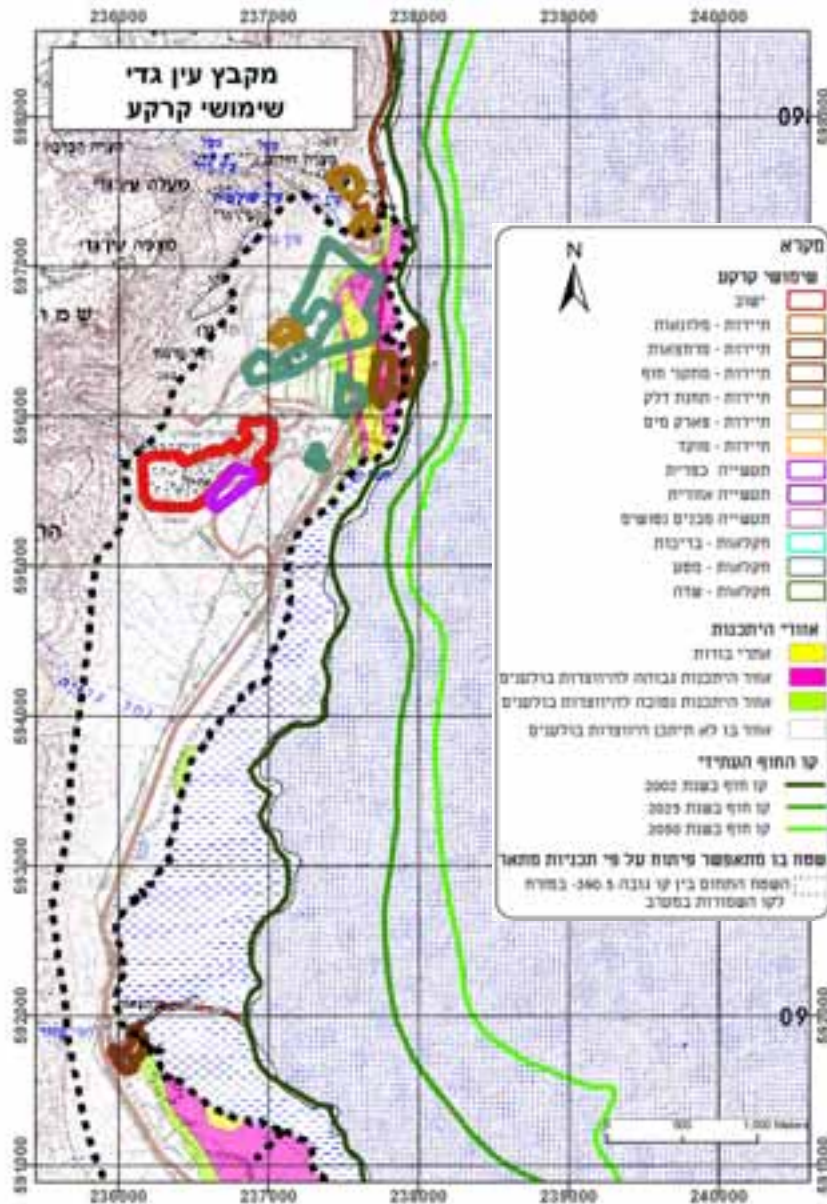
- קו החוף מול חניון עין-גדי לא יתרחק משמעותית בשנת 2025, אלא רק לקראת שנת 2050.
- קו החוף מול היישוב עין-גדי יתרחק משמעותית מהקו הנוכחי.

מקבץ זה כולל את שטח הקיבוץ, אזור התעשייה הצמוד לו, כפר נופש ואתרי תיירות – אכסניית עין-גדי ובית-ספר-שדה עין-גדי המשמש מרכז טיולים והדרכה באזור. לאורך החוף יש תחנת דלק, מסעדה, חוף ים פעיל ושטחים חקלאיים. כ-5 ק"מ מדרום לעין-גדי נמצא אזור מרחצאות חמי-מזר (איור 8.5).

ההשלכות הצפויות:

אזורי היתכנות ובוטלנים

- שטח היישוב, אזור התעשייה, האכסניה ובית-ספר-שדה עין-גדי סמוכים לאזורי ההיתכנות, אך אינם נכללים בתחומם.
- חניון עין-גדי ובו תחנת דלק, מסעדה ושירותי חוף, מצוי בסמיכות מיידית לאתרי בוטלנים פעילים, בתחומי אזור היתכנות גבוהה.
- מרבית השטחים החקלאיים מצויים בתחום אזורי היתכנות גבוהה ונמוכה.
- מרחצאות חמי-מזר כוללים בתחום היתכנות גבוהה.
- בתחום חניון עין-גדי וסביבתו הקרובה, בעיקר מול היישוב עין-גדי, מצויים בוטלנים רבים.



איור 8.5: מקבץ עין-גדי

- היישוב נווה־זוהר והמרכז האזורי תמר נכללים בתחום היתכנות נמוכה, אך חלק מן המבנים באזור הדרום־מזרחי של היישוב נכללים בתחום היתכנות גבוהה.
- מספר בולענים מצויים מזרחית ליישוב נווה־זוהר ובסמיכות רבה למבני המועצה האזורית תמר.

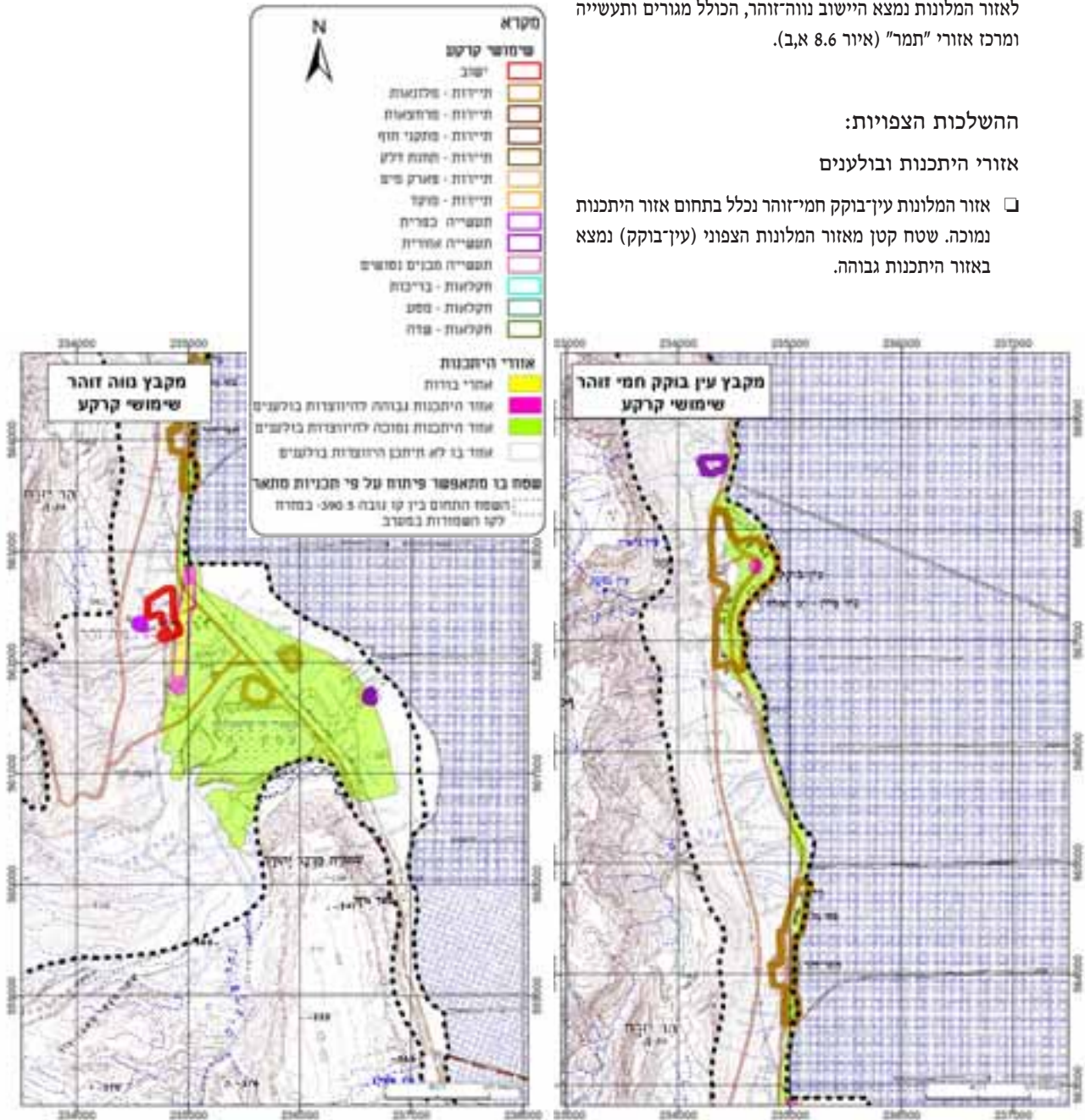
ה. מקבץ המלונות עין־בוקק – חמי־זוהר והיישוב נווה־זוהר

זהו אזור התיירות המרכזי והגדול ביותר לאורך חופי ים המלח. אזור התיירות כולל שני מוקדים: הצפוני הוא עין־בוקק והדרומי – חמי־זוהר; ביניהם מפרידה רצועת חוף שאורכה כ־2.5 ק"מ. דרומית לאזור המלונות נמצא היישוב נווה־זוהר, הכולל מגורים ותעשייה ומרכז אזורי "תמר" (איור 8.6 א,ב).

ההשלכות הצפויות:

אזורי היתכנות ובלענים

- אזור המלונות עין־בוקק חמי־זוהר נכלל בתחום אזור היתכנות נמוכה. שטח קטן מאזור המלונות הצפוני (עין־בוקק) נמצא באזור היתכנות גבוהה.



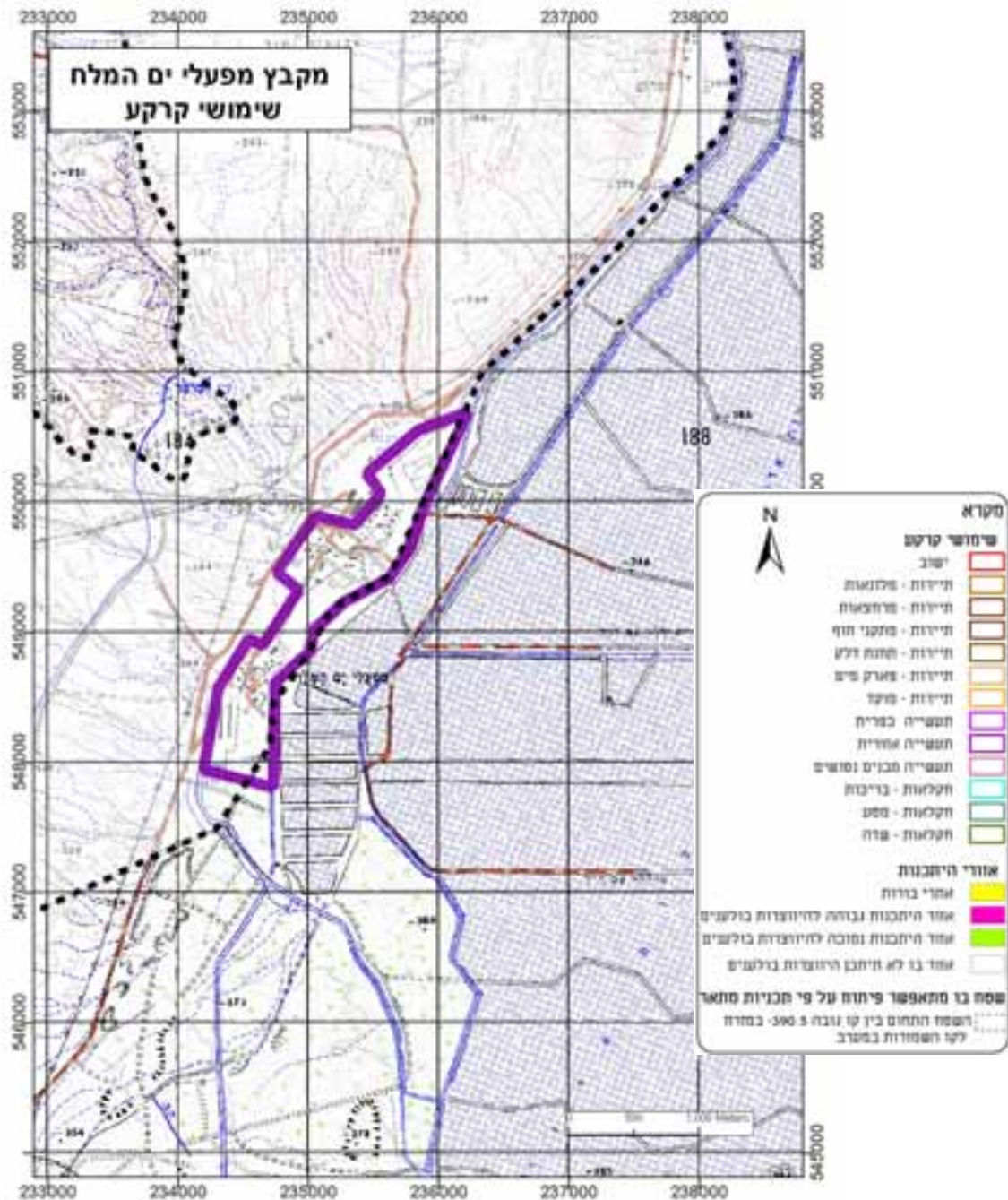
איורים 8.6 א, ב: מקבץ המלונות עין־בוקק – חמי־זוהר והיישוב נווה־זוהר

1. מקבץ מפעלי ים המלח

ההשלכות הצפויות:

על סמך הידע הקיים כיום, ההיתכנות להשפעות מהיווצרות בולענים על מפעלי ים המלח היא נמוכה יחסית.

שטח גדול של מבני תעשייה ובריכות תעשייתיות לכריית מלח וקרנליט על הגדה והאגן הדרומי היבש של ים המלח, המאופיין בבנייה תעשייתית צפופה ומאסיבית (איור 8.7).



איור 8.7: מקבץ מפעלי ים המלח

8.3. המערכת התכנונית

אזור ים המלח נחלק לשני אזורי תכנון שונים:

1. **האזור הצפוני** כולל את המועצה האזורית "מגילות" היושבת בשטחי יהודה ושומרון. באזור זה קיימת רמת תכנון מקומית בלבד: התכנית המקומית למועצה האזורית ומספר תכניות מתאר מפורטות.
2. **האזור הדרומי** נכלל בתחומי שיפוט של המועצה האזורית "תמר". בתחום זה חלות תכניות מתאר בכל הרמות התכנוניות: ברמה הארצית מספר תכניות מתאר ארציות כמו תמ"א 8 לשמורות טבע, תמ"א 14 לאזורי חציבה ועוד. ברמה המחוזית תכנית מתאר מחוזית למחוז הדרום, ברמה המקומית תכנית מתאר מקומית למועצה האזורית תמר, ותכניות מתאר מפורטות ליישובים. האיור הבא מתאר את ההירארכיה התכנונית בחוף הדרומי ובחוף הצפוני:

8.3.1. תכניות מתאר ארציות

ראה תשריט ותכניות בסעיף 8.5.

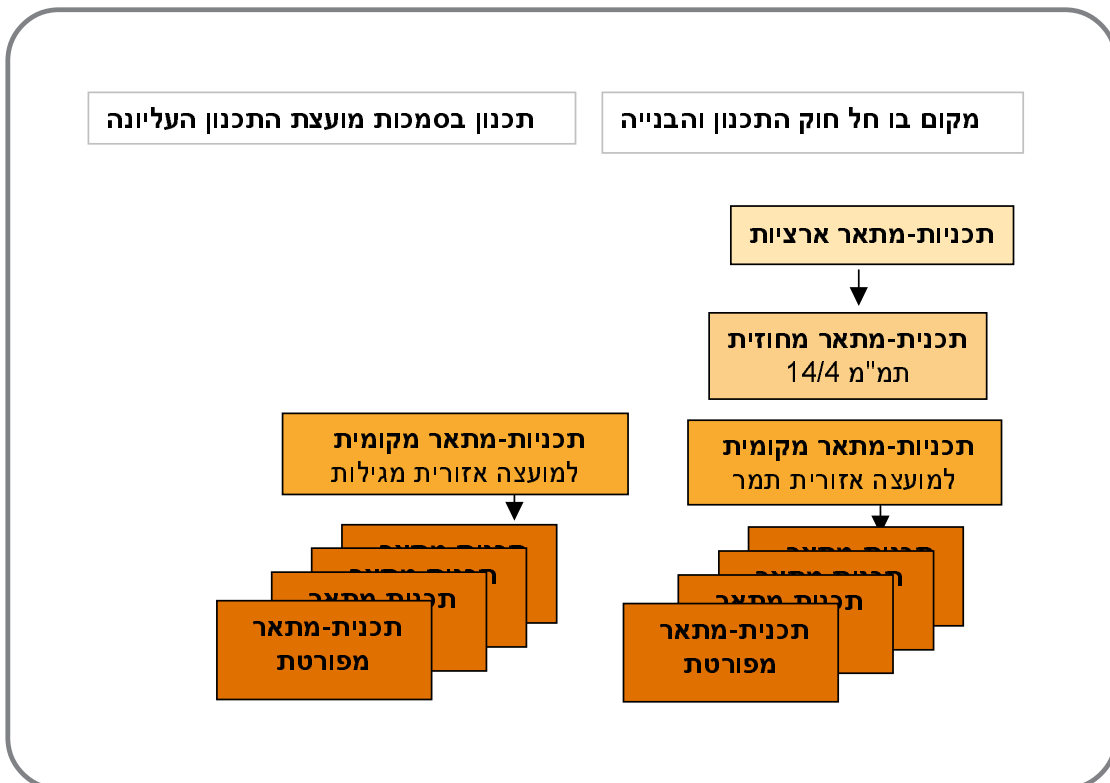
תכנית מתאר ארצית משולבת לבנייה, פיתוח ולשימור – תמ"א 35

תמ"א 35 – תשריט ייעודי הקרקע

תמ"א 35 לאורך חופי ים המלח, מייעדת שטחים פתוחים שמורים נרחבים, ובסמיכות לחוף ייקבע מרקם חופי המאפשר פיתוח תיירותי ופיתוח יישובי.

פירוט ייעודי הקרקע לאורך החוף:

1. שמורת טבע הדומה בגבולותיה לגבולות השמורות בתמ"מ 14/4 ותמ"א 8. גם כאן עוקבת השמורה אחר מרגלות המצוק ונוגעת בחופי ים המלח ככל שהמצוק קרוב אליהם.



2. מרקם חופי בכל יתרת השטח, ולמעשה לכל אורך החופים, כאשר המרקם החופי רחב כדי 3-4 קילומטרים במישורי צאלים וחבר ומצומצם כדי מספר מטרים בקרבת המצוק לים.

תכנית-מתאר ארצית לשמורות טבע וגנים לאומיים – תמ"א 8

לאורך חופי ים המלח קיימות שתי שמורות טבע נרחבות וגן לאומי שהוא אתר ביקור מרכזי בקנה-מידה ארצי.

- שמורת טבע עין-גדי ש/62/10 – סביב אזור עין-גדי;
- שמורת טבע מדבר-יהודה וים המלח ש/62/11 הכוללת את מדבר-יהודה ומדרונותיו התלולים לעבר ים המלח;
- גן לאומי מצדה ג/62/8 – אזור הר מצדה ועתיקותיו.

תכנית-מתאר ארצית לכרייה וחציבה – תמ"א 14
תכנית המתאר הארצית לכרייה וחציבה קובעת אתר כרייה אחד באזור ים המלח:

- אתר מס' 632 בפתח נחל צאלים, המיועד לכריית חצץ וחומר ואדי. שטח הכרייה: 411 דונם

תכנית-מתאר ארצית לאיגום והקדרה – תמ"א 11
תכנית המתאר לאיגום והקדרה מייצגת שטח למפעל איגום בשפך נחל זוהר. המאגר משתרע על שטח של 930 דונם ומוגדר בתמ"א לביצוע בטווח קצר ובינוני.

תכנית-מתאר ארצית לתיירות – תמ"א 12 (התקבלה במועצה הארצית בשנת 1996, אך אינה מאושרת)

תמ"א 12 מייצגת שני אזורים גדולים למתחמי תיירות מיוחדים:

- עין-גדי עד חמי-מזור, הקרוי אזור חבר;
- אזור המלונות בעין-בוקק – חמי-זוהר.

ההוראה החלה על מתחם תיירות מיוחד: מתחם תיירות מיוחד יספק לעצמו את מרב שירותי התיירות בתחומיו.

במתחם זה מותרת הקמה של בתי-מלון, לרבות כפרי נופש ואכסון מלונאי מיוחד, אתרי ביקור ושירותי תיירות נלווים.

תכנית מקומית אשר חלה באזור תיירות מיוחד, תכלול הוראות לעיצוב האדריכלי והנופי, אשר יבטיחו את התאמתו של האתר לסביבתו.

יתרת השטח מיועדת לשמורת טבע על-פי תמ"א 8 וכשטח נוף פתוח המהווה רקע למתחמי התיירות בין קו המצוק לחופי הים.

8.3.2 תכנית-מתאר מחוזית למחוז דרום תמ"מ 4/14

תמ"מ 4 תיקון 14 אושרה על-ידי המועצה הארצית לתכנון ולבנייה ביום 30.3.1999.

ייעודי שטחים פתוחים

1. שמורת טבע: שני חלקיה של שמורת טבע מדבר-יהודה הנחצית בקרבת נווה-זוהר. סימון השטח חופף ברובו את סימון השמורה בתמ"א 8. שמורת הטבע נוגעת בחופי ים המלח במקום בו המצוק קרוב לשפת הים, דוגמת המרחב שמצפון לעין-בוקק, או הר סדום. ביתרת השטח המישורי מוגדר האזור כשטח פתוח.

2. שטחים פתוחים: שלושה מקטעים – חוף עין-גדי חבר, עין-בוקק-חמי-זוהר ומישור עמיעז – נקבעו כשטחים פתוחים.

3. קרקע חקלאית: מופיעה בשלושה מקומות – בסמוך ליישוב עין-גדי, אזור השפך של נחל צאלים לים המלח ובכיכר סדום.

ייעודים אחרים

1. גבול שטח לתכנון תיירות, המהווה "מרחב חיפוש" למיקום מוקד או אתר תיירות, ומופיע באזור אתר חבר בסמוך לחמי עין-גדי, ובשטח הכולל גם את אזור המלונאות עין-בוקק חמי זוהר ורצועת החוף שביניהם.

2. כיישוב כפרי קיים מסומנים היישובים עין-גדי, נווה-זוהר.

3. כמוקדי תיירות מסומנים שלושה אתרים:

- אתר חבר
- עין-בוקק
- חמי-זוהר

4. מוקד תיירות כפרי מסומן בעין-גדי בלבד.

5. אתר תיירות: מסומנים שלושה אתרי תיירות – חמי-מזור, דרומית לעין-גדי בתוך "גבול שטח לתכנון תיירות" בחבר, ושני אתרים מול מישור עמיעז, דרומית להר סדום.

6. אזור תעשייה ארצי: שטח מפעלי ים המלח.

7. שדה תעופה אזורי לטיסות שכר בינלאומיות: למרגלות המצדה.

התכנית אינה מאפשרת פיתוח מתחת לקו גובה 390.5

סעיף 9.26.2 ג': "לא יאשר מוסד התכנון תכנית לחופי ים המלח, בה מפלס המים המקסימאלי שונה ממינוס 390.5 מטר (ברשת האיזון הארצית)".

על כן, השטחים הניתנים לתכנון בעתיד סביב חופי ים המלח הם מקו הגובה 390.5 בלבד.

8.3.3. תכניות מקומיות

מועצה אזורית מגילות ים המלח

תכנית מתאר מקומית קיימת (תכנית 600 מ').

המצב הסטאטוטורי של המועצה האזורית מגילות ים המלח מעוגן בתכנית מתאר מקומית מס' 600. התכנית נערכה בשנת 1984 ואושרה בנובמבר 1992. תכנית המתאר מלווה בתשריט בקנה מידה 1:50,000.

מדברי הוועדה תופס חלק נכבד משטח המועצה, כ-300 קמ"ר. חלקים ניכרים משטח מדברי הוועדה משמשים שטחי אש. שארית שטח המועצה מחולק לשטחי היישובים, לשמורות טבע, שטחי חקלאות ושטחים שמורים.

היישובים הכלולים באזור המועצה הם בית הערבה, ורדיריחו, אלמוג, קליה ומצפה שלם. אבנת היא האחזות נח"ל המוצעת לאזור.

שמורות טבע מצויות לכל אורך מצוק ההעתקים, מדרום לקיבוץ אלמוג ועד לגבול המועצה הדרומי. השמורות הן: שמורת עינות צוקים, שמורת עינות קנה וסמר ושמורת מצוק ההעתקים. השטחים בחלקו הצפוני של אזור המועצה, סביב היישובים בית הערבה, ורדיריחו, אלמוג וקליה, מיועדים לחקלאות. שטחים נוספים, קטנים יותר, קיימים לאורך החוף באבנת ובמצפה שלם.

כל השטח שמצפון לים המלח, בין האזור החקלאי של בית הערבה לגבול ירדן, מוכרז כשטח שמור, כלומר: שטח שאינו מיועד לפיתוח ולבנייה אלא לשמירה על הנוף הטבעי ואיכות הסביבה. השטח השמור בצפון ים המלח משתרע על כ-200 קמ"ר.

מוקדי תיירות בתכנית המתאר – אזורי מלונאות ונופש מיועדים לאזור קליה בלבד, בו גם מתוכנן המרכז היחיד לשירותי תיירות

באזור המועצה. כמו כן הוא מיועד לשמש מוקד לתיירות מתמחה. מוקדי תיירות כפריים מתוכננים באבנת ובמצפה שלם ואתרי תיירות בעינות צוקים ובמצוקי דרגות. אתר מרפא מיועד לקום בחמי שלם.

אתרי העתיקות שבשטח המועצה כוללים את נבי מוסה, היפודרום, שרידים רומיים באזור קליה, קומראן, עינות צוקים, מצודת מדין, עינות קנה, מערת מורבעת ורוג'ום א-נאקה.

במועצה האזורית מגילות מוגדרים חמישה אתרי טבע: עינות קומראן, עינות צוקים, עינות קנה, עינות סמר ופארק לאומי קומראן.

דרומית לקיבוץ קליה, מצידו המזרחי של הכביש, מתוכנן אזור תיירות בשטח של כ-5 קמ"ר.

אזורי נופש חופיים מיועדים לאזור שמצפון למצפה שלם לאורך כ-3 ק"מ, ומדרום לחמי שלם לאורך כ-6 ק"מ. אזור במצפה שלם מיועד לקיט ונופש.

מועצה אזורית תמר

תכנית מקומית למועצה האזורית תמר מס' 100/02/10 תשמ"א אושרה בשנת 1981.

שטחים פתוחים

התכנית כוללת שמורת טבע בגבולות תמ"א 8 בשינויים קלים, וכן אזורים חקלאיים דרומית לנחל משמר, באזור נווה-זוהר, במוצא נחל עמיעז ובכיכר סדום, וכן שטח לשימור למרגלות המצדה.

אתרי פיתוח

התכנית כוללת מספר אתרי פיתוח – שני יישובים כפריים – עין-גדי ונווה-זוהר – תעשייה באזור מפעלי ים המלח, ושני אזורי מלונאות ונופש באתר חבר ובתחומי המלונות עין-בוקק חמי-זוהר. יש להזכיר את מיקומו של מפעל המים מזרחית לערד, מעל אפיק נחל יעלים.

8.4. תכניות-מתאר מפורטות

8.4.1. תכניות בתחום המועצה האזורית תמר

בתחומי המועצה האזורית נסקרו מרבית התכניות לאורך חופי ים המלח. התכניות עוסקות בשני מוקדי תיירות לאורך החוף –

אזור עינגדי וחמי-מזור ואזור המלונאות בעינגדי-בוקק – חמי-זוהר, בשני יישובים – עינגדי ונווה-זוהר ובשדה התעופה ובמגבלות הבטיחות סביבו.

כל התכניות שנסקרו הן תכניות מאושרות, פרט לתכנית תיירותית לאזור חבר, הנמצאת בשלבי תכנון.

שטח התכנית (בדונם)	ייעודים עיקריים והערות	מצב התכנית	שם התכנית ומספרה	יישוב / אזור
600	מגורים, תעשייה, מבני-ציבור	תכנית מאושרת	תכנית ליישוב 3/108/03/10	עינגדי וסביבתו
		תכנית מאושרת	בית-ספר-שדה 5/102/03/10	
		תכנית מאושרת	אכסניה 6/102/03/10	
130	1. מסעדה ותחנת תדלוק קיימים 2. שני אזורי נופש מוצעים	תכנית מאושרת	חוף מס' 2 תחנת תדלוק 7/102/03/10	
50	תעשייה – מפעל מים מינרליים ותיירות	תכנית מאושרת	מתקן/מפעל מים מינרליים 32/100/02/10	
200	רחצה, שצ"פ נופש-חופי ומבני-ציבור	תכנית מאושרת	מרחצאות מזור – עינגדי 1/149/03/10	
כ-1,000	תיירות ביזמת מ"י ומשרד התיירות	אינה מאושרת	מתחם תיירות מזור – ים המלח 268/02/10	שדה תעופה
		תכנית מאושרת	תחמ"ש מצדה 19/100/02/10	
	תכנית מפורטת לתמ"א 15 שד"ת בינלאומי (מס' 2) לא פעיל. תכנית כוללת הגבלות על גובה הבנייה לפי קונוסים תעופה	תכנית מאושרת	מנחת בריהודה 132/03/10	
700	תיירות ומלונאות כללי באזור התיירות המרכזי	תכנית מאושרת	139/03/10 חמי-זוהר 139/03/10 א'	עינגדי-בוקק וחמי-זוהר
200			עינגדי-בוקק 5/139/03/10	
1600	מגורים ומוסדות ציבור. אזור תעשייה – לתכנון בעתיד	תכנית מאושרת	יישוב ומועצה אזורית תמר 5/112/02/10	נווה-זוהר
		תכנית בהליכי אישור	אזור זיכיון מפעלי ים המלח 51/100/02/10	מפעלי ים המלח

8.4.2. תכניות בתחום המועצה האזורית מגילות ים המלח

בתחומי המועצה האזורית נסקרו שלוש תכניות העוסקות בשלושה מוקדי תיירות לאורך החוף – קליה, אבנת וקדרון.

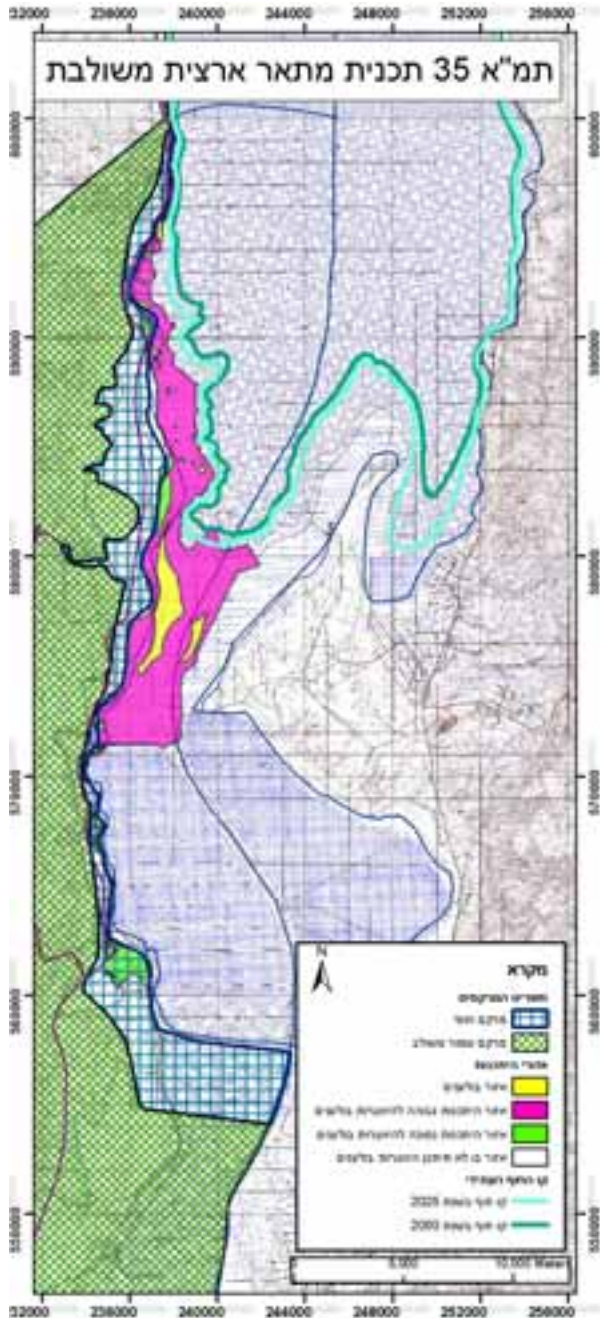
שטח התכנית (בדונם)	ייעודים עיקריים והערות	מצב התכנית	שם התכנית ומספרה	יישוב / אזור
200	מלונאות, נופש פעיל, טיילת	תכנית מאושרת	חוף קליה – תכנית תיירות 608/9	קליה
800	מלונאות, מסחר, תחנת דלק, מתקן הנדסי, חוף ציבורי	תכנית מאושרת	תכנית תיירות חוף אבנת 605/3	קדרון-אבנת
1600	קיט ונופש, נופש חופי, חוף רחצה, אזור חקלאי	תכנית מאושרת	חוף מינרל – תיירות ונופש 607/2	מצפה-שלם

8.5. השפעת השינויים על תכנון האזור

8.5.1. תכנית מתאר ארצית

תכנית מתאר ארצית משולבת לבנייה, פיתוח ושימור – תמ"א 35

את מרבית חופי ים המלח מייעדת התכנית למרקם חופי. ייעוד זה מאפשר פיתוח תירותי ופיתוח יישובי לאורך החוף. המרקם החופי חופף בחלקו את אזורי ההיתכנות וריכוזי הבולענים (איור 8.8).



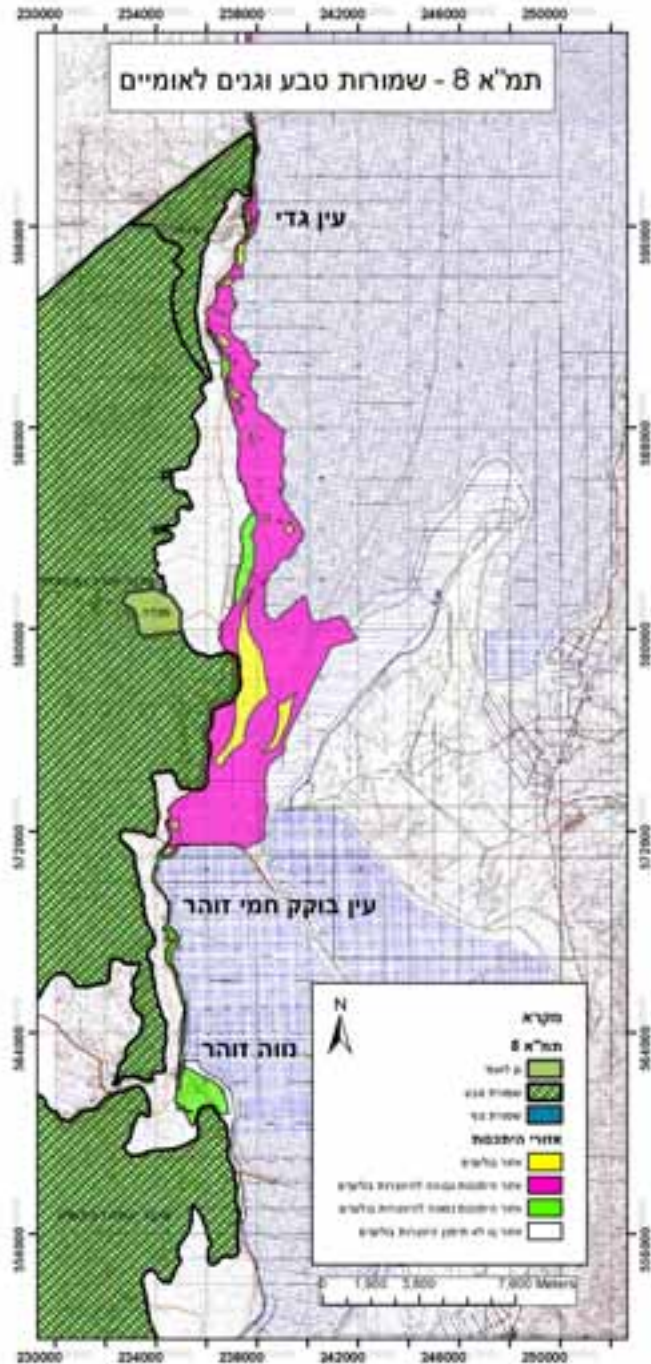
איור 8.8: תכנית מתאר ארצית משולבת לבנייה, פיתוח ושימור – תמ"א 35

תכנית מתאר ארצית לשמורות טבע וגנים לאומיים –
תמ"א 8 (איור 8.9)

השמורות המיועדות בתמ"א 8 כוללות את מרבית השטח ההררי משיפולי מצוק ההתקיים ומערבה. אזורי ההיתכנות כוללים את השטח המישורי שלאורך החוף, ועל כן שמורות הטבע והגנים הלאומיים באזור אינם נפגעים כמעט כלל מאזורי ההיתכנות לבולענים.

שמורות הטבע כוללות שטחים בקו החוף בשני אזורים, ובהם קיימת חפיפה עם אזורי ההיתכנות להיווצרות בולענים:

- אזור עין גדי וצפונה;
- שמורת הטבע מדברי יהודה, דרומית למצדה.



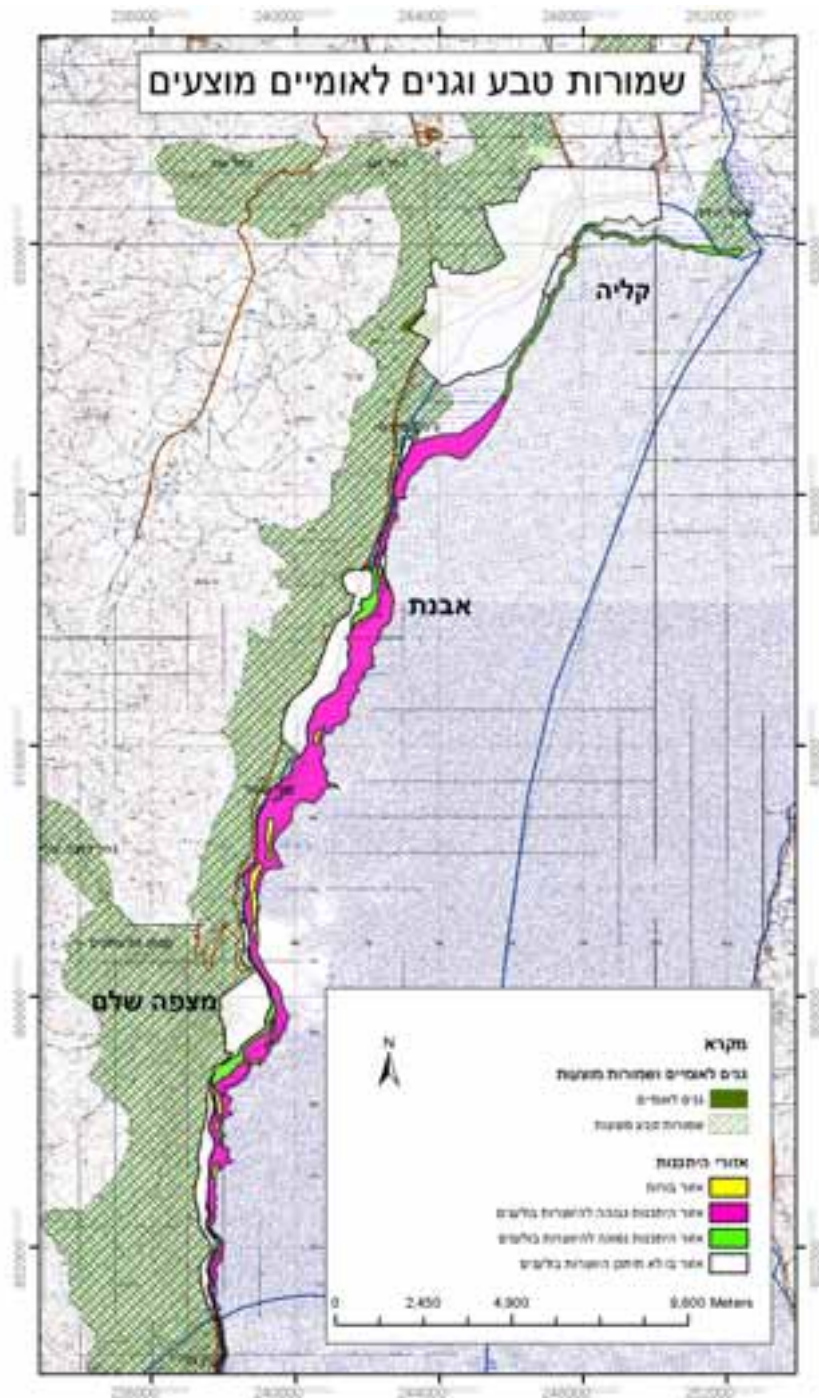
איור 8.9: תכנית מתאר ארצית לשמורות טבע וגנים לאומיים – תמ"א 8

אזורים מוצעים לשימור – מועצה אזורית מגילות ים המלח (איור 8.10)

על-פי מפות סימון שבילים מוצעות באזור מספר שמורות טבע, לאורך מצוק ההעתקים ועל קו החוף.

שתי השמורות לאורך קו החוף חופפות אזורי היתכנות להיווצרות בולענים:

- שמורת עינות צוקים בין קליה לאבנת;
- שמורת קנה וסמר בין אבנת למצפה-שלם.

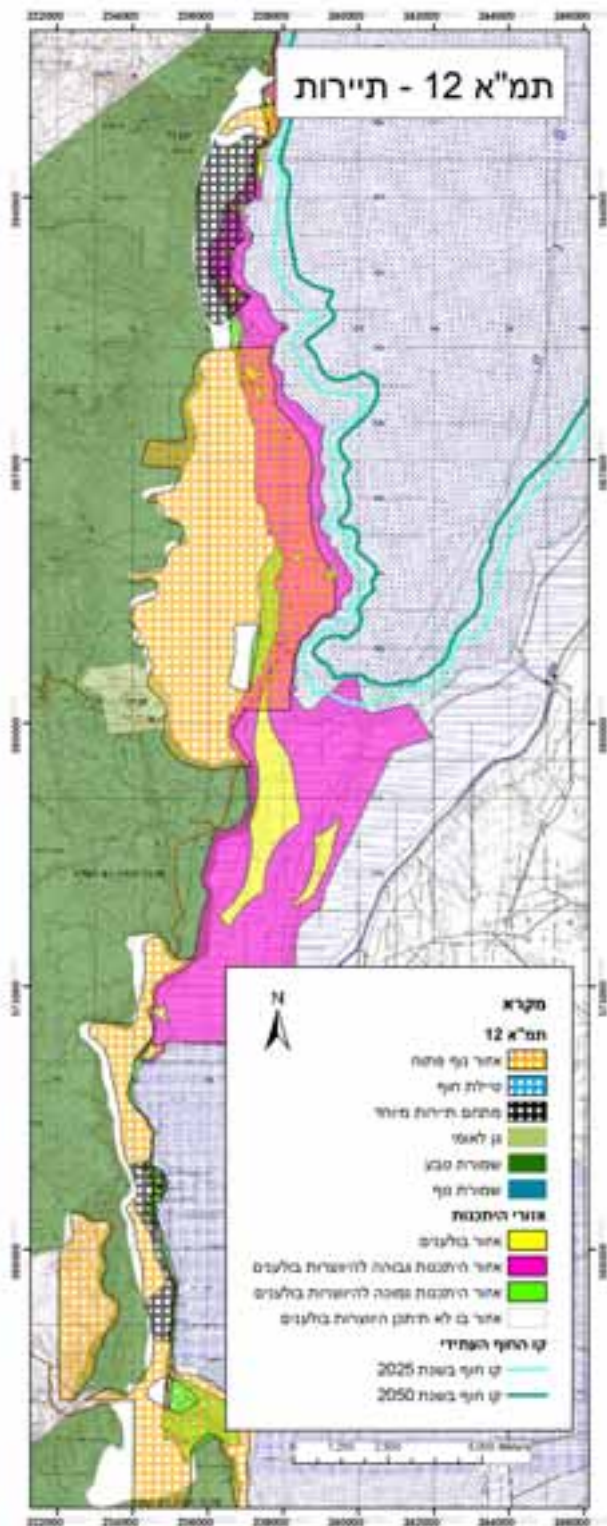


איור 8.10: אזורים מוצעים לשימור במועצה האזורית מגילות ים המלח

תכנית מתאר ארצית לתיירות – תמ"א 12

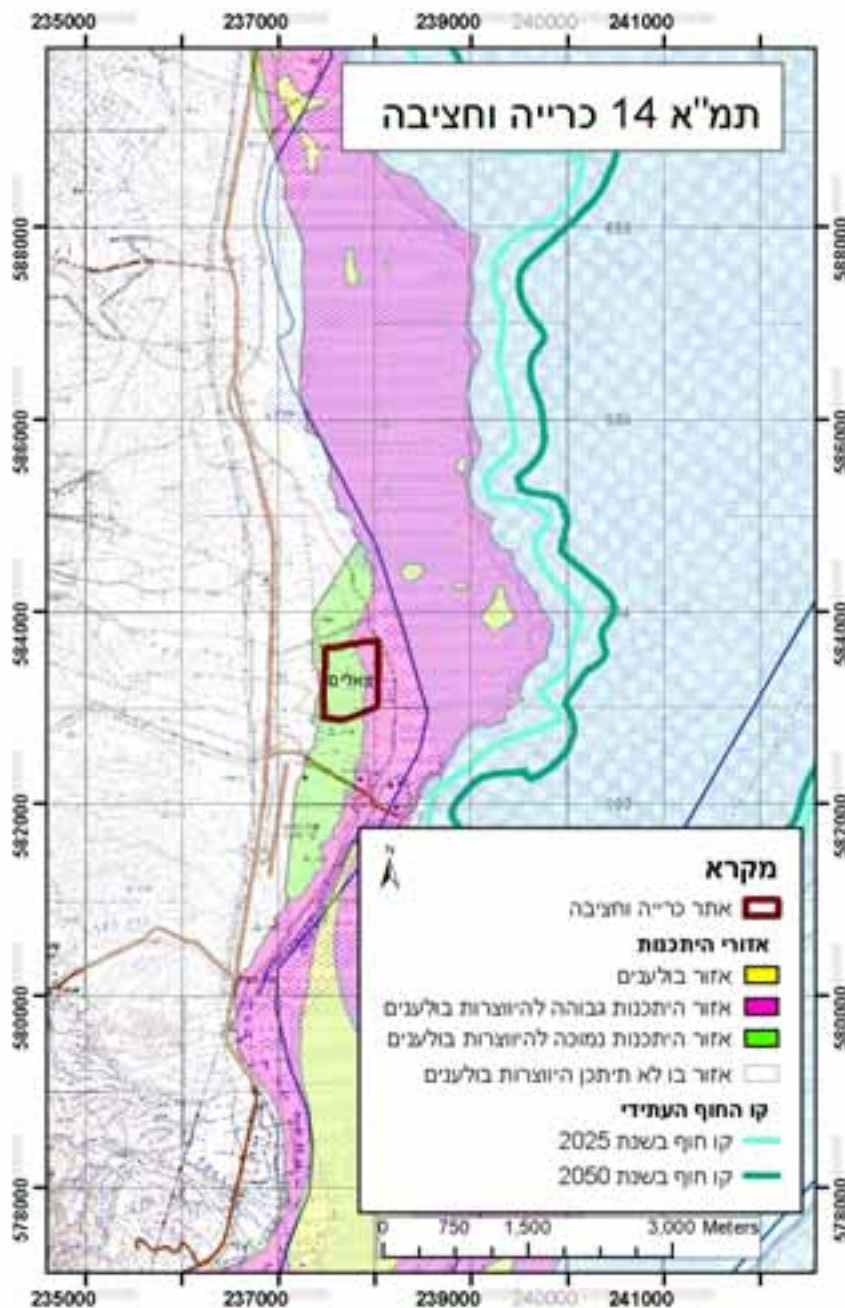
ייעודי הקרקע בתכנית המתאר לתיירות נפגעים ברובם מאזורי ההיתכנות (איור 8.11).

- ❑ השטח המזרחי (החופי) של מתחם התיירות המיוחד בין עין־גדי לאתר חבר. שטח זה נמצא באזורי ההיתכנות גבוהה ונמוכה וכולל בתחומו בולענים.
- ❑ מרבית החלק המזרחי של מתחם המלונאות חמי־זוהר – עין־בוקק, המהווה יחידה אחת בתמ"א 12, נמצא באזור היתכנות נמוכה ואינו כולל בולענים.
- ❑ ייעוד נוף כפרי פתוח, המשמש רקע מרחבי פתוח למתחמי התיירות, חופף לאזורי היתכנות גבוהה ונמוכה.



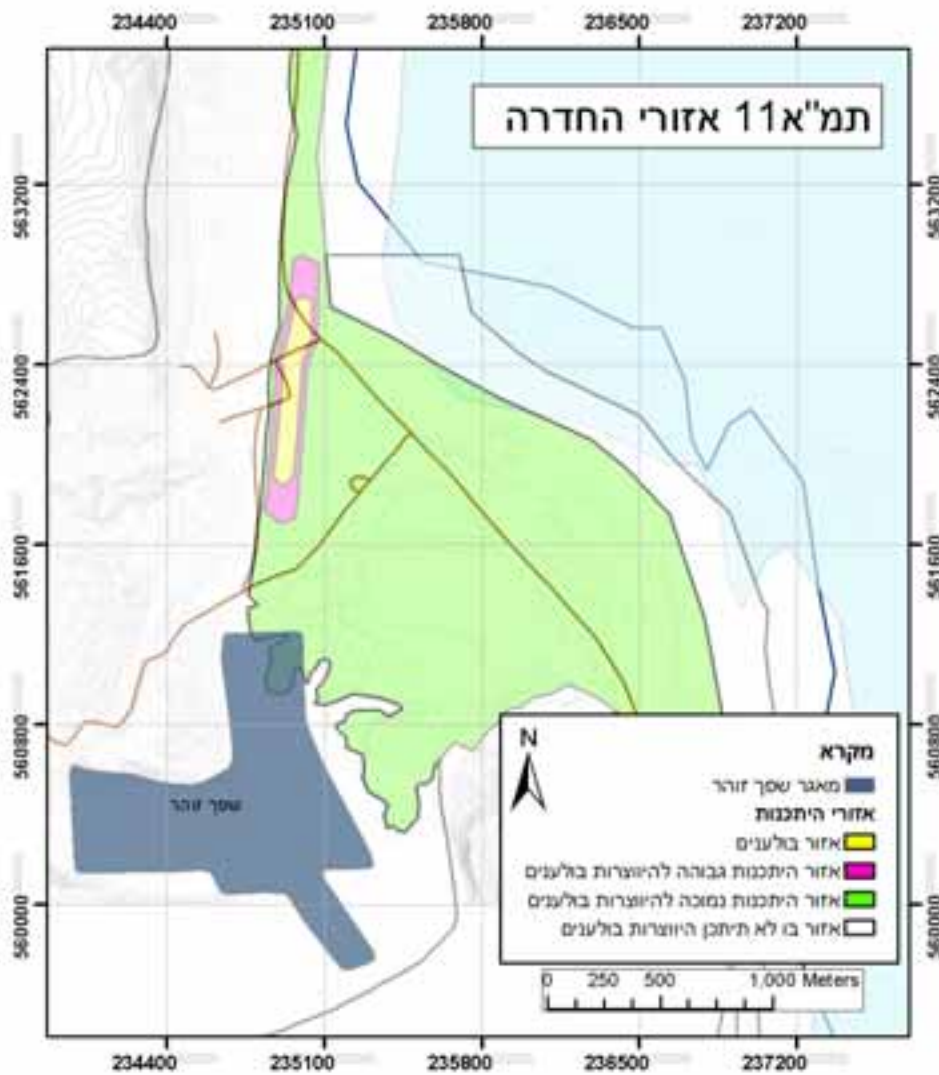
איור 8.11: תכנית מתאר לתיירות, תמ"א 12

תכנית מתאר ארצית לכרייה וחציבה – תמ"א 14
 שטח החציבה המסומן בתמ"א 14 נכלל בתחום היתכנות נמוכה,
 סמוך לתחום היתכנות גבוהה ולמקבצי בולענים ממזרח לו (איור
 8.12).



איור 8.12: תכנית מתאר ארצית לכרייה וחציבה – תמ"א 14

תכנית מתאר ארצית לאיגום והקדרה תמ"א 11
 שטח האיגום בתמ"א 11 – שפך זוהר סמוך לאזור היתכנות נמוכה
 (איור 8.13).



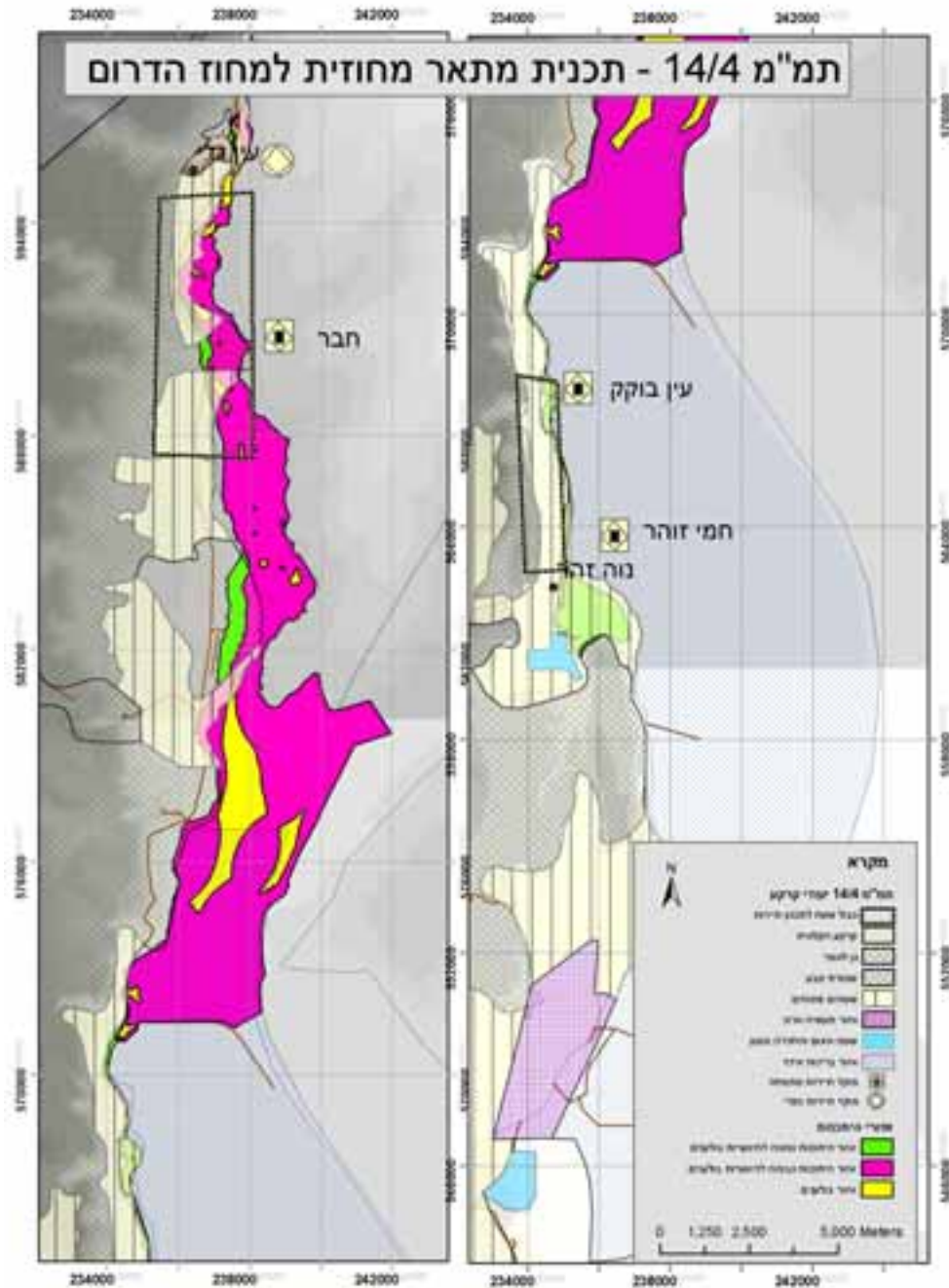
איור 8.13 תכנית מתאר ארצית לאיגום והקדרה תמ"א 11

8.5.2. תכנית מתאר מחוזיות

כל שאר ייעודי הקרקע המסומנים כסימבול, ובהם עין-גדי, נווה-זוהר ושדה התעופה, נמצאים בסמיכות לאזורי התכנות.

שלושה ריכוזי שטחים חקלאיים – עין-גדי, מרגלות-מצדה ונווה-זוהר, מצויים בתחום אזורי התכנות גבוהה ונמוכה ובולענים.

תכנית מתאר מחוזית למחוז דרום תמ"מ 14/4 איור 8.14 מציג את שני מוקדי התיירות ואת גבולות השטח לתכנון תיירות, חבר ועין-בוקק, כחופפים לאזורי התכנות.



איור 8.14: תכנית מתאר מחוזית למחוז דרום תמ"מ 14/4

8.5.3. תכניות מתאר מפורטות

תכניות בתחום מועצה אזורית תמר

פרק זה מתאר את התכניות המפורטות ליעודי הקרקע המותרים בתחומי המועצות האזוריות, מתוך סך שטח כל אחת מהתכניות נמדד אחוז השטח הכלול בתחום היתכנות גבוהה ואחוז השטח הכלול בתחום היתכנות נמוכה. בנוסף נמדד המרחק מגבולה המזרחי של התכנית לקו מפלס הים – קו החוף בשנת 2025 ובשנת 2050. כל תכנית מפורטת כוללת תיאור טבלאי מספרי ותשריט מלווה.

חתך השיפוע בין התכניות לקו החוף המשווער בשנת 2025 ובשנת 2050

ניתוח המרחק והשיפוע בין התכנית לקו החוף נערך עבור שתי התכניות הרלוונטיות בלבד – תכניות תיירות אשר הקרבה לקו החוף משמעותית בהן מבחינה תפקודית. תכניות תיירותיות לאורך בריכה 5 אינן מושפעות מנסיגת מי הים.

טבלת תכניות מקומיות בתחומי המועצה האזורית תמר ויחסן לאזורי היתכנות ולקו החוף העתידי (על בסיס הטבלה בסעיף 8.4.1)

מרחק מקו חוף 2050	מרחק מקו חוף 2025	שטח בתחום היתכנות נמוכה (אחוז משטח התכנית)	שטח בתחום היתכנות גבוהה ובלענים (אחוז משטח התכנית)	שטח התכנית (בדונם)	שם התכנית ומספרה	יישוב / אזור (מס' אזור)
1075	825	-	-	600	תכנית ליישוב 3/108/03/10	עיני-גדי וסביבתו (איור 8.15)
350	200	-	100%	130	חוף מס' 2 תחנת תדלוק 7/102/03/10	(איור 8.16)
2,500	2,000	100%	-	200	מרחצאות מזור – עיני-גדי 1/149/03/10	(איור 8.17)
2,000	1,500	30%	70%	כ-1,000	מתחם תיירות מזור – ים המלח 268/02/10	(איור 8.18)
			60%		מנחת ברייהודה 132/03/10	שדה-תעופה (איור 8.19)
-	בריכות אידוי	70%	5%	700	139/03/10 חמי-זוהר	עיני-בוקק וחמי-זוהר (איור 8.20)
-	-	80%	-	200	139/03/10 א'	(איור 8.21)
					עיני-בוקק 5/139/03/10	
-	בריכות אידוי	50%	15%	1600	יישוב ומועצה אזורית תמר 5/112/02/10	נווה-זוהר (איור 8.22)
	בריכות אידוי				אזור זיכיון מפעלי ים המלח 51/100/02/10	מפעלי ים המלח

חתך השיפוע בין התכניות לקו החוף המשוער בשנת 2025 ובשנת 2050

תכנית תיירות חוף קליה – 608/9

עד שנת 2050 צפויה ירידה בגובה של 75 מ' לאורך כ-2,000 מ' בין גבול התכנית המזרחי לקו המים, בשיפוע מתון לאורך כל המרחק (איור 8.23 א').

תכנית תיירות אבנת-קדרון 605/3

עד שנת 2050 צפויה ירידה בגובה של כ-90 מ' לאורך כ-2,000 מ' בין גבול התכנית המזרחי לקו המים. קו השיפוע מתון וכמעט בלתי-מורגש עד למרחק של כ-1700 מ', ומשם לאורך כ-300 מ' המזרחיים הופך השיפוע לתלול מאוד (איור 8.24 א').

תכנית חוף מינרל – תיירות ונופש 607/2

עד שנת 2050 צפויה ירידה בגובה של כ-100 מ' לאורך כ-1,500 מ' בין גבול התכנית המזרחי לקו המים. השיפוע בין התכנית לקו המים גדול אך אחיד (איור 8.25 א').

תכנית עינגדי, חוף מס' 2 תחנת תדלוק 7/102/03/10

בשנת 2050 צפוי הפרש גובה של כ-75 מ' לאורך כ-800 מ' בין גבול התכנית המזרחי לקו המים. השיפוע הממוצע מתון מאוד, אולם במרחק 400 מ' מקו הים ישנה מדרגה עם שיפוע תלול (איור 8.16 א').

תכנית מרחצאות מזור – עינגדי 1/149/03/10

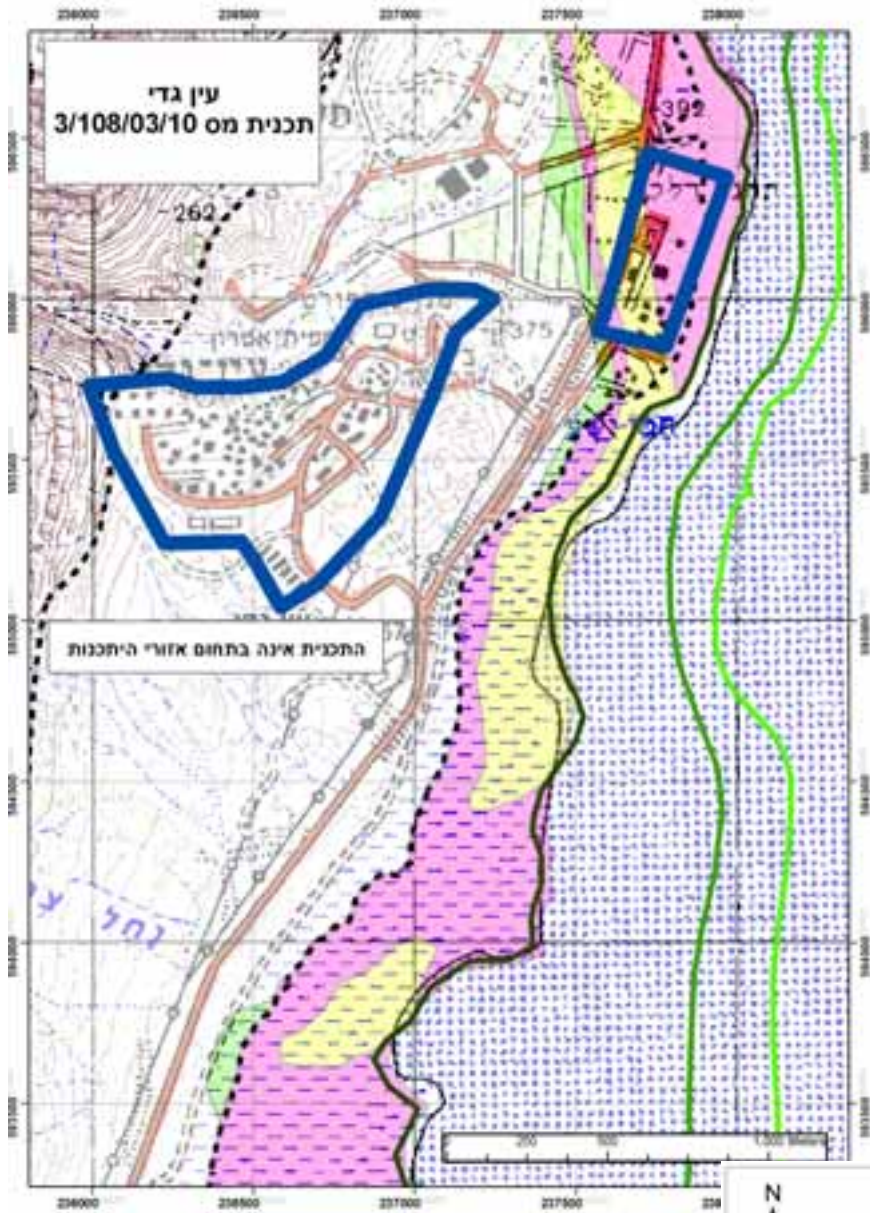
עד שנת 2050 צפוי הפרש גובה של כ-80 מ' לאורך כ-3,000 מ'; כלומר, שיפוע קטן ומתון בין גבול התכנית המזרחי לקו המים (איור 8.17 א').

תכניות בתחום המועצה האזורית מגילות ים המלח

במועצה האזורית מגילות ים המלח נסקרו שלוש תכניות לתיירות המצוינות בתחום אזורי ההיתכנות: קליה, אבנת וקדרון.

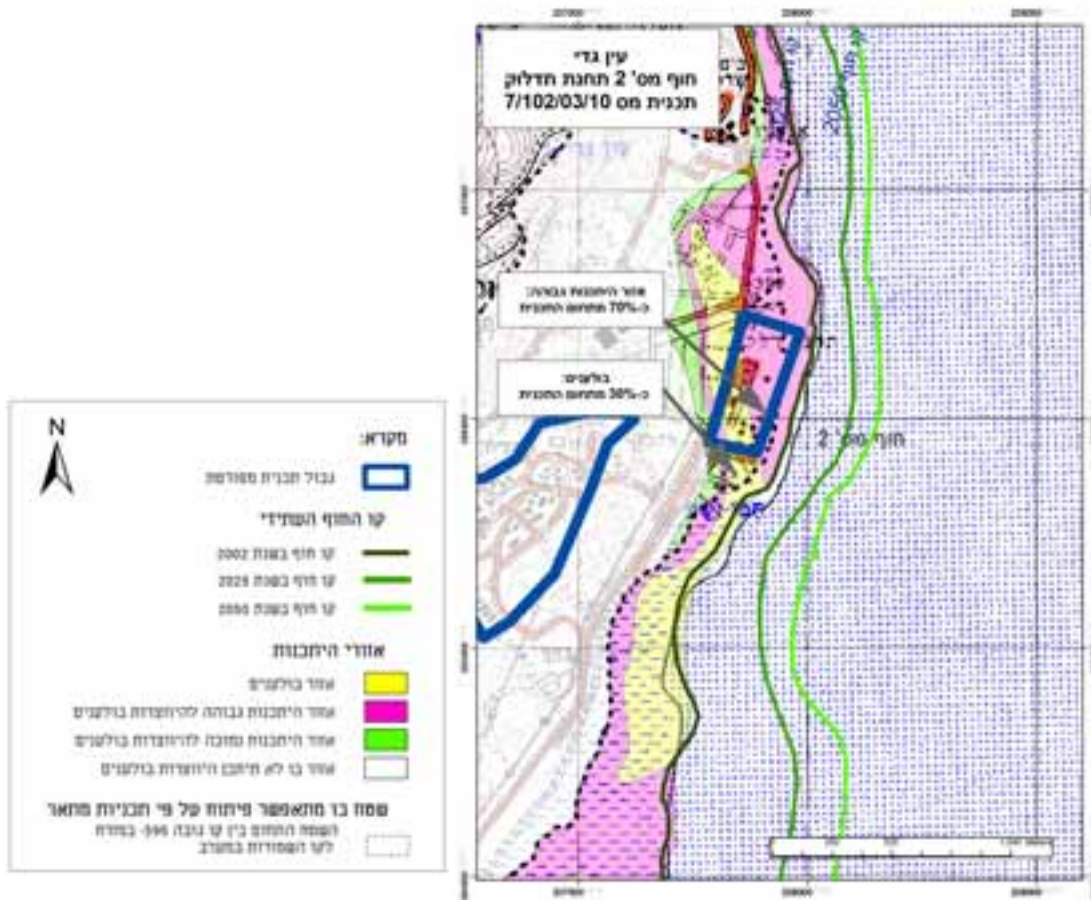
טבלת תכניות מקומיות בתחומי המועצה האזורית מגילות ים המלח ויחסן לאזורי ההיתכנות ולקו החוף העתידי
(על בסיס הטבלה בסעיף 8.4.2)

מרחק מקו חוף 2050	מרחק מקו חוף 2025	שטח בתחום ההיתכנות נמוכה (אחוז משטח התכנית)	שטח בתחום ההיתכנות גבוהה ובולענים (אחוז משטח התכנית)	שטח התכנית (בזונם)	שם התכנית ומספרה	יישוב / אזור (מס' איור)
1100	730	כ-10	–	200	חוף קליה – תכנית תיירות 608/9	קליה (איור 8.23)
760	600	200	260	800	תכנית תיירות קדרון 605/3	קדרון – אבנת (איור 8.24)
580	340	610	960	1600	חוף מינרל – תיירות ונופש 607/2	מצפה-שלם (איור 8.25)

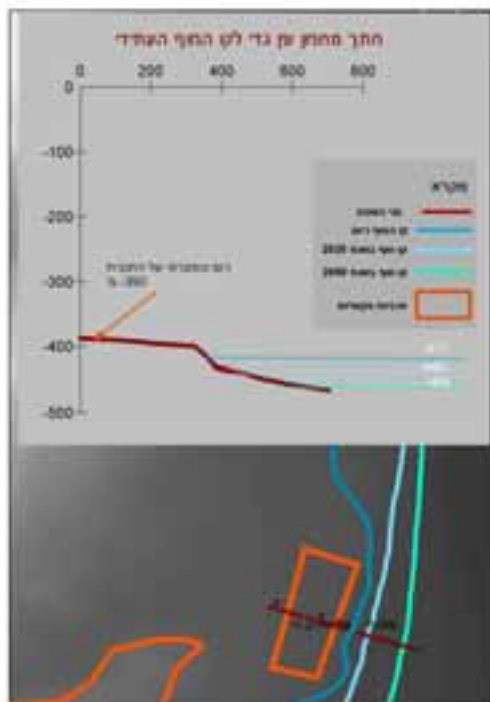


איור 8.15: קיבוץ עין גדי וסביבתו

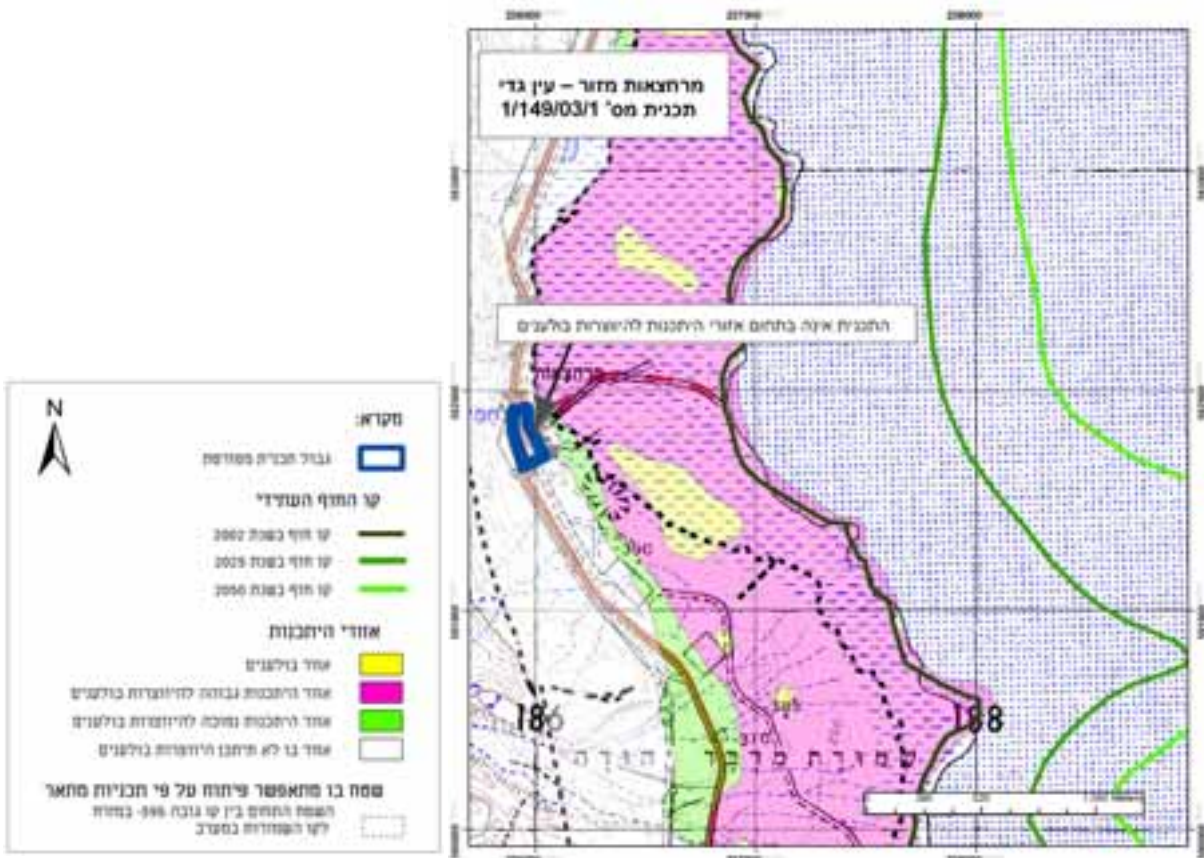




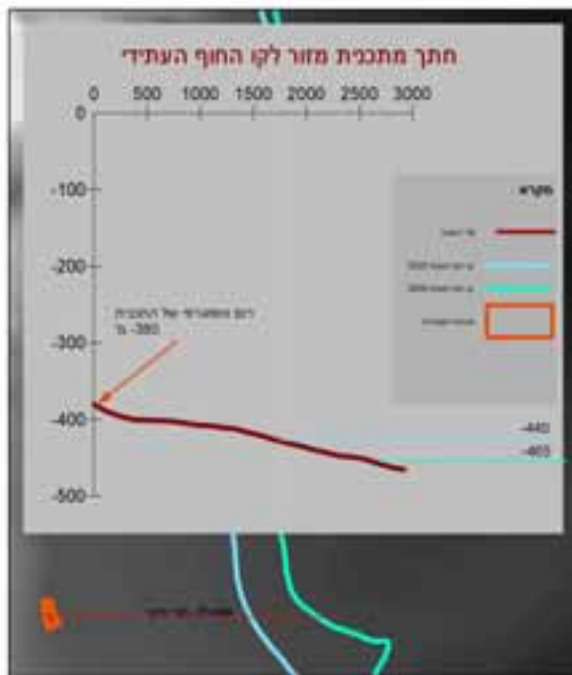
איור 8.16: חוף עין גדי, תחנת תדלוק



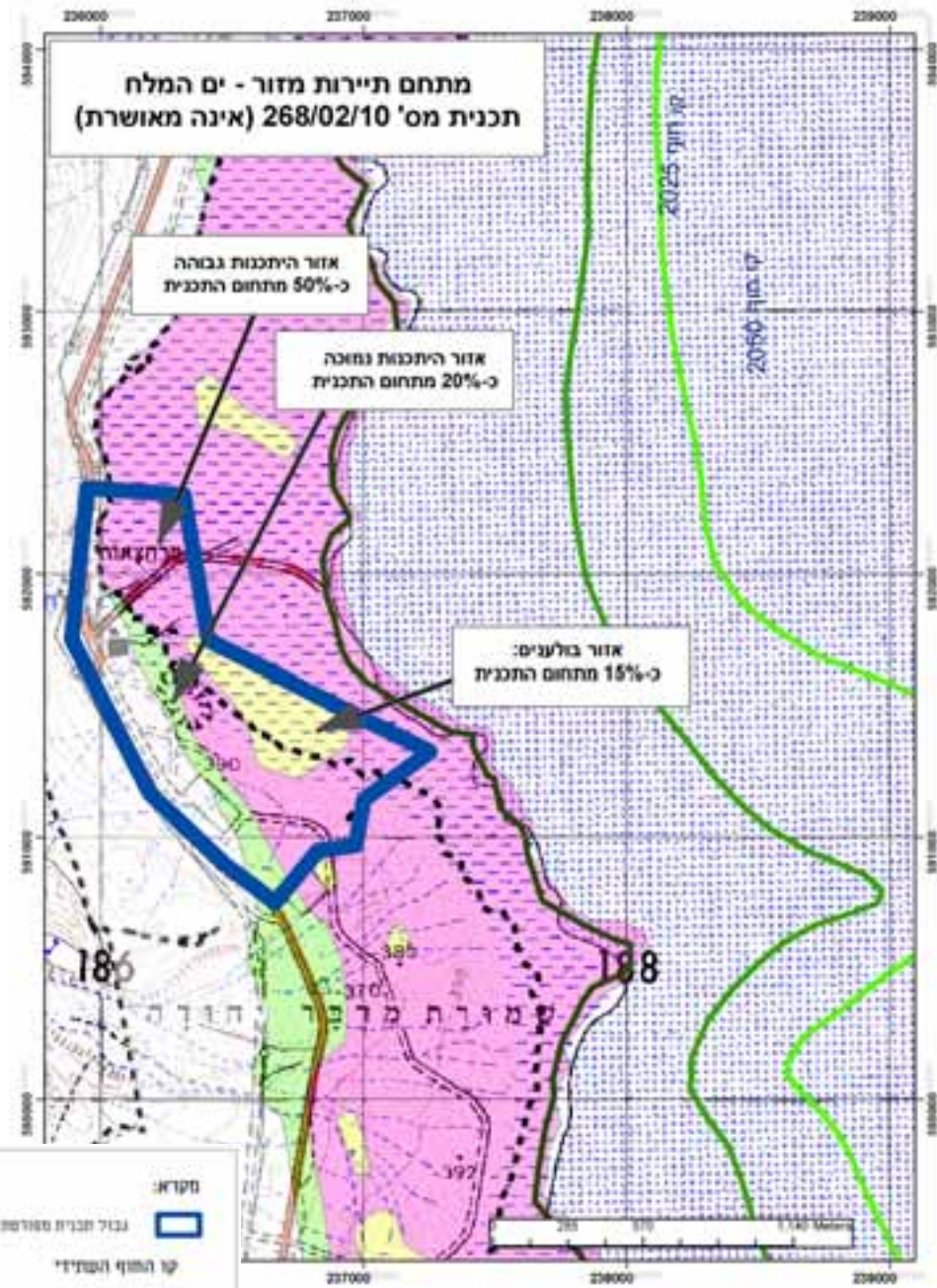
איור 8.16 א: חניון עין גדי



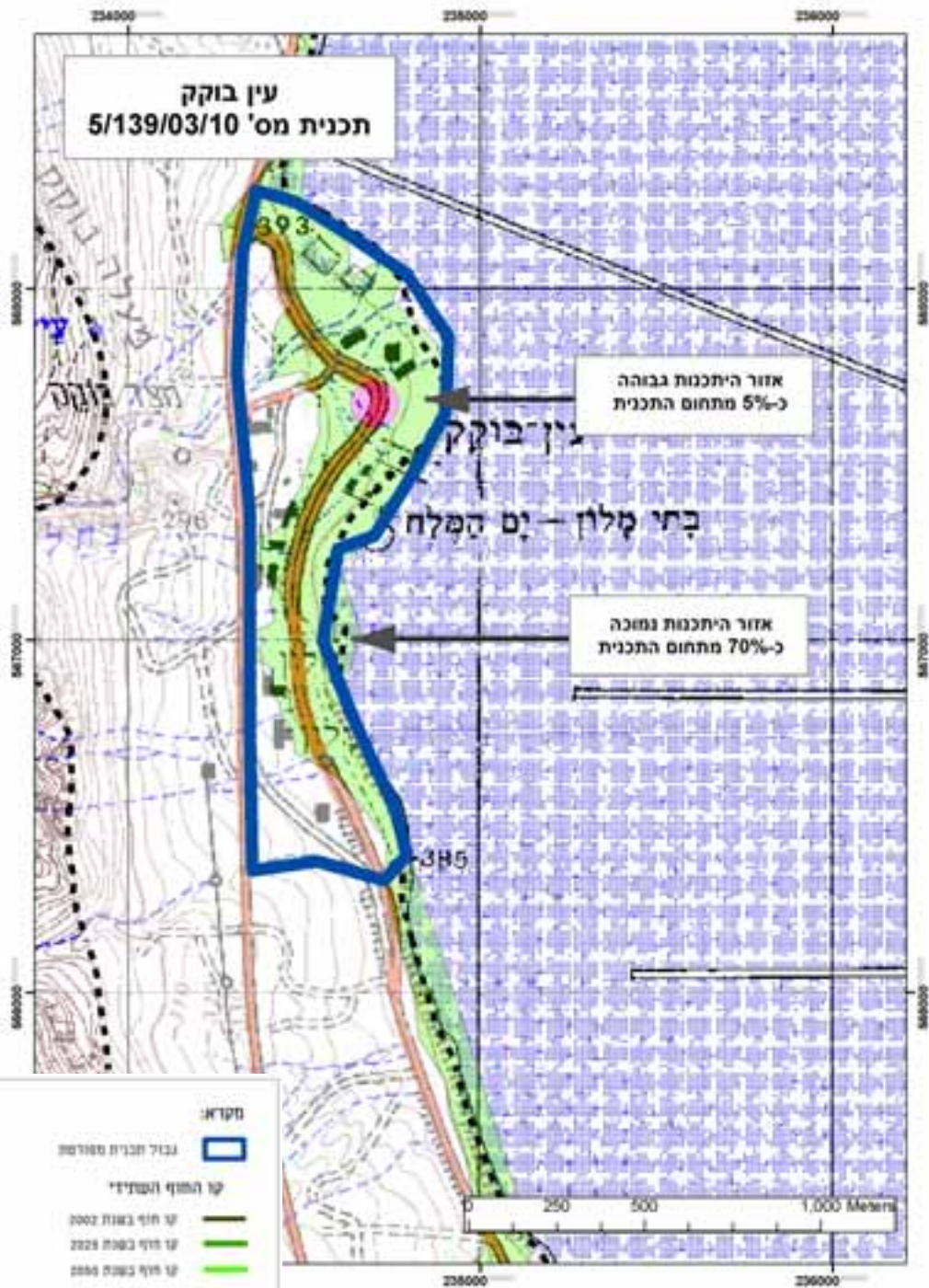
איור 8.17: מרחצאות מזור - עין גדי



איור 8.17 א: חתך תכנית תיירותית מזור

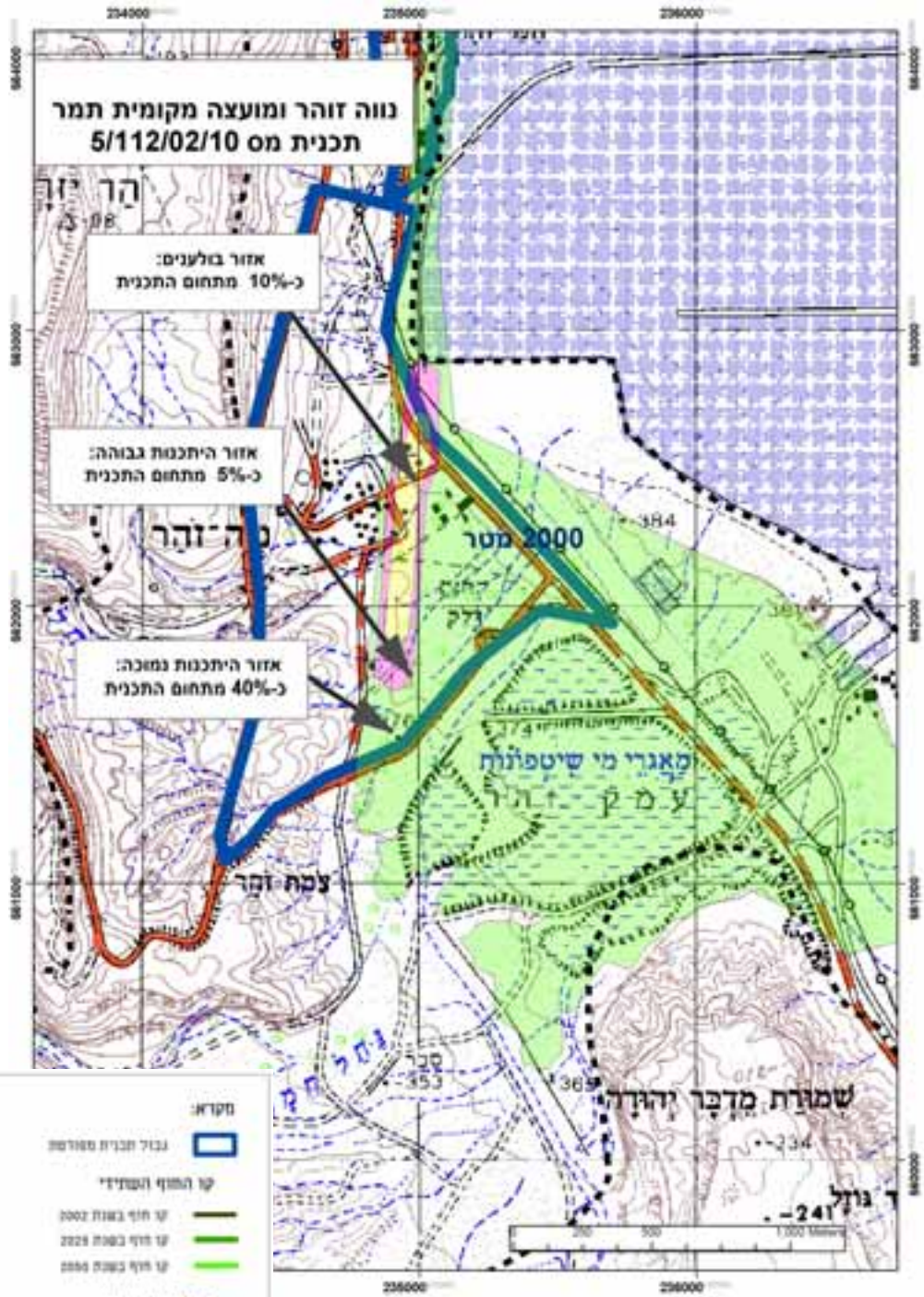


איור 8.16: מתחם תיירות מזור



איור 8.21: עין בוקק

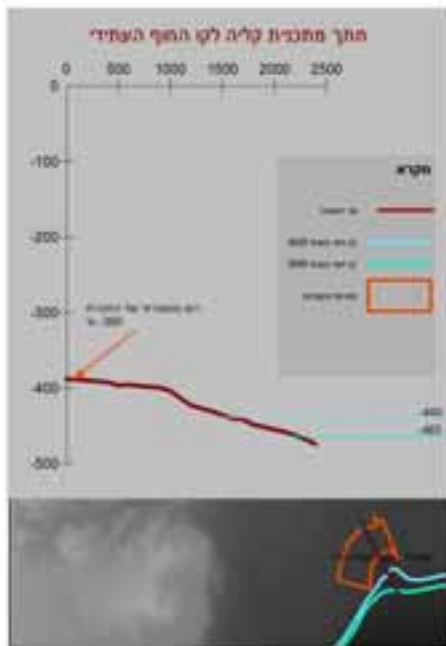




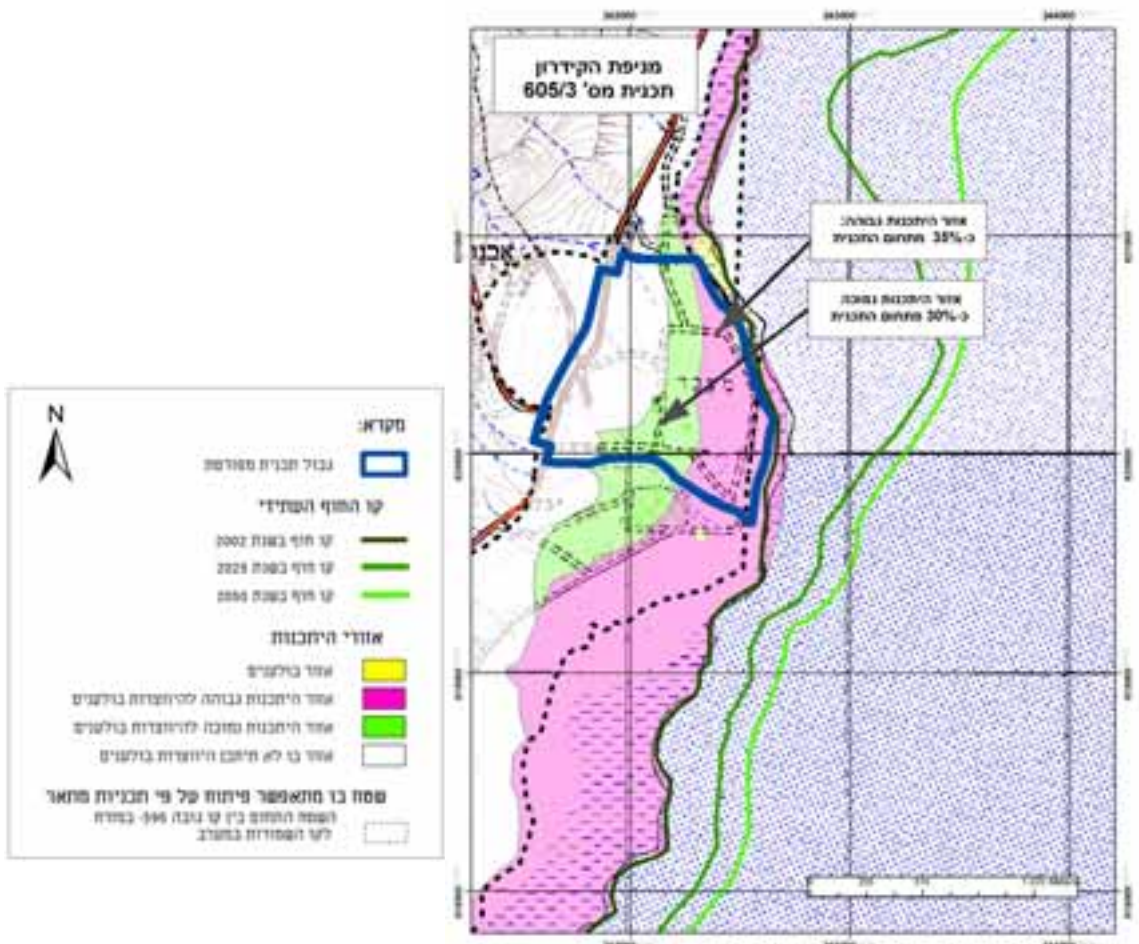
איור 8.22: נווה זוהר ומועצה מקומית תמר



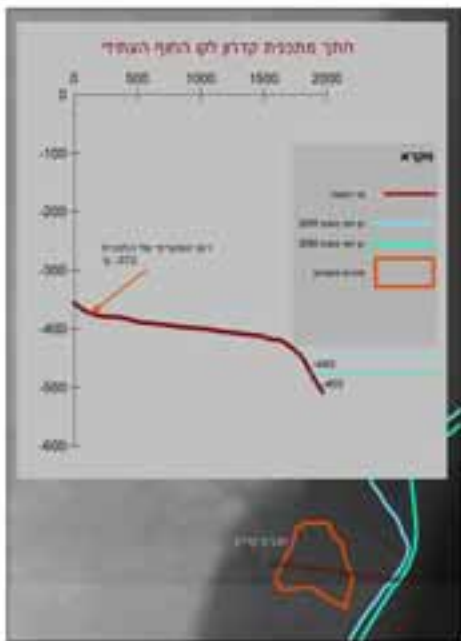
איור 8.23: חוף קלנה



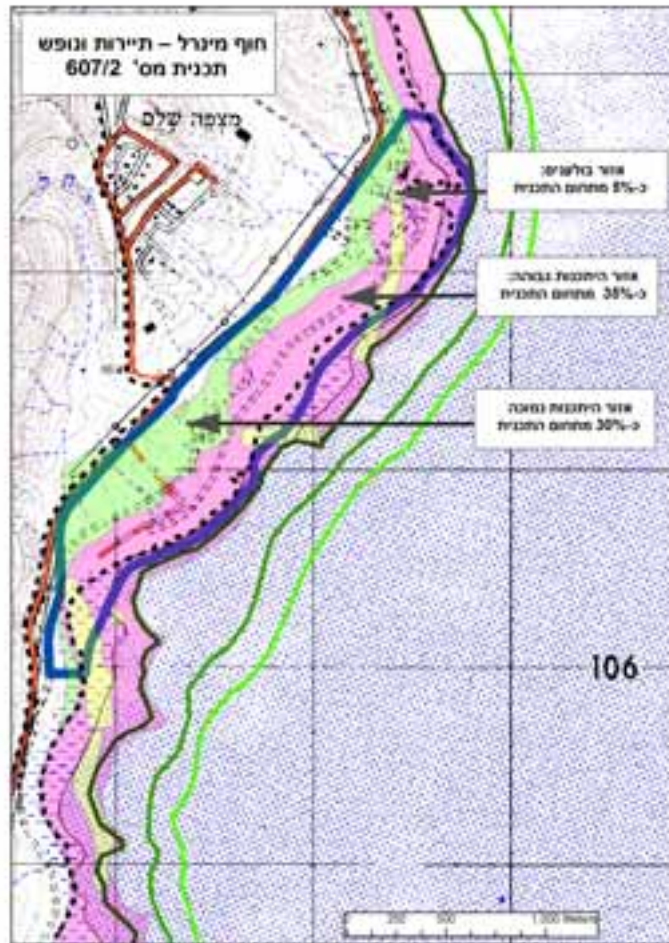
איור 8.23 א: חתך תכנית קלנה



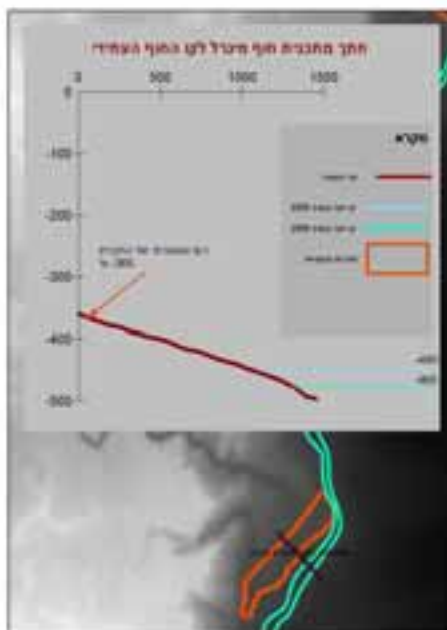
איור 8.24: מניפת הקדרון



איור 8.24.א: חתך של תכנית קדרון



איור 8.25: חוף מינרל - תיירות ונופש



איור 8.25 א: חתך של תכנית חוף מינרל

8.6. מרחב התכנון

8.6.1. המרחב הפיסי

איור 8.26 והטבלאות שבפרק זה מציגים תחום אפשרי לתכנון. התחום כולל בין השטחים השמורים במערב – קו השמורות בתמ"א 8 (בשטחי המועצה האזורית תמר) – אזורים המוצעים לשימור (בשטחי המועצה האזורית מגילות ים המלח) ובין קו גובה טופוגרפי ברום 390.5 – במזרח.

בתחום זה כלולים שטחי הבולענים, אזורי היתכנות נמוכה וגבוהה להיווצרות בולענים ושטחים לתכנון שאינם בהיתכנות להיווצרות בולענים.

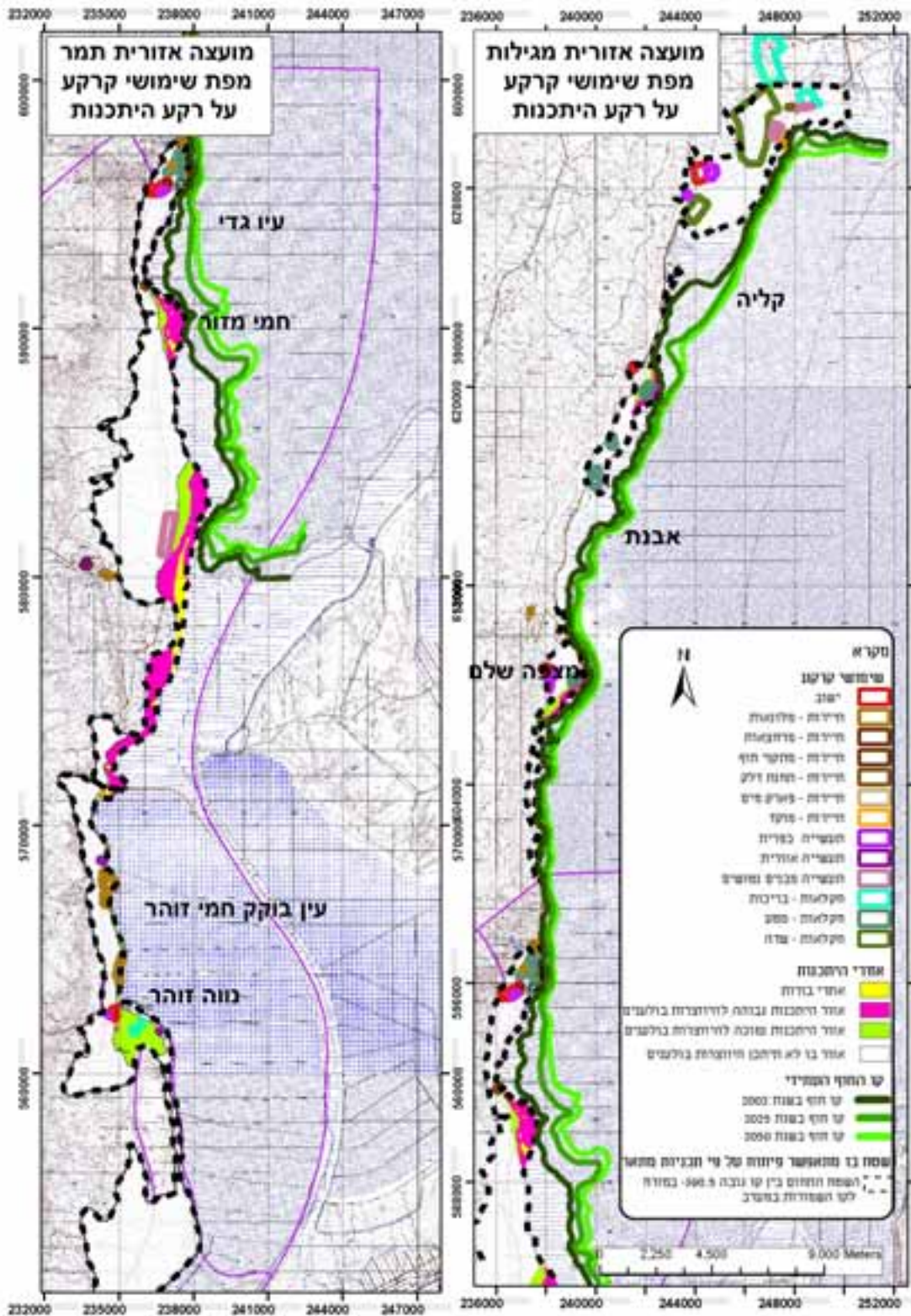
הטבלה הבאה מציגה נתוני שטחים בשני אזורים – בין קו השמורות במערב לקו המפלס הקיים, ובין קו השמורות במערב לקו גובה טופוגרפי ברום 390.5 – במזרח (המהווה סף גובה תחתון לפיתוח).

העמודה השנייה והשלישית מציגות את השטח התחום בין קו הגובה 390.5 – לשמורות, בחלוקה לאזורים השונים, ואת שיעורו מתוך השטח כולו. ניתן לראות כי השטח לתכנון – דהיינו השטח המסומן בלבן – תופס כ-84% מסך השטח המצוי בתחום שבין קו השמורות לרום 390.5.

המפה והטבלה שבעמודים הבאים מציגים את שימושי הקרקע לאורך חופי ים המלח, והתחומים שבהם הם נכללים (לדוגמא, שטח היישוב עין-גדי נכלל בתחום האזור הלבן – אזור לתכנון שאינו בהיתכנות להיווצרות בולענים, ובסמוך לו נכלל שטח המרחצאות חמי-זוהר בתחום האזור האדום של היתכנות גבוהה להיווצרות בולענים).

על-פי המפה והטבלה ניתן לראות את היקף ומיקום עתודות השטח לתכנון (בתחום האזור הלבן) סביב כל אחד מן היישובים במועצות האזוריות. אזורים אלה כוללים כמה אלפי דונמים סביב כל אחד מן היישובים הכפריים.

שיעור השטח בתחום שבין קו גובה 390.5 – לשמורות	שטח התחום בין קו גובה 390.5 – במזרח לגבול השמורות במערב (דונם)	אזורי היתכנות
1.7%	2,150	אתרי בולענים
8%	10,615	אזורי היתכנות גבוהה להיווצרות בולענים
5%	6,870	אזורי היתכנות נמוכה להיווצרות בולענים
84%	106,684	אזור בו לא ייתכנו בולענים
100%	126,300	סך הכול



איור 8.26: תחום אפשרי לתכנון ואזורים המוצעים לשימור, בשטחי המועצות האזוריות מגילות ו תמר

8.6.2. תפיסה תכנונית חדשה

לאורך חופי ים המלח מתרחשים שינויים בעלי עצמה מרחבית, המשפיעים על פריסת שימושי הקרקע ועל תפקודם. שינויים אלה הם בעיקר נסיגת הים, המוסיפה מדי שנה בשנה שטחי יבשה בהיקף ניכר ויוצרת קו חוף חדש, והיווצרות הבולענים המשבשת את החיים באזורים שלמים ומקשה על תפקוד שוטף באזור. התחרות הנחלים משבשת בעיקר מערכות תשתית. שינויים אלה מעלים את הצורך בגיבושה של התייחסות תכנונית חדשה לאזור.

יתר על כן, המצב התכנוני לאורך חופי ים המלח משקף תפיסות תכנוניות של שנות השמונים. תמ"מ 4/14 אושרה בתחילת 1999 לאחר הליכי הכנה ואישור שנמשכו כמעט עשר שנים. תכנית המתאר למועצה אזורית תמר נערכה בשנות השמונים. התכניות המקומיות נעשו ברמה המקומית-פרטנית ואינן משקפות תפיסה כוללת לחופי ים המלח.

בהקשר זה יש להזכיר שורה ארוכה של תכניות, בעיקר בתחום פיתוח התיירות, אשר עסקו בחופי ים המלח. תכניות אלו, חלקן נעשו בשיתוף עם ממלכת ירדן, העלו רעיונות שונים והצעות פיתוח, אך אין בהן כדי להציג תמונה תכנונית כוללת לחופי ים המלח.

עקב התיישנות המצב התכנוני ועקב השינויים הדרסטיים המתרחשים בשטח והדינאמיות המאפיינת אותם, מוצע לערוך תכנית בהירארכיית תכנון גבוהה, אשר תביא בחשבון את הצרכים המיוחדים של מרחב התכנון, את מצבו המיוחד כאתר טבע ומורשת בינלאומית, את השינויים המפליגים הפוקדים אותו בעשורים האחרונים, את הדינאמיקה הצפויה ואת התחזיות להמשך השינויים בעתיד.

חופי ים המלח הם מקום חשוב בדימויה ההיסטורי, התרבותי והנופי של ארץ-ישראל. חופי ים המלח – המקום הנמוך בעולם – למרגלות מצוק ההעתקים ומדבר-יהודה – בליבו של השבר הסורי-אפריקני – הוא תבנית נוף שחשיבותה חורגת מגבולות הארץ. חשיבותו של האזור מבחינה דתית והיסטורית מתבטאת ברצף התרבותי הנמשך בו ובנקודות המייצגות רצף זה החל מן העיר יריחו, אחת הערים העתיקות בעולם, חרבת-קומראן והמערות בהן נתגלו המגילות הגנוזות שזכו לעניין בינלאומי והאירו את ההיסטוריה של כתות ים המלח וימי תחילת הנצרות. סמוך לים המלח נמצא מדבר-יהודה – חבל ארץ גדוש אתרי נוף וטבע, ארכיאולוגיה והיסטוריה בעלי חשיבות כלל-עולמית. צירוף זה של ים ומדבר, חופי ים המלח, מצוק ההעתקים ומדבר-יהודה, מהווה יסוד חשוב בקידום האזור.

קרבתו של האזור למוקדי התיירות העיקריים בישראל, והיותו יושב על ציר תנועה ותיירות עתידי המתגבש עם התקדמות מהלכי השלום, מביאים להכרה בפוטנציאל הרב הטמון בו. תפקידה של

התכנית העתידית להאיר ולמקד פוטנציאל זה ולכוונו לדרך של יישום, לרווחת תושבי האזור וכאמצעי הכוונה והשפעה על עתידו של האזור.

תכנית זו עשויה להיווצר באחת משתי מסגרות:

□ תכנית-מתאר ארצית חלקית לחופי ים המלח – תמ"א 13 – חופי ים המלח. בדומה לתמ"א 13 ארצית חלקית שנערכה לחופי הכינרת ולחופי מפרץ אילת;

□ תכנית-מתאר מחוזית חלקית לחופי ים המלח, בדומה לתקון מס' 21/4 תכנית-מתאר מחוזית חלקית לאזור אילת – אילות.

לשתי מסגרות אלו יכולת להקיף וליצור מערך תכנוני שלם ומקיף למרחב התכנון. לצידה של התכנית הסטטוטורית יש להכין תכנית משלימה, במסגרות התכנון הראויות, למרחב מועצה אזורית "מגילות". עקב המשכיות החופים ואחידות המערכת הפיסית והאקולוגית, יש לראות במרחב מכלול אחד, ולהציב לו מסגרת תכנונית אחת, גם אם היא מחולקת לשתי יחידות תכנון.

המידע הרב שנצבר במסגרת המחקר הנוכחי ובמסגרות אחרות, מאפשר הערכות מהירה ותכליתית להכנת התכנית הכוללת. ניתן לומר כי השלבים המקדימים המקובלים במערכת התכנון – "סקר מצב קיים" והתבוננות ראשונית ב"חלופות תכנון" – נעשו במסגרת המחקר הנוכחי והם ישמשו ללא ספק פרקים ראשוניים לתכנית הכוללת.

9.1. ירידת מפלס ים המלח – עלויות ותועלות

9.1.1. עלויות ותועלות כלל-משקיות

ניתוח "עלות-תועלת" הוא אחד הכלים המרכזיים המשמשים קובעי-מדיניות. מבחינת ההיבט הכלכלי גרידא, התערבות ממשלתית בים המלח תהיה מוצדקת, אם בניתוח ארוך-טווח תהיה התועלת גדולה מהעלות. הניתוח בפרק זה מתייחס לתסריט ברירת מחדל. הניתוח יוצא מנקודת הנחה כי הגורם העיקרי לשינויים במפלס מי הים הוא עצירת המקורות הטבעיים והשימוש במים מאגן ההיקוות של ים המלח לצורכי המשק בישראל, ברשות הפלסטינית, בסוריה ובירדן. גורם שני הם מפעלי האשלג בישראל ובירדן, המנצלים את מי ים המלח לשימושם. המגמות הכלכליות הנובעות מההשלכות של ירידת המפלס יימשכו בעתיד הנראה לעין ושינוי במגמות אלו מותנה ביזמות ממשלתיות. פימות השינוי בערכו הכלכלי של אזור ים המלח, מתבסס על בחינה השוואתית בין המצב בהווה לבין המצב הצפוי בנקודות זמן בעתיד: בעוד 25 ובעוד 50 שנה.

פרק זה מנתח את השימושים הכלכליים באזור ים המלח ואומד את העלויות והתועלות הצומחות מהמשך המגמות המסתמנות כיום. התועלות העיקריות הצפויות בתרחיש ברירת המחדל הן המשך השימוש במים מאגן ההיקוות למשק בישראל ובירדן, תוך המשך הפקת המינרלים במפעלי ים המלח ואף גידול צפוי בהכנסות בזכות התייעלות צפויה בתהליכי ההפקה, המשתפרים בד בבד עם העלייה בריכוז המלחים בים. מול התועלות, נאמדות העלויות הנובעות מהמשך המצב הקיים. עלויות אלו כוללות נזק לתשתיות ולחקלאות, עצירת הפיתוח ומגבלות במימוש תכניות עתידיות. בנוסף, כתוצאה מירידת המפלס והקטנת השטח של ים המלח, נגרמת פגיעה בציבור, שניתן לכמת אותה לעלויות כלכליות. עלויות אלו נגרמות מכך שנפגע משאב טבע ייחודי בקנה מידה עולמי. ים המלח וסביבתו נתפסים בעבודה זו כ"מין אנדמי" – תופעה ייחודית שאין שני לה בעולם.

9.2. גורמים כלכליים באזור ים המלח

הניתוח הכלכלי של אזור ים המלח מתייחס לבעלי עניין שיש להם נגיעה באזור. טבלה 9.1 שלהלן, מציגה את בעלי האינטרסים במעגלי-השפעה. בראש הטבלה מוצגים הקרובים והמושפעים ביותר ובהמשך – הרחוקים והמושפעים פחות.

9.3. ערך כינון – אומדן העלויות המשקיות (עלות השיקום, Restoration Costs)

9.3.1. פירוט גורמי-נזק

זוהי שיטה לאומדן ערך הנכסים ועלות שיקום הנזקים הנובעים מן התהליכים באזור. גישה זו מתייחסת בעיקר לניתוח נזקים צפויים לכבישים, לדרכי הגישה, לשטחי החקלאות, למפעלי ים המלח ולבתי המלון. ערך הכינון משמש אינדיקטור להבאת המשאב למצבו המקורי – למשל, עלות תיקון נזק לכביש.

ניתוח עלות תועלת בשיטת ערך הכינון בתסריט של ברירת מחדל, נערך בהנחה שייוצרו פערים בין המצב הכלכלי הקיים לבין המצב העתידי. התחומים הראשיים הנפגעים מן המגמות והתהליכים הפוקדים את האזור הם אלה:

הרס תשתיות ומבנים – התמוטטות מבנים כפי שקרה בחניון עין-גדי כתוצאה מהתפתחות בולענים, התמוטטות גשר נחל ערוגות וחלקים מכביש 90 כתוצאה מעירוי והתחתרות פתאומית בשיטפונות 2002, 2003. ההערכה היא שבשנים הקרובות צפויה האצה בתהליכים אלה.

מניעת מימוש ופיתוח שימושי-קרקע מתוכננים ופוטנציאליים – כגון חקלאות, מלונאות ומגורים, מחמת אי-יציבות התשתית הפיזית. אבדן הכנסות ממניעת מימוש ייעודי-קרקע במקומות שתוכננו, כמו מתחם התיירות באתר מזור, יחייב השקעות בבחינת חלופות תכנוניות. ייתכן שהתכניות ימומשו באזורים בעלי ערך נמוך יותר מאלה שתוכננו בעבר.

טבלה 9.1: בעלי עניין בים המלח

מאפיינים ואומדן הערך	מיקום הגורם
<p>תושבים העוסקים בחקלאות, בתיירות ובמקצועות חופשיים, הנהנים ממראה הנוף ומערכי הסביבה. החקלאות מהווה גורם תעסוקה חשוב. התמר הוא הגידול העיקרי, שהקיף בשיאו 400 דונם בתחום נווה המדבר של עין־גדי. בפסק־דין של בית המשפט נקבע גובה הפיצוי בגין פגיעה במטע התמרים של עין־גדי עקב התפתחות הבולענים בכ־30 מיליון ש"ח.</p> <p>התיירות באזור זה מתקיימת בכל עונות השנה. בשנת 2001 היו בחלק הישראלי של ים המלח 3,478 חדרים ב־14 מלון ובתי־הארוחה. בשנה זו נרשמו כ־1.680 מיליון לינות, מהן כ־1.46 מיליון לינות של ישראלים. ממוצע הלינות עומד על כ־2.5 לילות לנפש (ראה הרחבה על מאפייני התיירות בנספח). פדיון המלונות היה בשנה זו 123 מיליון \$ ובאתרי התיירות באזור נפרדו עוד כ־7 מיליון דולר. בתי המלון באגן הדרומי של ים המלח, על גדות בריכה מס' 5 של מפעלי התעשייה, נמצאים במצב אמביוולנטי: מחדגיטא הם על שפת בריכות האידי ותלויים באספקה שוטפת של מים שאובים מהאגן הצפוני לבריכות האידי, מאידך־גיטא מאיימת העלייה המתמדת במפלס המים שבבריכות על התשתיות של בתי המלון (פירוט בנספח).</p> <p>ים המלח עשיר במינרלים המנוצלים במפעלים בצד הישראלי ובצד הירדני. מפעלי ים המלח מעסיקים כ־1,600 עובדים ישרים, והפדיון מוערך בכ־450 מיליון דולר בשנה. לצורך הפקת המינרלים הוקמו בריכות האידי, אליהן מוזרמים מים מהאגן הצפוני. פעולתם של מפעלי ים המלח גורמת גם היא לירידת המפלס. המפעלים הם הנהנים העיקריים מהמגמות הנוכחיות, שכן עליית ריכוז המלחים בים מיעלת את תהליך ההפקה.</p>	<p>המעגל הראשון</p> <p>תושבים בחוף ים המלח</p> <p>חקלאות במישור החוף</p> <p>תיירות</p> <p>מפעלי ים המלח באגן הדרומי של ים המלח</p>
<p>עובדים במפעלי ים המלח, בתי־מלון ובחקלאות.</p>	<p>המעגל השני</p> <p>תושבי הנגב המזרחי – בעיקר ערד, דימונה וירוחם</p>
<p>משק המים של שלוש הישויות הללו מבוסס על שאיבת מים מאגן ההיקוות של ים המלח. שאיבה זו היא הגורם העיקרי לירידת מפלס ים המלח ולמצבו הנוכחי של האזור. ירדן וישראל נהנות מהפעילות התעשייתית של מפעלי ים המלח. תושבי האזור נהנים מכך שחופי ים המלח נמצאים במרחק נסיעה מביתם והם עושים בהם שימוש לנופש ולבילוי.</p>	<p>המעגל השלישי</p> <p>תושבי ישראל, ממלכת ירדן והרשות הפלסטינית</p>
<p>לים המלח חשיבות עולמית וערך תרבותי, נופי והיסטורי רב. זהו המקום הנמוך בעולם, המשתרע למרגלות מדבר־הודוה – אזור הקשור לראשית הנצרות, לכת מדבר־הודוה ולמגילות ים המלח. למימיו מייחסים סגולות־מרפא מיוחדות והוא נחשב אחד האתרים האטרקטיביים ביותר בארץ (שני בחשיבותו לירושלים בלבד). במחקרים שנערכו בשנים האחרונות במקומות שונים בעולם, נבדק הערך שייחסו תושבי מדינות זרות לערכי טבע ונופש שונים (מדגסקר, פס במרוקו, איי סיישל ועוד). ערכו העולמי של ים המלח טרם נבחן, נכון לשעה זו.</p>	<p>המעגל הרביעי</p> <p>כלל תושבי העולם</p>

הרס שטחי חקלאות כתוצאה מהתערערות התשתית – בעיקר ברצועות הבולענים, כפי שאירע למטע התמרים של קיבוץ עין-גדי. צפיות עלויות הכרוכות בפיצוי על אבדן הכנסה משטחי חקלאות ותיירות קיימים.

אבדן מיתוהם מהאוגר החד-פעמי – מחמת ירידת המפלס והתנקזות מי האקוויפר אל הים הנסוג. לאבדן זה עשויה להיות משמעות כלכלית ישירה בטווח הארוך. כמות המים הניתנים לניצול תקטן ועלויות הפקת המים יעלו.

פגיעה בתיירות – כתוצאה מנסיגת קו החוף ושיבוש הנגישות בין תשתיות התיירות לקו המים.

נוק למפעלים – הקשור לירידת המפלס, יכול לנבוע באם ייווצרו בולענים שיפגעו בסוללות של בריכות האידוי ובמיוחד בבריכה מס' 5. הנוק הצפוי במקרה של קריסת סוללה, מורכב מעלות התיקון, עלויות השאיבה החוזרת של המים ומאבדן הכנסות בשל השבתת המפעל בזמן עבודות השיקום. בשלב זה של העבודה לא נערך אומדן של עלות הנוק הזה.

9.3.2. תשתית (כבישים; גשרים)

תיאור התופעה

נסיגת ים המלח וירידת המפלס גורמות לשתי תופעות המשפיעות על תשתית הכבישים לאורך הים:

1. עירוף מהיר ומאסיבי של הנחלים, המשפיע על עומקו ורוחבו של הנחל והתחתרות הנחלים הפוגעת בגשרים, סכרים, גשרונים ומעברימים;
2. יצירת בולענים על תוואי הכבישים.

עירוף נחלים

משמעויות הנדסיות

הטכנולוגיה הנדסית המוצעת כפתרון אחד מני רבים, כאינדיקציה לאומדן עלויות אפשרי, היא יצירת סכרי-הגנה על גשרים, סכרים ומעברי מיס במורד הערוץ. סכרי ההגנה הללו יוקמו בשלבים על-פי קצב ירידת מפלס הים, התרחבות והתעמקות הנחל.

משמעויות כלכליות

תשתית התחבורה, מערכת הכבישים, הגשרים ומעברי המים, מחויבת בתחזוקה שוטפת. התחזוקה השוטפת הסטנדרטית אינה

כוללת את ההשפעות של התחתרות מהירה של הנחלים כתוצאה מירידת המפלס ואינה לוקחת בחשבון את ההגנות שיש להקים ולסלול על-מנת למנוע פגיעה בחיי אדם כתוצאה מהיווצרות הבולענים.

התוצר של הבחינה הכלכלית-הנדסית הוא תוספת העלויות שייווצרו לאורך זמן בתחזוקת רשת הכבישים, מעבר לעלויות התחזוקה המקובלות למערכות אלו אילו ירדת המפלס לא היתה נמשכת.

בחינת עלויות התחזוקה הנוספות הסתמכה על הטכנולוגיה הנדסית שציונה לעיל, בהנחה שמחיר ההון הוא 6% לשנה.

לשם כך חולקו הנחלים לשלוש רמות, לפי גודל הפוטנציאל השיטפוני שלהם, קצב ההתחתרות לאחור וסוג הגשר:

נחלים גדולים, כנחל דוד, נחל ערוגות ונחל צאלים – גשר או סכר גדול;

נחלים בינוניים, כנחל תמר – מעברי מיס גדול;

נחלים וערוצים קטנים – מעברי מיס קטנים.

לכל סוג נחל וגשר נקבע מודל כמותי על סמך מדידות הגשרים ומעברי המים הקיימים.

סיווג הנחלים והאפיון הגיאולוגי נעשו על סמך נתוני המכון הגיאולוגי. לצורך קביעת עלויות הבסיס להתייחסות של כל אחד מסוגי הנחלים, הוצע גשר "מודל" שלגביו נקבעו מידות אורך ורוחב התואמות את הקיים. לאותו סיווג נערך אומדן עלויות הקמה ואומדן עלויות תחזוקה לאורך זמן.

כל סוג מודל נקבע על בסיס הפתרון הנדסי המוצע, עלויות לאורך זמן, הכולל את קצב ההשקעה. עלויות אלו הן תוספת העלויות שמעבר לתחזוקה השוטפת. עלויות התחזוקה השנתיות הוערכו בשיעור של 3% מעלויות ההקמה.

הנחנו שעלויות התחזוקה מתייחסות לשני פרקי-זמן: 20 שנה ו-50 שנה מהיום. כפי שניתן להסיק מהתוצאות שלהלן, משך זמן ארוך יותר אינו משנה באופן מהותי את התוצאות.

על סמך טבלה 9.2 ניתן לקבל הערכת עלות כוללת, אם נכפיל במספר הגשרים מכל סוג. חישוב זה מתואר בטבלה 9.3.

כפי שניתן להסיק מטבלה 9.3, העלות המהוונת עומדת על 80 מיליון ש"ח ב-20 שנה ו-118 מיליון ש"ח ב-50 שנה, בהנחה של מחיר הון שנתי בגובה של 6%.

טבלה 9.2: מסכמת עלויות תחזוקה ללא השפעת ירידת המפלס

עלות בש"ח					פחת שנתית	שטח מ"ר	רוחב גשר מ'	אורך הגשר מ'	סוג
תחזוקה מהוננת ל-50 שנה	תחזוקה מהוננת ל-20 שנה	תחזוקה שנתית	הבנייה ליחידה	בנייה למ"ר					
7,229,346	4,935,035	396,000	13,200,000	8,250	3%	1,600	20	80	גדול
2,891,739	1,974,014	158,400	5,280,000	6,600	3%	800	20	40	מעבירים בינוניים
657,213	448,640	36,000	1,200,000	4,000	3%	300	20	15	מעבירים קטנים

טבלה 9.3: עלויות תחזוקה שוטפות ללא השפעת ירידת המפלס

עלות תחזוקה מהוננת ל-50 ש"ח	עלות תחזוקה מהוננת ל-20 ש"ח	מספר גשרים	
57,834,772	39,480,282	8	נחלים גדולים
43,376,079	29,610,212	15	מעבירים בינוניים
16,430,333	11,215,989	25	מעבירים קטנים
117,641,184	80,306,483	48	סה"כ

טבלה 9.4: עלות תחזוקה כוללת לפי מספר הגשרים לסוגיהם

עלות בש"ח				מספר שנים לתוספת סכר	נפח מ"ק	גובה מ'	רוחב גשר מ'	אורך הגשר מ'	סוג
עלות תחזוקה מהוננת ל-50 שנה	עלות תחזוקה מהוננת ל-20 שנה	עלות בנייה	עלות לממ"ק						
3,653,526	2,909,953	2,250,000	1,000	10	2500	25	1	100	נחלים גדולים
486,500	407,083	600,000	1,000	15	600	10	1	60	מעבירים בינוניים
82,402	67,847	100,000	1,000	15	100	5	1	20	מעבירים קטנים

תוספת עלויות בגין ירידת מפלס מי הים

על-פי הנאמר לעיל, נאמדה תוספת העלות לכל סוג נחל בגין ירידת מפלס מי הים. טבלה 9.4 מתארת את התוספת לסוג נחל, וטבלה 9.5 מסכמת לפי כמות נחלים מכל סוג. טבלה 9.6 מסכמת את השינוי באחוזים.

טבלה 9.5: תוספת עלות לפי סוג נחל

מספר גשרים	עלות תחזוקה מהוונת בש"ח ל-20 שנה	עלות תחזוקה מהוונת בש"ח ל-50 שנה	נחלים גדולים
8	23,279,623	29,228,205	
15	6,106,239	7,297,498	מעבירים בינוניים
25	1,696,177	2,060,040	מעבירים קטנים
48	31,082,039	38,585,743	סה"כ

עלויות הבסיס הן עלויות ההקמה והתחזוקה הצפויות (מהוונות) ללא ירידת המפלס.

תוספת העלויות באחוזים – תוספת עלויות, הקמה ותחזוקה כתוצאה מירידת מפלס פני הים, באחוזים מהעלות הבסיסית ומהוון לשני פרקי-זמן.

טבלה 9.6: תוספת העלויות לכלל הגשרים

עלות תחזוקה מהוונת	20 שנה	50 שנה
תוספת עלות תחזוקה באחוזים מהעלות הבסיסית	38.70%	32.80%

עלויות תחזוקה בשיעור מהוון של כ-35 מיליון ש"ח. המשמעות היא הגדלת העלויות בכ-35%. זה שקול לתוספת עלות שנתית של 2.1 מיליון ש"ח, בהנחה של מחיר הון של 6%.

הסכנה העיקרית שבהיווצרות בולענים על תוואי הכביש היא פתאומיות היווצרות התופעה ופוטנציאל הפגיעה בחיי-אדם. על מנת למנוע פגיעה בחיי-אדם מוצע כי לאורך תוואי בו קיים פוטנציאל פגיעה, ייעשה ריבוד מחדש של התוואי. בתהליך הריבוד יוכנסו יריעות של בד גיאוטכני, שנועד למנוע כשל קטסטרופאלי.

לאחר היווצרות בולען יהיה צורך לטפל בו נקודתית.

טבלה 9.7 מסכמת את נתוני העלות עבור טיפול בבולען מייצג, לאחר שנפער.

טבלה 9.7: עלות הטיפול המונע בוד גיאוטכני

עלות טיפול בבולען	מידות וערכים כספיים במספרים מעוגלים	תוספת (הפחתה) באחוזים
קוטר – מ'	4	50%
שטח הבולען – מ"ר	50	
קוטר השטח המטופל – מ'	6	
שטח טיפול – מ"ר	113	
עומק המילוי – מ'	12	
נפח המילוי – מ"מ"ק	1,357	
עלות מילוי למ"מ"ק – ש"ח	200	
סה"כ עלות מילוי – ש"ח	272,000	
עלות ריבוד ויריעות למ"ר – ש"ח	120	
סה"כ עלות ריבוד ויריעות – ש"ח	14,000	
סה"כ עלויות לטיפול בבולען	286,000	

על-פי מפת הסיכונים של המכון הגיאולוגי, קצב הופעת הבולענים על הכבישים הוא כ-2 בשנה עד 100 בולענים ב-50 שנה. טבלה 9.8 מתארת עלות מהוונת לטווחים של 20 ו-50 שנה.

ניתן אפוא לסכם שהמשמעות של תוספת העלויות כתוצאה משינוי מפלס פני הים ותופעות הסחיפה והעירוס של הנחלים, היא תוספת

טבלה 9.8: עלות טיפול נקודתי בקטע כביש בו נפערו בולענים

עלות טיפול בבולענים בש"ח (ערכים מהוונים)	
50 שנה	20 שנה
9,100,000	6,600,000

טבלה 9.9 מתארת את כלל העלויות הנוספות למערכת הכבישים כתוצאה מהופעת הבולענים.

טבלה 9.9: עלות טיפול בבולענים בש"ח, היוון ל-20 ו-50 שנה

סוג הטיפול	50 שנה	20 שנה
יריעות גיאוטכניות למניעה	6,000,000	5,500,000
טיפול נקודתי בבולענים	9,100,000	6,600,000
סה"כ עלויות מהוונות	15,100,000	12,100,000

על סמך כל הנתונים אשר נאספו לעיל, ניתן לסכם את סך כל העלויות בגין ירידת מפלס מי הים. נתונים אלה מתוארים בטבלה 9.10.

טבלה 9.10: סיכום עלויות מניעה וטיפול בבולענים

שטח מ"ר	רוחב מ'	אורך קטע הכביש (מטר)	אזור קטעי כביש הנמצאים בתחום אזור השקיעה
17,000	17	1,000	נחל חצון
25,500	17	1,500	דוד-ערוגות
6,800	17	400	נחל חבר
8,500	17	500	פינה של בריכה 5
17,000	17	1,000	שפך זוהר
74,800		4,400	סה"כ
60			עלות למ"ר – ש"ח
4,488,000			סה"כ עלות – ש"ח

טבלה 9.10 מתארת עלויות טיפול מונע. ניתן להסיק מהטבלה שכלל ההשקעה למניעת נזקי גוף מבולענים במערכת הכבישים, נאמד ב-4.5 מיליון ש"ח.

הנחת העבודה ההנדסית היא כי החל מהשנה הראשונה ובכל 20 שנה יהיה הצורך להשקיע בריבוד וביריעות גיאוטכניות. על סמך הנחה זו ניתן לחשב את הערכים המהוונים לטווחים שהוזכרו קודם לכן כטווחי הבדיקה: 20 ו-50 שנה. הערכים המתקבלים הם 5.5 מיליון ש"ח ו-6 מיליון ש"ח עבור 20 ו-50 שנה, בהתאמה.

טבלה 9.11: כלל העלויות למערכת הכבישים והגשרים כתוצאה מירידת המפלס – בש"ח

סוג עלות	20 שנה	50 שנה
התחתרות סחיפה של נחלים – כבישים, גשרים ומעברי מים	31,000,000	38,000,000
בולענים בכבישים	12,000,000	15,000,000
סה"כ	43,000,020	53,000,050

ניתן להסיק מהטבלה המסכמת שתוספת העלויות המהוונות כתוצאה משינוי מפלס, הכוללות התחתרות מואצת של הנחלים והופעת בולענים, נעה בין 43 ל-53 מיליון שקלים. זה שקול לעלות שנתית הנעה בין 2.58 ל-3.18 בהנחת מחיר הון של 6%.

9.3.3 תכניות סטטוטוריות

ירידת מפלס פני הים והיווצרות הבולענים, גורמות מניעת שימוש או אי-הגשמת תכניות-בנייה, בשל אחת משתי סיבות:

1. קיים תכנון מאושר לבנייה, אך הבנייה טרם בוצעה, ובגלל תופעת הבולענים אין אפשרות או כדאיות לבצעה. במקרה כזה קיימות שתי חלופות לפעולה:

□ בנייה לפי מפרט הצוות ההנדסי העובד במקביל; סביר להניח (אם כי אין עדיין המלצות של הצוות ההנדסי), כי חלק מעלויות הבנייה יתייקרו כתוצאה מהצורך לבנות בכפוף לפרמטרים פיסיים עדכניים.

□ שינוי מיקום הפעילות המתוכננת, שמשמעו אבדן הוצאות תכנון וצורך לאתר קרקע חלופית בעלת תכונות דומות

תרבות ומורשת, שאינם ניתנים לכימות באופן ישיר. אין ערך כספי ישיר גם לעצם השינוי החזותי של הנוף ולחשיפת משטחי הבוץ במקומות שזה לא מכבר ניתן היה להגיע בהם אל הים בקלות יחסית.

בעשור האחרון פותחו ושופרו מספר מודלים המאפשרים לבחון את התועלת של ערכי-טבע, נוף וסביבה, שאינם ניתנים למסחר, וערכם הכלכלי נובע מתועלות עקיפות. במרכז המודלים ניצבת שאלת נכונות הציבור לשלם עבור שימור משאב הטבע במצבו הנוכחי ולמנוע המשך הידרדרות במצבו. המודלים בוחנים את הנכונות של כל פרט לשלם מחיר בהתאם לתועלת שהוא חושב שיוכל להפיק משימור האזור ומשיקומו. האומדן הכספי של התועלת הוא סיכום התשלומים שהפרטים הצהירו שהם מוכנים לשלם. היות שבכלכלה מבוטאת תועלת לפי הנכונות לשלם, משקף גילוי אומדן הנכונות לשלם בשיטות אשר יתוארו להלן, את התועלת משמירה על מאפיינים כלשהם של המשאב.

אומדן עלויות הנוק הנגרם מהידרדרות מצבו של ים המלח, ניתן להיעשות תוך השוואה של הערך שנותן הציבור לים המלח במצבו הנוכחי, לעומת הערך שנותן הציבור לים המלח על סמך תיאור מצבו הצפוי עם המשך מגמת התהליכים המתרחשים והשינויים הצפויים בתסריט של ברירת המחדל. כמו כן, ניתן להעריך את הנוק על-ידי ניתוח המשאבים שהציבור מוכן להשקיע כדי למנוע את ההידרדרות הצפויה.

9.4.1 עלות הביקור (TCM - Travel Cost Method)

אומדן הערך הכלכלי של אתרי-נופש ציבוריים.

בשיטה זו ניתן לאמוד את הערך הכלכלי של ים המלח כ"מין אנדמי". בבסיס השיטה עומדת ההנחה שכל מבקר באתר-נופש משלם עבור שירותי האתר תשלום עקיף הכולל עלות נסיעה ועלות אלטרנטיבית של עבודה והשתכרות במהלך הזמן שהוא מבלה באתר.

9.4.2 הערכה מותנית (CVM - Contingent Valuation Method)

שיטה זו אומדת את הנוק שנגרם בכלים כלכליים חדשים-יחסית, שפותחו כדי להעריך תועלות של משאבי-טבע שאין להם ערך כספי ישיר. ההערכה בשיטה זו מותנית באומדן שמעניק הציבור למשאב הטבע על סמך שאלונים, עם שאלות כגון: מה המחיר שאתה מוכן לשלם כדי לשמור את ים המלח במצבו הנוכחי ולמנוע את המשך ירידת המפלס.

(לכאורה אין מחסור בקרקע באזור ים המלח בכפוף למפת הסיכונים וניתן יהיה לאתר קרקע חלופית לתכנית).

2. קיימת בנייה בפועל הנתונה בסיכון. גם במקרה כזה ניתן לפעול באחת משתי דרכים:

□ מציאת פתרונות הנדסיים בעלות סבירה, להמשך תפקודם של המבנים;

□ נטישת המבנים ובנייה חדשה במקומות שבהם אין חשש לבולענים.

9.3.4 חקלאות

החקלאות של קיבוץ עין-גדי

קיבוץ עין-גדי נפגע מתופעת הבולענים באופן ניכר. מטע התמרים של הקיבוץ נמצא באזור פעיל ביותר של בולענים והיה הכרח לנטוש אותו. הקיבוץ הכין אומדן של ההכנסות שאבדו כתוצאה מאי-יכולת לעבד את המטע ועלויות של שתילת מטע חדש. אומדן הנוק לחקלאות, כפי שהקיבוץ חישב, שעיקרו אבדן הכנסה של מטע תמרים ששטחו 63.8 דונם, נאמד ב-12 מיליון שקל (שערי היוון של 6% ו-8% עבור תשתיות וחקלאות, בהתאמה).

קיבוץ עין-גדי, השוכן מצפון לבריכות המלח ומדרום לנאות הכיכר, מתפרנס מחקלאות. הפגיעה בחקלאות כתוצאה מתופעת הבולענים קיימת באזור הצפוני של ים המלח, כתוצאה מירידת מפלס פני הים. פוטנציאל הפגיעה בחקלאות מרחף גם על מטעים אחרים בעין-גדי, אם כי עיקר הנוק נגרם למטע התמרים ועל-כן נערך אומדן נוק לצורך תביעה לתשלום פיצויים. אומדן זה מהווה בסיס להערכת פוטנציאל הנוק הכולל בחקלאות.

9.4 מתודולוגיה לניתוח כלכלי של ערכי-טבע וסביבה

קיימת הסכמה כי בניתוחים כלכליים לאזורים בעלי מאפיינים ייחודיים יש לכלול מצד אחד את אומדן עלות תיקון הנוק הנגרם בשל הפעילות האנושית, ומצד שני יש לשלב אומדנים של הערך הנובע מעצם המשך קיום משאב הטבע. תפיסה זו עומדת בבסיס העקרונות של פיתוח בר-קיימא ועקרונות הצדק החברתי.

הקושי בהערכה כלכלית של משאבי-טבע הוא היעדר ערך-שוק. לדוגמה, פגיעה בחי ובצומח יכולה לגרום לאבדן של מינים אנדמיים החיים באזור ים המלח. לפגיעה כזאת אין משמעות כלכלית ישירה והיא אינה בעלת מחיר סחיר שניתן לנקוב בו. כך גם פגיעה בערכי-

של מוקדי המשיכה לתיירים ולהעצים את הירידה במספר המבקרים באזור. לכן ניתן לומר שאומדן זה הוא בבחינת חסם תחתון.

9.5. שימוש אלטרנטיבי במים

בישראל מופנים 60% מצריכת המים לחקלאות. יש לציין שגידול האוכלוסייה, הגדלת צריכת המים הביתית בשילוב צמצום שטחי המזרע והשטחים הפתוחים, צפויים להקטין שיעור זה ולהגדיל את ערך המים המתחרים בהתאמה (מכיוון שאחוז הולך וגדל שלהם אמור להיות מופנה לשימוש לא-חקלאי).

רוב הגידולים הם גידולי ייצוא חוץ-עונתיים, המיוצאים לאירופה. חלב, פירות וירקות מהווים את המקור העיקרי לשוק המקומי. מנתוני משרד החקלאות עולה שבשנת 2002 תפסה החקלאות 1.7% מהתוצר המקומי הגולמי, ו-4.1% מהייצוא. בשנה זו הועסקו בחקלאות 2.4% מכלל המועסקים במשק. התמיכה הישירה בחקלאות בשנת 2002 עמדה על 705 מיליון ש"ח.

מטרתו העיקרית של מסמך זה היא לאמוד את תרחיש ברירת המחדל. האלטרנטיבות אמורות להיבדק בשלב השני. אולם, כבר עתה ניתן לחסום את ההערכה של שווי מי המוביל הארצי לחקלאות, שהיא המשתמש השולי במים שפירים. יש להדגיש כי בנוסף למי המוביל, בהיקף של כ-350 מיליון מ"ק, גרעית המים הכוללת מאגן ים המלח, כולל שימוש במים במעלה האגן, מגיעה להיקף כולל של כ-650 מיליון מ"ק.

בכדי לקבל הערכה של חסם עליון, נניח שמי המוביל הארצי המוחזרים לים המלח מוחלפים במי ימים מותפלים. כיום קיימת יכולת טכנולוגית להתפיל מי ימים מותפלים ברמה טובה לחקלאות, נאמדת בכ-0.60 \$ למ"ק. עלות המים הנשאבים כיום במוביל מוערכת בכ-0.31 \$ למ"ק. דהיינו, חיסכון של 0.29 \$ למ"ק או 102 מיליון דולר באופן כולל. סבסוד המים למחיר רגיל של 0.21 \$ למ"ק ישקף את הערך השולי של המים לחקלאות. הערך שיתקבל עבור כל כמות המים (350 מיליון מ"ק) יהיה 78 מיליון דולר. שימוש בערך השולי של המים אינו הערך האמיתי של מים לחקלאי, אולם הוא יכול לשמש אומדן נוסף.

הערכה כלכלית של ערך המים אמורה גם להתחשב בעלויות החיצוניות. מחקרים שונים מצאו שהערך למ"ק בגין עלויות חיצוניות, כגון שמירה על השטחים הפתוחים והנוף הירוק, הוא כ-11 סנט. סכום זה, בסך של כ-38.5 מיליון דולר, אמור להיתוסף על 78 מיליון דולר שהוא הערך השולי של המים לחקלאות, כפי שצוין קודם, שהם כ-116 מיליון דולר באומדן שנתי.

בתסריט של "עסקים כרגיל" אין משקמים את ירידת המפלט, ולכן לא ניתן לאמוד את העלויות בשיטה של ערכי-כינון. לכן, לצורך אומדן העלויות מירידת המפלט, נעשה שימוש בשיטת הערכה מותנית – CVM. היתרון בשיטה זו הוא בכך שהיא מאפשרת לקבל ערכים כוללים של השינוי הצפוי במשאב: ערכי-שימוש וערכי-אי-שימוש. ערכי-שימוש הם הערכים הנגזרים משימוש ישיר במשאב, ובעיקר ביקור במקום. ערכי-אי-שימוש הם ערכים שאינם נגזרים דווקא מהשימוש במשאב והם כוללים ערכים כמו ערך האופציה לבקר באתר בעתיד, ערך ההורשה (כלומר הידיעה שהמשאב יישמר לדורות הבאים) וערך הקיום, הנובע מעצם קיומו של המשאב. אולם חסרונה של השיטה בעצם היותה היפותטית, כלומר: אנשים מצהירים שהם מוכנים לשלם, מבלי לשלם בפועל.

9.4.3. הקשר שבין שיטת ה-TCM לשיטת ה-CVM

מחקר זה הציג בפני הנסקרים את שאירע למפלים ים המלח ב-60 השנה האחרונות. נסיגת המפלט תוארה בפני הנסקרים והומחשה בשלושה איורים. הציבור העריך את הנזק שנגרם לרווחתו מנסיגת המפלט בכ-177 מיליון ש"ח משינוי ממדיו של ים המלח. נתוני המכון הגיאולוגי מראים שבשנים אלו ירד המפלט ב-25 מ' וחוף ים המלח נסוג בהתאם לזווית השיפוע של קרקעית הים. ניתן לומר שאילו היה חוזר 'לגודלו הטבעי', היה הציבור מרוויח סכום זה. בישראל יש כ-1.7 מיליון משקי-בית, ולכן כל משקי-בית היה מרוויח כ-100 ש"ח. משקי הבית היו מוכנים לשלם סכום למניעת המשך נסיגת המפלט ושינוי קו החוף. אם יידרש מהם סכום זה בפועל, יהיה הדבר שקול להוספת 100 ש"ח לעלות הביקור.

על-פי שיטת ה-TCM, תגרום הוספה של 100 ש"ח לעלויות הביקור לירידה בהיקף הביקורים מכ-507 אלף מבקרים בשנה כיום לכ-297 אלף מבקרים בשנה בעוד 25 שנה. מכאן ניתן לחשב את קצב הירידה השנתי במספר המבקרים בים, שהוא 2.08%. משמעות הדבר היא ירידה נוכחית של 10,647 תיירים בשנה הראשונה של המודל והמשך ירידה בקצב פוחת של 2.08% או לחלופין קצב ירידה ליניארי של 8,400 מבקרים בשנה למשך 25 השנים הבאות. היות שהירידה ב-25 השנים הבאות שקולה לירידה של מטר במפלט ושינוי קו החוף, זוהי גם ההשלכה התיירותית למטר נסיגה בגובה פני ים המלח. מנתוני פדיון ענף התיירות ניתן לתרגם זאת לירידה של 6.628 מיליון שקלים לשנה במקרה הליניארי או 8.4 מיליון שקלים לשנה במקרה האקספוננציאלי, עם הפחתה שנתי בגובה 2.08%. המשך ירידת מפלט ים המלח יחריף את הפגיעות האסטטיות, האקולוגיות והסביבתיות שעלולות להפחית את הערך

9.6 סיכום העלויות והתועלות בתרחיש של ברירת מחדל

9.6.1 ממצאים עיקריים

- (1) על פי אומדן בשיטת ערך הכינון, סה"כ התועלות הישירות, בעיקר התועלת למפעליים, גדולות מסה"כ הנזקים הישירים הנובעים מירידת המפלט. סה"כ התועלות נאמדו בין 23 ל-42 מיליון ש"ח.
- (2) על-פי אומדן בשיטת TCM, ערך התועלות שהציבור מפק מים המלח הוא 670 מיליון ש"ח בשנה.
- (3) על-פי אומדן בשיטת CVM, ערך הפגיעה השוטפת בים המלח הוא כ-177 מיליון ש"ח בשנה.

משמעות הדבר היא ששווי של ים המלח בצורתו שלפני תהליך נסיגת החוף וירידת המפלסים, הוא עלות הביקור ועוד הנכונות לשלם, שהם 670 מיליון ועוד 177 מיליון ש"ח בשנה, שהם 847 מיליון ש"ח בשנה.

אומדן הערך של ים המלח לציבור בערכים מהוונים לתקופה של 20 ר-50 שנה, הוא 12,601.22 ו-21,793.11 מיליארד ש"ח, בהתאמה (שער היוון של 3% לשנה).

השימוש בשער היוון נמוך-יחסית בא לשקף את הדיון בתופעות-טבע שהשינויים וההשלכות שלהן נערכים תקופות ארוכות. שער ההיוון תואם את ההתייחסות לים המלח כמשאב בעל ערך בין-דורי מובהק. שיעור ההיוון נמוך בכ-50% מפרוייקטים בתחום התשתיות ומפעלים ציבוריים.

כבר בשלב זה ניתן להצביע על ממצאים עקרוניים הדורשים התייחסות מצד מקבלי ההחלטות. הכללה של הנזקים ה"חיצוניים" כתוצאה מירידת המפלט מגדילה את העלות הכוללת של ירידת המפלט. עלות זו כוללת את הפגיעה במעגל הפנימי של החיים ליד ים המלח, וגם, ואולי בעיקר, נלקח בחשבון ערכו של המשאב הסביבתי עבור כלל אוכלוסיית ישראל. יש לציין שהתועלת הסביבתית מים המלח היא חסם תחתון, וזאת משתי סיבות עיקריות: ראשית, לא נלקחה בחשבון התועלת שיש לאוכלוסיית העולם משימורו של ים המלח. זוהי נקודה שדורשת ליבון, כי מי שישלם על השימור הוא הציבור הישראלי, ולכן סביר שגם התועלות הנמדדות יהיו אלו המופנות אליו בלבד. עם זאת, חשוב להדגיש שהתועלת לתושבי העולם קיימת, ובהותירנו אותה מחוץ לתמונה ייתכן שאנחנו מתעלמים מגורם חשוב. שנית, השתנות מאפיינים סוציודמוגרפיים יכולה להעלות את ערכו העתידי של הים.

9.6.2 תפוסת תיירות במלונות ים המלח (אומדנים להיקפי התיירות מופיעים בנספחים)

56% מתושבי מדינת ישראל מתכוונים לבלות לפחות חופשה אחת בישראל. ים המלח הוא אחד האזורים המובילים לביוליו חופשה בישראל. מידת הפופולאריות לה זוכה האזור דומה לזו של הגליל העליון, טבריה והכינרת, והיא משנית לזו של אילת (האזור המועדף ביותר על הישראלים). הבחירה בים המלח היא בעיקר בזכות האקלים, הים והיותו מקום מרפא (מכון דחף, 2002). פילוח אוכלוסיית הנופשים מגלה שים המלח מועדף על גילאי +60 ואינו פופולארי בקרב צעירים עד גיל 18, ערבים וחרדים.

באזור ים המלח פועלים 15 מלונות, בהם יותר מ-4,000 חדרים ויותר מ-9,000 מיטות. תחילת המיתון הכלכלי של שלהי שנות התשעים פגעה בתיירות הפנים באזור ים המלח (ראה איור בנספח). עליית המתיחות ופרוץ האינתיפאדה באוקטובר 2000, פגעו בתיירות הנכנסת לישראל. בעקבות אירועים אלה התמתן הגידול המהיר בתיירות שאפיין את אזור ים המלח בשנות התשעים, ונרשמה האטה, כפי שמתואר באיור שבנספח. הירידה בתיירות מחו"ל לאזור (ירידה של 34% באזור ים המלח לעומת 31% בכלל ישראל) לותה בהתאוששות תיירות הפנים (עלייה של 13% בהשוואה ל-6% בכלל המדינה).

ים המלח הוא אתר ייחודי בקנה-מידה עולמי. שינוי במצב הגיאופוליטי עשוי להגדיל את הביקוש לתיירות באזור זה בהיקף נרחב.

החלטת ממשלה מס' 2863 מיום 5.1.2003

נספח 1

-17-

נוסח החלטות . (השרה לאיכות הסביבה)

(6) נוסח החלטה 2863 מיום 05.01.2003.

עתידי המלח

מחליטים (פה אחד):

- א. ממשלת ישראל מברכת על כל מהלך של שיתוף פעולה אזורי המשלב אינטרסים כלכליים לטובת המדינות.
- ב. הממשלה מכירה בכך כי קידום עתידים המלח מחייב עריכת בדיקות מעמיקות בסוגיות שונות הנוגעות להשלכות הכלכליות, הסביבתיות, הלימנולוגיות והגיאולוגיות בכל הנוגע לעתידים המלח וסביבתו (כגון: תשתיות, מפעלי תעשייה, תיירות, מיקום קו החוף, איכות המים ומחצבים). במסגרת זו יש גם צורך לבחון אפשרויות ודרכים להתמודדות עם בעיית ירידת המפלס.
- ג. השר לאיכות הסביבה, השר לשיתוף פעולה אזורי ושר התשתיות הלאומיות יקימו וירכזו צוות מקצועי אשר יפעל להכנת החומר המקצועי לצורך גיבוש מסמך מדיניות לעתידים המלח וסביבתו. צוות מקצועי יפעל בליווי ועדת היגוי שתורכב מנציגי המשרדים האמורים וכן נציגים של משרדי התעשייה והמסחר, התיירות, האוצר והפנים, היועץ המשפטי לממשלה והגופים הבאים: מועצה אזורית תמר, מועצה אזורית מגילות, מפעליים המלח ונציג הארגונים הירוקים.
- ד. הצוות המקצועי יביא לממשלה, תוך שלושה שבועות מיום קבלת ההחלטה, תכנית עבודה מפורטת, כולל לוחות זמנים להכנת מסמך מדיניות ותקציב.
- ה. הצוות המקצועי האמור יבדוק את התכניות השונות שהוצעו בעבר בענין חיבורים המלח לים סוף או לים התיכון.

בולעני ים המלח – מתווה מומלץ להתנהלות הנדסית-רישויית

מראים שגיבוש פתרון לבעיית הבולענים במישור חוף ים המלח צריך להתחשב בהנחות (עבודה) יסוד כדלקמן:

א. בולען נוצר ע"י קריסת פני השטח אל תת-הקרקע והוא מעיד על הימצאות סמויה של חללים ותהליכים יוצרי חללים ואי-ציביות נלוות, בתפוצה בלתי-מוכרת במרחב התת-קרקעי שמתחתיו ובסמוך לו.

ב. ירידת מפלס ים המלח תימשך וכן גם השפעתה על המשך תהליכי היווצרות חללים ובולענים. ייתכן שבמועד מסוים בעתיד תתבטא השפעה זו בהופעה נרחבת יותר וצפופה יותר של שקעים, בולענים וחללים.

א-יקיומם כיום של בולענים בשטח בו יש פוטנציאל להיווצרותם בעתיד, לא יהווה כשלעצמו הוכחה מספקת לאי-הימצאות בעתיד, ואולי כבר היום, של חללים סמויים ואי-ציביות במרחב התת-קרקעי שמתחתיו.

ג. בשטח שיוגדר "שטח בולענים", הקרקע תוגדר כחסרה את כושרה הטבעי לשאת את עצמה ולהוות תוך יציב למבנים/שימושים קיימים וחדשים ולהקנות בטיחות לאדם ולרכוש. בשטח שיוגדר "שטח פוטנציאלי", עלול החסר הנ"ל להתפתח בעתיד ואולי הוא קיים כבר היום.

ד. ישנן עדויות ודעות ההולכות ומתבססות אודות הגורמים והמנגנונים האפשריים המחוללים את התהליכים יוצרי החללים, אך בכל הקשור לקשת הנושאים הנדסיים וההידרו-נדסיים, עדיין נותר כר נרחב לקידום נתונים וידע.

ה. בראיית פרויקט או אתר ספציפי – קיים וחדש – אין עדיין תשובות מספקות לשאלות: היכן המקום המדויק בו מצוי כיום, או יהיה מצוי בעתיד, חלל מאיים בתת הקרקע; מהו משך זמן התפתחות חלל כזה כלפי מעלה; מתי יגיע ויפרוץ אל פני השטח, ומה יהיו צורתו וממדיו.

יעילות האמצעים הזמינים לבדיקות שיאפשרו מענה הנדסי ספציפי לשאלות אלו, אינה מספקת כיום.

קידום הנתונים, הידע והניסיון אודות כל אלה, צפוי להשתפר עם הזמן, בהנחה שמיטב האמצעים יושקעו בכך, אך עדיין תיוותר מידה זו או אחרת של אי-ודאות בסביבת העבודה הנדסית.

להלן תקציר הדוח הראשוני, המובא כאן כשנונו, הכולל חמישה דוחות נלווים וטיטא מס' 2 של הצוות הנדסי, מטעם משרד התשתיות הלאומיות (אוגוסט 2004).

1. מבוא

הבולענים הם תופעת-לוואי לנסיגתו הנמשכת מזרחה של ים המלח, הגורמת לסיכוני נזק לאדם ולמבנים/שימושים קיימים וחדשים בטווח הזמן המיידי והארוך ומהווה נושא מרכזי בגיבוש המתנהל של מדיניות תכנונית לים המלח ולסביבותיו.

דרך פעולה להקטנת הסיכונים האלה אמורה לכלול מספר אמצעים, אחד מהם הוא הכפפה של תכנון מתארי הנדסי של מבנים/שימושים חדשים ושל התמודדות עם מבנים/שימושים קיימים, להתנהלות הנדסית-רישויית מוסדרת.

על-פי החלטת הממשלה מ-7 בנובמבר 2001, החל בינואר 2003 צוות הנדסי מיוחד, שמונה ומנהל ע"י משרד התשתיות הלאומיות והמועצה האזורית "תמר", בהכנתו של מתווה להתנהלות זו.

הרקע, העקרונות והפרטים שגובשו עד כה עבור מתווה ההתנהלות, הוצגו בדוח טיוטא מס' 2 של הצוות הנדסי באוגוסט 2004. הדוח מקיף את מכלול נושאי ההתנהלות הנדסית-רישויית ומציג את רובם ברמת פירוט מתקדמת. הדוח מגדיר וממליץ על ביצוע ברצף של פעילויות-המשך על-מנת לאפשר את גיבושו בהקדם למוצר מוכן לשימוש מעשי ויעיל להקטנת סיכונים עכשוויים ועתידיים. הפעילויות האלה כוללות, בין השאר, תכנון והרצה של פתרונות-חלופין בשטח. משך זמן ביצוען נאמד בשנה וחצי בערך מרגע אישור תקציבי הולם ומתן אור ירוק. פרטים עיקריים מתוך הדוח מוצגים תמציתית להלן.

2. הנחות-יסוד לעבודה

ניתוח הנדסי-שימושי של הנתונים והידע הנוכחיים – הגיאולוגיים וההנדסיים – הזמינים מעבודת הצוות הגיאולוגי החוקר את התופעה ומעבודות גיאוטכניות שבוצעו באזור לאורך השנים ומידע זמין ממקומות שונים בעולם בהקשר לתופעה ולהתמודדות איתה,

4. המתווה המוצע

4.1. כללי

המתווה הנדסירישויי מתייחס למבנים או לשימושים חדשים וקיימים, המצויים בשטחים המוגדרים (מסווגים) על-פי קריטריונים ונתונים הנדסיים מקומיים כשטחי בולענים או כשטחים פוטנציאליים. התווייה מקומית מדויקת של הגבול בין שטחים אלה לבין השטחים הרגילים (הנכללת במסגרת עבודות ההמשך המומלצות להשלמת המתווה – ראה דוח 2004 ובסעיף 4.6 להלן), היא מרכיב יסודי של המתווה.

תמציתו של המתווה מרוכזת באיור א' להלן ופרוסה במכלול הסעיפים הבאים.

4.2. הכנה והפעלה של מאגר מוסדר של נתונים ומידע

ההתנהלות הנדסירישוייית תכלול הכנה והפעלה רצופה של מאגר נתונים מתעדכן ותתבסס עליו מראשיתה. במאגר יהיו שני בסיסי נתונים:

האחד, גיאולוגי-ריגיונאלי שעיקר ייעודו הבנת הגורמים והתהליכים להתפתחות ולתפוצת התופעה לאורך כלל ים המלח והצבעה כוללת על מגמות ההתפתחות עם הזמן. הנתונים שביסודו של בסיס נתונים זה מצויים בדוחות הצוות הגיאולוגי.

השני הוא בסיס נתונים הנדסיריאזורי שבעיקרו יכלול (א) את הגבול בין השטחים הרגילים לבין שטחי הבולענים והשטחים הפוטנציאליים והגבול בינם לבין השטחים הרגילים, על-פי קריטריונים ורמת פירוט הנדסיים-מקומיים; (ב) נתוני תכן הנדסי של הבולענים. נתונים אלה הם אזוריים בתפוצתם ובטיבם וייקבעו בנפרד לאזורים השונים שיוגדרו לאורך ים המלח; (ג) פתרונות הנדסיים עקרוניים שיוגבשו לאחר הרצתם ובדיקתם באזורי דגם נבחרים.

בסיס הנתונים הנדסיריאזורי עדיין לא כונן. כינונו יתאפשר עם תום פעילויות ההמשך המומלצות בטיוטת דוח ההתקדמות מאוגוסט 2004.

נוכח הדינאמיקה הנמשכת של התופעה והנתונים שייצטברו אודותיה ואודות בדיקות גיאוטכניות ותפקוד פתרונות שיינקטו בפרוייקטים, המאגר יהיה פעיל, יקלוט ויפנים נתונים ומידע עדכניים על התופעה, הבדיקות והפתרונות ויעמידם זמינים לכל דורש.

1. ייתכן שהפתרונות הנדסיים הקיימים היום יאבדו מערכם הטכני-כלכלי עם הזמן, או עקב התעצמות בעיית הבולענים, או עקב פיתוח פתרונות מתאימים ויעילים יותר.

2. תפוצתה ותחום השפעתה של התופעה וסיכוייה, חורגים מעבר לגבולות פרויקטאליים וסטאטוטוריים של מבנה, מתחם, או אזור, ופתרון הננקט עבורם עלול להשפיע על הסביבה והמשתמשים שמעבר לגבולות אלה או להיות מושפע מהם.

3. הגישה

החלטת הממשלה מנובמבר 2001 למינוי צוות גיאולוגי וצוות הנדסי מטעמה, מבטאת מדיניות של מתן סיכוי להתמודדות עם הבעיה והנחיה להמליץ על דרך פעולה שתאפשר להמשיך בשימושים קיימים ובפיתוח חדשים, ככל שניתן וכדאי יהיה לעשות זאת.

על יסוד מדיניות זו, ונוכח הנחות (העבודה) היסוד הנ"ל, דרך הפעולה הנראית מתאימה ביותר להתמודדות הנדסית עם התופעה באזור ים המלח היא כאמור התנהלות הנדסירישוייית על-פי מתווה מוסדר, אשר:

□ יסתמך על ההיכרות הנוכחית – המדעית והשימושית עם התופעה באזור ים המלח ובמקומות רלוונטיים בעולם, ויתעדכן עם הזמן וכפי שיידרש, נוכח המשך התפתחות התופעה וההיכרות העתידית עם מאפייניה והשינויים בהם.

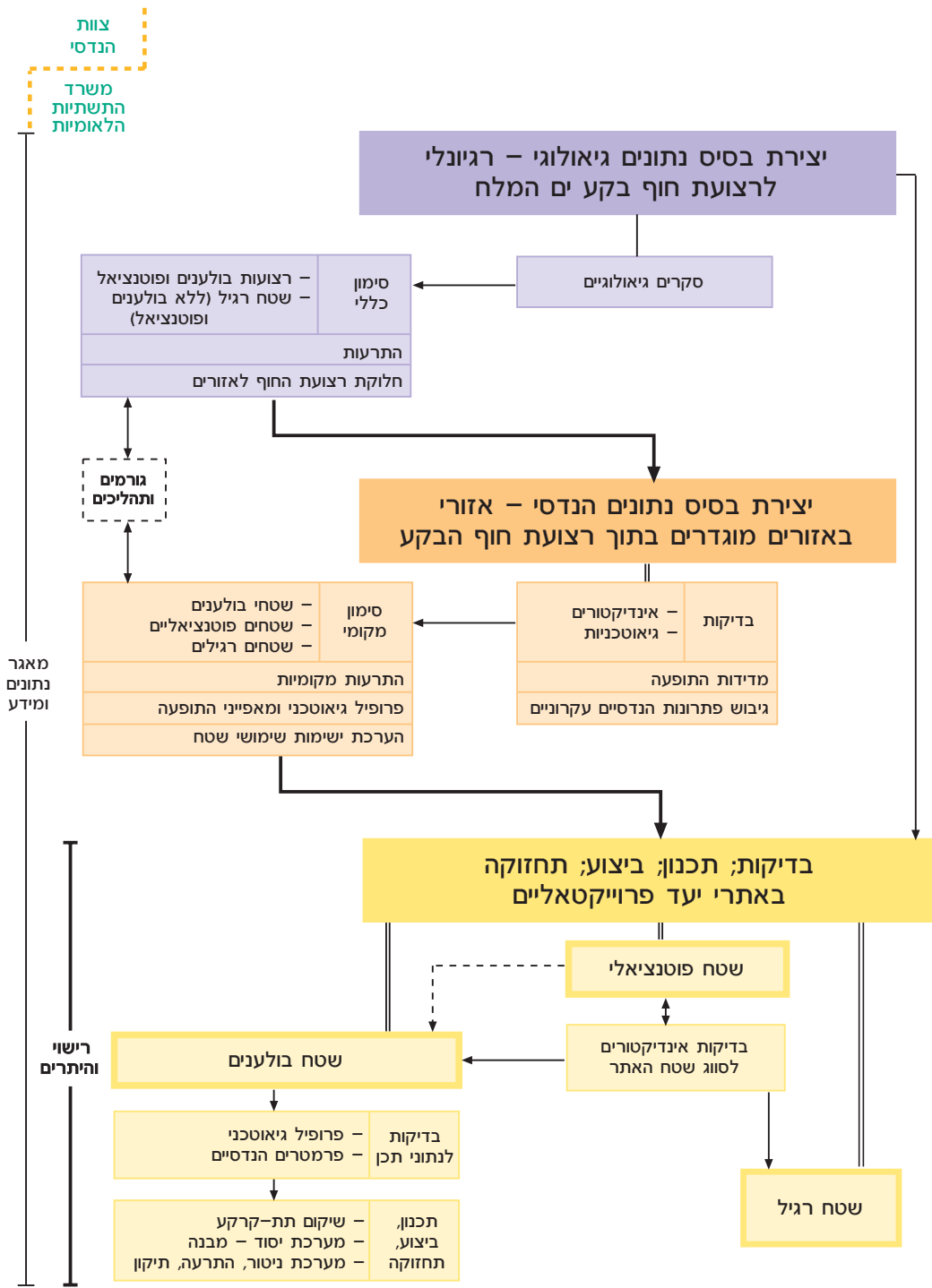
□ יגדיר מסגרת להתנהלות ובקרה הנדסירישוייית המאפשרת פתיחות לגמישות ויצירתיות בכל הנוגע לפתרונות הנדסיים עבור מבנים/שימושים קיימים וחדשים ולהתפתחותם עם הזמן.

נוכח אירודאויות בסביבת העבודה הנדסית, הפתרון יורכב בכל מקרה ממספר קווי-הגנה הנדסיים, הן בקרקע והן במבנה, ויספק עמידות אל-כשל וברמת סיכון קבילה לאירועי תכן.

□ יגובש באזורי-דגם נבחרים, כולל הרצת חלוץ של פתרונות ואמצעים;

□ יתנהל מתוקף הסדרתו הרשמית על-ידי הרשויות הרלוונטיות, תוך שיתוף פעולה בין הממשלה והרשויות המקומיות ובין לבין יזמים ומחזיקים, תוך חלוקה ברורה של מטלות ואחריות.

נוכח הבעיות והסיכונים העכשוויים, הן לבני-אדם השוהים בשטח והן למבנים קיימים, ראוי שכל הפעילויות הנדרשות להשלמת מתווה ההתנהלות למתכונת שימושית מבוססת יבוצעו ברצף. בתקופה שעד להשלמת המתווה והסדרתו הסטאטוטורית, על הרשויות הרלוונטיות לנקוט בהתערות שוטפות ובפעולות אחרות שאינן בתחום המתווה הנדסי ושעל-פי שיפוטן עשויות להועיל.



הערות: - ההתנהלות ברצועת הבקע ובאזורים השונים לאורכה, היא ע"י הממשלה.
 - ההתנהלות באתרי יעד היא ע"י היום, כשהרישוי וההיתרים ע"י הרשויות.
 - הנתונים והתוצרים של כל ההתנהלות יאגרו במאגר ממשלתי מוסדר וזמין לכול.
 - היום חופשי להכין בדיקת היתכנות בכל שלב פרויקטאלי. מומלץ לו לעשות כן עבור החלטותיו כשהשטח פוטנציאלי או שטח בולענים.
 - המתווה מתייחס למבנים, תשתיות ושימושים למיניהם, הן קיימים והן חדשים.

איור א': תופעת בולעני ים המלח – מתווה מוצע להתנהלות הנדסית-רשויות

4.3. פעילות הנדסית רישויית לפרוייקט/ אתר ספציפי קיים או חדש

הפעילות הנדסית רישויית לפרוייקט/אתר כלשהו, תתנהל על-פי חוקי ותקנות התכנון והבנייה ובנוסף תהיה מותאמת לסיווג השטח בו נמצא האתר, כדלקמן:

באתר הנמצא בשטח בולענים, יהיה כל יזם רשאי לערוך בדיקה מקדימה של היתכנות השימוש נוכח המגבלות/דרישות שלהלן ואחרות ולהחליט בהתאמה, בטרם השקעה כספית ניכרת, אם לחדול או להמשיך.

משהוחלט להמשיך, יינקט פתרון הנדסי כנדרש וכמוגדר לשטח בולענים, על בסיס נתוני האתר והאזור ובהתאמה לסוג המבנה/שימוש.

הפתרון הנדסי יקיף מכלול המורכב, כמפורט בטיוטת דוח ההתקדמות מאוגוסט 2004, מניתוח שני בסיסי הנתונים, ביצוע בדיקות להשגת נתוני תכן אתריים, תכנון, הקמה, ניטור-מעקב, התרעה, תחזוקה ותיקונים וכן יכלול פעילויות בקרה ופיקוח, דיווחים ואישורים, הכול על-פי הליך התנהלות מוסדר.

הפתרון צריך להשתמש בתקנים ובנהגים הנדסיים מקובלים ככל שקיימים. הגדרת יעדים לפתרון ושיקולים במונחי שימות/עלות/תועלת, הם בין המרכיבים המובילים בעניין זה.

הנחה בסיסית היא שלפחות בשנים הקרובות, לא תמיד יהיו זמינים נתונים הנדרשים לתכנון בכמות ובדיוק מספיקים, או שאלה הזמינים בזמן מסוים ישתנו במידה זו או אחרת בעתיד עקב הדינאמיקה הנמשכת של תופעת הבולענים.

לפיכך, על כל פתרון תכנוני-הנדסי לכלול את כל הפרטים שבת-סעיפים א' עד ה' שלהלן, בשילוב ובמינון שיתאימו למאפיינים של הפרוייקט והאתר הספציפיים, ולהיות מותאם להערה שבסוף תת-סעיף זה:

א. התייחסות לנתונים עדכניים לתקופת ההקמה ולצפי אפשרי של שינויים בהם אחרי ההקמה ובתקופת השימוש.

ב. שילוב של מספר מרכיבים הנדסיים – קווי-הגנה שיותאמו למבנה המוצע, לאתר הספציפי ולשני מרחבים תת-קרקעיים:

מרחב הביסוס – פני השטח והחלק העליון של תת-הקרקע, שיציבותו היא תנאי ליציבות היסוד, המבנה והשימוש;

המרחב התומך – מרחב תת-קרקעי מתחת למרחב הביסוס, הנושא אותו ומאפשר לו לתפקד.

(ממדי-שטח ועומק של שני המרחבים הנ"ל יוערכו למקרה הספציפי באמצעות ניתוח גיאוטכני המתחשב בנתוני המבנה,

היסוד, תכונות הנדסיות של תת-הקרקע ואינדקאטורים לתופעה).

ג. החלת בקרה, שיפוט, רישוי והיתרים, לכל אורך שלבי הבדיקות, התכנון, הביצוע והשימוש, כדי להבטיח את איכותם וכדי לאפשר להחליט בכל עת אם להמשיך, לשנות, או להפסיק.

ד. תכנון המבנה והיסוד שלו למצב "אל-כשל" שמשמעו:

□ מניעת כשל בשרשרת של כלל **מרחב הביסוס** עקב הופעת חלל אקראי (**חלל תכן**) בתחמום ו/או בתחום המרחב התת-קרקעי התומך בו (**המרחב התומך**).

□ מניעת כשל בשרשרת של כלל המבנה, עקב הופעת בולען אקראי (**בולען תכן**) במקום כלשהו מתחתיו.

ה. ביצוע ניטור בתת הקרקע ובמבנה לקבלת התרעה בזמן על סיכון לכשל, כדי לאפשר ככל שניתן מניעת/הקטנת נזקים לאדם וביצוע תיקון להחזרת המבנה והתת-קרקע למצב ה"אל-כשל" המקורי.

באתר הנמצא בשטח פוטנציאלי ניתן לבחור בין שלוש דרכים כדלקמן:

האחת, לבצע בדיקת אינדקאטורים ובהתאמה לסווג את השטח כשטח רגיל או כשטח בולענים ולהמשיך בהתאם. ייתכן שהתוצאות לא יהיו החלטיות דיין והסיווג יישאר "שטח פוטנציאלי";

השנייה, לסווג מלכתחילה את האתר כמצוי בשטח בולענים ולהתנהל בהתאם;

השלישית, להחשיב את האתר כמצוי בשטח פוטנציאלי. מקרה כזה יוגבל למבנים/שימושים ופתרונות מסוימים ומורשים עם הקלות יחסית לנדרש בשטח בולענים, אך עם בדיקות אתר כפי שומלץ לאתר בשטח בולענים, כשהסיכון הכולל לנזקים כלשהם יחול על היזם.

ההמלצה כאן היא על אחת משתי הדרכים הראשונות.

הערה: ככלל מומלץ שבנייה ושימוש, קיימים וחדשים, בשטחי בולענים ובשטחים פוטנציאליים, יהיו מוגבלים רק למבנים ושימושים מסוימים ולפתרון הנדסי שיאפשר להגיע במידה סבירה של ביטחון לרמת סיכון הנמוכה מסף מקובל ומורשה. המגבלות והסף ייקבעו ויאיכפו על-ידי הרשויות המוסמכות בהתייחסות שתותאם ספציפית לשטחי בולענים ולשטחים פוטנציאליים, על-פי הגדרתם והתייחסות המפורטת הנדסי/מקומי שלהם, המומלצים בטיוטת דוח ההתקדמות הנדסי מאוגוסט 2004.

4.4 פתרונות הנדסיים למבנים/שימושים קיימים וחדשים בשטחי בולענים

4.4.1 דרישות יסוד

פתרונות הנדסיים יגובשו ע"י היזם ו/או הבעלים ויאושרו ע"י הרשויות על-פי מתווה ההתנהלות המוסדר. הם יתייחסו לכל ההיבטים ויענו על כל הדרישות שבסעיפים 4.2 ו-4.3 ויכללו נתונים, מרכיבים ובדיקות כמתואר להלן.

4.4.2 נתוני תכן

נתונים ופרמטרים שישמשו לתכנון פתרון (נתוני תכן), יכללו בין השאר כדלקמן:

- סיווג השטח – שטח בולענים או שטח פוטנציאלי
- בולען / חלל תכן – ממדים, גיאומטריה, אייזיביות היקפית, מרווח בין בולענים סמוכים, תלות הנ"ל בזמן
- פרופיל גיאורטכני לעומק רלוונטי למבנה ולאתר – חומרים: סוגים ומבנה מי-תהום: עומק, עומד, מליחות, גרדיאנט, חדירות – לינאמנטים והעתקים
- מרחב הביסוס והמרחב התומך – תחומי שטח ועומק
- תכונות החומרים, כנדרש בתקנים ישראליים – גודל גרגר, צפיפות, פלסטיות וכד', לפי העניין – ספירת מצע, מודול יאנג, מקדם פואסון, חוזק, קוהזיה, חיכוך ואגרסיביות כימית

4.4.3 מרכיבי פתרון הנדסי

כאמור, פתרון הנדסי יכיל מספר מרכיבים – קווי-הגנה. רשימת בקרה ועקרונות עבור מרכיבים פתרוניים מקובלים ואפשריים שמהם ניתן יהיה לבחור את השילוב והמינון שיתאימו למאפיינים של הפרוייקט/אתר הספציפי, מוצגת להלן **בטבלה א'**.

4.4.4 בדיקות לנתוני תכן

דרישות מינימום לבדיקות, סקרים ודיווחים המיועדים ליצור נתונים ופרמטרים לתכנון פתרון הנדסי ולאפשר בקרה מקצועית ורשויות, מוצגים להלן בטבלאות הנושאות הבאות:

- טבלה ב'** – רשימת בקרה של אינדיקטורים לקביעת היות אתר מסוים בשטח בולענים, ורשימת בקרה של בדיקות מומלצות להחלטה על הימצאות/אי-הימצאות האינדיקטורים;
- טבלה ג'** – ריכוז דרישות-מינימום לסקרים ודיווח לצורך הכנה והפעלה של בסיס נתונים גיאולוגי-רגיונאלי;
- טבלה ד'** – ריכוז דרישות-מינימום לסקרים ודיווח לצורך הכנה והפעלה של בסיס נתונים הנדסי-אזורי;
- טבלה ה'** – ריכוז דרישות-מינימום לבדיקות, לנתוני תכן ולדיווח, באתרי יעד פרוייקטאליים.

טבלה א': רשימת בקרה – מרכיבים מקובלים לפתרון פרויקטאלי-אתרי (מבנים ושמושים קיימים וחדשים)

שטח פתוח	סוללה	נשוא הפתרון		כביש	מבנה	המבנה	מקום היישוב			פני שטח	מטעם	מרכיבים – קווי תגנה	נשוא
		תשתיות	קוויות				המרחב	המוגדר	מרחב הביטוח				
✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	שיקום קרקע
	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	
			✓		✓			✓	✓			✓	דיזיס חללים
	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓			✓	
	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	בנייה
	✓	✓	✓	✓	✓	✓						✓	
	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	ניטור ותיקון
✓	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓	

(הפתרון יכלול מספר מרכיבים – קווי תגנה שיתחמוו לכל אחד משלשת הנושאים הנ"ל ולמאפיינים של הפרוייקט/אתר הספציפי).

טבלה ב': רשימת אנדוקאטורים אפשריים, כקרטריונים לקביעת היות אותו בתוך שטח בולענים או בשטח פוטנציאלי

פליטת חומרים דקריינגר	גזים או מים גזיים תרמליים	תכולה גבוהה של גבישי מלח	אנומליה גיאורפיסית	גריד אנט הידרואלי גדול / אזור זרימה	סידוק אנומלי	גלישה או תזוזת קרקע	שטח שקוע	העובק או ליאמנט מובהק	צפיפויות נמוכות במיוחד	שטח ממנו נסוג הים	שקע מקומי עם יקו פנימי	מלח עליון		חללים	בולענים	אנדוקאטורים (ראה המלדה מדויקת בגוף הדוח)
												במרי-התום בעלי כושר המסה או לאורך המסה	במרי-התום רוויים במלח			
											✓	✓		✓	✓	אנדוקאטורים ראשיים, שהמצאות אחד מהם קובעת שהאזור נמצא בתוך שטח בולענים
													✓			אנדוקאטור ראשי, שהמצאותו קובעת שהאזור נמצא בשטח פוטנציאלי
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓						אנדוקאטורים נוספים, ללא שימוש מעשי כיום, שהוכחו הימצאות אחד מהם מחייבת בדיקה והערכה נוספת לפני קביעה

טבלה ב': בדיקות מומלצות לצורך החלטה על הימצאות או אי-הימצאות אנדוקאטורים

פלטיט חומרים דקריגור	זים או מים גזיר תרמליים	תכולה גבוהה של גבישי מלח	אנומליה מא-פיטית	גדאנט הידראלי מל / א זרמה	סידוק אנומלי	גלישה או תוזת קרקע	שטח שקוע	התקו או ליאנט מובק	אפיפיזית נמוכות במיוחד	שטח ממנו נסוג הים	מלח עליון		חללים	בלענים	אנדוקאטורים (ראה המדנה מזיקות במף הדנה)
											במיר תוזת בעלי כושר המסה או לאחר המסה	במיר תוזת רויים במלח			
✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	מפוי גאוסוכני ומידות מאודיות ופטריגומטריות
	✓	✓					✓	✓			✓		✓	✓	חישת מרחוק
									✓				✓		קידוחים
													✓		בדיקות חדיות ו/או הזקות דיס בקידוחים
				✓											מבחנים הידרולוגיים- נורמים
			✓					✓							סייסמיקה – רפיקציה/רפיקציה
			✓						✓						מיקרוגרמטריה
			✓										(?)		מיקרו רעשים

טבלה ג': בסיס נתונים גיאולוגי-רגיונאלי / ריכוז דרישות מינימום לסקרים דיווח

דיווחים	סקרים
<p>□ דוח מילולי:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ פירוט נתונים, שיטות וממצאים, מידת דיוק ואמינות ואפיון השינויים החלים בזמן ובמרחב; ◆ חוות דעת מנומקת על גורמים ותהליכים בהדגשת ההבדל בין נתונים ופרטים מוכחים, מוסקים, או תיאורטיים ועל המצגים שלהלן. 	<p>□ איסוף וניתוח חומר קיים:</p> <p>בנושאים הרלוונטיים כגון: הגיאולוגיה, ההידרולוגיה, הגיאוכימיה של מיתחום, המורפולוגיה – טופוגרפיה והבולענים.</p>
<p>□ מפות גיאולוגיות</p> <p>□ חתכים גיארהידרולוגיים מייצגים: עמודיים, אורכיים ורוחביים.</p>	<p>□ מיפוי בולענים, שקעים, ליניאמנטים ומוצאי סחף תתימיים:</p> <p>לדיוק אופקי שייקבע לפי העניין; האמצעים:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ תצ"א, נתוני מדידות שטח וחישה מרחוק כגון InSAR. ◆ השלמות בסיוור ומיפויי שטח ובסקרים תתימיים כגון SIDE-SCAN SONAR.
<p>□ תרשימים, טבלות, לוגים של קידוחים</p>	<p>□ ניטור מפלס ים המלח ומפלסי בריכות מ"ה</p>
<p>□ מפת סימון כללי של רצועות: רגילות, פוטנציאליות, בולענים.</p> <p>□ נתונים הידרולוגיים: תפוצה ואפיון קו חוף, אקוויפרים, מפלסים, גרדיאנטים קווים שווי לחץ, הרכבים כימיים.</p>	<p>□ ניטור מפלסי מיתחום, גרדיאנטים, כיוון ומהירויות זרימה וריכוז מלחים:</p> <p>באקוויפר הפראטי ובאקוויפרים שתחתיו לעומק של 150 מ', בתחום שטח של כלל מישור חוף ים המלח.</p> <p>האמצעים:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ קידוחי מחקר – תצפית; ◆ מדידות גיאופיזיות; ◆ בדיקות מעבדה; ◆ שימוש בנותבים.
<p>□ נתוני בולענים: תפוצה, אפיון וקצב הופעת בולענים, שקעים, ליניאמנטים.</p> <p>□ מפת חלוקת מישור החוף לאזורי-משנה מוגדרים: על-פי שילוב תפוצה ואפיון התנאים הגיאולוגיים, ההידרולוגיים ותופעת הבולענים.</p>	<p>□ חקר גורמים ותהליכים של תופעת הבולענים</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ במכלול הגיאואהידרולוגי של בקע ים המלח. ◆ כיום, עם מבט לעתיד.
<p>□ המלצה למקומות לגביהם יש לבצע התראות: נוכח מכלול סיכוני נזקים מבולענים וחללים.</p>	<p>I תדירות הסקרים הנ"ל:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ מיידית. ◆ בהמשך: שנתית או עונתית. ◆ ניטור המפלסים: ברציפות עניינית.
<p>I ק. מידה של המפות: ייקבע לפי העניין ומהימנות – בהירות ההצגה.</p>	<p>II תוכניות מפורטות לבצוע הסקרים: יגובשו על ידי היועץ הגיאולוגי של הממשלה והיועץ הגיארהנדסי של המועצות האזוריות.</p>
<p>II ק. מידה של חתכים מייצגים: לפי העניין ומהימנות – בהירות ההצגה.</p>	<p>III הביצוע: ייעשה, על ידי גופים מומחים מנוסים, כשירים ומאושרים, בהנחייתם, פיקוחם ובקרתם של שני היועצים הנ"ל.</p>

טבלה ד': בסיס נתונים הנדסי-אזורי / ריכוז דרישות מינימום לבדיקות היוזמים

דיווחים	בדיקות
<p>□ דוח מילולי:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ פירוט נתונים, ממצאים, שיטות ואמצעים, מידת דיוק ואמינות ואפיון השינויים החלים עם הזמן בכל אלו ◆ חוות דעת מנומקת על המצגים שלהלן בהדגשת ההבדל בין נתונים ופרטים מוכחים, מוסקים, או תיאורטיים. <p>□ מפת תפוצת אינדיקטורים</p> <p>□ מפת תפוצת בולענים שקעים וליניאמנטים על רקע טופוגרפי:</p> <p>נתוני מדידות וניתוח סטטיסטי של השילוב: ממדים; מרחקים; תדירות הופעה, קצב שינויים בזמן ובמרחב וכדו'.</p> <p>□ פרופיל גיאוטכני של האזור:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ מפה גיאולוגית של פני השטח (ע"פ חומר קיים); ◆ חתכים גיאוטכניים עמודיים, רוחביים ואורכיים; ◆ טבלאות ותרשימים; ◆ לוגי קידוחים ובדיקות בקדח; ◆ תוצאות מעבדתיות. 	<p>□ איסוף וניתוח חומר קיים:</p> <p>בנושאים הרלוונטיים, כגון: הגיאולוגיה, ההידרולוגיה, הגיאוכימיה של מי-ההום, המורפולוגיה – הטופוגרפיה, הבולענים.</p> <p>□ חיפוש אינדיקטורים – בעיקר ראשיים – לסיווג שטחים ואפיון תנאים גיאוטכניים:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ האמצעים: קידוחים, מדידות גיאורפיסיות, בדיקות מעבדה, ניטורי שטח ותת-קרקע. ◆ העומק: 10 מטר מתחת לבסיס שכבת המלח העליון; אם אינו קיים, עד כ-20 מטר מתחת לבסיסו הצפוי באזור הנתון ולא יותר מ-90 מטר. ◆ תחום גיאוגרפי: בין 100 מטר מזרחית לקו החוף, עד למרחק נבחר מערבית לשטחי הבולענים ובכל מקרה לא ממערב לרום 370 – או למחשופי תצורות סמרה והלשון.
<p>□ המלצות בהקשר לשימושיים בשטחים</p> <p>□ מפת מיקום שטחים באזור:</p> <p>סימון שטחי בולענים, שטחים פוטנציאליים ושטחים רגילים, בקנה-מידה של כ-5,000 – 1:2,500, או מפורט יותר.</p> <p>□ מעקב אחר תפקוד בשטח של פתרונות הנדסיים שנוסו או שנקטו והמלצות</p>	<p>□ מדידת בולענים, שקעים, ליניאמנטים וטופוגרפיה:</p> <p>שילוב תצ"א ומדידות שטח למיפוי:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ מיקום, ממדי שטח/נפח וצורה של בולענים ושקעים, לדיוק אופקי שיקבע לפי העניין. ◆ ליניאמנטים – העתקים, סדקים תבליטים מורפולוגיים ותוזות קרקע.
<p>□ המלצה למקומות לגביהם יש לבצע התראות</p> <p>נוכח סיכוני נזקים מבולענים וחללים.</p> <p>I ניתוח ופרופיל גיאואידרולוגי ראשוני – עקרוני של 5 אזורים: מוצג בדוח נלווה מס' 1 – אוגוסט 2004.</p>	<p>□ ניטוי פתרונות הנדסיים עקרוניים:</p> <p>הניסוי יקיף שלוש מערכות, כשהפרטים וההיקף יותאמו למקרה הספציפי: (ראה דוח נלווה מס' 4)</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ מערכת שיקום תת-הקרקע. ◆ מערכת יסוד – מבנה. ◆ מערכת ניטור, התרעה, תיקון.
<p>II פתרונות עקרוניים – מוצגים בדוח נלווה מס' 4 – אוגוסט 2004</p> <p>III קנה המידה:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ המפות והחתכים למיניהם; לפי העניין ומהימנות – בהירות ההצגה. <p>IV נתונים כגון ממדידות, יוכנו ויוצגו בפורמט המתאים ל-GIS, על רקע אורתו-פוטו.</p>	<p>I הבדיקות והמדידות יהיו מותאמות במיקומן, היקפן וסוגן לנתונים הנדסיים וגיאולוגיים זמינים מסקרים קודמים רלבנטיים לאזור.</p> <p>II תכנית ראשונית לבדיקות: ניתנת בהמשך.</p> <p>III תדירות המדידות: מיידיית ובהמשך שנתית ו/או לפי העניין; בולענים חדשים יימדדו עם התגלותם.</p> <p>IV ניטוי פתרונות: ייעשה באחד עד שני אזורים דגם;</p> <p>V ניסיון וכשירות: יידרשו מהמבצעים למיניהם.</p>

טבלה ה': אתרי יעד פרויקטאליים / ריכוז דרישות מינימום לבדיקות לנתוני תכן חיווח

דיווחים	בדיקות
<ul style="list-style-type: none"> □ דוח ואינטרפציה לגבי האזור בו נמצא האתר; 	<ul style="list-style-type: none"> □ איסוף וניתוח חומר קיים (כולל מבסיסי הנתונים הרגיונאלי והאזורי): בנושאים הרלוונטיים כגון: הגיאולוגיה, ההידרולוגיה, הגיאוכימיה של מית'הום, המורפולוגיה – הטופוגרפיה, הבולענים.
<ul style="list-style-type: none"> □ כל התוצרים הנדרשים ע"י התקנים וע"י פרקטיקה מקובלת, וכן: <ul style="list-style-type: none"> ◆ דוח מילולי, מפה וחתכים גיאוטכניים המפרטים את הפרופיל הגיאוטכני של האתר וציון המידע המעיד שהשטח רגיל. 	<p>אתר בשטח רגיל</p> <ul style="list-style-type: none"> □ בדיקות על-פי פרקטיקה מקובלת ותקנים רלוונטיים, בגישה והיקף יותר שמרניים ועודפים מהמקובל, בכדי: <ul style="list-style-type: none"> ◆ לאושש את ההערכות הרגיונאליות והאזוריות לגבי הימצאות האתר ושטח ברובח מסוים סביב היקפו, בתחום שטח רגיל (הרוחב ייקבע לפי העניין). ◆ לחפש העתקים, ואם קיימים – לאפיינם גיאולוגית והנדסית. ◆ להשיג נתוני תכן כנדרש על-פי תקן ופרקטיקה מקובלת עבור המבנה, האתר והמקרה.
<ul style="list-style-type: none"> □ דוח מילולי המפרט את האינדקאטורים על-פיהם אובחן סוג השטח; □ מפת אתר וחתכים עם מיקום ואפיון אינדקאטורים לסוגיהם – באם אותרו; □ מפה גיארהנדסית ראשונית וחתכים עמודיים, אורכיים ורוחביים, על בסיס קידוחי הגישוש, המפה ומידע קיים. 	<p>אתר בשטח פוטנציאלי (לצורך סיווג כשטח רגיל או שטח בולענים):</p> <ul style="list-style-type: none"> □ חיפוש אינדקאטורים ראשיים בפני השטח באתר ובתחום מסוים סביב היקפו באמצעות מיפוי גיארהנדסי ראשוני; (מידות התחום ייקבעו לפי העניין). □ חיפוש אינדקאטורים בקידוחי גישוש, לטווח עומק של 10 מטר מתחת לבסיס שכבת המלח העליון ואם אינו קיים, עד כ-20 מטר תחת בסיסו הצפוי באזור הנתון ולא יותר מ-90 מטר.
<ul style="list-style-type: none"> □ כל התוצרים הנדרשים ע"י התקנים הנדרשים וע"י פרקטיקה מקובלת וכן: <ul style="list-style-type: none"> ◆ מפה גיאוטכנית אתרית מפורטת, ◆ פרופיל גיאוטכני אתרי מפורט, ◆ קביעת תחום העומק של מרחב הביסוס ושל המרחב תומך הביסוס, ◆ תכונות חומר ומית'הום, ◆ ההערכות לגבי מיקום ומאפייני תפוצה נוכחית ועתידית של חללים, בולענים ושקעים, ◆ פרמטרים הנדסיים לתכנון שיקום תת הקרקע, היסודות, המבנה, הניטור, ההתרעה, התחזוקה והתיקון, ◆ דוח מילולי מסכם, ◆ נתונים כגון ממדידות, יוכנו ויוצגו בפורמט המתאים ל-GIS, על רקע אורתורפוטו. □ קנה המידה של המפות והתכניות למיניהן, ייקבע לפי העניין. 	<p>אתר בשטח בולענים</p> <ul style="list-style-type: none"> □ בדיקות על-פי הנדרש בתקנים וכמקובל בפרקטיקה למבנה ולמקרה, כולל בין השאר: <ul style="list-style-type: none"> ◆ איסוף וניתוח חומר קיים רלוונטי, ◆ מיפוי טופוגרפי של האתר וסביבתו הקרובה, ◆ מיפוי גיארהנדסי מפורט של פני השטח, ◆ קידוחי מחקר ובדיקות מעבדה, ◆ בדיקות הנדסיות ספציפיות על פני השטח ובקדחים. □ המטרה של הנ"ל: <ul style="list-style-type: none"> ◆ להשיג נתוני תכן מתאימים למבנה ולאתר. □ ניסיון וכשירות: יידרשו ממבצעים למיניהם.

4.5. פתרונות אזוריים ורגיונאליים

א. שאיבה / החדרה כפתרון אזורי או אתרי

פתרונות "אזוריים-מקומיים" הקשורים בהשפלת או בהגבהת מפלס מי-תהום באמצעות שאיבה ו/או החדרה של מים אלה או אחרים, הם מאד מורכבים ואי-ודאיים בתועלתם או אולי בנזקייהם, במיוחד בסביבה הגיאואהידרולוגית הטהה הטרוגנית של מישור חוף ים המלח. לדוגמא, שאיבה והשפלת מפלס עלולה לגרום, במקרים ומקומות מסוימים, להתפתחות חללים ובולענים הדומה לזו המתלווה לירידת מפלס ים המלח.

ב. פרויקט הימים כפתרון רגיונאלי

פרויקט הימים מוזכר, בין שאר מטרותיו, כפתרון רגיונאלי ואולי סופי לבעיה, בכך שיגביה וישמר את מפלס ים המלח ו"יקפיא" את הגורם התחילי לתופעה. ידוע שמדובר בפרויקט מאד מורכב, המצוי בשלבי בדיקה למיניהם, ושכל מקרה השלמתו תהיה כרוכה במשך זמן של עשור ויותר שנים, ובעיית הבולענים תמשיך להתפשט ולהחמיר. לא ברור עדיין אם הגבהה ו/או שימור מפלס מסוים לים המלח על-ידי תוספת מי-ים רגילים או מירכז או יגרמו לשיפור או להקפאה של הבעיה בעתיד.

4.6. פעילויות המשך להשלמת המתווה

המתווה המומלץ (בטיטת הדוח מאוגוסט 2004), כולל התייחסות מקיפה וברמות העמקה שונות, למכלול נושאי ההתנהלות ההנדסית-רשויות ופתרונות הנדסיים. על אף ההיקף הנרחב, עדיין נותר לגבש ולהשלים את מתווה ההתנהלות על-ידי רצף של פעילויות המשך, על-מנת שייתן בהקדם מענה שימושי ומבוסס למכלול הסיכונים העכשוויים והעתידיים לאדם, מבנים ורכוש ויתאים לתכנון הנדסי ומתארי. פירוט של פעילויות המשך מומלצות, ניתן בדוח מאוגוסט 2004. רשימה תקצירית של פעילויות אלו מוצגת להלן. משך הזמן להשלמתן מוערך בשנה וחצי בערך מעת מתן אור ירוק תקציבי וארגוני.

רוב הפעילויות ובעיקרן תיחום הנדסי-אזורי מפורט של שטחי הבולענים והשטחים הפוטנציאליים ושל הגבול בינם לבין שטחים רגילים, יבוצעו באזורי הדגם הנבחרים, על-פי תכנית וקנה-מידה ובשטחים שפורטו בדוח הנ"ל ובמפות אזורי הדגם הנכללות בו. הניסיון שיצטבר מאזורי הדגם, ישמש את יישום הפעילויות האלו ביתר האזורים שלאורך מישור חוף ים המלח.

רשימת הפעילויות:

- תיחום אזורי של שטחים – מדידות עדכניות של הבולענים (1:500) והטופוגרפיה (1:1250)
- איתור הגבול המערבי של המלח (קידוחים וקווי רפרקציה (1:1250))
- איתור העתקים (קווי רפלקציה)
- ניתוח "בולען תכן" – קוטר, מרווח בין אזורי-מקומי בולענים סמוכים, ועוד (על-פי נתוני המדידות)
- הסדרה של מתווה ההתנהלות והרצתו
- כינון והפעלה של שני בסיסי הנתונים תחת גג אחד
- השלמת דוח הצוות הנדסי
- בדיקת ישימות אמצעים (פתרונות חלון) – חישה והתרעה על התקדמות חלל משפיע
- פתרונות הנדסיים מסוימים
- שיפור שיטות קדיחה – למטרות הבדיקות וגיאופיסיקה והסקרים
- קידום הנתונים והידע הגיאולוגיים/רגיונאליים אודות התהליכים ומשטר תפוצת הבולענים
- ביצוע פעילויות-המשך אלו וגיבושו של מתווה ההתנהלות, מחייבים שיתוף-פעולה וחלוקת מטלות בין הממשלה והרשויות המקומיות. עובדות רקע שלאורן יש להגדיר את חלוקת המטלות, הן כדלקמן:
- בעיית הבולענים – היא גם מכת טבע וגם תוצאת-לוואי של פרויקטים ארציים ממשלתיים, כגון מפעל המים הארצי.
- הפתרון הנדסי – עשוי להשפיע ולהיות מושפע מפרטים על-קרקעיים ותת-קרקעיים המצויים בתחום גיאוגרפי החורג מתחום הפרויקט והאזור.

ביצוע פעילויות המשך אלו אינו גורע מן הצורך שבתקופה שעד למועד השלמתו של המתווה והסדרה סטאטוטורית של השימוש בו, יינקטו על-ידי הרשויות הרלוונטיות, על-פי שיקולן, פעולות התרעה ו/או פעולות אחרות שאינן בתחום עיסוקו של הצוות ההנדסי.

– יחייב בקרה ושליטה והעברת נתונים ומידע בין מעורבים רבים, כגון; מתכנניו/ מממניו, הרשות המקומית, הממשלה, היזם או המחזיק.

- סוגי הנתונים וזמן השגתם חורגים מעבר לתחום פרויקט, אזור, יזם, מחזיק.
- המדיניות לחבל ים המלח ופתרונות רגיונאליים, מונחים מטבע הדברים לפתחה של הממשלה.
- גיבוש מתווה ההתנהלות ההנדסירישויי למתכונת שימושית מבוססת, מבוצע ויושלם מתוקף החלטת הממשלה, במסגרת תקצוב והיגוי מטעמה.

4.7. הפעלת המתווה (מבנים/שימושים קיימים וחדשים)

יישומו הראוי של מתווה ההתנהלות ההנדסית-רישוית, יחייב שיתוף-פעולה בין הרשויות למיניהן ובין לבין היזמים, הבעלים והמחזיקים בקרקע ובנכסים, וזאת על-פי חלוקה ברורה של מטלות ואחריות.

בראייה הנדסית-שימושית ולאור עובדות הרקע שלעיל והניסיון בנושא רעידות האדמה, ניתן להציע לשיקולם של הגורמים הרלוונטיים המוסמכים חלוקה של המטלות והאחריות לפעילויות השלמת המתווה, כמתואר **בטבלה 1** להלן.

בראייה הנדסית-שימושית ולאור עובדות הרקע שצוינו בסעיף 4.6 לעיל ולאור הניסיון בנושא רעידות האדמה, ניתן להציע לשיקולם של הגורמים הרלוונטיים-מוסמכים, חלוקה של מטלות ואחריות בהקשר להפעלת המתווה, כמתואר **בטבלה 1** להלן:

לוח הזמנים להשלמת המתווה לשימוש ראוי עבור מבנים/ שימושים קיימים וחדשים, מוערך בערך בשנה וחצי מעת קבלת האור הירוק התקציבי והענייני.

טבלה 1: מטלות וחלוקת אחריות לפעילויות השלמת המתווה ההנדסירישויי

הסדרת המתווה	גיבוש המתווה	כינון מאגר נתונים ותיחום שטחים	בדיקות, מדידות, פתרונות-חלוץ	<input type="checkbox"/> המטלות
הממשלה				<input type="checkbox"/> ייזום
הממשלה והמועצות ♦ (הצוות ההנדסי)				<input type="checkbox"/> ניהול המטלה ♦ (היועץ)
צוות מקצועי	הצוות ההנדסי	צוות/גוף מקצועי	גופים מקצועיים	<input type="checkbox"/> המבצע

טבלה ז': מטלות וחלוקת אחריות לפעילויות הפעלת המתווה ההנדסי-רישוי

דיווח תופעות חריגות	פיקוד וניהול התרעות	בדיקות ופתרונות למבנים/שימושים		מאגר הנתונים	ההתנהלות ההנדסית והרישוי	☐ המטלות
		קיימים	חדשים			
היזם והמחזיק	המועצות והממשלה	המחזיק	היזם	הממשלה	המועצות	☐ ייזום
המועצות	המועצות	המחזיק	היזם	המועצות	המועצות	☐ ניהול המטלה
◆ (צוות מקצועי)	◆ (צוות מקצועי)	◆ (מתכננים)		◆ (צוות מקצועי)	◆ (צוות מקצועי)	◆ (היועץ)
המחזיק	גוף מקצועי	קבלנים		הממשלה והמועצות	המועצות	☐ המבצע

נספח 3 | נספחים לפרק האקולוגי

נספח 3א: רשימת מיני הצמחים של בתי-גידול לחים שתועדו במעיינות החוף ומעמדם

שם עברי	משפחה	עינות-צוקים	קנה וסמר	שפעה בישראל	מוגן	מין אדום	בתי-גידול	צורת חיים
אבפטוריון הביצות	מורכבים	+	+	מצוי			לח	עשבוני ר"ש
אוהל הגבישים	חיעדיים		+	נדיר		R	חוף ים	ח"ש
אוכם חד-ביתי	סלקיים	+	+	נדיר		RP	לח	שיח
אוכם מצרי	סלקיים	+	+	נפוץ			לח	ח"ש/ד"ש
אשל היאור	אשליים	+	+	נפוץ מאוד	P		לח	עץ/שיח
אשל מרובע	אשליים	+	+	מצוי	P		לח	עץ/שיח
בלומיאת בובה	מורכבים	+	+	נדיר		RR	לח	עשבוני ר"ש
בן-חורש גדול	סחלביים		+	נדיר	P	RR	לח	עשבוני ר"ש
בן-מלח (שרשר)								
שיחני	סלקיים	+		נדיר מאוד		RR	לח	בן-שיח
בן-מלח מכחיל	סלקיים	+	+	נפוץ			לח	בן-שיח
גומא חלקלק	גומאיים	+	+	מצוי			לח	עשבוני ר"ש
גומא כדורי	גומאיים	+		נדיר		RP	לח	ח"ש/ר"ש
הרדוף הנחלים	הרדופיים	+		נפוץ			לח	שיח
חנק מחודד	אסקלפיים	+		מצוי			לח	עשבוני ר"ש
טיון בשרני	מורכבים	+	+	מצוי			לח	עשבוני ר"ש
ימלוח פגום	זוגניים	+		מצוי			לח	שיח
ינבוט השדה	קטניות	+	+	נפוץ מאוד			לח	בן-שיח/שיח
יתדן מפושק	דגניים	+		מצוי			לח	ח"ש
כף-החתול הזוחלת	דגניים	+		מצוי			לח	עשבוני ר"ש
כף-החתול השרועה	דגניים	+		מצוי			לח	עשבוני ר"ש
לוענית המדבר	לועניתיים	+		מצוי			לח	עשבוני ר"ש
ליפיה זוחלת	ורבניים	+	+	מצוי			לח	עשבוני ר"ש
מכבד הביצות	גומאיים	+		נדיר		RR	לח	עשבוני ר"ש
מלחית אשלגנית	סלקיים		+	נפוץ			חוף ים	ח"ש
מרור הגינות	מורכבים		+	נפוץ מאוד			לח	ח"ש
מרור ימי	מורכבים	+	+	נפוץ			לח	עשבוני ר"ש
משיין גלילי	דגניים	+		נפוץ			לח	עשבוני ר"ש
סוף מצוי	סופיים	+	+	נפוץ מאוד			לח	עשבוני ר"ש
סוף רחב-עלים	סופיים		+	נדיר מאוד		RR	לח	עשבוני ר"ש

נספח 3א – המשך

שם עברי	משפחה	עינות-צוקים	קנה וסמר	שפעה בישראל	מוגן	מין אדום	בית-גידול	צורת חיים
סיסנית הביצות	דגניים		+	נדיר מאוד		RR	לח	עשבוני ר"ש
סמר חד	סמריים	+	+	מצוי			לח	עשבוני ר"ש
סמר מחויץ	סמריים	+	+	נפוץ			לח	עשבוני ר"ש
סמר ערבי	סמריים	+	+	נפוץ			לח	עשבוני ר"ש
עבדקן מצוי	דגניים	+	+	נפוץ			לח	ח"ש
עדעד הביצות	עפריתיים	+		נדיר	P	RP	לח	עשבוני ר"ש
עדעד כחול	עפריתיים	+	+	מצוי	P		חוף ים	עשבוני ר"ש
עליעב חלוד	גומאיים	+		נדיר		R	לח	עשבוני ר"ש
ערבה מחודדת	ערבתיים		+	נפוץ	P		לח	עץ/שיח
עורר כרתי	חבלביים	+		מצוי			לח	עשבוני ר"ש
פלגית שיחנית	מורכבים	+	+	מצוי			לח	שיח
פספולון דר-טורי	דגניים		+	נדיר		R	לח	עשבוני ר"ש
פתילת המדבר								
הגדולה	אסקלפיים	+	+	מצוי	P		לח	שיח
צפצפת הפרת	ערבתיים	+	+	נדיר	P	R	לח	עץ
קנה מצוי	דגניים	+	+	נפוץ מאוד			לח	עשבוני ר"ש
קנה-סוכר גבוה	דגניים	+	+	מצוי			לח	עשבוני ר"ש
קנה-סוכר מצרי	דגניים		+	מצוי			לח	עשבוני ר"ש
תאנה (פיקוס)								
(התאנה)	תותיים		+	מצוי	P		מעיינות	עץ
תלתן זוחל	קטניות		+	נפוץ מאוד			לח	עשבוני ר"ש
תמר מצוי	דקליים	+	+	מצוי	P		לח	עץ
סך הכול: 49 מינים		38	35		10	13	49	

המקור: רשימת מיני הצמחים מתבססת על מאגרי מידע, דוחות וסקרים של רשות הטבע והגנים, מאמרים שונים ותצפיות של כותבי הפרק.

מין מוגן: P – צמח מוגן בחוק. **מין אדום:** RR – נדיר מאוד; RP – נדיר; R – נדיר למדי.
 ר"ש – רבי-שנתי; ח"ש – חד-שנתי; ד"ש – דר-שנתי.

נספח 3: רשימת בעלי החיים האקוטיים שנמצאו בעינות-צוקים בסקר חסרי-חוליות, נובמבר 2002

שם עברי	שם מדעי	קבוצה טקסונומית
	<i>Tubifex tubifex</i>	OLIGOCHAETA תולעים דל-זיפיות
סרטן שטצד	<i>Echinogammarus</i> sp.	AMPHIPODA
	Asellus	ISOPODA סרטן שווה-רגליים
סרטן נחלים	Potamon	DECAPODA סרטנים מעשירי-רגליים
שחריר הנחלים מגדלון מגובשש סהרונית ארצישראלית מימנית ים-המלח	<i>Melanopsis buccinoidea</i> <i>Melanoides tuberculatus</i> <i>Theodoxus michonii</i> <i>Heleobia</i> sp.	GASTROPODA חלזונות
אקרית מים	Hydracarina	ACARI אקריות
שפיריות שפיריות שפירית דוד	Zygoptera <i>Pseudagrion</i> sp. Anisoptera <i>Gomphus davidi</i>	ODONATA שפיראים
רץ מים מודד מים	Gerridae Veliidae	HETEROPTERA פשפשים
	<i>Berosus</i> sp.	COLEOPTERA חיפושיות
ישחוריים ימשישים יתוש מצויץ ימשיש הנחלים יבחוש זבוב בקר כולכית טיפולתיים פיזוזיים	Simullidae Dixidae <i>Dixella</i> sp. Chironomidae <i>Chironomus</i> sp. <i>Rheotanytarsus</i> Chironomid (אחר) Ceratopogonidae Tabanidae Culicidae Tipulidae Empididae	DIPTERA זבובאים
שעירנית	Philopotamidae: <i>Chimarra</i> sp. (?) Hydroptilidae: <i>Hydroptila</i> sp.	TRICHOPTERA שעירי כנף
צפרדע נחלים	<i>Rana ridibunda</i>	RANIDAE צפרדעיים
קרפדה ירוקה	<i>Bufo viridis</i>	BUFONIDAE קרפדיים
נאויות המלחות	<i>Aphanius dispar richardsoni</i>	CYPRINODOTIDAE נאויותיים
אמנון הירדן	<i>Oreochromis aureus</i>	CICHLIDAE אמנוניים

המקור: גזית וחוב', 2003.

נספח ג3: רשימת מיני היונקים המוגנים שתועדו באזור מעיינות חוף ים המלח

שם מדעי	שם עברי
<i>Paraechinus aethiopicus</i>	קיפוד מדבר
<i>Rhinopoma microphyllum</i>	יזנב גדול
<i>Rhinopoma hardwickii</i>	יזנב קטן
<i>Pipistrellus bodenheimeri</i>	עטלפון בודנהיימר
<i>Psammomys obesus</i>	פסמון מדבר
<i>Acomys russatus</i>	קוצן זהוב
<i>Canis aureus</i>	תן
<i>Vulpes vulpes</i>	שועל מצוי
<i>Meles meles</i>	גירת מצויה
<i>Herpestes ichneumon</i>	נמייה
<i>Hyaena hyaena</i>	צבוע מפוספס
<i>Felis silvestris</i>	חתול בר
<i>Felis chaus</i>	חתול ביצות
<i>Caracal caracal</i>	קרקל
<i>Panthera pardus</i>	נמר
<i>Procavia capensis</i>	שפן
<i>Capra nubiana</i>	יעל
<i>Gazella gazella gazella</i>	צבי ישראלי

באזור יש גם מינים שאינם מוגנים בחוק (דרבן, ארנבת, עטלף פירות וכו'), אך אין לפגוע בהם אם הם נמצאים בשמורת טבע.

נספח ד3: מינים אנדמיים באזור ים המלח ומקומות מציאתם

עין צין	הכיכר	צוקים	קנה	סמר
Crustaceae סרטנים				
Isopoda סדרת שוורגאים				
			+	+
			+	
Amphipoda סדרת שטצדאים				
			+	+
			+	+
			+	+
Copepoda בתימחלקת שטרגאים				
		+		+
Gastropoda חלזונות				
	+	+	+	+
				+
Ostheichthiyes דגי גרם				
	+	+	+	(-)

המקור: Dimentman & Por, 1991; Por et al, 2001; Goren & Ortal, 1999; אורטל, 1991.



01 אוקטובר 2002

שמורת מעיינות צוקים

הצעה לשיקום השמורה

נאות החוף של צפון מערב ים המלח מתאפיינות בריכוז מעיינות במליחות שונות, הניזונים מאקוויפר ההר וממי נגר של שיטפונות. מעיינות אלה מזינים צומח הידרופילי המסודר בגושים או ברצועות בהתאם לכושר הסתגלותו למליחות השונות ולמרחק ממקור המים. מקווי המים מכילים אוכלוסיות שרידיות של בעלי-חיים המעידות על סביבות החיים שהיו כאן בעבר. עד לזמן האחרון, מי המעיינות שהיו שעונים על מפלס גבוה של ים המלח, הגיחו במקומות בהם מפלס מי המעיינות חצה את המדרון לים המלח. עם ירידת המפלס, נסוג קו החוף, נדדה גם חזית הנביעות וגם הצומח ההידרופילי התלוי בה. כיום קו החוף הרחיק מזרחה וחשף את התשתית החרסיתית של האגם. אופי זרימות המים באזור זה השתנה, בעוד שבמפלסים האבניים במעלה, היו משטחי זרימה בעלי חזית צומח מקבילה לקו החוף. היום במפלס החרסיות, המים חותרים ערוצים עמוקים בהם מתרכז הצומח והקרקע מסביב חשופה מצומח. סביבות רטובות הופכות לסביבות לחות, סביבות לחות הולכות ומתייבשות. כתוצאה מכך הולכות ומתרחבות חגורות הצומח המליחות, היובשניות, והצומח נסוג ומשתנה בהתאם לזמינות המים. במשך 30 השנים האחרונות, חלה ירידה של כ-20 מ' במפלסי ים המלח. בתי גידול אלה היוצרים את שמורת טבע, עשויים להיכחד כליל עם המשך תהליך ירידת המפלסים כתוצאה מהשינוי בפרופיל הקרקע שבה היו מצויות הנביעות. נושא ממשק המים והצומח בשמורה מעסיק את רשות הטבע מאז שהוכרזה. השמורה משתנה משנה לשנה עם המשך ירידת המפלסים. הצומח משתנה ומינים נעלמים. בגלל ייחודיות המקום, יש לנו עניין לבחון אפשרויות לייצב חלקים מהמערכות הטבעיות שעדין מתקיימות בשמורה במספר כיוונים.

- בחינת יצירת מקווי מים פתוחים נוספים ע"י איגום המים הזורמים.
- בחינת דרכים לייצוב ערוצים ומניעת ההתחפרות לאחור.

במהלך שורה ארוכה של סיורים ופגישות הוצעו שלש הצעות לביצוע:

1. הקמת סוללה בדרום האזור התיירותי שתייצר "אגם" בשטח שמדרום לסוללת הגישה לים.
2. חפירה של בריכה/ות ממזרח לקו הנביעות המערביות (בדיקת התכנות ע"י קידוחים).
3. תכנון וביצוע PILOT של חציץ בערוץ שיקבע מדרום לאזור התיירות המרכזי בעיינות הצוקים.
4. ביצוע מעקב וניטור גיאור-הידרולוגי-הידר-ביולוגי ובוטני על שלש הצעות.
5. הפתרון יכלול אמצעים הנדסיים לביצוע העבודות, האיחוזים של המעיינות, והמתקנים לפי תנאי השטח.

החציץ

התכנון יכלול הצעה לביצוע תעלת חציץ, באזור הגבול שבין השכבה האבנית לבין השכבה החרסיתית שייגרום לשמירת מפלס מי תהום יציב וקבוע. מאחורי סף הגלישה ייווצר משטח זורם, חיקוי למשטר הזרימה שהיה בעבר. במורד תעלות החציץ, באמצעות ספי גלישה מתוכננים, ניתן יהיה לאסוף את המים ולעדם לשימוש למטרות שונות.

אלי שדות

נספח 4 | נספחים לפרק הכלכלי

4.1. מפעלי ים המלח

עלויות ותועלות למפעלי ים המלח

ירידת מפלס ים המלח עלולה לגרום נזק למפעלים, אם היא תביא להיווצרות בולענים שיפגעו ביסודות הסכרים של בריכות האידוי ובמיוחד בבריכה מס' 5. במקרה של קריסת סכר, הנזק הצפוי מורכב מעלות התיקון, עלויות השאיבה החוזרת של המים ואבדן הכנסות מחמת השבתת המפעל בעת עבודות השיקום. בשלב זה של העבודה לא נערך אומדן של עלות הנזק.

ירידת מפלס ים המלח והעלייה בריכוז המלחים, יוצרות יתרונות בתהליך הייצור של מפעלי ים המלח. כדי לבחון את התרומה של עליית ריכוז המלחים לכושר הייצור של המפעלים, נערכה בחינה שהסתייעה במודל דינאמי המתאר את התהליכים המתרחשים בבריכות האידוי.

ההנחות לניתוח העלייה בהיקף הייצור בזכות התרכוזות הים, מתבססות על נתוני היסוד הבאים:

א. הריכוז הממוצע של שכבת העומק ההיסטורית בעמודה האנכית בים, היה 12.0 ג'/ק"ג.

יצוין כי נתונים היסטוריים משנות השישים מצביעים על ריכוזים נמוכים יותר בעמודות המים העליונה, ממנה שאבו בעבר מים לבריכות.

ב. ריכוז הים בשנת 1982, לאחר היפוך העמודה האנכית, היה 12.0 ג'/ק"ג.

ג. ריכוז הים בתחילת העשור הנוכחי היה 12.35 ג'/ק"ג.
ד. סה"כ התרכוזות מרכיב האשלג בתמלחת מגיע לכדי 0.35 ג'/ק"ג.

שינויים בכושר ייצור משולב

- כושר ייצור בריכות האידוי בתחילת שנות השמונים היה 2.2 מיליון טון אשלג בשנה.
- כושר ייצור בריכות האידוי בתחילת שנות האלפיים היה 3.2 מיליון טון אשלג בשנה.

גורמי הגידול בייצור 1982-2002

תוצאות הבחינה של מפעלי ים המלח הביאו למסקנות הבאות:

- התרכוזות התמלחת בשל ירידת מפלס הים ב-15 מטר, הביאה לעליית התפוקה בכ-100,000 טון אשלג בשנה.
- השקעות בפיתוח מערך חומר גלם בתחום הזיכיון, הניבו גידול בתפוקה בכ-500 אלף טון בשנה.
- שיפורים טכנולוגיים ואופטימיזציה תפעולית הביאו לגידול של כ-400 אלף טון אשלג בשנה.

השקעות של מפעלי ים המלח

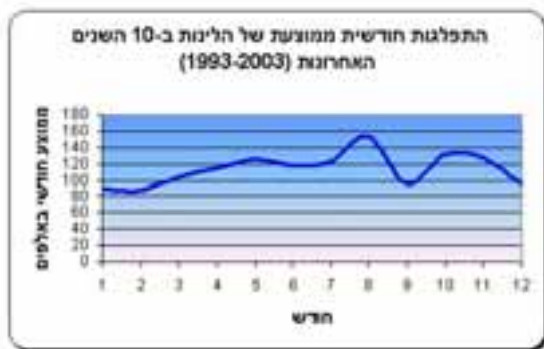
בטבלה 1 מפורטות נקודות-ציון עיקריות בהשקעות של מפעלי ים המלח, שנובעות בעיקר מירידת המפלס:

טבלה 1: השקעות של מפעלי ים המלח עקב ירידת המפלס

שנה	גורם הפגיעה/נזק	הפתרון	עלות (מיליוני דולרים)	עלות מצטברת (מיליוני דולרים)
1968	ירידת מפלסים באגן הדרומי	בניית תחנת שאיבה p6	10	10
1970	המשך ירידת המפלס	חפירת תעלת הזנה	5	15
1978	ניתוק האגנים	בניית תחנת שאיבה קדמית ותעלת הזנה p7	25	40
1989	המשך ירידת המפלס	בניית תחנת שאיבה קדמית חדשה – p8	25	65
2002	המשך ירידת המפלס	בניית תחנת שאיבה קדמית חדשה – p88	25	90
2002-1982	עלייה בהוצאות אנרגיית השאיבה בשל ירידת מפלס הים	התקנת מנועים חשמליים חזקים	10	100
סה"כ			100	320

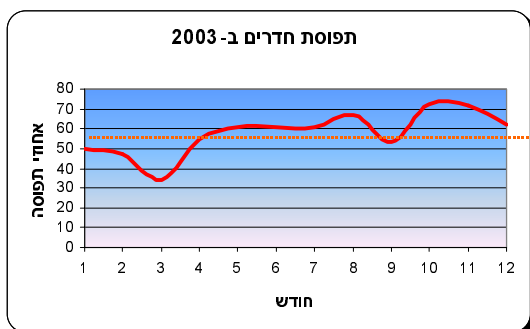
המהיר בתיירות שאפיין את אזור ים המלח בשנות התשעים ונרשמה האטה, כפי שמתואר באיור 1. הירידה בתיירות מחו"ל (ירידה של 34% באזור ים המלח, לעומת 31% בישראל כולה), לוותה בהתאוששות תיירות הפנים (עלייה של 13% בהשוואה ל-6% בכל הארץ).

אזור ים המלח הוא אבן שואבת לתיירים בכל ימות השנה. בחודשי החופש הגדול ובחגי חודש תשרי נרשמת עלייה במספר הלינות במלונות האזור. איור 2 מתאר את ההתפלגות החודשית הממוצעת של התיירות במלונות ים המלח בשנים 1993-2003.



איור 2: התפלגות חודשית ממוצעת של הלינות במלונות ים המלח בשנים 1993-2003
(מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)

נתונים דומים עולים לגבי תפוסת החדרים לאורך השנה. בשנת 2003 עמדה התפוסה הממוצעת על קרוב ל-60%. איור 3 מתאר את התפוסה הממוצעת בשנת 2003. ניתן לראות מגמה אחידה לאורך השנה, עם שיאים עונתיים בחודשי הקיץ והחגים.



איור 3: תפוסת החדרים ב-2003
(מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)

התועלות שנוצרו למפעלי ים המלח מתבטאות בהגדלת ייצור של 100 אלף טון אשלג בשנה. ניצול הפוטנציאל הנ"ל חייב השקעות הון מסיביות בפיתוח מפעלים, תשתיות לוגיסטיות ומערך חומר גלם. התועלת הנ"ל התקבלה בצורה מדורגת לאורך השנים, בשיעור מקורב של כ-5,000 טון בשנה.

להערכת מפעלי ים המלח, פתרון בעיית ירידת המפלט באמצעות תעלת הימים, יביא להקטנת התפוקה. אומדן הנזק הצפוי למפעלים מהקמת תעלת-ימים ייקבע במסגרת מחקרים לימנולוגיים ובהתאם לסוג הפתרון, עצמתו וקצב יישומו.

4.2. תיירות

תיירות במלונות ים המלח – תפוסה

56% מתושבי מדינת ישראל מתכוונים לבלות לפחות חופשה אחת בישראל. ים המלח הוא אחד האזורים המובילים לביילוי חופשה בישראל. מידת הפופולאריות של האזור דומה לזו של הגליל העליון, טבריה והכינרת, ומשנית לזו של אילת (האזור המועדף על הישראליים). הבחירה בים המלח היא בעיקר בזכות האקלים, הים וסגולות המרפא שלו (מכון דחף, 2002). פילוח אוכלוסיית הנופשים מגלה שים המלח מועדף בקרב גילאי 60+ ואינו פופולארי בקרב צעירים עד גיל 18, ערבים וחרדים.

באזור ים המלח פועלים 15 מלונות, יותר מ-4,000 חדרים ויותר מ-9,000 מיטות. תחילת המיתון הכלכלי בשלהי שנות התשעים פגעה בתיירות הפנים באזור ים המלח (ראה איור 1).

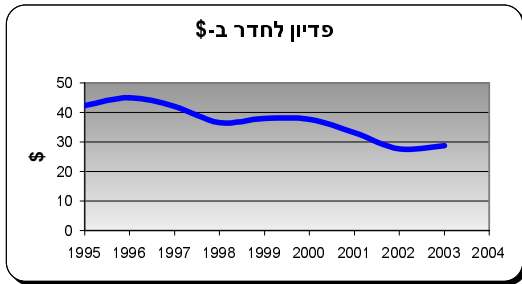


איור 1: התפלגות שנתית של תיירות במלונות ים המלח
(מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)

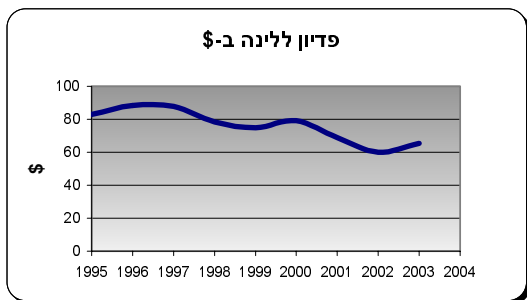
עליית המתיחות ופרוץ האינתיפאדה באוקטובר 2000, פגעו בתיירות הנכנסת לישראל. בעקבות אירועים אלה התמתן הגידול

תיירות במלונות ים המלח – פדיון

הפדיון לחדר וללינה מאופיינים במגמת ירידה בשנים הנבדקות. איורים 6 ו-7 מתארים את הירידה בפדיון לאורך השנים (באלפי דולרים).



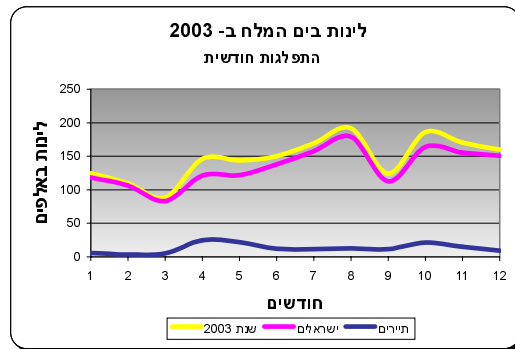
איור 6: פדיון לחדר, באלפי דולרים
(מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)



איור 7: פדיון ללינה, בדולרים
(מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)

המגמות המתוארות באיורים 6-7 דומות מאוד. לעומתן, בבחינת הפדיון למועסק, נשמרת מגמה כמעט אחידה. לקראת שנת 2000

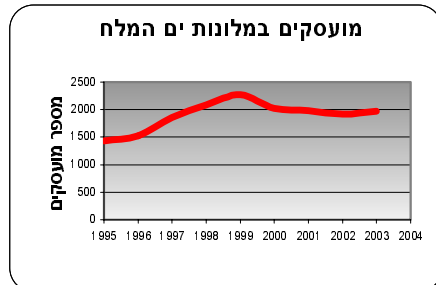
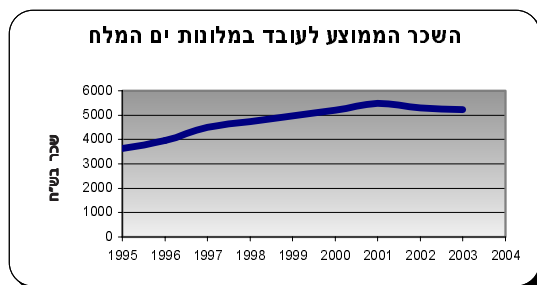
בשנים האחרונות היו רוב הלינות במלונות ים המלח לינות של ישראלים (ראו איור 1). איור 3 מתאר את אחוזי התפוסה במלונות ים המלח בשנה האחרונה, ואיור 4 מתאר את ההתפלגות החודשית של הלינות במלונות אלה באותה שנה, לפי תיירים ואורחים ישראלים.



איור 4: התפלגות חודשית של הלינות בים המלח ב-2003
(מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)

תיירות במלונות ים המלח – מועסקים

במקביל לעלייה בביקוש לנופש במלונות ים המלח, נרשמה עלייה אטית במספר המועסקים בהם. כיום עומד מספרם על 1,972, שהם כ-0.49 עובדים לחדר. מאיור 5 ניתן לראות שמספר המועסקים עלה לקראת שנת 2000 – שהיתה שנת שיא בתיירות – וצנח לקראת סיומה, עם תחילת האינתיפאדה השנייה. בשנים 2001-2002 הוסיף מספר המועסקים במלונות להצטמצם, ואף נרשמה ירידה בשכר (ראו איורים 5, 6). בשנה האחרונה נרשמה התאוששות מסוימת בתיירות לאזור ובמקביל הסתמנה עלייה מתונה במספר המועסקים, אולם רמת השכר דומה עדיין לזו של שנת 2000.



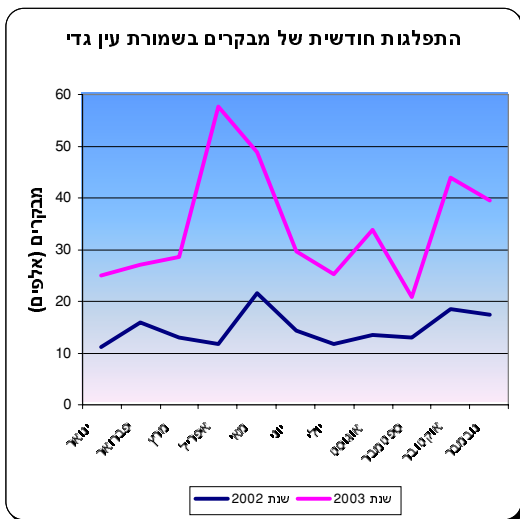
איור 5: (א) מימין: התפלגות שנתית במספר המועסקים במלונות ים המלח; (ב) משמאל: השכר החודשי הממוצע לעובד במלונות ים המלח באותן שנים (בש"ח) (מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)

השינויים שחלו בתיירות באזור ים המלח. השפעת האירועים הפוליטיים ניכרת בעיקר בבחינת התיירות הזרה. איורים 1 ו-9 מראים שהמחצית השנייה של שנות התשעים, שאופיינה בצמיחה כלכלית מהירה, רשמה גידול מהיר במספר הלינות והפדיון במלונות ים המלח. ההאטה הכלכלית שהחלה בשלהי שנות התשעים, נתנה את אותותיה גם בפדיון ובמספר הלינות במלונות ים המלח, בעוד שהתיירות הזרה אופיינה בעלייה לקראת שנת 2000 ונקטעה עם פרוץ האינתיפאדה השנייה. משנת 2001 כמעט מתאפס מספר התיירים הזרים ואילו תיירות הפנים רושמת התאוששות. ים המלח, הנתפס כמקום בטוח וכתחליף לחופשה בחו"ל, נהנה מהתאוששות זו (למי שנהגו לבלות את חופשתם בחו"ל, אך נאלצו לפוש בארץ מחמת המצב הכלכלי).

תיירות בשמורות הטבע באזור ים המלח

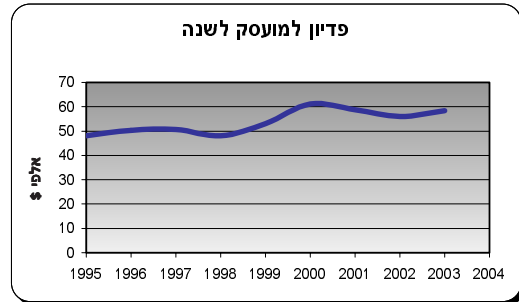
ים המלח וסביבתו מהווים מוקד משיכה להמוני תיירים. ייחודו של האזור בריבוי אתרי טבע ומורשת מגוונים בשטח מצומצם יחסית. סביב ים המלח מרוכזים נופים עוצרי-נשימה, חי וצומח בשילוב נדיר, ואתרים הכורכים יחדיו סיפורי גבורה מיתולוגיים וארכיאולוגיה. ביניהם ניתן למנות את אתרי ההיסטוריה והמורשת במצדה וקומראן, שמורות הטבע ונאות המדבר עין-פשחה, עין-גדי ונחל ערגות. אתרים אלה נבחרו כמייצגים לניתוח כלל אתרי התיירות באזור.

האיורים שלהלן (איורים 10-14) מתארים את התפלגות הביקורים החודשיים בשמורות טבע וגנים לאומיים נבחרים סביב ים המלח, בשנים 2002-2003.



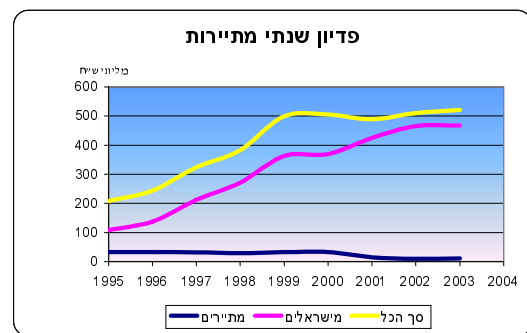
איור 10: התפלגות מבקרים חודשית בעין-גדי, 2003-2002 (מקור: רשות שמורות הטבע והגנים)

נרשמת עלייה בפדיון למועסק. רמה זו, המתוארת באיור 8, שומרת על אחידות עד היום וכמעט שאינה מושפעת מהתנודות והשינויים שחלו באותה תקופה.



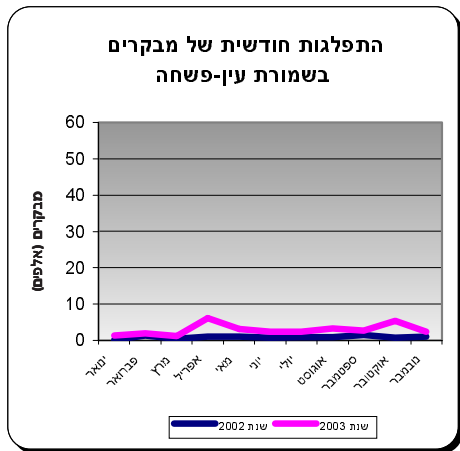
איור 8: פדיון שנתי למועסק, באלפי דולרים (מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)

האירועים שפקדו את המשק הישראלי בעשור האחרון הותירו את רישומם גם על מלונות ים המלח. שנות התשעים שהתברכו באווירת שלום אופטימית, היו גם שנות פריחה למלונות באזור ים המלח, כפי שהדבר משתקף באיור 9, המתאר את הפדיון במלונות ים המלח. האירועים האלימים שהחלו בשנת 2000 והמיתון שפקד את המשק הישראלי, הביאו לשינוי המגמה. פיטורי עובדים וקיצוץ בשכר (ראו איור 5) סייעו לשמור על הפדיון באותן שנים. כמות התיירים הזרים באזור, ששמרה על יציבות לאורך השנים, כמעט שנמחקה בשנות האינתיפאדה.

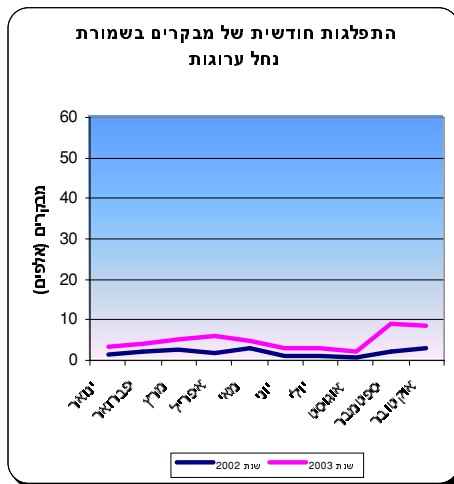


איור 9: פדיון שנתי מתיירות (תיירים וישראלים) במיליוני ש"ח (מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)

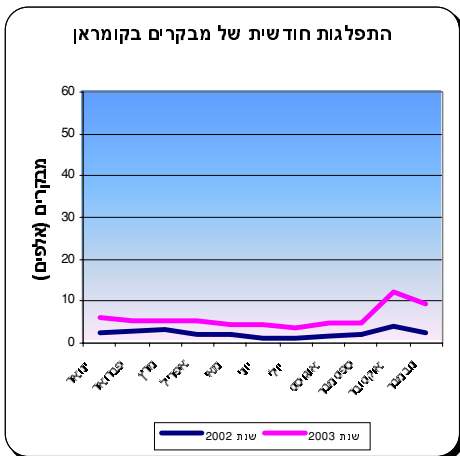
התיירות בים המלח (מלונות) מתבססת על תיירות-פנים. בשנה האחרונה (2003) נרשמו במלונות ים המלח יותר מ-1.6 מיליון לינות של ישראלים, לעומת מעט למעלה מ-140 אלף לינות של תיירים. לכן ניתן לייחס משקל רב למצב המשק הישראלי בבחינת



איור 13: התפלגות חודשית של מבקרים בשמורת עין-פשחה, 2003-2002 (מקור: רשות שמורות הטבע והגנים)



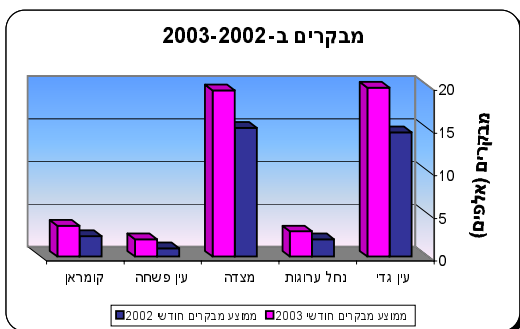
איור 11: התפלגות חודשית של מבקרים בנחל ערוגות, 2003-2002 (מקור: רשות שמורות הטבע והגנים)



איור 14: התפלגות חודשית של מבקרים בקומראן, 2003-2002 (מקור: רשות שמורות הטבע והגנים)



איור 12: התפלגות חודשית של מבקרים בגן לאומי מצדה, 2003-2002 (מקור: רשות שמורות הטבע והגנים)



איור 15: ממוצע מבקרים חודשי בשמורות הטבע וגנים לאומיים סביב ים המלח, 2003-2002 (מקור: רשות שמורות הטבע והגנים)

התמונה המתקבלת מבחינת המבקרים בשמורות ובגנים הלאומיים סביב ים המלח, דומה לתמונת הנופשים במלונות. חודשי שיא הביקורים הם חודשי האביב וחגי תשרי. בשנת 2003 נרשמה עלייה בתיירות בכל החודשים, לעומת החודשים המקבילים בשנת 2002. תמונה דומה משתקפת מאיור 15 המשווה מספר מבקרים חודשי ממוצע בשמורות השונות, בשנים הנבחנו.

אתרי התיירות הפופולאריים ביותר באזור הם: שמורת עין-גדי והגן הלאומי מצדה.

מחירי הכניסה לשמורות הטבע והגנים הלאומיים דומים (ראו טבלה 2), ולעתים משולבים בכרטיס הכניסה מספר אתרים או פעילויות, ואז המחיר מאמיר.

טבלה 2: מאפייני תמחור בשמורות הטבע באזור ים המלח (בשקלים)

האתר	מחיר למבוגר	מחיר לילד
עין-גדי	23	12
נחל ערוגות	23	12
מצדה – שביל הנחש	23	12
מצדה – רכבל	61	34
עין-פשחה		
קומראן	18	8

להערכת נופש בחיק הטבע בשמורות ובגנים לאומיים בשטחים פתוחים ובשטחים ירוקים בשולי העיר. ההנחה בבסיס השיטה היא שהתועלת מביקור באתר שווה לפחות לעלות הביקור באתר במונחים של דלק, פחת זמן. המידע מהמבקרים מתקבל בעזרת שאלונים, בהם אחת השאלות היא: מאין באו וכיצד (כמה מכוניות, מסגרת פרטית או מאורגנת), וזאת כדי לחשב את עלות הביקור ואת הערך שהם מייחסים לאתר (Ward and Beal, 2000).

האומדנים הכלכליים בשיטה זו פותחו במטרה להעריך אתרי נופש ציבוריים. השיטה מבוססת על אומדן המחיר האלטרנטיבי שמשלם כל מבקר באתר-נופש עבור שירותי האתר, ובכלל זה גם עלות ההגעה (דלק וזקיפת בלאי) והעלות האלטרנטיבית של אבדן הכנסות מעבודה בזמן שהוא מבלה בחופשה באתר. הניתוח הכלכלי מבוסס על עצם העובדה שבחינת העלויות של מספר גדול של מבקרים יכול לספק אומדן של הנכונות לשלם (Willingness to pay – WTP), אשר היא הביטוי לתועלת שהציבור מפיק מהאתר עצמו.

שיטת עלות הביקור Travel Cost Method (TCM) יושמה לראשונה בתחילת שנות השישים במחקר שבדק את הערך הכלכלי של נופש בחיק הטבע. ההנחה בבסיס השיטה היא שהעלות הנגרמת לאדם המוכן לנסוע לאתר נופש, מעידה על הערך שהוא מייחס לאתר זה. זוהי שיטה עקיפה, מכיוון שאומדים את ערכו של האתר באופן עקיף, באמצעות עלות הביקור בו. עלות הביקור מורכבת מעלות ההגעה עצמה, עלות הכניסה ועלות זמן שהייה באתר. השאלון מאפשר לזהות את המאפיינים השונים של המבקרים: מהיכן הגיעו, כמה פעמים בשנה הם מבקרים באתר ובאילו אתרים נוספים יבקרו בטווח הנוכחי.

מהמידע המתקבל אפשר להתוות את עקומת הביקוש לאתר. עקומת הביקוש, הקושרת את עלות הביקור למספר הביקורים בשנה, יכולה לשמש לאומדן ערכו של האתר. קיימים שני מודלים לחישוב התועלת בשיטת ה-TCM: מודל עלות הביקור האזורית ומודל פרטני. בעבודה זו נערך אומדן הערך במודל האזורי (Kolstad, 2000).

היתרון של השיטה הוא בכך שהיא מבוססת על מידע אמיתי ולא היפותטי, אך יש לה גם מספר חסרונות, כמו למשל: ההנחה שעלות הביקור משקפת את ערכו של האתר (לאנשים הגרים בקרבת מקום תהיה עלות ביקור נמוכה, אך ערכו יהיה גבוה עבורם). החוקרים העוסקים בתחום זה שוקדים תדיר על שכלול ושיפור אמינות השיטה והמתודולוגיה המנחה את השימוש בה, כמו לדוגמה: מציאת דרכים להערכת ההנאה ממרכיבים שונים באתר, השפעת צפיפות המבקרים באתר על ההנאה, וכו'. למרות המגבלות, זוהי שיטה המנסה לתת הערכה לתועלת מהאתר ולכמת את מה שעד כה נחשב לבלתי ניתן לכימות.

4.3. מניעת שימוש מתוכנן

לתופעות ירידת מפלס פני הים והיווצרות הבלוענים, תוצאות בעלות משמעות כלכלית ותכנונית:

- בנייה בתחום הסיכון של היווצרות בולענים ניתנת לפתרון בשתי חלופות עקרוניות.
- בנייה לפי מפרט שמפותח על-ידי הצוות ההנדסי העובד במקביל; סביר להניח (אם כי עדיין אין המלצות של הצוות ההנדסי), כי חלק מעלויות הבנייה יתייקרו כתוצאה מהצורך לבנות בכפוף לפרמטרים פיסיים עדכניים.
- שינוי מיקום הפעילות המתוכננת; המשמעות של שינוי זה עשויה להתבטא בתחומים הבאים: אבדן הוצאות תכנון והצורך באיתור קרקע חלופית בעלת תכונות דומות (לכאורה אין מחסור בקרקע באזור ים המלח בכפוף למפת הסיכונים, וניתן יהיה לאתר קרקע חלופית לתכנית).

4.4. שיטת עלות הביקור (TCM = Travel Cost Method)

שיטת עלות הביקור TCM, הוצעה לראשונה על-ידי הכלכלן Harold Hotelling מייד לאחר מלחמת העולם השנייה, כשממשלת ארה"ב התייעצה עם כלכלנים לגבי שיטות להערכת תכונות שונות של פארקים. השימוש ב-TCM נעשה בעיקר

יישום השיטה לים המלח

עקומת הביקוש ליום טיול באזור ים המלח נבנתה על-ידי הצבת עלות הביקור כנגד מספר הנוסעים לים המלח מאזורים שונים.

עלות הביקור של המתגוררים בסמוך לים המלח נמוכה מהעלות של המתגוררים הרחק ממנו ועל-כן ניתן להניח שתדירות הביקור שלהם באתר תהייה גבוהה יותר. ניתן להבין זאת כך שעודף הצרכן (או התועלת הנקייה מהביקור) של המתגוררים בסמוך, גדול יותר מעודף הצרכן של המתגוררים רחוק, ועל-כן קווי האחרונים פחות ביקורים, עקב עלות ההגעה הגבוהה יותר.

הערך של האתר מחושב מסכמת עודף הצרכן של כל המבקרים, מכל המקומות השונים. עקומת הביקוש לאתר מבטאת את התלות בין מחיר הביקור לבין מספר המבקרים החוזי לכל מחיר, ואילו הערך של האתר הוא השטח מתחת לעקומת הביקוש אשר נאמדה.

סקר מבקרים בים המלח

במסגרת עבודה זו קיימת רק התייחסות לאוכלוסיית ישראל, ולכן אומדן הערך של ים המלח בעבודה זו מוטה מטה.

מסד הנתונים לצורך יישום שיטת עלות הביקור, מבוסס על סקר שנערך בשנת 2002 בקרב 154 מבקרים בים המלח. המבקרים נדגמו מקרב הנופשים במלונות ובאתרי התיירות הנוספים, לפי שקלול יחסי של המבקרים באותם אזורים, על-פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה ורשות הטבע והגנים. המדגם במסגרת ניתוח זה גדול דיו כדי להניח שאוכלוסיית הנופשים בים המלח מתפלגת בדומה לאוכלוסיית המדגם. ניתוח הנתונים הסוציו-דמוגרפיים של המשיבים מוצג בטבלה 3. מהטבלה ניתן להבחין שהמבקר האופייני בים המלח שייך לקבוצת הגיל 31-65, הוא בעל השכלה תיכונית או אקדמית והכנסה נמוכה מהמוצע. המבקר האופייני הגיע לים המלח ברכבו הפרטי, מלווה במבוגר נוסף או

טבלה 3: נתונים סוציודמוגרפיים שנדגמו: עלות ביקור

משתנה	תיאור	ממוצע / מאפיין שכיח	הערות
גיל	הנבדקים חולקו לארבע קבוצות גיל: פחות מ-18 (5.3% מהנבדקים), בין 18-30 (32.9%), בין 31-65 (57.9%), מעל 65 שנים (3.9%).	בין 31 ל-65 שנים.	
השכלה	יסודית (9.3% מהנבדקים), תיכונית (9.7%), אקדמית (41.1%), אחר (0%).	ההשכלה הרווחת – תיכונית ומעלה.	
הכנסה	נקבעו 5 קבוצות הכנסה: הרבה מתחת לממוצע (13.2% מהנבדקים), מתחת לממוצע (37.1%), ממוצע (13.2%), מעל הממוצע (30.5%), הרבה מעל הממוצע (6%).	ההכנסה הממוצעת היתה מתחת לממוצע (2.8).	הכנסה למשק-בית.
מגדר	גברים (52.9%), נשים (47.1%)		ענו יותר גברים מנשים.
צורת ההגעה	ברכב פרטי (88.9%), תחבורה ציבורית (9.2%), טיול מאורגן (1.3%), אחר (0.7%).	רובם המכריע של המבקרים הגיעו ברכב פרטי.	
מספר המבוגרים שנלוו אל הנשאל		הממוצע – 2.95, השכיח – 2.	רוב הנבדקים הגיעו עם בוגר נוסף.
מספר הילדים שנלוו אל הנשאל		ממוצע – 0.6, שכיח – 0.	רוב הנבדקים הגיעו ללא ילדים.
זמן בילוי בים המלח		אורך ביקור ממוצע – 33 שעות. הביקור השכיח – 24 שעות.	רוב הנבדקים לנים באזור. אורך הביקור מלמד שרובם באו במיוחד לים המלח (ולא 'קפצו' בדרך לאילת).

שניים, ללא ילדים והוא מתעתד לבקר בים המלח 33 שעות. הנבדקים נשאלו לתדירות הביקורים וזמן ההגעה לים המלח. נתונים אלה נותחו אזורית, כפי שמפורט בהמשך, אולם לא נצפו הבדלים סוציודמוגרפיים בין האזורים השונים, ולכן יכולים ההבדלים במאפיינים הסוציודמוגרפיים להיות מוכללים בכלל המדגם.

עלות הביקור

במחקר זה נבדקו מבקרים מרחבי ישראל, שמגיעים לים המלח ממרחק של עד 245 ק"מ. ניתוח עלות הביקור של המבקרים נערך עבור שבעה אזורים קונצנטריים ברוחב של 35 ק"מ כל אחד. המאפיינים הסוציודמוגרפיים של המתגוררים בכל אחד מהאזורים, נותח במפות GIS על סמך נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. על בסיס נתוני המדגם ניתן לאמוד כמה ביקורים נוהגים לצרוך תושבי כל אזור. התוצאות ניתנות בערכים של ביקור ממוצע לנפש בשנה. פונקציית ההסתברות לביקורים נתונה על-ידי:

$$V_i/P_i = f(C_i ; S_i)$$

כאשר:

i = האזור, מ-1 עד 7

V_i = מספר המבקרים בים המלח שהגיעו מאזור ה- i

P_i = אוכלוסיית אזור i – האזור ממנו מגיעים המבקרים

C_i = עלות הביקור

S_i = נתונים סוציודמוגרפיים

ניתן לשער שמצב כלכלי, גיל או השכלה עשויים להשפיע על הנכונות לבקר באתר הנופש. בחינה של הנתונים הסוציודמוגרפיים מול תדירות הביקורים מצביעה על קשר חזק בין עלות הביקור למספר הביקורים לנפש. במסגרת הניתוח הכלכלי נבדק מתאם פירסון בין עלות הביקור לבין חמישה משתנים עיקריים: עלות ההגעה, גיל, השכלה, הכנסה ומספר המבוגרים שנלוו לנשאל. התוצאות מובאות בטבלה 4. כפי שניתן לראות מהטבלה, קיים קשר מובהק בין מספר הביקורים לנפש לבין עלות הביקור בלבד.

טבלה 4: קשר בין נתונים סוציודמוגרפיים למספר הביקורים לנפש בשנה בים המלח

המשתנה	מתאם פירסון	מובהקות
עלות הביקור*	-0.928	0.023
גיל	-0.813	0.095
השכלה	-0.389	0.518
הכנסה	-0.306	0.617
מס' המבוגרים שנלוו אל הנשאל	-0.207	0.738

* עלות הביקור חושבה בכל אזור על-ידי:

$$C_i = (W/4) * (T_i) + (Km(i) * 1.92 * 2) + Night$$

כאשר:

W = שעת עבודה מחושבת לפי השכר הממוצע במשק: 7,042 ש"ח לחודש, על-פי נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה 2003, מחולק ב-180 שעות עבודה בחודש למציאת עלות שעת עבודה ממוצעת. העלות של כל שעת נסיעה ו/או שעת שהות, מחושבת כ-1/4 שעת עבודה (על-פי מטרת הנסיעה העיקרית שהיא נופש).

T_i = זמן כולל המוקדש לביקור בים המלח מורכב משני חלקים: זמן נסיעה מכל אזור וזמן שהייה ממוצע של 33 שעות. הכפלתם בעלות שעת-פנאי מניבה את העלות האלטרנטיבית של הזמן.

$Km(i)$ = מרחק אזור i מים המלח. מספר הקילומטרים (הלוך ושוב) מוכפל במחיר לק"מ על-פי נתוני חשב 1.92 ש"ח/ק"מ, כולל עלות דלק ובלאי).

$Night$ = מחיר לינה ממוצע. מכיוון שמבקר ממוצע מבלה בים המלח 33 שעות, יש לכלול מחיר לינת לילה בעלות הביקור. מחיר לינה ממוצע הוא 786 ש"ח.

עלות הביקור ותדירות הביקורים

הנתונים על אוכלוסיית כל אזור נלקחו מנתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה. ההנחה היא שאוכלוסיית הנופשים בים המלח מתפלגת בין האזורים השונים, בדומה להתפלגות המדגם. טבלה 5 מראה את מספר הביקורים לנפש, עלות הביקור מכל אזור ומאפייניו.

מהטבלה עולה שתדירות הביקורים לנפש יורדת ככל שעלות הביקור עולה. אוכלוסיית האזור הקרוב ביותר לים המלח פוקדת אותו מספר פעמים בשנה. מאזורים מרוחקים יותר, מבקרים בים המלח אחת למספר שנים.

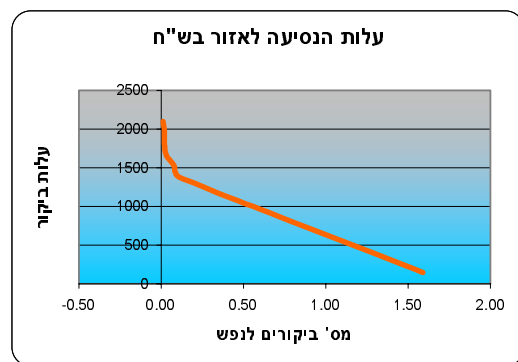
בכדי למצוא את הנוסחה המקשרת בין עלות הביקור למספר הביקורים לנפש בים המלח, מעלים את עלות הנסיעה בשלבים, על-פי ההבדלים בעלויות שבין האזורים השונים. כלומר: כמה ביקורים בים המלח יערוך מבקר שייגע מכל אזור. חיבור סך הביקורים לכל תרחיש של העלאת מחיר, מסוכסם באיור 16.

טבלה 5: עלות הביקור ומספר הביקורים לנפש בכל אזור

אזור*	מרחק מים המלח (ק"מ)	זמן הגעה ממוצע (בדקות)	עלות הביקור (בש"ח)***	אוכלוסיית האזור (אלף)****	מספר המבקרים מהאזור (אלף)**	ביקורים לנפש של אוכלוסיית האזור בשנה**
1	35	30	144.18	50.41	80.04	1.59
2	70	60	1379.10	1704.19	181.99	0.11
3	105	90	1523.28	2410.19	188.46	0.08
4	140	120	1667.46	798.96	24.50	0.03
5	175	150	1811.64	1228.45	29.09	0.02
6	210	180	1955.82	24.78	1.71	0.02
7	245	210	2100	98.86	1.46	0.01

* האזורים ברדיוס-עולה מים המלח, 1 – האזור הקרוב ביותר; 7 – המרוחק ביותר;
 ** מחושב מנתוני המדגם;
 *** עלות הביקור לפי הנוסחה הנ"ל;
 **** נתוני הלמ"ס שנת 2000.

90% (מקדם המתאם) מהמבקרים יעדיפו לבקר רק 1.5 פעמים בשנה. עלייה ב-600 ש"ח (dC=600) תפחית את מספר הביקורים השנתיים לביקור אחד בשנה (עבור 90% מהמבקרים).
 בדקנו גם התנהגות סמי-לוגית של הקשר שבין עלות לביקורים. התוצאה נתונה באיור 17.



איור 16: מספר ביקורים שנתיים לנפש, כתלות בעלות הביקור

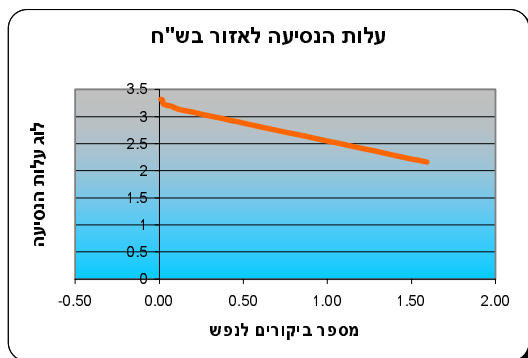
נוסחת האיור:

$$V_i = 1.55 - 0.00085dC$$

$$R^2 = 0.895$$

$$F = 42.655$$

$$P_{\text{Value}} = 0.001$$



איור 17: מספר ביקורים שנתיים לנפש, כתלות בלוג עלות הביקור

נוסחת האיור:

$$V = 4.622 - 1.413LndC$$

$$R^2 = 0.99$$

$$F = 561.828$$

$$P_{\text{value}} = 0.00$$

האיור מתאר את התנהגות המבקרים על-פי הסימולציה שתוארה קודם. הנוסחה שהתקבלה מספקת קשר מתימטי בין מספר הביקורים לנפש בשנה לבין עלות הניסיעה. הנוסחה תוכל לנבא כמה פעמים בשנה יבקר אדם בים המלח, בכל עלות ביקור. לשם המחשה, אם הניסיעה לים המלח תתייקר ב-50 ש"ח (dC=50),

נוסחת האיור:

$$V_{total} = 527.36 - 0.498dC$$

$$R^2 = 0.534$$

$$F = 37.85$$

$$\text{Sig.} = 0.00$$

כאשר:

$$V_{total} = \text{כמות המבקרים בים המלח.}$$

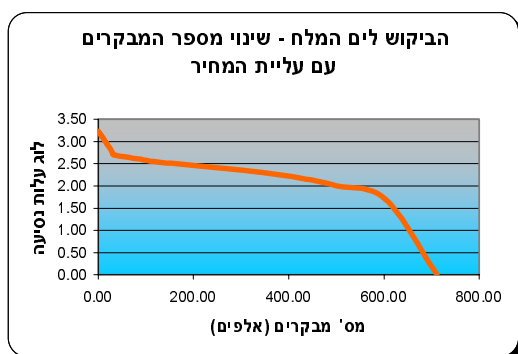
$$dC = \text{התוספת לעלות הביקור.}$$

נוסחה זו מנבאת כיצד ינהגו 53.4% מהמבקרים (ב-99.99% מובהקות) כאשר עלות הנסיעה תשתנה. הנוסחה מאפשרת להפחית את המבקרים שיחדלו לבקר כאשר המחיר יעלה. למעשה, זוהי עקומת הביקוש לים המלח. ציר ה-Y מציין תוספת העלות במחיר הנסיעה. לכן, חישוב השטח מתחת לעקומת הביקוש ומעל לציר ה-X (המתאר את כמות המבקרים) מניב את התועלת מהמשאב. חישוב השטח ייעשה על-ידי חישוב האינטגרל המסוים הכלוא בין עקומת הביקוש וראשית הצירים. חישוב השטח מניב את ערך השימוש של ים המלח בסך 280 מיליון ש"ח.

לחלופין, ניסינו לחפש נוסחה המתארת בצורה טובה יותר את התנהגות המבקרים.

נסה לתאר בצורה סמילוגית את היחסים בין מספר הביקורים בים המלח לבין עלות הנסיעה.

ניתוח הנתונים מראה שנוסחה סמילוגית יכולה לתאר בצורה הטובה את הקשר בין שני המשתנים (עלות, ביקורים) תיאור גרפי של הנוסחה ניתן באיור 19.



איור 19: מספר המבקרים בים המלח כתלות בעלות הביקור

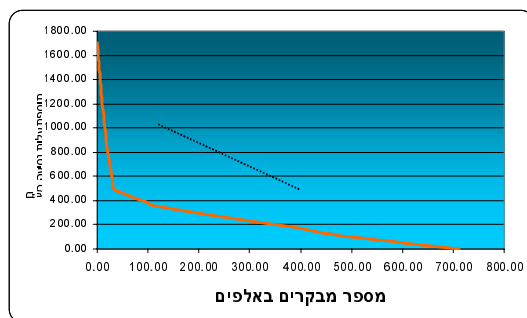
נוסחה זו מסבירה 99% מהמקרים ברמת מובהקות של 99.99% עם סטיית תקן קטנה בסדר-גודל. נוסחה זו מבטאת בצורה טובה יותר את הקשר בין עלות הביקור לבין מספר הביקורים השנתיים לנפש שייגעו מכל אזור. השימוש בניתוח לוגריתמי מראה שהתלות במרחק היא לא ליניארית וככל שהמרחק גדל, כן קטן מספר הביקורים באופן לוגריתמי. הסבר אפשרי הוא קיומן של הזדמנויות חוצצות, שמספרן הולך וגדל עם העלייה במרחק. כלומר, הניתוח מסביר את השתנות מספר הביקורים לנפש בים המלח, כתלות בהשתנות עלות הביקור. כאשר עלות הביקור תעמוד על 1,854 שקלים, לא יהיו מבקרים ישראלים בים המלח.

הביקוש לביקורים בים המלח

עלות הביקור משקפת את המחיר אותו מוכן המבקר בים המלח לשלם לכל ביקור. כדי לאמוד את ערכו הכלכלי של ים המלח לפי שיטת עלות ההגעה, מוצאים את מספר האנשים המוכנים 'לרכוש' ביקור בים המלח בכל מחיר, עד לאפס מבקרים במחיר המרבי (1,854 ש"ח). כזכור, לא נמצאו הבדלים סוציודמוגרפיים בין האזורים, ולכן יש לצפות שהמבקרים מכל האזורים ירכשו מספר ביקורים דומה, ומה שמשיפע על תדירות הביקורים הוא ההבדל בעלות הביקור כתלות במרחק. לדוגמה, אם מחיר למבקר מאזור 1 יהיה זהה למחיר שמשלם מבקר מאזור 2 – ירד מספר הביקורים לנפש מ-1.59 ל-0.11.

לצורך התוויית עקומת הביקוש, נחשב את מספר הביקורים הכולל על סמך נתוני המדגם. ניתן לקבל את מספר הביקורים הכולל כתלות בתוספת עלות ההגעה, על-ידי סכמה של מספר הביקורים מכל אזור, לאחר העלאת מחיר ההגעה.

לפי החישובים המוצגים בהמשך, ניתן היה לחשב את מקדמי הנוסחה המקשרת בין העלות לבין מספר הביקורים. בחינת התלות באופן ליניארי מוצגת באיור 18.



איור 18: מספר המבקרים בים המלח כתלות בעלות הנסיעה

נוסחת האירור:

$$V_{total} = 1180 - 386.253LndC$$

$$R^2 = 0.854$$

$$F = 194.021$$

$$P_{Value} = 0.0004$$

כאשר:

$$V_{total} = \text{כמות המבקרים בים המלח}$$

$$dC = \text{התוספת לעלות הביקור}$$

נוסחה זו מאפשרת לחשב את המחיר המרבי לנסיעה ב-85.4% מהמקרים, ב-99.99% מובהקות.

חישוב האינטגרל של פונקציית הביקוש הוא האומדן לערכו של ים המלח לתושבי ישראל בלבד בזמן נתון (שנת 2002). מחישוב האינטגרל נמצא שהתועלת השנתית של ים המלח היא כ-670 מיליון ש"ח.

ראוי להדגיש ששיטת "עלות הביקור" TCM אומדת ערכי שימוש בלבד ולכן היא אומדן-חסר לערך הכולל של ים המלח.

ערך זה הוא ערכו של הים כולו, אולם יש להדגיש שירידת מפלס ים המלח לא תגרום להתייבשות הים והוא ימשיך להיות מקור משיכה. ההתייחסויות לערך העתידי של ים המלח עקב השינויים הסביבתיים שנוצרים מירידת המפלס, תובא בפרק הבא.

מכיוון שהשיטה אינה נסמכת על נתוני-שוק, היא מתאימה במיוחד לנושאים הקשורים למשאבי-טבע וסביבה שאין להם ערך-שוק.

נקודות חשובות בבניית השאלון כוללות בין השאר:

- רקע על מצב משאב הטבע והשינויים האפשריים;
- תיאור מפורט של המוצר או השינוי המוערך ושיטה היפותטית לתשלום;
- שאלה על הנכונות לשלם עבור המוצר או השינוי המוערך;
- נתונים סוציודמוגרפיים (גיל, הכנסה וכדומה) כדי לתת תוקף לתשובות הנכונות לשלם (מדוע נתנו סכום זה), ואפיון השימוש שלהם במוצר (האם נוהגים לבקר באתר וכדומה);
- דגימה מייצגת מהאוכלוסייה המושפעת מהשינוי.

השיטה אמורה להניב את ההערכה הקרובה ביותר למצב שוק אמיתי, אילו היה קיים. לכן צריכים הסוקר, הנסקרים והשאלון, לדמות מצב שוק קרוב ביותר למצב של שוק אמיתי. מידת ההיכרות של הנסקרים עם המוצר בשאלון, צריכה לאפשר להם הכרה עם השינוי המוצע ואמצעי התשלום (דמי-כניסה, מס וכדומה).

יתרונה המובנה של השיטה הוא בכך שניתן לחלץ בעזרתה גם ערכי-שימוש ולא רק ערכי-שימוש, כמו בשיטת עלות ההגעה.

יישום לים המלח

במהלך ארבעת החודשים הראשונים של שנת 2003 נערך סקר הערכה מותנית (CVM) באזור ים המלח. השינוי שנבחן במוצר הציבורי – ים המלח – היה נסיגת מפלס פני הים. המדגם הוא מדגם מייצג של אוכלוסיית מדינת ישראל, אשר הקיף 388 נסקרים. נלקחה דגימה מצפון הארץ, מרכז ודרומה, יישובים כפריים ועירוניים, מגזר ערבי ויהודי. הראיונות נערכו במקומות ציבוריים אותם פוקדת כלל האוכלוסייה, כגון: בתי-חולים, פארקים ורכבת ישראל.

שיטת המחקר שנבחרה במחקר זה היא ראיון אישי במילוי-עצמי. בשיטה זו אחוז המשיבים הוא גבוה, הזמן הנדרש לכל סקר הוא קצר יחסית, הסוקר נגיש להבהרות הנדרשות למשיב, ונעדרת ההטיה האישית וההתנגדות הקיימת בראיון אישי מלא (דהיינו: הסוקר מחזיק בשאלות, קורא אותן לנסקר וממלא על-פי תשובותיו).

כתבת השאלון מחייבת קבוצות-מיקוד. לצורך בניית שאלון-מחקר זה, התקיימו ארבע קבוצות-מיקוד. בכל מפגש נערכה הדמיה של השאלון ובעקבותיו נערך דיון. הקבוצות עזרו לקבוע את טווח

4.5 שיטת ההערכה המותנית (Contingent Valuation) (Method – CVM)

שיטת ההערכה המותנית היא שיטה לאומדן הערך הכלכלי של משאב טבע וסביבה, שהתקבלה באופן רשמי בשנת 1979 ככלי לניתוח פרויקטים על-ידי U.S Water Resources Council. השיטה נמצאת בשימוש נרחב ב-EPA ובמוסדות מחקר והוראה רבים.

בבסיס השיטה שאלון אשר בעזרתו ניתן להעריך את נכונות הפרט לשלם עבור שינויים סביבתיים (Loomis, 1984). השאלון מבוסס על בניית שוק היפותטי, הנותן לנשאלים הזדמנות לרכוש את המוצר הסביבתי או השירות שמספק משאב הטבע. הערך השקלי שהנסקר נותן היא הנכונות לשלם (שהיא התועלת) עבור המוצר או השירות. לאחר שמקבלים את הסכום הממוצע או החציוני במדגם שנערך, ניתן להשליך זאת על האוכלוסייה הרלוונטית כדי להעריך את התועלת הציבורית מהמשאב.

ניתוח התוצאות

ניתן להשליך מהסקר על שלושה נושאים עיקריים: קבלת ממוצע וחציון, הנכונות לשלם וההשפעה של המאפיינים הסוציו-דמוגרפיים. הקשר שבין מאפיינים אלה לנכונות לשלם במשק בית עבור הצלת ים המלח, ניתן להכתב כך:

$$WTP_i = f(S, T, Q)$$

כאשר:

- I = משק בית
- S = משתנים סוציודמוגרפיים
- T = משתני טעמים והעדפות
- Q = כמות המשאב הרצויה

הפונקציה הסטטיסטית של הנכונות לשלם מתוארת בטבלה 7.

מניתוח הנתונים עולה שהמשתנים היחידים, המובהקים מבחינת השפעתם על הנכונות לשלם, הם ההכנסה וארץ המוצא.

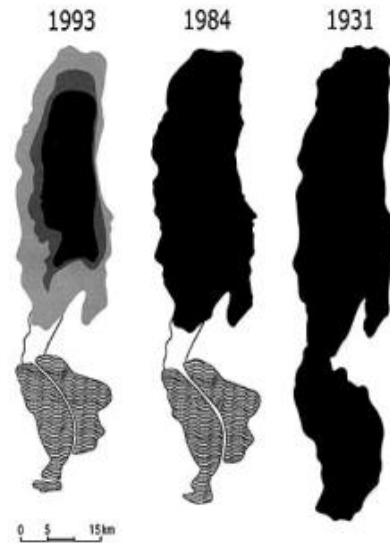
- רמת ההכנסה** של הישראלים משפיעה על נכונותם להירתם לשימור ים המלח. ככל שהכנסתו של המבקר גבוהה יותר, כך עולה נכונותו לשלם להצלת ים המלח.
- ארץ המוצא:** אלה שאינם ילידי הארץ מוכנים לשלם יותר מילידי הארץ. גם במחקר דומה שנערך באיי סיישל, נמצא שארץ המוצא משפיעה על הנכונות לשלם.

התחשיב מראה שהנמנים על קבוצת ההכנסה הגבוהה, שאינם ילידי הארץ, מוכנים לשלם 213 ש"ח. ילידי הארץ בעלי הכנסה נמוכה מוכנים לשלם 71. מניתוח המדגם עולה שהנכונות הממוצעת לשלם להצלת ים המלח היא 97.57 ש"ח כל שנה והחציון הוא 100 ש"ח. ההבדלים בין החציון והממוצע זניחים במחקר זה. על-פירוב מתגלים הבדלים בסדר-גודל בין שני מאפיינים סטטיסטיים אלה. הממוצע מבטא את הסכום שתושב "רגיל" מוכן לשלם. החציון, לעומתו, מציג סכום תשלום ש-50% מהאזרחים מוכנים לשלם. במקרה זה, כפי שניתן להיווכח, אין סתירה מובנית בין השניים.

היות שמספר משקי הבית בישראל הוא כ-1.82 מיליון והמחיר הממוצע שהאזרח מוכן לשלם הוא כאמור 97.57 ש"ח, ניתן לחשב ולקבוע שהערך השנתי של ירידת מפלס ים המלח עבור כלל אוכלוסיית ישראל הוא כ-177.54 מיליון ש"ח. סכום זה מורכב מ-80.35 מיליון ש"ח שהוצהרו כערכי-שימוש וסכום 97.19 מיליון ש"ח שהוצהרו כערכי-אי-שימוש.

המחירים ולבחון התנגדויות ופרטים הדרושים הבהרה בגיבוש הנוסח הסופי.

חשוב לתת תיאור מדויק של תמונת הרקע הכללית, ההתרחשות הצפויה ותיאור מדויק של צורת התשלום. בשאלון הופיע תיאור ים המלח ואגנו, מצבו הנוכחי של ים המלח, הגורמים למצב ותרשימים עתידיים. לשם המחשה צורפו שלוש תמונות:



על השאלון לכלול תזכורת לנשאלים בדבר אילוצי התקציב העומדים בפניהם ושימושים חלופיים אשר ניתן לרכוש בסכום זה. תזכורת דומה הופיעה בשאלון בסמוך לבקשה לנקוב בסכום לתשלום.

לבסוף, בשאלון נכלל חלק נוסף בו התבקשו הנסקרים לסמן את הסיבות שהביאו לנקוב בסכום לתשלום. התשובות המוצעות כללו ערכי-שימוש ישירים ועקיפים וערכי-אי-שימוש שונים ואפשרות להימנעות מתשלום.

אפיון הנסקרים

הנסקרים התבקשו לענות על מספר שאלות הנוגעות לפרטיהם האישיים. ניתוח הנתונים האישיים אפשר לקבל חתך סוציו-דמוגרפי של המשיבים. ניתוח זה נועד לשתי מטרות עיקריות: לבחון את מהימנות הנכונות לשלם ולנבא את הנכונות לשלם בעתיד תוך התחשבות בשינויים סוציודמוגרפיים. סטטיסטיקה תיאורית של המדגם מוצגת בטבלה 6.

טבלה 6: חתך סוציודמוגרפי בשאלון CVM

משתנה	ממוצע/מאפיין	תיאור	הערות
גיל	גיל ממוצע 35.4 שנה.	טווח הגילים: 12-87 שנים	משתנה רציף
מגדר		53.1% גברים 46.9% נשים	משתנה קטגורי
מקום מגורים	רוב הנסקרים הם עירוניים	5.8% אחר 31.5% מיישובים כפריים 62.7% מהנסקרים עירוניים	משתנה קטגורי
מודעות סביבתית		72.4% אינם חברים בארגון סביבתי 27.6% חברים בארגון סביבתי	משתנה קטגורי, נבדק ע"פ חברות/ אי-חברות בארגון סביבתי
השכלה	רוב הנסקרים הם אקדמאים	1.6% בוגרי בי"ס יסודי בלבד 13.4% בעלי השכלה מקצועית 31.1% בוגרי תיכון 53.9% אקדמאים	משתנה קטגורי
ארץ המוצא	רוב הנסקרים הם ילידי הארץ	1.9% מצפון-אמריקה 2.7% מהמזרח 2.9% אחר 9.1% אירופים 83.5% ילידי הארץ	משתנה קטגורי
הכנסה	הכנסת רוב הנסקרים היא מתחת לממוצע	51.6% משתכרים מתחת לממוצע 23.9% בעלי הכנסה ממוצעת 21.5% מעל הממוצע 0.3% הרבה מעל הממוצע	משתנה קטגורי
נכונות לשלם	ממוצע: 97.57 ש"ח. חציון: 100 ש"ח.	טווח המחירים נע בין 0 ל-1,000	משתנה רציף

טבלה 7: סיכום הרצת רגרסיות – מודל ה-CVM

משתנה	רגרסיה 1				רגרסיה 2			
	ערך	שגיאת התקן	t value	Sig	ערך	St. error	t value	Sig
הכנסה	650.29	6.276	4.724	0.0001	26.475	5.431	4.875	0.0001
ארץ המוצא	17.849	6.167	2.894	0.004	15.866	5.2	3.051	0.002
קבוע	55.605	36.186	1.537	0.126	29.140	11.755	2.479	0.014
מודעות סביבתית	-12.027	11.171	-1.077	0.282				
מקום המגורים	-9.159	9.617	-0.952	0.342				
מגדר	-4.949	10.195	-0.485	0.628				
גיל	0.160	0.447	0.358	0.720				
השכלה	0.0674	5.721	0.012	0.991				

רגרסיה 1: $Rsq=.138$ $F=5.999$ $sig=000$

רגרסיה 2: $Rsq=.114$ $F=19.253$ $sig=$

ברגרסיה 2 נעשה שימוש ב"Stepwise regression analysis".

4.6. הביקוש לים המלח עם השתנות המחיר

* ביקור לנפש מחושב מנוסחת איור 1

תוספת עלות (נסיעה בש"ח)	אזור 1			אזור 2			אזור 3			אזור 4			אזור 5		
	עלות נסיעה בש"ח	ביקור לנפש מבקרים	סק	עלות נסיעה בש"ח	ביקור לנפש מבקרים	סק	עלות נסיעה בש"ח	ביקור לנפש מבקרים	סק	עלות נסיעה בש"ח	ביקור לנפש מבקרים	סק	עלות נסיעה בש"ח	ביקור לנפש מבקרים	סק
0.00	144.18	1.57	79.22	1379.10	0.19	316.56	1523.28	0.12	300.63	1811.46	0.02	14.69	1955.82	-1.07	711.09
50.00	194.18	1.39	70.01	1429.10	0.16	279.31	1573.28	0.10	252.86	1861.46	0.00	1.35			603.53
100.00	244.18	1.25	62.92	1479.10	0.14	243.35	1623.28	0.09	206.59	1911.46	-0.01	-11.63			501.23
150.00	294.18	1.13	57.16	1529.10	0.12	208.58	1673.28	0.07	161.72						427.45
200.00	344.18	1.04	52.30	1579.10	0.10	174.93	1723.28	0.05	118.17						345.40
250.00	394.18	0.95	48.11	1629.10	0.08	142.33	1773.28	0.03	75.87						266.30
300.00	444.18	0.88	44.41	1679.10	0.06	110.72	1823.28	0.01	34.74						189.87
350.00	494.18	0.82	41.11	1729.10	0.05	80.03	1873.28	0.00	-5.27						121.14
400.00	544.18	0.76	38.13	1779.10	0.03	50.22									88.35
450.00	594.18	0.70	35.41	1829.10	0.01	21.23									56.64
500.00	644.18	0.65	32.91	1879.10	0.00	-6.97									32.91
550.00	694.18	0.61	30.60												30.60
600.00	744.18	0.56	28.45												28.45
650.00	794.18	0.52	26.44												26.44
700.00	844.18	0.49	24.55												24.55
750.00	894.18	0.45	22.77												22.77
800.00	944.18	0.42	21.08												21.08
850.00	994.18	0.39	19.49												19.49
900.00	1044.18	0.36	17.97												17.97
950.00	1094.18	0.33	16.52												16.52
1000.00	1144.18	0.30	15.14												15.14
1050.00	1194.18	0.27	13.82												13.82
1100.00	1244.18	0.25	12.55												12.55
1150.00	1294.18	0.22	11.33												11.33
1200.00	1344.18	0.20	10.16												10.16
1250.00	1394.18	0.18	9.03												9.03
1300.00	1444.18	0.16	7.94												7.94
1350.00	1494.18	0.14	6.88												6.88
1400.00	1544.18	0.12	5.87												5.87
1450.00	1594.18	0.10	4.88												4.88
1500.00	1644.18	0.08	3.93												3.93
1550.00	1694.18	0.06	3.00												3.00
1600.00	1744.18	0.04	2.10												2.10
1650.00	1794.18	0.02	1.22												1.22
1700.00	1844.18	0.01	0.37												0.37
1750.00	1894.18	-0.01	-0.45												

4.7. שלבים בחישוב עלות הביקור האזורית

- ❑ ממיינים את השאלונים מהקרוב לרחוק.
- ❑ מגדירים רצועות מעגליות ברוחב נתון סביב האתר.
- ❑ מחשבים עלות הגעה לכל שאלון לפי עלות הנסיעה הלוך ושוב ועלות הזמן הלוך ושוב.
- ❑ מחלקים את העלות במספר המבוגרים במכונית ובמספר האתרים בהם יבקרו בטיול זה.
- ❑ מוסיפים את עלות הכניסה ואת העלות של זמן השהייה באתר.
- ❑ סוכמים את מספר המבקרים מכל אזור ומחשבים את אחוז המבקרים מכל אזור במדגם; מניחים שהתפלגות המבקרים לפי אזורים במדגם, זהה להתפלגותם בכלל המבקרים באתר בשנה. מקבלים את סה"כ מספר המבקרים באתר בשנה מכל אזור. משלב זה עובדים לפי עלות אזורית ממוצעת.
- ❑ מחשבים מספר ביקורים לנפש מכל אזור בשנה, על-פי סך כל האוכלוסייה בכל אזור.
- ❑ מקבלים איור המראה את מספר הביקורים לנפש (המשתנה התלוי) כפונקציה של עלות ההגעה (המשתנה הבלתי-תלוי) ומקבלים את משוואת הרגרסיה.
- ❑ על-מנת להתוות את עקומת הביקוש לאתר, מעלים בהדרגה את המחיר לכל אזור ומציבים במשוואת הרגרסיה, לקבלת מספר מבקרים חזוי במחיר החדש.
- ❑ סוכמים את סה"כ המבקרים באתר בכל מחיר חדש. חוזרים על התהליך עד שהעלות היא כזו שמתקבל אפס מבקרים.

מקבלים איור המראה את מספר המבקרים באתר כפונקציה של העלות, שהיא למעשה עקומת הביקוש לאתר: כמה מבקרים יבואו בכל עלות, או לחילופין: מה יהיה הביקוש לאתר, כמה "יצרכו" ממנו, בכל מחיר נתון. משוואת הרגרסיה היא פונקצית הביקוש לאתר, וערכו של האתר מתבטא בשטח שמתחת לעקומת הביקוש.

4.8. סוגי תועלות ושיטות לאומדן

ניתן לחלק את הערך הכלכלי שיש למשאב טבע וסביבה לשלושה סוגים עיקריים: (1) ערך שימוש; (2) ערך האופציה; (3) ערך הקיום.

ערך השימוש של משאבי טבע וסביבה הוא הפשוט ביותר להבנה. זהו הערך הנובע משימוש בלתי-אמצעי במשאב. עץ ביער, דגים באגם, מים הנשאבים להשקיה ואפילו שמורת טבע יפה שמזדממת. גם כאן ניתן להפריד בין שני תת-ערכים. ערך אקטיבי וערך פסיבי. ערך אקטיבי הוא לדוגמה פעילות-צייד כלשהי. ערך פסיבי הוא לדוגמה פעילות של צפרות.

ערך אופציה מנסה לכלול את התועלת העתידית אשר אנשים יפיקו מהמשאב, באם יחליטו להשתמש בו. זאת למרות שאין הם משתמשים בו עתה ולא בטוח כלל שישתמשו בו בעתיד. הערך נובע משמירת האופציה. שמירת הנכס לדורות הבאים נופלת אף היא בקטגוריה זו.

ערך הקיום נובע מעצם העובדה שאנשים מעריכים משאבים מסוימים מעל ומעבר לשני הערכים הקודמים. לדוגמה, אם תעלו הצעה להקים בית-מלון על הר המצדה, סביר להניח שתקום התנגדות גם מצד אלה שאינם מתכוונים לבקר שם אפילו פעם אחת נוספת. לדוגמה, מחקר באוסטרליה נתן ערך לפארק הקדור. ערך זה התבסס על שאלון מייצג בקרב האוכלוסייה באוסטרליה. חלק ניכר מהנכונות לשלם באותו שאלון נבע מאנשים שלא ביקרו בפארק, ואם ביקרו בו, אין להם כלל כוונה לבקר בו שוב, ועדיין היתה נכונות מבחינתם לשלם עבור המשך קיום הממשק האקולוגי הכה-מיוחד באזור.

נפט וערכי-קיום באלסקה

ב-24 במאָרס 1989 עלתה מכלית-נפט של חברת EXXON-VALDEX על שרטון מול חופי אלסקה. לאזור, שהיה עשיר בשוניות אלמוגים ובעלי-חיים ייחודיים, נגרם נזק כבד. חברת אקסון קיבלה על עצמה את האחריות ולקחה על עצמה את עלויות השיקום (ככל שניתן) של האזור. בנוסף, היא התחייבה לפצות את הדייגים אשר מתפרנסים מהדיג במקום. הנזק נאמד בכמיליארד דולר, שאותו היתה החברה מוכנה לשלם. אולם מדינת אלסקה יזמה מחקר שהתבסס על אמידת הנזקים לא רק מערכי השימוש, אלא גם מהערכים הנוספים. המחקר נערך באמצעות ראיון עם כ-1700 משפחות אמריקאניות ששימשו מדגם מייצג של האוכלוסייה בארה"ב. הערך הכולל של הנזק, כולל ערך האופציה והקיום, נאמד עתה בכ-3 מיליארד דולר. מדינת אלסקה תבעה סכום זה מחברת אקסון, אולם זו סירבה לשלם סכום כה גבוה והעניין הגיע לערכאות.

הנושא שעמד לדיון היה: אם לגיטימי בכלל להשתמש בסקרים ושאלונים לגבי נכונות של אנשים לשלם, כאומדן לנזקים, כאשר הם מצהירים שאין בכוונתם לבקר באזור, אולם הם עדיין מחשיבים אותו. שכן, הטיעון לגיטימי היחיד הוא אם משהו משתמש במשאב. מדינת אלסקה טענה שהמשאב הוא בעל ערך לאומי ועל-כן החישוב הוא מוצדק. סוף דבר: הצדדים הגיעו לפשרה על פיצוי בסך 1.25 מיליארד דולר.

כימות תועלות בשיטות ישירות – שיטת ההערכה המותנית (CVM)

הכוונה במונח שיטות ישירות, היא פשוט לשאול את הפרט (או למעשה, מדגם מייצג של פרטים) כמה הוא מוכן לשלם בעבור שינוי כלשהו במדדי איכות סביבה. ישנן מספר שיטות, אולם הנפוצה ביותר היא שיטת ההערכה המותנית – Contingent Valuation Method (CVM). החלו להשתמש בה באמצע שנות השבעים וכיום משתמשים בה באלפי מחקרים על משאבי טבע וסביבה. השיטה נקראת "ישירה" כי להבדיל מהשיטות העקיפות, הפרטים נשאלים כאן באופן ישיר על נכונותם לשלם עבור המוצר (איכות סביבה) ומכך מסיקים מהו ערכו של השינוי (נדגיש שמדובר תמיד בשינוי ולא בערך כולל. למשל, מהי התועלת משיפור באיכות האוויר ב-10%, ולא מהי התועלת ממניעה מוחלטת של זיהום האוויר).

האפשרות לשאול אנשים לגבי נכונותם לשלם עבור שיפור סביבתי מסוים, נראית על פניה כקלה למדי. למעשה, קיימת אפשרות סבירה למדי לקבל תשובה שגויה או חסרת-משמעות. כלכלנים וסטטיסטיקאים פיתחו שיטות שונות לקבלת המידע מהנשאלים בצורה שתניב מהמדגם תוצאה קרובה ככל האפשר למציאות. בעיה קשה במיוחד מתעוררת מהעובדה שהשאלון בודק אפשרות היפותטית ולא מצב קיים. בסופו של דבר, הנשאל אינו נדרש לשלם בפועל את מה שהצהיר עליו ולכן הוא עלול לא לומר את "האמת". שאלה זו נבדקה באמצעות מחקרים שהשוו בין התוצאות שהתקבלו בשיטת CVM לבין שיטות אחרות, המבוססות על התנהגות בפועל, והתקבלו בהן תוצאות די קרובות. בנוסף, דרך אחרת לבדוק את הכיול היא לבחון את ההשפעה של משתנים סוציו-דמוגרפיים, כגון הכנסה, השכלה, מודעות-סביבתית וכו'. אם למקדמים של אותם משתנים יש סימנים צפויים מבחינה תיאורטית (לדוגמה, חיוביים עבור הכנסה והשכלה) ומובהקים מבחינה סטטיסטית, הרי שניתן לומר שאנשים אכן השקיעו מחשבה בנתינת הערך למוצר.

בשיטת ה-CVM קיימים שלושה שלבים עיקריים:

1. זיהוי ותיאור מוחשי ככל שניתן של השינוי הסביבתי אותו מעוניינים להשיג; תכנון מדגם מייצג בגודל מתאים;
2. בחירת אופן העברת השאלות מתוך שלוש אפשרויות עיקריות: מפגש פנים אל פנים, משאל טלפוני או משלוח באמצעות הדואר;
3. ניתוח סטטיסטי של התשובות, כדי לקבל אומדן של הנכונות לשלם עבור השינוי המוצע.

השאלון עצמו נועד להבהיר לאנשים מהי הבעיה ומהו הפתרון או השינוי המוצעים. השאלון עצמו מורכב משלושה חלקים עיקריים:

1. תיאור ברור של המצב הסביבתי ושל אופי השינוי והשפעתו על הסביבה;
2. סדרת שאלות שמטרתן להכיר את המאפיינים הסוציו-דמוגרפיים של הנשאל: הכנסה, מקום מגורים, גיל והשימוש במוצרים נלווים;
3. שאלה או סדרת שאלות, לגבי נכונותו לשלם עבור השינוי המוצע בסעיף 1.

קיימים ארבעה סוגי שאלות שאותן נוהגים להפנות לנשאל לגבי נכונותו לשלם עבור השינוי המוצע:

1. שאלה פתוחה: מהו הסכום המרבי שתהיה מוכן לשלם עבור השינוי המוצע?
2. שאלות מכרז: האם תהיה מוכן לשלם 10 שקלים? אם כן, האם תהיה מוכן לשלם 20? אם לא – השאלה מסתיימת.
3. כרטיס תשלומים: מציגים לנשאל אפשרויות-תשלום אחדות בסדר עולה, ועליו לבחור את הסכום שיהיה מוכן לשלם.
4. שאלה דיכוטומית: האם תהיה מוכן לשלם 50 שקלים? כן/לא. מחלקים את מדגם הנשאלים לקבוצות אחדות ומציגים לכל קבוצה תשלום שונה.

לכל סוג של שאלה יתרונות וחסרונות. הבעיה בשאלה פתוחה היא בכך שלנשאל אין עוגן מספרי ותשובתו עלולה להיות תלושה מהמציאות.

הקושי בשאלות של מכרז וכרטיס תשלומים (השאלות השנייה והשלישית) נובע מכך שהתשובה הנבחרת תלויה בערכי התשלום המוצגים לנשאל: טווח ערכים בין 10 ל-100 ייתן תשובות שונות מאשר טווח ערכים בין 50 ל-200.

לשאלה דיכוטומית דרושות קבוצות אחדות של נשאלים ולכן המדגם צריך להיות גדול יותר. על-פירוב כל קבוצה נשאלת פעם אחת בלבד (לעתים פעמיים). תכנון נכון של שאלות יכול לבחון אם קיימת הטיה כזו ולנסות לנטרל אותה. כיום מקובל לבצע ניסוי מקדים של השאלון על קבוצת מיקוד (מדגם קטן יותר של נשאלים) כדי לזהות בעיות אפשריות ולתקן את השאלון לפני העברתו למדגם גדול יותר.

הדוגמה הבאה מציגה שני שאלונים שחוברו בארה"ב, ונלקחו מאחד הספרים הראשונים בתחום, של Robert Mitchell ושל Richard Carson משנת 1989.

דוגמא 1: שני שאלונים שנבנו על-פי שיטת CVM

אומדן התועלת משיפור איכות המים בפארקים ושמורות הטבע:

1. כמה מבני הבית מתחת לגיל 18 (שאלה זו אוספת מאפיינים סוציו-דמוגרפיים של הנשאל).

2. האם אתה או אחד מבני ביתך שט, דג, שוחה או מבצע סקי-מים במקור של מים מתוקים (אגם, נחל וכו')? (שאלה זו בודקת אם הנשאל עושה שימוש בפארקים ושמורות טבע).

לפניכם מטרות חלופיות אחדות לאיכות מים ולנופש: (הצגת מטרות השינוי המוצע).

- א. 99% מהמים ראויים לשחייה;
- ב. 99% מהמים ראויים לדיג;
- ג. 99% מהמים ראויים לשתייה;
- ד.

1. מהו הסכום המרבי שהיית מוכן לשלם עבור..... ? (בדיקת הנכונות לשלם עבור השינוי המוצע)

- מטרה א'
- מטרה ב'
- מטרה ג'

2. בהתייחס לטווח ההכנסות (חסר טווח ההכנסות) כדוגמה שמוצגת בפניך, מהו התחום המשקף את הכנסות כל בני הבית בשנת 20__?

דוגמאות לטווח הכנסה: פחות מ-5000 ש"ח בחודש; בין 5000 ל-15,000 ש"ח בחודש; יותר מ-15,000 ש"ח בחודש. (מקובל לשאול שאלות על הכנסה בסוף השאלון, כדי למנוע אנטגוניזם).

מחקר המיועד לבדוק כדאיות השבת דגי הסלמון:

ניח שכל ההקצבות הממשלתיות לשימור הסלמון נפסקות. ללא עזרה מאורגנת ייכחדו רוב דגי הסלמון ממרבית הנהרות בשטח המדינה. עתה, הנח שמוקם ארגון לא-ממשלתי לשימור הסלמון. כל תקציבו יוקדש לפיקוח על תנאי-השרצה מתאימים וניטור מתאים. בהנחה שהארגון יקבל מימון מספיק, הוא יוכל לבצע תהליך השבה במרבית המקומות שבהם הדג אמור היה להיכחד.

הארגון יומן מתרומות. כל התורמים יקבלו מידע על פעולות הארגון ובכלל זה על מצב דגי הסלמון, היכן ניתן לצפות בהם והיכן ניתן לדוג אותם. התכנית היא למשך 5 שנים.

האם היית מוכן לתרום \$__ לשנה במשך 5 שנים (ימולא ע"י מתכנני המחקר – מספר שונה לכל תת-קבוצה).

א. כן – אני מוכן לתרום סכום זה. למעשה אני מוכן לתרום עד \$__ למטרה זו.

ב. לא – אינני מוכן לתרום סכום זה. נמק.

ג. הסכום גבוה מדי, אולם אחיה מוכן לתרום \$__ למטרה זו.



מחקרים רבים כאלה כבר בוצעו, דוגמת המקרה של מכלית הנפט של חברת אקסון ושימור פארק הקקדו, שכבר הזכרנו. נראה שעם החשיבות ההולכת וגדלה של שימור הסביבה, גם השימוש בכלי זה ילך ויגדל. היתרון הגדול של השיטה הוא בכך שניתן לבצע ניסוי מבוקר גם על אוכלוסיית הנשאלים וגם על סוג השאלות. כלומר, להפנות את השאלות לאוכלוסיות שונות ולהשוות את התשובות; אפשר גם לנסח שאלות שונות לגבי הנכונות לשלם מחירים שונים – מה שמעיד על גמישות השאלון.

יתרון נוסף הוא שניתן להפריד במסגרת השאלון בין ערכי-שימוש לבין ערכים של אופציה (אבדן יכולת שימוש בעתיד) וקיום (רצון בהמשך קיומו של ערך טבע, גם אם הנשאל אינו מתכוון להשתמש בו. ראו למשל שאלה 2 בחלק הראשון של הדוגמא האחרונה, העוסקת באיכות המים בפארק, שהיא שאלה הבודקת ערך-שימוש). חסרונה הגדול של השיטה הוא בכך שהיא בודקת מצב היפותטי. הוויכוח המחקרי הנוכחי נסב אפוא על לגיטימיות השימוש בשיטה. ישנם כאלה המהססים להשתמש בה ומעדיפים להשתמש בשיטות עקיפות, שגם להן יתרונות וחסרונות. נסביר זאת עתה.

כימות תועלות בשיטות עקיפות

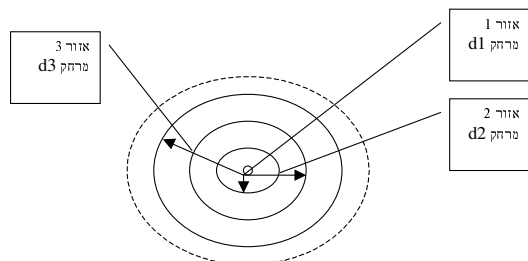
כפי שציינו, שיטות ישירות מבוססות על שאלונים היפותטיים. האם ניתן לחזות ולהבין התנהגות אנושית בנוגע למשאבי-טבע, שלא בצורה ישירה, אלא בצורות אחרות? מסתבר שכן.

שיטות עקיפות הן שיטות המבוססות על התנהגות של אנשים בשווקים אחרים הקשורים בצורה כלשהי למשאבי-טבע וסביבה. ידיעת קשר זה יכולה לסייע לנו לאמוד את התועלת באמצעות הביקוש למשאב הסביבתי עצמו. להלן נדגים את השימוש בשיטה השנייה, שבה נערך שימוש במחקר זה: שיטת עלות ההגעה.

דוגמה לשיטה עקיפה לכימות תועלות סביבתיות במרקם לא-אורבני – שיטת עלות ההגעה:

השיטה המוצגת כאן פותחה בארה"ב בשנות ה-50 ע"י כלכלנים ברשות היערות, הדיג והטבע. היא נועדה בעיקר לאמוד את ערכן

נתחיל בסימון השטח ובהקפתו בעיגולים המסמנים מרחקים ממנו (איור A):



איור A – בניית מעגלי עלות-הגעה

האתר נמצא במרכז המעגל.

סביבו יש 4 אזורים: 1, 2, 3, ו-4.

רדיוס האזורים יכול להיקבע על-פי ניסיון קודם. בארה"ב מקובל רדיוס של 50 מיל. בישראל צריך, כמובן, לבצע שקלול מתאים; ייתכן שהתוצאה הסופית תהיה דווקא אליפסה ולא עיגול.

הצעד הבא – איסוף נתונים: עלות הגעה, זמן הגעה, מספר ביקורים שמקורם באזור כלשהו, מספר התושבים באזורים השונים. דוגמה תבהיר את הנושא בצורה הברורה ביותר.

נרכז את כל הנתונים בטבלה שלהלן:

(6) תושב ביקורים/ מס'	(5) תושבים מס'	(4) ביקורים מס'	(3) זמן הגעה	(2) עלות הגעה	(1) אזור מס'
3	100	300	1	1	1
1	200	200	2	2	2
1/3	300	100	3	3	3
0	400	0	4	4	4

נשים לב לטור השמאלי שהתקבל מחלוקת טור (4) בטור (5): מהטבלה ניתן לראות שמספר הביקורים לתושב יורד ככל שעלות ההגעה (והזמן) עולה.

למעשה, ברצוננו להגיע למצב בו נוכל לצייר עקומת ביקוש, כך שהעלויות יהוו מעין אומדן למחירים. נתחיל מעלויות ההגעה ונוסיף אח"כ את עלויות הזמן:

הכלכלי של שמורות טבע ואת ערכם של שינויים במאפיינים סביבתיים בתוך אותם אתרים (למשל, איכות-מים טובה יותר באגם או שיפור הראות בשמורה מסוימת).

השיטה היא עקיפה, מכיוון שאין שוק של קונים ומוכרים לשמורות טבע. אולם עדיין יש להן ערך כלכלי אשר ניתן לאתרו בצורה עקיפה. גם אם האנשים אינם משלמים מחיר כלשהו על כניסה לאתר טבע (ואם כן, המחיר אינו קשור לביקוש והיצע, כמקובל בשוק של מוצרים), הרי שבכל זאת הם משקיעים סכום כלשהו כאשר הם מחליטים להגיע לאתר. ההשקעות כוללות עלויות דלק למכונית, זקיפת בלאי, השקעת זמן והוצאות שהייה (אם נשארים באתר לתקופה העולה על 24 שעות). כלכלנים מנסים למצוא את המאפיינים השונים של המבקרים באמצעות שאלונים המחולקים באתרי הטבע. בעיקר הם מנסים לגלות מהיכן הגיעו המבקרים ומהי עלות השהייה שלהם, הקרויה "עלות של יום שהייה". אולם הניתוח הכלכלי אינו מסתיים בכך. כדי לחשב את הביקוש באתר, נערך שימוש בחלופות שבין עלות-הגעה לדמי-כניסה. נניח, בצורה היפותטית, שנעלה את מחיר הכניסה לאתר מאפס לשקל אחד. מה תהיה ההשפעה על הגעת המבקרים לאתר? סביר להניח שהתוצאה תהיה זהה למצב שבו עלות ההגעה לאתר תגדל בשקל, עקב הגדלת מרחק ההגעה של כל המבקרים. במקרה זה ניתן לצפות את השינוי בכמות הביקורים של המטיילים. וזאת כיצד? מכיוון שהנתונים שנאספו מהשאלונים המקוריים, הראו שאנשים שגרים בטווח של 50 ק"מ יגיעו לדוגמה 4 פעמים בשנה, ואלה שגרים במרחק של 50 עד 100 ק"מ יגיעו רק פעם אחת בשנה (כנראה עקב השפעת המרחק על עלות התחבורה והזמן הנדרש להגעה לאתר). תדירות משתנה זו של ביקורים מאפשרת לכלכלנים להתוות את עקומת הביקוש לאתר ולחשב את התועלת הכוללת ממנו.

בבסיס השיטה מונחת ההנחה שלמרות שאין מחיר-שוק לשטח הפתוח, קיימת עלות מסוימת בהגעה אליו. עלות זו מורכבת ממספר גורמים. נתרכז בשני הגורמים העיקריים:

עלות ההגעה;

זמן אלטרנטיבי.

עלות ההגעה מורכבת מעלות הדלק ובלאי הרכב תוך כדי הנסיעה לאתר.

עלות הזמן מורכבת מהעלות האלטרנטיבית של זמן הנסיעה והביקור באתר, זמן שבו היה ניתן לבצע דברים אחרים כמו עבודה, ואשר מתבטלים בגלל הטיול.

נדגים את יישום השיטה בדוגמה חישובית:

עקומה ABCE היא עקומת הביקוש לאתר, והתועלת מהשימוש באתר מבוטאת באמצעות השטח שמתחת לעקומה זו. חישוב השטח הוא פשוט יחסית, ונשאר זאת לקורא כתרגיל.

נוסיף עתה את מרכיב הזמן. עלות ההגעה מורכבת מעלות הנסיעה ומעלות הזמן האלטרנטיבי. אם נניח שהעלות האלטרנטיבית היא 1/4 משכר עבודה שעתי נטו, ושכר זה הוא 1 ש"ח/שעה, הרי שווקטור העלות הכוללת לאזור 1 יהיה: $1 + 1 \times 0.25 = 1.25$

$$\text{לאזור 2: } 2 + 3 \times 0.25 = 2.5$$

$$\text{לאזור 3: } 3 + 3 \times 0.25 = 3.75$$

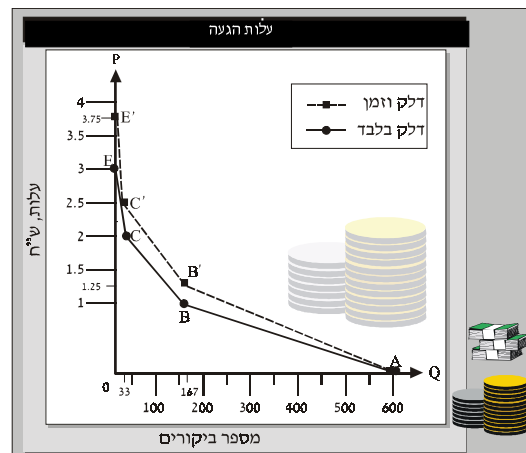
$$\text{לאזור 4: } 4 + 4 \times 0.25 = 5$$

עתה, אם נחזור על התוויית עקומת הביקוש, כפי שעשינו בניתוח עלות ההגעה, נקבל את העקומה A'B'C'E'. ברור עתה שערכו של האתר (המתבטא בשטח שמתחת לעקומה) גדל, מכיוון שהעלות האלטרנטיבית כוללת לא רק את עלות ההגעה אלא גם את הזמן הכרוך בכך.

שיטה זו מאפשרת לאמוד את ערכו של האתר – ערך שהוא לדעתנו "חסם תחתון". ייתכן שהתועלת מהביקור בפארק גדולה אף יותר, אולם אין הדבר בא לידי ביטוי בכמות הביקורים. הסיבות לכך יכולות להיות קשורות לערכי אופציה או קיום. כפי שצינו, ערכים אלה יכולים להיות מחולצים רק בשיטת ה-CVM.

הנקודה הראשונה על עקומת הביקוש תהיה זו המתאימה למחיר כניסה בגובה 0.

ניתן לראות שבמחיר זה יהיו 600 ביקורים באתר (סכום הביקורים בטור 4). זוהי נקודה A באיור B.



איור B: אמידת התועלת מהשטח הפתוח

עתה נשאל את עצמנו מה יקרה אם נעלה את מחיר הכניסה לאתר מ-0 ל-1?

הדבר שקול להעלאת עלות הנסיעה ב-1 לכל המבקרים, כך שעלות ההגעה לתושבי אזורים 1, 2, 3, ו-4 תהיה מעתה 2, 3, 4, ו-5 בהתאמה.

מה יהיה עתה מספר הביקורים?

נשים לב שעתה עלות ההגעה של תושבי אזור 1 זהה לעלות ההגעה של תושבי אזור 2 במצב הקודם. תושבי אזור 2 יבקרו קודם ביקור אחד לתושב, ולכן סביר להניח שזה מה שיעשו עתה תושבי אזור 1 – כלומר $100 \times 1 = 100$. תושבי אזור 2 יבקרו מעתה כמו תושבי אזור 3 במצב הקודם, כלומר – $200 \times \frac{1}{3} \sim 67$ ואילו תושבי אזור 3 יבקרו כמו תושבי אזור 4, כלומר – לא יבקרו כלל. בסך הכול יהיו עתה 167 ביקורים. זוהי נקודה B באיור B.

אם נעלה את המחיר ל-2, תושבי אזור 1 יבקרו עתה כמו תושבי אזור 3, כלומר – $100 \times \frac{1}{3} \sim 33$ ואילו תושבי אזור 2 לא יבקרו כלל. לכן מספר הביקורים הכולל באתר יהיה 33. זוהי נקודה C באיור B.

אם נעלה את מחיר הכניסה לאתר ל-3, לא יהיו בו כלל ביקורים. זוהי נקודה E באיור B.

4.9. שאלון עלות ההגעה

ברוכים הבאים לאזור ים המלח

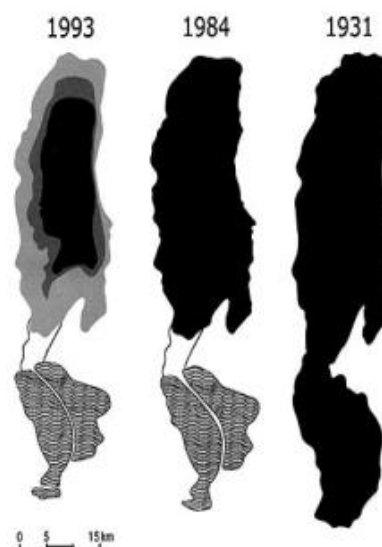
כחלק ממחקר שנעשה מטעם ממשלת ישראל אודה לך אם תוכל/י לענות על מספר שאלות על ביקורך באזור.

1. באיזה יישוב אתה מתגורר?
2. כמה שעות נסיעה ומה המרחק בקילומטרים מבינתך?
3. האם הגעת בתחבורה ציבורית או ברכב פרטי?
4. אם ברכב פרטי, כמה אנשים נסעו ברכב?
5. כמה בני 18 ויותר היו ברכב?
6. כמה בני פחות מ-18 היו ברכב?
7. באילו אתרים באזור ים המלח אתה מעוניין לבקר?
 חוף ים המלח..... נחל..... מעיין..... שמורת טבע.....
 אתר ארכיאולוגי..... מלון..... אחר.....

8. אנה דרג בין 1 ל-10 את האתרים שצינת, את מידת חשיבותם לביקורך. במידה ואתה מבקר באתר אחד – דרגו 10.
9. כמה זמן תשהה בסך הכול באזור?.....ימים.....שעות.
10. באיזו תדירות אתה מבקר באזור ים המלח?.....פעמים בשנה, כל.....שנים.
11. כמה זמן אתה שוהה באזור בדרך כלל?
12. כמה פרטים אישיים:
גיל: מתחת ל-18, 18-30, 31-65, מעל 66.
זכר/נקבה.
השכלה: יסודית, תיכונית, אקדמית.
הכנסה למשפחה ממוצעת בישראל היא כ-10,000 ש"ח. הכנסת משפחתך: הרבה מעל, מעל, מתחת הרבה מתחת להכנסה הממוצעת.

4.10. שאלון CVM

ברוכים הבאים לאזור ים המלח



התמונות לעיל ממחישות את ירידת המפלס וצמצום שטחו של ים המלח בשנים האחרונות, ואת התחזית לעתיד לגבי תהליכים אלה.

ים המלח הוא אזור בעל ייחוד עולמי המהווה מוקד משיכה תיירותי, בשל הנוף המרהיב, המספר הגדול של אתרים

ארכיאולוגיים והיסטוריים בסביבתו וסגולותיו הרפואיות. ים המלח הוא תחנה חשובה במסלול נדידת הציפורים הפוקדות את האזור פעמיים בשנה.

ישראל, ירדן והפלסטינים שואבים ממקורות המים המזינים את ים המלח. מים אלו, שבעבר זרמו לים המלח, משמשים כיום לצרכים ביתיים, תעשייתיים וחקלאיים. בנוסף, מפעלי המינרלים הישראליים והירדניים שואבים מים ישירות מים המלח. האגן הדרומי של ים המלח הופרד לגמרי מהאגן הצפוני והפך לבריכות אידי תעשייתיות. כתוצאה מכך, מפלס ים המלח יורד ביותר ממטר בשנה. המקום הנמוך בעולם נעשה נמוך עוד יותר.

לירידת המפלס והסטת המים השפעות על המערכות האקולוגיות באזור וקיים חשש ממשי לבתי הגידול והמגוון הביולוגי. נאות המדבר סביב ים המלח עלולים להשתנות באופן קיצוני, מיני הציפורים ובעלי החיים באזור עלולים לאבד את ביתם. גם הסביבה הפיסית והתשתית באזור עלולים להיפגע. למעשה, כבר כיום אנו עדים לפגיעה זו, הביטוי המשמעותי ביותר לכך הוא היווצרות בולענים (בורות גדולים) בשטחים נרחבים לאורך החוף, המסכנים את התשתית באזור: כבישים, בניינים, בתי מלון ובתי מגורים. תיירים ותושבים צפויים להיפגע מהתמוטטות כביש או מלון.

בניסיון לגבש תכנית להעלאת המפלס, עולים מספר רעיונות אלטרנטיביים. בין היתר נשקלת האפשרות להוביל מים מים סוף לים המלח. ההשלכות של הכנסת מי ים בהרכב שונה לים המלח אינן ידועות. הצעה נוספת היא להקצות יותר מים מהכינרת והירדן לטובת ים המלח ולאפשר זרימה טבעית של מים לים המלח, אולם בהתחשב במצוקת המים הנוכחית, עלולה להיפגע הקצאת המים לחקלאות.

ברור שעצירת ירידת מפלס ים המלח כרוכה בעלויות ישירות ואלטרנטיביות גבוהות. יחד עם זאת, גם ההמשך המצב הקיים יש מחיר שעיקרו אבדן בתי גידול ויצירת בולענים.

לשם הערכת התועלת מהעלאת המפלס ושמירת ערכו הטבעי, ההיסטורי והכלכלי של ים המלח, היינו מבקשים את התייחסותך לשאלה הבאה:

נניח שמוקמת קרן סביבתית סגורה אשר כל תקבוליה מופנים להצלת ים המלח באחת מהשיטות שהוזכרו קודם. קרן זו אמורה לפעול לאורך 10 השנים הבאות. הקרן לא תוכל לפעול ללא תרומות מספיקות מהציבור. מהו הסכום השנתי המרבי אשר היית מוכן/מוכנה לשלם עבור הקמת קרן כזו. אנה חשוב/י היטב על תשובתך במסגרת המגבלת של התקציב העומדת לרשותך:

אנה חשוב על התרומה המרבית אותה תהיה מוכן לתרום כל שנה:

- א. 50 ש"ח ב. 100 ש"ח ג. 150 ש"ח ד. 200 ש"ח
ה. יותר מ-200 ש"ח ו. פחות מ-50

הסיבות העיקריות שהביאו אותי לבחור בסכום זה (סמן/סמני אחת או יותר):

- זה הסכום שאני יכול להרשות לעצמי.
 חשוב שאתר כזה יישמר.
 הייתי רוצה לבקר שם בעתיד.
 ביקרתי בים המלח ובאתרים בסביבתו ומעוניין לשמרם.
 הייתי רוצה לשמור את ים המלח למען הדורות הבאים.
 חשוב שמגוון בעלי החיים והצמחים באזור ימשיכו להתקיים.
 חייבים להחזיר את המצב הטבעי לקדמותו.
 אחר _____.
אנו מודים לך על תשובתך הכנה.

עתה היינו רוצים לשאול אותך מספר שאלות אודותיך במטרה לעזור לנו להעריך את תשובתך:

חשוב לציין שכל השאלונים נשמרים בסודיות ואינם מועברים לשום גורם חיצוני כלשהו.

1. גיל _____
2. זכר/נקבה.
3. האם אתה גר ביישוב עירוני או כפרי _____.
4. האם הנך חבר בארגון ירוק/ סביבתי _____.
5. השכלה: א. יסודית. ב. תיכונית. ג. מקצועית. ד. אקדמית.
6. ארץ לידה: _____.
7. בישראל ההכנסה הממוצעת למשפחה היא 10,000 ש"ח ברוטו לחודש. האם הכנסתך:
א. מתחת לממוצע. ב. ממוצעת. ג. מעל הממוצע.
ד. הרבה מעל הממוצע.

תודה רבה.

ביבליוגרפיה

לפרק ההתיישבות

לוינסקי, א. ל., 1889. מסע לארץ-ישראל בשנת ת"ת, הוצאת כלל ברלין, תרפ"ב (1922).

לפרק התשתית הפיסית

במערכת הממוחשבת במרכז המידע הלאומי של המכון הגיאולוגי בירושלים מצויים אלפי פריטים הכוללים את מרבית הדברים שנכתבו על ים המלח ופורסמו במאמרים, ספרים, דוחות, מזכרים וכו'. כל הפריטים המתייחסים לתשתיות הפיסיות ולכל נושא אחר הקשור לעניין, בדרך זו או אחרת, וכן פריטים רבים אחרים מצויים במאגר המידע וניתן לעיין בהם.

לקבלת מידע יש לפנות למכון הגיאולוגי, טלפון 5314266-02.

לפרק האקולוגי

אורטל, ר., 1991. פאונת בתי-גידול של מים יבשתיים או נאות המדבר בחופו המערבי של ים המלח, 15/04/1991. רשות שמורות הטבע. אקר, ע., 1970. מעיינות א-תורבה ואל-ע'ויר בחופו המערבי של ים המלח. משרד הפיתוח, המכון הגיאולוגי, הידרו/70/5. בוסקילה, ע., 1984. ברירת בית הגידול, ובפרט מקום המחילה, בחרדון-הצב המצוי (*Uromastix aegyptius*) באזור חצבה. עבודה לתואר מוסמך, האוני' העברית בירושלים.

בורבין, א., 1963. מיפוי ואקולוגיה של חברות מלחת סדום. עבודת-גמר לתואר מוסמך. אוניברסיטה העברית בירושלים.

ביידא, א., וגוטמן, י., 1987. דוח מעקב הידרולוגי באזורים רגישים באקוויפר חברת יהודה לשנת 1986/7. תה"ל.

בלוך, ר., ליטמן, ה.צ., ואלעזריז-וולקני, ב., 1945. תופעות של לובן בים המלח. הטבע 1, מרחביה, מארס 1945.

בלכר, א., ובלכר, מ., 1999. חרדון-צב מצוי במניפת נחל חבר. נספח מקצועי 1: 21-24. רשות הטבע והגנים.

בן-טוביה, א., 1990. דוח סיור זואולוגי בעין-פשחה. 1 עמ'. מכתב לרשות שמורות הטבע.

ברלינר, ר., 1981. עינות קנה (עו"ר) וסמר (טוריבה): סיכום סקרים ראשוניים על טבע השמורות ודרישות למים לצורכי השמורות. שמירת טבע בישראל: מחקרים וסקרים, דוח מס' 4. רשות שמורות הטבע.

גורן, ה. ואיקן, א., 1985. סקר על אוכלוסיית הנמלה האורגת *Polyrhachis simplex* בשמורת עין-פשחה. עבודת-גמר, בי"ס בויאר.

גורן, מ., 19/04/03. דגי עינות-צוקים. 2 עמ'. אוניברסיטת תל-אביב.

גזית, א., הרשקוביץ, י., ובן-דוד, א., 2003. סקר חסרי-חוליות בשמורות עינות צוקים. דוח מסכום. המכון לחקר שמירת הטבע, אוניברסיטת תל-אביב.

דולב, י., 1996. סיכום שנתיים של דיגום צומח שמורת עינות-צוקים. דוח פנימי, רשות שמורות הטבע.

דולב, י., 1997. רשימות מיני הצומח בשמורות הטבע באי"ש. רשות שמורות הטבע.

- דולב, ע. ופרבולוצקי, א. (עורכים), 2002. הספר האדום – מינים בסכנת הכחדה בישראל: רשימת המינים בסיכון – חולייתנים. רשות הטבע והגנים והחברה להגנת הטבע.
- דותן, א., 1986. סקר חוף ים המלח. החברה להגנת הטבע, חברת ים התיכון ים המלח, רשות הגנים הלאומיים והמכון לחקר שמירת הטבע באוניברסיטת תל-אביב.
- דימנטמן, ח., שנור, ב., רבינוביץ, א., קשת, נ. ודרור, א., 1989. דוח מסכם מחקר מעיינות-סמר. עבור תה"ל ומפעלי ים המלח. רשות שמורות הטבע.
- דרור, א. ומזרחי, ר., 1989. תצפיות בציפורים בעיינות-צוקים 1988-1989. 6 עמ'. דוח פנימי, רשות שמורות הטבע.
- זהרי, מ., 1980. נופי הצומח של הארץ. עם עובד.
- טריסטראם, ה.ב., 1865. מסע בארץ-ישראל לחקר חיי הארץ וטבעה. יומן 1863-1864. תרגום: 1977. מוסד ביאליק.
- לוי, ר., 1986. סקר מצאי בחוף ים המלח, משפך נחל-ערוגות לשפך נחל-ישי. יוני 1986. רשות שמורות הטבע.
- לינץ, ו.פ., 1849. מסע מחקר אל הירדן וים המלח. תרגום: 1984. משרד הביטחון – ההוצאה לאור.
- מיכלסון, י., 1992. רישום צומח בשמורת עיינות-צוקים בחלקות מוגדרות להערכת יעילות רעיית חמורים בדיכוי קנה מצוי ובהעלאת מגוון הצומח בשמורה. מרכז מידע רמון ורשות שמורות הטבע.
- נאור, ה. וסימון, א., 1988. בדיקת האפשרות של הפקת מים מליחים ממעיינות-סמר שלחוף ים המלח. תה"ל.
- עופר, י., 1990. סקר האוכלוסייה של הנמלים האורגות בשמורת עיינות-צוקים. לא פורסם, 2 עמ'.
- עופר, י., 2000. נלך אל נמלה: מדריך נמלים בישראל – בטבע ובמשכנות-אדם. יובל עופר מוציאים לאור.
- פז, ע., 1973. עיינות-צוקים – הנמוכה בשמורות תבל. טבע וארץ ט"ו: 216-220.
- פרלמן, ג. ומזרחי, ר., 1988-1997. סיכומי טיבוע ותצפיות בציפורים בשמורת עיינות-צוקים. דוחות פנימיים שונים. רשות שמורות הטבע.
- רבינוביץ, א., 1988. סקר בוטני – ריכוז מידע על עיינות-סמר. דוח ביניים לתקופה 1.1.88-30.6.88. דוח פנימי, רשות שמורות הטבע.
- רבינוביץ, א., 1989. דוח מסכם, צומח עילאי במעיינות קנה וסמר. דוח פנימי, רשות שמורות הטבע.
- רבינוביץ, ז., 1943. סקירה גיאובוטנית על צומח המלחות בצפון של ים המלח. עבודת-גמר, האוניברסיטה העברית בירושלים.
- רוז, א., 1993. ספר ים המלח. רשות שמורות הטבע ומ"א תמר.
- רוז, א., 2002, 2003 ו-2004. דוחות-מעקב – התפתחות בולענים. המועצה האזורית תמר.
- רשות הטבע והגנים, 2003. מאגר מידע ממוחשב על בעלי-חיים וצמחים. מעודכן לאפריל 2003. חטיבת המדע.
- שטיבלמן, ו., 2002. סקר פרקציה סיימי באתר גשר נחל-ערוגות. המכון הגיאופיסי לישראל, 11/2001, מס' 834/148/01.
- Buchalo, A.S., Nevo, E., Wasser, S.P. and Volz, P.A., 2000. Newly discovered halophilic fungi in the Dead Sea (Israel). In: J. Seckbach (ed.), Journey to Diverse Microbial Worlds. pp.239-252. Kluwer Academic Pub., The Netherlands
- Dimentmam, C.h. and Por, F.D., 1991. The origin of the subterranean fauna of the Jordan-Dead Sea Rift Valley: new data. Stygologia 6 (3): 155-164
- Evans, M.I. (comp.), 1994. Important Bird Areas in the Middle East. Bird Life International.
- Goren, M. and Ortal, R., 1999. Biodiversity of the inland water fishes of Israel. Biological Conservation 89: 1-9.
- Hecht, A. and Ezer, T., 1984. Currents and waves in the Dead Sea. Isr. Oceanog. Limnol. Research L.T.D. Haifa report H/1118.
- Oren, A. and Shilo, M., 1982. Population dynamics of *Dunaliella parva* in the Dead Sea, Limnol. Oceanog. 27(2): 201-211.

- Oren, A., 1983a. Bacteriorhodopsin mediated CO₂ photo assimilation in the Dead Sea. *Limnol. Oceanog.* 28(1): 33-41.
- Oren, A., 1983b. *Halobacterium sodomense* sp. nov., a Dead Sea Halobacterium with an extremely high magnesium requirement, *Int. J. Systematic Bacteriol.* 33: 381-386
- Oren, A., 1983c. Population dynamics of Halobacteria in the Dead Sea water column. *Limnol. Oceanog.* 28(6): 1094-1103.
- Oren, A., 1985. The rise and decline of a bloom Halobacteria in the Dead Sea, *Limnol. Oceanog.* 30(4): 911-915.
- Oren, A., 1993. The Dead Sea alive again. *Experienta* 49: 518-522.
- Neev, D. and Emery, K.O., 1967. The Dead Sea depositional processes and environment of evaporates, *Geol. Surv. Isr., Bull.* 41.
- Por, F.D., Dimentman, C.h. and Frumkin, A., 2001. Israel. In: C.Juberthie, and V. Decu (Editors), *Encyclopedia Biospeologica*. Vol. 3. Soc.
- Biospeologie, Moulis (C.N.R.S.)- Bucarest (Acad. Roumaine), Imprimerie Fabbro, Saint-Girons, France. 4 pp.
- Wells, S.M., Pyle, R.M. and Collins, N.M., 1980. The IUCN Invertebrate Red Data Book. IUCN.

לפרק הכלכלי

נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

- Boyle, K.J. and Bishop, R.C., 1987. Valuing Wildlife in Benefit-Cost Analyses: A Case Study Endangered Species. *Water Resources Research.* 23(5): 943-950
- Carson, R.T., Flores N.E. and Mitchell, R.C., 1997. The Theory and Measurement of Passive Use Value, In I. Bateman and K. Willis, Eds. *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EC and Developing Countries*. New York: Oxford University Press.
- Carson, R.T., Mitchell, R.C., Conway, M.B. and Navrud, S., 1997. *Non-Moroccan Values for Rehabilitating the Fes Medina*. Washington: World Bank Report.
- Dinar, A., Seidl, P., Olem, H., Jordan, V., Duda, A. and Johnson, R., 1995. *Restoring and protecting the world's Lakes and Reservoirs*. World Bank.
- Dixon, J. and Sherman, R., 1990. *Economics of Protected Areas: A New Look at Benefits and Cost*. Washington: Island Press.
- Loomis, J.B., 1987. Balancing Public Trust Resources of Mono Lake and Los Angeles Water Right: An Economic Approach. *Water Resources Research* 23 (8): 1449-1456.
- Loomis, J.B., 1987. Expanding Contingent Value Sample Estimates to Aggregate Benefit Estimates: Current Practices and Proposed Solutions. *Land Economics* 63 (4):396-402.
- Mathieu, L.F., Langford, I.H., Keyon, W., 2003. Valuing Marine Parks in a Development Country a Case Study of the Seychelles. *Environment and Development Economic* 8: 373-390, Cambridge University Press.
- Navrud, S., Pedersen, P.E. and Strand, J., 1995. Valuing our Cultural Heritage: A Contingent Valuation Study of the Nidaros Cathedral. *Landbruksoekonomisk Forum*, 2-95, pp. 53-65.

Walsh, R.G., Loomis, J.B. and Gilman, R.A.,1984. Valuing Option Existence and Bequest Demands for Wilderness. *Land Economics*. 60 (1): 14-29.

U.S. E.P.A, 2002. A Framework for the Economic Assessment of Ecological Benefit.

U.S. E.P.A 2000. OAQPS Economic Analysis Resource Document.