



הטכניון
מכון טכנולוגי לישראל



מוסד שמואל נאמן
למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה מס' 12
מוסד שמואל נאמן, הטכניון

אנרגיה במשק המים

פרופ' גרשון גרוסמן • טל גולדרט • ד"ר אופירה אילון



12

19.11.08

אנרגיה במשק המים

סיכום והמלצות דיון פורום האנרגיה של מוסד שמואל נאמן,

הטכניון

מיום 19.11.2008

נערך ע"י:

פרופ' גרשון גרוסמן

ד"ר אופירה אילון

טל גולדרט

ינואר 2009

רשימת משתתפי הפרויקט:

מוסד שמואל נאמן	אילון אופירה	ד"ר
הפקולטה להנדסת תעשייה וניהול, הטכניון	אינגמן דב	ד"ר
פרויקט "עוקף כנרת"	אסף עופר	
אגף מחקר ופיתוח, משרד התשתיות הלאומיות	ארביב אברהם	ד"ר
אגף שימור אנרגיה, משרד התשתיות הלאומיות	בית הזבדי אדי	
מוסד שמואל נאמן	גולדרט טל	
מכון מיג"ל (מרכז ידע גליל)	גופן משה	פרופ'
מוסד שמואל נאמן והפקולטה להנדסת מכונות, הטכניון	גרוסמן גרשון – יו"ר	פרופ'
מדען ראשי, משרד התשתיות הלאומיות	ולד שלמה	ד"ר
יועץ לנושא המים	זלומנס אלעד	
רשות המים	זיידה מיקי	
הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון	זסלבסקי דן	פרופ'
רשות המיסים, משרד האוצר	יעקב ערן	
מקורות	כדר יגאל	ד"ר
יועץ – מודלים ממוחשבים לנושא מים	כהן דן	ד"ר
הפקולטה להנדסה כימית, הטכניון	לסיצין דימיטרי	
ארגון עובדי המים	פלדלייט מוטי	
MIYA- Arison Water Initiative	פלדמן מרדכי	
אגף שימור אנרגיה, משרד התשתיות הלאומיות	רודיק דוד	
הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון	שמיר אורי	פרופ'

הבעת תודה

המחברים מודים למרצים על המידע שהציגו ולכלל משתתפי הפרויקט על תרומתם לדיון הפתוח. תודות לפרופ' דן זסלבסקי על העברת חומר הרקע. תודה לד"ר יגאל כדר על האישור לשימוש בתצלום תחנת השאיבה החר, המופיע על כריכת דו"ח זה.

עמוד

תוכן העניינים

5	פרק 1 : הקדמה
6	פרק 2 : רקע
7	פרק 3 : מידע בנושא צריכת האנרגיה במשק המים
14	פרק 4 : דיון
20	פרק 5 : סיכום והמלצות
22	פרק 6 : מקורות

נספחים

23	תוכנית פורום אנרגיה : אנרגיה במשק המים – 19.11.2008	נספח 1 :
----	---	----------

פרק 1: הקדמה

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה, במסגרת פעילותו בתחום האנרגיה, מקיים מפגשי "פורום אנרגיה" המוקדשים לדיון בנושאים בעלי חשיבות לאומית בתחום. בפורום האנרגיה מתקיים דיון ממוקד בנושאים מוגדרים, בהשתתפות צוות מומחים המוזמנים לפי הנושא. המטרה היא להתרכז בשאלות רלבנטיות ומוגדרות, לתאם בין הגורמים ולהגיע להמלצות על דרכי פעולה לקידום הנושא, שניתן להציגן בפני מקבלי החלטות.

המפגש הוזן בנושא אנרגיה במשק המים התקיים ב-19 בנובמבר 2008 בטכניון, והשתתפו בו מומחים בתחום מהסקטור התעשייתי, האקדמיה והממסד הממשלתי והציבורי. המשתתפים בפורום, שנבחרו בקפידה עקב מומחיותם, מהווים, ללא ספק, קבוצה ייחודית ובעלת סטאטוס מקצועי ראשון במעלה בתחומי המים, האנרגיה והתשתיות.

בחלקו הראשון של המפגש הציגו חלק מן המשתתפים מצגות בנושא האנרגיה במשק המים על היבטיו השונים. מצגות המשתתפים נמצאות באתר מוסד ש. נאמן: <http://www.neaman.org.il/> (אירועים). בחלק השני התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו.

תמצית הדיונים מסוכמת בדו"ח להלן, וכמו בדיונים הקודמים, הוא יוגש למקבלי ההחלטות במטרה להביא אל סדר היום את צריכת האנרגיה במשק המים והיכולת להביא לחיסכון באנרגיה באמצעות מהלכים שונים.

פרק 2: רקע

לפי נתוני רשות המים¹, הייתה צריכת המים בישראל בשנת 2006 קרובה ל-2 מיליארד מ"ק, מהם כ-58% לחקלאות, כ-6% לתעשייה וכ-36% לשימושים ביתיים. סה"כ הצריכה לא השתנה בהרבה בעשר השנים האחרונות, אך נראית נטייה להקטנה יחסית של הצריכה בחקלאות והגדלה של הצריכה הביתית.

משק המים הינו צרכן גדול של אנרגיה לצורותיה השונות, בעיקר חשמל. משק האנרגיה ומשק המים קשורים וכרוכים זה בזה. האנרגיה משמשת לשאיבת מים מהכנרת ומבארות, להולכה ולאספקה לצרכנים. אנרגיה נדרשת גם על מנת "לייצר" מים, ע"י התפלת מי ים, לדוגמא, וגם לטיפול בשפכים, על מנת להופכם לקולחים המשמשים להשקיה או להזרמה לנחלים.

עפ"י הדו"ח הסטטיסטי לשנת 2007 של חברת החשמל², סך כל צריכת החשמל לשאיבת מים בשנה זו עמדה על כ-3.5 מיליארד קוואט"ש שהם 7.1% מתוך סך כולל של כ-49 מיליארד קוואט"ש. לשם השוואה, בשנת 1997 עמדה צריכה זו על 7.6% מכלל צריכת החשמל אולם כמות החשמל המיועדת לשאיבה עמדה אז על כ-2.4 מיליארד קוואט"ש.

צריכת האנרגיה להתפלת מי ים בשיטת האוסמוזה ההפוכה היא כ-4 קוואט"ש למ"ק. יעד הממשלה של 500 מלמ"ק מים מותפלים בשנה יביא בהתאם לכך לצריכת עוד כ-2 מיליארד קוואט"ש בשנה. צריכת האנרגיה לטיפול בשפכים משתנה בהתאם לסוגם ומקורם. קיימת תמימות דעים כי איכות הקולחים בישראל שמקורם בשפכים מטופלים הינה ירודה, ומהילתם ע"י ערבוב עם מים מותפלים אינו מונע את הזיהום המתמשך של מי התהום. קיימת הסכמה בנידון בעולם המתבטאת במשפט: Dilution is not the solution. טיפול משופר בקולחים, למשל ע"י התפלתם, יביא לצריכה נוספת של אנרגיה.

משק האנרגיה מצידו הינו צרכן של מים, אף כי לאו דווקא מים שפירים. מים משמשים להעברת חום במערכות אנרגיה שונות, לקירור, לאגירת מים לשם ייצור חשמל בשעות השיא ועוד.

בפורום הנוכחי נדונו בעיקר שתי סוגיות הנוגעות לקשר שבין משק המים והאנרגיה- נושא ההתפלה ונושא שאיבת המים והולכתם. לא נדונה סוגיית האגירה השאובה. טכנולוגיה זו מבוססת על שאיבת מים ממאגר נמוך למאגר גבוה בשעות הלילה, כשיש עודפי ייצור חשמל ועלותו נמוכה, ובמשך היום, כשיש עודף ביקוש ועלות החשמל גבוהה, מוזרמים המים למאגר התחתון ומפעילים טורבינות לייצור חשמל. חשוב לציין כי מבחינה אנרגטית טכנולוגיה זו אינה תורמת חשמל למערכת, אלא היא מאפשרת אגירה לשעות שיא הביקוש ועקב כך דחיית הבנייה של תחנות כוח חדשות מופעלות בדרך. כמו כן, לא נידונה בפורום סוגיית האנרגיה הנצרכת לטיפול בשפכים.

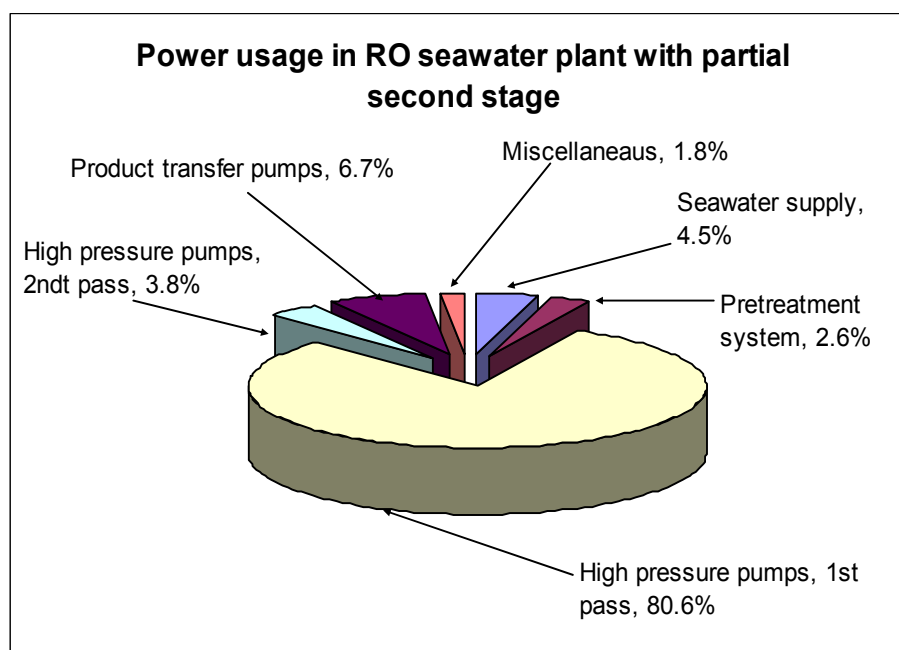
¹ <http://www.water.gov.il/default.htm/מאגרי+מידע/מאגרי+נתונים/נתוני+צריכה+והפקה>

² <http://www.iec.co.il/Static/WorkFolder/Investors/StatHeb2007.pdf>

פרק 3: מידע בנושא הקשר שבין אנרגיה ומשק המים

בחלק זה של הדו"ח ניתנת תמצית המידע שהוצג ע"י חלק מן המשתתפים, כל אחד לפי בחירתו ומומחיותו. המצגות שהוכנו ע"י הדוברים מוצגות, כאמור, באתר של מוסד נאמן (<http://www.neaman.org.il>). מטבע הדברים, קיימת חפיפה מסוימת בין הדוברים השונים, אולם עורכי הדו"ח החליטו להביאם כאן כפי שהוצגו ובאותו סדר (ראה תכנית הפרום בנספח 1). מידע זה חשוב ומהווה בחלקו בסיס לדיון הפתוח שהתקיים לאחר מכן, כפי שמובא בפרק 4.

דימיטרי לסיצין, הפקולטה להנדסה כימית בטכניון: היבטים אנרגטיים של התפלת מי ים. אוסמוזה הפוכה היא, נכון להיום, השיטה היחידה המסוגלת לספק כמויות גדולות של מים מותפלים. היא היעילה ביותר והזולה ביותר כיום. אנו מבדילים בין התפלה של מים מליחים לבין התפלה של מי ים. בתהליך ההתפלה נצרכת האנרגיה על ידי ההזנה עצמה, טיפול הקדם – סינון חול או טיפול אולטרה-פילטריציה. אם מדובר במי ים יש צורך במשאבות לחץ גבוה של 60-70 אטמוספרות. טיפול במי מוצר והאספקה לצרכן גם הם צורכים אנרגיה. האנרגיה מהווה 42% מהמחיר, שמרביתה, בסדר גודל של 80%, מנוצלת להפעלת משאבות לחץ גבוה, כמוצג באיור מס' 1.



איור מס' 1: צריכת אנרגיה במתקני התפלה הפועלים בשיטת אוסמוזה הפוכה.

באופן ספציפי, קיימת הסכמה שהשקעה אנרגטית טיפוסית היא כ-4 קוואט"ש למטר מעוקב (מ"ק) של מים מותפלים³. ב-30 השנים האחרונות הייתה ירידה דרמטית בהשקעות האנרגטיות, בגלל יתרון הגודל של מתקני ההתפלה המוקמים וייעול התהליכים. השאלה הנשאלת היא האם נוכל לרדת עוד בצריכת האנרגיה, ולדעתי לא נותר עוד הרבה מקום לייעול. בעולם מושלם, שבו היעילות מקסימאלית ואין כלל אובדנים, ינצל התהליך הכימי עצמו 1.09 קוואט"ש למ"ק. אם נוסף לזה עלויות של מי

³המחיר למ"ק של מי תסנין של אוסמוזה הפוכה, המוחדרים ישירות לקו מקורות.

אספקה בלחץ, הובלה של המים המותפלים והוצאות הפעלה הכרחיות, לא נותר הרבה פוטנציאל חיסכון.

ננסה לדון בשאלה באופן פילוסופי – האם המחיר שמתקבל יקר או זול באופן יחסי? אם נשווה את הצריכה האנרגטית של מ"ק מים מותפלים להוצאות אנרגטיות אחרות אופייניות, נקבל שווה ערך אנרגטי לנסיעה של 2-6 ק"מ במכונית או הפעלה של מיזוג אוויר בחדר אחד למשך שעה וחצי. ההוצאה על התפלה עשויה להגיע בערך ל 3.4% מההוצאה החודשית של משפחה ממוצעת על אנרגיה. אם נתייחס ליעד ההתפלה של הממשלה – 500 מלמ"ק לשנה, שמהווה 20% מהצריכה כיום, נקבל עלות אנרגטית של 2 מיליארד קוואט"ש בשנה, שהם 4% בלבד מיכולת ייצור החשמל הקיימת. נכון להיום – האוסמוזה ההפוכה היא השיטה היעילה ביותר הקיימת, וסביר להניח ש"המחיר האנרגטי" לא ירד עוד באופן משמעותי, אבל בכל קנה מידה – מחיר זה אינו גבוה.

ד"ר דב אינגמן, הפקולטה לתעשייה וניהול, הטכניון: טכנולוגיה חדשה להתפלת מים. בהרצאה זו נראה סדרה של ניסיונות להוכיח שהטכנולוגיה האמורה אכן עובדת, ויעילה בהרבה מבחינה כלכלית ואנרגטית מהטכנולוגיות המקובלות כיום. אנו מבצעים למעשה ריכוז של המלח בתמיסה, באמצעות הפעלת שדות חיצוניים המשנים את הדיפול של המים, על מנת לקבל תרכיז מלחים ולהפרידו מהמים. הטכנולוגיה מבוססת על הפעלת זרם חיצוני וצבירה של מטען משני צידי המיכל – צד אחד חיובי והשני שלילי. המומסים נעים עם מפל המתח ואפשר להגיע עד גבול המסיסות. כאשר הריכוז ההתחלתי היה כחצי מול מלח NaCl לליטר, הצלחנו להגיע לריכוז גבוה מאוד של 290 גרם לליטר. ערך זה קרוב מאוד לגבול המסיסות הידוע בטמפרטורת החדר. מכיוון שהריכוז משתנה עם מיקום הדגימה, אפשר להניח שאף הגענו לגבול המסיסות עצמו. האנרגיה הנדרשת לתהליך היא 300 ג'אול לליטר (0.083 קוואט"ש למ"ק). אנרגיה זו מהווה כעשירית מהגבול התחתון התיאורטי. השיטה מאפשרת התפלת מים בעלות של 25% מהעלות המקובלת בתהליך של אוסמוזה הפוכה. המערכת הזו יכולה להיות מודולארית, ומותאמת לכל גודל של מתקן – ביתי, תעשייתי או בקנה מידה גדול. גודל המתקן הוא כפול מנפח המים המטופל. אין ממברנות כמו באוסמוזה הפוכה ואין משאבות לחץ. עד כה נערכה בדיקה ראשונית בלבד. השלב הבא דורש בדיקה טכנית וכלכלית מעמיקה של פרמטרים רבים ובניית מערך ציוד מסחרי.

פרופ' משה גופן: הצעה לבחינה מחודשת להיתכנות ולתועלות למשק הלאומי של תכנית "עוקף כינרת".

פרויקט "עוקף כנרת" הוא פרויקט שדנו בו בעבר לפחות שלוש פעמים. בסוף שנות השבעים היה דיון מקדמי בנציבות המים, ובשנים 1982 ו-1990 בוצע סקר מקדמי בהובלת המעבדה לחקר הכינרת. הרעיון והתוואי מוצגים באיור מס' 2 להלן.



איור מס' 2: תוואי מוביל עוקף כנרת.

כיום, בשעות הלילה כשתעריף החשמל נמוך, פועלות המשאבות מהכנרת (אתר ספיר) בתפוקה מלאה. עיקריה של ההצעה הם להוביל מים בגרביטציה ממצד עתרת עד חוקוק, ולהקים בחוקוק מאגר תפעולי, שבו יאגרו המים בחורף למשך כמה שעות. בתוכנית המוצעת, בשעות היום, בתעריף החשמל הגבוה, ישוחררו המים למוביל הארצי מתוך המאגר התפעולי. לפרויקט יש משמעויות אקולוגיות וכלכליות: ראשית, האיסוף בגרביטציה ושחרור המים בשעות ביקושי שיא לחשמל. בנוסף, ברור כי להטיה של 150 מלמ"ק של מים במשך חמישה חודשים של זרימות חורפיות יש משמעויות אקולוגיות על איכות מי כנרת - אם נטה את מי הירדן כפי שהם, נחסוך מעומסי הנוטריאנטים (חומרי הזנה שעלולים לגרום להרעה באיכות המים ולפריחה של אצות) שמגיעים אל הכנרת. מדובר בכ- 30% על בסיס עונתי וכ- 40% על בסיס שנתי. בעבר הייתי ממתנגדי הפרויקט, אבל דברים השתנו במשק המים, במחירי האנרגיה וגם במצב הכנרת. בשנת 1999 נבדקו ע"י תה"ל שלוש חלופות לפרויקט במימון נציב המים - חלופה ראשונה בהטיה ישירה ממעין הון, חלופה שנייה בהטיה מהחיבור של נחלי דן מערב ומזרח והחלופה השלישית בהטיה מאזור גשר בנות יעקב. הבדיקה העלתה כי כל עוד מחירי החשמל הם כפי שהיו, ההטיה מבנות יעקב היא על גבול הכדאיות. זה היה נכון לשנת 1999. אנו יודעים כיצד השתנו מחירי החשמל מאז.

אנו מציעים הטיה לאורך 5 חודשים, שתאפשר גם סילוק עומסים מהכנרת - חנקן, זרחן, מוצקים מרחפים, כלוריד וסולפט. ברור כי במקרים מסוימים (בעיקר של סולפט) אין יתרון במניעת הכניסה לכנרת, אולם זה חלק מהמחיר של ההטיה. בנושא המלחים המגיעים אל ומהכנרת, מדינת ישראל אינה ערה לעובדה שהכנרת היא יצואן מלח גדול, אשר מוציא מלח ומפזר אותו באופן הומוגני על

קרקות הארץ ומאגרי מי התהום שלה. הקמת פרויקט ההטיה יועיל גם להגדלת נפח אגירה – בעיקר בשנות שיטפון, אשר בהן אין מספיק יכולת אגירה; בשנים ברוכות במשקעים, יכול להיווצר מצב שבו ייפתח הסכר בכינרת ומים ילכו לאיבוד. זה כבר כמעט קרה בעבר ונמנע רק מכיוון שהמפלס הראשוני של הכנרת היה נמוך בתחילת עונת החורף. התועלות הכלכליות מהפרויקט הן ברורות. לסיכום – שיפור איכות המים בכנרת, הפחתה בהמלחת קרקעות, חיסכון אנרגטי של בין 5-8 מיליון דולר בשנה במחירי 1990. בנוסף, הפעלה של מאגר תפעולי מאפשרת גם גיבוי ביטחוני ובטיחותי למוביל הארצי.

ד"ר יגאל כדר, מקורות: שימור אנרגיה בחברת מקורות.

סך אספקת מים של מקורות היא כ-1500 מלמ"ק לשנה. מתוך סך אספקת החשמל לצורך שאיבת מים (3 מיליארד קוואט"ש בשנה), צריכת חשמל של חברת מקורות עומדת על כ-2 מיליארד קוואט"ש לשנה, כלומר, כ-1.3 קוואט"ש לכל מ"ק של מים. העומס המחובר עומד על 650 מגוואט והוצאות לאנרגיה בגובה של כ-650 מיליון ש"ח לשנה.

מרכיב האנרגיה בהוצאות המשתנות של מקורות הוא 92%.

מכיוון שמקורות היא חברה כלכלית לכל דבר, השאיפה היא להתייעל ולהפחית עלויות. עיקר הצריכה מגיעה משאיבה בתחנת ספיר, וזה כמובן תלוי בתנאים הקיימים של כל שנה ושנה. בשנה גשומה שואבים יותר מהכינרת; לעומת זאת, בשנים שחונות יש להשקיע יותר אנרגיה ולשאוב מים מהעומק. מספר נתונים סטטיסטיים נוספים - בקידוחים מופעלות 1113 יחידות שאיבה ביעילות ממוצעת של 67%. קיימות 2070 יחידות של משאבות עיליות ביעילות ממוצעת של 72%. סה"כ היעילות הממוצעת ללא המוביל הארצי – 70%, ויעילות כוללת (כולל המוביל) 73%.

קשה מאוד לתחזק משאבות ברמת יעילות גבוהה לאורך זמן, שכן יש הרבה שחיקה ובלאי. לאורך זמן, אם משאבה מתחילה לפעול ביעילות של 85%, תוך 5 שנים היא יורדת ליעילות של 75%. עדיין לא נמצא הפיתוח שיפתור בעיה זו.

הגדלת היעילות של ציוד השאיבה ב-1% עשויה לחסוך כ-30 מיליון קוואט"ש בשנה. אנו מאמינים שניתן לשפר את היעילות ב-10-3%!

אנו מקיימים שיתוף פעולה הדוק עם רשות החשמל בתכנון ותפעול. שעות הפעלה של הצרכנים העיקריים מותאמות לדרישות של חברת חשמל, ואנו פועלים לפי עיקרון של הסטת הביקוש. מדובר על כ-90 מגוואט אשר משולמים, לפיכך, בתעריף מיוחד של תע"ז. אין ספק כי יש משמעות רבה לגורם הכלכלי – מחיר החשמל הנחסך הוא קריטי.

התייעלות משאבות עשויה להביא עימה גם יתרון נוסף וחשוב של הקטנת פחת מים.

בימים אלו משולמות פרמיות לאנרגיה פוטוולטאית המותקנת על גגות (פרמיה של 2.01 ₪ לכל קוואט"ש), אבל כשמקורות רוצה לחסוך, אנו נדרשים להשקיע הון ולא מקבלים תמיכה כלשהי. אני חושב שיש לתמוך בפרויקטים שמטרתם חיסכון בצריכת החשמל, ולתת להם הטבות כמו לפרויקטים אחרים של אנרגיה. ברור כי פרויקטים כאלו מועילים ותומכים במשק הלאומי.

פחת המים הידוע במערכות של מקורות הוא של כ-3-4%. אם נצליח להקטין את הפחת ב-1% בלבד, נקבל חיסכון של 15 מלמ"ק לשנה – שווה ערך למתקן התפלה קטן אחד.

נושא נוסף שברצוני להעלות הוא הקטנת קשיות מי האספקה. זהו פרויקט שנעשה במקורות. המים בארץ נחשבים קשים, וזה גורם לבעיות רבות של בלאי ואי יעילות של ציוד, וכמובן, בזבוז אנרגיה.

בנוסף, במשק המים אנו רואים הגדלה של פחת והגדלת כמות המים הנדרשת באספקה. פרויקט כזה, אשר יוריד את דרגת הקשיות של המים הוא פרויקט עם ערך כלכלי משמעותי. נוכל לחסוך כ-100,000

שווה ערך טון נפט בשנה אם נקטין את קשיות המים מ- 300 מג"ל עד 60-100 מג"ל. יתרונות נוספים להקטנת קשיות המים הם כאמור, הקטנת צריכת האנרגיה, הקטנת בלאי ציוד, הקטנת השקעות בציוד להחלפת חום, הקטנת צריכת דטרגנטים, הקטנת פחת מים, הקטנת מליחות קולחין.

ד"ר מרים לב-און, קבוצת לב-און בע"מ, ארה"ב: הקשר בין משק האנרגיה למשק המים בארה"ב בכלל ובקליפורניה בפרט (המצגת הוצגה על ידי ד"ר אופירה אילון).

נבחן את ההסתכלות של ארצות הברית בכלל ומדינת קליפורניה בפרט בקשר שבין אנרגיה למשק המים ובנוסף - נוסיף נקודת מבט על המים במשק האנרגיה. ההקשרים בין הסקטורים הללו הם של תלות הדדית. במשק המים נדרשים איסוף, פיתוח, הולכה, טיפול ואספקה של מים ללקוחות. בנוסף, במהלך השימוש במים עצמם על ידי הצרכנים נצרכת אנרגיה לצורך שאיבה וחימום המים. כמו כן, קיים נושא של אנרגיה הנצרכת במהלך הטיפול במים ובשפכים (בישראל עומדת צריכת האנרגיה לטיפול במ"ק שפכים על 0.5 קווי"ש). מבחינת צריכת החשמל, סקטור המים צורך אותה כמות האנרגיה אשר נצרכת על ידי התעשייה העוסקת בייצור נייר וקרטון, שהיא תעשייה עתירת מים. זוהי צריכה כפולה מהצריכה הממוצעת בתעשיית זיקוק הנפט.

קיימים מספר אלמנטים של ייצור המקובלים לשימוש בסקטור האנרגיה: זיקוק, ייצור ושינוע. לכל אחד מהם יש קשר הדוק למשק המים. בתחומים אלו נוכל לראות השפעות של משק האנרגיה על משק המים. 3.3% ממשק המים בארה"ב הולכים להפקת חשמל בשיטות קונבנציונליות כמו פחם, מזוט וגז. מעל 80% מהצריכה של המים הולכת להשקיה. עקב שינויי האקלים והבצורות התכופות שפוקדות את קליפורניה, ישנה תחזית כי בשנת 2050 יהיו יותר אזורים צחיחים ותידרש יותר אנרגיה על מנת לספק להם מים.

סה"כ האנרגיה הנצרכת על ידי משק המים בקליפורניה מהווה 19% מהאנרגיה החשמלית הנצרכת בקליפורניה ו-32% מהגז הטבעי הנצרך, כאשר עיקר צריכת המים היא על ידי משקי הבית ובסקטורים של המסחר והתעשייה (RCI - Residential, Commercial & Industrial). עבודה שנעשתה בקליפורניה מתווה את מפת הדרכים הנדרשת על מנת להביא להתייעלות אנרגטית במשק המים המקומי. לתכנית יש יעדים מוגדרים לגבי מה ואיך לעשות, ועיקרם - שאיבה בשעות שפל, אופטימיזציה של קוטר הצנרת בכדי להפחית את החיכוך וחידוש הצנרת להפחתת בזבזי מים ואנרגיה ופעולות נוספות. על מנת לאפשר התייעלות יש להסתכל לא רק על אספקת מים אלא גם על שימושיהם. מהלך כזה מאפשר גם חיסכון במים וגם חיסכון באנרגיה.

דוד רודיק, משרד התשתיות: יישום תקנות מקורות אנרגיה.

הצרכן הגדול של אנרגיה בענף המים הן המשאבות. צריכת האנרגיה של משאבה מתבטאת בפי 7 או 8 מעלותה המקורית, כלומר משאבה שעולה שקל אחד, תצרוך במהלך חייה 7-8 שקלים עבור אנרגיה. ניתן לצמצם את צריכת האנרגיה של משאבה באופן משמעותי ע"י ביצוע פעולות כגון:

- כוונון של מרווח אופטימלי בין המאיץ לבית המשאבה
- התאמת גודל המתקן לצרכים המעשיים בשטח
- ניקיון והחלפת שמנים ומשיחת סיכה של מיסבים או החלפת מיסבים במידת הצורך
- שיפוץ מצמד בין מנוע למשאבה
- ניקיון פתחי אוורור וצלעות הקירור של המנוע

לאחר שנים של סקרים ובדיקות, הוחלט לחייב, על פי חוק, יעילות מינימאלית של מתקני שאיבה. על פי חוק מקורות אנרגיה, שר האנרגיה מוסמך להוציא תקנות להבטחת חיסכון ויעילות. במסגרת זו הוצאו בשנת 2004 תקנות שעל פיהן על כל מתקן שאיבה לעמוד בתקן מינימאלי. החוק מפורסם באתר האינטרנט של המשרד, ומוגדרים בו כללים ברורים של התקן, וכיצד נבחנת העמידה בו. הבדיקה נעשית אחרי 7,500 שעות עבודה או 30 חודשים, ומחייבת עבור משאבות הצורכות 150,000 קוט"ש ויותר⁴.

ברור, כי במסגרת תקנה זו, חברת מקורות היא השחקן הראשי, והתכנית היא להגיע בשנת 2010 לאיתור פוטנציאל חיסכון של 100 מיליון קוט"ש לשנה, שהם כ-1.4% מכלל צריכת החשמל לשאיבת מים.

מידי שנה, לאחר קבלת נתוני בדיקת הנצילות האנרגטית במתקני שאיבה של מקורות, בעבור המתקנים שבהם תוצאות הבדיקה מצביעות על נצילויות נמוכות מהנצילות המזערית הנדרשת בתקנות, מחשבים את פוטנציאל החיסכון בחשמל אם יתוקן מתקן השאיבה ע"י הבאתו לנצילות המזערית הנדרשת בתקנות. ב-2006 הוגדר פוטנציאל חיסכון של 9 מיליון קוט"ש.

מוטי פלדלייט, ארגון עובדי המים: איכות מים וקולחים כגורם ביעילות אנרגטית

השימוש בקולחים גורם לירידת יעילותן של מערכות השקיה – ניתן לראות ירידה במוליכות ההידראולית וסתימה של מערכות. קשה מאוד להעריך עד כמה איכות המים גורמת לנזק – ירידה בספיקה, ירידה בלחץ, בזבוז מים לשטיפת מסננים, תוספת עבודה, נזק לגידולים ונזק לציוד. על מנת להעריך את איכות המים מההיבט הזה היה צורך לפתח פרמטר שמשקף את הנזק הצפוי למערכת כתוצאה מהזרמת המים באיכות נמוכה. לפני למעלה מ-10 שנים פיתחנו מערכת של מד כושר סינון. מים בספיקה קבועה זורמים דרך רשת, ונמדד הפרש לחצים על הרשת – זה נותן אינדיקציה על הבעייתיות של המים. ניתן לקבוע על פי מערכת זו עד כמה יהיה יעיל להוליך את המים האלו. החיסרון של הבדיקה והמערכת הוא שהמכשיר ידני, מבוסס על מדידה אקראית ולא רציפה. התוצאה המתקבלת נבדקת מול טבלת איכויות של מים באופן כללי, והנתון שמתקבל מאפשר לנו להעריך את המשמעות התפעולית של איכות המים והשפעתה על יעילות ההולכה. אנו מפתחים בימים אלו מכשיר העובד באופן רציף, המאפשר קריאה רציפה לאורך היממה, ומאפשר לראות שינויים באיכות המים בשאיבה ממאגר לאורך יממה, למשל. מתקבלת קריאה בכל פעם שהרשת מגיעה לערך שטיפה מסוים, והפרש הזמנים בין הקריאות יכול לאפשר לנו לקבוע שעות שאיבה מועדפות, בהתחשבות באיכות המים, ממש כמו שעושים עם מחיר החשמל. המערכת מאפשרת גם צילום וכך רואים מהם גורמי הסתימה. הנתונים מועברים מנקודת המדידה on line.

פרופ' דן זסלבסקי, הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון: גישה כוללת לפתרון בעיות מים ואנרגיה.

גידול הצריכה, מחירים עולים וגבוהים של אנרגיה ושיטות ההתפלה – אלו שלושה נושאים כבדי משקל.

עלות המים המותפלים מורכבת מעלויות יסוד, טיפול כימי וממברנות ועלות חשמל. מחיר ההתפלה היום הוא כ-60 סנט למ"ק ובעתיד צפוי לעלות פי שניים או ארבעה. המחיר הגבוה אולי אינו נורא עבור משקי הבית, אבל חקלאים לא יוכלו לעמוד בהתייקרות כזו. אנו חייבים להבטיח

⁴ <http://www.mni.gov.il/mni/he-il/Energy/Laws/ECpumpingFacility.htm>

חשמל זול, להמציא טכנולוגיות התפלה הצורכות פחות אנרגיה, ויש להתעקש שהתשלום למים יהיה על פי עלות ממוצעת ולא על פי עלות שולית. הסיבות העיקריות למחסור במים הן עלייה בביקוש, שינויי אקלים והשחתת המאגרים והאקוויפרים.

מכיוון שמחיר הטיפול הוא עבור נפח מים מטופל, ברור כי ככל שאנו מוהלים יותר את המים ומגדילים את הנפח (גם אם מקטינים את ריכוזי המזהמים), ההוצאה תהיה גבוהה יותר. אם מוהלים את מי הביוב במי שתייה איכותיים – מייקרים למעשה את עלות הטיפול ומקטינים את הסיכוי לתיקון המצב. אנו מדברים על תוספת עלות של למעלה מדולר למ"ק. מקור המים העיקרי בישראל הוא אקוויפר החוף, שנכון להיום כמעט לא שמיש. רעיון שנשמע במשרד להגנת הסביבה, לפיו ניתן למהול מי קולחין מטופלים עם מי ים מותפלים ביחס של 1:4 הוא לא ריאלי, כי אין סיכוי שנגיע לנפחי התפלה גדולים מספיק. בנוסף, אמנת ברצלונה אוסרת לשפוך מי קולחין לים התיכון. כפי שאני רואה את הדברים לא תהיה לנו ברירה, כי לאן שהוא אנחנו נהיה חייבים לפנות את הקולחים הנוצרים כאן. יש פתרונות מעניינים, אבל בנסיבות הפוליטיות בארץ אין התקדמות ממשית. אני רוצה לציין שלוש דרכים לאספקת מים זולה:

- ארובות שרב
העבודה בארובות שרב מאפשרת התפלת מי ים בחצי המחיר וניתן לגשת מיד לביצוע מסחרי. הפוטנציאל הוא יותר מהכפלת כמות המים בישראל. בדיון הנוכחי לא הייתה הזדמנות להצגה שלמה, וישנה שורה שלמה של עניינים כבדי משקל שמומלץ לקרוא עליהם במראה מקום הנקוב.
- שימוש בשדה חשמלי, על פי התיאוריה שהציג דב אינגמן
בעבודה זו (לא פורסמה בשום מקור חיזוני) כל שלושת הניסויים הצביעו על עלות כוללת של התפלת קוב מים שהיא בין עשירית לשתי עשיריות המחיר היום. צר לי לומר שנציבות המים וגורמים אחרים לא תרמו למאמץ של יישום הפתרון הזה, שמשמעותו לא רק פתרון סופי של בעיות מים וחשמל בכל היקף שבו, אלא מהפכה עולמית. ניתן להגיע גם לתשובה עסקית בתוך 3 שנים אם ימצא המימון.
- הגברת כמות המשקעים, לפי עבודה של גד אסף⁵
בעבודה זו נבדק מדוע יש הפחתה בכמות המשקעים. מתברר שכמות הגשם היורדת היא פונקציה של הפרש הטמפרטורה בין פני הים והאוויר הקר. ההתאמה בין הנתון הזה לבין כמות המשקעים התקבלה במדידה סטטיסטית ביותר מ-90%. כאשר איננו יודעים מה תהיה טמפרטורת האוויר, ויודעים רק את טמפרטורת פני הים – ניתן להגיע לדיוק של עד כדי 60% בחיזוי כמות המשקעים הצפויה. הצעד הבא הוא לשאול מדוע הים אינו מתחמם? האם אפשר לגרום לו להתחמם? בעבודה שעשה גד אסף הוכח (תיאורטית) שישנה דרך להגביר את רמת הגשם ב-30% ולהגדיל את כמות המלאי של מי תהום פי שתיים וזאת בעלות של פחות מ-5 סנט לקוב מים. כמוכן שנדרשת לזה השקעה- במחקר ובפיתוח.

מחקרים מראים כי כל דולר שהושקע במחקר בתחום האנרגיה מניב 50 דולר למדינה ולכן, קיימת חשיבות לאומית לקדם את הנושא- גם מבחינת משק המים וגם מבחינת משק האנרגיה.

⁵ ראה רשימה של מספר פרסומים בנושא זה במסמך מאת דן זסלבסקי – מקור 1 בפרק 6

פרק 4: דיון

בחלק השני של הפרק התקיים דיון פתוח על המידע שהוצג ועל המסקנות האופרטיביות שיש להפיק ממנו. על מנת למקד את הדיון, הוצגו מראש מספר שאלות כדלקמן:

- האם וכיצד ניתן להקטין את צריכת החשמל לשאיבת מים?
- האם וכיצד ניתן להקטין את צריכת האנרגיה להתפלת מים?
- האם וכיצד ניתן להקטין את צריכת האנרגיה במערכות איסוף וטיפול בשפכים?
- מה ידוע על תכניות לחיסכון באנרגיה במשק המים בעולם ומה ניתן ללמוד מהן לגבי ישראל?
- האם וכיצד ניתן להקטין את פחת המים בישראל?

דברי המשתתפים מובאים כאן בסדר בו נשמעו וללא עריכה. בפרק הבא ניתן סיכום ומוצגות מסקנות מדברים אלה.

אדי בית הזבדי: הפוטנציאל המוערך להתייעלות במשק המים הוא כ-20% מסך כל האנרגיה, לא רק חשמל. כמו שדוד רוזיק ציין, עשינו במשך השנים מספר עבודות והגענו למסקנות, בעקבותיהן הייתה הצעה לתקנות שאיבה כבר בשנת 1999, אבל הן לא נכנסו לתוקף. לקראת שנת 2004 כשטיפלנו בתקנות הנוכחיות דרשנו להעלות את היעילות המינימאלית של המשאבות על פי חוק ל-75%. הערך הסופי שנקבע, של 65% הוא למעשה פשרה. החיסכון הצפוי והמוערך הוא למעשה ההפרש בין אי יעילות קיימת לבין היעילות שאליה אנו שואפים בתקנה או אפילו יותר, אם נתאמץ. הבעיה העיקרית היא אצל מפיקי המים שם הנושא פרוץ והשאיבה חוגגת. "מקורות" היא חברה מסודרת ועובדת לפי התקן. אנו נתקלים בבעיה גם ברשויות מקומיות, ואיננו יכולים להגיע לכולם. בפועל במשרד עוסק בתחום זה אדם אחד שצריך גם לאכוף, גם ללכת לבית המשפט וגם לעקוב. עם שיתוף הפעולה של "מקורות" אנו מגיעים לאכיפה של 70%, שזה יפה מאוד.

דוד רוזיק: בדיקה חייבת להיעשות ע"י שני אנשים – נצילות של משאבות נבדקת ע"י בודקים מוסמכים בארבע נקודות סביב המשאבה, ומחושב ערך ממוצע. התקן אינו מחייב את נוהל הבדיקה. היות ובתקן המקורי הוגדר שמהנדס מחויב לבצע את הבדיקה, זה עורר בעיה טכנית של זמינות צוות בדיקה. בעקבות כך הקלו בדרישה – טכנאי יקרא את התוצאות בשטח ומהנדס יאשר. יש הוראות מי יבצע את הבדיקה – טכנאי עם ניסיון מסוים וכו', ותוך כדי בדיקה עושים גם שיפורים וכיוונונים במשאבה. החוק מחייב את מפיק המים בבדיקה - הוא חייב לבצע אותה על חשבונו. במשאבות גדולות, שבהן כל חיסכון ואפילו קטן מביא עימו רווח משמעותי, בקלות מחזירים את עלות הבדיקה.

פרופ' משה גופן: אני חושב שאנו נחטא חטא כבד לעצמנו ולעם ישראל אם נצמצם את הדיון לשני הפרמטרים של מים ואנרגיה בנפרד מזמינות, כמויות וצרכים. כמה מים יש לנו וכשחסר מאין ניקח? במסגרת השיקולים האנרגטיים יש לקחת בחשבון מה עושים כדי למלא את החסר ולאן פנינו.

פרופ' גרשון גרוסמן: אנו מנסים להתמקד, ונדון בדרישות האנרגיה למה שיש כיום במשק המים.

ד"ר יגאל כדר: ברצוני לברך על התקנות ויש לראות איך אוכפים אותם יותר טוב. הרעיון להעלות את רף יעילות המשאבות הוא בלתי אפשרי מבחינה יישומית – יש דברים קבועים שקשה לשנות. הערכים שנקבעו בתקן סבירים, ואם יעלו את הרף יהיו פשוט יותר עבריינים. צריך להבין שהכול כרוך

בתקציבים – למרות שאנו עושים רבים פעולות רבות לשיקום וחיזוש ציוד – היעילות אינה משתפרת; אם אתה לוקח 1000 משאבות וסך המימון מאפשר החלפה של כמה עשרות – בינתיים שאר המשאבות מתיישנות, והביצועים מידרדרים. סה"כ נשמר שיווי משקל, וצריך לקחת בחשבון שעמידה בתקנות בסופו של דבר תהיה מאוזנת בצורה ממוצעת, אלא אם כן תלך למפעל קטן שיש לו מעט משאבות ואין מה שיקזז אותן. בהחלפת ציוד אנו במקורות עושים חשבון כלכלי: אורך חיים של קו מים – 40 שנה, משאבות רק 15 שנה. הבעיה היא שמההיבט האנרגטי אורך החיים שלהם הוא רק 7 שנים, ולגבי חלק גדול מהמשאבות, על אף שהן מתחת לסף, אינני יכול להראות כדאיות כלכלית להחלפתן. על מנת לפתור את זה, פרט להגדלת תקציבים, צריך להתייחס למחיר חשמל אחר. אני היום מחשב את הכדאיות הכלכלית לפי מחיר עלות. מדוע לא לחשב לפי מחיר אלטרנטיבי – 70 אג' עד שני שקלים לקוטר"ש, כפי שמשולם היום למייצרי חשמל מאנרגיה מתחדשת? זו אנרגיה נחסכת. במחיר כזה כדאי לי להחליף יותר משאבות.

אלעד זלמונס: מבקש הבהרה - אתה אומר שאינך מחליף משאבות מכיוון שהתקן לא מחייב, או כי זה לא כלכלי?

ד"ר יגאל כדר: צריך להיות ריאלי ולהבין שזה לא רק אנרגיה אלא גם מים – אין לי אפשרות להשביט משאבות, ולכן איני יכול להוציא משימוש משאבות שאין עליהן הכרה נאותה בפחת.

ד"ר שלמה ולד: אני מסכים שמים ואנרגיה הן קואורדינטות במרחב רב מימדי הקשורות זו לזו. אי אפשר למשוך את השמיכה מאחד אל השני. דרושה ראייה כוללת. קשה מאוד לנהל משק מסובך כל כך וחשוב מאוד לעשות ניתוח רב מימדי.

משפיעים עלינו גידול אוכלוסין ועליה ברמת חיים, יצוא ויבוא של מזון ועוד. אני חושב שאחת הסיבות שיש הזנחה ופחת גדול במים היא כי אנשים לא יודעים ולא יכולים למדוד בזמן אמת מה קורה במערכות שלהם. מפתיע שמדינה כל כך מתקדמת לא עשתה דבר בתחום הבקרה on line של מים וזה משאב כל כך חשוב במדינה. אילו הייתה לנו מערכת כזו, המשדרת כל הזמן את מצב צריכת המים, (בדומה לזו המודדת rating בטלביזיה) זה היה נותן לכולנו מוטיבציה לתחזק ולחסוך, ולתקן דליפות מיידית. צריך להשקיע המון בבקרה מרוכזת במערכות קריטיות.

ד"ר יגאל כדר: במקורות זה קיים – אנו יודעים את כל הנתונים. טסט פיזי בשטח נעשה כי זה מה שהתקנה דורשת.

פרופ' זן זסלבסקי: אני חושב שהבעיה העיקרית היא צורת ההתנהלות של מערכת המים והאנרגיה בישראל. משרד התשתיות אינו מנוהל כראוי, הסמכויות מפוזרות במשרדים אחרים ואין אפשרות לקבל החלטה ולקיים דיון רציני. לכל כשל יש תשובה וידוע מה צריך לעשות. בסקר שקיימנו על כוח אדם במשק המים התברר שאנשים לא מסכימים ללכת לעבוד ברשות המים כי הוא נחשב למוסד בעייתי. קל מאוד לגלוש לצד הפוליטי. האנשים המקצועיים חייבים להיכנס ולדון בנושאים, ולהעביר ביקורת נוקבת.

למשל מי קולחין: הטיפול השניוני שנעשה בהם בארץ אינו משביע רצון, ולאחריו הם מכילים שורה של מזהמים המוצאים דרכם למי התהום. אפשר להוכיח, ממגוון של סיבות, מדוע אסור להשקות במי

קולחין – כסף, מחלות, אנרגיה – למרות זאת יש בישראל 200 מאגרים של מי קולחים שתפקידם לשמור מים מן החורף לקיץ. מהם 20% מהמים מתאדים, והם מהווים מדגרות ליתושי קדחת הנילוס המערבי. כאשר משקים בקולחים יש מלחים בהשקיה ולכן צריך להשקות בעודף. בנוסף קיים הנושא של תוצרת חקלאית מושקית בקולחין שיש בעיה לשווק אותה בחו"ל. הרשימה ארוכה מאוד ולמרות זאת זה נוהל קבוע ומקובל במדינה. כדי להביא מי קולחין לאיכות של מי שתייה צריך להתפיל אותם בתוספת הוצאה של 20 סנט למ"ק, ואז אין בעיה של זיהום מי התהום, וניתן לשקם בעזרתם את הנחלים בישראל. אבל במשרד להגנת הסביבה רוצים במקום זה למהול אותם פי ארבעה במים מותפלים.

קו המים החדש לירושלים – מיותר. חבל על האנרגיה להתפיל בשפלה ולהעלות עד ירושלים – יותר יעיל למחזור מי קולחין. חובה עלינו להוסיף מים מותפלים, זה ברור, אבל השאלה היא כמה זה יעלה. אם נוכל להקים ארובות שרב ואפשר להפיק בזה מים בפחות מחצי מחיר היום, למה לא עושים זאת? השיטה שהציג דב אינגמן עולה עשירית מכל שיטה קיימת. למה זה לא מקודם? דברים פשוטים כמו שינוי שיטות השקיה יכולים לחסוך המון אבל בפועל לא מבוצע כלום. מקובל שבכל פרויקט יש מתכנן ובקר תכן, למה במשק המים אין ביקורת על החלטות?

הייתי רוצה לתת המלצות קונקרטיות – יש להציג התמונה בשלמותה. זה צריך לשמש בסיס לכל דיון ומסקנות. אני אשמח אם מישהו יטרח למנות את הפרטים הקטנים כמו ייעול השקיה.

ד"ר שלמה ולד: אני מסכים עם דן בהיבט של dilution is not the solution. לא רק במקרה הזה אלא באופן כללי.

ד"ר יגאל כדר: אני דווקא לא מסכים עם רוב המסקנות של דן – לא לגבי הקו החמישי לירושלים ולא לגבי איכויות הקולחין. בשפד"ן היום שואבים מהאקוויפר מים ראויים לשתיה.

מרדכי פלדמן: רשתות המים העירוניות מקבלות את מרבית המים ממקורות בכמות ובלחץ מספיק. לכן חסרה מודעות ברשתות לנושא התפעול השוטף. הצריכה העירונית היום היא 750 מלמ"ק, לפי דו"ח רשות המים הפחת בארץ הוא 10% ונתון זה הוא בוודאות לא נכון. המודעות לפחת קיימת בעקיפין ואין ממש התייחסות לנושא. ניתן היה לעשות פעולות להקטנת לחצי ההספקה וכתוצאה מכך להקטנת הפחת וגם צריכה מיותרת. בתכנון רשת המים העירונית, נדרשת חלוקה של הרשת לאזורי לחץ. בפועל, רוב הרשתות מתוכננות כמערכת אחת גדולה, ויש חלקים המקבלים לחץ גבוה יותר מאחרים. צריך לבצע ניטור שוטף של הרשת העירונית לפי איזורים, ובקרה סלקטיבית של לחצים בתוך כל איזור. ברגע שמתכננים איזורים נפרדים בתוך העיר ניתן לתפעל את המערכת כולה באופן נכון. הרבה רשויות מניחות שאין דליפות ולכן אין פעילות מניעה שוטפת. אולם, בעולם מקובל להגיד שהפחת הפיזי הוא 80% והשאר כתוצאה מבעיות מדידה. ברמת התקנות בארץ אנו מחויבים לספק לפחות 2.5 אטמ" בחיבור לצרכן. הרשות לוקחת מרווח ביטחון, ומעלה את הלחץ, דבר שגורם לעליה בדליפות. אפשר להוריד את הלחץ לפחות בשעות הלילה. יש מקומות שבהם הלחץ הוא גבוה משמעותית וזה גם מגביר את הנזילה. בעקיפין זה גם משפיע על הצריכה. אם נקטין את לחץ האספקה, ניתן להפחית את הכמות המסופקת לרשויות ב-10% לפחות. בערים שהטופוגרפיה שלהן לא אחידה יש איזורי לחץ. בעיר שטוחה העיר כולה היא רשת אחת, כמו ת"א למשל. לבניין גבוה יש משאבה למטה. ככל שהאיזור יותר גדול, ה"רעש" במערכת יותר גדול וקשה לזהות דליפות. במקום טופוגרפי כגון חיפה או טבריה, מקובל לתכנן כך שכל 30 מטר גובה זו רשת נפרדת, וגודל האיזור הוא לאו דווקא גודל

המתאים למאזן מים אלא לפי הנוחות הטופוגרפית. בחיפה אנו רוצים אפשרות לקחת אזור לחץ כזה ולחלק אותו לשניים או שלושה. ואז ניתן לעשות מאזן מים יעיל. בעולם מדברים על פחת של מעל 30%. אנחנו מעריכים שנוכל לייעל את המערכת ב 10% מכלל הצריכה. זה יאפשר חיסכון של כ-70 מלמ"ק בשנה. הורדת לחץ תהיה גם מועילה כי הצריכה המיותרת תרד.

אסף עופר: אני מבין שיש כשל שוק של אותו גורם שצריך לתפעל משאבה ואינו יודע לשפוט את יעילות המשאבה. לא התפתח מוצר טכני שמאפשר עקיבה באופן שוטף, ונשאלת השאלה האם תפקידה של המדינה להתערב. אני רוצה להציג את דוגמת השימוש במים בידי החקלאים. לכאורה, נדמה שממטרה וטפטפת לקויות הן הסיבה לפחת, אבל ידוע שכמות הפחת שם אינה גבוהה מהמגזר העירוני. מצב החקלאים בכי רע בגלל מחירי המים, ומשרד החקלאות ראה לנכון להתערב באמצעות מכרז לפרויקטורים. במכרז זכה ארגון עובדי המים שכיום עוברים יועציו בין כל החקלאים ויחד עם ההקצאה נותנים גם כלים לחיסכון, שזהו הגזר ובמקביל מופעל המקל: אם לא יפעל החקלאי לפי ההמלצות, יש מנגנון רגולציה שיתערב. נראה לי שיש להתחיל בדרך הזו, באמצעות מכרז לעבור בין כל מפעילי המשאבות ולאץ אכיפה, וכמובן לקדם את הפיתוח הטכנולוגי. זה פרויקט שממומן על ידי משרד החקלאות וראוי שיועק.

מיקי זיידה: אינני מאמין ברגולציה קשיחה של המדינה. צריך לייצר תמריצים שיגרמו לאנשים לרצות לייעל את המערכות שלהם – מנגנון כלכלי שיאפשר ויעודד אנשים להתייעל. אם המדינה מאמינה שיש יתרון בחיסכון אנרגטי, יש להקצות מענקים לאנשים שמתיעלים.

אדי בית הזבדי: נכון להיום אנו במשרד התשתיות נותנים מענקים לפרויקטים של חיסכון באנרגיה.

מיקי זיידה: המדינה השקיעה 70% מהכסף לקידום מאגרי הקולחים. איפשרו לאגודות לבוא לבקש כסף – וזה מאפשר ליוזמות מקומיות להתפתח. יש נושא שאני מעלה כאזרח וזה אנרגיה סולארית ושילובה בתפעול מתקני טיפול בשפכים (מט"שים), וכן ייצור ביו גז מבוצה שיכול להפחית צריכת אנרגיה של מט"ש. צריך לצאת מהחשיבה הקונבנציונלית – ולמצוא פתרונות יצירתיים. הקו החמישי לירושלים חוסך אמנם אנרגיה אבל בהשקעת הון גדולה. צריכת האנרגיה – משק המים השתמש ב 16% ממשק החשמל בשנות הששים והיום אנו בשבעה אחוז בלבד.

פרופ' דן זסלבסקי: אם נתפיל אנו נשארים עם הרכז, אבל במצב הנוכחי אנחנו שופכים את זה על כל מדינת ישראל.

מיקי זיידה: הבעיה היא להביא את הידע ודרכי החישוב של עלויות למקבלי ההחלטות. חייבים להסביר איך הגענו למחירו של טיפול מסוים. עם הטכנולוגיה הזו יבואו מדענים לרשות המים ואז הרגולטור יקבל החלטה מושכלת.

פרופ' דן זסלבסקי: חישוב שעשו בטכניון הראה שנוק מהשקיה בקולחין היום הוא 1.5-2.5 דולר למ"ק.

ד"ר יגאל כדר: רשות המים רוצה היום להוציא מכרז לפרויקט התפלה של מי השפד"ן כי לא רוצים להחדיר כמות עודפת. אתם מוזמנים להגיש הצעה למכרז עם טכנולוגיה שעולה רק 20 סנט למ"ק – אם תוכיחו יעילות וכדאיות, תזכו. אין צורך "לדחוף" טכנולוגיה. מה שטוב, יעיל וזול – יזכה.

מיקי זיידה: זה עומד על הפרק היום - רוצים לבדוק את האופציה של ביטול ההחזרה בשפד"ן, ושימוש באוגר של השפד"ן לחוף שנהרס – ולעבור לטיפול עילי שלוקח פחות שטח.

פרופ' דן זסלבסקי: הרשות אינה מעוניינת לקבל אינפורמציה על טכנולוגיה חדשה כי היא כבר סגורה בחוזים – מרוויחה ואין לה עניין להתייעל. יש מחקרים שמראים שמאגר קולחים משמשים לתפיסת מי שטפונות שהם מי גשם נקיים – והם מתערבבים במאגר עם מי ביוב. עבור גשם אתה רוצה דווקא מאגר חדיר – לתוך האקוויפר – בפועל זה נכנס למאגר אטום של ביוב, ולא נכנס לאקוויפר.

מוטי פלדלייט: ננסה להיות קונסטרוקטיביים: כימות החיסכון הוא חשוב – משאבות, פחת מים, שיפור איכות מים וחיסכון באמצעות מים פחות קשים וכו'. יש דברים שאפשר לכמת – וזה יכול להיות יתרון גדול של הדו"ח. דווקא בהיבט הכמותי יש סיכוי להגיע למשהו ולכך שמישהו יקשיב ויבצע.

פרופ' משה גופן: עוקף כינרת יקטין את צריכת החשמל במוביל הארצי – וזה חיסכון חשמל מיידי למשק. אני ממליץ שהגורמים ידונו בעניין זה. אנו מוכנים להופיע בכל פורום נדרש. ידוע כי בעבר הייתה חוות דעת שלילית על הפרויקט אולם עכשיו המצב שונה.

ערן יעקב: לממשלה יש אוזן קשבת והניסיון מראה כי אם מציגים את הדברים בדרך נכונה לפעמים יש תגובה ואף ביצוע. יש קשת של שיקולים שלא תמיד רואים אותם כל אחד ממקומו. אנחנו כן קוראים את החומר ומשתדלים לקחת שיקולים נכונים וחכמים, ככל שניתן. אם מסתכלים על דברים שעשינו לאחרונה בתחום יש התקדמות. אולי לא מספיק, ואולי לא מהר, ואולי לא בכל התחומים, אבל אנחנו עושים. אין ספק שיש הרבה בעיות וזה לא קל אבל יש מי ששומע, וגם מותר לו לא לקבל עמדה זו או אחרת. בעניין המשאבות והפחת של 15 שנה – יש מקום אולי כן לשנות אותו לחמש או שלוש שנים – האם החלפה של משאבה כל 7 שנים מביאה לחיסכון משמעותי באנרגיה? זה מהלך שיכול להתבצע מיידי – בתנאי שמתן פחת מואץ פה יביא להחלפה טובה יותר והתייעלות אנרגטית משמעותית. יש להציג נתוני התייעלות מבחינת פחת המים וצריכת האנרגיה הודות להחלפה תכופה יותר של המשאבות וניתן יהיה, בהסדר ראוי, לקדם את הנושא.

ד"ר יגאל כדר: איננו מעניקים תשומת לב מספקת לפרויקט הקטנת קשיות המים שהוא לדעתי בעל השלכות מרחיקות לכת יותר מכל מה שדובר עד כה. שינוי מהותי כזה כמובן יגרור עליה במחיר המים. צריך לחשב עלויות ולהגיע למסקנה שהפרויקט מביא לחיסכון לאומי – קורוזיה, בלאי, אנרגיה וכו'. צריך פשוט לעשות על זה עבודה ולהראות כלכלית שזה כדאי ואפילו הכרחי.

פרופ' דן זסלבסקי: יש היום פעולות מקומיות להפחתת קשיות לפני קולט שמש או לפני מכונת כביסה. עדיף לעשות טיפול מקומי ונקודתי לפי הצורך, ולא לטפל בכל המים. אני מתקין בברז הכיור מתקן התפלה וזה מתפיל לי רק את המים שהולכים לשתייה ולא את הכיורים והשירותים.

מיקי זיידה: רשות המים נכנסת לסדרה של פרויקטים עתירי הון שיורידו את צריכת האנרגיה. ייצור מים בהתפלה אמנם צורך אנרגיה, אבל מתקן התפלה מוריד את עלויות ההובלה של המים – כל המים יגיעו ממערב. מתקן בחדרה יאפשר להעביר המים לנתניה והרצליה בקו מקביל למערכת הארצית, ויחסוך עלויות אדירות.

פרופ' דן זסלבסקי: מצב כזה יחסוך סכומים ניכרים בהובלת המים (עלות ממוצעת של הובלת מים היא כ-0.1 סנט למ"ק לכל ק"מ). יש להתייחס גם לנושא האמינות באספקת מים. ערך אמינות שווה לפחות ל-2 שקל למ"ק. למעשה הערכות מתקרבות לדולר שלם ויותר, כאשר לוקחים בחשבון גם את ההשפעות של פגיעה חקלאית על מערך ההתיישבות.⁶

מיקי זיידה: עלות הקטנת הקשיות – 8 סנט למ"ק או 30 אגורות עם עידכון המחירים של היום וזה כבר בתוך החישובים הכלכליים שלנו.

אלעד זלמונס: (הערה שנמסרה לאחר המפגש)

ברצוני להעלות נושא נוסף הקשור לחיסכון באנרגיה במשק המים ואשר לא הועלה במפגש. דובר רבות אודות בדיקות היעילות של המשאבות וכל הקשור בתקנות של משרד התשתיות. כל זה נכון כאשר דנים במשאבה בודדת אך בחלק לא מבוטל של תחנות השאיבה ישנן יותר ממשאבה אחת אשר לעיתים קרובות פועלות יחדיו.

כאשר, לדוגמה, בתחנת שאיבה קיימות שלוש משאבות ויש צורך בהפעלת שתיים מהן, נשאלת השאלה איזה זוג כדאי להפעיל (כמובן שקיימות שלוש אפשרויות). לצורך קבלת ההחלטה יש לבחון את המאפיינים (ספיקות, אנרגיות סגוליות וכו') של הצירופים השונים. ראוי לציין שהבחינה דרושה בכל מקרה גם כאשר יעילות המשאבות נמוכה. כמו-כן, חשוב להדגיש, כי אין צורך בהשקעה גדולה לביצוע הבחינה ולא נדרשות עבודות בתחנת השאיבה. דרושים לכך נתוני מדידות הספיקה, לחצים והספקים של המשאבות אך ניתן לקבל קירוב בהסתמך על מבחני שאיבה תקינים.

חברת מקורות מפעילה שיקולים אלו ברוב מתקניה אך ככל הידוע לי אין זה המצב ברשויות ובעיריות. ממספר דוגמאות מארה"ב עולה כי ניתן לחסוך 4-6 אחוזים מצריכת האנרגיה על-ידי בחירת צירופי הפעלה מתאימים.

⁶ דורון לביא: "הערך הכלכלי של אמינות אספקת מים וחקלאות". הנדסת מים, גיליון 55.

פרק 5: סיכום והמלצות

משק המים ומשק האנרגיה (בעיקר החשמל) קשורים ותלויים זה בזה, והמצב בישראל, נכון לסוף 2008 מצביע על כך כי שני משקים אלה נמצאים במשבר עמוק: מאגרי המים העיליים ומאגרי מי התהום מדולדלים, איכותם יורדת ולכן נדרשות פעילויות על מנת לייצר מים. משק החשמל גם הוא על סף משבר שכן רזרבות הייצור של חברת החשמל עומדת בשעות השיא (צהרים בקיץ, אחר הצהרים בחורף) על 2-3% בלבד. ההתרעות של חח"י כי עלולות להיות הפסקות יזומות של חשמל על מנת לנהל את מערכת האספקה, עלולות לגרום למצב שלא רק אספקת החשמל תפגע, אלא גם אספקת המים, שכן נדרשת שאיבה על מנת לספק מים לצרכנים.

הצרכן הגדול ביותר של חשמל במשק המים הוא המשאבות המשמשות לשאיבה מהמאגרים (כנרת ומי תהום) וכן להולכה ולאספקה של המים לבתים, לחקלאות ולתעשייה. משאבות ישנות ולא יעילות לא רק משפיעות על צריכה מוגברת של אנרגיה, אלא גם גורמות לבזבז מים ולדלף מוגבר, כלומר, מים שכבר נשאבו, סוננו, חוטאו והובלו לעיר - דולפים ואינם מנוצלים. שני גורמים עיקריים משפיעים על יעילות השאיבה:

גיל המשאבות - קשה מאוד לתחזק משאבות ברמת יעילות גבוהה לאורך זמן, שכן יש הרבה שחיקה ובלאי. החלפת משאבות ישנות בחדשות יכולה לשפר מאוד את יעילותן. הגדלת היעילות של ציוד השאיבה ב-1% עשויה לחסוך כ-30 מיליון קווט"ש בשנה, ולפי הערכה ניתן לשפר את היעילות ב-3 עד 10%. בדיון הועלתה האפשרות ע"י נציג רשות המיסים להעניק למשאבות פחת מואץ. מומלץ להכין תוכנית פעולה להאצת החלפת משאבות.

איכות המים - תכולת יוני הסידן והמגנזיום במים בישראל גבוהה. יונים אלה יוצרים חומרים קשי-תמס (אבנית) השוקעים, וזה גורם לבעיות רבות של בלאי ואי יעילות של ציוד, וכמובן, בזבז אנרגיה במערכות שבהן המים זורמים- צנרת ומשאבות. עלות הקטנת קשיות המים הינה בסדר גודל של 30 אג' למ"ק ולפי הערכה נוכל לחסוך כ-100,000 ש"ע טון נפט בשנה אם נקטין את קשיות המים מ-300 מג"ל עד 100-60 מג"ל. מומלץ לבצע מחקר טכנו- כלכלי אשר יבחן את ההצדקה לביצוע פעולה כזו באופן שוטף וגורף למים בישראל.

הבעיה העיקרית אינה בחברת מקורות, הפועלת בד"כ באופן מסודר, אלא אצל ספקי המים – העיריות והרשויות המקומיות. מומלץ להגביר את אכיפת תקנות משרד התשתיות לגבי ציוד השאיבה של ספקים אלה. כן מומלץ לבצע פעולות להקטנת פחת וגם צריכה מיותרת, למשל ע"י ניטור שוטף של הרשת העירונית לפי איזורים, ובקרה סלקטיבית של לחצים בתוך כל איזור.

תהליך **ההתפלה**, המבוסס על אוסמוזה הפוכה, צורך כ-4 קווט"ש לכל מ"ק מים מותפלים, כולל שאיבה. נכון להיום – האוסמוזה הפוכה היא השיטה היעילה ביותר הקיימת, וסביר להניח שהמחיר האנרגטי לא ירד עוד באופן משמעותי, אבל בכל קנה מידה – מחיר זה אינו גבוה. אם נתייחס ליעד ההתפלה של הממשלה – 500 מלמ"ק לשנה, שמהווה 20% מהצריכה כיום, נקבל עלות אנרגטית של 2 מיליארד קווט"ש בשנה, שהם 4% בלבד מיכולת ייצור החשמל הקיימת. להתפלת המים יש יתרונות סביבתיים וכלכליים ברורים (הקטנת המלחת קרקעות וזיהום מי התהום, קיצור קווי הולכה ועוד).

השקיייה בקולחים לאחר טיפול שיניוני כפי שמבוצע כיום גורמת לזיהום הדרגתי ומתמשך של מי התהום, ואגירתם ושחרורם לנחלים גורמת לבעיות בריאותיות שונות. הנזק מוערך בין 1.5 ל-2.5 דולר לכל קוב, והנזק הכללי למי קולחים יהיה בין שלושה רבעים לאחד וחצי מיליארד דולר לכל קוב מים. מומלץ לבחון את האפשרות שהוצעה להתפיל מי קולחים – בעלות נמוכה פי שלושה מעלות התפלת מי ים.

יש לזכור כי שאיבת מים והתפלה המסתמכות על אנרגיה קונבנציונאלית תורמות לפליטה של גזי חממה. כבר כיום נדרשת ישראל להיערך לקראת הפחתה של פליטות אלה ולכן, בכל התחשיבים וההערכות הנדרשות לבחינת היעילות של ההצעות וההמלצות שהוגשו במפגש זה יש לקחת בחשבון את ההשפעה על פליטת גזי חממה.

נושא ייצור חשמל מאנרגית השמש צובר תאוצה, ויש להתייחס לנושא אגירת האנרגיה. אחד הפתרונות האפשריים הוא שימוש בחשמל הסולארי להתפלת מים. אגירת מים מותפלים נוחה וקלה בהרבה מאגירת חשמל או חום בטמפרטורות גבוהות.

פרק 6: מקורות

1. דן זסלבסקי: "פתרון כולל ובר-קיימא למים ואנרגיה". הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית, הטכניון – מכון טכנולוגי לישראל, אוקטובר 2008.
2.

Raphael Semiat: "Energy Issues in Desalination Processes". *Environmental Science and Technology*, **42** No.22, 8193-8201 (2008)

3. נתונים על משק המים בישראל, מתוך אתר האינטרנט של רשות המים:
<http://www.water.gov.il/מאגרי+מידע/מאגרי+נתונים/נתוני+צריכה+והפקה/default.htm>

4. נתונים על צריכת חשמל במשק המים, מתוך אתר האינטרנט של חברת החשמל:
<http://www.iec.co.il/Static/WorkFolder/Investors/StatHeb2007.pdf>
(ראה במיוחד איורים 31-35)

5. תקנות משרד התשתיות הלאומיות לנצילות מינימאלית במתקני שאיבה:
<http://www.mni.gov.il/mni/he-il/Energy/Laws/ECpumpingFacility.htm>

6. "Risks and Benefits of Energy Management for Drinking Water Utilities", IWA Publication, Co-Funded with California Energy Commission, 1 AWWARF Report, August 2008, 236 pages, Online Only, 10 Digit ISBN 1843392046, 13 Digit ISBN 9781843392040

נספח 1: תכנית פורום אנרגיה: אנרגיה במשק המים

	פתיחה	:13:20-13:00
	מר דימיטרי לסיצין, הטכניון – הפקולטה להנדסה כימית:	:13:30-13:20
Energy issues in desalination techniques	ד"ר דב אינגמן, הטכניון - הנדסת תעשייה וניהול:	:13:40-13:30
	טכנולוגיה חדשה להתפלת מים	
	ד"ר משה גופן, מכון מיג"ל (מרכז ידע גליל):	:13:50-13:40
	הצעה לבחינה מחודשת להיתכנות ולתועלות הצפויות למשק הלאומי בתכנית "עוקף כינרת"	
	ד"ר מרים לב-און The Levon Group:	:14:00-13:50
Energy/Water Linkages in the USA: The California Experience		
	ד"ר יגאל כדר – מקורות:	:14:10-14:00
	מים ואנרגיה בחברת מקורות	
	מר דוד רוזיק – משרד התשתיות הלאומיות:	:14:20-14:10
	תקנות מקורות אנרגיה – בדיקת נצילות אנרגטית של מתקני שאיבה	
	מר מוטי פלדלייט - ארגון עובדי המים:	:14:30-14:20
	השפעה של איכות המים על צריכת אנרגיה במערכות אספקה	
	פרופ' דן זסלבסקי, הטכניון – הפקולטה להנדסה אזרחית וסביבתית:	:14:40-14:30
	גישה כוללת לפתרון בעיות מים ואנרגיה	
	הפסקה	:15:00-14:40
	דיון פתוח, תוך התמקדות בשאלות הבאות:	:17:00-15:00
	<ul style="list-style-type: none">• האם וכיצד ניתן להקטין את צריכת החשמל לשאיבת מים?• האם וכיצד ניתן להקטין את צריכת האנרגיה להתפלת מים?• האם וכיצד ניתן להקטין את צריכת האנרגיה במערכות איסוף שפכים?• מה ידוע על תכניות לחיסכון באנרגיה במשק המים בעולם ומה ניתן ללמוד מהן לגבי ישראל?• האם וכיצד ניתן להקטין את פחת המים בישראל?	
	סיום	:17:00

מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה

1 מבוא

מוסד נאמן הוקם בשנת 1978 ביוזמת מר שמואל נאמן. מטרת המוסד ודרך פעולתו פורטו במסמכי ההקמה: "מוסד נאמן מוקם לסייע בחיפוש פתרונות לבעיות הלאומיות בתחום הפיתוח הכלכלי, המדעי והחברתי במדינת ישראל"; "בחירת נושאי הפעילות תותנה על ידי השאיפה לעידוד בפתרון בעיות המדינה לטווח בינוני וארוך, תוך ניצול מאגר כוח האדם המדעי והטכנולוגי הנמצא בטכניון וגיוס צוותות המורכבים מאנשי הטכניון ומחוצה לו לתקופות מוגבלות אשר ירכזו מאמציהם בנושאים שנקבעו".

להשגת יעדים אלה מקדם מוסד נאמן מחקרי מדיניות ומדיניות מו"פ מתוך כוונה לגבש על בסיסם ניירות עמדה ומסמכי מדיניות, אשר יובאו לפני הציבור המקצועי והציבור של קובעי המדיניות, ויצגו לפניהם חלופות שונות לקבלת החלטות.

2 ייעוד והיקף פעולה

הדגש העיקרי בפעילות המקצועית במוסד נאמן היא באותם תחומים שהם בפן הביניים, שבין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה וחברה. הפעילות בתחומי ביניים אלה הינה חשובה כיום יותר מאשר אי פעם בעבר, וזאת משום שבתקופתנו המדע והטכנולוגיה הם הכוח המניע לקידום ושגשוג כלכלי ויש להם השפעה מהותית על איכות החיים ועל מגוון של היבטים חברתיים. זה הייחוד של מוסד נאמן כמכון למחקרי מדיניות. היבט חשוב נוסף לפעילות בתחומי ביניים אלה אמור להיות האימפקט שלהם על המחקר המדעי והטכנולוגי ועל קביעת סדרי עדיפויות בתחומים אלה. קשרי הגומלין ההדוקים בין מדע וטכנולוגיה ובין כלכלה ובין חברה יוצרים מערכת מורכבת של היזונים הדדיים וכתוצאה מכך ההתפתחות המדעית והטכנולוגית כיום אינה מתנהלת בדרך עצמאית לחלוטין כפי שהיה בעבר הלא רחוק. היא מושפעת בצורה גוברת והולכת על ידי צרכים כלכליים וחברתיים. לפיכך, ההבנה של קשרי גומלין אלה הינה אלמנט חשוב נוסף בקביעת מדיניות מחקר ותחומי מחקר באוניברסיטאות ובמכוני מחקר.

3 מבנה ודרך פעולה

מוסד נאמן ממוקם בתוך קמפוס הטכניון ונהנה מהתשתית של מוסד זה. יחד עם זאת מוסד נאמן הינו גוף עצמאי מבחינה משפטית ומנהלית. מבנה זה מאפשר לו פעולה יעילה למילוי ייעודיו בכל הקשור לגמישות בהרכבת צוותי חוקרים ומומחים, הכוללים גם נציגים מאוניברסיטאות וגופים מחוץ לטכניון, הדרושים לפעילות הבין-תחומית.

4 פעילות מקצועית

סקירות של פרויקטים שונים, שבוצעו במוסד נאמן מוצגות בדיווחים השנתיים המופצים בציבור. חומר זה ופרסומים אחרים מוצגים באתר האינטרנט של המוסד www.neaman.org.il.

תחום מחקרי מדיניות לאומית הקשורים במדע וטכנולוגיה הנו גרעין הפעולה של מוסד נאמן. הוא משתלב בפעילויות יישום ופעולות משלימות נוספות, שעיקרן הוא יצירת קשר עם השטח, בכל הקשור לנתונים הנדרשים למחקרי מדיניות, שמטרתן ליצור תודעה בציבור המקצועי ובציבור מקבלי ההחלטות כדי ליישם את מחקרי המדיניות. הפעילות במחקרי מדיניות מקיפה ארבעה תחומים עיקריים: מדע-טכנולוגיה-כלכלה; סביבה תשתית ותכנון לאומי; טכנולוגיה וחברה; חינוך אוניברסיטאי, הון אנושי והתפתחויות מדעיות. פעילויות היישום כוללות, בין השאר, ייזום וניהול של השותפים האקדמיים בקונסורציה שבמסגרת מג"ט ומאגרי מידע לשימוש החוקרים והציבור הרחב.



הטכניון - מכון טכנולוגי לישראל
מוסד שמואל נאמן למחקר מתקדם במדע וטכנולוגיה
טל. 04-8292329, פקס. 04-8231889
קרית הטכניון, חיפה 32000
www.neaman.org.il