



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΛΙΣΣΩΝ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΟΥΣ
ΩΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ**

-ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ-

ΣΤΑΘΗΣ ΛΙΑΝΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΑΛΥΣΣΑΝΔΡΑΚΗΣ

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2009**

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΛΙΣΣΩΝ
ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΟΥΣ
ΩΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ**

ΣΤΑΘΗΣ ΛΙΑΝΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΕΛΕΥΘΕΡΙΟΣ ΑΛΥΣΣΑΝΔΡΑΚΗΣ

**ΗΡΑΚΛΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2009**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΛΙΣΣΕΣ	5
2.1. Αέριοι ρύποι	5
2.2. Βαρέα μέταλλα	6
2.3. Παρασιτοκτόνα	7
3. ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΡΥΠΩΝ ΣΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΚΥΨΕΛΗΣ	10
3.1. Ραδιονουκλεΐδια και βαρέα μέταλλα	10
3.2. Παρασιτοκτόνα	17
4. Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΛΙΣΣΩΝ ΩΣ ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	19
5. ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΚΥΨΕΛΗΣ ΩΣ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ	26
5.1. Μέλι.	26
5.2. Γύρη	29
5.3. Πρόπολη-Κερί	31
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	32
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	34

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ραγδαία βιομηχανική και γεωργική ανάπτυξη έχει οδηγήσει τα τελευταία 50 χρόνια στη δημιουργία πολύ σοβαρών οικολογικών προβλημάτων. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας, του νερού και του εδάφους προκαλεί "εντάσεις" στα οικοσυστήματα. Ο έλεγχος για την κατάσταση της περιβαλλοντικής ρύπανσης γίνεται, κατά κύριο λόγο, με τη χρήση διαφόρων βιοτικών και αβιοτικών συστατικών ενός οικοσυστήματος, δίνοντας πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα της ρύπανσης στην υπό μελέτη περιοχή. Ανάμεσα στα βιοτικά αυτά συστατικά ανήκουν και οι μέλισσες, οι οποίες μπορούν να θεωρηθούν ως 'κινητοί δειγματολήπτες' που καλύπτουν αποτελεσματικά μια μεγάλη δειγματοληπτική περιοχή και έπειτα επιστρέφουν σε ένα κεντρικό σημείο. Ο λόγος για τον οποίο χρησιμοποιούνται είναι γιατί οι ρύποι τελικά καταλήγουν στους ιστούς τους ή στα προϊόντα τους. Η παρούσα εργασία αποτελεί μια βιβλιογραφική ανασκόπηση της επίδρασης που έχουν οι διάφοροι ρύποι στις μέλισσες, την παρουσία αυτών στα μελισσοκομικά προϊόντα και τέλος τη χρήση των μελισσών και των προϊόντων τους ως δείκτες περιβαλλοντικής ρύπανσης.

Όσον αφορά την επίδραση των ρύπων στις μέλισσες, η ποσότητα των νεκρών μελισσών είναι μεγαλύτερη στις περιπτώσεις δηλητηριάσεων σε σύγκριση με εκείνη που οφείλεται σε ασθένειες των μελισσών. Οι μέλισσες θανατώνονται από αέριους ρύπους κυρίως λόγω της επικάθησης μεγάλων ποσοτήτων βαρέων μετάλλων πάνω στα φυτά και την επιφάνεια του εδάφους. Πειράματα που έχουν γίνει για την επίδραση αέριων ρύπων όπως το SO_2 και του H_2S , καθώς και για το F έδειξαν αυξημένη θνησιμότητα. Αντίστοιχα έγιναν για τα βαρέα μέταλλα, σε περιοχή της υψηλότερης εκπομπής As και Cd, έδειξαν ότι στα σημεία που η γύρη περιείχε υψηλές συγκεντρώσεις As και Cd παρατηρήθηκαν τοξικά συμπτώματα στο γόνο. Γενικά, αυξημένες ποσότητες βαρέων μετάλλων έχουν αντίκτυπο στις φυσιολογικές λειτουργίες μιας αποικίας μελισσών. Όσον αφορά τα παρασιτοκτόνα, παρόλα τα οφέλη τους έχουν προκαλέσει πολλά προβλήματα. Ένα από αυτά είναι η ακούσια καταστροφή ωφέλιμων εντόμων, όπως είναι οι μέλισσες.

Οι ρύποι απορροφώνται τόσο από τον σκληρό εξωσκελετό, όσο και από τους εσωτερικούς μαλακούς ιστούς. Το νέκταρ και η γύρη μπορεί να ρυπανθούν από την απόθεση ρύπων πάνω στα φυτά ή ακόμη με απορρόφηση αυτών από το έδαφος.

Σύμφωνα με μία μελέτη που έγινε για την κινητικότητα του ραδιενεργού καισίου ^{134}Cs και ^{137}Cs στο έδαφος, όπου αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ραδιενεργούς ρύπους, υψηλότερες συγκεντρώσεις βρέθηκαν στη γύρη. Θα πρέπει να τονιστεί ότι όταν επιχειρείται η ανίχνευση ρύπων στο μέλι, πρέπει αυτό να συγκριθεί με άλλο μέλι, που να προέρχεται από τις ίδιες πηγές και οι οποίες να έχουν αναπτυχθεί υπό τις ίδιες συνθήκες. Όσο για τη ρύπανση του μελιού από φυτοπροστατευτικά προϊόντα, αυτή γίνεται με άμεσο τρόπο, όταν πρόκειται για τα κτηνιατρικά φάρμακα που χρησιμοποιούνται εντός της κυψέλης, και με έμμεσο τρόπο, ο οποίος έγκειται στη μεταφορά των διαφόρων φυτοπροστατευτικών και μη ουσιών από τις ίδιες τις μέλισσες.

Η χρήση των μελισσών ως δεικτών αποτελεί έναν φθηνό και εύκολο τρόπο καταγραφής της ρύπανσης σε μια περιοχή. Ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα για να ληφθούν στοιχεία σχετικά με τους ρύπους της ατμόσφαιρας, του εδάφους και του νερού είναι περίπου 1000 μέλισσες ανά εβδομάδα, περίπου 60-80 g μελισσών. Το 1997 έγινε μία μελέτη που απέδειξε ότι οι ιστοί που λαμβάνονται από παρόμοιες αποικίες, οι οποίες αναπτύσσονται υπό τις ίδιες συνθήκες, δίνουν τα ίδια αποτελέσματα και ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα επίπεδα των ρύπων σε αποικίες διαφόρων ηλικιών. Οι μελέτες έκριναν ότι οι αποικίες των μελισσών είναι χρήσιμες στο προσδιορισμό της βιοδιαθεσιμότητας των ραδιενεργών στοιχείων ^3H και ^{137}Cs και του Pu, καθώς και για τα βαρέα μέταλλα As, Cd και F.

Τα προϊόντα της κυψέλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και αυτά ως δείκτες περιβαλλοντικής ρύπανσης. Η χρήση του μελιού ως περιβαλλοντικός δείκτης είναι αμφιλεγόμενη. Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η φυσική του περιεκτικότητα σε μέταλλα. Η γύρη έχει θεωρηθεί από πολλούς ερευνητές ως κατάλληλος βιοδείκτης περιβαλλοντικής ρύπανσης τουλάχιστον για τα μέταλλα Mn, Zn, Cu, και Pb και τα ραδιονουκλεΐδια ^{131}I , ^{103}Ru και ^{137}Cs . Η γύρη είναι πολύ σημαντική λόγω της συσσώρευσης ή μεταφοράς μετάλλων στα φυτά, ενώ συχνά αναφέρεται ως η κύρια πηγή βαρέων μετάλλων για την κυψέλη. Επίσης μπορεί να δείχνει τις διακυμάνσεις της ρύπανσης του περιβάλλοντος σε συνάρτηση με τον χρόνο. Τέλος η πρόπολη και το κερί θεωρούνται ικανοί δείκτες περιβαλλοντικής ρύπανσης, όμως έχουν αξιολογηθεί σε περιορισμένο αριθμό μελετών.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ραγδαία βιομηχανική και γεωργική ανάπτυξη τα τελευταία 50 χρόνια έχει οδηγήσει στη δημιουργία πολύ σοβαρών οικολογικών προβλημάτων. Η ανθρωπότητα στις μέρες μας έρχεται αντιμέτωπη με την απειλή της ζωής του πλανήτη, εξαιτίας της ρύπανσης του αέρα, των υδάτων και των εδαφών. Ρύπανση παρατηρείται όταν μεταβάλλεται ποιοτικά ή ποσοτικά η χημική σύσταση των βασικών στοιχείων του περιβάλλοντος, του αέρα, του νερού και του εδάφους. Η ρύπανση της ατμόσφαιρας, του νερού και του εδάφους προκαλεί "εντάσεις" στα οικοσυστήματα και μειώνει το μέγεθος των πιο ευαίσθητων στις συγκεκριμένες συνθήκες πληθυσμών. Τα χημικά αποβλήτα των αστικών και βιομηχανικών κέντρων, καθώς και η μη ορθολογική χρήση συνθετικών εντομοκτόνων και φυτικών λιπασμάτων ευθύνονται, σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες, για την καταστροφή φυσικών οικοσυστημάτων και την εξαφάνιση ορισμένων ειδών. Η ατμοσφαιρική ρύπανση ευθύνεται για τον περιορισμό πολλών δασικών εκτάσεων στην Ευρώπη και την Αμερική. Παράλληλα, ο εμπλουτισμός των επιφανειακών και υπόγειων νερών με ακατέργαστα απόβλητα, αστικά και βιομηχανικά, καθώς και με εντομοκτόνα, λιπάσματα και άλλες τοξικές ουσίες επιφέρει μεταξύ άλλων την εμφάνιση ευτροφισμού, βιοσυσσώρευση τοξικών ουσιών, την τροποποίηση του pH και γενικότερα αλλαγές στα χαρακτηριστικά τους, γεγονός που συχνά αποβαίνει μοιραίο για τους οργανισμούς που ζούν σε αυτά (Αλυσσανδράκης, 2000).

Κάνοντας μια αναδρομή στο παρελθόν διαπιστώνουμε ότι ο έλεγχος για την κατάσταση της περιβαλλοντικής ρύπανσης γινόταν, κατά κύριο λόγο, με τη χρήση διαφόρων αβιοτικών συστατικών ενός οικοσυστήματος. Αβιοτικά συστατικά είναι τα άψυχα συστατικά, οι παράγοντες δηλαδή που συνθέτουν κάθε οικοσύστημα, όπως η ηλιακή ακτινοβολία, η γεωλογική σύσταση του εδάφους, η χημική σύσταση του εδάφους, του νερού και του αέρα, οι κλιματικοί παράγοντες, οι ρύποι, οι χημικές ενώσεις, η θερμοκρασία, η υγρασία, το οξυγόνο.

Η χρήση ζωντανών οργανισμών ως δείκτες της περιβαλλοντικής ρύπανσης είναι γνωστή από το παρελθόν. Φυτικοί οργανισμοί, ζωικά είδη, μύκητες και βακτήρια έχουν αξιολογηθεί ως βιοδείκτες σε μελέτες ρύπανσης του αέρα, του εδάφους και των νερών. Ως βιολογική παρακολούθηση (biological monitoring) μπορεί να οριστεί η μέτρηση της αντίδρασης ενός ζωντανού οργανισμού στις αλλαγές του περιβάλλοντος και μπορεί να

διαιρεθεί σε ‘παθητική’ και ‘ενεργητική’ αντίδραση. Ο παθητικός έλεγχος αφορά σε παρατηρήσεις που γίνονται στο φυσικό ενδιαίτημα του υπό μελέτη οργανισμού, ενώ ο ενεργητικός περιλαμβάνει τις μεθόδους που εισάγουν έναν οργανισμό στην περιοχή ελέγχου, υπό ελεγχόμενες συνθήκες (Girrotti *et al.*, 2008).

Ένας οργανισμός-βιοδείκτης διακρίνεται από μεγάλη ευαισθησία στους ρύπους, δίνοντας πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα της ρύπανσης στην υπό μελέτη περιοχή. Οι πληροφορίες που παρέχονται αφορούν στη μείωση γενικά του αριθμού των ειδών σε μια περιοχή και αύξηση του πληθυσμού ανθεκτικών ειδών ή την παρουσία ή απουσία ενός είδους με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά διαβίωσης (Girrotti *et al.*, 2008).

Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένας βιοδείκτης είναι τα ακόλουθα (Girrotti *et al.*, 2008):

- ✓ εύκολη αναγνώριση και εύκολη δειγματοληψία
- ✓ μεγάλη διασπορά στην υπό μελέτη περιοχή
- ✓ γενετική ομοιομορφία στην υπό μελέτη περιοχή
- ✓ μικρή κινητικότητα και μεγάλο βιολογικό κύκλο
- ✓ παρουσία καθ’ όλη τη διάρκεια του έτους.

Διάφοροι τύποι οργανισμών έχουν χρησιμοποιηθεί ως βιοδείκτες της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από τα βαρέα μέταλλα. Σε μια μελέτη που έγινε στη Φινλανδία αξιολογήθηκαν διάφορα αρπακτικά έντομα για τη χρήση τους ως βιοδείκτες ρύπανσης από βαρέα μέταλλα σε μια περιοχή όπου λειτουργούσε εργοστάσιο χάλυβα. Τα έντομα που αξιολογήθηκαν ανήκαν στις οικογένειες Gerridae (waterstriders), Myrmeleontidae (antlions) και Formicidae (ants), καθώς και στην Τάξη των Odonata (dragon flies). Από τα αποτελέσματα (Πίν. 1) φαίνεται ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, οι συγκεντρώσεις μετάλλων ήταν υψηλότερες πλησίον του εργοστασίου, με εξαίρεση τα έντομα της οικογένειας Gerridae, τα οποία είχαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις καδμίου στην περιοχή του μάρτυρα. Αν και όλες αυτές οι ομάδες εντόμων μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες βαρέων μετάλλων, εντούτοις τα μυρμήγκια επηρεάστηκαν λιγότερο σε σύγκριση με τα υπόλοιπα έντομα (Nummelin *et al.*, 2007).

Πίνακας 1. Συσσώρευση μετάλλων στο σώμα των αρπακτικών εντόμων (από Nummelin *et al.*, 2007).

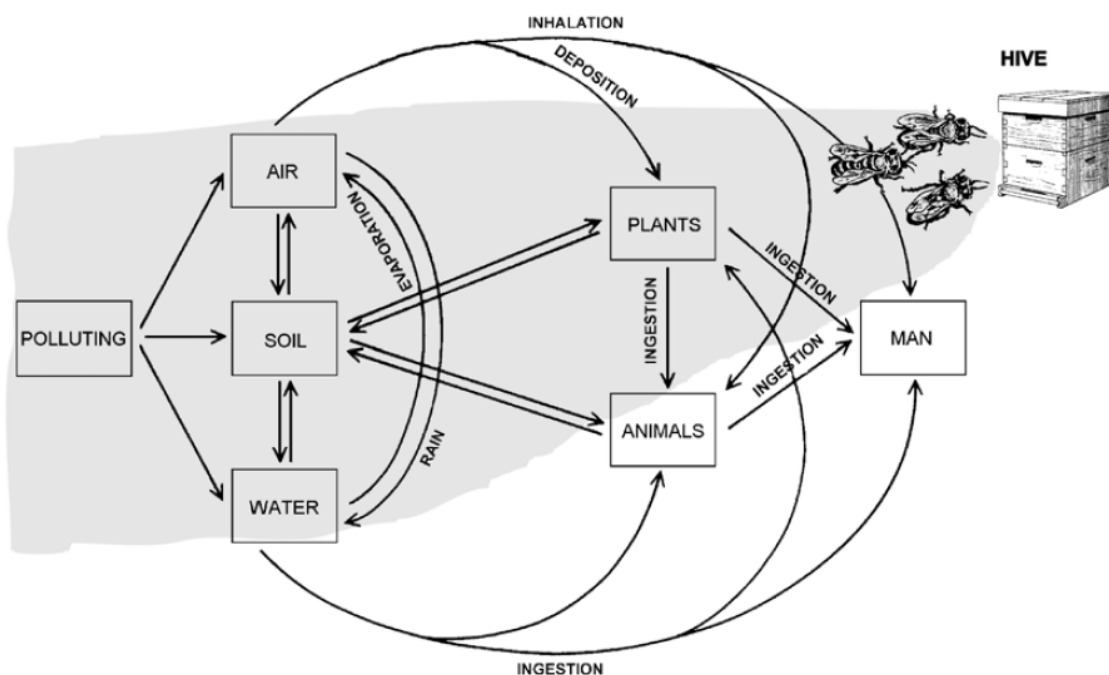
	Fe	Mn	Zn	Cu	Ni	Cd	Pb
<i>Waterstriders</i>							
Factory x	844	49	313	44	N.D.	1.6	N.D.
s.d.	514	19	72	9	N.D.	0.5	N.D.
Control x	331	35	277	42	N.D.	6.2	N.D.
s.d.	175	28	74	5	N.D.	3.1	N.D.
Z	3.44	2.87	1.465	0.31129	—	-4.620	—
p	<<0.001	<0.0031	0.1455	0.77977	—	<<0.001	—
<i>Antlions</i>							
Factory x	4400	297	450	43	2.8	3.6	4.3
s.d.	608	81	27	10	1.5	1.0	1.3
Control x	1267	230	453	49	1.3	8.6	3.9
s.d.	473	104	244	12	0.2	5.8	1.3
Z	1.9675	10.1819	0.6644	0.2201	0.6644	-10.0987	0.8301
p	0.10008	0.40038	0.70066	1.0099	0.70066	0.40038	10.00099
<i>Ants</i>							
Factory x	730	252	462	19	0.5	4.7	1.6
s.d.	367	155	253	6	0.2	3.5	0.6
Control x	266	193	300	16	0.8	7.4	2.0
s.d.	176	104	62	2	0.4	3.1	1.0
Z	1.6441	0.4530	0.7556	0.3015	0.6089	-10.0489	0.4530
p	0.143	0.7867	0.5715	0.78680	0.57137	0.3937	0.7866
<i>Dragonfly larvae</i>							
Factory x	912	6.5	97	34	3.0	0.86	1.8
s.d.	650	2.1	18	11	1.9	0.29	1.0
Control x	116	2.8	95	37	1.0	0.12	1.0
s.d.	89	0.4	27	32	0.8	0.10	1.3
Z	2.71	2.55	0.17	0.68	2.04	2.717	1.54
p	0.004	0.008	0.933	0.570	0.048	0.004	0.154

Η ιδέα για τη χρήση των μελισσών ως δείκτη της περιβαλλοντικής ρύπανσης δεν είναι νέα. Τοποθετείται στα 1935, όταν ο Snoboda θεώρησε ότι η μέλισσα θα μπορούσε να μας παράσχει χρήσιμες πληροφορίες αναφορικά με την επίδραση στο περιβάλλον συγκεκριμένων βιομηχανιών σε δεδομένες περιοχές (Crane, 1984). Αρκετά χρόνια αργότερα, έγινε η πρώτη σχετική μελέτη, η οποία αφορούσε στην παρακολούθηση της αύξησης του ραδιενεργού στροντίου (^{90}Sr) στο περιβάλλον. Από τις αρχές της δεκαετίας του '70 ξεκίνησε, με αυξανόμενο ρυθμό, η χρήση των μελισσών και των προϊόντων τους για την παρακολούθηση της περιβαλλοντικής ρύπανσης (Celli & Maccagnani, 2003).

Οι μέλισσες μπορεί να θεωρηθούν ως 'κινητοί δειγματολήπτες' που καλύπτουν αποτελεσματικά μια μεγάλη δειγματοληπτική περιοχή και έπειτα επιστρέφουν σε ένα κεντρικό σημείο (Bromenshenk, 1992). Βόσκουν μια περιοχή ακτίνας έως και πάνω από 10 Km, κάνοντας τυχαία συλλογή από διάφορα σημεία, κάτι που σημαίνει ότι το μέλι μπορεί να θεωρηθεί ως προϊόν μιας ολόκληρης περιοχής. Κάθε κυμέλη φιλοξενεί χιλιάδες μέλισσες, οι περισσότερες των οποίων βγαίνουν έξω και συλλέγουν νέκταρ, νερό και φυτικά εκκρίματα πριν επιστρέψουν. Κατά την πτήση τους από και προς την

κυψέλη, οι μέλισσες ακούσια έρχονται σε επαφή με ένα πλήθος ρύπων, μερικοί των οποίων καταλήγουν, μαζί με αυτές, στην κυψέλη (Bromenshenk *et al.*, 1985). Αυτοί οι ρύποι τελικά καταλήγουν στους ιστούς των μελισσών ή στα προϊόντα τους (Wallwork-Barber *et al.*, 1982).

Οι μέλισσες καταδεικνύουν την χημική επιβάρυνση του περιβάλλοντος με 2 τρόπους. Αφενός, λόγω της υψηλής θνησιμότητας (στην περίπτωση των παρασιτοκτόνων) και αφετέρου λόγω της συσσώρευσης ρύπων και παρασιτοκτόνων στο σώμα τους (Porrini *et al.*, 2003). Η μέλισσα έρχεται σε επαφή με όλα τα συστατικά του περιβάλλοντος (έδαφος, φυτά, νερό και αέρα), τα οποία και δειγματίζει (Σχ. 1), παρέχοντας πάρα πολλές πληροφορίες (Porrini *et al.*, 2003).



Σχήμα 1. Διαγραμματική απεικόνιση της διάχυσης της ρύπανσης στο περιβάλλον. Η γκρι περιοχή δείχνει τα συστατικά του περιβάλλοντος που επισκέπτονται οι μέλισσες (από Porrini *et al.*, 2003).

Η παρούσα εργασία αναφέρεται στην επίδραση που έχουν οι διάφοροι ρύποι στις μέλισσες, την παρουσία αυτών στα μελισσοκομικά προϊόντα και τέλος τη χρήση των μελισσών και των προϊόντων τους ως δείκτες περιβαλλοντικής ρύπανσης.

2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΙΣ ΜΕΛΙΣΣΕΣ

Οι μέλισσες μπορεί να θανατωθούν από τους ρύπους της ατμόσφαιρας με διάφορους τρόπους όπως, με την απ' ευθείας επαφή με αυτά, μέσω του γαστρεντερικού τους σωλήνα και μέσω του αναπνευστικού τους συστήματος. Τα δηλητήρια που δρουν εξ επαφής απορροφώνται από τις μέλισσες μέσω του δερματίου τους. Τα δηλητήρια που δρουν μέσω του γαστρεντερικού απορροφώνται μέσω του πεπτικού σωλήνα της μέλισσας κατά τη διάρκεια της λήψης της τροφής της ή κατά τη διάρκεια του καθαρισμού του σώματός της.

Η ποσότητα των νεκρών μελισσών είναι πολύ μεγαλύτερη στις περιπτώσεις δηλητηριάσεων σε σύγκριση με εκείνη που οφείλεται σε ασθένειες των μελισσών, μελέτες δε που έγιναν με μέλισσες απέδειξαν ότι οι γηρασμένες μέλισσες, σε ποσοστό 90% πεθαίνουν μακριά από την κυψέλη, άρα με τις μελέτες αυτές αποκλείεται η πιθανότητα ο μεγάλος αριθμός των νεκρών μελισσών να οφείλεται στη γήρανσή τους.

2.1. Αέριοι ρύποι

Πριν από τη χρήση φίλτρων οι αέριες εκπομπές από τα χυτήρια αρχικά και από άλλες βιομηχανικές μονάδες αργότερα είχαν ως αποτέλεσμα την επικάλυψη μεγάλων ποσοτήτων βαρέων μετάλλων πάνω στα φυτά και την επιφάνεια του εδάφους. Επίσης, οι μονάδες αυτές ελευθέρωναν μεγάλες ποσότητες αερίων ρύπων όπως O_3 , SO_2 , CO_2 , H_2S και άλλων.

Ήδη από το 1935 είχε αποδειχτεί ότι οι μέλισσες θανατώνονται από αέριους ρύπους χυτηρίων που υπάρχουν στη περιοχή από όπου αυτές συλλέγουν νέκταρ και γύρη. Αυξημένες ποσότητες αρσενικού (As) βρέθηκαν στις μέλισσες αυτές, αλλά και στη γύρη που είχαν συλλέξει (Crane, 1984). Μια άλλη μελέτη (Krunic *et al.*, 1989) έγινε σε μια περιοχή της Ανατολικής Σερβίας, γύρω από ένα χυτήριο χαλκού, όπου παρατηρήθηκε περιοδικός θάνατος μελισσών. Αποδείχτηκε ότι ο θάνατος των μελισσών οφειλόταν στο As, το οποίο αποτελεί ρύπο των εγκαταστάσεων χύτευσης.

Ενδιαφέροντα πειράματα για την επίδραση αερίων ρύπων διεξήγαγε ο Atkins, για το όζον (O_3) (Atkins, 1966), οι μέλισσες υφίσταντο συνεχή έκθεση για 4 ημέρες. Στη συγκέντρωση των 0,25 $\mu\text{g/mL}$ και 0,5 $\mu\text{g/mL}$ η επίδραση ήταν αμελητέα. Όμως, στα 1 $\mu\text{g/mL}$ και 5 $\mu\text{g/mL}$ παρατηρήθηκαν συμπτώματα ανωμαλιών του νευρικού

συστήματος, απώλεια όρεξης, ενώ η ζωή των μελισσών περιορίστηκε στο 1/6 αυτής των μαρτύρων. Ανάλογα πειράματα έγιναν και για το φθόριο (F). Η συνεχής έκθεση των μελισσών στο F, σε συγκέντρωση 4-5 ng/mL είχε ως αποτέλεσμα τοξικά συμπτώματα, τα οποία εκφράστηκαν με αυξημένη θνησιμότητα που έφτανε το μέγιστο 4 εβδομάδες μετά την έναρξη. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι οι μέλισσες φαίνεται να είναι ανθεκτικότερες στο O₃ και το F από ότι τα μελισσοκομικά φυτά. Μια άλλη μελέτη αφορούσε στην επίδραση του SO₂ και του H₂S στις μέλισσες, δυο από τους σημαντικότερους και συνηθέστερους (μαζί με το CO₂ και τα NO_x) αέριους ρύπους. Διαρκής έκθεση των μελισσών σε συγκέντρωση 300 ng/mL SO₂ ήταν θανατηφόρα για τις εργάτριες μέλισσες. Καθοριστικό ρόλο έπαιζε και η θερμοκρασία. Έτσι, για τη συγκέντρωση των 300 ng/mL είχαμε μείωση της μέγιστης διάρκειας ζωής των μελισσών κατά 23% στους 62 °F, ενώ στους 81 °F η μείωση έφτανε το 81%. Δηλαδή τόσο η δόση όσο και η θερμοκρασία καθορίζουν την επίδραση του SO₂ στις μέλισσες. Αναφορικά με το H₂S, η συνεχής έκθεση σε αυτό μειώνει σημαντικά τη μέγιστη διάρκεια ζωής των μελισσών σε συγκεντρώσεις άνω των 100 ng/mL. Η επίδραση του H₂S είναι δυσμενέστερη όταν συνδυάζεται με την παρουσία CO₂ σε συγκέντρωση 50 ng/mL. Πρέπει να πούμε ότι η μέση θερμοκρασία και ή η σχετική υγρασία δεν είχαν πρόσθετη ζημιογόνο επίδραση στις μέλισσες (Αλυσσανδράκης, 2000).

2.2. Βαρέα μέταλλα

Οι Bromenshenk και συνεργάτες (1991) διεξήγαγαν ένα πείραμα σε 5 διαφορετικά σημεία στην περιοχή της Ουάσιγκτον. Στην περιοχή της υψηλότερης εκπομπής αρσενικού (As) και καδμίου (Cd) παρατηρήθηκε η μεγαλύτερη μείωση ενηλίκων μελισσών. Ως εκ τούτου, υπήρχε λιγότερος γόνος, μικρότερος ρυθμός χτισίματος των κηρυθρών και λιγότερο σφραγισμένο μέλι. Γενικά, στα σημεία όπου δεν υπήρχαν υψηλές συγκεντρώσεις As και Cd υπήρχε αυξημένος πληθυσμός και μεγαλύτερη ποσότητα μελιού. Πάντως, ο κυριότερος παράγοντας μείωσης του πληθυσμού δεν ήταν η έλλειψη τροφής. Η μείωση του γόνου αποδόθηκε στη μείωση του αριθμού των ενηλίκων μελισσών. Επίσης στα σημεία που η γύρη περιείχε υψηλές συγκεντρώσεις As και Cd παρατηρήθηκαν τοξικά συμπτώματα στο γόνο. Ακόμα, υπάρχει το ενδεχόμενο συνεργιστικής ή προσθετικής δράσης του Cd με το As. Από όλα

τα συστατικά που μετρήθηκαν, το μέγεθος του πληθυσμού φαίνεται να είναι το πιο ευαίσθητο.

Γενικά, αυξημένες ποσότητες βαρέων μετάλλων έχουν αντίκτυπο στις φυσιολογικές λειτουργίες μιας αποικίας μελισσών. Μπορεί να επηρεάζουν τη βιοσύνθεση διαφόρων πρωτεϊνών ή την περιεκτικότητα της αιμολέμφου των νυμφών σε πρωτεΐνες. Αντίθετα χαμηλές ποσότητες δεν επηρεάζουν το ανοσοποιητικό σύστημα των μελισσών (Αλυσσανδράκης, 2000).

2.3. Παρασιτοκτόνα

Στην Ελλάδα, με τη ραγδαία ανάπτυξη της γεωργίας και με τη δημιουργία οργανωμένων καλλιεργειών και θερμοκηπίων, η χρήση των παρασιτοκτόνων έγινε πολύ διαδεδομένη και πολλές φορές αλόγιστη. Αν και τα φυτοπροστατευτικά προϊόντα έχουν επιφέρει πραγματικά τεράστια οφέλη στη Δημόσια Υγεία και στην παγκόσμια οικονομία, εν τούτοις η χρήση τους έχει προκαλέσει πολλά προβλήματα, όπως είναι η ρύπανση των τροφίμων με τα υπολείμματά τους, η ανάπτυξη ανθεκτικότητας από μέρους των παρασίτων, η ανάδειξη νέων παρασίτων και κυρίως η ακούσια καταστροφή ωφέλιμων εντόμων. Το τελευταίο οφείλεται στο γεγονός ότι τα φάρμακα αυτά ασκούν την τοξική τους δράση όχι μόνο στα ανεπιθύμητα παράσιτα, αλλά και στους ωφέλιμους οργανισμούς, όπως είναι οι μέλισσες, που δεν αποτελούν στόχους, οι οποίοι όμως συνυπάρχουν στο περιβάλλον μαζί με τους ανεπιθύμητους οργανισμούς.

Μέχρι πρόσφατα τα συνηθέστερα εντομοκτόνα είναι οι αναστολείς της χολινεστεράσης, που χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα ή ακαρεοκτόνα επαφής ή ως διασυστηματικά φυτοφάρμακα, περιλαμβάνουν δε τους οργανοφωσφορικούς και τους καρβαμιδικούς εστέρες.

Τα τυπικά συμπτώματα της δηλητηρίασης με οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα είναι όταν οι μέλισσες αποπροσανατολίζονται και παραμένουν στην κυψέλη, όπου παραλύουν και αποθνήσκουν. Πιθανόν να κάνουν μάταιες προσπάθειες καθαρισμού του σώματός τους, τα φτερά τους παραμένουν ανοιχτά αγκιστρωμένα. Πιθανόν να εμφανίζουν διάταση της κοιλίας. Οι βασίλισσες πιθανόν να διακόψουν την ωοτοκία. Οι μέλισσες είναι υγρές και ένας μεγάλος αριθμός από αυτές πεθαίνουν. Τα τυπικά συμπτώματα της δηλητηρίασης με καρβαμιδικούς εστέρες είναι όταν οι μέλισσες είναι

επιθετικές, κινούνται αργά, αδυνατούν να πετάξουν, σέρνονται στο δάπεδο και στη συνέχεια εμφανίζουν νάρκωση, που ακολουθείται από παράλυση και θάνατο. Η ωτοκία της βασίλισσας συχνά διακόπτεται ή είναι δυνατόν να εμφανιστούν βασιλικά κελιά αντικαταστάσεως. Οι περισσότερες δηλητηριασμένες μέλισσες πεθαίνουν (Πετράκη, 2008).

Εκτός από τα προαναφερθέντα, υπάρχουν πολλά ακόμα εντομοκτόνα που δρουν στο νευρικό σύστημα. Πρόσφατες έρευνες έγιναν για το imidacloprid το οποίο επιφέρει αρνητικές συνέπειες στον πληθυσμό των μελισσών. Το imidacloprid είναι ένα νεονικοτινοειδές, το οποίο χρησιμοποιείται για την αντιμετώπιση και τον έλεγχο παρασίτων, επεξεργασία σπόρου, εντομοκτόνο ψεκασμού, έλεγχος τερμιτών, έλεγχος ψύλλων, και συστηματικό εντομοκτόνο. Το imidacloprid έχει χαμηλή τοξικότητα για τον άνθρωπο και είναι περισσότερο ασφαλές από πολλά οργανοφωσφορικά, ενώ αντιθέτως είναι ιδιαίτερα τοξικό για πολλά μυζητικά έντομα. Γι' αυτούς τους λόγους το imidacloprid είναι αρκετά διαδεδομένο. Οι μέλισσες θεωρούνται ευαίσθητες στις τοξικές δράσεις του imidacloprid. Η παρασκευάστρια εταιρεία είχε ανακοινώσει το 1997, ότι οι αρνητικές συνέπειές του στις μέλισσες εμφανίζονται πάνω από το όριο των 5000 ppb. Εντός τριών χρόνων, η ίδια εταιρεία αναθεώρησε την άποψή της αυτή μειώνοντας συνεχώς τα όρια σε μερικά “ελάχιστα” ppb (Wikipedia, 2009).

Μελέτες κατέδειξαν πως μέλισσες εκτεθειμένες σε imidacloprid είχαν μειωμένη ικανότητα αναζήτησης τροφής, μειωμένη ικανότητα κατανάλωσης τροφής και μειωμένη ενεργητικότητα στην κυψέλη. Το κύριο πρόβλημα με το imidacloprid είναι οι υποθανάτιες επιδράσεις στη μέλισσα. Τριάντα μόνο λεπτά μετά από τη χορήγηση imidacloprid σε τροφή, η οσφρητική ικανότητα των μελισσών ελαττώθηκε αισθητά, ενώ συγχρόνως έγινε αντιληπτή η αλλαγή στη λειτουργία των νευρώνων του εγκεφάλου της μέλισσας. Ο “εγκέφαλος” της μέλισσας είναι ένα σύνολο νευρώνων που δεν υπερβαίνουν σε συνολικό μέγεθος το κεφάλι μιας καρφίτσας. Το σχήμα τους είναι σαν δύο ενωμένα μανιτάρια και για το λόγο αυτό ονομάζονται ‘μανιταροειδή σώματα’ και η λειτουργία τους συνδέεται στενά με τις ικανότητες μάθησης και μνήμης της μέλισσας. Οι μέλισσες χάνουν επίσης την ικανότητα ανίχνευσης της οσμής μετά από χορήγηση imidacloprid σε τροφή. Η καταστροφή των εντόμων-επικονιαστών των καλλιεργούμενων φυτών είναι μία πολύ σοβαρή ανεπιθύμητη συνέπεια της χρήσης των

εντομοκτόνων στις καλλιέργειες, αφού υπολογίζεται ότι η μέλισσα γονιμοποιεί το 80% των φυλλοβόλων οπωροφόρων, λαχανικών, χορταρικών και ελαιοπαραγωγών φυτών.

Γενικά, αν ισχύουν μερικά ή όλα από τα παρακάτω κριτήρια, υπάρχει υποψία δηλητηρίασης των μελισσών (Πετράκη, 2008):

- Μεγάλος αριθμός νεκρών μελισσών στην είσοδο της κυψέλης
- Επιθετική συμπεριφορά των μελισσών
- Εξαφάνιση του πληθυσμού των μελισσών
- Οι μέλισσες σέρνονται μπροστά από την κυψέλη
- Νεκρός γόνος
- Βασιλικά κελιά αντικαταστάσεως.

Η σοβαρότητα της απώλειας των μελισσών από τα εντομοκτόνα εξαρτάται από πολλούς παράγοντες (Πετράκη, 2008):

- Από το βαθμό της τοξικότητας του χρησιμοποιούμενου εντομοκτόνου και από την υπολειμματική του δράση
- Από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος
- Από την απόσταση της κυψέλης από τους ψεκασμένους με παρασιτοκτόνα αγρούς
- Από τη φαρμακοτεχνική μορφή του χρησιμοποιούμενου εντομοκτόνου.

3. ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΑ ΡΥΠΩΝ ΣΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΚΥΨΕΛΗΣ

3.1. Ραδιονουκλεΐδια και βαρέα μέταλλα

Τα ραδιονουκλεΐδια και τα βαρέα μέταλλα αποτελούν ρύπους οι οποίοι δύναται να καταλήξουν, μέσω διαφόρων οδών, στα προϊόντα της κυψέλης. Απαντώνται στην ατμόσφαιρα, αλλά και στο έδαφος, είτε ως φυσιολογικά συστατικά αυτού, είτε αποτίθενται με τη βροχή. Τα τελευταία χρόνια έχουν αυξηθεί κατά πολύ οι ποσότητες των ραδιονουκλεϊδίων στην ατμόσφαιρα. Κύριες πηγές αυτών είναι οι πυρηνικές δοκιμές και στην περίπτωση της Ανατολικής Ευρώπης το ατύχημα στο πυρηνικό εργοστάσιο του Τσέρνομπιλ. Μέσω των διαδικασιών της απόθεσης, έχουν αυξηθεί κατά πολύ τα ποσά ρύπων στην επιφάνεια του εδάφους.

Οι τρόποι προσέγγισης της κυψέλης από τους ρύπους είναι πολλοί (Bromenshenk *et al.*, 1985). Ρύπανση του σώματος, των στοματικών μορίων και του τραχειακού αναπνευστικού συστήματος μπορεί να επέλθει κατά την διάρκεια της πτήσης, ενώ ενδέχεται οι μέλισσες να εκλάβουν ως γύρη τη σκόνη. Έχει αποδειχτεί ότι συγκεκριμένοι ρύποι μπορεί να αναμειχθούν με γυρεοκόκκους, μιας και τα σωματίδια αυτά ελάχιστα διακρίνονται με οπτικό μικροσκόπιο. Ακόμη, τα ηλεκτροστατικά φορτία στην επιφάνεια του σώματος της μέλισσας, τα οποία συνεισφέρουν στη δυνατότητα αυτής να συλλέγει γύρη, συμβάλλουν εν μέρει στη συγκέντρωση και άλλων σωματιδίων.

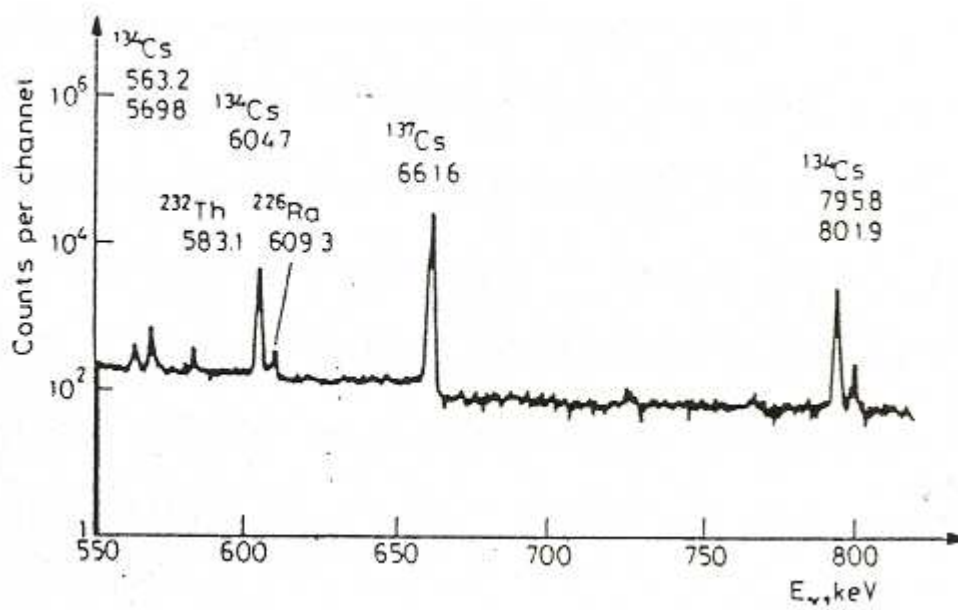
Οι ρύποι φαίνεται ότι απορροφώνται τόσο από τον σκληρό εξωσκελετό, όσο και από τους εσωτερικούς μαλακούς ιστούς μέσω της κατάποσης, της εισπνοής ή της απορρόφησης. Ανεξάρτητα από τη μορφή του ρύπου, οι αποικίες μπορεί να ρυπανθούν, πέρα από τις δραστηριότητες της συλλογής και μέσω της ανακυκλοφορίας του αέρα για ψύξη και αερισμό της κυψέλης (Bromenshenk *et al.*, 1985).

Το νέκταρ και η γύρη μπορεί να ρυπανθούν από την απόθεση ρύπων πάνω στα φυτά ή ακόμη με απορρόφηση αυτών από το έδαφος. Τα ραδιονουκλεΐδια συμπεριφέροντε στο έδαφος ως κατιόντα (Barisic *et al.*, 1992). Τα κατιόντα μπορούν να μεταφερθούν ανοδικά από το έδαφος στο νέκταρ με την απορρόφηση από το φυτό.

Η ικανότητα του φυτού να απορροφά ραδιονουκλεΐδια και άλλα στοιχεία καθορίζεται από διάφορους παράγοντες (Barisic *et al.*, 1992):

- Είδος του φυτού
- Διαδικασίες δέσμευσης και απελευθέρωσης των στοιχείων στο έδαφος
- Ορυκτολογική σύσταση του εδάφους
- Εδαφική υγρασία και συνεκτικότητα
- Κοκκομετρική σύσταση και ανάγλυφο της επιφάνειας
- Τύπος εδάφους και pH αυτού
- Περιεκτικότητα σε οργανική ύλη
- Ανταγωνιστικές επιδράσεις των κατιόντων και άλλοι παράγοντες

Στο σχήμα 2 φαίνεται το φάσμα ακτίνων γάμα ενός δείγματος μελιού από ρεϊκί (Assmann Werthmuller *et al.*, 1991).



Σχήμα 2. Φάσμα ακτίνων γ ενός δείγματος ρεϊκίσου μελιού από το Luneberge Heide.

Μια μελέτη από τους Barisic και συνεργάτες (1992) έδωσε ορισμένα ενδιαφέροντα στοιχεία για την κινητικότητα του ^{137}Cs στο έδαφος. Η κατακόρυφη μεταφορά του μέσω της εδαφικής κατανομής ελέγχεται από την κίνηση του νερού και τις γεωλογικές ιδιαιτερότητες. Ο βαθμός μετανάστευσης του ^{137}Cs καθορίζεται από τις διαδικασίες απορρόφησης, οι οποίες περιλαμβάνουν όλες τις φυσικοχημικές διεργασίες μετάβασης ενός υλικού αντιστρεπτά ή όχι, από την υγρή στη στερεή φάση. Η σχέση της

διαλυτής προς την αδιάλυτη μορφή ^{137}Cs στο έδαφος παίζει βασικό ρόλο στην απορρόφηση αυτού από τα φυτά. Όσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα του διαλυτού ^{137}Cs στο εδαφικό στρώμα που αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα τόσο αυξημένη είναι η απορρόφησή του από τα φυτά. Υψηλότερες συγκεντρώσεις ^{137}Cs βρέθηκαν στη γύρη από ότι στα άνθη, κάτι που σημαίνει ότι αυτό συγκεντρώνεται σε συγκεκριμένα μέρη του άνθους. Κάτι ανάλογο συμβαίνει και με το ραδιενεργό κάλιο (^{40}K) (Barisic et al., 1994).

Το ραδιενεργό κάισιο (^{134}Cs και ^{137}Cs) αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ραδιενεργούς ρύπους γι' αυτό και έχει τύχει ιδιαίτερου ενδιαφέροντος από τους μελετητές. Το ^{134}Cs έχει χρόνο ημίσειας ζωής πάνω από 2 χρόνια, ενώ το ^{137}Cs 30,2 χρόνια. Ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα από πυρηνικές δοκιμές και από τα πυρηνικά ατυχήματα που κατά καιρούς συμβαίνουν.

Από διάφορους ερευνητές έχει δεχτεί ότι το μέλι από μελιτώματα έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε ρύπους από ότι το μέλι ανθέων (Tonelli et al., 1990; Barisic et al., 1999) (Πίν. 2). Οι Tonelli και συνεργάτες διαπίστωσαν ότι οι περιεκτικότητες σε ρύπους των μελιών από μελιτώματα, καστανιά και ακακία είναι αντίστροφες της περιόδου άνθησης του φυτού από το οποίο προέρχεται το μέλι.

Πίνακας 2. Δραστηκότητες ραδιονουκλεϊδίων (σε Bq/Kg) και συγκεντρώσεις διαφόρων στοιχείων (mg/Kg) σε διαφορετικούς τύπους εδαφών στο Gorski Kotar της Κροατίας (από Barišić et al., 1999).

Στοιχείο	Μέλι λειμώνων	Ανάμεικτο	Μέλι από μελιτώματα
^{40}K	28,3	45,1	86,9
^{137}Cs	0,44	3,48	15
Rb	0,063	0,24	1,77
Ca	66,3	93,8	285,8
Sr	0,06	0,009	0,028
Ni	0,052	0,076	0,222
Cu	0,3	0,44	1,4
Zn	0,17	0,24	1,21
Pb	0,8	1,08	3,38
Fe	3,9	5,3	15,9
Mn	0,77	1,18	4,5
Cr	0,16	0,23	0,65

Συνεπώς, η σειρά ως προς την περιεκτικότητα σε ρύπους εξηγείται αν δεχτούμε ότι σχετίζεται άμεσα με τη ρύπανση του νέκταρος ή και των μελιτωμάτων. Τα μελιτώματα είναι εκκρίσεις κοκκοειδών ή αφίδων, δηλαδή έντομα που νύσσουν το φλοιό των δέντρων και μυζούν τους χυμούς του. Συνεπώς, η παρουσία αυξημένων συγκεντρώσεων ραδιονουκλεϊδίων στο μέλι σχετίζεται άμεσα με την περιεκτικότητα των φυτών σε αυτά κατά την περίοδο της άνθησης. Βέβαια, όπως προαναφέρθηκε είναι πιθανό, ποσότητα ρύπων που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, να επικαθήσουν στα μελιτώματα ή το νέκταρ, καταλήγοντας έτσι στο μέλι. Μπορεί, επιπλέον, η αυξημένη αυτή ποσότητα στα μελιτώματα να σχετίζεται με το γεγονός ότι τα δέντρα από τα οποία αυτά προέρχονται έχουν βαθύ ριζικό σύστημα, κάτι που ίσως εξηγεί την παρατήρηση ότι τα κωνοφόρα παρουσιάζουν υψηλό βαθμό απορρόφησης ^{137}Cs (Barisic *et al.*, 1999). Τέλος ο Mercuri (1988), κάνοντας ανάλυση γυρεοκκόκων σε ένα δείγμα μελιού με υψηλές συγκεντρώσεις σε ραδιενεργό Cs, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η κύρια πηγή του Cs που υπήρχε στο μέλι ήταν τα μελιτώματα και όχι το νέκταρ.

Οι Barisic και συνεργάτες (1999) μελέτησαν την περιεκτικότητα του εδάφους και των μελιών της Κροατίας σε ραδιονουκλεΐδια και διάφορα στοιχεία. Γενικά, οι συγκεντρώσεις όλων των στοιχείων που μελετήθηκαν [^{137}Cs , ^{40}K , ασβέστιο (Ca), σίδηρος (Fe), ρουβίδιο (Rb), στρόντιο (Sr), χαλκός (Cu), ψευδάργυρος (Zn), μόλυβδος (Pb), άζωτο (N), μαγγάνιο (Mn), χρώμιο (Cr)] ήταν σημαντικά υψηλότερες στο μέλι από μελιτώματα, από ότι σε αυτό από νέκταρ λειμώνων ή το ανάμεικτο, με τις μεγαλύτερες διαφορές στις συγκεντρώσεις να παρατηρούνται στη περίπτωση του ^{137}Cs και του Rb. Οι μέσες συγκεντρώσεις αυτών βρέθηκαν μια τάξη μεγέθους υψηλότερες στο μέλι από μελιτώματα.

Οι ίδιοι ερευνητές μελέτησαν τη μεταφορά των στοιχείων από το έδαφος στο μέλι. Ο παράγοντας μεταφοράς (transport factor, Tf) εκφράστηκε σε ποσοστό % της συγκέντρωσης στο έδαφος προς αυτήν στο μέλι του εκάστοτε στοιχείου. Από τα μακροστοιχεία, το K έδειξε σημαντική μεταφορά από το έδαφος στο μέλι. Ο Tf των Zn, Mn, Sr και Fe ήταν σχετικά χαμηλός. Ο χαμηλότερος Tf παρουσιάστηκε στο μέλι λειμώνων. Ακόμα ο τύπος του εδάφους όπου αναπτύσσονται τα φυτά από τα οποία προέρχεται το μέλι, δεν φαίνεται να επηρεάζει την τελική συγκέντρωση των στοιχείων

σε αυτό. Τέλος να πούμε ότι για τα ραδιονουκλείδια ο Tf ήταν κατά πολύ χαμηλότερος από 1%.

Μια άλλη μελέτη που έγινε σε μια περιοχή γύρω από ένα χυτήριο χαλκού στην Ανατολική Σερβία, αφορούσε στο αρσενικό, το οποίο αποτελεί τον σπουδαιότερο ρύπο των εγκαταστάσεων χύτευσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η περιεκτικότητα σε As στο μέλι ήταν κατά πολύ μικρότερη από αυτή στη γύρη και τις μέλισσες. Συγκρίνοντας τη μέση περιεκτικότητα στο μέλι από την περιοχή μάρτυρα, με αυτή του μελιού, από την περιοχή κοντά στο χυτήριο, δεν υπάρχουν διαφορές από τοξικολογική άποψη. Οι συγκεντρώσεις είναι κατά πολύ χαμηλότερες από το ανώτατο επιτρεπτό όριο, το οποίο για το As φτάνει στα 1,4 mg/Kg, κάτι που δεν ίσχυε στη περίπτωση της γύρης ή των μελισσών.

Πρέπει να πούμε ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, η περιεκτικότητα του μελιού σε ιχνοστοιχεία, είναι τόσο μικρή, γεγονός που σε συνδυασμό με την σχετικά μικρή ποσότητα που συνήθως κάποιο άτομο καταναλώνει, καθιστά μάλλον αδύνατο το ενδεχόμενο να έχει κάποιος δυσμενείς επιπτώσεις από την κατανάλωση μελιού (Crane 1984).

Κατά τους Krunic και συνεργάτες (1989) υπάρχουν τρεις εκδοχές στις οποίες αποδίδεται το γεγονός ότι το μέλι δεν περιείχε As σε τοξικές συγκεντρώσεις.

1. Το νέκταρ εκκρίνεται από τα άνθη για μικρή περίοδο, οπότε και συλλέγεται από τις συλλέκτριες μέλισσες. Έτσι, δεν υπάρχει αρκετός χρόνος ώστε αυτό να ρυπανθεί με As. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει με τη γύρη, η οποία είναι εκτεθειμένη για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.
2. Είναι πιθανό κατά τη διαδικασία μεταφοράς του νέκταρος και τον εμπλουτισμό αυτού με ένζυμα από τις μέλισσες, τα άτομα του As να απορροφώνται από τους ιστούς του σώματος των μελισσών, οπότε μειώνεται η ποσότητα αυτού που καταλήγει στο μέλι.
3. Οι διαδικασίες που οδηγούν το As στα διάφορα μέρη του φυτού να είναι διαφορετικές αναφορικά με τη γύρη και το νέκταρ.

Οι Tonelli και συνεργάτες (1990) διερεύνησαν την κίνηση των ραδιενεργών στοιχείων ρουθίνιο (^{103}Ru), ^{137}Cs και ιώδιο (^{131}I) στην αλυσίδα αέρας-βλάστηση-μέλι. Ο λόγος $^{103}\text{Ru}/^{137}\text{Cs}$ στο μέλι είναι ίδιος με αυτόν στην ατμόσφαιρα, συνεπώς δεν υπάρχει διαφοροποίηση όσον αφορά στην κίνηση αυτών των δύο μέσα στην προαναφερθείσα αλυσίδα. Αντίθετα, ο λόγος $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ βρέθηκε στο μέλι αρκετά μεγαλύτερος, κάτι που μπορεί να οφείλεται σε αυξημένη συγκέντρωση ^{131}I στο νέκταρ.

Επίσης, το γεγονός ότι ο λόγος $^{131}\text{I}/^{137}\text{Cs}$ στις μέλισσες και το μέλι είναι περίπου ίδιος οδηγεί στο συμπέρασμα ότι υπάρχει μεταφορά αυτών των στοιχείων από τις μέλισσες στο μέλι. Αυτό συμφωνεί με τα ευρήματα των Wallwork-Barber και συνεργάτες (1982), οι οποίοι διαπίστωσαν μεταφορά τριτίου (^3H), Cs και ουρανίου (U) από τις μέλισσες στα συστατικά της κυψέλης. Από τα αποτελέσματα της εργασίας αυτής βγήκε το συμπέρασμα ότι το I και το Ru συσσωρεύονται στο σώμα των μελισσών. Όσον αφορά στη συσσώρευση του I, αυτή μπορεί να οφείλεται στη διάχυση της αέριας μορφής από την ατμόσφαιρα στο σώμα του εντόμου μέσω του τραχειακού αναπνευστικού συστήματος και των εξωτερικών μεμβρανών. Σχετικά με το Ru, πρέπει να πούμε ότι τα ποσά αυτού που βρίσκονται στις μέλισσες προέρχονται μόνο από την ατμόσφαιρα και όχι από την παρουσία Ru στα φυτά. Αυτό γιατί το Ru είναι αδιάλυτο στο νερό και παρά το γεγονός ότι ελευθερώθηκαν μεγάλες ποσότητες από το ατύχημα στο Τσερνομπίλ, δε μεταφέρθηκαν στα φυτά. Το Ru απορροφάται από τις μέλισσες κατά την πτήση τους και σε αντίθεση με το Cs, συσσωρεύεται αφού δεν δύναται να μεταβολιστεί.

Οι Horn *et al.*, (1996) ασχολήθηκε με το ραδιενεργό ράδιο (^{226}Ra). Δε βρέθηκαν διαφορές μεταξύ μελισσών που αφέθηκαν σε μια περιοχή με αυξημένα επίπεδα ^{226}Ra και μελισσών-μαρτύρων, ενώ στο έδαφος υπήρχαν υψηλές συγκεντρώσεις αυτού. Δηλαδή, μόνο μικρές ποσότητες του ραδιοϊσότοπου αυτού λαμβάνονται από το φυτό και ακόμα μικρότερες καταλήγουν στο μέλι.

Τα στοιχεία αργίλιο (Al), βάριο (Ba), Ca, Cu, μαγνήσιο (Mg), Mn, μολυβδαίνιο (Mo), νικέλιο (Ni), παλλάδιο (Pa) και πυρίτιο (Si) σχετίζονται με την κίνηση των οχημάτων (Tong *et al.*, 1975). Το ίδιο συμβαίνει και με τον Pb. Σε μια μελέτη που έγινε στις Η.Π.Α. (Pratt και Sikorski, 1982) βρέθηκε ότι η περιεκτικότητα σε Pb στις μέλισσες που επισκέπτονταν φυτά δίπλα σε ένα αυτοκινητόδρομο ήταν 20 φορές

μεγαλύτερη από ότι σε μέλισσες που επισκέπτονταν φυτά σε αποσταση 850 μέτρων από τον αυτοκινητόδρομο. Γενικά μπορούμε να πούμε ότι όσο πιο απομακρυσμένη είναι μια περιοχή όπου αναπτύσσεται ένα φυτό από δρόμους υψηλής κυκλοφορίας, τόσο χαμηλότερη περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα έχει το νέκταρ και η γύρη του φυτού και ως εκ τούτου και τα προϊόντα της κυψέλης (Αλυσσανδράκης, 2000).

Οι Leita και συνεργάτες (1996) πραγματοποίησαν ένα πείραμα χρησιμοποιώντας 12 αποικίες μελισσών που εντόπισε σε ένα σταυροδρόμι εθνικών οδών για να μελετήσουν τη ρύπανση από Pb, Cd και Zn. Τα αποτελέσματα έδειξαν την ύπαρξη μεγάλης ποσότητας Zn και Cd στο πάνω στο σώμα της μέλισσας που ήταν συνεπεία της επικάλυψης των ρύπων που βρίσκονταν στην ατμοσφαιρική τέφρα ενώ ο Pb φαίνεται να συσσωρεύεται στο σώμα του εντόμου. Οι νεκρές μέλισσες που συλλέχθηκαν από το χώρο γύρω από τις κυψέλες επέδειξαν μια προοδευτική συσσώρευση όλων των βαρέων μετάλλων κατά τη διάρκεια της πειραματικής περιόδου.

Κάτι που πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη είναι η πιθανότητα ποσοτήτες κασσίτερου να καταλήγουν στο μέλι από την επαφή αυτού με τσίγκινες επιφάνειες κατά τις διαδικασίες επεξεργασίας, μεταφοράς και αποθήκευσης αυτού. Κάτι ανάλογο συμβαίνει με τον Zn. Επειδή το pH του μελιού είναι αρκετά όξινο, επαφή αυτού με γαλβανισμένες επιφάνειες (π.χ. του μελιτοεξαγωγέα) οξειδώνει τον Zn, ο οποίος καταλήγει στο μέλι. Πρέπει να υπογραμμιστεί ότι πλέον χρησιμοποιούνται μόνο ανοξείδωτα εργαλεία για την συλλογή μελιού (Tong *et al.*, 1975).

Ολοκληρώνοντας την αναφορά στα υπολείμματα, αξίζει να ειπωθεί ότι όταν επιχειρείται η ανίχνευση ρύπων στο μέλι, πρέπει αυτό να συγκριθεί με άλλο μέλι, που να προέρχεται από τις ίδιες πηγές και οι οποίες να έχουν αναπτυχθεί υπό τις ίδιες συνθήκες. Αυτό γιατί η περιεκτικότητα του μελιού στα διάφορα μέταλλα (η τέφρα δηλαδή) ποικίλλει ανάλογα με την προέλευσή του και είναι μεγαλύτερη στα σκουρόχρωμα μέλια και τα μέλια από μελιτώματα, ενώ μειώνεται πηγαίνοντας προς τα ανοιχτόχρωμα (Crane, 1984) (Πίν. 3).

Πίνακας 3. Συγκεντρώσεις των διαφόρων μετάλλων (σε µg/mL) σε ανοιχτόχρωμα και σκουρόχρωμα μέλια (από Μπίκος, 1991).

Μέταλλο	Ανοιχτόχρωμα μέλια	Σκουρόχρωμα μέλια
K	205	1676
Cl	52	113
S	58	100
Ca	49	51
Na	18	76
P	35	47
Mg	19	35
Si	22	36
Fe	2,4	9,4
Mn	0,3	4,09
Cu	0,29	0,56

3.2. Παρασιτοκτόνα

Δυο είναι οι τρόποι ρύπανσης του μελιού από παρασιτοκτόνες ουσίες. Ο πρώτος είναι ο άμεσος τρόπος, που είναι ο πιο επίφοβος και αφορά στα κτηνιατρικά φάρμακα που χρησιμοποιεί εντός της κυψέλης ο ίδιος ο μελισσοκόμος. Ο δεύτερος, ο έμμεσος τρόπος, έγκειται στη μεταφορά των διαφόρων φυτοπροστατευτικών και μη ουσιών από τις ίδιες τις μέλισσες κατά τη συλλογή νέκταρος, μελιτώματος, νερού και γύρης (Πετράκη, 2008).

Η άμεση επιβάρυνση των προϊόντων της κυψέλης με υπολείμματα, γίνεται με τη χρήση κτηνιατρικών φαρμάκων εντός αυτής, προκειμένου να αντιμετωπισθούν οι διάφορες ασθένειες που προσβάλλουν τις μέλισσες. Η σημαντικότερη κατηγορία σκευασμάτων που χρησιμοποιείται είναι τα ακαρεοκτόνα, καθώς το άκαρι βαρρόα (*Varroa destructor* Anderson & Trueman) είναι το κυρίαρχο πρόβλημα για την υγιεινή ενός μελισσιού (Πετράκη, 2008).

Αναφορικά με τον έμμεσο τρόπο επιβάρυνσης του μελιού, υποστηρίζεται από πολλούς ερευνητές ότι η μεταφορά φυτοπροστατευτικών ουσιών από τον αγρό στην κυψέλη αποφεύγεται με διάφορους τρόπους. Ο κυριότερος από αυτούς είναι ο θάνατος της μέλισσας πριν προλάβει να μεταφέρει το νέκταρ ή τη γύρη και κατά συνέπεια η αποτροπή της εισόδου σημαντικών ποσοτήτων φαρμάκων στην κυψέλη. Εξάλλου, διατυπώθηκε η θεωρία ότι οι μέλισσες «φρουροί» αντιλαμβάνονται την τοξικότητα του

φορτίου της κάθε συλλέκτριας και απαγορεύουν την είσοδό της, προστατεύοντας ταυτόχρονα το αποθηκευμένο μέλι. Τέλος, σύμφωνα με κάποιους ερευνητές, σε περίπτωση που το ρυπασμένο νέκταρ περάσει στην κυψέλη, οι οικιακές μέλισσες δεν το επεξεργάζονται περαιτέρω (Πετράκη, 2008).

Σε πρόσφατο άρθρο έγινε ανασκόπηση της βιβλιογραφίας αναφορικά με τη ρύπανση των μελισσοκομικών προϊόντων (Bogdanov, 2006). Το συμπέρασμα που βγήκε ήταν ότι ο μεγαλύτερος κίνδυνος για να ρυπανθούν τα προϊόντα της μέλισσας είναι οι χειρισμοί που κάνει ο ίδιος ο μελισσοκόμος. Ο μεγαλύτερος κίνδυνος για κάθε μελισσοκομικό προϊόν είναι:

- ✓ τα αντιβιοτικά για το μέλι και τον βασιλικό πολτό
- ✓ τα λιπόφιλα παρασιτοκτόνα για το κερί και την πρόπολη
- ✓ τα παρασιτοκτόνα για τη γύρη.

4. Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΛΙΣΣΩΝ ΩΣ ΔΕΙΚΤΩΝ

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ

Οι μέλισσες μπορεί να θεωρηθούν ως κινητοί δειγματολήπτες, αφού καλύπτουν αποτελεσματικά μια μεγάλη δειγματοληπτική περιοχή και έπειτα επιστρέφουν σε ένα κεντρικό σημείο (Bromenshenk, 1992). Η ακτίνα πτήσης των μελισσών φτάνει μέχρι τα 5-7 Km, αν και νεότερες μελέτες αναφέρουν ακτίνα πτήσης πάνω από 10 Km (Beekman & Ratkiens, 2000). Με αυτήν την ικανότητα πτήσης κατά την βόσκησή τους κάνουν τυχαία συλλογή από διάφορα σημεία, κάτι που σημαίνει ότι το μέλι μπορεί να θεωρηθεί ως προϊόν μιας ολόκληρης περιοχής (Barisic *et al.*, 1999). Κάθε κυψέλη φιλοξενεί χιλιάδες μέλισσες, οι περισσότερες των οποίων βγαίνουν έξω και συλλέγουν νέκταρ, νερό και φυτικά εκκρίματα πριν επιστρέψουν. Κατά την πτήση τους από και προς την κυψέλη, οι μέλισσες ακούσια έρχονται σε επαφή με ένα πλήθος ρύπων, μερικοί των οποίων καταλήγουν, μαζί με αυτές, στην κυψέλη (Bromenshenk *et al.*, 1985). Αυτοί οι διάφοροι ρύποι της ατμόσφαιρας κατακάθονται στο σώμα των μελισσών, βρίσκονται στα στοματικά μόρια, στο αναπνευστικό και το πεπτικό σύστημα.

Αν και θα περίμενε κανείς οι συλλέκτριες μέλισσες να είναι πιο αποτελεσματικοί βιοδείκτες της ρύπανσης σε μια περιοχή, μια μελέτη από τον Haarmann (1998) στη περιοχή του Λος Άλαμος στο Νέο Μεξικό έδειξε ότι δεν υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των συλλεκτριών και των οικιακών μελισσών αναφορικά με την περιεκτικότητά τους σε διάφορα βαρέα μέταλλα.

Ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα για να ληφθούν στοιχεία σχετικά με τους ρύπους της ατμόσφαιρας, του εδάφους και του νερού είναι περίπου 1000 μέλισσες ανά εβδομάδα, περίπου 60-80 g μελισσών. Γίνεται προσδιορισμός των ρύπων στο σώμα των μελισσών και γίνεται σύγκριση με τους ρύπους που βρίσκονται στο έδαφος, το νερό και τον αέρα. Η μέθοδος προσδιορισμού των ρύπων γίνεται με σύγχρονες αναλυτικές μεθόδους.

Το να χρησιμοποιούνται οι μέλισσες για δείκτες αποτελεί έναν φθινό τρόπο καταγραφής της ρύπανσης σε μια περιοχή, ιδιαίτερα αν αναλογιστεί κανείς τα πολλά σημεία που οι μέλισσες επισκέπτονται. Οι Bromenshenk και συνεργάτες (1991) χρησιμοποίησαν στο πείραμά τους μελίσινα πυρήνες, μεγέθους μόλις 4500 μελισσών,

τα οποία φαίνεται να μπορούν να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις ενός πειράματος ποσοτικής και ποιοτικής ανίχνευσης ρύπων. Κύρια πλεονεκτήματα είναι το χαμηλό κόστος και η ευκολία χειρισμού.

Λαμβάνοντας δείγμα από ένα σημείο (την κυψέλη) παίρνουμε μια πληθώρα πληροφοριών από διάφορα σημεία που σχετίζονται με την κατανομή των ρύπων (Haarmann, 1997). Επιπλέον, συγκρίνοντας τις συγκεντρώσεις των ρύπων στο σώμα των μελισσών με αυτές στη γύρω περιοχή είναι δυνατή η δημιουργία ενός μοντέλου της κατανομής των ρύπων στα οικοσυστήματα. Αξίζει πάντως να αναφερθεί ότι οι Accorti και συνεργάτες (1991) θεωρούν ότι οι μέλισσες μπορούν να αποτελέσουν είδος-δείκτη με την παρουσία ή απουσία τους και να λειτουργήσουν σαν πραγματικοί δείκτες μέτρησης της ζημιάς στις αποικίες, πέρα από τη χρήση τους ως δυνητικοί βιοδείκτες ένεκα της συλλογής και απορρόφησης ρύπων.

Αντίθετη άποψη με τη χρήση των συλλεκτριών μελισσών ως περιβαλλοντικούς δείκτες στην περίπτωση των ιχνοστοιχείων έχουν οι Nation και Robinson (1971), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι αυτές παρουσιάζουν σημαντική διακύμανση όσον αφορά στη διάρκεια ζωής τους. Συνεπώς, τα ιχνοστοιχεία που περιέχονται στο σώμα των μελισσών μιας κυψέλης διαφοροποιούνται ανάλογα με τη διατροφή αυτών και την εποχή του έτους.

Οι Shabinov και Ibrishimov (1975) χρησιμοποίησαν τις μέλισσες σε γεωργικές περιοχές με στόχο να αποφανθούν για την παρουσία συγκεκριμένων στοιχείων στις καλλιέργειες και το έδαφος. Βρήκαν αυξημένα επίπεδα Cu, Zn και P σε κυψέλες που βρίσκονταν κοντά σε εργοστάσια χαλκού.

Ο Bromenshenk (1976, 1978) χρησιμοποίησε τις μέλισσες ως δείκτες, κάνοντας μια μελέτη σε συνεργασία με μια μονάδα παραγωγής ενέργειας στην Μοντάνα των Η.Π.Α. Αυτή η μονάδα λειτουργούσε με κάρβουνο. Ως γνωστόν, το φθόριο (F) είναι παραπροϊόν της καύσης του κάρβουνου και είχε υποτεθεί ότι μεγάλα ποσά ελευθερώνονταν στην ατμόσφαιρα, πιθανότερο υπό μορφή HF. Πραγματικά, τα επίπεδα του F στις μέλισσες ήταν κατά πολύ αυξημένα μετά την πάροδο 4 ετών λειτουργίας της μονάδας. Επίσης, βρέθηκε ότι τα επίπεδα του F ήταν υψηλότερα στις συλλέκτριες μέλισσες, χαμηλότερα στις οικιακές, ενώ ακόμη πιο χαμηλά στις pronύμφες.

Ο Haarmann (1997) έκανε μια μελέτη που είχε στόχο να δώσει απάντηση σε δύο ερωτήματα: α) ιστοί που λαμβάνονται από παρόμοιες αποικίες, οι οποίες αναπτύσσονται υπό τις ίδιες συνθήκες, δίνουν τα ίδια αποτελέσματα; β) υπάρχουν διαφορές στα επίπεδα των ρύπων σε αποικίες διαφόρων ηλικιών;

Σε γενικές γραμμές, δείγματα που λαμβάνονται από την ίδια αποικία και την ίδια περιοχή έδειξαν μικρές διαφορές. Αυτό σημαίνει ότι η συλλογή ενός και μόνο δείγματος από μια αποικία αντιπροσωπεύει ικανοποιητικά την αποικία, τουλάχιστον για το συγκεκριμένο χρονικό σημείο. Επίσης, όλα τα δείγματα που ελήφθησαν από αποικίες της ίδιας ηλικίας δεν έδειξαν σημαντική διαφοροποίηση όσον αφορά στα ραδιονουκλεΐδια, με εξαίρεση το ^3H και το ^{22}Na . Τα δύο αυτά ραδιενεργά στοιχεία παρουσίασαν διαφορές, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε διάφορα αίτια. Η πιθανότερη εκδοχή σχετίζεται με τη δυναμική αυτών στο σώμα της μέλισσας. Καθώς αμφότερα τα στοιχεία H και Na λαμβάνουν μέρος σε πολλές φυσιολογικές διαδικασίες και μεταφέρονται εύκολα μέσα στο σώμα της μέλισσας, η τελική συγκέντρωση αυτών καθορίζεται από ποικίλους παράγοντες.

Όσον αφορά σε αποικίες διαφορετικής ηλικίας, παρουσιάστηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ τους. Αποικίες που βρίσκονται για περισσότερο χρόνο εκτεθειμένες παρουσίαζαν υψηλότερα επίπεδα ρύπων από τις νεότερες. Ως γνωστόν, ρύποι μπορεί να βρεθούν στους ιστούς των μελισσών, το μέλι, τη γύρη και το κερί. Σε αποικίες που βρίσκονται για πολλά χρόνια εκτεθειμένες σε ρύπους, οι τελευταίοι δύνανται να μεταφερθούν στις νεαρές μέλισσες μέσω της διαδικασίας της τροφάλλαξης ή της άμεσης επαφής, πριν ακόμα βγουν από την κυψέλη ως συλλέκτριες. Συνεπώς, μια μέλισσα είναι ήδη ρυπασμένη όταν ξεκινήσει να «λειτουργεί» ως συλλέκτρια. Ανάλογα, κατά την διάρκεια του χειμώνα οι μέλισσες σε αυτές τις αποικίες τρέφονται με ρυπασμένο μέλι. Αυτή η προκαταρκτική ρύπανση των συλλεκτριών έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζονται από την ανάλυση των ιστών υψηλότερα επίπεδα ραδιοϊσότοπων από αυτά που στην πραγματικότητα είναι διαθέσιμα στις συλλέκτριες μέλισσες. Λόγω του ότι τα ραδιοϊσότοπα έχουν χρόνο ημίσειας ζωής, ο οποίος ξεπερνά το ένα έτος, οι ρυπαντές παραμένουν στην αποικία για πολλά χρόνια. Οπότε, όσο περισσότερο παραμένει η αποικία εκτεθειμένη στη ρύπανση, τόσο μεγαλύτερη είναι η απορρόφηση αυτών.

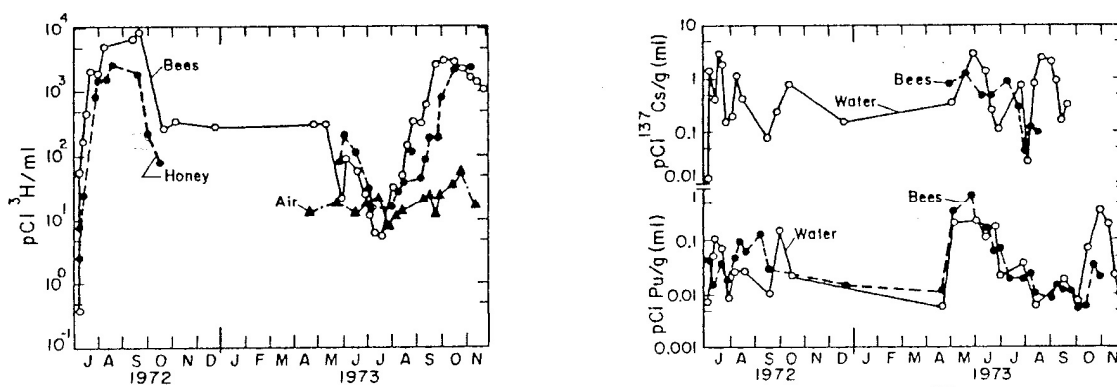
Ένα ενδιαφέρον στοιχείο αποτελεί το εύρημα ότι το ^3H βρέθηκε σε υψηλότερη συγκέντρωση σε μία νέα από ότι σε μία παλιά αποικία. Αυτό σημαίνει ότι για το εν λόγω στοιχείο παίζουν ρόλο πολλοί παράγοντες, ένας των οποίων είναι η βιοδιαθεσιμότητά του. Σημαντικό ρόλο έχει και ο βαθμός που αυτό συμμετέχει στις μεταβολικές διαδικασίες μέσα στο σώμα της μέλισσας, κάτι που αναφέρουν και οι Wallwork-Barber και συνεργάτες (1982). Γι' αυτό θα πρέπει να αξιολογηθούν όλοι οι παράγοντες που επηρεάζουν την παρουσία ρύπων μέσα σε μία αποικία και να ληφθούν υπόψη κατά την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

Μία διαφορετική προσέγγιση των μελισσών ως βιοδείκτες έγινε από τους Veleminsky και συνεργάτες (1990), οι οποίοι αξιολόγησαν τη χρησιμότητα των μελισσών που διαχειμάζουν για την καταγραφή της ρύπανσης από βαρέα μέταλλα. Κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι αυτές δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν γι' αυτόν το σκοπό, μίας και το σώμα τους περιέχει χαμηλές ποσότητες βαρέων μετάλλων. Υπάρχει η δυνατότητα παροχής γενικών πληροφοριών, χωρίς να δίνονται οι μέγιστες τιμές για τις συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων ή η εποχιακή διακύμανση. Η επαφή τους με το εξωτερικό περιβάλλον είναι περιορισμένη, ενώ και η ζάχαρη η οποία τους παρέχεται κατά την περίοδο που δεν υπάρχει ανθοφορία θεωρείται 'ουδέτερη' τροφή, οπότε μπορούμε να δεχτούμε ότι αποτελούν σταθερό βιολογικό υλικό. Όμως, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ακόμα και η εμπορική ζάχαρη παρουσιάζει διαφορές ως προς την περιεκτικότητα σε βαρέα μέταλλα.

Στην ίδια εργασία αναφέρεται ότι οι συλλέκτριες μέλισσες αποτελούν τους κύριους φορείς των βαρέων μετάλλων που καταλήγουν στην κυψέλη. Οι προνύμφες και οι νεαρές εργάτριες, αν και δεν φαίνεται να αποτελούν δυνητικούς βιοδείκτες, δύναται να αποβούν χρήσιμα εργαλεία για την διερεύνηση του τρόπου μεταφοράς των βαρέων μετάλλων στην κυψέλη. Επίσης, το τελευταίο προνυμφικό στάδιο μπορεί να είναι χρήσιμο, όμως η περιεκτικότητα των νυμφών και των νεαρών εργατριών σε βαρέα μέταλλα είναι σχετικά χαμηλή, μιας και οι προνύμφες αποβάλλουν τις τοξικές ουσίες ή υπερ-προμηθεύονται ορισμένα βαρέα μέταλλα προ της νύμφωσης.

Στην περιοχή του Λος Άλαμος στο νέο Μεξικό έγιναν έρευνες για χαμηλού επιπέδου ραδιενέργεια στην περιοχή γύρω από το Εθνικό εργαστήριο του Λος Άλαμος, στο οποίο διεξάγονταν για περίπου 30 χρόνια ερευνητικά προγράμματα πυρηνικής

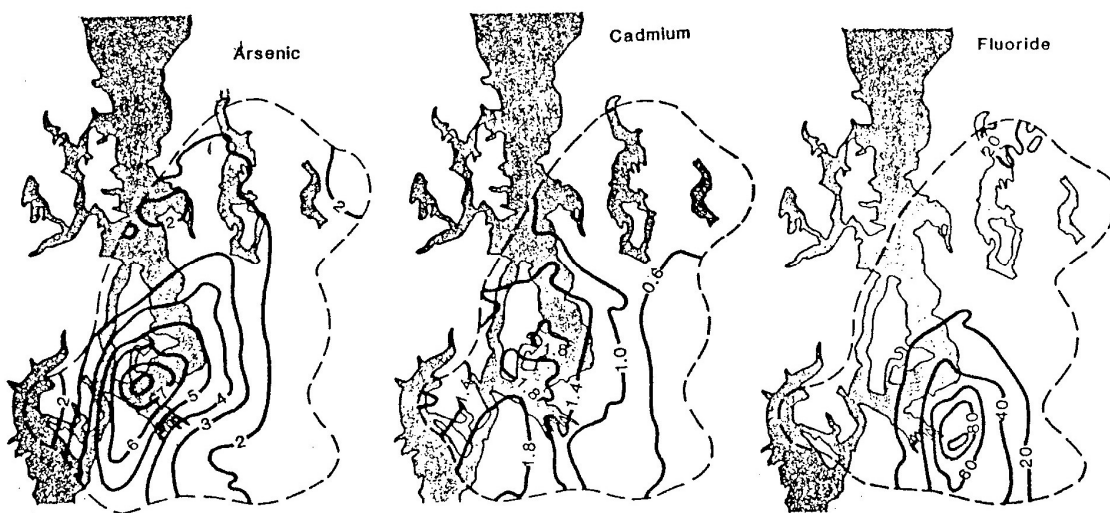
ενέργειας. Μικρές ποσότητες ραδιενέργειας ελευθερώνονταν στο γειτονικό περιβάλλον. Οι Hakonson και Bostick (1975) έκριναν ότι οι αποικίες των μελισσών είναι χρήσιμες στο προσδιορισμό της βιοδιαθεσιμότητας του ραδιενεργού υδρογόνου (^3H), του καισίου (^{137}Cs) και του πλουτωνίου (Pu) στην εν λόγω περιοχή. Αποικίες μελισσών τοποθετήθηκαν στα σημεία διάθεσης υγρών αποβλήτων και από αυτές γίνονταν η δειγματοληψία. Διαπιστώθηκε ότι οι συγκεντρώσεις των στοιχείων στις μέλισσες ακολουθεί στενά τη διακύμανση αυτών στη περιβάλλουσα βλάστηση (Σχ. 3). Από τα στοιχεία που μελετηθήκαν, το ^3H φαίνεται ότι μεταφέρεται ευκολότερα στην κυψέλη, ενώ παρουσιαζόταν σε υψηλότερη συγκέντρωση και στις μέλισσες. Επίσης, το ίδιο στοιχείο φαίνεται να σχετίζεται με τη φυτική πηγή που χρησιμοποιούν οι μέλισσες. Όταν οι μέλισσες προμηθεύονταν νερό από ρυπασμένη πηγή, μικρά ποσά ^{137}Cs και Pu ανιχνεύτηκαν σε αυτές.



Σχήμα 3. Συγκέντρωση του ^3H στις μέλισσες, το μέλι και την ατμόσφαιρα (αριστερά) και ^{137}Cs και Pu στις μέλισσες και τα επιφανειακά ύδατα στη περιοχή του Mortadad Canyon.

Στην περιοχή του 'Puget Sound', στην Ουάσιγκτον, υπήρχε ένας μεγάλος αριθμός από μελισσοκόμους που διατηρούσαν τις μέλισσές τους σε μια αγροτική περιοχή. Στην ίδια περιοχή υπήρχαν πάνω από 130 πηγές περιβαλλοντικής ρύπανσης, συμπεριλαμβανομένων χυτηρίων, εργοστασίων χημικών και άλλων μεγάλων βιομηχανιών. Από τον Ιούλιο μέχρι τα μέσα του Σεπτεμβρίου του 1982, 64 μελισσοκόμοι μάζεψαν δείγματα από περίπου 72 σημεία, μιας περιοχής συνολικής έκτασης 7500 Km^2 . Τα δείγματα αποστέλλονταν κατεψυγμένα για να γίνει η ανάλυση. Αφού

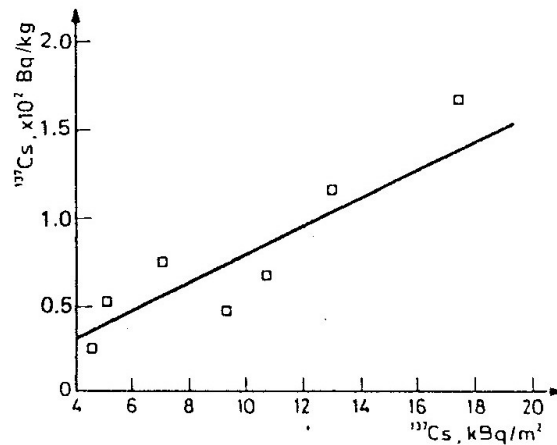
τοποθετούνταν σε ποτήρια ζέσεως, ξηραίνονταν σε φούρνο με αέρα στους 45 °C. Από τα στοιχεία που μελετήθηκαν, κατέστη δυνατή η χαρτογράφηση της περιεκτικότητας σε αρσενικό (As), κάδμιο (Cd) και φθόριο (F) στο σώμα των μελισσών, μιας και αυτή ακολουθούσε κάποια κανονικότητα (Σχ. 4). Αυτό δεν συνέβη στην περίπτωση του χαλκού (Cu), του ψευδαργύρου (Zn) και του μολυβδου (Pb), οι συγκεντρώσεις των οποίων συνδέθηκαν με αυτοκινητόδρομους (Bromenshenk *et al.*, 1985).



Σχήμα 4. Χαρτογράφηση της ρύπανσης από As, Cd και F στην περιοχή του Puget Sound.

Σε μελέτη που έγινε στην Ιταλία, (Tonelli *et al.*, 1990) συλλέχθηκαν δείγματα μελισσών από 7 περιοχές, οι οποίες βρίσκονταν μακριά από αστικά κέντρα. Μετρήθηκε η περιεκτικότητα σε ^{137}Cs στο σώμα των μελισσών και έγινε σύγκριση με την απόθεση του στοιχείου αυτού στο έδαφος. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 5, υπάρχει συσχέτιση που περιγράφεται από μια ευθεία γραμμή.

Τέλος, ο Migula *et al.*, (1989) βρήκε μερική συσχέτιση της περιεκτικότητας των στοιχείων Zn, Cu, Cd και Pb στο σώμα των μελισσών και την ατμόσφαιρα. Ο ίδιος ερευνητής προτείνει ο έλεγχος για βαρέα μέταλλα να μη γίνεται σε ολόκληρο το σώμα των μελισσών, αλλά μόνο στο πεπτικό τους σύστημα, μιας και εκεί συγκεντρώνονται κατά κύριο λόγο αυτά.



Σχήμα 5. Επίπεδα του ^{137}Cs στις μέλισσες σε σχέση με τα επίπεδα των αποθέσεων στο έδαφος σε περιοχές της Ιταλίας.

Βέβαια, υπάρχουν και περιπτώσεις που δεν βρέθηκε κάποια συσχέτιση, όπως στην περίπτωση του Balestra (1992), ο οποίος δεν βρήκε καμία σχέση μεταξύ των βιολογικών μετρήσεων και των αβιοτικών δεδομένων για τα στοιχεία Pb, Cr, Ni και Cd.

5. ΤΑ ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΤΗΣ ΚΥΨΕΛΗΣ ΩΣ ΔΕΙΚΤΕΣ **ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ**

5.1. Μέλι

Θα έλεγε κανείς ότι οι απόψεις για το αν το μέλι αποτελεί ή όχι ικανό δείκτη περιβαλλοντικής ρύπανσης είναι διχασμένες. Υπάρχουν ερευνητές που λένε ότι το μέλι είναι ακατάλληλος δείκτης (Jones, 1987; Tonelli *et al.*, 1990; Balestra, 1992, Conti & Botré, 2000) και άλλοι που έχουν βρει σχέση της περιεκτικότητας του μελιού σε ρυπαντές με αυτού του περιβάλλοντος (Giovani *et al.*, 1991; Barisic *et al.*, 1992; Leita, 1996; Petkov *et al.*, 1998; Barisic *et al.*, 1999). Φαίνεται ότι αυτό σχετίζεται με το είδος του υπό μελέτη ρύπου, αλλά και οι ιδιαίτερες συνθήκες της εκάστοτε περιοχής.

Οι Tong και συνεργάτες (1975) επιχείρησαν για πρώτη φορά να αναλύσουν τα συστατικά του μελιού, με στόχο να διερευνήσουν το αν η περιεκτικότητά του σε βαρέα μέταλλα αντικατοπτρίζει την κατάσταση του περιβάλλοντος στην περιοχή γύρω από την κυψέλη. Από τη μελέτη κατέληξαν ότι τα βαρέα μέταλλα στο μέλι είναι ενδιαφέροντα όχι μόνο για τον ποιοτικό έλεγχο, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης ως περιβαλλοντικός δείκτης.

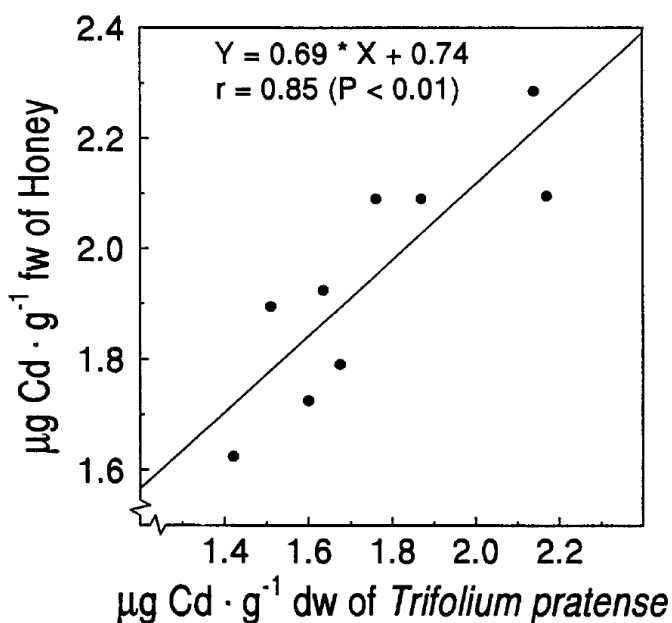
Ο Jones (1987) αναφέρει ότι το μέλι δεν είναι βέβαιο ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της παρουσίας ιχνοστοιχείων μιας και δεν είναι γνωστό σε πιο βαθμό καθρεπτίζει την περιεκτικότητα σε αυτά του αέρα ή του εδάφους.

Η σχετικά χαμηλή περιεκτικότητα σε ρύπους απαιτεί τη χρήση ευαίσθητων τεχνικών ανίχνευσης. Επιπλέον, τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθορίζονται από διάφορες μεταβλητές, όπως:

- ρύπανση των δειγμάτων κατά τις διαδικασίες της προετοιμασίας, του καθαρισμού και της αποθήκευσης (Tong *et al.*, 1975)
- ενυπάρχουσες διαφορές μεταξύ των τύπων μελιού. Υπάρχουν διαφορές μεταξύ ανοιχτόχρωμων –σκουρόχρωμων μελιών (Petkov *et al.*, 1998) και μεταξύ μελιών από νέκταρ ή μελιτώματα (Veleminsky *et al.*, 1990; Giovani *et al.*, 1991; Barisic *et al.*, 1999)
- εποχή και είδη φυτών που υπάρχουν, διαφορές στο μέγεθος της περιοχής 'βόσκησης' (Jones, 1987)

- βοτανική πηγή προέλευσης του μελιού, διαφορετική επικάθηση ανεμοφερόμενων ραδιενεργών στοιχείων (Tonelli *et al.*, 1990)
- χρονική στιγμή της συλλογής του μελιού και περίοδος που παρέρχεται μεταξύ δύο διαδοχικών διεργασιών εξαγωγής του μελιού.

Οι Leita και συνεργάτες (1996) βρήκαν μια γραμμική σχέση μεταξύ της περιεκτικότητας του μελιού και των ανθέων του *Trifolium pratense* σε Cd (Σχ. 6).



Σχήμα 6. Συσχέτιση της περιεκτικότητας του τριφυλλιού και του μελιού από τριφύλλι σε Cd.

Από τη μελέτη των Barisic και συνεργάτες (1992) βρέθηκε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ της ποσότητας του ¹³⁷Cs στο έδαφος και αυτής στο μέλι. Συγκεκριμένα για κάθε 2,5 KBq/m² ¹³⁷Cs που υπάρχουν στην εδαφική ζώνη βάθους 10 cm, 1 KBq/m² καταλήγει στο μέλι, στην περίπτωση που το μέλι προέρχεται από λειμώνες. Αν προέρχεται από θάμνους και δέντρα, 1 KBq/m² ¹³⁷Cs αναμένεται στο μέλι για κάθε 9 KBq/m² που υπάρχουν στην εδαφική ζώνη των 10 cm.

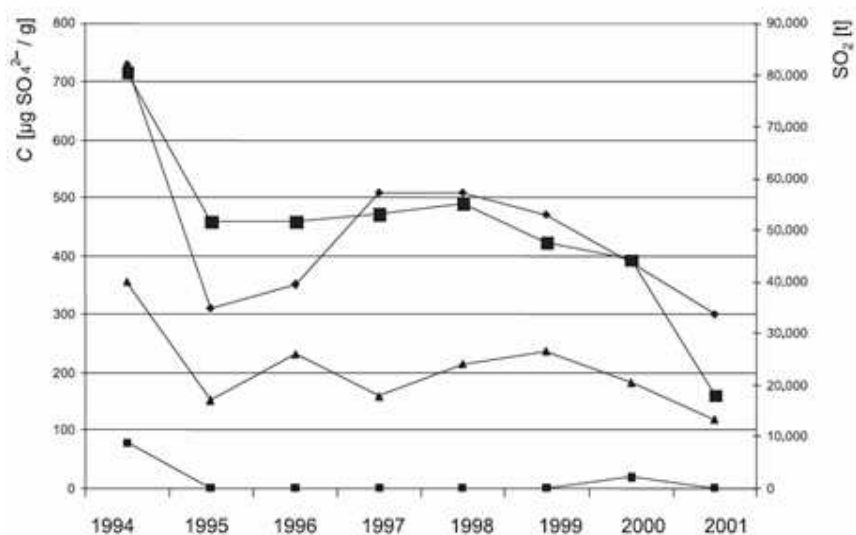
Οι Giovanì και συνεργάτες (1991) βρήκαν μεγάλες διαφορές μεταξύ των μελιών από μελιτώματα (22 Bq/Kg) και των μελιών ανθέων ή της καστανιάς (4 Bq/Kg). Λόγω της μεγαλύτερης περιεκτικότητας των μελιών από μελιτώματα σε βαρέα μέταλλα,

πρέπει να προτιμώνται έναντι των άλλων τύπων μελιών όσον αφορά στη προσπάθεια καταγραφής της περιβαλλοντικής ρύπανσης σε μια περιοχή.

Οι Barisic και συνεργάτες (1999) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το μέλι από μελιτώματα μπορεί να αποτελέσει δυνητικό δείκτη των στοιχείων ^{137}Cs , ^{40}K , Ca, Rb, Cu, Zn, Pb, Ni, Mn και Cr, κάτι που δε συνέβη με το Fe και το Sr. Για το Sr, το αυτό ισχύει και για τους άλλους τύπους μελιών, κάτι που καθιστά το μέλι ακατάλληλο δείκτη ρύπανσης από ραδιενεργά ισότοπα Sr.

Πρέπει να πούμε ότι τα στοιχεία Ag και Cd (Jones, 1987) και το ^{137}Cs μπορεί να βρεθούν στο μέλι πολλά χρόνια μετά το πέρας της λειτουργίας της πηγής ρύπανσης μίας περιοχής, αφού είναι σταθερά στη βιοαποδόμηση.

Σε μια άλλη μελέτη, το μέλι χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της ρύπανσης με SO_2 (Ponikvar *et al.*, 2005). Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένα δίκτυο από 32 κυψέλες, το οποίο κάλυπτε μια έκταση 700 Km^2 γύρω από μια μεγάλη μονάδα παραγωγής ενέργειας με λιθάνθρακα. Αν και το μέλι περιέχει κάποια ποσότητα θείου, βρέθηκε θετική συσχέτιση μεταξύ της περιεκτικότητας του μελιού σε αυτό και της ετήσιας εκπομπής SO_2 από την μονάδα (Σχ. 7). Μάλιστα, όταν μειώθηκαν οι εκπομπές με τη χρήση φίλτρων, μειώθηκε και η ποσότητα θείου στο μέλι.



Σχήμα 7. Ελάχιστη (■), μέση (▲) και μέγιστη (◆) περιεκτικότητα του μελιού σε θείο και συνολική εκπομπή SO_2 (■).

5.2. Γύρη

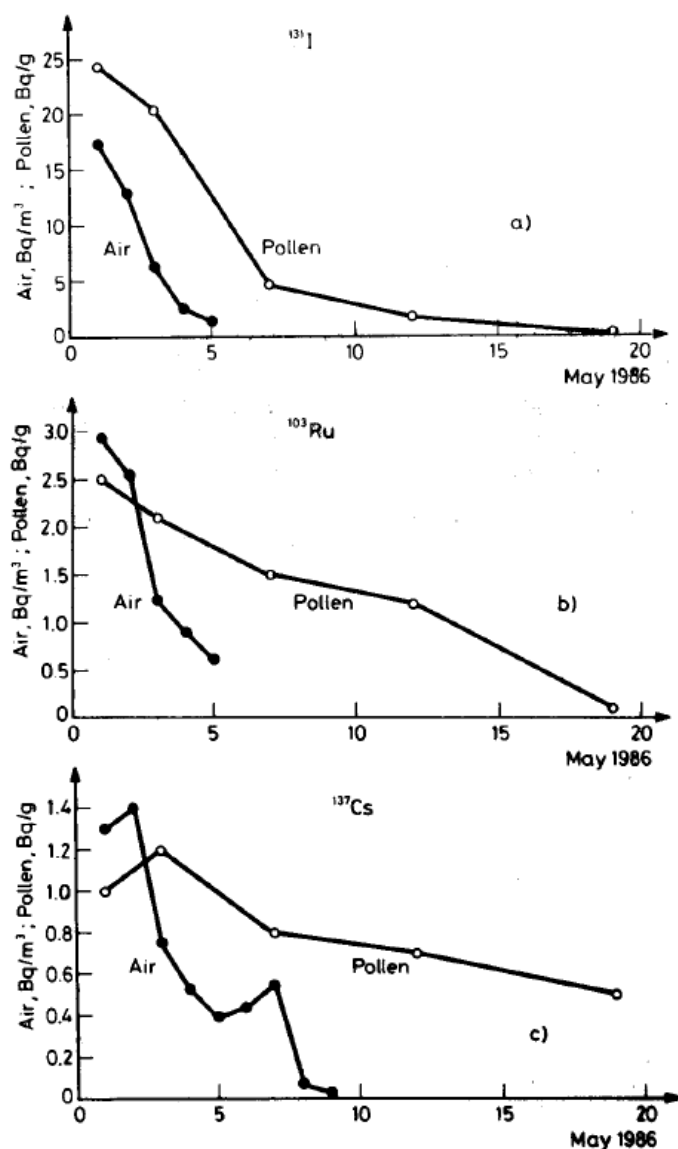
Η γύρη έχει θεωρηθεί από πολλούς ερευνητές ως κατάλληλος βιοδείκτης περιβαλλοντικής ρύπανσης (Muller & Aghte, 1988; Tonelli *et al.*, 1990; Veleminsky *et al.*, 1990; Conti & Botré, 2000). Σε πειράματα που έγιναν στην Αγγλία (Free *et al.*, 1983) η περιεκτικότητα της γύρης στα στοιχεία Mn, Zn, Cu, και Pb βρέθηκε αντίστοιχη της περιεκτικότητας του εδάφους στα στοιχεία αυτά, κάτι που δεν ίσχυε για το Fe και το Mg.

Από τα αποτελέσματα της μελέτης των Tonelli και συνεργατών (1990) φαίνεται ότι η διακύμανση της συγκέντρωσης των ραδιονουκλεϊδίων ^{131}I , ^{103}Ru και ^{137}Cs στη γύρη είναι αντίστοιχη με αυτήν της ατμόσφαιρας (Σχ. 8). Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, το ότι η γύρη είναι ένας πολύ καλός δείκτης ραδιενεργού ρύπανσης οφείλεται καταρχήν στη μεγάλη της επιφάνεια και στο γεγονός ότι αυτή είναι σε επαφή με το περιβάλλον προ και κατά την μεταφορά της στην κυψέλη. Επιπλέον, η εξαγωγή της γύρης από τα κελιά σχετίζεται άμεσα με το χρόνο συλλογής αυτής από τις μέλισσες. Συνεπώς, μπορεί να δείχνει τις διακυμάνσεις της ρύπανσης του περιβάλλοντος σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Στον αντίποδα, οι Bromenshenk και συνεργάτες (1985) δεν μπόρεσαν να χρησιμοποιήσουν για χαρτογράφηση την περιεκτικότητα της γύρης στα στοιχεία As, Cd, Pb, Zn, Cu, και F επειδή αυτή δεν ακολουθούσε κάποια κανονικότητα. Ακόμα, όπως αναφέρουν οι Veleminsky και συνεργάτες (1990), οι ποσότητες των βαρέων μετάλλων στη γύρη που βρίσκεται στη κυψέλη είναι χαμηλότερες από αυτές στα αντίστοιχα φυτά, ένεκα της προσθήκης σε αυτή ουσιών από τις μέλισσες πριν την τοποθέτησή της στα κελιά της κυψέλης. Συνεπώς, μπορεί να αναρωτηθεί κανείς για ποιο λόγο να είναι η γύρη πιο αξιόπιστος δείκτης του περιεχομένου των εδαφών σε ρύπους από ότι το ίδιο το φυτό από το οποίο η γύρη προέρχεται (Jones, 1987).

Μια ενδιαφέρουσα άποψη εκφράζουν οι Veleminsky και συνεργάτες (1990), οι οποίοι αναφέρουν ότι οι περισσότεροι ερευνητές που ασχολούνται με την χρήση των μελισσών και των προϊόντων τους ως βιοδείκτες τείνουν να έχουν μόνο μια όψη της όλης εικόνας. Η γύρη είναι πολύ σημαντική από την άποψη της συσσώρευσης ή μεταφοράς μετάλλων στα φυτά, ενώ συχνά αναφέρεται ως η κύρια πηγή βαρέων μετάλλων στην κυψέλη. Από την άλλη, είναι κοινώς αποδεκτό ότι οι συλλέκτριες

μέλισσες είναι το πιο ευαίσθητο βιολογικό υλικό για την παρακολούθηση της κατανομής των βαρέων μετάλλων σε μια περιοχή. Περιέχουν στο σώμα τους υψηλά ποσά βαρέων μετάλλων, ενώ παρουσιάζουν σταθερότητα σαν δείγματα. Όπως φαίνεται, συνδυασμός αυτών των δύο θα συνέθετε μια βελτιωμένη μέθοδο παρακολούθησης της κατανομής των βαρέων μετάλλων σε μια περιοχή με την χρήση των μελισσών και των προϊόντων τους.



Σχήμα 8. Επίπεδα των ^{131}I , ^{103}Ru και ^{137}Cs στη γύρη και την ατμόσφαιρα.

5.3. Πρόπολη-Κερί

Η πρόπολη έχει πάρα πολλές πηγές προέλευσης. Όμως, θεωρείται από κάποιους ερευνητές ως ικανός δείκτης περιβαλλοντικής ρύπανσης. Όσον αφορά στο κερί, αυτό μπορεί να είναι χρήσιμο στην παρακολούθηση της διακύμανσης στο χρόνο λιπόφιλων συστατικών (Jones, 1987), συμπεριλαμβανομένων και μετάλλων.

Σε μια μελέτη που έγινε στην Ιταλία, προσδιορίστηκε η περιεκτικότητα της πρόπολης και του κεριού στα στοιχεία μόλυβδο, χρώμιο και κάδμιο σε μια κυψέλη που είχε τοποθετηθεί στο κέντρο της Ρώμης, σε σύγκριση με κυψέλες μάρτυρες. Βρέθηκε ότι τόσο η πρόπολη όσο και το κερί περιείχαν υψηλότερα ποσά και από τα τρία βαρέα μέταλλα στην κυψέλη που βρισκόταν στο κέντρο της πόλης (Conti & Botré, 2000).

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι μέλισσες θα μπορούσαμε να πούμε ότι επηρεάζονται από την κατάσταση του περιβάλλοντος με άμεσο και έμμεσο τρόπο. Άμεσα λόγω των απευθείας συνεπειών της ρύπανσης στις μέλισσες και έμμεσα λόγω της διατάραξης στην ισορροπία των γήινων οικοσυστημάτων.

Οι μέλισσες είναι κατάλληλοι βιοδείκτες περιβαλλοντικής ρύπανσης, αφού μπορεί να θεωρηθούν κινητοί δειγματολήπτες, που καλύπτουν μια μεγάλη δειγματοληπτική περιοχή, ακτίνας πάνω από 10 Km, συλλέγοντας τροφή από διάφορα σημεία. Η χρήση των μελισσών για αυτόν τον σκοπό αποτελεί έναν φθηνό και εύκολο τρόπο καταγραφής της ρύπανσης σε μια περιοχή. Κατά την πτήση τους από και προς την κυψέλη, οι μέλισσες ακούσια έρχονται σε επαφή με ένα πλήθος ρύπων, κάποιοι από τους οποίους καταλήγουν μαζί με αυτές στην κυψέλη. Λαμβάνοντας υπόψη αποτελέσματα διαφόρων πειραμάτων που απέδειξαν ότι οι ιστοί που λαμβάνονται από παρόμοιες αποικίες, οι οποίες αναπτύσσονται υπό τις ίδιες συνθήκες, δίνουν τα ίδια αποτελέσματα και ότι υπάρχουν σημαντικές διαφορές στα επίπεδα των ρύπων σε αποικίες διαφόρων ηλικιών. Με τη χρήση των μελισσών κατέστη δυνατή η χαρτογράφηση της ρύπανσης στα βαρέα μέταλλα αρσενικό (As), κάδμιο (Cd) και φθόριο (F) και ο προσδιορισμός της βιοδιαθεσιμότητας του ραδιενεργού υδρογόνου (^3H), του καισίου (^{137}Cs) και του πλουτωνίου (Pu). Αντίθετα, δεν έγινε χαρτογράφηση της ρύπανσης με χαλκό (Cu), ψευδάργυρο (Zn) και μόλυβδο (Pb).

Σχετικά, λοιπόν, με την χρήση των μελισσών ως δείκτη περιβαλλοντικής ρύπανσης, μπορούμε να πούμε ότι δύναται να χρησιμοποιηθούν προς αυτήν την κατεύθυνση. Σχέσεις της συγκέντρωσης ρύπων στο σώμα των μελισσών με αυτές στο περιβάλλον βρέθηκαν για πολλά στοιχεία, όχι όμως για όλα.

Τα προϊόντα της κυψέλης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και αυτά ως δείκτες περιβαλλοντικής ρύπανσης. Όσον αφορά τη χρήση του μελιού ως δείκτη περιβαλλοντικής ρύπανσης οι απόψεις δίστανται. Φαίνεται ότι αυτό σχετίζεται με το είδος του υπό μελέτη ρύπου, αλλά και τις ιδιαίτερες συνθήκες της εκάστοτε περιοχής. Έχει αποδειχθεί ότι τα βαρέα μέταλλα στο μέλι είναι ενδιαφέροντα όχι μόνο για τον ποιοτικό έλεγχο, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν επίσης ως περιβαλλοντικός

δείκτης. Όμως υπάρχουν κάποιοι παράμετροι που πρέπει να ληφθούν σοβαρά υπόψη καθώς υπάρχουν σημαντικές διαφορές μεταξύ της περιεκτικότητας των διαφόρων τύπων μελιών στα προς μελέτη στοιχεία. Το μέλι μπορεί να αποτελέσει βιοδείκτη στην περίπτωση των στοιχείων ^{40}K , Ca, Rb, Cu, Zn, Pb, Ni, Mn, Cr και κυρίως του ^{137}Cs . Επίσης, η περιεκτικότητα του μελιού σε S σχετίζεται με τις εκπομπές SO_2 .

Η γύρη επίσης έχει θεωρηθεί από πολλούς ερευνητές ως κατάλληλος δείκτης περιβαλλοντικής ρύπανσης. Όπως αποδείχθηκε η περιεκτικότητα της γύρης στα στοιχεία Mn, Zn, Cu, και Pb βρέθηκε αντίστοιχη της περιεκτικότητας του εδάφους στα στοιχεία αυτά, όπως και η συγκέντρωση των ραδιονουκλεϊδίων ^{137}Cs στη γύρη είναι αντίστοιχη με αυτήν της ατμόσφαιρας. Ο λόγος που η γύρη είναι ένας πολύ καλός δείκτης ραδιενεργού ρύπανσης οφείλεται κατά κύριο λόγο στο ότι έρχεται σε επαφή με το περιβάλλον προ και κατά την μεταφορά της στην κυψέλη. Μια ενδιαφέρουσα άποψη προτείνει να γίνεται συνδυασμός της ανάλυσης της γύρης και των μελισσών, ώστε να λαμβάνεται μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης.

Τέλος η πρόπολη και το κερί θεωρούνται από κάποιους ερευνητές ως ικανός δείκτης περιβαλλοντικής ρύπανσης. Όσον αφορά στο κερί, αυτό μπορεί να είναι χρήσιμο στην παρακολούθηση της διακύμανσης στο χρόνο λιπόφιλων συστατικών συμπεριλαμβανομένων και μετάλλων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αλυσσανδράκης, Ε., 2000. Περιβαλλοντική ρύπανση και μέλισσες. Εργασία για το Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 30 σελ.
- Accorti M., Guardini R and Persano Oddo L., 1991. L' ape: indicatore biologico e insetto test. [the honey bee as a biological indicator and test insect.]. *Redia*, 74(1):1-15.
- Assmann-Werthmuller U., Werthmuller K. and Molzahn D., 1991. Cesium contamination of heather honey. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 149(1):123-129.
- Atkins E. L., 1966. Well, almost-bees breathe smog with ease. *American Bee Journal*, 106(10):374.
- Balestra V., Celli G. and Porrini C., 1992. Bees, honey, larvae and pollen in biomonitoring of atmospheric pollution. *Aerobiologia*, 8(1):122-126.
- Barišić D., Lulic S., Kezic N. and Vertacknik A., 1992. ¹³⁷Cs in fowers, pollen and honey from Republic of Croatia four years after the Chernobyl accident. *Apidologie*, 23:71-78.
- Barišić D., Lazaric K., Lulic S., Vertacknik A., Drazic M. and Kezic N., 1994. ⁴⁰K, ¹³⁴Cs and ¹³⁷Cs in pollen, honey and soil surface layer in Croatia. *Apidologie*, 30:277-287.
- Barišić D., Vertačnik A., Bromenshenk J. J., Kezić N., Lulić S., Hus M., Kraljević P., Simpraga M. and Seletcović Z., 1999. Radionuclides and selected elements in soil and honey from Gorski Kotar, Croatia. *Apidologie*, 30:277-287.
- Beekman M. and Ratkiens F. L. W., 2000. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera* L. *Functional Ecology*, 14:490-496.
- Bogdanov S., 2006. Contaminants of bee products. *Apidologie*, 37:1-18.
- Bromenshenk J. J., 1976. Investigations of the effects of coal-fired power plant emissions upon insects. Report of progress. In: *The bioenvironmental Impact of a coal-fired Power Plant.. Second Interim Report, Colstrip, Montana, R.A. Lewis, N.R. Glass and A.S. Lefohn, eds. EPA-600/3-76-013, U.S. Enviromental Protection Agency, Corvallis, OR. 112-129 and 286-312.*

- Bromenshenk J. J., 1978 . Investigations of the effects of coal-fired power plant emissions upon insects. I. Entomological studies in the vicinity of Colstrip, Montana. II. Entomological studies at the zonal air pollution system. *In: The Bioenvironmental Impact of a Coal-fired Power Plant.. Third Interim Report, Colstrip, Montana, E.M. Preston and R.A. Lewis, eds. EPA-600/3-78-021, U.S. Environmental Protection Agency, Corvallis, OR. 146-312 and 473-507.*
- Bromenshenk, J. J., Carlson, S. R., Simpson, J. C. and Thomas, J. M., 1985. Pollution monitoring of Puget Sound with honey bees. *Science*, 227:632-634.
- Bromenshenk J.J., Gudatis J. L., Carlson S. R., Thomas J. M. and Simmons M. A., 1991. Population dynamics of honey bee nucleus colonies exposed to industrial pollutants. *Apidologie*, 22:359-369.
- Bromenshenk J. J., 1992. Site-specific and regional monitoring with honey-bees: case study comparisons. *Proceedings of the international symposium on ecological indicators, Volume 39, Fort Lauderdale, FI, USA, 16-19 October 1990.* Elsevier Science Publications; London, UK.
- Celli G. and Maccagnani B. (2003). Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *Bulletin of Insectology*, 56(1):137-139.
- Conti M. E. and Botré F., 2000. Honeybees and their products as potential bioindicators of heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 69:267-282.
- Crane E., 1984. Bees, honey and pollen as indicators of metals of the environment. *Bee world*, 1(65):47-49
- Free J. B., Williams I. H., Pinsent R. J. F. H., Townshend A., Basi M. S. and Graham C. L., 1983. Using foraging honeybees to sample an area for trace metals. *Environment International*, 9:9-12.
- Giovani C., Padovani R., Frilly F., Barbattini R and Iob M., 1991. Il miele come indicatore della cantaminazione radioaativa. [Honey as an indicator of radioactive contamination.]. *Apicoltura*, 7:137-149.
- Girotti S., Maiolini, E., Bolelli, L., Ghini, S., Ferri, E., Barile, N. and Mendvedeva, S., 2008. Analytical techniques and bioindicators in environmental control: honeybees, mussels, bioluminescent bacteria: rapid immunoassays for pesticide

detection. *Soil Chemical Pollution, Risk Assessment, Remediation and Security*, pp. 327-347. *Proceedings of the NATO Advanced Research Workshop on Soil Chemical Pollution, Risk Assessment, Remediation and Security, Sofia, Bulgaria, 23-26 May 2007*.

Haarmann T., 1997. Honey bees as indicators of radionuclide contamination: exploring colony variability and temporal contaminant accumulation. *Journal of Apicultural Research*, 36(2): 77-87.

Haarmann T. K., 1998. Honey bees as indicators of radionuclide contamination: comparative studies of contaminant levels in foraging and nurse bees and in the flowers of three plant species. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 35:287-294.

Hakonson T. E. and Bostick K., V. 1975. The availability of environmental radioactivity to honey bee colonies at Los Alamos. *Journal of Environmental Quality*, 5(3):307-310.

Horn U., Helbig M., Molzahn D. and Hentschel E. J., 1996. Transfer von ^{226}Ra in den Honig und die mögliche Nutzung der Honigbiene (*Apis mellifera*) als Bioindikator im radioaktiv belasteten Uranabbaugebiet der Wismut. [The transfer of ^{226}Ra to honey and the possible use of the honey bee as a bioindicator in the uranium mining area of the Wismut region.]. *Apidologie*, 27(4):211-217.

Jones K. C., 1987. Honey as an indicator of heavy metal contamination. *Water, Air and Soil Pollution*, 33:179-189.

Krunic M. D., Terzic L. R. and Kulinčević J. M., 1989. Honey resistance to air contamination with arsenic from a copper processing plant. *Apidologie*, 20:251-255.

Leita L., Muhlbachova G., Cesco S., Barbattini R. and Mondini C., 1996. Investigation of the use of honey bees honey bee products to assess heavy metals contamination. *Environmental Monitoring and Assessment*, 43(1):1-9.

Mercuri A., 1988. Piogge polliniche nei mieli e inquinamento atmosferico: flora pollinica e presenza di cesio in un miele del 1986. [Pollen grains in honey and air pollution: pollen flora and caesium present in a 1986 honey]. In *Atti III Congresso Nazionale Associazione Italiana di Aerobiologia, Pavia, Italy*, 273-276.

- Migula P., Binkowska K., Kafel A., Kedziorski A. and M. Nakonieczny, 1989. Heavy metal content and adenylate energy charge in insects from industrialized regions as indices of environmental stress. *In Proceedings of the Vth international Conference, Bioindicators Deterioration of the Region, II*, 340-349. [edited by Bohac J., Ruzicka V.]. Ceske Budejovice, Czechoslovakia, Institute of Landscape Ecology.
- Muller S. and Agthe O., 1988. Die Honigbiene (*Apis mellifera*) als Indikator für die Blei- und Cadmiumbelastung zweier Standorte. [The honeybee as an indicator of the levels of lead and cadmium pollution at two locations.]. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*, 95(8):328-329.
- Nation J. L. and Robinson F. A., 1971. *Journal of Apicultural research*, 10:35
- Nummelin M., Lodenius M., Tulisalo E., Hirvonen H. and Alanko T., 2007. Predatory insects as bioindicators of heavy metal pollution. *Environmental Pollution*, 145:339-347.
- Petkov R., Getchev I. and Kuntceva S., 1998. Studies on the content of heavy metals in bee honey in ecological pollution zones. *Apiacta*, 33:107-111.
- Πετράκη Γ., 2008. Δηλητηριάσεις των μελισσών από φυτοπροστατευτικά προϊόντα. Πτυχιακή μελέτη, ΤΕΙ Κρήτης, 58 σελ.
- Ponikvar M., Šnajder J. and Sedej B., 2005. Honey as a bioindicator for environmental pollution with SO₂. *Apidologie*, 36:403-409.
- Porrini C., Sabatini A. G., Girotti S., Ghini S., Medrzycki P., Grillenzoni F., Bortolotti L., Gattavecchia E. and Celli G., 2003. Honey bees and their products as monitors of the environmental contamination. *Apiacta*, 38:63-70.
- Pratt C. R. and R. S. Sikorski, 1982. Lead content of wildflowers and honey bees (*Apis mellifera*) along a roadway: possible contamination of a simple food chain. *Proceedings of the Pennsylvania Academy of science*, 56:151-152.
- Shabinov M. and N. Ibrishimov, 1975. Using honey bee gathering activity to establish trace elements in the environment. *Acta Microbiologica, Virologica et Immunologica*, 2:105-108.

- Tong S. S. C., Morse R. A., Bache C. A., and LISK D. J., 1975. Elemental analysis of honey as an indicator of pollution. *Archives of Environmental Health*, 30:329-332.
- Tonelli D., Gattavecchia S., Ghini S., Porrini C., Celli G. and Mercuri A.M., 1990. Honey bees and their products as indicators of environmental radioactive pollution. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 14(2):427-436.
- Veleminsky M., Laznicka P. and Sary P., 1990. Honeybees (*Apis mellifera*) as environmental monitors of heavy metals in Czechoslovakia. *Acta Entomologica Bohemoslovaca*, 87:37-44.
- Wallwork-Barber M. K., Ferenbaugh R. W. and Gladney E. S., 1982. The use of honey bees as monitors of environmental pollution. *American Bee Journal*, 122(11):770-772.
- Wikipedia, 2009. Imidacloprid effects on bee population. Available on-line: http://en.wikipedia.org/wiki/Imidacloprid_effects_on_bee_population. Τελευταία πρόσβαση: Ιούνιος 2009.