

12/02/2012

תכנית המים למורד הירדן – יעד המליחות ומשטר הזרימה הרצוי

אבי אוזן- אקולוג בתי גידול לחים, חטיבת המדע

פברואר 2012

בימים אלו, צפויה לעלות לדיון תכנית המים העדכנית לאזור מורד הירדן. תכנית זו כוללת בתוכה מענה להפסקת זיהום הירדן ממקורות נקודתיים (רובם, אך לא כולם), אספקת מים במליחות נמוכה לצרכי החקלאות האזורית והזרמת 30 מלמ"ק מים למורד סכר אלומות אשר יחליפו את כ- 25 מלמ"ק (זאב אחיפז, מידע בע"פ) התמלחת המהולה בביוב אשר זורמת עד כה במורד הירדן. זרימת המים שתגיע לירדן תהיה תמהיל של מי כנרת ומי נביעות מליחות. השינוי הגלום בתכנית מהמצב הנוכחי הוא באיכות המים הן בהיבטי העומס האורגני והן בהיבט המליחות, נשואת חוות דעת זו.

מליחות המים בבתי גידול לחים (יבשתיים):

נהוג לחלק את בתי הגידול הלחים היבשתיים לקטגוריות על פי רמת מליחותם, טבלה 1.

Table 1.1 Salinity classification of inland water bodies. (Cowardin *et al.*, 1979 ; Davis *et al.*, 2003).

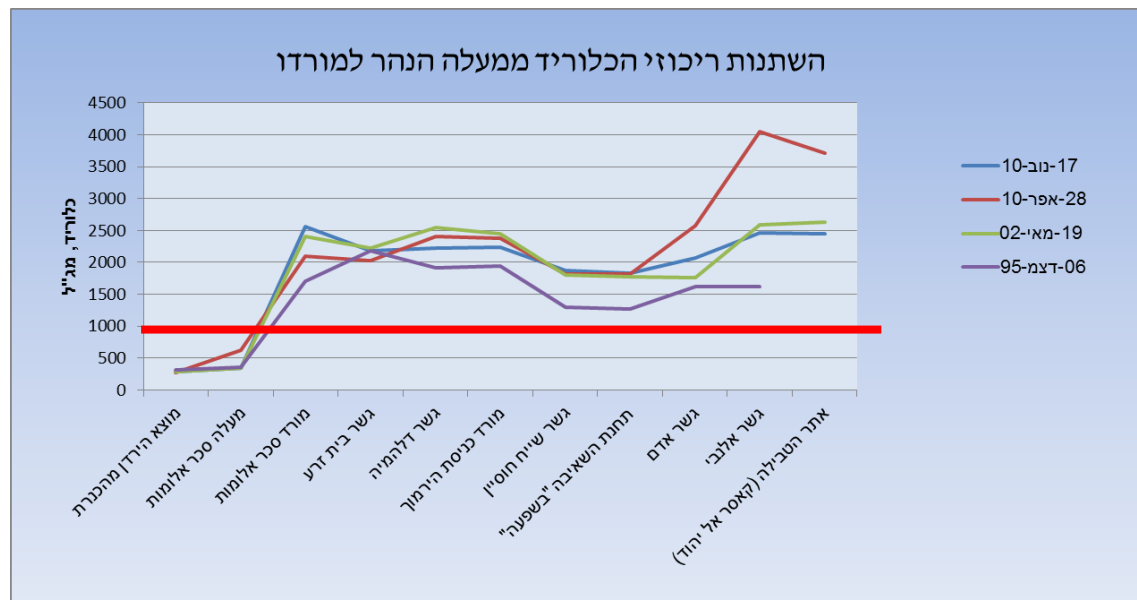
	$\mu S/cm@25^{\circ}C$	ppt (‰)	Cl^{-} (mg/l)	TDS (mg/l)
Fresh	< 800	< 0.5	< 150	< 1,000
Oligosaline	800-8,000	0.5-5	150-2,500	
Mesosaline	8,000-30,000	5-18	2,500-10,000	1,000-10,000
Polysaline	30,000-45,000	18-30	10,000-15,000	
Eusaline	45,000-60,000	30-40	15,000-20,000	10,000-100,000
Hypersaline	> 60,000	> 40	> 20,000	> 100,000

טבלה 1: חלוקה של בתי גידול לחים על פי רמת המליחות (מותאם מבן-דוד, 2005)

ניתן לראות כי על פי חלוקה זו נהר הירדן נכלל בקבוצת בתי הגידול האוליגוסליניים, הווה אומר מעוטי מלחים. חשוב לציין בשלב זה כי בחלוקה זו מדובר על מליחות השוררת **באופן טבעי** בבית הגידול ולא מליחות אשר נגרמה עקב שינויים אנתרופוגניים (Williams 2001).

רקע: מצב קיים:

הירדן במורד הכינרת הוא היחיד בישראל אשר יכול לשאת על כתפיו את התואר המחייב נהר. הוא ארוך, הוא מפותל, יש לו פשט הצפה פעיל, הוא מקיים מערכת אקולוגית משל עצמו. בעבר, הנתונים המוקדמים הם מתחילת המאה ה-20, זרמו בנהר כ-1300 מלמ"ק, ארבע חמישיות מהירמוך והכינרת והיתר משאר הנחלים. כיום, זורמים בנהר הירדן עשרות מלמ"ק בלבד. ההבדל בין הספיקה ההיסטורית מתחילת המאה לספיקה כיום הוא של שני סדרי גודל. גם במליחות המים עבר הנהר שינוי עקב סכירת מקורותיו העיקריים והפניית מקורות מים אחרים אליו. בעבר, מליחות המים בגשר עבדאללה עמדה על 400 מג"ל כלוריד, בדומה למליחות הכינרת בטרם הטיית המעיינות המליחים. כיום מליחות הנהר משתנה לאורכו עקב מקור המים הנוכחי שהוא תמלחת וביוב וכן תרומתם של מקורות מים מליחים (בעיקר מי תהום) ומים מתוקים מנחלי הניקוז המזרחי וגם (במידה בלתי ידועה) מזרימות מכיוון ממלכת ירדן. (Bentor, 1961; Neev and Farber et al., 2005; Emery, 1967). כיום, מליחות מורד הירדן נעה בין 2800 ל-1200 מג"ל כלוריד, ריכוז הגבוה בסדר גודל מהריכוז ההיסטורי הידוע (איור 1).



איור 1: ריכוזי הכלוריד בתחנות מדידה שונות ובתאריכים שונים לאורך של מורד הירדן. הקו האדום מסמן את יעד המליחות של תכנית המים. (הנתונים נאספו במסגרת פרויקט ניטור הנחלים, המשרד להגנת הסביבה, מדור ניטור נחלים).

ריכוזי הכלוריד של מעל 4000 מג"ל כלוריד נמדדו כנראה בזמן בו זרימת הבסיס מהמעלה הייתה נמוכה באופן קיצוני, מה שהותיר בנהר בעיקר גופי מים מליחים המתנקזים לנהר (Farber et al., 2007).

קשה לקבוע מה תהיה מוליכות המים שתסופק לנהר הירדן בריכוז כלוריד של 1000 מג"ל. זאת, מכיוון שעד כה טרם נוצר ונדגם התמהיל של ערבוב בין מי כינרת לבין מי המוביל המלוח ללא ביוב. אולם, ניתוח של הקשר מוליכות חשמלית – ריכוזי כלוריד במעלה סכר אלומות מאפשר לקבל הערכה של רמת המוליכות החשמלית שתתקבל ב-1000 מג"ל כלוריד, בין 2500-2700 מיקרוסימנס.

מקורות המידע:

העבודה האקדמית העיקרית שנעשתה בישראל בנושא השפעת המליחות בבתי גידול לחים על החברה הביולוגית בהם היא עבודת המאסטר של אלעד בן דוד בהנחייתו של פרופ' אביטל גזית מאוניברסיטת תל-אביב. בנוסף, ייעשה שימוש בספרות הבינלאומית העוסקת בנושא שבנדון. נתוני המוליכות החשמלית וריכוזי הכלוריד מבוססים על תכנית ניטור נחלים רב שנתית של המשרד להגנת הסביבה ומבוצעת על ידי היחידה לניטור סביבתי ברט"ג.

רמת המליחות בחלופות השונות.

תכנית המים לירדן מהווה חלק מתכנית השבה אזורית. במסגרת תכנית ההשבה, מציגה רשות המים שתי חלופות מליחות. האחת, מביאה את ריכוז יון הכלוריד ל- 1200 מג"ל והשנייה ל- 1000 מג"ל. בנתוני הבסיס שהוגדרו עבור תכנית המים נקבע כי המים המסופקים לנהר לא יעברו את הריכוז של 1000 מג"ל כלורידים (זאב אחיפז, מידע בע"פ). יעד זה, על אף שבאופיו הוא תוצאתי (עקב מקורות המים הזמינים כיום) נקבע על מנת לאפשר את שיקומו של מורד הירדן כבית גידול אוליגוסליני, כשם שהיה טרם סכירת מקורותיו העיקריים.

בהקשר זה של מקורות המים לנהר הירדן, יש לקחת בחשבון שרשות המים מבצעת פעולות וקובעת כללי תפעול לצורך הקטנת שפיעתם של המעיינות המליחים לכנרת. רצוי לקבוע כי במידה ושפיעת המעיינות תקטן מתחת לרמה שתוכננה להזרמה לירדן, תוזרם ספיקה משלימה מהכנרת. עובדה נוספת שחשוב לציין היא כי היעד שנקבע לא כולל התייחסות ליונים ספציפיים, לדוגמה סולפאט אשר ריכוז חריג שלו עשוי להוות גורם מגביל בהתפתחותם של מאכלסיי מים שונים (בן-דוד, 2005).

השפעת המליחות על הפאונה של בתי גידול לחים.

המחקרים מלמדים שלמליחות המים קיימת השפעה על הרכב חברת חסרי החוליות המאכלסת אותה. עם עליה במליחות המים, חלים בהדרגה שינויים בהרכב חברת חסרי החוליות עד לשינוי מהותי בהרכב החברה כאשר עולה המליחות על 2000 מיקרוסימנס (בן-דוד, 2005). מבחינה זו, היעד של 1000 מג"ל כלוריד נמצא מעבר לסף המוליכות בו מתחילה ההשפעה. עיקר השינוי הצפוי עם עליה במליחות הוא מעבר מחברה הנשלטת ע"י מגוון חרקים לחברה הנשלטת בעיקרה ע"י קבוצות סרטנים ורכיכות. לעובדה זו עשויה להיות השפעה עמוקה על האופן בו אנרגיה ונוטריינטים עוברים במערכת. זאת, מכיוון שקבוצת החרקים כוללת קבוצות הזנה פונקציונאליות רבות. החל מטורפים, מעבדי חומר חלקיקי גס, דרך מסננים ואוכלי רקב (Tank et al, 2010). ואילו קבוצת הרכיכות מגוונת פחות בהיבט הנ"ל (לרוב רעייה וסינון). בנוסף זחלי חרקים מהווים מזון זמין ושופע עבור הרמות הטרופיות הגבוהות יותר (דגים, עופות מים). מאידך, קבוצת הרכיכות ידועה כקבוצה אשר זקוקה לזמן הרב ביותר להשתקם אחר הפרעה. יוצא מכך, שככל שהמליחות תהיה גבוה יותר, קצב השיקום של הנהר יהיה איטי יותר ורמת השיקום נמוכה יותר.

השפעת המליחות על הפלורה של בתי גידול לחים.

צמחי מים מתוקים ידועים ברגישותם לעלייה במליחות. בעבר, שגשגו במורד הירדן צמחי מים טבולים וצפים. מצ"ב פיסקה מתוך עבודת המחקר המקורית של ד"ר ראובן אורטל, מי שעד לא מזמן היה האקולוג האקוטי ברטי"ג (אורטל, 1976).

בקטעים של הנהר התפתחה צמחייה הידרופילית עשירה. Eig (1927) מתאר חברה הידרופילית עשירה ליד ביתניה בקיץ הכוללת: אלף עלת משובל (*Myriophyllum spicatum*), נהרונית מסרקנית (*Potamogeton pectinatus*), קרנן טבוע (*Ceratophyllum demersum*) ונהרונית המים (*Ranunculus aquatilis*) וכן ניידת החוף (*Najas marina*) ונהרונית מסרקנית (*Potamogeton pectinatus*) בירדן ליד דגניה.

מינים אלו חווים עקה כרונית ברמת מוליכות חשמלית של 2000-4000 מיקרוסימנס (Brock, 1981). נראה, כי לא ניתן יהיה להשיב צמחיית מים זו לנהר כל עוד לא תתקרב המליחות לרמת המליחות הטבעית ששררה בירדן. השפעה נוספת הצפויה להתרחש עקב רמת המליחות היא קושי בשיקום והתבססות של יער גדות המבוסס על המין צפצפת הפרת (*Populus euphratica*) עקב השתלטות של מיני האשל, העמידים לרמת מליחות זו.

תהליכים אפשריים במורד הירדן עקב שיפור איכות המים:

ריכוז של 1000 מג"ל כלוריד למים שיוזרמו לנהר הירדן יהיה עדיין גבוה פי 2.5 מרמת המליחות ששררה בתחילת המאה. אף על פי כן, התכנית מציעה **שיפור** מהמצב השורר כיום. כאמור, כיום המליחות במורד סכר אלומות עומדת על כ- 2500 מג"ל כלורידים וגם זיהום אורגני ואחר חודרים למי הנהר. במצב דברים זה, לא מן הנמנע כי נהיה עדים לשיפור כלשהו במדדי הבריאות של הנחל, עלייה במגוון ובעושר המינים.

חשוב לציין, כי תוצאה אפשרית נוספת היא התפרצותם של מינים שנעלמו מהנהר וחזרו לשגשג בו. תופעה זו נצפתה לא אחת כאשר בית גידול מופר עבר שיקום, מינים נדירים/כאלו שאנו רוצים ביקרם התפרצו ותפסו את מרחב המחיה של שאר מאכלסיי בית הגידול. במידה ואכן יתרחש תהליך מסוג זה, יש לעקוב אחריו, לתעד אותו ולהימנע ככל הניתן מהתערבות חיצונית.

משטר הזרימה הרצוי:

ככלל, התבססות על מי מקור בשפיעה/זרימה טבעית פוטרים אותנו מלקבוע את משטר הזרימה בעצמנו, וזה המצב הרצוי (אוזן, 2010). אולם, בשלב זה לפחות, משטר הזרימה הוא תלוי תפעול. ככזה, יש צורך לקבוע את הפרמטרים והעקרונות למשטר הזרימה הרצוי.

חשיבותו של משטר זרימה טבעי הכולל שיטפונות לבריאותו של נחל ובוודאי לבריאותו של נהר, ידועה ומקובלת. (Bunn & Arthington, 2002, Gasith & Resh, 1999). מכיוון שכך עולה השאלה, האם להקדיש חלק מהקצאת המים של 30 מלמ"ק ליצירה של שיטפון, או Flush flood. התשובה לשאלה זו נעוצה באופן בו יוזרמו המים לנהר. על מנת שתתבצע "עבודה" יעילה באפיק; ניקוי, הסעת סחף, דילול צמחייה אגרסיבית וכיו"ב, נדרשת "זרימה מלאה גדוה" (Hill et al. 1991, Rosgen 1996). על מנת להגיע למצב זה באזורים בהם הנחל הוסדר (חתך הזרימה הוגדל), יש צורך בספיקה רגעית גבוהה. זרימה כזו, עשויה להגיע (באופן מלאכותי) אך ורק משחרור מהיר של מים בגרביטציה. בנהרות גדולים אשר נסכרו עקב פרויקטים

הידרואלקטריים (קולוראדו לדוג'), שחרור Flush כזה הוא חלק ממשטר הזרימה שנקבע על מנת לפצות על נזקי הסכר.

בעבודה שנעשתה עבור "ידידי כדור הארץ" (Gafny et al., 2010) הוגדרו שני סוגים של אירוע שיטפון. אירוע "מתון" ואירוע "גדול" (Minor and Major). עבור האירוע ה"מתון" הוגדרה ספיקה רגעית של 50 מ"ק/שניה ועבור אירוע "גדול" נקבעה ספיקה רגעית של 600-800 מ"ק/שניה.

בחישוב שמרני מאוד של רוחב חתך הזרימה באירוע של זרימה מלאה גדולה (כ-20 מטרים) כפול אורך האפיק (217,000 מטרים) יוצא כי נפח המים הנדרש לאירוע "מתון" הוא 4,350,000 מ"ק שיזרמו במשך כיממה. בשנים האחרונות, מפלס הכינרת נמוך מכדי לאפשר את אותו שחרור מהיר של נפח מים גדול. ניסיון לייצר את אותה זרימה "מלאה גדולה" בעלת היכולת לבצע "עבודה" באמצעות משאבות נדמית כבלתי סבירה.

לגבי האירוע ה"גדול", יש ביסוס לקביעה זו אך ורק למקטע הנחל במורד הירמוק. זאת מכיוון שגם בתקופה של טרום רוטנברג, היציאה מהכינרת במוצא הטבעי (כיום מטע תמרים ובריכות) עמדה על עשרות מ"ק שניה בלבד. זאת, עקב העומד הנמוך ופתח היציאה הצר והסבוכ.

ספיקת השיא מהכנרת לירדן שנרשמה אי פעם הייתה בחורף 1968/1969 ועמדה על 170 מ"ק/שניה. נתון נוסף שיש לדעת הוא שסכר דגניה מתוכנן לספיקות שיא של 70-90 מ"ק/שנייה. זאת אומרת שכלל אין, וכנראה לא הייתה ספיקה רגעית של 600-800 מ"ק/שניה מהכינרת לירדן. מצד שני, כאשר כבר התרחשה גלישה מהכנרת, היא נמשכה זמן רב (ימים ושבועות) עקב האוגר הגדול שנוצר (רפי הלוי, מידע בע"פ). זאת אומרת שמבחינת משטר השיטפונות, קיים הבדל משמעותי בין הירדן במעלה מפגש ירמוק לבין הירדן במורד מפגש ירמוק.

המלצותיי:

1. לאמץ את החלופה המביאה את המים המסופקים ל-1000 מג"ל כלורידים. זאת, מכיוון שככל שנתרחק מהמליחות הטבעית הסיכוי להשיב למערכת את תפקודיה הקודמים יקטן.
2. לחתור להשבת רמת מליחות יציבה הקרובה ככל הניתן ל-400 מג"ל עבור המים הזורמים בנהר הירדן בזרימת הבסיס.
3. לקיים תכנית ניטור אקולוגית על מנת לעקוב ולתעד את השינויים החלים במערכת עקב מימוש תכנית המים.
4. לקבוע יעד ריכוז סולפאט לאחר התייעצות עם מומחים בתחום.
5. במידה ותקטן שפיעת המעינות המלוחים כך שלא ניתן יהיה לספק את מימיהם למורד הירדן, תושלם הספיקה הנדרשת (1 מ"ק/שניה) מהכנרת.
6. כל עוד לא יעלה מפלס הכינרת לרום שיאפשר שחרור מהיר של נפח מים גדול, יש להשתמש ב-30 מלמ"ק שהוקצו למורד הירדן לצורך זרימת הבסיס בלבד.
7. להקצות 3 מלמ"ק כל שנה לצורכי קיום זרימה שיטפונית, בנוסף ל-30 מלמ"ק של המוקצים עבור זרימת הבסיס. הקצאה נוספת זו תהיה מעין "בנק מים" שירשם במאזני

רשות המים אך בפועל יוזרם על פי צורך (בקביעת רט"ג), עד הגיענו למצב של ניהול הכנרת במפלסים גבוהים.

אבי אוזן
אקולוג בתי גידול לחים
רט"ג

אוזן, א. 2010. שיקום ושימור הנחלים ובתי הגידול הלחים בישראל: מדיניות רשות הטבע והגנים, פרסומי חטיבת המדע.

- אורטל, ר. 1976. השפעת גורמים סביבתיים על חברות בעלי חיים במורד הירדן, עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך אוניברסיטה" האוניברסיטה העברית.
- בן-דוד, א. 2005. "שיקום נחלים: רגישות חסרי חוליות להמלחה", עבודת גמר לקראת התואר "מוסמך אוניברסיטה", אוניברסיטת תל-אביב, 2005.
- לקראת נהר ירדן שוקק חיים: דו"ח זרימות סביבתיות על שיקום נהר הירדן הדרומי, מאי 2010, ידידי כדור הארץ.
- Bentor, Y.K., 1961. Some geochemical aspects of the Dead Sea and the question of its age. *Geochim. Cosmochim. Acta* 25, 239–260.
- Brock, M.A. 1981. The ecology of halophytes in the south-east of South Australia. *Hydrobiologia*, 81: 23-32.
- Bunn, S. E. and Arthington, A. H. 2002. Basic Principles and Ecological Consequences of Altered Flow Regimes for Aquatic Biodiversity. *Environmental Management* Vol. 30, No. 4, pp. 492-507.
- Farber, E., Vengosh, A., Gavrieli, I., Marie, A., Bullen, T.D. Mayer, B., Holtzman, R., Segal, M. and Shavit, U. (2005). Management scenarios for the Jordan River salinity crisis. *Applied Geochemistry*, 2005 (11): 2138-2153.
- Gasith, A. and Resh, V. H. 1999. Streams in Mediterranean climate regions: a biotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Annual Review of Ecology and Systematics* 31:51-81.
- Hill, M.T., W.S. Platts, and R.L. Beschta. 1991. Ecological and geomorphological concepts for instream and out-of-channel flow requirements. *Rivers* 2(3):198-210.
- Neev, D., Emery, K.O., 1967. The Dead Sea. *Isr. Geol. Surv. Bull.*, 41.
- Rosgen, D.L. 1996. *Applied River Morphology*. Pagosa Springs, CO: Wildland Hydrology books.
- Tank, J.L., Rosi-marshall, E.J., Griffiths, N.A., Entekin, S.A. & Stephen, M.L. A review of allochthonous organic matter dynamics and metabolism in streams. *Freshwater Biology* 29, 118-146 (2010).
- Williams, W.D. 2001. **Anthropogenic salinisation of inland waters**. *Hydrobiologia*, 466: 329-337.
- Gafny, S., Samer, T., Sheikh, banan al & Ya'ari, E. st Towards a Living Jordan River : An Environmental Flows Report on the Rehabilitation of the Lower Jordan River. Friends of the Earth Middle East (2010).