

מכון ירושלים לחקר ישראל
מייסודה של קרן צ'רלס ה' רבסון

שינויים במאזן המים כאמצעי להתמודדות עם בעיות ים המלח

הערכה בלתי-תלויה של חלופות ל"מובל-ימים" ולהשגת יעדיו

מחקרי מכון ירושלים לחקר ישראל מס' 417

שינויים במאזן המים כאמצעי להתמודדות עם בעיות ים המלח

הערכה בלתי-תלויה של חלופות ל"מובל-ימים" ולהשגת יעדיו

עבודה זו רואה אור בסיוע קרן צ'רלס ה' רבסון, ניו יורק, מפעלי ים המלח (מי"ה)
ומרכז מדע ים המלח והערבה (מו"פ ים המלח והערבה).

הדברים הנאמרים הם על דעת המחברים בלבד.

הפקה והבאה לדפוס: חמוטל אפל

עיצוב ועימוד: אסתי ביהם

עריכה לשונית: שלמה ארד

תרגום לאנגלית: מירב דתן

© 2011, מכון ירושלים לחקר ישראל

בית חי אלישר

רח' רד"ק 20, ירושלים 92186

© 2011, The Jerusalem Institute for Israel Studies

The Hay Elyachar House

20 Radak St. 92186 Jerusalem

<http://www.jiis.org.il>

E-mail: machon@jiis.org.il

דוח זה מוגש במסגרת עבודה המתנהלת במכון ירושלים לחקר ישראל ומלווה בצוות היגוי רחב. העבודה הוכנה על רקע מסגרת העבודה העכשווית בניהולו של הבנק העולמי (www.worldbank.org/rds) המבטאת הסכמה בין ירדן, ישראל והרשות הפלסטינית לבחינת היתכנות לעצירת הידרדרותו של ים המלח באמצעות העברת מים מים סוף (פרויקט ה-RSDSC).

העבודה הנוכחית מבקשת להציף את העלויות והמשמעויות של חלופות שונות מים-סוף ומן הים התיכון להשגת יעדי פרויקט מובל-ימים ולהציג את העלויות הנוספות הכרוכות בבחירת חלופה זו או אחרת לעומת החלופה הזולה ביותר; כל זאת תוך הארת יתרונותיה ומגרעותיה של כל חלופה לצד אי-הוודאויות והסיכונים הכרוכים בה.

עבודה זו אינה מתיימרת לקבוע מהו הפתרון הראוי, אך ממצאה נועדו להוסיף ממד עובדתי, פרספקטיבה וביקורת ככל שתעלה לתהליך קבלת ההחלטות הלאומי והבינלאומי בכל הקשור לדרך ההתמודדות עם מאזן המים הגירעוני של ים המלח ונגזרותיו. בשונה מפרויקט הבנק העולמי, מדובר כאן במסגרת עבודה ישראלית בלבד, שנעשתה כמובן מתוך מודעות לצרכים ולאי-לוצים הבינלאומיים, אך אינה נושאת במחויבויות הנגזרות מעבודה משותפת.

מחקר וכתובת המסמך

עורך המסמך וראש הצוות: ד"ר עמוס ביין
כלכלה: רן חקלאי; פרופ' עזרא סדן
הנדסת מים: פרופ' עמיצור ברק; גבי שחם
תשתית וסביבה: ד"ר עמיר אידלמן; אלי רוז

ועדת היגוי

יושב ראש: ד"ר עמנואל שרון

מכון ירושלים לחקר ישראל

פרופ' יעקב בר-סימן-טוב
ולרי ברכיה
מאיר קראוס

מפעלי ים המלח

נעם גולדשטיין
ד"ר יוסף לאטי
טובי שור

מחקר ופיתוח ים המלח והערבה

יעל מאור
דן שחף

נציגי הארגונים הירוקים

רענן בורל, מרכז קואליציית ים המלח, ארגוני הסביבה
עו"ד גדעון ברומברג, ידידי כדור הארץ, המזה"ת, מנכ"ל ישראלי
ניר פפאי, החברה להגנת הטבע

אקדמיה

פרופ' אילון אדר, אוניברסיטת בן גוריון שבנגב
פרופ' אילן סלומון, האוניברסיטה העברית בירושלים
פרופ' אוריאל ספריאל, האוניברסיטה העברית בירושלים

ניהול וריכוז הפרויקט

ולרי ברכיה
גלית חזן

תוכן העניינים

7	תמצית העבודה.....
10	עיקרי הדברים.....
19	1. מבוא
21	2. מטרת העבודה
22	3. רקע והנחות העבודה
22	3.1 מאזן המים
24	3.2 השלכות מאזן המים על חיזוי עתיד ים המלח.....
26	4. אי-ודאויות וסיכונים
27	4.1 אי-ודאויות לגבי ים המלח.....
27	4.1.1 יצירת גוף-מים משוכב יציב בעקבות ייצוב המפלס.....
28	4.1.2 הפרעה לשאיבת מי-גלם על ידי מפעלי התעשייה הכימית
28	4.1.3 התגבשות גבס.....
29	4.1.4 פריחה מיקרוביאלית בשכבת המים העליונה.....
29	4.1.5 שינוי מיקרואקלימי אזורי.....
30	4.1.6 היפוך וערבוב גוף המים – שינוי בהרכב ים המלח.....
30	4.1.7 התפתחות בולענים.....
30	4.2 אי-ודאויות באתרי השאיבה.....
30	4.2.1 מפרץ אילת-עקבה, מדרום לעקבה.....
31	4.2.2 הים התיכון.....
32	4.3 סיכום, משמעות ומזעור נזקים.....
33	5. פיילוט ויישום מודולארי.....
35	6. הגדרה ואפיון חלופות-תוואי בעבודה זו
37	6.1 תיאור החלופות.....
39	6.1.1 חלופות ים-סוף.....
50	6.1.2 חלופות הים התיכון.....
57	7. בחינה השוואתית של ההשקעות הנדרשות
57	7.1 הובלת המים לים המלח ומאזן האנרגיה
66	7.2 אספקת מים שפירים וצורכי האנרגיה.....

80	8. ניתוח כלכלי של החלופות והמשמעויות
80	8.1 כללי
80	8.1.1 הנושא המרכזי, פערי עלויות בין החלופות
82	8.1.2 פערי עלויות ישירות
82	8.2 המבחן הכלכלי, המסגרת
82	8.2.1 הגדרת יעדי המובל
83	8.2.2 חלופות למבחן
86	8.2.3 הנחות עבודה
88	8.2.4 חישוב מפורט לדוגמה
91	8.3 המבחן הכלכלי, הממצאים
91	8.3.1 ערכי-עלות נוכחיים
93	8.3.2 מים שפירים לעמאן – עלות מיטבית
94	8.3.3 היעדים הראשיים – עלות מיטבית ישירה ושיקולים מוסדיים
95	8.3.4 ייצוב מפלס ים המלח – עלות כוללת
	8.3.5 שיקום הזרימה בירדן התחתון – עלות כוללת ושיקולים של
97	חוק וסדר
100	9. הפרויקט מנקודת-ראות ישראלית
100	9.1 מים מתוקים לעמאן
101	9.2 ייצוב מפלס ים המלח
102	9.3 שיקום אגן ההיקוות
103	9.4 יישום מודולארי – היבטים תכנוניים, ארגוניים ופוליטיים
105	10. נספח A: עלויות עקיפות
105	10.1 עלות עקיפה למפעלי התעשייה הכימית בים המלח
105	10.1.1 שינוי בתפוקה ובתמורה-נטו, מפעלי התעשייה הכימית
106	10.1.2 תרחישי פחיתה בערך התפוקה של מפעלי התעשייה הכימית
107	10.1.3 צפי הפחיתה במהלך ייצוב המפלס ולאחריו
107	10.2 העלות העקיפה – מלונאות ותיירות
107	10.2.1 מלונאות ותיירות בצד הישראלי
108	10.2.2 מלונאות ותיירות בצד הירדני
109	10.3 עלות עקיפה – סה"כ
110	11. נספח B: תעריפי תעו"ז

תמצית העבודה

עבודה זו בוחנת מגוון מייצג של חלופות מים-סוף ומהים התיכון להקמת מובל-ימים שיוליך מים לים המלח. העבודה מתמקדת בהגדרה רעיונית של החלופות ובחידוד שיטה כלכלית למבחנים השוואתיים. היא מחשבת את העלויות של כל חלופה ומציגה את העלות הנוספת הכרוכה בבחירת חלופה זו או אחרת לעומת החלופה הזולה ביותר, תוך ציון יתרונותיה ומגרעותיה של כל חלופה.

העבודה הוכנה על רקע מסגרת העבודה העכשווית (Study Program) בניהולו של הבנק העולמי (www.worldbank.org/rds); מסגרת עבודה זו מבטאת הסכמה בין ירדן, ישראל והרשות הפלסטינית (the Beneficiary Parties) לבקש מהבנק העולמי לבחון היתכנות לעצירת הידרדרותו של ים המלח באמצעות העברת מים מים סוף (פרויקט ה-RSDSC).

בעבר התנקזו לים המלח מים שפירים בעיקר מנהר הירדן והם שאיזו את נפח המים שהתאדה מהאגם. בעקבות הקמת מפעלי-מים אזוריים נעצרה זרימה זו כמעט לחלוטין ויחד עם יצירה מלאכותית של שטחי אידוי תעשייתיים נוצר באגם מאזן מים גירעוני המתבטא בירידה מתמשכת של מפלס ים המלח ובצמצום שטחו.

הרעיון למובל-ימים נועד לשנות את מאזן המים הגירעוני באגם באמצעות שאיבה והזרמה של מי-ים ונגזרותיהם לים המלח, בשילוב התפלה ויצירת אנרגיה הידרואלקטרית. הזרמה כזו תשנה סדרי בראשית ותהיה כרוכה בתהליכים ובסיכונים סביבתיים וכלכליים שאינם ניתנים לחיזוי מלא ומכאן אי-הוודאות באשר להשלכותיו האפשריות של המיזם.

לנוכח מורכבות הפרויקט ואי-הוודאויות הרבות הנותרות גם לאחר העבודה היסודית של הבנק העולמי, ממליצה עבודה זו כי היה ויחלט לקדם את הפרויקט, הוא ייושם באופן מודולארי. תכנון היישום המודולארי במושגים של שלבים, כמויות הזרמה, היקף התפלה וקצב יישום, חייב בראש ובראשונה להתמודד עם אי-הוודאויות ועם תרחישים מחמירים אפשריים. כמו כן התכנון אמור להתייחס לאופן היישום המודולארי, לניטור ההשלכות ולזמן המינימאלי שידרש להתנסות וללימוד ההשפעות בטרם יחלט אם להתקדם משלב אחד למשנהו. את התכנון יש ללוות במתווה ארגונית לניהול היישום המודולארי, לזיהוי בעיות, להגדרת חומרתן ולקבלת החלטות לגבי התקדמות, או חלילה לגבי עצירת הפרויקט, אם ייתגלו מפגעים חמורים.

המתודולוגיה והמבחנים הכלכליים בעבודה הנוכחית, שמטרתם העיקרית ליצור בסיס להשוואה, הם מבחני "עלות מיטבית" של שש חלופות להזרמת מי-ים ונגזרותיהם (מי רכז לאחר התפלה): חלופה אחת המזרימה מים שפירים ושתי חלופות המספקות מים

שפירים למרחב עמאן בלי קשר לים המלח. החלופות הנבחרות מוצגות במתווה עקרוני-רעיוני בלבד ואין לראות בהן הצעה או תחליף לתכנון המודולארי שאותו יש לקדם בהתאם להמלצות עבודה זו. הניתוח הכלכלי נמנע ממבחנים מקיפים של "עלות-תועלת" מפאת הבעייתיות שבכימות התועלת שתושג ממוצר כמו ייצוב מפלס ים המלח. עם זאת, הניתוח מכמת את התועלות (החיוביות והשליליות) הנגזרות מן הפרויקט לאספקת מים שפירים לעמאן וכן לתיירות ולתעשייה בים המלח, ומסתייע בהן לחישוב העלויות הרלוונטיות בנפרד של ייצוב מקורב של מפלס ים המלח ושיקום הירדן התחתון, כיעד משלים. העלויות העקיפות של החלופות השונות אינן שונות בעיקרן כשמדובר בהזרמת מי-ים ונגזרותיהם. לכן אין בהכללת עלויות אלו כדי לשנות את המסקנות שעניינן פערי העלויות בין החלופות. לעומת זאת, במקרה של הזרמת מים שפירים, העלויות העקיפות נמוכות יותר והכללתן מצמצמת את הפערים שבין העלויות. בכל מקרה, כאשר מוסיפים את העלויות העקיפות לעלויות הישירות מתקבלת אינדיקציה להיקף העלויות הכוללות של מימוש היעד של ייצוב מפלס ים המלח ושיקום מלא או חלקי של הירדן התחתון (מוצג בעיקרי הדברים ובסעיף 8.3 בגוף העבודה).

אומדן עלויות הכינון והתפעול של החלופות מוצג בטבלה שלהלן כתזרים מזומנים בערכים דולריים והיוון התזרים לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, בשער ניכיון של 7% ולאופק של 30 שנה. הטבלה מתחלקת **בהתאם למטרות המוצהרות שהן תכלית הפרויקט**. החלק הראשון בטבלה (I) מתייחס לחלופות **חד-תכליתיות** שיעדן אספקת 200 מיליון מטרים מעוקבים בשנה (מלמ"ש) של מים שפירים לעמאן, בלי קשר לים המלח. החלק השני (II) מתייחס לחלופות **דו-תכליתיות** שיעדיהן אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן ותוספת 800 מלמ"ש מי-ים לים המלח. החלק השלישי (III) מתייחס לחלופה **תלת-תכליתית** שיעדיה אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן והזרמת 800 מלמ"ש מים שפירים לים המלח דרך ערוץ הירדן. בחלק זה יש גם חלופת-משנה שכוללת אספקת 200 מלמ"ש לעמאן, הזרמת 700 מלמ"ש מים מלוחים לים המלח והזרמה נוספת של 100 מלמ"ש מים שפירים לשיקום חלקי של הזרימה בירדן התחתון.

בחינת עלות החלופות אל מול התכלית שתושג באמצעותן, מעלה את הדברים הבאים:

- החלופה המיטבית לאספקת מים שפירים בלבד לעמאן היא מן הכינרת על חשבון המוביל הארצי, תוך הגדלת מתקני ההתפלה בישראל (חלופה M); עלות ישירה: 2.7 מיליארד דולר). משמעות הבחירה בחלופה זו היא שישראל היא שתספוג את תוספת הנזק הסביבתי הכרוך בהתפלה ואילו ירדן מצדה תהיה תלויה באספקת מים מישראל. לחלופין, אספקת מים מעקבה (חלופה R); עלות ישירה: 3.7 מיליארד דולר) תעלה כמיליארד דולר יותר, אך תפתור את שתי הבעיות הנ"ל.

- החלופה הזולה יותר לייצוב מפלס ים המלח ולאספקת מים לעמאן היא הבאת מים מן הים התיכון דרך בית שאן (חלופה M2; עלות ישירה: כ-4.5 מיליארד דולר). מדובר בעלות נוספת של כ-1.5 מיליארד דולר שנועדה גם לייצב בקירוב את מפלס ים המלח. השגת מטרות אלו ללא תלות בישראל, באמצעות מובל מים-סוף (חלופה R1; עלות ישירה: 6.1 מיליארד דולר) תעלה עוד כ-1,6 מיליארד דולר.
- החלופה המיטבית לייצוב מפלס ים המלח, לאספקת מים לממלכת ירדן ולהזרמת מים שפירים בירדן התחתון, היא הבאת מים מן הים התיכון דרך בית שאן (חלופה M2a; עלות ישירה: 5.2 מיליארד דולר). מדובר בתוספת עלות של כ-0.8 מיליארד דולר והכמות שתוזרם לערוץ הירדן היא 100 מלמ"ש מים מותפלים.

החלופות		NPV* בשער ניכיון של 7%, לאופק של 30 שנה ערך נוכחי במיליוני דולרים לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט
I. חלופות חד-תכליתיות: 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן (ללא קשר לים המלח)		
R	מים לעמאן; עקבה-עמאן	3,677
M	מים לעמאן; הכינרת-עמאן	2,732
II. חלופות דו-תכליתיות: 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן; 800 מלמ"ש מי-ים/מי-רפז לים המלח		
R1 חלופה מיטבית מים-סוף	מים-סוף בצינור עליון	6,142
M2 חלופה מיטבית מהים התיכון	מן הים התיכון דרך בית שאן	4,492
III. חלופה תלת-תכליתית: אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן; הזרמת 800 מלמ"ש מים שפירים שיותפלו לחוף הים התיכון לערוץ הירדן ותוספת של עד 800 מלמ"ש לים המלח		
M3	מן הים התיכון דרך בית שאן	7,386
III. חלופת-משנה תלת-תכליתית: אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן; 100 מלמ"ש מים שפירים לערוץ הירדן ו-700 מלמ"ש מי-ים/מי-רפז לים המלח		
M2a	מן הים התיכון דרך בית שאן	5,251

* Net Present Value – NPV

עיקרי הדברים

עבודה זו בוחנת מגוון מייצג של חלופות מים-סוף ומהים התיכון להקמת מובל-ימים שיוליך מים לים המלח. העבודה מתמקדת בהגדרה רעיונית של החלופות ובחידוד שיטה כלכלית למבחנים השוואתיים. היא מחשבת את העלויות של כל חלופה ומציגה את העלות הנוספת הכרוכה בבחירת חלופה זו או אחרת לעומת החלופה הזולה ביותר, תוך ציון יתרונותיה ומגרעותיה של כל חלופה.

העבודה הוכנה על רקע מסגרת העבודה העכשווית (Study Program) בניהולו של הבנק העולמי (www.worldbank.org/rds); מסגרת עבודה זו מבטאת הסכמה בין ירדן, ישראל והרשות הפלסטינית (the Beneficiary Parties) לבקש מהבנק העולמי לבחון היתכנות לעצירת הידרדרותו של ים המלח באמצעות העברת מים מים סוף (פרויקט ה-RSDSC).

רעיון מובל הימים, המבקש לשנות את מאזן המים הגירעוני של ים המלח באמצעות הזרמת מי-ים, מלווה בתנאי-חוסר-ודאות שנבחנים בהרחבה בדוחות הבנק העולמי ונסקרים גם בעבודה זו. מתברר כי בתנאים אלה, הנותרים גם לאחר העבודה היסודית של הבנק העולמי, אין מנוס מליישם את הפרויקט באופן מודולארי, שיאפשר בחינה כמותית מהימנה של כל העשוי להתרחש בעקבות מימוש הפרויקט במלוא היקפו. עבודה זו מציגה בחינה רעיונית של מובל בעל כושר הזרמה של כמחצית כושר ההזרמה המלא – דהיינו: כ-1,000 מיליון מטרים מעוקבים מים בשנה (מלמ"ש) – ואפשרות לשילוב מערכות התפלה שבאמצעותן ניתן יהיה להפחית את כמות המים המוזרמת לים המלח עד לכדי 200-600 מלמ"ש. חשוב להדגיש כי החלופות הנבחנות מוצגות במתווה עקרוני-רעיוני בלבד ואין לראות בהן הצעה ליישום מובל-ימים או תחליף לתכנון המודולארי שאותו יש לקדם בהתאם להמלצות עבודה זו.

ניתוח מאפייני החלופות בעבודה זו, שמטרתו ליצור בסיס לניתוח כלכלי משווה, מבוסס על הנתונים המיוחדים של כל תוואי ותוואי ועל קובץ זהה של מרכיבים הנדסיים ותפעול שעלותם מוערכת מתוך הנחת ערכים נורמטיביים למרכיבים דומים בישראל. כל חלופות התוואי בעבודה זו בוחנות שתי חלופות-הזרמה בסיסיות: האחת מניחה הזרמה ויצירת חשמל ברציפות ואילו השנייה כוללת הזרמה ואגירה שאובה למשך 16 שעות ויצירת חשמל בשמונה שעות השיא.

העבודה בוחנת שש חלופות תוואי להזרמת 1,000 מלמ"ש, מתוכן אספקת מים שפירים בהיקף של 200 מלמ"ש למרחב עמאן ו-200 מלמ"ש נוספים בחלוקה שווה

לישראל ולפלסטינים. ארבע חלופות מתוך השש הן מיס-סוף (R1-R) ושתי חלופות מן הים התיכון (M2-M1). בנוסף נבדקה חלופה המדמה בקירוב החזרת הזרימה לירדן התחתון (M3) וחלופה לאספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן מעקבה (R), במנותק ממובל מי-ים לים המלח. כדי ליצור בסיס השוואתי, הועמדה גם חלופה לאספקת 200 מלמ"ש לעמאן מן הכינרת (M) על חשבון המוביל הארצי והחלפתם במי-התפלה שיופקו לחוף הים התיכון.

בכל התוואים נבחנת הולכת מי-ים בצינורות, בשילוב מנהרות ותעלות לפי הצורך והנסיבות. בחלופות ים-סוף התכנון עוקב בקירוב אחר התוואים המוצגים בעבודת הבנק העולמי ומותאם לתנאים הפיזיים של הערבה ושוליה המזרחיים. בחלופות הים התיכון חלופה M1 עוברת בתוואי שבין אשקלון לקרבת קומראן, בעוד שחלופה M2 עוברת מקיסריה לים המלח דרך עמק בית שאן. חלופה M3 זהה בתוואי ההולכה ל-M2 ושונה ממנה בתפיסת ההתפלה וההזרמה לים המלח.

המתודולוגיה והמבחנים הכלכליים שנקטו בעבודה זו הם מבחני "עלות מיטבית" שמטרתם העיקרית להצביע על פערי עלויות בין החלופות השונות. הניתוח נמנע ממבחנים מקיפים של עלות-תועלת, שכן ישימותם תלויה בחלקה בשיטת הכימות השנויה במחלוקת של התועלת הנגזרת ממוצר ציבורי כמו ייצוב מפלס ים המלח ושיקום הירדן התחתון. עם זאת, ראוי לציין כי עצם קיום התועלות אינו שנוי במחלוקת וייצוב מפלס ים המלח הוא מטרתו ותכליתו המרכזית של הפרויקט. עדיין וככל שניתן, הניתוח מכמת מקצת התועלות ביחס ליעדי המשנה של הפרויקט ומסתייע בהן לחישוב העלויות הרלוונטיות ליעד של ייצוב מפלס ים המלח וכן ליעד משלים – שיקום הירדן התחתון. זאת על יסוד ניכוי ערך התועלות של היעדים האחרים מעלות החלופות הרב-תכליתיות העומדות למבחן. העלויות העקיפות של החלופות אינן שונות בעיקרן זו מזו כשמדובר בהזרמת מי-ים ונגזרותיהם ולכן אין בהכללתן כדי לשנות את המסקנות שעניין פערי העלויות בין החלופות. לעומת זאת, העלויות העקיפות של הזרמת מים שפירים בערוץ הירדן לים המלח הן נמוכות יותר ומכאן שהכללתן מצמצמת את פערי העלויות. בכל מקרה, כאשר מוסיפים את העלויות העקיפות לעלויות הישירות, מתקבלת אינדיקציה להיקף העלויות הכוללות של מימוש היעד – ייצוב מפלס ים המלח ושיקום מלא או חלקי של הירדן התחתון (מוצג בעיקרי הדברים ובסעיף 8.3 בגוף העבודה)

המבחנים בעבודה זו הם של חלופות-קצה להזרמת 1,000 מלמ"ש והם אינם כוללים שילובים של חלופות הזרמה ותוואים. בדיונים ובמהלכים המלווים עבודה זו עלו מגוון רעיונות לשילובים כאלה ואחרים הכוללים בחלקם גם הזרמות מים שפירים ממקורות שונים ובכמויות שונות לירדן התחתון. בחינת אפשרויות כאלה מחייבת בראש וראשונה

את גיבוש היעדים והשילובים להשגתם. רק לאחר מכן ניתן יהיה לבחון אותם בצורה דומה למבחנים המוצגים בדוח הנוכחי. כדוגמה לשילוב אפשרי כזה מוצגת בעבודה זו גם חלופת המשנה M2a, היתה לחלופת הים התיכון M2, אך בנוסף להתפלת 200 מלמ"ש באזור בית שאן והזרמתם לעמאן, מותפלים בה עוד 100 מלמ"ש להזרמה ולשיקום חלקי של הירדן התחתון.

הניתוח הכלכלי בעבודה זו מתמקד בחלופות אפשריות למימוש היעדים המובילים: אספקת מים שפירים לירדן והזרמת מים לים המלח, הנגזרים משאיבה בים-סוף או בים התיכון. אספקה מקבילה של מים שפירים לישראל ולרשות הפלסטינית תהיה לרוב יקרה מחלופות ההתפלה לחופי הים התיכון ולפיכך עלותה מחושבת אמנם, אך אינה כלולה בניתוח הכלכלי ההשוואתי. החישובים מבוססים על:

- הגדרה של קובץ חלופות בחלוקה המתייחסת ליעדים שאותם מבקשים להשיג;
- הגדרה וניתוח תמציתי של הפן הגיאולוגי והמערך ההנדסי של כל אחת מן החלופות;
- ניתוח תמציתי וכימות מערכי ההשקעה הכרוכים בכינון כל אחת מן החלופות.

בטבלה א' מוצג אומדן עלויות הכינון והתפעול של כל אחת מן החלופות כתזרים מזומנים בערכים דולריים¹ והיוון התזרים לראשית השנה הראשונה של הכינון, בשער ניכיון של 7% ולאופק של 30 שנה (בהתאם למקובל בבחינת כדאיות של תשתיות כמו כבישים בנוהל פרי"ת).²

הטבלה מתחלקת לשלושה חלקים בהתאם למטרות ולתכלית הפרויקט:

- החלק הראשון (I) מתייחס לחלופות **חד-תכליתיות** שיעדן לספק 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן ותו לא;
- החלק השני (II) מתייחס לחלופות **דו-תכליתיות** שיעדיהן לספק 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן וכן 800 מלמ"ש מי-ים לים המלח;
- החלק השלישי (III) מתייחס לחלופה **תלת-תכליתית** שיעדיה לספק 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן ולהזרים 800 מלמ"ש מים שפירים לים המלח, דרך ערוץ הירדן. בחלק זה נכללת גם חלופת-משנה הכוללת אספקת 200 מלמ"ש לעמאן, הזרמת 700 מלמ"ש מים מלוחים לים המלח והזרמה נוספת של 100 מלמ"ש מים שפירים לשיקום חלקי של הזרמה בירדן התחתון.

¹ כל החישובים הכספיים נקובים בדולר אמריקאי.

² נוהל של משרד האוצר לניתוח כלכלי של פרויקטים בתחום התשתיות (פרי"ת).

NPV בשער ניכיון של 7% לאופק של 30 שנה ערך נוכחי לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, במיליוני דולרים	החלופות	
I. חלופות חד-תכליתיות: 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן (ללא קשר לים המלח)		
3,677	R	מים לעמאן; עקבה-עמאן
2,732	M	מים לעמאן; כינרת-עמאן
II. חלופות דו-תכליתיות: 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן; 800 מלמ"ש מי-ים/מי-רכז לים המלח		
6,142	R1	"צינור עליון" מים-סוף – רציף
6,684	R2	"צינור תחתון" מים-סוף – רציף
6,547	R3	"מנהרה עליונה" מים-סוף – רציף
8,103	R4	"מנהרה תחתונה" מים-סוף – רציף
5,128	M1	מן הים התיכון דרך קומראן – רציף
4,492	M2	מן הים התיכון דרך בית שאן – רציף
III. חלופה תלת-תכליתית: אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן; הזרמת 800 מלמ"ש מים שפירים לערוץ הירדן ותוספת של עד 800 מלמ"ש לים המלח		
7,386	M3	מים שפירים מן הים התיכון דרך בית שאן – רציף
חלופת-משנה תלת-תכליתית: אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן; 100 מלמ"ש מים שפירים לערוץ הירדן ואספקת 700 מלמ"ש מי-ים/מי-רכז לים המלח		
5,251	M2a	מן הים התיכון דרך בית שאן – רציף

טבלה א': ערכי עלות נוכחיים לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט בחלופות השונות. מבין החלופות הדו-תכליתיות R1 היא הזולה שבחלופות ים-סוף ו-M2 היא הזולה שבחלופות הים התיכון (מודגשות); הפער ביניהן מגיע לכדי 1,650 מיליון דולר.

עיקרי הממצאים:

1. לכל חלופה נערכה בחינת הולכה רציפה והולכה לסירוגין בשילוב אגירת מים לצורך ייצור חשמל בשעות שיא הביקוש, תוך שימוש בתעריפי חשמל עומס וזמן (תעו"ז) בישראל. במסגרת זו נאמדה תוספת ההשקעה הנדרשת למימוש האגירה ולייצור חשמל בשעות השיא ומולה נבחן הערך הנוכחי המתקבל ממכירת חשמל בשעות

השיא, בהיותו משולם מן השנה השביעית לחיי הפרויקט ומחושב לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט בשער ניכיון של 7%. הבחינה מעלה כי יחסי תמורה/עלות בצמדי החלופות השונות נעים בין 33% ל-68%; דהיינו: תוספת ההשקעה, בתנאים שנבחנו, אינה כדאית.³ לפיכך נידונות להלן רק חלופות ההולכה הרציפה.

[3] NPV של העלות הישירה והעקיפה של ייצוב מפלס ים המלח	[2] NPV של העלות הישירה של ייצוב מפלס ים המלח	[1] NPV של העלות הישירה של הפרויקט על שני יעדיו הראשיים	החלופות	
בשער ניכיון של 7% ולאופק של 30 שנה				
מיליון דולר לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט				
5,612	4,612	6,142	R1	מים-סוף "צינור עליון"
6,154	5,154	6,684	R2	מים-סוף "צינור תחתון"
6,017	5,017	6,547	R3	מים-סוף "מנהרה עליונה"
7,573	6,573	8,103	R4	מים-סוף "מנהרה תחתונה"
4,598	3,598	5,128	M1	מהים התיכון דרך קומראן
3,962	2,962	4,492	M2	מהים התיכון דרך בית שאן

טבלה ב'. ערכי עלות נוכחיים בחלופות הדו-תכליתיות בנקודת ההתחלה לכינון הפרויקט.
 (1) – העלויות הישירות של הפרויקט על שני יעדיו הראשיים (מים שפירים לעמאן וייצוב מפלס ים המלח); (2) – העלויות הישירות של ייצוב מקורב של המפלס בלבד (בניכוי העלויות לאספקת מים שפירים לעמאן); (3) – העלות הישירה והעקיפה של ייצוב מפלס ים המלח (בניכוי תועלות שליליות לתעשייה ולתיירות). דרך החישוב מוצגת במפורט בגוף העבודה בפרק 8.3 ובטבלה 8.7.

2. העלות העקיפה המשוערת (פחיתה בתוצר) הכרוכה בתרחישים שישפיעו על מפעלי התעשייה הכימית בים המלח אינה ברורה דיה. עלות זו תלויה בין היתר בכמות המים שתוזרם. ההערכה בעבודה זו היא שהעלות העקיפה תהיה אפסית בהזרמה של

³ מסקנה זו אינה בהכרח גורפת. ייתכנו חלופות תכנון שונות, הן בנפחי ההזרמה והן בתוואים ובגובה האגירה, העשויות לשנות את התחשיב הכלכלי בדבר כדאיות שילוב אגירה לאספקת חשמל בשעות השיא.

כמויות מים קטנות, אך היא עשויה להגיע לכ-1,150 מיליון דולר במונחי ערך נוכחי לשנה הראשונה לכינון הפרויקט, במקרה בו תהיה הזרמה של מי-ים ונגזרותיהם בהיקף שיביא ליצירת שיכוב מלא וקבוע של גוף המים בים המלח. הצד הישראלי יישא בכ-65% מעלות זו, בהתחשב בגודלה היחסי של התעשייה הישראלית לעומת זו הירדנית. לעומת זאת, בתיירות (מלונאות) משוערת תוספת תמורה-נטו של 150 מיליון דולר. מכאן שסדר הגודל של העלויות העקיפות בפרויקט מובל הימים, בהיקף שיש בו כדי לייצב את מפלס ים המלח, הוא כמיליארד דולר במונחי ערך נוכחי לשנה הראשונה לכינון הפרויקט.

3. בהתייחס לחלופות החד-תכליתיות שיעדן לספק מים שפירים לעמאן בלבד (קבוצה I בטבלה א'), מתקבל כי חלופת R (עקבה-עמאן) יקרה בכ-950 מיליון דולר בהשוואה לחלופת M (כינרת-עמאן והתפלה לחוף הים התיכון). מכאן שעלויות המים בעמאן יגיעו לכ-1.5 ו-1.1 דולר למ"ק בהתאמה. דהיינו: החלופה הים-תיכונית זולה בכ-0.4 דולר למ"ק ומשקפת חיסכון של כ-80 מיליון דולר בשנה.

4. בהתייחס לחלופות הדו-תכליתיות המשלבות מרכיב של אספקת 200 מלמ"ש לעמאן ומרכיב של הזרמת 800 מלמ"ש מי-ים ומי-רפז לאחר התפלה לים המלח (קבוצה II בטבלה א') הממצאים מתמצים בשני ערכים עיקריים והם העלויות הישירות של כינון ותפעול הפרויקט על שני יעדי הראשיים והעלויות הכוללות של מרכיב ייצוב מפלס ים המלח בלבד (טבלה ב', טור 1 ו-3 בהתאמה). לעלויות הכוללות נוסף אומדן גולמי של העלויות העקיפות הכרוכות בהשפעות שינוי מפלס ים המלח על התעשיות הכימיות ועל המלונאות ומנופה מהן הערך המשוער של הרווח הנגזר מן ההתפלה וההולכה של מים שפירים לעמאן. סדרי הגודל של עלות המימוש הישירה והעקיפה להשגה בקירוב של יעד ייצוב מפלס ים המלח הם 5,612 ו-3,962 בחלופות המיטביות מים-סוף ומן הים התיכון בהתאמה (טבלה ב', טור 3).

5. פער העלויות בין החלופה המיטבית מים-סוף לבין החלופה המיטבית מהים-התיכון במונחי הערך הנוכחי של העלויות לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, בשער ניכיון של 7% ולאופק של 30 שנה – הוא 1,650 מיליון דולר (טבלה א' ו-ב').

6. אשר לחלופה התלת-תכליתית המשלבת את שיקום הירדן התחתון עם אספקת מים שפירים לעמאן וייצוב מקורב של מפלס ים המלח (קבוצה III בטבלה א'), הממצאים מתמצים בעלויות הישירות של כינון ותפעול הפרויקט על שלושת יעדי בהשוואה לאלה של החלופה המקבילה, בה שני יעדים בלבד (חלופות M3 ו-M2 בטבלה א', בהתאמה). אומדן העלות הישירה של החלופה M3 במונחי ערך נוכחי לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, היא 7,386 מיליון דולר (טבלה א'). בזיכוי התועלת

הנובעת מאספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן ובחיוב העלות העקיפה הפחותה במקרה של הזרמת מים שפירים לים המלח, מתקבל שהעלות הכוללת של מימוש היעדים – שיקום הירדן התחתון ותוספת מים שפירים (ולא מי-ים) לים המלח – היא 6,281 מיליון דולר. חלופה זו יקרה מהחלופה המקבילה M2 בכ-2,319 מיליון דולר – תוספת-עלות שאותה ניתן לייחס לכאורה למימוש היעד של שיקום הירדן התחתון וייצוב מפלס ים המלח באמצעות מים שפירים. את תוספת העלות בחלופת הזרמת המים השפירים (M3) ניתן לייחס גם להסרת חלק ניכר מאי-הוודאוויות בפרויקט הכרוכות בהזרמת מי-ים/מי-רפז לים המלח.

7. להשלמת התמונה נבחנת גם חלופה תלת-תכליתית הכוללת שיקום חלקי של הירדן התחתון באמצעות הזרמה של 100 מלמ"ש מים שפירים. הבסיס לחישוב הוא חלופה M2 הכוללת גם התפלה של 100 מלמ"ש, הפנייתם לכינרת והזרמתם לערוץ הירדן. כלומר, בחלופת-משנה זו, המכונה M2a, כמות מי הים/מי הרפז המוזרמת בתעלה/צינור במקביל לירדן, פוחתת מ-800 ל-700 מלמ"ש ובמקומם מוזרמים 100 מלמ"ש מים שפירים בערוץ הירדן לים המלח. אומדן העלות הישירה של חלופה זו, במונחי ערך נוכחי לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, בשער ניכיון של 7% ובאופק של 30 שנה, היא 5,251 מיליון דולר (טבלה א'). בזיכוי התועלת הנובעת מאספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן ובחיוב העלות העקיפה של הפרויקט, מתקבל כי העלות הכוללת של שיקום חלקי של הירדן התחתון וייצוב מקורב של רום ים המלח היא 4,721 מיליון דולר. תוספת העלות של חלופה זו לעומת M2 מסתכמת ב-759 מיליון דולר – תוספת שאותה ניתן לייחס לכאורה לפירות השיקום החלקי של הירדן התחתון.

8. ניתן להתוות גם מהלך חד-תכליתי שתכליתו היחידה היא שיקום חלקי של הירדן התחתון. מהלך כזה, אם יוגבל לכמות הנקובה לעיל, לא יזדקק למובל ויוכל להישען על צמצום הולכת מים שפירים במוביל הארצי מן הכינרת מערבה. העלות האלטרנטיבית השנתית תהיה שווה במקרה זה לעלות ההתפלה של כ-100 מיליון מ"ק אשר יחליפו את מי הכינרת במאזן המים הארצי. בהנחה שעלות ההתפלה היא כ-65 סנט למ"ק בשער ניכיון של 7% ובאופק תכנון של 30 שנה, סדר הגודל של עלות זו יהיה שווה פחות או יותר לסדר הגודל הנקוב לעיל: כ-750 מיליון דולר.

9. מעבר לעלויות נמוכות יותר, יש לחלופות הים-תיכוניות יתרונות הן מבחינת אתרי השאיבה והן מבחינת אתרי ההזרמה לים המלח. האפשרות לשלב את השאיבה למובל עם שאיבת מי הקירור באחת מתחנות הכוח, יש בה כדי להקטין הוצאות ופגיעה בחופים. להזרמת מי הים/מי הרפז לצפון ים המלח יש לכאורה יתרון מבחינת

הפגיעה בתעשייה הכימית המרוכזת בדרומו של האגן. סביר להניח שעצמת התופעות הצפויות להתרחש בגין כניסת מי-ים לים המלח עשויה להתמתן באזור הדרומי, בו נעשית שאיבת מי הגלם לתעשייה. לחלופות הים-תיכוניות יש גם יתרון באפשרות לשלב בהן שיקום של הירדן התחתון.

10. העלויות הנקובות בעבודה זו הן הערכה מקורבת לפרויקט, בהיקף שהוא כמחצית ההזרמה הנבחנת על ידי הבנק העולמי ותוך אימוץ עלות חשמל נמוכה המשמשת את הבנק העולמי כמאפיינת עלות בממלכת ירדן. לעובדות אלו יש משמעות מבחינת ההתייחסות לעלויות הכוללות של הפרויקט, אבל לא לגבי ההשוואה בין החלופות והעלות היחסית להשגת יעדי הפרויקט בנפרד.

מבלי להביא בחשבון שיקולי-כדאיות, עלויות ומקורות מימון, ובהתחשב בהיתכנות מהלך ירדני בגיבוי ממשלות ומוסדות בינלאומיים לקידום אחת מחלופות ים-סוף, יש להצביע על ההשלכות הרלוונטיות של הפרויקט ולגבש כלפיו נקודת-ראות ישראלית. התובנות לעניין זה כוללות:

א. הגרסה הקונקרטיה לפרויקט שנבחנת עתה ע"י הבנק העולמי, נושאת לעתים את הכותרת "מובל השלום". כותרת זו מצביעה על יחסי שיתוף פעולה בין ישראל, ירדן והרשות הפלסטינית כגולת הכותרת שמנחה את ישראל ביחסה למפעל לייצוב מפלס ים המלח בכלל ולגרסת RSDSC – המובל מים-סוף לים המלח בפרט. בהקשר ישיר לגולת-כותרת זו ביחסה של ישראל לפרויקט, ראוי להזכיר כי גרסת RSDSC על חלופותיה השונות, היא "חבילה" הכוללת לצד היעד של ייצוב מפלס ים המלח, יעד מרכזי נוסף שהוא אספקת מים שפירים למרחב עמאן, בירת ירדן. מנקודת-ראות ירדנית, היעד הנוסף הוא קריטי. אם לא יתממש הפרויקט בגרסה זו, תוכל ישראל לבחון, על יסוד שיקולים מדיניים, הקצאה במחיר נוח (עד סמלי) של מי הכינרת לממלכת ירדן – עם תגבור ההתפלה לחוף הים תיכון – כפתרון חלקי לפחות לבעיית המחסור במים בעמאן (אפשרות הנבחנת להלן במסגרת חלופה M).

ב. המתודולוגיה המשמשת כאן היא מבחן העלות המיטבית. יחד עם זאת יש לציין כי בעוד שלייצוב מפלס ים המלח – שהוא מטרת העל של הפרויקט – יש ללא ספק תועלות (חיוביות) שקשה לכמתן, יש לצפות בזהירות לתועלות-שליליות העוללות לנבוע בעיקר מהשפעות הפרויקט על מפעלי התעשייה הכימית הפועלים באגן. המפעלים בישראל יחלקו את סיכון התועלות השליליות הנאמד בעבודה זו עם המפעלים בירדן ויישאו בחלק הארי של סיכון זה, כנגזר מיחסי הגודל שבין התעשיות שמשני עברי ים המלח.

ג. היות שישראל עלולה להינזק מהקמת מובל הימים, על ישראל להיות שותפה מלאה בכינון הפרויקט – כולל בירור תוואים ומהלכי מימוש ובקרה מודולאריים (כדוגמת אלה המוצעים בעבודה זו), אשר יצמצמו את הסיכון למינימום. יתרה מכך: לעניין זה תידרש אמנה בינלאומית והתחייבות של כל הממשלות והגורמים המעורבים בהקמת המובל, בה ייקבע כי גורמים אלה יקבלו עליהם את האחריות לביצוע כל המתחייב למזעור הסיכונים ולבקרת הנזקים. בכלל זה עצירה של מהלך קיים ו/או אי-התקדמות לשלבים נוספים במקרה שיתגלו השפעות שליליות מהותיות על ים המלח ונזקים ישירים ו/או עקיפים לישראל.

ד. מנקודת הראות של ישראל, התוספת לשיקום אגן ההיקוות של הירדן הדרומי למפעל לייצוב מפלס ים המלח כרוכה בתועלות שליליות משמעותיות. שכן בחשבון המוצג כאן לא נכללת התועלת הסביבתית השלילית העקיפה הכרוכה בהתפלה הנרחבת שתידרש לחוף הים התיכון. רעיונות לשיקום מהותי של הירדן במים שייחסכו ממשקי המים של המדינות הגובלות אינם נראים למחברי עבודה זו כבעלי היתכנות. האפשרות לייבא מים מארצות שבצפון-מזרח הים התיכון מצמצמת את הפגיעה הסביבתית, אך היא כרוכה באי-ודאויות טכנולוגיות, פוליטיות וכלכליות המעמידות את יישומה בספק.

ה. לאור אי-הוודאויות המהותיות העומדות ותלויות גם לאחר הבחינה היסודית והממצא שנעשית ע"י הבנק העולמי, ממליצה עבודה זו באופן חד-משמעי כי אם יוחלט לקדם את הפרויקט הוא ייושם באופן מודולארי. מכאן שהיישום המודולארי אינו בגדר עוד חלופה, אלא מרכיב יסודי בתכנון, חלק אינטגרלי של כל תכנית לקידום הפרויקט. תכנון היישום המודולארי במושגים של שלבים, כמויות ההזרמה, התפלה וקצב היישום, חייב להתמודד בראש וראשונה עם אי-ודאויות ותרחישים מחמירים אפשריים. מומלץ שהתכנון יכלול פרק מקיף על אופן היישום המודולארי, על ניטור ההשלכות בכל שלב ועל הזמן המינימאלי שידרש להתנסות וללימוד ההשפעות בטרם יוחלט אם להתקדם משלב לשלב. לבסוף מומלץ כי התכנון ילווה במתווה ארגוני לניהול היישום המודולארי, לזיהוי בעיות, להגדרת חומרתן ולקבלת החלטות (שאפשר שיהיו קשות) לגבי ההתקדמות בשלבים או חלילה לגבי עצירה, במידה שיתגלו מפגעים חמורים (שאותם יש להגדיר מראש ככל שניתן).

1. מבוא

הירידה המתמשכת במפלס ים המלח והשינויים הסביבתיים המלווים אותה, נגזרים ממאזן המים הגירעוני שנוצר באגן בעקבות תפיסת המים השפירים במעלה הזרימה ובגין התהליכים התעשייתיים המשמשים לניצול משאביו. מכאן שהן הבעיה והן פתרונה נכרכים במצאי המים האזורי והאגני ובאפשרויות להגדילו באמצעים מלאכותיים. היות שבחלופות לשינוי מאזן המים, בין אם באמצעות החזרת הזרימה הטבעית ובין אם בהזרמת מי-ים ונגזרותיהם לים המלח יש גם רווח אנרגטי, נוצר בשיח הפוליטי והציבורי חיבור בין המטרות והמהלכים המבקשים "להציל" את ים המלח עם מהלכים להתפלת מים מסיבית, בעיקר לצורכי ממלכת ירדן. ברם, עצם האפשרות לחבר בין המהלכים להשגת שתי המטרות אינה בהכרח ראייה לכך שזהו אכן הפתרון הנכון והיעיל מבחינה כלכלית.

בעקבות הסכמה אזורית רחבה שנרקמה בין מדינת ישראל, ממלכת ירדן והרשות הפלסטינית (the Beneficiary Parties) התבקש הבנק העולמי לגייס אמצעים ולנהל מסגרת עבודה לבחינת היתכנות לעצירת הידרדרותו של ים המלח באמצעות העברת מים מים סוף (להלן ה-RSDSC – פרויקט הבנק העולמי). הבנק העולמי נענה לבקשה, גייס מימון בינלאומי והכין מסגרת עבודה רחבה (Study Program) שביצועה החל ב-2008 (www.worldbank.org/rds). עצם הרעיון אינו חדש ובמשך השנים נבחנו חלופות שונות לביצועו.⁴ האחרונה שבהן, שעסקה אף היא בתוואי שבין ים-סוף לים המלח, נבחנה על ידי חברת חרזה בעקבות חתימת הסכם השלום בין ירדן לישראל. הפרויקט הנוכחי מנוהל ע"י הבנק העולמי וביצעו הופקד בידי שני תאגידים בינלאומיים: האחד בראשות Coyne et Bellier (להלן C&B) אשר מתמקד בתכנון חלופות מים-סוף ובחינת היתכנותן; והשני, בראשות Environmental Resources Management (להלן ERM) מתמקד בבחינת ההשלכות הסביבתיות והחברתיות של החלופות. התוצאות שהתקבלו עד כה מעבודת שני גופים אלה, התפרסמו באתר האינטרנט של הפרויקט בשני דוחות ממאי-יוני 2010⁵ והן מוזכרות בעבודה זו.

⁴ ורדי, י., ארד, ו. ובייט, מ., 1990, פרויקט ים המלח – סקירה היסטורית וביבליוגרפיה. דוח המכון הגיאולוגי GSI/9/90.

⁵ World Bank Reports on Project Web Site:

Environmental Resources Management (ERM), Ltd. 2010: RSDSC Study Program, Environmental and Social Assessment, Initial Assessment Report.

Coyne et Bellier (C&B) Ltd., 2010: RSDSC Study Program, Draft Report on Sub-studies D and B (including project integration). RSDS Water Conveyance Feasibility Study, Report 147 RP 02.

בראשית 2010 הורחבה מסגרת העבודה של הבנק העולמי והוחל בביצועם של שני פרויקטים ספציפיים לבחינת השינויים הצפויים בים המלח ובים-סוף בעקבות יישום מובל-ימים. מדובר בשינויים אשר בראייה מדעית וציבורית יש בהם פוטנציאל למנוע את ביצוע הפרויקט כולו. פרויקטים אלה הניבו בדצמבר 2010 דוחות המוצגים באתר הפרויקט באינטרנט ובהם מסוכם מיטב הידע הקיים בנושא וכן דוחות התקדמות לאפריל-יוני 2011.⁶ בנוסף לקבוצות העוסקות בבחינת ההיבטים השונים של מערכת הולכה מים-סוף לים המלח, הקים הבנק העולמי ב-2010 צוות נוסף ובו נציג ירדני, ישראלי ופלסטיני, האמור לבחון באופן כללי גם חלופות אחרות. תקציב בחינת ההיתכנות בראשות הבנק העולמי עומד ככל הידוע על למעלה מ-10 מיליון דולר ומקורו במדינות תורמות.

פרויקט הבנק העולמי מתמקד בשלושה יעדים מוצהרים כדלקמן:

- הצלת ים המלח מהידרדרות סביבתית;
- התפלת מים ו/או יצירת אנרגיה במחירים שהמדינות השותפות יוכלו לעמוד בהם ("affordable prices");
- בניית מודל לשלום ולשיתוף פעולה במזרח התיכון.

World Bank Reports on Project Web Site:

Geological Survey of Israel (GSI) & TAHAL Ltd. 2010, Dead Sea Study — Best Available Data Report.

" " 2011, Dead Sea Study –Mid Term Report, Revised.

Thetis SpA. & Others, 2010, Red Sea Report — Best available Data Report.

" 2011, Red Sea Report — Mid Term Report.

2. מטרת העבודה

1. להציף את העלויות והמשמעויות של מגוון מייצג של חלופות, הן מים-סוף והן מן הים התיכון, להשגת יעדי הפרויקט ויעד-משנה של שיקום הירדן התחתון; לחדד שיטה כלכלית למבחנים השוואתיים ולהראות את העלויות הנוספות הכרוכות בבחירת חלופה כלשהי לעומת החלופה הזולה ביותר תוך הארת יתרונותיה/מגרעותיה ביחס לסיכונים ואי-ודאויות.
2. לבחון את ההשלכות של מובל-ימים מנקודת-ראות ישראלית ייחודית, בדגש על ההיבטים הכלכליים, התעשייתיים והסביבתיים. זאת מחשש שבחינת ההיתכנות של פרויקט כה גדול ומורכב, המבוצעת במסגרת בינלאומית רחבה, תמעיט בערכם של היבטים שליליים שחשיבותם לישראל עשויה להיות עקרונית או מעשית.

3. רקע והנחות העבודה⁷

3.1 מאזן המים

מאזן המים של ים המלח הוא הנושא המרכזי בכל דיון בעתידו של ים המלח, עם או בלי ניסיונות לשנותו באופן מהותי. מאז שהים נוצר בהיקפו הנוכחי (לפני כ-11,000 שנים) עלה וירד מפלסו בגבולות של 390- עד 415- מטר (ויש הטוענים כי ירד גם למפלסים נמוכים מאלה). שינויי המפלס התרחשו בתגובה לשינויים אקלימיים והשלכתם על מאזן המים באגן. מבנה האגן, הכולל אגן צפוני עמוק ואגן דרומי רדוד, שימש גורם מווסת ומנע ירידות מפלס גדולות יותר במפלס המים של ים המלח. ירידת המפלס אל מתחת לרום הסף של האגן הדרומי הרדוד (בסביבות 402-) הביאה במהירות לצמצום שטח האידוי של ים המלח ולהאטה משמעותית בקצב הירידה. באלפי השנים האחרונות היה ים המלח אגם משוכב ומפלסו השתנה מעט יחסית. השיכוב היציב לאורך זמן, נוצר בגלל הבדלי הצפיפויות בין שכבת המים העליונה שנמהלה במקצת על ידי מי נחלים, בעיקר הירדן, לבין גוף המים העיקרי של האגם. גריעת המים הנכנסים לאגם צברה תאוצה מאז שנות ה-50 של המאה הקודמת וביחד עם השפעות הפיתוח התעשייתי הביאה לירידה הולכת וגוברת במפלס, שמגיעה לכדי 1-1.1 מטר בשנה ולמפלס מים נוכחי בגובה 425- (נכון ל-2011.9.1). הצמצום הדרסטי בכניסות המים לים המלח וירידת המפלס המתמשכת הביאו לשבירת השכוב הקבוע של גוף המים ולמעבר המים ממצב של תת-רוויה להליט (מלח בישול, NaCl) לעל-רוויה, המתבטאת בהשקעה נוכחית של כ-10 ס"מ מלח בשנה בקרקעית האגם.

מאזן המים הנוכחי של ים המלח והיכולת לחזות את התפתחותו עם הזמן, הם נושא מורכב שאי-הוודאות הכרוכה במדידת מרכיביו – בראש וראשונה האידוי הישיר מגוף המים – היא משמעותית. לאי-ודאות זו יש השלכות הן על ההתפתחות הפיזיקאלית והכימית של גוף המים בחלופה זו או אחרת והן למשמעויות של קצבי הזרמה שונים אל תוכו. שילוב של מאזני מים, מסה ואנרגיה, שימש את חוקרי המכון הגיאולוגי לצמצום משמעותי של מרווחי השגיאה ולהצגת מאזן מים עכשווי עם בסיס מדעי מוצק.⁸ דוח הבנק העולמי מיוני 2010 (תקציר מעודכן לדצמבר 2010, להלן C&B, 2010) מציג מאזן

⁷ המידע שנסקר להלן מבוסס על שורה ארוכה של עבודות הנסקרות בדוח סיכום מיטב הידע על ים המלח (2010). ראו הערת שוליים מס' 6.

⁸ Lensky, N.G., Dvorkin, Y., Lyakhovskiy, V., Gertman, I. and Gavrieli, I., 2005, Water, salt and energy balances of the Dead Sea. *Water Resources Research*, 41:1-13.

חדש הדומה במהותו למאזן המכון הגיאולוגי (2005), אך שונה ממנו בכמה נושאים, חלקם קונצפטואליים שאינם מבוססי מדידות או נתונים מוצקים אחרים (טבלה 3.1). דוגמה לכך היא הגדלת כניסה של מי-תהום שמחייבת להניח קצב אידיוי גבוה יותר בים המלח וגריעת מים גבוהה יותר מצד המפעלים. סה"כ ממוצע גירעון המים השנתי במאזן ים המלח העכשווי לפי C&B (2010) דומה לזה של המכון הגיאולוגי – כ-660-700 מיליון מטרים מעוקבים בשנה (מלמ"ש), אך יש גם הבדל בהערכת כמות המים נטו הנגרעת על ידי המפעלים (340 מלמ"ש בהערכות C&B – לעומת 250 מלמ"ש במאזן המכון הגיאולוגי). לדעת מפעלי ים המלח בע"מ (מי"ה) הערכות הבנק העולמי גבוהות מדי, אך הבנק מעריך כי גם אם הערכות אלו אינן משקפות בדיוק את הערכים העכשוויים, אזי הן משקפות את הערכים הצפויים תוך שנים ספורות, עם התממשות תכניות הפיתוח של המפעלים (בדוח ההתקדמות מ-2011⁹ נלקחה כמות של 330 מלמ"ש כממוצע בין הערכות מעודכנות של 385 ו-280, בהתאמה). גירעון מים שנתי של כ-700 מלמ"ש ושטח אגם של כ-625 קמ"ר, מתורגם לירידת מפלס של כ-1.1 מטר לשנה – ירידה שהיא בתחום הערכים המדודים⁹.

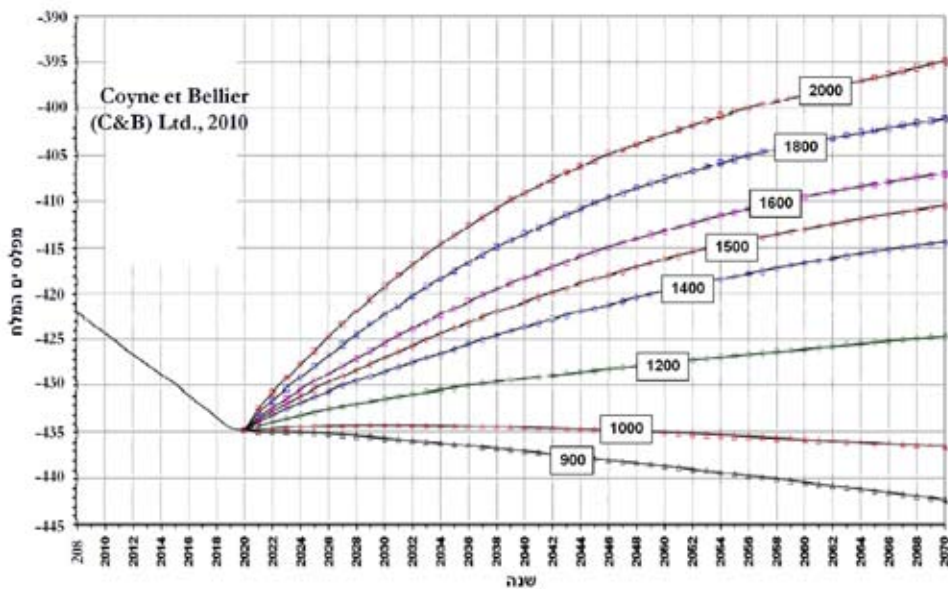
GSI 2005	C&B 2010	יציאות במלמ"ש	GSI 2005	C&B 2010	כניסות במלמ"ש	
690-750	763	אידיוי באגן הצפוני		40	גשם ישיר	
			265-325	260	210	נגר עלי (כולל מעיינות חוף)
					50	מי-השקיה חוזרים
			(60)		144	מי-תהום (לא ידועים)
500	550	שאיבת מפעלים	250		210	תמלחת סופית
(250)	(340)	(אידיוי נטו במפעלים)				
1,190-1,250	1313	סה"כ יציאות	515-575		654	סה"כ כניסות

טבלה 3.1. מאזן המים העכשווי של ים המלח לפי המכון הגיאולוגי (Lensky et al., 2005) ו-C&B (2010). מאזני המים המחושבים צפויים להשתנות במידה זו או אחרת עם השלמת עבודת הבנק העולמי.

⁹ טל, ע. וגבעתי, ע., דיווח המצב ההידרולוגי – 1 באוקטובר, 2011. השירות ההידרולוגי, רשות המים.

3.2 השלכות מאזן המים על חיזוי עתיד ים המלח

מֵעֵבֶר לקשיים בהערכת מרכיבי המאזן העכשווי, חיזוי עתיד המערכת והתפתחותה בזמן בעקבות התערבות לשינוי מאזן המים תלוי בעוד מגוון משתנים שאין לגביהם מידע בדוק. אלה כוללים בין השאר שאלות הנגזרות מכניסת מרכיב "זר" למערכת והן נוגעות להתפתחות השיכוב בגין הזרמת מי-ים ואו מי-רכוז, תהליכים גיאוכימיים וביולוגיים המשליכים על המערכת וקובעים בין השאר את מאזן המים בכל רגע נתון, וצורת הערבוב של "התמלחת הסופית" עם מי ים המלח. המודלים המפותחים במסגרת עבודת הבנק העולמי (מוצגים בדוחות של GSI-TAHAL ו-C&B) מאפשרים הערכה מקורבת של השתנות מפלס ים המלח עם הזמן, בעקבות הזרמות-מים חיזוניות בכמויות שונות. באיור 3.1 מוצגות הערכות כאלה, בהנחה שההזרמה תחל ב-2020, בה מפלס הים יהיה -435 מטר ובגישה שמרנית לגבי ההתפתחות והרכב מי הים (לפיה תהליכים כמו יצירת גבס ו/או פריחות מיקרוביאליות לא ישנו את משוואות מאזן המים). אין לשכוח שאי הוודאות בחיזוי היא גבוהה, אך יש בה כדי להציף את המשמעויות של הזרמת מים



איור 3.1. תחזית השינוי במפלסי ים המלח עם הזמן, בחלופות הזרמה שונות של מי-ים לים המלח (במלמ"ש, לפי C&B, 2010). יש להתייחס למוצג כאל הערכת סדרי גודל וזאת מפאת אי הוודאות בתהליכים העשויים להשפיע באופן מהותי על מאזני המים. בנוסף, מכיוון שחלק מהמים שיוזרמו להרמת המפלס וכל המים שיוזרמו לייצוב לאחר מכן יהיו מי-רכוז לאחר התפלה, ההתפתחות בפועל צפויה לחרוג באופן ניכר מן המוצג באיור זה.

נוספים לים המלח והשפעתה על מפלס הים. השלמת עבודת הבנק העולמי צפויה להציג תחזיות מיטביות ומעודכנות לידע הקיים.

Beneficiary Party	Portable Water Supplied from the Project – Million m ³ /year				
	2020	2030	2040	2050	2060
Jordan	230	310	370	460	560
Israel	60	60	60	60	60
Palestinian Authority	60	60	60	60	60
Available for Further Allocation	0	0	50	90	170
Total	350	430	540	670	850

טבלה 3.2: תכנית פרויקט ה-RSDSC (הבנק העולמי) לאספקת מי התפלה לצרכנים (C&B, 2010).

מהערכים המוצגים באיור 3.1 עולה כי הזרמה של 1,000-1,200 מלמ"ש תוכל לייצב בקירוב את המפלס בים המלח ואף להביא לעלייה מתונה (מותנה בין השאר בגירעון המים המיוחס למפעלים וליחס שבין מי-ים למי-רפז לאחר התפלה, במים המוזרמים). לעומת זאת, הבאת מפלס היעד אל קרבת המפלס המרבי שיבטיח אי-הצפה של האגן הדרומי (בסביבות 410 -405) בתוך 50 שנה מיום התחלת ההזרמה, מחייבת הזרמה רצופה של כ-1,500-1,700 מלמ"ש מי-ים. לפי תכנית פרויקט הבנק העולמי ליישום התפלה (טבלה 3.2), קצב ההזרמה של מי-הים/מי-הרכז יהיה נמוך יותר ויפחת בהדרגה מכ-1600 מלמ"ש ב-2020 – יום כינון הפרויקט – עד לכ-1,200 מלמ"ש משנת 2060 ואילך. יישום כזה יביא את מפלס הים לכ-418 בסביבות שנת 2070 (כ-55 מטר מעל למפלס הצפוי ללא מובל-ימים). כאמור, מדובר בהערכות ראשוניות שצפוי כי יעודכנו כשתושלם עבודת הבנק העולמי.

4. אי-ודאויות וסיכונים

אי-הוודאויות והסיכונים הכרוכים ביישום התכניות לשינוי מאזן המים בים המלח הם נושא מרכזי המעיב על עצם היתכנותם. הבנק העולמי מבקש למזער את אי-הוודאויות בדרך של מאמץ מחקרי מרוכז האמור להניב מערכות הדמיה לחיזוי התפתחות גופי המים (ים-סוף וים המלח) בתוך פרק זמן קצוב וקצר יחסית. דוחות ההיתכנות וההשפעה הסביבתית של הבנק העולמי שפורסמו עד כה, מתייחסים באופן כללי לאי-ודאויות לגבי הצפוי לים המלח וליים-סוף. אי-ודאויות אלו משליכות ללא ספק על היקפי ההזרמה במובל, על אפיון ומיקום מערכות השאיבה וההזרמה לים המלח ועל מדיניות התפעול של המערכת כולה. חלופות התכנון המוצגות בשלב זה (C&B, 2010) מגובשות בעיקר על סמך פרמטרים הנדסיים המתייחסים להיבטים טכניים, כלכליים וסביבתיים, כאשר המדיניות הנקוטה בידם היא להמתין לתוצאות העבודות הספציפיות ולהתאים את התכנון לתוצאות אלו תוך מזעור מרבי של נזקים אפשריים. הסיכונים וההשפעות הסביבתיות של מערכות אלו נידונים באופן עקרוני בדוחות הבנק שפורסמו עד כה (ERM, 2010) וצפוי שאלה ישופרו וישוכללו בהתאם לסטנדרטים מקובלים בדוחות הסופיים. יחד עם זאת, מניתוח המידע הקיים וזה הזמין אודות עבודות הבנק העולמי עולה כי אי-הוודאויות באשר למי התהום בערבה ולהתפתחות גופי המים בים המלח וביים-סוף לא יסולקו עד להתנסות בפועל בעת יישום הפרויקט.

אי-הוודאויות והסיכונים שהפרויקט טומן בחובו, בעיקר לים המלח, ידועים ומופרים מן העבודות הרבות שנעשו במשך השנים בהקשר לחלופות מובל-ימים¹⁰ והן נידונות בהרחבה בדוחות סיכום המידע על ים המלח וים-סוף בפרויקט הבנק העולמי.⁶ בעבודות שנעשו על ים המלח, בעיקר על ידי המכון הגיאולוגי הישראלי, הוגדרו וחודדו התהליכים הפיזיקאליים, הכימיים והביולוגיים אשר צפויים להתרחש בים המלח ונבחנו גם יחסי הגומלין ביניהם, וזאת בעזרת ניסויי מעבדה ושטח מוגבלים והעמדת מערכות הדמיה ממוחשבות. אי-הוודאות שנתרה מתייחסת בעיקר לממדי התהליכים, לקצב התרחשותם ולמשמעותם הכמותית.

עבודה זו יוצאת מנקודת הנחה כי אי-הוודאות תעמוד בעינה גם לאחר השלמת העבודה הספציפית של הבנק העולמי וזאת בין השאר מפאת חוסר בנתונים מרחביים

¹⁰ Gavrieli, I., Bein, A. and Oren, A., 2005, The expected impact of the "Peace Conduit" project (the Red Sea — Dead Sea pipeline) on the Dead Sea. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 10: 3-21.

על ים המלח וחוסר בנתוני אמת לכיול תרחישי הדמיה במערכת משתנים השונה מהותית מזו הקיימת והמשמשת לכיול ואימות המודלים הממוחשבים (הזרמת מי-ים ונגזרותיהם לעומת מים שפירים). בהנחה זו, גישת עבודה זו היא להציג מלכתחילה את כל גורמי אי-הוודאות והסיכון הידועים, לדון במשמעותם ולפתח דרך להערכת הנזקים העשויים להיגרר מהם (נידון בהמשך במסגרת פרק 8 ובנספח A).

4.1 אי-ודאויות לגבי ים המלח

כתוצאה מהזרמה מסיבית של מי-ים/מי-רפז אחרי התפלה לים המלח, צפויים להתרחש מספר תהליכים הקשורים זה בזה. השאלה העולה אינה נוגעת לעצם התרחשותם, אלא לממד הכמותי שלהם ולאופן השפעתם על התפתחות גוף המים ועל אגן ים המלח לאורך זמן.

4.1.1 יצירת גוף-מים משוכב יציב בעקבות ייצוב המפלס

שיכוב: בהזרמה של מי-ים ו/או מי-רפז בהיקף העולה על כ-500-600 מלמ"ש (ואולי אף נמוך מכך), תיווצר בים המלח שכבת מים עליונה מלווה פחות, שהרכבה יהיה שונה במקצת ממי ים המלח. במצב של שיכוב קבוע בגוף המים של ים המלח, יוכלו מפעלי התעשייה הכימית לשאוב מים מן השכבה העליונה שהרכבה הגולמי נחות ביחס למי ים המלח המקוריים, או מן השכבה התחתונה שתהיה חסרת חמצן ומחוזרת, וזאת בשילוב מערכות אוורור וחמצון ובריחוק משימושים אנושיים מחמת מפגעי ריחות רעים וסיכונים. מצב זה עשוי להגדיל את תכולת הברזל ויסודות הקורט במוצרי התעשייה. המשמעות: *בכל מקרה תידרש תוספת עלויות למפעלים על מנת שיוכלו להפיק את אותם מוצרים המיוצרים בהם כיום, מבחינה כמותית ואיכותית כאחת.*

קצב האידוי מים המלח עשוי להשתנות במידה ניכרת ביחס לזה המוערך כיום והמחושב בתרחישי המידול המוצגים בעבודת הבנק. זאת כתוצאה משינויים אפשריים במליחות, בטמפרטורה, בצבע ובעכירות השכבה העליונה. אופי השיכוב (הרפ, מליחות ועובי השכבה העליונה) עשוי להיות שונה מן החזוי. המשמעות: *ממדי המובל עשויים להיות חסרים או עודפים לצרכים בפועל (בהנחה שהיישום אינו מודולארי) והשאיבה התעשייתית המהווה גורם ראשוני בייצור עלולה להיפגע. הסביבה והתיירות אינן צפויות להיפגע מכך.*

4.1.2 הפרעה לשאיבת מי-גלם על ידי מפעלי התעשייה הכימית

ערבול: הזרמת מי המובל לים המלח בכמויות גדולות ובקרבת אתרי השאיבה של המפעלים, עשויה ליצור מוקדי ערבול ואולי אף השקעת גבס מואצת שתפגע באיכות מי הגלם (גם אם השאיבה תכוון למים עמוקים). במפעלי ים המלח (מיי"ה) מעלים חשש כי גם במצב של יצירת שיכוב ללא ערבול, עצם הדרישה לכוון את השאיבה למי-עומק היא מורכבת ויקרה וכרוכה בהתארגנות טכנולוגית מתאימה.

המשמעות: ירידה ביעילות תהליך הייצור התעשייתי,¹¹ שתתבטא בעיקר בהצטברות גדולה יותר של מלח בבריכה 5 ובמקבילתה הירדנית ובצורך בשעות ארוכה יותר של המים בבריכות הראשונות בתהליך על מנת להגיע לריכוז מי-גלם שיאפשר מיצוי התהליך התעשייתי.

4.1.3 התגבשות גבס

היווצרות גבס בערבוב מי-ים (או נגזרותיהם) עם מי ים המלח היא עובדה ידועה. לא ברור אם הגבס שייווצר ירחף ויגרום להלבנה ממושכת של שכבת המים העליונה או שהגבס ישקע מיד או בסמוך למועד התגבשותו ואולי גם בקרבת אתר ההזרמה של מי המובל לים המלח. התופעה עשויה להשפיע על מאזן האנרגיה ועל קצב האידוי ולשנות את חישובי מאזן המים ואת אופי השיכוב וכך להשליך על תכנון הזרמת המים הנדרשת ועל תכנון השאיבה של המפעלים.

המשמעות: אי-ודאות מבחינת תכנון ממדי המובל העשויים להיות חסרים או עודפים לצרכים בפועל ואי-ודאות לגבי תכנון השאיבה למפעלים ותוספת השקעה בתהליך התעשייתי.

הגבס עשוי להתערבב במים שיישאבו ע"י המפעלים, להשפיע על קצב האידוי וליצור משקע עודף בבריכות.

המשמעות: פגיעה ביעילות ההפקה של המפעלים הכימיים ותוספת השקעה על מנת לשמר את הנפח הקיים של מי הגלם בתהליך התעשייתי.

¹¹ פרט למלחי אשלגן, התעשייה הכימית מייצרת כיום גם מוצרים כימיים אחרים כמו ברום, מגנזיום ונגזרותיהם, שמשמעותם הכלכלית עולה עם השנים.

הלבנה ארוכת-טווח עשויה להיתפס כשלילית מבחינה סביבתית ותיירותית. הלבנות קצרות-מועד (לשבועות) התרחשו בעבר באופן טבעי (בתגובה לשיטפונות החורף והתגבשות של CaCO_3 בגוף המים העליון) ולא יצרו בעיה כלשהי. המשמעות: נזק ישיר למפעלים ונזק עקיף לתיירות.

4.1.4 פריחה מיקרוביאלית בשכבת המים העליונה

הפריחה המיקרוביאלית, המתבטאת בשינוי גון גוף המים העליון לירוק ולאדמדום-חום, צפויה להתרחש עם ירידת מליחותה של השכבה העליונה. ירידת המליחות אל מתחת לערכי הסף שבהם יכולה פריחה להתרחש, תלויה במידה רבה בקצב ההזרמה וביחס שבין מי הים למי הרפז. לא ברור אם הפריחה עצמה תתרחש כתהליך אפיזודי או כשינוי מהותי לאורך זמן. שינוי לאורך זמן צפוי לשנות את מאזן האנרגיה ואת קצב האידוי. לעניין זה ראוי להזכיר כי תוספת נוטריאנטים כמו פוספט וברזל, העשויים להגיע עם מי הים ובעיקר עם מי הרפז לאחר ההתפלה (כתוצאה משימוש מסורתי בתרכובות עשירות פוספט להגנה על הממברנות), מגבירה את הפריחה המיקרוביאלית באופן משמעותי. יש לציין כי תעשיית ההתפלה עוברת בהדרגה לשימוש בתחליפים חסרי פוספט ותהליך שקיעת הגבס עשוי להפחית את זמינות הנוטריאנטים בשכבת המים העליונה ובכך לצמצם את הפריחות המיקרוביאליות.

המשמעות: אי-ודאות בתכנון ממדי המובל העשויים להיות חסרים או עודפים לצרכים בפועל ואי-ודאות באשר לאופי השיכוב ותכנון השאיבה למפעלים. הפריחה תוסיף שאריות חומר אורגאני בשכבת המים התחתונה ותגביר את חיזור הסולפט ויצירת המימן הגופריתי. שאריות חומר אורגאני במים הנשאבים לבריכות האידוי ישפיעו על קצבי האידוי במערך התעשייתי. בכל מקרה צפוי שתהליך הייצור יתייקר.

שינוי-צבע ארוך-טווח עשוי להיתפס כשינוי שלילי מבחינה סביבתית ותיירותית. פריחות מיקרוביאליות ושינוי גון המים לתקופות קצרות (שבועות) התרחשו באופן טבעי (בעקבות שיטפונות החורף) ולא יצרו בעיה כלשהי. המשמעות: נזק עקיף לתיירות.

4.1.5 שינוי מיקרואקלימי אזורי

שינוי מיקרואקלימי כלשהו צפוי בעקבות יצירת שיכוב וגוף מים עליון שמליחותו פחותה ממליחות הים הנוכחית ושטחו גדול משטחו העכשווי של ים המלח. טמפרטורה

נמוכה יותר של גוף המים העליון, הגבס והפריחה המיקרוביאלית – כולם ביחד או כל אחד לחוד – עשויים להיות גורם בשינויים אלה.

המשמעות: הנוק הסביבתי-תיירותי נראה זניח. שינוי כזה הוא בעל פוטנציאל להפחתת קצב האידוי בבריכות התעשייתיות ובכך הוא עשוי להקטין את יעילות ההפקה במפעלים ולהביא לפגיעה ביעילות תהליך הייצור (מיי"ה מייחסים לנושא זה חשיבות מיוחדת, אך חשוב לציין שתהליך דומה יתרחש גם בעקבות החזרת ים המלח למצבו הטבעי).

4.1.6 היפוך וערבוב גוף המים – שינוי בהרכב ים המלח

שבירת השיכוב וערבוב. שנים ארוכות לאחר ייצוב המפלס והזרמת מי-רפז שתפצה על האידוי בלבד, עשויה להתרחש עלייה במליחות שכבת המים העליונה, שבירת השיכוב וערבוב. בטווח של כמה מאות שנים ומותנה בדרך בה מתערבבת ה"יתמלחת הסופית" במי האגם מדובר בערבוב של כ-1:10 שפירושו הרעה הדרגתית באיכות מי ים המלח כמי-גלם לתעשייה.

המשמעות: בטווח הקצר והבינוני ההשפעה תהיה זניחה, אך בדורות הבאים צפויה פגיעה הדרגתית באיכות מי ים המלח כחומר גלם לתעשייה. פגיעה זו תגיע לאחר כמה מאות שנים לכ-10%. מבחינה סביבתית ותיירותית שינוי זה הוא זניח.

4.1.7 התפתחות בולענים

הבולענים ואזורי הסיכון להתפתחותם נוצרים בעיקר במרחב המתייבש מתחת לקו הגובה 400- (החופף בקירוב את תפוצתה של שכבת המלח שהמסתה היא שיוצרת את הבולענים).¹² הרמת המפלס תציף חלק הולך וגדל של האזור המוכה בבולענים ובכך תופחת עצמת הבעיה. מכיוון ששכבת המים העליונה של ים המלח צפויה להיות תת-רוויה למלח, תיתכן עלייה נקודתית כלשהי בקצב היווצרות הבולענים בשולי הים העולה (בדרך של המסת שכבת המלח בתת הקרקע בשולי האגם). עניין זה תלוי בין השאר בעובי שכבת המים העליונה ובגובה בסיסה ביחס לגובה שכבת המלח שהתמוססותה גורמת ליצירת הבולענים.

המשמעות: בטווח הקצר הנוק זניח. בטווח הבינוני והארוך צפויה הפחתת הסיכון ומזעור הבעיה, בעיקר בזכות צמצום שטח הבולענים.

¹² פרסומים, דוחות ומפות סיכון להתפתחות בולענים בהוצאת המכון הגיאולוגי.

4.2 אי-ודאויות באתרי השאיבה

4.2.1 מפרץ אילת-עקבה, מדרום לעקבה

פגיעה במערכת האקולוגית: הנושא נבחן במסגרת עבודת הבנק העולמי והמידע הקיים נסקר בדוח סיכום המידע המיטבי על ים-סוף (2010) ובדוח ההתקדמות התקופתי (2011).⁶ שאיבה מסיבית של מי-ים במפרץ, מדרום-מזרח לעקבה, עשויה להשפיע על מערכת הזרמים בצפון המפרץ כולו, לפגוע במאזן הנוטריינטים, ב-pH ובאזון התרמי של גוף המים ולפגוע במערכת האקולוגית. העמקת השאיבה (בתכנון הבנק העולמי מדובר על עומק של כ-150 מטר) ו/או הרחקתה דרומה, לקרבת גבול ירדן-סעודיה, עשויה למתן נזקים אפשריים. מי הרפז לאחר התפלת מים מליחים באזור השאיבה הנשקלת בעבודה זו (כאמצעי להפחית את ההזרמה לים המלח במקרה של תוצאות שליליות בלתי קבילות) ייצרו בעיה שאותה ניתן למנוע או למזער על ידי החזרתם לעומק המפרץ. המשמעות: נזק סביבתי אקולוגי המשליך גם על התיירות. מזער נזקים מחייב השקעות נוספות בהעמקת השאיבה והרחקתה ככל שניתן דרומה.

4.2.2 הים התיכון

שאיבה בסמוך למתקן רוטנברג באשקלון או למתקן רבין בחדרה תאפשר לנצל את המים החמים-יחסית הנפלטים ממערכת הקירור של תחנת הכוח (למעלה משני מיליארד ממ"ק) ותמנע "זיהום תרמי" של הסביבה החופית. המשמעות: רווח יחסי בגין היסכון בהשקעה במתקן שאיבה ותיקון כלשהו של בעיה סביבתית קיימת.

שאיבה נפרדת עשויה לפגוע במערכת האקולוגית, אם כי במידה פחותה מזו שבמפרץ אילת (הים התיכון המזרחי פתוח יותר והמערכת האקולוגית רגישה בו פחות). המשמעות: צפי לנזקים פחותים לעומת הנזקים הצפויים לים-סוף; תוספת משמעותית להפרה הקיימת והצפויה לחופי הים בגין ההתפלה.

סילוק מי הרפז לאחר התפלה באזור השאיבה הנשקל בעבודה זו, הוא בעיה שאותה ניתן למנוע או למזער על ידי החזרת מי הרפז לעומק הים. המשמעות: קווי הולכה ארוכים בשל רדידות המים במדף היבשה ותוספת מי-רפז רבים למערכות ההתפלה הקיימות והמתוכננות. נזקים אקולוגיים-סביבתיים.

4.3 סיכום, משמעות ומזעור נזקים

סיכום הדברים מחדד את השינויים הצפויים מיישום מובל-ימים, לים המלח ולאתרי השאיבה, בעיקר בים-סוף, ומשמעותם האפשרית. חשוב לציין שחלק מהשינויים הצפויים בים המלח, ובראשם שיכוב גוף המים ובעקבותיו גם שינויים מיקרוביאליים ומיקרואקלימיים המשליכים על האידוי, אינם בבחינת חדש. ים המלח במצבו הטבעי היה אגם בעל שיכוב קבוע (עד אמצע שנות ה-70 של המאה הקודמת). יתרה מכך, שינויים אלה צפויים להתרחש אף אם תשוקם הזרימה בירדן הדרומי והמים שיוזרמו דרכו או באמצעות מובל-ימים כלשהו יהיו שפירים. עוד ראוי להדגיש כי בעקבות הגירעון המתמשך במאזן המים, עלתה מליחות מי האגם, נוצרה על-רוויה למלח הליט (מלח בישול, NaCl) והתפתחה שקיעת מלח בקצב של כ-10 ס"מ בשנה. תהליך זה, המלווה גם בהתעשרות יחסית של מרכיבים כאשלגן, ברום ומגנזיום, גורם לייעול משמעותי בתהליכי המיצוי והייצור התעשייתיים ובהגברת התפוקה.

השוני הגדול לעומת המצב הטבעי הוא בכך שהזרמת מי-ים/מי-רכז מכניסה למערכת תמיסה שמליחותה אמנם רק כעשירית מזו של מי-ים המלח (במקרה של הזרמת מי-ים) אך די בה כדי לגרום לשורה של תהליכים שממדיהם אינם ידועים לאשורם ולהביא בטווח הרחוק לשינוי בהרכב המלחים באגם ובריכוז היחסי של מרכיביו. בנוסף, בחלופות ים-סוף, שהן נשוא פרויקט הבנק העולמי, כניסת מי הים/מי הרכז לא תיעשה בצפון האגם, בדומה למצב הטבעי, אלא בדרום-מזרחו.

מכאן עולה שכל התערבות במצבו של ים המלח באמצעות שינוי מאזן המים באגם, כרוכה בשינויים בגוף המים לעומת מצבו הנוכחי. אין ספק שההתערבות אשר נבחנת כיום בחלופות ים-סוף, מייצגת מצב קיצון לעומת המצב הטבעי, הן מבחינת התמיסה (תערובת של מי-ים ומי-רכז בתחילה ומי-רכז בלבד לאחר ייצוב המפלס) והן מבחינת מיקום הזרמתה לאגם. החלופות הים-תיכוניות הנידונות בעבודה זו מכניסות לים המלח את אותה תמיסה, אך בנקודת-הזרמה בצפון האגם, בדומה למצב הטבעי. במונחים כמותיים, היתרון שבהזרמת מי הים/מי הרכז מצפון לעומת הזרמתם מדרום-מזרח אינו ברור. יש לצפות שהעבודה הספציפית שהמכון הגיאולוגי עושה (בשיתוף עם תה"ל) על ים המלח, במסגרת פרויקט הבנק העולמי, תוסיף ממד לדיון בנושא זה.

5. פיילוט ויישום מודולארי

בתנאי חוסר הוודאות המלווים את רעיון מובל הימים, כפי שנסקרו לעיל, נראה כי אין מנוס מיישום מודולארי שיאפשר בחינה כמותית של תגובת המערכות הנידונות בתנאים ובממדים שבהם יתפתחו כל התהליכים הצפויים להתרחש בפרויקט בהיקפו המלא. בעבודת הבנק העולמי נידון בעיקר יישום מלא של השאיבה וההזרמה של מובל הימים, תוך יישום הדרגתי של התפלה (שאינו חופף יישום מודולארי של הפרויקט) אשר יביא תוך כ-40 שנה מיום תחילת ההזרמה, להקטנת הזרימה לים המלח מכ-1,600 ל-1,200 מלמ"ש (טבלה 3.2). בדוחות הבנק העולמי נידון גם פיילוט ויישום מודולארי בחלופות שונות.¹³

הפיילוט הבסיסי בעבודת הבנק העולמי כולל יצירת לגונה סגורה במפרץ שבצפון-מזרח הלשון, אליה יוזרמו מי-ים בכמות מוגבלת שתאפשר לקיים יחס דומה של מי-ים עם מי ים המלח לזה שיווצר במצב של הזרמה מלאה לים המלח, וזאת לתקופה של שנים מספר. פרטי הפיילוט המוצע אינם ידועים, אך יש להניח כי הא יאפשר הבנה טובה יותר של התהליכים המלווים את היווצרות השכוב והמגע שבין מי הים למי ים המלח, כמו יצירת גבס ואולי גם פריחות ביולוגיות. יחד עם זאת, בשל ממדיו הקטנים של הפיילוט לא יתקיימו בו כל אותם תנאים שישררו בגוף המים של ים המלח כולו, והם בסופו של דבר יקבעו את התנהגות המערכת, אופי השיכוב ומאזן המים לאורך זמן (משטר רוחות, סירקולציה, טורבולנציה ודינמיקה של גוף המים, לחות יחסית ועוד). בתנאים אלה נראה שהפיילוט הנידון הוא יותר ניסוי מעבדתי גדול מאשר הדמיה מקורבת של תנאי אמת ולפיכך לא נראה כי יש בו להסיר או למזער משמעותית את אי-הוודאויות הכרוכות בפרויקט.

עבודת הבנק העולמי דנה גם בחלופות מודולאריות ובנפחי הזרמה של כ-400 ו-1,000 מלמ"ש בשלב הראשון. זאת תוך ציון העובדה כי ממדים אלה אינם עומדים בהתאמה עם יעדי ייצוב המפלס וקצב ייצור המים השפירים לפי התכנית המקורית לאספקת מים שפירים (טבלה 3.2). בדוחות הבנק העולמי מצוין כי במקרה שיתקבלו תוצאות שליליות ביישום המודולארי תתעורר בעיה, בעיקר מבחינת התלות שתתפתח אצל צרכני המים שיותפלו וכמובן גם מבחינת אבדן ההשקעות.

¹³ עבוד שחלופה מודולארית מציגה מתווה יישום של כל הפרויקט בשלבים, פיילוט הוא מעין ניסוי או התנסות העומדת בפני עצמה ואינה בהכרח חלק או שלב ביישום הפרויקט.

הגישה המודולארית הרעיונית הנבחנת בעבודה זו מתייחסת בראש וראשונה לאי-הוודאות, תוך הכרה בצורך הדחוף באספקת מים למרחב עמאן. היא כוללת מובל עם כושר הזרמה של כ-1,000 מלמ"ש ואפשרות לשילוב מערכות-התפלה שבאמצעותן ניתן לווסת את כמות המים המוזרמים לים המלח. מדובר בחלופה שתאפשר הזרמה של תערובת מי-ים/מי-רפז לים המלח בכמות של 800 מלמ"ש, עד למינימום של כ-250 מלמ"ש במקרה שתימצא תקלה המחייבת צמצום ההזרמה לים המלח ותידרש גם הגדלה של אספקת המים לממלכת ירדן.

במתווה רעיוני של חלופת תפעול כזו, יסופקו בשלב הראשון 200 מלמ"ש מים מותפלים לעמאן בלבד ויוזרמו 800 מלמ"ש מי-ים/מי-רפז לים המלח. ממדי הזרמה כאלה יאפשרו בדיקה והתנסות מלאה בתנאי-אמת של ים המלח ויאפשרו ייצוב מקורב של מפלס הים. גמישות התפעול תבטיח כי ההשקעה לא תרד לטמיון במקרה של השלכות לא רצויות על ים המלח, וזאת באמצעות הגברת ההתפלה והורדת ההזרמה לים המלח לכ-600 מלמ"ש. במידת הצורך תתאפשר הפחתה נוספת של ההזרמה לים המלח, על ידי התפלה חלקית של מי הים הנשאבים לחוף הים. בכך תתאפשר הגדלת יחס ההשבה במתקן ההתפלה באזור ים המלח והקטנת כמות מי הרפז שתוזרם אליו. במידה שלא תימצא תקלה מהותית בהזרמה לים המלח, ניתן ליישם שלב נוסף בממדים דומים באותו תוואי או בכל תוואי אחר שיימצא ראוי.

חשוב לציין כי הגישה והחלופות הנבחנות כאן מוצגות במתווה עקרוני-רעיוני בלבד ואין לראות בהן הצעה לעצם היישום של מובל-ימים או תחליף לתכנון המודולארי שאותו יש לקדם בהתאם להמלצות עבודה זו. התכנון המודולארי ויישומו הם עניין מורכב בעל היבטים רחבים, המחייבים הערכות מוקדמות וביצוע מוקפד בהתאם לתכנית סדורה וגמישה המותאמת להתפתחות בפועל (דיון בנושא זה מוצג בפרק 9).

6. הגדרה ואפיון חלופות-תוואי בעבודה זו

במשך השנים הוצעו ונבחנו חלופות רבות לבניית מובל-ימים מהים התיכון ומים-סוף, חלקן אף נבחרו לפרטים בדומה לתוואים הנבחרים כיום על ידי הבנק העולמי.¹⁴ בעבודה זו הוחלט לאמץ באופן בסיסי את תוואי חלופות ים-סוף כפי שהוגדרו על ידי הבנק העולמי ולהוסיף עליהן חלופות שמוצאן בים התיכון וחלופה נוספת המדמה בקירוב את שיקום הזרימה הטבעית בירדן התחתון. החלופות בעבודה זו מוצגות במתווה עקרונית-רעיונית, מבלי להיכנס לפרטי תכנון ספציפיים. העבודה מתמקדת בהשוואה בין חלופות ומושתתת על בסיס זהה של חישובים ולכן אין משמעות רבה להערכת יתר או חסר בעלות השקעה של מרכיב זה או אחר. אותם רכיבים ואותן עלויות משמשים בכל החלופות. עדכון, ככל שיידרש, יכלול את כולן. הדבר נכון גם לגבי הוצאות התפעול והתחזוקה, כולל מחירי החשמל המשמשים בחישובים.

ניתוח מאפייני החלופות בעבודה זו מבוסס על הנתונים הספציפיים של כל תוואי וכן על קובץ זהה של מרכיבים הנדסיים ותפעול, אשר עלותם מוערכת מתוך הנחת ערכים נורמטיביים למרכיבים דומים בישראל. השימוש במרכיבים זהים בטיבם ובעלותם מאפשר גמישות בהעמדה ובהשוואה של חלופות תוואי ותפעול שונות. בעבודה זו מוצגות חלופות-קצה להזרמת 1,000 מלמ"ש, מתוכם 400 מלמ"ש מותפלים לצרכנים. בדיונים ובמהלכים המלווים את השלב הנוכחי של בחינת החלופות ל"הצלת ים המלח", מועלה מגוון רעיונות לשילובים שונים בין החלופות, כולל הזרמות מים שפירים בכמויות וממקורות שונים בירדן התחתון. כמו כן מועלים רעיונות בדבר מקורות המים שיִשמשו לשיקום הירדן התחתון וים המלח, הכוללים בין השאר חיסכון עמוק (עד 800 מלמ"ש) בשימושי המים בישראל ובממלכת ירדן.¹⁵ בחינת אפשרויות כאלו מחייבת בראש ובראשונה גיבוש היעדים והשילובים להשגתם, ולאחר מכן ניתן יהיה לבחון אותם במבחנים דומים לאלה המוצגים בדוח הנוכחי. כדוגמה לשילוב אפשרי כזה מוצגת בעבודה זו גם חלופת משנה M2a הזוהה לחלופת הים התיכון M2 שתנואר להלן, בה בנוסף להתפלה בבית שאן של

Harza JRV Group, 1998. Jordan Rift Valley — Integrated Development Study: Red Sea-Dead¹⁴ Sea Canal Project, Prefeasibility Report.

Friends of the Earth Reports:

Gorskaya, T., Harthi, T., & Rosenthal, G., 2010: Towards a living Jordan River — an economic analysis of policy options for water conservation in Jordan, Israel and Palestine.

רוזנטל, ג. וכך, ד., 2010, חלופות במדיניות חיסכון המים בישראל — ניתוח כלכלי.

200 מלמ"ש המסופקים לממלכת ירדן, מותפלים עוד 100 מלמ"ש להזרמה ושיקום ערוץ הירדן התחתון.

עבודה זו מאמצת גישה לפיה **הפרשי העומד** ההידרוסטטי במערכות הולכת המים, מנוצלים במלואם ליצירת אנרגיה חשמלית כאשר הפעלת המערכת, ההתפלה והולכת המים לצרכנים, מבוססות על צריכת חשמל. גישה זו מאפשרת לבחון אפשרויות להשתלבות עם משק החשמל של ישראל, בו קיים תגמול גבוה לאספקת חשמל בשעות השיא ולצריכה בשעות השפל (הבסיס עליו מקודמות כיום בישראל תכניות של מפעלי "אגירה שאובה"). בנוסף, בכל חלופות הולכת המים מן הים לים המלח (ללא התפלה ואספקת מים שפירים לצרכנים) נוצר עודף אנרגיה המתורגם לחשמל "ירוק" שאין בו פליטה של גזי-חממה, אשר ערכו גבוה בארצות מפותחות המחויבות להפחתה בפליטת גזים אלה. בעבודת הבנק העולמי המתעלמת ממשק החשמל הישראלי נבחנות חלופות המנצלות בחלקן במישרין את הפרשי העומד לתהליך ההתפלה, ללא המרה לחשמל וכחלק מצריכת האנרגיה הנדרשת לתהליך ההתפלה. יש לכך יתרון ביעילות התהליך, אך במקביל יורדת גמישות התפעול ויש אבדן השקעות בתחנות הידרואלקטריות עם עליית מרכיב ההתפלה. **זה המקום לציין שהפרויקט כולו, הכולל התפלה ואספקת מים שפירים בנוסף להולכת מים לים המלח, צורך חשמל פי כמה ממה שניתן להפיק מניצול הפרש העומדים שבין ים-סוף או הים התיכון לבין ים המלח** (פרק 7 וטבלה 7.21).

בכל חלופות התוואי הנשקלות בעבודה זו, נבחנות שתי חלופות הזרמה בסיסיות: האחת מניחה הזרמה ויצירת חשמל ברציפות, בעוד שהשנייה כוללת הזרמה ואגירה במשך 16 שעות וייצור חשמל בשמונה שעות-שיא. השאלה הנבחנת בחלופות אלו היא אם תוספת ההשקעה הנדרשת בחלופת האגירה עומדת במבחן הכלכלי. בחלופות הנבחנות במסגרת הדוח הנוכחי נבחנת רק האפשרות של התפלה מלאה ממי-ים למים שפירים. המשמעות הכלכלית של שילוב התפלת חלק ממי המובל למים מליחים בחוף הים (בסמוך לנקודת השאיבה למובל) במקרה שתידרש הפחתה בהזרמה לים המלח ו/או הורדת עומס מלחי הים בהזרמה, תידון במידת הצורך בשלבי העבודה הבאים.

סיכום נתוני החלופות השונות משמש בסיס לניתוח כלכלי הבוחן שלב ראשון ורעיוני של המובל, הכולל התפלה בהיקף של 200 מלמ"ש עבור מרחב עמאן והזרמה של 800 מלמ"ש תערובת מי-ים/מי-רכז לים המלח. הזרמה בהיקף כזה לים המלח תאפשר ייצוב מקורב של מפלס הים. יוזכר שוב כי עבודה זו אינה עוסקת במתן ערך כלכלי לעצם הייצוב או ההרמה של מפלס ים המלח ליעד נתון (ערך השווה בכל החלופות). בהיעדר ערך-שוק, כל ניסיון ליחס ערך "כלכלי" ל"הצלת" ים המלח מחייב יישום רחב של

מודלים שפותחו להערכת התועלות העקיפות של ערכי טבע וסביבה. חשוב לציין כי ניסיונות שנעשו בעבודה קודמת לשימוש במודלים כאלה (שימוש בשיטות כמו "הערכה מותנית – CVM" ו"עלות הביקור – TCM")¹⁶, העלו ממצאים בעייתיים שלדעת מחברי עבודה זו אינם עומדים במבחן המציאות.

6.1 תיאור החלופות

במסגרת עבודה זו נבדקו שש חלופות-תוואי להזרמת 1,000 מלמ"ש: ארבע מיס-סוף ושתיים מן הים התיכון (טבלה 6.1). בכל החלופות נבחנה התפלת מיס בהיקף של עד 400 מלמ"ש ואספקת 200 מלמ"ש מתוכם לעמאן, בירת ירדן, והשאר בחלוקה שווה בין ישראל לרשות הפלסטינית. בנוסף נבדקה חלופה המדמה בקירוב חלופה של החזרת הזרימה בירדן (M3) וכן חלופה לאספקת 200 מלמ"ש מיס שפירים מעקבה לעמאן, במנותק מן המובל מיס-סוף ליס המלח (R). לשם יצירת בסיס השוואתי, הועמדה גם חלופה בה יסופקו 200 מלמ"ש מן הכינרת לממלכת ירדן, על חשבון המוביל הארצי, והחלפתם במיס שיותפלו לחוף הים התיכון (M). חלופות יס-סוף R1, R3 ו-R4 בטבלה 6.1, חופפות בקירוב את תוואי הבנק העולמי. חלופה R2 מקבילה בתוואי לחלופת הצינור העליון – R1, אך כוללת קטע מנהרה שמאפשר להרים את המיס לגובה פחות מגובה הסף של הערבה. חלופה M1 עוברת בתוואי ישר בין אשקלון לקרבת קומראן וחלופה M2 עוברת מקיסריה ליס המלח, דרך עמק בית שאן ובמקביל לערוץ הירדן. חלופה M3 זהה בתוואי ההולכה שלה ל-M2 עד בית שאן, אך שונה ממנה בכך שהיא כוללת התפלה מלאה של כל מימי המובל לחוף הים התיכון ובהזרמה של 600-800 מלמ"ש מיס שפירים בערוץ הירדן ליס המלח.

¹⁶ ביין, ע., אידלמן ע. וכהן, ג., 2006 (עורכים), מסמך מדיניות לאגן יס המלח – הערכת מצב ומשמעויות לעתיד בתנאים של המשך ירידת מפלס הים. מכון ירושלים לחקר ישראל, המכון הגיאולוגי והמשרד להגנת הסביבה. אבנימלך, י., רוזנטל, ג. ושחם, ג., 2007, ירידת מפלס יס המלח – חלופות לפעולה. מוסד שמואל נאמן, הטכניון.

קולומטרים – אורד – מזהים להתפלה/הידוראוקטרי										מטר		רום			החלופה		אזטואט
מאגרה לאגריה	מזהים לאגריה		אורד כולל	לים המלה	מזהים למתקן אגריה	הפרש עומד	רום מתקן אגריה	רום אגריה	רום סף	נקודת שאיבה	החלופה						
	תעלה	צנרת									מנהור	צניור עליון	צניור עליון				
84		66	26	222	46	176	486	-350	+220	220	מדורים לעקבה	צניור עליון	R1	ים			
61		24	89	220	46	174	373	-350	+84	100	מדורים לעקבה	צניור תחתון	R2				
15	50	0	119	230	46	184	520	-350	+185	220	מדורים לעקבה	מנהרה עליונה	R3				
11		0	163	220	46	174	289	-350	-50	0	מדורים לעקבה	מנהרה תחתונה	R4				
5		20	65	92	2	90	448	-390	+63	100	ריטנברג	גב ההר	M1	ים			
24		30	17	170	99	71	311	-270	+65	70	רבין	בית שאן	M2				
24		30	17	76	5	71	311	-270	+65	70	רבין	ירדן	M3				

טבלה 6.1. מאפייני החלופות הנבחרות בעבודה זו. הישג הפרשי העומד מבוסס על אומדני היכוד של 1 מ/קוימ בצנרת, 0.25 מ/קוימ במנהור ו-0.1 מ/קוימ בתעלות.

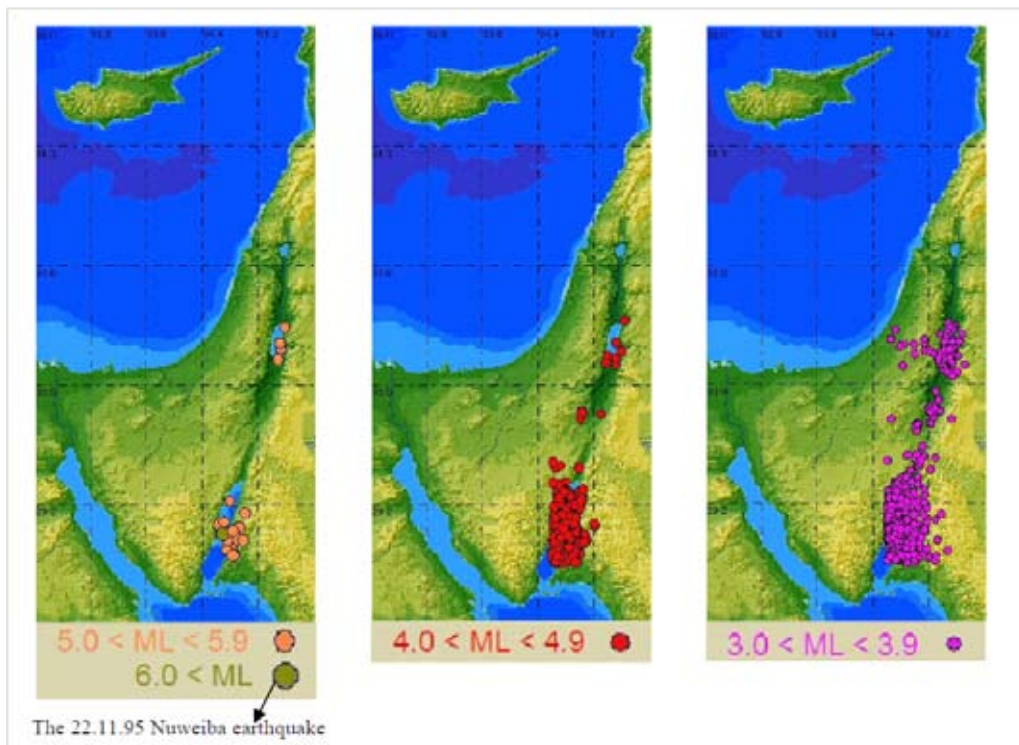
6.1.1 חלופות ים-סוף

כאמור, חלופות ים-סוף הנשקלות בעבודה זו חופפות בקירוב את החלופות הנבחרות על ידי הבנק העולמי (C&B, 2010) בגרסה בה מתקני ההתפלה ממוקמים באתר נמוך, בקרבה מיידית לתחנת הכוח ההידרואלקטרית. בכל חלופות הבנק העולמי נקבע אתר השאיבה בים-סוף באתר תחנת-כוח נטושה, כחמישה ק"מ מדרום לעקבה, בשל אילוצים תכנוניים וסביבתיים. כל החלופות מיועדות להובלת מי-ים ומותאמות לתנאים הפיזיים של הערבה ושוליה המזרחיים. אורך החלופות השונות הוא כ-175 ק"מ מקצה מפרץ אילת עד למתקן ההתפלה והמתקן ההידרואלקטרי באזור פיפה (Fayfa), בגובה של כ-350 מ' מתחת לפני הים, בסמוך לקצה הדרום-מזרחי של בריכות האידוי הירדניות. בעבודת הבנק העולמי נשקלות אפשרויות נוספות למיקום שונה של מתקני התפלה ומתקנים הידרואלקטריים. בכל חלופות ים-סוף מולכים מי-ים/מי-הרפז במוצא המתקנים בתעלה או בצנרת שאורכה כ-50 ק"מ אל המפרץ שבקצה הצפון-מזרחי של הלשון. בעבודת הבנק העולמי מבוסס תוואי ההזרמה לים המלח על שיקולים הנדסיים-כלכליים ומכוון להרחיק או לבודד את כניסת מי המובל ככל האפשר מאזורי השאיבה של המפעלים.

כל חלופות ים-סוף עוברות בתחום הקרוב של מערכת שברי הבקע (Dead Sea Transform), המוגדרת כאזור טקטוני פעיל בעל רגישות סיסמית גבוהה במיוחד. התוואים החוצים העתקים פעילים, מציינים אתגר תכנוני שיבטיח מזעור נזקים במקרה של רעידת אדמה ומניעת אפשרות של פריצה ואו דליפה של כמויות ניכרות של מי-ים וזיהום של מי התהום בערבה.

החלופות חוצות אזורים דלילי-אוכלוסייה ואזורים ברמת הפרה נמוכה (wilderness) ובכלל זה שמורת דנא, החשובה שבשמורות ירדן, האמורה ליצור רצף אקולוגי אחיד עם שמורת שיזף שבערבה הישראלית. הרגישות הסיסמית, ההידרולוגית וההידרוגיאולוגית של התוואים מים-סוף (איור 6.1) ידועה ונבחנה כבר בכמה עבודות, שהאחרונה בהן (לפני עבודת הבנק העולמי) נעשתה על ידי המכון הגיאולוגי ב-2006.¹⁷ מתכנני הבנק העולמי מצהירים על מודעות לאיומים הקיימים בהובלת מי-ים ברצועה הנידונה, לוקחים אותם בחשבון בקביעת נתיבים ומשלבים בתכנון המובלים שיטות, חומרים ואמצעים שונים אשר יש בהם לדעתם כדי לצמצם או למנוע דליפה או בקיעה ופגיעה במי התהום של הערבה.

¹⁷ Shirav, M., Calvo, R., Bein, A., Burg, A., Nof, R. and Baer, G., 2006, Red Sea — Dead Sea Water Conduit, Geo-environmental study along the Arava Valley. GSI/29/2006 (under the terms of US-AID award TA-MOU-03-M23-024, The Friends of the Earth Middle East).



איור 6.1. מוקדי רעידות אדמה שאירעו ב-50 השנה האחרונות לאורך ים המלח, הערבה ומפרץ אילת, ממוינים לפי המגניטודה שלהם (קטלוג רעידות האדמה של המכון הגיאופיזי; מתוך דוח המכון הגיאולוגי, 2006).

בכל חלופות ים-סוף הנבחנות בעבודה זו, נלקחו תוואים זהים להובלת 200 מלמ"ש מים מותפלים למרחב עמאן, 100 מלמ"ש לישראל (50 מלמ"ש לאזור רותם ו-50 מלמ"ש לאזור נאות הכיכר-חצבה) ו-100 מלמ"ש לרשות הפלסטינית (אזור הר חברון).

חלופת "הצינור העליון" (R1)

זהו מובל שעיקרו צינורות מקבילים שייטמו בקרקע הערבה ואורכו המלא כ-175 ק"מ ועוד כ-50 ק"מ תעלה לים המלח (טבלה 6.2 ואיור 6.2; בקירוב לפי C&B, 2010). מנקודת השאיבה מולכים המים במנהרה שאורכה כ-26 ק"מ, המגיחה אל פני השטח בלב הערבה, כשני ק"מ מצפון לנמל התעופה של עקבה. משם מוזרמים המים בצינורות שאורכם הכולל הוא כ-150 ק"מ, בשני מקטעים: הראשון באורך של כ-66 ק"מ מאזור

שדה התעופה של עקבה ועד בריכת ויסות/מאגר באזור משטרת עירנדל, ברום של 220+. בריכת הוויסות/מאגר ממוקמת בפרשת המים של הערבה, המפרידה בין מערכות הניקוז היורדות דרומה, למפרץ אילת, לבין נחל הערבה המתנקז לים המלח. החלק השני, שאורכו כ-84 ק"מ, אף הוא צינורות המובילים את המים בגרוויטציה מבריכת הוויסות/מאגר צפונה, לאזור ים המלח. המובל מסתיים במתקן התפלה ובמתקן הידרואלקטרי באזור פיפה, ברום של 350-. מי הים ומי הרכז יוזרמו מהמתקנים לאגן הצפוני של ים המלח במובל פתוח (או בצינורות) לאורך כ-50 ק"מ. המים המותפלים יוזרמו בצינורות, רובם לעמאן, חלקם לערבה וחלקם להר חברון.

חלופת הצינור העליון באורך של כ-222 ק"מ					חלופה R1
המסלע	סוג המובל	אורך המקטע (בק"מ)	סוף המקטע מראשית התוואי (בק"מ)	תחילת המקטע מראשית התוואי (בק"מ)	מיקום
עיקרו סלעי התשתית של המסיב הערבו-נובי ומיעוטו סדימנט של מילוי הבקע	מנהרה	26	26	0	כ-5 ק"מ מדרום לעקבה עד כ-2 ק"מ מצפון לשדה התעופה של עקבה
מילוי בקע וסדימנטים ניאוגניים ואיאוקניים	צינור	66	92	26	הערבה הדרומית
מילוי בקע מהניאוגן עד הליסן	צינור	84	176	92	מהערבה הצפונית עד שולי אזור ים המלח
משקעי-בקע צעירים ותצורת הלשון	תעלה	46	222	176	לאורך הגבול הבינלאומי עד למפרץ שבצפון-מזרח הלשון

טבלה 6.2. סיכום מאפייני חלופה R1 (בקירוב לפי C&B, 2010).

תוואי הצינורות העובר באזור מדברי, צפוי להותיר את חותמו בשטח לדורות הבאים מבחינה סביבתית, אולם אין בו כדי ליצור מחסומים אקולוגיים. בנוסף, צנרת עלית מאפשרת יישום מודולארי נוח ומאפשרת בקרה טובה לאיתור ולטיפול מוקדם בדליפות ובתקלות אחרות. בדוחות הבנק העולמי זוהי החלופה המומלצת.

חלופת "הצינור התחתון" (R2)

מאפייניו של תוואי זה דומים לחלופת הצינור העליון ואורכו הכולל כ-175 ק"מ ועוד כ-50 ק"מ תעלה לים המלח (טבלה 6.3 ואיור 6.3). בשונה מתוואי הצינור העליון, תוואי הצינור התחתון המוצג בעבודה זו, בוחן את האפשרות לעבור את פרשת המים בערבה באמצעות מנהרה בגובה של 100 מטר מעל לפני הים ובכך לחסוך הרמה של המים לגובה של +220 מטר. החלופה מורכבת מארבעה חלקים עיקריים; הקטע הראשון, באורך של כ-26 ק"מ, זהה לזה שבחלופת הצינור העליון (R1). הקטע השני, שאורכו כ-24 ק"מ, הוא צינורות בערבה הדרומית, המעלים את המים לרום טופוגרפי של כ-100+.

הקטע השלישי הנבחן בתוואי זה כולל מנהרה העוברת מתחת לגב הערבה לאורך כ-63 ק"מ ובפתחה הצפוני מאגר ויסות/אגירה בגובה של כ-100 מטר. הקטע הרביעי עשוי צינורות, הוא עובר בערבה הצפונית ואורכו כ-61 ק"מ. המובל מסתיים במתקן התפלה ובמתקן הידרואלקטרי באזור פיפה, ברום טופוגרפי של כ-350-. הזרמת המים ממוצא המתקנים ואספקת המים המותפלים לצרכנים, זהות בכל מובלי ים-סוף.

חלופת הצינור התחתון באורך של כ-220 ק"מ					חלופה R2
המסלע	סוג המובל	אורך המקטע (ק"מ)	סוף המקטע מראשית התוואי (ק"מ)	תחילת המקטע מראשית התוואי (ק"מ)	מיקום
בעיקר סלעי התשתית של המסיב הערבו-נובי ומיעוטו סדימנטים של מילוי הבקע	מנהרה	26	26	0	כ-5 ק"מ מדרום לעקבה עד כ-2 ק"מ מצפון לשדה התעופה עקבה
מילוי בקע	צינור	24	50	26	הערבה הדרומית
מילוי בקע ובעיקר תצורות קרטוניות וגיריות	מנהרה	63	113	50	גב הערבה
מילוי בקע ותצורות העשויות אבני חול, גירים, דולומיטים וקרטון	צינור	61	174	113	הערבה הצפונית עד שולי אזור ים המלח
משקעי-בקע צעירים ותצורת הלשון	תעלה	46	220	174	לאורך הגבול למפרץ שבצפון-מזרח הלשון

טבלה 6.3. סיכום מאפייני חלופה R2 (בקירוב לפי C&B, 2010).

חלופה זו גורמת להפרה סביבתית פחותה של פני השטח בהשוואה לחלופת הצינור העליון. אך לעומת זאת, המנהור מפחית את גמישות היישום המודולארי ואת יכולת הבקרה והטיפול בסיכוני דליפות ופריצות אפשריות של המובל.

חלופת "המנהרה העליונה" (R3)

חלופה זו מורכבת משישה קטעים עיקריים המשלבים מנהור ותעלות. אורכה הכולל הוא כ-184 ק"מ ועוד 46 ק"מ תעלה לים המלח (טבלה 6.4 ואיור 6.4).

הקטע הראשון, שאורכו כ-65 ק"מ, הוא מנהרה הנמשכת מאתר השאיבה המרוחק כחמישה ק"מ מזרם לעקבה לכיוון מזרח. המים יישאבו מאתר השאיבה עד לרום טופוגרפי של +200 ויולכו במנהרה בהרי אדום. בהמשך יוזרמו המים צפונה בגרוויטציה, במערכת תעלות ומנהרות.

הקטע השני הוא תעלה באורך כ-21 ק"מ שתיחפר על המדרונות המערביים של הרי אדום. הקטע השלישי היא מנהרה נוספת, באורך של כ-30 ק"מ. הקטע הרביעי הוא תעלה באורך של כ-29 ק"מ, שתגיע לאזור שמורת ואדי דנא. הקטע החמישי הוא מנהרה באורך של כ-24 ק"מ, שתיחפר מתחת לחלקים הצפוניים של הרי אדום ותסתיים ברום טופוגרפי של כ-180+. מהקצה הצפוני של המנהרה יימתח Penstock (צינור לחץ להזנת מתקן הידרואלקטרי) באורך של כ-15 ק"מ, שקצהו הצפוני יסתיים במתקן התפלה ובמתקן הידרואלקטרי באזור ואדי פיפה, ברום טופוגרפי של 350-. בכל מובלי ים-סוף הנבחנו כאן, תהיה הזרמת המים ממוצא המתקנים לים המלח ואספקת המים המתפלים לצרכנים זהה.

התעלות המתוכננות בתוואי זה עוברות באזורים המבותרים בערוצים רבים, חלקם בתשתית סלעית וחלקם באזורים אלוביאליים. דרכי השירות להקמת המובל, הפירים/פורטלים למנהרות והתעלות, ייפרצו באזורים הרריים לא מופרים ובשמורות טבע. התעלות תיצורנה מחסומים אקולוגיים.

מבחינה סביבתית נראה שמובל בתוואי זה כרוך בנזק סביבתי רב יותר מכלל חלופות ים-סוף הנידונות כאן. תוואי זה הוא בעל גמישות נמוכה ליישום מודולארי וליכולת בקרה לטיפול בדליפות ופריצות מים בקטעי המנהור.

חלופת המנהרה העליונה באורך של כ-230 ק"מ					חלופה R3
המסלע	סוג המובל	אורך המקטע (ק"מ)	סוף המקטע מראשית התוואי (ק"מ)	תחילת המקטע מראשית התוואי (ק"מ)	מיקום
בעיקר סלעי תשתית של המסיב הערב-נובי	מנהרה	65	65	0	כ-5 ק"מ מדרום לעקבה עד כ-2 ק"מ מצפון לשדה התעופה של עקבה
בעיקר סלעי תשתית וכן סדימנטים של מילוי הבקע	תעלה	21	86	65	במדרונות הרי אדום
בעיקר סלעי תשתית וכן סדימנטים של מילוי הבקע	מנהרה	30	116	86	במדרונות הרי אדום
תצורות סדימנטריות	תעלה	29	145	116	במדרונות הרי אדום
בעיקר סלעי תשתית וכן תצורות סדימנטריות	מנהרה	24	169	145	במדרונות הרי אדום
סלעי תשתית וסלעי מילוי של הבקע	צינור penstock	15	184	169	ממורדות הרי אדום ושולי בקע ים המלח
משקעי-בקע צעירים ותצורת הלשון	תעלה	46	230	184	לאורך הגבול, למפרץ שבצפון-מזרח הלשון

טבלה 6.4. סיכום מאפייני חלופה R3 (בקירוב לפי C&B, 2010).

חלופת "המנהרה התחתונה" (R4)

חלופה זו כוללת מנהרה והולכה בגרוויטציה לאורך כל התוואי, עד לקרבת מתקני ההתפלה והמפעל ההידרואלקטרי (174 ק"מ) ועוד כ-50 ק"מ של תעלה מהמתקנים עד לים המלח (טבלה 6.5 ואיור 6.5).

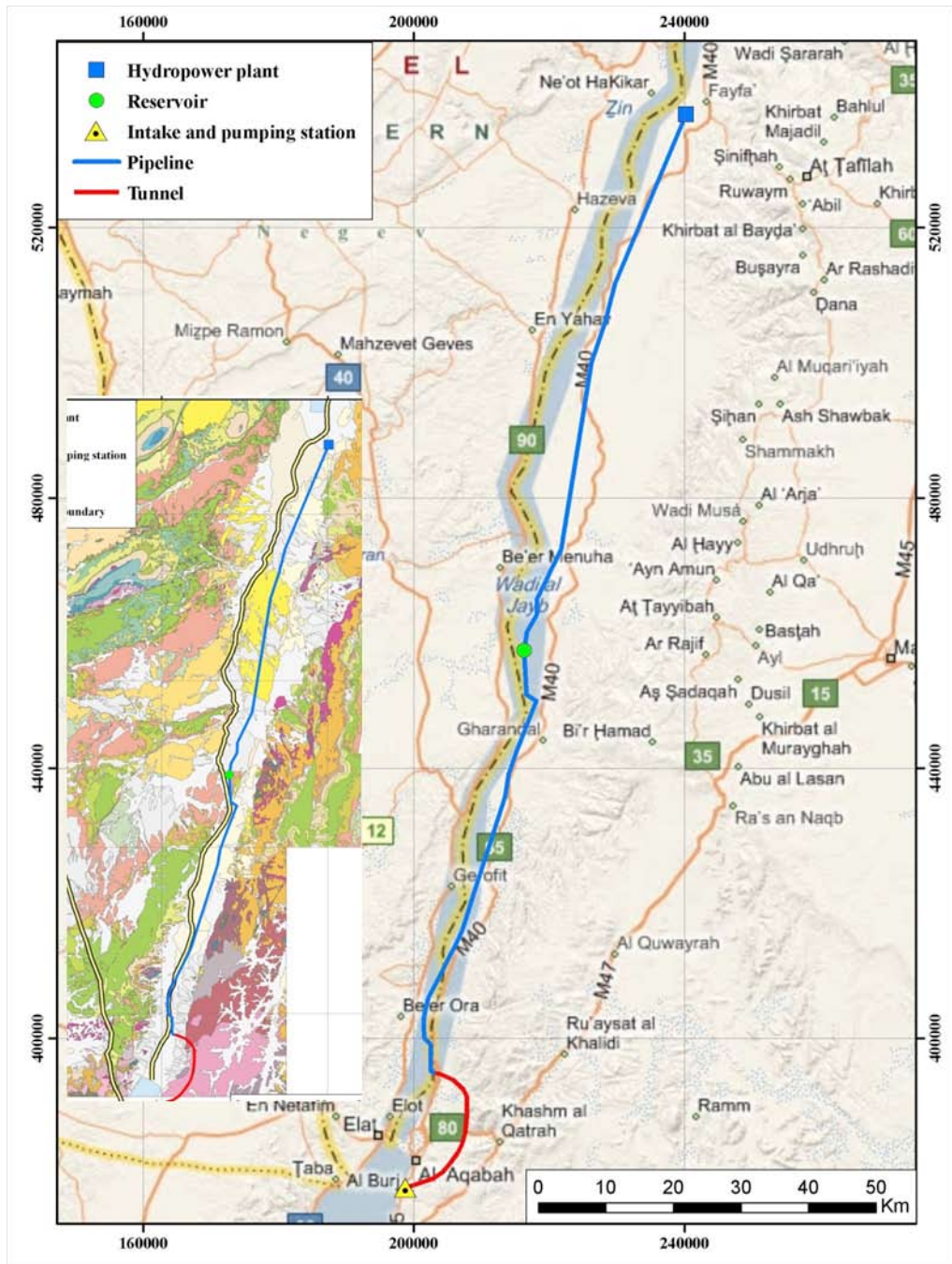
ראשיתה של המנהרה התת-קרקעית באתר השאיבה המרוחק כחמישה ק"מ מדרום לעקבה והמשכה כמנהרה רציפה הנוחתת בשיפוע אחיד מרום פני הים לרום של כ-50- בשולי אגן ים המלח. לפתח הצפוני של המנהרה מתחבר Penstock שאורכו כ-11 ק"מ וקצהו הצפוני במתקן התפלה ומתקן הידרואלקטרי באזור ואדי פיפה, ברום טופוגרפי של

350-. הזרמת המים לים המלח ממוצא המתקנים ואספקת המים המותפלים לצרכנים, זהות בכל מובלי ים-סוף הנבחרים כאן.

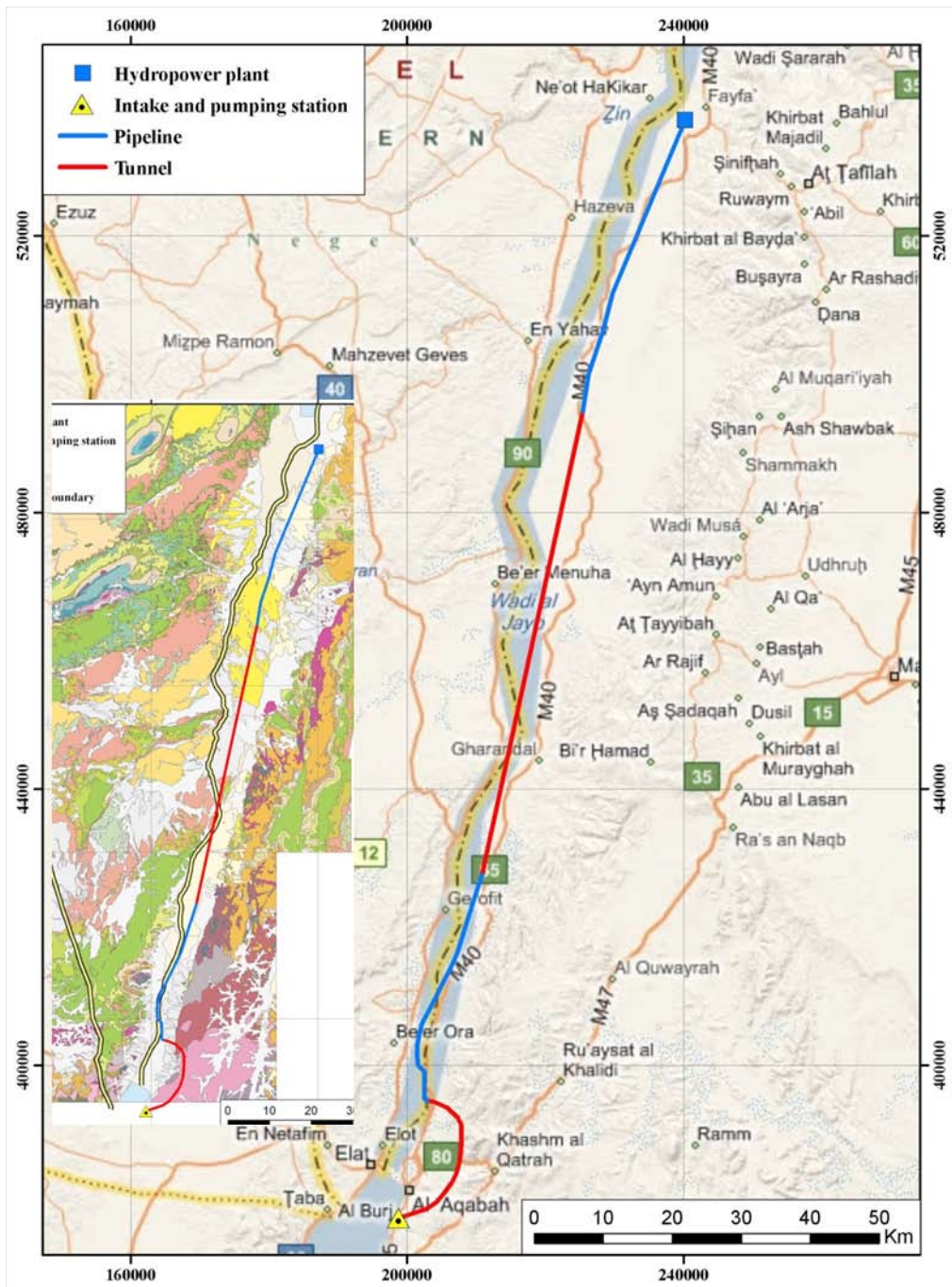
חלופת המנהרה התחתונה באורך של כ-220 ק"מ					חלופה R4
המסלע	סוג המובל	אורך המקטע (ק"מ)	סוף המקטע מראשית התוואי (ק"מ)	תחילת המקטע מראשית התוואי (ק"מ)	מיקום
בעיקר סלעי התשתית של המסיב הערבו-נובי	מנהרה	69	69	0	כ-5 ק"מ מדרום לעקבה עד כ-2 ק"מ מצפון לשדה התעופה של עקבה
תצורות אבני חול	מנהרה	5	74	69	במדרונות הרי אדום
בעיקר סלעי תשתית	מנהרה	26	100	74	במדרונות הרי אדום
תצורות סדימנטריות	מנהרה	15	115	100	במדרונות הרי אדום
בעיקר סלעי תשתית	מנהרה	35	150	115	במדרונות הרי אדום
תצורות סדימנטריות	מנהרה	13	163	150	במדרונות הרי אדום
משקעי-בקע צעירים ותצורת הלשון	צינור penstock	11	174	163	ממורדות הרי אדום ושולי בקע ים המלח
	תעלה	46	220	174	לאורך הגבול עד למפרץ שבצפון-מזרח הלשון

טבלה 6.5. סיכום מאפייני חלופה R4 (בקירוב לפי C&B, 2010).

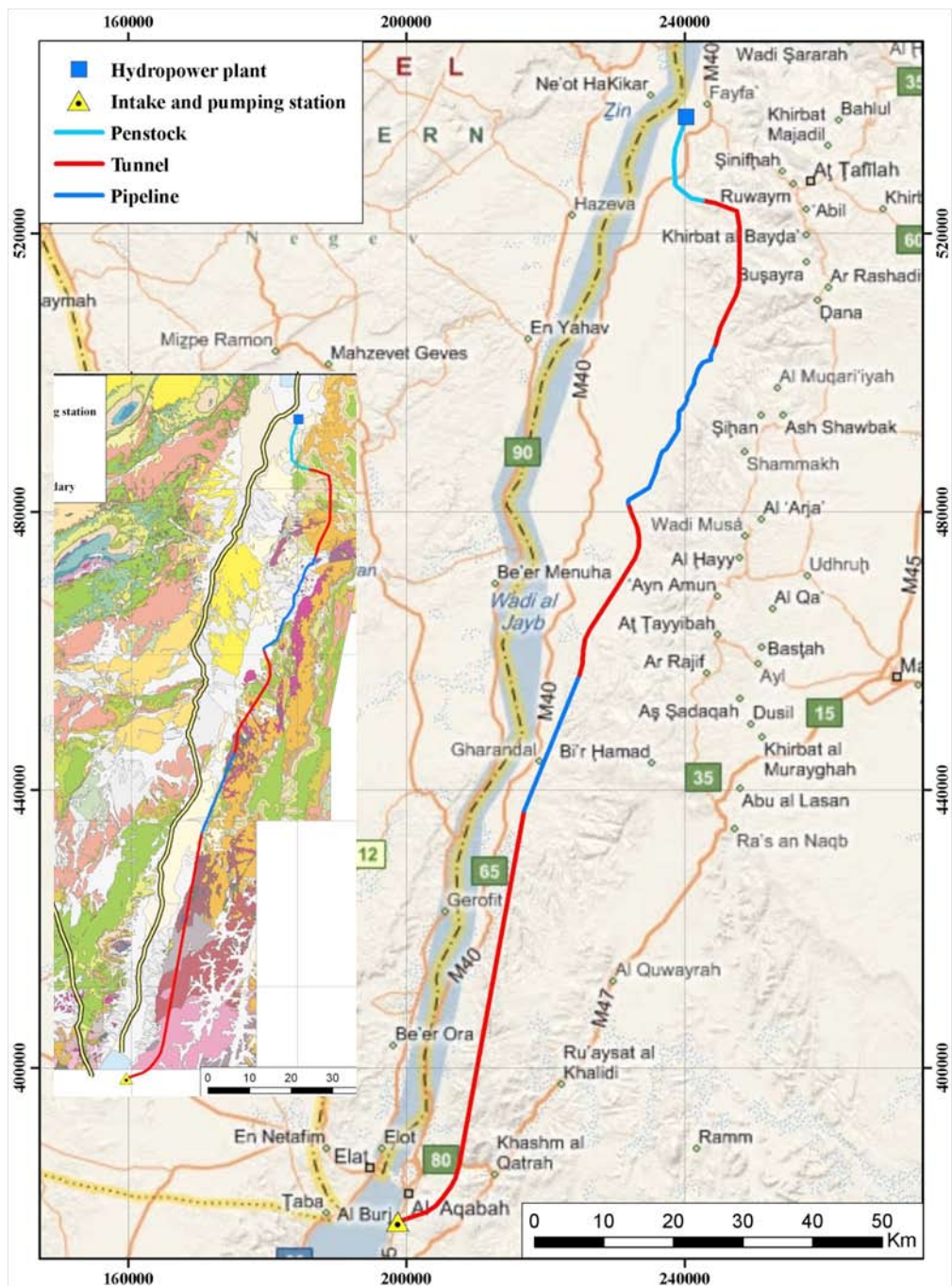
המנהרה חוצה סוגי מסלע מגוונים, החל מסלעי התשתית של המסיב הערבו-נובי דרך אבני חול ועד לטור סלעי המשקע המאפיינים את החלקים הצפוניים של הרי אדום. לחלופת המנהרה המלא יש לכאורה יתרון בכל הקשור לפני השטח, אך בנייתה כרוכה במספר רב של פורטלים, שטחי התארגנות ועודפי חפירה גדולים. תוואי המנהרה עובר בחלקו מעל מפלסי מי התהום ובחלקו בתחום החתך הרווי עצמו. מכאן שסיכוני הדליפה/פריצה הם גדולים בחלופה זו ויכולות הבקרה וההתערבות המוקדמת מוגבלות ביותר. בתוואי זה אין גם גמישות ליישום מודולארי.



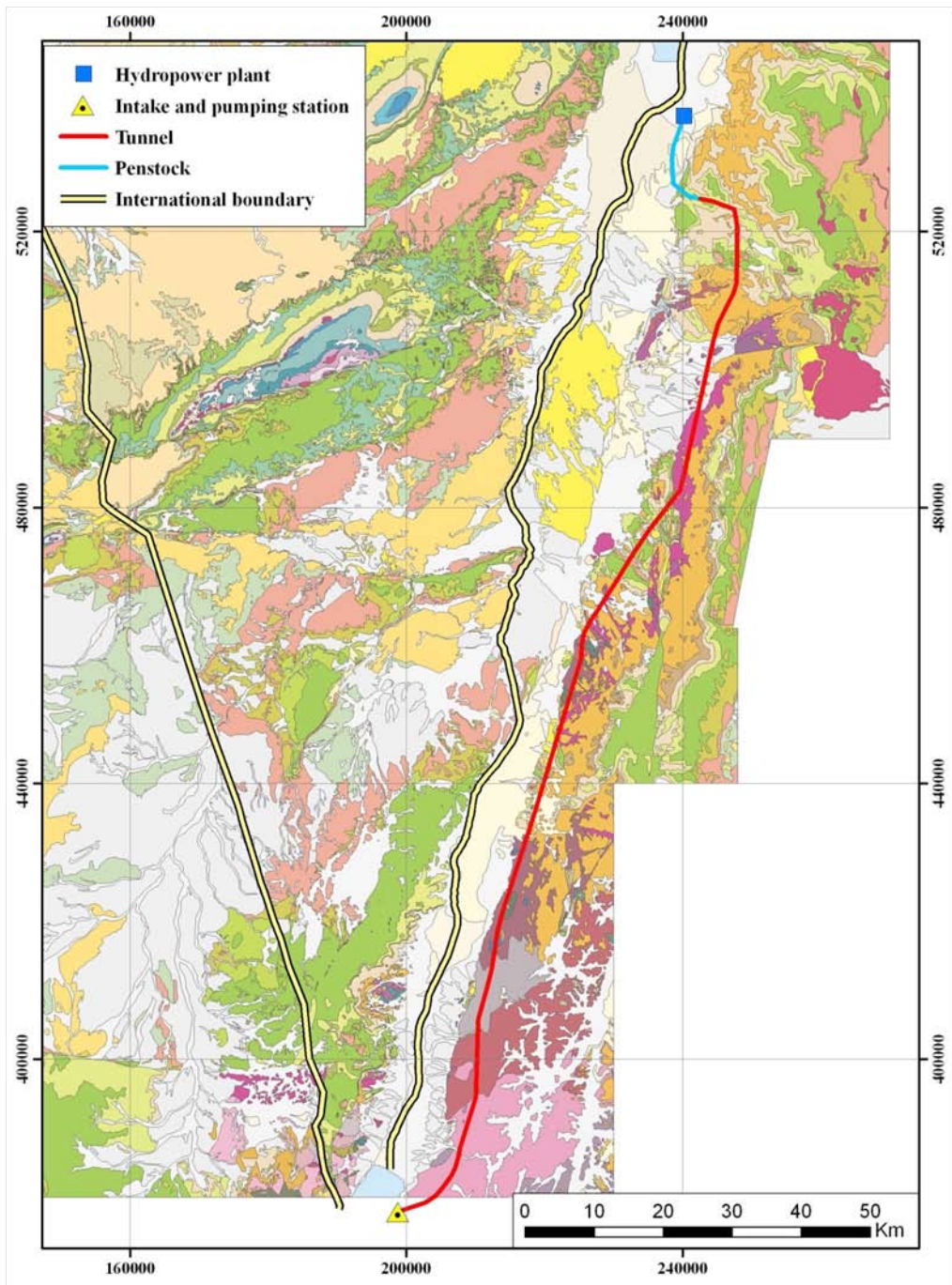
איור 6.2. תוואי חלופה R1 (בקירוב לפי C&B, 2010).



איור 6.3. תוואי חלופה R2.



איור 6.4. תוואי חלופה R3 (בקירוב לפי C&B, 2010). שני הקטעים המסומנים בכחול כהה אינם צינור (ככתוב במקרא) אלא תעלה.



איור 6.5. תוואי חלופה R4 (בקירוב לפי C&B, 2010).

6.1.2 חלופות הים התיכון

חלופות הים התיכון חוצות את קו פרשת המים הארצית שבין אגן הניקוז של ים המלח לאגן הניקוז של הים התיכון. שתי החלופות הנבחרות בעבודה זו יוצאות מתחנות-כוח גדולות – רוטנברג באשקלון ורבין בקיסריה – וזאת מתוך גישה רעיונית שניתן לעשות שימוש בשאיבה המסיבית של מי הקירור: במקום להשיבם לים, ניתן להפנותם אל פתחי המובל.

הקטע המערבי של חלופות אלו עובר באזורים מיושבים של מישור החוף הישראלי ואילו הקטעים המזרחיים עוברים באזורי-ספר – גאון הירדן והאזור המדברי הסובב את ים המלח. הקטעים המזרחיים של החלופות עוברים באזור הקרוב של מערכת שברי הבקע (Dead Sea Transform) ברצועה המוגדרת אזור טקטוני פעיל בעל רגישות סיסמית גבוהה במיוחד. התוואים החוצים שברים פעילים, מצביים אתגר תכנוני שיבטיח מזעור נזקים בעקבות רעידות אדמה ומניעת פריצה של מי-ים/מי-רפז וזיהום של מי-תהום ושל ערוץ הירדן התחתון.

מעבר לכך שמרחקי ההובלה קצרים יותר, יש לחלופות הים התיכון יתרונות הן מבחינת אתרי השאיבה והן מבחינת אתרי ההזרמה לים המלח. האפשרות לשלב את השאיבה אל המובל עם שאיבת מי הקירור באחת מתחנות הכוח, עשויה להקטין את הוצאות השאיבה ולסייע בהקטנת הזיהום התרמי שיוצרות תחנות כוח בים התיכון. ההזרמה לים המלח מִצפון נראית כבעלת יתרון מבחינת מערכות התפעול והאידיוי של מפעלי התעשייה הכימית. סביר להניח שעצמת התופעות הצפויות להתרחש בגוף המים בגין כניסת מי-ים לים המלח, עשויה להתמתן כלפי האזור הדרומי שבו נעשית שאיבת מי הגלם לתעשייה. לחלופות הים התיכון יש גם יתרון בכך שהן מאפשרות לשקם את הירדן התחתון באופן מלא או חלקי.

כמו בחלופות ים-סוף כן גם בחלופות הים התיכון נבחנת הובלת 200 מלמ"ש מים מותפלים למרחב עמאן, 100 מלמ"ש לישראל ו-100 מלמ"ש לרשות הפלסטינית.

חלופת אשקלון-גב ההר (M1)

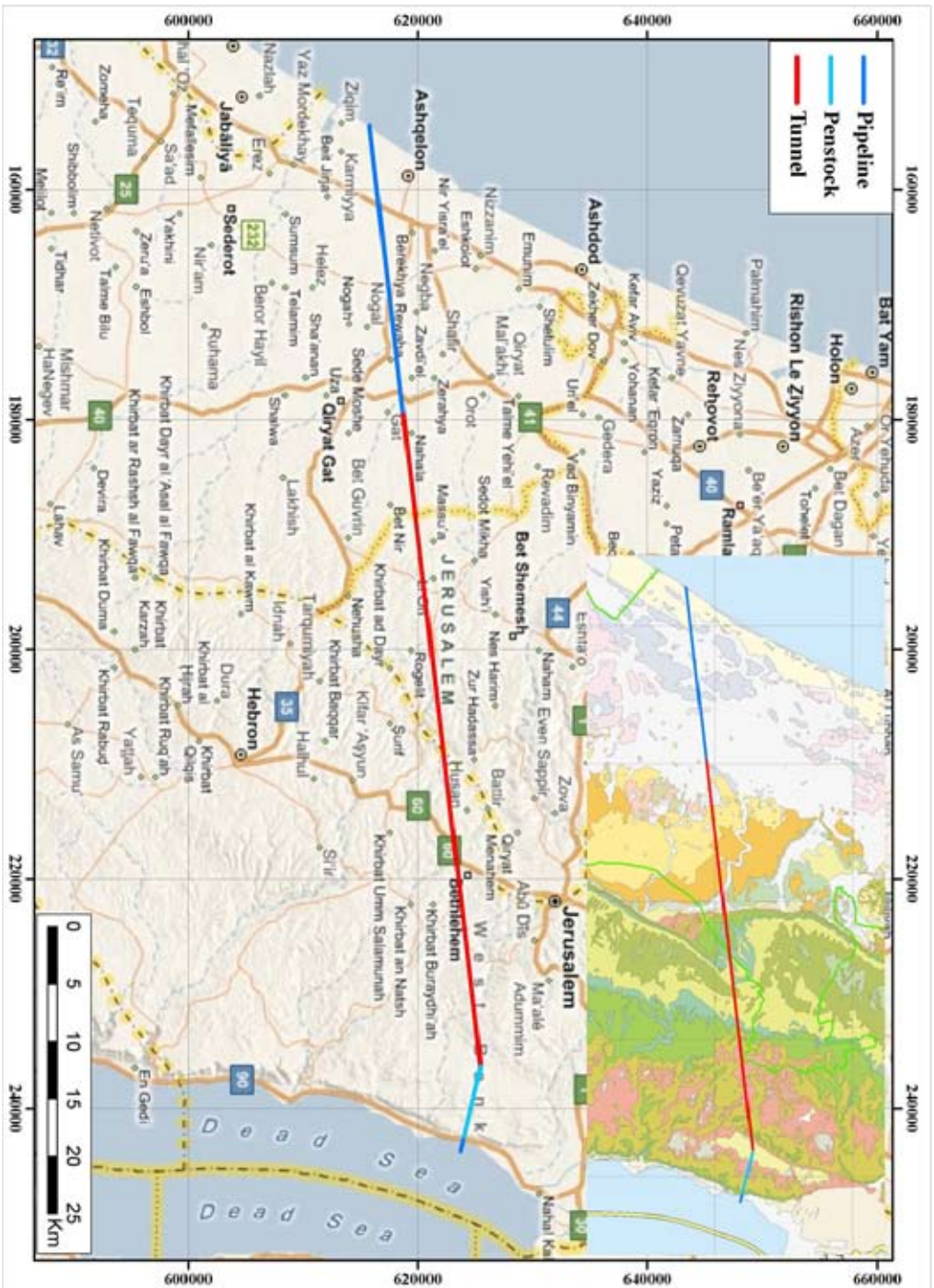
האורך הכולל של חלופת אשקלון-גב ההר הוא כ-90 ק"מ (טבלה 6.6 ואיור 6.5). החלופה מניחה שאיבה של מי הקירור החוזרים בתחנת הכוח רוטנברג לצינור באורך של כ-20 ק"מ, החוצה אזור חקלאי עד לרום של כ-100 מ'. באזור השפלה נכנס המובל למנהרת הרי יהודה, שאורכה כ-65 ק"מ ועומקה המרבי מתחת לאזור פרשת מים כ-800 מ'.

במוצא המנהרה, בבקעת הורקניה שבמדבר יהודה, ברום טופוגרפי של כ-60 מ', יוקם מאגר ויסות/אגירה. מהמאגר ירד Penstock טמון שיחצה את מצוק ההעתקים. בסופו של צינור זה, ברום טופוגרפי של כ-390 מ' לרגלי המצוק, ימוקמו מתקן התפלה ומתקן הידרואלקטרי. בחלופה זו הצינור עובר מעל לאקוויפר החוף, בעוד שהמנהרה חוצה את אקוויפר ההר המערבי והמזרחי שמשני אגפי קמר יהודה וכך גם ה-Penstock הטמון. מי הים/מי הרפז מולכים לים המלח במוצא המתקנים, בתעלה שאורכה עד כחמישה ק"מ. בחלופה זו נבחנת הובלת 200 מלמ"ש מים מותפלים למרחב עמאן, 100 מלמ"ש לישראל (50 מלמ"ש לאזור ירושלים ו-50 מלמ"ש לאזור נאות הכיכר-חצבה) ו-100 מלמ"ש לרשות הפלסטינית (רמאללה ובית לחם).

מבחינה סביבתית יש בחלופה זו כדי לסכן מקורות מי-תהום מרכזיים בישראל וברשות הפלסטינית. הצינור עובר ברובו באזורים מופרים וחקלאיים והוא מונח על אקוויפר החוף, בעוד שהמנהרה חוצה את אקוויפר ההר המערבי והמזרחי. עיקר הסיכון הוא באותם קטעים בהם עומד מי הים המזרמיים במובל יעלה על עומד מי התהום באקוויפרים הנחצים (לכל אורך אקוויפר החוף ובחלק מאקוויפר ההר).

חלופת אשקלון-גב ההר, באורך של כ-95 ק"מ				חלופה M1
המסלע	סוג המובל	האורך הכולל של המקטע (ק"מ)	המקטע מראשית התוואי (ק"מ)	מיקום
סדימנטים קוורטריים וקרקות של מישור החוף	צינור	20	0	מתחנת רוטנברג עד מרגלות השפלה
תצורות גיריות, קירטוניות, דולומיטיות וחרסיתיות	מנהרה	65	20	מנהרת יהודה, מהשפלה לרמת מדבר יהודה
תצורות דולומיטיות וגיריות	penstock	5	85	מצוק ההעתקים, חוף ים המלח
משקעי-בקע צעירים	תעלה	5	90	משולי המצוק לים המלח

טבלה 6.6. סיכום מאפייני חלופה M1.



איור 6.6. תנועת תלולות מים

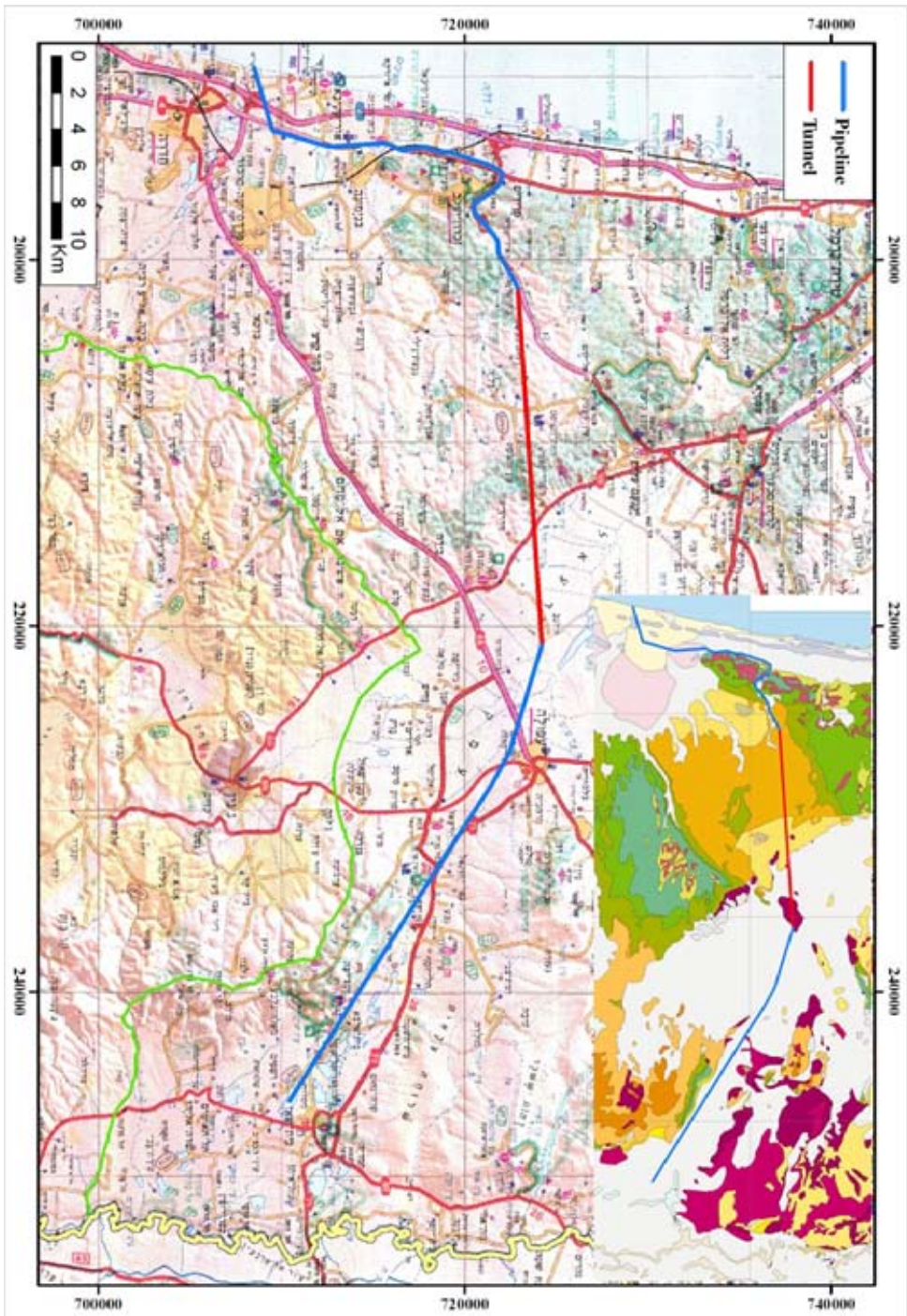
חלופה זו צפויה לגרום להפרה נופית מסיבית בבקעת הורקניה ולמרגלות מצוק ההעתקים, וזאת כתוצאה מהקמת ה-Penstock, מתקני הכוח וההתפלה ומערכות אספקת המים המותפלים. החלק המזרחי ביותר של ה-Penstock חוצה את מצוק ההעתקים של בקע ים המלח, הכולל העתקים פעילים. המתקנים אמורים להיבנות במרחב טקטוני פעיל ("טרנספורם" ים המלח) על סיכוניו הסיסימיים המיוחדים. כמו בחלופות האחרות הכוללות מנהור, יש למצוא פתרונות שיעמדו בקריטריונים סביבתיים גם לעודפי החפירה שיווצרו ממנהרה זו. לחלופה זו גמישות נמוכה לגבי האפשרות ליישום מודולארי.

חלופת קיסריה-בית שאן (M2)

האורך הכולל של חלופת קיסריה-בית-שאן-ים המלח הוא כ-71 ק"מ ועוד כ-99 ק"מ תעלה מקבילה לירדן שבה יוזרמו מי הים/מי הרפז לים המלח (טבלה 6.7 ואיור 6.6). לחלופה זו תיתכן אלטרנטיבה שבה אתר השאיבה ימוקם במפרץ חיפה ומשם יועברו המים בצינור, ללא מנהור, אל מעבר לפרשת המים בעמק זרעאל.

חלופת קיסריה-בית שאן		חלופה M2	
האורך כ-170 ק"מ	המסלע	מיקום	המקטע הראשית התוואי (ק"מ)
סדימנטים קוורטריים וקרקות של מישור החוף	צינור	מקיסריה לאזור קמר אמיר	0
תצורות קירטוניות וגיריות	מנהרה	ממרגלות הר עמיר לעמק זרעאל	30
קרקות אלוביאליות עם אזורי בזלת במקומות אחדים	צינור	לאורך עמק זרעאל עד עמק בית שאן	47
בעיקר חוואר הליסן	תעלה	לאורך הירדן	71

טבלה 6.7. סיכום מאפייני חלופה M2.



איור 6.7. התוואי של חלופה מז.

המובל הנבחן כאן מורכב מארבעה קטעים: הקטע הראשון הוא צינור שנמשך מתחנת הכוח רבין, הוצה את מישור חוף הכרמל ועולה בערוץ נחל דליה – נחל תות, לאורך כביש 70 עד לרום טופוגרפי של כ-70 מ'. הקטע השני הוא מנהרה באורך של כ-17 ק"מ, היורדת בשיפוע מתון מתחת לרמות מנשה, לרום טופוגרפי של כ-65 מ' בעמק יזרעאל, למאגר וויסות/אגירה. הקטע השלישי הוא צינור באורך כ-24 ק"מ היורד לעמק חרוד. קצהו של קטע זה באזור קיבוץ רשפים שמדרום לבית שאן, שם יוקמו מתקני ההתפלה והחשמל ההידרואלקטרי. הקטע הרביעי הוא תעלה באורך של כ-99 ק"מ בגאון הירדן, עד לשוליים הצפוניים של ים המלח.

בחלופה זו נבחרת הובלת 200 מלמ"ש מים מותפלים למרחב עמאן דרך אירביד, 100 מלמ"ש לישראל (לכינרת), ואם יוסכם – גם להזרמה בערוץ הירדן – במטרה לשקם חלקית את חלקו התחתון של הנהר) ו-100 מלמ"ש לרשות הפלסטינית (גינין-טובאס-שכם).

גם לחלופה זו יתרון בניצול מי הקירור של תחנת הכוח ובמזעור ההשפעות התרמיות על הים התיכון. קטע הצינור המערבי עובר בשטחים חקלאיים מופרים, מעל לאקוויפר החוף ולאורך השוליים הצפון-מערביים של אקוויפר ההר. המנהרה שמתחת לרמות מנשה צפויה לחצות אקוויפרים מקומיים שמזינים את המעינות שבשוליה. הקטע המזרחי והמתקנים מתוכננים להיבנות באזור טקטוני פעיל המצוי בגזרת טרנספורם ים המלח, על סיכונים הסיסמיים המיוחדים. כפי שיידרש לגבי המנהרות בחלופות האחרות, גם לעודפי החפירה של מנהרה זו יידרשו פתרונות העומדים בקריטריונים סביבתיים. בעמק יזרעאל עובר קטע הצינור באזורים חקלאיים מופרים, אך הוא אינו מסכן מקור מים רציני. תעלת המים המלוחים לאורך גאון הירדן ועד ים המלח תפגע בנוף הבתרונות המאפיין את האזור, ויש בה פוטנציאל לדליפות או פריצות ולפגיעה בערוץ הירדן התחתון. בנוסף תיצור תעלה רציפה לאורך גאון הירדן מחסום אקולוגי שמעליו יהיה צורך לגשר בשילוב קטעים מקורים, קטעי צינור ואולי אף בצינור מלא לכל אורך התוואי.¹⁸

לחלופה זו גמישות טובה יחסית ליישום מודולארי והיא מאפשרת שילוב פתרונות לשיקום חלקי של הזרימה בירדן התחתון. בהמשך מוצגת אפשרות כזו, בה מותפלים 100 מלמ"ש נוספים בבית שאן, מוזרמים לכינרת ומשם מופנים לערוץ הירדן.¹⁹ כאמור, לחלופה זו ייתכן תכנון שונה, המבוסס על שאיבה במפרץ חיפה והולכה במערכת צינורות ותעלות בלבד.

¹⁸ באותו הקשר כדאי להזכיר את העובדה שבתנאים הנוכחיים "ציר המערכת" הוא מכשול ומחסום אקולוגי רציף ובלתי-עביר לכל אורך התוואי.

¹⁹ המבחן הכלכלי של אפשרות זו, המוצג בפרק 8, מבוסס על חלופה M2 ומצרף את העלויות המוצגות בטבלה 7.17 עבור אספקת המים השפירים לישראל, הכוללות התפלה והזרמה לכינרת.

חלופת קיסריה-ערוץ הירדן (חלופת מים שפירים M3)

חלופה זו זהה לחלופה M2 בתוואי ההולכה שלה עד בית שאן, אך שונה ממנה בכך שמוזרמים בה מים מותפלים ולא מי-ים. חלופה M3 מדמה שחרור מים שפירים מהירדן ומהירמוך וכרוכה בהתפלה של עד כ-1,000 מלמ"ש בים התיכון. התפלה זו נועדה לפצות על גריעת מים שפירים מהמערכת הקיימת בישראל ובירדן והגדלת מצאי המים השפירים לממלכת ירדן, לישראל ולרשות הפלסטינית. לשם הפשטות, חלופה M3 אינה עוסקת בהשבת זרימת מי הירדן והירמוך לים המלח ובהמרתם במים מותפלים, אלא מזרימה מים שהותפלו לחוף הים התיכון במישרין לבית שאן ומשם לים המלח דרך ערוץ הירדן. בחלופה זו אין הזרמת מי-ים/מי-רפז לאורך הירדן התחתון.

יתרונה של חלופה זו הוא בכך שהיא מדמה השבת זרימות מים שפירים דרך עמק בית שאן אל הירדן וים המלח ואין בה הזרמת מים "זרים" על כל המשתמע מכך. היא מאפשרת לשקם את הזרימה בערוץ הירדן התחתון, אם כי יש המפקפקים בכך שמים שפירים שישובו ויוזרמו בירדן חינם אין כסף, אכן יגיעו ליעדם בים המלח ולא ישמשו להרוויית הצרכים באזור מדברי חסר-מים. חסרונה הגדול של חלופה זו הוא כמובן בהיקפי ההתפלה הגדולים הנדרשים לחוף הים התיכון, על היבטיה הכלכליים והסביבתיים, הישירים והעקיפים.²⁰

חלופת קיסריה - ערוץ הירדן				חלופה M3
אורך כ-76 ק"מ				מיקום
המסלע	סוג המובל	האורך הכולל של המקטע (ק"מ)	המקטע מראשית התוואי (ק"מ)	
סדימנטים קוורטריים וקרקות של מישור החוף	צינור	30	0	מקיסריה לאזור קמר אמיר
תצורות קירטוניות וגיריות	מנהרה	17	30	ממרגלות הר עמיר לעמק יזרעאל
קרקות אלוביאליות עם אזורי בזלת אחדים	צינור	24	47	לאורך עמק יזרעאל, עד לעמק בית שאן
בעיקר חוואר הליסן	תעלה	5	71	אל אפיק הירדן

טבלה 6.8. סיכום מאפייני חלופה M3 (מים שפירים).

²⁰ דיון בהיבטים אלה, ראו בפרק 9.

7. בחינה השוואתית של ההשקעות הנדרשות

7.1 הובלת המים לים המלח ומאזן האנרגיה

במטרה ליצור בסיס-השוואה מוצק בין החלופות, נעשה תכנון עקרוני-רעיוני, בו שולבו בכל החלופות מרכיבים זהים בעלי תמחור זהה. חשוב להדגיש כי מדובר **בהערכה** לסדר גודל של עלויות התוואים, המרכיבים, התפעול והתחזוקה. לפיכך אין להיתפס לפרטי התכנון והתמחור הזהים בכל התחשיבים. העלויות המוצגות להלן בטבלאות 7.1 עד 7.7 משמשות בסיס לניתוח הכלכלי המוצג בפרק 8. הן נועדו להציג את המכלול הקשור בכל חלופה ולהדגיש את הדמיון או את השוני בין החלופות השונות. בכל החלופות מוצגות שתי גרסאות: האחת כוללת הזרמה רציפה והשנייה כוללת אגירה להפקת אנרגיה בשעות השיא. התכנון הרעיוני של חלופות האגירה מניח שאיבה של 16 שעות לאגירה ושמונה שעות של הולכה מאגירה לייצור חשמל.

חלופת M3, המדמה זרימה של מים שפירים בירדן, שונה מכל שאר החלופות בכך שהיא כוללת השקעה במתקני התפלה בהיקף של 1,000 מלמ"ש לחוף הים. בשאר החלופות, מתקני ההתפלה שבמוצא המובל בקרבת ים המלח, נכללים בחישוב העלויות של מערכות האספקה של מים שפירים הנידונות בסעיף הבא.

סיכום העלויות ומאזן האנרגיה בתוואים השונים, מוצג בטבלאות 7.8 ו-7.9 בהתאמה. סיכום ההשקעות מעיד כצפוי כי ההשקעות בתוואי הים התיכון נמוכות באופן משמעותי מההשקעות בתוואי ים-סוף וכי בכל התוואים חלופת האגירה מחייבת השקעה נוספת, כבדה למדי. לעומת זאת, מאזן האנרגיה (איור 7.9) מעלה כי דווקא החלופה שההשקעות בה הן הגבוהות ביותר (R4) היא היעילה ביותר מבחינה אנרגטית ומאפשרת ייצור עודף שנתי של חשמל "ירוק" (הידרואלקטרי) המגיע לכ-718 GW. נתונים אלה, ביחד עם נתוני התחזוקה והתפעול, משוקללים יחדיו בפרק 8, העוסק בניתוח הכלכלי של החלופות.

סה"כ השקעות (במיליוני דולר)		ערכים נורמטיביים			צינור עליון R1	
הולכה רציפה	אגירה- אנרגיה	מיליוני \$	MW	מטר-ק"מ		
		יחידה		גובה/אורך	מערכת	מהירות זרימה
					שאיבה-הרמה	
	241	1.5	165	300	מ"ק/שנייה	47.5
187		1.7	110	300	מ"ק/שנייה	31.5
					ייצור אנרגיה	
	467	1.1	413	486	מ"ק/שנייה	95.0
240		1.8	137	486	מ"ק/שנייה	31.5
					הולכה	
	1,075	12.8		84	צינור 4 x140	95.0 מ"ק/שנייה
	422	6.4		66	צינור 2 x140	47.5 מ"ק/שנייה
	520	20.0		26	מנהרה 4.5 מ	47.5 מ"ק/שנייה
900		6.0		150	צינור 2 x120	31.5 מ"ק/שנייה
468		18.0		26	צינור 2 x120	31.5 מ"ק/שנייה
					הזרמה לים המלח	
	138	3.0		46	תעלה	95.0 מ"ק/שנייה
115		2.5		46	תעלה	31.5 מ"ק/שנייה
					איגום	
	120	40.0	3		3 מלמ"ק	מאגר
1,910	2,984					סה"כ חלקי
477	746					בצ"מ 25%
2,387	3,729					סה"כ כללי

טבלה 7.1. פירוט ההשקעות בחלופות הולכה רציפה ואגירה בתוואי R1.

סה"כ השקעות (במיליוני דולר)		ערכים נורמטיביים			צינור תחתון R2	
הולכה רציפה	אגירה- אנרגיה	מיליוני \$	MW	מטר-ק"מ		
		יחידה		גובה/אורך	מערכת	מהירות זרימה
					שאיבה-הרמה	
	153	1.8	85	150	מ"ק/שנייה	47.5
103		1.8	57	150	מ"ק/שנייה	31.5
					ייצור אנרגיה	
	409	1.3	317	373	מ"ק/שנייה	95.0
210		2.0	105	373	מ"ק/שנייה	31.5
					הולכה	
	781	12.8		61	צינור 4 x 140	95.0 מ"ק/שנייה
	154	6.4		24	צינור 2 x 140	47.5 מ"ק/שנייה
	1,780	20.0		89	מנהרה 4.5 מ	47.5 מ"ק/שנייה
510		6.0		85	צינור 2 x 120	31.5 מ"ק/שנייה
1,602		18.0		89	מנהרה 4.0 מ	31.5 מ"ק/שנייה
					הזרמה לים המלח	
	138	3.0		46	תעלה	95.0 מ"ק/שנייה
115		2.5		46	תעלה	31.5 מ"ק/שנייה
					איגום	
	120	40.0	3		3 מלמ"ק	מאגר
2,540	3,535					סה"כ חלקי
635	884					בצ"מ 25%
3,175	4,418					סה"כ כללי

טבלה 7.2. פירוט השקעות בחלופות הולכה רציפה ואגירה בתוואי R2.

סה"כ השקעות (במיליוני דולר)		ערכים נורמטיביים			מנהרה עליונה R3	
הולכה רציפה	אגירה- אנרגיה	מיליוני \$	MW	מטר-ק"מ		
		יחידה		גובה/אורך	מערכת	מהירות זרימה
					שאיבה-הרמה	
	225	1.5	150	270	מ"ק/שנייה	47.5
180		1.8	100	270	מ"ק/שנייה	31.5
					ייצור אנרגיה	
	512	1.1	453	520	מ"ק/שנייה	95.0
251		1.7	150	520	מ"ק/שנייה	31.5
					הולכה	
	192	12.8		15	צינור 4 x 140	95.0 מ"ק/שנייה
		6.4			צינור 2 x 140	47.5 מ"ק/שנייה
	2,380	20.0		119	מנהרה 4.5 מ	47.5 מ"ק/שנייה
	150	3.0		50	תעלה	47.5 מ"ק/שנייה
90		6.0		15	צינור 2 x 120	31.5 מ"ק/שנייה
2,142		18.0		119	מנהרה 4.0 מ	31.5 מ"ק/שנייה
125		2.5		50	תעלה	31.5 מ"ק/שנייה
					הזרמה לים המלח	
	138	3.0		46	תעלה	95.0 מ"ק/שנייה
115		2.5		46	תעלה	31.5 מ"ק/שנייה
					איגום	
	120	40.0	3		3 מלמ"ק	מאגר
2,903	3,717					סה"כ חלקי
726	929					בצ"מ 25%
3,628	4,646					סה"כ כללי

טבלה 7.3. פירוט ההשקעות בחלופות הולכה רציפה ואגירה בתוואי R3.

סה"כ השקעות (במיליוני דולר)		ערכים נורמטיביים			מנהרה תחתונה R4	
הולכה רציפה	אגירה- אנרגיה	מיליוני \$	MW	מטר-ק"מ		
		יחידה		גובה/אורך	מערכת	מהירות זרימה
					ייצור אנרגיה	
	344	1.4	246	289	מ"ק/שנייה	95.0
163		2.0	81	289	מ"ק/שנייה	31.5
					הולכה	
	141	12.8		11	צינור 4"X140	95.0 מ"ק/שנייה
	3,260	20.0		163	מנהרה 4.5 מ	47.5 מ"ק/שנייה
66		6.0		11	צינור 2"X120	31.5 מ"ק/שנייה
2,934		18.0		163	מנהרה 4.0 מ	31.5 מ"ק/שנייה
					הזרמה לים המלח	
	138	3.0		46	תעלה	95.0 מ"ק/שנייה
115		2.5		46	תעלה	31.5 מ"ק/שנייה
					איגום	
	120	40.0	3		3 מלמ"ק	מאגר
3,278	4,003					סה"כ חלקי
819	1,001					בצ"מ 25%
4,097	5,004					סה"כ כללי

טבלה 7.4. פירוט ההשקעות בחלופות הולכה רציפה ואגירה בתוואי R4.

סה"כ השקעות (במיליוני דולר)		ערכים נורמטיביים			ים תיכון-גב ההר M1	
הולכה רציפה	אגירה- אנרגיה	מיליוני \$	MW	מטר-ק"מ		
		יחידה		גובה/אורך	מערכת	מהירות זרימה
					שאיבה-הרמה	
	153	1.8	85	150	מ"ק/שנייה	47.5
103		1.8	57	150	מ"ק/שנייה	31.5
					ייצור אנרגיה	
	446	1.2	381	448	מ"ק/שנייה	95.0
227		1.8	126	448	מ"ק/שנייה	31.5
					הולכה	
	90	12.8		7	צינור 4 א"י 140	95.0 מ"ק/שנייה
	128	6.4		20	צינור 2 א"י 140	47.5 מ"ק/שנייה
	1,300	20.0		65	מנהרה 4.5 מ	47.5 מ"ק/שנייה
162		6.0		27	צינור 2 א"י 120	31.5 מ"ק/שנייה
1,170		18.0		65	מנהרה 4.0 מ	31.5 מ"ק/שנייה
					הזרמה לים המלח	
	26	12.8		2	צינור 4 א"י 140	95.0 מ"ק/שנייה
12		6.0		2	צינור 2 א"י 120	31.5 מ"ק/שנייה
					איגום	
	120	40.0	3		3 מלמ"ק	מאגר
1,674	2,262					סה"כ חלקי
418	565					בצ"מ 25%
2,092	2,827					סה"כ כללי

טבלאות 7.5. פירוט ההשקעות בחלופות הולכה רציפה ואגירה בתוואי M1.

סה"כ השקעות (במיליוני דולר)		ערכים נורמטיביים			ים תיכון-בית שאן M2	
הולכה רציפה	אגירה- אנרגיה	מיליוני \$	MW	מטר-ק"מ		
		יחידה		גובה/אורך	מערכת	מהירות זרימה
					שאיבה-הרמה	
	108	1.8	60	105	מ"ק/שנייה	47.5
72		1.8	40	105	מ"ק/שנייה	31.5
					ייצור אנרגיה	
	365	1.4	264	311	מ"ק/שנייה	95.0
175		2.0	88	311	מ"ק/שנייה	31.5
					הולכה	
	307	12.8		24	צינור 4 x140	95.0 מ"ק/שנייה
	192	6.4		30	צינור 2 x140	47.5 מ"ק/שנייה
	340	20.0		17	מנהרה 4.5 מ	47.5 מ"ק/שנייה
324		6.0		54	צינור 2 x120	31.5 מ"ק/שנייה
306		18.0		17	מנהרה 4.0 מ	31.5 מ"ק/שנייה
					הזרמה לים המלח	
	297	3.0		99	תעלה	95.0 מ"ק/שנייה
248		2.5		99	תעלה	31.5 מ"ק/שנייה
					איגום	
	120	40.0			3 מלמ"ק	מאגר
1,125	1,729					סה"כ חלקי
281	432					בצ"מ 25%
1,406	2,161					סה"כ כללי

טבלה 7.6. פירוט ההשקעות בחלופות הולכה רציפה ואגירה בתוואי M2.

סה"כ השקעות (במיליוני דולר)		ערכים נורמטיביים			ים תיכון-ערוץ הירדן M3	
		מיליוני \$	MW	מטר-ק"מ		
הולכה רציפה	אגירה- אנרגיה	יחידה		גובה/אורך	מערכת	מהירות זרימה
					התפלה בחוף הים	
	2,800	280.0		10	100 מלמ"ש	מתקן
2,800		280.0		10	100 מלמ"ש	מתקן
					שאיבה-הרמה	
	108	1.8	60	105	מ"ק/שנייה	47.5
72		1.8	40	105	מ"ק/שנייה	31.5
					ייצור אנרגיה	
	365	1.4	264	311	מ"ק/שנייה	95.0
175		2.0	88	311	מ"ק/שנייה	31.5
					הולכה	
	307	12.8		24	צינור 4 א"י 140	95.0 מ"ק/שנייה
	192	6.4		30	צינור 2 א"י 140	47.5 מ"ק/שנייה
	340	20.0		17	מנהרה 4.5 מ	47.5 מ"ק/שנייה
324		6.0		54	צינור 2 א"י 120	31.5 מ"ק/שנייה
306		18.0		17	מנהרה 4.0 מ	31.5 מ"ק/שנייה
					הזרמה לים המלח	
	15	3.0		5	תעלה	95.0 מ"ק/שנייה
13		2.5		5	תעלה	31.5 מ"ק/שנייה
					איגום	
	120	40.0	3		3 מלמ"ק	מאגר
3,690	4,247					סה"כ חלקי
922	1,062					בצ"מ 25%
4,612	5,309					סה"כ כללי

טבלה 7.7. פירוט ההשקעות בחלופות הולכה רציפה ואגירה בתוואי M3 אשר בו, בשונה מבשאר התוואים, נכללת השקעה במתקן התפלה לחוף הים, הנדרש להתפלת כל המים המובלים.

סה"כ השקעות מערכת להולכת מי-ים + תחנה הידרואלקטרית (במיליוני \$)							
חלופות ים תיכון			חלופות ים סוף				
בית-שאן M3	בית-שאן M2	קומראן M1	מנהרה תחתונה R4	מנהרה עליונה R3	צינור תחתון R2	צינור עליון R1	
5,309	2,162	2,828	5,004	4,646	4,418	3,729	חלופת אגירה ויצירת חשמל בשעות שיא
4,612	1,406	2,093	4,097	3,629	3,175	2,387	חלופת הולכה ויצירת חשמל רציפה
697	756	735	907	1,017	1,243	1,342	הפרש

טבלה 7.8. סיכום ההשקעות בחלופות להולכת מי-ים לאגן ים המלח וההפרש בין חלופות אגירה להולכה רציפה.

עודף חשמל "ירוק"	ייצור אנרגיה בשנה			צריכת אנרגיה לשאיבה לשנה			חלופה	
	סה"כ ייצור	תפעול	ייצור שעותי	סה"כ צריכה	תפעול	צריכה MW		
GW	GW	h/year	MWh	GW	h/year	MWh		
242	1,206	2,920	413	964	5,840	165	אגירה	R1
242	1,206	8,760	137	964	8,760	110	רציפה	
429	926	2,920	317	496	5,840	85	אגירה	R2
429	926	8,760	105	496	8,760	57	רציפה	
447	1,323	2,920	453	876	5,840	150	אגירה	R3
447	1,323	8,760	150	876	8,760	100	רציפה	
718	718	2,920	246	הולכה בגרוויטציה לכל אורך המובל			אגירה	R4
718	718	8,760	81				רציפה	
616	1,113	2,920	381	496	5,840	85	אגירה	M1
616	1,113	8,760	126	496	8,760	57	רציפה	
420	771	2,920	264	350	5,840	60	אגירה	M2
420	771	8,760	88	350	8,760	40	רציפה	
420	771	2,920	264	350	5,840	60	אגירה	M3
420	771	8,760	88	350	8,760	40	רציפה	

טבלה 7.9. מאזן האנרגיה בהולכת 1,000 מלמ"ש מי-ים לים המלח בחלופות השונות. המאזן אינו כולל התפלה והולכה של מים שפירים לצרכנים. כאמור, הפרויקט על כל מרכיביו (הכוללים התפלה והולכת מים שפירים לצרכנים) צורך אנרגיה רבה פי כמה מזו שניתן לייצר בזכות הפרש העומדים.

7.2 אספקת מים שפירים וצורכי האנרגיה

במסגרת החלופות הנבחרות בעבודה זו, נעשה גם תכנון עקרוני-רעיוני של אספקת מים שפירים בכמות של עד 400 מלמ"ש – הכמות שעולה מיחס ההשבה המקובל בהתפלת מי-ים. מדובר באפשרות להתפלה מרבית של מי הים המובלים בחלופות ואספקת 200 מלמ"ש לממלכת ירדן (מרחב עמאן) והשאר בחלוקה שווה ליעדים שונים בישראל וברשות הפלסטינית שנקבעו בהתאם לתוואי המובלים ומיקום מתקני ההתפלה. בכל חלופות ים-סוף נקבע מערך זהה לאספקת המים השפירים לצרכנים וזאת עקב המיקום הזהה של מתקני ההתפלה בקרבת הקצה הדרום-מזרחי של בריכות האידוי הירדניות. בחלופות הים התיכון מכתיב מיקומם של מתקני ההתפלה (בקרבת קומראן ובקרבת בית שאן) פתרון שונה לאספקת המים השפירים.

במסגרת האפשרויות לתפעול מודולארי של החלופות הנבחרות, קיימת אופציה להגדיל את כמות המים המותפלים במוצאי המובלים בקרבת ים המלח לפי הצרכים ולפי תגובת ים המלח לכניסות מי-ים/מי-רפז. הפעלת אופציה זו כרוכה בתוספת מתקני-התפלה בחוף, באמצעותם תופחת מליחות מי המובל ותאפשר העלאת יחס ההשבה (מים שפירים/מי-רפז) במתקני ההתפלה הנידונים, עד ליחס של 2:8; כלומר: יחס שיאפשר לצמצם את הכניסות לים המלח עד כדי 200 מלמ"ש מי-רפז שמליחותם ועומס המלחים שבהם נמוך משמעותית לעומת רפז של התפלת מי-ים. להתפלה זו יש גם תועלת ישירה בהורדת כמות הגבס שתיווצר מערבוב מי-ים ונגזרותיהם עם מי ים המלח, וזאת בזכות סילוק משמעותי של הסולפט ממי המובל בתהליך ההתפלה – הורדה העולה על הורדת המליחות הכללית בזכות הסלקטיביות של סילוק הסולפט בתהליך ההתפלה. לתוספת-התפלה כזו יש כמו כן משמעות כלכלית שאותן יש לשקלל אל מול האפשרות להשבתה מלאה או חלקית של המובל. מכיוון שבכל מקרה (אם בכלל) תידרש רק התפלה חלקית של מי המובל, אותה לא ניתן להעריך בשלב זה, תוספת ההתפלה אינה נלקחת בחשבון בחישובים שלהלן.

בטבלאות 7.10 עד 7.20 מוצגים גם צורכי האנרגיה הנדרשים להתפלה ולהולכה של המים לצרכנים וכן התפעול והתחזוקה כשהם מתורגמים לעלות שנתית לפי תעריף החשמל המשמש בעבודת הבנק העולמי ותעריף מקורב לתעריף יתעו"ז משוקללי (\$60 ו-\$105 ל-MW, בהתאמה).

סה"כ השקעות (מיליוני \$)		ערכים נורמטיביים				מים שפירים ים המלח-עמאן R1-R4	
200 מלמ"ש	100 מלמ"ש	מיליוני \$	MW	יח'	מטר/ק"מ/מ"ק		
						הרמה כוללת	
						1.6	חיכוך מ/ק"מ
						178	הולכה ק"מ
					2,068	1,783	גובה סף מטר
						מערך שאיבה	
	152	1.8	85			מ"ק/שנייה	3.5
239		1.4	169			מ"ק/שנייה	7.0
						מערך אגירה	
	6	2.0		3	50,000	מ"ק	מפעלי
	6	6.0		1	150,000	מ"ק	תחתון
12		4.0		3	100,000	מ"ק	מפעלי
12		12.0		1	300,000	מ"ק	תחתון
						הולכה	
	320	1.8			178	"60	צינור
392		2.2			178	"80	צינור
						התפלה	
	280	280.0		1		100 מלמ"ש	מתקן
560		280.0		2		100 מלמ"ש	מתקן
1,214	765						סה"כ חלקי
304	191						בצ"מ 25%
1,518	956						סה"כ
200 מלמ"ש	100 מלמ"ש		200	100		אנרגיה	
GWh/year			MW			צריכת חשמל	
660	330		83	42		התפלה	
1,484	742		169	85		הולכה	
2,144	1,072					סה"כ	
מיליוני \$						עלות חשמל לשנה	
129	64	60	1			עבודת הבנק	
225	113	105	1			תעוז משוקלל	

טבלה 7.10. פירוט ההשקעות באספקת מים שפירים לממלכת ירדן בחלופות ים-סוף.

סה"כ השקעות (מיליוני \$)		ערכים נורמטיביים				מים שפירים ים המלח-רותם-חצבה R1-R4	
50 מלמ"ש ערבה	50 מלמ"ש רותם	מיליוני \$	MW	יח'	מטר/ק"מ/מ"ק		
						הרמה כוללת	
						1.6	חיכוך מ/ק"מ
						90	הולכה ק"מ
					734	590	גובה סף מטר
						מערך שאיבה	
חישוב מקורב	54	1.8	30			מ"ק/שנייה	3.5
						מ"ק/שנייה	1.9
						מערך אגירה	
	4	2.0		2	50,000	מ"ק	מפעלי
	6	6.0		1	150,000	מ"ק	תחתון
						הולכה	
	36	1.2			30	"42	צינור
	72	1.2			30	"42	צינור
						התפלה	
	280	280.0		1		100 מלמ"ש	מתקן
		280.0		2		100 מלמ"ש	מתקן
	452						סה"כ חלקי
	113						בצ"מ 25%
	565						סה"כ
	100 מלמ"ש		100				אנרגיה
	GWh/year		MW				צריכת חשמל
	330		42				התפלה
	261		30				הולכה
	591						סה"כ צריכה
	מיליוני \$						עלות חשמל לשנה
	35	60.0	1				עבודת הבנק
	62	105.0	1				תעוז משוקלל

טבלה 7.11. פירוט ההשקעות באספקת מים שפירים לישראל בחלופות ים-סוף.

סה"כ השקעות (מיליוני \$)	ערכים נורמטיביים				מים שפירים ים המלח-הר חברון R1-R4	
	מטר/ק"מ/מ"ק	יח'	MW	מיליוני \$	100 מלמ"ש	
					הרמה כוללת	
					1.6	חיכוך מ/ק"מ
					120	הולכה ק"מ
				1,442	1,250	גובה סף מטר
					מערך שאיבה	
106	1.8	59			מ"ק/שנייה	3.5
					מערך אגירה	
6	2.0		3	50,000	מ"ק	מפעלי
6	6.0		1	150,000	מ"ק	תחתון
					הולכה	
216	1.8			120	"60	צינור
					התפלה	
280	280.0		1		100 מלמ"ש	מותקן
	280.0		2		100 מלמ"ש	מתקן
614						סה"כ חלקי
154						בצ"מ 25%
768						סה"כ
100 מלמ"ש		100			אנרגיה	
GWh/year		MW			צריכת חשמל	
330		42			מלמ"ק	התפלה
517		59			מלמ"ק	הולכה
847						סה"כ
מיליוני \$					עלות חשמל לשנה	
51	60.0	1			עבודת הבנק	
89	105.0	1			תעוז משוקלל	

טבלה 7.12. פירוט ההשקעות באספקת מים שפירים לפלסטינים בחלופות ים-סוף.

סה"כ השקעות (מיליוני \$)		ערכים נורמטיביים				מים שפירים ים המלח-קומראן-עמאן M1	
200 מלמ"ש	100 מלמ"ש	מיליוני \$	MW	יח'	מטר/ק"מ/מ"ק		
						הרמה כוללת	
						1.6	חיכוך מ/ק"מ
						62	הולכה ק"מ
					1,489	1,390	גובה סף מטר
						מערך שאיבה	
	110	1.8	61			מ"ק/שנייה	3.5
198		1.6	122			מ"ק/שנייה	7.0
						מעריך אגירה	
	6	2.0		3	50,000	מ"ק	מפעלי
	6	6.0		1	150,000	מ"ק	תחתון
12		4.0		3	100,000	מ"ק	מפעלי
12		12.0		1	300,000	מ"ק	תחתון
						הולכה	
	112	1.8			62	"60	צינור
136		2.2			62	"80	צינור
						התפלה	
	280	280.0		1		100 מלמ"ש	מתקן
560		280.0		2		100 מלמ"ש	מתקן
918	513						סה"כ חלקי
230	128						בצ"מ 25%
1,148	642						סה"כ
						אנרגיה	
200 מלמ"ש	100 מלמ"ש		200	100		צריכת חשמל	
GWh/year			MW			התפלה	
660	330		83	42		הולכה	
1,069	534		122	61		סה"כ	
1,729	864						
						עלות חשמל לשנה	
		מיליוני \$				עבודת הבנק	
104	52	60.0	1			תעוה משוקלל	
182	91	105.0	1				

טבלה 7.13. פירוט ההשקעות באספקת מים שפירים לממלכת ירדן בחלופה M1.

סה"כ השקעות (מיליוני \$)		ערכים נורמטיביים				מים שפירים ים המלח-קומראן-ירושלים- חצבה M1	
50 מלמ"ש ערבה	50 מלמ"ש רותם	מיליוני \$	MW	יח'	מטר/ק"מ/מ"ק		
						הרמה כוללת	
						1.6	חיכוך מ/ק"מ
						70	הולכה ק"מ
					1,202	1,090	גובה סף מטר
						מערך שאיבה	
חישוב מקורב	88	1.8	49			מ"ק/שנייה	3.5
						מ"ק/שנייה	1.9
						מערך אגירה	
	6	2.0		3	50,000	מ"ק	מפעלי
	6	6.0		1	150,000	מ"ק	תחתון
						הולכה	
	48	1.2			40	"42	צינור
	168	1.2			140	"42	צינור
						התפלה	
	280	280.0		1		100 מלמ"ש	מתקן
		280.0		2		100 מלמ"ש	מתקן
	596						סה"כ חלקי
	149						בצ"מ 25%
	745						סה"כ
	100 מלמ"ש		100				אנרגיה
	GWh/year		MW				צריכת חשמל
	330		42				התפלה
	428		49				הולכה
	758						סה"כ צריכה
	מיליוני \$						עלות חשמל לשנה
	45	60.0	1				עבודת הבנק
	80	105.0	1				תעוז משוקלל

טבלה 7.14. פירוט ההשקעות באספקת מים שפירים לישראל בחלופה M1.

סה"כ השקעות (מיליוני \$)		ערכים נורמטיביים				מים שפירים ים המלח-קומראן-רמאללה- בית לחם M1	
50 מלמ"ש ערבה	50 מלמ"ש רותם	מיליוני \$	MW	יח'	מטר/ק"מ/מ"ק		
						הרמה כוללת	
						1.6	חיכוך מ/ק"מ
						70	הולכה ק"מ
					1,402	1,290	גובה סף מטר
						מערך שאיבה	
חישוב מקורב	103	1.8	57			מ"ק/שנייה	3.5
						מ"ק/שנייה	1.9
						מערך אגירה	
	6	2.0		3	50,000	מ"ק	מפעלי
	6	6.0		1	150,000	מ"ק	תחתון
						הולכה	
	36	1.2			30	"42	צינור
	72	1.8			40	"60	צינור
						התפלה	
	280	280.0		1		100 מלמ"ש	מתקן
	503						סה"כ חלקי
	126						בצ"מ 25%
	628						סה"כ
100 מלמ"ש			100				אנרגיה
GWh/year			MW				צריכת חשמל
330			42				התפלה
499			57				הולכה
829							סה"כ צריכה
מיליוני \$							עלות חשמל לשנה
50		60.0	1				עבודת הבנק
87		105.0	1				תעוז משוקלל

טבלה 7.15. פירוט ההשקעות באספקת מים שפירים לפלסטינים בחלופה M1.

סה"כ השקעות (מיליוני \$)		ערכים נורמטיביים				מים שפירים בית שאן-אירביד-עמאן M2	
200 מלמ"ש	100 מלמ"ש	מיליוני \$	MW	יח'	מטר/ק"מ/מ"ק		
הרמה כוללת							
						1.6	חיכוך מ/ק"מ
						110	הולכה ק"מ
					1,451	1,275	גובה סף מטר
מערך שאיבה							
	107	1.8	59			מ"ק/שנייה	3.5
196		1.7	119			מ"ק/שנייה	7.0
מערך אגירה							
	6	2.0		3	50,000	מ"ק	מפעלי
	6	6.0		1	150,000	מ"ק	תחתון
12		4.0		3	100,000	מ"ק	מפעלי
12		12.0		1	300,000	מ"ק	תחתון
הולכה							
	198	1.8			110	"60	צינור
242		2.2			110	"80	צינור
התפלה							
	280	280.0		1		100 מלמ"ש	מתקן
560		280.0		2		100 מלמ"ש	מתקן
סה"כ חלקי							
1,022	597						
256	149						בצ"מ 25%
1,278	746						סה"כ
אנרגיה							
200 מלמ"ש	100 מלמ"ש		200	100			צריכת חשמל
GWh/year			MW				התפלה
660	330		83	42			הולכה
1,041	521		119	59			סה"כ
1,701	851						
עלות חשמל לשנה							
מיליוני \$							עבודת הבנק
102	51	60.0	1				תעוה משוקלל
179	89	105.0	1				

טבלה 7.16. פירוט ההשקעות באספקת מים לממלכת ירדן בחלופה M2.

סה"כ השקעות (מיליוני \$)	ערכים נורמטיביים				מים שפירים בית שאן-ישראל (כינרת) M2	
	מיליוני \$	MW	יח'	מטר/ק"מ/מ"ק		
100 מלמ"ש						
					הרמה כוללת	
					1.6	חיכוך מ/ק"מ
					40	הולכה ק"מ
				134	70	גובה סף מטר
					מערך שאיבה	
10	1.8	5			3.5	מ"ק/שנייה
					מערך אגירה	
6	6.0		1	150,000	מ"ק	תחתון
					הולכה	
72	1.8			40	"60	צינור
					התפלה	
280	280.0		1		100 מלמ"ש	מתקן
368						סה"כ חלקי
92						בצ"מ 25%
460						סה"כ
100 מלמ"ש		100				אנרגיה
GWh/year		MW				צריכת חשמל
330		42				התפלה
48		5				הולכה
378						סה"כ
מיליוני \$						עלות חשמל לשנה
2.3	60.0	1				עבודת הבנק
40	105.0	1				תעוזה משוקלל

טבלה 7.17. פירוט ההשקעות באספקת מים שפירים לישראל בחלופה M2.

סה"כ השקעות (מיליוני \$)	ערכים נורמטיביים				מים שפירים בית שאן-גינין-טובאס-שכס M2	
	מטר/ק"מ/מ"ק	יח'	MW	מיליוני \$	100 מלמ"ש	
					הרמה כוללת	
					1.6	חיכוך מ/ק"מ
					60	הולכה ק"מ
				1,171	1,075	גובה סף מטר
					מעריך שאיבה	
86	1.8	48			3.5	מ"ק/שנייה
					מעריך אגירה	
6	2.0		3	50,000	מ"ק	מפעלי
6	6.0		1	150,000	מ"ק	תחתון
					הולכה	
108	1.8			60	"60	צינור
					התפלה	
280	280.0		1		100 מלמ"ש	מותקן
486						סה"כ חלקי
122						בצ"מ 25%
608						סה"כ
100 מלמ"ש		100				אנרגיה
GWh/year		MW				צריכת חשמל
330		42				התפלה
420		48				הולכה
750						סה"כ
מיליוני \$						עלות חשמל לשנה
45	60.0	1				עבודת הבנק
79	105.0	1				תעוז משוקלל

טבלה 7.18. פירוט ההשקעות באספקת מים שפירים לפלסטיניים בחלופה M2.

סה"כ השקעות (מיליוני \$)		ערכים נורמטיביים				מים שפירים עקבה-עמאן R (במנותק מים המלח)	
200 מלמ"ש	100 מלמ"ש	מיליוני \$	MW	יח'	מטר/ק"מ/מ"ק		
הרמה כוללת							
						1.6	חיכוך מ/ק"מ
						320	הולכה ק"מ
					2,012	1,500	גובה סף מטר
מערך שאיבה							
	148	1.8	82				3.5 מ"ק/שנייה
239		1.5	165				7.0 מ"ק/שנייה
מערך אגירה							
	6	2.0		3	50,000		מפעלי מ"ק
12		4.0		3	100,000		מפעלי מ"ק
הולכה							
	576	1.8			320		צינור 60"
704		2.2			320		צינור 80"
התפלה							
	280	280.0		1			מתקן 100 מלמ"ש
560		280.0		2			מתקן 100 מלמ"ש
סה"כ חלקי							
1,515	1,010						בצ"מ 25%
379	253						סה"כ
1,894	1,263						
אנרגיה							
200 מלמ"ש	100 מלמ"ש		200	100			צריכת חשמל
GWh/year			MW				התפלה
660	330		83	42			הולכה
1,444	722		165	82			סה"כ
2,104	1,052						
מיליוני \$							עלות חשמל לשנה
126	63	60.0	1				עבודת הבנק
221	110	105.0	1				תעוז משוקלל

טבלה 7.19. פירוט ההשקעות באספקת מים שפירים לממלכת ירדן בחלופה R מעקבה, במנותק מאגן ים המלח.

סה"כ השקעות (מיליוני \$)	ערכים נורמטיביים				מים שפירים כינרת-אירביד-עמאן M ותחליף התפלה בחוף	
	מיליוני \$	MW	יח'	מטר/ק"מ/מ"ק		
200 מלמ"ש					הרמה כוללת	
					1.6	חיכוך מ/ק"מ
					110	הולכה ק"מ
				1,426	1,250	גובה סף מטר
					מערך שאיבה	
193	1.7	117			7.0	מ"ק/שנייה
					מערך אגירה	
12	4.0		3	100,000	מ"ק	מפעלי
12	12.0		1	300,000	מ"ק	תחתון
					הולכה	
242	2.2			110	"80	צינור
					התפלה	
560	280.0		2		100 מלמ"ש	מותקן
22	2.2			10	"80	צינור
1,041						סה"כ חלקי
260						בצ"מ 25%
1,301						סה"כ
200 מלמ"ש		200			אנרגיה	
GWh/year		MW			צריכת חשמל	
660		83.2			התפלה	
1,023		117			הולכה	
1,683					סה"כ צריכת חשמל	
מיליוני \$					עלות חשמל לשנה	
101	60.0	1			עבודת הבנק	
177	105.0	1			תעוז משוקלל	

טבלה 7.20. פירוט ההשקעות באספקת מים שפירים מהכינרת לממלכת ירדן בחלופה M, במנותק מאגן ים המלח.

סיכום כל ההשקעות הנדרשות בפרויקט למיצוי מלוא פוטנציאל ההתפלה, מוצג בטבלה 7.21. מדובר בהשקעות הנדרשות להוביל 1,000 מלמ"ש מים לאגן ים המלח, התפלה של 400 מלמ"ש ואספקתם לצרכנים והזרמת השאר – 600 מלמ"ש – לים המלח. הסיכום מעלה כי ההשקעות בחלופות הים התיכון פחותות מאלו שבחלופות ים-סוף וכי הפער בין החלופות הזולות שבהן – חלופת הצינור העליון – R4 – וחלופת בית שאן – M2 – הוא כ-1.5 מיליארד דולר. פער גדול אף יותר, של 1.8 מיליארד דולר, קיים בין חלופת בית שאן – M2 – והחלופה המקבילה – M3 – המזרימה מים שפירים לערוץ הירדן וים המלח. חלופה M3 היא כצפוי גם צרכנית האנרגיה הגדולה שבכל החלופות וזאת בגין התפלת כל המים המוזרמים, כולל אלה המוזרמים בערוץ הירדן לים המלח.

נתונים אלה, ביחד עם נתוני התחזוקה, התפעול והאנרגיה, משוקללים יחדיו בפרק 8 העוסק בניתוח הכלכלי של החלופות לשלב הראשון בלבד, הכולל הזרמת 1,000 מלמ"ש מי-ים במובל, התפלה ואספקה של 200 מלמ"ש מים שפירים למרחב עמאן והזרמה של 800 מלמ"ש מי-ים/מי-רפז לים המלח.

תלופות ים תיכון			תלופות ים סוף				
בית-שאן	בית-שאן	קומראן	מנחרה תחתונה	מנחרה עליונה	צינור תחתון	צינור עליון	
M3	M2	M1	R4	R3	R2	R1	
578	1,278	1,148	1,518	1,518	1,518	1,518	מתקני התפלה והולכה של מים שפירים
110	460	745	565	565	565	565	ירדן 200 מלמ"ש
258	608	628	768	768	768	768	ישראל 100 מלמ"ש
							פלסטין 100 מלמ"ש
946	2,346	2,521	2,851	2,851	2,851	2,851	סד"כ הולכה מג'ים + מים שפירים לירדן (200 מלמ"ש)
4,612	1,406	2,093	4,097	3,629	3,175	2,387	סד"כ מעורבת הולכה רציפה של מי-ים לים המלח
5,190	2,684	3,241	5,615	5,147	4,693	3,905	סד"כ הולכה מג'ים + מים שפירים לירדן (200 מלמ"ש)
5,558	3,752	4,614	6,948	6,480	6,026	5,238	סד"כ הולכה מג'ים + מים שפירים (400 מלמ"ש)
מאזני אנרגיה (MWh)							
420	420	616	718	447	429	242	תפוקת חשמל נטו במובל לים המלח ("ירוק") GW
1,701	1,701	1,729	2,144	2,144	2,144	2,144	צריכת חשמל, התפלה והולכה לירדן (200 מלמ"ש)
378	378	758	591	591	591	591	צריכת חשמל, התפלה והולכה לישראל (100 מלמ"ש)
750	750	829	847	847	847	847	צריכת חשמל, התפלה והולכה לפלסטין (100 מלמ"ש)
1,980							צריכת חשמל, התפלה לים המלח (600 מלמ"ש)
4,389	2,409	2,700	2,864	3,135	3,153	3,340	סד"כ צריכת חשמל במובל ים המלח ומים שפירים
עלות חשמל לשנה (במיליוני \$)							
263	145	162	172	188	189	200	עלות חשמל לשנה: 60\$ ל-MWh (עבודת הבנק)
461	253	284	301	329	331	351	עלות חשמל לשנה: 105\$ ל-MWh (תיוג משוקלל)

טבלה 7.21. ריכוזי ההשקעות, מאזני האנרגיה ועלויות החשמל לשנה, בחלופות לרזומת 1,000 מלמ"ש מים לאגן ים המלח ומיצוי מלוא פוטנציאל ההתפלה (400 מלמ"ש מים שפירים ואספקתם לארבעים בירדן, בישראל וברשות הפלסטינית).

8. ניתוח כלכלי של החלופות והמשמעויות

8.1 כללי

נשוא הדיון בעבודה זו הוא כאמור פרויקט אשר בנסיבות ובזמנים שונים זכה לשמות שונים כמו "תעלת הימים", "מובל הימים", "מובל השלום", ובגרסה תלויה ועומדת הנבחנת על ידי הבנק העולמי הוא נקרא: "מובל המים ים-סוף – ים המלח Red Sea – Dead Sea Water Conveyance (RSDSC)"; קרי: פרויקט שתכליתו **לכונן מובל מים-סוף לים המלח**.

תחת כל אחת מן הכותרות האמורות מקובצות מספר חלופות, שכל אחת מהן היא רב-תכליתית או לפחות דו-תכליתית ונועדה לשרת יותר מיעד אחד. למשל, כל אחת מן החלופות המכונסות תחת הכותרת RSDSC כוללת לצד היעד הכללי המוצהר של קידום שת"פ אזורי, עוד שני יעדים מובילים:

1. ייצוב מפלס ים המלח ברמת יעד;
2. אספקה של כמות נקובה של מים שפירים, בראש וראשונה למרחב העיר עמאן.

בהתייחס לשני יעדים מובילים אלה וליעדי-משנה נוספים, ובכפוף להגדרות כמותיות שיפורטו בהמשך, המבחנים הכלכליים המוצגים להלן עוסקים במכלול חלופות של מובל מי-ים לים המלח שמקור מימיו בים-סוף או בים התיכון. בדיון נכללות חלופות מייצגות שהן בנות-יישום מנקודת-ראות טכנולוגית-הנדסית. לעומת זאת, הכשירות או ההיתכנות הפוליטית והמוסדית של החלופות במכלול, אינן מובטחות מראש.

8.1.1 הנושא המרכזי, פערי עלויות בין החלופות

כפי שנכתב בפרקים הקודמים, עבודה זו מתמקדת בבחינת חלופות להולכת 1,000 מלמ"ש מי-ים לאגן ים המלח והתפלה של עד 400 מלמ"ש, שמחציתם לפחות תסופק לממלכת ירדן. בנייתו הכלכלי שידון להלן, נבחנות חלופות להשגת שלב רעיוני ראשון לאספקת 200 מלמ"ש מים מותפלים למרחב עמאן והזרמת 800 המלמ"ש הנותרים לייצוב מקורב של מפלס ים המלח. כמויות אלו נגזרות מן הצורך ביישום מודולארי, וזאת מחמת אי הוודאיות מחד גיסא והניסיון לענות על צרכים מידיים באספקת מים שפירים לממלכת ירדן וייצוב מקורב של מפלס ים המלח מאידך גיסא.

המבחנים הכלכליים של חלופות הפרויקט על יעדי הראשיים והמשניים, מוצגים להלן במתכונת של מבחני "עלות מיטבית" "Cost Effectiveness".²¹ במסגרת זו נערך ניתוח משווה בין החלופות השונות הכוללות מגוון תוואים וממשקי תפעול. במילים אחרות, הניתוח מצביע על **פערי עלויות** בין החלופות השונות במכלול הכולל, כאמור, שאיבה והולכה של מי-ים ונגזרותיהם מים-סוף או מן הים תיכון לים המלח וכן אספקה והולכה של מים שפירים לעמאן. חשוב לחזור ולציין שהבסיס לחישובים הוא תכנון רעיוני שאינו יורד לפרטים וכי ייתכנו בו שינויים כלשהם העשויים להשפיע על חישוב העלויות. עם זאת, פערי העלויות אינם צפויים להשתנות, עקב השימוש בעקרונות וברכיבים זהים בכל החלופות.

הניתוח נמנע במכוון ממבחנים מקיפים של עלות-תועלת (cost benefit analysis),²² שכן ישימות של מבחני עלות-תועלת בפרויקטים אלה תלויה בחלקה בכימות התועלת הנגזרת ממוצר ערכי-ציבורי – הליך שאינו חופשי משיקולים ערכיים הנתונים במחלוקת. יחד עם זאת, הניתוח מנצל את ההבדל המהותי בין שני היעדים הראשיים של הפרויקט. שכן, בעוד שייצוב מפלס ים המלח הוא מוצר ערכי-ציבורי, אספקת מים שפירים למרחב עמאן, הכרוכה בזיהוי והגדרה של הביקושים הרלוונטיים, מאפשרת לכמת את התועלות הנובעות מן הפרויקט בהקשר ליעד זה.

הניתוח הכמותי המוצג בהמשך מנצל את האפשרות לכמת מקצת מן התועלות של הפרויקט. האפשרות מנוצלת גם ביחס ליעדי המשנה של הפרויקט – אספקת אנרגיה ממקור מתחדש ואספקת אנרגיה אגורה לסיפוק ביקושים בשעות השיא. הניתוח מתייחס ליעדי-משנה אלה תוך ניצול העובדה שהתועלות הנובעות ממימוש ניתנות לכימות. כימות התועלות במקום שניתן, מסייע בחישוב העלויות הרלוונטיות ליעד של ייצוב מפלס ים המלח וכן ליעד משלים – שיקום הירדן התחתון תחתון – הנכלל בחלופה M3

²¹ כנגזר מתכנית העבודה שנידונה ואושרה בוועדת ההיגוי במארכ 2010.

²² **"Cost Benefit Analysis:** A Conceptual framework for the calculation of investment projects in the government sector...It differs from a straightforward financial appraisal in that it considers all gains (benefits) and losses (costs) regardless of to whom they accrue. A benefit is then any gain in utility and a cost is any low of utility as measured by the opportunity cost of the project in question".

"Cost-effectiveness Analysis: A technique closely related to cost benefit analysis. It differs in that it asks a different question, namely, given a particular objective, which is the least-cost way of achieving it? It thus aids choice between options but cannot answer the question whether or not any of the options are worth doing".

Pearce, D. W. (1992), The MIT Dictionary of Modern Economics, The MIT Press, Cambridge, Mass. USA, pp. 83-84.

(הזרמת מים שפירים) הנידונה בהמשך, וזאת על יסוד ניכוי ערך התועלות של היעדים האחרים (בסימן הפוך) מן העלויות של החלופות הרב-תכליתיות העומדות למבחן.

8.1.2 פערי עלויות ישירות

שימת הדגש על פערי העלויות ממקדת את הניתוח בעלויות הישירות הכרוכות בכל אחת מן החלופות השונות. עלויות אלו כרוכות במישרין בכינון, בתחזוקה ובהפעלה של כל אחת מן החלופות. מדידת העלויות הישירות מתבססת על תכניות הנדסיות רעיוניות המגדירות את צורכי החלופות השונות בחומרים ובשירותים, בהון ובעבודה, כפי שתוארו בפרקים הקודמים, וכן על מחירי שוק נצפים (בינלאומיים ומקומיים).

לכאורה צריך היה להביא בחשבון גם עלויות עקיפות המייצגות ערכים (נטו) שייגרעו מן התוצרים הלאומיים של הישויות המדיניות הנוגעות בים המלח, בגין ההשפעות (נטו) של חלופה זו או אחרת על התעשיות הפועלות במרחב. ברם, בהתייחס לנושא המרכזי של מסמך זה – קרי, פערי עלויות בין החלופות – אין צורך לכלול בניתוח זה עלויות עקיפות, היות שהעלויות העקיפות הפועלות על שתי התעשיות המובילות – התעשייה הכימית והתיירות – אינן משתנות בעיקרן מחלופה לחלופה כשמדובר בהזרמת מי-ים ונגזרותיהם. לעומת זאת, העלויות העקיפות במקרה של הזרמת מים שפירים הן נמוכות יותר ולפיכך הכללתן מצמצמת את פערי העלויות. בכל מקרה, כאשר מוסיפים את העלויות העקיפות הנאמדות בעבודה זו על העלויות הישירות, מתקבלת אינדיקציה להיקף העלויות הכוללות של מימוש היעד של ייצוב מפלס ים המלח ושיקום מלא או חלקי של הירדן התחתון.

8.2 המבחן הכלכלי, המסגרת

8.2.1 הגדרת יעדי המובל

כאמור, יעד ראשי בכל החלופות הוא אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים למרחב עמאן. עוד יעד כמותי ראשי שנכלל כמעט בכל החלופות הנידונות בזה מתייחס למפלס ים המלח. יעד זה, הכולל הזרמה של 800 מלמ"ש מי-ים/מי-רכוז, יש בו כדי לקרב את ייצוב המפלס ברמתו ביום בו הפרויקט עובר משלב הכינון לשלב התפעול. הזרמה זו, שאין בה כדי להשיב את מפלס ים המלח לקרבת רמתו המקורית, נקבעה על רקע אי-הוודאות הכרוכה בהזרמת מי-ים לים המלח. שכן החלופות הנידונות כאן מאפשרות לצמצם טכנולוגית את הכמויות המוזרמות לים המלח, במקרה של תקלות מהותיות.

יהיה מקום לדון ביעד רחב יותר; למשל, השבת מפלס ים המלח לגובה של כ-405 מ' (אשר השגתו תימשך בכל מקרה עשרות-שנים רבות) רק לאחר שיתברר שלא התעוררה תקלה מהותית בהזרמה מסיבית של מי-ים/מי-רפז לים המלח. יעד רחב כזה יינתן להשגה על ידי שכפול החלופה שתיבחר במסגרת היעד החלקי, או כל חלופה אחרת שתימצא ראויה. כל אחת מן החלופות העומדות למבחן בעבודה זו מקיימת יעד חלקי זה ומבטיחה הזרמה של כ-1,000 מלמ"ש מים-סוף או מן הים התיכון אל אגן ים המלח, תוך שילוב התפלה ואספקת מים שפירים לצרכנים. יעדים נוספים כוללים גם אגירת אנרגיה, הנבחנת כיעד אופציונאלי במקצת מן החלופות.

8.2.2 חלופות למבחן

ניתן לסווג את החלופות השונות לשלוש קבוצות הנגזרות ממטרות הפרויקט ומעצם תכליתו:

חלופות חד-תכליתיות: בהתייחס ליעד ראשי אחד – אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן – מוגדרות שתי חלופות (קבוצה I, לוח 8.1):

- חלופה R "עקבה-עמאן" מחשבת את עלות האספקה של 200 מלמ"ש מים מותפלים למרחב עמאן, מעקבה אשר לים-סוף, בפרויקט שאינו עונה על היעד של ייצוב מפלס ים המלח.
- חלופה M "כינרת-עמאן" מחשבת את סכום העלויות של [1] אספקת 200 מלמ"ש למרחב עמאן מן הכינרת ו-[2] התפלה של 200 מלמ"ש לחוף הים התיכון, כתחליף ל-200 מלמ"ש שייגרעו מן הכמויות המולכות בכיוון מישור החוף באמצעות המוביל הארצי. גם כאן מדובר בפרויקט רעיוני שאינו עונה על היעד של ייצוב מפלס ים המלח.

חלופות דו-תכליתיות: בהתייחס לשני היעדים הראשיים ולמרכיבים של התכניות הטכנולוגיות-הנדסיות, נוסחו שש חלופות, ארבע מהן מבוססות על שאיבת מי ים-סוף ושתיים מבוססות על שאיבת מי הים התיכון. לכל אחת מהן שני יעדים מחייבים: אספקת 200 מלמ"ש של מים שפירים למרחב עמאן והזרמה של 800 מלמ"ש של מי-ים/מי-רפז לים המלח (קבוצה II א' בלוח 8.1). בחלופות אלו מתקיימת הזרמת-מים רציפה וכל מרכיבי המערכת מתוכננים בהתאם.

במקביל לקבוצה זו מוגדרת קבוצה שנייה ובה שש חלופות נוספות, הכוללות אף הן ארבע על בסיס מי ים-סוף ושתיים על בסיס מי הים התיכון. היעדים של כל אחת מהן הם: אספקת 200 מלמ"ש של מים מותפלים למרחב עמאן, הזרמה של 800 מלמ"ש של מי-ים לים המלח ואספקת חשמל בשעות השיא על יסוד מערכת של אנרגיה אגורה (קבוצה II' בטבלה 8.1). חלופות אלו מתוכננות להולכת מים, לאגירתם 16 שעות ביום ולייצור חשמל במשך שמונה שעות בלבד – דבר המחייב הגדלת נפחי ההולכה, האגירה והייצור, יחסית לחלופות ההולכה הרציפות.

חלופה תלת-תכליתית: יעדיה של חלופה זו הם אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן והזרמת 800 מלמ"ש מים שפירים לים המלח דרך ערוץ הירדן. להזרמה כזו יש כמובן ערך נוסף שאינו מתקיים בכל חלופה אחרת והוא שיקום אגן הירדן התחתון וייצוב מפלס ים המלח באמצעות מים שפירים.

יעד משני:	יעדים ראשיים:			הולכה (ים-סוף - R; הים התיכון - M)	
	שיקום הירדן וים המלח	ייצוב מפלס ים המלח	מים שפירים לעמאן		
קבוצה I					
			200 מלמ"ש לעמאן	צינור עלי עקבה-עמאן	R
			200 מלמ"ש לעמאן	צינור עלי כינרת-עמאן	M
קבוצה II'					
		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	צינור עליון - רציף	R1
		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	צינור תחתון - רציף	R2
		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	מנהרה עליונה - רציף	R3
		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	מנהרה תחתונה - רציף	R4
		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	דרך קומראן - רציף	M1
		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	דרך בית שאן - רציף	M2
קבוצה II''					
חשמל ממתקן אנרגיה אגורה		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	צינור עליון - אגירה	R1
חשמל ממתקן אנרגיה אגורה		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	צינור תחתון - אגירה	R2
חשמל ממתקן אנרגיה אגורה		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	מנהרה עליונה - אגירה	R3
חשמל ממתקן אנרגיה אגורה		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	מנהרה תחתונה - אגירה	R4
חשמל ממתקן אנרגיה אגורה		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	דרך קומראן - אגירה	M1
חשמל ממתקן אנרגיה אגורה		מי-ים, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	דרך בית שאן - אגירה	M2
קבוצה III הולכת מים שפירים					
	מים שפירים, 800 מלמ"ש בירדן התחתון	מים שפירים לעמאן, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	דרך בית שאן - רציף	M3
חשמל ממתקן אנרגיה אגורה	מים שפירים, 800 מלמ"ש בירדן התחתון	מים שפירים לעמאן, 800 מלמ"ש לים המלח	200 מלמ"ש לעמאן	דרך בית שאן - אגירה	M3

טבלה 8.1. החלופות הנבחנות וחלוקתן לקבוצות בהתאם ליעדיהן.

8.2.3 הנחות עבודה

הנחות כלליות

- משך הכינון (ההקמה): שש שנים;
- בחינת התזרים מבוצעת הן לאופק של 30 שנה; דהיינו, שש שנות כינון + 24 שנות תפעול והן לאופק של 50 שנה; דהיינו, שש שנות כינון + 44 שנות תפעול;
- שער הניכיון הוא 7% בדומה למקובל בבחינת נושאי תשתית בישראל. לגבי מקצת הממצאים יש התייחסות גם לשער ניכיון של 10%.

הנחות ביחס לעלויות התפעול והתחזוקה

- עלויות התפעול והתחזוקה של מערכות הולכה ואיגום נאמדות בשיעור שנתי של 0.75% מההשקעה במערכות אלו.
- עלויות התפעול והתחזוקה של תחנות שאיבה, ייצור אנרגיה והתפלה, נאמדות בשיעור של 1.5% מההשקעה.
- עלויות התפעול והתחזוקה של מתקני התפלה המפיקים 200 מלמ"ש מים שפירים, נאמדות ב-40 מיליון דולר בשנה.
- עלויות האנרגיה חושבו בדומה לאופן החישוב של הבנק העולמי, לפי 60 דולר ל-MW שעה. חשוב לציין כי מדובר בתעריף זול יחסית למשק הישראלי, בו נהוג לבחון פרויקטים מסוג זה לפי מחיר של יתעו"ז משוקללי המגיע לכ-100 דולר ל-MW.
- בצי"מ מחושב על פי 25% מכלל ההשקעה.

אספקת אנרגיה אגורה – הולכה לא רציפה

החלופות המתמקדות בשני היעדים הראשיים בלבד – אספקת 200 מלמ"ש של מים מותפלים למרחב עמאן והזרמת 800 מלמ"ש מים לים המלח – מבוססות על הולכה רציפה של המים לשני יעדים אלה. בחלופות הערוכות לעמוד בשלושה יעדים – קרי, גם באספקת חשמל בשעות שיא הביקוש, – מדובר בהולכת מים לאגירה שנמשכת 16 שעות ויצירת אנרגיה במשך שמונה שעות. אספקת המים השפירים למרחב עמאן היא רציפה בכל החלופות.

בחינת ההולכה לסירוגין (בלתי-רציפה) ואגירת מים לצורך יצירת אנרגיה לאספקה בשעות שיא הביקוש לחשמל, נערכה עבור כל חלופה בנפרד. במסגרת זו נאמדה ביחס לכל חלופה, תוספת ההשקעה הנדרשת למימוש האגירה וליצירת חשמל בשעות השיא.

אנרגיה אגורה – הנחות עבודה על צד התועלות

הנחת יסוד: מדובר לכאורה באספקת אנרגיה אגורה למשק הישראלי. תעריפי תעו"ז (תעריפי עומס וזמן) הקיימים בשוק זה יהיו רלוונטיים לחישוב פרמיה על אספקת חשמל בשעות השיא בחלופות השונות של הפרויקט הנידון בזה.

ההנחות הפרטניות:

- ישנה אפשרות לייצר חשמל ולספקו בשמונה שעות שיא הביקוש כדלקמן: שש שעות במחירי 'פסגה' (רמת-ביקוש גבוהה) ושעתיים נוספות במחירי 'גבע' (רמת-ביקוש בינונית). כל המחירים שעל פיהם בוצעו החישובים הם ממוצעים של העונות השונות בימי חול, בהתאם לתעריפי תעו"ז.²³
- התועלות: פרמיה על אנרגיה הידרואלקטרית מתחדשת ובלתי-מזהמת, מחושבת על פי תעריפים מקובלים של חברת החשמל. אנרגיה זו מוגדרת כהפרש בין האנרגיה המושקעת להולכת המים לים המלח לבין זו המיוצרת במתקנים הידרואלקטריים. הפרש זה, הנובע מהפרשי העומד שבין מפלסי הים לים המלח, מבטא אנרגיה נטו שייצורה אינו כרוך בשריפת דלק ופליטת גזי-חממה והיא זהה בהולכה רציפה ובלתי-רציפה.

²³ ראה סעיף 6 בנספח B – תעריפי תעו"ז 2010.

הנחת עבודה על צד התועלות – אספקת מים לעמאן

על יסוד עיון בכתובים וממידע שהושג בעל פה, נקבעה הנחת עבודה שמרנית שעל פיה ערך מים שפירים לספקי-מים בעמאן הוא \$1.00 למ"ק.²⁴

8.2.4 חישוב מפורט לדוגמה

R1 – חלופת הצינור העליון בהולכה רציפה

טבלה 8.2 להלן מציגה את דרך חישוב אומדני הערך הנוכחי של העלויות הישירות. האומדנים מחושבים לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, בשער ניכיון של 7%. כזכור, מקור המים בחלופה R1 הוא ים-סוף והיא מבוססת על כינון צינור עליון. יעדיה: אספקה של 200 מלמ"ש מים מותפלים לעמאן והזרמה של 800 מלמ"ש מי-ים לים המלח. חלופה זו אינה כוללת יעד של אספקת חשמל בשעות השיא והחשמל שנוצר במובל אינו זוכה בדוגמה שלהלן בפרמיה הנגזרת ממדיניות ה-OECD להפחתת הפליטה של גזי-חממה.

סך הכול מתקבל הערך הנוכחי של תזרים העלויות הישירות – Net Present Value (NPV) – מחושב בשער ניכיון של 7% לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט. כאשר בוחנים תזרים לאופק של 30 שנה, ערך נוכחי זה הוא 6,142 מיליון דולר. כאשר בוחנים תזרים לאופק של 50 שנה, הערך הנוכחי של העלויות הישירות לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט הוא 6,695 מיליון דולר.

²⁴ כרקע להנחת-עבודה זו יצוין כי ממסד המים במרחב עמאן מורכב מספקים עסקיים ומחברה ציבורית להקצאת מים. ברמת העיקרון ובסך הכולל, הממסד פועל על פי כללים הקושרים את תעריפי המים לעלות התפעול ולעלות ההון המושקע. תעריפי-מים נקודתיים נקבעים על פי שיקולים כלכליים וציבוריים. במערך התעריפים ניתן לצפות בתעריפי מים אפקטיביים ברמה של 1.0 דולר למ"ק. כמו כן יש לציין כי בשולי המערך הממוסד מתנהל בעמאן שוק אפור של ספקי-מים. מחירי המים שנוקבים ספקים משניים אלה נושקים לשלושה דולר למ"ק ויותר.

Potter, B. P., Darmame, K., Barham, N. and S. Nortcliff (2007) An Introduction to the Urban Geography of Amman, Jordan, Geographical Paper No. 182, The University of Reading.

Shatanawi, M., Duqqah, m. and S. Naber (2006), Agriculture and Irrigation Policies toward Improved Water Conservation in Jordan. A paper presented at the 5th workshop of WASMED project on Harmonization and Integration of Water Saving Policies and Guidelines, Malta May 2006.

Tarawaneh, Z. S., Haddadin, N., A. and A. N. Bdour (2008) Policies to enhance water sector in Jordan, *American Journal of Applied Sciences* 5 (6): 698-704.

תזרים	תועלת מאנרגיה ירוקה	עלויות החשמל+ תפעול ממברנות	תפעול ותחזוקה	בצ"מ	השקעות שאיבה, ייצור אנרגיה והתפלה	השקעות איגום ואגירה	השקעות מערכת הולכה	שנה
651	-	-	0	130	204	4	312	1
651	-	-	0	130	204	4	312	2
651	-	-	0	130	204	4	312	3
651	-	-	0	130	204	4	312	4
651	-	-	0	130	204	4	312	5
651	-	-	0	130	204	4	312	6
398	- 15	168	244	0	0	0	0	7
398	- 15	168	244	0	0	0	0	8
398	- 15	168	244	0	0	0	0	9
398	- 15	168	244	0	0	0	0	10
398	- 15	168	244	0	0	0	0	11
398	- 15	168	244	0	0	0	0	12
398	- 15	168	244	0	0	0	0	13
398	- 15	168	244	0	0	0	0	14
398	- 15	168	244	0	0	0	0	15
398	- 15	168	244	0	0	0	0	16
398	- 15	168	244	0	0	0	0	17
398	- 15	168	244	0	0	0	0	18
398	- 15	168	244	0	0	0	0	19
398	- 15	168	244	0	0	0	0	20
398	- 15	168	244	0	0	0	0	21
398	- 15	168	244	0	0	0	0	22
398	- 15	168	244	0	0	0	0	23
398	- 15	168	244	0	0	0	0	24
398	- 15	168	244	0	0	0	0	25
398	- 15	168	244	0	0	0	0	26
398	- 15	168	244	0	0	0	0	27
398	- 15	168	244	0	0	0	0	28
398	- 15	168	244	0	0	0	0	29
398	- 15	168	244	0	0	0	0	30
6,142	- 348	4,035	5,858	781	1,226	24	1,875	NPV
398	- 15	168	244	0	0	0	0	31
398	- 15	168	244	0	0	0	0	32
398	- 15	168	244	0	0	0	0	33
398	- 15	168	244	0	0	0	0	34
398	- 15	168	244	0	0	0	0	35
398	- 15	168	244	0	0	0	0	36
398	- 15	168	244	0	0	0	0	37
398	- 15	168	244	0	0	0	0	38
398	- 15	168	244	0	0	0	0	39
398	- 15	168	244	0	0	0	0	40
398	- 15	168	244	0	0	0	0	41
398	- 15	168	244	0	0	0	0	42
398	- 15	168	244	0	0	0	0	43
398	- 15	168	244	0	0	0	0	44
398	- 15	168	244	0	0	0	0	45
398	- 15	168	244	0	0	0	0	46
398	- 15	168	244	0	0	0	0	47
398	- 15	168	244	0	0	0	0	48
398	- 15	168	244	0	0	0	0	49
398	- 15	168	244	0	0	0	0	50
6,695	- 639	7,397	10,740	781	1,226	24	1,875	NPV

טבלה 8.2. תזרים חישוב אומדני הערך הנוכחי (NPV) של העלויות הישירות של חלופה R1 בהולכה רציפה.

R1 – חלופת הצינור העליון כולל אנרגיה אגורה

תזרים חלופה זו הוא למעשה התזרים של חלופה R1 שנידונה לעיל, בשתי תוספות:

- **תוספת ההשקעה:** על מנת לאפשר אגירה והולכה לסירוגין, יש להשקיע ב-R1 – אגירה" עוד 1,342 מיליון דולר ערך נוכחי (לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט ובשער ניכיון של 7%).
- **פרמיה על אספקת חשמל בשעות שיא הביקוש:** כנגד תוספת העלות הכרוכה בתוספת ההשקעה, יש לנכות את הערך הנוכחי של הפרמיה על אספקת חשמל בשעות 'פסגה'. פרמיה זו חושבה כהפרש בין מכירת חשמל באופן רציף, בהתאם לתעריף של שעות 'גבעי' (על פי תעריפי 'תעו"ז'), מול מכירה של שמונה שעות בלבד בהתאם לחישוב של שש שעות לפי תעריפי 'פסגה' ושעתיים נוספות לפי תעריפי 'גבעי'.

1,205,960	אנרגיה A תפוקת חשמל שנתית במובל לים המלח, MWh
דולרים 153 91	תעריפי 'תעו"ז' (ממוצע בין העונות) B תעריף 'פסגה' מחושב ל-MW C תעריף 'גבעי' מחושב ל-MW
6 2 137	תעריף מכירת חשמל בחלופת האגירה D מספר שעות 'פסגה' (מתוך 8 שעות) E מספר שעות 'גבעי' (מתוך 8 שעות) F = (EXC + BXD)/8 תעריף משוקלל בדולרים ל-MW
165,599,994 110,070,296 55,529,698	הפרמיה G = AXF ערך האנרגיה בחלופת האגירה (על פי תעריף משוקלל) H = AXC ערך האנרגיה בהולכה רציפה (על פי תעריפי 'גבעי') I = G – H פרמיה שנתית = תוספת הערך של האגירה בהשוואה להולכה רציפה

טבלה 8.3. חישוב ערך הפרמיה השנתית של אספקת חשמל בשיא הביקוש.

להלן פירוט מילולי של החישוב המופיע בטבלה 8.3: תעריף השיא לקוט"ש בהתאם לתעריפי 'תעו"ז'²⁵ הוא 58 אגורות או לחלופין 15 סנט. תעריף 'גבעי' הוא 34 אגורות או 9 סנט. תעריף 'פסגה' למוט"ש הוא 153 דולר בקירוב ותעריף 'גבעי' לאותה כמות חשמל הוא 91 דולר עבור חלופת האגירה ומכירה בשעות 'פסגה' בלבד. בוצע חישוב של ממוצע משוקלל בין שש שעות בתעריפי שיא לבין שעתיים בתעריפי 'גבעי'; מחיר החשמל בחלופה זו הוא 137 דולר למוט"ש.

²⁵ ראה סעיף 6 לנספח B.

היקף ייצור האנרגיה במובל לים המלח בחלופה R1 הוא 1,205,960 MWh לשנה (או 1,206 GWh לשנה). מכירת חשמל בהיקף זה במשך שמונה שעות בלבד, בהתאם לחלופת האגירה, מניבה ערך אנרגיה של כ-166 מיליון דולר בשנה לעומת כ-110 מיליון דולר – ערכה של אותה כמות חשמל במחירי 'גבע' – בהתאם לחלופת ההולכה הרציפה. הפרמיה שווה לפער המתקבל בערך האנרגיה בין שתי האלטרנטיבות והיא מסתכמת בכ-55 מיליון דולר בשנה. הערך הנוכחי של פרמיה זו, כשהיא משולמת מן השנה השביעית בחיי הפרויקט, מחושב לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט בשער ניכיון של 7%, הוא 424.3 מיליון דולר. ערך זה נופל מתחת לערך (האבסולוטי) הנקודתי של תוספת ההשקעה הנדרשת, השווה כאמור ל-1,342 מיליון דולר. במילים אחרות: התמורה שווה לשליש העלות והמסקנה היא כי חלופת R1, הכוללת יעד של אנרגיה אגורה, היא נחותה לעומת החלופה התאומה R1 בהולכה רציפה.

השוואה דומה נערכה ביחס לכל צמדי החלופות: R2 הכוללת אנרגיה אגורה לעומת R2 בהולכה רציפה, R3 הכוללת אנרגיה אגורה לעומת R3 בהולכה רציפה וכו'. יחסי תמורה/עלות בצמדי החלופות השונות נעו בין 33% ל-68%; דהיינו, בכל צמדי החלופות נמצא כי החלופה הכוללת יעד של אנרגיה אגורה היא נחותה לעומת החלופה התאומה בהולכה רציפה. על יסוד מבחנים אלה נדחו החלופות הנחותות הכוללות אנרגיה אגורה והדיון התמקד בחלופות של הולכה רציפה בלבד. זה המקום להדגיש כי הגדלה מהותית של כמות המים המוזרמת ו/או גובה ההרמה של המים לאגירה, תצמצם את ההפרש ובתנאי משק-חשמל ספציפיים היא עשויה להצביע על יתרון כלכלי. בהקשר זה ראוי להזכיר את מתקני האגירה שאובה המקודמים בימים אלה בישראל, אך במודל עסקי מורכב, הכולל פרמיה להבטחת אמינות אספקת החשמל.²⁶

8.3 המבחן הכלכלי, הממצאים

8.3.1 ערכי-עלות נוכחיים

בטבלה 8.4 להלן מוצגים הערכים הנוכחיים של העלויות הישירות של כל החלופות (בהולכה רציפה) כשהם מחושבים לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט בשער ניכיון של 7%. הטבלה מחולקת לשלושה:

²⁶ האנרגיה האגורה המתקבלת מן החלופות הנידונות בזה היא על בסיס יומי. כלומר, במסגרת היעדים המובילים של הפרויקט לא ניתן להפוך את "מלאי" האנרגיה למלאי מצטבר לשעת חירום. לכן מזדפות החלופות בפרויקט על אספקת חשמל בשעות שיא הביקוש, אך אינן מזדפות על קיום ביטחון האספקה כמו בפרויקטים לאגירה שאובה המוקמים בין השאר לתכלית זו.

- החלק הראשון (I) מתייחס לחלופות חד-תכליתיות שיעדן אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן ותו לא.
- החלק השני (II) מתייחס לחלופות דו-תכליתיות שיעדיהן אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן והזרמה של 800 מלמ"ש מי-ים לים המלח.
- החלק השלישי (III) מתייחס לחלופה תלת-תכליתית שיעדיה אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן והזרמת 800 מלמ"ש מים שפירים בערוץ הירדן לים המלח. בחלק זה נכללת גם חלופת-משנה הכוללת אספקת 200 מלמ"ש לעמאן, הזרמת 700 מלמ"ש מים מלוחים לים המלח והזרמה נוספת של 100 מלמ"ש מים שפירים לשיקים חלקי של הזרימה בערוץ הירדן התחתון.

NPV בשער ניכיון של 7% לאופק של 50 שנה		NPV בשער ניכיון של 7% לאופק של 30 שנה		החלופות
מייליון דולר, ערך נוכחי לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט				
I. חלופות חד-תכליתיות: 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן				
4,072	3,677	מים לעמאן; עקבה – עמאן		R
3,042	2,732	מים לעמאן; כינרת – עמאן		M
II. חלופות דו-תכליתיות: 800 מלמ"ש מי-ים/מי-רפז לים המלח; 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן				
6,695	6,142	צינור עליון מי-סוף – רציף		R1
7,223	6,684	צינור תחתון מי-סוף – רציף		R2
6,994	6,547	מנהרה עליונה מי-סוף – רציף		R3
8,766	8,103	מנהרה תחתונה מי-סוף – רציף		R4
5,593	5,128	מן הים התיכון דרך קומראן – רציף		M1
4,922	4,492	מן הים התיכון דרך בית שאן – רציף		M2
III. חלופה תלת-תכליתית: אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן; הזרמת 800 מלמ"ש מים שפירים בערוץ הירדן לים המלח				
8,131	7,386	מים שפירים מן הים התיכון דרך בית שאן – רציף		M3
חלופת-משנה תלת-תכליתית – אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן, 100 מלמ"ש מים שפירים לערוץ הירדן ו-700 מלמ"ש מי-ים/מי-רפז לים המלח				
5,752	5,251	מן הים התיכון דרך בית שאן – רציף		M2a

טבלה 8.4. ערכי-עלות נוכחיים לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט בחלופות השונות.

8.3.2 מים שפירים לעמאן – עלות מיטבית

היעד של אספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן הוא היעד המשותף לכל החלופות. אולם בשתי החלופות R ו-M בקבוצה I זהו היעד הבלעדי. ביחס לשתי חלופות חד-תכליתיות אלו ניתן להצביע על פער של כ-945 מיליון דולר לטובת חלופת כינרת-עמאן (M) בין ערכי עלויות הפרויקט הנקודתיים, כשהם מחושבים לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, בשער ניכיון של 7% לאופק של 30 שנה. חישוב דומה לאופק של 50 שנה מעלה פער גדול יותר לטובת חלופת כינרת-עמאן (M) המסתכם בכ-1,030 מיליון דולר.

קל יותר להבין את הפער המצטייר בטבלה 8.4 ביחס לקבוצה I כאשר מתייחסים למחיר האספקה של מ"ק מים שפירים. לכל אחד מן הערכים הנקודתיים חושב ה-PMT; דהיינו, התשלום השנתי (האחיד) המצטבר, בשער הניכיון הרלוונטי, לערך הנקודתי הנוגע בדבר במהלך שנות התפעול הרלוונטיות. ערכי ה-PMT המתקבלים כשהם מחולקים ב-200 מיליון מ"ק נותנים אומדן של מחיר האספקה של מ"ק מים שפירים לעמאן בהתאם למקור המים ובכפוף להנחות בדבר אופק הפרויקט ושער הניכיון (טבלה 8.5). מתוך הערכים המחושבים בטבלה 8.5 עולה כי הפער בין מחירי אספקת המים שיותפלו לחוף ים-סוף לבין מחירי האספקה שישלבו מי-כינרת שיוחלפו במים שיותפלו לחוף הים התיכון, הוא 0.38-0.41 דולר למ"ק, בשער ניכיון של 7%.

	M		R		חלופה	חישוב
	לאופק של					
	50 שנה	30 שנה	50 שנה	30 שנה		
מיליון \$	3,042	2,732	4,072	3,677	A – ערך-עלות נקודתי לראשית השנה הראשונה לתפעול הפרויקט, בשער ניכיון של 7%	
מיליון \$ לשנה	245	220	328	296	B – ה-PMT מחושב לערך A	
\$ למ"ק	1.23	1.10	1.64	1.48	C – B/200 מחיר האספקה של מ"ק מים שפירים לעמאן	

טבלה 8.5. חישוב מחיר אספקת מים שפירים בחלופה R עקבה-עמאן ו-M "כינרת-עמאן".²⁷

²⁷ נזכיר כי החישוב מבוסס על ערך של \$60 ל-MW. חישוב לפי ערך של \$105 (יתעו"ז' משוקלל) מוסיף כ-0.25-0.30 \$ למחירי המים המחושבים.

חרף הפער במחירי האספקה, הרשויות הירדניות נוטות להעדיף שמקור המים הראשוני יהיה בשליטתן – קרי, בים-סוף. אפשר להצביע על פער בסדר גודל של כ-0.4 דולר למ"ק כעלות ההחלטה המדינית-פוליטית שזו מטרתה. כלומר, בהנחה שמדובר בהחלטה רציונאלית, יש לשער כי הרשויות בירדן שקלו את פער העלויות ומצאו אותו אקוויוולנטי ליתרון המדיני-פוליטי שנגזר ממנו.

8.3.3 היעדים הראשיים – עלות מיטבית ישירה ושיקולים מוסדיים

על מנת לדון ולהשוות בין החלופות להשגת שני יעדי הראשיים של הפרויקט (ייצוב מפלס ים המלח ואספקת מים שפירים לעמאן), יש להתייחס לערכי העלויות הנוכחיים בקבוצה II בטבלה 8.4, לאופק פרויקט של 30 שנה ולשער ניכיון של 7%. מהנתונים המוצגים בטבלה זו ניתן להגיע לכלל מסקנה בדבר פערי העלויות הישירות בין החלופות השונות.

במונחי עלות ישירה מיטבית, חלופת הצינור העליון R1 היא החלופה המיטבית מבין החלופות המתבססות על ים-סוף כמקור-מים ראשוני. חלופה זו, המבוססת על הנחת צינור מים-סוף לים המלח, זולה ב-405 עד 1,960 מיליון דולר לעומת חלופות ים-סוף האחרות. החלופה הזולה ביותר מבין החלופות המבוססות על הים התיכון כמקור מים ראשוני היא M2. חלופה זו, המוליכה מים דרך בית שאן לים המלח, זולה ב-636 מיליון דולר לעומת החלופה בה מועברים המים דרך קומראן.

פער העלויות בין החלופה המיטבית מים-סוף לבין החלופה המיטבית מן הים התיכון, כשהוא נמדד במונחי הערך הנוכחי של העלויות לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, בשער ניכיון של 7% ולאופק של 30 שנה, הוא 1,650 מיליון דולר לטובת חלופת הים התיכון. מסקנה זו לא תשתנה כאשר מובאות בחשבון העלויות העקיפות בטבלאות 8.6 ו-8.7 שלהלן.

המסקנה כי החלופות מהים התיכון הן החלופות המיטביות היא לכאורה חד-משמעית, אולם לניתוח העלויות יש להוסיף גם שיקולים מוסדיים המשליכים על העלויות בפועל. יש לשער כי בממלכת ירדן יהיה די בהחלטת הדרג המדיני העליון כדי להתניע לאלתר את התהליך שיביא למימושה של כל אחת מן החלופות המבוססות על ים-סוף כמקור המים הראשוני. לעומת זאת, החלטת הדרג המדיני בישראל תספיק כדי להתניע לאלתר רק מקצת מן החלופות, אך לא את כולן, כמו למשל החלופה החד-תכליתית M דלעיל. בחלופה זו נדרשות החלטות בתחום הקצאות ודרך ניהול משק המים. מדובר בהקצאת 200 מלמ"ש מים מהכינרת לממלכת ירדן (עמאן) על חשבון המוביל הארצי ופיצוי החסר

בהקדמת תכניות ההתפלה לחוף הים התיכון. החלטות אלו נתונות פחות או יותר בידי הדרג המדיני בישראל.

לעומת זאת, ההחלטה להעביר מובל-מים מהים התיכון לנהר הירדן דרך העמקים לפי חלופה M2, תהיה כפופה לתהליך תכנון. מעבר לתכנון ההנדסי המורכב, תהליך זה כולל סקרי השפעה על הסביבה והליכי שימוע וערעור המגיעים לעתים לפתחם של בתי המשפט. מהלכים אלה ומהלכים ציבוריים נלווים הם חלק אינטגרלי מתהליך התכנון במדינת ישראל.

8.3.4 ייצוב מפלס ים המלח – עלות כוללת

כדי לקבל מושג בדבר סדר הגודל של העלות הכוללת של מימוש היעד של ייצוב מקורב של מפלס ים המלח, ניתן לנכות מן הערכים הנקובים בטור [1] בטבלה 8.6 את הערך הנוכחי של התועלות הנגזרות מאספקה של 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן ולקבל אומדן של העלות הישירה של היעד של ייצוב מפלס ים המלח בלבד – טור [2]. לעלות הישירה של יעד זה בלבד ניתן להוסיף את אומדן העלויות העקיפות הנגזרות מייצוב מפלס ים המלח – טור [3].

[3]	[2]	[1]	החלופות	
NPV של העלות הישירה והעקיפה של ייצוב מפלס ים המלח	NPV של העלות הישירה של ייצוב מפלס ים המלח	NPV של העלות הישירה של הפרויקט על שני יעדיו הראשיים		
בשער ניכיון של 7% ולאופק של 30 שנה				
מיליון דולר לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט				
5,612	4,612	6,142	R1	צינור עליון מים-סוף
6,154	5,154	6,684	R2	צינור תחתון מים-סוף
6,017	5,017	6,547	R3	מנהרה עליונה מים-סוף
7,573	6,573	8,103	R4	מנהרה תחתונה מים סוף
4,598	3,598	5,128	M1	דרך קומראן מהים התיכון
3,962	2,962	4,492	M2	דרך בית שאן מהים התיכון

טבלה 8.6. ערכי-עלות נוכחיים בחלופות הדו-תכליתיות של ייצוב מפלס ים המלח בנקודת הזינוק לכינון הפרויקט.

על מנת להמחיש את מהות החישובים המונחים ביסוד טבלה 8.6, מוצג להלן הסבר המלווה בטבלת העזר 8.7 אשר מתייחסת לחלופות-העלות המיטביות בלבד: R1 בין חלופות ים-סוף ו-M2 בין חלופות הים התיכון:

- הערך A בשורה הראשונה של הטבלה 8.7 לקוח מטבלה 8.4 והוא מייצג את ערכה הנוכחי של עלותה הישירה של החלופה הדו-תכליתית, מחושבת ל-30 שנות פרויקט ובשער ניכיון של 7%.
- הערך B שבשורה השנייה מייצג את התועלת הנובעת מאספקת 200 מלמ"ש של מים מתוקים לעמאן. ערך זה הוא למעשה זיכוי (ניכוי בסימן שלילי) מכיוון שמדובר בתועלת הכרוכה באספקת מים מתוקים לעמאן. ערך זה מתקבל על בסיס הנחת העבודה שעל פיה ערך מים לספקים בעמאן הוא 1.00 דולר למ"ק ומכאן שערך אספקת 200 מלמ"ש הוא 200 מיליון דולר לשנה. אפשר להראות שהערך הנוכחי של זרם התועלות של 200 מיליון דולר לשנה, החל מן השנה הראשונה לתפעול הפרויקט (היא השנה השביעית לפרויקט, עד לשנתו ה-30, מחושב בשער ניכיון של 7% לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט) הוא כ-1,530 מיליון דולר.
- הערך C בשורה השלישית הוא הסכום של A ו-B המייצג אפוא את העלות הישירה של השגת היעד של ייצוב מפלס ים המלח.
- הערך D בשורה הרביעית מייצג עלויות בסך כמיליארד דולר, שהם האומדן הגולמי של העלויות העקיפות של ייצוב מפלס ים המלח הנידונות בנספח A להלן.
- הערך E בשורה החמישית הוא הסכום של C ו-D והוא מייצג את אומדן העלות הכוללת של השגת היעד של ייצוב מפלס ים המלח.

ערכי טור [2] בטבלה 8.6 מחושבים כמו הערך C בטבלה 8.7; ערכי טור [3] בטבלה 8.6 מחושבים כמו הערך E בטבלה 8.7. על פי ממצאי טור [3] בטבלה 8.6 (או ערכי E בטבלה 8.7) סדרי הגודל של עלות המימוש הישירה והעקיפה של יעד הייצוב של מפלס ים המלח הם:

- 5,612 מיליון \$ ערך נוכחי מחושב לראשית שנת כינון הפרויקט הראשונה, לאופק של 30 שנה ובשער ניכיון של 7% בחלופת ים-סוף הזולה ביותר – R1.
- 3,962 מיליון \$ ערך נוכחי מחושב לראשית שנת כינון הפרויקט הראשונה, לאופק של 30 שנה ובשער ניכיון של 7% בחלופת הים התיכון הזולה ביותר – M2.

נוכיר כי החישוב הכרוך במעבר מטור [1] ל-[3] בטבלה 8.6 אינו משנה את הפער בין החלופות R1 ו-M2, העומד על 1,650 מיליון דולר.

הפעולה	הערך המחושב	חלופה מיטבית מים-סוף R1	חלופה מיטבית מהים התיכון M2
1	A	6,142	4,492
2	B	-1,530	-1,530
3	C=A+B	4,612	2,962
4	D	-1,000	-1,000
5	E=C+D	5,612	3,962

טבלה 8.7. טבלת-עזר המדגימה את חישוב ערכי העלות הנוכחיים בחלופות הדו-תכליתיות של ייצוב מפלס ים המלח בנקודת הזינוק לכינון הפרויקט.

8.3.5 שיקום הזרימה בירדן התחתון – עלות כוללת ושיקולים של חוק וסדר

אומדן העלות הישירה של החלופה M3 (מים שפירים) במונחי ערך נוכחי לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, בשער ניכיון של 7% ובאופק של 30 שנה, הוא 7,386 מיליון \$ (טבלה 8.4). בזיכוי התועלת הנובעת מאספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן ובחיוב העלות העקיפה של הפרויקט, מתקבלת העלות הכוללת של מימוש היעדים ה"טבעיים" – שיקום הירדן התחתון וייצוב מקורב של מפלס ים המלח במים שפירים. עלות כוללת זו היא 6,856 מיליון דולר במונחי ערך נוכחי לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, בשער ניכיון של 7% ובאופק של 30 שנה.

על פניו נראה כי מחירה של חלופה זו עולה ב-2,894 מיליון דולר על מחיר החלופה המקבילה, המסתפקת בייצוב מקורב של מפלס ים המלח (M2). את הפער הזה ניתן לייחס לכאורה למימוש היעד של שיקום כמעט מלא של הירדן התחתון וייצוב מקורב

של מפלס ים המלח במים שפירים. את תוספת העלות בחלופת הזרמת המים השפירים (M3) ניתן לייחס גם להסרת חלק ניכר מאי-הוודאיות בפרויקט הנגזרות מהזרמת מי-ים/מי-רכז לים המלח. כל זאת בהנחה שהמים השפירים אשר ישוחררו סמוך לבית שאן אכן יגיעו ליעדם, קרי: לים המלח. שכן, מעבר לעלות הגבוהה, עקב אכילס של החלופה M3 הוא הצורך להבטיח בחוק ובאכיפה כי המים השפירים שיוזרמו לערוץ הירדן אכן יגיעו לים המלח ולא ינוצלו בדרך. בקשר לחלופה M3 יש להזכיר כי קיימת לפחות לכאורה אפשרות להמיר את ההתפלה בייבוא מים (מטורקיה, יוון, קרואטיה וכו'). המחירים שהיזמים נוקבים זולים אמנם במקצת מעלויות ההתפלה, אך הם כרוכים באי-ודאות טכנולוגית ופוליטית ומכאן שאין באופציה זו יתרון מהותי על אופציית ההתפלה מבחינת העלויות הישירות.

חשוב לזכור כי מעבר לעלות הגבוהה הכרוכה בהשגת היעדים "הטבעיים" באגן הירדן התחתון-ים המלח, יש לחייב חלופה זו גם בעלויות העקיפות הניכרות הכרוכות בתוספת ההתפלה הנדרשת בכלל ולחוף הים התיכון בפרט (תפיסת שטח-חוף, פליטה מוגברת של גזי חממה, פגיעה אקולוגית מוגברת וכו'). כלומר, מעבר לעלות הכוללת המוצגת להשגת מטרות "ירוקות-טבעיות" בפרויקט, כרוכה חלופה זו בנזק סביבתי ניכר לחופי הים התיכון, שאינו כלול בחישוב המוצג (ראה סעיף 9.3).

להשלמת התמונה נבחנה חלופה תלת-תכליתית הכוללת שיקום חלקי של הירדן התחתון באמצעות הזרמה של 100 מלמ"ש מים שפירים. החישוב מבוסס על נתוני החלופה M2, הכוללים התפלה נוספת של 100 מלמ"ש המופנים לכינרת ומוזרמים ממנה לערוץ הירדן (וזאת לפי העלויות שבטבלה 7.17). כלומר, בחלופת-משנה זו, המכונה M2a, כמות מי הים/מי הרפז המוזרמים בתעלה/צינור במקביל לירדן, פוחתת מ-800 ל-700 מלמ"ש ובמקומה מוזרמים 100 מלמ"ש מים שפירים בערוץ הירדן לים המלח. אומדן העלות הישירה של חלופה זו במונחים של ערך נוכחי לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, בשער ניכיון של 7% ובאופק של 30 שנה, היא 5,251 מיליון דולר (טבלה 8.4). בזיכוי התועלת הנובעת מאספקת 200 מלמ"ש מים שפירים לעמאן ובחיוב העלות העקיפה של הפרויקט, מתקבלת העלות הכוללת של מימוש השיקום החלקי של ערוץ הירדן וייצובו המקורב של מפלס ים המלח. עלות כוללת זו היא 4,721 מיליון דולר במונחי ערך נוכחי לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט, בשער ניכיון של 7% ובאופק של 30 שנה. מדובר כאן בתוספת עלות של 759 מיליון דולר לעומת החלופה M2 – תוספת שאותה ניתן לייחס לכאורה לפירות השיקום החלקי של הירדן התחתון. פער זה משקף בעיקרו את העלות הישירה של תוספת ההתפלה, שכן העלויות העקיפות קטנות ומוגבלות יחסית. בהקשר זה ראוי לציין כי ניתן להתוות גם מהלך

חד-תכליתי שמטרתו היחידה היא שיקומו החלקי של הירדן התחתון. מהלך כזה, אם יוגבל לכמות הנקובה לעיל של 100 מיליון מ"ק במוצע לשנה, לא יזדקק למובל ויוכל להישען על צמצום הולכת מים שפירים מן הכינרת מערבה. במקרה זה תהיה העלות האלטרנטיבית השנתית שווה לעלות ההתפלה של 100 מיליון מ"ק, אשר יחליפו את מי הכינרת במאזן המים הארצי. כשעלות ההתפלה היא כ-65 סנט למ"ק, בשער ניכיון של 7% ובאופק תכנון של 30 שנה, יהיה סדר הגודל של עלות זו שווה פחות או יותר לסדר הגודל הנקוב לעיל: כ-750 מיליון דולר.

9. הפרויקט מנקודת-ראות ישראלית

באגן ים המלח מתרחשים תהליכים שליליים שעצמתם מגיעה לממדים של תופעת טבע; כולם נגזרים מהפרת שיווי המשקל הטבעי של המערכת בידי האדם. כל ניסיון להתמודד עם הבעיה מחייב התערבות אנושית נוספת בממדים נרחבים, שתהא לה השלכה על אזור ים המלח ומעבר לו. מצבו העכשווי והעתיד של האגן הוא נושא מרכזי בשיח הציבורי בישראל ומוקד לדאגה רחבה וגוברת. מכיוון שהשבת המצב הטבעי לקדמותו היא ככל הנראה בלתי-ריאלית, האפשרות היחידה לשפר את המצב, אם בכלל, היא להזרים מי-ים או נגזרותיהם לים המלח – אפשרות שנידונה ונבחנת בימים אלה על ידי הבנק העולמי וכן בעבודה זו.

אי-הוודאות והסיכונים הכרוכים בפרויקט כזה, הם גורם מרכזי בהערכת ישימותו של הפרויקט. בעבודת הבנק העולמי המקדישה מאמץ רב לעניין זה נעשית עבודה ממוקדת שמטרתה צמצום אי-הוודאות ופיתוח אמצעים למזעור נזקים אפשריים. יחד עם זאת וחרף העבודה המעמיקה והמקיפה שנעשית במסגרת הבנק העולמי, המסקנה העולה מן המידע הקיים היא שאי-הוודאות בנושאים הקריטיים של ים המלח, ים-סוף ומי התהום בערבה, תישאר בעינה עד להתנסות בפועל. בהנחה שאי-הוודאות בנושאים המהותיים לא תובהר עד לסיום עבודת הבנק העולמי, עבודה זו ממליצה על **גישה מודולארית** ליישום הפרויקט – גישה שתמזער את הסיכונים והנזקים שעלולים להתרחש.

מבלי להיכנס לשיקולי כדאיות, עלויות ומקורות מימון, ולאור היתכנותו של מהלך ירדני בגיבוי ממשלות ומוסדות בינלאומיים לקידום אחת מחלופות ים-סוף, יש מקום למקד את הדיון בנושאים מרכזיים, להצביע על ההשלכות הרלוונטיות של הפרויקט ולגבש ההתייחסות אליו מנקודת-ראות ישראלית.

9.1 מים מתוקים לעמאן

הגרסה הקונקרטית של הפרויקט, הנבחנת עתה ע"י הבנק העולמי, זוכה לעתים לכותרת "מובל השלום". כותרת זו שמה את הדגש על יחסי ישראל, ירדן והפלסטינים כנקודת מוקד להתייחסות של מדינת ישראל למפעל לייצוב מפלס ים המלח בכלל, ולגרסת RSDSC, מובל מים-סוף לים המלח, בפרט. בהקשר ישיר לנקודת מוקד זו יצוין כי גרסת

ה-RSDSC על חלופותיה היא "חבילה" הכוללת לצד היעד ההצהרתי של ייצוב מפלס ים המלח גם יעד מרכזי נוסף: אספקת מים שפירים למרחב עמאן, בירת ירדן. מנקודת הראות הירדנית היעד הנוסף הוא קריטי.

עבודה זו בוחנת אפוא בקפידה שתי דרכים להשגת יעד קריטי זה בלבד. המסקנה בהקשר זה היא כי בשער ניכיון של 7% ולאופק תכנון של 50 שנה, פרויקט ייעודי למטרה זו בלבד, שיתבסס על אספקת מים שפירים לעמאן מהכינרת – ובעקיפין על התפלה לחוף הים התיכון – עשוי לספק מים מתוקים לעמאן בעלות של 1.23 דולר למ"ק. זאת בהשוואה לעלות האספקה המבוססת על פרויקט בהיקף דומה הכולל התפלה ומובל מים-סוף, שתעלה 1.64 דולר למ"ק.

חרף פער העלויות בין החלופות המיטביות מים סוף ומן הים התיכון, נראה ששלטונות ירדן מעדיפים את אלו המבוססות על מובל-מים מים-סוף וזאת משיקולים של ביטחון אספקת המים מן ההיבט הירדני. יתר על כן: היה ופרויקט מובל הימים ימומש בגרסת RSDSC והיעד הקריטי יהיה חלק אינטגרלי ממנו, פער העלויות עשוי להצטמצם, אם לא יותר מכך. שכן, אם גרסה זו תמומש, עתיד המימון להישען על מענקים ואשראים בינלאומיים "רפיים". אם לא יתממש הפרויקט לייצוב מפלס ים המלח בגרסת RSDSC, ייתכן ששלטונות ירדן לא יירתעו מפער העלויות והם יממשו בכוחות עצמם את היעד הקריטי של אספקת מים מתוקים לעמאן, במובל מים-סוף. מפעילויות כאלו במפרץ עקבה-אילת, שאין להן השלכה ישירה על ישראל, ייתכנו השפעות עקיפות על המפרץ כולו ומכאן שטוב תעשה ישראל אם תדרוש להיות מעורבת בתכנון ובבקרה על הביצוע, וזאת כדי למזער את ההשפעות בכל הנוגע אליה.

התייחסות ישראלית משמעותית לנושא הקריטי של אספקת מים לעמאן תיתכן אפוא רק לאחר שיתברר גורל הפרויקט בגרסת RSDSC. אם לא יתממש הפרויקט בגרסה זו, תוכל ישראל לבחון, על יסוד שיקולים מדיניים, הקצאה במחיר נוח (עד סמלי) של מי הכינרת למרחב עמאן ותגבור ההתפלה לחוף הים התיכון כפתרון חלקי לפחות למחסור המים בממלכת ירדן. במסגרת הסכם אספקה כזה, אפשר יהיה לשקול גם ערבויות בינלאומיות לאמינות האספקה.

9.2 ייצוב מפלס ים המלח

עבודה זו מצאה שהעלות המיטבית (במונחי cost effectiveness) לייצוב מקורב של מפלס ים המלח, מתממשת בגרסה הנשענת על מובל מהים התיכון (חלופה M2). שיעורה של עלות מיטבית זו הוא כחמישה מיליארד דולר. לעומתה, החלופה הזולה ביותר בגרסת

ים-סוף – RSDSC (חלופה R1) עולה כשבעה מיליארד דולר. מכאן שפער העלויות בין שתי חלופות אלו עומד על כ-40%.

עבודה זו מסתפקת בניתוח העלות המיטבית ואינה עוסקת בניתוח מקיף של עלות-תועלת לגבי מוצרים ציבוריים. בעוד שלייצוב מפלס ים המלח יש תועלות (חיוביות) שקשה לכמתן, יש לצפות בזהירות גם לתועלות שליליות (dis-utilities) העולות לנבוע מהשפעותיו על מפעלי התעשייה הכימית הנשענת על ים המלח. המפעלים בישראל יחלקו את הסיכון של תועלות שליליות אלו עם המפעלים בירדן ויישאו בחלקו העיקרי, כנגזר מיחסי הגודל בין שתי התעשיות. מכאן מתחייב שישראל תהיה שותפה מלאה בתכנון וכינון המפעל, כולל בירור התוואים ומהלכי המימוש המודולאריים, אשר יצמצמו סיכון זה למינימום. יתרה מזאת, תידרש אמנה בינלאומית והתחייבות של כל הממשלות המעורבות, לביצוע כל המתחייב למזעור הסיכונים, כולל אפשרות של עצירה ואי-התקדמות לשלבים נוספים במקרה של השפעות שליליות מהותיות על ים המלח ונזקים ישירים ועקיפים למערכת. חשוב לציין כי בחינת ההשפעות על ים המלח בכל שלב היא פעולה מורכבת המחייבת כינון מערך בקרה וניטור במרחב אגן ים המלח ואיסוף נתונים ממושך ומהימן. על ישראל להיות מעורבת באופן פעיל בהצבת מערך הבקרה והניטור, בעיבוד הנתונים, בניתוחם ובקבלת ההחלטות לגבי התקדמות לשלבים נוספים.

ראוי להדגיש כי פרויקט זה, בכל אחת מגרסותיו הנידונות בעבודה זו, או בכל גרסה אחרת, מסתמן כאפשרות היחידה לייצב את מפלס ים המלח ולעצור את מגמת ההידרדרות של האגן המדאיגה את הציבור בכלל ופוגעת בישראל בפרט. מכאן שכל עוד יכלול המפעל בגרסת RSDSC גם אספקת מים שפירים לעמאן, תצמח ממנו תועלת עקיפה לישראל, תובטח לו תמיכה מדינית ירדנית והדבר יקל על השגת מימון בינלאומי לפרויקט.

9.3 שיקום אגן ההיקוות

כפי שנדון בעבודה הנוכחית ניתן לכלול את שיקום אגן ההיקוות של הירדן מדרום לכינרת עם ייצוב מפלס ים המלח וזאת כאשר מתבססים על מובל שיוליך מים מותפלים מן הים התיכון (חלופה M3). ממצאי העבודה מעלים כי עלותו הישירה של מובל כזה תהיה כ-7.4 מיליארד דולר. הפער בין עלות זו לבין העלות המיטבית של מפעל לייצוב מפלס ים המלח במי-ים הוא כ-2.9 מיליארד דולר. פער זה פוחת לכ-2.3 מיליארד דולר כשכוללים בחישוב גם עלויות עקיפות הקשורות בים המלח. פער זה מבטא את עלות השיקום של אגן ההיקוות של הירדן התחתון, שתועלתו חיובית, אך קשה לכימות. כאמור, ניתן

לייחס את תוספת העלות הנייל גם להסרת חלק ניכר מאי-הוודאויות בפרויקט הנגזרות מהזרמת מי-ים/מי-רכז לים המלח.

מנקודת הראות הישראלית כרוכה תוספת-עלות זו בתועלות-שליליות משמעותיות ובראשן ההגדלה המשמעותית של נפח ההתפלה לחופי הים התיכון. העלות הישירה של התפלה זו כלולה בסכום של כ-7.4 מיליארד דולר הנקוב לעיל, אך לא כלולה בו התועלת (השלילית) הסביבתית העקיפה הכרוכה בהכפלת נפח ההתפלה (ואף יותר מכך) לחוף הים התיכון. הרעיון לשיקום מהותי של נהר הירדן במים שייחסכו ממשקי המים של המדינות הגובלות (כ-600 מלמ"ש לפי הערכת ארגון "ידידי כדור הארץ") אינו נראה למחברי עבודה זו כבעל היתכנות ריאלית על רקע מצוקת המים האזורית. האפשרות לייבא מים מצמצמת את הפגיעה הסביבתית, אך כרוכה באי-וודאויות טכנולוגיות, פוליטיות וכלכליות, המעמידות את יישומה בספק.

אם יושג שיקומו של הירדן באמצעות התפלה, תישא רק ישראל בנזקים הסביבתיים שייגרמו לחוף הים התיכון. חלופת הביניים הבוחנת שיקום חלקי של ערוץ הירדן באמצעות התפלת 100 מלמ"ש באזור בית שאן (חלופה M2a) היא אופציה זולה יחסית ופגיעתה הסביבתית פחותה. בתנאי תכנון וביצוע מוקפדים ובמסגרת פוליטית וכלכלית נאותה, ישראל יכולה לשקול בחיוב יישום חלופה כזו.

9.4 יישום מודולארי – היבטים תכנוניים, ארגוניים ופוליטיים

לאור אי-הוודאויות המהותיות העומדות ותלויות גם לאחר הבחינה היסודית והממצה שנעשית ע"י הבנק העולמי, ממליצה עבודה זו חד-משמעית כי אם יוחלט לקדם את הפרויקט יש ליישמו באופן מודולארי. היישום המודולארי אינו עוד חלופה, אלא מרכיב יסודי וחיוני בתכנון, שהצגתו צריכה להיות חלק מובנה בכל תכנית לקידום הפרויקט וכתנאי לאישורה של ממשלת ישראל.

מעבר לנושאים הטכניים וההנדסיים, העיסוק ביישום המודולארי אמור לכלול התייחסות לנושאים הבאים:

1. **עקרונות התכנון:** התכנון אמור להיעשות במושגים של שלבים, כמויות הזרמה, כמויות התפלה וקצב יישום השלבים, כשהם מתמודדים בראש ובראשונה עם אי-הוודאויות והתממשות אפשרית של תרחישים מחמירים בים המלח, במפרץ אילת ובתוואי ההולכה. על התכנון להביא בחשבון ולהתמודד עם ההשלכות של תופעות

כמו הלבנות גבס ופריחות מתמשכות של מיקרואורגאניזמים בים המלח, שינויים בסירקורלציה, במאזן החום והנוטריינטים בים-סוף וכן ניתוח כמותי של הסיכונים למי התהום בערבה. תנאי ראשון לתכנון כזה הוא הכנת תרחישים מחמירים שבהם מתממשים כל אותם תהליכים הכרוכים באי-הוודאויות על ידי מיטב הגופים המקצועיים (כמו אלה הפועלים במסגרת פרויקט הבנק העולמי) וכחלק מתהליך הבחינה והחיזוי של השלכות הפרויקט.

2. **ניטור ובקרת נזקים:** התכנון אמור לכלול תכנית-ניטור שתלווה את היישום בכל שלביו ותתייחס בין השאר לזמן המינימאלי שיידרש להתנסות וללימוד ההשפעות בטרם יוחלט אם להתקדם משלב אחד למשנהו. הקמת מערך ניטור ועיבוד נתונים מתמשך הוא עניין מורכב המחייב מקצועיות הן בתכנון והן בביצוע, וקיומו מותנה בהתחייבות ארוכת-טווח ובתקצוב לא מבוטל.

3. **מתווה ארגוני לניהול היישום המודולארי:** התכנון אמור להציג מערך ארגוני ותפעולי מפורט של הגופים המקצועיים ושל מקבלי-ההחלטות שיעסקו בכל ההיבטים הקשורים ליישום, לבקרת התוצאות וההשלכות בכל שלב, לזיהוי בעיות ולהגדרת חומרתן וכן לקבלת החלטות (העשויות להיות קשות) לגבי ההתקדמות בשלבים, או חלילה לעצירת הפרויקט אם יתגלו מפגעים חמורים, אותם יש להגדיר מראש ככל שניתן.

10. נספח A: עלויות עקיפות

העלויות העקיפות הנידונות להלן, מייצגות ערכים העשויים להיגרע מן התוצרים הלאומיים של הישויות המדיניות הנוגעות בים המלח בגין השפעות (נטו) של חלופה כלשהי על התעשיות הפועלות במרחב. חשוב לזכור כי מדובר בהערכה לסדר-גודל בלבד, המבוססת בעיקר על הנחות וידע עכשווי על התפתחותו האפשרית של אגן ים המלח בעקבות יישום הפרויקט. היישום המודולארי המומלץ בעבודה זו, יאפשר בדיקה מעשית של הדברים ונקיטת אמצעים למזעור נזקים.

10.1 עלות עקיפה למפעלי התעשייה הכימית בים המלח

10.1.1 שינוי בתפוקה ובתמורה-נטו, מפעלי התעשייה הכימית

העלות העקיפה שעלולה להיגרם למפעלי ים המלח תיגרם מפחיתה בנפח הייצור ובערך התפוקה. התרומה של מפעלי האשלג לתוצר הלאומי היא ערך התפוקה השנתית הנובע מהפקה, עיבוד ושיווק אשלג,²⁸ בניכוי הערך של סל מרכיבי הייבוא (כגון דלק). תרומה זו עולה, במקרה של מפעלי ים המלח, על הפיצוי של גורמי הייצור הבסיסיים (עבודה והון) ומחושבת במונחי עלויות אלטרנטיביות. במילים אחרות: במפעלי ים המלח נרשמות תמורות נטו מעל ומעבר לנדרש על מנת לקיים את נפח התעסוקה הנוכחי של גורמי הייצור הבסיסיים ואת נפח הייצור הנוכחי. מצב זה נכון לגבי מפעלי ים המלח בצד הישראלי והירדני כאחד.

בנסיבות אלו ניתן להניח כי שינויים קטנים יחסית, של 10%-20% בערך התפוקה, יבואו בעיקרם לידי ביטוי בתמורה-נטו ובמידה פחותה, אם בכלל, בנפח התעסוקה ובתמורות של גורמי הייצור הבסיסיים. על רקע זה, הפחיתה בערך התפוקה הנידונה בהמשך, עשויה להיחשב כפחיתה בתמורה-נטו של מפעלי ים המלח – מעל ומעבר לנדרש כתמורה לגורמי הייצור הבסיסיים במונחי עלויות אלטרנטיביות.

²⁸ מחוסר נתונים לא נלקחו בחשבון מוצרים תעשייתיים נוספים המיוצרים בתעשיות הכימיות בים המלח.

10.1.2 תרחישי פחיתה בערך התפוקה של מפעלי התעשייה הכימית

כאמור, ייצוב מפלס ים המלח במי הים התיכון או במי ים-סוף (ולא כל שכן במים שפירים) יזמן לים המלח תוספת מים ברמת מליחות נמוכה ובריכוז יחסי נמוך של מרכיבי הגלם התעשייתי (כמו אשלגן וברום) בהשוואה למצב כיום. תוספת כזו תהיה כרוכה במספר תופעות/תרחישים אשר ישליכו על נפח הייצור ועל ערך התפוקה של מפעלי התעשייה הכימית משני עבריו של ים המלח.

התרחיש העיקרי הוא שיכוב מי האגם – ייצוב מפלס ים המלח במי-ים/מי-רפז או במים מתוקים, יגרום בוודאות לתופעה של שכוב יציב של גוף המים. ריכוז המלחים בכלל והריכוז היחסי של מרכיבי הייצור כמו אשלגן וברום בפרט, יהיו נמוכים בשכבה העליונה לעומת השכבה התחתונה, שבה מי ים המלח המקוריים. במצב כזה, אם תימשך השאיבה לבריכות האידוי התעשייתיות מן השכבה העליונה יתקבלו מי-גלם נחותים יחסית. לעומת זאת, שאיבה מהשכבה התחתונה תשמר בקירוב את האיכות הנוכחית, אך בסביבה כימית מחזרת. ייצוב המפלס באמצעות הזרמת מי-ים/מי-רפז, כרוך גם בתהליך בלתי-נמנע של השקעת גבס ופריחות מיקרוביאליות. התהליך עלול ליצור תרחיף גבס ואולי אף תרחיף של חומר אורגאני בשכבות העליונות.

התוצאה המצטברת של תרחישים אלה היא פחיתה בתרומת המפעלים לתוצר הלאומי מן הסיבות הבאות:

- שאיבת המים בשכבה התחתונה המחזרת, מחייבת היערכות טכנולוגית מיוחדת ושילוב של מערכות אוורור וחמצון מחמת ריחות דוחים וגזים המסכנים חיי-אדם. ההשקעות בכינון ותפעול מערכות שאיבה ואוורור מעין אלו תבואנה לידי ביטוי הן בעלויות הישירות והן בעלויות החיצוניות למפעלי ים המלח.
- מים אשר יישאבו בסביבה הנושאת תרחיף גבס וחומר אורגאני, יובילו את התרחיף אל בריכות האידוי. התרחיף עשוי להשפיע על קצב האידוי ומשקע הגבס יכביד וייקר את פתרון הבעיה הקיימת בלאו הכי, של שמירת גובה בריכות האידוי.
- יתר על כן, במים הנשאבים בסביבה מחזרת יימצאו ברזל ויסודות קורט. שימוש תעשייתי במים אלה יגדיל את תכולת הברזל ויסודות הקורט במוצרים הסופיים ויגרע מערכם, או לחלופין, ידרוש השקעה נוספת לשימור איכותם.

תרחישים משניים: בין התרחישים המשניים יש לציין את האידוי המופחת בבריכות האידוי. בעקבות מילוי האגם במים, הרחבת שטחו וריכוז המלחים הנמוך יחסית בשכבת

המים העליונה, יש לצפות ללחות גבוהה יחסית לזו השוררת כיום באוויר האגן – דבר שיפגע בכושר האידיוי של הבריכות במפעלי ים המלח.

בסך הכול, השיכוב ותהליכים קשורים אשר ילוו את ייצוב מפלס ים המלח, יכבידו על השאיבה, יפגעו באיכות המים הנשאבים ויפחיתו את קצב האידיוי התעשייתי. כל גורם לחוד והשילוב בין כולם ביחד, יגרמו לפחיתה בערך התפוקה בהשוואה למצב הקיים.

10.1.3 צפי הפחיתה במהלך ייצוב המפלס ולאחריו

במסגרת סבב דיונים דמוי "דלפי" שקיים צוות מומחים במישור החיתוך של משאבי טבע וסביבה, הנדסת ייצור ומאקרו-כלכלה, נעשה ניסיון לכמת את סדר הגודל של הפחיתה בתרומת מפעלי האשלג לתוצר בגין מכלול התרחישים, שעיקרו תולדה של הזרמת מים בעלי הרכב "זר" לים המלח ותופעת שיכוב גוף המים. בחתירה לקונסנסוס, העלה תהליך הליבון את טווח האומדנים של שיעורי הפחיתה וההסתברויות של שיעורי פחיתה אלה. התוחלת של שיעור הפחיתה נאמדה בהתאם לכך כסכום מכפלות שיעורי הפחיתה בהסתברויות הרלוונטיות, ושיעורה נאמד בכ-20%.²⁹

התרגום של שיעור פחיתה זה למונחים כספיים, מצביע על תוספת עלות של כ-1,150 מיליון דולר לכל אחת מן החלופות הנידונות, וזאת בערך נוכחי וביעור ניכיון של 7% המחושב לראשית השנה הראשונה לכינון הפרויקט. בסכום זה יישאו הצד הישראלי בכ-750 מיליון דולר והצד הירדני בכ-400 מיליון. במקרה של הזרמת מים שפירים בהיקפים דומים, יהיה שיעור הפחיתה נמוך יותר ללא ספק, בזכות צמצום ההשפעות וביטוין בשיכוב גוף המים בלבד. מחוסר אפשרות לבצע אומדן מושכל של שיעור זה, נלקחה עלות מופחתת ב-50% לצורכי אינדיקציה בלבד.

10.2 העלות העקיפה – מלונאות ותיירות

10.2.1 מלונאות ותיירות בצד הישראלי

התועלת העקיפה, הנידונה כאן כ"עלות" בסימן הפוך, עשויה להתחולל בתחום מפעלי התיירות כתולדה מהתרחבות הענף, גידול בנפח הייצור וערך התפוקה. התרחבות זו

²⁹ מדובר בהערכה ראשונית בלבד, שכן תהליך הליבון לא מוצה במלואו ועדיין שוררת אי-ודאות ניכרת באשר להתפתחות האגן ומשמעותה לגבי התעשייה הפועלת בו.

תבוא לידי ביטוי מיידי במספר חדרי המלון במרחב האגן. אולם בשונה מן המצב במפעלי התעשייה הכימית, קיים שוני בסיסי בין ענף המלונאות הירדני לזה הישראלי בכלל, ובין מפעלי התיירות של שתי המדינות בפרט.

בצד הישראלי של ים המלח פועלים כיום כ-4,000 חדרים, רובם ככולם על שפת בריכות האידוי התעשייתיות בדרום-מערב האגן. המלונאות בצד הישראלי מתבססת בעיקר על ביקושים של תיירי-פנים משכבות חברתיות-כלכליות בינוניות. בתי המלון נהנים מתפוסה סבירה וממחירים ריאליים ויציבים. בנסיבות אלו ניתן להניח כי מספר חדרי המלון כיום הוא עקבי עם הפוטנציאל הנוכחי על צד הביקוש. ביקוש זה הולך וגדל עם גידול האוכלוסייה והתוצר לנפש, בשיעור יציב של כ-4.5% לשנה והוא מזמן אפשרות להרחיב את היצע החדרים ושירותי התיירות בהתאמה.

ואכן, תכניות מאושרות מאפשרות לשלש ואף לרבע את מספר החדרים במרחב הישראלי בדרום-מערב האגן ולענות על צפי הביקושים עד שנת 2030 ואף מעבר לכך. מדובר אפוא במרחב פיתוח הנשען בעיקרו על בריכות האידוי התעשייתיות ורק מיעוטו נסמך על חלקו הצפוני של האגם. בסך הכול, מיצוי הפוטנציאל בדרום-מערב ים המלח לפי תפיסת פיתוח זו,³⁰ אינו תלוי בהתפתחויות שיחולו בצפון האגם או בחלופה כלשהי שיעדה לייצב את מפלס ים המלח או אף להשיבו לרמה היסטורית זו או אחרת. בנסיבות אלו, עלויות ותועלות המתהוות בענף המלונאות מן הצד הישראלי הן בבחינת גדלים אי-רלוונטיים לדיון הנוכחי.

10.2.2 מלונאות ותיירות בצד הירדני

בצדו הירדני של ים המלח יש כיום כ-2,000 חדרי מלון והם ממוקמים על הגדה המורמת שבצפון-מזרח האגם. בשונה מן הצד הישראלי, מבוססת המלונאות הירדנית על מותגים בינלאומיים המשווקים על ידי רשתות בינלאומיות לתיירים בינלאומיים אמידים. אשר לעתיד, הציפיות להתרחבות מסתכמות ב-20,000 או אפילו 30,000 חדרים. ציפיות אלו, במספרים כה גבוהים, הן עקביות עם אופי התרומה של ענף התיירות למשק הירדני. ציפיות אלו משקפות גם תקווה כלשהי לייצוב או לשיקום מפלס ים המלח. בשונה ממרחב המלונאות הדרום-מערבי של האגם, יש לכאורה קשר בין התכניות לייצוב מפלס ים המלח לבין אפשרויות ההרחבה של ענף המלונאות והתיירות בצפון-מזרח האגם ואולי גם בצפון-מערבו.

³⁰ לעניין זה ראוי לציין את ההחלטה שהתקבלה ב-2011 לשמר את רום מפלס המים בבריכה 5 התעשייתית, עליה נשענת המלונאות, באמצעות "קציר" המלח המצטבר והסעתו לאגן ים המלח הצפוני.

בנוסף לכך, בצד הירדני ובמסגרת המשק הפלסטיני ניתן להבחין בתמורה-נטו העשויה להשתנות אם ישתנה מספר חדרי המלון. כזכור, התמורה-נטו בהקשר הנוכחי מוגדרת כהפרש בין ערך התפוקה של חדרי המלון לבין ערך מרכיב הייצוא ובין הפיצוי לתשומות הבסיס (עבודה והון) המחושב במונחים של עלות אלטרנטיבית. בתנאי השכר ועלות ההון הנהוגים בירדן (ובמשק הפלסטיני) ניתן להצביע על תמורה משמעותית נטו, מה שאין כן בתנאי המשק הישראלי.

ניתן להעריך כי התמורה-נטו עשויה להיות כ-10% של ערך-תפוקה שנתי של בית מלון איכותי לחוף ים המלח מצדו הירדני.³¹ כהנחת-עבודה נקבע כי 50% מתוספת זו ניתן לייחס לייצוב מפלס ים המלח וכי מדובר בתוספת של 2,500-7,500 חדרים. ניתן להראות שסדר הגודל בערך נוכחי של תוספת התמורה-נטו בטווח זה של תוספת חדרים, הוא 100-200 מיליון דולר. הערכה בינונית תתייחס לתוספת של כ-5,000 חדרים (מעל ומעבר למה שהיה נוסף ללא ייצוב מפלס האגם) ולתוספת של 150 מיליון דולר בערך נוכחי.

10.3 עלות עקיפה – סה"כ

העלות העקיפה המשוערת הכרוכה בתרחישים שישפיעו על מפעלי התעשייה הכימית בים המלח היא כ-1,150 מיליון דולר במונחי ערך נוכחי לשנה הראשונה של כינון פרויקט ייצוב מפלס ים המלח, מחושב בשער ניכיון של 7%, לאופק של 30 שנה. קבלת ההערכה הבינונית לגבי תוספת חדרים במלונאות בירדן, אף שהיא ספקולטיבית ומבוססת על הנחות מרחיקות-לכת, משמעותה תוספת תמורה-נטו של 150 מיליון דולר באותם מונחים. בסך הכול מתקבל כי סדר הגודל של העלויות העקיפות בפרויקט מובל הימים, בו מוזרמים מי-ים ונגזרותיהם, הוא כמיליארד דולר במונחי ערך נוכחי לשנה הראשונה של כינון פרויקט ייצוב מפלס ים המלח, מחושב בשער ניכיון של 7%, לאופק של 30 שנה. במקרה של הזרמת מים שפירים בהיקפים דומים, מצטמצמת העלות לסדר גודל של כ-425 מיליון דולר.

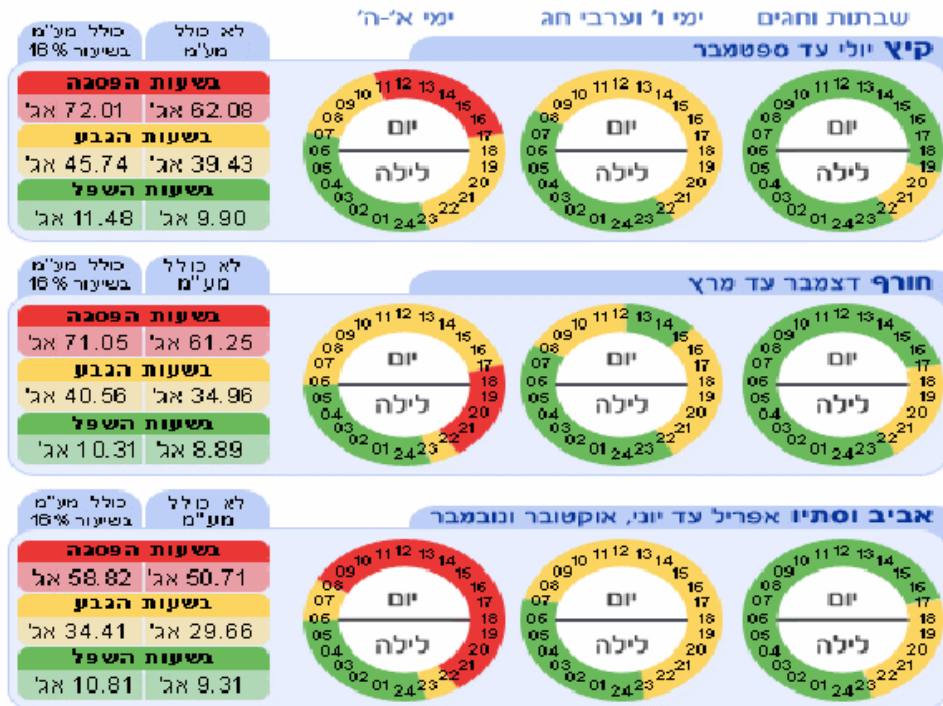
³¹ הנחה זו עקבית עם אומדן שיעור היתרה (כהגדרתה כאן) בפדיון, במלון איכותי של 500 חדרים לחוף ים המלח, בתפוסה של כ-70% ובמחיר 135 דינר ירדני ללילה. אומדן זה מתקרב ל-10% של הפדיון. אומדן שיעור היתרה במסגרת דומה בתנאי ישראל הוא חצי אחוז בלבד.

11. נספח B: תעריפי תעו"ז

מחירי התעו"ז במתח עליון בתוקף מ-15.02.2010 ועד עדכון מקבצי השעות במונה

תשלום חודשי קבוע – 292.42 ש"ח (לא כולל מע"מ)
 339.21 ש"ח (כולל מע"מ בשיעור 16%)

הגדרת שעות הצריכה ומחירי הקוט"ש



מיצוע התעריפים חושב כדלקמן:

ממוצע העונות – ימי א-ה			
קוט"ש	מוט"ש	מוט"ש בדולרים	
0.5801 ש"ח	580.1 ש"ח	\$ 153.88	שיא
0.3468 ש"ח	346.8 ש"ח	\$ 92.00	גבע
0.0937 ש"ח	93.7 ש"ח	\$ 24.85	שפל

the Dead Sea entails significant negative-value outcomes. The calculations presented here do not include the indirect negative environmental outcomes entailed in the large-scale desalination that would be required at the Mediterranean seashore. The ideas that have been put forward for substantive rehabilitation of the Jordan River using the waters saved by neighboring countries do not appear feasible to the authors of this document. The possibility of importing water from northern Mediterranean countries may reduce environmental degradation but entails technological, political, and economic uncertainties that make implementation doubtful.

- e) In light of the substantive current and future uncertainties, which remain even following the comprehensive and thorough assessment of the World Bank, this document unequivocally recommends that if it is decided to pursue this project, it should be implemented in a modular manner. Modular implementation is thus not another alternative but rather a fundamental component of planning and an integral part of any plan to further pursue this project. Planning for modular implementation, in terms of stages, quantities of flow, desalination, and rate of implementation, must first and foremost accommodate uncertainties and possible negative scenarios. It is recommended that a portion of the plans be dedicated to comprehensive consideration of the modular nature of implementation, including monitoring the consequences of each stage and taking into account the minimal amount of time needed to ascertain and study the consequences of each stage before deciding whether to advance to the next stage. Finally, it is recommended that the planning of the project includes an organizational structure to oversee modular implementation, detect problems, assess their severity, and take decisions (which might be quite difficult) regarding progress to the next stage or, should it be necessary, suspension of the project in the event serious damage is indicated.

the Dead Sea in general and with respect to the RSDSC version in particular. In the direct context of this salient aspect as it relates to Israel, it should be recalled that the RSDSC version in its various alternatives is a “package” that includes, in addition to the objective of stabilizing the water level of the Dead Sea, the provision of freshwater to the region of Amman, Jordan’s capital. From the Jordanian perspective this additional objective is critical. If this version of the project is not implemented, Israel could consider – for political reasons – allocating waters from the Sea of Galilee to the Kingdom of Jordan for a reasonable (or symbolic) price, to be supplemented by desalination at the Mediterranean Sea shore, as at least a partial solution to Amman’s water deficiency problems (a possibility examined below in the context of alternative M).

- b) The methodology employed here is a “cost effectiveness” assessment. At the same time it should be noted that while stabilization of the Dead Sea water level undoubtedly has benefits that are difficult to quantify, we should be attuned to the likelihood of negative-value outcomes on the chemical industries operating at the Dead Sea. Israeli industries would share the risk of negative-value outcomes with Jordanian industries, yet Israel would carry the lion’s share of this risk, in accordance with its larger relative share of the industries on both sides of the Dead Sea.
- c) Given that Israel is likely to suffer harm as a result of the construction of the conduit, it should be a full partner in preparation of the project, including the designation of routes and procedures for modular implementation and oversight (such as those proposed in this study) in order to minimize the risks. Moreover, this project will require an international treaty that would commit all the governments and bodies engaged in constructing the conduit to agree to take all necessary measures to minimize risks and control damage. These measures could include the cessation of an ongoing process and/or not advancing to the next stage in the event of indication of substantive negative effects on the Dead Sea and direct and/or indirect damage to Israel.
- d) From Israel’s perspective, supplementing the rehabilitation of the drainage basin of the southern Jordan River for the purpose of stabilizing the level of

period of 30 years, the cost would be roughly on the order of magnitude of that noted above: approximately \$750 million.

9. In addition to the lower costs that would be incurred, the Mediterranean Sea alternatives have advantages in terms of the water pumping-facility sites and the sites for their introduction to the Dead Sea. The possibility of combining the pumping of water to the conduit with the pumping of cooling water at one of the major power stations could reduce expenses and the loss of shoreline. Conveyance of seawater/reject-brine to the northern Dead Sea could have an advantage in terms of damage to the chemical industry that is concentrated at the southern portion of the lake. It is reasonable to assume that the phenomena likely to result following the addition of seawater to the Dead Sea would be moderated in the southern Dead Sea, where the original Dead Sea water is pumped for industrial purposes. The Mediterranean Sea alternatives also have the advantage of possible inclusion of rehabilitation of the lower Jordan River.
10. The costs specified in this document are approximate estimates for a project on a scale roughly half that of the conveyance examined by the World Bank, adopting the low electricity costs used by the World Bank, which are characteristic of the costs in the Kingdom of Jordan. These facts are significant for consideration of the overall costs of the project but not for the purposes of comparison among the alternatives and their relative costs for achieving the project's objectives.

Without taking into account considerations of profitability, cost, or funding sources, and considering the probability of a Jordanian undertaking that would have the support of other governments and international institutions to promote the Red Sea alternatives, it is appropriate to address the relevant implications of the project and develop an approach for Israel. The following observations are relevant in this regard:

- a) The concrete version of this project now being assessed by the World Bank is sometimes termed the "Peace Conduit." This name indicates that cooperation among Israel, Jordan, and the Palestinian Authority is the salient aspect guiding Israel with respect to the initiative for the stabilization of the water level of

alternative is more expensive than the M2 alternative by approximately \$2,319 million. The higher cost can apparently be attributed to realization of the objective of rehabilitating the lower Jordan River and stabilizing the Dead Sea water level by means of freshwater. The additional cost of the alternative of conveyance of freshwater (M3) can also be attributed to the removal of a great deal of the uncertainty inherent in the project entailing the conveyance of seawater/reject-brine to the Dead Sea.

7. In order to complete the picture, we also examined a triple-purpose alternative that includes partial rehabilitation of the lower Jordan River through the conveyance of 100 MCM/year of freshwater. The basis for calculations was alternative M2 with the addition of desalination of 100 MCM/year diverted to the Sea of Galilee to flow into the Jordan River channel. That is, in this secondary alternative, entitled M2a, the amount of seawater/reject-brine conveyed in a tunnel/pipeline parallel to the Jordan River is reduced from 800 to 700 MCM/year, and instead 100 MCM/year of freshwater would be conveyed through the Jordan River channel to the Dead Sea. The estimated direct cost of this alternative, in present value as of the beginning of the first year of the project's implementation, discounted by 7% for a period of 30 years, is \$5,251 million (Table 1). By crediting the value derived from provision of 200 MCM/year of freshwater to Amman and debiting the indirect cost of the project, we find that the overall cost of partial rehabilitation of the lower Jordan River and approximate stabilization of the Dead Sea water level is \$4,721 million. The additional cost of this alternative compared to M2 totals \$759 million – an addition that is relevant to the benefits of partial rehabilitation of the lower Jordan River.
8. A single-purpose process is also conceivable, with the sole objective of partial rehabilitation of the lower Jordan River. Such a process, if limited to the quantity discussed above, would not require a conduit and could be based on reducing the transmission of freshwater from the Sea of Galilee westwards via Israel's National Water Carrier. In this case the annual alternative cost would equal the cost of desalination of approximately 100 MCM at the Mediterranean shoreline. Assuming that the cost of desalination is approximately 65 cents/cubic meter, and at a discounted rate of 7% for a

Sea alternative is less expensive by approximately \$0.4 per cubic meter and amounts to a savings of approximately \$80 million per year.

4. With respect to the dual-purpose alternatives that include provision of 200 MCM/year to Amman and conveyance of 800 MCM/year of sea water/ reject-brine to the Dead Sea (Category II in Table 1), the findings may be summarized in two key values: the direct costs of implementing and operating the project with respect to its two components, and the inclusive costs of the component of stabilizing the water level of the Dead Sea (Table 2, columns 1 and 3, respectively). The inclusive costs are supplemented by a rough estimate of the indirect costs resulting from the effects of the change of the lake's level on the chemical industries and hotels, and they are reduced by the estimated value of the profit derived from desalination and the conveyance of freshwater to Amman. The direct and indirect costs of the approximate accomplishment of the objective of stabilizing the water level of the lake are of the order of magnitude of \$5,612 and \$3,962 million for the optimal alternative from the Red Sea and from the Mediterranean Sea, respectively (Table 2, column 3).
5. The difference in costs between the optimal alternatives from the Red Sea and from the Mediterranean Sea in present value adjusted to the beginning of the first year of the project's implementation discounted by 7% for a period of 30 years is \$1,650 million (Tables A and B).
6. Regarding the triple-purpose alternative that combines rehabilitation of the lower Jordan River with provision of freshwater to Amman and approximate stabilization of the water level of the Dead Sea (Category III in Table A). The findings focus on the direct costs of implementing and operating the project with respect to its three components as compared to those of the parallel alternative having only two components (alternatives M3 and M2 in Table 1, respectively). The estimated direct cost of alternative M3 in present value as of the beginning of the first year of the project's implementation is \$7,386 million (Table A). By crediting the value resulting from provision of 200 MCM/year of freshwater to Amman and debiting the indirect cost depreciated in the case of conveyance of freshwater to the Dead Sea, we derive the overall cost of achieving the objectives of rehabilitating the lower Jordan River and providing freshwater (not saltwater) to the Dead Sea: \$6,281 million. This

The Alternatives		[1]	[2]	[3]
		NPV of the direct cost of the project for its two principal objectives	NPV of the direct cost of stabilizing the water level of the Dead Sea	NPV of the direct and indirect costs of stabilizing the water level of the Dead Sea
		At 7% discount rate for 30-year period		
		Millions of dollars as of the beginning of the first year of the project's implementation		
R1	From Red Sea – “upper pipeline”	6,142	4,612	5,612
R2	From Red Sea – “lower pipeline”	6,684	5,154	6,154
R3	From Red Sea – “upper tunnel”	6,547	5,017	6,017
R4	From Red Sea – “lower tunnel”	8,103	6,573	7,573
M1	From Mediterranean Sea via Qumran	5,128	3,598	4,598
M2	From Mediterranean Sea via Beit She’an	4,492	2,962	3,962

Table B: Present value of the costs of dual-purpose alternatives at the beginning of the project's implementation. (1) The direct costs of the project for its two components; (2) The direct costs of approximate stabilization of the Dead Sea level only (deducting the costs of providing freshwater to Amman); (3) The direct and indirect costs of stabilizing the Dead Sea water level (deducting the combined negative values for industry and tourism). The manner of calculation is presented in detail in the full document in Chapter 8.3 and Table 8.7.

- With respect to the single-purpose alternatives whose objective is solely to provide freshwater to Amman (Category I in Table A), we see that alternative R (Aqaba-Amman) is more expensive than alternative M (Sea of Galilee-Amman and desalination at the Mediterranean seashore) by \$945-1,030 million. It follows that the cost of water in Amman would reach approximately \$1.5-1.6 and \$1.1-1.2 per cubic meter, respectively. That is, the Mediterranean

Principal Findings:

1. Each alternative was evaluated on the basis of continuous transmission and intermittent transmission in combination with the storage of water for the purpose of electricity generation during hours of peak demand, using Israel's electricity tariffs according to demand and time of use. In this context the additional investment required for water storage and electricity generation during peak hours was assessed and measured against the present value received from sale of electricity during peak hours, paid during the seventh year of the project and calculated for the beginning of the first year of the project's implementation, at a discounted rate of 7%. According to this assessment the rates of return vary between pairs of alternatives by 33% to 68%. In other words, the additional investment, under the above conditions, is not profitable.³ The analysis that follows will, therefore, explore only alternatives for continuous transmission.
2. The estimated indirect cost (increase in cost of the product) inherent in the scenarios that would affect the chemical industries at the Dead Sea can not be accurately determined. This cost depends, among other factors, on the amount of water flow. The assumption for the purposes of our study is that the indirect costs would be negligible for a small flow of water. However, it could reach approximately \$1,150 million (in present value adjusted to the first year of the project's implementation) in the event that the conveyance of seawater and its byproducts is of a volume that leads to the formation of a full and permanent stratification of the body of water in the Dead Sea. The Israeli side would bear approximately 65% of this cost, given the relative size of the Israeli industry compared to the Jordanian. With respect to tourism (hotels), however, we estimate an addition of \$150 million (net). It follows, therefore, that the order of magnitude of indirect costs of the water conveyance project on a scale capable of stabilizing the Dead Sea water level is approximately \$1 billion adjusted to present value for the first year of the project's implementation.

³ This conclusion is not necessarily applicable to all situations; various planning alternatives are possible – in terms of volume of conveyance and the routes and level of storage – that could alter the economic calculations regarding the profitability of including water storage for electricity supply during peak hours.

The Alternatives		NPV at a 7% rate discounted, for a period of 30 years
		Current value in millions of dollars as of the beginning of the first year of the project
I. Single-purpose alternatives: 200 MCM/year freshwater to Amman (no connection to the Dead Sea)		
R	water for Amman; Aqaba – Amman	3,677
M	water for Amman; Sea of Galilee – Amman	2,732
II. Dual-purpose alternatives: 800 MCM/year seawater/desalination reject-brine to the Dead Sea; 200 MCM/year freshwater to Amman		
R1	“Upper pipeline” from Red Sea – continuous	6,142
R2	“Lower pipeline” from Red Sea – continuous	6,684
R3	“Upper tunnel” from Red Sea – continuous	6,547
R4	“Lower tunnel” from Red Sea – continuous	8,103
M1	From the Mediterranean Sea via Qumran – continuous flow	5,128
M2	From the Mediterranean Sea via Beit She’an – continuous	4,492
III. Triple-purpose alternative: Provision of 200 MCM/year freshwater to Amman; Conveyance of 800 MCM/year freshwater to the Dead Sea via the Jordan River channel.		
M3	Freshwater from the Mediterranean Sea via Beit She’an – continuous	7,386
III. Triple-purpose secondary alternative: Provision of 200 MCM/year freshwater to Amman; 100 MCM/year freshwater to the Jordan River channel; and 700 MCM/year seawater/desalination concentrate to the Dead Sea		
M2a	From the Mediterranean Sea via Beit She’an – continuous	5,251

Table A: Net present value as of the beginning of the first year of project implementation for the various alternatives. Among the dual-purpose alternative, R1 is the least expensive of the Red Sea alternatives and M2 is the least expensive of the Mediterranean Sea alternatives (emphasized); the difference between them amounts to \$1,650 million.

cost is calculated, it is not included in the comparative economic analysis. The calculations are based on the following:

- Categorization of the alternatives in accordance with the objectives sought;
- Definition and summary analysis of the geological aspects and engineering requirements of each of the alternatives;
- Summary analysis and quantification of the investments required for each of the alternatives.

Table A presents an assessment of the costs of implementing and operating each of the alternatives in terms of cash flow in dollar value,¹ adjusted to the beginning of the first year of implementation at a discounted rate of 7% and for a duration of 30 years (in accordance with accepted practice for viability studies of infrastructures such as roads²).

The table is divided into three sections in accordance with the objectives and purpose of the project:

- The first section (I) refers to **single-purpose** alternatives whose objective is solely the provision of 200 MCM/year of freshwater to Amman;
- The second section (II) refers to **dual-purpose** alternatives whose objectives are the provision of 200 MCM/year of freshwater to Amman and an additional 800 MCM/year of seawater to the Dead Sea;
- The third section (III) refers to a **triple-purpose** alternative whose objective is the provision of 200 MCM of freshwater to Amman and the conveyance of 800 MCM/year of freshwater to the Dead Sea via the Jordan River channel (all the water conveyed is desalinated at the seashore). This section includes a secondary alternative entailing the provision of 200 MCM/year to Amman, the conveyance of 700 MCM/year of seawater to the Dead Sea, and an additional conveyance of 100 MCM/year of freshwater for the partial rehabilitation of the river flow in the lower Jordan River.

¹ All financial calculations are presented in US dollar value.

² This is the practice of the Ministry of Finance for economic analysis of infrastructure-related projects.

the benefits relating to the secondary objectives of the project and use these to calculate the costs relevant to the objective of stabilizing the water level of the Dead Sea and the complementary objective of rehabilitating the lower Jordan River. This is done by deducting the values of the benefits of the secondary objectives from the costs of the multi-purpose alternatives being assessed. The indirect costs of the alternatives do not fundamentally differ among themselves with respect to the conveyance of seawater/reject-brine after desalination, and their inclusion therefore does not affect the conclusions, which focus on the cost variance among the alternatives. In contrast, the indirect costs of conveying freshwater to the Dead Sea through the Jordan River channel to the Dead Sea are lower, and their inclusion therefore reduces the differences in cost. In any event, addition of the indirect costs to the direct costs yields an indication of the scope of the overall costs of realizing the objective – stabilization of the water level of the Dead Sea and full or partial rehabilitation of the lower Jordan River (presented in Chapter 8.3 of the full document).

This document examines the distinct alternatives for conveyance of 1,000 MCM/year and does not cover combinations of alternative conveyances and routes. During the course of this study various ideas were floated for combinations that would include conveyance of freshwater from different sources and in differing amounts to the lower Jordan River. Evaluation of such options would require, first and foremost, identifying the objectives and combinations needed to achieve them. Only after that would it be possible to evaluate them along the lines of the evaluations presented in this report. One example of such an integrated option is presented in this document as secondary alternative M2a, which is identical to the Mediterranean Sea alternative M2, which entails the desalination of 200 MCM/year in the Beit She'an region to be conveyed to Amman, with the addition of 100 MCM/year desalinated water for conveyance to and partial rehabilitation of the lower Jordan River.

The economic analysis in this document focuses on the possible alternatives for realization of the principal objectives: providing freshwater to Jordan (Amman district) and conveying water to the Dead Sea after pumping it from the Red Sea or the Mediterranean Sea. The simultaneous provision of freshwater to Israel and to the Palestinian Authority would generally be more expensive than alternatives entailing desalination at the Mediterranean seashore, and therefore, although its

of these assumes continuous conveyance and generation of electricity, and the second includes conveyance and pump-storage for 16 hours with electricity generation during eight peak hours.

This document examines six alternative routes for conveyance of 1,000 MCM/year, of which 200 MCM/year of freshwater would be supplied to the Amman region and an additional 200 MCM/year divided equally between Israel and the Palestinians. Four of the six alternatives are from the Red Sea (R1-R4) and two are from the Mediterranean Sea (M1-M2). Additionally, an alternative is examined that would roughly simulate reviving the water flow to the lower Jordan River (M3), as well as an alternative that would provide 200 MCM/year of freshwater to Amman from Aqaba (R) with no connection to a seawater conveyance to the Dead Sea. In order to establish a basis for comparison, an alternative was also evaluated for supply of 200 MCM/year to Amman from the Sea of Galilee (M) at the expense of Israel's National Water Carrier and the replacement of this water with desalinated water that would be produced at the Mediterranean seashore.

For each of the routes, the document examines conveyance of seawater by pipes, in conjunction with tunnels and canals according to need and circumstance. For the Red Sea alternatives, the alignments roughly follow the routes presented in the World Bank published study and adjusted in accordance with the physical conditions of the Arava valley and its eastern peripheries. Among the Mediterranean Sea alternatives, M1 follows a route from Ashkelon to the proximity of Qumran, while M2 follows a route from Caesarea to the Dead Sea by way of the Beit She'an valley. The alternative M3 follows an identical route to M2 but differs from it by the concept of desalination and conveyance to the Dead Sea.

The methodology and economic assessments adopted in this work are "cost effectiveness" analyses whose principal purpose is to identify the cost variance among the different alternatives. The analysis refrains from comprehensive cost-benefit analyses because their application depends in part on the method of quantification employed, which in turn is subject to controversy regarding the benefit derived from a public resource such as stabilization of the Dead Sea water level or rehabilitation of the lower Jordan River. Nevertheless, it should be noted that the resulting benefits in themselves are not subject to controversy, and indeed stabilization of the Dead Sea water level is the goal and principal purpose of the project. To the extent possible, the analysis does indeed quantify some of

Executive Summary

This document examines a representative sample of alternatives for the construction of a water conveyance from either the Red Sea or the Mediterranean Sea to the Dead Sea. The study focuses on conceptually defining the alternatives and on refining the economic formula for comparative analyses. It calculates the costs of each alternative and presents the additional cost entailed in choosing any of the alternatives over the least expensive alternative as well as the advantages and disadvantages of each alternative.

The work was undertaken alongside the background of the current Study Program managed by the World Bank (WB) (www.worldbank.org/rds). This Program reflects a consensus among the Beneficiary Parties (Israel, Jordan and the Palestinian Authority) requesting the WB to investigate the feasibility to reverse the degradation of the Dead Sea by transferring water from the Red Sea (the RSDSC Project).

The concept of a water conveyance inherently carries with it uncertainties, which the World Bank reports explore in detail and are also surveyed in this document. Such conditions of uncertainty make apparent that the only option is to implement the project on a modular basis, allowing credible quantitative analysis of all the consequences that would follow actualization of the project in its entirety. This document presents a conceptual evaluation of a conveyance with approximately half the flow capacity of the full flow capacity – that is, approximately 1,000 MCM/year – and the possibility of incorporating desalination systems by means of which the amount of water conveyed to the Dead Sea could be reduced to 200-600 MCM/year. It should be emphasized that the alternatives examined here are presented at the basic conceptual level only and should not be seen as a recommendation or an alternative to the modular planning that should be promoted in accordance with the recommendations of this document.

The analysis of the characteristics of each alternative presented here is intended to provide a foundation for comparative economic analysis and is based on the unique features of each individual route and on an identical set of engineering components and operation whose costs are estimated using standardized assumed values for similar components in Israel. For each of the alternative routes that appear in this document, two basic conveyance options are examined: the first

to Amman and an additional 800 MCM/year of seawater to the Dead Sea. The third section (III) refers to a **triple-purpose** alternative whose objectives are the provision of 200 MCM/year of freshwater to Amman and the conveyance of 800 MCM/year of freshwater to the Dead Sea by way of the Jordan River channel. This section includes a secondary alternative which includes in addition to providing 200 MCM/year of freshwater to Amman, conveyance of 700 MCM/year of saltwater to the Dead Sea, and the additional conveyance of 100 MCM/year of freshwater for the partial rehabilitation of the water flow in the lower Jordan River.

Cross-referencing the costs of the alternatives with the purposes they are intended to achieve yields the following findings:

- The optimal alternative for solely providing freshwater to Amman is from the Sea of Galilee, supplemented with expansion of the desalination facilities in Israel (alternative M – direct cost: \$2.7 billion). Choosing this alternative would mean that Israel bears the additional environmental damage resulting from desalination while Jordan, for its part, is dependent on water supplied by Israel. Alternatively, the provision of water from Aqaba (alternative R – direct cost: \$3.7 billion) would cost an additional \$1 billion but would alleviate the two problems mentioned above.
- The least expensive alternative for approximately stabilizing the water level of the Dead Sea and providing water to Amman is to bring water from the Mediterranean Sea by way of Beit She’an (alternative M2 – direct cost: \$4.5 billion). This would entail an additional cost of \$1.5 billion that is also intended to bring the Dead Sea water level to a state of approximate stability. Achieving these objectives, without depending on Israel, by means of a conduit from the Red Sea (alternative R1 – direct cost: \$6.1 billion) would cost an additional \$1.6 billion.
- The optimal alternative for approximately stabilizing the Dead Sea water level, providing water to the Kingdom of Jordan, and bringing water to the lower Jordan River is by conveying water from the Mediterranean Sea by way of Bet She’an (alternative M2a – direct cost: \$5.2 billion). This would entail an additional cost of approximately \$0.8 billion, with 100 MCM/year of desalinated water being conveyed to the lower Jordan River channel.

The Alternatives		NPV at a 7% rate discounted, for a period of 30 years
		Current value in millions of dollars as of the beginning of the first year of the project
I. Single-purpose alternatives: Provision of 200 MCM/year freshwater to Amman (no connection to the Dead Sea)		
R	water for Amman; Aqaba – Amman	3,677
M	water for Amman; Sea of Galilee – Amman	2,732
II. Dual-purpose alternatives: Provision of 200 MCM/year freshwater to Amman and conveyance of 800 MCM/year seawater/desalination reject-brine to the Dead Sea		
R1 - optimal alternative from the Red Sea	From the Red Sea in “upper pipeline”	6,142
M2 - optimal alternative from the Mediterranean Sea	From the Mediterranean Sea via Beit She’an	4,492
III. Triple-purpose alternative: Provision of 200 MCM/year freshwater to Amman and Conveyance of 800 MCM/year freshwater (to the Dead Sea via the Jordan River channel) all desalination at the Mediterranean Sea-shore)		
M3	From the Mediterranean Sea via Bet She’an	7,386
III. Triple-purpose secondary alternative: Provision of 200 MCM/year freshwater to Amman; 100 MCM/year freshwater to the Dead Sea via the Jordan River channel; and 700 MCM/year seawater/desalination concentrate to the Dead Sea		
M2a	From the Mediterranean Sea via Bet She’an	5,251

beginning of the first year of the project’s implementation at a discounted rate of 7% and for a period of 30 years. The table is divided **in accordance with the declared objectives that form the purpose of the project**. The first section of the table (I) refers to **single-purpose** alternatives whose objective is to provide 200 million cubic meters (MCM) per year of freshwater to Amman, with no connection to the Dead Sea. The second section (II) refers to **dual-purpose** alternatives whose objectives are the provision of 200 MCM/year of freshwater

deterioration. Moreover, planning should address the nature of the modular implementation, monitoring of the consequences, and the minimal amount of time needed to ascertain and study the consequences before deciding whether to advance from one stage to the next. The planning also requires an organizational structure to manage the modular implementation, detect problems, identify their severity, and decide whether to move forward or, if necessary, suspend the project if it is found to be extremely destructive.

The methodology and economic evaluations in the current work, whose principal purpose is to generate a basis for comparison, are “cost effectiveness” analyses of six alternatives for the conveyance of seawater and its byproducts: one alternative that conveys freshwater and two alternatives that provide freshwater to the Amman region with no connection to the Dead Sea. The alternatives evaluated are presented solely at the basic conceptual level, and should not be seen as a recommendation or alternative to the modular planning, which should indeed be promoted in accordance with the recommendations of this project. The economic analysis refrains from overall “cost-benefit” analyses because of the difficulty inherent in quantifying the benefit that would be derived from public resources such as stabilizing the water level of the Dead Sea.

Nonetheless, the analysis does quantify the benefits (positive and negative utility) derived from the project in supplying freshwater to Amman as well as for Dead Sea tourism and industry, and it uses these figures to calculate the relevant costs, independent of the objective of stabilizing the Dead Sea water level or the complementary objective of rehabilitating the Jordan River south of the Sea of Galilee. The indirect costs of the various alternatives are not fundamentally different in the case of conveyance of seawater and its byproducts. Therefore inclusion of these costs does not affect the conclusions, which focus on the cost variance among the alternatives. In contrast, in the case of conveyance of freshwater, indirect costs are lower and their inclusion reduces the cost variance. In any event, addition of indirect costs to direct costs provides an indication of the scope of the inclusive costs of realizing the objective of stabilizing the water level of the Dead Sea and of complete or partial rehabilitation of the lower Jordan River (presented in the Executive Summary and in Article 8.3 of the full document).

The estimated costs of construction and operation of the alternatives are presented in the table below as cash flow in dollar values and adjusted to the

Synopsis

This study examines a representative sample of alternatives for the construction of a water conduit that would convey water from either the Red Sea or the Mediterranean Sea to the Dead Sea. The study focuses on conceptually defining the alternatives and on refining the economic formula for comparative analyses. It computes the costs of each alternative and presents the additional cost entailed in choosing any single alternative compared with the least expensive one, noting the advantages and disadvantages of each alternative.

The work was undertaken alongside the background of the current Study Program managed by the World Bank (WB) (www.worldbank.org/rds). This Program reflects a consensus among the Beneficiary Parties (Israel, Jordan and the Palestinian Authority) requesting the WB to investigate the feasibility to reverse the degradation of the Dead Sea by transferring water from the Red Sea (the RSDSC Project).

In the past, freshwater flowed into the Dead Sea, primarily from the Jordan River and balanced the water volume that had evaporated from the lake. Following the construction of regional and local freshwater supply systems upstream flow almost entirely ceased, and together with creation of manmade industrial evaporation basins, a negative water balance within the lake has been created, which takes the form of a continuously declining sea level and shrinking surface area of the sea.

The concept of a water conduit is intended to alter the lake's negative water balance by pumping and conveying seawater and its byproducts (reject-brine after desalination) into the Dead Sea, in conjunction with desalination and the generation of hydroelectric energy. Such a conveyance would change the natural condition and entail environmental and economic risks that cannot be fully predicted, giving rise to uncertainty regarding the possible consequences of the proposed project.

In light of the complexity of the project and the many uncertainties involved, this document recommends that if it is decided to pursue the project, implementation should take place on a modular basis. Plans for modular implementation – in the form of separate stages, flow quantities, extent of desalination, and rate of implementation – must accommodate uncertainty and scenarios of potential

The Research Team

Project leader and author of the Integrated Report: Dr. Amos Bein

Economic aspects: Ran Haklai; Prof. Ezra Sadan

Hydraulic engineering aspects: Prof. Amizur Barak; Gabi Shaham

Infrastructure and Environment aspects: Dr. Amir Eidelman; Eli Raz

Steering Committee

Chair: Prof. Emanuel Sharon

Jerusalem Institute for Israel Studies

Prof. Yaacov Bar-Siman-Tov

Valerie Brachya

Meir Kraus

Dead Sea Works Ltd.

Noam Goldstein

Dr. Joseph Lati

Tovi Shor

Dead Sea and Arava Science Center

Yael Maor

Dan Shahaf

Representatives of Environmental Organizations

Raanan Boral, Dead Sea Coalition Coordinator, Environmental Organizations

Adv. Gidon Bromberg, Friends of the Earth Middle East, Israeli Director

Nir Papay, Society for the Protection of Nature in Israel

Academic Representatives

Prof. Eilon Adar, Ben Gurion University

Prof. Ilan Salomon, The Hebrew University of Jerusalem

Prof. Uriel Safriel, The Hebrew University of Jerusalem

Project Management and Coordination

Valerie Brachya

Galit Hazan

This report has been prepared in the context of work that was undertaken by the Jerusalem Institute for Israel Studies and overseen by a broad-based steering committee. The work was undertaken alongside the background of the current Study Program managed by the World Bank (www.worldbank.org/rds), which reflects a consensus among the Beneficiary Parties to investigate the feasibility to reverse the degradation of the Dead Sea by transferring water from the Red Sea (the RSDSC Project).

The current study seeks to highlight the costs and implications of various alternatives – using water from the Red Sea and from the Mediterranean Sea to achieve the objectives of the project. The study presents the additional costs entailed in choosing any other alternative than the least expensive alternative and its advantages and disadvantages, alongside the uncertainty and risks entailed.

This project does not claim to identify the most appropriate solution. Rather, its findings are intended to provide a factual dimension, perspective, and critique for use when applicable at the national and international decision-making levels on all matters related to addressing the water deficit of the Dead Sea and its implications. Unlike the World Bank project, the context for this work is solely Israeli – although naturally undertaken with awareness of international needs and constraints – and thus is not subject to the obligations inherent in collaborative work.

The JIIS Series no. 417

**Altering the Water Balance as a Means to Addressing the Problems
of the Dead Sea**

***An Independent Assessment of Alternatives for a “Water Conduit”
and the Achievement of Its Objectives***

This research was made possible with the assistance of the Charles H. Revson Foundation (New York), the Dead Sea Works Ltd., and the Dead Sea-Arava Science Center.

The opinions expressed in this publication are those of the authors.

Printing production: Hamutal Appel

Design and Typesetting: Esti Boehm

Translation to English: Merav Datan

© 2011, The Jerusalem Institute for Israel Studies

The Hay Elyachar House

20 Radak St. 92186 Jerusalem

<http://www.jiis.org.il>

E-mail: machon@jiis.org.il

The Jerusalem Institute for Israel Studies

Established by the Charles H. Revson Foundation

**Altering the Water Balance
as a Means to Addressing the Problems
of the Dead Sea**

*An Independent Assessment of Alternatives for
a “Water Conduit” and the Achievement of Its Objectives*