

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ ΚΥΡΙΩΝ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διαδοχική ή ταυτόχρονη χρήση δύο ή περισσότερων απολυμαντικών έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως :

- Λιγότερο δραστικά απολυμαντικά μέσα, όπως οι χλωραμίνες, συμβάλλουν στη μείωση του σχηματισμού παραπροϊόντων και είναι πιο αποτελεσματικά στον έλεγχο των βιομεμβρανών (biofilms) στο σύστημα.
- Η απαίτηση για καλύτερη ποιότητα ύδατος οδήγησε στην αύξηση των δόσεων των απολυμαντικών μέσων με αποτέλεσμα το σχηματισμό παραπροϊόντων. Εντούτοις ο συνδυασμός απολυμαντικών μέσων είναι αποτελεσματική λύση για την καλύτερη απολύμανση του νερού.
- Έρευνες έχουν δείξει πως η διαδοχική χρήση απολυμαντικών είναι πιο αποτελεσματική από τη χρήση ενός μόνο απολυμαντικού. Η διαδικασία αυτή όπου δύο ή περισσότερα απολυμαντικά προστίθενται στο νερό έχει ως αποτέλεσμα τη συνεργατική δράση για την αδρανοποίηση των μικροοργανισμών. Αναφέρεται η διεργασία αυτή στη βιβλιογραφία ως συνδυαστική απολύμανση (U.S EPA. 1999a).

2 ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ ΚΑΙ ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΝΤΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΑ ΜΕΣΑ

Κατά την απολύμανση πραγματοποιείται η αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών και η παραμονή υπολειμματικής ποσότητας στο σύστημα. Συνεπώς ο συνδυασμός των απολυμαντικών μεθόδων συνήθως χαρακτηρίζεται από πρωτεύουσα και δευτερεύουσα απολύμανση.

Υ Πρωτεύουσα απολύμανση είναι η αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών σε τέτοιο επίπεδο, ώστε το νερό να είναι ασφαλές για κατανάλωση. Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με προσθήκη συγκεκριμένης ποσότητας απολυμαντικού και για δεδομένο χρόνο επαφής.

Υ Δευτερεύουσα απολύμανση είναι η παραμονή υπολειμματικής ποσότητας του απολυμαντικού στο σύστημα, ώστε να περιοριστεί η ανάπτυξη μικροοργανισμών.

Ανάλογα με το είδος του μικροοργανισμού που πρέπει να αδρανοποιηθεί χρησιμοποιείται και ο κατάλληλος συνδυασμός απολυμαντικών, όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1) (U.S EPA. 1999a).

Πίνακας 1 : Πρωτεύοντα Απολυμαντικά, Πηγή : U.S EPA., 1999a

ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ	ΠΡΩΤΕΥΟΝΤΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΑ	
	ΜΕ ΔΙΗΘΗΣΗ	ΧΩΡΙΣ ΔΙΗΘΗΣΗ
ΚΟΛΟΒΑΚΤΗΡΙΔΙΑ	ΧΛΩΡΙΟ	ΧΛΩΡΙΟ

	ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ
	ΟΖΟΝ	ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ
	UV	
	ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ	
GARDIA CYSTS	ΧΛΩΡΙΟ	ΧΛΩΡΙΟ
	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ
	ΟΖΟΝ	ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ
	ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ	
Ioi	ΧΛΩΡΙΟ	ΧΛΩΡΙΟ
	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ
	ΟΖΟΝ	UV
	UV	ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ
	ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ	
CRYPTOSPORIDIUM OOCYSTS	ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ	ΧΛΩΡΙΟ
	ΟΖΟΝ	ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ
	ΣΥΝΔΥΑΣΤΙΚΗ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ	

3 ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Κατά το συνδυασμό των απολυμαντικών μεθόδων πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στην επιλογή του πρωτεύοντος και δευτερεύοντος απολυμαντικού, ώστε να αποφεύγονται οι μεγάλοι χρόνοι επαφής, οι υψηλές συγκεντρώσεις των απολυμαντικών και ο σχηματισμός παραπροϊόντων. Ωστόσο το είδος των παραπροϊόντων εξαρτάται από την ποιότητα του προς επεξεργασία ύδατος, το είδος και την ποσότητα του απολυμαντικού. Τέλος ο συνδυασμός απολυμαντικών μεθόδων μπορεί να μειώσει τα ποσοστά αδρανοποίησης των μικροοργανισμών.

Για το συνδυασμό των απολυμαντικών στοιχείων υπάρχουν πολλές επιλογές και εξαρτάται κυρίως από το είδος του μικροοργανισμού. Επίσης για ορισμένα απολυμαντικά στοιχεία παρόλο που είναι ιδιαίτερα δραστικά, η υπολειμματική ποσότητα δεν παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα. Γι' αυτό το λόγο η δευτερεύουσα απολύμανση είναι περιορισμένη, ώστε να διατηρηθεί η σταθερότητα του συστήματος. Στον Πίνακα 2 αναφέρονται οι διάφοροι συνδυασμοί απολυμαντικών μεθόδων (U.S EPA. 1999a).

Πίνακας 2 : Συνδυασμοί Απολυμαντικών Μεθόδων, Πηγή : U.S EPA., 1999a

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	ΕΦΑΡΜΟΓΗ	ΣΧΟΛΙΟ
ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΙΟ	Περιορισμένος σχηματισμός ΤΗΜ, μειωμένη οργανική ύλη, τυπικό σύστημα επεξεργασίας	Ο πιο συνήθης και αποτελεσματικός συνδυασμός
ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ	Τυπικό σύστημα επεξεργασίας	Το χλώριο χρησιμοποιείται για την απολύμανση, ενώ οι χλωραμίνες για τον περιορισμό του σχηματισμού παραπροϊόντων
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ/ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ	Αυξημένος σχηματισμός παραπροϊόντων, απαραίτητη	Μειωμένη προσθήκη διοξειδίου του χλωρίου για μείωση των

ΧΛΩΡΙΟΥ	διήθηση για την απομάκρυνση του <i>Cryptosporidium</i> , χαμηλή συγκέντρωση διοξειδίου του χλωρίου στο νερό.	ιόντων χλωρίου.
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ	Αυξημένος σχηματισμός παραπροϊόντων, απαραίτητη διήθηση για την απομάκρυνση του <i>Cryptosporidium</i> .	Προσθήκη του διοξειδίου του χλωρίου για μείωση των ιόντων χλωρίου.
OZON/ΧΛΩΡΙΟ	Περιορισμένος σχηματισμός παραπροϊόντων, άμεση ή μη απαραίτητη χλωρίωση	Ιδιαίτερα αποτελεσματική απολύμανση.
OZON/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ	Περιορισμένος σχηματισμός παραπροϊόντων, άμεση ή μη απαραίτητη χλωρίωση	Ιδιαίτερα αποτελεσματική απολύμανση.
UV/ΧΛΩΡΙΟ	Απαιτείται απομάκρυνση του <i>Gardia</i> και <i>Cryptosporidium</i> με μεμβράνες. Απολύμανση υπόγειων υδάτων. Αδρανοποίηση μόνο των ιών με UV.	Σπάνια εφαρμόζεται. Μερική αδρανοποίηση <i>Gardia</i> και <i>Cryptosporidium</i> .
UV/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ	Απαιτείται απομάκρυνση του <i>Gardia</i> και <i>Cryptosporidium</i> με μεμβράνες. Απολύμανση υπόγειων υδάτων. Αδρανοποίηση μόνο των ιών με UV.	Σπάνια εφαρμόζεται. Μη αδρανοποίηση <i>Gardia</i> και <i>Cryptosporidium</i> .

4 ΤΡΟΠΟΣ ΔΡΑΣΗΣ

Ο τρόπος δράσης των συνδυασμένων απολυμαντικών μεθόδων άρχισε να ερευνάται από το 1988. Πιο συγκεκριμένα έχει ερευνηθεί ο τρόπος δράσης των πιο σημαντικών συνδυασμών απολυμαντικών στοιχείων όπως :

- ο χλώριο με χλωραμίνες
- ο διοξείδιο του χλωρίου με χλώριο
- ο διοξείδιο του χλωρίου με διοξείδιο του χλωρίου
- ο διοξείδιο του χλωρίου με χλωραμίνες
- ο όζον με χλώριο
- ο όζον με διοξείδιο του χλωρίου και
- ο όζον με χλωραμίνες

Η συνεργατική δράση των απολυμαντικών μέσων είναι δυνατόν να περιγραφεί από μαθηματικά μοντέλα, τα οποία καθορίζουν την κινητική της απολύμανσης. Η βασική αρχή αυτών των μοντέλων είναι ότι, αν τα απολυμαντικά μέσα δεν αντιδρούν μεταξύ τους, τότε ανεξαρτήτως από το αποτέλεσμα, ικανοποιείται η παρακάτω σχέση :

$$\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{y_i} = 1$$

όπου :

x_i συγκέντρωση κάθε απολυμαντικού μέσου

y _i	συγκέντρωση κάθε απολυμαντικού μέσου που προσκαλεί τα ίδια αποτελέσματα με το συνδυασμό
i	μεμονωμένο απολυμαντικό μέσο
n	συνολικός αριθμός απολυμαντικών μέσων

Ανάλογα με την τιμή που έχει το παραπάνω άθροισμα προκύπτει ότι :

- αν $\Sigma < 1$, τότε υπάρχει συνεργατική δράση
- αν $\Sigma > 1$, τότε υπάρχει ανταγωνισμός μεταξύ των απολυμαντικών στοιχείων
- αν $\Sigma = 1$, τότε δεν υπάρχει καμία αλληλεπίδραση (U.S EPA. 1999a).

5 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΩΝ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Αντίστοιχα με τα περισσότερα χημικά απολυμαντικά, η συνεργατική δράση απολυμαντικών σε ότι αφορά την αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών επηρεάζεται από το pH και τη θερμοκρασία (U.S EPA. 1999a).

5.1 pH

Γενικότερα το ποσοστό αδρανοποίησης των μικροοργανισμών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το pH. Σε μεγάλες τιμές pH (pH=11) η συνεργατική δράση των απολυμαντικών είναι χαμηλή, ενώ σε ουδέτερο pH η αποτελεσματικότητα των συνδυασμών αυξάνεται σημαντικά με μοναδική εξαίρεση το συνδυασμό όζοντος-διοξειδίου του χλωρίου, όπου είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικός σε χαμηλές τιμές pH (U.S EPA. 1999a).

5.2 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η χαμηλή θερμοκρασία επηρεάζει τη δραστηριότητα των συνδυασμένων απολυμαντικών. Αυτό κυρίως συμβαίνει καθώς υπό αυτές τις συνθήκες οι κυτταρικές μεμβράνες είναι δύσκολο να διαπεραστούν. Ωστόσο σε ορισμένες περιπτώσεις, όπως η αδρανοποίηση του *Cryptosporidium* oocysts, μείωση τη θερμοκρασίας με ταυτόχρονη αύξηση του pH ευνοεί το μηχανισμό αδρανοποίησης (U.S EPA. 1999a).

5.3 ΑΝΘΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ

Η αποτελεσματικότητα των συνδυασμένων απολυμαντικών εξαρτάται επίσης από το είδος του μικροοργανισμού. Σε αντίθεση με τα βακτήρια που είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στη συνεργατική δράση απολυμαντικών, η αδρανοποίηση των

Cryptosporidium oocysts και του *Gardia* cyst επιτυγχάνεται σε μεγαλύτερα ποσοστά με τους παρακάτω συνδυασμούς :

- ο όζον με χλώριο
- ο όζον με χλωραμίνες
- ο διοξειδίο του χλωρίου με χλώριο
- ο διοξειδίο του χλωρίου με χλωραμίνες και
- ο χλώριο με χλωραμίνες

Επίσης η θολότητα του προς επεξεργασία νερού επηρεάζει τη δραστικότητα των συνδυασμών, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τα μεμονωμένα απολυμαντικά (U.S EPA. 1999a).

6 ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ ΣΥΝΔΥΑΣΜΩΝ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Σε γενικές γραμμές η συνδυαστική χρήση απολυμαντικών μεθόδων συμβάλλει στη μείωση των παραπροϊόντων. Ο σχηματισμός των παραπροϊόντων εξαρτάται από το συνδυασμό των απολυμαντικών που χρησιμοποιούνται για την πρωτεύουσα και δευτερεύουσα απολύμανση και την ποιότητα του νερού. Υπό συνθήκες συνθήκες ποιότητας νερού, ο συνδυασμός όζον/χλωραμίνες σχηματίζει λιγότερα τριαλογονωμένα παράγωγα του μεθανίου σε σχέση με τον συνδυασμό χλώριο/χλωραμίνες. Ωστόσο, το όζον σε συνδυασμό με τις χλωραμίνες συμβάλλει στην αύξηση του σχηματισμού παραπροϊόντων απολύμανσης όπως αλδεΐδες και βιοδιασπώμενο οργανικό υλικό. Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται τα παραπροϊόντα που προκύπτουν από τους διάφορους συνδυασμούς απολυμαντικών στοιχείων (Πίνακας 3) (U.S EPA. 1999a).

Πίνακας .3 : Παραπροϊόντα συνδυαστικής δράσης, Πηγή : U.S EPA., 1999a

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ
ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΙΟ	ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ
	ΑΛΛΕΨΔΕΣ
ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ	ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ
	ΧΛΩΡΟΚΥΑΝΙΟ
	ΒΡΩΜΟΚΥΑΝΙΟ
	ΑΛΛΕΨΔΕΣ
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ/ΧΛΩΡΙΟ	ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ
	ΑΛΛΕΨΔΕΣ
	ΚΑΡΒΟΞΥΛΙΚΑ ΟΞΕΑ
	ΧΛΩΡΙΩΔΗ ΚΑΙ ΧΛΩΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ
ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ	ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ
	ΑΛΛΕΨΔΕΣ
	ΚΑΡΒΟΞΥΛΙΚΑ ΟΞΕΑ
	ΧΛΩΡΙΩΔΗ ΚΑΙ ΧΛΩΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ
ΟΖΟΝ/ΧΛΩΡΙΟ	ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ
	ΚΑΡΒΟΞΥΛΙΚΑ ΟΞΕΑ

Συνέχεια Πίνακα 3

ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΣ	ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ
OZON/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ	ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ
	ΧΛΩΡΟΚΥΑΝΙΟ
	ΒΡΩΜΟΚΥΑΝΙΟ
	ΑΛΛΕΥΔΕΣ
	ΚΑΡΒΟΞΥΛΙΚΑ ΟΞΕΑ
	ΒΡΩΜΙΚΑ ΙΟΝΤΑ
UV/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ	ΑΛΟΓΟΝΟΥΧΑ ΠΑΡΑΠΡΟΪΟΝΤΑ
	ΧΛΩΡΟΚΥΑΝΙΟ
	ΒΡΩΜΟΚΥΑΝΙΟ
	ΑΛΛΕΥΔΕΣ

7 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΩΝ ΣΥΝΔΥΑΣΜΕΝΩΝ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ

Η συνεργατική δράση των απολυμαντικών μέσων είναι αποτελεσματική ανεξάρτητα αν είναι ταυτόχρονη ή διαδοχική η χρήση τους. Ωστόσο υπάρχουν και περιπτώσεις που προκύπτουν αρνητικά αποτελέσματα από τη χρήση δύο ή περισσότερων απολυμαντικών στοιχείων, καθώς δρουν ανταγωνιστικά (U.S EPA. 1999a).

7.1 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Η εφαρμογή δύο ή περισσότερων απολυμαντικών μεθόδων είναι σε γενικές γραμμές πιο αποτελεσματική από την εφαρμογή μίας μεμονωμένης μεθόδου. Η δραστηριότητά τους όμως επηρεάζεται από τους παράγοντες και τους περιορισμούς του κάθε απολυμαντικού ξεχωριστά. Η συνδυαστική δράση συμβάλλει στη μείωση του σχηματισμού παραπροϊόντων, ιδιαίτερα όταν το χλώριο συνδυάζεται με κάποιο άλλο απολυμαντικό. Τέλος καθώς η χρήση τους μέχρι τώρα είναι κυρίως εργαστηριακή και δεν έχει πραγματοποιηθεί κάποια εφαρμογή μεγάλης κλίμακας, δεν υπάρχουν πολλές πληροφορίες για τη δράση τους (U.S EPA. 1999a).

7.2 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Από τη στιγμή που ο σχηματισμός των παραπροϊόντων είναι περιορισμένος, οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία είναι ελάχιστες και αντίστοιχες με εκείνες που προκύπτουν από τη χρήση μεμονωμένων απολυμαντικών (U.S EPA. 1999a).

7.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟΥΣ ΠΑΘΟΓΟΝΟΥΣ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Η αποτελεσματικότητα των συνδυασμένων απολυμαντικών διαφοροποιείται από μικροοργανισμό σε μικροοργανισμό. Γενικότερα για κανονικές συνθήκες pH παρατηρείται:

- αύξηση του ποσοστού αδρανοποίησης των κολοβακτηριδίων
- αύξηση του ποσοστού αδρανοποίησης του *Gardia cyst*

- μείωση του ποσοστού αδρανοποίησης του *Hepatitis A*
- αύξηση του ποσοστού αδρανοποίησης του Poliovirous 1
- αύξηση του ποσοστού αδρανοποίησης του *Cryptosporidium* oocyst
- σταθερά ποσοστά αδρανοποίησης των σπορίων (U.S EPA. 1999a).

8 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΣΥΝΔΥΑΣΜΩΝ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

8.1 ΤΟ ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΙΟ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ

Η χρήση των χλωραμινών ως δευτερεύον απολυμαντικό μειώνει το χρόνο επαφής του χλωρίου, οπότε μειώνεται και ο σχηματισμός των παραπροϊόντων και κυρίως των τριαλογονωμένων παραγώγων του μεθανίου. Επίσης η έκθεση στις χλωραμίνες έχει διαφορετικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από ότι το χλώριο. Για καλύτερα αποτελέσματα σε ότι αφορά τη μείωση των αλογόνων, η αναλογία μεταξύ αμμωνίας και χλωρίου πρέπει να βελτιστοποιείται γρήγορα και να απομακρύνεται η περισσευούμενη ποσότητα χλωρίου. Ουσιαστικά η χρήση των χλωραμινών μειώνει το σχηματισμό των τριαλογονωμένων παραγώγων του μεθανίου κατά την απολύμανση (U.S EPA. 1999a).

8.2 ΤΟ ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΙΟ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΟΖΟΝ/ΧΛΩΡΙΟ

Η χρήση του όζοντος ως βασικό απολυμαντικό έχει ως αποτέλεσμα το μειωμένο σχηματισμό παραπροϊόντων σε σχέση με το χλώριο. Ωστόσο το όζον αντιδρά με οργανικά στοιχεία που περιέχονται στο νερό σχηματίζοντας αλδεΐδες, οργανικά οξέα και κετόνες. Επιπροσθέτως όταν το νερό περιέχει σε σημαντική ποσότητα ιόντα βρωμίου, σχηματίζονται οργανικά παραπροϊόντα βρωμίου. Η οζόνωση επομένως πρέπει να γίνεται σε νερά με χαμηλή συγκέντρωση ιόντων βρωμίου. Τέλος η χλωρίωση μετά από οζόνωση αυξάνει τη συγκέντρωση της χλωροπικρίνης και του χλωροκυανίου σε σχέση με τη χλωρίωση (U.S EPA. 1999a).

8.3 ΤΟ ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΙΟ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΟΖΟΝ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ

Με τη χρήση όζοντος και χλωραμινών για την απολύμανση του νερού αυξάνεται σημαντικά η συγκέντρωση της χλωροπικρίνης, του χλωροκυανίου, της φορμαλδεΐδης και των αλδεΐδων γενικότερα. Ωστόσο η συγκέντρωση των τριαλογονωμένων παραγώγων του μεθανίου, των αλογονοοξικών οξέων, των αλογονοακετονιτριλίων, των αλογονοκετονών και του υδρίτη της χλωράλης είναι μικρότερες σε σχέση με τη χρήση χλωρίου τόσο ως πρωτεύοντος όσο και ως δευτερεύοντος απολυμαντικού. Τέλος αύξηση του υδρίτη της χλωράλης δεν παρατηρείται όταν προστίθεται μονοχλωραμίνη στο σύστημα (U.S EPA. 1999a).

8.4 ΤΟ ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΙΟ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ/ΧΛΩΡΙΟ

Όπως και το όζον, το διοξείδιο του χλωρίου αλλάζει τη φύση των μορίων της οργανική ύλης και ενδεχομένως αυξάνεται η συγκέντρωση των παραγόντων που συμβάλλουν στο σχηματισμό ορισμένων παραπροϊόντων και μειώνονται οι συγκεντρώσεις κάποιων άλλων παραγόντων. Το διοξείδιο του χλωρίου σε συνδυασμό με το χλώριο είναι πιο αποτελεσματικό στη μείωση των παραπροϊόντων που προκύπτουν από τη χλωρίωση (U.S EPA. 1999a).

8.5 ΤΟ ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΙΟ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ/ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ

Η εφαρμογή του διοξειδίου του χλωρίου ως πρωτεύοντος και ως δευτερεύοντος απολυμαντικού είναι περιορισμένη, καθώς :

- ο Το διοξείδιο του χλωρίου είναι ισχυρό οξειδωτικό και ‘διασκορπίζεται’ εύκολα στο νερό
- ο Περίπου 50-70% της ποσότητας του διοξειδίου του χλωρίου μετατρέπεται σε ανόργανα παραπροϊόντα χλωρικών αλάτων.

Ωστόσο η χρήση διοξειδίου του χλωρίου μειώνει σημαντικά το σχηματισμό οργανικών παραπροϊόντων.

8.6 ΤΟ ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΟΖΟΝ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ

Σε αντίθεση με τη χρήση όζοντος/χλωρίου ή χλωρίου/χλωραμινών, ο συνδυασμός του όζοντος με τις χλωραμίνες μειώνει σημαντικά το σχηματισμό αλογονούχων παραπροϊόντων. Το γεγονός αυτό οφείλεται στον περιορισμένο χρόνο επαφής του χλωρίου. Ωστόσο σε ορισμένες περιπτώσεις αυξήθηκε η συγκέντρωση του διχλωροπροπανίου (U.S EPA. 1999a).

8.7 ΤΟ ΧΛΩΡΙΟ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ

Με τη χρήση του διοξειδίου του χλωρίου σε συνδυασμό με τις χλωραμίνες είναι δυνατόν να περιοριστεί ο σχηματισμός των τριαλογονωμένων παραγώγων του μεθανίου. Επίσης μειώνεται ο αριθμός των κολοβακτηριδίων στην περίπτωση που χρησιμοποιείται διοξείδιο του χλωρίου (U.S EPA. 1999a).

8.8 ΤΟ ΟΖΟΝ/ΧΛΩΡΙΟ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΟΖΟΝ/ΧΛΩΡΑΜΙΝΕΣ

Κατά τη χρήση όζοντος και χλωραμινών παρατηρείται αύξηση της συγκέντρωσης του χλωροκυανίου. Εντούτοις η συγκέντρωση των τριαλογονωμένων παραγώγων του

μεθανίου, των αλογονοοξικών οξέων, των αλογονοακετονιτριλίων και των αλογονοκετονών μειώνεται σημαντικά. Επίσης ο συνδυασμός όζοντος/χλωραμινών ευνοεί το σχηματισμό ορισμένων παραπροϊόντων σε σχέση με το συνδυασμό όζοντος/χλωρίου, ενώ περιορίζει το σχηματισμό άλλων οργανικών παραπροϊόντων (U.S EPA. 1999a).



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Αχαρνών 364 & Γλαράκι 10B, Αθήνα, 11145

Τηλ: 211 1820 163-4-5 Φαξ: 211 1820 166

e-mail: enerchem@enerchem.gr

web site: www.enerchem.gr