

Ιατρικός Σύλλογος Μαγνησίας

*Οι επιπτώσεις στην Υγεία από την
καύση απορριμμάτων και των
παραγώγων τους (RDF και SRF) για
παραγωγή ενέργειας*



Ιούλιος 2018

Συγγραφή και επιμέλεια κειμένου

Τσάμης Ευθύμιος

Ειδικός Παθολόγος, Πρόεδρος Ιατρικού Συλλόγου Μαγνησίας

Πρόεδρος Επιτροπής

Δραμητινός Ματθαίος

Καρδιολόγος, Διοικητής Αχιλλοπούλειου Γενικού Νοσοκομείου Βόλου

Μέλος Επιτροπής

Λύτρας Δημήτριος

Χειρουργός, Επιμελητής Α' Γενικής Χειρουργικής Κλινικής Αχιλλοπούλειου Γενικού

Νοσοκομείου Βόλου

Μέλος Επιτροπής

Μάνδρος Χαράλαμπος

Ειδικός Παθολόγος, Επιμελητής Α' Γενικής Παθολογικής Κλινικής Αχιλλοπούλειου Γενικού

Νοσοκομείου Βόλου

Μέλος Επιτροπής

Σάρκος Σάββας

Πνευμονολόγος, Γεν. Γραμματέας Ιατρικού Συλλόγου Μαγνησίας

Μέλος Επιτροπής

Χατζηευθυμίου Αποστολία

Νευρολόγος, Αν. Καθηγήτρια Ιατρικού Τμήματος, ΠΘ

Μέλος Επιτροπής

Σημείωση των συγγραφέων

Το παρόν κείμενο δεν αποτελεί μια ανασκόπηση της βιβλιογραφίας (review) με τους αυστηρούς επιστημονικούς όρους. Η προσπάθεια που έγινε αποσκοπούσε στην ενημέρωση κυρίως των πολιτών, που δεν είναι εξοικειωμένοι με την απόλυτη ιατρική ορολογία. Η αναζήτηση των πληροφοριών έγινε τόσο σε επιστημονικές βάσεις δεδομένων (PubMed) όσο και στο διαδίκτυο όπου αναζητήθηκαν ανάλογες μελέτες εγκεκριμένων φορέων

Φιλολογική επιμέλεια-Διορθώσεις: Αγγελική Νικολάου

Περιεχόμενα

Ενότητα	Σελίδα
1. Κείμενο του Προέδρου της Επιτροπής	3
2. Έκκληση φορέων του τομέα υγείας κατά της «ανακατάταξης» της αποτέφρωσης στο πλαίσιο της οδηγίας για τη διαχείριση των απορριμμάτων (Waste Framework Directive -WFD)	4
3. Εισαγωγή	6
4. Η καύση απορριμμάτων ως πηγή ενέργειας στην τσιμεντοβιομηχανία	8
5. Εκπομπές ρύπων από την καύση RDF	10
6. Η επίπτωση της καύσης του RDF στην υγεία	11
<i>I. Διοξίνες – φουράνια</i>	11
<i>II. Βαρέα μέταλλα</i>	14
7. Επιδημιολογικές μελέτες	17
<i>I. Η επίπτωση στη δημόσια υγεία της αποτέφρωσης αστικών/οικιακών απορριμμάτων(αποτεφρωτήρες αστικών απορριμμάτων)</i>	17
<i>II. Η επίδραση στην δημόσια υγεία από την καύση απορριμμάτων στη βιομηχανία τσιμέντου</i>	19
<i>III. Προβλήματα υγείας σε εργαζόμενους σε μονάδες παραγωγής/επεξεργασίας RDF ή SRF</i>	20
8. Η περίπτωση του Βόλου-Το γεωγραφικό ανάγλυφο που «κρατά» τη ρύπανση	23
9. Συμπεράσματα-Προτάσεις	24
10. Βιβλιογραφία	26

1. Κείμενο του Προέδρου της Επιτροπής

Ο Ιατρικός Σύλλογος Μαγνησίας (Ι.Σ.Μ.) αποφάσισε ομόφωνα, στο Δ.Σ. της 11^{ης} Ιουνίου 2018, να συγκροτήσει Επιτροπή διερεύνησης και καταγραφής επιδημιολογικών μελετών που αφορούν την καύση απορριμμάτων ή παραγώγων τους (με σκοπό την απόσυρση απορριμμάτων ή την παραγωγή ενέργειας ή τη χρήση τους ως καύσιμο στη βιομηχανία) και τις επιπτώσεις τους στην υγεία των ανθρώπων.

Η πρωτοβουλία αυτή του Ι.Σ.Μ. είναι σύμφυτη με τον θεσμικό του ρόλο ως συμβούλου της πολιτείας και της κοινωνίας σε θέματα δημόσιας υγείας και την υποχρέωσή του να ενημερώνει με τεκμηριωμένο, επιστημονικό λόγο για τα μείζονα προβλήματα που επηρεάζουν την υγεία των ανθρώπων, όπως είναι τα προβλήματα της αέριας ρύπανσης και της επιβάρυνσης του περιβάλλοντος από την καύση απορριμμάτων ή παραγώγων τους.

Η έρευνά μας συγκέντρωσε όσον το δυνατόν περισσότερες μελέτες, που έχουν εκπονηθεί διαχρονικά σε διεθνές επίπεδο σε σχέση με τις προαναφερθείσες δραστηριότητες και έχουν αναδείξει τις επιπτώσεις τους στην υγεία των ανθρώπων. Σκοπός ήταν να συνταχθεί, με αντικειμενικό και επιστημονικά τεκμηριωμένο τρόπο, ένα πόρισμα που θα ενημερώσει την κοινωνία, τους αρμόδιους και κάθε ενδιαφερόμενο για τους πιθανούς κινδύνους που ελλοχεύουν.

Το πόνημα αυτό και οι προτάσεις μας ευελπιστούμε ότι θα συμβάλουν στην ενημέρωση της κοινωνίας και δημιουργικά στον δημόσιο διάλογο που αναπτύσσεται στην περιοχή μας - και όχι μόνο - με αφορμή την καύση απορριμμάτων και παραγώγων τους από την τσιμεντοβιομηχανία της περιοχής μας (ΑΓΕΤ-LAFARGE). Αναφέρεται επίσης και στην ορθή διαχείριση των απορριμμάτων και την ανακύκλωση που πρέπει να εφαρμόσουμε ως χώρα, η οποία δυστυχώς υπολείπεται σε μεγάλο βαθμό από τις ορθές πρακτικές που εφαρμόζονται σε άλλα κράτη, με αποτέλεσμα να επιβαρύνεται δραματικά το περιβάλλον.

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τα μέλη αυτής της Επιτροπής για την ανιδιοτελή και δημιουργική συμμετοχή τους σε αυτήν την προσπάθεια και για το θετικό αποτέλεσμά της, που σκοπό έχει να έρθει η ευρύτερη κοινωνία σε επαφή, μέσω ενός έγκυρου επιστημονικού φορέα, με την προβληματική της καύσης και ανακύκλωσης των απορριμμάτων, θέμα που μας απασχολεί έντονα το τελευταίο διάστημα.

Ευθύμιος Γ.Τσάμης

Πρόεδρος Ι.Σ.Μ.

2. Έκκληση φορέων του τομέα υγείας κατά της «ανακατάταξης» της αποτέφρωσης στο πλαίσιο της οδηγίας για τη διαχείριση των απορριμμάτων (Waste Framework Directive -WFD).

Appeal from the health and healthcare sector against the reclassification of incineration in the WFD

11 June 2008

In view of the upcoming vote on the Waste Framework Directive (WFD) we, the undersigned physicians and Associations, would like to ask the plenary of the European Parliament to take into account health considerations when voting in the WFD and therefore oppose the reclassification of “efficient incineration” as recovery.

We are concerned the efficiency formula which reclassifies incineration only takes into account energy efficiency considerations and not health or environmental repercussions. The current proposal upgrades incineration, which we believe is the wrong signal to send to the European citizens.

More waste burnt means more man-made toxics in the ecosystems, more fine particles in the air and more bottom ash and fly ash in the ground. We regret that we are going to see the amount of waste being incinerated increasing in the next years which would put even more fellow Europeans under risk.

Moreover, we are sadly surprised that the rapporteur of the Waste Framework Directive, Ms Caroline Jackson, claims that the health effects from incinerators are negligible.(1) Several recent studies of wide samples of population continue to reveal the threat that incinerators pose to human health in Europe and around the world.(2) Ultrafine particles emissions are still not monitored anywhere in Europe, even though the danger these particles pose is well documented.(3)(4)

We are also concerned about the image that the EU is giving to the rest of the world by being a resource-burning economy. We believe the current Waste Framework Directive falls short in ensuring that the waste will be properly separated and making sure the best waste

11 Ιουνίου 2008

Με το βλέμμα στραμμένο στο επικείμενο ψήφισμα για το πλαίσιο διαχείρισης των απορριμμάτων (WFD), εμείς, οι υπογράφωντες ιατροί και οργανώσεις θα θέλαμε, να ζητήσουμε από το σύνολο των μελών του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου να λάβει σοβαρά υπ' όψιν τη δημόσια υγεία όταν ψηφίσει το WFD και να εναντιωθεί στην ανακατάταξη της «αποδοτικής αποτέφρωσης» ως μέσου ανάκτησης (recovery).

Ανησυχούμε γιατί ο τρόπος της αποτελεσματικής ανακατάταξης της αποτέφρωσης λαμβάνει υπ' όψιν μόνο την αποτελεσματικότητα στην απόδοση ενέργειας και όχι την υγεία ή τις επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η τρέχουσα πρόταση αναβαθμίζει την αποτέφρωση, κάτι που πιστεύουμε ότι είναι λανθασμένο μήνυμα προς τους Ευρωπαίους πολίτες. Περισσότερα καμένα σκουπίδια σημαίνουν περισσότερα «ανθρωπογενή» τοξικά απόβλητα στα οικοσυστήματα, περισσότερα μικροσωματίδια στην ατμόσφαιρα και περισσότερη τέφρα στον αέρα και στο έδαφος. Λυπούμαστε γιατί στα χρόνια που έρχονται θα δούμε την ποσότητα των αποβλήτων να αυξάνεται στους αποτεφρωτήρες, κάτι που θα θέσει σε κίνδυνο τους φίλους μας Ευρωπαίους.

Επιπλέον, βλέπουμε με δυσάρεστη έκπληξη την εκπρόσωπο του WFD, κ. Caroline Jackson, να ισχυρίζεται ότι οι επιπτώσεις στην υγεία από τους αποτεφρωτήρες είναι αμελητέες.(1) Πολλές πρόσφατες μελέτες σε μεγάλα δείγματα πληθυσμού συνεχίζουν να αναδεικνύουν την απειλή που αποτελούν οι αποτεφρωτήρες για την υγεία των Ευρωπαίων και όλου του κόσμου.(2) Οι εκπομπές των μικροσωματιδίων δεν μετριοούνται ακόμη παντού στην Ευρώπη, αν και ο κίνδυνος αυτών των εκπομπών είναι πολύ καλά αποδεδειγμένος. (3)(4) Ανησυχούμε επίσης για την εικόνα που δίνει η Ε.Ε. στον υπόλοιπο κόσμο, με το να είναι μια οικονομία με πόρους από την καύση. Πιστεύουμε ότι η τωρινή WFD απέτυχε να διαβεβαιώσει ότι τα απορρίμματα θα είναι σωστά διαχωρισμένα και ότι θα τα διαχειριστεί με τον καλύτερο τρόπο. Απαιτείται να

management option will be applied. Progressive recycling targets are needed to redirect waste away from incinerators into cleaner processes.

We therefore ask the European Parliament to reconsider its decision regarding the reclassification of incineration and stick to its first reading position, which we believe will do far more to preserve children's health and the health of future European generations.

We, the undersigned organisations, represent over 33,000 doctors.

Signed,

τεθούν προοδευτικά στόχοι για τη σωστή ανακύκλωση των απορριμμάτων που θα απομακρύνουν τη διαχείρισή τους μέσω καύσης στους αποτεφρωτήρες και θα κατευθύνουν προς καθαρότερους τρόπους διαχείρισής τους. Γι' αυτό, ζητούμε από το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο να αναθεωρήσει την απόφασή του σχετικά με την ανακατάταξη των αποτεφρωτήρων και να παραμείνει στην αρχική του θέση, που πιστεύουμε ότι προστατεύει κατά πολύ περισσότερο την υγεία των παιδιών μας και των μελλοντικών γενεών στην Ευρώπη.

Εμείς, οι κάτωθι υπογράφωντες, αντιπροσωπεύουμε περισσότερους από 33.000 ιατρούς.

Ακολουθούν υπογραφές

ISDE International Society of Doctors for the Environment, representing 30,000 doctors worldwide President Professor C. Vyvyan Howard. MB. ChB. PhD. FRC Path. Bioimaging Research Group - Centre for Molecular Bioscience University of Ulster - Cromore Road - Coleraine BT52 1SA

Italian physicians and healthcare associations Dr. J. Andreas von Lutterotti - Ordinedei Medici della Provincia di Bolzano, Italy Dott. Giuseppe Miserotti – Presidente Ordinedei Medici Piacenza Dott. Giovanni Ghirgha Pediatra - Portavoce per il Lazio del Coordinamento Nazionale dei Medici per l' Ambiente e la Salute Dott. Patrizia Gentilini Oncologo Portavoce per l' Emilia Romagna del Coordinamento Nazionale dei Medici per l' Ambiente e la Salute Dott.ssa Gabriella Filippazzolgenista Direttivo Nazionale Arcidonna Italia Dott.ssa Laura Ridolfi Oncologo Forlì Dott. Valerio Gennaro Epidemiologo Genova Dott. Giovanni Vantaggi GP Gubbio Dott. Giuseppina Abbate Psichiatra Palermo Dott. Celestino Panizza Medico del Lavoro Brescia Dott. Michelangiolo Bolognini Igenista Pistoia Dott. Ruggero Ridolfi MD Oncologist, Endocrinologist – Medicina Democratica FB-Franco BORGHI Intn'l Trading & Consulting Paolo Paolucci – Direttore Dipartimento Integrato Materno Infantile, Scuola di Specializzazione in Pediatria, U.O. di Ematologia, Oncologia e Trapianto di CSE. Azienda Ospedaliero-Universitaria, Policlinico di Modena, Italy Prof Federico Valerio, Environmental Chemistry Lab. National Institute for Cancer Research, Genoa Dott.sa Francesca Cigala Psichiatra Ferrara Medicina Democratica o.n.l.u.s Dott Michelangiolo Bolognini - Medico Igenista – Pistoia Mr Jerzy Ziaja – Chairman National Recycling Business Council (OIGR)

ARTAC - Association for Research and Treatments Against Cancer, France Professor D. Belpomme MD. Oncologist, PhD. Paris.

Collectif des médecins de Clermont Ferrand - Coordination Nationale Médicale Santé Environnement (CNMSE), France - representing 3,000 doctors Docteur Jean-Michel Calut

Association Santé Environnement Provence (ASEP), France – representing 400 doctors Docteur Pierre Souvet

References

(1) <http://tinyurl.com/657usk>

(2) 2008 Etude d' incidence des cancers à proximité des usines d' incinération d' ordures ménagères [French epidemiological study, 2.5 million people] - Pascal Fabre, Côme Daniau, Sarah Gorla, Perrine de Crouy-Chanel, Pascal Empereur Bissonnet

(3) <http://tinyurl.com/5r92mj> (pdf)

(4) <http://www.noharm.org/details.cfm?ID=1841&type=document>

3. Εισαγωγή

Σήμερα, το πρόβλημα της διαχείρισης των απορριμμάτων αναδεικνύεται ως ένα από τα σημαντικότερα περιβαλλοντικά και οικονομικά ζητήματα παγκοσμίως, ιδιαίτερα σε χώρες της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής. Παράγοντες όπως η ταχύτατη συγκέντρωση πληθυσμού από την ύπαιθρο στις πόλεις, η εκτεταμένη διάθεση και κατανάλωση προϊόντων, καθώς και η εισαγωγή νέας τεχνολογίας υλικών στην παραγωγή, ενισχύουν την ανάγκη απάντησης/αντιμετώπισης αυτού του ζητήματος. Για την αντιμετώπιση όλων των παραπάνω προβλημάτων έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι επεξεργασίας των αστικών απορριμμάτων. Σε αυτές περιλαμβάνονται: οι φυσικές, θερμικές, χημικές ή βιολογικές μέθοδοι και η διαλογή. Οι παραπάνω μέθοδοι μεταβάλλουν τα χαρακτηριστικά των απορριμμάτων, προκειμένου να περιοριστούν ο όγκος ή οι επικίνδυνες ιδιότητές τους, να διευκολυνθεί η διακίνησή τους ή να βελτιωθεί η ανάκτηση χρήσιμων υλικών. Είναι φανερό ότι υπάρχει και αναπτύσσεται πληθώρα μεθόδων διαχείρισης των αστικών στερεών αποβλήτων που προωθούνται και εφαρμόζονται σε όλο τον κόσμο. Οι θερμικές μέθοδοι επεξεργασίας αποτελούν μόνον μία από τις επτά υπάρχουσες τεχνολογίες διαχείρισης, ενώ η καύση αποτελεί μόλις μία από τις τέσσερις κύριες θερμικές μεθόδους επεξεργασίας απορριμμάτων. Μέσα από αυτή τη συνοπτική παρουσίαση όλων των μεθόδων, μπορεί κανείς να διαπιστώσει ότι η κάθε μία εμφανίζει τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα (οικονομικά, περιβαλλοντικά, κ.ά). Η προτιμότερη μέθοδος μπορεί να εξαρτάται άμεσα από τους παράγοντες στους οποίους θα επιλέξει να δώσει βαρύτητα ο αναλυτής.

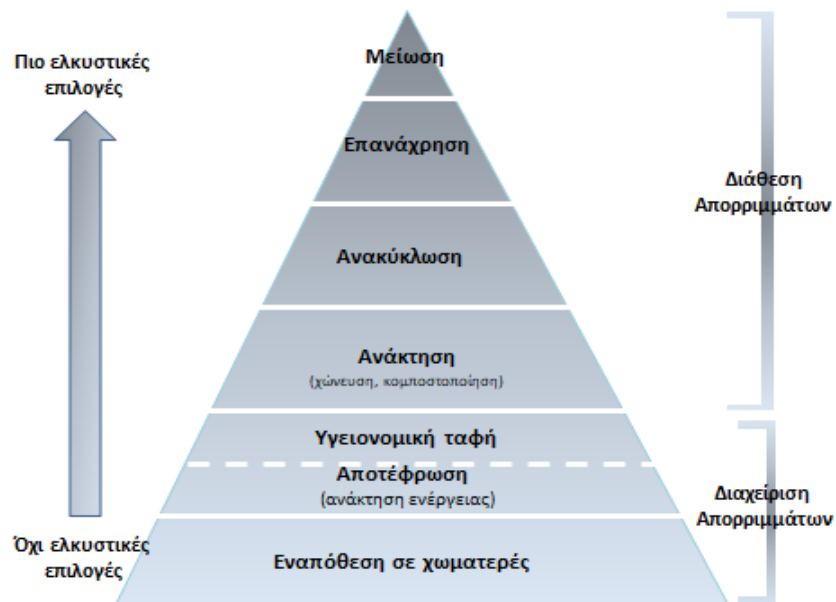
Σύμφωνα με μελέτη της Παγκόσμιας Τράπεζας το 2012 (Εικόνα 1), η σειρά κατάταξης των μεθόδων αντιμετώπισης του προβλήματος των στερεών απορριμμάτων με βάση τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων, ξεκινώντας από την προτιμότερη, είναι: α) η μείωση, β) η επανάχρηση, γ) η ανακύκλωση, δ) η ανάκτηση (χώνευση, κομποστοποίηση), ε) η υγειονομική ταφή και η αποτέφρωση και τέλος στ) η εναπόθεση σε χωματερές. Οι πρώτες δύο μέθοδοι (μείωση, επανάχρηση) αποτελούν περισσότερο τεχνικές ριζικής αποφυγής της δημιουργίας απορριμμάτων, παρά μεθόδους διάθεσης ή επεξεργασίας των τελικών στερεών αποβλήτων.

Η θερμική επεξεργασία είναι δυνατό να υλοποιηθεί είτε για σύμμεικτα στερεά απόβλητα είτε για προδιαλεγμένα κλάσματα:

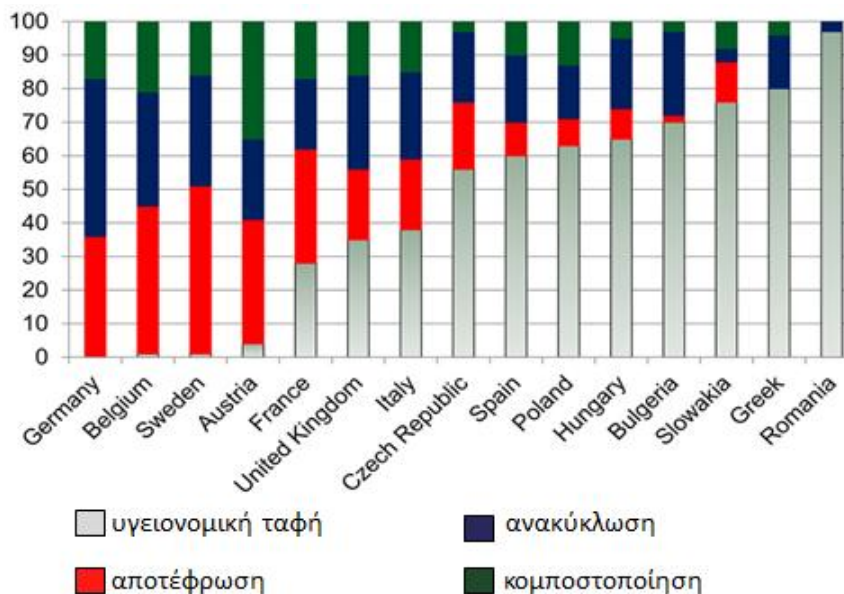
RDF: Refuse Derived Fuel (από τα καύσιμα υλικά των απορριμμάτων που δεν ανακυκλώνονται)

PDF: Packaging Derived Fuel (μη ανακυκλώσιμες συσκευασίες)

TDF: Tire Derived Fuel (ελαστικά, είτε ολόκληρα είτε τεμαχισμένα)



Εικόνα 1. Κατάταξη των μεθόδων αντιμετώπισης του προβλήματος των στερεών αποβλήτων με βάση τη μέγιστη εξοικονόμηση ενέργειας και πόρων, σύμφωνα με τη μελέτη της Παγκόσμιας Τράπεζας (2012).¹



Εικόνα 2. Τρόποι διαχείρισης αστικών στερεών αποβλήτων (σε ποσοστά) σε επιλεγμένες χώρες της Ευρώπης το 2015.⁴

Τα καύσιμα που προέρχονται από απορρίμματα (Refuse Derived Fuel-RDF) χρησιμοποιούνται κυρίως σε εργοστάσια τσιμέντου ή στην παραγωγή ηλεκτρικής/θερμικής ενέργειας. Οι ΗΠΑ ήταν η πρώτη χώρα που χρησιμοποίησε το RDF για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το 2014 λειτουργούσαν 80 μονάδες παραγωγής ενέργειας, από τις οποίες οι 64 (76.2%) χρησιμοποιούσαν τεχνολογία που επιτρέπει την καύση των αστικών απορριμμάτων χωρίς προεπεξεργασία, 7 (8.3%) χρησιμοποιούσαν τεχνολογία παρόμοια με τη μαζική καύση και 13 (15.5%) RDF.² Το 2016, 11 χώρες της Βόρειας Ευρώπης εκμεταλλεύονταν συνολικά 104.2 εκατομμύρια τόνους προϊόντων επεξεργασίας απορριμμάτων τον χρόνο σε 383 μονάδες αποτέφρωσης (energy from waste -EfW), 13 μονάδες με προηγμένη τεχνολογία μετατροπής (Advanced Conversion Technology-ACT), 103 μονάδες προεπεξεργασίας, 73 εγκαταστάσεις βιομάζας και 102 κλιβάνους σε τσιμεντοβιομηχανίες που χρησιμοποιούν ως καύσιμο για την παραγωγή ενέργειας SRF.³

Σκοπός της μελέτης αυτής δεν είναι να αναλύσει τις τεχνικές διαχείρισης των απορριμμάτων, αλλά να παρουσιάσει, με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία, τις ενδείξεις ότι η καύση ως μέθοδος είναι επιζήμιος, για την ανθρώπινη υγεία ως τρόπος επίλυσης του προβλήματος διάθεσης/περιορισμού των αστικών απορριμμάτων.

4. Η καύση απορριμμάτων ως πηγή ενέργειας στην τσιμεντοβιομηχανία

Κατά κανόνα, το βασικό καύσιμο που χρησιμοποιείται στην τσιμεντοβιομηχανία είναι το πετρέλαιο και τα παράγωγα του που προέρχονται από την κλασματική του απόσταξη, όπως το "πετ κοκ" (petroleumcoke). Η σημαντική αύξηση της τιμής των ορυκτών καυσίμων τα τελευταία χρόνια τα οδήγησε να αντιπροσωπεύουν το 30% με 50% του συνολικού κόστους παραγωγής τσιμέντου. Ως αποτέλεσμα, η βιομηχανία τσιμέντου άρχισε να στρέφεται στην αναζήτηση εναλλακτικών καυσίμων, μεταξύ αυτών και στην καύση απορριμμάτων. Η χρήση των κλιβάνων τσιμέντου για τη συν-επεξεργασία καυσίμων που προέρχονται από απορρίμματα φαντάζει ιδανική, καθώς φαίνεται να παρέχει ενεργειακό όφελος και να λύνει το πρόβλημα της υγειονομικής ταφής των αποβλήτων. Τυπικά, το RDF μπορεί να υποκαταστήσει σε παγκόσμιο επίπεδο τα πρωτογενή ορυκτά καύσιμα που χρησιμοποιούνται στην τσιμεντοβιομηχανία κατά 15-20%. Με το σκεπτικό αυτό, οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας RDF βρίσκονται συνήθως κοντά στην πηγή των αστικών στερεών αποβλήτων και η εγκατάσταση συν-επεξεργασίας, όπως μια μονάδα τσιμέντου ή μια ειδική εγκατάσταση αποτέφρωσης, κοντά στην εγκατάσταση επεξεργασίας.

Ένα από τα μείζονα προβλήματα, κατά την καύση απορριμμάτων για παραγωγή ενέργειας στη βιομηχανία, είναι η διαχείριση της παραγόμενης τέφρας η οποία είναι εξαιρετικά τοξική και πρέπει να

εναποτίθεται με ασφάλεια σε ειδικούς χώρους. Αυτό απαιτεί επιπλέον εγκαταστάσεις για τη μεταφόρτωση και εξειδικευμένο χώρο υγειονομικής ταφής αποβλήτων σε άλλη τοποθεσία. Οι απαιτήσεις αυτές συνιστούν μια επιπρόσθετη οικονομική επιβάρυνση για τη βιομηχανική μονάδα. Η λύση στο οικονομικό αυτό πρόβλημα δόθηκε με τη διοχέτευση της τέφρας στο παραγόμενο προϊόν (τσιμέντο), που στη συνέχεια χρησιμοποιείται στην οδοποιία ή στην οικοδομή. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει σαφή οικονομικά πλεονεκτήματα, εντούτοις γεννά σημαντικές περιβαλλοντικές ανησυχίες και αφήνει ανοιχτό θέμα στην επιστημονική κοινότητα το κατά πόσον η χρήση/ενσωμάτωση της τέφρας μπορεί να θεωρείται ένα ώριμο ή επιθυμητό προϊόν. Δεδομένου ότι η τέφρα που κατακάθεται στον πυθμένα του αποτεφρωτήρα (Incineration Bottom Ash-IBA) έχει αυξημένα επίπεδα βαρέων μετάλλων, προκαλεί οικοτοξικές ανησυχίες αν δεν χρησιμοποιηθεί σωστά, καθώς οι ουσίες που περιέχει είναι δυνατό να οξειδωθούν ή να αποσπαστούν από το υλικό μετά από χρόνια φθορά και να δραπέτεύσουν στο περιβάλλον. Το γεγονός αυτό έχει ήδη επισημανθεί από το Συμβούλιο Υγείας και Ασφάλειας (HSE) του Ηνωμένου Βασιλείου. Οι ανησυχίες προέκυψαν μετά από κατασκευές που εξερράγησαν έπειτα από ανάφλεξη ενός εκρηκτικού μείγματος αερίου που εντοπίστηκε στην περιοχή του αφρώδους σκυροδέματος. Διαπιστώθηκε ότι τα σωματίδια αργιλίου που περιέχονταν στην τέφρα αντιδρούσαν με το νερό και το τσιμέντο, εκλύοντας υδρογόνο. Μετά από τα περιστατικά αυτά, η Βρετανική Αρχή Οδικού Δικτύου, το 2009, με έγγραφο-οδηγία έθεσε αυστηρές προϋποθέσεις και αντίστοιχες απαγορεύσεις για τη χρήση της τέφρας σε οδικές κατασκευές.⁵ Η διοχέτευση της τέφρας στο τσιμέντο επέφερε και επιπλέον κόστος στον πολίτη, το οποίο θεσπίστηκε στην Ευρώπη το 2004 (Οδηγία 2004/35/ΕΚ) σύμφωνα με την αρχή «ο ρυπαίνων πληρώνει».⁶

Αξίζει να σημειωθεί ότι οι περιστροφικοί κλίβανοι της τσιμεντοβιομηχανίας και οι κλασικές μονάδες αποτέφρωσης διαφέρουν κυρίως ως προς τις συνθήκες που επικρατούν κατά την καύση. Τα αέρια αναμειγνύονται συνεχώς μέσα στον κλίβανο, στον οποίο επικρατούν πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες σε σχέση με τους συμβατικούς κλιβάνους, με αποτέλεσμα την εκτενέστερη καταστροφή των τοξικών οργανικών ενώσεων που παράγονται κατά την καύση, χωρίς ωστόσο να καθιστά τη μέθοδο περιβαλλοντικά αβλαβή. Ιδιαίτερα, ενώσεις όπως οι διοξίνες και τα φουράνια συνεχίζουν να ανιχνεύονται στα καυσαέρια των μονάδων, καθώς είναι πρακτικά αδύνατο να διατηρηθεί η υψηλή θερμοκρασία σε κάθε στάδιο της διαδικασίας. Στον σχηματισμό διοξινών στην περιοχή προθέρμανσης της πρώτης ύλης, πέρα από τις πρώτες ύλες και τα μέταλλα-καταλύτες, ιδιαίτερα κρίσιμο παράγοντα αποτελεί η παραμονή των απαερίων για επαρκές χρονικό διάστημα στη θερμοκρασιακή περιοχή 450°C – 200°C. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι σε θερμοκρασία 400°C, ο ρυθμός παραγωγής διοξινών είναι 50 φορές μεγαλύτερος σε σχέση με τον ρυθμό παραγωγής τους σε θερμοκρασία 255°C.⁷

5. Εκπομπές ρύπων από την καύση RDF

Τα σημαντικά χαρακτηριστικά του RDF ως καυσίμου είναι η θερμιδική αξία (calorific value), η περιεκτικότητά του σε νερό, τέφρα, θείο και σε χλώριο. Οι τιμές αυτές ποικίλλουν ανάλογα με τις πηγές του RDF (δηλ. νοικοκυριά, γραφεία, κατασκευές κ.λπ.), με το σύστημα συλλογής του (μικτές αστικές, χωριστές πηγές) και την επεξεργασία του (διαλογή, άλεση, ξήρανση).⁸

Οι μονάδες αποτέφρωσης απορριμμάτων εκπέμπουν στην ατμόσφαιρα μια σειρά από αέρια παράγωγα όπως αιωρούμενη τέφρα και αέριους ρύπους, με σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα.⁷ Οι κυριότεροι ρύποι που εκπέμπονται κατά τη διαδικασία της αποτέφρωσης στερεών αποβλήτων είναι:

- ✓ σωματίδια με τη μορφή τέφρας και αιωρούμενα σωματίδια
- ✓ οξέα και άλλα αέρια: υδροχλωρικό οξύ (HCl), υδροφθορικό οξύ (HF), υδροβρωμικό οξύ (HBr), υδροϊώδιο (HI), διοξείδιο του θείου (SO₂), οξειδία του αζώτου (NO_x), αμμωνία (NH₃), κ.ά.
- ✓ τοξικά μέταλλα: υδράργυρος (Hg), κάδμιο (Cd), χρώμιο (Cr), θάλλιο (Tl), αρσενικό (As), νικέλιο (Ni), μόλυβδος (Pb), αντιμόνιο (Sb), σελήνιο (Se), κασσίτερος (Sn), χαλκός (Cu), μαγγάνιο (Mn), ψευδάργυρος (Zn), κ.ά.
- ✓ τοξικές ή μη ενώσεις του άνθρακα: διοξίνες και φουράνια, πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC), διοξείδιο και μονοξείδιο του άνθρακα (CO₂ και CO), μεθάνιο (CH₄)

Η σύνθεση των αερίων, στερεών και υγρών υπολειμμάτων αποτέφρωσης εξαρτάται και από τη σύνθεση των καιόμενων απορριμμάτων, το είδος του αποτεφρωτήρα και τη συντήρηση των εγκαταστάσεων. Ειδικότερα κατά την καύση του RDF στην τσιμεντοβιομηχανία, από τα ιχνοστοιχεία τα μη πτητικά μέταλλα ενσωματώνονται στο κλίνκερ και η επιβάρυνση μεταφέρεται στα προϊόντα τσιμέντου. Τα ημι-πτητικά μέταλλα, όπως ο μόλυβδος και το κάδμιο, κατά ένα μέρος ενσωματώνονται στο κλίνκερ ενώ κατά το υπόλοιπο μέρος τους συμπυκνώνονται στα αιωρούμενα σωματίδια και δεσμεύονται στα φίλτρα του συστήματος αντιρρύπανσης. Από τα πτητικά ιχνοστοιχεία, ο υδράργυρος και το θάλλιο κατά ένα μέρος συμπυκνώνονται στην επιφάνεια σωματιδίων και κατακρατούνται στα φίλτρα αντιρρύπανσης, αλλά κατά το μεγαλύτερο μέρος τους απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα σε αέρια φάση. Από τις πτητικές οργανικές ενώσεις που εκπέμπονται κατά την καύση εναλλακτικών καυσίμων, το σημαντικότερο πρόβλημα συνιστούν οι διοξίνες, οι οποίες είναι από τις πλέον επικίνδυνες ενώσεις.⁹ Αναφορικά με τις παραπάνω ουσίες που απελευθερώνονται κατά την καύση του RDF, θα παρουσιαστούν, στις επόμενες ενότητες, οι επιπτώσεις των διοξινών και των βαρέων μετάλλων, καδμίου και υδραργύρου, στην ανθρώπινη υγεία.

6. Η επίπτωση της καύσης του RDF στην υγεία

I. Διοξίνες – φουράνια

Κύρια πηγή ανησυχίας των πολιτών για την χρήση του RDF ως καύσιμου προς παραγωγή ενέργειας, αποτελεί η παραγωγή και εκπομπή στο περιβάλλον οργανικών ενώσεων όπως διοξίνες (polychlorodibenzo-p-dioxins - PCDD) και φουράνια (polychlorodibenzo-p-furans - PCDF). Πολυάριθμες μελέτες δείχνουν ότι η καύση του RDF δύναται να παράγει πλήρες φάσμα PCDD και PCDF και στο πεδίο αυτό διεξάγεται εκτεταμένη έρευνα για τη βελτίωση της τεχνολογίας και των μεθόδων καύσης του.^{10,11,12,13,14} Οι διοξίνες αποτελούν ανεπιθύμητα παράγωγα διαφόρων διεργασιών, συμπεριλαμβανομένης της τήξης, της λεύκανσης χαρτοπολτού με χλώριο και της παραγωγής ορισμένων ζιζανιοκτόνων και φυτοφαρμάκων. Ως εκ τούτου περιλαμβάνονται σε αδρανοποιημένη μορφή σε πολύ μεγάλο ποσοστό στα γεωργικά και στα στερεά αστικά απόβλητα, από το φαινομενικά «αθώο» λευκό χαρτί μέχρι τα χόρτα και τα κλαδιά των κήπων. Οι διοξίνες σχηματίζονται κυρίως κατά την ατελή καύση οργανοχλωριούχων ενώσεων, χλωριούχων πολυμερών, όπως το PVC (πολυβινυλοχλωρίδιο), αλλά και κατά την καύση οργανικών υλικών παρουσία χλωριούχων αλάτων σε θερμοκρασίες 600°C – 1000°C. Η κύρια αιτία έκλυσης διοξινών από τα καιόμενα απορρίμματα είναι η παρουσία χλωρίου σε αυτά. Μια από τις σημαντικότερες πηγές διοξινών είναι η καύση των χλωριωμένων πλαστικών PVC (περιέχεται σε ηλεκτρικά καλώδια, κουφώματα, αδιάβροχα ρούχα, έπιπλα, ιατρικό εξοπλισμό, παιδικά παιχνίδια, κ.α.).

Οι διοξίνες είναι πολυχλωριωμένες οργανικές ενώσεις που βρίσκονται στο έδαφος, στο νερό, στα τρόφιμα, στα ιζήματα, αλλά και στον αέρα αστικών και αγροτικών περιοχών σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 0.1 μέχρι και >100 pg/Kg ή pg ανά κυβικό μέτρο. Η ονομασία "διοξίνες" χρησιμοποιείται συχνά για την οικογένεια δομικά και χημικά συγγενών πολυχλωριωμένων διβενζοπαραγωγών (PCDD) και πολυχλωριωμένων διβενζοφουρανίων (PCDFs). Ορισμένα πολυχλωροδιφαινύλια (PCB), παρόμοια με τις διοξίνες και με παρόμοιες τοξικές ιδιότητες, περιλαμβάνονται επίσης στον όρο "διοξίνες". Έχουν εντοπιστεί περίπου 419 τύποι ενώσεων που σχετίζονται με τις διοξίνες, αλλά μόνο περίπου 30 από αυτές θεωρούνται ότι έχουν σημαντική τοξικότητα, με τη 2,3,7,8-τετραχλωροδιβενζοπαραξονίνη (TCDD) να είναι η πιο τοξική. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας,¹⁵ οι διοξίνες είναι περιβαλλοντικοί ρύποι και ανήκουν στη λεγόμενη «βρώμικη δωδεκάδα», μια ομάδα επικίνδυνων χημικών ουσιών γνωστών ως «ανθεκτικοί περιβαλλοντικοί ρύποι» (Persistent Environmental Pollutants - POPs). Οι διοξίνες είναι εξαιρετικά τοξικές και μπορούν να επηρεάσουν πολλά όργανα και συστήματα. Εισέρχονται στον ανθρώπινο

οργανισμό με την τροφή, τον αέρα ή την επαφή με υλικά και έδαφος που έχουν μολυνθεί από τις ουσίες αυτές και τελικά καταλήγουν στον λιπώδη ιστό, όπου ο χρόνος ημιζωής τους εκτιμάται από 8 έως 12 έτη.¹⁶

Περισσότερο από το 90% της ανθρώπινης έκθεσης σε διοξίνες συντελείται μέσω της προμήθειας τροφίμων, κυρίως κρέατος και γαλακτοκομικών προϊόντων, ψαριών και οστρακοειδών, αλλά και από παραπροϊόντα βιομηχανικών διαδικασιών, όπως είναι η αποτέφρωση απορριμμάτων. Τουλάχιστον 17 από τις διοξίνες έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα τοξικές και καρκινογόνες. Με την ονομασία διοξίνη (στον ενικό) συνήθως εννοείται η TCDD, η τοξικότερη απ' όλες τις διοξίνες. Η ένωση αυτή έχει χαρακτηριστεί καρκινογόνος για τον άνθρωπο από τον Διεθνή Οργανισμό Ερευνών του Καρκίνου, από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας και άλλους αξιόπιστους διεθνείς οργανισμούς υγείας.¹⁷ Παρότι δεν υπάρχει αναγνωρισμένο επίπεδο «ασφαλούς ορίου» για το TCDD, είναι γενικά αποδεκτό ότι επίπεδα <1,9 PPT (parts per trillion) δεν αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για την υγεία του γενικού πληθυσμού, ενώ η ποσότητα της TCDD ανά μονάδα σωματικού βάρους που προκαλεί το 50% των θανάτων σε πληθυσμό πειραματόζωων (50% Lethal Dose ή LD₅₀) ορίζεται σε 0.02 mg/Kg.¹⁸

Η διοξίνη (TCDD) επιδρά στα κύτταρα κυρίως μέσω (α) σηματοδοτικών μονοπατιών που περιλαμβάνουν το ενδοκυττάριο ασβέστιο και ενεργοποίηση πρωτεϊνικών κινασών (πχ η Src κινάση), (β) δράσης όπου εμπλέκεται η πρωτεΐνη AHR που βρίσκεται στο κυτταρόπλασμα. Η σύνδεση της διοξίνης με την AHR μπορεί είτε να οδηγήσει σε αύξηση του ενδοκυττάριου ασβεστίου είτε να μεταφερθεί στον πυρήνα όπου θα σχηματίσει διμερές με τον παράγοντα ARNT (AHR nuclear translocator protein), που θα οδηγήσει σε μεταγραφή γονιδίων.¹⁹ Τα έμβρυα και τα νεογέννητα, λόγω της ταχείας ανάπτυξης των οργάνων και συστημάτων τους, φαίνεται ότι είναι πιο ευαίσθητα στην έκθεση σε διοξίνες.

Οι πληροφορίες για τις άμεσες και απώτερες συνέπειες των διοξινών στην υγεία των ανθρώπων έχουν προκύψει από μελέτες μετά από ατυχήματα σε εργοστάσια παραγωγής TCP (2,4,5-trichlorophenol) και 2,4,5-T και έκθεση των εργαζομένων ή μετά από ατυχήματα σε εργοστάσια και την μόλυνση της γύρω περιοχής. Το πιο αντιπροσωπευτικό είναι το ατύχημα που συνέβη στις 10 Ιουλίου 1976, στη μικρή πόλη Seveso της Βόρειας Ιταλίας. Κατά το ατύχημα σημειώθηκε μαζική διαρροή διοξίνης από το εργοστάσιο παραγωγής τριχλωροφαινόλης (χρησιμοποιείται στην κατασκευή αντισηπτικών σαπουνιών και αποσμητικών και η διοξίνη αποτελεί διάμεσο προϊόν) της εταιρείας ICMESA, που ανήκε στην πολυεθνική εταιρεία Hoffmann-La Roche. Υπολογίζεται ότι η έκλυση του τοξικού νέφους από το ατύχημα στον αέρα αφορούσε 35 kg σχεδόν καθαρής διοξίνης που ρύπανε έκταση 15 Km² με 37.000 κατοίκους.

Πίνακας 1: Παθήσεις που συνδέονται με μακροχρόνια έκθεση σε διοξίνες

Νόσος

Νεοπλάσματα

Όγκοι εγκεφάλου και νευροβλάστωμα^{21,22,23}
Καρκίνος μαστού^{24,25,26,27,29}
Καρκίνος τραχήλου της μήτρας²⁷
Καρκίνος ήπατος, χοληδόχου κύστης και χοληφόρων^{21,28,30}
Λέμφωμα (Hodgkin & Non-Hodgkin)^{21,31,25,32,33,34,28}
Πολλαπλούν μύελωμα^{28,35,22,36,37,38}
Λευχαιμία^{31,21,35,22,28,36,39,40,41}
Καρκίνος θυρεοειδούς^{42,21}
Κακώθεις μελάνωμα²¹
Καρκίνος υπεζωκότα²¹
Καρκίνος νεφρού^{22,43}
Σάρκωμα μαλακών μορίων^{44,45,46}
Ακανθοκυτταρικό καρκίνωμα⁴⁷

Καρδιαγγειακό

Ισχαιμική καρδιοπάθεια^{31,48}
Αγγειακά εγκεφαλικά επεισόδια⁴⁸
Χρόνια καρδιακή νόσος³¹
Χρόνια ρευματική καρδιακή νόσος³¹
Υπέρταση⁴⁹

Ανοσοποιητικό

Αυξημένη αναλογία T4 / T8 σύμφωνα με τα επίπεδα διοξίνης στο πλάσμα⁵⁰
Αύξηση των λευκών αιμοσφαιρίων⁵¹
Αυξημένη συχνότητα εμφάνισης λοιμώξεων⁵²
Λοιμώξεις του αναπνευστικού^{52,53}

Άλλες παθήσεις-διαταραχές

Διαβήτης^{48,49}
Διαταραχές ποιότητας & ποσότητας σπέρματος⁴⁹
Παθήσεις θυρεοειδούς⁵⁴

Γενικά τα συμπτώματα που παρουσιάζουν τα άτομα μετά από βραχυχρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα διοξινών συνοψίζονται σε: χλωρακμή (Chloracne), πορφυρία (Porphyria cutaneatarda), αύξηση των ηπατικών ενζύμων στον ορό, ηπατική βλάβη, βλάβη στο πάγκρεας, διαταραχές μεταβολισμού λίπους και υδατανθράκων, διαταραχές από το καρδιαγγειακό, αναπνευστικό και ουροποιητικό, υπέρχρωση δέρματος και υπερτριχωση, πολυνευροπάθεια (περιφερική νευρίτιδα), αδυναμία στα κάτω άκρα, αισθητικές διαταραχές (όραση, ακοή, όσφρηση και γεύση) και ψυχιατρικές διαταραχές.²⁰

Εκτός από τα παραπάνω συμπτώματα που αναφέρονται στην βραχυχρόνια έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις διοξινών, μελέτες έχουν δείξει ότι η μακροχρόνια έκθεση σε διοξίνες συνδέεται με νεοπλάσματα, εξασθένηση του ανοσοποιητικού συστήματος, βλάβες του αναπτυσσόμενου νευρικού συστήματος, του ενδοκρινικού συστήματος και των αναπαραγωγικών λειτουργιών.¹⁵ Ειδικότερα οι παθήσεις στον άνθρωπο που συνδέονται, μετά από επιδημιολογικές μελέτες, με χρόνια έκθεση σε διοξίνες συνοψίζονται στον πίνακα 1.

Η πρόληψη, δηλαδή η μείωση της έκθεσης των ατόμων στις διοξίνες, μπορεί να επιτευχθεί κυρίως με ελέγχους που αποσκοπούν στη μείωση του σχηματισμού διοξινών όσο το δυνατόν περισσότερο, ελέγχους που πρέπει να αποτελούν ευθύνη των εθνικών κυβερνήσεων. Η ποσοτική και χημική ανάλυση των διοξινών απαιτεί πολύπλοκες μεθόδους με πολύ υψηλά έξοδα ανάλυσης.

II. Βαρέα μέταλλα

Πίνακας 2. Συγκεντρώσεις μετάλλων κατά την καύση στερεών αποβλήτων στην τέφρα (πυθμένα και αιωρούμενη) και σε αιωρούμενα σωματίδια.⁵⁹

Μέταλλο (μg/g εκτός αν εκφράζεται %)	Αστικά απόβλητα (καύσιμα)	Τέφρα		Αιωρούμενα σωματίδια
		πυθμένα	αιωρούμενη	
Sb	20	-	139-760	610-12000
As	-	-	9.4-74	81-510
Ba	47-447	80-9000	1600-3600	40-1700
Be	< 2	-	-	-
Cd	4-22	3.8-442	<1-477	520-2100
Cr	22-96	-	730-1900	122-1800
Cl (%)	-	0.2- 1.0	0.12-1.12	9.92
Co	< 3-5	-	25-54	3.8-28
Pb(%)	0.01-0.15	0.04-0.80	0.06-0.54	2.5-15.5
Mn(%)	0.005-0.02	0.08-39	0.20-0.85	0.03-0.57
Hg	1-4.4	0.03-3.5	0.09-25	20-2000
Ni	9-90	110-210	38.6-960	65-440
Se	-	-	1.4-13	7.0-122
Ag	< 3- 7	-	52- 220	84-2000
Tl	-	-	-	150
V	-	-	110-166	6-60

- Δεν υπάρχουν διαθέσιμες μετρήσεις

Τα αστικά απορρίμματα περιέχουν βαρέα μέταλλα, που κατά τη διάρκεια της θερμικής επεξεργασίας μπορούν να αλλάξουν τη φυσική και χημική τους μορφή και να απελευθερωθούν στην

ατμόσφαιρα μαζί με μικροσωματίδια. Επιπλέον, τα βαρέα μέταλλα θα μπορούσαν να διαφύγουν από την τέφρα και να μολύνουν το περιβάλλον. Για τον λόγο αυτό λοιπόν η μελέτη της συμπεριφοράς των ιχνοστοιχείων – βαρέων μετάλλων που περιέχονται στο RDF έχει μεγάλη σημασία και αποτελεί ιδιαίτερο αντικείμενο έρευνας,^{55,56,57,58} καθώς, ακόμη και αν αυτές οι ενώσεις είναι παρούσες στα απορρίμματα σε πολύ χαμηλή συγκέντρωση, μπορεί να προκαλέσουν διάφορα περιβαλλοντικά ή τεχνολογικά προβλήματα όταν απελευθερωθούν στην ατμόσφαιρα.⁵⁹

Όπως φαίνεται από τον Πίνακα 2, σημαντικές είναι οι συγκεντρώσεις του αντιμονίου (Sb), του καδμίου (Cd), του χρωμίου (Cr) και του υδραργύρου (Hg) στα αιωρούμενα σωματίδια.

Κάδμιο (Cd)

Το κάδμιο χρησιμοποιείται σε χρωστικές ύλες βαφής, για ηλεκτρολυτική επίστρωση και στην κατασκευή πλαστικών πολυβινυλοχλωριδίου. Η πλειονότητα του καδμίου που υπάρχει στην ατμόσφαιρα είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων, ιδίως της τήξης μεταλλευμάτων μη σιδηρούχων μετάλλων, της καύσης ορυκτών καυσίμων και της αποτέφρωσης αστικών αποβλήτων.⁶⁰ Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) θέσπισε ως «ανεκτή» μηνιαία πρόσληψη καδμίου τη δόση των 25 μg/kg σωματικού βάρους, στο πόσιμο νερό τη συγκέντρωση των 3 μg/l και στον αέρα ως ετήσιο μέσο όρο τα 5 ng/m³.

Το κάδμιο ανταγωνίζεται την απορρόφηση ψευδαργύρου από το γαστρεντερικό και αναστέλλει τα ένζυμα που περιέχουν ψευδάργυρο. Επίσης δεσμεύεται στη φερίτινη, με αποτέλεσμα αναιμία, και εναποτίθεται στα οστά.⁶¹ Τα συμπτώματα οξείας δηλητηρίασης από κάδμιο είναι (στην περίπτωση που η είσοδος του καδμίου στον οργανισμό γίνει από το πεπτικό): ναυτία, έμετος, κοιλιακά άλγη, διάρροια, σιελόρροια, αιμορραγική γαστρεντερίτιδα, ηπατική και νεφρική νέκρωση και καρδιομυοπάθεια. Η εισπνοή καδμίου προκαλεί: κεφαλαλγία, ζάλη, ρίγη, αδυναμία, ρινοφαρυγγικό ερεθισμό, πόνο στο στήθος, δύσπνοια, πνευμονίτιδα (δυσνηκτικά θανατηφόρο) και μπορεί να προκαλέσει πνευμονική ίνωση.⁶¹

Το κάδμιο συσσωρεύεται πρωτίστως στους νεφρούς και ο βιολογικός χρόνος ημιζωής στον άνθρωπο είναι 10-35 έτη. Η συσσώρευση καδμίου στους νεφρούς μπορεί να οδηγήσει σε μη αναστρέψιμη σωληναριακή δυσλειτουργία και αυξημένη έκκριση πρωτεϊνών χαμηλού μοριακού βάρους στα ούρα.⁶³ Επίσης, η υψηλή πρόσληψη καδμίου μπορεί να οδηγήσει σε διαταραχές του μεταβολισμού του ασβεστίου, με αποτέλεσμα νεφρολιθίαση όπως και οστεοπόρωση. Η εισπνοή καδμίου σε υψηλές συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει βλάβες στους πνεύμονες, ακόμη και πνευμονικό οίδημα, το οποίο μπορεί να είναι θανατηφόρο. Η μακροχρόνια έκθεση σε αυξημένες

συγκεντρώσεις καδμίου (κυρίως σε εργαζόμενους) σχετίζεται με χρόνιες αποφρακτικές νόσους των αεραγωγών.

Ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο (International Agency for Research on Cancer - IARC) έχει ταξινομήσει το κάδμιο και τις ενώσεις του καδμίου στις καρκινογόνες για τον άνθρωπο ουσίες. Υπάρχουν επαρκείς αποδείξεις ότι η μακροχρόνια έκθεση στο κάδμιο (π.χ. επαγγελματική έκθεση μέσω καπνού) συμβάλλει στην ανάπτυξη καρκίνου του πνεύμονα. Υπάρχουν επίσης ενδείξεις ότι το κάδμιο μπορεί να προκαλέσει καρκίνο του νεφρού και του προστάτη.⁶⁰

Μελέτες που έχουν γίνει στην Κίνα σε μολυσμένες με κάδμιο περιοχές έδειξαν ότι κατά την εγκυμοσύνη η έκθεση στο κάδμιο επηρεάζει την ανάπτυξη του εμβρύου και αργότερα την νοητική ανάπτυξη του παιδιού.^{64,65}

Υδράργυρος (Hg)

Ο υδράργυρος είναι από τους πλέον τοξικούς και ανθεκτικούς ρύπους στο φυσικό μας περιβάλλον. Η ανθρώπινη δραστηριότητα υπήρξε σημαντική πηγή της αυξημένης ποσότητας υδραργύρου στο περιβάλλον και η αποτέφρωση των αποβλήτων αποτελεί μία από τις πηγές του. Η συγκέντρωση υδραργύρου στα αστικά στερεά απόβλητα είναι περίπου 2 mg/kg ενώ το παρόν όριο εκπομπών του στον αέρα πρέπει να είναι <50 μg/Nm³.

Η ιδιαίτερη τοξικότητα του υδραργύρου αποδίδεται στην ικανότητά του να σχηματίζει δεσμούς με το θείο και να αδρανοποιεί ένζυμα που περιέχουν θείο. Η αδρανοποίηση των ενζύμων αυτών διαταράσσει τον μεταβολισμό του κυττάρου και προκαλεί συμπτώματα κυρίως στο νευρικό σύστημα (ευερεθιστότητα, τρόμο, κατάθλιψη, σύγχυση, υπερβολική εφίδρωση, διαταραχές της όρασης και της ακοής κ.λπ.). Ο υδράργυρος υπάρχει σε τρεις μορφές: στοιχειακή, ανόργανη και οργανική. Ο οργανικός υδράργυρος με τη μορφή μεθυλ-υδραργύρου θεωρείται η πλέον τοξική μορφή του υδραργύρου. Οι επιπτώσεις του υδραργύρου στην υγεία εξαρτώνται από τη χημική μορφή, την οδό έκθεσης και το επίπεδο έκθεσης. Το νευρικό σύστημα είναι πολύ ευαίσθητο σε όλες τις μορφές υδραργύρου. Ο ρυθμός απομάκρυνσης του υδραργύρου από τον ιστό του εγκεφάλου είναι πολύ αργός, με αποτέλεσμα την τάση συσώρευσής του στον ιστό που βλάπτει περισσότερο. Ο χρόνος ημιζωής του στο ανθρώπινο σώμα εκτιμάται ότι είναι 50-70 ημέρες, ανάλογα με τις συγκεντρώσεις και την πηγή του. Στη βιολογική τροφική αλυσίδα, ο υδράργυρος μετατρέπεται σε μια σειρά ενώσεων οργανο-υδραργύρου. Τα ψάρια γενικά κατέχουν την υψηλότερη συγκέντρωση υδραργύρου στην αλυσίδα τροφίμων.⁶⁸

Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές που ισχύουν στην Ευρώπη (Οδηγία 94/67/ΕΚ,) οι συγκεντρώσεις υδραργύρου πρέπει να είναι λιγότερο από: 50 μg/m³ (αέρας), 10 μg/L (απόβλητα

ύδατα) και η πρόσληψη από τρόφιμα και πόσιμο νερό: συνολικός υδράργυρος 0.3 mg/εβδομάδα, μεθυλικός υδράργυρος 0.2 mg/εβδομάδα.

Ο Διεθνής Οργανισμός Έρευνας για τον Καρκίνο (International Agency for Research on Cancer - IARC) (1997) ταξινομεί τις ενώσεις μεθυλο-υδραργύρου ως καρκινογόνο 2B, πράγμα που σημαίνει ότι υπάρχουν επαρκείς ενδείξεις στις δοκιμές σε ζώα για την ταξινόμηση του μεθυλυδραργύρου στην κατηγορία αυτή, ωστόσο υπάρχουν περιορισμένες ενδείξεις καρκινογένεσης στον άνθρωπο, επομένως είναι επισημασμένο ως «πιθανό καρκινογόνο για τον άνθρωπο».

Είναι γεγονός ότι τα πρόσφατα μέτρα καταπολέμησης της ρύπανσης για τον υδράργυρο έχουν οδηγήσει σε σημαντική μείωσή του από αποτεφρωτήρες στερεών αποβλήτων, παρόλα αυτά συνεχίζει για τη διεθνή κοινότητα να παραμένει μια πηγή ανησυχίας.

7. Επιδημιολογικές μελέτες

1. Η επίπτωση στη δημόσια υγεία της αποτέφρωσης αστικών/οικιακών απορριμμάτων (αποτεφρωτήρες αστικών απορριμμάτων)

Η θερμική επεξεργασία (καύση) των αστικών απορριμμάτων σε σύγχρονες μονάδες αποτέφρωσης θεωρείται η πλέον σύγχρονη μορφή διαχείρισης απορριμμάτων στην πλειονότητα των προηγμένων χωρών του Βορείου ημισφαιρίου. Αποτελεί το τελικό -αλλά όχι μεμονωμένο- στάδιο επεξεργασίας/καταστροφής των απορριμμάτων σε ολοκληρωμένα προγράμματα διαχείρισης, που ενσωματώνουν πρακτικές μείωσης του συνολικού όγκου απορριμμάτων, ανακύκλωσης στην πηγή και επανάκτησης των χρήσιμων υλικών. Συνδυάζεται επιπλέον με την πάγια πρακτική παραγωγής και ανάκτησης ενέργειας (wastet of energy) που διανέμεται σε υπηρεσίες ή υποδομές του αστικού συγκροτήματος στο οποίο εδράζεται η μονάδα καύσης. Από τα είδη θερμικής επεξεργασίας (διάφορες μέθοδοι αεριοποίησης, μαζική καύση και μηχανική επεξεργασία βιολογικού τύπου [χρήση RDF/SRF]), η μαζική καύση και αποτέφρωση επεξεργασμένων στερεών αποβλήτων αποτελεί την κυρίαρχη τεχνολογία, με περισσότερες από 800 μονάδες παγκοσμίως, ενώ στις ευρωπαϊκές χώρες το 90% των στερεών αποβλήτων καταλήγει σε αυτές για τελική επεξεργασία.

Η θερμική επεξεργασία απορριμμάτων σε νέου τύπου αποτεφρωτήρες, που πληρούν όλες τις επικαιροποιημένες περιβαλλοντικές προϋποθέσεις των διεθνών οργανισμών, αποτελεί πλέον διαδεδομένη πρακτική, που θεωρείται σχετικά ασφαλής για τη δημόσια υγεία και το περιβάλλον.^{67,68,69,70,71,72} Εντούτοις συνεχίζουν να υπάρχουν αναφορές που εγείρουν θέματα δημόσιας υγείας ακόμη και από αποτεφρωτήρες σύγχρονης τεχνολογίας.⁷³ Η επίπτωση στη δημόσια υγεία της καύσης αστικών σκουπιδιών σε αποτεφρωτήρες έχει μελετηθεί σε πρόσφατες δημοσιεύσεις από την

Ισπανία, όπου καταγράφεται 3-4πλάσια αύξηση του κινδύνου για ανάπτυξη καρκίνου λόγω αύξησης των συγκεντρώσεων PCDD/φουρανίων στον ατμοσφαιρικό αέρα.⁷⁴ Τα συμπεράσματα της συγκεκριμένης μελέτης αφορούσαν την πιθανώς προβληματική λειτουργία του αποτεφρωτήρα μιας συγκεκριμένης περιοχής, καθώς δεν παρατηρήθηκαν αυξημένες τιμές αερίων ρύπων στις υπόλοιπες περιοχές της Ισπανίας με αποτεφρωτήρες απορριμμάτων. Σε παρόμοια μελέτη δεκαετίας (1997-2005), επίσης από την Ισπανία, η καύση απορριμμάτων σε αποτεφρωτήρες παλιάς τεχνολογίας (προ του 2002) σχετίστηκε με την ανάπτυξη 33 τύπων καρκίνου, τόσο στον παιδικό όσο και στον ενήλικο πληθυσμό των περιοχών που φιλοξενούσαν τέτοιες μονάδες.⁷⁵ Αντιθέτως, παρόμοια μελέτη από το Ηνωμένο Βασίλειο, για την περίοδο 1998-2008, δεν έδειξε στατιστικά σημαντική διαφορά στον κίνδυνο ανάπτυξης καρκίνου στο πληθυσμό που κατοικούσε σε ακτίνα 10χλμ από την μονάδα αποτέφρωσης σε σύγκριση με τον πληθυσμό που ζει σε περιοχές που δεν έχουν κανένα είδος παρόμοιας μονάδας στην περιοχή τους.⁷⁶ Υπογραμμίζεται ωστόσο, ότι όλες οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις αποτέφρωσης σκουπιδιών στο Ην. Βασίλειο, έχουν εκσυγχρονισθεί τεχνολογικά στο διάστημα 2005 - 2013, ώστε να εναρμονισθούν με τις πιο πρόσφατες ευρωπαϊκές οδηγίες για την καύση απορριμμάτων. Η πιο πρόσφατη ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας για τις πιθανές επιπτώσεις των εκσυγχρονισμένων αποτεφρωτήρων στη δημόσια υγεία προέρχεται από τον Καναδά, στο πλαίσιο διερεύνησης των πιθανών κινδύνων από την επέκταση της δραστηριότητας αποτέφρωσης απορριμμάτων στην περιοχή του Vancouver (Intrinsik 2014).⁷⁷ Η επιστημονική ομάδα ανέλυσε τα ευρήματα από 21 συνολικά μελέτες της τελευταίας δεκαετίας και κατέληξε στο συμπέρασμα ότι οι σύγχρονες μονάδες αποτέφρωσης απορριμμάτων που σχεδιάστηκαν με βάση τα γεωφυσικά δεδομένα της περιοχής εγκατάστασης, ενσωματώνουν τις απαραίτητες τεχνολογίες αιχμής και ακολουθούν αυστηρά και προτυποποιημένα πρωτόκολλα ελέγχου των εκπεμπόμενων ρύπων, επιβαρύνουν το περιβάλλον πολύ λιγότερο των διεθνώς αποδεκτών ορίων, χωρίς να υπάρχουν ενδείξεις επίπτωσης στην δημόσια υγεία.

Είναι γεγονός ότι οι επιπτώσεις στη δημόσια υγεία από την καύση RDF σε αποτεφρωτήρες, δεν έχουν ακόμη μελετηθεί επαρκώς, ώστε να υπάρχουν σοβαρά επιστημονικά δεδομένα για την ασφάλεια της καύσης του. Είναι δε επιβεβαιωμένο ότι η απελευθέρωση αερίων ρύπων, ακόμη και από υπερσύγχρονες μονάδες που λειτουργούν αποκλειστικά για αποτέφρωση αστικών απορριμμάτων, εξαρτάται από τη σύνθεση της καύσιμης ύλης, μπορεί να ξεπερνά κατά διαστήματα τα επιτρεπτά διεθνή όρια ασφαλείας και οι επιπτώσεις της στη δημόσια υγεία είναι δύσκολο να εκτιμηθεί, ειδικά στην περίπτωση ασθενειών με μακροχρόνια διαδρομή μέχρι την κλινική εκδήλωσή τους, όπως π.χ. η καρκινογένεση.

II. Η επίδραση στην δημόσια υγεία από την καύση απορριμμάτων στη βιομηχανία τσιμέντου

Πίνακας 3: Επιδράσεις στην υγεία από τη λειτουργία της τσιμεντοβιομηχανίας

Χώρα	Ευρήματα
Ιταλία	Μελέτη σε κατοίκους πόλεων γειτονικών σε βιομηχανία τσιμέντου: παρατηρήθηκε αυξημένη συχνότητα καρδιαγγειακών και αναπνευστικών παθήσεων σε άμεση συσχέτιση με τα μετρούμενα επίπεδα οξειδίων του αζώτου. Τα παιδιά επηρεάζονταν περισσότερο, σημειώνοντας πιο συχνές προσελεύσεις στο Νοσοκομείο για αναπνευστικές παθήσεις κατά 38%. ⁷⁹
	Αυξημένη συχνότητα καρκίνου του πνεύμονα στον πληθυσμό που ζει κοντά σε βιομηχανίες τσιμέντου. ⁸⁰
	Αυξημένη συχνότητα καρκίνου του νευρικού συστήματος, περιτοναίου, μεσοθηλίου και λευχαιμίες στον πληθυσμό που ζει κοντά σε βιομηχανίες τσιμέντου. ⁸¹
	Συσχέτιση με μεσοθηλίωμα (υπεζωκότα και περιτοναίου) σε κατοίκους που ζουν κοντά σε βιομηχανία τσιμέντου, με έκθεση παράλληλα και σε άσβεστο. ^{82,83}
Ισπανία	Αυξημένη συχνότητα θανάτων από νεοπλασίες στον πληθυσμό που ζει σε μία ακτίνα 5χιλ από βιομηχανία τσιμέντου, ιδίως για τον ορθοκολικό καρκίνο και για τα δύο φύλα, αλλά και του υπεζωκότα, περιτοναίου, της χοληδόχου κύστεως, ουροδόχου κύστεως και στομάχου στους άνδρες. ⁸⁴
	Αύξηση των παιδιατρικών καρκίνων, ιδίως λέμφωμα Non-Hodgkin, κοντά σε βιομηχανίες παραγωγής τσιμέντου και καύσης σκουπιδιών. ⁸⁵
Τουρκία	Αυξημένα επίπεδα καδμίου στο γειτονικό σε βιομηχανία τσιμέντου έδαφος, που συσχετίστηκε άμεσα με αυξημένη επίπτωση δερματίτιδας από επαφή. ⁸⁶
Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	Αύξηση παθήσεων του αναπνευστικού σε εργάτες τσιμεντοβιομηχανίας. ⁸⁷
Ταϊβάν	Γυναίκες που ζούσαν εντός ακτίνας 2 χιλ από την βιομηχανία τσιμέντου ήταν πολύ περισσότερο πιθανό να γεννήσουν πρόωρα. ⁸⁸
Κορέα	Διαπιστώθηκε συσχέτιση της επίπτωσης καρκίνου στομάχου και εξασθενούς χρωμίου σε εργαζόμενους σε βιομηχανία τσιμέντου (αναδρομική μελέτη). ⁸⁹
	Σε μελέτη που αφορά >340.000 κατοίκους που ζουν σε περιοχές όπου λειτουργούν τσιμεντοβιομηχανίες: διαπιστώθηκε σημαντική αύξηση των καρκίνων του αναπνευστικού συστήματος. ⁹⁰
ΗΠΑ	Αυξημένη επίπτωση παθήσεων του αναπνευστικού σε κατοίκους γύρω από βιομηχανίες τσιμέντου που χρησιμοποιούσαν στη λειτουργία τους καύση σκουπιδιών. ⁹¹
	Αυξημένος κίνδυνος για λέμφωμα Non-Hodgkin σε κατοίκους που ζούσαν σε ακτίνα 5χιλ από βιομηχανίες τσιμέντου με καύση σκουπιδιών, κίνδυνος που γινόταν ιδιαίτερα μεγάλος σε κατοίκους που ζούσαν σε ακτίνα 3χιλ. ⁹²
	Αύξηση παθήσεων του αναπνευστικού για ανθρώπους που ζουν κοντά σε βιομηχανίες τσιμέντου. ⁹³

Στη βιομηχανία τσιμέντου με τη χρήση της πυρόλυσης κατακρατούνται τα αλκάλια και τα βαρέα μέταλλα (με εξαίρεση τον υδράργυρο και το κάδμιο), τα υπολείμματα θείου και χλωρίου, σχηματίζονται μικρές ποσότητες διοξινών, ενώ μειώνεται ο σχηματισμός οξειδίων του αζώτου. Παράγωγα του χλωρίου και του θείου, όπως είναι το HCl και το SO₂ ή το H₂S, συνεχίζουν να δημιουργούνται.⁷⁸

Έχουν γίνει διάφορες μελέτες και υπάρχει πληθώρα δημοσιεύσεων αναφορικά με τις επιδράσεις στην υγεία από τη λειτουργία της τσιμεντοβιομηχανίας, τόσο των εργαζομένων σε αυτή, όσο και αυτών που ζουν στη γειτονική περιοχή. Η παρακολούθηση με κλινικές μελέτες των επιδράσεων των προϊόντων της καύσης στην ανθρώπινη υγεία παρουσιάζει εγγενείς δυσκολίες, δεδομένου ότι δεν είναι δυνατό (ηθικά και πρακτικά) να σχεδιαστούν τυχαιοποιημένες μελέτες, ενώ οι επιδράσεις από διάφορες χημικές ουσίες στην υγεία μπορεί να είναι αθροιστικές, με τις συνέπειες να παρουσιάζονται μετά από πολλά χρόνια. Έτσι στη βιβλιογραφία κυρίως βρίσκουμε επιδημιολογικές μελέτες, αναδρομικές μελέτες, είτε case control studies. Μία σύντομη παρουσίαση των κυριότερων παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.

III. Προβλήματα υγείας σε εργαζόμενους σε μονάδες παραγωγής/επεξεργασίας RDF ή SRF

Τα απόβλητα αντιπροσωπεύουν μια πιθανή πηγή βιολογικού κινδύνου λόγω της απελευθέρωσης μικροοργανισμών ή/και τοξινών που μπορούν να μεταφερθούν στον αέρα σχηματίζοντας βιολογικά αερολύματα.⁹⁴ Τα βιολογικά αερολύματα έχουν διάμετρο 0.5-50μm και αποτελούνται από μεμονωμένους μικροοργανισμούς ή συσσωματώματα μικροοργανισμών που συνδέονται με στερεά ή υγρά σωματίδια αιωρούμενα στον αέρα. Οι οργανισμοί που υπάρχουν σε αυτά τα βιολογικά αερολύματα μπορεί να είναι βακτήρια (κύτταρα ή σπόρια), μύκητες, τμήματα μικροβίων, τοξίνες, μεταβολίτες, ιοί και παράσιτα. Αρκετές μελέτες έχουν γίνει σχετικά με την συγκέντρωση των παραγόντων αυτών και την επίδρασή τους στην υγεία των εργαζομένων σε σταθμούς μεταφοράς, χώρους υγειονομικής ταφής και μονάδες αποτέφρωσης αποβλήτων, που δείχνουν υψηλές συγκεντρώσεις σκόνης, βακτηρίων, κολοβακτηριδίων και σπόρων μυκήτων στους χώρους εργασίας. Μέχρι σήμερα, για τα βιολογικά αερολύματα (bioaerosols) δεν έχουν θεσπιστεί, από εθνικούς ή διεθνείς οργανισμούς, οριακές τιμές επαγγελματικής έκθεσης, παρά μόνο έχουν δημοσιευτεί ορισμένες συστάσεις για τον τρόπο ελέγχου της βιολογικής μόλυνσης, κυρίως σε κλειστούς χώρους.⁹⁵ Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης εξέδωσαν, τον Σεπτέμβριο του 2000, οδηγία για την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που σχετίζονται με την έκθεση

σε βιολογικούς παράγοντες (Οδηγία 2000/54/EK), η οποία απλώς σημειώνει την υποχρέωση του εργοδότη για την πρόληψη των κινδύνων που ανακύπτουν ή ενδέχεται να ανακύψουν από την έκθεση σε βιολογικούς παράγοντες κατά την εργασία, αλλά στην οδηγία δεν επισημαίνονται τα επιτρεπτά όρια έκθεσης σε βιολογικά αερολύματα.⁹⁶ Η ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) έδωσε ως κατευθυντήρια γραμμή, για εσωτερικούς χώρους εργασίας, την τιμή 100-1000 CFU/m³ (cfu: colony forming units) για ολικούς μύκητες.⁹⁷ Οι Vilavert και συν. (2009)⁹⁸ μέτρησαν τις συγκεντρώσεις 20 πτητικών οργανικών ενώσεων και βιολογικών αερολυμάτων (ολικά βακτήρια, Gram-αρνητικά βακτήρια, μύκητες και *Aspergillus fumigatus*) κοντά στη μονάδα αποτέφρωσης αστικών αποβλήτων (municipal solid waste incinerators-MSWI) στην Tarragona της Ισπανίας, με σκοπό οι τιμές αυτές να μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως τιμές αναφοράς για την εκτίμηση των επιπτώσεων που μπορεί να έχει στο περιβάλλον η λειτουργία μονάδων βιολογικής επεξεργασίας απορριμμάτων (mechanical-biological treatment -MBT) μετά την έναρξη λειτουργίας τους. Οι τιμές που καταγράφηκαν ήταν: για τους μύκητες 382 - 3882 CFU/m³ (στους 25°C) και 18-790 CFU/m³ (στους 37°C) Fungi, για τα Gram αρνητικά βακτήρια <1-7 CFU/m³ και 44 - 926 CFU/m³ για τα ολικά βακτήρια.⁹⁸

Οι μελέτες για τις συγκεντρώσεις των βιολογικών αερολυμάτων ειδικότερα σε μονάδες παραγωγής RDF ή SRF είναι περιορισμένες. Μια μελέτη των Fiscus και συν. (1978)⁹⁹ για την Υπηρεσία Περιβαλλοντικής Προστασίας των ΗΠΑ σχετικά με τα αερομεταφερόμενα βακτηρίδια σε διάφορους τύπους εγκαταστάσεων και διαχείρισης αποβλήτων, έδειξε ότι τα επίπεδα των συνολικών εναέριων βακτηριδίων ήταν τα υψηλότερα σε μονάδες επεξεργασίας RDF σε σύγκριση με τον σταθμό αποτέφρωσης ή μεταφοράς αποβλήτων. Ο Mahar (1999),¹⁰⁰ μελέτησε τα συνολικά βιολογικά αερολύματα και τα επίπεδα ενδοτοξίνης σε δύο μονάδες παραγωγής RDF (400-500 και 800-900 τόνων ημερησίως), που δέχονται μικτά στερεά αστικά απόβλητα των ΗΠΑ. Σύμφωνα με την μελέτη αυτή, τα σωματίδια που ανιχνεύτηκαν ήταν κατά κύριο λόγο μη αναπνεύσιμα και με ανώμαλο σχήμα. Εκτός από την περιοχή του μαγνητικού διαχωριστή, όπου εντοπίστηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις όλων των τύπων σωματιδίων, βιολογικά προερχόμενα σωματίδια ανιχνεύθηκαν σε μεγαλύτερο βαθμό στις περιοχές όπου τα απόβλητα είχαν υποστεί επεξεργασία. Εντούτοις οι συγκεντρώσεις που καταγράφηκαν ήταν χαμηλότερες από τις συνιστώμενες κατευθυντήριες γραμμές έκθεσης που υπάρχουν. Πιο πρόσφατη μελέτη από τους Yildiz και συν. (2017)¹⁰¹ σε μονάδα παραγωγής SRF στην Τουρκία (Kemberburgaz Municipal Solid Waste Composting and Recycling Plant), με δυνατότητα επεξεργασία 1000 τόνων αστικών στερεών αποβλήτων ημερησίως, διεξήχθη τον Δεκέμβριο του 2010 και περιελάμβανε τη συλλογή δύο δειγμάτων αέρα από 14 διαφορετικές περιοχές του χώρου εργασίας. Από τις μετρήσεις που έγιναν βρέθηκε ότι οι συγκεντρώσεις των βακτηριδίων ήταν σχεδόν παρόμοιες

σε κάθε περιοχή της μονάδας SRF (920 - 1750 CFU/m³), εκτός από την θέση αποθεμάτων και την αίθουσα παρακολούθησης όπου ήταν χαμηλότερες (420-770 CFU/m³). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν κοντά στον προπαρασκευαστή (1750 CFU/m³) και στη μονάδα χειροκίνητης ταξινόμησης (1610 CFU/m³). Οι συγκεντρώσεις των Gram-αρνητικών βακτηριδίων διέφεραν στα διάφορα σημεία λήψης των δειγμάτων με τιμές από 28 - 700 CFU/m³. Παρόμοια και οι συγκεντρώσεις μυκήτων κυμαίνονταν από 280 - 1750 CFU/m³ με υψηλότερες τιμές στη μονάδα διαλογής, τον διαχωριστή, τον τεμαχιστή, την αποθήκη τελικού προϊόντος και τον χώρο παρακολούθησης (1750 CFU/m³). Στα δείγματα που λήφθηκαν δεν ανιχνεύτηκε θερμοφίλος ακτινομύκητας. Παρόμοια μελέτη σε 35 εργαζόμενους, σε δύο μονάδες παραγωγής RDF στις ΗΠΑ έδειξε ότι στον αναπνεόμενο αέρα των εργαζομένων υπήρχε 0.50 mg/m³ συνολικής σκόνης, 2.9 ng/m³ ενδοτοξίνης και 6.8X10⁵/m³ βιολογικά αερολύματα.¹⁰² Από τις παραπάνω μελέτες προκύπτει ότι οι μετρήσεις των βιολογικών αερολυμάτων στους χώρους εργασίας είναι γενικά μέσα στα αποδεκτά όρια, εντούτοις δεν μπορεί να αποκλειστεί η περιοδική έκθεση των εργαζομένων σε υψηλές συγκεντρώσεις αερομεταφερόμενων μικροοργανισμών (σπόρια μυκήτων, ακτινομύκητα) ή/και ενδοτοξίνης με επακόλουθες επιπτώσεις στην υγεία τους.¹⁰³

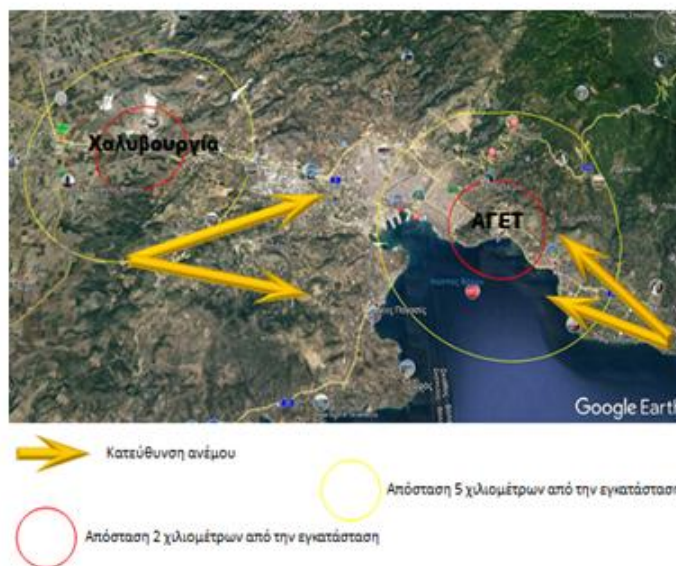
Πίνακας 4. Προβλήματα υγείας των εργαζομένων σε μονάδες παραγωγής/επεξεργασίας RDF ή SRF

Ευρήματα
<p>Η έκθεση σε οργανική σκόνη προκάλεσε πτώση του FEV₁, κατά τη διάρκεια της εργασίας, και συσχετίζεται σημαντικά με την έκθεση σε οργανική σκόνη και όχι τα επίπεδα ενδοτοξίνης.¹⁰⁵</p>
<p>Οι εργαζόμενοι σε μονάδες επεξεργασίας απορριμμάτων εμφανίζουν συχνότερα: σφίξιμο στο στήθος (14%), συμπτώματα που μοιάζουν με γρίπη (14%), κνησμό (27% στα μάτια, 14% στη μύτη, 23% αισθάνεται κνησμό του δέρματος περισσότερες από μία φορές το χρόνο και 14% περισσότερο από μία φορά το μήνα), πονόλαιμο (21%) και ODTS που φαίνεται να σχετίζεται με οικογενειακή προδιάθεση στην ατοπία. Υπήρξε αυξημένο ποσοστό ατόμων (>20%) με διακυμάνσεις στη PEF στους εργάτες σκουπιδιών και λιπασμάτων.¹⁰⁶</p>
<p>>50% των εργαζομένων παρουσίαζε: κολπίτιδες, κεφαλαλγία, καταρροή, και διάρροια ↓ 1.50% της FVC και 2.01% της FEV₁ (πιο σημαντική σε άτομα με > 7 χρόνια εργασίας)¹⁰⁷</p>
<p>Στους εργαζόμενους, η έκθεση σε ενδοτοξίνες και η πνευμονική λειτουργία δεν μεταβλήθηκε στην 5ετία 1995-2000.¹⁰⁸</p>
<p><i>PEF: peak expiratory flow, μέγιστη εκπνεόμενη ροή αέρα, ODTS: organic dust toxic syndrome, σύνδρομο οργανικής τοξικής σκόνης, FVC: forced vital capacity, βιαίως εκπνεόμενη ζωτική χωρητικότητα FEV₁: forced expiratory volume in one second, βιαίως εκπνεόμενος όγκος αέρα στο 1^ο δευτερόλεπτο</i></p>

Οι εργαζόμενοι σε σταθμούς μεταφοράς, χώρους υγειονομικής ταφής και μονάδες αποτέφρωσης αποβλήτων παρουσιάζουν αυξημένο κίνδυνο αναπνευστικών παθήσεων (άσθμα, βρογχίτιδα), συχνά γαστρεντερικά προβλήματα (ναυτία και διάρροια) καθώς και ερεθισμό του δέρματος, των οφθαλμών, του ρινικού βλεννογόνου και του ανώτερου αναπνευστικού. Τα περισσότερα προβλήματα φαίνεται να τα αντιμετωπίζουν οι εργαζόμενοι στη χειρωνακτική διαλογή των αποβλήτων και οι εργαζόμενοι σε μονάδες κομποστοποίησης. Οι εργαζόμενοι αυτοί μπορεί να εμφανίσουν το σύνδρομο οργανικής τοξικής σκόνης (organic dust toxic syndrome -ODTS), που χαρακτηρίζεται από βήχα, σφίξιμο στο στήθος, δύσπνοια, συμπτώματα που μοιάζουν με γρίπη, όπως ρίγη, πυρετό, μυαλγία, πόνο στις αρθρώσεις, κόπωση και κεφαλαλγία.¹⁰⁴

Ο αριθμός των μελετών για τα πιθανά προβλήματα υγείας των εργαζομένων σε μονάδες παραγωγής/επεξεργασίας RDF ή SRF είναι μικρός (πίνακας 4). Από τις μελέτες αυτές φαίνεται ότι οι εργαζόμενοι παρουσιάζουν αναπνευστικά προβλήματα, κεφαλαλγία, προβλήματα από το γαστρεντερικό (διάρροια, ναυτία, έμετοι), εξανθήματα, ερεθισμούς της μύτης και των ματιών, συμπτώματα παρόμοια με αυτά της γρίπης καθώς και σύνδρομο οργανικής τοξικής σκόνης (ODTS).

8. Η περίπτωση του Βόλου-Το γεωγραφικό ανάγλυφο που «κρατά» τη ρύπανση



Εικόνα 3. Χάρτης του Βόλου με τους συνήθεις ανέμους και τις βιομηχανίες της περιοχής.

Η πόλη του Βόλου αναπτύχθηκε με ρυμοτομικό μοντέλο που ευνοεί της συνθήκες δημιουργίας φωτοχημικού νέφους (καθηγητής Ζερεφός). Έχοντας από τον Βορρά τον ορεινό όγκο του Πηλίου, οι

άνεμοι μπαίνουν στην πόλη από Βορειοδυτικά, δυτικά και νοτιοανατολικά (Εικόνα 3). Με τις βασικές γνώσεις της μετεωρολογίας καταλαβαίνει κανείς ότι κατά την διάρκεια του έτους με την πλειοψηφία των ανέμων στην περιοχή από βόρειες κατευθύνσεις (μελέτμια), τα οποία ακολουθούν το ανάγλυφο του βουνού φτάνουν στον Βόλο υπό μορφή «μπουκαδούρας» νοτιοανατολικής κατεύθυνσης ή υπό μορφή βορειοδυτικών ή δυτικών ανέμων. Το σφάλμα της βιομηχανικής ανάπτυξης του προηγούμενου αιώνα, ήταν και συνεχίζει να παραμένει η ανάπτυξη μεγάλων και ρυπογόνων βιομηχανιών στις παρυφές της πόλης, της ΑΓΕΤ νοτιοανατολικά και της Χαλυβουργίας και της λουπής ΒΙΠΕ βορειοδυτικά, εγκλωβίζοντας τους ρύπους πάνω από την πόλη σε κάθε κατεύθυνση ανέμου. Επιπλέον, το γεωγραφικό ανάγλυφο Πήλιο, Βόλος, Παγασητικός κόλπος κατακρατάει τους ρύπους στο ύψος της Πορταριάς. Η σύγχρονη δόμηση της πόλης, με οκταώροφες πολυκατοικίες στην παραλία και μονοκατοικίες από τον τρίτο παράλληλο αυτής, δεν αφήνει τον άνεμο να κυκλοφορεί εγκλωβίζοντας τους ρύπους έτι περισσότερο. Αξίζει να σημειώσουμε ότι, στο πλαίσιο του Καλλικρατικού Δήμου και με την ανάπτυξη της πόλης, το ότι το εργοστάσιο της ΑΓΕΤ βρέθηκε τελικά μέσα στο ιστό της πόλης αποτελεί μια παγκόσμια πρωτοτυπία, με καύση σκουπιδιών σε τσιμεντοβιομηχανία παλαιωμένης τεχνολογίας, μέσα στην πόλη.

9. Συμπεράσματα - Προτάσεις

- Η αποτέφρωση των απορριμμάτων αποτελεί τμήμα και όχι συνολική λύση της διαχείρισής τους και έπεται της ολοκληρωμένης διαχείρισης των σκουπιδιών.
- Τα εναλλακτικά καύσιμα (RDF, SRF) απελευθερώνουν ρύπους στο περιβάλλον ανάλογα με την σύνθεση τους και την τεχνολογία καύσης τους. Παλαιάς τεχνολογίας εξοπλισμός είναι σαφές ότι οδηγεί σε απελευθέρωση τοξικών ρύπων που επιβαρύνουν την υγεία του πληθυσμού και το περιβάλλον και στις ανεπτυγμένες χώρες η τεχνολογία αυτή έχει εγκαταλειφθεί και αντικατασταθεί.
- Οι επιδημιολογικές μελέτες για τις δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων από την καύση του RDF ή SRF σε σύγχρονους αποτεφρωτήρες είτε για παραγωγή ενέργειας είτε στην τσιμεντοβιομηχανία είναι λίγες, δεδομένου ότι η πρακτική αυτή είναι σχετικά πρόσφατη και η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για τις επιπτώσεις της στην υγεία απαιτεί συστηματική και πολύχρονη έρευνα.
- Ο σύγχρονος εξοπλισμός, οι αυστηροί ελεγκτικοί μηχανισμοί, τα σύγχρονα συστήματα ασφαλείας και η σωστή τοποθέτηση της μονάδας στο περιβάλλον μετά από σοβαρότατες

περιβαλλοντικές μελέτες ελαχιστοποιούν τους κινδύνους για τη δημόσια υγεία και προστατεύουν το περιβάλλον από τους εκλυόμενους τοξικούς ρύπους.

- Προκειμένου να γνωρίζουμε την πιθανή προοδευτική επιβάρυνση του περιβάλλοντος από την καύση RDF & SRF στις τσιμεντοβιομηχανίες, θεωρούμε αναγκαίο να υπάρχουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα μετρήσεις για διοξίνες, φουράνια και βαρέα μέταλλα στον περιβάλλοντα χώρο του εργοστασίου, αρχής γενομένης από τον χώρο έναρξης της καύσης αυτών των υλικών.
- Στις τσιμεντοβιομηχανίες που χρησιμοποιούν ως καύσιμο υλικό RDF, είναι απαραίτητο να αναγράφεται στην συσκευασία του τελικού προϊόντος (τσιμέντο) η χρησιμοποίηση αυτού του καυσίμου για την παραγωγή του, λόγω της τοξικότητας της εμπεριεχόμενης τέφρας.
- Η ανησυχία των πολιτών για επιπτώσεις στην υγεία τους από τη λειτουργία τέτοιων μονάδων είναι δικαιολογημένη. Η πολιτεία οφείλει λοιπόν να αποδείξει στους πολίτες, μέσα από επιστημονικά δεδομένα, περιβαλλοντικές μελέτες και διαβούλευση, ότι οι μονάδες αυτές δεν αποτελούν κίνδυνο για την υγεία τους και το περιβάλλον, ιδιαίτερα όταν οι μονάδες αυτές δραστηριοποιούνται πλησίον ή εντός του ιστού της πόλης.

10. Βιβλιογραφία

1. Hoornweg D and Bhada-Tata P (2012). What a Waste, A Global Review of Solid Waste Management, The World Bank, http://siteresources.worldbank.org/INTURBANDEVELOPMENT/Resources/336387-1334852610766/What_a_Waste2012_Final.pdf
2. Michaels T. THE 2014 ERC DIRECTORY OF WASTE-TO-ENERGY FACILITIES. http://energyrecoverycouncil.org/wp-content/uploads/2016/01/ERC_2014_Directory.pdf
3. Brown M. Refuse Derived Fuel – A European Market Heading for Overcapacity. http://www.vivis.de/phocadownload/Download/2016_wm/2016_WM_363-374_Brown.pdf
4. Nelles M, Grünes J, Morscheck G (2016). Waste Management in Germany – Development to a Sustainable Circular Economy? *Procedia Environmental Sciences* 35: 6-14.
5. Interim advice note 127/09 rev.1 The Use Of Foamed Concrete. <http://www.standardsforhighways.co.uk/ha/standards/ians/pdfs/ian127r1.pdf>
6. Οδηγία 2004/35/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 21ης Απριλίου 2004, σχετικά με την περιβαλλοντική ευθύνη όσον αφορά την πρόληψη και την αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημίας. <http://www.ypeka.gr/LinkClick.aspx?fileticket=9zOpDrrGbbE%3D&tabid=335&language=el-GR>
7. Χριστόλης, Μ., Καπετάνιος, Ε., Σταυρακάκης Γ., Λυγερός, Α., Μαρκάτος, Ν. (2010) Σχηματισμός διοξινών κατά την καύση εναλλακτικού καυσίμου RDF σε εγκαταστάσεις τσιμεντοβιομηχανίας. http://www.ituniontt.gr/cd_files/02.proforikes/pa051.pdf
8. Refuse Derived Fuel (RDF) co processed in cement kilns. http://www.alf-cemind.com/cd/AF_and_ARM_RDF.htm
9. Σαλαπάτας Γ (2012). ΧΡΗΣΗ ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΩΝ ΚΑΥΣΙΜΩΝ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΣΙΜΕΝΤΟΥ. http://dspace.lib.ntua.gr/dspace2/bitstream/handle/123456789/7747/salapatasg_cement.pdf?sequence=3
10. Raghunathan K and Bruce K R (1997). Control of Emissions from Cofiring of Coal and RDF. FINAL REPORT Prepared for National Renewable Energy Laboratory Technical Monitor: Philip Shepherd. <https://www.nrel.gov/docs/legosti/fy97/26036.pdf>
11. Gera D, Gautam M (1993). Emissions from RDF/coal blended fuel combustion. *Chemosphere* 27(12): 2353-2363.
12. Chyang CS, Han YL, Wu LW, Wan HP, Lee HT, Chang YH (2010). An investigation on pollutant emissions from co-firing of RDF and coal. *Waste Manag.* 30(7):1334-40.
13. Moyeda DK, Randall WS, England GC, Linz DG (1990). The formation and control of PCDD/PCDF from RDF-fired combustion systems. *Chemosphere*, 20 (10–12):1817-24.
14. Lee TJ, Lee YK and Williamson KJ (1996). Dioxin and Furan Emissions from Municipal Refuse Derived Fuel (RDF) Combustion. *Environ Eng Res.* 1(1):63-71.
15. Dioxins and their effects on human health. <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dioxins-and-their-effects-on-human-health>
16. Watanabe S, Kitamura K, Nagahashi M (1999). Effects of dioxins on human health: a review. *J Epidemiol.* 9(1):1-13.
17. Health Risks from Dioxin and Related Compounds Evaluation of the EPA Reassessment (2006). <https://www.ejnet.org/dioxin/nas2006.pdf>
18. Toxicology of TCDD and TCDF Dioxins. <http://experttoxicologist.com/toxicology-toxic-exposures-tcdd-dioxin.aspx>
19. Rysavy NM, Maaetoft-Udsen K, Turner H (2013). Dioxins: diagnostic and prognostic challenges arising from complex mechanisms. *J Appl Toxicol.* 33(1):1-8.
20. Huff JE, Moore JA, Saracci R, Tomatis L (1980). Long-term hazards of polychlorinated dibenzodioxins and polychlorinated dibenzofurans. *Environ Health Perspect.* 36: 221–240.
21. Bertazzi PA, Zocchetti C, Pesatori AC, Guercilena S, Sanarico M, Radice L (1989). Ten-year mortality study of the population involved in the Seveso incident in 1976. *Am J Epidemiol.* 129(6):1187-200.
22. Bertazzi PA, Consonni D, Bachetti S, Rubagotti M, Baccarelli A, Zocchetti C, Pesatori AC (2001). Health effects of dioxin exposure: a 20-year mortality study. *Am J Epidemiol.* 153(11):1031-44.
23. Kerr MA, Nasca PC, Mundt KA, Michalek AM, Baptiste MS, Mahoney MC (2000). Parental occupational exposures and risk of neuroblastoma: a case-control study (United States). *Cancer Causes Control.* 11(7):635-43.
24. Aronson KJ, Miller AB, Woolcott CG, Sterns EE, McCreedy DR, Lickley LA, Fish EB, Hiraki GY, Holloway C, Ross T, Hanna WM, SenGupta SK, Weber JP (2000). Breast adipose tissue concentrations of polychlorinated biphenyls and other organochlorines and breast cancer risk. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev.* 9(1):55-63.

25. Hardell L, Lindström G, Liljegren G, Dahl P, Magnuson A (1996). Increased concentrations of octachlorodibenzo-p-dioxin in cases with breast cancer-results from a case-control study. *Eur J CancerPrev.* 5(5):351-7.
26. Warner M, Eskenazi B, Mocarelli P, Gerthoux PM, Samuels S, Needham L, Patterson D, Brambilla P (2002). Serum dioxin concentrations and breast cancer risk in the Seveso Women's Health Study. *Environ Health Perspect.* 110(7):625-8.
27. Revich BA , Aksel'EM , Ushakova TI , Sergeev OV , ZeilertVlu , Sergeeva LB (2002). Effects of dioxins in the development of malignant tumors and disorders of reproductive health of the population. *Gig Sanit.* (1):8-13.
28. Bertazzi A, Pesatori AC, Consonni D, Tironi A, Landi MT, Zocchetti C (1993). Cancer incidence in a population accidentally exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-para-dioxin. *Epidemiology.* 4(5):398-406.
29. Rodgers KM, Udesky JO, Rudel RA, Brody JG (2018). Environmental chemicals and breast cancer: An updated review of epidemiological literature informed by biological mechanisms. *Environ Res.* 160:152-182.
30. Ledda C, Loreto C, Zammit C, Marconi A, Fago L, Matera S, Costanzo V, Fuccio Sanzà G, Palmucci S, Ferrante M, Costa C, Fenga C, Biondi A, Pomara C, Rapisarda V (2017). Non infective occupational risk factors for hepatocellular carcinoma: A review (Review). *Mol Med Rep.* 15(2):511-533.
31. Bertazzi PA, Pesatori AC, Bernucci I, Landi MT and Consonni D (1999). Dioxin exposure and human leukemias and lymphomas. Lessons from the Seveso accident and studies on industrial workers. *Leukemia* 13, Suppl. 1, S72–S74.
32. De Roos AJ, Hartge P, Lubin JH, Colt JS, Davis S, Cerhan JR, Severson RK, Cozen W, Patterson DG Jr, Needham LL, Rothman N (2005). Persistent organochlorine chemicals in plasma and risk of non-Hodgkin's lymphoma. *Cancer Res.* 1;65(23):11214-26.
33. Hardell L, Vanbavel B, Lindstrom G, Fredrikson M, Hagberg H, Liljegren G, Nordstrom M, Johansson B (1996). Higher concentrations of specific polychlorinated biphenyl congeners in adipose tissue from non-Hodgkin's lymphoma patients compared with controls without a malignant disease. *Int J Oncol.* 9(4):603-8.
34. Garabedian MJ, Hoppin JA, Tolbert PE, Herrick RF, Brann EA (1999). Occupational chlorophenol exposure and non-Hodgkin's lymphoma. *J Occup Environ Med.* 41(4):267-72.
35. Bertazzi PA, Zocchetti C, Guercilena S, Consonni D, Tironi A, Landi MT, Pesatori AC (1997). Dioxin exposure and cancer risk: a 15-year mortality study after the "Seveso accident". *Epidemiology.* 8(6):646-52.
36. 't Mannelte A, McLean D, Cheng S, Boffetta P, Colin D, Pearce N (2005). Mortality in New Zealand workers exposed to phenoxy herbicides and dioxins. *Occup Environ Med.* 62:34–40.
37. Eriksson M, Hardell L, Malker H, Weiner J (1992). Malignant lymphoproliferative diseases in occupations with potential exposure to phenoxyacetic acids or dioxins: a register-based study. *Am J IndMed.* 22(3):305-12.
38. Schwartz GG (1997). Multiple myeloma: clusters, clues, and dioxins. *CancerEpidemiolBiomarkersPrev.* 6(1):49-56.
39. Frumkin H (2008). Agent Orange and Cancer: An Overview for Clinicians. *CA: A Cancer Journal for Clinicians* 53(6):324-324.
40. Fingerhut MA, Halperin WE, Marlow DA, Piacitelli LA, Honchar PA, Sweeney MH, Greife AL, Dill PA, Steenland K, Suruda AJ (1991). Cancer mortality in workers exposed to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. *N Engl J Med.* 324(4):212-8.
41. Jäppinen P, Pukkala E, Tola S (1989). Cancer incidence of workers in a Finnish sawmill. *Scand J WorkEnviron Health.* 15(1):18-23.
42. Pesatori AC, Consonni D, Tironi A, Zocchetti C, Fini A, Bertazzi PA (1993). Cancer in a young population in a dioxin-contaminated area. *Int J Epidemiol.* 22(6):1010-3.
43. Ramlow JM, Spadacene NW, Hoag SR, Stafford BA, Cartmill JB, Lerner PJ (1996). Mortality in a cohort of pentachlorophenol manufacturing workers, 1940-1989. *Am J Ind Med.* 30(2):180-94.
44. Fingerhut MA, Halperin WE, Honchar PA, Smith AB, Groth DH, Russell WO (1984). An evaluation of reports of dioxin exposure and soft tissue sarcoma pathology among chemical workers in the United States. *Scand J WorkEnviron Health.* 10(5):299-303.
45. Hardell L, Sandström A (1979). Case-control study: soft-tissue sarcomas and exposure to phenoxyacetic acids or chlorophenols. *Br J Cancer.* 39(6):711-7.
46. Hoppin JA, Tolbert PE, Herrick RF, Freedman DS, Ragsdale BD, Horvat KR, Brann EA (1998). Occupational chlorophenol exposure and soft tissue sarcoma risk among men aged 30-60 years. *Am J Epidemiol.* 148(7):693-703.
47. Greenlee WF, Osborne R, Dold KM, Hudson LG, Toscano WA Jr (1985). Toxicity of chlorinated aromatic compounds in animals and humans: in vitro approaches to toxic mechanisms and risk assessment. *Environ Health Perspect.* 60:69-76.
48. Vene J, Boffetta P, Becher H, Benn T, Bueno-deMesquita HB, Coggon D, Colin D, Flesch-Janys D, Green L, Kauppinen T, Littorin M, Lynge E, Mathews JD, Neuberger M, Pearce N, Pesatori A, Saracci R, Steenland K, Kogevinas M (1998). Exposure

- to dioxin and non- neoplastic mortality in the expanded IARC International Cohort Study of phenoxy herbicide and chlorophenol production workers and sprayers. *Environ Health Perspect* . 106 (Suppl 2): 645-653.
49. USAF (1991). Air Force health study: An epidemiological investigation of health effects in Air Force personnel following exposure to herbicides. Brooks Air Force Base, TX: U.S. Air Force, Chapters 1991; 1-5, 18-19.
 50. Nagayama J, Iida T, Hirakawa H, Matsueda T, Tshuji H, Okamura K, Hasegawa M, Sato K, Kitahara E, Ma HY, Yanagawa T, Igarashi H, Fukushige J, Watanabe T (1996). Effects of lactational exposure to chlorinated dioxins and related chemicals on lymphocyte subpopulations and thyroid functions in Japanese babies. *Organohalogen Compounds* 30:228-233.
 51. Hoffman RE, Stehr-Green PA, Webb KB, Evans RG, Knutsen AP, Schramm WF, Staake JL, Gibson BB, Steinberg KK (1986). Health effects of long-term exposure to 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin. *JAMA* 255:2031-2038.
 52. Zober A, Ott MG, Messerer P (1994). Morbidity follow up study of BASF employees exposed to 2,3,7,8-TCDD after a 1953 chemical reactor incident. *Occup Environ Med*. 51: 479-486.
 53. Shigematsu N, Ishimaru S, Saito R, Ikeda RT, Matsuba K, Sugiyama K, Masuda Y (1978). Respiratory involvement in polychlorinatedbiphenyls poisoning. *Environmental Res*. 16: 92-100.
 54. Schecter A, Kassis I, Papke O (1996). Partitioning of PCDDs, PCDFs, and coplanar PCBs in human maternal tissues: blood, milk, adipose tissue and placenta. *Organohalogen Compounds* 30:33-36.
 55. Chen JC, Wey MY, Su JL, Hsieh SM (1998). Two stage simulation of the major heavy metal species under various incineration conditions. *Environment International* 24(4): 451-466.
 56. Gori M, Pifferi L, Sirini P (2011). Leaching behaviour of bottom ash from RDF high-temperature gasification plants. *Waste Manag*. 31(7):1514-21.
 57. Compagnone G, De Filippis P, Scarsella M, Verdone N, Zeppieri M (2006). Heavy metal behaviour during RDF gasification. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Volume 92.
 58. Skutan S, Brunner PH (2012). Metals in RDF and other high calorific value fractions from mechanical treatment of MSW: analysis and sampling errors. *Waste Manag Res*. 30(7):645-55.
 59. Linak WP, Wendt JOL (1993). Toxic metal emission from incineration: mechanism and control. *Prog Energy Combust Sci*. 19:145-185.
 60. WHO (2011). Cadmium. 10 Chemicals of major public health concern. www.who.int/ipcs/features/cadmium.pdf
 61. Flora SJ, Mittal M, Mehta A (2008). Heavy metal induced oxidative stress & its possible reversal by chelation therapy. *Indian J Med Res*. 128(4):501-23
 62. Waalkes M, Wahba ZZ, Rodriguez E. Cadmium. In: Sullivan JB Jr. Krieger GR. *Clinical Environmental Health and Toxic Exposures*. 2nd Edition. Lippincott Williams & Wilkins. 2001.
 63. WHO (2008). Cadmium. In: *Guidelines for drinking-water quality, 3rd edition incorporating 1st and 2nd addenda*. Vol. 1. Recommendations. Geneva, World Health Organization, pp. 317–319
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwg/GDW12rev1and2.pdf
 64. Tian LL, Zhao YC, Wang XC, Gu JL, Sun ZJ, Zhang YL, Wang JX (2009). Effects of gestational cadmium exposure on pregnancy outcome and development in the offspring at age 4.5 years. *Biol Trace Elem Res*. 132(1-3):51-9.
 65. Zhang YL, Zhao YC, Wang JX, Zhu HD, Liu QF, Fan YG, Wang NF, Zhao JH, Liu HS, Ou-Yang L, Liu AP, Fan TQ (2004). Effect of environmental exposure to cadmium on pregnancy outcome and fetal growth: a study on healthy pregnant women in China. *J Environ Sci Health ATox Hazard Subst Environ Eng*. 39(9):2507-15.
 66. vanVelzen D, Langenkamp H, Herb G (2002). Review: Mercury in waste incineration. *WasteManageRes*. 20: 556–568.
 67. Department for Environment, Food and Rural Affairs (DEFRA) *Review of Environmental and Health Effects of Waste Management: Municipal Solid Waste and Similar Wastes* (2004).
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/69391/pb9052a-health-report-040325.pdf
 68. A HEALTH RISK COMPARISON OF LANDFILL DISPOSAL AND WASTE-TO-ENERGY (WTE) TREATMENT OF MUNICIPAL SOLID WASTES IN NEW YORK CITY (NYC). Research submitted for partial fulfillment of an M.P.H. at the Mailman School of Public Health at Columbia University and Research sponsored by: Earth Engineering Center, Columbia University (2005).
http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Moy_ms_thesis.pdf
 69. Incineration of Waste and Reported Human Health Effects. Health Protection Scotland (2009).
<http://www.hps.scot.nhs.uk/resourcedocument.aspx?id=339>

70. The Impact on Health of Emissions to Air from Municipal Waste Incinerators (HPA, 2010)
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/335090/RCE-13_for_web_with_security.pdf
71. An Investigation into the Performance (Environmental & Health) of Waste to Energy Technologies Internationally Summary Report compiled by WSP Environmental for the Government of Western Australia (2013). Department of Environment and Conservation http://www.wtert.com.br/home2010/arquivo/noticias_eventos/W2E_Summary_Report_20123.pdf
72. Έκθεση της Intrinsic Environmental Sciences Inc. (Intrinsic) για την Metro Vancouver (2014).
<http://www.metrovancouver.org/services/solid-waste/about/wte/PublicationsWTE/IntrinsicWTEReviewHealthIssuesMay282014.pdf>
73. 4th Report of the British Society for Ecological Medicine (2008).
http://www.bsem.org.uk/uploads/IncineratorReport_v3.pdf
74. Domingo JL, Rovira J, Nadal M, Schuhmacher M (2017). High cancer risks by exposure to PCDD/Fs in the neighborhood of an integrated waste management facility. *Sci Total Environ.* 607-608:63-68.
75. García-Pérez J, Fernández-Navarro P, Castelló A, López-Cima MF, Ramis R, Boldo E, López-Abente G (2013). Cancer mortality in towns in the vicinity of incinerators and installations for the recovery or disposal of hazardous waste. *Environ Int.* 51:31-44.
76. Reeve NF, Fanshawe TR, Keegan TJ, Stewart AG, Diggle PJ (2013). Spatial analysis of health effects of large industrial incinerators in England, 1998-2008: a study using matched case-control areas. *BMJ Open.* 25;3(1). pii: e001847.
77. LITERATURE REVIEW OF POTENTIAL HEALTH RISK ISSUES ASSOCIATED WITH NEW WASTETO-ENERGY FACILITIES (2014).
<http://www.metrovancouver.org/services/solid-waste/about/wte/PublicationsWTE/IntrinsicWTEReviewHealthIssuesMay282014.pdf>
78. Chen D, Yin L, Wang H, He P (2014). Pyrolysis technologies for municipal solid waste: a review. *Waste Manag.* 34(12):2466-86.
79. Bertoldi M, Borgini A, Tittarelli A, Fattore E, Cau A, Fanelli R, Crosignani P (2012). Health effects for the population near a cement plant: an epidemiological assessment. *Environ Int.* 41:1-7.
80. Fano V, Michelozzi P, Ancona C, Capon A, Forastiere F, Perucci CA (2004). Occupational and environmental exposures and lung cancer in an industrialised area in Italy. *Occup Environ Med.* 61:757-763.
81. Salerno C, Bagnasco G, Palin LA, Panella M (2011). State of health of the population of Trino (Vercelli): cancer mortalities 2000-2007 and historical analysis of all causes of death from 1980 to 2000. *Ann Ig.* 23:33-42.
82. Maule MM, Magnani C, Dalmaso P, Mirabelli D, Merletti F, Biggeri A (2007). Modeling mesothelioma risk associated with environmental asbestos exposure. *Environ Health Perspect.* 115:1066-1071.
83. Musti M, Pollice A, Cavone D, Dragonieri S, Bilancia M (2009). The relationship between malignant mesothelioma and an asbestos cement plant environmental risk: a spatial case-control study in the city of Bari (Italy). *Int Arch Occup Environ Health* 82:489-497.
84. García-Pérez J, López-Abente G, Castelló A, González-Sánchez M, Fernández-Navarro P (2015). Cancer mortality in towns in the vicinity of installations for the production of cement, lime, plaster, and magnesium oxide. *Chemosphere* 128:103-110.
85. Ortega-García JA, López-Hernández FA, Cárceles-Álvarez A, Fuster-Soler JL, Sotomayor DI, Ramis R (2017). Childhood cancer in small geographical areas and proximity to air-polluting industries. *Environ Res.* 156:63-73.
86. Işikli B, Demir TA, Akar T, Berber A, Urer SM, Kalyoncu C, Canbek M (2006). Cadmium exposure from the cement dust emissions: a field study in a rural residence. *Chemosphere* 63(9):1546-52. *Chemosphere.* 2006 Jun;63(9):1546-52.
87. Al-Neaimi YI, Gomes J, Lloyd OL (2001). Respiratory illnesses and ventilatory function among workers at a cement factory in a rapidly developing country. *Occup Med (Lond).* 51(6):367-7
88. Yang CY, Chang CC, Tsai SS, Chuang HY, Ho CK, Wu TN, Sung FC (2003). Preterm delivery among people living around Portland cement plants. *Environ Res.* 92(1):64-8.
89. Koh DH, Kim TW, Jang SH, Ryu HW (2011). Cancer mortality and incidence in cement industry workers in Korea. *Saf Health Work* 2(3):243-9
90. Eom SY, Cho EB, Oh MK, Kweon SS, Nam HS, Kim YD, Kim H (2017). Increased incidence of respiratory tract cancers in people living near Portland cement plants in Korea. *Int Arch Occup Environ Health.* 90(8):859-864.
91. Allsopp M, Costner P, Johnston P (2001). Incineration and human health. State of knowledge of the impacts of waste incinerators on human health. *Environ Sci Pollut Res Int.* 8(2):141-5.

92. Pronk A, Nuckols JR, De Roos AJ, Airola M, Colt JS, Cerhan JR, Morton L, Cozen W, Severson R, Blair A, Cleverly D, Ward MH (2013). Residential proximity to industrial combustion facilities and risk of non-Hodgkin lymphoma: a case-control study. *Environ Health*. 12:20.
93. Legator MS, Singleton CR, Morris DL, Philips DL (1998). The health effects of living near cement kilns; a symptom survey in Midlothian, Texas. *Toxicol Ind Health*. 14(6):829-42.
94. Coccia M, Bianca GPM, Lacchetti I (2010). Airborne microorganisms associated with waste management and recovery: biomonitoring methodologies. *Bioaerosol Monitoring in Waste Management* 46:288-292.
95. Jensen PA, Schafer MP (1998). Sampling and Characterization of Bioaerosols, In: NIOSH Manual Analytical Methods, Lighthart B., Mohr A.J., (Eds.), New York, Chapman & Hall, 82-112.
96. EC Directive, (2000), Directive 2000/54/EC of the European Parliament and of the Council of 18 September 2000 on the protection of workers from risks related to exposure to biological agents at work, Official Journal of the European Communities, L 262. 21-45, 17.10.2000, Brussels.
97. Heida H, Bartman F, van der Zee SC (1995). Occupational exposure and indoor air quality monitoring in a composting facility. *Am Ind Hyg Assoc J*. 56(1):39-43.
98. Vilavert L, Nadal M, Inza I, Figueras MJ, Domingo JL (2009). Baseline levels of bioaerosols and volatile organic compounds around a municipal waste incinerator prior to the construction of a mechanical-biological treatment plant. *Waste Manag*. 29(9):2454-61.
99. Fiscus DE, Gorman PG, Schrag MP, Shannon LJ (1978). Assessment of Bacteria and Virus Emissions at a Refuse Derived Fuel Plant and Other Waste Handling Facilities. United States Environmental Protection Agency Publication No600/2-78-152. Washington DC, USA: United States Government Printing Office.
100. Mahar S, Thorne PS (1999). Respiratory, gastrointestinal, and other health effects among workers in two refuse-derived fuel plants. *Arh Hig Rada Toksikol*. 50(3):249-61.
101. Yildiz Ş, Enç V, Kara M, Tabak Y, Acet E (2017). Assessment of the potential risks of airborne microbial contamination in solid recovered fuel plants: A case study in Istanbul. *Environmental Engineering and Management Journal*. 16:1415-1421.
102. Mahar S (1999). Airborne particulates in refuse-derived fuel plants. *Waste Management and Research* 17:343-346.
103. Grüner C, Bittighofer PM, Koch-Wrenger KD (1999). Health risk to workers in recycling plants and on waste disposal sites. *Schriftenr Ver Wasser Boden Lufthyg*. 104:597-609.
104. Poulsen OM, Breum NO, Ebbenhøj N, Hansen AM, Ivens UI, van Lelieveld D, Malmros P, Matthiasen L, Nielsen BH, Nielsen EM, et al. (1995). Sorting and recycling of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. *Sci Total Environ*. 168(1):33-56.
105. Sigsgaard T, Abel A, Donbaek L, Malmros P (1994). Lung function changes among recycling workers exposed to organic dust. *Am J Ind Med*. 1994 Jan;25(1):69-72.
106. Sigsgaard T, Malmros P, Nersting L, Petersen C (1994). Respiratory disorders and atopy in Danish refuse workers. *Am J Respir Crit Care Med*. 149(6):1407-12.
107. Mahar S, Reynolds SJ, Thorne PS (1999). Worker exposures to particulates, endotoxins, and bioaerosols in two refuse-derived fuel plants. *Am Ind Hyg Assoc J*. 60(5):679-83.
108. Mahar S (2002). Worker health in refuse-derived fuel plants, a five-year follow up. *Arh Hig Rada Toksikol*. 53(3):191-6.