

טיפים לתכנון מאגרי קולחים

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

3 – חישוב זמני שהייה ועומסים

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

זמני שהייה

כאשר הראקטור בזרימה מתמדת (steady state flow), זמן שהיית הקולחים בתוך הראקטור מחושב במשוואה (1):

$$MRT = V / Q \quad (1)$$

כאשר

MRT : זמן שהייה ממוצע (mean residence time).

V : ממוצע נפח הקולחים בראקטור.

Q : ממוצע זרימת הקולחים.

מאגר קולחים מהווה ראקטור בזרימה לא-מתמדת, דהיינו במהלך השנה ישנם שינויים דרסטיים בקצב יציאת קולחים מהמאגר, בנפח המאגר, בזמני שהייה ובעומסים. משוואה (1) לא מתאימה לראקטור בזרימה לא-מתמדת, אזי משוואה (2) הולמת לחישוב זמני שהייה במאגרים.

$$MRT_d = \frac{[(MRT_{d-1} + 1) * VOL_{d-1}] + (0.5 * IN_d)}{(VOL_{d-1} + IN_d)} \quad (2)$$

כאשר

d : סוף של יום מסוים [ימים].

VOL : נפח הקולחים בראקטור ביום מסוים [מ"ק].

IN : כניסת הקולחים לראקטור ביום מסוים [מ"ק / יממה].

חישוב ה- MRT במשוואה (2) ביום "d" דורש את ערך MRT ביום "d-1", אזי מתחילים לחשב כאשר המאגר ריק בסוף עונת השקיה ($MRT=0$) ומחשבים את זמני שהייה קדימה לכל יום לאורך השנה.

עומסים הידראליים: חישוב ה-PFE

ה-PFE (Percentage of Fresh Effluents) הוא חלקו הקטן של הקולחים, בעל זמן שהייה קצר בתוך המאגר. הוא מחושב כאחוז מהנפח כל הקולחים במאגר. אחוז הקולחים עם זמן שהייה של עד 30 יום במאגר מוגדר PFE_{30} ואילו אחוז הקולחים עם זמן שהייה של עד 5 יום במאגר מוגדר PFE_5 .

נתונים שנאספו ממספר מאגרים מצביעים על כך, שה-PFE מתאר את התנהגות המאגר ואיכות הקולחים טוב יותר מזמן שהייה הממוצע MRT.

את ה- PFE_1 אפשר לחשב במשוואה (3).

קולחים הניכנסים למאגר ביום "d"	קולחים הניכנסים למאגר ביום "d"	ויוצאים מהמאגר באותו יום
$PFE_{1d} = \frac{IN_d - \left(IN_d \cdot \frac{OUT_d}{VOL_d} \right)}{VOL_d}$		(3)

כאשר

OUT : קולחים היוצאים מהמאגר ביום מסוים [מ"ק / יממה].

חישוב ה-PFE של מספר ימים ($PFE_5, PFE_{10}, PFE_{30}$) מסובך ודורש אלגוריתם למחשב (Juanicó and Friedler, 1994). לאחרונה פותחה משוואה פשוטה יחסית לחישובו (Cirelli et al., in press) כדלקמן משוואה (4).

$$PFE_{nd} = \frac{\sum_{i=d-(n-1)}^{i=d} (IN_i - (IN_i \cdot \frac{OUT_i}{VOL_i})) - LIN_{(d-1)d}}{VOL_d} \quad (4)$$

כאשר

$$LIN_{(d-1)d} = [IN_{d-1} - (IN_{d-1} \cdot \frac{OUT_{d-1}}{VOL_{d-1}})] \cdot \frac{OUT_d}{VOL_d} \quad (5)$$

עומסים אורגניים

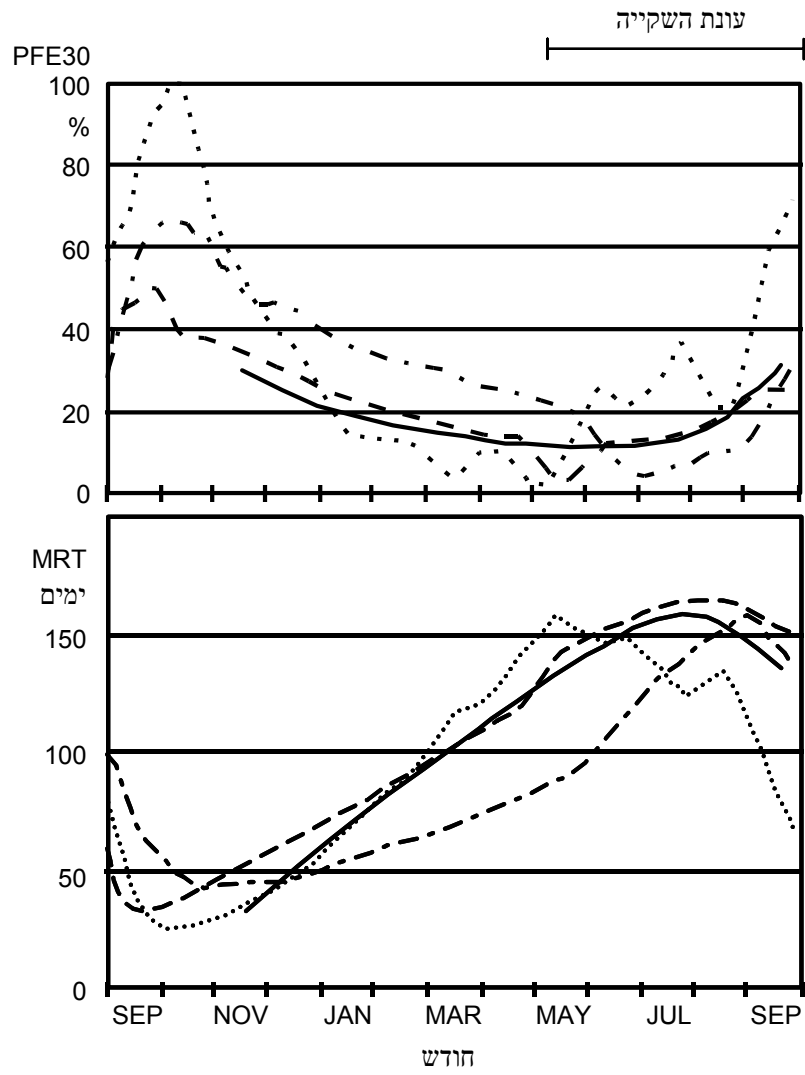
עומס אורגני בשטח נתון (surface organic loading) מחושב כ-ק"ג צח"ב / הקטר / יום והוא פרמטר מקובל לתכנון בריכות חמצון וגופי מים אחרים בעלי שטח פני מים קבוע. במאגרי קולחים, שטח פני המים לא קבוע בגלל השינויים בגובה המים במאגר, אי לכך העומס האורגני בשטח משתנה במהלך השנה. במאגר בו ניכנסת זרימה רצופה של קולחים, העומס האורגני בשטח בסוף עונת השקיה עלול להיות כפול מהעומס האורגני בשטח בחורף, זאת כתוצאה משינויים בשטח פני המים במאגר.

חישוב העומס האורגני בשטח יעשה בנפרד לכל יום במהלך השנה. ממוצע של כל הערכים במהלך השנה מהווה את העומס הממוצע השנתי על המאגר. שיטה פשוטה יותר (אבל מדויקת פחות) היא חישוב חד-פעמי של העומס האורגני בשטח פני המים, כאשר המאגר חצי מלא.

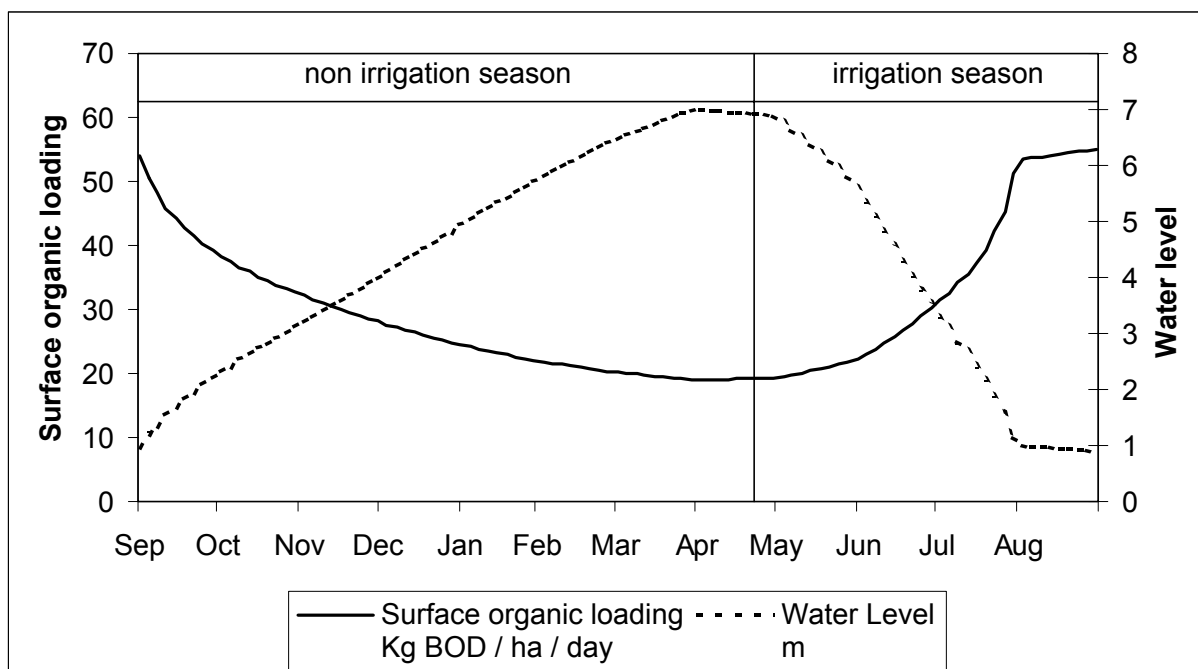
ספרות מצוטטת

G. Cirelli, S. Consoli and M. Juanicó (*in press*). A simplified method to calculate the Percentage of Fresh Effluents (PFE) in non-steady-state perfectly mixed reactors. *Water Research*.

M. Juanicó and E. Friedler (1994). Hydraulic age distribution in perfectly mixed non-steady-state reactors. *J. Environ. Eng. ASCE* 120 (6) :1427-1445.



איור 1. PFE₃₀ ו-MRT בארבעה מאגרים בצפון הארץ המופעלים בזרימה רצופה.



איור 2. שינויים בעומס אורגני בשטח לאורך השנה במאגר בו ניכנסת זרימה רצופה של קולחים, כתוצאה משינויים בשטח פני המים במאגר.
 (ממוצע שנתית של עומס אורגני = 30 ק"ג צח"ב / הקטר / יום).