

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΡΥΠΑΝΤΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΑΓΩΓΟΥ ΟΜΒΡΙΩΝ ΣΤΗΝ ΠΟΛΗ ΤΩΝ ΧΑΝΙΩΝ

Σταυρουλάκης Γ., Αγγ. Μπαμπάλα και Αμ. Κύρκου
ΤΕΙ Κρήτης – Σχολή Εφαρμοσμένων Επιστημών
Τμήμα Μηχανικών Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος ΤΕ
ΤΘ 89, 73103 Χανιά E-mail: gstav@chania.teicrete.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι αγωγοί όμβριων υδάτων αποτελούν σημειακή πηγή ρύπανσης στην περιοχή απορροής καθώς μεταφέρουν τους ρύπους του πολεοδομικού συγκροτήματος των πόλεων που διασχίζουν. Την περίοδο 2012-2013 έγιναν τακτικές δειγματοληψίες στην έξοδο του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων. Στα δείγματα που συλλέχθηκαν προσδιορίστηκε η συγκέντρωση NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^+ , DO, BOD, COD, total & fecal coliforms. Τα αποτελέσματα έδειξαν την ανάγκη ελέγχου του δικτύου των αγωγών όμβριων της πόλης για τον εντοπισμό των περιοχών με το υψηλότερο ρυπαντικό φορτίο προκειμένου να μην επιβαρύνεται ο τελικός αποδέκτης, η θαλάσσια περιοχή Κουμ Καπί.

URBAN RUNOFF POLLUTION LOAD OF THE CITY OF CHANIA

Stavroulakis G., A. Bampala, and A. Kirkou
Technological Educational Institute of Crete – School of Applied Sciences
Department of Environmental & Natural Resources Engineering
Laboratory of Water & Soil Resources Quality Control
ΤΘ 89, 73103 Chania E-mail: gstav@chania.teicrete.gr

ABSTRACT

The network of the urban runoff is a potential pollution source towards the discharge area since pollutants are carried through the whole city. The 2012-13 period, water samples were collected from the central urban runoff pipe outlet located in the coastal area of Koum Kapi. During this research period the values of NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^+ , dissolved oxygen, BOD, COD and the colonies of total and fecal coliforms were measure employing standard methods of analysis. The results of the water quality control showed the lack of a monitoring for the determination of the most polluted urban area and the prevention of the pipe outlet to be a point source of the seawater pollution.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αστικοποίηση είναι ένα φαινόμενο που παρουσιάζει αύξηση τις τελευταίες δεκαετίες και έχει ως αποτέλεσμα την υποβάθμιση του περιβάλλοντος, επιβαρύνοντας τα υδατικά αποθέματα και τα υδάτινα οικοσυστήματα [1,2]. Από τα σημαντικότερα προβλήματα που προκύπτουν εξαιτίας της αυξανόμενης αστικοποίησης, είναι τόσο η ποσότητα όσο και η ποιότητα των αστικών απορροών [1]. Οι αστικές απορροές, που αποτελούν μη σημειακή πηγή ρύπανσης, είναι μία από τις κυριότερες αιτίες της ποιοτικής υποβάθμισης των υδάτινων αποδεκτών και αποτελούν την δεύτερη πιο σημαντική αιτία ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων στις Η.Π.Α. [3,4,5,6,7]. Οι παράγοντες που συμβάλλουν στο συγκεκριμένο τύπο ρύπανσης είναι, μεταξύ άλλων, η διάβρωση του εδάφους, τα ξεπλύματα των ακαθαρσιών των δρόμων, η συσσώρευση και το ξέπλυμα της ατμοσφαιρικής σκόνης, τα φυτοφάρμακα και χημικά λιπάσματα και τα κατακρημνίσματα [8].

Από έρευνες που έχουν γίνει έχει αποδειχθεί ότι οι αστικές απορροές είναι πλούσιες σε ρυπαντικό φορτίο, το οποίο μπορεί να απειλήσει, εκτός από τα οικοσυστήματα, και τη δημόσια υγεία, αφού συναντώνται υψηλές συγκεντρώσεις βιολογικών και χημικών ρυπαντών [7]. Γενικά, στις αστικές απορροές έχει εντοπιστεί οργανικό φορτίο, βαρέα μέταλλα, θρεπτικά συστατικά, φυτοφάρμακα, λίπη, έλαια, υδρογονάνθρακες και βακτήρια [2,3,5,6,9].

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά το μικροβιολογικό φορτίο, αυτό αποτελεί σημαντικό ρύπο των αστικών απορροών. Συνήθως συναντάται αρκετά μεγάλος αριθμός αποικιών παθογόνων μικροοργανισμών, μεταξύ των οποίων είναι και τα fecal coliforms, τα οποία εξετάζονται στην παρούσα μελέτη [10,11,12,13]. Η παρουσία μικροβιολογικού φορτίου στις αστικές απορροές, τις καθιστά εξαιρετικά επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία, αφού έχει αναφερθεί ότι ορισμένες φορές η συγκέντρωσή των μικροβιακών αποικιών μπορεί να φτάσει εκείνη των αποικιών που περιέχονται σε αραιωμένα ακατέργαστα απόβλητα [10].

Μία άλλη παράμετρος που έχει εξεταστεί και ανιχνευθεί στις αστικές απορροές είναι τα θρεπτικά συστατικά. Οι τιμές των NO_3^- -N που έχουν καταγραφεί, συνήθως δεν καταδεικνύουν σημαντική περιβαλλοντική υποβάθμιση [15,16]. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση των NO_3^- -N είναι πιο υψηλή. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι οι αυτοκινητόδρομοι υψηλής κυκλοφορίας, όπου απαντώνται υψηλότερες συγκεντρώσεις NO_3^- -N [8,14,16]. Αντίθετα, τα NH_4^+ -N, συναντώνται σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις, οι οποίες εξαρτώνται σημαντικά από την περιοχή από την οποία προέρχονται οι απορροές (βιομηχανική και εμπορική περιοχή, περιοχή κίνησης οχημάτων ή ζώνη κατοικίας) [14,15].

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει και η παρουσία του COD και του BOD_5 στις αστικές απορροές, παράμετροι που επιβαρύνουν σημαντικά το περιβάλλον. Γενικά, οι συγκεντρώσεις που έχουν καταγραφεί είναι συνήθως αρκετά υψηλές, ενώ παρουσιάζουν και αρκετές διακυμάνσεις [1,5,8,16].

Η παρούσα μελέτη είχε στόχο την εκτίμηση του ρυπαντικού φορτίου που μεταφέρει ο κύριος αγωγός του δικτύου συλλογής όμβριων υδάτων της πόλης των Χανίων στο σημείο εκφόρτισης του στην θαλάσσια περιοχή του Κουμ Καπί..

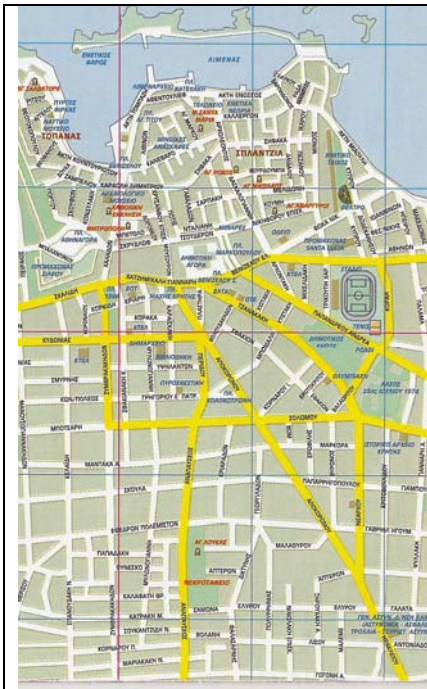
2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στην διάρκεια της μελέτης, Μάιος 2012 - Μάιος 2013, πραγματοποιήθηκαν 8 δειγματοληψίες νερού στο σημείο εκφόρτισης του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων στην παραλία Κουμ-Καπί στην ανατολική πλευρά του κολπίσκου (Εικ. 1,2). Ο συνολικός όγκος των όμβριων υδάτων που συγκεντρώνονται ετησίως μέσω του συγκεκριμένου αγωγού υπολογίζονται, κατά μέσο όρο, στα 400m^3 με κατανομή που εξαρτάται άμεσα από την ένταση των βροχοπτώσεων. Η δειγματοληψίες στην έξοδο του αγωγού έγιναν με την βοήθεια

κατάλληλα διαμορφωμένου δειγματολήπτη. Τα δείγματα νερού μεταφερόταν με φορητό ψυγείο (4°C) στο Εργαστήριο όπου γινόταν αυθημερόν ο προσδιορισμός των παραμέτρων ποιότητας pH, EC, BOD₅, COD, NO₃⁻, NH₄⁻, PO₄⁻ και του μικροβιολογικού φορτίου με την καταμέτρηση των αποικιών *Total coliforms* και *Fecal coliforms* [17].

Η μέτρηση pH, DO και ηλεκτρικής αγωγιμότητας έγινε ηλεκτρομετρικά με πολυόργανο HACH (sensioTM156) εφοδιασμένο με τα αντίστοιχα ηλεκτρόδια. Η συγκέντρωση του Βιοχημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (BOD) μετρήθηκε μανομετρικά με την ειδική συσκευή BOD (Lovibond) εφοδιασμένη με φιάλες που έφεραν κεφαλές με ψηφιακούς αισθητήρες. Η συγκέντρωση του Χημικά Απαιτούμενου Οξυγόνου (COD), NO₃⁻, NH₄⁻, PO₄⁻ έγινε με τη χρήση των Cell Test MERCK 14560, 9713, 14752, 14848 αντίστοιχα και φωτομέτρου MERCK Spectroquant® NOVA 60.

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις έγιναν με την μέθοδο της διήθησης νερού σε αποστειρωμένα φίλτρα κυτταρίνης 47mm/0.45por (Gelman GN 66191) και την επώαση σε υπόστρωμα Agar & Membrane Lauryl Sulphate Broth (Lab M 82) σε θαλάμους επώασης 37°C και 44°C αντίστοιχα για 24 ώρες.



Εικόνα 1. Το τμήμα της πόλης των Χανίων που παροχετεύει τα όμβρια ύδατα μέσω του αγωγού της μελέτης στην θάλασσα περιοχή Κουμ Καπί.



Εικόνα 2. Θέση του αγωγού όμβριων στην θάλασσα περιοχή Κουμ Καπί, ΒΑ της πόλης των Χανίων.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι τιμές των παραμέτρων ποιότητας του νερού του αγωγού όμβριων που μετρήθηκαν παρουσίασαν διαφορετικό εύρος μεταξύ ελάχιστης και μέγιστης τιμής κατά την περίοδο μελέτης όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Ιδιαίτερα σημαντικό θεωρείται το χαμηλό επίπεδο διαλυμένου οξυγόνου, (<5mg/l) καθ' όλη την περίοδο μελέτης (Σχήμα 1), που αναδεικνύει και το πρόβλημα της φόρτισης των απορροών με οργανικό φορτίο.

Η υψηλή μέγιστη τιμή του COD στα 460mg/l καθώς και η μέγιστη του BOD₅ στα 23mg/l, παρά το γεγονός ότι δεν συμπίπτουν χρονικά, οφείλονται πιθανόν στην εισροή υψηλού ρυπογόνου φορτίου με μεταβαλλόμενο οργανικό φορτίο το οποίο περιλαμβάνει υψηλό μη βιολογικά αποικοδομήσιμο ποσοστό (Σχήμα 1). Η συνεκτίμηση των τιμών διαλυμένου οξυγόνου, BOD₅ και COD αποτελεί αξιόπιστο δείκτη της οργανικής επιβάρυνσης [18] που μπορεί να οδηγήσει και στον εντοπισμό της πηγής ρύπανσης όταν γίνει κατά μήκος της διαδρομής του αγωγού όμβριων. Η διαφορετική εποχή εμφάνισης των υψηλών τιμών COD (Ιούνιος, Σεπτέμβριος 2012-τουριστική περίοδος) και BOD (Απρίλιος 2013) κατά την περίοδο μελέτης αποτελεί ήδη σημείο περαιτέρω διερεύνησης ώστε να προσδιοριστούν οι ρυπογόνες πηγές.

Η μέτρηση της συγκέντρωσης θρεπτικών αλάτων έδειξε ελάχιστες τιμές αμμωνιακών ιόντων (κάτω του ορίου ανίχνευσης) πιθανόν λόγω νιτροποίησης καθώς οι τιμές των νιτρικών ιόντων διατηρήθηκαν κοντά στα 6.0 mg/l το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα της μελέτης (Σχήμα 1).

Η ύπαρξη ιδιαίτερα υψηλού μικροβιολογικού φορτίου σε όλες τις δειγματοληψίες (ανεξαρτήτως ξηρής ή υγρής εποχής του έτους) δεικνύει την ύπαρξη σημείων συνεχούς εισροής απορροών στον αγωγό όμβριων, με σύσταση ανάλογη των αστικών λυμάτων.

Πίνακας 1. Μέγιστες και ελάχιστες τιμές των παραμέτρων pH, DO, BOD₅, COD, NO₃⁻, NH₄⁻, PO₄⁻, ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων κατά την περίοδο μελέτης 28/5/2012 έως 22/5/2013

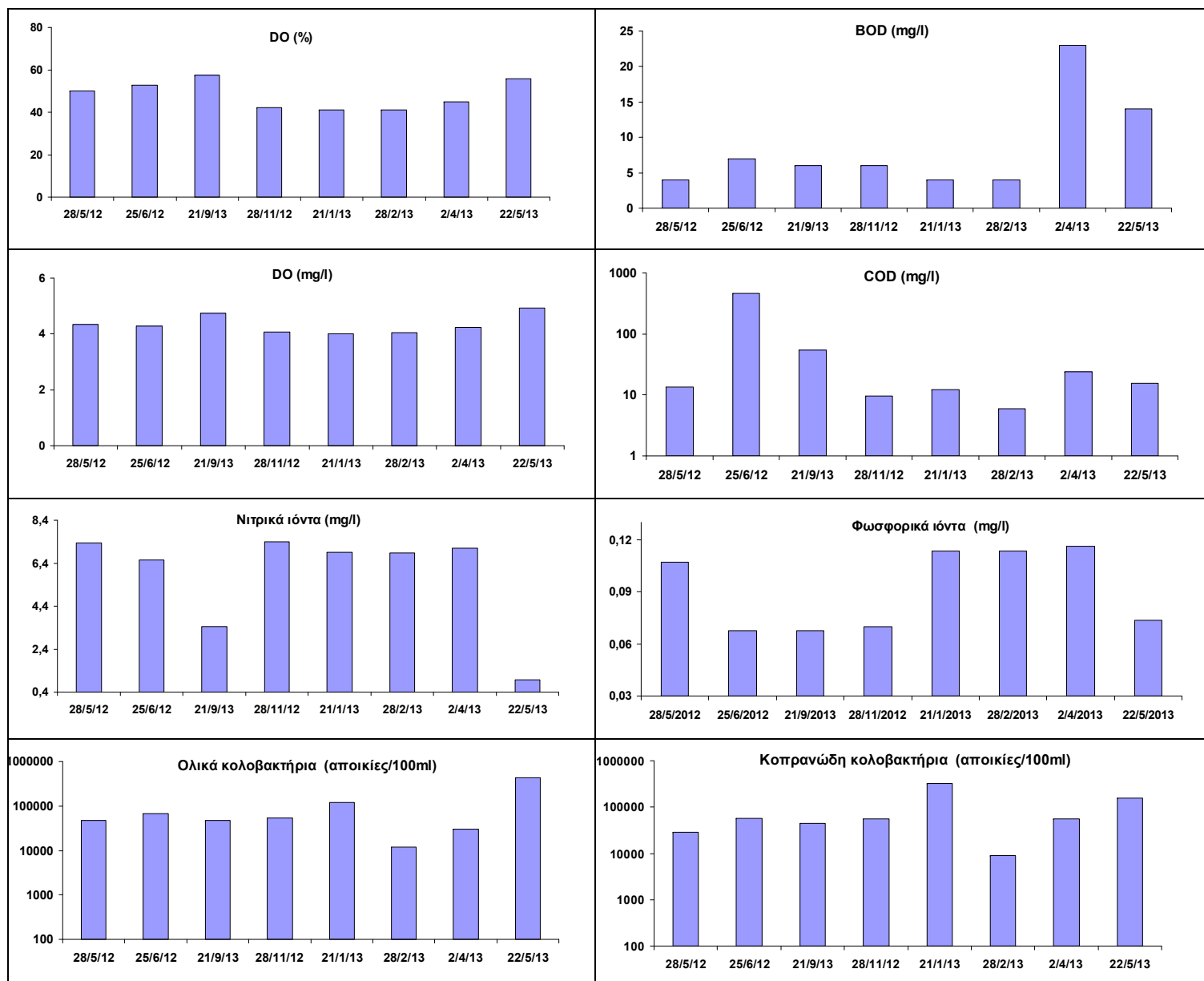
Παράμετρος	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
pH	7,3	7,9
DO (mg/l)	4,0	4,9
COD (mg/l)	6	460
BOD ₅ (mg/l)	4	23
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0,97	7,4
NH ₄ ⁻ (mg/l)	≤ 0,013mg/l	
PO ₄ ⁻ (mg/l)	0,07	0,70
Total coliforms (cfu/100ml)	12.000	440.000
Fecal coliforms (cfu /100ml)	9.000	322.000

Η αυξημένη κίνηση αυτοκινήτων, οι εκπλύσεις του οδοστρώματος και των εδαφών μιας αστικής περιοχής, η απορροή οικοδομικών υλικών, η πλύση αυτοκινήτων σε συνδυασμό με τη διαρροή αστικών και βιοτεχνικών λυμάτων ευνοούν την συσσώρευση διαφόρων ρυπαντών (τοξικών, μικροβιολογικών, ανεπιθύμητων ουσιών, φυσική επιβάρυνση) στους αγωγούς όμβριων υδάτων. Οι παράκτιες περιοχές κοντά σε μεγάλα αστικά κέντρα αποτελούν τελικούς αποδέκτες αυτών των αγωγών το ρυπαντικό φορτίο των οποίων μπορεί να οδηγήσει σε υποβάθμιση της ποιότητας των παράκτιων υδάτων επηρεάζοντας τη βιοποικιλότητα, την αισθητική αξία και τη δυνατότητα αναψυχής [19,20,21].

Από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας προέκυψε ότι το δίκτυο της αστικής απορροής όμβριων της πόλης των Χανίων μεταφέρει ιδιαίτερα υψηλό οργανικό φορτίο που φαίνεται να σχετίζεται τόσο με τις επιφανειακές απορροές όσο και με πιθανές βλάβες δικτύου αστικών λυμάτων που πιθανόν να τροφοδοτεί με ρυπογόνο υλικό τον αγωγό όμβριων.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να διευκρινιστεί, μετά την ολοκλήρωση της μελέτης, η εποχικότητα των παραμέτρων που παρουσίασαν υψηλές τιμές την περίοδο μελέτης αλλά και οι πιθανές πηγές επιβάρυνσης του δικτύου όμβριων. Η παραλιακή περιοχή του Κουμ Καπί αποτελεί σημαντικό τμήμα της πόλης με πολλούς μόνιμους κατοίκους και έντονη νυκτερινή ζωή αλλά και τουριστική κίνηση.

Πρακτικά 5ου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου Μακεδονίας. Θεσσαλονίκη 14-16 Μαρτίου 2014.



Σχήμα 1. Μεταβολή της συγκέντρωσης DO, BOD₅, COD, NO₃⁻, PO₄⁻, ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων στο νερό του κεντρικού αγωγού όμβριων της πόλης των Χανίων την περίοδο Μάιος 2012-Μάιος 2013.

Ευχαριστίες

Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος "Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση", Πράξη Αρχιμήδης ΙΙΙ και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους (Εθνικό Στρατηγικό Πλαίσιο Αναφοράς 2007-2013).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Gromaire-Mertz M.C., S. Garnaud, A. Gonzalez, G. Chebbo, 1999, *Characterisation of Urban Runoff Pollution in Paris*, Water Science and Technology, 39(2) :1-8
2. Ouyang Wei, Bobo Guo, Fanghua Hao, Haobo Huang, Junqi Li, Yongwei Gong, 2012, *Modeling urban storm rainfall runoff from diverse underlying surfaces and application for control design in Beijing*, Journal of Environmental Management, 113:467-473
3. Appel Patrick L., Paul F. Hudak, 2001, *Automated Sampling of Stormwater Runoff in an Urban Watershed, North-Central Texas*, Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering, 36(6):897-907
4. Li-Qing LI, YIN Cheng-qing, HE Qing-ci, KONG Ling-li, 2007, *First flush of storm runoff pollution from an urban catchment in China*, Journal of Environmental Sciences, 19 :295–299
5. Gnecco I., C. Berretta, L.G. Lanza, P. La Barbera, 2005, *Storm water pollution in the urban environment of Genoa, Italy*, Atmospheric Research, 77: 60– 73
6. Bedan Erik S., John C. Clausen, 2009, *Stormwater Runoff Quality and Quantity From Traditional and Low Impact Development Watersheds*, Journal of the American Water Resources Association, 45 (4) : 998-1008
7. Parker J.K., D. McIntyre, R.T. Noble, 2010, *Characterizing fecal contamination in stormwater runoff in coastal North Carolina, USA*, Water Research, 44 :4186– 4194
8. Nazahiyah R., Z. Yusop, I. Abustan, 2007, *Stormwater quality and pollution loading from an urban residential catchment in Johor, Malaysia*, Water Science and Technology, 56(7) :1-9
9. Zhao Jian-wei, Shan Bao-qing, Yin Cheng-qing, 2007, *Pollutant loads of surface runoff in Wuhan City Zoo, an urban tourist area*, Journal of Environmental Sciences, 19 : 464-468
10. Qureshi A. A., Dutka B.J., 1979, *Microbiological Studies on the Quality of Urban Stormwater Runoff in Southern Ontario, Canada*, Water Research, 13 : 977-985
11. Jeng Hueiwang Anna C., Andrew J. Englande, Reda M. Bakeer, Henry B. Bradford, 2005, *Impact of urban stormwater runoff on estuarine environmental quality*, Estuarine, Coastal and Shelf Science, 63: 513-526
12. Sauve Sebastien, Khadija Aboulfadl, Sarah Dorner, Pierre Payment, Guy Deschamps, Michele Prevost, 2012, *Fecal coliforms, caffeine and carbamazepine in stormwater collection systems in a large urban area*, Chemosphere, 86 :118–123
13. Sidhu J.P.S., L. Hodgers, W. Ahmed, M.N. Chong, S. Toze, 2012, *Prevalence of human pathogens and indicators in stormwater runoff in Brisbane, Australia*, Water Research XXX, pp. 1-9
14. Kayhanian M., C. Suverkropp, A. Ruby, K. Tsay, 2007, *Characterization and prediction of highway runoff constituent event mean concentration*, Journal of Environmental Management 85 :279–295
15. Ballo Siaka, Min Liu, Lijun Hou, Jing Chang, 2009, *Pollutants in stormwater runoff in Shanghai (China): Implications for management of urban runoff pollution*, Progress in Natural Science, 19: 873–880
16. Legret M., C. Pagotto, 1999, *Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a*

- major rural highway*, The Science of the Total Environment, 235: 143-150
17. APHA, (1998). *Standard methods: for the examination of water and wastewater*. Published jointly by: APHA, AWWA, WEF, 20th Edition, Washington DC.
 18. Stavroulakis G, Kirikou St., Barbouni M. and Panagiotakis G. 2007. Seasonal water quality variation of the lake Kournas, Greece. Proc “First International Conference on “Environmental Management, Engineering, Planning and Economics” (CEMEPE) Skiathos , Greece 2007, pp. 985-989.
 19. Bay, S., Jones, B.H., Schiff, K. and Washburn, L., 2003. Water quality impacts of stormwater discharges to Santa Monica Bay. *Marine Environment Research*, 56 (1-2): 205-223
 20. Scopel, C.O., Harris, J. and McLellan, S.L., 2006. Influence of nearshore water dynamics and pollution sources on beach monitoring outcomes at two adjacent Lake Michigan beaches. *Journal of Great Lakes Research*, 32 (3): 543–552.
 21. Dwight, R.H., Semenza, J.C., Baker, D.B. and Olson, B.H., 2002. Association of urban runoff with coastal water quality in Orange County, California. *Water Environment Research*, 74 (1):82-90