

משק הקולחים—עלויות ומחירים*

סיכום קצר¹

הקולחים, מקור מים חשוב, הם שפכים מטוהרים והטיהור קשה ויקר. ועוד, השימוש בקולחים להשקיה מגדיל את כמויות המלח שמתנקזות אל מי התהום ובעתיד נאלץ כנראה לסלק, בעלויות גבוהות, את המלחים מהמאגרים התת-קרקעיים. השאלה הכלכלית העיקרית שמשק הקולחים מעלה היא על כן שאלת הקצאת העלות של טיהור השפכים והשבת הקולחים והעלות של סילוק המלחים. הגישה המקובלת על רבים היא שעלות הטיפול בקולחים צריכה להיות מוטלת על העיר, יוצרת השפכים, והחקלאים יקבלו את הקולחים בחינם במוצא מפעל הטיהור. זו אינה האפשרות היחידה ובכדי להדגיש זאת, נפתח הדיון במאמר במקרה בו החקלאים משתתפים בעלות טיהור הקולחים. חלופות אחרות נידונות בהמשך.

הדיון הוא עיוני-תיאורטי, ולהוציא הדגמה מספרית שגם היא מבוססת על ערכים שהם בחלקם שרירותיים והערה על אומדן תועלת, אינני עוסק בשקלים ואגורות אלא במבנה וברכיבים של העלויות והמחירים במשק הקולחים. המאמר בנוי משלושה חלקים עיקריים. החלק הראשון עוסק בהקצאת עלויות בהנחה שהמחירים הם שקובעים את הכמויות של המים השפירים בעיר ובחקלאות ואת כמויות הקולחים בחקלאות. החלק הזה נפתח בפרק בו מוצג מודל כלכלי-מתמטי שממזער (מביא למינימום) את העלויות במשק הקולחים. המתמטיקה מייצרת מחירים לגבייה מתושבי הערים ומהחקלאים עבור המים השפירים והקולחים. המחירים הללו הם שמקצים את עלות הטיהור ועלות סילוק המלח בין תושבי הערים לחקלאים. המחירים שמתקבלים מראים שהערים נושאות בעול טיהור השפכים אולם הן מזוכות בתשלומים שמשלמים החקלאים תמורת הקולחים שמועברים לשדותיהם. מחיר המים לעיר שמתקבל במודל המתמטי כולל גם מרכיב לכיסוי העלות של סילוק המלח שנוסף לשפכים במשקי הבית ובמוסדות העירוניים. במחיר שהחקלאים משלמים עבור המים השפירים הם מחויבים בעלות סילוק המלחים שמתנקזים מהשדות למי התהום.

הפרק המרכזי האחר בחלק הראשון של המאמר נשען על הממצאים התיאורטיים של הפרק המתמטי ומטרתו היא להציע הקצאת עלויות לשורה של חלופות לשימוש

* בניתוח ובהצגה במאמר הזה משולבים דברים מתוך המאמרים "מחירי המים" (בהכנה) ו"היבטים כלכליים של השבת שפכים לחקלאות" (נכתב עם גדי רוזנטל, 1993). חישוב העלויות השוליות נשען על עבודתו של רן מוסנזון (2001). גדי רוזנטל העלה לפני זמן רב את שאלת הקשר בין ההמלחה למחיר המים. אור גולדפרב שותפה לעיון בכלכלת משק המים ולמחשבה על המאמר והצגתו. אלי פיינרמן, ישראל פינקלשטיין ועידו קן העירו לטייטה קודמת.

¹ הסיכום נכתב בעקבות הערה של חיים צבן.

בקולחים וביניהן סילוק לים (חלופת האפט) ושימוש בחקלאות. בפרק מוצגים המחירים שתשלמנה הערים וישלמו החקלאים עבור המים. למשל, אם איכות הקולחים בהשקיה (תרומתם לייצור) זהה לאיכות המים השפירים, החקלאים ישלמו עבור הקולחים מחיר זהה לזה של השפירים. ייתכן אז שמחיר המים בשער העיר יהיה נמוך מהמחיר לחקלאות. אך ייתכן גם מצב בו החקלאים יקבלו את הקולחים בחינם או, אפילו, העיר תשלם לחקלאים בכדי שיסכימו לקבל את המים המושבים. בין המסקנות העיקריות מהדיון, לא תמיד נשמר העיקרון 'המזהם ישלם', וכן שלא יהיה זה מוצדק לקבוע היטל הפקה למי קולחים בנוסף להיטל על מים טבעיים ממשאבים מוגבלים.

הממצאים שצוטטו עד כה הם למשק קולחים בו ההקצאה היא במחירים, כמו בשוק החשמל או הדלק—יש מחיר והמשתמשים לוקחים כמה שיימצאו לנכון במחיר שנקבע. אולם, הקולחים הם משאב מקומי, ניצולם נעשה בדרך כלל באזור שקרוב לעיר שמייצרת את השפכים. על כן, במקרים רבים, מוסרת העיר את הקולחים לחברה או לאגודה אזורית. מחירי ההעברה אינם אז מחירי שוק אלא תשלומים שנקבעים במשא ומתן בין העיר למי שמקבל את הקולחים. החלק השני של המאמר דן בהסכמים לתשלומי ההעברה. אחת המסקנות היא שרצוי שתקום רשות שתקבע מחירים ותסייע בהשגת הסכמים ושמירה עליהם.

הממשלה מעורבת במשק הקולחים בתקנות ובתמיכה. החלק השלישי של המאמר דן במעורבות הציבורית. בחלק זה מוצגת ביקורת על דוח שהגישה חברת פארטו לוועדת ענבר שקובעת עתה תקנים חדשים לטיהור השפכים. התקנים מחמירים והועדה כנראה מתבססת בהחמרה על הערכות התועלת של חברת פארטו. למיטב שיפוטי הערכות אלה מוגזמות. חברה עשירה כמדינת ישראל יכולה, ואולי אף צריכה, להבטיח סביבה נקייה אפילו אם הניקוי יקר והתועלת אינה ניתנת לכימות. הערכות מוגזמות בתחומים בהם הידע אינו מאפשר אומדנים אמינים מסלפות את הדיון ומקטינות את האמון בניתוחים כלכליים.

העיון בכלכלת הקולחים וליקוט החומר שפורסם חיזקו בדעתי את הצורך לערוך סקר מסודר ומקיף על משק השפכים והקולחים, המפעלים, ההסדרים הכלכליים, התמיכה של הממשלה ושל המוסדות האחרים והבעיות שהתעוררו. סקר כזה יוכל לסייע בהבנת כלכלת הענף ושיפור המדיניות הציבורית.

הקדמה

בעוד עשר או חמש עשרה שנים יהיו הקולחים למעלה ממחצית כמות המים שתסופק לחקלאות, ואף כי משק הקולחים מעלה בעיות כלכליות מיוחדות ומורכבות, הדיון הכלכלי בארץ עוסק בעיקר במים שפירים. במאמר הזה בכוונתי לסקור היבטים כלכליים אחדים של משק הקולחים ומחשבות שהצלחתי לגבש על תפקודו. התפיסה הכללית היא של מערכת אחת שבה נעשה טיהור השפכים שנאספים בערים ובה הקולחים משמשים בדרך כלל גורם ייצור בחקלאות. השאלות העיקריות בהן מטפל המאמר הן שאלות הקצאה, הקצאת הקולחים למשתמשים והקצאת העלויות בין העיר לחקלאים. בנייתן משולבת החובה של הערים לטהר את השפכים אך משפטים כגון, שהעיר חייבת להחזיר את המים באיכות בה קבלה אותם או שהחקלאים תורמים תרומה מיוחדת לחברה בכך שהם לוקחים את הקולחים, הם לטעמי סיסמאות מערפלות ולא בסיס למדיניות או לדיון מקצועי.

משק הקולחים הוא רב-גוני. השפכים של תל אביב וסביבתה נאספים למפעל השפד"ן לטיהור וחברת 'מקורות' מעבירה אותם לחקלאות בדרום ובנגב. איגוד ערים דן מקבל תשלום עבור השפכים שהוא מוסר. ירושלים מזרימה את הקולחים שלה, ללא תמורה, לנחל שורק ורובם נתפסים ליד צרעה ומשמשים להשקיה; יתרם ממשיך לים. בעמק יזרעאל אוספת האגודה האזורית שפכים, מטהרת אותם ומעבירה את הקולחים לחקלאים. בחפץ חיים קיבוץ יחיד מספק קולחים לחקלאים בסביבתו. רמת הטיהור במפעלים אינה אחידה, וכך גם עלויות הטיהור וההשבה אינן זהות.

מפעלי הקולחים הם מפעלים אזוריים ואפשר לחשוב על שתי אפשרויות להקצאה במפעלים אלה. במפעלים גדולים יחסית, כדוגמת השפד"ן, ההקצאה יכולה להיות במחירים, במחיר שייקבע ייקח כל חקלאי את הכמות שימצא לנכון. המחירים הללו, מחירי ההעברה של הקולחים, גם יקצו את העלויות—יחלקו את הוצאות הטיהור וההשבה בין העיר לחקלאים. במקומות אחרים, העיר שמטהרת את השפכים, או החברה שעושה זאת עבורה, מוסרת את הקולחים לאגודה אזורית והיא שמקצה את הקולחים לחבריה ולאחרים. מחירי ההעברה ייקבעו אז במיקוח בין העיר לאגודה. במקומות אלה הקצאת העלויות בין העיר לחקלאות תיקבע לפי ההסכמים אליהם יגיעו הצדדים למיקוח. הדיון בהקצאה ייעשה על כן בשני חלקים, הראשון יכסה את ניתוח העלויות במשטר מחירים; כלומר, בהנחה שהמחירים הם המכשיר שמקצה את הקולחים. החלק השני יטפל במקרים האחרים וכותרתו תהיה משטר הסכמים.

הממשלה מעורבת במשק המים והקולחים בתקנות, קביעת מחירים ותמיכות.

לפעולתה השפעה עמוקה. הדיון בשני חלקי המאמר הראשונים יהיה ב"משק ללא ממשלה" ומעורבותה תשולב בחלק השלישי.

הדיון במאמר הוא בעיקר תיאורטי-עקרוני ואחת המסקנות שנובעות ממנו הוא הצורך בלימוד ותיאור משק הקולחים בארץ—מפעלי הטיהור וההשבה, השימוש שנעשה בקולחים בחקלאות, ההסדרים הכלכליים, מחירי ההעברה ומעורבות הממשלה והמוסדות האחרים. הלימוד הזה נחוץ בכדי לבדוק אם אנו מודעים לכל השאלות

הכלכליות שפעולת המגזר מעלה ולברר מה הם ההיבטים החשובים בדיון כלכלי ומה הן הבעיות שהניתוח חושף אך חשיבותן המעשית קטנה.²

סקירה כללית³

משקי הבית, מפעלי התעשייה ואחרים מייצרים שפכים. השפכים המטוהרים מכונים קולחים או מים מושבים והם עוברים לשימוש בחקלאות או מוזרמים ליעדים אחרים. על כן פועל משק הקולחים בשלושה שלבים: איסוף השפכים, טיהור השפכים והשבת הקולחים. בהשבה נכללים הזרמת הקולחים לאזור היעד, איגום (מהחורף לקיץ) וחלוקה לשימושים—בדרך כלל לשדות. במשק הקולחים יש מפעל אחד בקנה מידה של מפעל ארצי—השפד"ן, שפכי גוש דן. השפכים המטוהרים במפעל מוחדרים לקרקע החולית בחופי ראשון לציון ויבנה ומוצאים ממנה נקיים יותר בבארות שמספקות את הקולחים למערכת הובלה לדרום ולנגב. המפעלים האחרים הם אזוריים. הגדלים העיקריים במשק הקולחים מפורטים בלוח 1.

לוח 1: שפכים וקולחים, שנת 2000 (מלמ"ק)

צריכה		ייצור והשבה	
117	שפד"ן	451	שפכים
143	קולחים אחרים	386	טיהור
(50)	(מזה 'מקורות')	65	זרימה כביוב גולמי
260	קולחים בחקלאות	65-85	פחת
1137	מים בחקלאות	260	ניצול קולחים
23%	שיעור הקולחים	40-60	בלתי מנוצלים

מקור: לייצור והשבה—מבקר המדינה, 2003; לצריכה—נציבות המים, 2002 ב.

לפי ההערכה, היה ייצור השפכים בשנת 2000 451 מלמ"ק (מיליון מ"ק) ומהם טוהרו כ-85%; כמות ניכרת, 65 מלמ"ק, זרמה כביוב גולמי לנחלים וליים. גם חלק מהקולחים, השפכים שטוהרו, לא נוצל. לפי ההערכות שמצטט מבקר המדינה, נפח הקולחים שלא נוצל היתה 40-60 מלמ"ק. לא נמסר כמה מהקולחים שלא נוצלו זרמו לנחלים ולמקווי מים וסייעו לקיים את הטבע הירוק במדינה.

הצריכה בחקלאות הגיעה באותה שנה ל-260 מלמ"ק, מתוכם 117 מלמ"ק במפעל השפד"ן. חברת 'מקורות' מפעילה את השפד"ן ומספקת כשליש מהקולחים האחרים. מפעלי קולחים רבים הם קטנים יחסית ועל כן הם מופעלים בידי גורמים מקומיים ואחרים ולא בידי חברת המים הארצית 'מקורות'.

תוכנית האב (נציבות המים, 2002 א) צופה שבשנת 2010 תהיה הספקת הקולחים 509 מלמ"ק והצריכה תהיה 496 בחקלאות ו-13 מלמ"ק בתעשייה. הקולחים יהיו באותה תקופה 44% מצריכת המים בחקלאות. ההשקעות הדרושות להגיע ליעד של שנת 2010 במפעלי ההשבה ובשדרוג הקולחים מוערכות בתוכנית בסכום של 4,375

² דוח מבקר המדינה (2003, עמודים 825-836) מוסר מידע רב על השבת הקולחים אך הוא מתמקד בפעולות משרדי הממשלה ולא בהיבטים הכלכליים של המגזר.
³ לסקירה טכנית ומידע על המפעלים הגדולים, ר' גבירצמן (2002) פרק 10.

מיליון ש"ח. הממשלה תומכת עתה בהשקעות במשק הקולחים בשני ערוצים עיקריים: מנהלת הביוב תומכת באיסוף ביוב ובמפעלי טיהור ונציבות המים תומכת במפעלי השבה. סכום התמיכה משתנה לפי מצאי התוכניות וקצב הפעלתן והוא מגיע, בשני הערוצים יחד, לכמה מאות מיליוני שקלים לשנה.

השפכים מכילים מזהמים וגורמי מחלות שרק חלקם מסולק בתהליך הטיהור. על כן השימוש בקולחים מוגבל לגידולים ולשטחים שבהם פגיעתם קטנה יחסית. ועדת משותפת למשרדי ממשלה אחדים (ועדת ענבר) גיבשה לאחרונה תקן מחמיר לקולחים; אך הוא לא אומץ ולא הופעל עד כה.

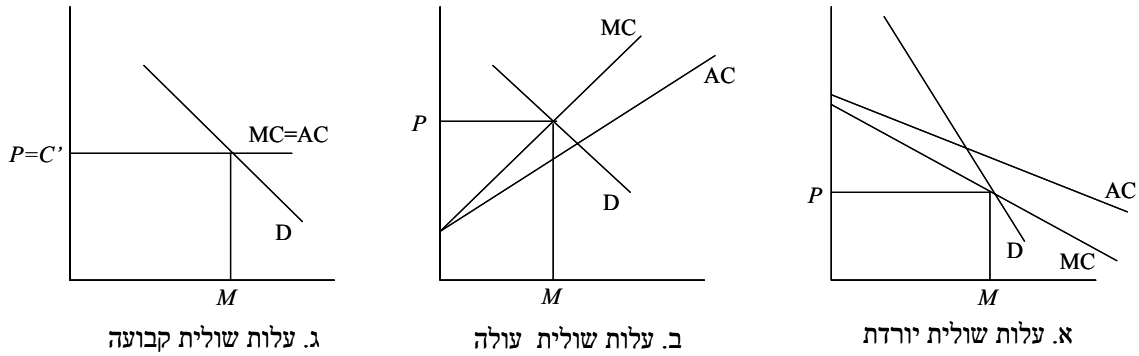
חלק ראשון: משטר מחירים

מודל כלכלי יחיד להצגת כל ההיבטים של משק הקולחים, ואפילו אם יוגבל לניתוח ההקצאה במחירים, יהיה מורכב ומסורבל. על כן בניתי את הדיון העיקרי בשני פרקים שבכל אחד מהם נידונים היבטים כלכליים מסוימים של משק הקולחים והנחות מפשטות מאפשרות התעלמות מהיבטים אחרים. פרק אחד בחלק הראשון הזה של המאמר מוקדש לניתוח מקיף של מערכת המים והקולחים תוך התחשבות בצורך לסלק ממאגרי המים מלחים שמצטברים בהשקיה. הדיון מתאים במיוחד לאקוויפר החוף. הניתוח נעשה במודל מתמטי ובהנחות מפשטות; למשל, בהתעלמות מהאפשרות לסלק קולחים לנחלים או לים. אחת המסקנות העיקריות המאמר היא שלא תמיד יתקיים העיקרון 'המזהם ישלם' לפיו העיר תטהר את השפכים ותמסור לחקלאים קולחים בחינם.⁴ להדגשת הממצא הזה, נערך הדיון בפרק למקרה בו החקלאים אמנם משלמים לעיר עבור הקולחים ומורידים בכך את עלות המים לתושביה. פרק אחר מניח לשאלת המלחים ומציג ניתוח שמשתמש בעיקר בכלים גראפיים לבחינת חלופות נוספות לשימוש בקולחים ואפשרויות אחרות להקצאת עלויות; ביניהן, מסירת הקולחים בחינם או אף תשלום לחקלאים בכדי שייאותו לקבל את המים המושבים. בטרם ניגש להקצאת העלויות, נפתח בשתי הערות, על המחירים ועל שיטת הניתוח.

תפקידי המחירים

המחירים ממלאים, במשק המים ובדרך כלל, שלוש פונקציות שונות.⁵ א. המחירים מעבירים מידע; מחיר זהה לעלות השולית מוסר למשתמש מה העלות שנגרמת למשק הלאומי מהשימוש במ"ק אחד נוסף של מים. מחיר זהה לתועלת השולית, או לערך התפוקה השולית, מוסר ליצרן מה התועלת מייצור יחידה נוספת של המוצר או השירות. ב. המחיר מנקה את השוק; במחיר של שיווי משקל הכמות שיבקשו המשתמשים שווה לכמות המוצעת.

⁴ העיקרון מקובל על רבים; למשל, ירון, חרובי ומישאלי (2000).
⁵ דיון מפורט יותר במחירי המים מוצג אצל כסלו (2002).



איור 1: עלויות ומחירים

ג. המחירים מכסים את העלויות; הפדיון ממכירת המים מכסה את עלויות ההפקה וההספקה.

לא תמיד מתקיימים התנאים בהם המחירים ממלאים את כל שלושת התפקידים גם יחד. באיור 1 א' מתוארות העלות השולית והמוצעת למפעל שמאופייין בתשואה עולה לגודל. המחיר P זהה לעלות השולית והוא מקיים על כן את הפונקציה א' לעיל— העברת מידע. אולם במחיר הזה (באיור 1 א', בכמות M) העלות הממוצעת גבוהה מהעלות השולית וסך הפדיון לא יכסה את כל העלויות. המחיר לא ימלא את הפונקציה ג'. לעומת זאת, באיור 1 ב' התשואה יורדת לגודל, העלות השולית עולה ובמחיר P הפדיון יהיה גדול מסך העלות. רק במקרה של תשואה קבועה לגודל (איור 1 ג') גביית מחיר זהה לעלות השולית תבטיח כיסוי מדויק של העלות הכוללת.

בדומה לכך, לא תמיד מתקיימים התנאים שמאפשרים שיווי משקל ומחירים שמנקים את השוק. אולם, בכדי למקד את הדיון במאמר בשאלת הקולחים ולא לסטות לסוגיות כלכליות כלליות, אני מניח שבמקום שההקצאה היא במחירים מתקיימת תשואה קבועה לגודל והפדיון ממכירת המים מכסה את עלותם.

השאת רווחה או מזעור עלויות

ניתוח כלכלי נעשה בדרך כלל במסגרת מחשבתית של השאת רווחה או, השאת המדד שמייצג רווחה—ההכנסה הלאומית.⁶ ואמנם, בתכנון משק המים והקולחים עם פונקציות מטרה של השאת התרומה להכנסה הלאומית, אפשר לחשב הן את הכמויות הרצויות והן את המחירים המתאימים. תכנון כזה נעשה, אפילו אם לא במפורש, בשעה שמחליטים על הקמת מפעלי מים חדשים. אך התפקיד של המאמר הזה צנוע יותר, לבחון מחירים והקצאת עלויות. זאת אפשר לברר במודלים פשוטים יחסית שמטרתם היא מזעור עלויות במפעל בגודל והרכב קבועים. ההצדקה להסתפקות במסגרת

⁶ בס (Boes, 1994) מטפל בעלויות ומחירים במפעלים ציבוריים במסגרת של השאת רווחה. פיינרמן, פלסנר ודיסני (Feinerman, Plessner, and DiSegni, 2001) בוחנים הקצאת עלויות במשק הקולחים במודל שמשא את רווחת תושבי העיר והחקלאים.

המצומצמת מתבססת על נימוקים אחדים: בגלל תכונת הדואל של התכנון, בתנאים מסוימים, המחירים שממזערים עלויות זהים למחירים שמשיאים הכנסה. בדיון העקרוני אנו לא מתעניינים במחירים בשקלים ואגורות אלא במרכיבים של המחירים ובדרך החישוב שלהם ואל אלה נוכל להגיע גם במסגרת של מזעור עלויות. גם בחישובים מספריים של מחירים למעשה רצוי, אם אפשר, להצטמצם למזעור עלויות מפני שדרישות הנתונים של החישובים הללו צנועות יחסית. בחישובים של השאת רווחה או הכנסה יש לדעת מה התרומה של המים והקולחים להכנסה. זה מידע שקשה להגיע אליו (קשה לאומדו) ואפשר, כפי שיודגם בהמשך, לוותר עליו בחישובי עלויות.

משטר מלח בר-קיימא

מטרת הפרק היא לקבוע מחירי מים לחקלאות ולמשקי בית (למגזר העירוני) תוך התחשבות בתכולת המלחים (הכלורידים), הן במים השפירים והן בקולחים. המסגרת המושגית היא של מצב מתמיד (בר-קיימא) במאגר החוף ופרטיה הוצגו אצל גולדפרב וכסלו (2002). המצב המתמיד מוגדר כמצב בו ריכוז המלחים במי המאגר קבוע והריכוז הקבוע נשמר בכך שמדי שנה מסולקות ממי המאגר כמויות מלח זהות לכמויות שמתווספות בהשקיה (השוויון הוא בין הממוצעים, לא בהכרח לכל שנה). למען מיקוד הניתוח, נאמץ בהמשך הנחות מפשטות, בחלקן אף מלאכותיות: מקור המים היחיד לחוף הוא מי המוביל מהכינרת, בחוף יש שני מגזרים, חקלאות ומשקי בית. החקלאות משתמשת במי המוביל ובקולחים שמקורם במשקי הבית. תרומת הקולחים לייצור בחקלאות יכולה להיות נמוכה מתרומת המים השפירים. לשמירת המצב המתמיד, כל המלח שמתווסף לחוף מדי שנה מוצא מהאזור בהתפלה של מי האקוויפר. המים המותפלים חוזרים למאגר, אין הפקה של מים מאקוויפר החוף, לא לעיר ולא לחקלאות.⁷ הנחה טכנית נוספת היא שכל הפתרונות הם פנימיים; בשפה פשוטה, כמות המים שנשאבת מהכינרת אינה מגיעה למגבלת המים של האגם (על כן ערך הנדירות של המים הללו הוא אפס) והחקלאים רוכשים את כל הקולחים שהעיר מייצרת במחירים שנקבעים. אין צורך להזרים קולחים לים.

לראייה קונקרטית, אפשר לחשוב על חברת 'מקורות' כמי שמספקת לחקלאים מי מוביל וקולחים, החברה מספקת למשקי הבית מים שפירים מהמוביל (אני מתעלם מעלות חלוקת המים ואיסוף השפכים בתוך העיר ומעלות הולכת הקולחים לשדות; כלומר, הביקוש של החקלאים לקולחים הוא במוצא מפעל הטיהור). לחברה יש שלושה סעיפי עלות: הולכה מהכינרת, טיהור השפכים והתפלה לשימור המצב המתמיד במאגר החוף. החברה אוספת תשלום עבור המים מהחקלאים וממשקי הבית ועליה לכסות הוצאותיה.

פורמלית, המחירים מחושבים במודל של מזעור עלויות. דרישת המודל היא שמערכת המים תספק לחקלאות X_A מ"ק לשנה של מים שפירים או שווי הערך שלהם

⁷ כמו הנחות אחרות בדיון, ההנחה הזו, שהמים המותפלים ומי החוף אינם משמשים להספקה, אינה מציאותית. מטרתה לשלב במודל התפלה לסילוק המלח שמגיע למאגר מבלי להכביד בהתחשבות בשלושה מקורות של מים שפירים.

בקולחים. למשקי הבית יש לספק X_U מ"ק לשנה. המים השפירים שמובלים מהכינרת, M_{KH} , מועברים לחקלאות ולמשקי הבית. מכל מ"ק מים שפירים שנמסר לעיר מתקבלים r מ"ק קולחים. בחקלאות משתמשים במים שפירים, M_A מ"ק לשנה, ובקולחים, R . כל מ"ק קולחים שקול מבחינת תרומתו לייצור ל- γ מ"ק מים שפירים ($0 \leq \gamma \leq 1$). מערכת המשוואות שמתארת את המצב הזה היא

$$\begin{aligned} M_A + M_U &= M_{KH} \\ M_A + \gamma R &= X_A \\ M_U &= X_U \\ R &= rM_U \end{aligned} \quad (1)$$

מי ההשקיה מכילים מלחים ששוקעים בקרקע ומחלחלים אל מי המאגר. תכולת המלחים, בגרם כלוריד למ"ק (מ"ג לליטר), היא μ_K בכינרת ובמי המוביל, μ_R בקולחים, μ_S במי מאגר החוף. כמות המים ממאגר החוף שמותפלים היא M_D מ"ק לשנה; ולתזכורת, לפי הנחת המודל, ההתפלה הזו היא לסילוק מלחים, המים המותפלים חוזרים למאגר ואינם נצרכים במישרין (כן אין אבדן של מי רכז). במצב המתמיד, כל המלחים שמגיעים מדי שנה למאגר מסולקים בהתפלה, ואז מתקיים

$$\mu_K M_A + \mu_R R = \mu_S M_D \quad (2)$$

העלויות, כאמור, הן הולכה מהכינרת, טיהור והתפלה. עלות ההולכה מהכינרת לחוף היא C_{KH} ש"ח למ"ק, עלות טיהור השפכים C_A (האינדקס A מסמל טיהור לאיכות שמתאימה לחקלאות) ועלות ההתפלה היא C_D ש"ח למ"ק. המודל המתמטי משמש לחישוב העלויות השוליות למגזרים והוא מוצג לפרטיו בנספח. המחירים שימלאו את הפונקציה א' לעיל (העברת מידע) יהיו זהים לעלויות השוליות; נכנה אותם מחירי עלות. הם יהיו, לפי הנספח, לחקלאות P_A , ולמשקי הבית P_U ,

$$\begin{aligned} P_A &= C_{KH} + C_D \frac{\mu_K}{\mu_S} \\ P_U &= C_{KH}(1 - \gamma r) + rC_A + rC_D \frac{\mu_R - \gamma \mu_K}{\mu_S} \\ P_R &= \gamma P_A \end{aligned} \quad (3)$$

המחיר P_R הוא לקולחים והוא משקף את תרומת הקולחים לייצור בחקלאות, יחסית למים השפירים.

העלות השולית של המים לחקלאות אינה זהה לעלות השולית של המים למשקי הבית ולכן גם המחירים שונים. המחיר לחקלאות כולל הולכה של המים מהכינרת לחוף וההתפלה לסילוק המלח שמי המוביל נושאים לשדות. ההתפלה אינה של מי המוביל עצמו אלא של מים שנשאבים ממאגר החוף. מים אלה עשויים להיות בעלי תכולת מלחים שונה מתכולת מי הכינרת, על כן נפח המים המותפלים אינו זהה לנפח מי המוביל שמופנים לחקלאות—ככל שהריכוז של המלח במאגר החוף (μ_S) גדול יותר, קטנה כמות המים שיש להתפיל ועל כן קטנה העלות וקטן המחיר P_A . הקולחים הם הגורם להבדל בין מחיר המים לחקלאות למחיר המים למשקי הבית. משקי הבית נושאים בעלות ההולכה מהכינרת וטיהור הקולחים. אולם הקולחים חוזרים לחקלאות ובכך הם חוסכים הולכה של מים מהכינרת לשדות. על כן משקי הבית אינם מחויבים במלוא עלות ההולכה של המים מהכינרת, הם מזוכים, כביכול, בשיעור של γr אחוזים מהעלות הזו (כפי שרשום בסוגריים בביטוי הראשון בצד ימין במשוואה שמגדירה את P_U). בנוסף לכך עלות ההספקה למשקי הבית כוללת עוד שני רכיבים; האחד, עלות הטיהור של השפכים, שכמותם היא r מ"ק שפכים לכל מ"ק של מים שפירים. והרכיב האחר משקף את עלות ההתפלה של מים ממאגר החוף. החיוב ברכיב הזה הוא בסילוק המלח שהקולחים מוסיפים למי המאגר. הביטוי בסימן מינוס במונה ברכיב העלות הזה נובע מכך שכל מ"ק של מי קולחים שמגיע לחקלאות מיתר את הצורך להוליך מהכינרת γ מ"ק של מים שפירים ועל כן הוא גם מקטין את הצורך בהתפלה לסילוק המלח שהמים השפירים הללו היו נושאים לחוף. אפשר להמשיך את התרגיל ולחשב מחירים למים בהנחות סבירות:

$$\begin{aligned} C_{KH} = 1.30 \quad C_D = 2.00 \quad C_A = 3.00 \\ r = 0.60 \quad \gamma = 0.80 \\ \mu_K = 250 \quad \mu_R = 350 \quad \mu_S = 400 \end{aligned} \quad (4)$$

ברשימה (4) כללתי את ההנחה שמליחות המים במאגר החוף תהיה 400 מ"ג לליטר. זו מליחות גבוהה (היום המליחות הממוצעת היא 200 מ"ג לליטר), ניסיתי לשקף את העובדה שאם תהיה התפלה של מי המאגר היא תהיה באזורים בהם המליחות גדולה מהממוצעת (או שבעתיד תהיה מליחות מי המאגר גבוהה מריכוזם היום). בחישוב המחירים שילבתי את העובדה שכמות המלח שיוצאת מהמאגר מדי שנה שלא בהתפלה—בניקוז לים, בשפד"ן ובמים שפירים שיוצאים מהאזור—היא לערך מחצית הכמות שנכנסת. על כן עלות ההתפלה היא מחצית העלות התיאורטית שחושבה במשוואה (3).⁸ בהתאם, המחירים הם, בשקלים למ"ק,

$$P_A = 1.93 \quad P_U = 2.70 \quad P_R = 1.54$$

⁸ חילקתי ב-2 את הביטויים האחרונים בצד ימין בשתי המשוואות הראשונות ב-(3).

אף שעלות ההולכה מהכינרת היא 1.30 ש"ח למ"ק, העלות המחושבת לחקלאות היא 1.93 ש"ח למ"ק. הגורם להפרש הוא סילוק המלח—פעולה יקרה. עלות המים לעיר, 2.70 ש"ח למ"ק, גדולה מהעלות לחקלאות, בגלל הצורך לטהר את הקולחים. וכפי שנראה מיד, אלמלא התשלום של החקלאות עבור הקולחים, היתה העלות לעיר גדולה עוד יותר.

הערות

אף כי חשבון העלויות בנוי על הנחות ולא על נתונים מבוססים, מעניין לציין שעלות הספקת המים לעיר קרובה לעלות ההתפלה שתהיה, לפי ההערכות שפורסמו, כ-3 שקלים למ"ק. היום אנו רואים את הספקת המים המותפלים כיקרה מאוד יחסית להספקת הטבעיים. הסיבה להפרש הגדול היא העובדה שעדיין איננו מסלקים את המלח שהמים הטבעיים ומשקי הבית מוסיפים למאגרים. בעתיד, כאשר המלח יסולק, תהיינה העלויות דומות. (ייתכן שאפשר להגדיל את כמות המלח שמנוקזת מהכינרת ובכך להוריד את תרומת המלח של המים הטבעיים ואת עלותם, אך אין לי נתונים על כך.)

כאמור, התשלום של החקלאים עבור הקולחים מוזיל את עלות המים לעיר. כדאי לראות זאת במפורט. המחיר המלא, P_F , שהעיר היתה משלמת אילו חויבה בתשלום ברוטו—במחיר שמכסה את מלוא העלויות ללא ניכוי התשלום עבור הקולחים—היה

$$P_F = C_{KH} + rC_A + rC_D \frac{\mu_R}{\mu_S} \quad (5)$$

המחיר P_U בו העיר מחויבת לפי משוואה (3) הוא

$$P_U = P_F - rP_R \quad (6)$$

כלומר, העיר משלמת עבור כל העלויות—מים שפירים, טיהור הקולחים, סילוק המלח בקולחים—פחות התשלום שהיא מקבלת עבור העברת הקולחים לחקלאות. במונחים כספיים, לפי נתוני רשימה (4), המחיר המלא P_F הוא 3.63 ש"ח למ"ק והמחיר המחושב הוא

$$P_U = 3.63 - 0.6 \times 1.54 = 2.71$$

(2.70 בחישוב לעיל). הסתכלות זו, שאפשר לחשב את המחיר לעיר לפי המחיר המלא פחות תשלום ההעברה עבור הקולחים, תשמש אותנו בהמשך לפישוט ההצגה.

אין לי נתונים מפורטים, אך למיטב ידיעתי, רוב הערים מטהרות את השפכים על חשבונן ואינן מקבלות כל תשלום עבור הקולחים. אך כנראה שיש יוצאים מהכלל, איגוד ערים דן מקבל תשלום עבור הקולחים של מפעל השפד"ן וייתכן שיש ערים שמוסרות את השפכים לחקלאים באזורן ואינן נושאות במלוא עלות הטיהור. המציאות הכלכלית במשק הקולחים שונה מהעולם התיאורטי שבניתי כאן הן מפני ההנחות המפשטות שאימצתי והן בגלל מעורבות הממשלה והתמיכה במפעלי הטיהור וההשבה. בנוסף לכך, הדיון במודל שהוצג היה בהנחה שתשלום ההעברה לקולחים הוא חיובי, אך ייתכן (אם עלות ההשבה גבוהה או אם הביקוש של החקלאים לקולחים נמוך) שהעיר תיאלץ לשלם לחקלאים על מנת שייקחו את הקולחים. אפשרות זו נראה בפרק הבא.

התשלום שנקבע כאן למים בעיר, P_U , כולל כל העלויות וניכוי עבור העברת הקולחים. זה מבנה המחיר הכלכלי הנכון, לא נכון יהיה לקבוע מחיר למים שפירים ותשלום נפרד עבור טיהור קולחים או סילוק מלח.⁹ הסיבה לכך היא שהשימוש במים, טיהור השפכים והעברת הקולחים ליעדם הן פעולות משולבות. אי אפשר לנתקן: המשתמשים העירוניים במים אינם יכולים להחליט לשנות את צריכת המים מבלי לשנות בעת ובעונה אחת גם את כמות השפכים. על כן המחיר הכולל, כדוגמת זה שחושב לעיל, מוסר לצרכנים בעיר, במשקי הבית ובמוסדות, מה העלות השולית האמיתית של המים ולפי מחיר העלות הזה הם יקבעו את השימוש. לעתים אנו מתייחסים אל הביקוש למים בעיר כאל ביקוש קשיח; אם הכמות קבועה, המחיר אינו משפיע על ההקצאה ואז המבנה שלו אינו חשוב. אולם אף כי הביקוש קשיח, הוא אינו קשיח לחלוטין, במיוחד לא בטווח הארוך. אפשר לראות זאת בגנים ציבוריים—בהתפשטות של מסלעות וצמחים שצורכים כמויות קטנות יחסית של מים, ובבתים ומוסדות—בהצבות של מכלי שטיפה דו-כמותיים. המחיר אינו חסר חשיבות. נפנה עתה לשאלת כיסוי העלות של הספקת המים; כלומר, לתפקיד ג' ברשימת התפקידים של המחירים בראשית המאמר.

$$\begin{aligned}
 & M_A P_A + R \gamma P_A + M_U P_U \\
 &= (M_A + \gamma R) \left(C_{KH} + C_D \frac{\mu_K}{\mu_S} \right) + M_U \left(C_{KH} (1 - \gamma r) + r C_A + r C_D \frac{\mu_R - \gamma \mu_K}{\mu_S} \right) \\
 &= M_A C_{KH} + \gamma R C_{KH} + M_U C_{KH} - \gamma R C_{KH} + R C_A + \frac{C_D}{\mu_S} (\mu_K M_A + \gamma \mu_K R + R \mu_R - \gamma \mu_K R) \\
 &= C_{KH} M_{KH} + R C_A + C_D M_D
 \end{aligned} \tag{7}$$

הפיתוח של משוואה (7) נשען על משוואות (1) ו-(3). השורה הראשונה במשוואה היא סך התשלום של המשתמשים עבור המים והשורה האחרונה היא סך העלות של חברת

⁹ למשל, תהיה זו שגיאה לגבות עבור מים מחיר למ"ק, כנהוג היום, ולממן את טיהור השפכים ממסים עירוניים. (תהינה נסיבות בהן הגבייה עבור ההון, ההשקעות, תהינה נפרדת מהגבייה עבור השימוש השוטף במים. בעניין זה איני מטפל במאמר.)

'מקורות' בדוגמה של הפרק הזה. הפדיון ממכירת המים לסוגיהם מכסה את העלות כולה. הכיסוי המדויק של העלות נובע מכך שבהנחות של הפרק—עלויות ממוצעות קבועות—מפעלי המים והקולחים הם בעלי תשואה קבועה לגודל.

חלופות הקולחים

ניתוח המצב המתמיד במשטר מלח בר-קיימא נעשה בפרק הקודם בהנחה שכל הקולחים מופנים לחקלאות ושבענף משתמשים הן בקולחים והן במים שפירים. בפרק זה נתעלם מהצורך לסלק מלח ומעלות הסילוק הזה ונבחן אפשרויות אחדות להקצאת הקולחים; ביניהן, הולכת הקולחים לים—חלופת האפס—או השקיה בחקלאות רק בקולחים ואז המגזר העירוני יקבל את כל המים השפירים. במציאות יצא ניתוח כזה מנתוני העלות והתועלת של הקולחים בחלופות ויסוכם בחלופה שתיבחר. למשל, אילו היו בידנו כל הנתונים על כלכלת השפד"ן; וביניהם, עלות הטיהור, ההולכה לנגב, התועלת בחקלאות, עלות ההוצאה לים—היינו יכולים לבחון אם אמנם כדאי להוביל את כל הקולחים של המפעל לנגב או אולי להוציא אותם לים. כאן הכיוון הפוך, המטרה אינה לחפש חלופה עדיפה לתנאים כלכליים נתונים; אלא, למצוא את המחירים שיתאימו לחלופות שתיבחנה.

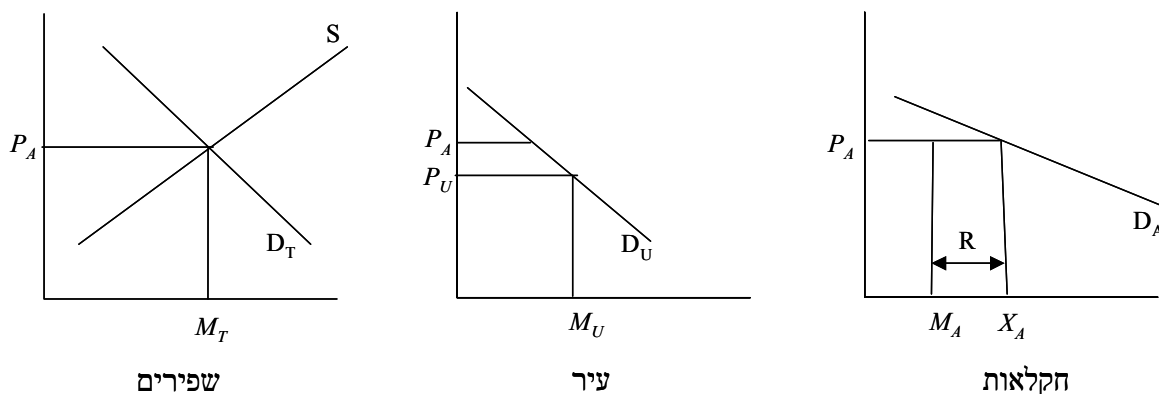
חלופות אחדות מסוכמות בלוח 2. בתא 1, מתואר המצב של הניתוח הקודם: אין סילוק קולחים לים, כל הקולחים מנוצלים בחקלאות, ובחקלאות יש גם ניצול של מים שפירים. בדוגמה אחרת, בתא 4, חלק הקולחים מסולק לים וחלק להשקיה בחקלאות, אך אין שימוש במים שפירים בחקלאות.

לוח 2: מים שפירים בחקלאות וסילוק קולחים לים

מים שפירים בחקלאות			
לא	כן		
3	1	לא	סילוק קולחים לים
4	2	כן	

הדיון בחלופות של לוח 2 יעשה בעיקר בעזרת כלים גראפיים, עקומות ביקוש והיצע. בפרק הקודם ראינו כיצד העלויות במשק הקולחים מתחלקות בין העיר לחקלאות: העיר אחראית לטיהור השפכים והיא מעבירה את הקולחים לחקלאים; החקלאים משלמים עבור הקולחים בהתאם לתרומתם בחקלאות; התשלום הזה, מחיר ההעברה, חוזר לעיר ומוריד את העלות הכוללת של המים לתושביה. כיוון שהעקרונות ברורים, נוכל להתבסס עליהם בהקצאת העלויות בפרק זה גם ללא הצגה ופיתוח מפורש של מודלים פורמליים.

לפשטות נניח עתה שמבחינת ההשקיה בחקלאות, ערך הקולחים כמעט זהה לערך השפירים. את ההנחה הזו אפשר לרשום $\gamma = 1$ ומשמעותה היא שהביקוש של החקלאים למים הוא ביקוש לסך הכמות, של שפירים וקולחים. לנוחיות הדיון ולייצוג



איור 2: מים שפירים וקולחים בחקלאות

ההתנהגות במציאות, נוסף הנחה שלא תוגדר פורמלית, שאם הברירה תינתן, החקלאים ייקחו קודם כל מים שפירים. העלות של סילוק הקולחים לים תהיה C_S שקלים למ"ק ועלות הטיהור לשימוש בחקלאות, C_A . כן נניח עתה שפונקצית העלות של המים השפירים, $C()$, היא בעלת שיפוע חיובי והיא גזירה; על כן נסמן את העלות השולית C' . כרגיל, העלות השולית היא גם פונקצית ההיצע.

בחקלאות משתמשים במים שפירים ובקולחים (תא 1)

חלופה זו תתקיים אם הביקוש למים בחקלאות (ערך התפוקה השולית) מצדיק שימוש בכל הקולחים ועוד כמות מסוימת של מים שפירים. שיווי המשקל מתואר באיור 2. ההיצע והביקוש של המים השפירים מתואר באיור השמאלי ($M_T = M_U + M_A$) והביקוש הוא סכום הביקוש במגזרים¹⁰). החקלאות מקבלת מים שפירים וקולחים (האיור הימני). מחיר המים לחקלאות הוא P_A , הן למים שפירים והן לקולחים. המחיר הזה שווה לעלות השולית של הספקת המים, C' , לפי עקומת ההיצע באיור השמאלי. תושבי העיר משלמים עבור המים השפירים פלוס עלות הטיהור פחות הפדיון ממכירת הקולחים. על כן, מחיר המים בעיר הוא

$$P_U = C' + rC_R - rP_A = P_A + r(C_R - P_A) \quad (8)$$

מחיר ההעברה של הקולחים, אותו משלמים החקלאים, הוא $P_R = P_A$, זהה למחיר שהם משלמים עבור המים השפירים (בגלל ההנחה $\gamma = 1$).

¹⁰ העקומה שמסומנת D_T , הביקוש הכולל למים שפירים, אינה סכום אופקי של עקומות הביקוש במגזרים מפני שהביקוש בחקלאות הוא לשני סוגי המים והמחיר בעיר נמוך ממחיר החיתוך של הביקוש וההיצע באיור.

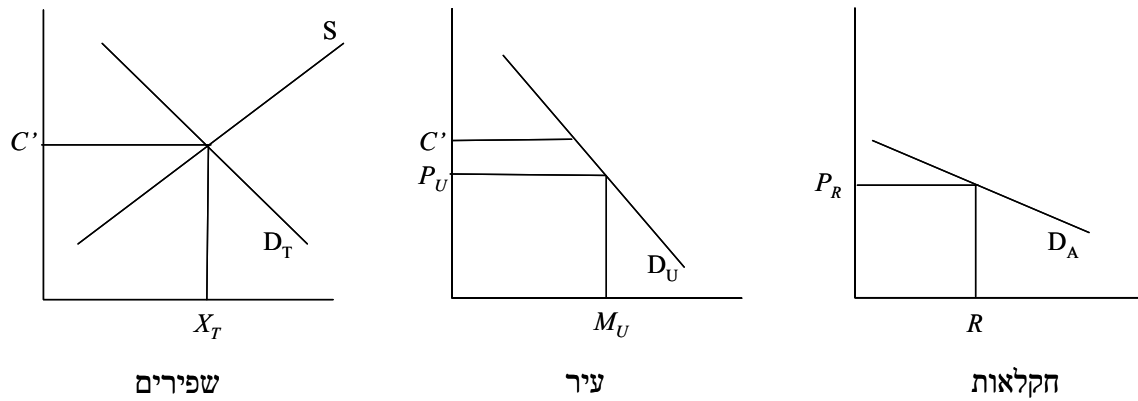
האיור האמצעי צויר בהנחה $C_R < P_A$, מחיר ההעברה של הקולחים גדול מעלות הטיהור; בכך מקטינה העיר את עלות המים לתושביה. על כן באיור האמצעי, $P_U < C' = P_A$. הקולחים מוזילים את מחיר המים לתושבי העיר. ישנה, כמובן, אפשרות אחרת וסביר להניח שהיא הנפוצה, שעלות הטיהור גדולה ממחיר ההעברה של הקולחים; ואז מחיר המים בעיר יהיה גבוה ממחירם לחקלאות. תושבי העיר יישאו בחלק מעול טיהור הקולחים. (כך המצב בדוגמה המספרית שחושבה לעיל; לפי הנחות רשימה (4), עלות הטיהור של השפכים היא 3 ש"ח למ"ק, יותר ממחיר ההעברה.) נחזור לאיור 2. העובדה שמחיר המים השפירים לעיר נמוך מהמחיר לחקלאות (ללא תמיכות, כמובן) עשויה להפגיע. אולם הסיבה פשוטה: החקלאות צורכת מים, המים שמשמשים בהשקיה מתאזים מפני הקרקע או דרך הצמחים ורק כמויות קטנות חוזרות כעודפים למי התהום. לעומת זאת, תושבי העיר צורכים רק חלק קטן מהמים שהם רוכשים, השימוש העירוני העיקרי במים הוא כאמצעי לסילוק פסולת. תושבי העיר מתנהגים כמו חברה להשכרת מכוניות; היא רוכשת כלי רכב, משכירה אותם לתקופה מסוימת ואחר כך משפצת, מצחצחת ומוכרת אותם. העיר לוקחת מים, משתמשת בהם, מטהרת שפכים ומוכרת מים משומשים לחקלאים. בכך היא מוזילה את עלות המים לתושבים.

בחקלאות משתמשים רק בקולחים (תא 3)

החלופה הזו תתקיים אם הביקוש לקולחים בחקלאות קטן יחסית והחקלאים ייקחו את כל הקולחים רק במחיר נמוך ממחיר השפירים. במחיר הזה, בתנאי החלופה, כמות הקולחים שתילקח תספק את מלוא הביקוש של החקלאות למים. שיווי המשקל מתואר באיור 3. מחיר הקולחים באיור הימני, P_R , נמוך, כפי שנאמר לעיל, מהעלות של המים השפירים, C' , שאם לא כן, החקלאים היו משתמשים במים שפירים. המחירים במגזרים הם

$$\begin{aligned} P_U &= C' + r(C_A - P_R) \\ P_R &= \frac{C' - P_U}{r} + C_A \end{aligned} \quad (9)$$

ושבו, ההנחה באיור היא שעלות הטיהור של הקולחים נמוכה ממחיר ההעברה שלהם לחקלאות ועל כן מכירת הקולחים לחקלאים מורידה את מחיר המים בעיר יחסית למחיר ההיצע של המים הטבעיים, C' . גם במקרה זה ייתכן שמחיר ההעברה יהיה נמוך מעלות הטיהור ואזי $P_U > C'$, תושבי העיר ישלמו עבור המים מחיר גבוה מעלות ההספקה; הם יישאו בחלק מעלות הטיהור.



איור 3: בחקלאות משתמשים רק בקולחים

קולחים מוצאים לים (תא 4)

נניח עתה שהביקוש למים בחקלאות נמוך עד כדי כך שחלק מהקולחים יוצא לים. כן נניח שעלות הטיהור עבור החקלאות גבוהה מאשר של קולחים שיוצאים לים

$$C_A > C_S \quad (10)$$

המחירים יהיו עתה

$$\begin{aligned} P_U &= C' + rC_S \\ P_A &= C_A - C_S \end{aligned} \quad (11)$$

תושבי העיר יישאו בעול הטיהור באיכות הנדרשת לים, לחקלאות יימסרו הקולחים תמורת תוספת העלות לטיהור עבור הענף.

בחקלאות משתמשים רק במים שפירים (תא 2)

נוסיף עתה ונניח שהפרש העלויות ב-(10) גדול מעלות ההספקה של המים השפירים.

$$C_A - C_S > C' \quad (12)$$

במקרה זה, בחקלאות ישתמשו רק במים שפירים וכל הקולחים יופנו לים. המחירים יהיו

$$\begin{aligned} P_U &= C' + rC_S \\ P_A &= C' \end{aligned} \quad (13)$$

המחיר לחקלאות יכסה את עלות ההספקה. המחיר לעיר יכסה הן את עלות ההספקה והן את הטיהור לרמה שנדרשת להוצאה לים.

החקלאים מקבלים תשלום עבור הקולחים

ייתכן מצב שבו החקלאים לא ייקחו את כל הקולחים גם באפס מחיר. אם עלות חלופת האפס, הטיהור וההולכה לים, גבוהה יחסית, עשוי להיות שלעיר יהיה כדאי לשלם לחקלאים על מנת שייקחו את הקולחים. אני יכול לחשוב על שני מקרים בו דבר זה יקרה. א. ערך התפוקה השולית של המים הוא שלילי כאשר החקלאים משתמשים בכל כמות הקולחים שהעיר מייצרת; ב. עלות ההולכה של הקולחים ממוצא מפעל הטיהור לשדות גבוהה והחקלאים לא ייקחו קולחים אלא אם העיר תשתתף בעלות ההולכה. אף כי הדיון במאמר נערך ברובו בהנחה שהעיר נהנית מהעברת הקולחים לחקלאות, גם המקרה ההפוך אפשרי.

תכנון כולל

הניתוח שהוצג נעשה בהנחות מרחיקות לכת. הן בפרק 'משטר מלח בו-קיימא' והן בפרק 'חלופות הקולחים' התעלמתי מהיבטים מציאותיים רבים. במיוחד, בפרק הראשון לא נסקלה האפשרות לממש את חלופת האפס, הוצאה לים, והפרק השני התעלם משאלת המלחים. מטרת ההנחות המצמצמות היתה לפשט את הדיון בכדי למקדו בקביעת המחירים בתנאים שונים. במציאות יהיה התכנון כולל וישלב את כל האפשרויות. מודל מתמטי של תכנון כזה יהיה כבד וקשה יהיה לחלץ במסגרתו את כל תכונות הפתרון, אך מודלים מספריים לתכנון כבר נבנו במשק המים ואפשר יהיה לבנות כדוגמתם גם למשק הקולחים.

'המזהם ישלם'?

עיקרון מקובל על המטפלים בשאלות סביבה הוא 'המזהם ישלם'—עבור הניקוי של הזיהום. האם העיקרון הזה נשמר במחירים של משוואה (3) ומשוואות המחירים האחרות, (8) – (13)? כן ולא. עלות הטיהור של הקולחים ועלות הסילוק של המלח הנוסף שהקולחים תורמים מוטלת על העיר. לעומת זאת, החקלאים אינם מקבלים את הקולחים בחינם, כפי שדורשים אחדים מהדבקים בעיקרון 'המזהם ישלם'. החקלאים משלמים עבור הקולחים מחיר ששווה לעלות החליפית—מים שפירים בערך השקול—ותשלום זה נגרע מהחייב שמוטל על משקי הבית. בחלופות שבדקנו, נמצא מקרה אחד בו העיר נושאת במלוא עלות הטיהור של השפכים, במשוואה (13) עבור המצב בו כל הקולחים יוצאים לים ובחקלאות משתמשים רק במים שפירים. כן העלינו את האפשרות של מחיר שלילי לקולחים—המזהם משלם יותר מעלות הטיהור.

עם זאת, צריך להיזהר מספירה מכנית. החלופות שהוצעו הן היפותטיות—

השערות לבדיקת הקצאת עלויות במקרים שונים—ייתכן שבמציאות רק חלופה אחת מתאימה לעשרות מפעלי הטיהור וההשבה בארץ. ואולי בחלופה זו המזהם משלם ואף תומך בחקלאים שלוקחים את הקולחים. אולי אין בארץ אף מקרה אחד בו החקלאים—

בין אם בהקצאה במחירים ובין אם בהסכם—ישלמו לעיר תמורת הקולחים. כל עוד לא נבחנו המפעלים ועלויותיהם, לא נדע.

היטלי הפקה?

היטלי הפקה נועדו למסור למשתמשים את ערך הנדירות של המים. היות ועל פי החוק, המים שייכים לציבור כולו, ההיטל הולך לציבור—לתקציב המדינה (כסלו, 2002). בפיתוח של משוואות (1) – (3) אפשר היה להוסיף היטל הפקה, אילו השאיבה מהכינרת היתה מגיעה למלוא יכולת ההספקה של מי האגם (ההיטל היה נוסף לעלות C_{KH}). התעלמתי מאפשרות זאת בכדי שלא להעמיס על ההצגה והדיון. אולם גם בתנאים בהם מוטל היטל הפקה על המים השפירים, אין סיבה לגבות היטל נוסף ממי הקולחים. אפשר להסביר זאת בצורה הבאה: אילו היה חל היטל על מי הכינרת, העיר היתה משלמת את ההיטל והוא היה נכלל במחיר המלא, P_F במשוואה (5). לאחר הרכישה במחיר המלא, המים הם של העיר (אף שיייתכן שלא כך רואה את הדבר חוק המים) והעיר מוכרת אותם לחקלאים. אם ההיטל מקטין את השימוש במי הכינרת, הוא גם מקטין את היצע הקולחים לחקלאים וגורם להעלאת מחירם. כך אפשר שהחקלאים ישתתפו בכיסוי היטל ההפקה שמשקף את ערך הנדירות של המים במשאבים הטבעיים. לעומת זאת, היטל שיוטל על הקולחים בצאתם מהעיר יכניס טריז בין המחיר שישלמו החקלאים עבור הקולחים לבין המחיר שתקבלנה הערים ויקטין את התמריץ של הערים לאסוף את הקולחים ולטפל בהם כהלכה. היטל כזה אף עשוי להקטין את כמות הקולחים שהחקלאים ייקחו ולגרום להפניית המים המושבים לים.

בהקשר של היטלי ההפקה אפשר להוסיף עוד. העניין הוא באגירה תת-קרקעית של הקולחים; כלומר, החדרה לאקוויפר על מנת לשאוב אותם להספקה בעת הצורך, בדומה לנעשה בשפד"ן. להתייחסות לאפשרות זו שני פנים. הפן האחד הוא שאין הצדקה לקבוע היטל הפקה עבור המים שהוחדרו וישאבו בבוא העת לשימוש. החשבון המלא הוא: עבור מים שמוחדרים למאגר תת-קרקעי, או מושבים למקור טבעי כל שהוא, יש לשלם (מתקציב הציבור) למחדיר שמוסיף למשאב הטבעי. בשלב השני, שלב השאיבה, מוטל היטל הפקה. התשלום וההיטל מתקזזים. הפן השני הוא שלעתים השאיבה עולה על ההחדרה (בשפד"ן, לפי ההערכה, השאיבה עולה על ההחדרה ב-15 מלמ"ק לשנה בממוצע). מים שפירים נוספים אלו צריכים להיות חייבים בהיטל הפקה.

חלק שני: משטר הסכמים

במקום בו אגודה חקלאית לוקחת את הקולחים היא יכולה להתמקח עם העיר על מחירי ההעברה. תחום המיקוח מוגבל: אם מטירת הקולחים לחקלאים תהיה יקרה לעיר יותר מחלופת האפס, הקולחים לא יימסרו אלא יופנו לים. ובאותה מידה, אם העלות של הקולחים לחקלאים תהיה כה גבוהה עד שניצולם לא יהיה כדאי, החקלאים יוותרו עליהם. בין שני הקצוות הללו יכול להיות מרחב ניכר עליו יכולים שני הצדדים, העיר והחקלאים, להתמקח. מה תהיינה תוצאות המיקוח?

פתרון נאש

לפי פתרון נאש (Nash, 1950), אם הצדדים למיקוח משתפים פעולה, ואם מתקיימות עוד כמה הנחות סבירות, הם יגיעו למחיר העברה מוסכם שיקצה את העלויות ויחלק ביניהם את התועלת ממפעל הקולחים. נראה מקרה פשוט. לעיר יש מפעל טיהור והיא מסלקת את הקולחים לים בעלות C_S שקלים למ"ק. עולה הצעה להקים מפעל השבה שיעביר את הקולחים לחקלאות. עלות הטיהור לחקלאות היא C_A שקלים למ"ק והיא נמוכה מעלות הטיהור לים, $C_S > C_A$. הקולחים יימסרו לחקלאים במחיר P_R שיהיה נמוך ממחיר המים השפירים, $P_A > P_R$. התועלת לעיר מהקמת המפעל היא

$$U = R(C_S - C_A + P_R) \quad (14)$$

התועלת לחקלאים

$$A = R(P_A - P_R) \quad (15)$$

לפי פתרון נאש, המחיר שייקבע ישיא את מכפלת התועלות. בעיית ההשאה היא

$$\max_{P_R} = UA \quad (16)$$

ובגזירה והצבה מתקבל

$$P_R = \frac{P_A - (C_S - C_A)}{2} \quad (17)$$

עם מחיר העברה זה, יפיקו הצדדים להסכם תועלת זהה מהמפעל

$$U = A = R \left(\frac{P_A + (C_S - C_A)}{2} \right) \quad (18)$$

המונה במשוואה (18) הוא ערך התועלת למ"ק קולחים: החיסכון במים שפירים בחקלאות, P_A , פלוס החיסכון בעלות הטיהור בעיר, $C_S - C_A$, והוא מתחלק שווה בשווה בין הצדדים למיקוח. אגב, לפי משוואה (17) יכול המחיר המוסכם, P_R , להיות שלילי: בחוזה שהצדדים יסכימו עליו ייקבע שהעיר תשלם לחקלאים תמורת כך שהם לוקחים את הקולחים. (דבר זה יהיה אם עלות הסילוק לים תהיה גדולה מאד יחסית לטיהור

לחקלאות ואז העיר מרוויחה הרבה מההסכם. כל כך הרבה שרק מחיר שלילי ייצור חלוקה שווה של התועלת—לחקלאים ולתושבי העיר, חלוקה שתקיים את השוויון הראשון במשוואה (18).

הערות

תורת המשחקים עוסקת ביחסי גומלין, כלכליים ואחרים. מחשבה רבה הוקדשה במסגרת התורה להקצאת עלויות. פתרון נאש שהוצג כאן הוא אולי הדוגמה הפשוטה ביותר שאפשר להציג לבעיה ולפתרונה. במציאות, בעיות ההקצאה עשויות להיות קשות יותר; למשל, ייתכן שאפשר יהיה לטהר את הקולחים לרמות שונות, או שלהסכם יהיו יותר משני צדדים, ערים אחדות ואגודות אחדות. במקרים כאלה הפתרונות שתורת המשחקים מציעה מורכבים יותר אך העיקרון דומה, חלוקת עלות שכל הצדדים יכולים להסכים לה (ליישום בתנאי הארץ, ר' דינר, ירון וקנאי, Dinar, Yaron, and Kannai, 1986).

על הפתרון לעיל אפשר להסתכל בשתי צורות. בראייה פוזיטיבית, פתרון נאש מראה מה ההסכם אליו יגיעו הצדדים אם יבינו שכדאי להם לשתף פעולה בהשבת הקולחים לחקלאות ולהתחלק בצורה הוגנת בעלות. בראייה נורמטיבית, אם קביעת מחיר ההעברה אינה נשאת בידי הצדדים, העיר והחקלאים, אלא הם פונים לבווד או שהממשלה מכתיבה מחיר, אפשר שהמחיר המוכתב יהיה P_R של משוואה (17). להדגשה, המחיר שייקבע לפי משוואה (17) יהיה מחיר שיווי המשקל של המיקוח בין שני הצדדים, זה המחיר שיש סיכוי שהצדדים יסכימו לו. הוא לא יהיה מחיר שיווי המשקל של השוק שישווה את כמות הקולחים המוצעת לכמות שייקחו החקלאים כאשר הם מתנהגים כבוודדים, ולא כאגודה, ואין להם אפשרות להתמקח על המחיר. בשתי האפשרויות—בראייה הפוזיטיבית ובנורמטיבית—עולות בעיות. אף אם העיר והחקלאים מתמקחים תוך הבנה שלשיתוף יתרונות לשני הצדדים, ומשתפים פעולה בזמן ההחלטה על המפעל, הם עשויים להפר את ההסכם בעתיד. החקלאים עלולים לדרוש מחיר העברה נמוך יותר מזה שסוכם עליו ולא, יימנעו מלקחת את הקולחים. כמוהם העיר, יכולה לדרוש מחיר גבוה יותר ולא, תחזור להוציא את הקולחים לים. בדרך כלל הקמת מפעל הקולחים תכניס כל אחד מהצדדים להשקעות והתחייבויות לעתיד. הפרת ההסכם, אם תהיה, תכביד על שני הצדדים. אם ההכבדה הצפויה אינה זהה, אם מצבם של הצדדים אינו סימטרי, אחד מהם יכול לבחור בהתנהגות אופורטוניסטית והידיעה הזו, שהאיום בהפרת ההסכם עלול לבוא, תכביד על השגת ההסכם כבר בשלב המיקוח.

הקשיים הללו, בהשגת הסכם ובשמירה עליו, מצדיקים סיוע ציבורי. אולי סיוע לא כפוי, רק לעת משבר. המסגרת המתאימה היא רשות למפעלים ציבוריים—מים. הרשות הזו תהיה אחראית לקביעת מחירי המים במפעלים הארציים (הגדולים) ובמקומות בהם הצדדים למשא ומתן לא יגיעו להסכם. אליה יוכלו הצדדים לפנות בבקשה לסיוע. הרשות למים תוכל לקום בעקבות הרשות המקבילה לחשמל, שפועלת מזה שנים אחדות, והקמתה דרושה מפני שכל מפעלי המים הם מונופולים במקומותיהם.

אפשר גם שבמדינה תהיה רק רשות אחת לכל המפעלים הציבוריים לסוגיהם. עם זאת, תפקידי הרשות למים סבוכים ומורכבים יותר מאלה של הרשות לחשמל: הרשות למים תצטרך לטפל גם בשאלת ערך המים במקורותיהם, בהיטל ההפקה, והרשות למים תצטרך לטפל בעשרות אם לא במאות מפעלי מים וקולחים בעוד שהרשות לחשמל מטפלת היום רק בחברה אחת ובעתיד אולי תהיינה באחריותה חברות אחדות. אם מחיר ההעברה אינו מושג בהסכמה, אלא בורר או הממשלה מכתיבים אותו, עולה בעיה אחרת. קביעת המחיר המוכתב לפי הפתרון מצריכה ידיעה של התועלת לעיר והתועלת לחקלאים. בדוגמה שהוצגה התועלות קלות לחישוב, אצל כל צד התועלת היא החיסכון בעלות, בעיר בעלות הטיהור ובחקלאות בעלות המים השפירים. במקרים אחרים אמדן התועלת קשה יותר; למשל, אם הקולחים אינם מחליפים מים שפירים אלא הם תוספת לאזור, או אם איכות הקולחים נמוכה מאיכות המים השפירים והתועלת מהשימוש בהם להשקיה אינה ברורה. במעורבות ממשלתית, המיקוח הוא עם הממשלה, וכל צד ינסה להמעיט בהערכת התועלת שצפויה לו מהמפעל בכדי להטות את המחיר לטובתו.

חלק שלישי: המעורבות הממשלתית

מעורבות הממשלה היא בתקנות ואכיפתן ובתמיכה כספית. משק הקולחים נתמך מתקציב המדינה בשלושה ערוצים. הערוץ האחד הוא התמיכה השוטפת במחירי המים המושבים במפעלים של 'מקורות', כולל בשפד"ן. שני האחרים הם ערוצי סיוע להשקעות, מנהלת הביוב תומכת בהקמת מפעלי טיהור ונציבות המים תומכת במפעלי השבה. המעורבות הממשלתית מזמינה לחצים פוליטיים, אך באלה לא אעסוק הפעם. נפתח בתקנות האיכות.

איכות הקולחים וועדת ענבר

כאמור, הקולחים, גם אחרי טיהורם, מכילים מזהמים. בשאלת המלח, שאינו מסולק בטיהור, עסקנו בחלק הראשון של המאמר. המזהמים האחרים מסוכנים לבריאות, לקרקע, למאגרי המים ולטבע. מדינה וחברה ברמת ההכנסה של מדינת ישראל יכולה ואולי אף חייבת לבקש שסביבת המחיה שלה תהיה נקייה ובריאה. שיקולים כלכליים יכולים להיות משניים בעניין זה. כשם שזה מעניין לדעת מה הערך הכלכלי של הקמת בית חולים, מעניין לדעת, אם אפשר, מה הערך הכלכלי של ניקוי הסביבה. אך השיקול הכלכלי לא יקבע את גורלו של בית חולים, מה עוד שאומדני התועלת הכלכלית של הרפואה קשים ואמינותם נמוכה. כך גם אין צורך שחישובי עלות-תועלת יצדיקו קולחים מטוהרים וסביבה נאה ובטוחה. בכל זאת נעשה לאחרונה ניסיון לכמת את התועלת הכלכלית של שיפור איכות הקולחים. לדעתי הניסיון הזה, שקשור לעבודתה של ועדת ענבר, נבנה על סמך נתונים לא מתאימים והגיע למסקנות מוטעות. אסביר. ועדת ענבר היא ועדה בין-משרדית שדנה בתקן לאיכות הקולחים בארץ. רשמית, הועדה טרם סיימה את עבודה אך המלצותיה כבר הופצו והיתה אליהן התייחסות

בציבור.¹¹ השאלות הסביבתיות המקצועיות בהן טפלה הועדה הן מחוץ לתחום שלי, אתייחס רק לשאלות הכלכליות.

הועדה ממליצה לחייב את מפעלי הטיהור להעלות את איכות הקולחים במידה משמעותית. לפי נתוני הביניים שראיתי (דוחות של חברת פארטו הנדסה בע"מ, 2002), העלות של שיפור האיכות מעל לתקן שתקף היום תהיה 20-15 סנט למ"ק; כלומר, כ-80 אג' למ"ק. העלות הנוספת לא תחול כנראה על השפד"ן, שמספק כבר עתה קולחים באיכות גבוהה, ועל מפעלים מקומיים אחדים. על כן נניח שהשדרוג יהיה של 200 מלמ"ק לשנה; כלומר, העלות הכוללת תהיה כ-160 מליון ש"ח לשנה. זה סכום שמדינת ישראל יכולה לעמוד בו, אך הוא סכום נכבד.

כפי שנמסר לי, הועדה לא תכין דו"ח מקצועי מסודר אלא תסתפק בלוח אחד או שניים שבו יימסרו פרטי התקן החדש. לדעתי, זו טעות. העלות הגדולה של שיפור התקן מצדיקה הסבר מלא לציבור: כיצד נקבע התקן? מדוע תקן אחד בכל הארץ? מה התקנים המקובלים בארצות אחרות? וכיצד באלו.

הועדה הסתייעה בחברת הייעוץ פארטו שהכינה אומדני עלות ותועלת. להערכת החברה התועלת מהשיפור המוצע בקולחים רבה ואף גדולה מהעלות. חברי ועדת ענבר מצטטים בהופעות ציבוריות את הממצא הזה ומשתמשים בו להצדקת התקן שקבעו. אפשר להבין מכך—הדברים לא נאמרו במפורש—שאילו לא היה אומדן התועלת כה גבוה, הועדה היתה מציעה שדרוג מחמיר פחות בעלות נמוכה יותר. אולם לפי החומר שראיתי, חשבון התועלת מוטעה. אתייחס לשני הרכיבים הגדולים באומדן. סעיף התועלת הכבד ביותר הוא "הרחבת מגוון הגידולים". התועלת בסעיף זה מוערכת ב-28.4 סנט למ"ק קולחים (פארטו, 2002, טבלה 7.3.4); כלומר, 1.30 ש"ח למ"ק עבור התועלת מהשדרוג, לכל הקולחים שישודרגו. (הסכום הזה, 1.30 ש"ח למ"ק, הוא תוספת לערך התפוקה השולית של הקולחים, לכל 200 המלמ"ק שישודרגו.) הרעיון הוא שבקולחים משופרים אפשר יהיה להשקות גידולים שהיום מותר להשקותם רק במים שפירים או במי השפד"ן—ירקות, פרחים ורוב המטעים. לגידולים אלה תמורה גבוהה למים ועל כן הרחבת הייצור שלהם תגדיל את הכנסות החקלאים. יש שתי בעיות עם החשבון הזה. האחת היא שהוא מבוסס על הערכות גבוהות של התרומה למים בגידולים. לפי הערכות אלה, צרכו הגידולים החקלאיים בשנת 1998 למעלה מ-300 מלמ"ק שהתרומה שלהם היתה גבוהה משני שקלים למ"ק (פארטו, 2002, נספח מס' 2). הערכות גבוהות אלו היו הבסיס לאומדן של התועלת משדרוג הקולחים. אולם, כפי שהנתונים הבאים מראים, ההערכות הללו אינן יכולות לשמש בסיס לחישוב התועלת. בשנת 1998, עבודה נמסרו הנתונים, היה מחיר המים נמוך משקל אחד למ"ק (מחיר 'מקורות', עוד פחות מזה מחירי ספקים מקומיים), כך שאילו הערכות התרומה לעיל (למעלה מ-2 שקלים למ"ק) היו משקפות את המציאות, החקלאים היו מנסים להשתמש באותה שנה בכמויות מים רבות. אולם בשנת 1998 לא השתמשו החקלאים במלוא מכסות המים שעמדו לרשותם. ההקצאה הכוללת באותה שנה היתה 1565.8

¹¹ נציב המים צופה שבעתיד יסופקו הקולחים לחקלאות ב"איכות ועדת ענבר" (נציבות המים, 2002 ב).

מלמ"ק והחקלאים השתמשו רק ב-1364.9 מלמ"ק (בשפירים ההקצאה והצריכה היו 1130.9 ו-918.3 מלמ"ק). צריכה נמוכה מההקצאה אפיינה את השימוש במים בחקלאות במשך שנים אחדות (נציבות המים, 2002 ב). בעוד שבעבר—בשנות השבעים למשל— נאבקו החקלאים על מים ועברו לא פעם על ההקצאה שנועדה להם, עתה הענף אינו מנצל את מלוא מכסתו. שילוב של מחירים נמוכים של המוצרים החקלאיים ומחירי מים גבוהים, בעיקר במדרגה העליונה, הוא שגרם לניצול החסר. ההשפעה של הירידה במחירי המוצרים על הכנסות החקלאים והיקף הייצור גדולה יותר מההשפעה של העלייה במחירי המים. הירידה הזו היא תופעה מתמשכת, ב-12 השנים האחרונות ירדו המחירים הריאליים ביותר מ-40 אחוזים (בורושק, 2003). בכל מקרה, העובדה שהחקלאים לא השתמשו בכמויות מים גדולות יותר מראה שההערכות על התמורות הגבוהות למים הן הערכות יתר. ייתכן שמקורן במדיניות של מדריכי משרד החקלאות להציג הישגים שהחקלאים צריכים לשאוף אליהם, ולא יבולים בפועל, וייתכן שפשוט איננו יודעים מה כל השיקולים של החקלאים בהחלטות על הגידולים והשימוש בגורמי הייצור, כולל מים. כך או כך, ההערכות הללו אינן משקפות את המציאות לאמיתיה. הגורם השני שבגללו, להבנתי, חברת פארטו טועה בחישוב, הוא שבעתיד (בשנת 2010) יהיו מספיק מים שפירים ומי שפד"ן בכדי להשקות את כל הגידולים הרגישים (אני מסתמך כאן על הדס וחובריה, 2001, טבלה 15. אור גולדפרב, בהכנה, מגיעה למסקנות דומות). אין צורך לשפר את דירוג הקולחים למטרה זו. אפשר וצריך כאן להסתייג, אם הקולחים לא ישודרגו לפי דרישת הועדה, ייתכן שיהיו חקלאים שימצאו שהרשת שספקה להם עד כה מים שפירים מספקת עתה קולחים באיכות שמחייבת אותם לשנות את הרכב הגידולים. חקלאים אלה ייפגעו ואולי צריך לפצותם או אולי לשדרג כמויות מסוימות של קולחים במקומות אחדים. אך התמונה הארצית היא שמבחינת הרכב הגידולים שדרוג הקולחים "אינו נחוץ".

הסעיף הכבד השני בהערכת התועלת משדרוג הקולחים הוא "הרחקת נוטריאנטים". הכוונה כאן לתועלת שתצמח מהקטנת ריכוז החנקן במי התהום. לדעת פארטו, התועלת מסילוק החנקן תהיה 10 סנט למ"ק קולחים. אולם החנקן הוא זשן שסילוקו מקטין במקרים רבים את ערך הקולחים בהשקיה (חרובי, עופר והדס, 1997). ועוד, רוב הזיהום בחנקן מקורו בדשן שהחקלאים מפזרים בשטחים (חרובי והדס, 1998). על כן גם סעיף זה נראה מוגזם.

כתבתי למעלה "אינו נחוץ" במרכאות מפני, שכאמור בראשית הפרק, בהחלט ייתכן שיש לשפר את איכות הקולחים בגלל שיקולי בריאות, השפעה על הקרקע, על איכות המים שנחלים ועל מי התהום. (דן זסלבסקי, 2002, מציע להתפיל את כל הקולחים כך שאפשר יהיה להחדיר אותם למי התהום ואף להחזירם לדרגת מי שתייה). לא כל הגורמים הללו ניתנים עתה לכימות כלכלי, לא הכל אנחנו יודעים. אנו הכלכלנים צריכים להיזהר ולהציע רק הערכות כספיות מבוססות. אם לא נעשה כך, נפגע בדיון הציבורי ונאבד את האמינות המקצועית.

הקצאת העלויות

ועדת ענבר וחברת פארטו בחנו גם את הקצאת העלויות של שדרוג הקולחים בין העיר לחקלאים. לא אדון כאן בהצעתם, אסתפק בהערה. במושגים של משוואות (1) – (3) שדרוג הקולחים הוא שיפור הערך של קבוע האיכות, γ . אם אמנם לקולחים המשופרים יהיה ערך גבוה בחקלאות מאשר לקולחים שבתקן שקיים היום, יהיה מוצדק לקבוע להם מחירים גבוהים יחסית. בשלמם מחירי העברה אלה יהיו החקלאים שותפים, ולו חלקית, לעלות השדרוג. אולם אם השדרוג אינו תורם לחקלאות במישרין (ואמנם נראה, לפי המידע שציטטתי, שתרומתו קטנה) אזי, ניתוח המחירים שהוצג לעיל מראה, שעול השדרוג נופל על יצרני השפכים, תושבי העיר. במקרה זה, המזהם ישלם (עבור השדרוג).

תמיכה מתקציב הציבור

על אף שכפי שראינו במאמר, משק הקולחים הוא משק אחד, התפיסה המקובלת היא של שתי מערכות נפרדות: בעיר, איסוף הביוב וטיהור; בחקלאות, השבת הקולחים. את התמיכה הציבורית בשתי המערכות של משק הקולחים יש להבין על רקע המעורבות הממשלתית במגזרים—הרשויות המקומיות והחקלאות. נפתח ברשויות. מצד אחד, הן אינן עצמאיות, כשליש מתקציבן ממומן מהעברות מהממשלה והן אינן חופשיות להטיל מסים כפי צורכיהן. מצד שני קשה לאכוף את החוק שמחייב את הרשויות המקומיות לטפל בקולחים שלהן. הטיפול יקר וקל להניח לשפכים לזרום לואדי הסמוך. כך נעשה במשך שנים רבות אפילו בירושלים, בירת המדינה. מכיוון שהממשלה מעורבת במשק העירוני, כמעט טבעי שהממשלה תסייע גם במימון מערכות הביוב ומפעלי הטיהור. מן הנתונים נראה שלאחר מפעל הקולחים הגדול שלנו, השפד"ן שהוקם בשנות השבעים בסיוע הבנק העולמי, חלה הפוגה. התקופה הבאה בה היו תמיכות מסיביות בביוב וטיהור החלה בראשית שנות התשעים עם האצת העלייה והבנייה ועם התגבשות ההכרה שאין בכוחה של הממשלה לאכוף על הרשויות המקומיות טיפול בביוב וטיהור על חשבונן. מדיניות המקל והאכיפה שונתה למדיניות הגזר והתמיכה. כפי שראינו, תושבי הערים חייבים בעלות הטיהור (פחות תשלום ההעברה מהחקלאים, אם יש תשלום כזה). בעיית ההשקעה במפעלים, במקום שהיא קיימת, היא על כן בעיית מימון. הממשלה מסייעת בהלוואות והערים בונות את מערכות הביוב ומפעלי הטיהור. הלוואות מוחזרות מגבייה שוטפת. עקרונית, התמיכות במפעלי הטיהור אינן צריכות להיות מותנות במצבן הכלכלי של הרשויות המקומיות. הסיוע לרשויות חלשות ניתן—נכון יותר, אמור להינתן—במסגרת הכללית של המענק לאיזון תקציבי הרשויות המקומיות (מבקר המדינה, 2000). אף על פי כן, רשויות חלשות ויישובי קו העימות זוכים למענקים למימון חלקי לפחות של מערכות הביוב וההשבה. גם התמיכה במערכת השנייה, בהשבה בחקלאות, נובעת מההכרה שלא ניתן יהיה להשיג את היעד של סילוק המטרד של השפכים והקולחים אלא בתמיכה ממשלתית—בשתי המערכות, בעיר ובכפר. אך יש לה גם מניע נוסף: הרצון לספק לענף כמות מסוימת של מים גם בעידן ההתפלה.

כפי שראינו לעיל, החקלאים לא השתמשו בשנים האחרונות בכל הקצאת המים של הענף. מכאן שהמחירים הם שקבעו את הכמות המבוקשת של המים בחקלאות. בשיווי משקל כזה ערך התפוקה השולית של המים שווה למחיר; קרוב לשקל אחד למ"ק. בתקופת ההתפלה העלות השולית של המים הללו תהיה עלות ההתפלה, כ-3.00 שקלים למ"ק. אף על פי כן קבלה הממשלה החלטה לספק לחקלאות מים שפירים בשנים הבאות. המים הללו יסופקו כנראה במחירים נמוכים מעלות ההתפלה; כלומר, תהיה תמיכה במחירי המים לחקלאות (דבר זה הוסבר גם במקום אחר, כסלו, 2003). אם הקולחים המושבים משחררים מים שפירים, ערכם למשק הלאומי גם הוא 3.00 ש"ח למ"ק כיוון שכל מ"ק קולחים חוסך התפלה של מ"ק אחד. החיסכון הזה הוא ההצדקה לתמיכה במחירי הקולחים לחקלאות, תמיכה שלא תעלה על התמיכה במחיר המים השפירים לענף.

התמיכה בפעולות ההשבה היא הן במפעלי 'מקורות' והן במפעלים פרטיים (בדרך כלל אגודות אזוריות). בקולחים שמספקת חברת 'מקורות' התמיכה היא במחיר השוטף של המים—דוגמה בולטת היא מפעל השפד"ן שם התמיכה גבוהה יחסית. במפעלים פרטיים התמיכה היא בהשקעות. גובה התמיכה נקבע כך שהמפעל הפרטי יוכל לספק ללקוחות שלו קולחים במחיר שלא יעלה על המחירים שנקבעו לקולחים שמספקת 'מקורות'. בעולם של ודאות מלאה לא יהיה הבדל עקרוני בין התמיכה השוטפת לתמיכה בהשקעות. אולם במציאות, בתנאים של אי-ודאות, יש הבדל ניכר בין תמיכה בהשקעות לתמיכה שוטפת. התמיכה השוטפת היא ב'מקורות', חברה בבעלות הממשלה. אם תנאי הסחר יורעו בעתיד והחקלאים לא ייקחו את מי השפד"ן ואת הקולחים של החברה במקומות האחרים, ייגרם הפסד הוני לממשלה. אם לעומת זאת, מפעל השבה לא יוכל למכור קולחים יפסידו בעלי המפעל. התמיכה בהשקעות צריכה על כן לכלול גם "פרמיית סיכון" ובמפעלים זהים היא תהיה גבוהה יותר מהתמיכה השוטפת (בערך מהוון).

אי-הודאות בדבר ביקוש הקולחים בחקלאות משפיעה גם על המט"ש (מפעל טיהור השפכים), שמא לא יהיו לוקחים לתוצרתו. אולם מבחינת המט"ש, מפעל שירות לתושבי העיר, אי-הודאות הזו לא צריכה להיות בעיה. אם אמנם החקלאים לא ייקחו את הקולחים צריך יהיה להיפטר מהם בצורה אחרת, אולי בהזרמה לים ובעלות גדולה יותר מעלות ההספקה לחקלאות, ועל תושבי העיר יהיה לשאת בעלות הנוספת. המפעל עצמו אינו מסתכן.

מחירים מוכתבים

הממשלה קובעת את מחירי המים והקולחים ובמקרים רבים גם תומכת בהם. בדיון שלנו עלו שתי הצעות לבחירה: מחירי פתרון נאש או מחירי עלות. בשתי החלופות דרוש מידע רב לקביעת המחירים. פתרון נאש מתמקד בהסכמת הצדדים, מחירי העלות מוסרים מידע. אישית, אני מעדיף מחירי עלות. לדעתי, במקומות בהם הממשלה רק קובעת את המחירים ואינה תומכת בהם (אם יש מקומות כאלה), הם צריכים להיקבע לפי העקרונות שנפרסו בחלק הראשון של המאמר גם אם מקבלי הקולחים הן אגודות

אזוריות והן אינן נזקקות למערכת המחירים בהקצאת הקולחים לחבריהן אלא מחלקות אותם לפי הסכמים כמותיים. הסיבה להמלצה הזו היא שלדעתי העיקרון הכללי שמנחה את קובעי המחירים צריך להיות שהמשתמשים במוצר או שירות ישלמו את העלות השולית של ההספקה. כפי שכבר הוסבר, מחירי עלות מוסרים למשתמשים את המידע שדרוש להחלטות כלכליות נכונות ולהקצאה יעילה של המשאבים וגורמי הייצור. הכתבת מחירים יוצרת קושי פוליטי. אפשר לצפות שהמחירים שיקבעו, בין אם לפי נאש ובין אם מחירי עלות, יהיו שונים ממקום למקום. זו אינה אפשרות תיאורטית, היום יש עודפי ביקוש למי השפד"ן ולעומת זאת, חלק ניכר מהקולחים של מפעל הטיהור של אזור חיפה מסולקים לים. אין בידי המידע להעריך מה צריכים להיות המחירים במפעל הצפוני והאם אמנם סילוק הקולחים לים היא החלופה העדיפה בתנאים הנוכחיים, אך הדוגמה ממחישה את האפשרות שהמחירים לא יהיו מחירים זהים, מחיר אחד לקולחים באיכות אחת בכל המפעלים. אילו הממשלה לא היתה מתערבת בקביעת המחירים, היו מחירים שונים מתקבלים ללא ביקורת כשם שמחירי קרקע שאינם אחידים מתקבלים בהבנה מפני שרוב העסקאות נעשה בין פרטים וללא הכתבת מחירים. אך במשק המים יש לספקים מעמד של מונופולים ועל כן יש צורך, לעתים קרובות, שהממשלה תתערב. רבים לא יקבלו בהבנה מדיניות ממשלתית שמכתיבה מחירים שונים ממקום למקום.¹²

חלק רביעי: שאלות שנותרו

ניסיתי לפרוס דברים שסיכמתי לאחרונה על משק הקולחים, לא פעם בעזרת אחרים. בין השאלות שלא טופלו: ארגון המפעלים, 'מקורות' לעומת אגודות אזוריות ותאגידיים עצמאיים; תנאי התמיכה, אשראי, מענקים, תמיכה שוטפת, הבטחת כיסוי העלויות; הפוליטיקה של משק המים והשפעתה על משק הקולחים; שילוב הביוב והטיהור במשק הרשויות המקומיות, כולל תאגידי מים וביוב; שיקולי איכות לטווח ארוך—איכות הקולחים לעומת איכות מי המאגרים. תם ולא נשלם.

¹² במקום אחר (כסלו, 2003) דנתי במחירים אזוריים למים שפירים.

נספח: המודל המתמטי לקביעת המחירים במצב המתמיד

המודל נוסח בהנחה שכל התנאים במשוואות (1), (2) מתקיימים בפתרון וכל הערכים חיוביים. פונקצית לגראנז' היא

$$L = C_{KH}M_{KH} + C_A R + C_D M_D + \lambda_A (X_A - M_A - \gamma R) + \lambda_U (X_U - M_U) + \lambda_M (M_A + M_U - M_{KH}) + \lambda_D (\mu_K M_A + \mu_R R - \mu_S M_D) + \lambda_R (rM_U - R) \quad (A.1)$$

תנאי סדר ראשון

$$\begin{aligned} (i) \quad & \frac{\partial L}{\partial M_{KH}} = C_{KH} - \lambda_M = 0 \\ (ii) \quad & \frac{\partial L}{\partial M_D} = C_D - \lambda_D \mu_S = 0 \\ (iii) \quad & \frac{\partial L}{\partial M_U} = -\lambda_U + \lambda_M + \lambda_R r = 0 \\ (iv) \quad & \frac{\partial L}{\partial M_A} = -\lambda_A + \lambda_M + \lambda_D \mu_K = 0 \\ (v) \quad & \frac{\partial L}{\partial R} = C_A - \gamma \lambda_A + \lambda_D \mu_R - \lambda_R = 0 \\ (vi) \quad & \frac{\partial L}{\partial \lambda_A} = X_A - M_A - R = 0 \\ (vii) \quad & \frac{\partial L}{\partial \lambda_U} = X_U - M_U = 0 \\ (viii) \quad & \frac{\partial L}{\partial \lambda_M} = M_A + M_U - M_{KH} = 0 \\ (ix) \quad & \frac{\partial L}{\partial \lambda_D} = \mu_K M_A + \mu_R R - \mu_S M_D = 0 \\ (x) \quad & \frac{\partial L}{\partial \lambda_R} = rM_U - R = 0 \end{aligned} \quad (A.2)$$

מתנאים (i), (ii), (iv) מתקבל

$$\begin{aligned} \lambda_M &= C_{KH} \\ \lambda_D &= C_D \frac{1}{\mu_S} \\ \lambda_A &= C_{KH} + C_D \frac{\mu_K}{\mu_S} \end{aligned} \quad (A.3)$$

ובשילוב תנאים (iv), (v) מתקבל

$$\begin{aligned}\lambda_R &= C_A - \gamma C_{KH} + C_D \frac{\mu_R - \gamma \mu_K}{\mu_S} \\ \lambda_U &= C_{KH}(1 - \gamma r) + rC_A + rC_D \frac{\mu_R - \gamma \mu_K}{\mu_S}\end{aligned}\quad (\text{A.4})$$

מחירי הצל משקפים את העלות השולית של ההספקה למגזרים. על כן המחירים של המים לחקלאות, למשקי הבית ולקולחים הם

$$\begin{aligned}P_A &= \lambda_A = C_{KH} + C_D \frac{\mu_K}{\mu_S} \\ P_U &= \lambda_U = C_{KH}(1 - \gamma r) + rC_A + rC_D \frac{\mu_R - \gamma \mu_K}{\mu_S} \\ P_R &= \gamma P_A\end{aligned}\quad (\text{A.5})$$

המחיר האחרון, $P_R = \gamma P_A$, לא נגזר מתנאי סדר ראשון, הוא משקף את יחס האיכות בין הקולחים למים השפירים. המחירים של (A.5) הוצגו במשוואה (3) בגוף המאמר. מחיר הצל של הקולחים, λ_R , משקף את עלותם השולית למשק הלאומי, בכמה היתה העלות של ייצור התוצר הלאומי עולה אילו נוסף מ"ק אחד של שפכים—מבלי להוסיף מים שפירים?

$$\lambda_R = C_A - \gamma C_{KH} + C_D \frac{\mu_R - \gamma \mu_K}{\mu_S} = C_A + C_D \frac{\mu_R}{\mu_S} - \gamma P_A \quad (\text{A.6})$$

הרכיבים של מחיר הצל הם עלות טיהור השפכים פלוס סילוק המלח שבקולחים פחות תרומת הקולחים בחקלאות. במחירים שהוצעו במשוואה (A.5) עלות הקולחים מחולקת בין המגזרים, משקי הבית והחקלאות.

מקורות

- בורושק, רחל, 2003, מצגת רב-שנתית (PowerPoint), התאחדות חקלאי ישראל.
- גבירצמן, חיים, 2002, משאבי המים בישראל, יד בן-צבי.
- גולדפרב, אור (בהכנה) ניתוח עלויות של חלופות הקצאת הקולחים והיקף החקלאות בשנת 2020, נציבות המים.
- גולדפרב, אור ויואב כסלו, 2002, "משטר מלח בר-קיימא במאגר החוף", הנדסת מים, 54: 27-31.
- הדס, אפרת, חורחה טרצ'יצקי, פנחס פיין ואפרים צוקרמן, 2001, תחזית השימוש במים בחקלאות לפי איכויות ולפי אזורים, משרד החקלאות ופיתוח הכפר.
- זטלבסקי, דן, 2002, מתחת לקו האדום, על משבר המים בישראל, מכון גרנד לחקר המים, הטכניון.
- חרובי, נאוה, רם עופר ועמוס הדס, 1997, "מרכיב הדשן בקולחים", מים וסביבה, טכנולוגיות מים, 34: 34-37.
- חרובי, נאוה, ועמוס הדס, 1998, "הערכה כלכלית של נזקים הנובעים מדליפת דשנים", מים והשקיה, 382: 43-47.
- ירון, דן, נאוה חרובי ודוד מישאלי, 2000, "שיקולים כלכליים בשימוש בקולחין להשקיה", מים והשקיה, 400: 19-23.
- כסלו, יואב, 2002, הרצאה: מחיר המים בעידן ההתפלה, מאמר לדיון 7.02, המרכז למחקר בכלכלה חקלאית והמחלקה לכלכלה חקלאית ומנהל, הפקולטה לחקלאות, רחובות.
- כסלו, יואב, 2003, הקצאה תת-אופטימלית של מים שפירים, מאמר לדיון 3.03, המרכז למחקר בכלכלה חקלאית והמחלקה לכלכלה חקלאית ומנהל, הפקולטה לחקלאות, רחובות.
- כסלו, יואב (בהכנה) "מחירי המים".
- כסלו, יואב וגדי רוזנטל, 1993, "היבטים כלכליים של השבת השפכים לחקלאות" (טיוטה).
- מבקר המדינה, 2000, דוח שנתי 50 ב.
- מבקר המדינה, 2003, דוח שנתי 53 ב.
- מוסנזון, רן, 2001, הסדרה של שירותים ציבוריים, על מחירים למערכות חשמל ומים ובקרה ציבורית של תעריפים, הוצאת משפחת מוסנזון.
- נציבות המים, 2002, א, תוכנית אב (מעבר) לפיתוח משק המים בשנים 2010-2002, דו"ח מסכם.
- נציבות המים, 2002, ב, המים בישראל, צריכה והפקה 2001.
- פארטו הנדסה בע"מ, 2002, דוח ביניים מס' 3, ועדת המשנה לתקינה—תקן איכות קולחים.

Dinar A., D. Yaron, and Y. Kannai, 1986, "Sharing Regional Cooperative Gains from Reusing Effluent for Irrigation," Water Resource Research, 22:331-338.

Feinerman, Eli, Yakir Plessner, and Dafna DiSegni, 2001, "Recycled Effluent: Should the Polluter Pay?" American Journal of Agricultural Economics, 83(4): 958-971.

Nash, John, 1950, "The Bargaining Problem," Econometrica, 18: 155-162.