

טיפים לתכנון מאגרי קולחים

מאמר זה שייך לסדרה של שנים-עשר מאמרים קצרים שיפורסמו ב"מים והשקיה" בכל חודש לאורך השנה. מטרת הסדרה היא העברת מידע והמלצות בנושאים מובחרים על תכנון מאגרי קולחים. הסדרה אינה מכסה את כל הנושאים הקשורים לתכנון מאגרים, ולכן אינה "מדריך לתכנון", אלא אוסף נושאים ספציפיים.

5 – שיכוב וערבול עמוד המים

מרסלו חואניקו
חואניקו – יועצים סביבתיים בע"מ
www.juanico.co.il

מה זה שיכוב טרמי ?

המאגר בחורף

בחורף עמוד המים במאגר הומוגני. זאת אומרת, יש אותה טמפרטורה בכל העומקים. בשעות היום קרינת השמש עלולה לחמם קצת את פני המים, אך קור הלילה מקרר אותו מחדש. קור הלילה מוריד את טמפרטורת פני המים מתחת הטמפרטורה שבשכבות עמוקות יותר, מים קרים צפופים יותר ("כבדים יותר") ממים חמים, אזי, בלילה המים הכבדים בפני המים "נופלים" לעומק וכל עמוד המים מתערבב. אין הבדלים משמעותיים בין הצפיפות של שכבות שונות במאגר ולכן הרוח מערבבת את כל עמוד המים בקלות.

המאגר באביב-קיץ

באביב קרינת השמש חזקה יותר ומחממת את פני המים בצורה משמעותית. המים החמים ("קלים" יותר) נשארים ב-1-2 מטרים העליונים ולא חודרים לעומק. קור הלילה לא מוריד את הטמפרטורה בשכבה העליונה מתחת הטמפרטורה שבשכבות עמוקות יותר. אין ערבוב לילי של עמוד המים. ההבדל בטמפרטורה בין פני המים לבין תחתית המאגר גודל לאורך העונה ויכול להגיע ל-10 מעלות או יותר (איור 1). ההבדל בצפיפות המים בין פני המים לבין תחתית המאגר כה גדול שאפילו רוחות חזקות לא מצליחות לערבב את עמוד המים. קצב ערבוב אופקי של המים במאגר 2-3 סדרי גודל גבוה מקצב ערבוב אנכי.

נוצרות שתי שכבות במאגר :

- אפילימניון : שכבה עליונה, חמה, מקבלת אור, מקבלת חמצן מהאטמוספירה ומהפוטוסינטזה של אצות.
- היפולימניון : שכבה תחתונה, קרה, ללא אור (האצות באפילימניון מייצרות צל על היפולימניון), אנארובי (לא מקבלת חמצן משום מקור).

שכוב יומי ושכוב קבוע

שכוב יומי נוצר בשעות היום ונעלם בשעות הלילה. הוא אופייני לאביב-קיץ, לכל המאגרים.

שכוב קבוע נוצר בהרבה מאגרי קולחים (לא בכולם) בסוף האביב ונימשך כל הקיץ ועד סוף הסתיו. בדרך כלל כוח הרוח מצליח לשבור את השיכוב במאגר רק כאשר הוא מתרוקן וגובה האפילימניון או גובה ההיפולימניון קטן מ-1.5 מ'. במאגרים עם שכוב טרמי קבוע קיים גם שכוב טרמי יומי "על" השכוב הקבוע (איור 1).

התפתחות שכוב כימי

במאגרים עם שכוב טרמי קבוע נוצר גם שכוב כימי. השכוב הטרמי מאפשר הצטברות של חומרים שונים בהיפולימניון, הצטברות המעלה עוד יותר את הצפיפות של השכבות העמוקות, תופעה המחזקת עוד יותר את השכוב. איור 1 מראה שמוליכות חשמלית בקרקעית המאגר גבוהה בהרבה ממוליכות חשמלית בפני המים. עיכול בוצה בקרקעית המאגר משחרר לעמוד המים יונים רבים המצטברים בהפילימניון. למשל, אלקליניות בהיפולימניון עלולה להיות 50% גבוהה מבאפילימניון, וריכוז האמוניה כפול מבאפילימניון. במאגרים המקבלים קולחים עם ריכוז מלחים שונה לאורך השנה, הקולחים המלוחים יותר זורמים לתחתית המאגר ונשארים בהיפולימניון.

האם יש שכוב קבוע במאגרי הארץ?

מספר מחקרים בארץ מצביעים על קיום של מאגרים עם ובלי שכוב קבוע בארץ, אבל הצטברות הנתונים עם השנים מראה שברוב המאגרים קיים שכוב קבוע באביב-קיץ.

דיון מפורט על שכוב במאגרים שונים בארץ אפשר למצוא ב- (1994) Juanico ,
Milstein et al. (2001) ו- (2001) Milstein and Zoran .

יתרונות לערבוב עמוד המים ומניעת שכוב

ניתן למנוע שיכוב במאגרים ע"י מכשירים המערבלים את עמוד המים בצורות שונות (ראה בהמשך). קל יותר למנוע שיכוב מ-"לשבור" שכוב קיים. כמות האנרגיה הנדרשת למניעת שכוב מאגרים בתנאי הארץ קטנה יחסית. לדוגמה: למניעת שכוב במאגר 8 מ' עומק ונפח מיליון מ"ק נדרש מכשיר עם כ- 2-5 kW בלבד, העובד ממרץ ליוני.

למניעת או שבירת שכוב מספר רב של יתרונות:

שיפור מאזן חמצן: ערבוב עמוד המים מפזר את החמצן לכול העומקים ומונע פליטת חמצן לאטמוספירה בשעות היום כאשר ריכוז החמצן בהפילימניון גבוה מריכוז רוויה.

אפשרות לקבלת עומסים אורגניים גבוהים יותר: שיפור מאזן חמצן מאפשר להגדיל את העומס האורגני על המאגר.

מניעת התפתחות יתר של אצות ירוקות: במאגרים בלי שכוב יש פחות אצות מפני שערבוב עמוד המים משאיר את האצות בצל מספר שעות ביום, החמצן בכל עמוד המים מונע שחרור זרחן מקרקעית המאגר לעמוד המים, והחמצן בכל עמוד המים מאפשר גידול של "סרטנים" (zooplankton) אוכלי אצות.

מניעת התפתחות יתר של אצות כחוליות: חלק מהאצות הכחוליות הן רעילות ו/או עם ריח לא נעים, ואחרות גורמות סתימות קשות במערכות ההשקיה. התפתחות אצות אלה מוגברת בתנאי שכוב ומניעת השכוב מגבילה אותן.

שיפור בהרחקת חיידקים פתוגנים : הרחקת חיידקים פתוגנים באפילימניון גבוהה בסדרי גודל מההרחקה בהיפולימניון. תמותת חיידקים באפילימניון היא תוצאה מקרינת השמש, שינויים בריכוז החמצן, יצור חמצן פעיל ("singlet oxygen"), pH גבוה ופרמטרים אחרים. ערבוב עמוד המים מכניס את כול החיידקים הפתוגנים ב"מצב אפילימניון".

שיפור עיכול הבוצה בקרקעית המאגר : טמפרטורת המים במאגרים מתחילה לעלות במרץ. העלייה בכל עמוד המים, אבל במאגרים עם שכוב טמפרטורה הקרקעית עולה לאט יותר מהטמפרטורה בפני המים וההיפולימניום נישאר קריר יותר מהאפילימניון כל הקיץ עד שבירת השכוב בסתיו. תופעה זו דוחה את העיכול האנארובי של הסדימנטים עד סוף הקיץ כאשר מתפתח בתקופה קצרה (אוגוסט-ספטמבר) עיכול של כל הבוצה שהצטברה לאורך השנה, עם שחרור פתאומי של חומרים מומסים רבים לעמוד המים, דבר שפוגע באיכות הקולחים. מניעת שכוב מאפשרת עליה בטמפרטורת הקרקעית כבר באביב ותקופת עיכול הבוצה ממשיכה חודשים ארוכים.

שיטות שונות לערבול עמוד המים

יש שלושה שיטות בסיסיות למניעת שכוב במאגרים :

שבירת השכוב (destratification) (איור 2 – א')

המערבול לוקח מים קרים ללא חמצן מההיפולימניון ומשחרר אותם באפילימניון. זו השיטה הקלאסית לשבירת שכוב. מכשירים אלה עולים עשרות או מאות אלפים דולרים.

אוורור ההיפולימניון (hypolimnetic aeration) (איור 2 – ב')

המערבול לוקח מים חמים עם חמצן מהאפילימניון ומשחרר אותם בהיפולימניון. זו שיטה חדשה יחסית. מכשירים אלה עולים עשרות או מאות אלפים דולרים.

חיזוק זרימות הרוח ע"י חמצניות (איור 2 – ג')

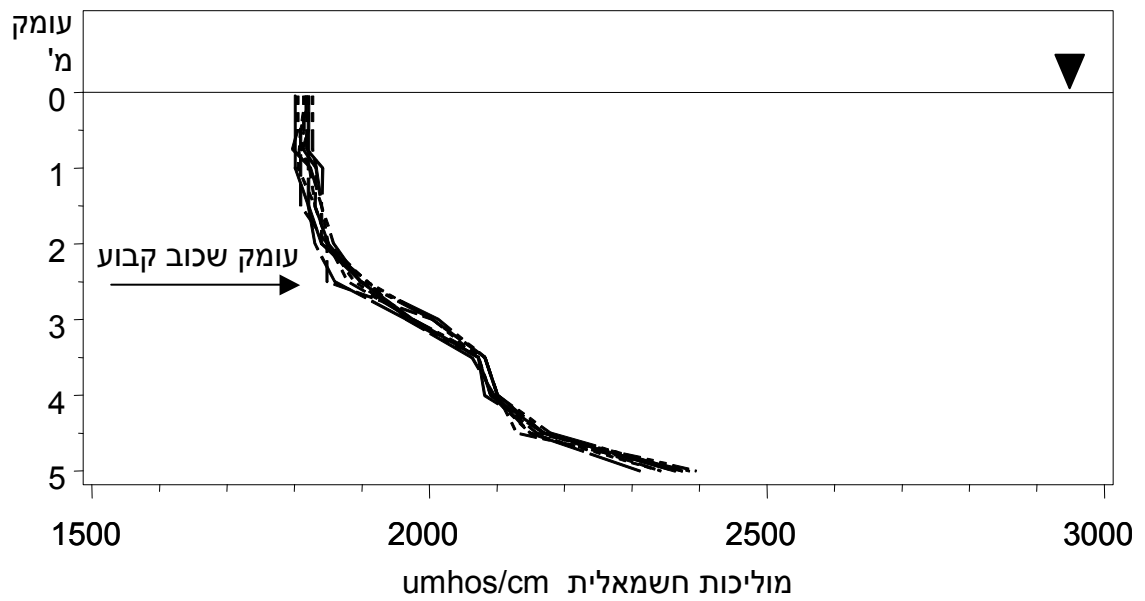
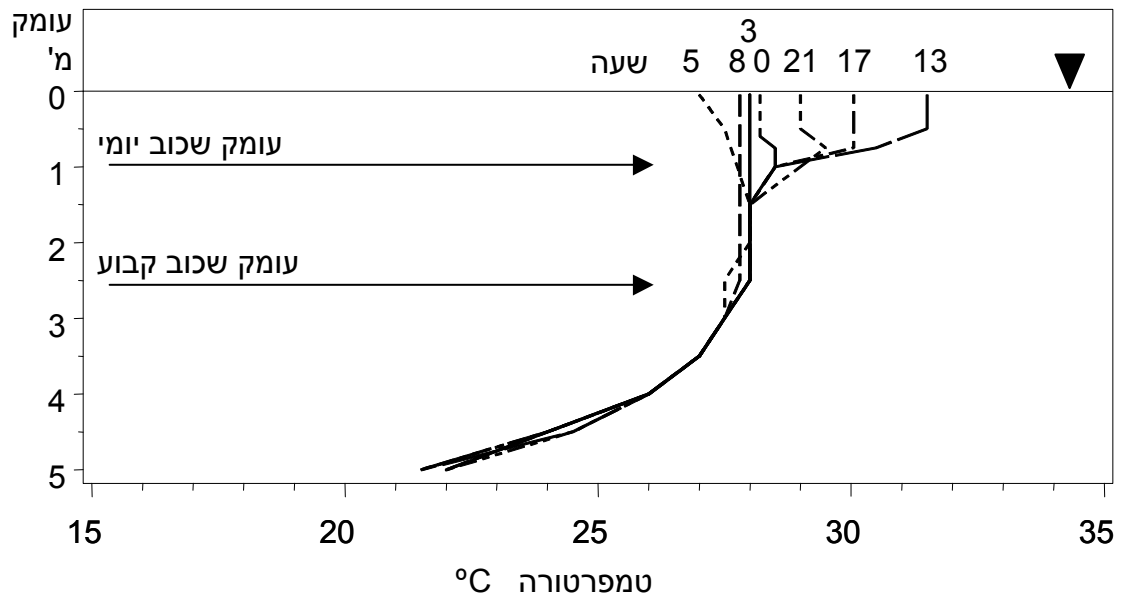
הרוח מייצרת זרימות לכיוון הרוח בפני המים, וזרימות נגדיות בגבול בין האפילימניון לבין ההיפולימניון. אפשר לחזק זרימות אלה ע"י שימוש בחמצניות או מכשירים דומים עד מניעת או שבירת השיכוב. מכשירים אלה זולים יחסית אבל מתאימים רק למאגרים בהם השפעת הרוח חזקה.

כפרות מצוטטת

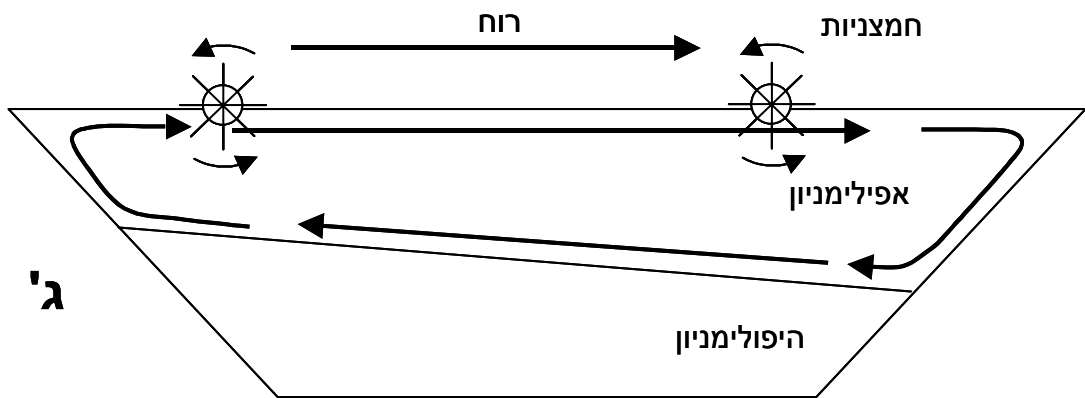
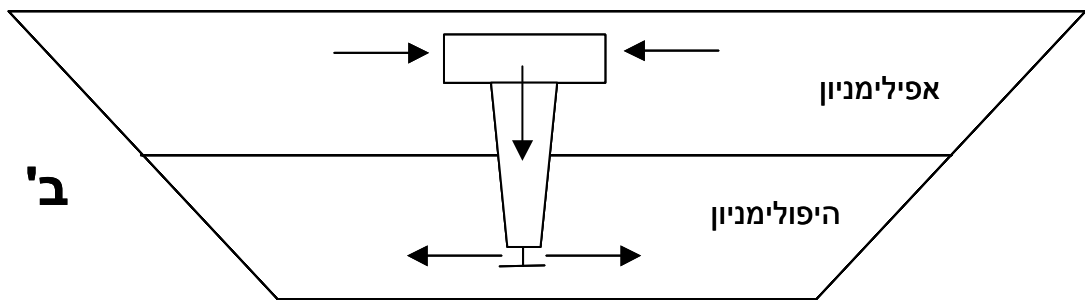
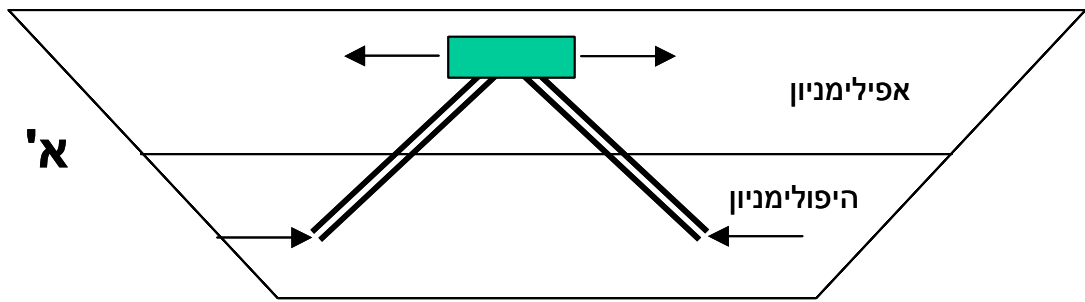
Juanico M. (1994). Limnology of a warm hypertrophic wastewater reservoir in Israel. I. The physical environment. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* **79**(3):423-436.

Milstein A., Zoran M. and Krambeck H. (2001). Destratification in deep fish culture reservoirs in Israel: Practice and modelling. *Aquaculture International.* **9**(1):3-15.

Milstein A. and Zoran M. (2001). Effect of water withdrawal from the epilimnion on thermal stratification in dual purpose reservoirs for fish culture and field irrigation. *Aquaculture International* **9**(1):81-86.



איור 1. טמפרטורה ומוליכות חשמלית בעמוד המים במאגר קולחים רדוד (5 מ') בחודש יולי.



איור 2. שיטות שונות לשבירת שכוב במאגרים.
 א'. מכשיר לשבירת שכוב
 ב'. מכשיר לאוורור ההיפולימניון
 ג'. חיזוק זרימות רוח ע"י שימוש בחמצניות או מכשירים דומים