

מסמך מדיניות

אגן ים המלח

הערכת מצב ומשמעויות לעתיד
בתנאים של המשך ירידת מפלס הים

מוגש לממשלת ישראל

ירושלים

תשס"ו, 2006

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 יחיאלי

ד"ר מאיר אבלסון

ד"ר גידי בר

ד"ר עזרא זילברמן

ד"ר עמוס סולומון

ד"ר עודד כץ

אקולוגיה וסביבה

אלי רז

– גיאולוגיה וייעוץ סביבתי, קיבוץ עין-גדי

ד"ר רון פרומקין

– ייעוץ אקולוגי וסביבתי

תכנון

מוטי קפלן

– תכנון מתאר וסביבה

נרית ויטמן

– מוטי קפלן, תכנון מתאר וסביבה

כלכלה

רן 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

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-לטרואלי), 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, ידעכו בהדרגה רק כאשר יתקרב מפלס הים לרומ 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 להתוויות מדיניות להתנהלות ופיתוח, התואמות את התנאים המשתנים ומכוונות לאפשר המשך הפעילות ומיצוי הפוטנציאל הגלום באזור.

מסמך זה מציג ראייה רבת-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 מחדשת, התואמת את התנאים המשתנים והשלכותיהם.

מטרתו של מסמך מדיניות זה, ליצור מסד נתונים אמין ומקיף של מכלול התופעות והשינויים המרחשים 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.

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

מסגרת העבודה

היחמה 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

א | ממצאים, משמעויות וקווים למדיניות

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 ובירדן. מאגן ים המלח נגרעים מדי שנה יותר ממיליארד מטרים מעוקבים של מים שפירים, שזרמו בעבר לים המלח. פעילות המפעלים בבריכות האידוי 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 האידוי יקטן ויבד בבד תחול גם התמתנות בקצב ירידת המפלס.

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 וזרמי בוץ;

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

◆ ערעור יציבותם של מקווי-מים טבעיים, דוגמת עינות צוקים, קנה וסמר, והפגיעה באתרים ייחודיים אלה.

◆ אבדן מי-תהום 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

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.

- (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 ולכשלי-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 האתראי לתשתית פיסית כלשהי באזור ים המלח (המועצות האזוריות, מע"צ, חברת החשמל וכו'), יבחן בהקדם ובאופן מדקדק 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 למינעם.
 - 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 בדינאמיות 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 ויעדכו 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 יישכו בכל מקרה לפחות במהלך 30-40 השנים הקרובות. עם זאת, יש להיערך גם לטווח

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 ובירדן 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 אידוי באגן הדרומי ותורמים יחדיו כ-35% מסך גירעון המים הנוכחי. תהליכי האידוי וירידת המפלס צפויים להימשך שנים רבות, אולם עקב העלייה הדרגתית במליחות הים, יואט קצב האידוי 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 תהליכים אלה מחייב התערבות אנושית נוספת בממדים נרחבים, שתהיה לה השלכה על אזור ים המלח וסביבתו. החשש שמא מהלכים אלה עלולים

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. בניתוח 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 ויושמו 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 ומינהלי-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.

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 במימנם 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.

לעין־גדי, וכך יצאה עין־גדי מבידודה בקרן־זווית של קו הגבול והתיירות הפכה למרכיב חשוב בכלכלתה. היאחזויות נחל נוספות קמו 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 לציר הביטחון השוטף. ב־1981 הוקמה המועצה האזורית "מגילות ים המלח".

ההתיישבות החדשה בצפון ים המלח מבוססת על היתרונות החקלאיים של האזור, שפע של מי־תהום 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 תרמורמינרליים, שירותי־חוף 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 והר־עמשא; 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.

החכורים משכניהם, והגידול המוביל כיום הוא הפלפל. יש גם ניצני התפתחות של חקלאות תירורתית, חדרי-אירוח וזמנות 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. נוסו גידולים נוספים, בהם מנגו ופומלו שנראו מבטיחים, אך בסופו של דבר הם נעקרו והגידול העיקרי נותר התמר. ב-1960 נוסד ענף אירוח צנוע. סלילת כביש עין-פשחה – ירושלים שיפרה את הקשר עם מרכז הארץ דרך ירושלים, ובמקביל עבר מרכז הכובד לעיסוק באירוח ותירות על חשבון החקלאות המצטמצמת. הוקם בית-הארחה שהתרחב עם הזמן ל-150 חדרים והוקמו מרחצאות תרמו-מינרליים, שאף הם הורחבו עם הזמן בהשקעות גדולות.

רגישותה של התיירות למצב הביטחוני באה לידי ביטוי בשנות האינתיפאדה ונוספה לכך תופעת הבולענים שפגעה פגיעה חמורה בתיירות 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 ובתיירות 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 זינם ניתנים לשינוי והם יוצרים מגבלה להתפתחות המפעל. קיימת גם התנגדות עקרונית של גופים ירוקים לעצם הרעיון.

תפלות המחזור העסקי של עין-גדי ב-2003: תעשייה (בעיקר יום מינרליים) – 53%; תירות – 26%; עבודת חוץ – 9%; זכרים (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-חיוץ 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 ובביה"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 ומעיבים 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 סוציו-אקונומיות ומזה 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. סיכוויי 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, דגי-נוי לייצוא, כרמים, תמרים

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; מזנון 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-דור; 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 שקיים הקשר בין יישובי האזור לבין המרכז ירושלב 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 חייך 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. אימימוש 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 פיתוח ברור באטרקטיביות של המקום, ונגרמו הוצאות בלתי-

שירותים ביישוב: מעון לגיל הרך, מרכולית, 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-דור; בשלב א' ייבנו 35 יחידות על מגרשים של חצי דונם; פרוייקט 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 ותרנגולי-הודו; תיירות: מוזיאון "בית הסופר", בית-הארוחה ובו 81 חדרים, שותפות בפארק המים "אטרקציה", אורחן ותחנת דלק בצומת אלמוג; בשכונה קהילתית 180 יחידות דור 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 כ-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.

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 לבולענים, 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 משאבי 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 ההוויה 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.

מגוונות, הכוללות סקרי-שטח, קידוחים ושיטות גיאופיזיות, כגון רפלקציה ורפרקציה סיסמית, כבידה ומגנטיות. מתברר כי בתוך האגן מצויים משקעים משני סוגים עיקריים: הסוג האחד מקורו יבשתי והוא כולל משקעי קונגלומרט, 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 בשלבי 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 נתרבו באגן משקעים יבשתיים. לאחר מכן, בתקופה של 4-6 מיליון שנה לפני זמננו, נתרבו מלחימי בעובי 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-מינראליים שמקורם בים המלח.

3.2. פעילות סיסמית ורעידות אדמה

עידות אדמה, בעצמות שונות, מלוות את אגן ים המלח כחלק לתינופרד 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, בתיעוד היסטורי וברישום מכשירני 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, עבורן קיים רישום מכשירי מפורט, מראה כי הן משקפות את תנועת הגזירה השמאלית על-גבי הטראנספורם ואת תנועת המתיחה במערכות ההעתקים בשולי האגן ובתוכו. מאידך-גיסא, כמות האנרגיה שהשתחררה ברעידות המודרניות וההיסטוריות, פחותה מהצפוי ואינה תואמת להיתכנות החזויה על-פי קצב תנועת הלוחות. סיבת האי-התאמה 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 ובצפונה 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.

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

4.1. תיאור האגם

ים המלח הוא המקום הנמוך ביותר על-פני כדור הארץ. למים המתנקזים אליו אין מוצא טבעי אלא באידוי, ועליכן 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.

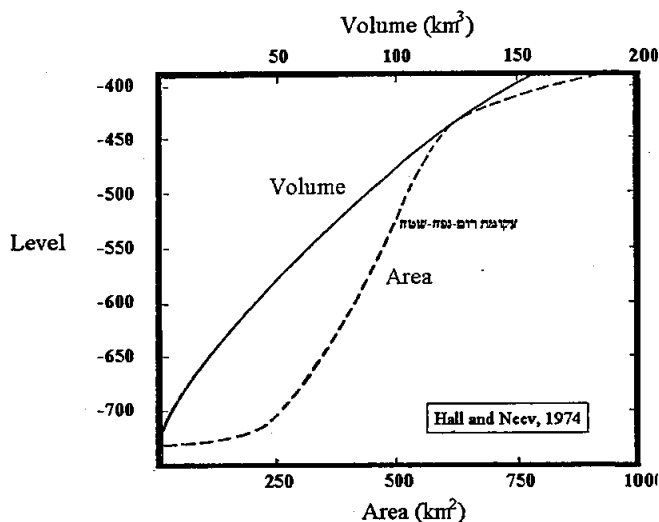
לים המלח שני אגנים – צפוני עמוק ודרומי רדוד – המופרדים על-ידי סף, בגובה של כ-400 מטר, המצוי באזור "מיצר לינץ". עד שנת 1976 היו שני האגנים מחוברים, אולם עם ירידת מפלס

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 וקיומו 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 ממיים רגילים והרכבם הכימי מיוחד. תמלחת ים המלח התפתחה ממיים אשר חדרו לבקע ים המלח לפני כמה מיליוני שנים דרך לשון-ים 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 התרדדו, 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 קלציט. 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 קרבונטיים (קלציט וארגוניט CaCO_3).



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 Neev, 1974, המכון הגיאולוגי)

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 האגן, 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 המשלימים 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.

נתוצאה ממאזן המים השלילי בים המלח, עולה מליחות המים והיא צפויה להמשיך ולעלות גם בשנים הבאות. עלייה זו מלווה בהתגבשות והתרבות הליט (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.

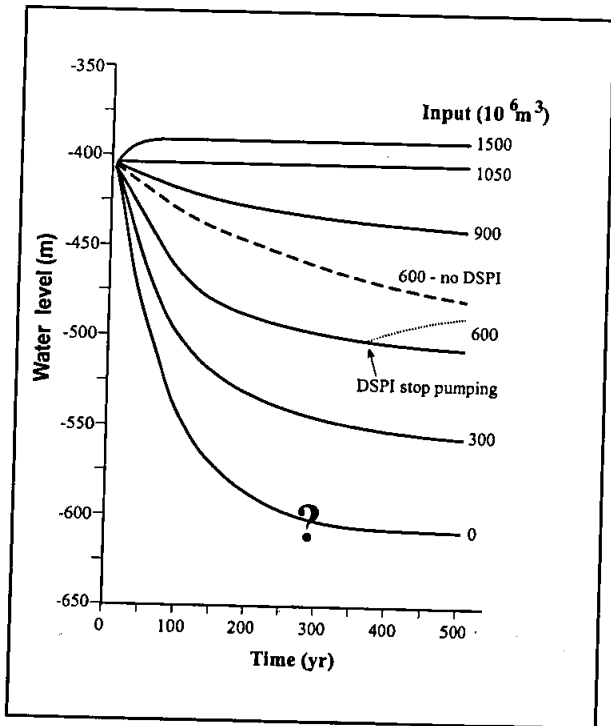
בעקבות הקטנת הזרימות אל ים המלח והירידה באספקת סולפאט וביקרבוונאט, כמות הגבס והארגוניט המתגבשת בים קטנה בהרבה מבעבר. לפיכך, אירועי ההלבנות של פני הים שנצפו באגם אחת למספר שנים ונמשכו מספר שעות עד ימים, אינם מתרחשים עוד כיום. אירועים אלה הוסברו בגיבוש ספונטאני של הארגוניט והגבס על פני המים והסתיימו עם 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 כינוי "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 זתפרצות אוכלוסיית האצות צבע ירוק לים. פריחת החיידקים שבאה בעקבות פריחת האצות, צבעה את הים באדום-סגול. אולם מצבו הנוכחי של הים, שואפת ספירת האצות בים המלח לאפס רמת החיידקים נמוכה ביותר. האוכלוסיות הללו מתקיימות על זף גבול הסיבולת וריכוזן במים הוא על גבול יכולת המעקב או ותחתיו. ראוי לציין כי מערכת אקולוגית ייחודית זו של ים המלח, בודדת ומנותקת מהמערכות האקולוגיות הסובבות את הים ולכן שינויים המתקיימים בה אינם משפיעים על מערכות אחרות.

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 ליעיבות 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 המישים 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
מי-תהום 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 מפתיחה 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.

כמעט לחלוטין, עם שיפוע קל לצפון. מאז התייבשות האגן הדרומי, מתחת 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 וזיהוי 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 אזורים-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 לנזק לתשתיות-כבישים כתוצאה מהתחרות נחלים, סווגו לשלוש קטגוריות על-פי רמת האנרגיה של הנחלים ועצמת ההתחרות הצפויה. הסיווג מבוסס על ניתוח אנליטי (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 ההעתקים לחוף ים המלח. שיפועים בשיעור של 17% - 22% צפויים להיחשף בתוך 25-50 השנים הקרובות. בקטעים של כביש 90 הנמצאים מצד אחד בסמוך למצוק ההעתקים (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.

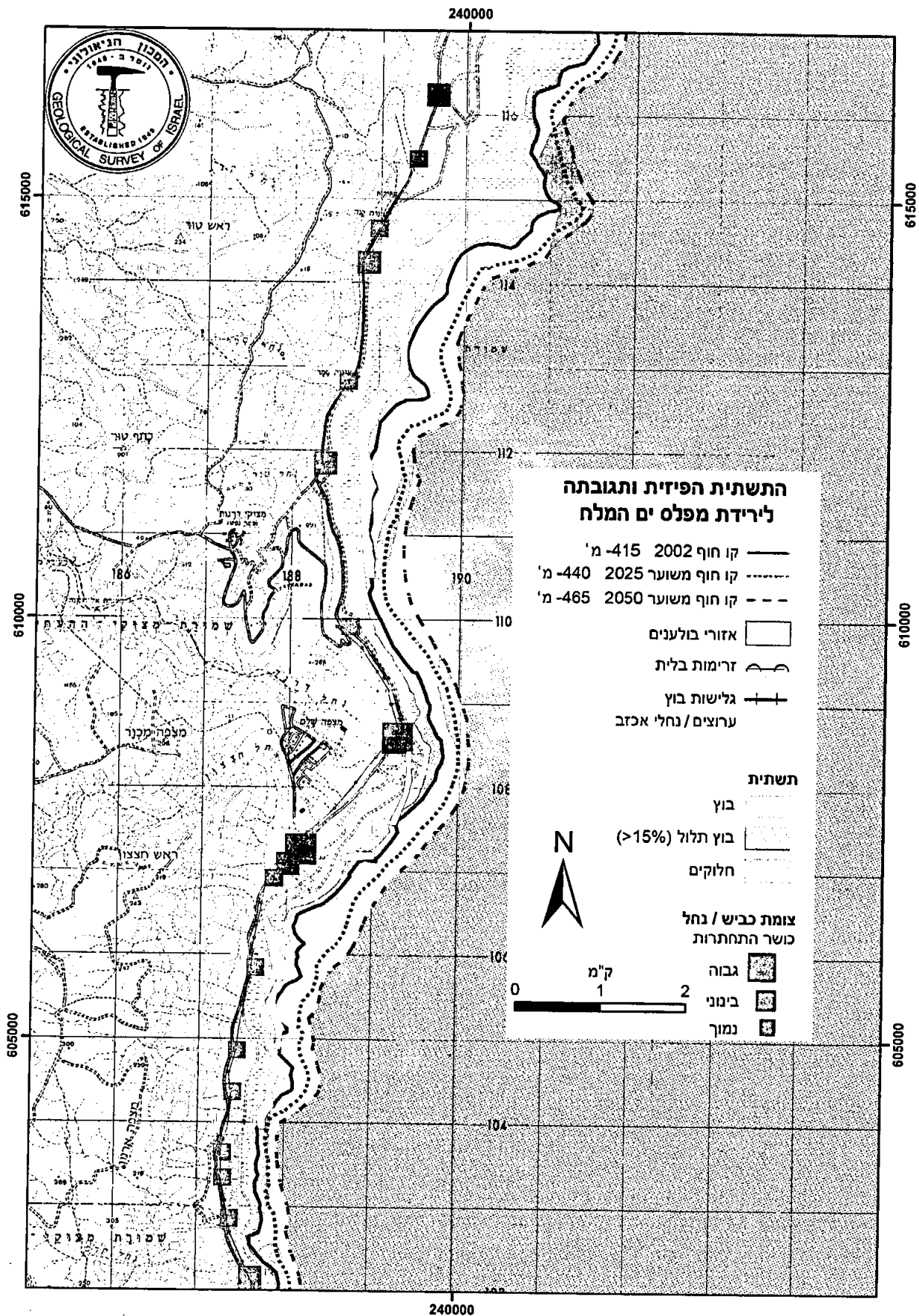


איור 5.1: מדרגות חופיות שנוצרו כתוצאה מירידת המפלס (המקור: אבני וחוברין, המכון הגיאולוגי, GSI/18/2004)

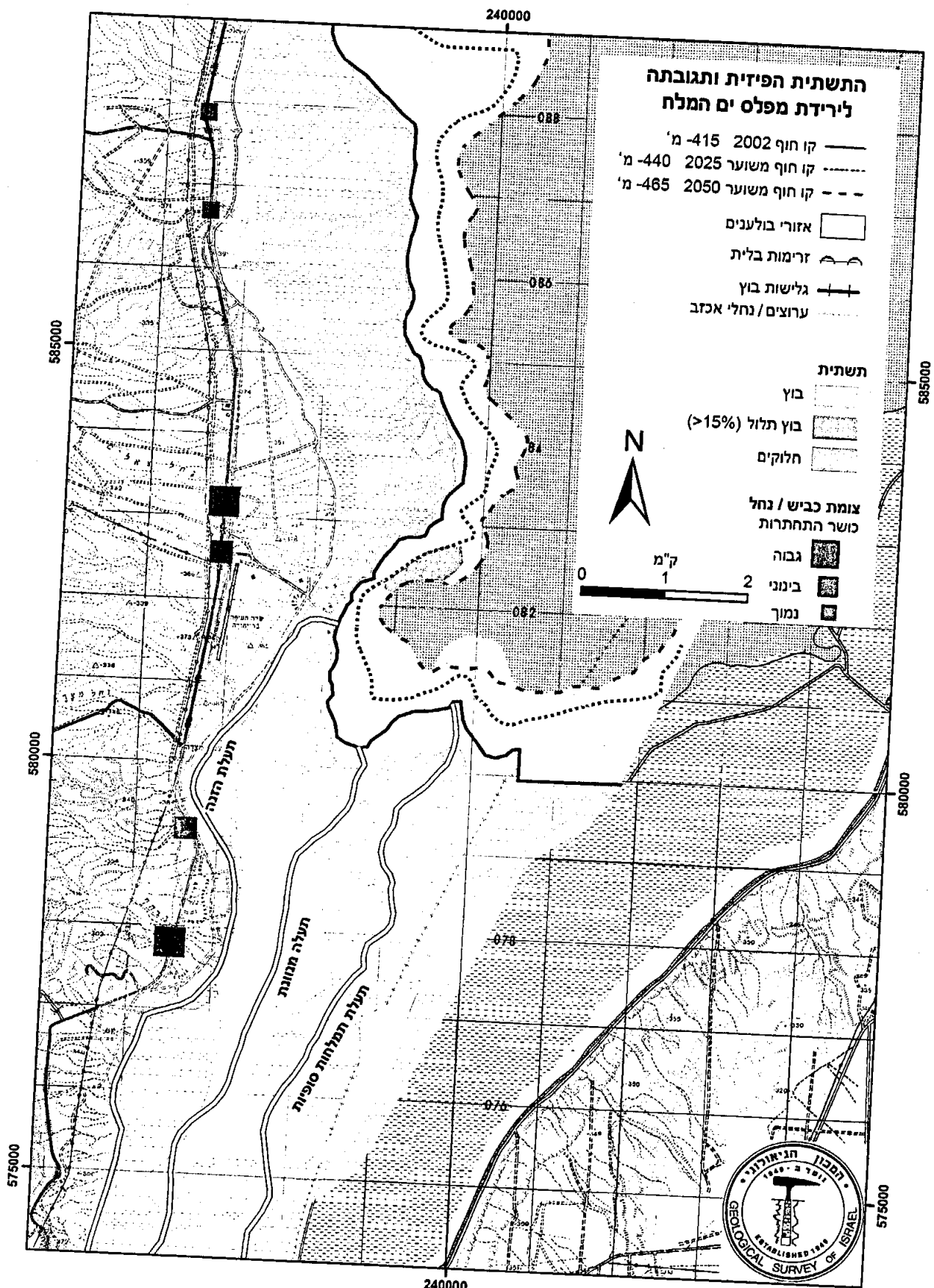
אתרי-נביעות: אתרי-נביעות פזורים לאורך חופי ים המלח, בעיקר באזורים בהם קו החוף סמוך למצוק ההעתקים. עינות-צוקים, קנה וסמור, הם אתרי הנביעות העיקריים, אך ייתכן שעקב המשך נסיגת קו החוף ייחשפו אזורים-נביעות נוספים. אתרי הנביעות הנמצאים בין קומראן למצפה-שלם, נחשפו לרגלי מצוק ההעתקים עקב ירידת המפלס, אך מאחר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

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 התתימית של הירדן, שנוצרה כאשר מפלס האגם היה גבוה. עם ירידת המפלס בשנים האחרונות, זולכת ונחשפת המניפה התתימית והירדן מתחתר בה תוך יצירת גרוץ צר ועמוק.

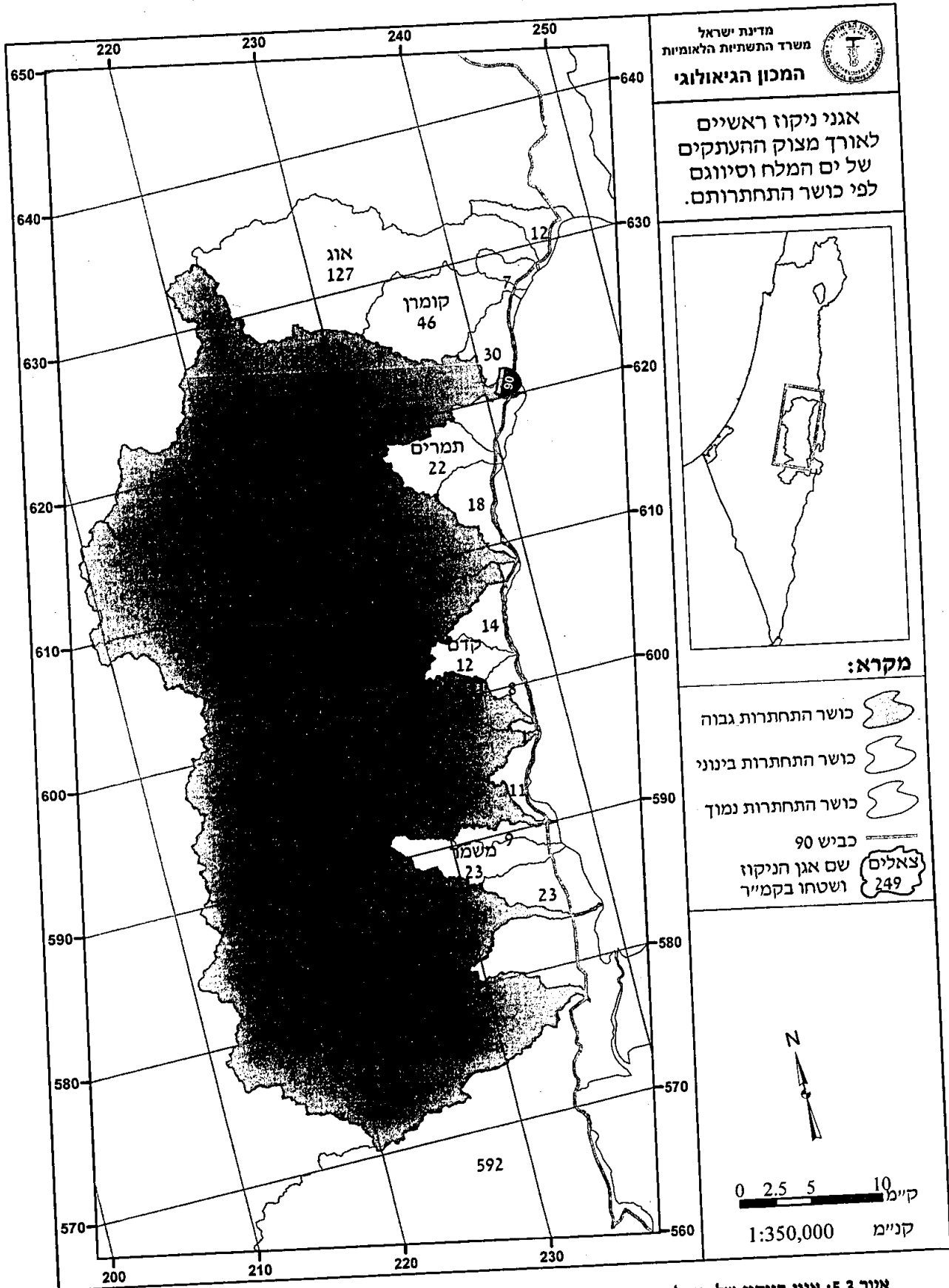
יוצר-ליניץ': אזור מיצר-ליניץ' משתרע בין האגן הצפוני של ים זמלח לבין האגן הדרומי, בו מרוכזות בריכות האידוי. המיצר ותייחס למעבר הצר שהיה בעבר בין חצי האי המכונה הלשון ליסאן (במזרח, לבין מצוק-העתקים במערב. רוחב המיצר הוא 5-10 ק"מ ואורכו כיום 9-10 ק"מ. המורפולוגיה של המיצר שטוחה



איור 3.5.2: מיפוי התשתית הפיזית ותגובתה לירידת המפלס (המקור: אבני וחובריו, GSI/18/2004, המכון הגיאולוגי)



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



ולתת להן ביטוי כמותי מקורב. יש לזכור שמיקום קווי החוף וחישוב השיפועים 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, המתפזרות 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 התתימי התלול שראשו כבר חשוף, ולסכן את מתקני החוף ואתרי הנופש והרחצה המרוכזים בקטע זה.

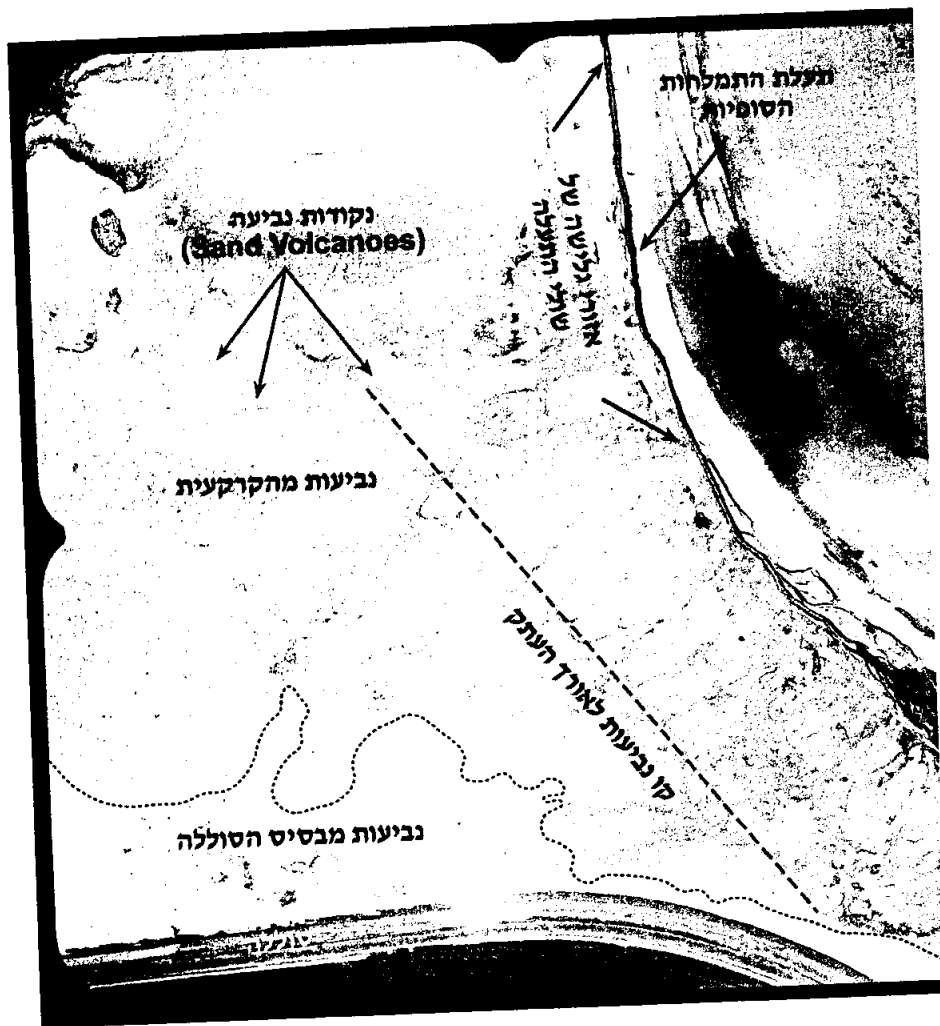
מעיינות-צוקים לעינות-קנה: קטע זה, שאורכו כ-10 ק"מ, כולל את עינות-צוקים, את מניפת נחל קדרון ואת החופים שבין מניפת נחל קדרון ומקבץ המעיינות של עינות-קנה. בקרבת מצוק ההעתקים בנויה התשתית מחלוקים ועשירה במפולות-אבן והיא הופכת חרסיתית באזורים הנחשפים כלפי מזרח. רצועת החוף באזור עינות-צוקים מבוטרת על-ידי עשרות פלגים-מים הפורצים בקו המעיינות ומתנקזים אל הים הנסוג, תוך כדי יצירת ערוצים עמוקים בתשתית החרסיתית. מגמה זו, ביחד עם שינויים במיקום, בהרכב ובספיקת המעיינות שתמשך 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 מיישפכים. במורד הכביש התפתח מפל בגובה 3 מ' (מארס 2004) והוא מאיים כבר עכשיו על התשתית עליה נבנה גשר אירי מבוטן הצפוי להינזק 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 מדרוגים שכאלה, מלווים את קו החוף דרומה לכיוון עינות-קנה. רוחב רצועת החוף שנחשפה באזור זה מאז אמצע המאה שעברה, מגיע לכדי 1.5 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 המעיינות של עינות-קנה ועינות-סמר. באזור זה עתיד להמשיך ולהיחשף מדף רדוד שתשתיתו חרסיתית, עד לחשיפת המתלול התתימי 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 המעיינות, מוגבלים בשטחם. עם זאת, כאשר ייחשף במהלך השנים הקרובות ראש המתלול התתימי, צפויה האצה בהתחזרות האפיקים, העשויים לפגוע בכביש 90 ובתשתיות הנלוות לאורכו. גם כאן צפוי שינוי במיקום, בהרכב ובספיקת המעיינות 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

תעלת התמלחות הסופית/אפיק נחל ערבה: התעלה מנקזת אליה תמיסות שנותרו לאחר שקיעת המלחים בבריכות האידוי וכן דליפות מבסיס הסוללה הישראלית והירדנית ומהאזור המוצף המשתרע מצפון לבריכה. עקב כמות המים הרבה המתנקזת דרך התעלה, עוקבת התחתרותה אחרי ירידת מפלס הים באופן רציף. ההתחתרות נודדת במעלה האפיק דרומה וראשה מתקרב כבר היום אל המסדרון שבין הסוללה הישראלית לירדנית, שלאורכו זורמות כיום התמלחות הסופיות כמעט ללא התחתרות. בקטע בו חוצה התעלה את האזור המוצף, מתפתחות גלישות לאורך שולי התעלה. המשך הירידה במפלס והמשך ההתחתרות, ייצרו תעלה עמוקה לאורך המסדרון שבין הבריכות הישראלית והירדנית ויפגעו ביציבות הסללות 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-נגיש. באזור זה יש מספר רב של קונוסים רדודים שבמרכזם 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 מיתוהום ממערב ומדרום-מערב, המתנקזים אל האגן הצפוני. באזור זה קיימת גם התפתחות בולענים מואצת המיוחסת לפעילותם של מיתוהום אלה. צפוי כי התהליכים המתרחשים כיום בקטע זה ילכו ויגברו עם המשך ירידת המפלס באגן הצפוני מחד-גיסיא והרמת מפלס הבריכה מאידך-גיסיא.



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

5.3. מי התהום, הנביעות החופיות והשינויים החזויים בהם

5.3.1. מערכת מי התהום

מי התהום בקרבת 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 – הפנ הביני (interface) – נטוי מקו החוף מטה, כלפי היבשה. השינויים במפלס ים המלח מערערים שיווי-משקל זה ומשפיעים באופן ברור על מפלסי מי התהום, על הפנ 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 להתחזרות-לאחור המוכרת בערוצי הנחלים. הירידה המהירה והמתמשכת במפלס הים אינה מאפשרת למערכת מי התהום להתאיב, 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 בקרבת החוף ומורכב ברובו מתערובת של מי הים ומי התהום שהרוז 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, מוכות בשיעור של 40%-100%. חשוב לציין כי במקומות רבים נפויה ירידת מפלס מי התהום להתמתן ביחד עם ירידת מפלס ים, ואף להיפסק לחלוטין עם המשך ירידת הים ונסיגתו מזרחה. את כתוצאה מניתוק הרצף האקוויפרי עם הים הנסוג. ניתוק זה פוי 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

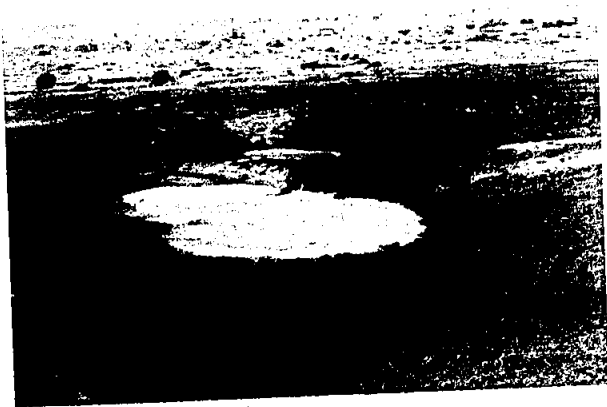
מבחינה כמותית, מערכת מי התהום העיקרית בצד הישראלי של ים המלח היא בחבורת-יהודה, וניקוז הטבעי המקורי הוא בעיקר בעינות-צוקים, קנה וסמר. מערכת זו מנוצלת במידה הולכת וגוברת במעלה הזרימה. כבר היום קיים קושי להפיק מים בגב ההר המזרחי ובשוליו, בין השאר מפאת עומק המפלסים מפני הקרקע וירידתם בגין ההפקה המקומית.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

עינות-צוקים (עין-פשחה) 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-70°65' 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 מגנ"ל), דבר המוסבר בנדידת הפנ הביני מזרחה ואילוצן מי התהום המתוקים לשטוף אזורים שהיו ספוגים בעבר במי ים המלח. החשש



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



איור 5.9: שקיעות קרקע המלוות את התפתחות הבולענים (המקור: אבני וחוברין, 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 הגידונות 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

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.

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 מקיודחים 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.

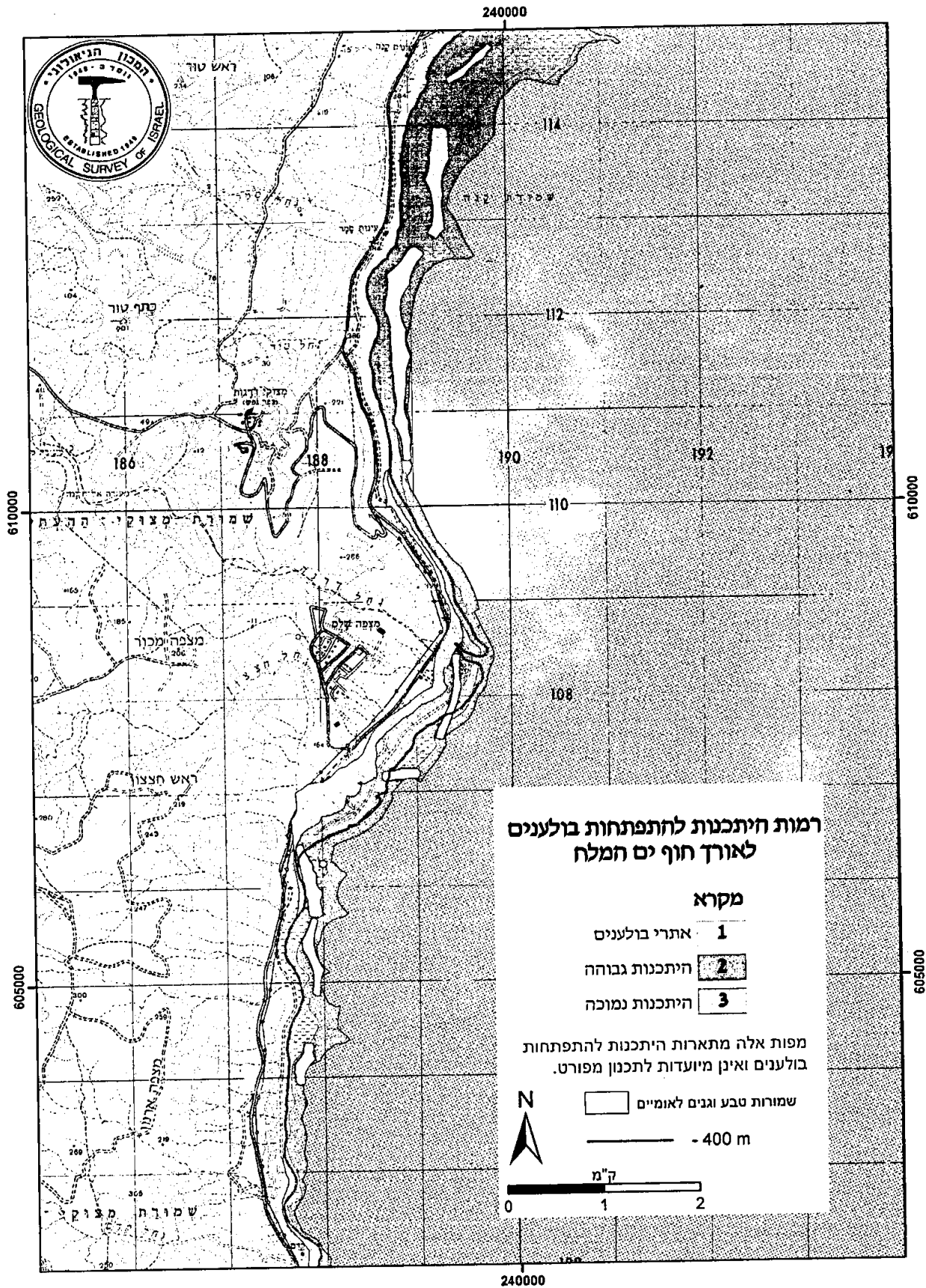
אזור היתכנות 3: אזור בו לא ניתן לשלול קיומם של המרכיבים הקשורים להתפתחות בולענים ובעיקר את האפשרות להימצאותה של שכבת מלח בתת הקרקע וקרבה מיידית לגבול שכבת המלח. תחום זה מסומן במפת ההיתכנות בצבע ירוק.

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

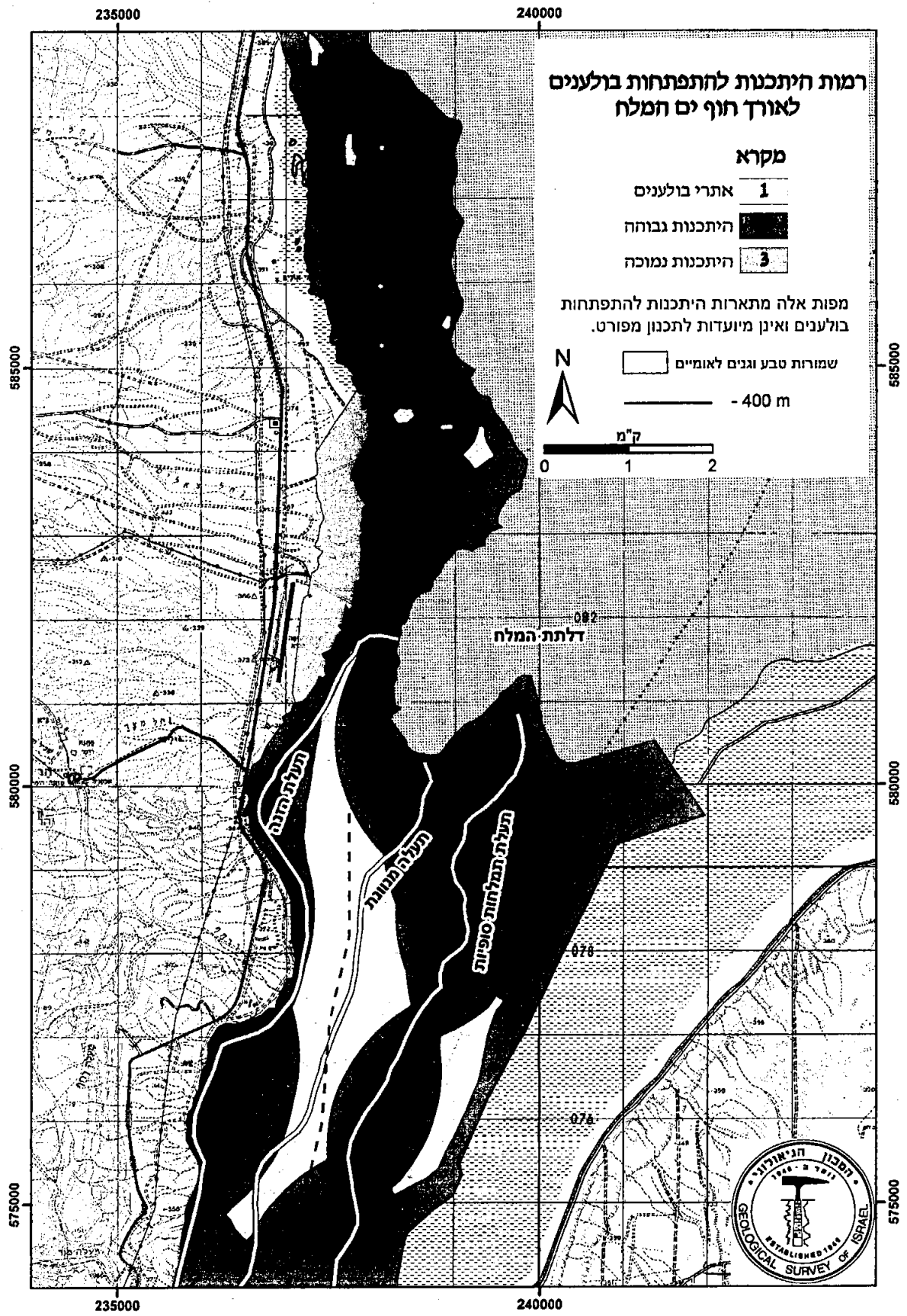
1. קו גובה 400-: קו זה (לפי רובד ה-DEM של המרכז למיפוי ישראל) מייצג בקירוב את הגבול המערבי של אזורי ההיתכנות לבולענים ואת הגבול המזרחי המותר לפיתוח לפי התקנות הקיימות (העומד על 390.5- מטר).

תחום שמורות הטבע: שמורות הטבע באזור (מסומנות בצהוב-כתום) כוללות את רוב שטח מצוק ההעתקים וכן אתרים בחוף ים המלח ובעיקר נאות-חוף.

תחום לבן: אזור הנתחם במזרח בגבול אזורי ההיתכנות להתפתחות בולענים ובמערב בגבול שמורות הטבע. כפי שמוצג



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: אבסון וחובריו, 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: אבלסון וחוברין, המכון הגיאולוגי, GSI/13/2004)

6.1. בריכות האידוי כגורם מרכזי באגן

6.1.1. נפחי שאיבה ותפעול המערכת

באגן הדרומי של ים המלח נמצאות בריכות האידוי 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 האידוי 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 האידוי של מי ים המלח שוקע תחילה מלח ביסול (הליט) ורק במליחיות גבוהות יותר מתחיל לשקוע הקרנליט (אגב המשך שקיעת ההליט). המפעלים הכימיים עושים לפיכך הפרדה בין בריכות המלח, בהן שוקע ומצטבר מלח ביסול, שאינו "נקצר", לבין בריכות הקרנליט, שאותו "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 הטורקלין" 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 הנגדרים אחריהן. הקרנליט שנקצר משמש גם את מפעל המגנזיום, ואילו התמלחות מהבריכות משמשות גם

את מפעלי הברום ומפעל פריקלס. התמלחות המרוכות ביותר מבריכת האידוי 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 האידוי. 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 האידוי גבוה. בחודשי החורף, כאשר האידוי נמוך, אין כמעט שאיבה של מי ים המלח או שחרור של תמלחות סופיות. בתהליך האידוי 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 עליהם בחזרה לים המלח קטנים בהתאם. בסך הכול מסתכם האידוי בבריכות האידוי של המפעלים הכימיים הישראליים והירדניים בכ-250 מלמ"ק לשנה. בטוחו הנוכחי של ים המלח שקול אובדן נפח זה לירידת מפלס של 35-40 ס"מ.

6.1.1.2. יחסי הגומלין שבין תפעול הבריכות למלונות החוף

מלונות ים המלח נבנו לחופה של בריכה מס' 5. הבריכה נועדה כאמור לשקע הליט (מלח ביסול) שהוא תוצר-לוואי בלתי-רצוי הנוצר בתהליך האידוי. 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-נון (ראו פרק 6.1.3),

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, המתנקזת 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.



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



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



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



איור 7.3 ג: הופעה מחדשת של לגונות בעקבות חורף 1991-2 (המקור: רו, 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 בים 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 בים 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 בשנים (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 לזרום 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

צוקים על-ידי פרופ' אביטל גזית וצוותו, נמצאו 28 טקסונים של חסרי-חוליות (נספח ב3). 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 (*Poliracuis simplex*) – חרק שמקורו באסיה הטרופית (איור 7.4). היא מצויה גם במעיינות מזרח הנגב והערבה ובמעיינות מדברי-יהודה וחוף ים המלח, אך הריכוז הגדול ביותר



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

החוף של ים המלח: עינות-צוקים (עין-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 ותת-ימיות רדודות; עינות-קנה (ע'וויר) – בין קווי הרוחב 613350-615180 ועינות-סמר (תוריבה) – בין קווי הרוחב 610000-613000 – וספיקתם נאמדת בכ-15-20 מלמ"ק.

7.2.1. הצמחייה

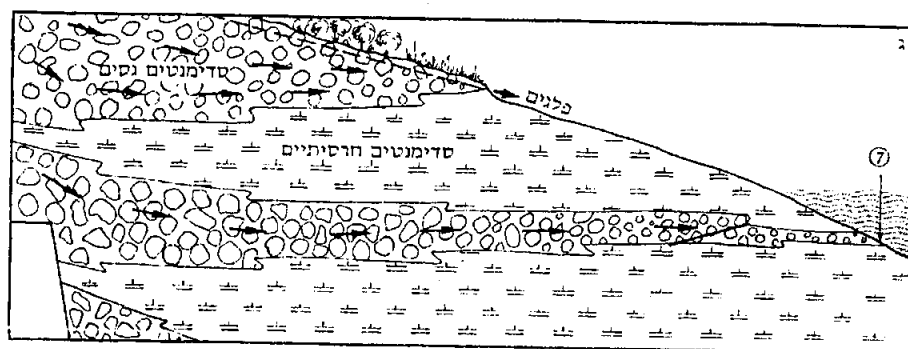
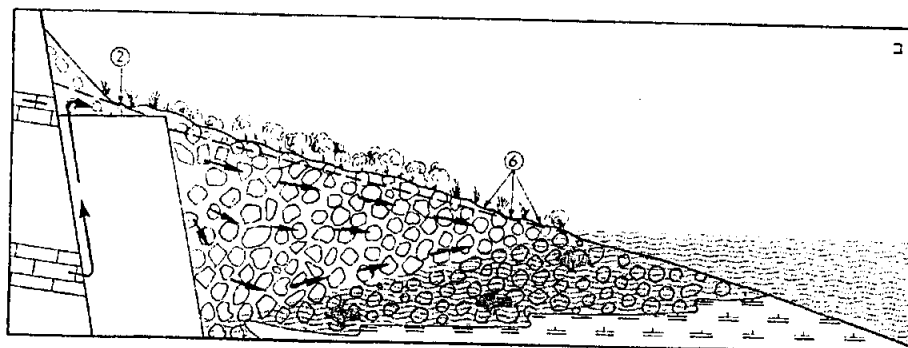
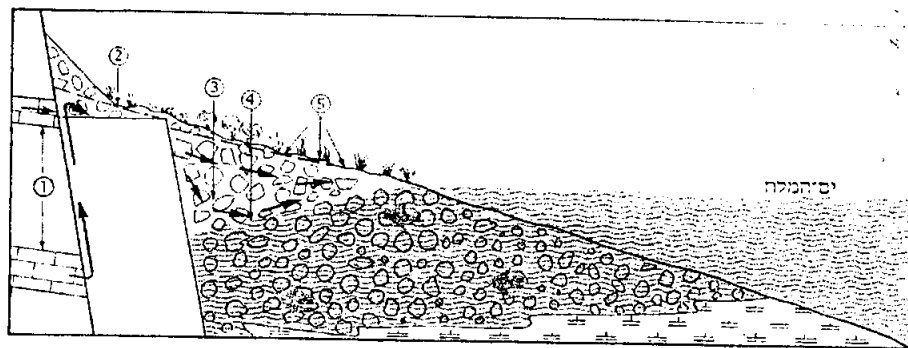
בתחום השמורות של מעיינות החוף עינות-צוקים, עינות-קנה ועינות-סמר, תועדו 162 מיני צמחים (מתוך נתוני רט"ג, 2003; ברלינו, 1981; רבינוביץ, 1988, 1989; דולב, 1996, 1997; זהרי, 1980; מיכלסון, 1992). בחלוקה לפי שמורה, תועדו 94 מיני צמחים בעינות-צוקים ו-130 מיני צמחים בעינות-סמר וקנה. בסך הכול תועדו במעיינות החוף כ-50 צמחים של בתי-גידול לחים (נספח א3).

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, מיתתהום 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, אוכם חד-ביתי, עדעד הביצות, עליעב חלוד, מכבד הביצות, פספולון דרסורי, סיסנית הביצות, סוף רחבי-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

זברת חסרי החוליות האקוטיים החיה סביב ים המלח נבחרה דוגמה לאחת מתוך אחת-עשרה חברות בעולם המצויות בסכנת כחדה (The IUCN Invertebrate Red Data Book, Wells et al., 1981). תחום המליחות הרחב במעיינות החוף מתבטא מגוון מינים גדול, ומרבית הטקסונים הנפוצים של חסרי-חוליות וקוטיים בארץ מיוצגים כאן. בסקר שנערך בנובמבר 2002 בעינות-



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



איור 7.8: "קניוני בוך" בעינות צוקים (צילום: אלי רו ורון פרומקין)

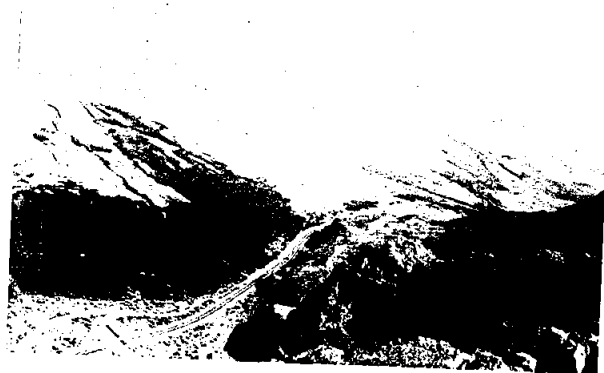
התרחבות נאות החוף שמלווה את ירידת המפלס היא מרשימה, וכנראה גם חיובית מבחינת המערכת הטבעית שלהם והתמיכה במערכות השכנות ובעופות החורפים והנוודים, ושרידי החיגור הקלאסי עדיין ניכרים בהם. ואולם, השינויים במשטרי הזרימה העילית והתת-קרקעית משפיעים על שינויים בפיזור הצומח של נאות החוף ועל הרכבו. בשל התייבשות מקורות ששפיעו 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

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

המינים האנדמיים של חסרי התוליות 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 לאי-רציפות 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 כפלגים הזורמים לכיוון דרום-מזרח. הצומח מתפשט עם הפלגים ובתוכם ומגיע עד לקרבה ניכרת לחוף הנוכחי, שהתרחק כ-850 מ' מקו המשאבה (איור 7.12).

כיוון הזרימה של הפלגים על-פני מישור הבוץ והתפשטות הצומח לאורכם, אינם מושפעים מכיוון הזרימה בתת-קרקע אלא מפני השטח בלבד. הגורם הראשי הקובע את דגם הניקוז על-פני מישור 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 הגורת 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, ראויה 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

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 'דיפוז' 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, שנותרו 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 והאיזומים 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 בדיעה 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.

צומח סביב הבולענים ולא לאורך הפלגים המתנקזים אליהם (איור 7.13). בקטע הדרומי והצעיר 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 רז 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 יבשני ודחיקת החגורות מזרחה, כאשר שטחים שהיו בשליטת קנה נתפסו על-ידי אשל. כמו כן מצוין סוף 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, הטרונגי יותר ועם חזות של מצוקת מים, פרט לכתמים בודדים. לא נמצא אזור, ולו קטן, בשליטת קנה-סוכר גבוה ולא נמצאו סוף מצוי או צפצפת

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 וצפויה ירידה במגוון המינים. תלקם היחסי של המינים הרגישים למליחות 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 בקרבתם, 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 החדשים 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 הן ייעו 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 לבליתמן 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 2.3). ולגרום להתייבשות המקורות הסמוכים לפני השטח. אם תתמש 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 שממזרח 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 והטיילת 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

אותו לתרכובת נדיפה בעלת ריח חריף – סולפיד (H_2S). לעתים יש צפיפות גבוהה מאוד של בקטריות פוטוסינתטיות בשוליות 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 במישורן, או דרך גורמים נוספים, אוכלוסיות של חרקים הנמשכים אל משטחי הבקטריות. בניגוד למערכת הביולוגית של ים המלח, שהיא מבודדת לחלוטין, סביד שקיימים קשרים בין המערכת של המעיינות 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

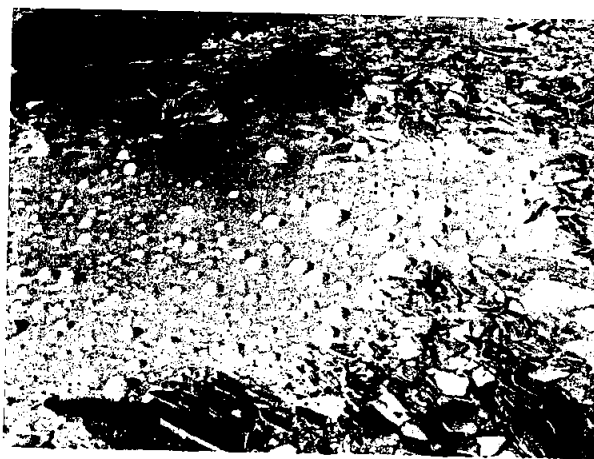
לאגן הדרומי אין כיום חוף טבעי. מאזור מצדה ודרומה, בואכה בריכות האידוי, מהווה תעלת ההזנה של מפעלי ים המלח חיץ בין מערכת הניקוז לבין קו החוף. הלאה, דרומה, החוף הוא למעשה חוף של בריכות-אידוי על כל המשתמע מכך. ההפרה הסביבתית של חופי האגן הדרומי גרמה לשיבושים במערכות האקולוגיות ולהיעלמות בתי-גידול.

מעיינות מקומיים

הפיתוח התעשייתי לחוף האגן הדרומי גרם להרס מספר מעיינות קטנים מבלי שנערכו בהם סקרים מקדימים. הטקסון הבולט במעיינות אלה היה הדג האנדמי נאוויית ים-המלח. מצד שני נעשו מניפולציות באוכלוסיית נאוויית המלחות: ידוע לנו לפחות על מקרה אחד של לכידת נאוויית על-ידי חובב דגים, ממעיין שעמד להיחרס אל מחפורת מלאכותית שמי תהום עלו בה מדורם להר סדום. אוכלוסיית הנאוויית התבססה ושגשגה במקום זה שזכה לשם 'בריכות נאוויית'. כמרכן התברר שנאוויית המלחות מתאימה מאוד להדברה ביולוגית של יתושים, ולכן מתבצעת לכידה והעברה של נאוויית 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. במעיינות אחדים באזור נאות הכיכר ודרום-מזרח ים המלח, התקיים בסוף שנות השמונים של המאה העשרים דג אנדמי למעיינות 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 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 שהריכוזים היחסיים שלהם שונים מאלה של ים המלח (ומעידים 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 זמבוסטת על מעגל הגפרית. המים העולים הם עתיקים וחסרי-זמצן ומשמישים בית-גידול לבקטריות אל-אווירניות. בהיעדר חמצן ושתמשות הבקטריות הללו ביון הסולפט עתיר החמצן (SO_4^{--}) די לחמצן חומר אורגני לתהליכי החיים, ואגב כך הן 'מחזרות'

ונמסכה חודשים אחדים. ההלבנה האחרונה נצפתה באוגוסט 1974 ונמסכה 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 במיים (תעלת הימים), תחזיר את תופעת ההלבנות לים המלח, אך לא ברור לאילו משכיזמן ובאיזו תדירות. המצב הנוכחי חיובי מבחינת ממפעלי ים המלח ואם ייווצר גבס מחדש, יידרש מחיר כלכלי לסילוקו, בעוד שמן ההיבט הסביבתי היעדר הלבנות כיום הוא אבדן חלק מייחודו ומקסמו של ים המלח.

7.6.2. המערכת הביולוגית של האגם

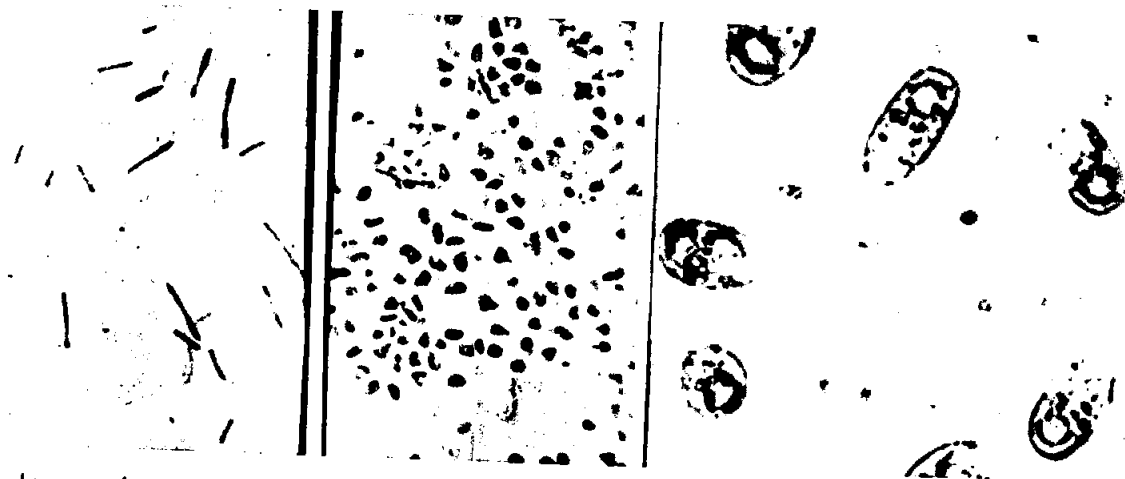
המערכת הביולוגית של האגם שרויה בלחץ אקולוגי מפאת הריכוז הגבוה של המלחים וההרכב הייחודי. כבכל מערכת אקולוגית של סביבה קיצונית, גם בים המלח שרשרת המזון קצרה. היצור הראשוני (primary producer) היא אצה פוטוסינתטית, חד-תאית מהסוג דונליאלה (*Dunaliella*) (איור 7.17) המשתייכת לקבוצת הירוקיות. ריכוז המלחים במים 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 מתג המייצר, בהשפעת האור, פיגמנט סגול-בקטריוודופסין, שמסוגל לנצל אורכי-גל עד 570 ננומטר למטרות ביואנרגטיות ומאפשר הישרדות גם לאחר שהגליצרול נגמר (Oren, 1983b).

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.

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

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.



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

8.1. עיקרי הדברים

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

□ השפעת הבולענים ואזורים מועדים להתחתרות-נחלים על שימושי הקרקע ועל ייעודהם;

□ השפעת התרחקות קו החוף על שימושי הקרקע וייעודה.

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 תכניות-מתאר ארציות, תכנית-מתאר מחוזית ותכניות מקומיות, והדגש ניתן לייעודים העשויים להיפגע מהיווצרות בולענים, מהתחתרות-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.

ייעודי הקרקע הסמוכים לקו החוף ונמצאים בחלקם באזורי ההיתכנות, 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 למהוז 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.

א. מקבץ קליה

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

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

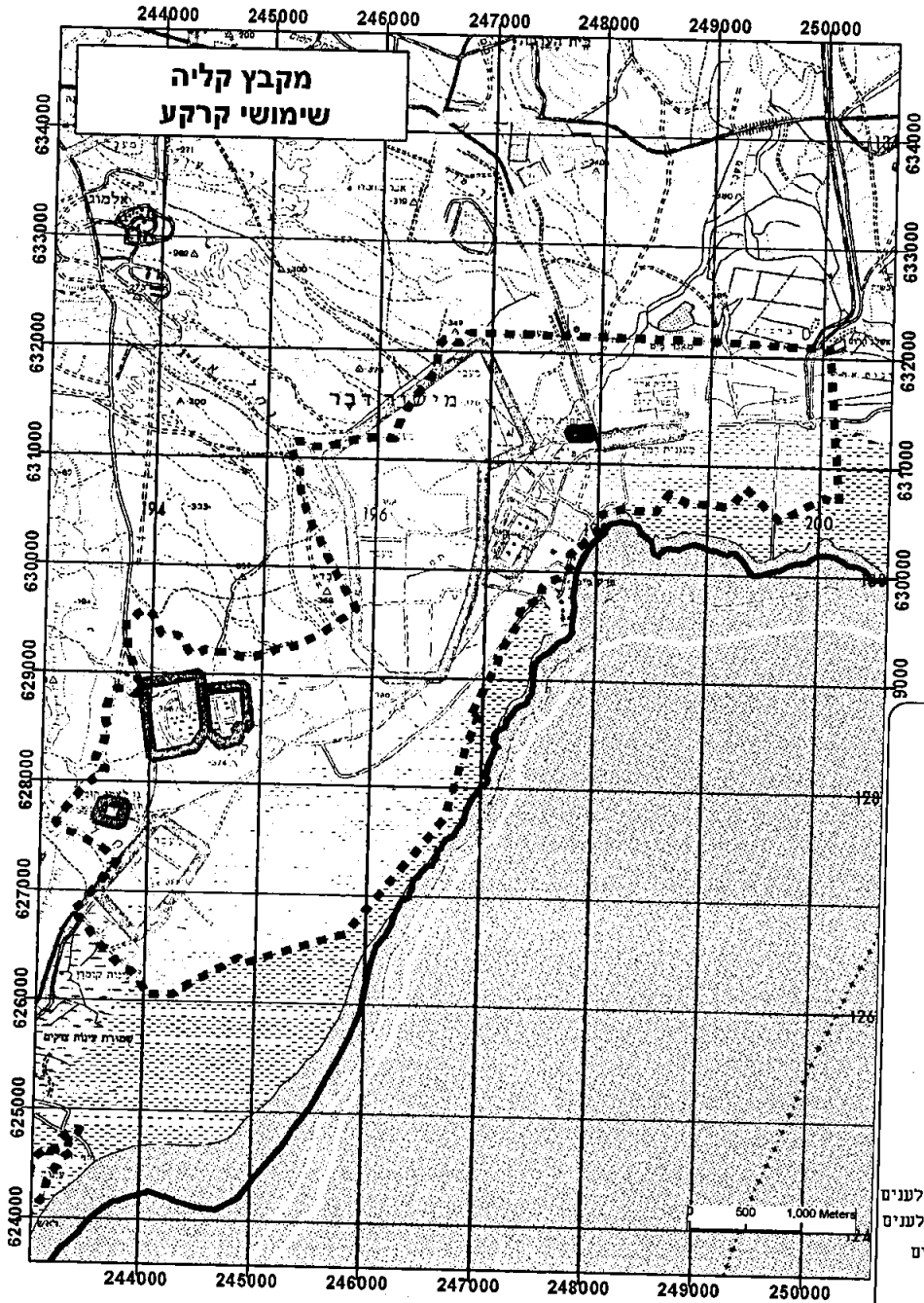
שינויים בקו החוף

□ עם השנים צפויה נסיגה משמעותית בקו החוף.

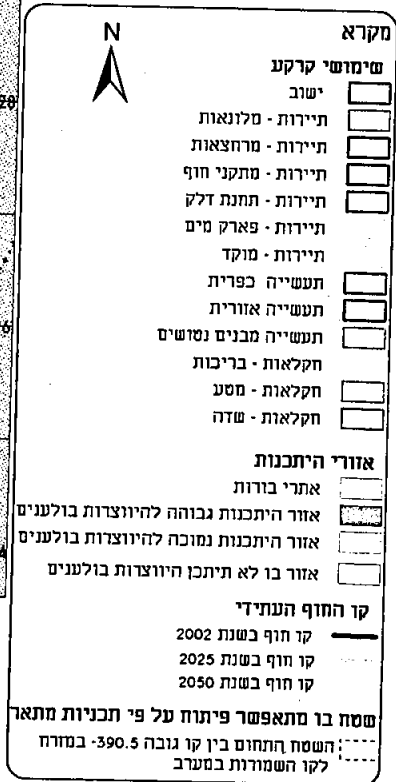
ההשלכות הצפויות:

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



ג. מקבץ מצפה-שלם

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).

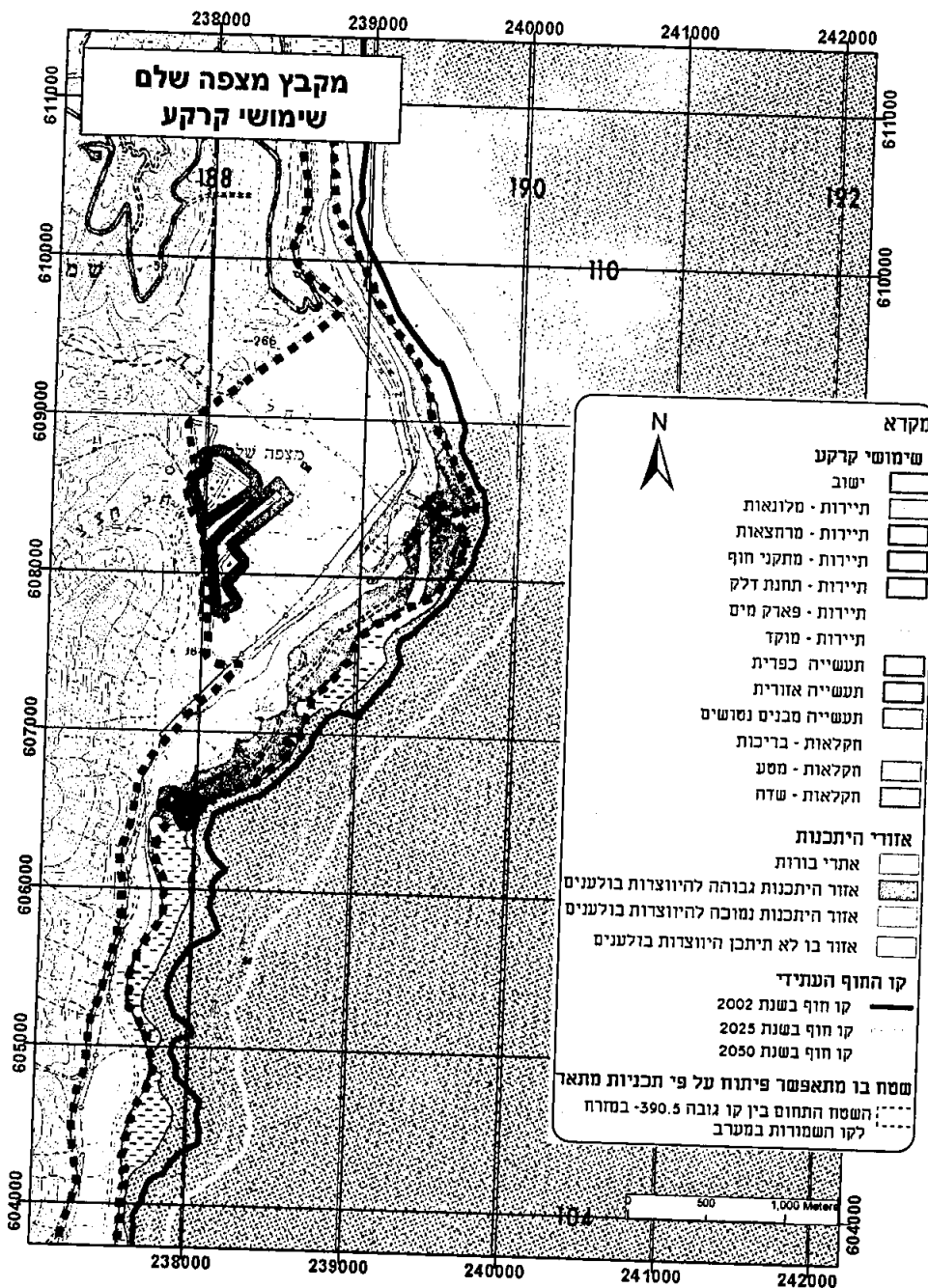
שינויים בקו החוף

- 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.

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 הדרומית 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

□ 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.

מקרא

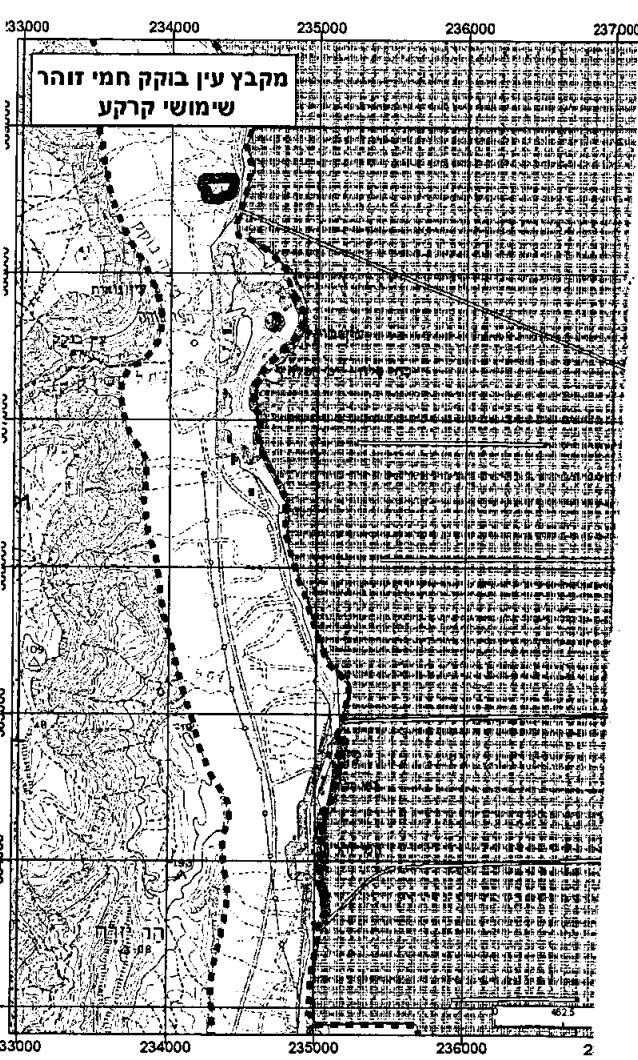
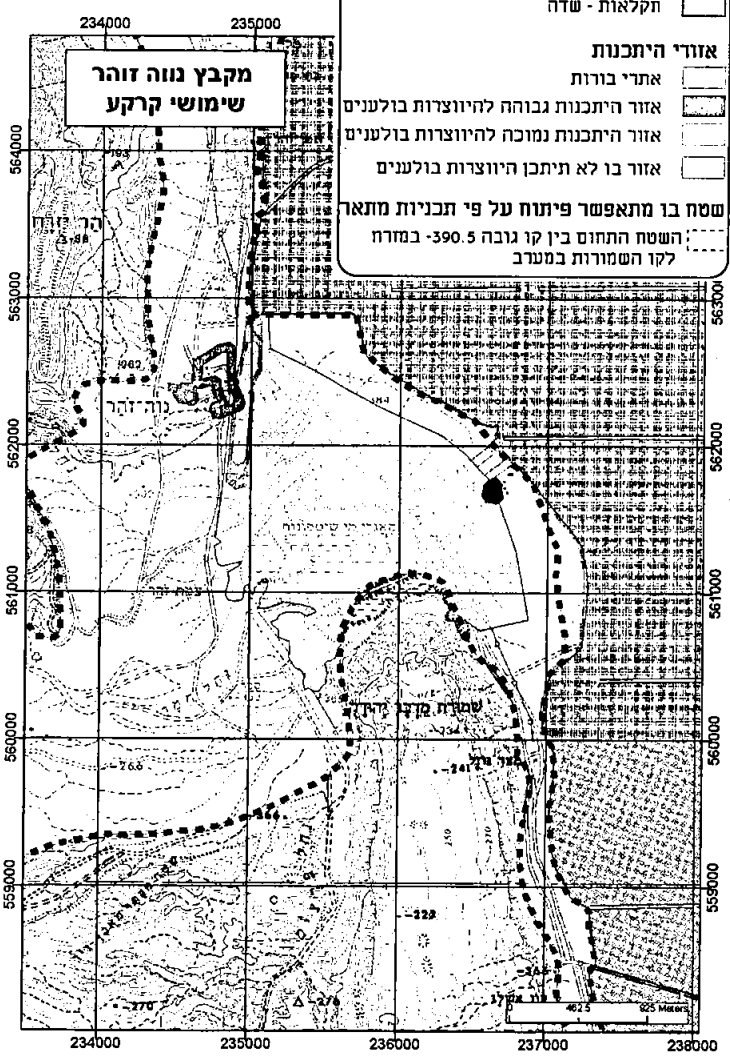
שימושי קרקע

- ישוב
- תיירות - מלונאות
- תיירות - מרחצאות
- תיירות - מתקני חוף
- תיירות - תחנת דלק
- תיירות - פארק מים
- תיירות - מוקד
- תעשייה - כפרית
- תעשייה - אזורית
- תעשייה - מבנים נטושים
- חקלאות - בריכות
- חקלאות - מטע
- חקלאות - שדה

אזורי היתכנות

- אתרי בורות
- אזור היתכנות גבוהה להיווצרות בולענים
- אזור היתכנות נמוכה להיווצרות בולענים
- אזור בו לא ייתכן היווצרות בולענים

שטח בו מתאפשר פיתוח על פי תכנית מתאר השטח התחום בין קו גובה 390.5 במרחק לקו השמורת במערב



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

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 הציבה 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

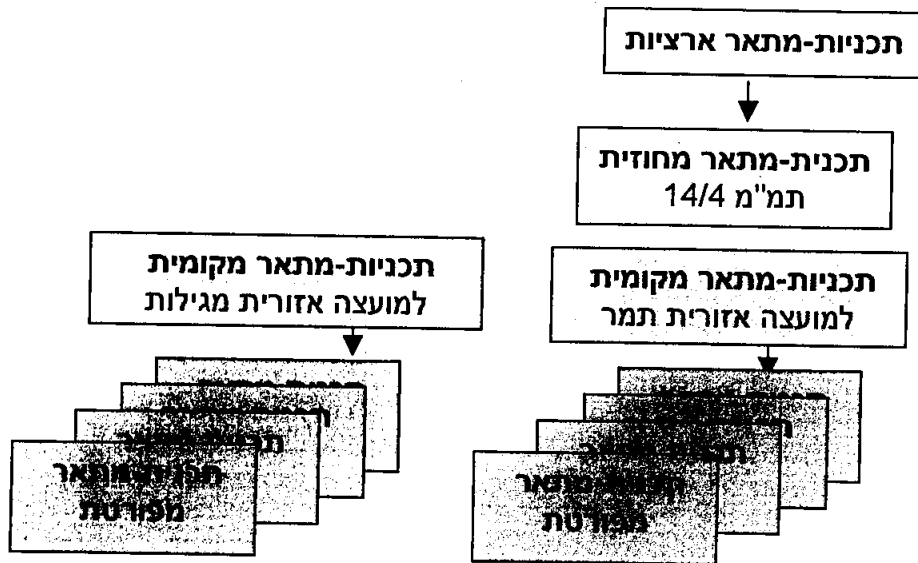
תמ"א 35 לאורך חופי ים המלח, מייעדת שטחים פתוחים שמורים נרחבים, ובסמיכות לחוף ייקבע מרקם חופי המאפשר פיתוח תיירותי ופיתוח יישובי.

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.

תכנון בסמכות מועצת התכנון העליונה

מקום בו חל חוק התכנון והבנייה



6. אזור תעשייה ארצי: שטח מפעלי ים המלח.

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

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 ורג'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.

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.

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

היישובים הכלולים באזור המועצה הם בית הערבה, ורד-יריחו, אלמוג, קליה ומצפה-שלם. אבנת היא היאחזות 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 זערבה, ורד-יריחו, אלמוג וקליה, מיועדים לחקלאות. שטחים וספים, קטנים יותר, קיימים לאורך החוף באבנת ובמצפה-שלם.

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

וקדי תיירות בתכנית המתאר – אזורי מלונאות ונופש מיועדים אזור קליה בלבד, בו גם מתוכנן המרכז היחיד לשיירותי תיירות

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.

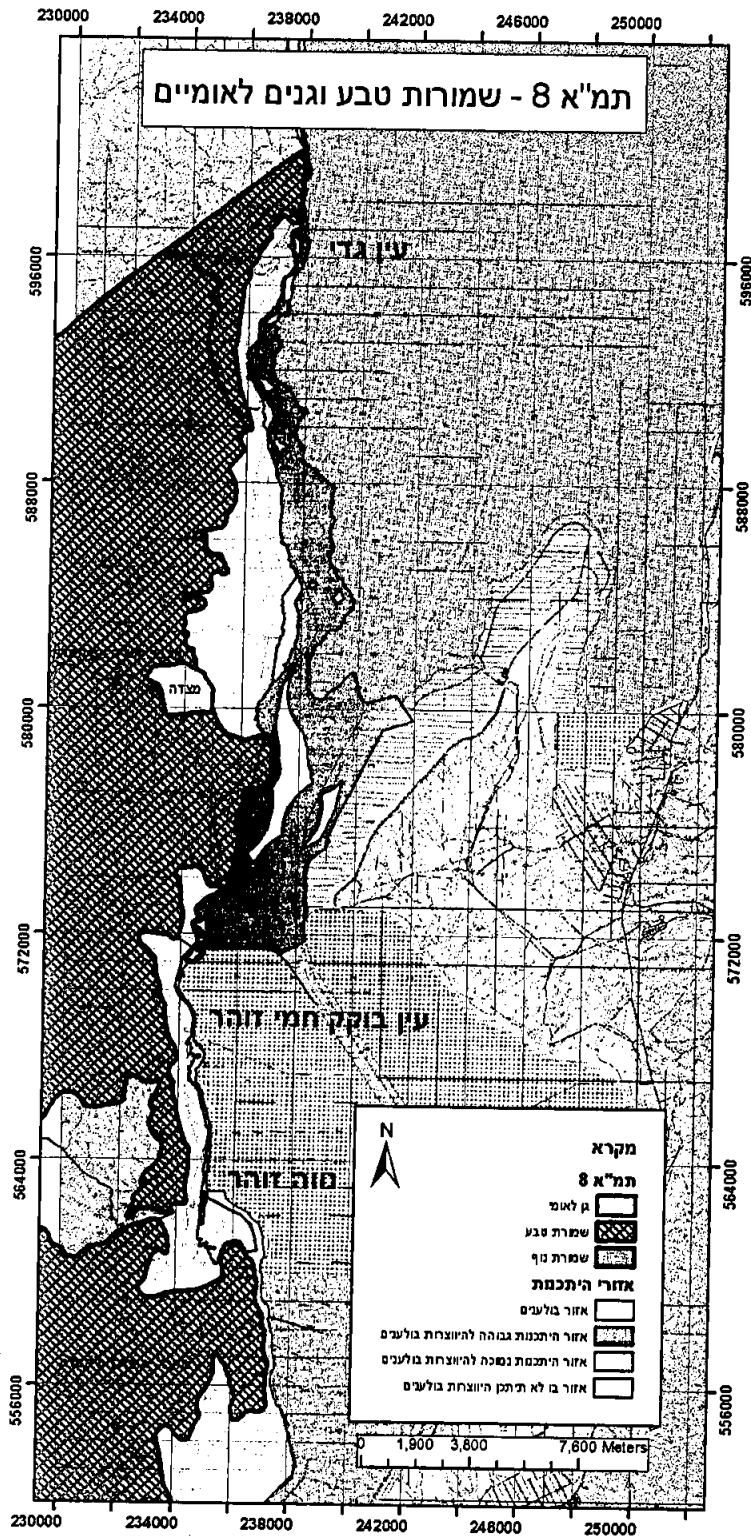
שטח התכנית (בדונם)	ייעודים עיקריים והערות	מצב התכנית	שם התכנית ומספרה	יישוב / אזור
200	מלונאות, נופש פעיל, טיילת	תכנית מאושרת	חוף קליה – תכנית תיירות 608/9	קליה
800	מלונאות, מסחר, תחנת דלק, מתקן הנדסי, חוף ציבורי	תכנית מאושרת	תכנית תיירות חוף אבנת 605/3	קדרון/אבנת
1600	קיט ונופש, נופש חופי, חוף רחצה,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

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 ההעתקים 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 מדבר יהודה, דרומית למצדה.

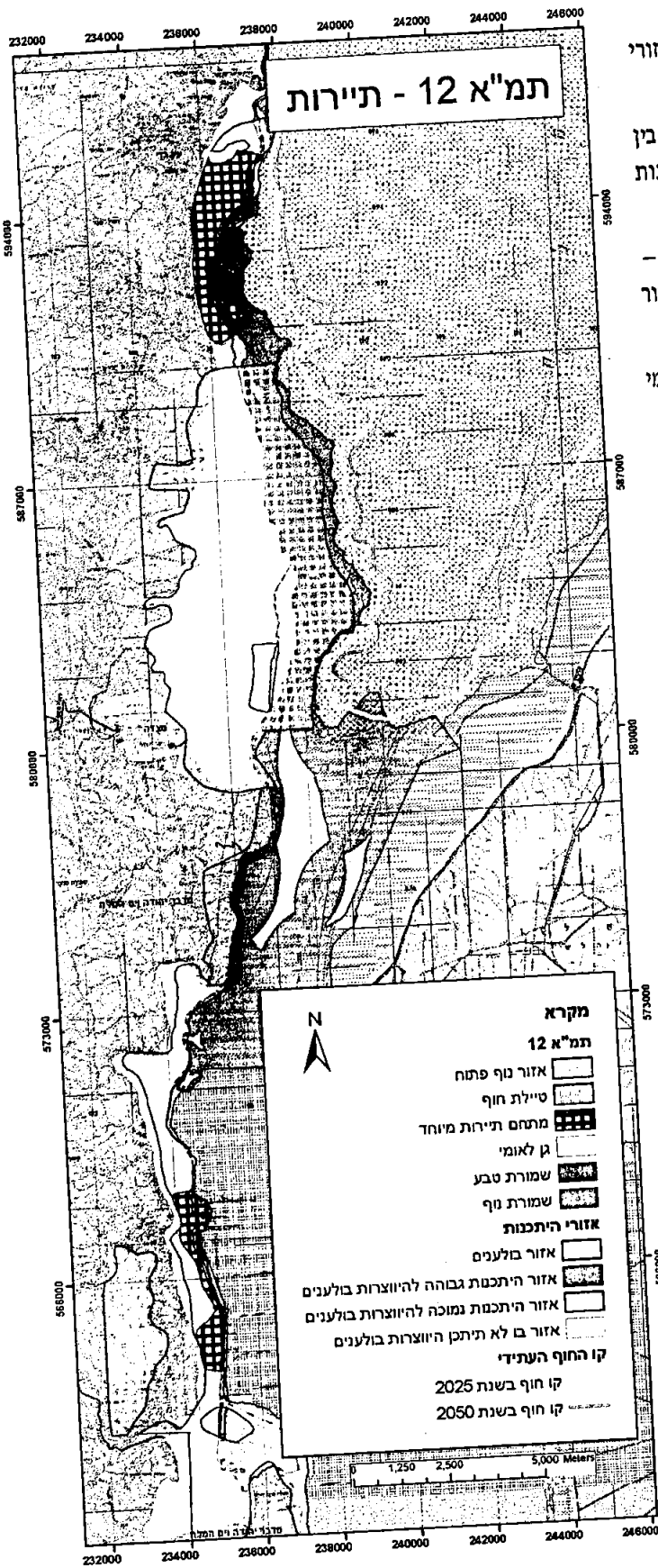


איור 8.9: תכנית-מתאר ארצית לשמורות טבע וגנים לאומיים – תמ"א 8

תכנית מתאר ארצית לתיירות - תמ"א 12

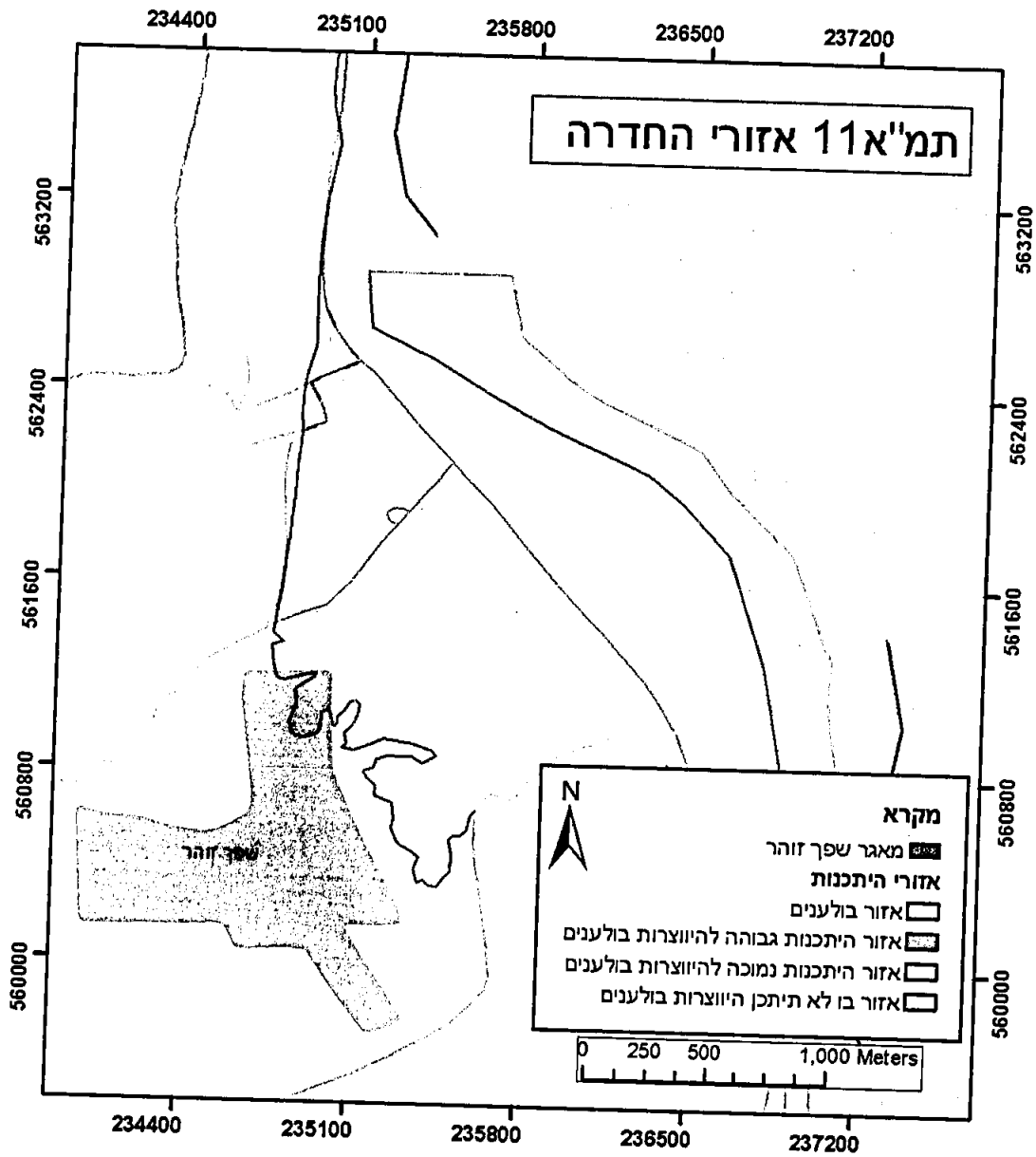
ייעודי הקרקע בתכנית המתאר לתיירות נפגעים ברובם מאזורי ההיתכנות (איור 8.11).

- 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 ההיתכנות נמוכה ואינו כולל בולענים.
- ייעוד נוף כפרי פתוח, המשמש רקע מרחבי פתוח למתחמי התיירות, חופף לאזורי ההיתכנות גבוהה ונמוכה.



איור 8.11: תכנית מתאר לתיירות, תמ"א 12

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



איור 8.13 תכנית-מתאר ארצית לאיגום והחדרה תמ"א 11

8.5.3. תכניות מתאר מפורטות

פרק זה מתאר את התכניות המפורטות לייעודי 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 מלורה.

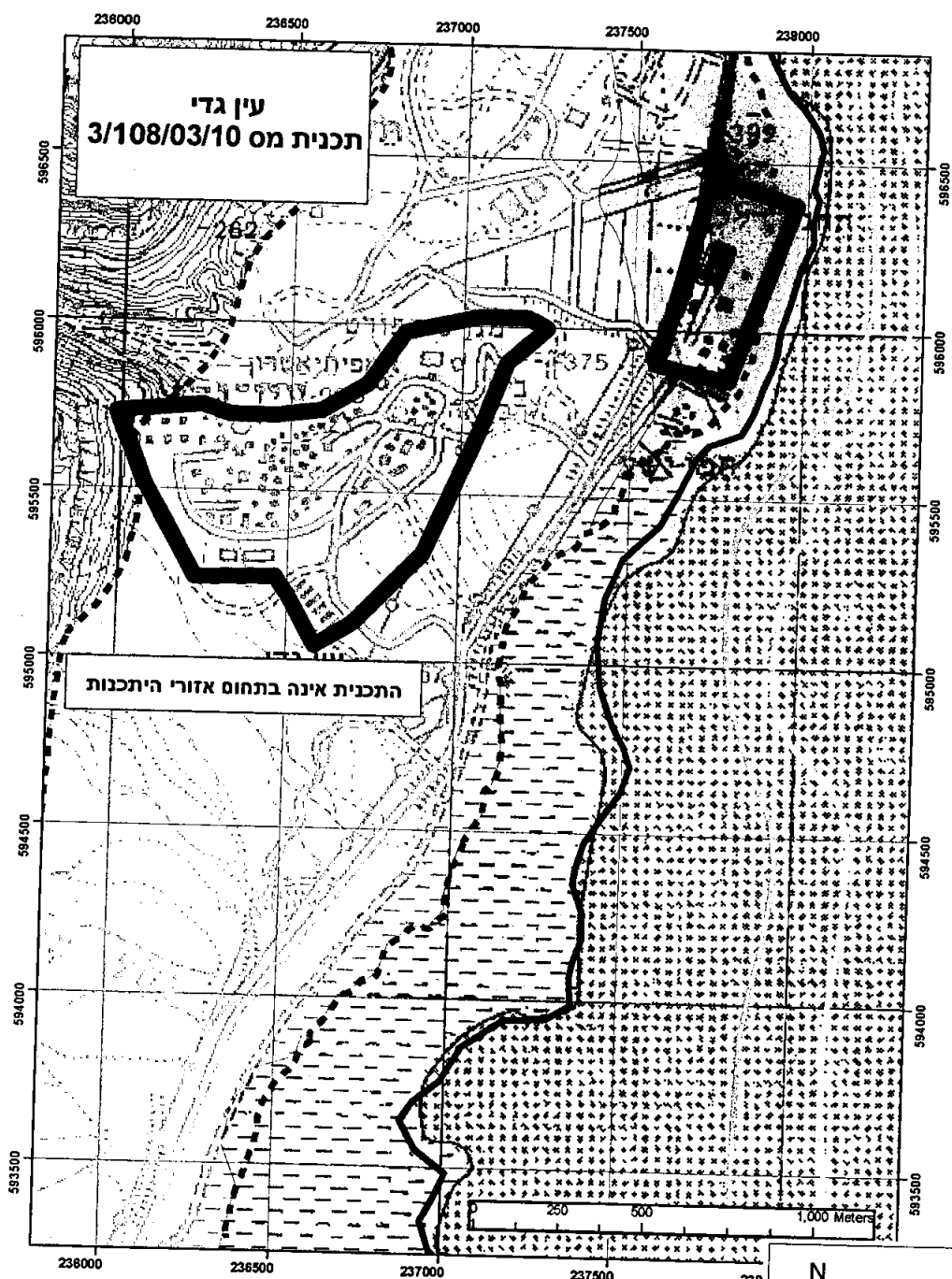
תכניות בתחום מועצה אזורית תמר

חתך השיפוע בין התכניות לקו החוף המשוער 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' איור)
1075	825	-	-	600	תכנית ליישוב 3/108/03/10	עין 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 – עין 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 חמיזוהר	עין בוקק וחמיזוהר (איור 8.20)
-	-	80%	-	200	139/03/10 א'	(איור 8.21)
					עין 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



עין גדי
תכנית מס 3/108/03/10

התכנית אינה בתחום אזורי היתכנות

איור 8.15: קיבוץ עין גדי וסביבתו



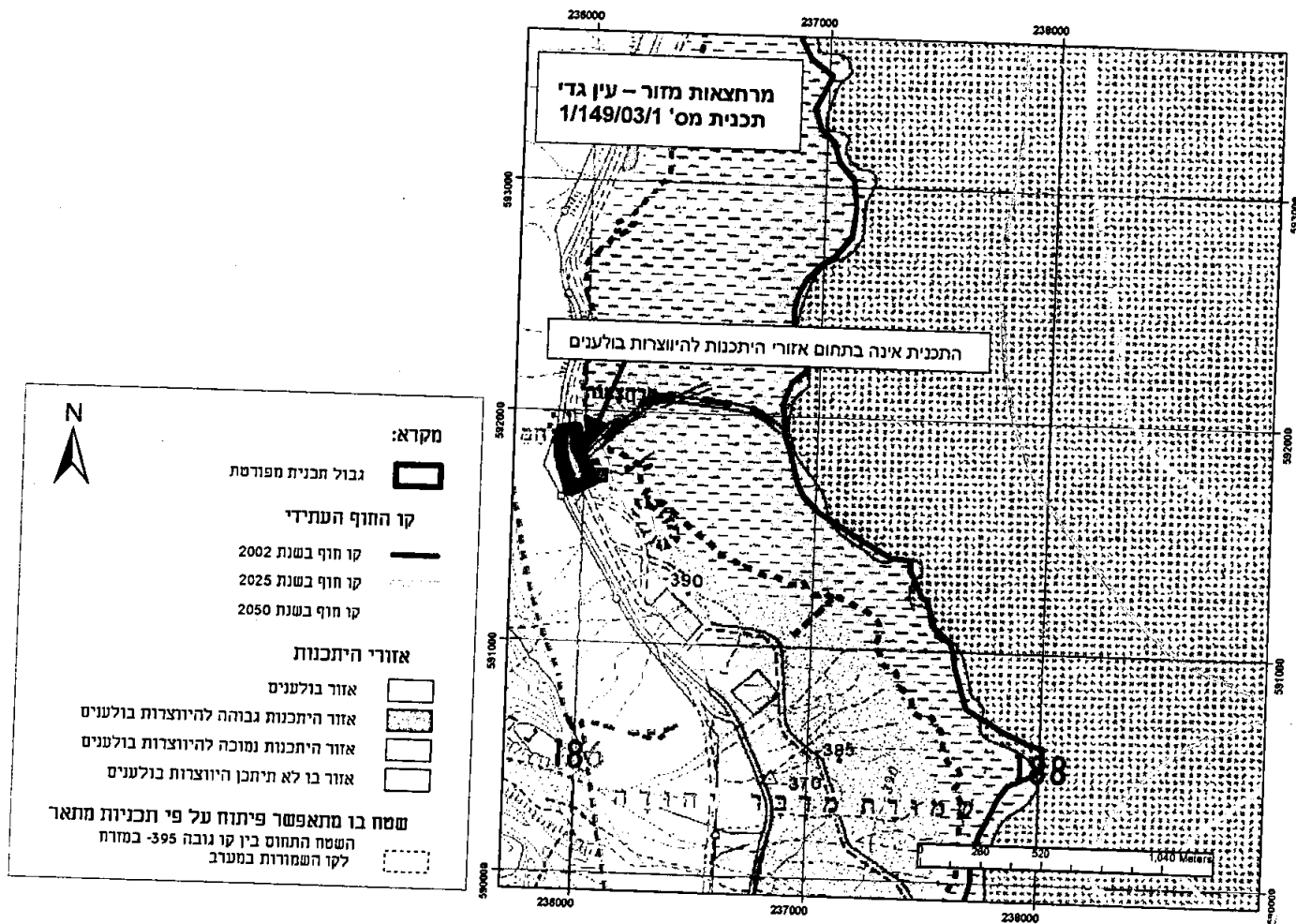
מקרא:

- גבול תכנית מפורטת
- קו החוף העתידי
- קו חוף בשנת 2002
- קו חוף בשנת 2025
- קו חוף בשנת 2050

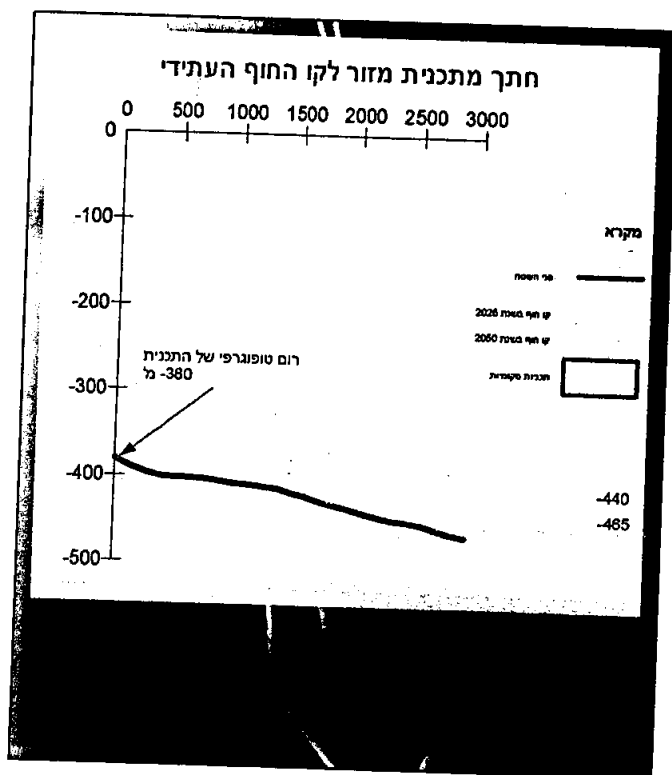
אזורי היתכנות

- אזור בולענים
- אזור היתכנות גבוהה להיווצרות בולענים
- אזור היתכנות נמוכה להיווצרות בולענים
- אזור בו לא תיתכן היווצרות בולענים

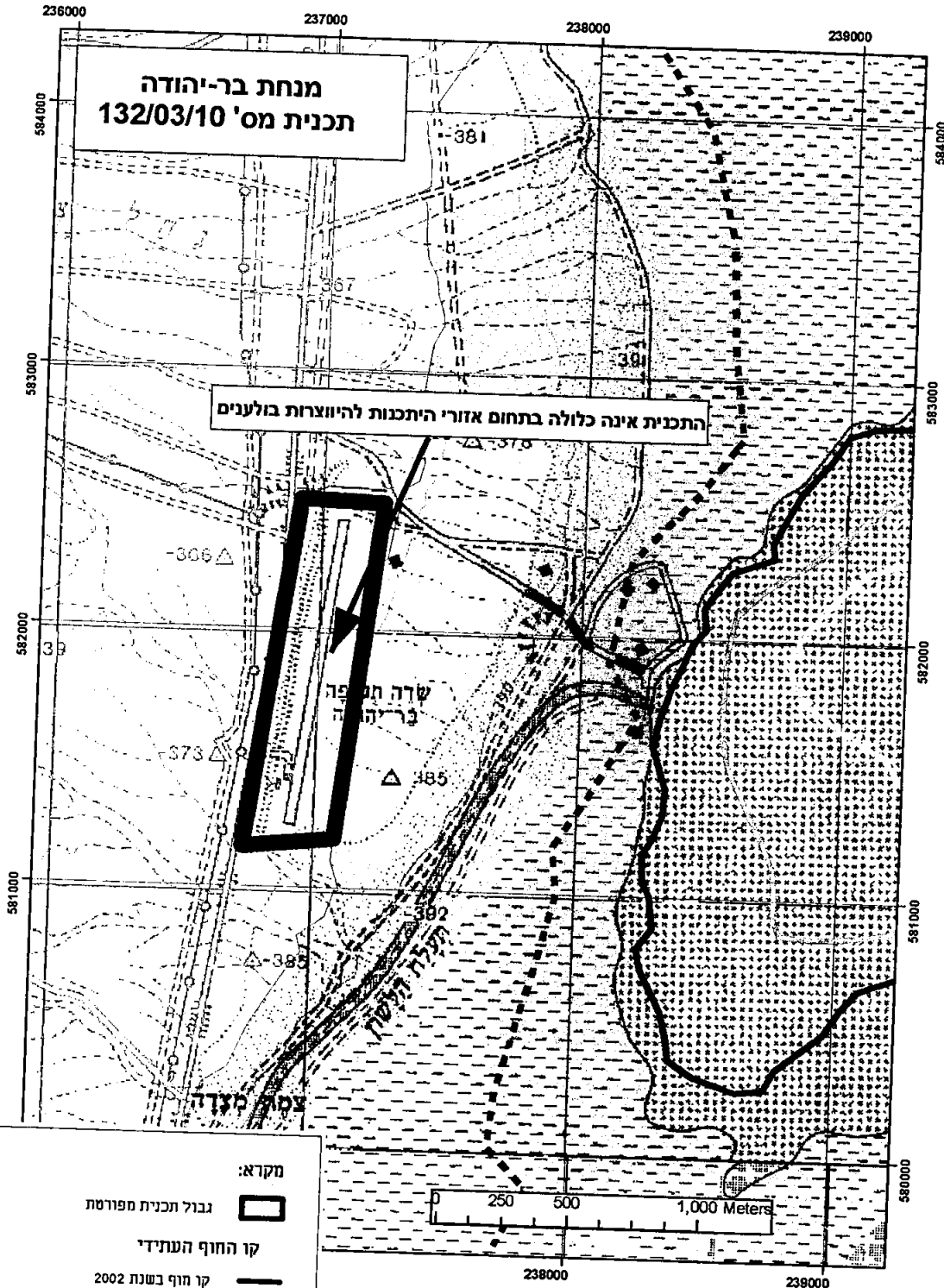
שטח בו מתאפשר פיתוח על פי תכנית מתאר
השטח התחום בין קו גובה 395- במזרח
לקו השמורות במערב



איור 8.17: מרחצאות מזור - עין גדי



איור 8.17 א: חתך תכנית תיירותית מזור



מנחת בר-יהודה
תכנית מס' 132/03/10

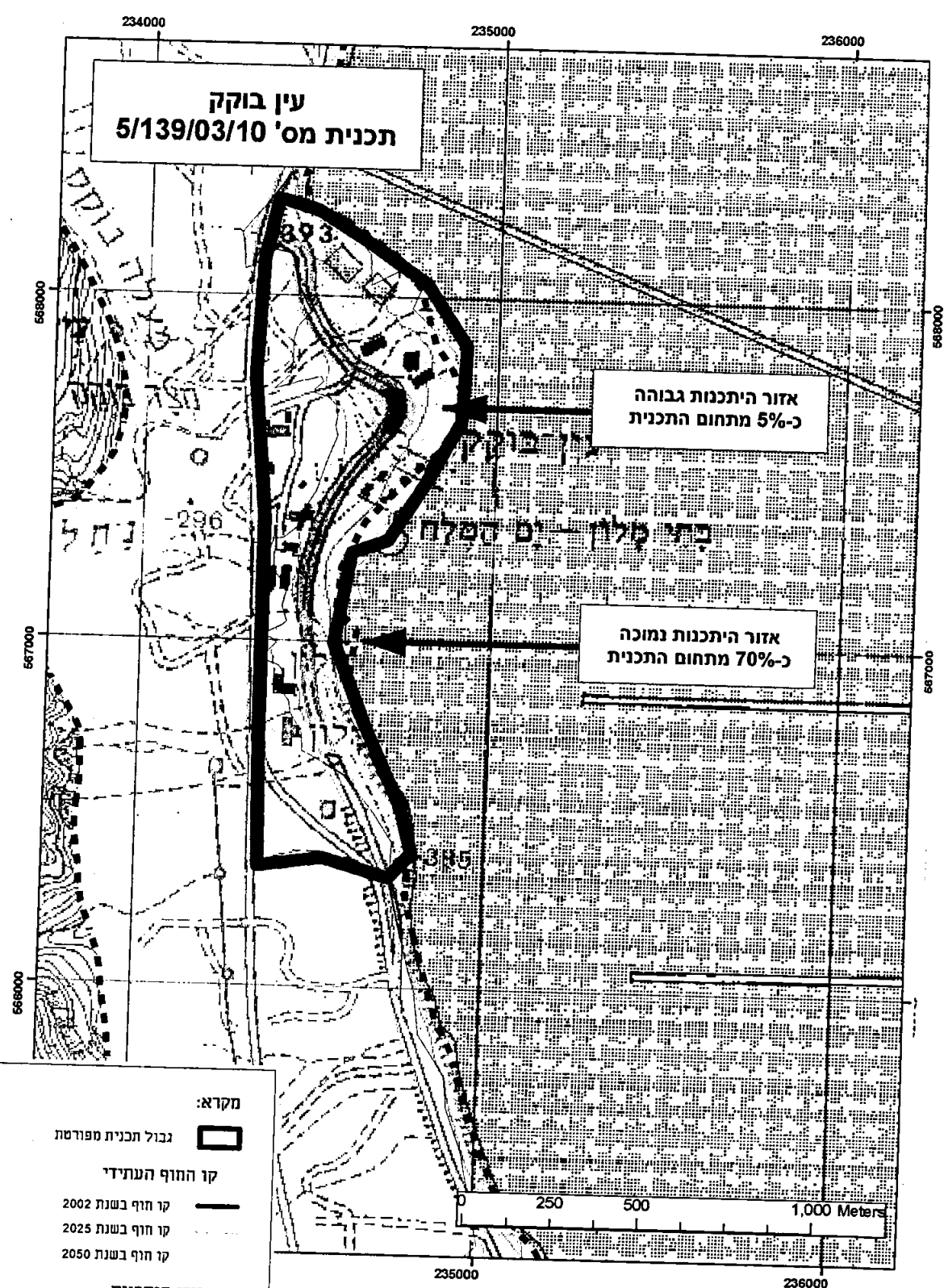
התכנית אינה כלולה בתחום אזורי היתכנות להיווצרות בולענים



איור 8.19: מנחת בריהודה

מקרא:

- גבול תכנית מפורטת
- קו החוף העתידי
 - קו חוף בשנת 2002
 - קו חוף בשנת 2025
 - קו חוף בשנת 2050
- אזורי היתכנות
 - אזור בולענים
 - אזור היתכנות גבוהה להיווצרות בולענים
 - אזור היתכנות נמוכה להיווצרות בולענים
 - אזור בו לא תיתכן היווצרות בולענים
- שטח בו מתאפשר פיתוח על פי תכנית מתאר השטח התחום בין קו גובה 395 במזרח לקו השמורות במערב



עין בוקק
תכנית מס' 5/139/03/10

אזור היתכנות גבוהה
כ-5% מתחום התכנית

אזור היתכנות נמוכה
כ-70% מתחום התכנית

איור 8.21: עין בוקק

מקרא:

גבול תכנית מפורטת

קו החוף העתידי

קו חוף בשנת 2002

קו חוף בשנת 2025

קו חוף בשנת 2050

אזורי היתכנות

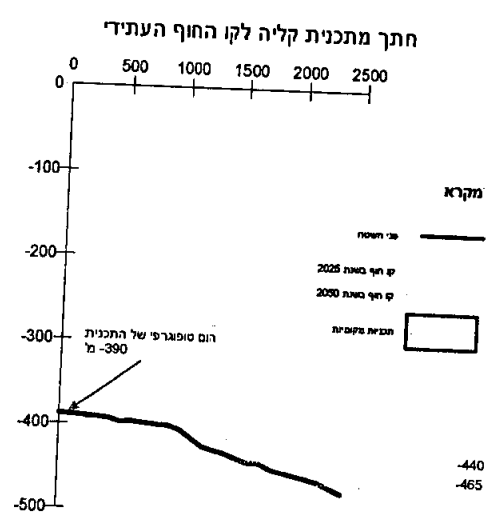
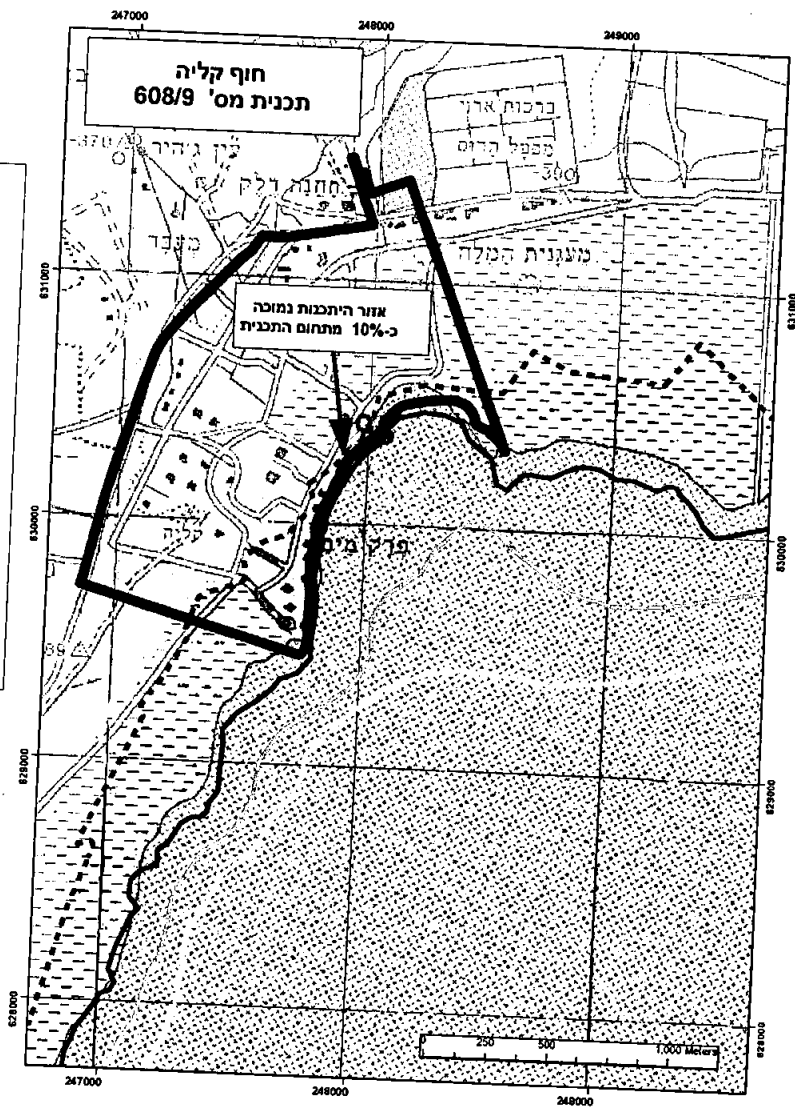
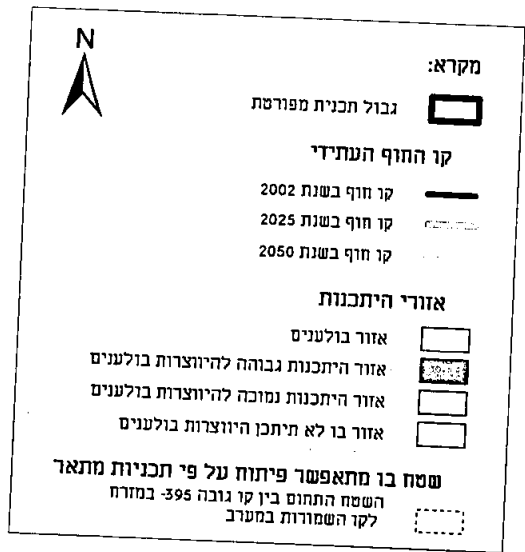
אזור בולענים

אזור היתכנות גבוהה להיווצרות בולענים

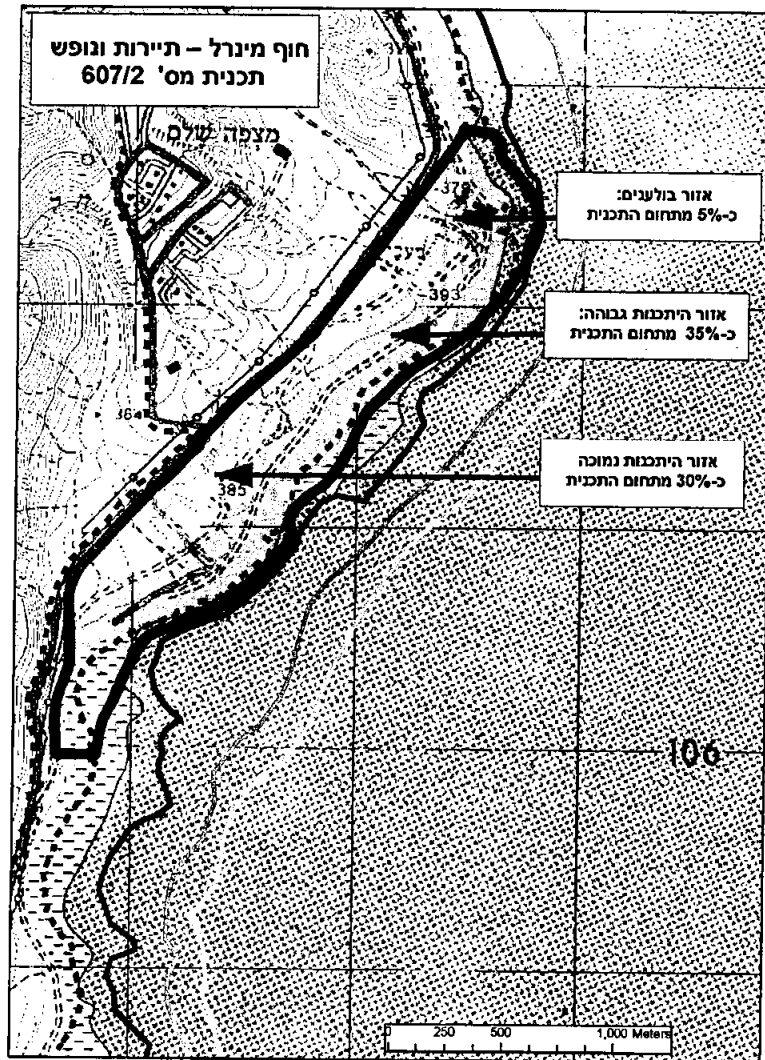
אזור היתכנות נמוכה להיווצרות בולענים

אזור בו לא תיתכן היווצרות בולענים

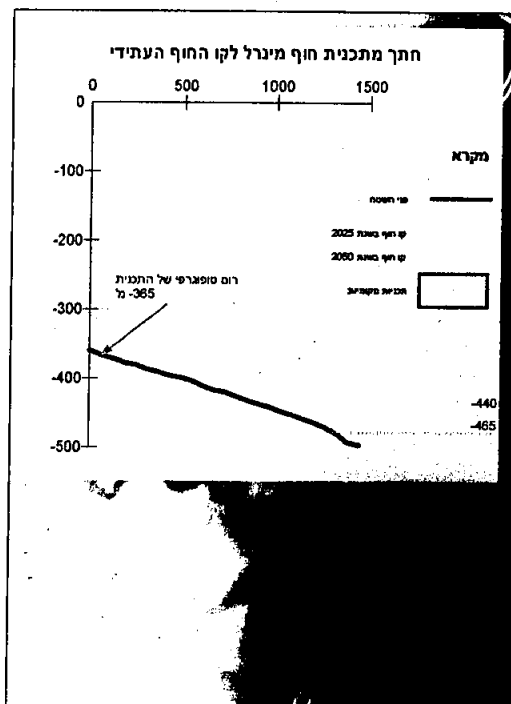
שטח בו מתאפשר פיתוח על פי תכניות מתאר השטח התחום בין קו גובה 395- במזרח לקו השמורות במערב



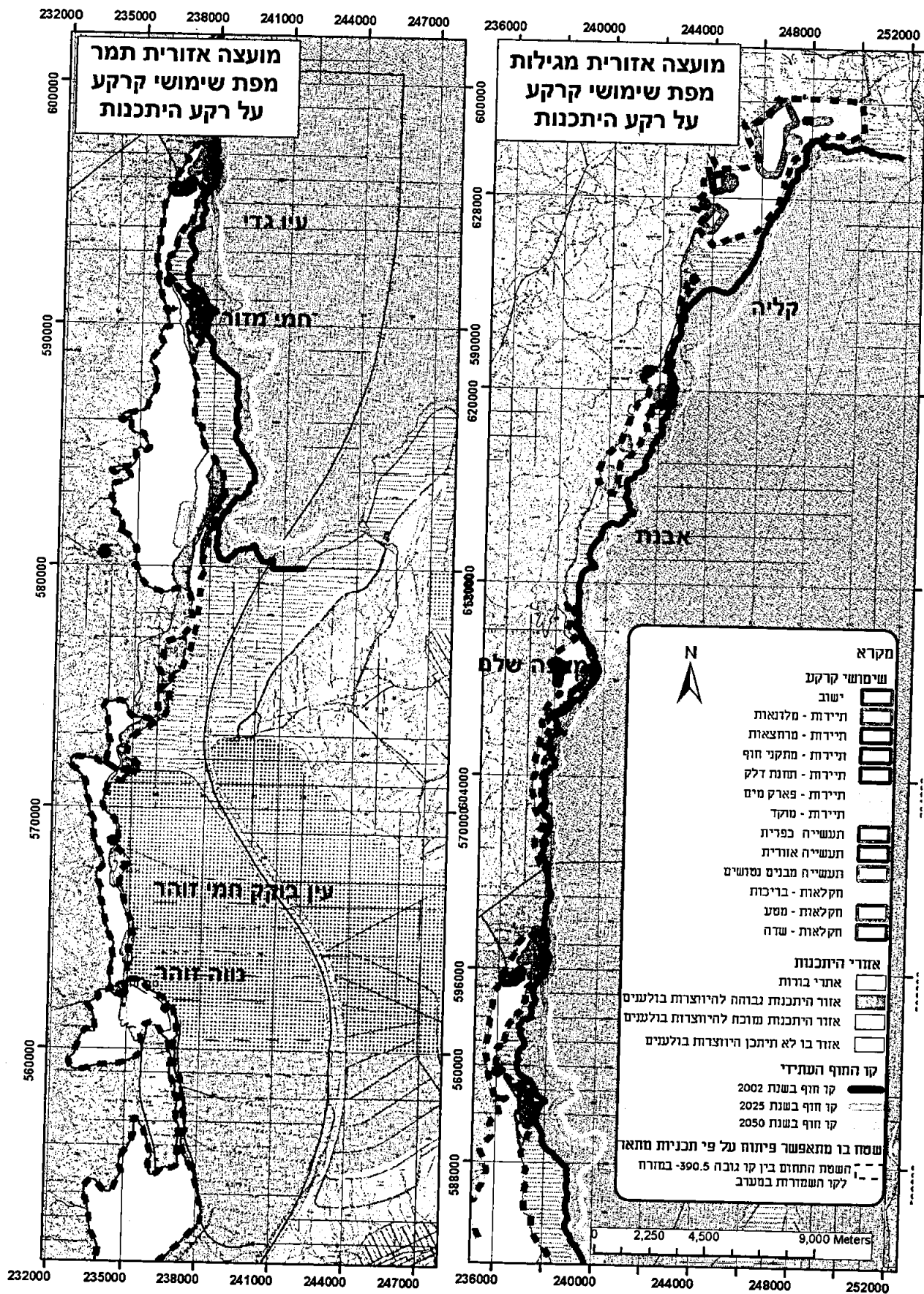
איור 8.23 א: חתך תכנית קליה



איור 8.25: חוף מינרל - תיירות ונופש



איור 8.25 א: חתך של תכנית חוף מינרל



איור 8.26: תחום אפשרי לתכנון ואזורים המוצעים לשימור, בשטחי המועצות האזוריות מגילות ים המלח ותמר

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. כימות 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 אינדיקאטור להבאת המשאב למצבו המקורי – למשל, עלות תיקון נזק לכביש.

ניתוח עלות תועלת בשיטת ערך הכינון בתסריט של ברירת מחדל, נערך בהנחה שיווצרו 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 מעידוף 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 הפיסית. 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.

כוללת את ההשפעות של התחזרות 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 שיווצרו 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 שצוינה לעיל, בהנחה שמחיר ההון הוא 6% לשנה.

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

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

נחלים בינוניים, כנחל תמר – מעביר מים גדול;

נחלים וערוצים קטנים – מעבירי מים קטנים.

לכל סוג נחל וגשר נקבע מודל כמותי על סמך מדידות הגשרים ומעבירי 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%.

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

אבדן מית'הום 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.

נזק למפעלים – הקשור לירידת המפלס, יכול לנבוע באם ייווצרו בולענים שיפגעו בסוללות של בריכות האידי ובמיוחד בבריכת מס' 5. הנזק 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 הנזק הזה.

9.3.2. תשתית (כבישים; גשרים)

תיאור התופעה

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

1. עירוז מהיר ומאסיבי של הנחלים, המשפיע על עומק ורוחבו של הנחל והתחזרות הנחלים הפוגעת בגשרים, סכרים, גשרונים ומעבירי-מים;
2. יצירת בולענים על תוואי הכבישים.

ירוז נחלים

שמעויות הנדסיות

טכנולוגיה הנדסית המוצעת כפתרון אחד מני רבים, כאינדיקציה זומדן עלויות אפשרי, היא יצירת סכרי-הגנה על גשרים, סכרים ועבירי מים במורד הערוץ. סכרי ההגנה הללו יוקמו בשלבים "פי קצב ירידת מפלס הים, התרחבות והתעמקות הנחל.

שמעויות כלכליות

ותית התחבורה, מערכת הכבישים, הגשרים ומעבירי המים, ויבת בתחזוקה שוטפת. התחזוקה השוטפת הסטנדרטית אינה

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 פרקיזמן.

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 בבר גיאוטכני

עלות טיפול בבולען	מידות וערכים כספיים במספרים מעוגלים	תוספת (הפחתה) באחוזים
קוטר – מ'	4	
שטח הבולען – מ"ר	50	
קוטר השטח המטופל – מ'	6	50%
שטח טיפול – מ"ר	113	
עומק המילוי – מ'	12	
נפח המילוי – ממ"ק	1,357	
עלות מילוי לממ"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.

יתן אפוא לסכם שהמשמעות של תוספת העלויות כתוצאה משינוי זפלט פני הים ותופעות הסחיפה והעירור של הנחלים, היא תוספת

תרבות ומורשת, שאינם ניתנים לכימות באופן ישיר. אין ערך כספי ישיר גם לעצם השינוי החזותי של הנוף ולחשיפת משטחי הבוץ במקומות שזה לא מכבד 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 הנזק 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 הנזק 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 אתרינופש 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 הנזק 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 לשמר 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 הנזק 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 הנזק נגרם למטע התמרים ועל-כן נערך אומדן נזק לצורך תביעה לתשלום פיצויים. אומדן זה מהווה בסיס להערכת פוטנציאל הנזק 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 הנזק הנגרם בשל הפעילות האנושית, ומצד שני יש לשלב אומדנים של הערך הנובע מעצם המשך קיום משאב הטבע. תפיסה זו עומדת בבסיס דעקרונות של פיתוח בר-קיימא ועקרונות הצדק החברתי.

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

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 לביילוי 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 אזור 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 באזור שבנספח. הירידה בתיירות מחו"ל לאזור (ירידה של 34% באזור ים המלח לעומת 31% בכלל ישראל) לוותה 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 לשיירות תיירות באזור זה בהיקף נרחב.

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 מפיק 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 ו-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 זהיוון תואם את ההתייחסות לים המלח כמשאב בעל ערך בין-זרי מובהק. שיעור ההיוון נמוך בכ-50% מפרוייקטים בתחום זתשתיות ומפעלים ציבוריים.

בר בשלב זה ניתן להצביע על ממצאים עקרוניים הדורשים תייחסות מצד מקבלי ההחלטות. הכללה של הנזקים ה"חיצוניים" תוצאה מירידת המפלט מגדילה את העלות הכוללת של ירידת מפלט. עלות זו כוללת את הפגיעה במעגל הפנימי של החיים יד ים המלח, וגם, ואולי בעיקר, נלקח בחשבון ערכו של המשאב סביבתי עבור כלל אוכלוסיית ישראל. יש לציין שהתועלת סביבתית מים המלח היא חסם תחתון, וזאת משתי סיבות יקריות: ראשית, לא נלקחה בחשבון התועלת שיש לאוכלוסיית גולם משימורו של ים המלח. זוהי נקודה שדורשת ליבון, כי מי ישלם על השימור הוא הציבור הישראלי, ולכן סביר שגם נועלות הנמדדות יהיו אלו המופנות אליו בלבד. עם זאת, חשוב דגיש שהתועלת לתושבי העולם קיימת, ובהותירנו אותה מחוץ מונה ייתכן שאנחנו מתעלמים מגורם חשוב. שנית, השתנות ופיינים סוציודמוגרפיים יכולה להעלות את ערכו העתידי של

ז.

החלטת ממשלה מס' 2863 מיום 5.1.2003

נספח 1

-17-

נוסח החלטות . (השרה לאיכות הסביבה)

6) נוסח החלטה 2863 מיום 05.01.2003.

עתיד ים המלח

מ ח ל י ט י ס (פה אחד) :

- א. ממשלת ישראל מברכת על כל מהלך של שיתוף פעולה אזורי המשלב אינטרסים כלכליים לטובת המדינות.
- ב. הממשלה מכירה בכך כי קידום עתיד ים המלח מחייב עריכת בדיקות מעמיקות בסוגיות שונות הנוגעות להשלכות הכלכליות, הסביבתיות, הלימנולוגיות והגיאולוגיות בכל הנוגע לעתיד ים 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 לעתיד ים 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, מפעלי ים 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 יכדוק את התכניות השונות שהוצעו בעבר בענין חיבור ים המלח לים סוף או לים התיכון.

4. המתווה המוצע

4.1. כללי

המתווה ההנדסית-רשמי 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 ההנדסית-רשמיית תכלול הכנה והפעלה רצופה של מאגר נתונים מתעדכן ותבסס עליו מראשיתה. במאגר יהיו שני בסיסי נתונים:

האחד, גיאולוגי-רגיונאלי שיעקר 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 הנדסי-אזורי 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 שיגובשו לאחר הרצתם ובדיקתם באזורי דגם נבחרים.

בסיס הנתונים ההנדסי-אזורי עדיין לא כונן. כינונו יתאפשר עם תום פעילויות המשך המומלצות בטיוטת דוח ההתקדמות מאוגוסט 2004.

נוכח הדינאמיקה הנמשכת של התופעה והנתונים שיצטברו 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 ההנדסיים 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 וסיכונה, חורגים מעבר לגבולות פרוייקטאליים וסטאטוטוריים של מבנה, מתחם, או אזור, ופתרון הנקט 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 ההנדסית עם התופעה באזור ים המלח היא כאמור התנהלות הנדסית-רשמיית על-פי מתווה מוסדר, אשר:

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

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

□ נוכח אידאולוגיות בסביבת העבודה ההנדסית, 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 ובינו לבין יזמים ומחזיקים, תוך חלוקה ברורה של מטלות ואחריות.

וכך הבעיות והסיכונים העכשוויים, הן לבני-אדם השוהים בשטח הן למבנים קיימים, ראוי שכל הפעילויות הנדרשות להשלמת זתווה ההתנהלות למתכונת שימושית מבוססת יבוצעו ברצף. תקופה שעד להשלמת המתווה והסדרתו הסטאטוטורית, על ורשויות הרלוונטיות לנקוט בהתערות שוטפות ובפעולות אחרות ואינן בתחום המתווה ההנדסי ושעל-פי שיפוטן עשויות להועיל.

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

שטח פתוח	סלולה	נשוא הפתרון		כביש	מבנה	המבנה	מקום היישוב			פני שטח	פתרון	נשוא
		תשתיות	קוויות				המרחב התומך	מרחב הבטיחות	פני שטח			
✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	סוגיית הבולען	שיקום קרקע
	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	החלפת קרקע ומילוי, + חזקוקים	
							✓	✓			כלונסאים או דיוט סילוני	שיקום קרקע
											חזקוק קרקע	
											הדיוק דינמי	שיקום קרקע
											דיוט חללים	
											יסוד מנשר	בנייה
											מבנה מנשר	
											נקוז (איטום)	ניטור ותיקון
											וואלית	
✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	התריעה	ניטור ותיקון
	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	מכשורית	

(הפתרון יכלול מספר מרכיבים – קווי הגנה שיוחזמו לכל אחד משלשת הנושאים ה"ל ולמאפיינים של הפרוייקט/אתר הספציפי).

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

פלטת חומרים דקריינג'ר	גזים או מים גזאי-תרמליים	תכולה גבוהה של גבישי מלח	אנומליה גזאי-פיזיות	גדיאנט הידרואלי מולד /או זרימה	סידוק אנומלי	גלישה או תזוזת קרקע	שטח שקוע	התקף או ליגאנט מובהק	צפיפויות נמוכות במיוחד	שטח ממנו נסוג הים	שקע מקומי עם נקודת פנימי	מלח עליון		חללים	בולעים	אנדוקאטורים (ראה המדנה מדויקת בגוף הזדה)
												במיוחדים	במיוחדים רדויים במלח			
✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓				✓	מיפוי גאוסטני ומדידות גאודזיות ופוטורגרפטריות
	✓	✓		✓			✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	חישה מרחוק
									✓					✓		קידוחים
														✓		בדיקות חזיות /או חזקת ויז בקידוחים
				✓												מבחנים הידרולוגיים- נוחים
									✓							סיסטמיקה - רפיקציה/רפלקציה
									✓							מיקרוגרובמטריה
														(?)		מיקרו רעשים

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

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>□ איסוף וניתוח חומר קיים:</p> <p>בנושאים הדלוונטיים, כגון: הגיאולוגיה, ההידרולוגיה, הגיאוכימיה של מיתתהום, המורפולוגיה – הטופוגרפיה, הבולענים.</p>
<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>□ חיפוש אינדיקטורים – בעיקר ראשיים – לסיווג שטחים ואפיון תנאים גיאורטכניים:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ האמצעים: <ul style="list-style-type: none"> קידוחים, מדידות גיאופיסיות, בדיקות מעבדה, ניטורי שטח ותת-קרקע. ◆ העומק: <ul style="list-style-type: none"> 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: <ul style="list-style-type: none"> בין 100 מטר מזרחית לקו החוף, עד למרחק נבחר מערבית לשטחי הבולענים ובכל מקרה לא ממערב לרום 370 – או למחשופי תצורות סמרה והלשון.
<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>□ 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 ותזוזות קרקע.
<p>□ המלצות בהקשר לשימושים בשטחים</p> <p>□ מפת מיקום שטחים באזור:</p> <p>סימון שטחי בולענים, שטחים פוטנציאליים ושטחים רגילים, בקנה-מידה של כ־1:2,500 – 5,000, או מפורט יותר.</p>	<p>□ ניסוי 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>□ מעקב אחר תפקוד בשטח של פתרונות הנדסיים שנוסו או שנוקטו והמלצות</p> <p>□ המלצה למקומות לגביהם יש לבצע התראות נוכח סיכוני נזקים מבולענים וחללים.</p>	<p>I הבדיקות והמדידות יהיו מותאמות במיקומן, היקפן וסוגן לנתונים הנדסיים וגיאולוגיים זמינים מסקרים קודמים רלבנטיים לאזור.</p>
<p>I ניתוח ופרופיל גיאוהידרולוגי ראשוני – עקרוני של 5 אזורים: מוצג בדוח נלווה מס' 1 – אוגוסט 2004.</p>	<p>II תכנית ראשונית לבדיקות: ניתנת בהמשך.</p>
<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>III תדירות המדידות: מיידית ובהמשך שנתי/או לפי העניין; בולענים חדשים ימדדו עם התגלותם.</p>
<p>IV נתונים כגון ממדידות, יוכנו ויוצגו בפורמט המתאים ל-GIS, על רקע אורתורפוטו.</p>	<p>IV ניסוי פתרונות: ייעשה באחד עד שני אזורי דגם;</p> <p>V ניסיון וכשירות: יידרשו מהמבצעים למיניהם.</p>

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 בנזיקתם, במיוחד בסביבה הגיאואהידרולוגית הפה 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 מירכוז אכן יגרמו לשיפור או להקפאה של הבעיה בעתיד.

4.6 פעילויות המשך להשלמת המתווה

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

ב הפעילויות ובעיקרן תיחום הנדסי-אזורי מפורט של שטחי בולענים והשטחים הפוטנציאליים ושל הגבול בינם לבין שטחים ילים, יבוצעו באזורי הדגם הנבחרים, על-פי תכנית וקנה-מידה שטחים שפורטו בדוח הנ"ל ובמפות אזורי הדגם הנכללות בו. יסיון שיצטבר מאזורי הדגם, ישמש את יישום הפעילויות האלו זר 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 ההנדסי
- בדיקת ישימות אמצעים (פתרונות חלוצי) – חישה והתרעה על התקדמות חלל משפיע פתרונות הנדסיים מסוימים
- שיפור שיטות קדיחה וגיאופיסיקה – למטרות הבדיקות 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 ההנדסי – עשוי להשפיע ולהיות מושפע מפרטים על-קרקעיים ותת-קרקעיים המצויים בתחום גיאוגרפי החורג מתחום הפרויקט והאזור.

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 3ג: רשימת מיני היונקים המוגנים שתועדו באזור מעיינות חוף ים המלח

שם מדעי	שם עברי
<i>Paraechinus aethiopicus</i>	קיפוד מדבר
<i>Rhinopoma microphyllum</i>	יונוב גדול
<i>Rhinopoma hardwickii</i>	יונוב קטן
<i>Pipistrellus bodenheimeri</i>	עטלפון בדנהיימר
<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 3ד: מינים אנדמיים באזור ים המלח ומקומות מציאתם

	סמר	קנה	צוקים	הכיכר	עין צין
Crustaceae סרטנים					
Isopoda סדרת שוורגלאים					
<i>Turcolana detecta</i> קנוקנית חבויה	+	+			
<i>Microparasellus enot-samar</i>	+				
Amphipoda סדרת שטצואים					
<i>Bogidiella copia</i>	+	+			
<i>Habraebogidiella bromleyana</i>	+	+			
<i>Metacrangonyx ortali</i>	+	+			
Copepoda בתרמחלקת סרטנאים					
<i>Schizopera dimentmani</i>	+		+		
Gastropoda חלזונות					
<i>Pseudoamnicula solitaria</i>	+	+	+	+	+
<i>Hydrobiidae</i> sp. (חדש למדע, עדיין לא הוגדר)	+				
Ostheichthiyes דגי גרם					
<i>Aphanius richardsoni</i> נאוויית ים המלח	(-)	+	+	+	

מקור: Dimentman & Por, 1991; Por et al, 2001; Goren & Ortal, 1999; אורטל, 1991.

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 שהסתיימה במודל דינאמי המתאר את התהליכים המתרחשים בבריכות האידוי.

ההנחות לניתוח העלייה בהיקף הייצור בזכות התרכזות 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 בעמודת 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 התרכזות מרכיב האשלג בתמלחת מגיע לכדי 0.35 ג'/ק"ג.

שינויים בכושר ייצור משולב

- א. כושר ייצור בריכות האידוי בתחילת שנות השמונים היה 2.2 מיליון טון אשלג בשנה.
 ב. 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:

- א. התרכזות התמלחת בשל ירידת מפלס הים ב-15 מטר, הביאה לעליית התפוקה בכ-100,000 טון אשלג בשנה.
 ב. השקעות בפיתוח מערך חומר גלם בתחום הזיכיון, הניבו גידול בתפוקה בכ-500 אלף טון בשנה.
 ג. שיפורים טכנולוגיים ואופטימיזציה תפעולית הביאו לגידול של כ-400 אלף טון אשלג בשנה.

השקעות של מפעלי ים המלח

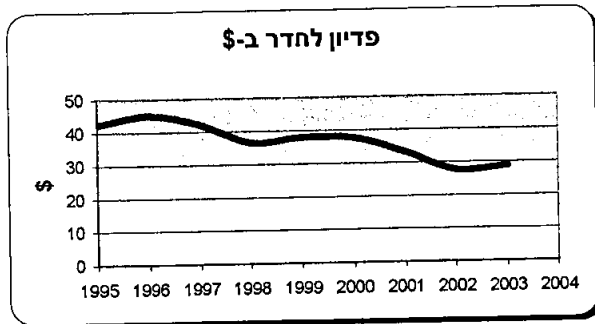
בטבלה 1 מפורטות נקודות ציון עיקריות בהשקעות של מפעלי ים המלח, שנובעות בעיקר מירידת המפלס:

טבלה 1: השקעות של מפעלי ים המלח עקב ירידת המפלס

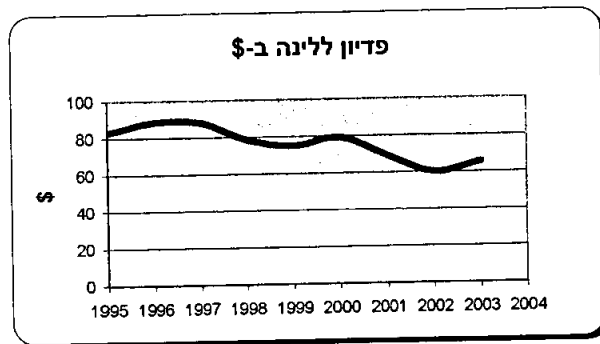
שנה	גורם הפגיעה/נזק	הפתרון	עלות (מיליוני דולרים)	עלות מצטברת (מיליוני דולרים)
1968	ירידת מפלסים באגן הדרומי	בניית תחנת שאיבה p6	10	10
1970	המשך ירידת המפלס	חפירת תעלת הזנה	15	5
1978	ניתוק האגנים	בניית תחנת שאיבה קדמית ותעלת הזנה p7	40	25
1989	המשך ירידת המפלס	בניית תחנת שאיבה קדמית חדשה - p8	65	25
2002	המשך ירידת המפלס	בניית תחנת שאיבה קדמית חדשה - p88	90	25
2002-1982	עלייה בהוצאות אנרגיית השאיבה בשל ירידת מפלס הים	התקנת מנועים חשמליים חזקים	100	10
סה"כ			320	100

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).



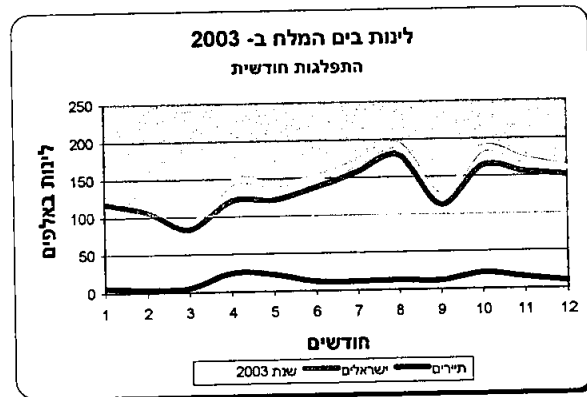
איור 6: פדיון לחדר, באלפי דולרים
(מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)



איור 7: פדיון ללינה, בדולרים
(מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)

המגמות המתוארות באיורים 6 ו-7 דומות מאוד. לעומתן, בבחינת הפדיון למועסק, נשמרת מגמה כמעט אחידה. לקראת שנת 2000

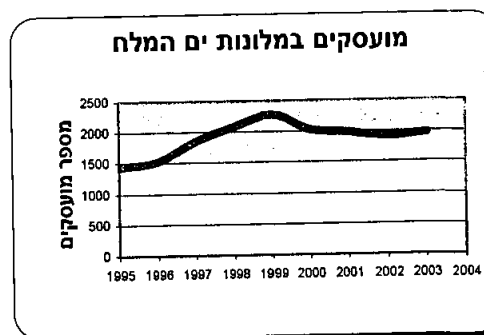
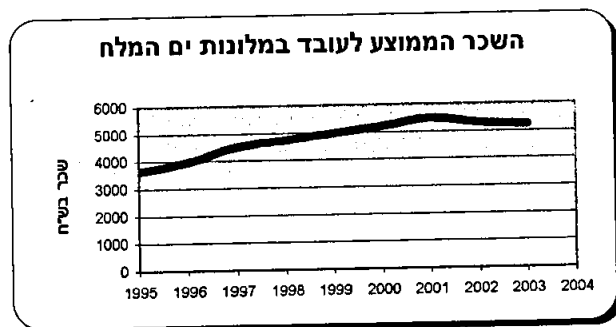
בשנים האחרונות היו רוב הלינות במלונות ים המלח לינות של ישראלים (ראו איור 1). איור 3 מתאר את אחוזי התפוסה במלונות ים המלח בשנה האחרונה, ואיור 4 מתאר את ההתפלגות החודשית של הלינות במלונות אלה באותה שנה, לפי תיירים ואורחים ישראלים.



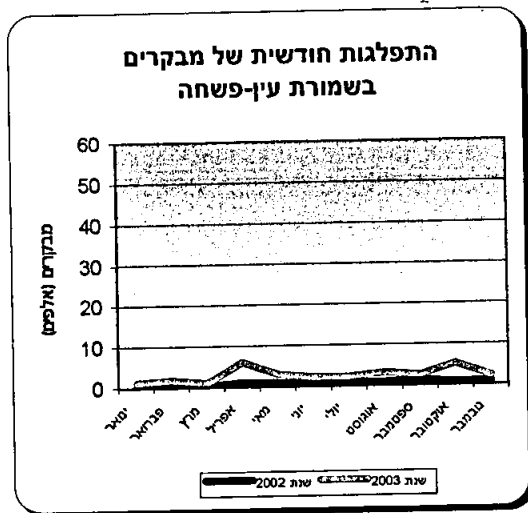
איור 4: התפלגות חודשית של הלינות בים המלח ב-2003
(מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)

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.



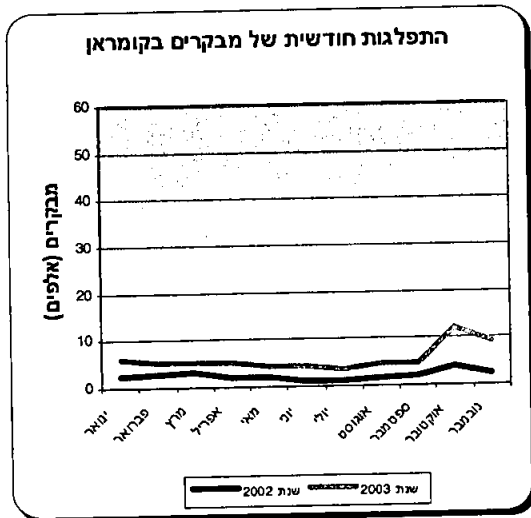
ור 5: א) מימין: התפלגות שנתית במספר המועסקים במלונות ים המלח; ב) משמאל: השכר החודשי הממוצע לעובד במלונות המלח באותן שנים (בש"ח) (מקור: נתוני הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה)



איור 13: התפלגות מבקרים חודשית בשמורת עין-פשהה, 2003-2002 (מקור: רשות שמורות הטבע והגנים)



איור 11: התפלגות מבקרים חודשית בנחל ערוגות, 2003-2002 (מקור: רשות שמורות הטבע והגנים)



איור 14: התפלגות מבקרים חודשית בקומראן, 2003-2002 (מקור: רשות שמורות הטבע והגנים)



איור 12: התפלגות מבקרים חודשית בגן לאומי מצדה, 2003-2002 (מקור: רשות שמורות הטבע והגנים)



איור 15: ממוצע מבקרים חודשי בשמורות הטבע והגנים 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 הנבחנות.

אתרי התיירות הפופולאריים ביותר באזור הם: שמורת עין-גדי והגן הלאומי מצדה.

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 קונים 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 החזוי 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 השלכה 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 מהממוצע. המבקר האופייני הגיע לים המלח ברכבו הפרטי, מלווה במבוגר נוסף או

טבלה 3: נתונים סוציודמוגרפיים שנדגמו: עלות ביקור

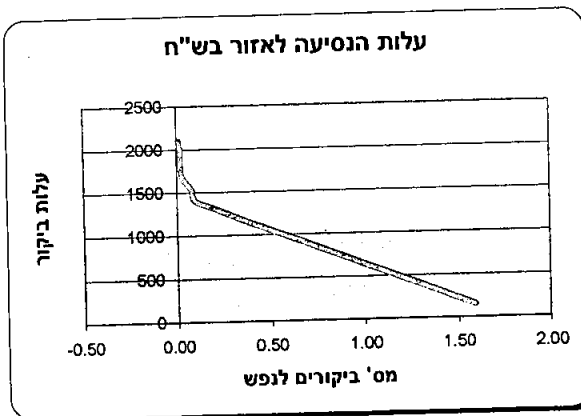
משתנה	תיאור	ממוצע / מאפיין שכיח	הערות
גיל	הנבדקים חולקו לארבע קבוצות גיל: פחות מ-18 (5.3% מהנבדקים), בין 18-30 (32.9%), בין 31-65 (57.9%), מעל 65 שנים (3.9%).	בין 31 ל-65 שנים.	
השכלה	יסודית (9.3% מהנבדקים), תיכונית (9.7%), אקדמית (41.1%), אחר (0).	ההשכלה הרווחת – תיכונית ומעלה.	
הכנסה	נקבעו 5 קבוצות 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 ים 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).

טבלה 5: עלות הביקור ומספר הביקורים לנפש בכל אזור

ביקורים לנפש של אוכלוסיית האזור בשנה**	מספר המבקרים מהאזור (אלף)**	אוכלוסיית האזור (אלף)****	עלות הביקור (בש"ח)***	זמן הגעה ממוצע (בדקות)	מרחק מים המלח (ק"מ)	אזור*
1.59	80.04	50.41	144.18	30	35	1
0.11	181.99	1704.19	1379.10	60	70	2
0.08	188.46	2410.19	1523.28	90	105	3
0.03	24.50	798.96	1667.46	120	140	4
0.02	29.09	1228.45	1811.64	150	175	5
0.02	1.71	24.78	1955.82	180	210	6
0.01	1.46	98.86	2100	210	245	7

* האזורים ברדיס-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:

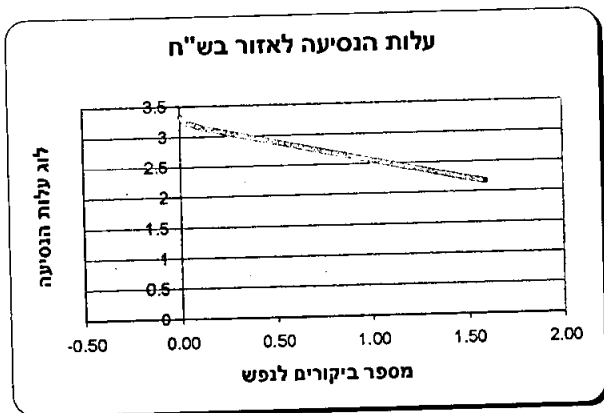
$$V_i = 1.55 - 0.00085dC$$

$$R^2 = 0.895$$

$$F = 42.655$$

$$P_{\text{Value}} = 0.001$$

איור מתאר את התנהגות המבקרים על-פי הסימולציה שתוארה ודם. הנוסחה שהתקבלה מספקת קשר מתימטי בין מספר ביקורים לנפש בשנה לבין עלות הנסיעה. הנוסחה תוכל לנבא מה פעמים בשנה יבקר אדם בים המלח, בכל עלות ביקור. לשם מחשה, אם הנסיעה לים המלח תתייקר ב-50 ש"ח (dC=50),



איור 17: מספר ביקורים שנתיים לנפש, כתלות בלוג עלות הביקור

נוסחת האיור:

$$V = 4.622 - 1.413 \text{Lnd}C$$

$$R^2 = 0.99$$

$$F = 561.828$$

$$P_{\text{value}} = 0.00$$

$$V_{total} = 1180 - 386.253LndC$$

$$R^2 = 0.854$$

$$F = 194.021$$

$$P_{Value} = 0.0004$$

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-אישי-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, מרכזה 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 ומלא על-פי תשובותיו).

כתיבת השאלון מחייבת קבוצת-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 זשקלי שהנסקר נותן היא הנכונות לשלם (שהיא התועלת) עבור זמוצר או השירות. לאחר שמקבלים את הסכום הממוצע או זחציוני במדגם שנוערך, ניתן להשליך זאת על האוכלוסייה זרלוונטית כדי להעריך את התועלת הציבורית מהמשאב.

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
הכנסה	650.29	6.276	4.724	0.0001
ארץ המוצא	17.849	6.167	2.894	0.004
קבוע	55.605	36.186	1.537	0.126
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: sig=000 F=5.999 Rsq=.138

רגרסיה 2: sig=.114 F=19.253

רגרסיה 2 נעשה שימוש ב-Stepwise regression analysis.

דוגמא 1: שני שאלונים שנבנו על-פי שיטת ה-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, זג, שוחה או מבצע סקי-מים במקור של מים מתוקים (אגם, נהל 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 לשתייה;

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 גזרה מאורגנת ייכחדו רוב דגי הסלמון ממרבית הנהרות בשטח המדינה. עתה, הנח שמוקם ארגון לא-ממשלתי לשימור הסלמון. תפקיבו יוקדש לפיקוח על תנאי-השרצה מתאימים וניטור ותאים. בהנחה שהארגון יקבל מימון מספיק, הוא יוכל לבצע הליך השבה במרבית המקומות שבהם הדג אמור היה להיכחד.

ארגון ימומן מתרומות. כל התורמים יקבלו מידע על פעולות ארגון ובכלל זה על מצב דגי הסלמון, היכן ניתן לצפות בהם ויכן 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 אהיה 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 שצינו, 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

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 בניחות 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.

4.9. שאלון עלות ההגעה

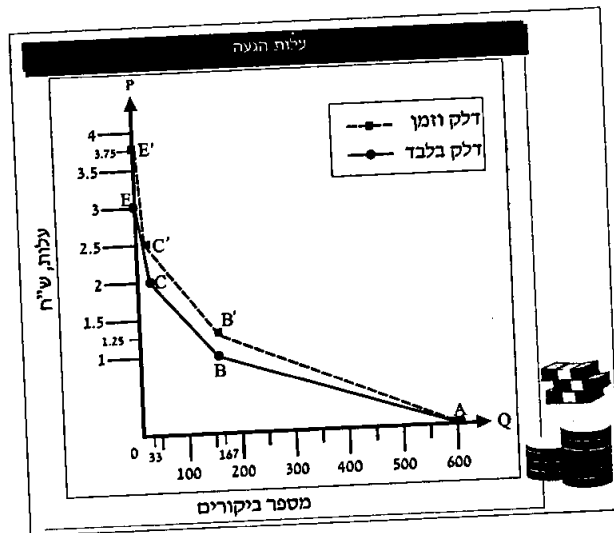
ברוכים הבאים לאזור ים המלח

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 מביתך?
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?
הוף ים המלח..... נחל..... מעיין..... שמורת טבע.....
אתר ארכיאולוגי..... מלון..... אחר.....

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, 4 תהיה מעתה 2, 3, 4, 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 – $200 \times 1/3 \sim 67$. 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 – $100 \times 1/3 \sim 33$. 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.

ז. 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 ישמר.
 - 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:

זשוב 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

ליונסקי, 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-עיור 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, האוניברסיטה 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 בלון, ר., ליטמן, ה.צ., ואלעזרי-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 בוואר.

זרן, מ., 19/04/03. דגי עינות-צוקים. 2 עמ'. אוניברסיטת תל-אביב.

זית, א., הרשקוביץ, י., ובן-דוד, א., 2003. סקר חסרי-חוליות בשמורות עינות צוקים. דוח מסכם. המכון לחקר שמירת הטבע, אוניברסיטת תל-אביב.

זלב, י., 1996. סיכום שנתיים של דיגום צומח שמורת עינות-צוקים. דוח פנימי, רשות שמורות הטבע.

זלב, י., 1997. רשימות מיני הצומח בשמורות הטבע באיו"ש. רשות שמורות הטבע.

- 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 evaporate. *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.

פרק הכלכלי

זווי הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה.

- Boyle, K.J. and Bishop, R.C., 1987. Valuing Wildlife in Benefit-Cost Analyses: A Case Study Endangere 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, II. I. Bateman and K. Willis, Eds. *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingen 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.

C. Recommendations

- 1) The present document is intended for use by the Statutory Planning Authorities, the Regional Councils and the Government Departments responsible for infrastructures. The maps included in the report identify areas prone to the occurrence of sinkholes and subsidence. The Engineering Team of the Interministerial Committee on sinkholes evaluated existing and future planning and building in the region. A summary of the team's intermediate report as written is attached as an appendix to this document.
- 2) Each body that is responsible for any aspect of engineering infrastructures and facilities (the regional councils, PWD, the Electric Corporation, etc.) should carefully study the areas demarcated as prone to substrate failure. Since map resolution is not sufficient for detailed site planning, the following measures should be undertaken:
 - ❖ Systematic identification of buildings, stretches of road, agricultural uses, and other infrastructures that the maps show to be in land failure – prone areas, together with an assessment of the urgency of the risk.
 - ❖ Assessment of whether damage could be prevented and preparations to reinforce or replace the infrastructures that are at immediate risk.
 - ❖ Examination of alternatives, and ways for vacating those sites where damage cannot be prevented or where prevention is technically or financially unfeasible.
 - ❖ Determination of the means, technical and/or financial, by which either the prevention or its alternatives can be put into practice.
- 3) The Geological Survey of Israel will monitor changes in the physical infrastructure, and will routinely update the maps of sinkhole risk and associated subsidence. The Geological Survey and an engineering expert will also be consulted for the detailed planning, in order to define the risk as accurately as possible on a local scale.
- 4) A new regional master plan will be prepared for the western shores of the Dead Sea revising previous plans. A new planning approach will be adopted, taking into account the dynamic changes in the substrate expected over the next 20 years extending to 40 years from now.

Formulating the planning concept requires examining alternatives, which include directing future development to risk-free regions (the "white regions") as shown on the physical infrastructure maps. Planning should also include recommendations for developing infrastructures that will enable public access to the Sea at safe locations
- 5) Following the updated regional master plan, the Ministry of Tourism and the regional councils will reexamine and update the existing master plan for lakeside tourism.
- 6) The Government will draft a conceptual plan that envisages the continued activity of the Dead Sea's mineral industries after the year of 2030 (when the Dead Sea Works' concession expires).
- 7) The professional and statutory bodies that deal with the regional water resources (the

industrial plants and tourist centers are far from the shore, beyond the zone of latter-day shore retreat.

- ❖ Nevertheless, the decline of water level causes shorelines to retreat a considerable distance from the tourist facilities and from former beach access routes. Risk-free shoreline access is one of the issues that need imminent attention if safe beach recreation is to be maintained.
- ❖ Land use plans at all levels were prepared before the dynamic changes of the shore belt had been recognized and investigated. Consequently, some of the future development areas overlap areas of land failure and sinkhole risk.
- ❖ Potential areas of development which are free of the limitations stemming from the anticipated development of sinkholes have been identified between the regions prone to the emergence of sinkholes and the cliff Escarpment.

In conclusion: understanding the implications and consequences of the existing situation provides a basis for rethinking, and for outlining principles and directives regarding the future development of the shores of the Dead Sea. These will enable uninterrupted development and the realization of the region's potential.

- ❖ This policy document presents and discusses maps of the future physical infrastructure, including:
 - ❖ The location of the likely future shorelines in space and in time.
 - ❖ Subsidence and regions prone to the emergence of sinkholes, categorized into active sinkhole sites, areas in which there is a potential for sinkholes, areas in which the possibility of sinkholes can not be ruled out, and areas in which sinkholes are not expected to develop.
 - ❖ Exposure of mud flats, steep slopes, and regions prone to landslides and mudslides.
 - ❖ Accelerated undercutting and deepening of the creeks, which threaten to damage roads, bridges and other infrastructures.
 - ❖ Undermining the stability of natural water pools such as Einot-Zukim, Kaneh, and Samar, and damage to these unique sites.
 - ❖ Loss of underground water storage capacity, which diminishes the onetime reserve of the aquifers that drain into the Dead Sea from all directions, as a result of the decline in the water level. This loss is expected to be relatively small, not exceeding few tens of millions of cubic meters per year, far less than claims made in the past, mainly by Jordanian experts, of a loss of hundreds of millions of cubic meters annually.

3) Irreversible damage to the shore habitat and to unique species

- ❖ The ecology of the lakeside oases is of both local and universal value. They serve as important rest stops along birds' migration routes, and as a source of water and food for the birds and larger mammals of the Judean Desert. Dropping lake levels cause

changes in the shore habitat, creating rapid-flow gullies which may breach pool embankments. Also, the local groundwater table may be lowered and salinities may rise. The overall effects may include a reduction in biodiversity, changes in migration patterns, and damage to unique local ecosystems.

4) Economic implications of the default option

- ❖ The financial value of the default option can be quantified by means of a "Restoration Costs", which is a balance between the cost of damages to agriculture and to the road networks against the benefits accruing to the Dead Sea Works by increase of the sal concentration in the North Basin.
- ❖ The Dead Sea mineral industries in Israel and in Jordan draw economic benefit from the past changes, and may anticipate further benefits in the coming decades. Increased water salinity increases the efficiency of salt extraction. After subtracting the production costs resulting from the decline in the water level, the profit gained from increased salinity amounts to an additional 100,000 tons of potash produced per year (this for the Israeli Dead Sea industries only). With raw potash selling at about 12 Euro per ton, this represents about 1.2 million Euro, or about 6.8 million Israeli Shekels (NIS) per year. The capitalized value of the annual income supplement is about 78 million NIS over 20 years and 107 million NIS over 50 years.
- ❖ The following table presents data on the Restoration Costs and the costs of direct damages that stem from changes in the water level:

approaches this level. In this respect it should also be noted that at a lake level above -402-400 the South Basin will be reflooded. It should however be recalled that much of the Southern Basin is currently occupied by the Dead Sea Works' and Arab Potash Co.'s evaporation ponds and therefore the rising water will be impeded by the dams surrounding these ponds, while possibly endangering them. Moreover, even if the target level will be set at today's -418 m level, turning the present trend of decline and refilling to this level will take at least another 30-40 years.

Therefore, the "default option" and its ensuing realities are valid and relevant to any foreseeable planning horizon (30-40 years, and possibly even more). At the same time, trend-turning steps should of course also be examined, in order to formulate a long term integrative and sustainable national policy.

The ongoing decline in the water level and the deterioration of infrastructure along the shores have generated a climate of uncertainty concerning the continuation of the current phenomena, future trends, the risks generated, and accompanying economic costs. The present document dispels much of this uncertainty and presents a multidisciplinary perspective and a well-grounded forecast of the future of the Sea and its shores. This forecast constitutes a basis for formulating a policy of management and development that meets the changing conditions, and can enable ongoing activity and development of the region's potential.

Structure of the Document

The document has three divisions:

- ❖ Policy directives for the future of the Dead Sea, including alternative land use planning adapted to changing regional conditions. This part summarizes the main findings of the study, their significance and recommendations.
- ❖ The main body of the document, which consists of a nine-chapter survey of the region's settlements, the physical substrate and water body, ecology and environment, land use, and an economic analysis.
- ❖ Appendices: data, and complementary analyses.

THE STEERING COMMITTEE

Chairpersons:

Dr. Miriam Haran	Director-General, Ministry of the Environment
Dr. Michael Beyth	Ministry of National Infrastructures
Valerie Brachya	Ministry of the Environment

Members:

Ohad Ornstein	Ministry of Industry, Trade and Labor
Yaron Ergaz	Ministry of Tourism
Adv. Neta Drori	Ministry of the Environment
Architect Alicia Sieber	Ministry of the Interior
Jacob Keidar	Ministry of Foreign Affairs
David Deshen Deutsh	Israel Lands Administration
Amir Shavit	Ministry of Finance
Asaf Meir	Ministry of Finance
Dov Litvinoff	Tamar Regional Council
Mordechai Dahman	Megillot Regional Council
Eng. Oded Harel	Dead Sea Works Ltd.
David Yaroslavitch	Water Commission
Dan Schwartz	Dead Sea Drainage Authority
Nir Engert	Israel Nature and Parks Authority
Adv. Gideon Bromberg	Friends of the Earth Middle East

Language editing – Shlomo Arad

English Summary editing – David Hornik, Ithamar Perath

Coordinating – Galit Hazan, The Jerusalem Institute for Israel Studies

Printing production – Hamutal Appel, The Jerusalem Institute for Israel Studies

Design and typesetting – Esti Boehm

Proofreading – Michal Korach, The Jerusalem Institute for Israel Studies

The Document is available at:

www.sviva.gov.il

www.jiis.org.il

www.gsi.gov.il

Rights belong to the Ministry of the Environment and to the Jerusalem Institute for Israel Studies.
It is allowed to copy parts of this document for educational, research and policy making purposes,
provided an appropriate credit will be given to this work.