

# טיפים לתכנון מאגרי קולחים

מאמר זה הוא הראשון בסדרה של שנים עשר מאמרים קצרים, שיפורסמו ב"מים והשקיה" לאורך השנה. מטרת הסדרה היא העברת מידע והמלצות בנושאים נבחרים בתכנון מאגרי קולחים. הסדרה לא מכסה את כל הנושאים הקשורים לתכנון מאגרים, אי לכך היא אינה "מדריך לתכנון", אלא אוסף נושאים ספציפיים.

## 1 - ביצוע המאגר כפונקציה של שיטת הפעלה

מרסלו חואניקו  
חואניקו – יועצים סביבתיים בע"מ

### שיטות הפעלה

אפשר להפעיל את מאגרי הקולחים בשתי שיטות בסיסיות שונות (קיימות שיטות הפעלה רבות, אולם הן גוונים של שתי שיטות בסיסיות אלה).

1. בזרימה רצופה: הקולחים נכנסים למאגר במהלך כל השנה, גם כאשר הקולחים יוצאים מהמאגר להשקיה.
2. כריאקטורים מנתיים: כניסת הקולחים למאגר נסגרת לפני שמתחילה יציאת הקולחים מהמאגר להשקיה. "זמן ההמתנה" (זמן בין סגירת הכניסה לבין פתיחת היציאה) הוא כ- 30-40 יום (עניין התלוי במספר פרמטרים).

הפעלת המאגר בזרימה רצופה מאפשר "לגלגל" קולחים רבים יותר במאגר, אולם אינה עושה שימוש טוב בכושר הטיפול של המאגר. כתוצאה מכך איכות הקולחים נמוכה, בייחוד בסוף עונת ההשקיה כאשר המאגר כמעט ריק, זמן שהיית הקולחים במאגר קצר והשפעתה של הקרקעית על עמוד המים גדולה.

הפעלת המאגר כריאקטור מנתי מקטינה באופן משמעותי את כמות הקולחים הניתנת "לגלגול" במאגר, אולם שיטת הפעלה זו משחררת קולחים באיכות גבוהה ואמינה מאוד.

## ביצוע המאגרים לפי שיטת הפעלתם

בטבלה הבאה נתונים על הרחקת מזהמים שונים במאגרי קולחים לפי שיטת הפעלתם. כל התוצאות הם ממאגרים בגודל אמיתי, פרט לאלה המצוטטים - "ניסיוני".

פרמטר	הפעלה בזרימה רציפה (ממוצע בעונת השקיה)	הפעלה כריאקטור מנתי לאורך כ - 30-50 יום	מקור
צח"ב	70 %	90 %	Juanicó&Shelef (1991) Soler <i>et al.</i> (1991)
צח"כ	50 %	80 - 90 %	Juanicó&Shelef (1994)
MBAS (דטרגנטים)	50 %	90 %	Juanicó&Shelef (1991) Juanicó&Shelef (1994)
חנקן		70 % – 80 % (1)	Juanicó (1999)
זרחן	< 30 %	60 % – 85 % (1)	Avnimelech (1999) Bahri <i>et al.</i> (2000)
		10 - 30 %	Sala <i>et al.</i> (1994) Araujo <i>et al.</i> (2000) (ניסיוני)
קוליפורמים צואתיים	90 - 99 %	99.99 % - total	Kott <i>et al.</i> (1978) Felgner & Sandring (1983) (ניסיוני) Juanicó&Shelef (1991) Juanicó&Shelef (1994) Liran <i>et al.</i> (1994) Indelicato <i>et al.</i> (1996) Athayde <i>et al.</i> (2000) (ניסיוני)
Streptococcus ו-Clostridium		total	Berná <i>et al.</i> (1986)
Giardia ו-Cryptosporidium		99.99 %	Nasser <i>et al.</i> (2000)
Polivirus I - Chat		total	Funderburg <i>et al.</i> (1978) (ניסיוני)
Nematode eggs		Total	Kouraa <i>et al.</i> (2002) Barbagallo <i>et al.</i> (2002)
מתכות כבדות	הורדה לריכוז רקע במים לא מזהמים (1)	הורדה לריכוז רקע במים לא מזהמים (1)	Juanicó <i>et al.</i> (1995)
מזהמים אורגניים: -- phthalates -- alkyl phenols -- alkyl benzenes -- hydrocarbons	60 – 75 % (2)		Muszkat (1999)

(1) התוצאות ממאגרי "מעלה הקישון": רב הזמן שני המאגרים הופעלו בטור בזרימה רציפה, אך בתקופות קצרות הופעלו כריאקטורים מנתיים. התוצאות של Bahri הן ממאגרים רדודים.

(2) לא היתה הצטברות של מזהמים אורגניים בקרקעות שהושקו בקולחי מאגרים. אולם, כן היתה הצטברות של מזהמים אורגניים בקרקעות שהושקו בקולחי בוצה משופלת.

## נושאים הדורשים מחקר או הוכחה

### הרחקת חנקן בתוך המאגרים

דה-ניטריפיקציה: הנתונים הקיימים מצביעים על כך, שכאשר קיימת ניטריפיקציה במאגרים, מתחיל מיד תהליך של דה-ניטריפיקציה והניטרט "נעלם" מהמאגר.

ניטריפיקציה: תהליך הניטריפיקציה במאגרים הוא בלתי יציב, לא אמין ובמקרים רבים חלקי (השלב הראשון מתקיים: האמוניה לניטריט, אך השלב השני אינו מתקיים: ניטריט לניטרט). בעיה זו ידועה בהרבה גופי מים פתוחים, כגון: בריכות דגים, בריכות חמצון, אגמים מזוהמים וכו'.

הניסיון המצטבר בגופי מים פתוחים אחרים מצביע על כך, שהכנסת תשתית סף במאגר תאפשר גידול ביומסה צמודה בעלת כושר ניטריפיקציה גבוה, אולם ניסוי זה עוד לא בוצע במאגרי קולחים. במידה ותהליך זה מצליח הוא יאפשר הרחקת חנקן במאגרים בתהליך פשוט ועלות נמוכה.

נושא זה דורש מחקר.

### הרחקת זרחן בתוך המאגרים

אפשר להרחיק זרחן מהקולחים בתוך מאגרים לריכוז של 1 מ"ג/ל (או פחות) באופן אמין ע"י קואגולציה ושיקוע. הקואגולנט גורם גם לשיקוע של מוצקים מרחפים, צח"ב, אצות וקוליפורמים. אפשר לקבל ריכוז מוצקים מרחפים בקולחים קטן מ- 10 מ"ג/ל ובהרבה מקרים קטן מ- 5.

טכנולוגיה זו בשימוש כ- 40 שנה בקנדה ובארה"ב.

כיצד הטכנולוגיה עובדת?

אלום (לפעמים  $FeCl_3$ ) מעורבל עם הקולחים בכניסת המאגר או ע"י פיזור הקואגולנט עם סירה על פני המים במאגר.

הקואגולנט והזרחן שוקעים לקרקעית המאגר. זמן מינימלי לריאקציה ושיקוע הוא כ- 15 שעות.

חלק מהמערכות עובדות בצורה מנתית, וחלקן בצורה רציפה.

כמות האלום הדרושה תלויה בריכוז הזרחן בקולחים הנכנסים למאגר ובריכוז הזרחן הדרוש בקולחים המטופלים. הניסיון בקנדה וארה"ב מראה, כי מנת האלום הדרושה להורדת זרחן בקולחים מ- 8 מ"ג/ל ל- 1 מ"ג/ל, מהווה כ- 50 מ"ג אלום/ל (עלות האלום היא כ- 550 ש"ח/טון).

הצטברות בוצה בקרקעית:

ניסיון של עשרות שנים בקנדה בארה"ב מראה, כי הצטברות של בוצה בקרקעית נעשית בקצב של כ- 2-4 ס"מ/שנה (באקלים קר מאוד). בטמפרטורות ים-תיכוניות עיכול הבוצה בקרקעית יקטין את הצטברות הבוצה כמעט לאפס.

הנושא דורש ניסויים בתנאי הארץ.

### טיפול בבוצת מט"שים העירוניים

בארץ קיימים כ- 200 מאגרי קולחים בנפח ממוצע של כ- 500,000 מ"ק - 600,000 מ"ק ושטח תחתית של כ- 55,000 מ"ר. אם שומרים במאגרים אלה את 30 הסנטימטרים התחתונים (מיד מעל התחתית) לשימוש כריאקטור אנרובי לטיפול בבוצה של מט"שים עירוניים, נוצרים ריאקטורים אנרוביים בנפח של כ- 3 מיליון מ"ק סה"כ.

בהנחה, שייצור בוצה במט"שים העירוניים בישראל הוא כ- 800,000 מ"ק לשנה (20% חומר יבש), אזי נפח הריאקטורים יאפשר 4 שנים זמן שהייה של הבוצה בתחתית המאגרים. פרק זמן זה מספיק לפירוק מוחלט של כל החומר האורגני מבלי להשפיע על איכות קולחי המאגר (כן אפשר להכניס בוצה עם 10% חומר יבש לזמן שהייה של שנתיים, או כ- 5% חומר יבש לשנה אחת).

הנושא דורש מחקר.

### **פירות מצוטטת :**

1. Araujo A., de Oliveira R., Mara D., Pearson H. and Silva S. (2000) Sulphur and phosphorus transformations in wastewater storage and treatment reservoirs in northeast Brazil. *Water Sci. Technol.* **42** (10-11), 203-210.
2. Athayde G., Mara D., Pearson H. and Silva S. (2000) Faecal coliform die-off in wastewater storage and treatment reservoirs. *Water Sci. Technol.* **42**(10-11), 139-147.
3. Avnimelech Y. (1999) Sediment-water interrelationships. In *Reservoirs for wastewater storage and reuse*. (Juanicó and Dor, eds.) pp. 145-152, Springer-Verlag, Germany.
4. Bahri A., Basset C. and Jrad-Fantar A. (2000) Agronomic and health aspects of storage ponds located on a golf course irrigated with reclaimed wastewater in Tunisia. *Water Sci. Technol.* **42**(10-11), 399-406.
5. Barbagallo S.; Cirelli G.; Consoli S. and Somma F. (2002) Wastewater quality improvement through storage: a case study in Sicily. Pre-prints IWA 3<sup>rd</sup> World Water Congress, Melbourne, Australia.
6. Berná L., Torrella F., Soler A., Saez J., Llorens M. and Martinez I. (1986) Study of the biological and physico-chemical self depuration of wastewater in deep lagoons. *Anales de Biología* **10** (Biología General 2), 49-59 (in Spanish).
7. Felgner G. and Sandring G. (1983) Wastewater storage - a way to ensure wastewater treatment and utilization over the whole year. *Wasserwirtsch.-Wassertech. WWT* **33**(9), 321-323 (in German).
8. Funderburg S., Moore B., Sorber C. and Sagik B. (1978) Survival of poliovirus in model wastewater holding ponds. *Progress Water Technol.* **10**(5-6), 619-629.

9. Indelicato S., Barbagallo S., Cirelli G. and Zimbone Z. (1996) Reuse of municipal wastewater for irrigation in Italy. *Procc. 7th. Internat. Conf. Water and Irrigat.*, Tel Aviv, pp. 210-221.
10. Juanicó M. (1999) Process design and operation. In *Reservoirs for wastewater storage and reuse*. (Juanicó and Dor, eds.) pp. 61-84, Springer-Verlag, Germany.
11. Juanicó M. (*in press*) Wastewater reservoirs. In: *Pond Treatment Technology*. A. Shilton (Ed.), IWA Publishing, UK.
12. Juanicó M. and Dor I. (Eds.) (1999) *Reservoirs for wastewater storage and reuse: ecology, performance and engineering design*. Springer, Germany, 394 pp.
13. Juanicó M., Ravid R., Azov Y. and Teltsch B. (1995) Removal of Trace Metals from Wastewater during Long-Term Storage in Seasonal Reservoirs. *Wat., Air and Soil Pollut.* **82**, 617-633.
14. Juanicó M. and Shelef G. (1991) The Performance of Stabilization Reservoirs as a Function of Design and Operation Parameters. *Water Sci. Technol.* **23**(7-9), 1509-1516.
15. Juanicó M. and Shelef G. (1994) Design, Operation and Performance of Stabilization Reservoirs for Wastewater Irrigation in Israel. *Wat. Res.* **28**(1), 175-186.
16. Kott Y., Ben-Ari H. and Betzer N. (1978) Lagooned, secondary effluents as water source for extended agricultural purposes. *Wat. Res.* **12**, 1101-1106.
17. Kouraa A., Fethi F., Fahde A., Lahlou A. and Ouazzani N. (2002) Reuse of urban wastewater treated by a combined stabilization pond system in BenSlimane (Morocco). *Urban Water* **4**, 373-378.
18. Liran A., Juanicó M. and Shelef G. (1994) Bacteria Removal in a Stabilization Reservoir for Wastewater Irrigation in Israel. *Wat.Res.* **28**(6), 1305-1314.
19. Muszkat L. (1999) Degradation of Organosynthetic Pollutants. In *Reservoirs for wastewater storage and reuse*. (Juanicó and Dor, eds.) pp. 205-218, Springer-Verlag, Germany.
20. Nasser A., Greenfeld S. Molgen S. and Huberman Z. (2000) Removal of Giardia & Cryptosporidium from wastewater in activated sludge and stabilization reservoirs. *Water Technologies* **48**, 14-18 (*in Hebrew*).
21. Sala L., Garcia J., Mujeriego R. and Hernandez M. (1994) Phytoplankton studies in hypertrophic lakes used for irrigation. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **25**:1983-1988.
22. Soler A., Saez J., Llorens M., Martinez I., Torrella F. and Berna L. (1991) Changes in Physico-Chemical Parameters and Photosynthetic Microorganisms in a Deep Wastewater Self-Depuration Lagoon. *Wat. Res.* **25**(6), 689-695.