

בית ספר טיומקין
לכלכלה



משק המים בישראל - בחינת כדאיות התפלת מי ים

מנחה: פרופ' יונה רובינשטיין

נייר מדיניות כלכלי

תאריך: 17.7.17

מגישות: שיר כהן ועמית אגמי

תוכן עניינים

	תקציר מנהלים
1	
3	1. מבוא
3	2. רקע
3	2.1. מקורות המים בישראל
5	2.2. עלות שאיבת מים שפירים ממקורות טבעיים
5	2.3. ניהול משק המים
6	2.4. מחסור המים בישראל
7	2.5. השפעות ניצול היתר של מקורות המים הטבעיים
7	2.6. מאפייני הביקוש למים - גידול האוכלוסייה בישראל
9	2.7. גמישות הביקוש למים ביחס למחיר
9	2.8. תכנית החירום כדרך התמודדות עם הגרעון החמור במשק המים
11	2.9. התפלה
11	2.10. תהליך ההתפלה בישראל
12	2.11. סוגי התקשרויות בפרויקטים להתפלה
13	2.12. עלויות התפלת מי ים
16	2.13. שיפורים טכנולוגיים בתהליך ההתפלה
17	2.14. עלויות עודפות
19	2.15. השפעות שליליות
20	3. ניתוח
20	3.1. גידול האוכלוסייה והביקוש למים
21	3.2. היצע וביקוש למים שפירים
22	3.3. עלויות ממוצעות
23	3.4. מונופול טבעי
23	3.5. בחינת העלויות במשק המים
24	3.6. מדרגות המתארות את משק המים והביקושים
25	3.7. עלויות עודפות
26	3.8. בדיקות רגישות - תועלות עודפות מינימליות
27	3.9. בדיקות רגישות - תועלות עודפות מקסימליות
27	4. ממצאים ומסקנות
29	5. המלצות
31	6. ביבליוגרפיה

תקציר מנהלים

בישראל שלושה מקורות מים מרכזיים המחוברים ביניהם באמצעות המוביל הארצי. ימת הכנרת, אקוויפר החוף ואקוויפר ההר. כמות המים הנמצאת במאגרים אלו אינה ניתנת לניצול במלואה, ספים נקבעו, מהם אסור לחרוג, וזאת על מנת שלא לגרום למאגרים נזק. עלויות הפקת המים ממקורות אלו משתנות בין מקור מים אחד למשנהו, ועומדות בממוצע על כ-120 אגורות למ"ק.

משק המים של ישראל עבר שינויים רבים לאורך השנים ולאופן ניהולו תפקיד חשוב ביכולת המדינה להבטיח אספקה אמינה ורציפה של מים לתושביה בכל חלקי הארץ.

בעשור האחרון, ניהול משק המים הפך מורכב יותר מבעבר, נוכח היצע מים דל הנובע מתנאי אקלים חצי מדבריים ועונת גשמים קצרה, לצד גידול דמוגרפי קבוע בקצב של כ-2% בשנה, אשר גורר עלייה בביקושים למים. מצב זה, יצר מחסור חמור במשק המים אשר הביא לצורך ממשי למציאת פתרון.

בשוק משוכלל, כאשר יש מחסור במוצר צריכה כלשהו, מחירו עולה וכך הביקוש אליו יורד עד לנקודת שיווי משקל. אולם, גמישות הביקוש למים ביחס למחיר נמוכה מאוד, ומשמעות הדבר היא שלעלייה במחירי המים לצרכן כמעט ואין השפעה על הכמויות המבוקשות.

לאורך השנים מדינת ישראל נקטה במספר צעדים על מנת לנסות ולהתמודד עם האתגר, בתחילה פעולות לצמצום צריכת המים השפירים, בעיקר ע"י חינוך הציבור להפחתה בצריכת המים. אולם, הצריכה הביתית כמעט ולא השתנתה לאורך זמן, ולכן ניתן להסיק שלחינוך הציבור לשימוש נכון במקורות המים והפחתה בצריכה, פוטנציאל מוגבל בלבד להוות כפתרון בעל השפעה משמעותית. בהמשך, הבינו מקבלי ההחלטות כי הפתרון לגרעון במשק המים חייב לבוא מהגדלת היצע המים של ישראל ובשנת 2002 התקבלה במדינת ישראל ההחלטה על הקמתם של מפעלי התפלה.

התפלת מי ים היא תהליך בו מפרידים בין מים למלחים המומסים בהם, המים המותפלים נמהלים במערכת הארצית ותורמים לעלייה באיכות המים המשמשים את המגזרים השונים: הביתי, התעשייתי והחקלאי. התפלת מי ים מאפשרת הפקת מים איכותיים במחיר סביר הודות לשיפורים הטכנולוגיים וייעול התהליך לאורך השנים. ההתפלה אומנם יקרה יותר משאיבה ממקורות טבעיים, אך עלות זו מתגמדת לעומת הנזק הכלכלי העלול להיווצר מייבוש שטחי חקלאות (צמצום המכסות למים לחקלאות) או זיהום מקורות מים טבעיים (כתוצאה משאיבת יתר). בישראל כיום פועלים 5 מפעלי התפלה, הפועלים בשיטת אוסמוזה הפוכה, ומספקים 582 מלמ"ק בשנה.

עלות הקמת מתקן ההתפלה ועלות תפעולו מורכבות מעלויות הון (קבועות) ועלויות תפעול (משתנות). העלות הממוצעת של התפלת מי ים היא 2.6 ש"ח למ"ק והיא משתנה בהתאם לגודלו ולמיקומו של המתקן. מלבד שווי השימושים הישירים במים המותפלים במגזרים השונים, לאיכות המים הגבוהה תועלות עודפות נוספות למשק, המסתכמות ב-1.8 ש"ח למ"ק.

נייר מדיניות זה בוחן את העלות האמיתית של מים מותפלים בישראל, ואת כדאיות פרויקט ההתפלה אשר יאפשר אספקה רציפה ואמינה של מים לכלל המשק.

במחקר ביצענו השוואה בין עלויות ההתפלה לבין ממוצע עלויות השאיבה ממקורות מים טבעיים, וזאת על מנת להמליץ למקבלי ההחלטות על דרך פעולה מיטבית להמשך.

הממצאים העיקריים הנובעים מפרק הניתוח הכלכלי מצביעים כי להתפלת מי ים עלות נמוכה מעלות ההפקה בשל יתרונותיה הרבים למשק.

ראשית, כאשר בוחנים את עלויות ההתפלה, נדמה כי העלויות גבוהות בצורה ניכרת מעלויות השאיבה מהמאגרים הטבעיים. יחד עם זאת, וכפי שהוכחנו בפרק הניתוח, בחינה מעמיקה של העלויות העודפות, העלתה כי העלות האמיתית של המים המותפלים נמוכה מהעלות המקורית אותה בחנו. לכן, הגדלת היקף המים המותפלים מאפשרת חיסכון כלכלי למשק בטווח הארוך. כמו כן, האוכלוסייה בישראל במגמת עליה מתמדת ואיתה הביקוש למים. הגדל לאורך השנים, הוא הגורם העיקרי לבעיית המחסור, אך הוא גם טומן בחובו את הפוטנציאל לפתרון המחסור. ביקוש לכמות מים מותפלים גדולה מאפשר לנצל באופן מרבי את היתרונות לגודל הטמונים בהקמת מתקן התפלה. לכן, אוכלוסייה ההולכת וגדלה מאפשרת לנו לפתור את בעיית המחסור במים, תוך ייצור מים בכמות המאפשרת עלויות נמוכות.

בנוסף, הגדלת היקף המים המותפלים תאפשר שילוב של מים באיכות גבוהה במערכת המים הארצית ואת שיקום מקורות המים הטבעיים אשר נמצאים בסף התחתון שלהם.

המלצתנו העיקרית היא להגדיל את היקף המים המותפלים במדינת ישראל תוך צמצום היקף השאיבה מהמאגרים הטבעיים על מנת לאפשר שיקום ושימוש בהם כאוגר תפעולי.

1. מבוא

מים הם מצרך קיומי בסיסי לאדם ולסביבה. המים משמשים את האדם בכל תחומי החיים: צריכה ביתית, חקלאות, תעשייה ותיירות.

בעשור האחרון, ניהול משק המים הפך מורכב עוד יותר משהיה נוכח התנאים האקלימיים המשתנים והמחסור ההולך ומחריף של מים טבעיים בישראל. אספקת מים רציפה ובמחיר שווה לכל נפש היא אחד מנושאי הליבה להם מחויבת המדינה כלפי אזרחיה, ולכן יש לבחון את עלות הפתרונות השונים והשלכותיהם על המדינה ואזרחיה.

לצד זה, שיעור גידול אוכלוסיית ישראל עודנו גבוה והביקוש למים גדל בהתאם. לכן כל פתרון במשק המים מחייב הסתכלות ארוכת טווח, המותאמת לביקושים הגדלים.

נייר המדיניות המובא בפניכם עוסק באופן התנהלות ובאתגרים של משק המים בישראל, וכיצד הם משפיעים הן על המדינה והן על הפרט. כמו כן, ינסה נייר המדיניות לענות על השאלה: "האם פרויקטי ההתפלה כדאיים למדינת ישראל, או שמא יש דווקא לצמצם את השימוש בהם?"

בשנת 2002 התקבלה במדינת ישראל ההחלטה על הקמתם של מפעלי התפלה אשר יאפשרו את הגדלת היצע המים ואת צמצום הגרעון החריף בו הייתה נתונה המדינה. לאורך השנים, קמו מפעלי התפלה ברחבי הארץ והיקף המים המותפלים הזורם בצינורות הלך וגדל בהדרגה.

על מנת לבחון את עלותם האמיתית של מים מותפלים בישראל, בוחן המחקר המוצג בנייר מדיניות זה את מגוון המרכיבים המשפיעים על העלויות, כגון שיפורים טכנולוגיים ועלויות עודפות.

כמו כן, במחקר מתבצעת השוואה בין העלויות האמורות לבין ממוצע עלויות השאיבה ממקורות מים טבעיים, וזאת על מנת להמליץ למקבלי ההחלטות דרך פעולה להמשך. דרך פעולה יעילה, בהסתכלות לטווח ארוך, תבטיח לכלל הצרכנים אספקת מים לפי אמות המידה המאושרות באיכות, כמות ואמינות נאותים, וביעילות כלכלית.

2. רקע

2.1. מקורות המים בישראל

בישראל, ישנם שלושה מקורות מים מרכזיים האוגרים כ- $\frac{2}{3}$ מכמות המים המתחדשים מידי שנה: ימת הכנרת, אקוויפר החוף ואקוויפר ההר. מקורות מים אלו מכונים "המערכת התלת אגנית" ואליהם מתנקזים מרבית מי הגשמים היורדים בחודשי החורף. שלושת מאגרי המים מחוברים בניהם במערכת מים ארצית הלא היא המוביל הארצי. המים משלושת המאגרים השונים נמהלים אחד בשני בעת זרימתם במוביל הארצי הלאה אל יעד. ניתן לומר כי המוביל הארצי הוא חוט השדרה של מערכת המים הארצית. (ויסברוד, יהודאי, 1991)

אגן הכנרת הינו מכלול כל מאגרי מי התהום אשר מתנקזים לאגם הכנרת, הממוקם בצפון מזרח מדינת ישראל. שטח האגן גובל ברכס החרמון מצפון, בימת הכינרת מדרום, באגן היקוות הירדן ממזרח ובקו פרשת המים הארצית בגליל במערב. מקורות המילוי החוזר של אגן הכנרת, המספק כ-25% מצריכת המים בישראל, הם משקעים ישירים. רוב המים המנוצלים באגן זה הם מים עיליים בשאיבה ישירה מהכנרת בעוד מי התהום באגן מנוצלים בהיקף קטן בלבד. שטח **ימת הכנרת** מהווה 1/16 משטח אגן ההיקוות ועומד על כ-160 קמ"ר. הכנרת משמשת הן כמקור אספקת מים למערכת הארצית והן כמאגר תפעולי. מפלס הכנרת תלוי בעיקרו בכניסות וביציאות של המים הטבעיים אליה וממנה. אולם, גם היקף השאיבות, שהיקפן נקבע על ידי מקבלי ההחלטות, עשוי להשפיע על המפלס. "ספיר" הינו אתר השאיבה המרכזי של ימת כנרת והוא מחובר למערכת המוביל הארצית.

אקוויפר החוף הינו מאגר מי תהום הממוקם לאורך מישור החוף של ישראל מתחת לפני הקרקע ומשתרע על פני שטח של כ-1800 קמ"ר, מהכרמל ועד חבל עזה. האקוויפר ממוקם תחת האזור המיושב והמתועש ביותר בארץ, ומורכב משכבות חול וכורכר רדודות שיושבות מעל שכבה בלתי חדירה. יתרונתיו של אקוויפר החוף הם גם חסרונותיו, שכן מצד אחד הוא זמין ונוח לניצול וקידוח, ומצד שני רגיש מאוד לזיהומים. המילוי החוזר הטבעי לאקוויפר זה מוערך בכ-250 מיליוני מטרים מעוקבים בשנה, והוא מנוצל במלואו באמצעות מאות קידוחים הפרוסים לכל אורכו ורוחבו. תרומת המים של אקוויפר החוף למשק המים הישראלי נאמדת בכ-300-240 מלמ"ק בשנה, בממוצע, ומכאן שהוא מדורג שלישי בהיבטי אספקת מים, אחרי אקוויפר ההר והכנרת. אקוויפר זה חשוב בעיקר בשל יכולתו לשמש כמאגר תפעולי לתקופה רב שנתית.

אקוויפר ההר (אגן ירקון- תנינים) הינו מאגר חשוב ביותר מבחינת תרומתו לכמות ולאיכות המים בישראל. האקוויפר משתרע בין רכסי הרי יהודה ושומרון במזרח לחוף הים התיכון במערב, ובין עמק יזרעאל והכרמל בצפון לסיני בדרום. מי אקוויפר ההר נחשבים למים טובים ופחות פגיעים לזיהומים. מהאקוויפר ניתן לשאוב כמות של כ-484-304 מלמ"ק מים בשנה, והוא ניזון בעיקר ממי גשמים המחלחלים אליו באזור יהודה ושומרון. על מנת לנצל את מי האקוויפר יש לקדוח בעומקים שונים כתלות במיקום הקידוח ובעומק הקרקע. מצאי המים באקוויפר נמצא במגמת ירידה עד כדי כך שבחלקו ניכר חלחול של מים מלוחים למאגר המים המתוקים כתוצאה משאיבת יתר. (רשות המים, 2017)

2.2. עלות שאיבת מים שפירים ממקורות טבעיים

עלויות הפקת המים משתנות בין מקור מים אחד למשנהו, ותלויות במיקומו הגאוגרפי ובאיכות המים שבמאגר. עלויות אלו חשובות מאוד לצורך הבנת המחיר "האמיתי" של מים שפירים וכן לצרכי השוואה בין אופציות ההפקה השונות.

• מי ימת כנרת:

- במוצא תחנת השאיבה ליד הכנרת - 60 אגורות למטר מעוקב.
- במוצא מתקן הסינון המרכזי בתחנת אשכול (צפונית לנצרת) - 100 אגורות למ"ק.
- במרכזים העירוניים בצפון שפלת החוף - 112-120 אגורות למ"ק.
- במרכזים העירוניים במרכז שפלת החוף - 128-136 אגורות למ"ק.
- במרכזים העירוניים בדרום שפלת החוף - 148-180 אגורות למ"ק.

• מי אקוויפר ההר:

- בסניקת משאבת הבאר - 100-120 אגורות למ"ק.
- בחיבור למערכת המים האזורית או למוביל הארצי - 120-160 אגורות למ"ק.

• מי אקוויפר החוף:

- בסניקת משאבת הבאר - 40-60 אגורות למ"ק.
- בחיבור למערכת המים האזורית או למוביל הארצי - 60-100 אגורות למ"ק.

מנתונים אלו עולה כי עלות המים השפירים הטבעיים, בנק' חיבורם למערכת הארצית, נעה בין 60-180 אגורות למ"ק ועומדת על ממוצע של 120 אגורות למ"ק. העלות הממוצעת הזו תשמש בהמשך העבודה לצורך השוואה אל מול עלות מי ים מותפלים. (הופמן, 2011)

2.3. ניהול משק המים

משק המים בישראל וניהולו הינו נושא חשוב ואף בוער אשר במהלך השנים עבר תהפוכות ושינויים רבים. לאופן ניהול המשק תפקיד מרכזי ביכולת המדינה להבטיח אספקה אמינה של מי שתייה לתושבים בכל חלקי הארץ, הקרובים יותר והקרובים פחות למקורות המים, וכן ביכולת להקצות מים ממוחזרים לחקלאות.

מאז קום המדינה נוהל משק המים ע"י הרשויות המקומיות (כ- 236 רשויות) שהיו הריבון לאספקת המים למשתמשים הפרטיים. משק המים נוהל בצורה לא יעילה וללא מדיניות אחידה להקצאת המים.

רשויות רבות לא הקצו משאבים מספקים לחידוש התשתיות, ואלו שהתיישנו סבלו מתקלות חוזרות, נזילות ואובדן של מים יקרים.

תחת דגל ההפרטה ומתוך רצון ליעל את ניהול רשת המים בישובים, חוקקה הכנסת את "חוק תאגידי המים והביוב" בשנת 2001. מטרת החוק הייתה לערוך שינוי מבני במשק המים והעברת ניהול המשק מידי הרשויות המקומיות לידי תאגידי מים. בכך ביקשה הכנסת ליצור, בין היתר, מנגנון לחידוש רשת המים והביוב תוך מניעת זליגת כספים הנגבים בגין שרותי המים והביוב אל בין שורות התקציב השונות של הרשויות המקומיות. המחוקק ציפה כי הפקדת ניהול משק המים בידי תאגידי ייעודיים תביא לחיסכון במשאבים תוך שיפור הניהול העסקי והמקצועי של מערכות המים והביוב. עד שנת 2013, 12 שנים לאחר חקיקת החוק ו-6 שנים מאז נתקבלה ההחלטה בדבר איסור הפעלת מערכות מים באופן פרטי, הוקמו 55 תאגידי (מתוך 144 רשויות רלוונטיות), מרבית התאגידיים הינם תאגידיים "קטנים" המספקים מים בתחומי רשות אחת בלבד. (מינהל המים והביוב ברשויות המקומיות הממונה על תאגידי מים וביוב, 2013)

התאגידיים מרוכזים תחת חברה ממשלתית, חברת "מקורות", אשר באחריותה כל תחום ההפקה והאספקה של המים לצד ניהול ותפעול מפעל המים הארצי לפי הוראת חוק המים התשי"ט-1959. תפעול המערכת הארצית על ידי חברת "מקורות" מאפשר ויסות כמויות המים הנשאבות מאגם הכנרת למערכת המרכזית, בין היתר ע"י שילוב קידוחי מים מאקוויפר החוף ואקוויפר ההר אל מערכת האספקה. החברה פועלת תחת אחריותו של משרד התשתיות הלאומיות ומשרד האוצר.

כיום בישראל שיטת התמחור מתבצעת בצורת תעריף שני חלקים למחיר המים, על פיה החלק הראשון הוא תעריף נמוך של 7.66 ש"ח (כולל מע"מ) למ"ק עבור צריכה של עד 3.5 מ"ק לנפש לחודש, והחלק השני בו התעריף גבוה ועומד על 12.33 ש"ח (כולל מע"מ) למ"ק לצריכה גבוהה מ-3.5 מ"ק לנפש לחודש. כל צרכני המים בישראל מקבלים את אותו המחיר, בשתי מדרגות התעריפים, וללא קשר לתאגיד בו הם חברים. (רשות המים, 2017)

2.4 מחסור המים בישראל

מדינת ישראל נמצאת על גבול רצועת המדבריות העולמית ועל כן מתאפיינת באקלים חצי מדברי. עונת הגשמים נמשכת ארבעה חודשים בלבד, כמות המשקעים בעונה זו אינה יציבה וקיימת סבירות גבוהה לרצף שנים שכונות. בממוצע יורדים בישראל 500-700 מ"מ בשנה וככל שמדרימים הכמות פוחתת ל- 100-30 מ"מ גשם בשנה. בנוסף לכמויות המשקעים המוגבלות, כ- 70% מכמות המשקעים מתאדה לאטמוספירה כתוצאה ממזג האוויר החם.

לצד הירידה בהיצע המים, ניכרת עליה בביקושים כתוצאה ממגמת גידול אוכלוסייה (אשר עליה נפרט בהמשך) ועלייה ברמת החיים, דבר אשר הוביל לגרעון חמור במשק המים. (רשות המים, 2017)

כך לדוגמא, בשנים 2001-2002, המשבר היה כה חמור עד שמאגרי המים היו בגבול התחתון הנקבע להם או ריקים לגמרי, ונציבות המים קבעה כי קיים סיכון ממשי ובלתי הפיך לאספקת המים הרציפה במדינה. על פי הערכות, נוצר פער של מעל 100 מלמ"ק לשנה בין היצע המים לבין הביקוש. הגרעון המצטבר במקורות המים הטבעיים עמד על כשני מיליארד מ"ק - שווה ערך לצריכה השנתית של המדינה מכל מקורותיה יחד. הגרעון נוצר הן כתוצאה משימוש יתר במקורות המים השפירים והן כתוצאה ממשברים חוזרים ונשנים יחד עם כישלון בניהול משק המים ב-30 השנים שקדמו לשנים אלו. (גורן, ברוך, דורון ונבון, 2013)

2.5. השפעות ניצול היתר של מקורות המים הטבעיים

לשימוש במקורות המים הטבעיים וניצולם כמעט עד תום יש השלכות רבות בפן הסביבתי אשר מובילות בסופו של דבר למבוי סתום באפיק זה.

שאיבת יתר מוגדרת כשאיבת כמות מים גדולה מהכמות הנכנסת למקור מים כלשהו. במצב זה, נוצר סביב מתקן ההפקה "מכתש הידרולוגי". בהיותו המפלס הנמוך ביותר, המכתש ההידרולוגי "מושך" אליו מים. במקורות מים שפירים אשר בסביבתם זורמים מים מליחים, המכתשים ההידרולוגיים האמורים מובילים להסטת זרימת המים המליחים לכיוון השפירים. הדבר גורם להמלחה וזיהום של מקור המים עד לרמה שלא ניתן לעשות בו שימוש ללא טיפול מקדים.

התדרדרות איכות מי הכנרת והאקוויפרים מביאים לירידה נוספת בהיצע המים והחרפת המשבר בו נתונה המדינה. (גורן ועמיתיו, 2013) כמו כן, שימור המאגרים הטבעיים חשוב גם כאוגר תפעולי המבטיח אמינות אספקה גבוהה. כיום אין בנמצא רזרבות למקרה של שנים שחונות או תקלה חמורה באחד ממתקני ההתפלה. מאגרי המים הטבעיים הם המקום היחיד בו ניתן לאחסן כמויות מים גדולות לעת צרה ופגיעה בהם עד לרמת האל חזור עלולה לפגוע בביטחון המים של מדינת ישראל (המשרד להגנת הסביבה והמרכז למדיניות סביבתית במכון ירושלים לחקר ישראל, 2011).

המשמעות הכלכלית של שימור או ניצול מקורות המים הטבעיים שנויה במחלוקת ומהווה סימן שאלה גדול בקרב הכלכלנים הסביבתיים. בעבר, היו מקרים בהם מפגעים סביבתיים גררו עימם הוצאות כלכליות הגדולות מהתועלות שהופקו קודם למפגע, ולכן מקבלי החלטות צריכים לעשות מאמצים רבים על מנת לנסות ולמנוע מפגעים כאלו בעתיד.

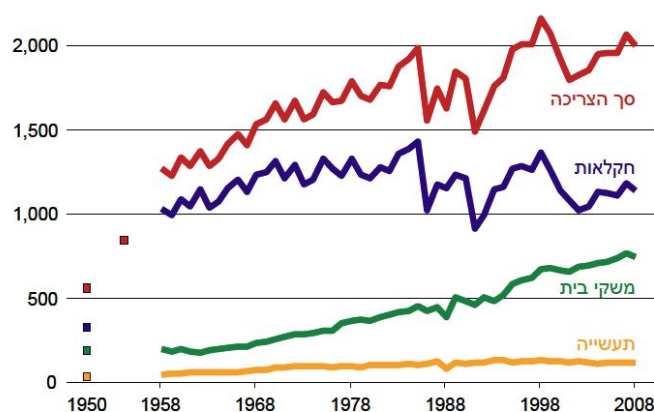
2.6. מאפייני הביקוש למים - גידול האוכלוסייה בישראל

גידול דמוגרפי היא תופעה גלובלית אשר לה השפעות רבות על כל תחומי חיינו. אוכלוסיית ישראל מונה כיום כ-7.5 מיליון בני אדם, וגדלה מידי שנה בכ-2%. ניכרת מגמה מתמדת של גידול בצריכה, שימוש הולך וגובר במשאבים ועלייה בצפיפות האוכלוסין. (רשות המים, 2015)

כתוצאה מכך עולה כמובן גם הצורך במים נקיים לשימושי חקלאות, תעשייה ומשקי הבית, ואיתו העומס על מקורות המים הטבעיים.

יש הטוענים כי העלייה בביקושים נובעת מעליה ברמת החיים אשר מלווה בהגדלת הצריכה הביתית. מגמה זו אומנם נכונה, אך על עלייה זו ניתן לשלוט בעזרת השיפורים הטכנולוגיים שתורמים ליעילות השימוש במים יחד עם המודעות ההולכת וגוברת של שימוש חכם. בנוסף, כאשר בוחנים את הצריכה הביתית לנפש בישראל ניתן לראות שלא היו שינויים משמעותיים לאורך השנים. לעומת זאת, קשה יותר לשלוט במגמת גידול האוכלוסייה והיא הגורם העיקרי לעלייה בביקושים. נתמוך בטענה זו בעזרת הגרפים הבאים:

גרף מספר 1 מציג את צריכת המים מאז קום המדינה, ומראה עלייה בצריכת המים במגזרים השונים. בשנים הראשונות הנתונים מקוטעים כיוון שאלו היו השנים בהם נבנו המפעלים הגדולים, בניהם המוביל הארצי, ואספקת המים התרחבה לכל חלקי הארץ. משק המים המשיך להתפתח במקביל לגידול האוכלוסייה עד שבאמצע שנות ה-80 מוצו משאבי המים השפירים הטבעיים. תחילה, ניתן היה לספק מים בצורה אמינה ויציבה גם בתקופות שחונות. לכן לא ניתן לראות את תקופת הבצורת בשנות ה-60 בגרף 1. לעומת זאת, ב-20 השנים האחרונות, עם גידול האוכלוסייה וצריכת משקי הבית בהתאמה, ותוך הנהגת מדיניות של ניצול מקורות המים ושמירה על אספקה גמישה, השנים השחונות שחקו את המאגרים והובילו להקטנת ההקצאה לחקלאות. למעט שינויים מינוריים בצריכת משקי הבית, ענף החקלאות הוא שספג את התנודות והקיצוצים באספקה שנבעו מניצול היתר של המאגרים הטבעיים.



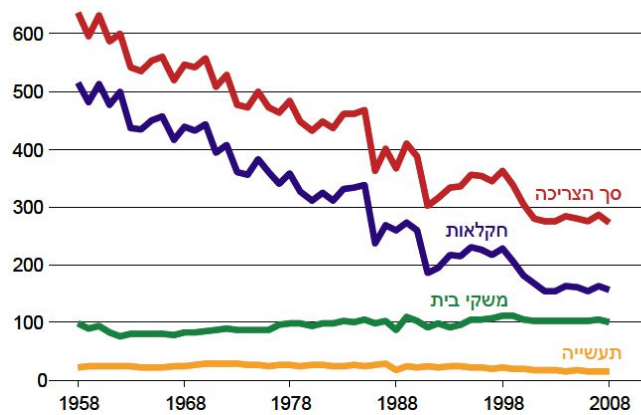
* משקי הבית הם המגזר העירוני.

מקור: יואב כסלו.

נתונים: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, שנתון סטטיסטי לישראל, שנים שונות.

גרף מספר 1- צריכת המים 1950-2008

גרף 2 מציג את הצריכה לנפש בישראל בין השנים 1958-2008. ניתן להבחין במגמה ברורה של ירידה חדה בסך הצריכה לנפש, החל מסוף שנות ה-50. זאת כתוצאה משיעור הגידול באוכלוסייה, שעלה על שיעור הגידול באספקת המים. התרשים מציג את החלוקה לסקטורים השונים וניתן לראות בבירור כי אספקת המים צומצמה בעיקר בענף החקלאות, בעוד צריכת המים לנפש בענף התעשייה ומשקי הבית נשארה יחסית קבועה. (כסלו, 2011)



מקור: יואב כסלו.
נתונים: הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, שנתון סטטיסטי לישראל, שנים שונות.

גרף מספר 2- צריכת מים לנפש 1958-2008

2.7. גמישות הביקוש למים ביחס למחיר

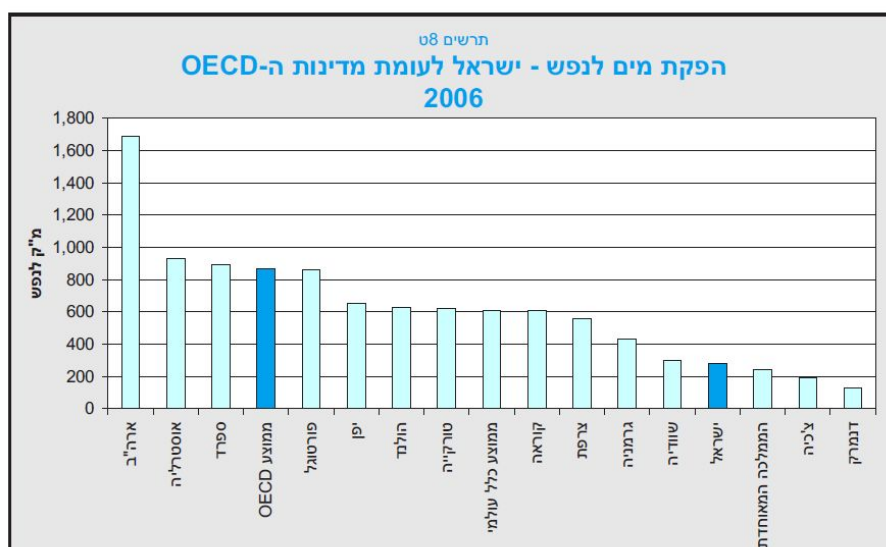
מים זורמים באיכות גבוהה הם מוצר צריכה בסיסי לכלל המגזרים השונים. בישראל, כמו כל המדינות המפותחות, נגישות המים הפכה מובנת מאליה עד כדי שאיננו יכולים לדמיין עצמנו בלעדיה. הוצאת משקי הבית על צריכת המים בישראל קטנה מאוד ביחס להכנסה הממוצעת של משקי הבית, ברוב הרשויות היחס עומד על פחות מ-1%. על פי בר - שירה, כהן, כסלו (2007), גמישות הביקוש למים של משקי הבית בישראל ביחס למחיר עומדת על -0.0619 , כלומר ביקוש קשיח למים. משמעות הדבר היא שעלייה במחירי המים לצרכן משפיעה על הכמויות המבוקשות על ידי משקי הבית באופן מועט בלבד. לכן, לא ניתן להשתמש במנגנון העלאת מחירים לצורכי שליטה בכמות המבוקשת. מכאן כי הפתרון לבעיית הגרעון במשק המים חייב להתמודד עם הגדלת מצאי המים בישראל.

2.8. תכנית החירום כדרך התמודדות עם הגרעון החמור במשק המים

המשבר החמור אליו נקלעה המדינה כתוצאה מהסיבות שפירטנו בפרקים 2.4 ו-2.6 הביא את קברניטי המדינה ואנשי רשות המים להתמודד עם השאלה: האם ניתן להבטיח אספקת מים סדירה לצריכה הביתית ולחקלאות בישראל, גם בשנים שחונות. על מנת להתמודד עם משבר זה, נוסחה תכנית החירום שכונתה: תכנית אב (מעבר) לפיתוח משק המים בשנים 2002-2010 אשר נוסחה

ע"י אגף התכנון של נציבות המים, והייתה תולדה של הוראת השר לתשתיות לאומיות. התכנית מציגה את עיקרי המדיניות במשק המים, אומדת את הביקוש למים, מפרטת את היצע המים הקיים ואת עיקרי תכנית הפיתוח לאספקת הביקוש. מטרת התכנית הייתה לייצב את משק המים ולבסס מצב בו תישמר אמינות האספקה ואיכות המים לאורך זמן. התכנית לוקחת בחשבון את הפערים בין הביקוש למים והיצע המים, ואת העובדה כי אנו תלויים בתנאי אקלים משתנים ולעיתים קיצוניים, וכתוצאה מכך עלולים להיתקל ברצף של שנים שחונות בעתיד. בעיקרה, מציעה תכנית זו לנטוש את הגישה שהייתה נהוגה קודם לכן וכונתה "ההליכה על הסף" אשר דגלה בניצול מרבי של המאגרים ודחיית הכניסה להתפלה כמה שיותר, גישה שהונחתה ע"י שיקולים כלכליים קצרי טווח ולא אפשרה צמיחה אמיתית של משק המים. במקומה הוצעה מדיניות מניעת מחסורים אשר דגלה בשיקום מאגרי המים הטבעיים והרחבת היצע המים באמצעות התפלה וייבוא יחד עם פרויקטים להשבת מי קולחין וחיסכון במים. עיקר תשומת הלב התמקדה בהתפלה מתוך ההנחה כי בה טמון הפוטנציאל האמיתי להגדלת היצע המים. במסגרת התכנית נאמד בשנית הביקוש החזוי לשנים הבאות ועל פיו נקבעו היעדים להמשך. היעדים הללו כללו את פירוט היקף ההשקעות בפרויקטים אשר יוכלו להוביל להגדלת מצאי המים השפירים. יעד ההתפלה לשנת 2004 נקבע על כ-420 מלמ"ק לשנה, זאת בניגוד להחלטת הממשלה על התפלה של 200 מלמ"ק עד שנה זו. אומדן ההשקעה הסתכם בכ-20 מיליארד שקלים, בנוסף ל-700 מיליון שקלים שיופנו לטובת חסכון במים. התכנית הצביעה על הצורך לשלב את המגזר הפרטי בביצוע חלק ניכר מההשקעות ועל הצורך בקביעת עקרונות לרפורמה שתוביל את המשק להתנהלות תקינה גם בעתיד. (משרד התשתיות הלאומיות נציבות המים - האגף לתכנון, 2002)

במקביל למציאת פתרונות להגדלת מצאי המים בישראל, נעשו פעולות לצמצום צריכת המים השפירים, בעיקר ע"י חינוך הציבור להפחתה בצריכת המים (לדוגמא קמפיין "ישראל מתייבשת"). אולם, כפי שצינו בפרק 2.6 הצריכה הביתית כמעט ולא השתנתה לאורך זמן, ומלכתחילה היא נמוכה ביחס לצריכה הממוצעת במדינות ה-OECD, ועומדת על פחות ממחצית הכמות (כפי שניתן לראות בגרף מספר 3). כך שלחינוך הציבור לשימוש נבון במקורות המים והפחתה בצריכה, פוטנציאל נמוך לתרומה משמעותית של הפחתה בצריכה מעבר לאחוזים בודדים בלבד, ואינו מהווה תחליף לחיפוש אחר פתרונות שונים להגדלת מצאי המים בישראל. (הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה, 2010)



גרף מספר 3- הפקת מים לנפש, ישראל לעומת מדינות ה-OECD

2.9. התפלה

התפלת מים היא תהליך בו מתבצעת הפרדה בין המים למלחים המומסים בהם, על מנת לקבל מים הראויים לשתייה או לצרכי חקלאות. ניתן להתפיל הן מים מליחים והן מי ים, בהם ריכוז המלחים גבוה יותר. התפלת מים מאפשרת הפקת מים איכותיים, ממאגר אינסופי (הים) ובמחיר סביר. יתר על כן, לאורך השנים, עלויות הייצור הולכות ופוחתות תוך שיפור ויעול התהליך, זאת תודות לשיפורים טכנולוגיים. התפלת מים אומנם יקרה יותר משאיבה ממקורות טבעיים, אך העלות הנוספת של תהליך ההתפלה מתגמד לעומת הנזק הכלכלי המתקבל מייבוש שטחי חקלאות או הרס מקורות מים טבעיים, אשר יכולים לשמש גם כאוגר תפעולי. רוב המים המותפלים נמהלים במערכת הארצית ומעלים את איכות המים בבית, כך גם איכות מי הקולחין עולה משמעותית. (הופמן, 2011)

בישראל כיום פועלים 5 מפעלי התפלת מי ים: חדרה, שורק, אשקלון, אשדוד ופלמחים, והם מספקים מים למערכת הארצית באיכות גבוהה ובכמויות משתנות. (רשות המים, 2017)

2.10. תהליך ההתפלה בישראל

בישראל כל מתקני ההתפלה פועלים בשיטת האוסמוזה ההפוכה באמצעות ממברנות חדירות למחצה. במערך טיפוזי של מתקן אוסמוזה הפוכה, מי הגלם מוזרמים קודם כל דרך מערך טיפול מוקדם, הכולל מסנני חול, מסננים מיקרוניים ומערכת מינון כימיקלים. לאחר מכן, המים מוזרמים דרך ממברנות אוסמוזה הפוכה בתצורה ספירלית. בתהליך זה, הופכים את כיוון הזרימה הטבעי הקיים בין שתי תמיסות עם הפרש לחצים שונה, זאת על ידי הפעלת לחץ הידראולי גבוה על מי הים, שהם מי הגלם. כך, המים המלוחים עוברים דרך ממברנות המאפשרות מעבר מים בלבד ומונעות מעבר חומרים מומסים שונים. גודל הנקבוביות של ממברנות האוסמוזה ההפוכה קטן מ-0.0001 מיקרון והן

:BOT (Build, Operate, Transfer)

על פי מודל זה, היזם אחראי לתכנון, למימון, לייצור, להקמה, לתפעול ולתחזוקת המתקן במשך תקופת זיכיון ארוכת טווח (עד 25 שנה). במשך תקופת הזיכיון היזם מוכר את תוצרתו למדינה במחיר המוסכם מראש, כפוף להצמדות בגין התייקרויות שונות. הזכיון מקבל עליו את כל סיכוני הפרויקט ואחראי לאספקת המוצר במסגרת לוח זמנים שנקבע מראש, באיכות ובאמינות הנדרשת. מנגד, המדינה מתחייבת לקבל את כל כמות התוצר שהיזם מייצר (בהתחייבויות מראש) על בסיס take or pay. הסכם זה מבטיח ליזם תזרים מזומנים יציב גם במידה והביקוש נמוך, והוא הסכם נפוץ בשוק האנרגיה. שיטה זו מציבה שתי רמות מחירים: במידה והלקוח (המדינה במקרה זה) קונה את כל הכמות שנקבעה מראש, ישלם הלקוח מחיר X המייצג את עלויות ההקמה, העלויות השוטפות והרווח השולי ליזם. מנגד, במידה וללקוח (המדינה במקרה זה) אין צורך ברכישת הכמות המוסכמת, ישלם הלקוח מחיר Y הנמוך מ- X , המייצג את העלויות הקבועות בניכוי העלויות השוטפות והרווח ליזם. מאחר שתקופת הזיכיון חלה מיום חתימת ההסכם, ליזם יש אינטרס להקים את המתקן בזמן הקצר ביותר. כמו כן, הסכם זה הינו רווחי ליזם ובעל אופק ארוך ולכן ישאף היזם להבטיח את תפעולו התקין והאמין. בסיום תקופת הזיכיון, בעלות המתקן עוברת לממשלה. שיטה זו משמשת את משרד האוצר להתקשרויות עם פרויקטים שהוקמו על קרקע אשר נמצאת בבעלות המדינה¹.

:BOO (Build, Own, Operate)

בדומה ל-BOT, מודל זה מטיל על היזם את האחריות לתכנון, מימון, ייצור, הקמה, תפעול ותחזוקת המתקן במשך תקופת הזיכיון. אלא שבמקרה זה, בתום תקופת הזיכיון המתקן נשאר בבעלות היזם. שיטה זו משמשת את הממשלה בפרויקטים שהוקמו על קרקע פרטית בבעלות היזם². בשני סוגי הסכמים אלו, רמת ההשתתפות ונטילת הסיכונים של הסקטור הפרטי היא הגבוהה ביותר. הפרויקט מנוהל למעשה כעסק מסחרי ומאפשר להציע את המוצר ללקוחות נוספים מלבד הממשלה.

2.12. עלויות התפלת מי ים

בחלק זה נתייחס להתפלה כאל תוצר תעשייתי לכל דבר ונחלק את מרכיבי העלויות לעלויות הון (קבועות) ועלויות תפעול (משתנות). נתעלם משיקולי מיסוי (לרבות השפעה של תקופות הפחת המוכרות ע"י רשויות המס, היטלי השבחה וארנונות עירוניות) והטבות מוסדיות, אם יש כאלו. גורמים אלו עלולים לעוות את עלות המים המותפלים ליצרן. חלוקת העלויות לעלויות הון ועלויות תפעול חשובה במיוחד נוכח העובדה כי בפרויקטים מסוג זה נדרשת יזמות פרטית וגיוס ההון הוא החסם העיקרי בהקמת המתקנים. כמו כן חשוב לציין כי קיים טווח רחב יחסית בקביעת היחס בין עלויות

¹ מתקני ההתפלה באשקלון, חדרה, שורק ואשדוד.
² מתקן ההתפלה בפלמחים.

ההון לעלויות התפעול, שכן תכנון המתקן משפיע בצורה רבה על צריכת האנרגיה ואורך חיי הממברנות (קרי, עלויות התפעול).

עלויות ההון תלויות במספר גורמים:

- **גובה ההשקעות** – מורכב משני מרכיבי עלות מרכזיים: השקעות מוחשיות – ציוד, תשתיות ועבודות הקמה; והשקעות בלתי מוחשיות – תמלוגים על ידע ופטנטים, הנדסה, ביטוח, רישוי, ריבית וביטוחים בתקופת ההקמה, אימון מפעילים, הוצאות משפטיות וכו'. גובה ההשקעות תלוי בתפוקת המתקן (בגלל יתרונות לגודל), והתשתיות המשתנות בהתאם לנתוניו של כל אתר. הנתונים שיוצגו בהמשך מבוססים על ממוצעי תוצאות המכרזים השונים ונתונים שהתקבלו מיצרנים שונים ברחבי העולם.
- **תקופת הפחת החשבונאי** – מבוססת על אומדן אורך חיי הפרויקט. היות ותקופת ההתקשרות נקבעת ומוגבלת מראש, הרי שבחישוב תקופת הפחת החשבונאי לוקחים בחשבון את העובדה כי ייתכן והטכנולוגיה תתיישן טרם סוף תקופת ההתקשרות – כך שלא יהיה כדאי להפעילה, או להפך – יהיה כדאי להמשיך להפעילה אל מעבר לסוף תקופת ההתקשרות. תקופת הפחת החשבונאי משתנה בהתאם לגודל מתקני ההתפלה. התקופה המקובלת למתקנים גדולים שתפוקתם עשרות-מאות מיליוני מ"ק לשנה הן 20-25 שנה. במתקנים בינוניים וקטנים, תקופת הפחת המקובלת היא 15-20 שנים. בתחשיב שיוצג בהמשך, תקופת הפחת נקבעה על 23 שנים, הדבר תואם את העובדה כי בישראל הוקמו מתקנים גדולים שיזמיהם חתמו על תקופת התקשרות של 25 שנים לרבות זמני התכנון, רישוי והקמה.
- **ערך הגרט** – ערך הגרט של המתקן כולו או חלקים ממנו, במידה וניתן לממש את ערכו בתום תקופת הפחת החשבונאי.
- **מחיר ההון** – שקלול של תמהיל התשואות הנדרשות מצד הבעלים והריבית על המימון החיצוני. בפרויקטים גדולים של הקמת מתקני התפלה באמצעות חוזה התקשרות על בסיס BOT או BOO כפי שמוזכר מעלה, התמהיל הנפוץ הוא 20%-30% הון בעלים עם תשואה מצופה של 15%-20%, ו-70%-80% מימון חיצוני בריבית ראלית של 4%-7% שנה. מחיר ההון המשוכלל על פיו בוצעו החישובים שיוצגו בהמשך הוא 7.5% לשנה.
- **מקדמי ניצול שנתיים** – מספר הימים בשנה בהם המפעל התפיל מים בפועל. גם כאן ניתן להבחין בשוני בהתאם לגודל המתקן: מקדם הניצול המקובל למתקנים גדולים עומד על 92%-95% ואילו למתקנים בינוניים וקטנים הוא 90%.

עלויות תפעול כוללות עלויות ישירות ועקיפות:

● עלויות ישירות:

- עלויות אנרגיה- נקבעות לפי רמת צריכת האנרגיה במתקן וסוג האנרגיה. בחלק ממדינות OPEC נהוג לחשב את עלות האנרגיה לפי מחירי הדלק הפנימיים, שעומדים על כשליש מהמחיר החיצוני בעולם. עובדה זו גורמת לעיוות בחישוב עלויות המים המותפלים בארצות אלו לעומת ארצות שלא מפיקות נפט. בתחשיב המוצג, נלקחה בחשבון עלותה האמיתית של אנרגיה חשמלית בה משתמשים במתקנים בישראל.
- עלויות כוח אדם לתפעול ותחזוקה- חלק משמעותי מעלויות התפעול של מתקני התפלה קטנים, אך נוכח יתרונות לגודל במתקני ההתפלה, הן מצטמצמות עם גידול תפוקת המתקן.
- עלויות כימיקלים- תלויות באיכות מי הגלם. העלויות כוללות את עלות הכימיקלים המשמשים לטיפול הקדם, עלות הכימיקלים לנטרול חומציות ותוספים למוצר הסופי, וכן את הכימיקלים המשמשים לניקוי ושטיפת הממברנות- כלומר, אחזקה שוטפת.
- עלויות חלפים- להחלפת ממברנות וסננים עלות משמעותית במתקני התפלה הפועלים בשיטת האוסמוזה הפוכה, כדוגמת המתקנים הקיימים בישראל.
- עלויות חומרים בלים ומתכלים- עלות זו ברוב המקרים היא עלות זניחה. יחד עם זאת יש לקחת אותה בחשבון.

● עלויות עקיפות:

- דמי חכירת או שכירת הקרקע
- ביטוחים
- תקורות נוספות, לרבות כוח אדם עקיף למנהלה וכדומה
- ארנונות ומיסים איזוריים ו/או עירוניים

לסיכום, במתקני התפלה גדולים הפועלים בטכנולוגיית אוסמוזה הפוכה, בדומה לישראל, עלויות ההון (כתלות בגודל המתקן) עומדות על 96-116 אגורות למ"ק ומהוות 35%-45% מסך ההשקעה. עלויות התפעול (כתלות בעלויות האנרגיה) עומדות על 132-176 אגורות למ"ק ומהוות 55%-65% מסך ההשקעה במתקן. את העלויות האלו נבחן בפרק הניתוח לצד עלויות השאיבה ממאגרי המים הטבעיים השונים. בנוסף, קיים שוני בין העלות במוצא מתקן ההתפלה (לרבות עלויות סילוק הרכז) לבין, העלות בחיבור למערכת מים אזורית או למוביל הארצי.

העלויות המתוארות לעיל הן העלויות ליצרן. כאמור, הקמת מתקני התפלה בישראל מתבצעת במימון פרטי של היזמים ועל כן, היזמים מצפים לרווחים מהפרויקט. בעת התקשרות עם היזם נקבעים המחירים אותם המדינה מתחייבת לשלם, ומדדי ההצמדה, מבעוד מועד:

חדרה	פלמחים	אשקלון	
238 אגורות למ"ק	225 אגורות למ"ק	204 אגורות למ"ק	בתאריך חתימת ההסכם
247 אגורות למ"ק	297 אגורות למ"ק	273 אגורות למ"ק	בספטמבר 2007

(הופמן, 2011)

2.13. שיפורים טכנולוגיים בתהליך ההתפלה

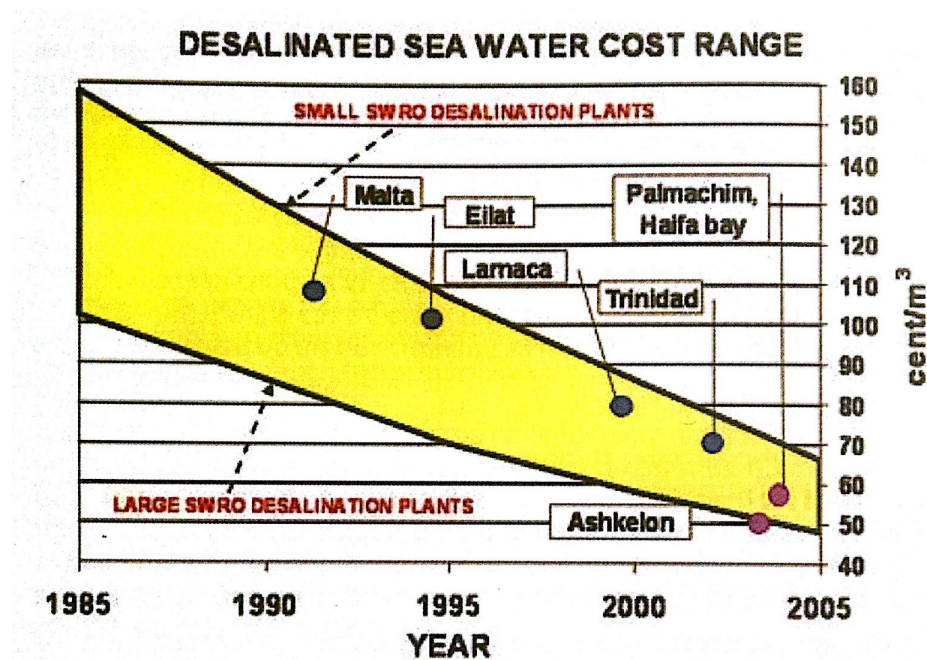
ההתפלה הייתה קיימת עוד בימי קדם. המאמר המדעי הראשון בנושא פורסם כבר במאה השמינית. השימוש העיקרי בהתפלה בתחילת הדרך היה ליצור מקור מים על ספינות בכדי להגדיל את נפח ההובלה על חשבון נפח האחסון של מי השתייה. רוב מתקני ההתפלה היו קטנים ובעלי יעילות נמוכה. בהמשך הדרך, בזמן מלחמת העולם השנייה, נבנו אלפי יחידות התפלה קטנות כדי לשרת את חיילי ארה"ב לצורכי מסעות שיט באיי האוקיינוס השקט. המתקנים הנייחים והגדולים, כפי שאנו מכירים אותם היום, נבנו רק בסוף המלחמה, עם פיתוח שדות הנפט ועלייתן של מדינות המפרץ הפרסי וצמיחתן הכלכלית המואצת. כבר בסוף מלחמת העולם השנייה, עם הקמת המתקנים הגדולים, היעילות השתפרה וההספק גדל, דבר שהוביל להוזלה בעלויות התפלת המים. עם זאת, עלויות המים המותפלים עדיין היו גבוהות מידי בכדי לשמש מקור מים נוסף לארצות שלא השתייכו לקבוצת OPEC. כלומר, ארצות בהן עלויות האנרגיה היו מתואמות עם עלויות הדלק העולמיות.

בסוף שנות ה-50 החל להתעורר חשש מ"מלחמת מים" בעקבות ניצול יתר של מי תהום באקוויפרים חוצי גבולות. מספר ממשלות הבינו כי חברות ההתפלה לא יוכלו לשאת בעלויות המחקר והפיתוח של הטכנולוגיה בלי עזרתן. ממשלות ארה"ב, בריטניה, צרפת, איטליה וישראל ועוד, החלו להקצות תקציבים לטובת מו"פ הנוגע לתהליכי התפלה ואלו החלו להתפתח וייעל את התהליך.

ממחצית שנות ה-90 החלה טכנולוגיית האוסמוזה ההפוכה לבלוט בשוק ההתפלה. הטכנולוגיה החדשה הביאה איתה שיפורים מתמידים בביצועים וקיצוץ בעלויות וכבשה את השוק. תחילה

בהתפלת מים מליחים ובהפקת מים איכותיים לתעשייה, ולבסוף גם בהתפלת מי ים כפי שאנו מכירים אותה כיום, בחמשת מתקני ההתפלה הפועלים בישראל.

מאמצי הפיתוח הובילו לכך שהטכנולוגיות, כפי שהן היום, אמינות דיין ומתאימות להתקשרויות עם יזמים פרטיים לצורכי מימון פרטי של פרויקטים גדולים מאוד. במקביל, פיתוח הטכנולוגיה הוביל להפחתה משמעותית בעלויות התפלת מים מליחים ומי ים במהלך תקופה זו, כפי שמוצג באיור מספר 2. השיפור בעלויות ההתפלה בולט במיוחד לאור העובדה כי מחירי האנרגיה, המהווים 35%-45% מסך כל עלויות התפלת מי ים, עלו בשנים האלו מ-6\$ לחבית ל-70\$ לחבית. זאת בנוסף לעבודה שכח הקניה של הדולר כיום הוא $\frac{1}{8}$ מכוחו לפני 55 שנים בשל האינפלציה העולמית.



איור מספר 2- טווח עלויות התפלת מי ים לאורך השנים

2.14. עלויות עודפות

התפלת מי ים מאפשרת לעשות בהם שימוש במגזר הביתי, התעשייתי והחקלאי. מלבד שווי השימושים הישירים במים, ניקח בחשבון גם את שווי התוצרים של הפעילות הכלכלית העקיפה המתאפשרת מהגברת אמינות האספקה של המערכת הארצית והיכולת לנצל את מקורות המים. ללא מתקני ההתפלה, השוק היה נאלץ, אפילו בשנים מרובות גשמים, לרסן את הפעילות ולשמור על רזרבות, זאת בכדי להבטיח אספקת מים סדירה במקרה של רצף שנים שחונות עתידיות. בשעת כניסתם של מתקני ההתפלה למשק, אספקת המים לחקלאות שימשה כרזרבה לשנים שחונות, כך שבעתות מצוקה היא קוצצה עד למינימום הנקרא "מנת ברזל", והובילה לקיצוץ נרחב בגידולים

הפחות רווחיים. כיום, תפוקת המתקנים המשולבים במערכת המים הארצית מאפשרת שימוש נרחב במים והגדלת פעילות המשק כתוצאה מכך. יתרה מכך, משק המים מתפיל מים מליחים ממקורות יבשתיים. הדבר מאפשר ניצול של מים בהם ריכוזים גבוהים של מזהמים ומליחים ואשר אינם עומדים בתקני השתייה. השימוש במים מסוג זה, מוריד את המפלס במאגרים, וכתוצאה מכך קטן הסיכוי לפגיעה במאגרי המים השפירים שבסביבתם, מה שמפחית את ההשפעות השליליות של מאגרי מים מליחים אלו.

מרבית הפעילות החקלאית, הביתית והתעשייתית בישראל מתרחשת מעל לאקוויפרים, מה שמוביל להתדרדרות באיכות המים המצויים בהם. רשות המים דואגת לכך שבמעמד חתימת הסכמי ההתקשרות ייקבע תקן מחמיר על פיו תקבע איכות המים המותפלים. עובדה זו תורמת רבות לשיפור המים במערכת הארצית שכן מי הים המותפלים מובלים יחד עם מי האקוויפר, וכך נמהלים אלו באלו. כתוצאה מכך צרכני הקצה מקבלים מים באיכות גבוהה יותר, ובהתאמה, מי הקולחין, המיועדים להשקיה חקלאית, משתפרים גם הם.

מדיניות רשות המים היא יצירת תמריצים לעידוד ייצור מים מותפלים באיכות גבוהה מזו הנדרשת בתקן הנקבע על ידי משרד הבריאות והמוסדות הבינלאומיים המקבילים לו. האיכות הנדרשת על פי מדיניות רשות המים אף עולה על איכות מי שתיה מבוקבקים שמחירם כיום עומד על 1.5-1 ש"ח או, בהמרה ליחידות מידה בהן עשינו שימוש לאורך העבודה, 1000-1400 ש"ח למ"ק! כפי שהוזכר קודם לכן, תוצרי מתקני ההתפלה נמהלים במערכת הארצית, ושיפור איכות המים הנגרם כתוצאה מכך מפיק תועלות רבות, מלבד התועלת הישירה שבשיפור מי השתיה³.

אומדני תועלות נלוות של התפלת מי ים בתחומים השונים

צריכה ביתית:

- צמצום הצטברות אבנית והארכת חייהם של קולטי שמש, מחממי מים וצנרות מים: 8-24 אגורות למ"ק
- צמצום צריכת דטרגנטים וחומרי ניקוי: 8-20 אגורות למ"ק
- צמצום צריכת מלח למרככים של מדיחי כלים ומכונות כביסה: 4-16 אגורות למ"ק
- שיפור איכות תוצרי כביסה

תעשייה:

- חיסכון בהוצאות על תהליכי ריכוך מים והפקת מים נטולי מליחים: 8-28 אגורות למ"ק

³ שיפור מי השתייה עקב צמצום ריכוזי מזהמי - מיקרו שונים המצויים היום במקורות מים טבעיים בארץ

- חיסכון בהוצאות על כימיקלים וכוח אדם לניקוי אבנית: 8-20 אגורות למ"ק
- הקטנת נפח התמלחת שיש לסלק: 4-8 אגורות למ"ק

חקלאות:

- חיסכון בצריכת קולחין להשקיה והקטנת הנזקים לקרקע ולגידולים כתוצאה מריכוז גבוה של כלוריד ונתרן: 8-20 אגורות למ"ק

השפעה כלכלית נוספת היא הוצאה על שינוע והובלה. כמויות מים גדולות מובלות דרך המוביל הארצי לכל חלקי הארץ. הקמתם של מתקני ההתפלה בנקודות אסטרטגיות, לאורך קו החוף, גוררת תועלות כספיות הנובעות מהחיסכון האנרגטי הדרוש לצורכי שינוע והובלה. ככל שמתקני ההתפלה דרומיים יותר, כך החיסכון האנרגטי למ"ק גדל. כך למשל, ניתן לראות חסכון של 4 אגורות למ"ק ממתקן ההתפלה בחדרה, לעומת 16 אגורות למ"ק ממתקן ההתפלה באשקלון.

סיכום סך התועלות הכלכליות מראה טווח תועלות של בין 140 ל-220 אגורות למ"ק. נוסף לכך, את העלות התברואתית קשה לכמת, אך נזכיר כי הציבור הישראלי מוכן לשלם עליה 1000-1400 שקלים למ"ק בקניית בקבוקי שתייה. (הופמן, 2011)

2.15. השפעות שליליות

בעוד התפלת מים מהווה פתרון מרכזי למחסור המים בישראל, הרי שתהליך ההתפלה אינו משולל השפעות שליליות:

- **אנרגיה-** ההתפלה היא תהליך עתיר אנרגיה. עלות האנרגיה, העלולה להשתנות עם התנודות במחיריהם של מקורות האנרגיה (דלק, גז טבעי, פחם ועוד), מהווה רכיב משמעותי בעלות ההתפלה. לצורך התפלת 1 מ"ק מי ים נדרשים כ-3.8 קילו וואט שעה, ובתהליך נפלטים כ-0.75 ק"ג דו-תחמוצת הפחמן. פליטות אלו הן בעלות השפעה סביבתית פוטנציאלית ניכרת, והתפלה בהיקף רחב גוררת עלייה משמעותית בכמות הפליטות של מדינת ישראל (ההתפלה אחראית כיום על כ-5% מכלל פליטות הפד"ח של ישראל).
- **קרקעות-** מתקני ההתפלה לרוב ממוקמים על קרקעות יקרות, בסמוך לרצועת החוף.
- **רכז-** תוצר הלוואי של תהליך ההתפלה הוא רכז המכיל מלחים בריכוז כפול מזה המצוי במי ים. הרכז משוחרר בנקודה עמוקה מנקודת השאיבה בים, שם נוצרת "פלומה" של ריכוזי מלח גבוהים המשפיעים בצורה הרסנית על הצמחייה ובע"ח באזור. בניסיון להתמודד עם השפעות הרכז על הסביבה הימית שחרור הרכז מתבצע בעזרת צינור מחורר שיוצר מספר

רב של יציאות, במטרה למהול את הרכז במי הים כמה שיותר.

שאלת העלות הכלכלית של השפעות שליליות אלו נשארה ברובה פתוחה ומעסיקה מומחים רבים בתחום הכלכלה הסביבתית. אולם אלו השפעות שבהחלט יש לקחת בחשבון כאשר דנים בכדאיות פרויקטי התפלה, והמודעות אליהם היא צעד חשוב הגם שאין בנמצא חישוב עלויות מדויק. (ועדת החקירה הממלכתית בנושא ניהול משק המים בישראל, 2010)

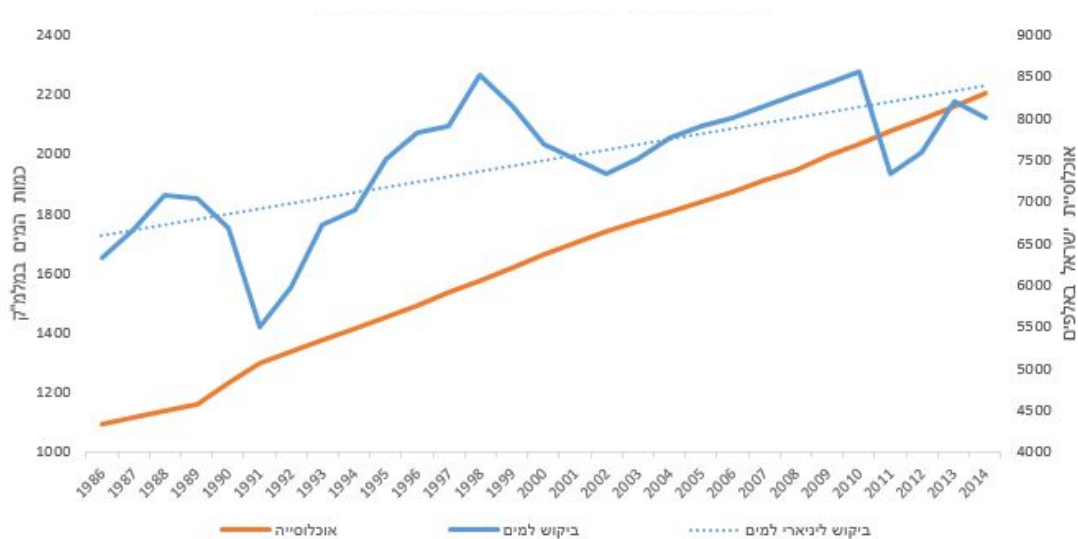
3. ניתוח

בכדי להציג את מסגרת החשיבה הכלכלית של בחינת כדאיות פרויקטי ההתפלה בישראל נעשה שימוש במספר גרפים שונים. בתחילה ננתח את גידול האוכלוסייה ואת גידול הביקוש למים, לאורך השנים. הפער המשמעותי שנוצר בין הביקוש ההולך וגובר לבין היצע המים ממקורות טבעיים, הוביל לניצול מקסימלי של המאגרים שהיו מצויים בישראל. בעת זאת, מקבלי ההחלטות בישראל קיבלו החלטה כי התפלה היא הפתרון לטיפול במשבר בו היה מצוי משק המים. שיפורים טכנולוגיים לאורך השנים בשילוב עם ביקוש הולך וגובר הובילו לכך שהתפלה הפכה ישימה וכדאית מבחינה כלכלית. בהמשך הניתוח, נבחן האם התפלת מי ים אכן הייתה הפתרון הנכון בנקודת הזמן בה התקבלו ההחלטות תוך התייחסות לכך ששוק המים מורכב ממאגרים טבעיים, בעלי היצע קשיח ומהתפלה. לבסוף נבחן את העלויות העודפות הנובעות מהתועלות בהתפלת מי ים ונבצע מבחן רגישות לתוצאות.

3.1. גידול האוכלוסייה והביקוש למים

בכדי למצוא פתרון לבעיית המחסור במים, יש לתת חשיבות רבה לביקוש למים תוך בחינת צפי גידול האוכלוסייה בשנים הבאות. כפי שתיארנו בפרק 2.6, האוכלוסייה בישראל הולכת וגדלה, זאת במקביל לעליה המתמדת ברמת המחיה.

בחנו שתי מגמות מרכזיות הרלוונטיות למשק המים: גידול האוכלוסייה, אותו אמדנו באמצעות נתונים מהלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2015); והביקוש למים לאורך השנים (2010), אותו אמדנו באמצעות נתונים מדו"ח ועדת החקירה הפרלמנטרית בנושא משק המים. את תוצאות אמידת הנתונים הצגנו בגרף מס' 4.

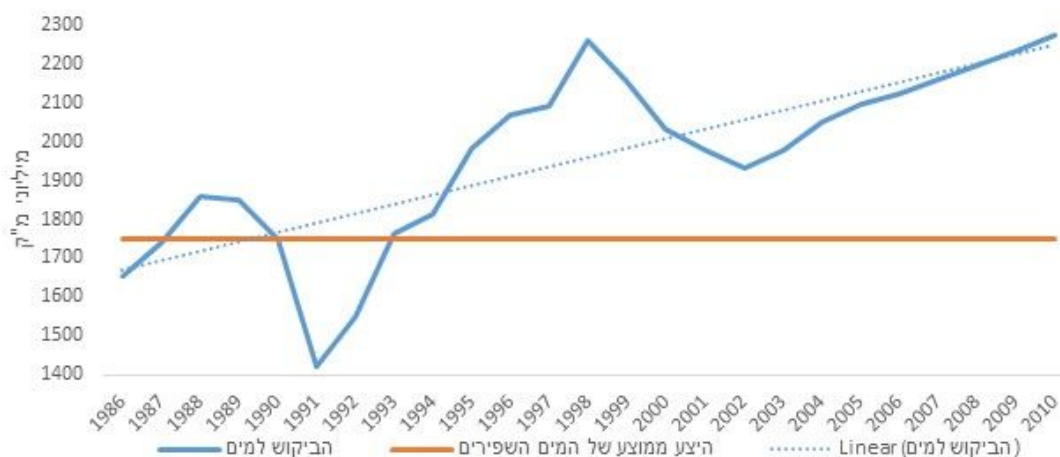


גרף מספר 4: גידול אוקלוסייה וביקוש למים 1986-2014

בגרף ניתן לראות את קצב גידול האוקלוסייה באלפים (המתואר על ידי הקו האדום) בין השנים 1986-2014. הקו הכחול, מתאר את הביקוש למים באותן שנים במונחים של מיליוני מטרים מעוקבים (מ"ק), והוא מלווה על ידי הקו הכחול המקווקו המתאר את הביקוש הליניארי. ניתן להבחין ששני הגרפים במגמת עלייה מתמדת בעוד קצב גידול האוקלוסייה גבוה מקצב גידול הביקוש למים שפירים. השוני בקצב הגידול בין הגרפים הוא בעיקרו תוצאה של הקטנת הביקוש הכולל במשק המים הנובע מקיצוץ קצבת המים לחקלאות בשנים שחונות, כפי שהוסבר בפרק 2.6.

3.2. היצע וביקוש למים שפירים

על מנת לבחון האם נדרש שינוי במדיניות המים במשק לאורך השנים, הצגנו בגרף מס' 5 את הביקוש למים במדינת ישראל לצד היצע המים השפירים במדינה. כפי שתיארנו בפרקים 2.1 ו-2.4 היצע המים הטבעי מושפע בעיקרו מאקלים המדינה וכמויות המשקעים ומכאן שאינו משתנה בצורה דרסטית לאורך שנים רבות. על כן, בחרנו להציג היצע ממוצע אשר מראה מגמה כללית. הנתונים על היצע המים נדלו ממרכז המחקר והמידע של הכנסת (2008).



גרף מספר 5: היצע ממוצע של מים שפירים אל מול ביקוש למים 1986-2010

בגרף ניתן לראות את ההיצע הממוצע של מים שפירים, שעמד על 1,751 מיליוני מ"ק בין השנים 1986-2010 (מתואר על ידי הקו האדום), לצד הביקוש למים (מתואר בקו הרציף הכחול) לאורך אותן השנים. הקו הכחול המקווקו מתאר את הביקוש הלינארי למים, בו ניתן להבחין במגמת עליה, בעוד, כאמור, היצע המים נשאר יציב לאורך השנים. ברוב השנים שבחנו הביקוש למים שפירים עולה על היצע המים הטבעי.

3.3. עלויות ממוצעות

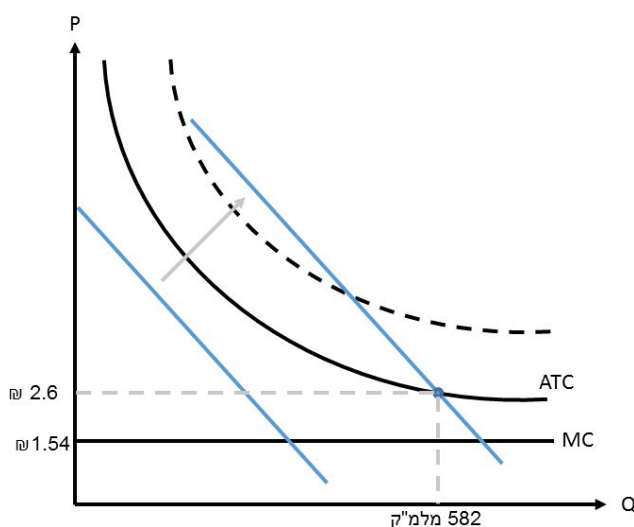
לאורך השנים מדינת ישראל בחנה מספר אלטרנטיבות לשאיבת מים, במטרה להוציא את משק המים מהגרעון המצטבר: קיצוצים נרחבים בהקצאת מים לחקלאות, התפלת מי ים וייבוא מים. המדינה בחרה בהתפלה בשביל לפתור את המשבר. הטבלה המוצגת מטה, מתארת את עלויות ההתפלה בישראל בהשוואה לעלויות שאיבת מים טבעיים. קיימת שונות בין העלויות במפעלים השונים אשר נובעת מגודל המפעל, מיקומו ואופן התפעול ועל כן העלויות בטבלה מוצגות בטווחים. המודלים המוצגים בפרק זה עושים שימוש בנתונים אלו לצורך בחינת כדאיות פרויקט ההתפלה.

התפלת מי ים	שאיבת מים ממקורות טבעיים	
96-116 אגורות למ"ק	0	עלות קבועה - הקמה
132-176 אגורות למ"ק	60-180 אגורות למ"ק	עלות משתנה
260 אגורות למ"ק	120 אגורות למ"ק	עלות ממוצעת
582 מלמ"ק	1,751 מלמ"ק	כמות, נכון לשנת 2017

(הופמן, 2008)

3.4. מונופול טבעי

כפי שתיארנו בפרק 2.12, מחיר המים המותפלים מורכב ממשנתנים רבים המושפעים מגודל המפעל, עלויות האנרגיה, הכימיקלים, עובדים ועוד. מאחר ועלויות ההקמה של מפעלי ההתפלה גבוהות במיוחד ונדרש הסכם התקשרות מסודר עם המדינה, בשוק ההתפלה קיים מונופול טבעי. היות וכך, נעשה שימוש במודל של מונופול טבעי, באמצעותו נקבעו עלויות ההתפלה לצד כמויות המים המותפלים, וזאת בהתאם לטכנולוגיה המתפתחת לאורך השנים ולביקוש ההולך וגובר למים.



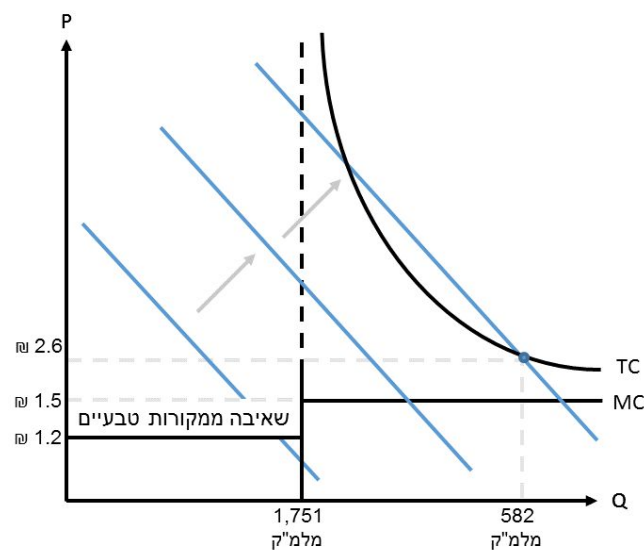
גרף מספר 6: מונופול טבעי

בגרף זה, ציר ה-X מתאר את כמויות המים המותפלים, ציר ה-Y את מחיר ההתפלה. הקווים הכחולים מתארים את הביקוש למים במדינת ישראל, ביקוש שעולה לאורך השנים. עקומת ATC ו-MC מייצגות את העלויות הכוללות הממוצעות ואת העלויות השוליות בהתאמה. עקומת ATC המקווקו מייצגת את העלויות טרום השיפורים הטכנולוגיים אשר התרחשו לאורך השנים ותרמו להורדת המחיר. הגרף מציג שתי מגמות, מצד אחד, כפי שהצגנו בגרף 4, האוכלוסייה גדלה לאורך השנים ועמה הביקוש למים שפירים; מצד שני, השיפורים הטכנולוגיים, כפי שתוארו בפרק 2.13 תרמו להורדת המחיר הממוצע ואפשרו התפלה במחירים נמוכים מבעבר. בנקודת המפגש בין עקומת ATC לבין הביקוש נקבעת העלות הממוצעת עבור מ"ק וכן כמות המים המותפלים.

3.5. בחינת העלויות במשק המים

בפרק זה נבחן את משק המים בכללותו, תוך תיאור היצע המים הטבעיים הקשיח ופריקטי ההתפלה העומדים על הפרק. בנוסף, גם פה, נצטרך להתייחס לגידול בביקושים הנובע מגידול האוכלוסייה, עד

נקודת המפגש עם עקומת TC. כפי שתואר בפרק 2.7, גמישות הביקוש למים ביחס למחיר קטנה מאוד ועל כן, העלאת מחיר המים לצרכן לא תועיל רבות בריסון הצריכה של משקי הבית. לאור נקודה זו, עומדות בפני קובעי המדיניות שתי אופציות: האחת, לקבוע מכסות כך שהצרכנים יאלצו להפחית את הצריכה בצורה משמעותית והיא תעמוד על 1,751 מלמ"ק בלבד. השנייה, להקים מתקני התפלה שיספקו למשק את תוספת המים השפירים הנדרשת במחיר סביר לצרכן. מחיר סביר מתאפשר הודות לכך שהמתקנים שהוקמו בישראל הם מתקנים גדולים, המנצלים את מלוא היתרונות לגודל, כפי שתואר בפרק 2.12.



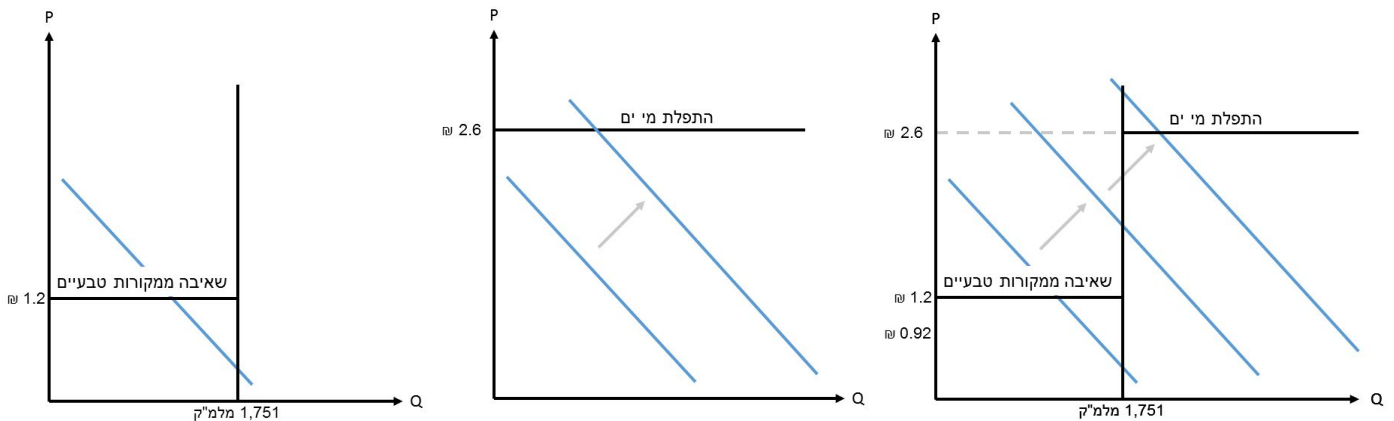
גרף מספר 7: בחינת העלויות במשק המים

בגרף זה ציר X מתאר את כמות המים השפירים במשק כולו וציר Y מתאר את עלות ההפקה. אנו רואים כי הנקודה בה המשק נמצא היום היא נקודה בה הביקוש למים גדול מבעבר ונחתך עם עקומת TC המתארת את העלויות הכוללות לפרויקטי ההתפלה. בנקודה זו המחיר הממוצע למ"ק מים עומד על 2.6 ש"ח וכמות המים המותפלים עומדת על 582 מלמ"ק.

3.6. מדרגות המתארות את משק המים והביקושים

לאחר בחינת דפוסי הביקוש וההיצע למים שפירים לצד בחינת שוק ההתפלה, נשלב את הממצאים. בחרנו בהצגת מבנה השוק באמצעות מדרגות, כך שכל מדרגה מתארת תהליך הפקת מים, בכמות ובעלות המתאימה לו. כיום בישראל שואבים מים ממגוון המקורות שתוארו בפרקים 2.1 ו-2.2, וכן פועלים 5 מתקני התפלה, השונים זה מזה בגודלם, מיקומם ועלות הקמתם. לכל מקור, שאיבה או

התפלה, עלות שונה ועל כן בחרנו להציג בגרפים אלו את עלויות ההפקה הממוצעות במקור (לפני עלויות החיבור למערכת הארצית ושינוע לחלקי הארץ השונים).

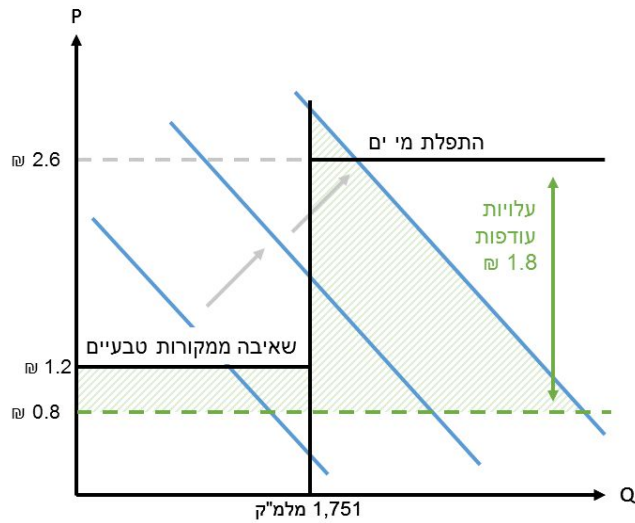


גרף מספר 8: היצע וביקושים למים, חלוקה למדרגות

בגרף השמאלי ניתן לראות את מגבלת מקורות המים הטבעיים העומדת על 1,751 מלמ"ק, כפי שתיארנו קודם לכן בגרף 5, בעלות שאיבה ממוצעת של 1.2 ש"ח למ"ק. עד שנת 2005, בה החל מתקן ההתפלה הראשון בישראל לפעול, שאיבת מים ממקורות טבעיים היוותה את דרך הפקת המים הבלעדית. בגרף האמצעי מוצגת התפלת מי ים, שעלתה על הפרק בשנת 2002. בחרנו להציג את שוק ההתפלה כגמיש לחלוטין, כיוון שמשק המים כמעט ואינו מוגבל במספר מתקני ההתפלה אותם ניתן להקים בכדי לענות על הביקושים הגוברים למים. עלות התפלה גבוהה מעלות שאיבת מים ממקורות טבעיים ועומדת על 2.6 ש"ח למ"ק, זאת עקב עלות הקמה גבוהה ועלות שוטפת הנובעת בעיקר מעצימות האנרגיה שתוארה בסקירת הספרות. הגרף הימני משלב את היצע המים בשיטת ההתפלה, היצע המים באמצעות שאיבה ממקורות טבעיים, ואת ביקושי המים של האוכלוסייה, אשר עלו לאורך השנים. בגרף זה ניתן לראות כי כל עוד ביקושי האוכלוסייה נמוכים יחסית, הרי שהתפלת מי ים אינה כדאית. לעומת זאת, ככל שהביקושים גדלים, עלות ההקמה הגבוהה של מתקני התפלה מתחלקת בכמות גדולה של מים, מה שמוזיל את העלות הממוצעת, והקמת המתקן הופכת כדאית.

3.7. עלויות עודפות

גרף 9 מהווה המשך ישיר של תיאור שוק המים אשר הוצג מעלה. בגרף זה שילבנו את העלויות העודפות שתוארו בפרק 2.14 ועלותם הכלכלית הממוצעת העומדת על 1.8 ש"ח למ"ק.

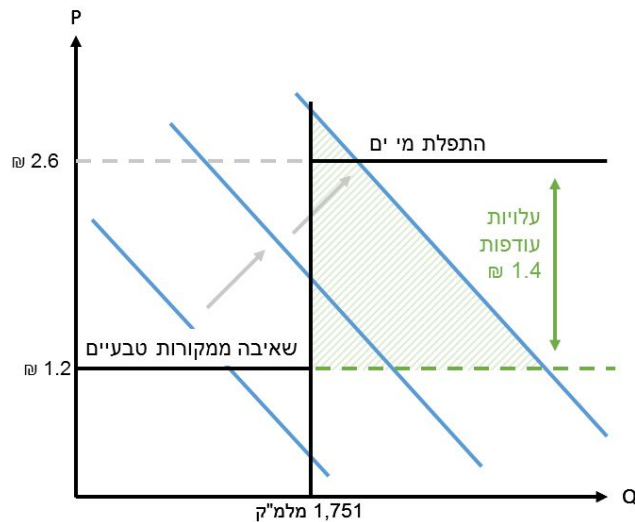


גרף מספר 9: עלויות עודפות

הוספת העלויות העודפות (סכום "שלילי") לעלויות הפקת מי ים מותפלים מציגה את העלות האמיתית של מי ים מותפלים למשק, העומדת על 0.8 ש"ח למ"ק בלבד, עלות נמוכה מזו של שאיבת מים ממקורות טבעיים. האזור הצבוע בגרף מתאר את סך החיסכון המשקי לאור שימוש נרחב בהתפלה.

3.8. בדיקות רגישות - תועלות עודפות מינימליות

התועלות העודפות המוצגות בגרף 9 הן תועלות ממוצעות. בכדי לקבל החלטות בצורה שקולה יותר, בחרנו לבצע ניתוח רגישות של התוצאה. לצורך ביצוע ניתוח הרגישות בחנו את טווח התועלות העודפות, הנע בין 1.4 ש"ח למ"ק במינימום לבין 2.2 ש"ח למ"ק במקסימום. בגרף מס' 10 נציג את העלויות העודפות בנקודת המינימום.

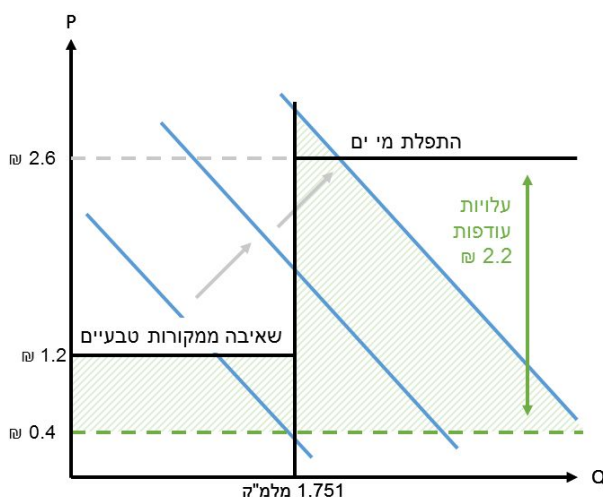


גרף מספר 10: בדיקת רגישות - תועלות עודפות מינימליות

ניתן לראות כי במידה והתועלות העודפות בנקודת המינימום שלהן, עלות התפלת מי ים עומדת על 1.2 ש"ח למ"ק, עלות זהה לזו של שאיבת מים ממקורות טבעיים.

3.9. בדיקות רגישות - תועלות עודפות מקסימליות

בגרף מס' 11 נציג את העלויות העודפות בנקודת המקסימום שלהן, העומדת על 2.2 ש"ח למ"ק.



גרף מספר 11: בדיקת רגישות - תועלות עודפות מקסימליות

ניתן לראות כי במידה והתועלות העודפות בנקודת המקסימום שלהן, עלות התפלת מי ים עומדת על 0.4 ש"ח למ"ק, שהיא שליש עלות שאיבת מים ממקורות טבעיים.

4. ממצאים ומסקנות

לאחר בחינת מבנה שוק המים ומאפייניו בפרק הניתוח, נמנה כעת את הממצאים והמסקנות. ממצאי המודל הכלכלי, כפי שמוצגים בפרק הניתוח מעידים על גידול מתמיד בביקושים אשר נובע מגידול שנתי קבוע של כ-2% באוכלוסיית ישראל. יחד עם זאת, היצע המים הטבעיים מוצג כקשיח לחלוטין כיוון שתלוי בתנאי אקלים וכמעט אינו משתנה לאורך השנים. מצב זה יוצר פער הולך וגובר בין ההיצע הקשיח לביקוש הגדל אשר מוביל לגרעון הולך ומצטבר בשוק המים. הגרעון המצטבר הגיע לשיאו בשנות ה-2000 והוביל את מקבלי ההחלטות לפנות לחיפוש אחר מקורות מים שפירים נוספים ולהגדיל את מצאי המים כך שיתאם את הביקושים. בשנים אלו, משק המים הגיע למצב בו ניצול המקורות הטבעיים היה חמור עד כדי רמת שימוש החורגת מהקווים האדומים, מה שהוביל לקיצוץ הקצאת המים לחקלאות לרמת "מנת הברזל". בחינת האלטרנטיבות

בתקופה זו נעשתה בתנאי לחץ וללא בחינה מעמיקה של העלויות, התועלות וההשלכות של כל אלטרנטיבה. כפי שתואר בפרק 2.8, בתכנית האב 2002-2010 הוחלט על הקמתו של מתקן ההתפלה הראשון מסוגו בישראל, שמטרתו הגדלת מצאי המים השפירים, שיקום מאגרי המים הקיימים, והקטנת הגרעון במשק המים.

העובדה כי ההחלטה על מעבר לשימוש במים מותפלים נבחנה במהירות, הביאה אותנו לתהות בנוגע לכדאיות הפרויקט והתזמון שבו הוא נעשה. במסמך זה בחרנו לבחון את עלויות ההתפלה תוך התחשבות בעלויות העודפות, מתוך הבנה כי כאשר בוחנים כדאיות פרויקט יש לקחת בחשבון את כלל ההשפעות- הישירות והעקיפות, על מנת להסתכל על התמונה המלאה של שוק המים.

בחינה של שוק ההתפלה לבדו, מראה כי הוא משתנה ומתפתח עם השנים, דבר אשר משפיע על העלויות הקבועות. שיפורים טכנולוגיים בשוק אפשרו התייעלות אשר באה לידי ביטוי בירידת עלויות ההון של מתקני המים המותפלים והובילה לירידת מחירים האמיתית. כמו כן, במהלך המחקר נוכחנו לגלות כי שימוש במים מותפלים טומן בחובו עלויות עודפות רבות. גילוי זה הוביל אותנו למציאת מחירה האמיתי של התפלה, הנמוך מעלות ההפקה. כאשר התייחסנו לכלל הגורמים יחד, גילינו כי עלות ההתפלה בפועל נמוכה מעלות שאיבת המים.

הביקוש למים, הגדל לאורך השנים, הוביל ליצירת הגרעון החמור, אך הוא גם אפשר לעשות שימוש בהתפלה לפתרון המשבר. בעבר, עלויות ההתפלה הממוצעות היו גבוהות בהרבה, נוכח ביקושים נמוכים. כלומר, על אף ההשקעה הגבוהה בהקמת מתקני התפלה, כמות המים שהותפלה בפועל הייתה קטנה ולא כדאית. גידול האוכלוסייה והדרישה ההולכת וגדלה למים שפירים הובילו למצב בו הקמת מתקן התפלה הוא אכן פתרון יעיל, שכן תוך ניצול היתרון לגודל ניתן להגדיל את היצע המים השפירים במחיר סביר.

לאחר הסקת המסקנה כי ההתפלה אכן כדאית ומהווה פתרון יעיל, פנינו לבחון את העלויות העודפות שכן אלו עשויות להוריד את עלות ההתפלה עוד יותר. כשבחנו את העלויות העודפות ביצענו בדיקת רגישות, בדיקה זו חשובה במיוחד, היות ונעשה שימוש בטווחי עלויות, היכולות להשפיע על כדאיות הפרויקטים. בדיקת הרגישות נעשתה בשני שלבים, כאשר בשלב הראשון בחנו את כדאיות הפרויקט תוך שימוש בעלויות עודפות בנקודה המינימלית (1.4 ש"ח למ"ק); בשלב השני עשינו שימוש בעלויות עודפות בנקודת המקסימום (2.2 ש"ח למ"ק). עלויות ההתפלה והשאיבה ממקורות טבעיים הוחזקו קבועות לאורך הבדיקה. תוצאות הבדיקה הציגו שני מקרי קיצון: כאשר העלויות העודפות היו מינימום, ההתפלה ושאבת מים ממקורות טבעיים השתוו בעלויותיהם, ואילו כאשר העלויות העודפות היו בנקודת המקסימום, ההתפלה הפכה כדאית. יחד עם זאת, יש לציין כי גם בנקודה בה העלויות העודפות מינימליות, להתפלה יתרון על פני שאיבת מים כיוון שזו מאפשרת שמירה של אוגר תפעולי במאגרים, כך ניתן יהיה לספק מים איכותיים וברמת אמינות גבוהה גם בשנים שחונות עתידיות. לצד בחינת כדאיות הפרויקט, חשוב לזכור כי מצאי המים הטבעיים של ישראל לא עמד

בביקוש ההולך וגדל במדינה, דבר אשר חייב שימוש באלטרנטיבות שונות להגדלת מצאי המים, גם בעלות גבוהה יותר מזו של שאיבה ממקורות טבעיים.

5. המלצות

נייר המדיניות עסק בהתנהלות משק המים של ישראל, המתמודד באופן מתמיד עם שאלת ניהול ההיצע אל מול הביקושים בצורה המיטבית הן למשק והן לצרכן. מאחר וכיום מים מותפלים מהווים מרכיב מרכזי במשק המים, שאפנו לחקור את פרויקט ההתפלה לעומקו ולבחון את כדאיותו למשק. במהלך המחקר התייחסנו למגוון המרכיבים של עלויות ההתפלה, העשויים להשפיע על המחיר לצרכן, וכן התייחסנו לשיפורים הטכנולוגיים והעלויות העודפות אשר משפיעות גם הן על עלויות התהליך.

לאחר שסקרנו את מקורות המים בישראל, בעיית מחסור המים, מבנה משק המים וכל מרכיבי עלויות ההתפלה, התפנינו לבחון את העלויות האמיתיות של מים מותפלים. כמו כן, ולאורך כל התהליך, השונו עלויות אלו לעלויות השאיבה ממקורות מים טבעיים, וזאת על מנת לייצר המלצה למקבלי ההחלטות על דרך פעולה יעילה להמשך.

המלצתנו העיקרית היא הגדלת היקף המים המותפלים במדינת ישראל, תוך צמצום היקף השאיבה מהמאגרים הטבעיים.

לדעתנו, היקף ההתפלה כיום אינו מביא את המשק לנקודה המיטבית, ממספר סיבות:

1. על פניו, בחינה שטחית של עלויות ההתפלה מראה כי עלויות אלו גבוהות בהרבה מעלויות השאיבה ממאגרים טבעיים. אולם, וכפי שהוכיח הניתוח בעבודתנו, בחינה מעמיקה של העלויות העודפות העלתה כי העלות האמיתית של מים מותפלים נמוכה הן מעלויות ההתפלה והן מעלויות השאיבה המקוריות. ומכאן, בטווח הארוך הגדלת היקף המים המותפלים מאפשרת חיסכון כלכלי למשק.

2. תהליך ההתפלה הינו תהליך עתיר אנרגיה. משק האנרגיה בישראל מושפע רבות מהתנודתיות העולמית שנובעת משינויים בהיצע ובמחיר. קשה להתעלם מהעובדה כי מצאי הדלקים הפוסיליים מדלדל וכתוצאה מכך הפקתם נעשית יקרה יותר, לכן משק האנרגיה העולמי הולך לקראת שינוי משמעותי. מקבלי ההחלטות מבינים בהדרגה כי יש למצוא פתרון למצאי הדלקים, תוך שאיפה למעבר לאנרגיה חלופית, אשר מחירה השולי ילך ויפחת. דבר אשר עשוי להשפיע על מחיר ההתפלה בעתיד. דוגמא לשינוי כזה במשק האנרגיה והשפעתו על המחירים, ניתן לראות כיום בישראל אשר גילוי מאגרי הגז בסביבתה הרעיד את המערכת

הפוליטית ושינה את פני משק החשמל. ייצור חשמל מגז טבעי זול פי 4.2 מסולר ופי 2.6 ממוזוט (הפורום הישראלי לאנרגיה), ולכן העלויות השוליות של התפלת מי ים עשויות לרדת ולהגדיל את כדאיותה למשק המים.

3. כפי שהסברנו בניתוח שבפרק 3, האוכלוסייה בישראל במגמת עליה מתמדת, ואיתה הביקוש למים. דרישה לכמות גדולה של מים מותפלים מאפשרת ניצול מרבי של יתרונות לגודל הטמונים בהקמת מתקן התפלה. לכן אוכלוסייה גדלה מאפשרת לפתור את בעיית המחסור במים, בכך שניתן להקטין עלויות שוליות באמצעות הגדלת כמות ייצור. יש לציין, כי להערכתנו אופן השימוש בהתפלה כיום עושה שימוש ביתרון לגודל והוא נכון וראוי. יחד עם זאת, מאחר והאוכלוסייה ממשיכה לגדול, המלצתנו היא להמשיך להגדיל את היצע המים, באמצעות הקמת מפעלי התפלה נוספים.

4. מפלס הכנרת עומד על הקו האדום התחתון (רשות הכנרת, 2017), ומפלס אקוויפר ההר נמצא בירידה מתמדת (רשות המים, 2017). הגדלת היקף ההתפלה יאפשר שיקום מאגרים טבעיים בעלי ערך סביבתי וכלכלי גבוה למדינת ישראל (כפי שצוין בפרק 2.5).

5. בפרק 2.14 הראנו כי השימוש במים מותפלים מוביל לשיפור ניכר באיכות המים הנצרכים, הן במגזר הפרטי, החקלאי והתעשייתי.

מהסיבות המובאות מעלה, אנו טוענות כי יש להגדיל באופן ניכר את היקף ההתפלה, זאת באמצעות הקמתם של מתקני התפלה נוספים והגדלת כושר הייצור של המתקנים הקיימים. לפי האומדנים שלנו, המשך הגדלת מערך ההתפלה לאור הגידול בביקושים, יאפשר את יעול התהליך תוך גביית מחיר נמוך עוד יותר מהצרכן.

על מנת לאפשר את היתכנות המלצתנו, יש לשפר את המערכת התומכת את משק המים- המוביל הארצי. המוביל הארצי, המשמש כרשת המחברת בין כל מקורות המים בישראל ומאפשר את הולכת המים לכל חלקי הארץ, הוקם בשנת 1964 לאחר שנים של תכנון. כיום, 53 שנה לאחר הקמתו, מיקום מקורות המים השתנה, הביקושים אינם כפי שהיו, וכמות המים הזורמים בו גדלה בכ- 40%. (מקורות, 2017) מכאן שלצד המלצתנו להגדיל את כמויות המים המותפלים בישראל, יש לתת את הדעת על מערכת ההולכה ולמצוא דרכים ליעיל אותה. לכן נמליץ לסקור בצורה מעמיקה את מבנה המערכת הקיימת ולהתאים אותו לריבוי המקורות שנוצר כתוצאה ממפעלי ההתפלה הפרושים ברחבי הארץ.

6. ביבליוגרפיה

בר - שירה, ז. כהן, נ. כסלו, י. (2007). הביקוש למים ברשויות המקומית. הרבעון לכלכלה, 54(2).
179-203.

הופמן, ד'. (2011). התפלת מים ויישומה בישראל. הוצאת רשות המים

ועדת החקירה הממלכתית בנושא ניהול משק המים בישראל (2010). דוח הוועדה.

הכנסת, נדלה מתוך:

http://www.knesset.gov.il/committees/heb/docs/vaadat_chakira_mayim.htm#15

הכנסת- מרכז המחקר והמידע (2008). נתונים על משבר המים בישראל.

הלשכה המרכזית לסטטיסטיקה (2010). פני החברה בישראל. דו"ח מס' 3.

המשרד להגנת הסביבה והמרכז למדיניות סביבתית במכון ירושלים לחקר ישראל (2011). פרויקט
תחזית קיימות לישראל 2030.

המשרד להגנת הסביבה והמרכז לשלטון המקומי בישראל (2013). פרק המים בתוכנית תג סביבה.

ויסברוד, ד. יהודאי, י. (1991). משק המים של ישראל. הרבעון לכלכלה, 150. 524-535.

מנהל המים והביוב ברשויות המקומיות הממונה על תאגידי מים וביוב (2013). תאגוד אזורי של
תאגידי מים וביוב בישראל הצעה למתווה ובחינת כדאיות כלכלית.

מקורות, נדלה מתוך: <http://www.mekorot.co.il>

מרכז טאוב לחקר המדיניות החברתית בישראל (2011). משק המים בישראל. נייר מדיניות מס' 15.

משרד התשתיות הלאומיות, נציבות המים - האגף לתכנון (2002). תוכנית אב (מעבר) לפיתוח משק
המים בשנים 2002-2010.

רשות הכנרת, נדלה מתוך: <http://www.kineret.org.il>

רשות המים, נדלה מתוך: <http://www.water.gov.il>

רשות המים (2015). צריכת המים לפי מטרות 1998-2015.