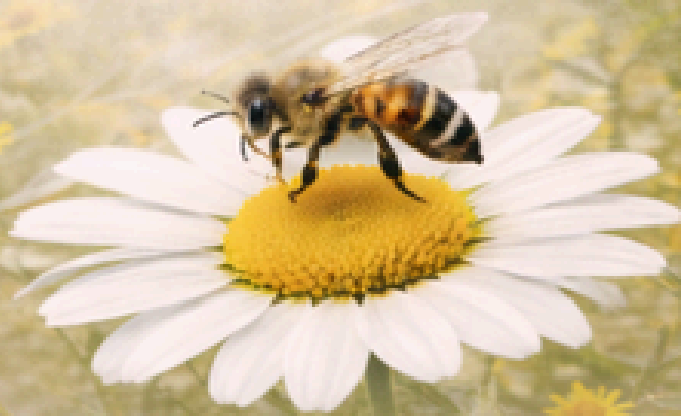




BeeSensorVET

**Βιώσιμη και έξυπνη μελισσοκομία μέσω αισθητήρων, Τεχνητής
Νοημοσύνης και Διαδικτύου των Πραγμάτων: Στοιχεία από τη Σλοβενία,
την Ελλάδα και την ΕΕ**

2025-1-SI01-KA210-VET-000355734



Co-funded by
the European Union

Χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι απόψεις και οι γνώμες που εκφράζονται είναι, ωστόσο, μόνο του/των συγγραφέα/ων και δεν αντικατοπτρίζουν απαραίτητα εκείνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή του Εκτελεστικού Οργανισμού Ευρωπαϊκής Εκπαίδευσης και Πολιτισμού (EACEA). Ούτε η Ευρωπαϊκή Ένωση ούτε ο EACEA φέρουν ευθύνη γι' αυτές.

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή	3
1.1 Σχετικά με το έργο BeeSensorVET	3
1.2 Βιώσιμη μελισσοκομία και ψηφιοποίηση στη μελισσοτροφία	3
1.3 Δομή και σκοπός αυτού του ηλεκτρονικού βιβλίου	4
2. Μεθοδολογία	5
2.1 Ερευνητική προσέγγιση	5
2.2 Πηγές και βάσεις δεδομένων	6
2.3 Κριτήρια επιλογής	6
2.4 Σύνθεση δεδομένων	6
3. Τρέχουσα κατάσταση των έξυπνων τεχνολογιών μελισσοκομίας	6
3.1 Αισθητήρες	7
3.2 Τάσεις - χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης για μελισσοκομία ακριβείας	9
4. Μελέτες περιπτώσεων	10
4.1. Σλοβενία	10
4.2. Ελλάδα	16
4.3. Βέλτιστες πρακτικές της ΕΕ και διεθνείς πρακτικές	19
5. Εκπαιδευτικές προοπτικές	24
5.1 Εκπαιδευτικές πρακτικές στη Σλοβενία	24
5.2 Εκπαιδευτικές πρακτικές στην Ελλάδα	27
6. Συμπεράσματα	30
7. Βιβλιογραφία	31



Συγγραφείς: Anton Gradišek, Andreja Abina, Aleksander Zidanšek, Ana Vilar, Nina Štajnfelzer, Darko Kovačič, Lampros Gitsas, Marievi Gretsī, Giorgos Dalezios

Open Access and Licensing (OER)

Η παρούσα δημοσίευση αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου BeeSensorVET και είναι διατίθεται ελεύθερα υπό την άδεια Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0). Η άδεια επιτρέπει την αντιγραφή, αναπαραγωγή, προσαρμογή και αναδιανομή υλικού σε οποιοδήποτε μέσο ή μορφή, υπό την προϋπόθεση ότι δίνεται η κατάλληλη αναγνώριση στο consortium BeeSensorVET και στους συγγραφείς.

© 2026 BeeSensorVET Consortium. Άδεια Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0).

Παρακαλείστε να αναφέρετε την παρούσα δημοσίευση ως εξής:

BeeSensorVET (2026), Integrating Sensors into VET Training for Smart Beekeeping (Erasmus+ KA210-VET, 2025-1-SI01-KA210-VET-000355734).

1. Εισαγωγή

1.1 Σχετικά με το έργο BeeSensorVET

Το BeeSensorVET – Ενσωμάτωση Αισθητήρων στην Εκπαίδευση Επαγγελματικής Εκπαίδευσης και Κατάρτισης (EEK) για την Έξυπνη Μελισσοκομία είναι ένα έργο Erasmus+ που στοχεύει στον εκσυγχρονισμό της Επαγγελματικής Εκπαίδευσης και Κατάρτισης (EEK) στη μελισσοκομία και τη μελισσοτροφία, ενσωματώνοντας προηγμένες τεχνολογίες αισθητήρων, τεχνητή νοημοσύνη (TN) και προσεγγίσεις μάθησης που βασίζονται σε δεδομένα. Το έργο αντιμετωπίζει πιεστικές περιβαλλοντικές, τεχνολογικές και κοινωνικές προκλήσεις στη μελισσοκομία, συμπεριλαμβανομένης της κλιματικής αλλαγής, της απώλειας βιοποικιλότητας και της περιορισμένης πρόσβασης σε σύγχρονη εκπαίδευση για μικρούς και αγροτικούς μελισσοκόμους.

Αναπτύσσοντας ένα υβριδικό, ψηφιακό ενεργό πρόγραμμα επαγγελματικής κατάρτισης με καινοτόμο μαθησιακό περιεχόμενο, το BeeSensorVET ενδυναμώνει τους μελισσοκόμους, τους φοιτητές επαγγελματικής κατάρτισης και τους εκπαιδευτές με πρακτικές δεξιότητες στην έξυπνη μελισσοκομία, την πολυαισθητηριακή παρακολούθηση κυψελών και τη βιώσιμη διαχείριση κυψελών. Το έργο προωθεί έντονα την ένταξη και την προσβασιμότητα, εμπλέκοντας μαθητές από γεωγραφικά απομακρυσμένες και αγροτικές περιοχές, γυναίκες, ανέργους και μαθητές χαμηλής ειδίκευσης. Μέσω της διακρατικής συνεργασίας μεταξύ εταίρων από τη Σλοβενία και την Ελλάδα - συνδυάζοντας ισχυρές μελισσοκομικές παραδόσεις, επιστημονική εμπειρογνομοσύνη και ψηφιακή καινοτομία - το BeeSensorVET συμβάλλει στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα, τον ψηφιακό μετασχηματισμό της επαγγελματικής κατάρτισης και τη μακροπρόθεσμη ανθεκτικότητα του ευρωπαϊκού μελισσοκομικού τομέα.

1.2 Βιώσιμη μελισσοκομία και ψηφιοποίηση στη μελισσοκομία

Η βιώσιμη μελισσοκομία αναγνωρίζεται ολοένα και περισσότερο ως βασικό στοιχείο της διατήρησης της βιοποικιλότητας, της ανθεκτικότητας της γεωργίας και της επισιτιστικής ασφάλειας, ιδιαίτερα στην Ευρώπη, όπου η μελισσοκομία κυριαρχείται από μικρής κλίμακας και οικογενειακές επιχειρήσεις. Οι παραδοσιακές πρακτικές μελισσοκομίας, αν και έχουν τις ρίζες τους σε πολύτιμη εμπειρική γνώση, βασίζονται σε μεγάλο βαθμό σε χειροκίνητες επιθεωρήσεις κυψελών που είναι χρονοβόρες, διαταράσσουν τις αποικίες και παρέχουν μόνο στιγμιαία στιγμιότυπα της κατάστασης των κυψελών. Ως αποτέλεσμα, τα πρώιμα προειδοποιητικά σημάδια στρες στις αποικίες, ασθένειες ή περιβαλλοντικές πιέσεις συχνά παραμένουν απαρατήρητα, συμβάλλοντας σε απώλειες αποικιών που μπορούν να αποφευχθούν [1,2]. Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής, της απώλειας οικοτόπων και των αναδυόμενων παρασίτων και ασθενειών, η βιώσιμη μελισσοτροφία εξαρτάται ολοένα και περισσότερο από προσεγγίσεις που βασίζονται σε δεδομένα και επιτρέπουν την έγκαιρη παρέμβαση, μειώνουν την περιττή διαταραχή των κυψελών και υποστηρίζουν τη μακροπρόθεσμη υγεία των αποικιών και τις οικοσυστημικές υπηρεσίες όπως η επικονίαση [2,3].

Η ψηφιοποίηση προσφέρει μετασχηματιστικές δυνατότητες για τη βιώσιμη μελισσοκομία μέσω της υιοθέτησης τεχνολογιών του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT), της παρακολούθησης μέσω αισθητήρων και της τεχνητής νοημοσύνης (AI), που συχνά αναφέρεται ως **Μελισσοκομία 4.0**. Τα έξυπνα συστήματα παρακολούθησης κυψελών ενσωματώνουν αισθητήρες που μετρούν τη θερμοκρασία, την υγρασία, το βάρος, τον ήχο, τις συγκεντρώσεις αερίων και τη δραστηριότητα των μελισσών, μεταδίδοντας δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε πλατφόρμες cloud όπου οι προηγμένες αναλυτικές πληροφορίες μετατρέπουν τα ακατέργαστα σήματα σε εφαρμόσιμες πληροφορίες για τους μελισσοκόμους [1,4]. Αυτές οι τεχνολογίες μειώνουν τις **απαιτήσεις εργασίας**, βελτιώνουν τη λήψη αποφάσεων και επιτρέπουν τη μη επεμβατική, συνεχή παρακολούθηση της δυναμικής των αποικιών, υποστηρίζοντας τόσο την παραγωγικότητα όσο και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα [3,5]. Ταυτόχρονα, πρόσφατες μελέτες υπογραμμίζουν ότι η υιοθέτηση παραμένει άνιση, επηρεασμένη από το κόστος, τη συνδεσιμότητα, τον ψηφιακό γραμματισμό και κοινωνικούς παράγοντες, υπογραμμίζοντας τη σημασία της προσβάσιμης εκπαίδευσης, των φιλικών προς το χρήστη λύσεων και τα δίκτυα ανταλλαγής γνώσεων για να διασφαλιστεί ότι η ψηφιακή καινοτομία ωφελεί ένα ευρύ φάσμα

1.3 Δομή και σκοπός αυτού του ηλεκτρονικού βιβλίου

Αυτό το ηλεκτρονικό βιβλίο έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του έργου BeeSensorVET ως βασικός πόρος γνώσης για την υποστήριξη της ενσωμάτωσης προηγμένων τεχνολογιών αισθητήρων, λύσεων Τεχνητής Νοημοσύνης και IoT στην ΕΕΚ για τη βιώσιμη μελισσοκομία. Σκοπός του είναι να παρουσιάσει την τρέχουσα κατάσταση των έξυπνων τεχνολογιών μελισσοκομίας, να αναλύσει την υιοθέτησή τους στη Σλοβενία και την Ελλάδα και να παρουσιάσει επιλεγμένες βέλτιστες πρακτικές της ΕΕ και διεθνώς. Η δημοσίευση βασίζεται σε **έρευνα γραφείου**, συνδυάζοντας μια εις βάθος ανασκόπηση της επιστημονικής και επαγγελματικής βιβλιογραφίας, ανάλυση εγγράφων πολιτικής, αποτελεσμάτων έργων της ΕΕ και των εθνικών έργων και εντοπισμό ορθών πρακτικών. Η έρευνα περιελάμβανε επίσης μια ανασκόπηση των προγραμμάτων σπουδών επίσημης εκπαίδευσης από σχολικά κέντρα στη Σλοβενία και την Ελλάδα που καλύπτουν τη μελισσοκομία και τη μελισσοτροφία, καθώς και την άτυπη εκπαίδευση που προσφέρεται από μελισσοκομικούς συλλόγους, πανεπιστήμια και σχολές κτηνιατρικής, γεωργίας, τουρισμού και αγροτικών σπουδών. Το συλλεχθέν υλικό συντέθηκε σε θεματικές ομάδες σχετικά με τεχνολογικές καινοτομίες, εκπαιδευτικές πρακτικές και ψηφιακές δεξιότητες, βιώσιμη μελισσοκομία και θεσμική/πολιτική υποστήριξη, παρέχοντας μια στέρεη βάση γνώσεων για να εμπνεύσει και να καθοδηγήσει εκπαιδευτές, εκπαιδευτές, μελισσοκόμους, ενώσεις, υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και άλλα ενδιαφερόμενα μέρη στον τομέα της επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης, και για να υποστηρίξει τον σχεδιασμό μελλοντικών υβριδικών προγραμμάτων κατάρτισης στην έξυπνη μελισσοκομία.



2. Μεθοδολογία

Η προετοιμασία αυτού του ηλεκτρονικού βιβλίου βασίστηκε σε **έρευνα γραφείου**, συνδυάζοντας μια εις βάθος ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, ανάλυση πολιτικής και τεκμηρίωσης έργων σε επίπεδο ΕΕ και κρατών μελών, και εντοπισμό ορθών πρακτικών για την ενσωμάτωση τεχνολογιών αισθητήρων, τεχνητής νοημοσύνης (AI) και λύσεων Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στη βιώσιμη μελισσοκομία. Σκοπός της παρούσας έρευνας ήταν η συλλογή και η σύνθεση υπαρχουσών γνώσεων και εμπειριών που μπορούν να χρησιμεύσουν ως έμπνευση και καθοδήγηση για εκπαιδευτικούς, ερευνητές, υπεύθυνους χάραξης πολιτικής και επαγγελματίες στη σύγχρονη μελισσοκομία.

Επιπλέον, η έρευνα περιελάμβανε μια ανασκόπηση των επίσημων προγραμμάτων σπουδών που προσφέρονται από εκπαιδευτικά ιδρύματα στη Σλοβενία και την Ελλάδα, καλύπτοντας σχολικά και πανεπιστημιακά προγράμματα μελισσοκομίας και μελισσοτροφίας, καθώς και μη τυπική εκπαίδευση και κατάρτιση που παρέχεται από μελισσοκομικούς συλλόγους, ΜΚΟ, κέντρα δια βίου μάθησης και σχετικές σχολές. Αυτή η ανασκόπηση προσδιόρισε τις βασικές δεξιότητες και γνώσεις που απαιτούνται από τους σύγχρονους μελισσοκόμους, ιδίως στη βιωσιμότητα και την ψηφιοποίηση.

2.1 Ερευνητική προσέγγιση

Η έρευνα ακολούθησε μια ποιοτική και αναλυτική προσέγγιση, εστιάζοντας στον εντοπισμό:

- τρέχουσων τάσεων και τεχνολογιών που εφαρμόζονται στην έξυπνη μελισσοκομία
- καινοτόμων πρακτικών κατάρτισης και μαθησιακών προσεγγίσεων στο πλαίσιο της ΕΕΚ και της δια βίου μάθησης
- πολιτικών και στρατηγικών πλαισίων που υποστηρίζουν την ψηφιοποίηση και τη βιωσιμότητα στη μελισσοκομία.

Κάθε εταίρος του έργου διεξήγαγε έρευνα γραφείου στο αντίστοιχο πλαίσιο: το **MIITR** επικεντρώθηκε στην κατάσταση στη Σλοβενία, το **AKMI** ανέλυσε το ελληνικό πλαίσιο και το **MPŠ** συγκέντρωσε και συνέθεσε **διεθνείς** και **ενωσιακές** βέλτιστες πρακτικές. Τα ευρήματα αργότερα συγκρίθηκαν και συζητήθηκαν για να εντοπιστούν κοινές προκλήσεις, μεταβιβάσιμες λύσεις και παραδειγματικές πρωτοβουλίες που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν τον σχεδιασμό μελλοντικών υβριδικών προγραμμάτων κατάρτισης στην έξυπνη μελισσοκομία.

2.2 Πηγές και βάσεις δεδομένων

Οι πληροφορίες συλλέχθηκαν από ποικίλες και αξιόπιστες πηγές, όπως:

- **επιστημονικές και ακαδημαϊκές δημοσιεύσεις** που καταχωρούνται στο Scopus, το Web of Science και το Google Scholar
- **Αποτελέσματα έργων που χρηματοδοτούνται από την ΕΕ** (Erasmus+, Horizon Europe, EIP-AGRI, Interreg, κ.λπ.)
- **επαγγελματικές και βιομηχανικές εκθέσεις** από μελισσοκομικούς συλλόγους, γεωργικά ινστιτούτα και δίκτυα επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης
- **έγγραφα πολιτικής και στρατηγικής** από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τα εθνικά υπουργεία με επίκεντρο τον ψηφιακό μετασχηματισμό, την πράσινη μετάβαση και την αγροτική ανάπτυξη
- **διαδικτυακές βάσεις δεδομένων μελετών περίπτωσης** και ανοιχτοί εκπαιδευτικοί πόροι που περιγράφουν τη χρήση της Τεχνητής Νοημοσύνης, των αισθητήρων και του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) στη μελισσοκομία και σε συναφείς τομείς
- **ανάλυση προγραμμάτων σπουδών και κατάρτισης**, ιδίως επίσημων σχολικών και πανεπιστημιακών προγραμμάτων, καθώς και μη τυπικής εκπαίδευσης και κατάρτισης στη Σλοβενία και την Ελλάδα, με έμφαση στις δεξιότητες και τις γνώσεις που απαιτούνται για τους μελισσοκόμους στους τομείς της βιωσιμότητας και της ψηφιοποίησης.

2.3 Κριτήρια επιλογής

Για να διασφαλιστεί η συνέπεια και η συνάφεια, εφαρμόστηκαν τα ακόλουθα κριτήρια επιλογής κατά την επιλογή υλικών και παραδειγμάτων για ανάλυση:

- **Συνάφεια** με την έξυπνη και βιώσιμη μελισσοκομία, με έμφαση στην ενσωμάτωση αισθητήρων, Τεχνητής Νοημοσύνης και Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT).
- **Γεωγραφική κάλυψη**, με προτεραιότητα στη Σλοβενία, την Ελλάδα και τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης.
- **Πρόσφατες και αξιόπιστες πηγές**, κατά προτίμηση από την περίοδο 2015–2025
- **Μεταβιβασιμότητα και εκπαιδευτικό δυναμικό** πρακτικών για χρήση στην ΕΕΚ ή στην επαγγελματική κατάρτιση
- **Η διάσταση της βιωσιμότητας**, συμπεριλαμβανομένης της ενεργειακής απόδοσης, της προστασίας της βιοποικιλότητας και της ανθεκτικότητας στην κλιματική αλλαγή.

2.4 Σύνθεση δεδομένων

Μετά τη συλλογή δεδομένων, το υλικό κατηγοριοποιήθηκε σε θεματικές ομάδες: Τεχνολογικές καινοτομίες και εφαρμογές· Εκπαιδευτικές πρακτικές και ανάπτυξη ψηφιακών δεξιοτήτων· Βιώσιμες και οικολογικές πτυχές της μελισσοκομίας· Θεσμικοί και πολιτικοί μηχανισμοί υποστήριξης. Κάθε εταίρος του έργου συνέβαλε στη σύνθεση συνοψίζοντας τα πιο σχετικά και καινοτόμα παραδείγματα. Η συγκριτική ανάλυση εθνικών και διεθνών πρακτικών παρείχε τη βάση για τα κεφάλαια που ακολουθούν, παρουσιάζοντας πληροφορίες από τη **Σλοβενία, την Ελλάδα και την ΕΕ**.

3. Τρέχουσα κατάσταση των έξυπνων τεχνολογιών μελισσοκομίας

Αυτό το κεφάλαιο ασχολείται με την τεχνολογία, δηλαδή τους αισθητήρες και τα συστήματα αισθητήρων που μπορούν να βοηθήσουν τους μελισσοκόμους να διαχειρίζονται καλύτερα τις κυψέλες τους. Υπάρχουν πολυάριθμοι εμπορικοί πάροχοι αισθητήρων και πλατφορμών αισθητήρων στην αγορά. Για να μην φανεί ότι ευνοούμε κάποιον πάροχο, θα αποφύγουμε να αναφέρουμε συγκεκριμένες μάρκες ή ονόματα προϊόντων και θα επικεντρωθούμε στην ίδια την τεχνολογία. Τα γραφήματα που χρησιμοποιήθηκαν για την απεικόνιση δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας τα δεδομένα που ελήφθησαν στο ερευνητικό έργο WellBEEing, το οποίο συντονίστηκε από έναν από τους συγγραφείς του βιβλίου [7].

Παραδοσιακά, πριν από την έλευση των ηλεκτρονικών, οι μελισσοκόμοι έλεγχαν τις κυψέλες τους χειροκίνητα, είτε παρατηρώντας τη συμπεριφορά των μελισσών στην είσοδο της κυψέλης είτε ανοίγοντας την κυψέλη και επιθεωρώντας το εσωτερικό. Οι αισθητήρες διευκολύνουν τη διαχείριση μεγάλου αριθμού κυψελών και είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι όταν οι κυψέλες βρίσκονται σε απομακρυσμένες περιοχές που ο μελισσοκόμος



δεν έχει καθημερινή πρόσβαση. Αρχικά εξετάζουμε τους μεμονωμένους αισθητήρες και στη συνέχεια τους συνδυασμούς αισθητήρων. Τα τελευταία χρόνια έχουν δημοσιευτεί αρκετές εργασίες ανασκόπησης που χρησιμεύουν ως καλό σημείο εκκίνησης για την εξερεύνηση της τρέχουσας τεχνολογίας των έξυπνων τεχνολογιών μελισσοκομίας [8–11]. Όπως επισημαίνουν οι εργασίες ανασκόπησης, ενώ αρκετοί αισθητήρες χρησιμοποιούνται ήδη, είναι καιρός να αρχίσουμε να χρησιμοποιούμε προηγμένα συστήματα για τη δημιουργία νέας μελισσοκομικής γνώσης.

3.1 Αισθητήρες

3.1.1. Ζυγαριές

Οι ζυγαριές μετρούν το βάρος μιας κυψέλης και μπορούν να προσφέρουν στους μελισσοκόμους μια εικόνα σε πραγματικό χρόνο για το τι συμβαίνει μέσα στην κυψέλη χωρίς να την ανοίξουν. Συνήθως, οι ζυγαριές τοποθετούνται κάτω από την κυψέλη κατά τη διάρκεια της σεζόν.

Η παρακολούθηση του βάρους μιας κυψέλης βοηθά στην αποκάλυψη των προτύπων ροής νέκταρ, της ανάπτυξης της αποικίας, της κατανάλωσης τροφής, ακόμη και των πρώιμων σημάδιων σμηνουργίας. Όταν η κυψέλη παίρνει ξαφνικά βάρος, αυτό συχνά σημαίνει ότι βρίσκεται σε εξέλιξη μια ισχυρή ροή νέκταρ. Όταν μειώνεται, οι μέλισσες μπορεί να καταναλώνουν αποθηκευμένο μέλι ή να αντιμετωπίζουν άγχος (για παράδειγμα, μια αποικία μπορεί να βιώνει απώλεια μελισσών). Αυτού του είδους τα δεδομένα επιτρέπουν στους μελισσοκόμους να λαμβάνουν πιο έξυπνες αποφάσεις σχετικά με τη σίτιση, τον προγραμματισμό των συγκομιδών ή άλλες παρεμβάσεις.

Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος για τις ζυγαριές. Αρκετά εμπορικά προϊόντα στέλνουν στον μελισσοκόμο ένα SMS που περιέχει το βάρος της κυψέλης μία φορά την ημέρα, συνήθως το βράδυ. Για έναν έμπειρο μελισσοκόμο, αυτό είναι συνήθως αρκετό για να αξιολογήσει την κατάσταση της κυψέλης.

Ωστόσο, ένα μόνο σημείο ανά ημέρα χωρίς κατάλληλο πλαίσιο μπορεί να είναι παραπλανητικό. Για παράδειγμα, μια αύξηση της μάζας τον Απρίλιο χωρίς πρόσθετες πληροφορίες θα μπορούσε να αντιστοιχεί σε μια καλή συγκομιδή, αρκετά εκατοστά χιονιού στην κυψέλη (χιονόπτωση τον Απρίλιο συμβαίνει στη Σλοβενία) ή κάποιος που προσθέτει βάρος στην κορυφή της κυψέλης για κάποιο λόγο. Εξετάζοντας την χρονική εξάρτηση του βάρους της κυψέλης, μπορούμε εύκολα να διακρίνουμε μεταξύ της πρώτης και της τρίτης επιλογής (μια καλή συγκομιδή θεωρείται ως μια σταθερή αύξηση της μάζας, ενώ η προσθήκη επιπλέον βάρους είναι στιγμιαία), ενώ ο συνδυασμός των δεδομένων βάρους με άλλους αισθητήρες, όπως η θερμοκρασία, μπορεί να ξεχωρίσει την καλή συγκομιδή από τη χιονόπτωση [12].

3.1.2 Αισθητήρες θερμοκρασίας και υγρασίας

Οι μέλισσες εργάζονται σκληρά για να διατηρούν τη φωλιά των γόνων σε σταθερή θερμοκρασία—συνήθως γύρω από 34–35°C—επειδή ακόμη και μικρές διακυμάνσεις μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξη των προνυμφών και την υγεία της αποικίας.

Όταν οι εξωτερικές θερμοκρασίες είναι πολύ υψηλές ή πολύ χαμηλές, η αποικία πρέπει να ξοδεύει επιπλέον ενέργεια για τη θέρμανση ή την ψύξη της κυψέλης, κάτι που μπορεί να επηρεάσει την παραγωγή μελιού και τη συνολική ζωτικότητα. Για τους μελισσοκόμους, η παρακολούθηση της θερμοκρασίας βοηθά να αποκαλυφθεί εάν η αποικία ευδοκιμεί, βρίσκεται σε στρες ή προετοιμάζεται για εποχιακές αλλαγές.

Οι μέλισσες ρυθμίζουν ενεργά τα επίπεδα υγρασίας ανοίγοντας τα φτερά τους, εξατμίζοντας το νέκταρ, ακόμη και εισάγοντας ή αφαιρώντας νερό ανάλογα με τις ανάγκες. Εάν η υγρασία ανέβει πολύ ψηλά, το νέκταρ δεν μπορεί να ωριμάσει σε σταθερό μέλι· αν πέσει πολύ χαμηλά, οι αναπτυσσόμενες προνύμφες



μπορεί να στεγνώσουν. Για τους μελισσοκόμους, η προσοχή στις τάσεις της υγρασίας προσφέρει ενδείξεις σχετικά με τον αερισμό, την ισχύ της αποικίας και τις εποχιακές πιέσεις.

3.1.3 Ήχος

Ο ήχος μέσα σε μια κυψέλη είναι σαν ένα ζωντανό διαγνωστικό εργαλείο. Είναι λίγο λιγότερο απλός από το βάρος ή τη θερμοκρασία και απαιτεί προεπεξεργασία, αλλά μπορεί να προσφέρει σημαντικές πληροφορίες για την κατάσταση της αποικίας. Μια υγιής αποικία παράγει ένα σταθερό, χαμηλό βουητό. Οι αλλαγές στον ήχο, όπως το να γίνεται υψηλότερος, πιο έντονος ή πιο ακανόνιστος, μπορούν να υποδηλώνουν καταστάσεις όπου απαιτείται η παρέμβαση ενός μελισσοκόμου. Έχει διεξαχθεί σημαντική έρευνα στην αξιολόγηση της σμηνουργίας (όταν ένας μελισσοκόμος πρέπει να δράσει γρήγορα για να συλλέξει το σμήνος) [13], μιας κυψέλης χωρίς βασίλισσα (η οποία απαιτεί την προσθήκη μιας νέας βασίλισσας για να διασφαλιστεί η επιβίωση της αποικίας) [14,15], της κλοπής νέκταρ ή της επίθεσης από σφήκες [16].

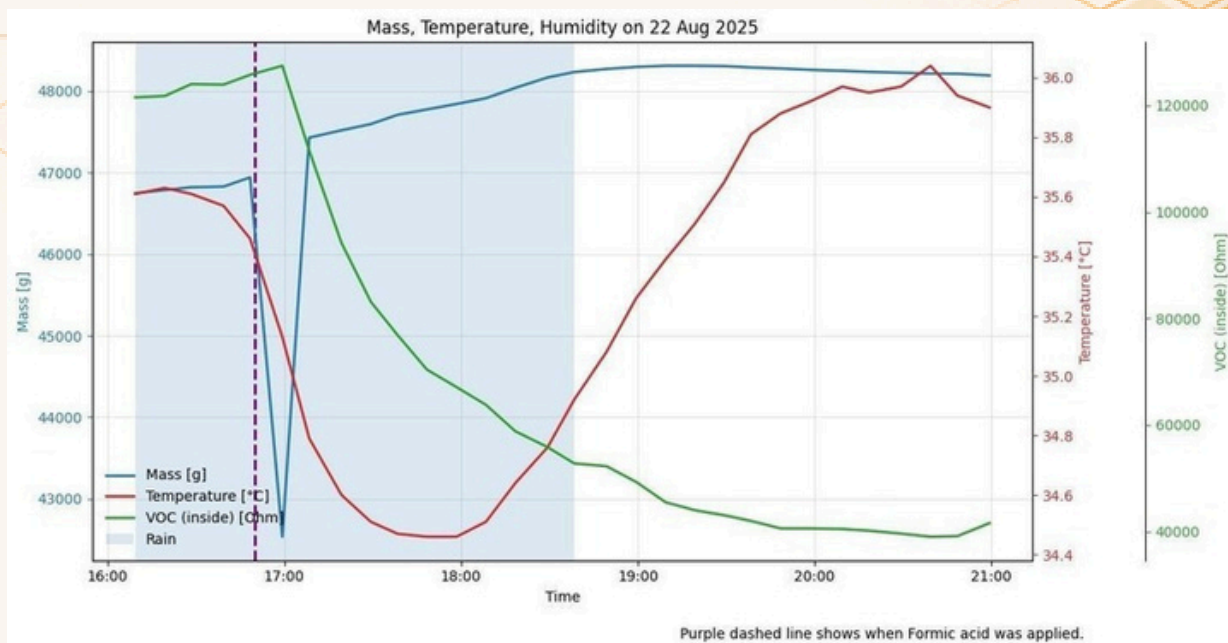
3.1.4 Βίντεο

Όπως μπορείτε να δείτε, μεταβαίνουμε από απλούστερες σε πιο σύνθετες τεχνολογίες. Το βίντεο από μια κάμερα τοποθετημένη μπροστά από την είσοδο της κυψέλης προσφέρει πολύτιμες πληροφορίες για τη δυναμική της κυψέλης, συμπεριλαμβανομένης της ροής κυκλοφορίας, της έντασης αναζήτησης τροφής, της συμπεριφοράς των φρουρών μελισσών, των προσπαθειών ληστείας, ακόμη και ανεπαίσθητων σημαδιών στρες. Ωστόσο, σε αντίθεση με ορισμένους από τους άλλους αισθητήρες που αναφέρονται σε αυτό το κεφάλαιο, οι κάμερες παράγουν πολύ περισσότερα δεδομένα από, για παράδειγμα, τους αισθητήρες θερμοκρασίας ή υγρασίας. Αυτά τα δεδομένα πρέπει να αποθηκεύονται και να υποβάλλονται σε επεξεργασία, κάτι που απαιτεί ορισμένους πόρους (εύρος ζώνης, χώρος διακομιστή, ισχύς επεξεργασίας). Επιπλέον, οι κάμερες απαιτούν ισχυρότερη πηγή ενέργειας. Μπορεί να τοποθετηθεί μόνο εκτός της κυψέλης, γεγονός που περιορίζει τη χρησιμότητά της στην αξιολόγηση της κατάστασης στο εσωτερικό της κυψέλης (αν τοποθετούνταν μέσα στην κυψέλη, οι μέλισσες πιθανότατα θα την κάλυπταν με πρόπολη. Δεν υπάρχει χώρος για κάμερα μέσα στην κυψέλη και είναι σκοτεινή, γεγονός που περιορίζει περαιτέρω τη χρησιμότητά της). Τέλος, μια εκτεθειμένη κάμερα μπορεί εύκολα να υποστεί ζημιά από περιβαλλοντικούς παράγοντες ή ακόμα και να κλαπεί.

3.1.5 Αισθητήρες VOC

Οι αισθητήρες πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) έχουν κάπως λιγότερο διερευνηθεί από τους αισθητήρες που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Παρ' όλα αυτά, η παρακολούθηση των VOC στην κυψέλη μπορεί να παρέχει πληροφορίες σχετικά με την υγεία της αποικίας. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη θεραπεία των μελισσών με μυρμηκικό οξύ κατά της βαρρόα, όπου ο μελισσοκόμος μπορεί να παρακολουθεί τους ρυθμούς εξάτμισης και να διασφαλίζει ότι η θεραπεία προχωρά σύμφωνα με το σχέδιο. Αιθέρια έλαια χρησιμοποιούνται μερικές φορές και για θεραπείες.





Σχήμα: Παράδειγμα δεδομένων αισθητήρα κατά την επεξεργασία των μελισσών με μυρμηκικό οξύ. Εμφανίζονται γραφήματα για τη μάζα, τη θερμοκρασία, την υγρασία και τη συγκέντρωση POE και υποδεικνύεται η περίοδος βροχής.

3.1.6 Συνδεσιμότητα και ανάλυση δεδομένων

Κάθε αισθητήρας τροφοδοτεί τις μετρήσεις του σε έναν κεντρικό κόμβο ή μικροελεγκτή μέσα ή κοντά στην κυψέλη. Αυτός ο κόμβος συσσωρεύει τις πληροφορίες και τις στέλνει μέσω ασύρματων πρωτοκόλλων όπως Wi-Fi, Bluetooth, LoRa, NB-IoT ή κυψελοειδών δικτύων, ανάλογα με το πόσο απομακρυσμένο είναι το μελισσοκομείο. Μόλις τα δεδομένα φτάσουν στο cloud, υποβάλλονται σε επεξεργασία, αποθηκεύονται και μεταφράζονται σε γραφήματα, ειδοποιήσεις και τάσεις που ο μελισσοκόμος μπορεί να δει σε ένα τηλέφωνο ή υπολογιστή σε μια ειδική εφαρμογή ή έναν ιστότοπο. Εναλλακτικά, τα δεδομένα μπορούν να υποβληθούν σε επεξεργασία στην ίδια τη συσκευή (edge computing), με μόνο τα συγκεντρωτικά δεδομένα να αποστέλλονται στον χρήστη. Το πλεονέκτημα αυτής της προσέγγισης είναι ότι δεν χρειάζεται να αποθηκεύονται μεγάλες ποσότητες δεδομένων (ειδικά στην περίπτωση ήχου και βίντεο), ενώ το μειονέκτημα ταυτόχρονα είναι ότι τα δεδομένα δεν αποθηκεύονται και επομένως είναι αδύνατο να ελεγχθεί τι συνέβαινε εάν τα αποτελέσματα επεξεργασίας δεδομένων δεν είναι σαφή.

3.2 Τάσεις - χρήση Τεχνητής Νοημοσύνης για μελισσοκομία ακριβείας

Μέχρι στιγμής έχουμε συζητήσει μεμονωμένους αισθητήρες. Ωστόσο, μια πραγματική ανακάλυψη συμβαίνει όταν συνδυάζουμε τις εξόδους τους χρησιμοποιώντας μεθόδους τεχνητής νοημοσύνης για την επεξεργασία τους. Κάθε αισθητήρας καταγράφει μια διαφορετική διάσταση της ζωής στην αποικία, αλλά αντί να εξετάζει μεμονωμένα σημεία δεδομένων, η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να αναγνωρίζει μοτίβα σε πολλαπλές ροές ταυτόχρονα: μια ανεπαίσθητη αύξηση της υγρασίας σε συνδυασμό με μια πτώση της θερμοκρασίας και μια μετατόπιση στις ακουστικές υπογραφές μπορεί να υποδηλώνει στρες εκτροφής γόνου. μια ξαφνική αύξηση βάρους σε συνδυασμό με αυξημένη κίνηση συλλεκτών σε βίντεο θα μπορούσε να σηματοδοτήσει την έναρξη μιας σημαντικής ροής νέκταρος. Με την πάροδο του χρόνου, τα μοντέλα μηχανικής μάθησης μπορούν να μάθουν τον «κανονικό ρυθμό» κάθε κυψέλης και να επισημαίνουν αποκλίσεις πολύ πριν τις παρατηρήσει ένας άνθρωπος. Αυτό ανοίγει την πόρτα στην πραγματική μελισσοκομία ακριβείας, όπου οι παρεμβάσεις είναι έγκαιρες, ελάχιστες και προσαρμοσμένες στη μοναδική συμπεριφορά κάθε αποικίας. Καθώς αυτά τα συστήματα ωριμάζουν, Οι μελισσοκόμοι θα μεταβούν από την αντιδραστική διαχείριση στην προβλεπτική φροντίδα,



βελτιώνοντας την υγεία των αποικιών, μειώνοντας τις απώλειες και καθιστώντας τη μελισσοκομία πιο βιώσιμη σε ένα μεταβαλλόμενο κλίμα.

2. Μελέτες περιπτώσεων

4.1. Σλοβενία

4.1.1 Επισκόπηση του μελισσοκομικού τομέα στη Σλοβενία

Η μελισσοκομία στη Σλοβενία αναγνωρίζεται ευρέως τόσο ως παραδοσιακή αγροτική δραστηριότητα όσο και ως στρατηγικά σημαντικός τομέας για τη βιοποικιλότητα, την επισιτιστική ασφάλεια και την πολιτιστική κληρονομιά. Η Σλοβενία συνδέεται στενά με την προστασία των επικονιαστών σε διεθνές επίπεδο, συμπεριλαμβανομένου του ηγετικού της ρόλου στην καθιέρωση της Παγκόσμιας Ημέρας Μέλισσας (20 Μαΐου) ως ημέρας που έχει οριστεί από τα Ηνωμένα Έθνη [17].

4.1.2 Κλίμακα και δομή του τομέα

Ο μελισσοκομικός τομέας της Σλοβενίας χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό μελισσοκόμων, κυρίως μικρής κλίμακας, που υποστηρίζονται από ισχυρές οργανωτικές δομές και συστήματα δημόσιας διοίκησης (π.χ. μητρώα, κτηνιατρική εποπτεία και εποπτεία της ασφάλειας των τροφίμων, καθώς και τομεακές παρεμβάσεις στο πλαίσιο της γεωργικής πολιτικής). Σύμφωνα με την εθνική θεματική πύλη για τη μελισσοκομία, στις 31 Οκτωβρίου 2023, το μητρώο κατέγραψε 11.109 μελισσοκόμους, που δραστηριοποιούνταν σε 15.519 μελισσοκομεία, με μέσο όρο 16,78 αποικίες ανά μελισσοκόμο. Η ίδια πηγή αναφέρει 207.799 αποικίες μελισσών το 2023 (συμπεριλαμβανομένων 7.865 στη βιολογική παραγωγή) και παραγωγή μελιού 285 τόνων για το συγκεκριμένο έτος [18].

Προηγούμενες επίσημες στατιστικές δημοσιεύσεις (SURs) δίνουν ομοίως έμφαση στην ευρεία συμμετοχή των πολιτών και στην εθνική κατανομή της μελισσοκομικής δραστηριότητας [19].

4.1.3 Πολιτισμική και ταυτότητα

Η σλοβενική μελισσοκομία δεν αποτελεί μόνο γεωργική δραστηριότητα, αλλά και μέρος της εθνικής ταυτότητας και κληρονομιάς. Το 2022, η «Μελισσοκομία στη Σλοβενία» εγγράφηκε στον Αντιπροσωπευτικό Κατάλογο της Άυλης Πολιτιστικής Κληρονομιάς της Ανθρωπότητας της UNESCO, αντιστακώντας ένα ζωντανό σύνολο γνώσεων και πρακτικών που αφορούν τους μελισσοκόμους, τον παραδοσιακό εξοπλισμό και τη διαγενεακή μετάδοση [20].

Κυβερνητικές και επίσημες πηγές προώθησης συνδέουν αυτήν την κληρονομιά με ένα ευρύτερο σύνολο σύγχρονων πρακτικών όπως ο μελισσοτουρισμός και (πιο πρόσφατα) η αστική μελισσοκομία —όπου οι δραστηριότητες μελισσοκομίας εξυπηρετούν επίσης την εκπαίδευση, τη συμμετοχή της κοινότητας και την ευαισθητοποίηση σχετικά με τους επικονιαστές [21].

4.1.4 Χαρακτηριστικά παραγωγής, κατανάλωσης και αγοράς

Η παραγωγή μελιού στη Σλοβενία είναι μεταβλητή και ιδιαίτερα ευαίσθητη στον καιρό, τη διαθεσιμότητα χορτονομής και την υγεία της αποικίας. Η εθνική πύλη μελισσοκομίας αναφέρει ότι η κατανάλωση μελιού στη Σλοβενία είναι περίπου ~1 κιλό ανά άτομο ετησίως και παρέχει μια τιμή 1,27 κιλών ανά άτομο για το 2022. Σημειώνει επίσης ότι η μέση αυτάρκεια την τελευταία δεκαετία ήταν 57% και ότι η αυτάρκεια μπορεί να παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις μεταξύ των ετών [17].



Η ίδια πηγή επισημαίνει σημαντικά χαρακτηριστικά της δομής της αγοράς, συμπεριλαμβανομένου του ότι οι Σλοβένοι μελισσοκόμοι πωλούν περισσότερο από το 80% του μελιού «στην έδρα τους» (άμεση πώληση), γεγονός που αντικατοπτρίζει την εξέχουσα θέση των βραχέων αλυσίδων εφοδιασμού και των τοπικών αγορών που βασίζονται στην εμπιστοσύνη [17].

Η αναφορά μακροπρόθεσμων δεικτών επισημαίνει επίσης τις προκλήσεις στη διατήρηση της αυτάρκειας σε μέλι και σημειώνει μια φθίνουσα τάση στην αυτάρκεια σε μέλι σε σχέση με ορισμένα άλλα ζωικά προϊόντα, υπογραμμίζοντας την έκθεση του τομέα σε περιβαλλοντικές και αγοραίες πιέσεις [22].

4.1.5 Θεσμοί και συντονισμός τομέων

Η σλοβενική μελισσοκομία υποστηρίζεται από δομημένους μηχανισμούς συντονισμού, συμπεριλαμβανομένου ενός νομικά κατοχυρωμένου πλαισίου μητρώου και ενός αναγνωρισμένου οργανισμού αναπαραγωγής για την καρνιολική μέλισσα (*Apis mellifera carnica*). Η εθνική πύλη μελισσοκομίας προσδιορίζει ρητά τον Σλοβενικό Σύνδεσμο Μελισσοκόμων (*Čebelsarska zveza Slovenije*) ως τον αναγνωρισμένο οργανισμό αναπαραγωγής για την καρνιολική μέλισσα [17].

Παράλληλα, ο Σλοβένος Σύνδεσμος Μελισσοκόμων περιγράφει ένα ευρύ δίκτυο περιφερειακών και τοπικών μελισσοκομικών εταιρειών που παρέχουν εκπαίδευση, συμβουλευτικές υπηρεσίες και ανταλλαγή γνώσεων με βάση την κοινότητα [23].

4.1.6 Υιοθέτηση τεχνολογίας και καινοτόμες πρωτοβουλίες μελισσοκομίας

Η μελισσοκομική παράδοση της Σλοβενίας συνυπάρχει ολόένα και περισσότερο με μια μετρήσιμη στροφή προς την ακριβή μελισσοκομία και την έξυπνη παρακολούθηση των κυψελών, αντανακλώντας ευρύτερα ευρωπαϊκά πρότυπα: αισθητήρες και συστήματα IoT χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση του βάρους της αποικίας (ροή νέктar/αποθέματα μελιού), εσωτερική θερμοκρασία και υγρασία, ακουστικά/σήματα δόνησης και περιβαλλοντικές μεταβλητές. Αυτές οι ροές δεδομένων μπορούν να υποστηρίξουν τη λήψη αποφάσεων στη διαχείριση του κινδύνου ασθενειών, τη διατροφή, την κίνηση των αποικιών και το χρονοδιάγραμμα της συγκομιδής [8].

Στο πλαίσιο της Σλοβενίας, η υιοθέτηση τεχνολογίας είναι ορατή σε τρία αλληλένδετα επίπεδα:

1. **Ροές εργασίας ψηφιακής διαχείρισης και συμβουλευτικής** (π.χ. τήρηση αρχείων μέσω διαδικτύου, υποβολή εκθέσεων σε τομείς και υπηρεσίες υποστήριξης μελισσοκόμων). Ένα συγκεκριμένο παράδειγμα είναι η πλατφόρμα eČebelar, η οποία λειτουργεί μέσω του οικοσυστήματος του εθνικού μελισσοκομικού συνδέσμου και η οποία τοποθετείται ως ψηφιακό εργαλείο για τους μελισσοκόμους [23].
2. **Συσκευές και δίκτυα παρακολούθησης που έχουν αναπτυχθεί στο πεδίο** και χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των ροών νέκταρ και των δυνατοτήτων απόδοσης μελιού σε μεγάλη κλίμακα. Η Σλοβενία έχει μια μακροχρόνια προσέγγιση στην αυτοματοποιημένη πρόβλεψη της ροής μελιού χρησιμοποιώντας μετρήσεις σε κλίμακα κυψέλης, δείχνοντας πώς τα όργανα μπορούν να υποστηρίξουν τόσο τους μεμονωμένους μελισσοκόμους όσο και τα συμβουλευτικά συστήματα [24].
3. **Έργα έρευνας και καινοτομίας** που ενσωματώνουν την ανίχνευση IoT, την ανάλυση τεχνητής νοημοσύνης και προσεγγίσεις πολλαπλών αισθητήρων. Η σλοβενική έρευνα υπογραμμίζει την στροφή προς την ολοκληρωμένη «διαχείριση έξυπνων κυψελών», συνδυάζοντας το υλικό ανίχνευσης με την επεξεργασία cloud και την υποστήριξη αποφάσεων [1].

Αυτή η πορεία ευθυγραμμίζεται στενά με τη λογική του BeeSensorVET (δηλαδή, γεφύρωση της παραδοσιακής πρακτικής με αισθητήρες/Τεχνητή Νοημοσύνη/Διαδίκτυο των Πραγμάτων μέσω επαγγελματικής κατάρτισης και παρακολούθησης ικανοτήτων), όπως περιγράφεται στην επίσημη τεκμηρίωση της αίτησης του έργου.

4.1.7 Παραδείγματα τοπικών καλών πρακτικών

Παρακάτω παρατίθενται τεκμηριωμένες σλοβενικές ορθές πρακτικές που καταδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο εφαρμόζονται οι τεχνολογίες έξυπνης μελισσοκομίας, η έρευνα, η εκπαίδευση και η συνεργασία μεταξύ εκπαίδευσης και βιομηχανίας.

1) Εθνικά ψηφιακά εργαλεία για τους μελισσοκόμους: eČebelar (ψηφιοποίηση με γνώμονα τις ενώσεις)

Το eČebelar παρουσιάζεται ως μια ειδική ψηφιακή πλατφόρμα/εργαλείο για μελισσοκόμους στο οικοσύστημα του Σλοβενικού Συνδέσμου Μελισσοκόμων [23].

Ενώ η σελίδα που απευθύνεται στο κοινό είναι συνοπτική, σηματοδοτεί την θεσμική υποστήριξη για τις ψηφιακές ροές εργασίας στη μελισσοκομία (π.χ. τήρηση αρχείων, πρόσβαση σε υπηρεσίες και συντονισμός σε επίπεδο τομέα).

Γιατί έχει σημασία ως καλή πρακτική.

- Καταδεικνύει την ψηφιοποίηση με επικεφαλής τις ενώσεις—σημαντική σε έναν τομέα που κυριαρχείται από μικρής κλίμακας φορείς εκμετάλλευσης που επωφελούνται από κοινές υποδομές και τυποποιημένες διαδικασίες.
- Λειτουργεί ως ένα επίπεδο διευκόλυνσης για την ευρύτερη υιοθέτηση της έξυπνης μελισσοκομίας, καθώς τα ψηφιακά εργαλεία μειώνουν τις διοικητικές τριβές και συνδέουν τους μελισσοκόμους με υπηρεσίες πρόβλεψης και συμβουλευτικής.

2) Πρόβλεψη ροής μελιού και αυτοματοποιημένη παρακολούθηση σε κλίμακα κυψέλης (μακροχρόνια εφαρμογή πεδίου)

Η Σλοβενία έχει καθιερωμένη πρακτική χρήσης κλιμάκων κυψέλης για την υποστήριξη της πρόβλεψης της ροής του μελιού. Η περιγραφή του «Σλοβενικού Συστήματος Πρόβλεψης Μελιού» αναφέρει ότι το σύστημα έχει χρησιμοποιήσει περισσότερες από 60 αυτόματες κλίμακες για περισσότερα από 14 χρόνια και υποστηρίζει την παρακολούθηση και την πρόβλεψη της απόδοσης του μελιού [24].

Τεχνολογία και εφαρμογή

Ένα συγκεκριμένο παράδειγμα σλοβενικής τεχνολογίας για την παρακολούθηση σε κλίμακα κυψέλης είναι ο σταθμός μέτρησης TCM-13A της Ames d.o.o., ο οποίος περιγράφεται ως σταθμός ελέγχου συλλογής μελιού που χρησιμοποιεί κλίμακα κυψέλης [25].

Η Ames παρέχει επίσης ένα τεχνικό φυλλάδιο για τον σταθμό TCM-13A, υποδεικνύοντας μια ώριμη πορεία παραγωγικοποίησης, από τις ανάγκες μέτρησης έως τον εξοπλισμό παρακολούθησης που μπορεί να αναπτυχθεί [25].

Γιατί έχει σημασία ως καλή πρακτική.

- Πρόκειται για ένα σπάνιο παράδειγμα διαρκούς υιοθέτησης της «έξυπνης παρακολούθησης» για μεγάλο χρονικό διάστημα, κάτι που είναι κρίσιμο για την οικοδόμηση εμπιστοσύνης στην τεχνολογία μεταξύ των μελισσοκόμων.
- Το φαινόμενο δικτύου (μετρήσεις πολλαπλών τοποθεσιών) υποστηρίζει τόσο αποφάσεις σε μικροεπίπεδο (πότε θα γίνει η συγκομιδή, εάν θα μετακινηθούν οι αποικίες) όσο και συμβουλευτικές πληροφορίες σε μεσοεπίπεδο (τάσεις ροής νέктar ανά περιοχή).



- Δημιουργεί ένα πρακτικό μαθησιακό περιβάλλον για την ΕΕΚ και την άτυπη κατάρτιση: οι μαθητές μπορούν να ερμηνεύσουν πραγματικά δεδομένα και να τα συνδέσουν με την εποχική βιολογία και τις αποφάσεις διαχείρισης.

3) BeeScales (Σλοβενική καινοτομία που αναγνωρίζεται μέσω τομεακών καναλιών)

Το BeeScales είναι μια σλοβενική λύση σε κλίμακα μελισσών που παρουσιάζεται ως «αναφορά» και αναφέρεται ρητά ως νικητής ενός διαγωνισμού που διοργανώθηκε από τον Σλοβενικό Σύνδεσμο Μελισσοκόμων [26].

Γιατί έχει σημασία ως καλή πρακτική.

- Καταδεικνύει κίνητρα καινοτομίας με επικεφαλής τον τομέα: οι διαγωνισμοί και οι μηχανισμοί αναγνώρισης βοηθούν στην καθοδήγηση της τεχνολογικής ανάπτυξης προς τις ανάγκες των μελισσοκόμων και την χρησιμότητα.
- Ενισχύει το εγχώριο οικοσύστημα καινοτομίας συνδέοντας επαγγελματίες (ενώσεις και μελισσοκόμους) με κατασκευαστές προϊόντων.

4) Πιλοτικά προγράμματα Τεχνητής Νοημοσύνης + τεχνολογίας αστικής μελισσοκομίας: Urban Beekeepers (ανάπτυξη που χρηματοδοτείται από το DIH4AI)

Η πρωτοβουλία Urban Beekeepers περιγράφει ένα σύστημα παρακολούθησης μελισσών που βασίζεται στην Τεχνητή Νοημοσύνη και βρίσκεται υπό ανάπτυξη, το οποίο πλαισιώνεται ως έργο καινοτομίας που υποστηρίζεται από το DIH4AI και επικεντρώνεται στο να επιτρέψει στους μελισσοκόμους να βελτιστοποιήσουν τις επιθεωρήσεις και να μειώσουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα μέσω της παρακολούθησης που βασίζεται σε δεδομένα [27].

Γιατί έχει σημασία ως καλή πρακτική.

- Συνδέει την έξυπνη μελισσοκομία με τις ατζέντες αστικής βιωσιμότητας, όπου η παρακολούθηση και η διαφάνεια μπορούν να υποστηρίξουν τη συνύπαρξη της μελισσοκομίας, των προσδοκιών δημόσιας ασφάλειας και της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης.
- Παρέχει μια οδό υψηλής ορατότητας για τη συμμετοχή του κοινού, βοηθώντας στη μετατροπή της «ανίχνευσης και της Τεχνητής Νοημοσύνης» σε μια κατανοητή αφήγηση για τους πολίτες.

5) Το «Μονοπάτι των Μελισσών» της Λιουμπλιάνα και η μεταφορά πρακτικών σε αστικές περιοχές φιλικές προς τους επικονιαστές (καλή πρακτική με πρωτοβουλία της πόλης)

Η Λιουμπλιάνα είναι ευρέως αναγνωρισμένη για το πρόγραμμα αστικών επικονιαστών, γνωστό ως Bee Path (BEE PATH), το οποίο εντάσσεται στο πλαίσιο της ευρωπαϊκής αστικής συνεργασίας. Το Bee Path αναφέρεται ως καλή πρακτική URBACT, η οποία αναδεικνύει τα μέτρα σε επίπεδο πόλης για τους επικονιαστές και την ευαισθητοποίηση [28].

Επιπλέον, το υλικό της Ευρωπαϊκής Αστικής Πρωτοβουλίας περιγράφει τις «Πόλεις του Μονοπατιού των Μελισσών» ως μια προσπάθεια μεταφοράς και ανάπτυξης ικανοτήτων γύρω από τη δημιουργία πόλεων που είναι καλές για τους επικονιαστές [29].

Γιατί έχει σημασία ως καλή πρακτική.

- Καταδεικνύει την ηγετική ικανότητα του δήμου και την πρακτική δυνατότητα μεταφοράς σε άλλες πόλεις.
- Δημιουργεί ένα «ζωντανό εργαστήριο» για την εκπαίδευση: η αστική μελισσοκομία, τα ενδιαφέροντα επικονιαστών και η ευαισθητοποίηση των πολιτών μπορούν να ενσωματωθούν στα σχολικά προγράμματα και την επαγγελματική μάθηση.



6) Έξυπνη διαχείριση κυψελών βασισμένη στην έρευνα: Πανεπιστήμιο της Λιουμπλιάνα (Διαδίκτυο των Πραγμάτων για τη διαχείριση κυψελών)

Ένα σλοβενικό ερευνητικό προϊόν που φιλοξενείται στο αποθετήριο του Πανεπιστημίου της Λιουμπλιάνα (και σχετίζεται με το πλαίσιο του έργου CODECS της ΕΕ στη σελίδα του αποθετηρίου) ασχολείται με την αξιοποίηση τεχνολογιών IoT για έξυπνη διαχείριση κυψελών και βιώσιμη μελισσοκομία [1].

Γιατί έχει σημασία ως καλή πρακτική.

- Παρέχει μια βάση τεκμηρίωσης για τη διδασκαλία και την κατάρτιση (μέθοδοι, αρχιτεκτονικές και συστημικές παραμέτρους) που μπορούν να μεταφραστούν σε μαθησιακό περιεχόμενο ΕΕΚ.
- Παρουσιάζει την πορεία από την έρευνα στην εκπαίδευση: τα δημοσιευμένα αποτελέσματα μπορούν να προσαρμοστούν σε ενότητες σχετικά με αισθητήρες, ερμηνεία δεδομένων και υποστήριξη αποφάσεων.

7) WellBEEing: έξυπνη παρακολούθηση κυψελών (Ινστιτούτο Jožef Stefan + συνεργάτες· έργο με την υποστήριξη του ARIS)

Στόχος του έργου WellBEEing είναι ρητά η ανάπτυξη μιας έξυπνης κυψέλης που θα παρακολουθεί την ποσότητα του μελιού, την ποιότητα της συγκομιδής και την ευημερία των μελισσών, με εταίρους το Ινστιτούτο Jožef Stefan, την Senso4s d.o.o., και την Κτηνιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου της Λιουμπλιάνα [7].

Η καταχώριση έργων του Ινστιτούτου Jožef Stefan προσδιορίζει το WellBEEing: παρακολούθηση αποικιών μελισσών με έξυπνους αισθητήρες, συμπεριλαμβανομένου ενός αναγνωριστικού έργου και αγγλικών υπότιτλων που υποδεικνύουν την παρακολούθηση του IoT παρουσία εξωτερικών παραγόντων στρες.

Γιατί έχει σημασία ως καλή πρακτική.

- Αποτελεί ένα ισχυρό παράδειγμα συνεργασίας μεταξύ εκπαίδευσης, έρευνας και βιομηχανίας: ένα ερευνητικό ίδρυμα, μια εταιρεία και ένα πανεπιστημιακό διδακτικό προσωπικό συνεργάζονται στον τομέα της εφαρμοσμένης ανίχνευσης.
- Υποστηρίζει τη συνάφεια με την ΕΕΚ μέσω σαφών «εφαρμοσμένων αποτελεσμάτων» (παρακολούθηση, ποιότητα, ευεξία) που αντιστοιχούν σε πρακτικές δεξιότητες (ανάπτυξη αισθητήρων, γνώση δεδομένων, ερμηνεία, προληπτική δράση).

8) Εθνικό Ινστιτούτο Βιολογίας (NIB): οικοσύστημα έρευνας και παρακολούθησης επικονιαστών

Το εφαρμοσμένο οικοσύστημα επικονιαστών της Σλοβενίας περιλαμβάνει σημαντική ερευνητική ικανότητα. Το Εθνικό Ινστιτούτο Βιολογίας παρέχει έναν κατάλογο έργων, συμπεριλαμβανομένης της εργασίας που σχετίζεται με τους επικονιαστές [30].

Ένα παράδειγμα είναι η σελίδα του έργου NIB που περιγράφει το BEE(A)WARE και τη σχετική εργασία (όπως παρουσιάζεται στη σελίδα του έργου στην οποία γίνεται αναφορά), καταδεικνύοντας τη συνεχιζόμενη ερευνητική προσοχή στους επικονιαστές και τους παράγοντες στρες που σχετίζονται με τις μέλισσες [30].

Συμπληρώνοντας την θεσμική έρευνα, η Σλοβενία έχει επίσης δημοσιεύσει επίσημες εκθέσεις σχετικά με την παρακολούθηση των άγριων μελισσών, δείχνοντας την προσοχή που δίδεται σε θέματα πολιτικής πέρα από τις διαχειριζόμενες μέλισσες [17].

Γιατί έχει σημασία ως καλή πρακτική.

- Δείχνει ότι το πλαίσιο της έξυπνης μελισσοκομίας της Σλοβενίας είναι ενσωματωμένο σε ένα ευρύτερο περιβάλλον παρακολούθησης της επιστήμης των επικονιαστών και της βιοποικιλότητας.



- Υποστηρίζει την εκπαίδευση βασισμένη σε τεκμηριωμένα στοιχεία: Τα προγράμματα επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης μπορούν να συνδέσουν την παρακολούθηση σε επίπεδο κυψέλης με ευρύτερους δείκτες οικοσυστήματος και μέτρα διατήρησης.

9) Εκπαίδευση και κατάρτιση: Σλοβενική Ακαδημία Μελισσοκομίας (KIS) και οδοί διάδοσης γνώσης

Η Μελισσοκομική Ακαδημία της Σλοβενίας (Slovenska čebelarska akademija) παρουσιάζεται από το Αγροτικό Ινστιτούτο της Σλοβενίας (Kmetijski inštitut Slovenije) ως μια δομημένη προσέγγιση για τη μελισσοκομική εκπαίδευση και ανάπτυξη ικανοτήτων.

Μια σελίδα στην αγγλική γλώσσα παρουσιάζει περαιτέρω τη σλοβενική μελισσοκομία στο πλαίσιο αυτής της ακαδημίας [31].

Γιατί έχει σημασία ως καλή πρακτική.

- Θεσμοθετεί την κατάρτιση και τη διεθνή ανταλλαγή γνώσεων, υποστηρίζοντας την επαγγελματοποίηση και τη συνεχή μάθηση.
- Προσφέρει μια πλατφόρμα για την ενσωμάτωση θεμάτων έξυπνης μελισσοκομίας (χρήση αισθητήρων, ερμηνεία δεδομένων, διαχείριση βάσει τεκμηρίων) καθώς τα προγράμματα σπουδών εκσυγχρονίζονται.

Υποστήριξη της διάδοσης και της βιωματικής εκπαίδευσης (διαδρομές μελισσοτουρισμού).

Το ενημερωτικό υλικό που φιλοξενείται από την κυβέρνηση πλαισιώνει επίσης την κληρονομιά της μελισσοκομίας και τις σύγχρονες πρακτικές μέσω μελισσοτουριστικών διαδρομών και εκπαιδευτικών αφηγήσεων, αναφέροντας τη Σλοβενία ως «λίκνο της σύγχρονης μελισσοθεραπείας» και τοποθετώντας τη μελισσοκομία ως μια ζωντανή πολιτιστική και αγροτική δραστηριότητα.

Αν και δεν πρόκειται για «τεχνολογία αισθητήρων» αυτή καθαυτή, είναι σημαντική για την ΕΕΚ επειδή διευρύνει τις οδούς απασχολησιμότητας (τουριστικές υπηρεσίες, επικοινωνία, αφήγηση προϊόντων, ποιοτική παρουσίαση) που μπορούν να συμπληρώσουν τις ικανότητες έξυπνης παρακολούθησης.

10) Σύνδεση με τον εκσυγχρονισμό της ΕΕΚ: Το BeeSensorVET ως δομημένος αγωγός δεξιοτήτων (διάδοση και εκπαίδευση με επικεφαλής τη Σλοβενία)

Το BeeSensorVET έχει σχεδιαστεί ειδικά για να ενσωματώνει αισθητήρες παρακολούθησης μελισσών, Τεχνητή Νοημοσύνη και Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT) στην εκπαίδευση στη μελισσοκομία, χρησιμοποιώντας ένα υβριδικό μοντέλο εκπαίδευσης και παρακολούθησης ικανοτήτων για την υποστήριξη του ψηφιακού γραμματισμού και της ανθεκτικότητας μεταξύ των μελισσοκόμων και των μαθητών.

Η τεκμηρίωση του έργου καθορίζει επίσης τα προγραμματισμένα αποτελέσματα, όπως ένα ηλεκτρονικό βιβλίο βέλτιστων πρακτικών, διαδραστικό μαθησιακό περιεχόμενο και εργαστήρια, συμπεριλαμβανομένου ενός πρακτικού εργαστηρίου στη Σλοβενία, και δίνει έμφαση στη διάδοση και τη συμμετοχή των ενδιαφερόμενων μερών.

Ως μελέτη περίπτωσης της Σλοβενίας, αυτή είναι μια σχετική «καλή πρακτική στην ενημέρωση»: καταδεικνύει πώς τα υπάρχοντα δυνατά σημεία της Σλοβενίας (κληρονομιά + δομημένοι τομεακοί θεσμοί + ερευνητική ικανότητα) μπορούν να αξιοποιηθούν σε αναπαραγώγιμα πακέτα κατάρτισης ΕΕΚ, ευθυγραμμισμένα με τον ψηφιακό μετασχηματισμό.

4.1.8 Βασικές προκλήσεις και ευκαιρίες

Βασικές προκλήσεις.



Co-funded by
the European Union

Χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι απόψεις και οι γνώμες που εκφράζονται είναι, ωστόσο, μόνο του/των συγγραφέα/ων και δεν αντικατοπτρίζουν απαραίτητα εκείνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή του Εκτελεστικού Οργανισμού Ευρωπαϊκής Εκπαίδευσης και Πολιτισμού (EACEA). Ούτε η Ευρωπαϊκή Ένωση ούτε ο EACEA φέρουν ευθύνη γι' αυτές.

- 1. Υψηλή δια-ετήσια μεταβλητότητα της παραγωγής μελιού και της αυτάρκειας.** Οι επίσημες αναφορές σημειώνουν έντονες διακυμάνσεις στην αυτάρκεια (π.χ. μεγάλη διακύμανση από έτος σε έτος) και μια συνολική ανάγκη ενίσχυσης της ανθεκτικότητας και της ανταγωνιστικότητας.
- 2. Περιβαλλοντικές πιέσεις και πιέσεις στη βιοποικιλότητα.** Η υγεία των επικονιαστών επηρεάζεται από την αλλαγή των οικοτόπων, τις κλιματικές πιέσεις και τους εξωτερικούς παράγοντες στρες. Η παρακολούθηση των άγριων μελισσών και των ευρύτερων δεικτών επικονιαστών σηματοδοτεί ότι η πρόκληση επεκτείνεται πέρα από τις διαχειριζόμενες αποικίες μελισσών.
- 3. Κατακερματισμός και περιορισμοί χωρητικότητας μεταξύ των μελισσοκόμων κυρίως μικρής κλίμακας.** Οι δομές μικρής κλίμακας μπορούν να επιβραδύνουν την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών λόγω κόστους, κενών στις δεξιότητες και αβεβαιότητας σχετικά με τα οφέλη. Αυτό ακριβώς είναι το είδος του σημείου συμφόρησης που στοχεύει να μειώσει η πρακτική και βασισμένη σε δεδομένα εκπαίδευση, βασισμένη στην ΕΕΚ.
- 4. Ενοποίηση δεδομένων και δυνατότητα ερμηνείας.** Η τεχνολογία έξυπνης κυψέλης παράγει μεγάλες ροές δεδομένων. Οι ερευνητικές ανασκοπήσεις τονίζουν ότι η χρησιμότητα εξαρτάται από ισχυρά μοντέλα, τυποποίηση και εφαρμόσιμη ερμηνεία — όχι μόνο από την ανάπτυξη αισθητήρων [8].

Βασικές ευκαιρίες.

- 1. Ισχυρή θεσμική υποδομή και δημόσια αναγνώριση.** Η εγγραφή στην UNESCO και η προσοχή σε πολιτικές σε εθνικό επίπεδο δημιουργούν ένα ευνοϊκό περιβάλλον για επενδύσεις σε δεξιότητες, συστήματα ποιότητας και διάδοση της καινοτομίας [17,21].
- 2. Υφιστάμενη πρακτική έξυπνης παρακολούθησης «πραγματικού κόσμου».** Η μακροχρόνια παρακολούθηση σε κλίμακα κυψέλης για την πρόβλεψη μελιού παρέχει μια αξιόπιστη βάση για την κλιμάκωση της ευρύτερης υιοθέτησης αισθητήρων [24].
- 3. Από την έρευνα στην πράξη.** Τα ενεργά έργα (π.χ. WellBEEing, έρευνα για τη διαχείριση κυψελών IoT και πρωτοβουλίες παρακολούθησης της Τεχνητής Νοημοσύνης) δείχνουν ότι η Σλοβενία διαθέτει τα συστατικά για τη μεταφορά καινοτομίας σε επαγγελματικά προγράμματα σπουδών και την αναβάθμιση των δεξιοτήτων των μελισσοκόμων [1,7].

Ευρωπαϊκή ευθυγράμμιση και μόχλευση χρηματοδότησης. Το έργο σε επίπεδο ΕΕ σχετικά με τις μεθοδολογίες παρακολούθησης και τις δράσεις που σχετίζονται με τους επικονιαστές παρέχει ένα πολιτικό και τεχνικό πλαίσιο που η Σλοβενία μπορεί να χρησιμοποιήσει για την τυποποίηση και την κλιμάκωση [5].

4.2. Ελλάδα

4.2.1 Μελισσοκομία στην Ελλάδα: Πλαίσιο και χαρακτήρας

Στην Ελλάδα, η μελισσοκομία δεν είναι απλώς μια δουλειά. Είναι συνυφασμένη με την αγροτική ζωή και τον πολιτισμό με την πάροδο των ετών. Περίπου 20.000 μελισσοκόμοι φροντίζουν περίπου 1,5 εκατομμύριο αποικίες, δίνοντας στην Ελλάδα μια από τις πυκνότερες συγκεντρώσεις κυψελών στην Ευρώπη και καθιστώντας τη χώρα σημαντικό παραγωγό μελιού. Τα πευκοδάση είναι σαν την ψυχή αυτού του κλάδου. Προμηθεύουν περίπου τα δύο τρίτα του εθνικού μελιού, ενώ το θυμάρι, η ερείκη και τα αγριολούλουδα προσθέτουν ξεχωριστές γεύσεις [32]. Παρά την αφθονία αυτή, οι μέσες αποδόσεις ανά κυψέλη είναι μέτριες, με αποτέλεσμα πολλοί μελισσοκόμοι να λειτουργούν μεγάλα, κινητά μελισσοκομεία που ακολουθούν την εποχιακή άνθηση. Το μέλι που παράγουν παίζει έναν ρόλο πολύ πέρα από το εμπόριο: οι μέλισσες επικονιάζουν τις καλλιέργειες, στηρίζουν τη βιοποικιλότητα και τα προϊόντα τους κατέχουν εξέχουσα θέση στην ελληνική κουζίνα και ιατρική. Η υποστήριξη για τον τομέα περιλαμβάνει ένα Εθνικό Πρόγραμμα Μελισσοκομίας, επιδοτήσεις για εκπαίδευση και έλεγχο ασθενειών, και ένα ψηφιακό μητρώο που παρακολουθεί τις κυψέλες και τους μελισσοκόμους για τη βελτίωση της ιχνηλασιμότητας και την ευθυγράμμιση με τα πρότυπα της ΕΕ [33].

4.2.2 Η παράδοση συναντά την τεχνολογία

Για γενιές, οι Έλληνες μελισσοκόμοι βασίζονταν σε χειροκίνητους ελέγχους και σε τοπικές γνώσεις. Αυτό αρχίζει να αλλάζει. Μια αυξανόμενη μειονότητα, περίπου ένας στους πέντε επαγγελματίες, χρησιμοποιεί ηλεκτρονικές ζυγαριές κυψέλης ή άλλους αισθητήρες για την απομακρυσμένη παρακολούθηση του βάρους, της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Αυτοί οι πρώτοι μελισσοκόμοι συχνά διαχειρίζονται εκατοντάδες κυψέλες σε όλη τη χώρα, επομένως τα ψηφιακά εργαλεία τους εξοικονομούν αμέτρητες ώρες και χιλιόμετρα στέλνοντας ειδοποιήσεις όταν κάτι δεν πάει καλά. Ωστόσο, οι περισσότεροι μελισσοκόμοι εξακολουθούν να βρίσκουν την τεχνολογία δαπανηρή, την υπηρεσία διαδικτύου ανομοιογενή και τις ψηφιακές διεπαφές τρομακτικές. Για να γεφυρώσουν αυτό το χάσμα, ενώσεις και πανεπιστήμια διοργανώνουν εργαστήρια «Μελισσοκομία 4.0», ενώ έργα όπως το BeeSensorVET προσφέρουν εκπαίδευση στα ελληνικά και στοχεύουν στην απομυθοποίηση της έξυπνης μελισσοκομίας για τους νεοφερμένους.

Η τοπική καινοτομία κερδίζει επίσης έδαφος. Εταιρείες όπως η Beezon και η ANEL έχουν εισαγάγει εφαρμογές και πλατφόρμες IoT που επιτρέπουν στους μελισσοκόμους να σαρώνουν κυψέλες με κωδικό QR, να υπαγορεύουν σημειώσεις επιθεώρησης και να αποθηκεύουν δεδομένα στο cloud [34,35]. Νεοσύστατες επιχειρήσεις όπως η LIME Technology εφαρμόζουν πιλοτικά το eHive - μια ολοκληρωμένη έξυπνη κυψέλη που χρησιμοποιεί πολλαπλούς αισθητήρες και βασική τεχνητή νοημοσύνη για την ανίχνευση ασθενειών των γόνων και στρες στο μικροκλίμα [36]. Εν τω μεταξύ, πανεπιστήμια και ερευνητικά ιδρύματα συνεισφέρουν με εργαλεία όπως μετρητές κυκλοφορίας μελισσών, συστήματα ακουστικής παρακολούθησης και πλατφόρμες δεδομένων μέσω έργων της ΕΕ όπως το IoBee και το B-THENET [37,38]. Τα κονδύλια της ΕΕ και τα εθνικά κονδύλια, συμπεριλαμβανομένων πόρων από το Σχέδιο Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας, βοηθούν στη μεταφορά αυτών των ιδεών από το εργαστήριο στο μελισσοκομείο.

4.2.3 Παραδείγματα τοπικών καλών πρακτικών στην Έξυπνη και Βιώσιμη Μελισσοκομία (Ελλάδα)

Τα ακόλουθα παραδείγματα αναδεικνύουν βασικές ελληνικές καλές πρακτικές στην έξυπνη και βιώσιμη μελισσοκομία. Επιλέχθηκαν για τη συνάφειά τους με την ψηφιοποίηση, τη βιωσιμότητα, την εκπαίδευση και τη δυνατότητα μεταφοράς τους σε περιβάλλοντα ΕΕΚ, καλύπτοντας λύσεις με γνώμονα τον κλάδο, εφαρμοσμένη έρευνα, δίκτυα γνώσης και πρωτοβουλίες κατάρτισης.

1. Ψηφιακή τήρηση αρχείων κυψέλης: Εφαρμογή ANEL Beekeeper

Τι είναι: Η εφαρμογή ANEL Beekeeper είναι μια εφαρμογή για κινητά και web που αναπτύχθηκε από μια ελληνική εταιρεία μελισσοκομικών ειδών για να αντικαταστήσει τα παραδοσιακά χάρτινα αρχεία καταγραφής κυψελών. Οι μελισσοκόμοι μπορούν να σαρώνουν τα αναγνωριστικά κυψελών QR/NFC, να υπαγορεύουν σημειώσεις επιθεώρησης φωνητικά και να αποθηκεύουν δεδομένα επιθεώρησης στο cloud, προσβάσιμα μέσω ενός διαδικτυακού πίνακα ελέγχου.

Γιατί έχει σημασία: Πρόκειται για ένα πρακτικό παράδειγμα ψηφιοποίησης με γνώμονα τον κλάδο, προσαρμοσμένης στις καθημερινές ανάγκες των μελισσοκόμων. Η απλή διεπαφή και η φωνητική εισαγωγή μειώνουν τα εμπόδια για τους μεγαλύτερους σε ηλικία ή τους χρήστες με λιγότερη ψηφιακή αυτοπεποίθηση, ενώ παράλληλα υποστηρίζουν την ιχνηλασιμότητα και τη λήψη αποφάσεων βάσει δεδομένων. Το εργαλείο σχετίζεται άμεσα με την εκπαίδευση στην επαγγελματική εκπαίδευση και κατάρτιση (ΕΕΚ) στη σύγχρονη διαχείριση κυψελών και την ψηφιακή τήρηση αρχείων.

2. Πιλοτικό πρόγραμμα έξυπνης κυψέλης βασισμένο στο IoT: έργο eHive (Ηπειρος)

Τι είναι: Το έργο eHive, το οποίο αναπτύχθηκε από μια περιφερειακή ελληνική νεοσύστατη επιχείρηση αγροτεχνολογίας και χρηματοδοτήθηκε μέσω του Σχεδίου Ανάκαμψης και Ανθεκτικότητας της Ελλάδας, εφαρμόζει πιλοτικά μια πλήρως ενσωματωμένη έξυπνη κυψέλη. Το σύστημα συνδυάζει αισθητήρες (θερμοκρασία, υγρασία, ακουστική και δείκτες γόνου) με συνδεσιμότητα IoT και βασική τεχνητή νοημοσύνη για την ανίχνευση κινδύνων ασθενειών, περιβαλλοντικού στρες και δεικτών απώλειας αποικιών σε πραγματικό χρόνο.



Γιατί έχει σημασία: Το eHive καταδεικνύει πώς η χρηματοδότηση ανάκαμψης της ΕΕ μπορεί να υποστηρίξει την εφαρμοσμένη καινοτομία στις αγροτικές περιοχές. Η εστίασή του στην έγκαιρη προειδοποίηση, την πρόληψη και τη μείωση των διαταραχών στις κυψέλες ευθυγραμμίζεται έντονα με τους στόχους βιώσιμης μελισσοκομίας. Το πιλοτικό πρόγραμμα έχει υψηλή αποδεικτική αξία για τους εκπαιδευόμενους ΕΕΚ, προσφέροντας ένα απτό παράδειγμα του πώς το Διαδίκτυο των Πραγμάτων και η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορούν να εφαρμοστούν στη μελισσοκομία.

3. Συνεργασία έρευνας-βιομηχανίας: ΗΜΥ και το έργο IoBee (Κρήτη)

Τι είναι: Το Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο (ΕΜΥ) συμμετείχε στο χρηματοδοτούμενο από την ΕΕ έργο IoBee, συνεισφέροντας εμπειρογνωμοσύνη στη βιοακουστική και τις ΤΠΕ. Το έργο ανέπτυξε εργαλεία όπως μετρητές κυκλοφορίας μελισσών και έξυπνα συστήματα κυψελών, συνδυάζοντας ακουστικά δεδομένα, περιβαλλοντικούς αισθητήρες και δορυφορικές πληροφορίες για την αξιολόγηση της υγείας της αποικίας.

Γιατί έχει σημασία: Αυτή η περίπτωση δείχνει πώς η ελληνική ακαδημαϊκή έρευνα τροφοδοτεί πρακτικά εργαλεία μελισσοκομίας. Το ΗΜΥ ενέπλεξε φοιτητές και τοπικές μελισσοκομικές μονάδες σε πιλοτικές δοκιμές, ενισχύοντας τη σύνδεση μεταξύ τριτοβάθμιας εκπαίδευσης, επαγγελματικής κατάρτισης και πρακτικής άσκησης. Τα αποτελέσματα υποστηρίζουν τη μη επεμβατική παρακολούθηση και τη λήψη αποφάσεων βάσει τεκμηρίων, άμεσα εφαρμόσιμα στα προγράμματα σπουδών έξυπνης μελισσοκομίας.

4. Κοινοποίηση γνώσης για τη βιωσιμότητα: Ελληνικός κόμβος B-THENET (Χαλκιδική)

Τι είναι: Στο πλαίσιο του έργου B-THENET του προγράμματος Horizon Europe, η Ελλάδα φιλοξενεί έναν εθνικό κόμβο που συντονίζεται από το Ελληνικό Ινστιτούτο Μελισσοκομίας. Ο κόμβος συλλέγει, επικυρώνει και διαδίδει βέλτιστες πρακτικές για τη βιώσιμη μελισσοκομία μέσω περιλήψεων πρακτικών, εργαστηρίων και ανταλλαγής από ομοτίμους, με ισχυρή παρουσία σε μια σημαντική μελισσοκομική περιοχή.

Γιατί έχει σημασία: Το B-THENET αντιπροσωπεύει ένα μοντέλο καινοτομίας από κάτω προς τα πάνω, με επικεφαλής επαγγελματίες, στο οποίο οι μελισσοκόμοι συνδημιουργούν και μοιράζονται λύσεις. Το υλικό του είναι προσβάσιμο και άμεσα χρησιμοποιήσιμο στην εκπαίδευση και τη δια βίου μάθηση. Ο κόμβος ενισχύει τους δεσμούς μεταξύ έρευνας, συμβουλευτικών υπηρεσιών και εκπαίδευσης, καθιστώντας τον εξαιρετικά σημαντικό για την αξιοποίηση της ΕΕΚ.

5. Εκπαίδευση εισαγωγικού επιπέδου και νέων: «Νέα Γεωργία – Νέα Γενιά» (Πρόγραμμα Μελισσοκομίας)

Τι είναι: Αυτό το πρόγραμμα προσφέρει δωρεάν, δομημένη εκπαίδευση στη μελισσοκομία για νέους και νεοεισερχόμενους, συνδυάζοντας τη διδασκαλία στην τάξη με εκτεταμένη πρακτική εξάσκηση σε τοπικά μελισσοκομεία. Πραγματοποιείται με τη συμμετοχή πανεπιστημίων και καλύπτει τόσο τις τεχνικές δεξιότητες όσο και τη βασική επιχειρηματικότητα.

Γιατί έχει σημασία: Η πρωτοβουλία ασχολείται με την ανανέωση των γενεών και την ένταξη στην ελληνική μελισσοκομία. Η μικτή, πρακτικά προσανατολισμένη προσέγγισή της ευθυγραμμίζεται άριστα με τις αρχές της επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης και παρέχει ένα μοντέλο για την εισαγωγή της βιωσιμότητας, της καινοτομίας και της επιχειρηματικής σκέψης σε παραδοσιακούς τομείς.

6. Αστική ευαισθητοποίηση και εκπαίδευση: Πρωτοβουλία Bee Path (Νέα Προποντίδα)

Τι είναι: Εμπνευσμένη από το σλοβενικό μοντέλο Bee Path, η πρωτοβουλία Νέα Προποντίδα ενσωματώνει αστικές κυψέλες μελισσών, σχολικές δραστηριότητες, εργαστήρια πολιτών και μελισσοτουρισμό, συνδέοντας τη μελισσοκομία με την περιβαλλοντική εκπαίδευση και την τοπική ταυτότητα.

Γιατί έχει σημασία: Αυτό το παράδειγμα αναδεικνύει την κοινωνική και εκπαιδευτική διάσταση της βιώσιμης μελισσοκομίας, που εκτείνεται πέρα από την παραγωγή. Δημιουργεί ζωντανά εργαστήρια για

4.2.4 Βασικές προκλήσεις και μελλοντικές ευκαιρίες

Η μελισσοκομία στην Ελλάδα αντιμετωπίζει σημαντικές αντιξοότητες. Η κλιματική αλλαγή έχει φέρει μεγαλύτερες ξηρασίες, θερμότερα καλοκαίρια και καταστροφικές πυρκαγιές που καταστρέφουν τις χορτονομές, ειδικά τα πεύκα. Παράσιτα όπως το *Varroa destructor* εξακολουθούν να προκαλούν σημαντικές απώλειες, ενώ η δημογραφική σύνθεση του τομέα γερνάει και το ψηφιακό χάσμα παραμένει μεγάλο. Η αύξηση του κόστους των ζωοτροφών και των καυσίμων, καθώς και ο ανταγωνισμός από φθηνότερες εισαγωγές, συμπιέζουν τα περιθώρια κέρδους.

Ταυτόχρονα, δημιουργείται ένα κύμα ευκαιριών. Πολιτικές της ΕΕ, όπως η Πράσινη Συμφωνία και η Στρατηγική «Από το Αγρόκτημα στο Πιάτο», ενθαρρύνουν τη μείωση των φυτοφαρμάκων, την αποκατάσταση των οικοτόπων και την υποστήριξη της βιώσιμης μελισσοκομίας. Οι βελτιώσεις στη συνδεσιμότητα και η πτώση των τιμών των αισθητήρων καθιστούν την βασική παρακολούθηση πιο προσιτή για τους μικρούς και μεσαίους μελισσοκόμους. Οι πρωτοβουλίες κατάρτισης -είτε μέσω του BeeSensorVET, του B-THENET είτε των τοπικών πανεπιστημίων- αναπτύσσουν τις ψηφιακές και περιβαλλοντικές δεξιότητες που απαιτούνται για την ευημερία στη «Μελισσοκομία 4.0». Στόχος είναι επίσης η διαφοροποίηση των εισοδημάτων μέσω πιστοποιημένων εξειδικευμένων μελιών, προϊόντων πρόπολης και μελισσοτουρισμού. Η συμπεριληπτική εκπαίδευση και τα συνεργατικά μοντέλα προσελκύουν νεότερους και πιο ποικιλόμορφους συμμετέχοντες, γεφυρώνοντας το χάσμα των φύλων και διασφαλίζοντας τη μετάδοση της παραδοσιακής γνώσης. Με λίγα λόγια, το μέλλον της ελληνικής μελισσοκομίας θα εξαρτηθεί από τον συνδυασμό της διαχρονικής πρακτικής με την έξυπνη τεχνολογία και ένα ισχυρό δίκτυο υποστήριξης - κάτι που έργα όπως το BeeSensorVET έχουν σχεδιαστεί για να διευκολύνουν.

4.3. Βέλτιστες πρακτικές σε επίπεδο ΕΕ και διεθνών πρακτικών

Σε ολόκληρη την Ευρώπη και διεθνώς, η μελισσοκομία βιώνει μια τεχνολογική επανάσταση. Οι προηγμένοι αισθητήρες, η τεχνητή νοημοσύνη και τα συστήματα παρακολούθησης που βασίζονται σε δεδομένα επιτρέπουν στους μελισσοκόμους να διαχειρίζονται τις κυψέλες πιο αποτελεσματικά, να ανιχνεύουν έγκαιρα το στρες στις αποικίες και να βελτιστοποιούν τις υπηρεσίες επικονίασης, υποστηρίζοντας ταυτόχρονα τη βιοποικιλότητα και τη βιώσιμη γεωργία. Αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζει μια επισκόπηση έργων που χρηματοδοτούνται από την ΕΕ, καινοτόμων εταιρειών και εκπαιδευτικών πρωτοβουλιών που πρωτοστατούν στην μελισσοκομία ακριβείας και την ψηφιακή μελισσοκομία. Το κεφάλαιο επισημαίνει επίσης πρακτικές στρατηγικές για τη μεταφορά γνώσεων και τεχνολογιών από αυτές τις πρωτοβουλίες σε ιδρύματα επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης και σε προγράμματα εκπαίδευσης στη μελισσοκομία.

4.3.1 Έργα της ΕΕ και του Erasmus+ στη μελισσοκομία

Το έργο **BestHONEY (Erasmus+)** είναι μια διακρατική πρωτοβουλία με εταίρους από την Τουρκία, την Ιταλία, τη Γαλλία και την Ισπανία, που έχει σχεδιαστεί για τη βελτίωση των προτύπων υγιεινής, επεξεργασίας, συσκευασίας και ποιότητας στην παραγωγή μελιού σύμφωνα με τους κανονισμούς της ΕΕ. Το έργο ενώνει επιστημονικά ιδρύματα, δημόσιες αρχές και τεχνικούς εμπειρογνώμονες για την ανάπτυξη εναρμονισμένου εκπαιδευτικού υλικού, πρακτικών κατευθυντήριων γραμμών και καινοτόμων προσεγγίσεων που ενισχύουν τις επαγγελματικές ικανότητες στη μελισσοκομία. Βασικοί τομείς περιλαμβάνουν τη διαχείριση της υγείας των αποικιών, τον ποιοτικό έλεγχο μετά τη συγκομιδή, την ασφάλεια των τροφίμων, την ιχνηλασιμότητα, τον χαρακτηρισμό των προϊόντων και τις βιώσιμες πρακτικές παραγωγής. Το BestHONEY υποστηρίζει τον εκσυγχρονισμό των προγραμμάτων σπουδών ΕΕΚ, ευθυγραμμίζοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα με τα κανονιστικά πλαίσια της ΕΕ και ενσωματώνοντας την επιστημονική έρευνα με την πρακτική εμπειρία πεδίου, ενισχύοντας έτσι την επαγγελματοποίηση, την ασφάλεια, την ανταγωνιστικότητα και τη βιωσιμότητα στον ευρωπαϊκό τομέα του μελιού [39].

Το **BeeLieve – Ευρωπαϊκά Κέντρα Επαγγελματικής Αριστείας (CoVE)** στη Μελισσοκομία είναι μια τετραετής πρωτοβουλία Erasmus+ που στοχεύει στον μετασχηματισμό της εκπαίδευσης στη μελισσοκομία και στην προώθηση βιώσιμων πρακτικών σε όλη την Ευρώπη. Οι χώρες εταίροι περιλαμβάνουν την Πολωνία, τη Βουλγαρία, την Ιταλία, τη Σλοβενία και την Ελλάδα. Το BeeLieve δημιουργεί περιφερειακά κέντρα αριστείας που συνδυάζουν την πρακτική, την συνδεδεμένη με τη βιομηχανία μάθηση με την έρευνα. Το έργο αναπτύσσει εξατομικευμένα προγράμματα σπουδών που περιλαμβάνουν βασικές γνώσεις μελισσοκομίας, επιχειρηματικές και ψηφιακές ικανότητες και πράσινες δεξιότητες. Το BeeLieve δίνει έμφαση στη βιωσιμότητα, την οικολογική μελισσοκομία, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και τις αναγεννητικές πρακτικές που ευθυγραμμίζονται με τους πράσινους στόχους της ΕΕ. Η πρακτική εκπαίδευση - μαθητεία, η πρακτική άσκηση και η εμπειρία μελισσοκομίας επί τόπου - είναι κεντρικής σημασίας για το έργο, ενώ τα ανοιχτά διαδικτυακά μαθήματα (MOOCs) διευρύνουν την πρόσβαση στη γνώση και τη δια βίου μάθηση [40].

Το **B-GOOD (Horizon 2020)** επικεντρώνεται στη βελτίωση της υγείας των μελισσών και στη βιωσιμότητα της μελισσοκομίας μέσω προηγμένων ψηφιακών τεχνολογιών. Με επικεφαλής το Πανεπιστήμιο της Γάνδης, ερευνητές από 13 ευρωπαϊκές χώρες ανέπτυξαν μια «έξυπνη κυψέλη» με ενσωματωμένους αισθητήρες για την παρακολούθηση του βάρους, της θερμοκρασίας, των αερίων, των κραδασμών, της ροής γύρης, του αριθμού των μελισσών, των φυτοφαρμάκων, των ιών και άλλων δεικτών υγείας των αποικιών (HSI) της κυψέλης. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης αναλύουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας στους μελισσοκόμους εφαρμόσιμες ειδοποιήσεις και καθοδήγηση, ιδίως μειώνοντας τις χειμερινές απώλειες. Το έργο δημιούργησε επίσης μια ευρωπαϊκή πλατφόρμα ανταλλαγής γνώσεων που συνδέει μελισσοκόμους, ερευνητές και υπεύθυνους χάραξης πολιτικής. Η συνέχειά του, το **HIVEOPOLIS**, αναπτύσσει ψηφιακές κυψέλες με ενεργή θέρμανση, ακόμη και ρομποτικές μέλισσες για επικοινωνία με τις κυψέλες. Αυτές οι πρωτοβουλίες σηματοδοτούν μια σημαντική ανακάλυψη στη μελισσοκομία υψηλής τεχνολογίας, επιτρέποντας την ακριβή παρακολούθηση, την έγκαιρη ανίχνευση στρες και τη βελτιωμένη επιβίωση των μελισσών, υποστηρίζοντας την επισιτιστική ασφάλεια και τις ανάγκες επικοινωνίας της Ευρώπης [41].

Το **SENSORBEES** διερευνά τη χρήση αποικιών μελισσών ως δίκτυα αισθητήρων για την παρακολούθηση βασικών οικολογικών παραμέτρων, συμπεριλαμβανομένων των υπηρεσιών επικοινωνίας και της ποικιλομορφίας των ανθοφόρων φυτών. Εξοπλισμένες με προηγμένους αισθητήρες, οι κυψέλες παρακολουθούν τη δραστηριότητα της βασίλισσας και της εργάτριας, την ανάπτυξη του γόνου και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των μελισσών. Δεδομένα σχετικά με τη συμπεριφορά των μελισσών, την παραγωγή κυψελών και τις περιβαλλοντικές συνθήκες σε ακτίνα αναζήτησης τροφής έως και 10 km (~314 km²) επιτρέπουν την αξιολόγηση της υγείας της αποικίας, της παρουσίας παρασίτων και των τοπικών ανθικών πόρων. Η ενσωμάτωση δεδομένων μεταξύ των κυψελών εντοπίζει πιθανές προβληματικές περιοχές, υποστηρίζοντας τη βιώσιμη διαχείριση της μελισσοκομίας και τη διατήρηση της βιοποικιλότητας [42].

Το **B-THENET – Sweet Innovation for Sustainable Beekeeping** στοχεύει στον εκσυγχρονισμό του ευρωπαϊκού μελισσοκομικού τομέα προωθώντας την καινοτομία, την ψηφιοποίηση και την ανταλλαγή γνώσεων. Το έργο εφαρμόζει μια πολυπαραγοντική προσέγγιση, εμπλέκοντας μελισσοκόμους, συμβούλους, ερευνητές, υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, τη βιομηχανία και τους καταναλωτές για τη συλλογή βέλτιστων πρακτικών και ερευνητικών ευρημάτων για πρακτική εφαρμογή. Μέσω ψηφιακών πλατφορμών και 13 εθνικών υποδικτύων, παρέχει πόρους σε 15 γλώσσες της ΕΕ, κατευθυντήριες γραμμές για συμβούλους, διαδικτυακή και πρακτική εκπαίδευση και διακρατικές εκδηλώσεις για την εναρμόνιση των βιώσιμων πρακτικών μελισσοκομίας σε όλη την Ευρώπη [38].

Το **BeeUrban – Buzzing Futures (Erasmus+)** αναπτύσσει προγράμματα σπουδών αστικής μελισσοκομίας, διαδραστικά διαδικτυακά μαθήματα, εγχειρίδια, μελέτες περιπτώσεων και βέλτιστες πρακτικές για φοιτητές πανεπιστημίων, ερευνητές και εκπαιδευτικούς. Ενισχύοντας τις ψηφιακές δεξιότητες και την επιχειρηματικότητα, το έργο ενισχύει τις πρωτοβουλίες αστικής επικοινωνίας και τη συμμετοχή της κοινότητας [43].

Το **BeeHome** ενσωματώνει την Τεχνητή Νοημοσύνη, τη ρομποτική και την αυτοματοποιημένη διαχείριση κλίματος/ παρασίτων για συναρμολογούμενα εμπορικά μελισσοκομεία. Διαχειριζόμενο έως και 40 κυψέλες, το σύστημα αυτοματοποιεί τη σίτιση, τη θερμορύθμιση, τον έλεγχο παρασίτων και τη συγκομιδή μελιού, παρέχοντας παράλληλα παρακολούθηση και ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο. Οι δοκιμές πεδίου στο Ισραήλ κατέδειξαν αυξημένη επιβίωση αποικιών, παραγωγή μελιού και αποτελεσματικότητα επικοινωνίας, αντιμετωπίζοντας την κατάρρευση των αποικιών και υποστηρίζοντας τη βιώσιμη γεωργία [44].

Το **ENFORCE** (Erasmus+) ενισχύει τη βιωσιμότητα και την ανθεκτικότητα της μελισσοκομίας εισάγοντας καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα, βιωματική γεωργία, παιχνιδοποίηση και αισθητηριακή ανάλυση του μελιού. Συνδυάζει την πρακτική εκπαίδευση με νέες στρατηγικές μάρκετινγκ και επικοινωνίας για τη βελτίωση της ποιότητας του μελιού, τη σταθερότητα του εισοδήματος και τις πρακτικές που προσανατολίζονται στον καταναλωτή [45].

Το **BeeGen (Erasmus+)** προωθεί τη συμμετοχή των νέων στη μελισσοκομία μέσω παιχνιδοποιημένης, τεχνολογικά υποστηριζόμενης μάθησης. Το έργο συνδυάζει τη θεωρία στην τάξη με πρακτικές επισκέψεις σε τοπικούς μελισσοκόμους και πρακτικές δραστηριότητες, εισάγοντας τους μαθητές στις λειτουργίες των κυψελών, την παραγωγή μελιού και την επιχειρηματικότητα σε προϊόντα προστιθέμενης αξίας [46].

Το πρόγραμμα **“Bees Give Us Food and Health” (Erasmus+ KA210-VET)** συνδέει Σλοβένους και Τσέχους μελισσοκόμους, φοιτητές και ειδικούς στη μελισσοθεραπεία για την ανταλλαγή γνώσεων και βέλτιστων πρακτικών. Οι συμμετέχοντες αποκτούν πρακτικές δεξιότητες, εξερευνούν μελισσοθεραπευτικές εφαρμογές, φυτεύουν φυτά φιλικά προς τους επικονιαστές και αναπτύσσουν μια πολύγλωσση διαδικτυακή τάξη για βιώσιμη μελισσοκομία και εκπαίδευση σε θέματα υγείας [47].

4.3.2 Εταιρείες και εκπαιδευτικές πρωτοβουλίες

Η **BeeLife** (Βρυξέλλες, από το 2013) προστατεύει τους επικονιαστές και τη βιοποικιλότητα σε όλη την Ευρώπη. Ο οργανισμός προωθεί βιώσιμες γεωργικές πρακτικές, την ευαισθητοποίηση του κοινού και την ανάπτυξη πολιτικής, ενώ παράλληλα καθιστά τα δεδομένα για τους επικονιαστές προσβάσιμα στο κοινό [48].

Το **Sens4Bee** χρησιμοποιεί μικροσκοπικούς αισθητήρες βασισμένους σε RFID, οι οποίοι είναι προσαρτημένοι σε κυψέλες και μεμονωμένες μέλισσες. Αναπτύχθηκε από τις Microsensus GmbH, Fraunhofer IZM και Helmholtz UFZ και παρακολουθεί τη θερμοκρασία, την υγρασία, τους κραδασμούς, το φως, τα ακουστικά σήματα και την πτητική δραστηριότητα. Τεχνολογίες μικρομπαταρίας και συλλογής ενέργειας τροφοδοτούν αισθητήρες βάρους 2-10 mg χωρίς να επηρεάζουν τη συμπεριφορά των μελισσών. Τα δεδομένα αναλύονται στο cloud, συνδέονται με περιβαλλοντικά γεγονότα και χρησιμοποιούνται για να παρέχουν στους μελισσοκόμους αξιοποιήσιμες πληροφορίες [49].

Το **HoBBIT** (Νορβηγία) εξοπλίζει τυπικές κυψέλες με κάμερες, μικρόφωνα, ζυγαριές και αισθητήρες κλίματος για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς και του περιβάλλοντος των μελισσών. Η τεχνητή νοημοσύνη αναλύει δεδομένα για την ανίχνευση του πρώιμου στρες, των ασθενειών ή την απώλεια βασίλισσας, επιτρέποντας αναγεννητικές, φιλικές προς τους επικονιαστές γεωργικές πρακτικές και υποστηρίζοντας την υγεία των οικοσυστημάτων [50].

Το μάθημα **Bee Analytics & Business** (RUN-EU SAP) συνδυάζει την Τεχνητή Νοημοσύνη, τη μελισσοκομία και την επιχειρηματικότητα. Φοιτητές από τη Φινλανδία, την Ισπανία και το Βέλγιο αναλύουν δεδομένα αισθητήρων κυψέλης και βίντεο, μοντελοποιούν τη συμπεριφορά των μελισσών και αναπτύσσουν επιχειρηματικές λύσεις. Χρησιμοποιώντας την Εκπαίδευση Βασισμένη στο Σχεδιασμό, οι φοιτητές αποκτούν τεχνικές και επιχειρηματικές δεξιότητες για να καινοτομήσουν στην ακριβή μελισσοκομία [51].

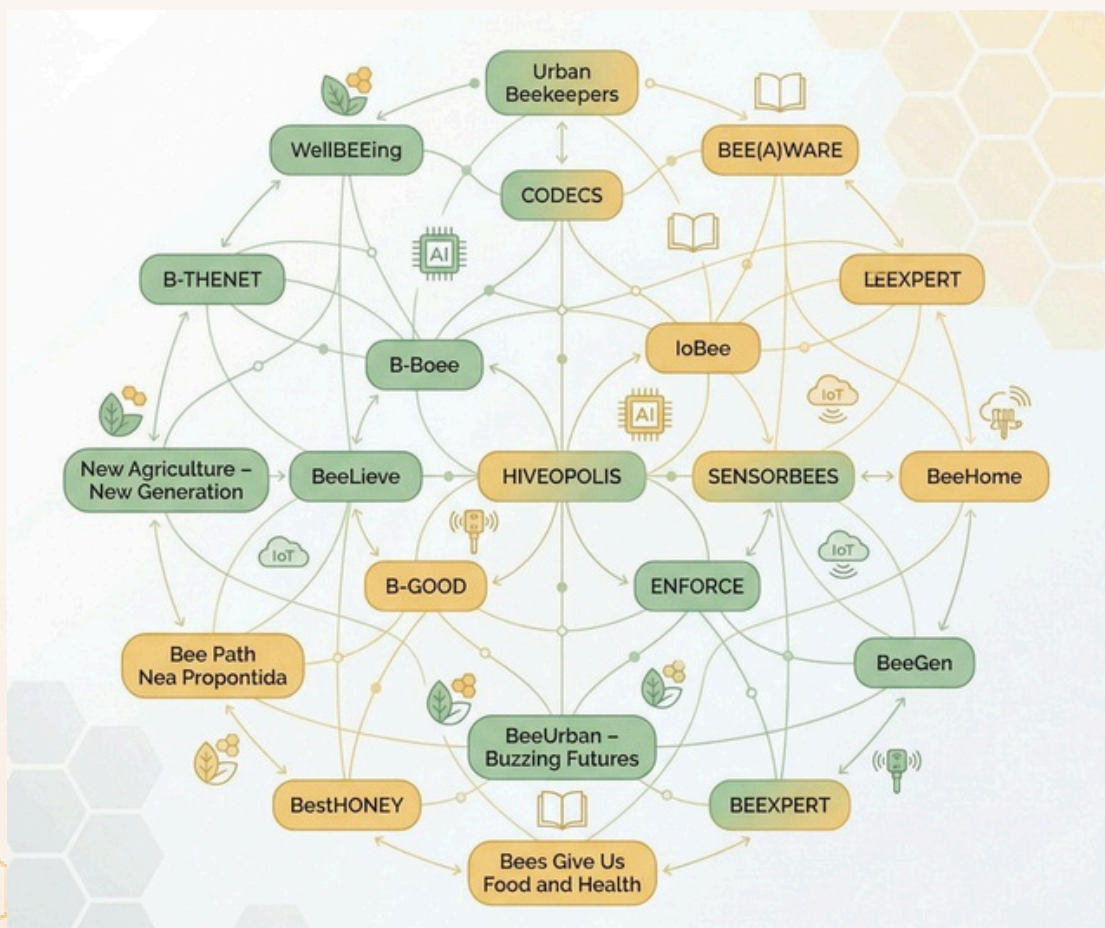
Το Ίδρυμα **Bruno Kessler (FBK) & Melixa – AGRIBEE AI** αξιοποιεί την τεχνητή νοημοσύνη για την αξιολόγηση των ανθρώπινων και γεωργικών επιπτώσεων στη βιοποικιλότητα. Συνδυάζοντας δεδομένα από κυψέλες σε πραγματικό χρόνο και ιστορικά,

μετεωρολογικά και γεωργικά δεδομένα, οι μελισσοκόμοι λαμβάνουν εργαλεία ακριβείας για την παρακολούθηση της υγείας των κυψελών, τη βελτίωση της παραγωγικότητας και την ενίσχυση του ρόλου των μελισσών ως περιβαλλοντικών φρουρών [52].

Η **BeeHero** αξιοποιεί αισθητήρες εντός κυψέλης και πεδίου με μηχανική μάθηση για την παρακολούθηση της υγείας της αποικίας και της αποτελεσματικότητας της επικοινωνίας σε μεγάλη κλίμακα. Οι παγκόσμιες συνεργασίες τους περιλαμβάνουν έρευνα για τη βαρρόα, τη γενετική των μελισσών, τα χωροκατακτητικά είδη και τον βιολογικό έλεγχο παρασίτων [53].

Το **Ubees** ενσωματώνει αισθητήρες με τεχνητή νοημοσύνη, παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και ανάλυση δεδομένων για τη βελτιστοποίηση της επικοινωνίας, τη βελτίωση των αποδόσεων των καλλιεργειών και την υποστήριξη της βιοποικιλότητας. Οι εφαρμογές παρέχουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο και εξατομικευμένες προτάσεις, δημιουργώντας αναγεννητικά γεωργικά οικοσυστήματα [54].

Η **Bee Smart Technologies (Βουλγαρία)** αναπτύσσει συστήματα απομακρυσμένης παρακολούθησης όπως το BeeBot και το Hivebase για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας και της ακουστικής κυψέλης. Οι πλατφόρμες ανάλυσης δεδομένων επιτρέπουν τη μακροπρόθεσμη παρακολούθηση, τις έγκαιρες παρεμβάσεις, τη βελτιωμένη υγεία της αποικίας και την ενσωμάτωση με το ηλεκτρονικό εμπόριο για την υποστήριξη των τοπικών μελισσοκόμων.



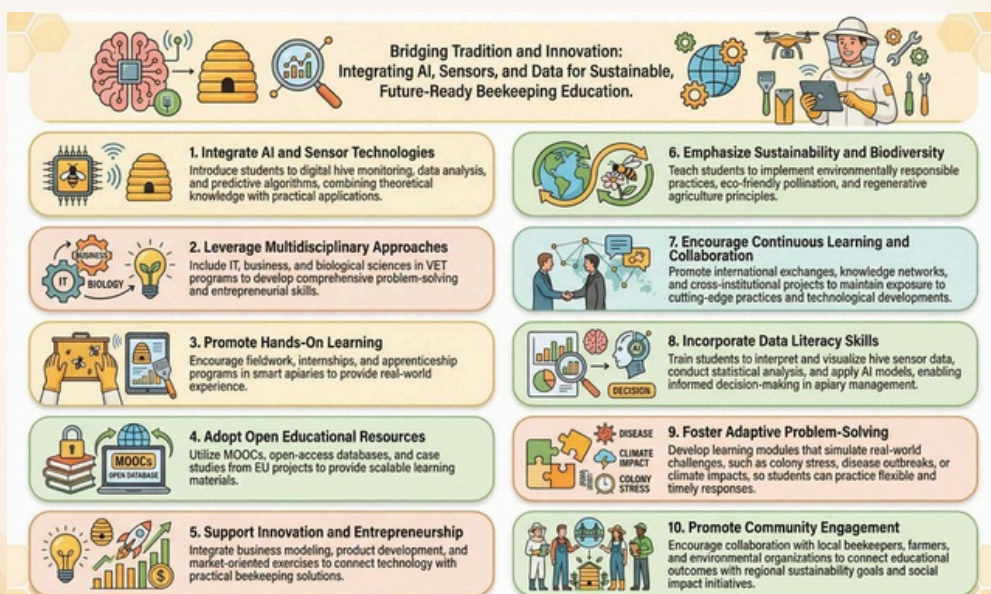
Σχήμα. Επισκόπηση δικτύου καινοτόμων έργων μελισσοκομίας στην ΕΕ, με έμφαση στις διασυνδεδεμένες πρωτοβουλίες που ενσωματώνουν την Τεχνητή Νοημοσύνη, το Διαδίκτυο των Πραγμάτων, τη βιωσιμότητα, την ψηφιακή παρακολούθηση και την επαγγελματική εκπαίδευση για την προώθηση έξυπνων και βασισμένων σε δεδομένα οικοσυστημάτων μελισσοκομίας.

4.3.3 Κατευθυντήριες γραμμές για τη μεταφορά γνώσεων στην επαγγελματική εκπαίδευση και κατάρτιση (ΕΕΚ) και την εκπαίδευση μελισσοκόμων

Η ραγδαία ανάπτυξη της Τεχνητής Νοημοσύνης, των τεχνολογιών αισθητήρων και των ψηφιακών λύσεων στη μελισσοκομία προσφέρει μια μοναδική ευκαιρία για τον εκσυγχρονισμό των προγραμμάτων επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης. Ενσωματώνοντας γνώσεις από έργα της ΕΕ, διεθνή έρευνα και καινοτόμες εταιρείες, τα ιδρύματα επαγγελματικής εκπαίδευσης και κατάρτισης μπορούν να εξοπλίσουν τους μελλοντικούς μελισσοκόμους με τις δεξιότητες, τις γνώσεις και τη νοοτροπία που απαιτούνται για την μελισσοκομία ακριβείας. Η αποτελεσματική μεταφορά γνώσης απαιτεί όχι μόνο τεχνική κατάρτιση αλλά και διεπιστημονική συνεργασία, ευαισθητοποίηση σχετικά με τη βιωσιμότητα και πρακτική εμπειρία, ώστε να διασφαλιστεί ότι οι φοιτητές και οι επαγγελματίες μπορούν να εφαρμόσουν αυτές τις καινοτομίες σε πραγματικά περιβάλλοντα.

Μια δημοσίευση σχετικά με τη στάση των Ευρωπαίων μελισσοκόμων απέναντι στην ψηφιακή τεχνολογία υπογραμμίζει τη σταδιακή υιοθέτηση ψηφιακών εργαλείων παρακολούθησης κυψελών (DBMT), μια τάση που αναφέρεται ως «Μελισσοκομία 4.0». Μια έρευνα σε 844 μελισσοκόμους σε 18 ευρωπαϊκές χώρες δείχνει ότι ενώ το 79,1% εξακολουθεί να βασίζεται κυρίως σε παραδοσιακές μεθόδους, ένας αυξανόμενος αριθμός -ιδίως επαγγελματίες μελισσοκόμοι- υιοθετεί ψηφιακά εργαλεία, όπως ζυγαριές κυψέλης, με αποτέλεσμα βελτιωμένη διαχείριση κυψελών, υγιέστερες αποικίες, μειωμένες χειμερινές απώλειες και εξοικονόμηση χρόνου. Ταυτόχρονα, περίπου το ένα τέταρτο των ερωτηθέντων παραμένει αβέβαιο για τα οφέλη αυτών των τεχνολογιών, τονίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση. Οι προσωπικές στάσεις, η κοινωνική επιρροή και το αίσθημα ελέγχου είναι βασικοί παράγοντες στην υιοθέτηση της τεχνολογίας, και η ευρωπαϊκή μελισσοκομία πλησιάζει σε ένα «κοινωνικό σημείο καμπής» με χρήση 25%, το οποίο θα μπορούσε να πυροδοτήσει ευρύτερο ψηφιακό μετασχηματισμό και να συμβάλει σε ένα πιο ανθεκτικό, παραγωγικό και βιώσιμο μέλλον για τον τομέα [2].

Η παρακάτω εικόνα απεικονίζει 10 βασικές κατευθυντήριες γραμμές για τη μεταφορά γνώσεων από αυτά τα έργα σε πρακτικά προγράμματα εκπαίδευσης μελισσοκόμων και επαγγελματικής κατάρτισης, παρέχοντας έναν σαφή οδικό χάρτη για την εφαρμογή τους.



Σχήμα: Στρατηγικό πλαίσιο για την εκπαίδευση στη μελισσοκομία για το μέλλον, που απεικονίζει δέκα βασικούς πυλώνες για την ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης, των τεχνολογιών αισθητήρων, της γνώσης δεδομένων, της βιωσιμότητας, της επιχειρηματικότητας και της συμμετοχής της κοινότητας στην επαγγελματική κατάρτιση για έξυπνη και ανθεκτική μελισσοκομία.



Co-funded by
the European Union

Χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Οι απόψεις και οι γνώμες που εκφράζονται είναι, ωστόσο, μόνο του/των συγγραφέα/ων και δεν αντικατοπτρίζουν απαραίτητα εκείνες της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή του Εκτελεστικού Οργανισμού Ευρωπαϊκής Εκπαίδευσης και Πολιτισμού (ΕΑΕΑ). Ούτε η Ευρωπαϊκή Ένωση ούτε ο ΕΑΕΑ φέρουν ευθύνη γι' αυτές.

5. Εκπαιδευτικές προοπτικές

5.1 Εκπαιδευτικές πρακτικές στη Σλοβενία

5.1.1 Εισαγωγή: Ιστορία και σημασία της μελισσοκομικής εκπαίδευσης στη Σλοβενία

Η μελισσοκομία είναι μια από τις παλαιότερες και πιο αναγνωρισμένες παραδοσιακές δραστηριότητες στη Σλοβενία, βαθιά συνυφασμένη με την πολιτιστική και φυσική κληρονομιά της χώρας. Η Σλοβενία φιλοξενεί την αυτόχθονη μέλισσα της Καρνιόλας, ένα νομικά προστατευόμενο είδος που εκτιμάται για την παραγωγικότητά του, την ήρεμη ιδιοσυγκρασία του και την ανθεκτικότητά του. Τα θεμέλια της σύγχρονης μελισσοκομικής εκπαίδευσης τέθηκαν τον 18ο αιώνα από τον Peter Pavel Glavar και τον Anton Janša, οι οποίοι ίδρυσαν τις πρώτες σχολές μελισσοκομίας και ανέπτυξαν μεθόδους για την εκτροφή και τη διαχείριση των μελισσών που παραμένουν θεμελιώδεις μέχρι σήμερα. Ο Janša, ως ο πρώτος επίσημος δάσκαλος μελισσοκομίας, μετέφερε συστηματικά γνώσεις και τεκμηριωμένες πρακτικές, δημιουργώντας μια βάση τόσο για την τυπική όσο και για την άτυπη εκπαίδευση στη μελισσοκομία.

Σήμερα, η μελισσοκομική εκπαίδευση στη Σλοβενία περιλαμβάνει τόσο την κλασική θεωρητική διδασκαλία όσο και την πρακτική μάθηση, με επίκεντρο τη διατήρηση της γενετικής των μελισσών της Καρνιόλας και την προώθηση της βιώσιμης διαχείρισης των κυψελών. Πάνω από 11.000 Σλοβένοι μελισσοκόμοι αποκτούν δεξιότητες μέσω σχολείων, συλλόγων, μαθημάτων και σεμιναρίων, ενώ κορυφαίοι ειδικοί βελτιώνουν τις ικανότητές τους αποκτώντας τον τίτλο του Master στη Μελισσοκομία. Η εκπαίδευση όχι μόνο μεταφέρει γνώσεις, αλλά και ενισχύει την υπευθυνότητα, την επιμονή, τον σεβασμό για τη φύση και τις παιδαγωγικές δεξιότητες για την καθοδήγηση νέων γενιών μελισσοκόμων.

5.1.2 Στρατηγικές, νομοθεσία και κανονισμοί στην εκπαίδευση στη μελισσοκομία

Η μελισσοκομική εκπαίδευση ρυθμίζεται αυστηρά μέσω της εθνικής νομοθεσίας και των κανονισμών, όπως ο Κανονισμός 3244 σχετικά με τις απαιτήσεις προσωπικού και τις τεχνικές απαιτήσεις για την άτυπη μελισσοκομική εκπαίδευση. Ο κανονισμός ορίζει ότι οι εκπαιδευτές πρέπει να παρέχουν κατάλληλα εξοπλισμένους χώρους, πρόσβαση σε μελισσοκομείο, γραφεία, αίθουσες συσκέψεων και όλα τα απαραίτητα εργαλεία μελισσοκομίας, διασφαλίζοντας παράλληλα την ασφάλεια και την υγεία των συμμετεχόντων. Ορίζει επίσης τα πρότυπα στελέχωσης: οι εκπαιδευτές πρέπει να είναι επικεφαλής προγράμματος ή εκπαιδευτές μελισσοκομίας, με υψηλότερα επίπεδα που απαιτούν πανεπιστημιακό πτυχίο, αρκετά χρόνια εμπειρίας, ενεργή γνώση της σλοβενικής και της αγγλικής γλώσσας και παιδαγωγική επάρκεια.

Η Παρέμβαση SI01 – Μεταφορά Γνώσης στη Μελισσοκομία στο πλαίσιο της Κοινής Γεωργικής Πολιτικής 2023–2027 αποτελεί έναν βασικό συστημικό μηχανισμό για την ενίσχυση της γνώσης, της εμπειρογνωμοσύνης και της ανταγωνιστικότητας στη σλοβενική μελισσοκομία. Περιλαμβάνει τρεις επιμέρους παρεμβάσεις: εκπαίδευση σε τεχνικές μελισσοκομίας, εκπαίδευση στη διαχείριση της υγείας των μελισσών και διατήρηση εκπαιδευτικών μελισσοκομείων για τη μεταφορά γνώσης. Τα προγράμματα έχουν σχεδιαστεί ως συνδυασμός θεωρητικής και πρακτικής εργασίας και απευθύνονται τόσο σε αρχάριους όσο και σε έμπειρους μελισσοκόμους. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην τεχνολογική ανάπτυξη, την αναγνώριση και διαχείριση της βαρρόα, τη μεταφορά βέλτιστων πρακτικών, την ενίσχυση των παιδαγωγικών ικανοτήτων μεταξύ των εκπαιδευτών και τη διοργανική και διεθνή συνεργασία, συμπεριλαμβανομένων των επιτόπιων εκδρομών και της φιλοξενίας ξένων εμπειρογνομόνων. Τα προγράμματα υποστηρίζουν επίσης την ανάπτυξη ερευνητικών δραστηριοτήτων, όπως ο χαρακτηρισμός των προϊόντων της μέλισσας, η δοκιμή τεχνολογιών για αποτελεσματική και βιώσιμη διαχείριση κυψελών και η παρακολούθηση της υγείας των μελισσών.



Αυτές οι παρεμβάσεις στοχεύουν στη βελτίωση του επαγγελματισμού των μελισσοκόμων, στην προώθηση της καινοτομίας, στην ενίσχυση της ποιότητας των προϊόντων και στην αύξηση της ανταγωνιστικότητας του τομέα, συμβάλλοντας παράλληλα στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και στη βιώσιμη ανάπτυξη της μελισσοκομίας στη Σλοβενία [55].

5.1.3 Εθνικά επαγγελματικά προσόντα: μελισσοκόμος και αρχηγός μελισσοκομίας

Η Σλοβενία αναγνωρίζει δύο βασικά επαγγελματικά προσόντα στη μελισσοκομία. Το **National Professional Qualification (NPK) Μελισσοκόμος** εξοπλίζει τα άτομα με ολοκληρωμένες γνώσεις και δεξιότητες για τη συντήρηση κυψελών, τη διαχείριση αποικιών μελισσών και την παραγωγή προϊόντων μελισσών όπως μέλι, κερί, γύρη, πρόπολη, βασιλικό πολτό και δηλητήριο μέλισσας. Οι υποψήφιοι αποκτούν θεωρητικές γνώσεις σχετικά με τη βιολογία των μελισσών, τη διαχείριση της υγείας, την αναπαραγωγή, τη διατροφή, τον έλεγχο ασθενειών και την υγιεινή των προϊόντων, μαζί με πρακτικές δεξιότητες στην εκτροφή βασιλισσών, την εξαγωγή μελιού και την προετοιμασία προϊόντων. Οι μελισσοκόμοι μαθαίνουν επίσης σχεδιασμό, μεταφορά κυψελών, τήρηση αρχείων και τήρηση των προτύπων υγιεινής και οικολογικών προτύπων [56].

Ο **Μεταπτυχιακός Μελισσοκόμος (NPK Beekeeping Master)** αντιπροσωπεύει το υψηλότερο επαγγελματικό επίπεδο, απαιτώντας την άριστη γνώση προηγμένων τεχνικών, επιχειρηματικών και παιδαγωγικών ικανοτήτων. Ο Μεταπτυχιακός Επιβλέπει τον σχεδιασμό, την οργάνωση και την εποπτεία των μελισσοκομικών εργασιών, διαχειρίζεται πολλαπλές αποικίες μελισσών, παράγει σύνθετα προϊόντα μέλισσας και καθοδηγεί μαθητευόμενους ή φοιτητές. Η απόκτηση αυτού του τίτλου περιλαμβάνει την επιτυχή ολοκλήρωση αυστηρών εξετάσεων μεταπτυχιακού τίτλου, οι οποίες περιλαμβάνουν πρακτική εργασία, γραπτές και προφορικές θεωρητικές εξετάσεις, επιχειρηματικές και οικονομικές αξιολογήσεις και παιδαγωγική επίδειξη. Αυτό το σύστημα διπλής πιστοποίησης διασφαλίζει ότι οι Σλοβένοι μελισσοκόμοι είναι εξειδικευμένοι σε όλα τα επίπεδα, από τη βασική διαχείριση αποικιών έως την προηγμένη επιχειρησιακή ηγεσία και καθοδήγηση, προωθώντας τη βιωσιμότητα, την επαγγελματοποίηση και τη μεταφορά γνώσεων εντός του τομέα [57].

5.1.4 Καινοτόμες προσεγγίσεις μάθησης και παραδείγματα ορθής πρακτικής

Η σύγχρονη μελισσοκομική εκπαίδευση συνδυάζει τη θεωρητική γνώση με την πρακτική μάθηση και τις προσεγγίσεις που βασίζονται σε έργα. Οι μέθοδοι περιλαμβάνουν πρακτική μελισσοκομική εργασία, επιδείξεις τεχνικών μελισσοκομίας, σχεδιασμό έργων, καθοδήγηση, ανεξάρτητη μελέτη, γραπτές και προφορικές αξιολογήσεις και ψηφιακή μάθηση. Η ψηφιακή μάθηση υποστηρίζει την παρακολούθηση των συνθηκών της κυψέλης, την ηλεκτρονική εγγραφή στις εξετάσεις, την πρόσβαση σε βιβλιογραφία, την εξ αποστάσεως διδασκαλία μέσω βιντεοδιασκέψεων και τη διοίκηση, συμπληρώνοντας την πρακτική διδασκαλία και την διδασκαλία στην τάξη.

Παραδείγματα καλής πρακτικής περιλαμβάνουν:

- **Σύνδεσμος Μελισσοκόμων Σλοβενίας** – διοργανώνει σεμινάρια, εργαστήρια και εκδηλώσεις σε εθνικό επίπεδο, υποστηρίζει μέντορες, προωθεί καλές πρακτικές μελισσοκομίας και διευκολύνει τη μεταφορά γνώσεων από γενιά σε γενιά.
- **Σλοβενική Ακαδημία Μελισσοκομίας** – παρέχει μη τυπική εκπαίδευση σε αλλοδαπούς, εκπαιδευτικούς και το ευρύ κοινό· συντονίζει την πρακτική εκπαίδευση, τα ψηφιακά εργαλεία μάθησης και τη διεθνή ανταλλαγή γνώσεων [23].
- **Σχολή Μελισσοκομίας Anton Janša** – παρέχει συστηματική εκπαίδευση για όλα τα επίπεδα μελισσοκόμων, χορηγεί άδειες σε εκπαιδευτές και δίνει έμφαση τόσο στη θεωρία όσο και στις πρακτικές δεξιότητες. Περιφερειακό κέντρο Posavje Beekeeping Mosaic – συνδέει τους τοπικούς μελισσοκομικούς συλλόγους, τους παραγωγούς και το κοινό μέσω διαδραστικών εκθεμάτων, εργαστηρίων και πρακτικών επιδείξεων [58].

- **Μαθήματα για αρχάριους για αλλοδαπούς** – προγράμματα αστικής μελισσοκομίας στη Λιουμπλιάνα και σε άλλες τοποθεσίες, που συνδυάζουν θεωρητικές γνώσεις με πρακτική άσκηση σε μελισσοκομεία της πόλης [43].
- **Δραστηριότητες σχολικής μελισσοκομίας** – εμπλέξτε παιδιά και εφήβους σε πρακτική μάθηση, διαγωνισμούς, καλοκαιρινές κατασκηνώσεις και πρακτικές δεξιότητες μελισσοκομίας.
- **Κέντρο Μελισσοκομίας Gorenjska** – συνδέει τον κόσμο της μελισσοκομίας με την έρευνα, την εκπαίδευση και τη συμμετοχή της κοινότητας· προσφέρει εργαστήρια, διαλέξεις και διαδραστικά προγράμματα για την ευαισθητοποίηση σχετικά με την μέλισσα της Καρνιόλας και τις βιώσιμες πρακτικές μελισσοκομίας.
- **Κέντρο Μελισσοκομίας της Βιοτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου της Λιουμπλιάνα** – ενσωματώνει έρευνα, διδασκαλία και επαγγελματική εμπειρογνωμοσύνη· εστιάζει στη φυσιολογία, τη συμπεριφορά, τη γενετική, την υγεία, την τεχνολογία κυψελών και τη διαχείριση οικοσυστημάτων των μελισσών· συμμετέχει σε διεθνή ερευνητικά έργα [59].
- **Κτηνιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο της Λιουμπλιάνα** – διοργανώνει εξειδικευμένη εκπαίδευση και εργαστήρια για την υγεία των μελισσών, τις ασθένειες, τα παράσιτα (όπως το άκαρι Varroa) και τη βιοασφάλεια· υποστηρίζει τόσο τους αρχάριους όσο και τους έμπειρους μελισσοκόμους με κτηνιατρικές γνώσεις βασισμένες σε τεκμηριωμένα στοιχεία [60].
- **Έργο BEEEXPERT** – αναπτύσσει τυποποιημένα πλαίσια κατάρτισης σε επίπεδο ΕΕ, προωθεί ψηφιακά εργαλεία για τη μελισσοκομία και υποστηρίζει την επαγγελματοποίηση και τη μεταφορά γνώσεων.
- **Παγκόσμια Ημέρα Μέλισσας (20 Μαΐου)** – εκπαιδευτικές εκδηλώσεις, εργαστήρια και εκστρατείες στα μέσα ενημέρωσης για την ευαισθητοποίηση σχετικά με τη σημασία των μελισσών και των επικονιαστών για τα οικοσυστήματα και την παραγωγή τροφίμων.
- **Σλοβενικό Πρωινό** – εθνική πρωτοβουλία που προωθεί υγιεινά, τοπικά και σχετικά με τις μέλισσες προϊόντα στα σχολεία, διδάσκοντας στα παιδιά για τις μέλισσες, την επικονίαση και την αξία της τοπικής παραγωγής τροφίμων.
- **Παρέμβαση SI01 (Κοινή Γεωργική Πολιτική 2023–2027)** – παρέχει ολοκληρωμένη εκπαίδευση στην υγεία των μελισσών, τη διαχείριση κυψελών και τις ορθές πρακτικές μελισσοκομίας, απευθυνόμενη τόσο σε αρχάριους όσο και σε έμπειρους μελισσοκόμους.

Δίνεται έμφαση στη μεταφορά γνώσεων από έμπειρους μελισσοκόμους στις νέες γενιές, στην εκπαίδευση μεντόρων, στην προώθηση ασφαλών και βιώσιμων πρακτικών και στην ενσωμάτωση του μελισσοκομικού τουρισμού και της οικολογικής ευαισθητοποίησης στις μαθησιακές διαδικασίες.

5.1.5 Ευκαιρίες για έξυπνες τεχνολογίες και τεχνητή νοημοσύνη στην εκπαίδευση στη μελισσοκομία

Στη Σλοβενία, έχουν ήδη γίνει αρχικές προσπάθειες εισαγωγής της τεχνητής νοημοσύνης στην εκπαίδευση στη μελισσοκομία, ιδίως μέσω πιλοτικών έργων και στοχευμένων εργαστηρίων που καταδεικνύουν τη χρήση ψηφιακών και πολυαισθητηριακών συστημάτων παρακολούθησης. Η εκπαίδευση σε τεχνολογίες αισθητήρων και ανάλυση δεδομένων συνδέεται συχνά με εθνικές και ευρωπαϊκές πρωτοβουλίες, οι οποίες παρέχουν δομημένη καθοδήγηση για την παρακολούθηση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του βάρους και της δραστηριότητας των μελισσών. Επιπλέον, ο Σλοβένος Σύνδεσμος Μελισσοκόμων παίζει βασικό ρόλο στην πρακτική εκπαίδευση στην Τεχνητή Νοημοσύνη, διοργανώνοντας στοχευμένα εργαστήρια για τη χρήση εργαλείων Τεχνητής Νοημοσύνης, όπως το ChatGPT, για το μάρκετινγκ, την προώθηση και την πώληση μελιού υψηλής ποιότητας, καθώς και υποστηρίζοντας επιχειρηματικές αποφάσεις, την προετοιμασία εκθέσεων και τις παρουσιάσεις (AI orodij). Αυτά τα προγράμματα έχουν σχεδιαστεί χωρίς τεχνικές απαιτήσεις στην ορολογία

και χρησιμοποιούν παραδείγματα μελισσοκομίας από την πραγματική ζωή, επιτρέποντας στους συμμετέχοντες να δημιουργήσουν τις δικές τους προτροπές και προσωπικούς βοηθούς Τεχνητής Νοημοσύνης για ανεξάρτητη εργασία [61].

Ωστόσο, είναι σημαντικό να αναγνωριστεί ότι ο μέσος Σλοβένος μελισσοκόμος είναι κοντά στα 60 έτη και η εμπειρία του με αυτά τα ψηφιακά εργαλεία είναι γενικά περιορισμένη. Ταυτόχρονα, διάφορες πρωτοβουλίες αυξάνουν τον αριθμό των νεότερων μελισσοκόμων, οι οποίοι είναι πιο πιθανό να υιοθετήσουν καινοτόμες τεχνολογίες, συμπεριλαμβανομένων αισθητήρων και τεχνητής νοημοσύνης, στην πρακτική τους, γεφυρώνοντας το χάσμα μεταξύ της παραδοσιακής γνώσης και των σύγχρονων ψηφιακών προσεγγίσεων. Για να αξιοποιήσουν πλήρως αυτές τις τεχνολογίες, οι μελισσοκόμοι πρέπει να αναπτύξουν ικανότητες στον τομέα της γνώσης δεδομένων, της ψηφιακής επικοινωνίας, της διαχείρισης έργων και των παιδαγωγικών μεθόδων. Οι μαθησιακές προσεγγίσεις περιλαμβάνουν ένα μείγμα πρακτικής εργασίας, προσομοιώσεων, καθοδήγησης, ηλεκτρονικής μάθησης και εργασιών που βασίζονται σε έργα, επιτρέποντας στους μαθητές να κατανοήσουν πολύπλοκες διαδικασίες, να βελτιώσουν τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και να προετοιμαστούν για τις σύγχρονες προκλήσεις στη μελισσοκομία.

Η ενσωμάτωση των ψηφιακών τεχνολογιών και της τεχνητής νοημοσύνης στην επίσημη και μη τυπική εκπαίδευση στη μελισσοκομία επιτρέπει τη βελτιστοποίηση των λειτουργιών και την ανάπτυξη βασικών ικανοτήτων. Αισθητήρες και ψηφιακά συστήματα παρακολουθούν τη θερμοκρασία, την υγρασία, το βάρος της κυψέλης και τη δραστηριότητα των μελισσών, ενώ η Τεχνητή Νοημοσύνη αναλύει αυτά τα δεδομένα για την ανίχνευση πρώιμων σημείων ασθενειών, την αξιολόγηση της υγείας της αποικίας και τη βελτιστοποίηση της παραγωγής. Η γενετική Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει στην προετοιμασία εκπαιδευτικού περιεχομένου, στην ερμηνεία δεδομένων, στον σχεδιασμό της εκτροφής βασιλισσών ή στην ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων.

5.2 Εκπαιδευτικές πρακτικές στην Ελλάδα

5.2.1 Μια παράδοση που αλλάζει σιγά σιγά

Στην Ελλάδα, η μελισσοκομία δεν ήταν ποτέ απλώς μια τεχνική ασχολία. Είναι κάτι με το οποίο μεγαλώνουν οι άνθρωποι. Σε πολλές αγροτικές περιοχές, τα παιδιά βλέπουν κυψέλες από μικρή ηλικία, παρακολουθούν τους γονείς τους να προετοιμάζουν πλαίσια, να φορτώνουν φορτηγά τη νύχτα, να μετακινούν αποικίες για να ακολουθήσουν την ανθοφορία. Η γνώση συνήθως μεταδίδεται από τη μία γενιά στην άλλη, όχι μέσω εγχειριδίων, αλλά μέσω της εμπειρίας. Μαθαίνεις κάνοντας, κάνοντας λάθη, χάνοντας μια αποικία και προσπαθώντας ξανά την επόμενη σεζόν.

Η Ελλάδα έχει μία από τις υψηλότερες πυκνότητες κυψελών στην Ευρώπη και η παραγωγή μελιού παραμένει σημαντική τόσο από οικονομική όσο και από πολιτιστική άποψη. Το πευκόμελο στο βορρά, το θυμαρίσιο μέλι στα νησιά, οι ποικιλίες ερείκης και αγριολούλουδων δεν είναι απλώς προϊόντα, αποτελούν μέρος της τοπικής ταυτότητας. Αλλά το περιβάλλον γύρω από τη μελισσοκομία έχει αλλάξει. Τα καλοκαίρια είναι πιο ζεστά. Οι ξηρασίες διαρκούν περισσότερο. Οι πυρκαγιές καταστρέφουν τις εκτάσεις με κτηνοτροφικές καλλιέργειες που χρειάστηκαν δεκαετίες για να αναπτυχθούν. Οι ασθένειες παραμένουν επίμονες [62].

Έτσι, η εκπαίδευση δεν μπορεί να παραμείνει ακριβώς όπως ήταν. Η εμπειρία εξακολουθεί να είναι κεντρικής σημασίας, αλλά δεν είναι πλέον αρκετή από μόνη της.

5.2.2 Το θεσμικό πλαίσιο

Αρκετοί δημόσιοι φορείς διαμορφώνουν την εκπαίδευση στη μελισσοκομία στην Ελλάδα. Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων διαχειρίζεται το Εθνικό Πρόγραμμα Μελισσοκομίας και υποστηρίζει την εκπαίδευση που σχετίζεται με τον έλεγχο ασθενειών, τον εκσυγχρονισμό και τη βιωσιμότητα. Το Υπουργείο Παιδείας επιβλέπει τις δομές επαγγελματικής κατάρτισης.



Ο ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ διαδραματίζει ιδιαίτερα ορατό ρόλο. Διοργανώνει σεμινάρια, σύντομα μαθήματα και πρακτικές συνεδρίες τόσο για νέους όσο και για έμπειρους μελισσοκόμους. Αυτές οι εκπαιδεύσεις συχνά επικεντρώνονται στη διαχείριση κυψελών, στην αντιμετώπιση της βαρρόα, στους κανόνες υγιεινής, στην ποιότητα των προϊόντων και στη συμμόρφωση με τους κανονισμούς της ΕΕ. Πολλοί συμμετέχοντες παρακολουθούν επειδή θέλουν να βελτιωθούν, άλλοι επειδή η συμμετοχή βοηθάει κατά την υποβολή αίτησης για επιδοτήσεις.

Δεν υπάρχει υποχρεωτική επαγγελματική άδεια που να συνδέεται αυστηρά με τις επίσημες σπουδές. Οποιοσδήποτε μπορεί να εγγραφεί και να ξεκινήσει τη μελισσοκομία. Αυτή η ευελιξία ενθαρρύνει την είσοδο στον τομέα, αλλά σημαίνει επίσης ότι το επίπεδο των επίσημων προσόντων ποικίλλει σημαντικά. Ορισμένοι μελισσοκόμοι είναι άρτια εκπαιδευμένοι, άλλοι βασίζονται εξ ολοκλήρου σε παραδοσιακές γνώσεις.

Οι εθνικές πολιτικές αντικατοπτρίζουν ολόένα και περισσότερο τις ευρωπαϊκές προτεραιότητες, όπως η βιωσιμότητα και η ψηφιακή μετάβαση. Στην πράξη, ωστόσο, η μεταφορά αυτών των προτεραιοτήτων σε δομημένα προγράμματα σπουδών απαιτεί χρόνο. Η αλλαγή δεν συμβαίνει από τη μια μέρα στην άλλη.

5.2.3 Η μελισσοκομία στην επαγγελματική εκπαίδευση

Στην επίσημη επαγγελματική εκπαίδευση, η μελισσοκομία εμφανίζεται συνήθως σε ευρύτερα γεωργικά προγράμματα. Οι φοιτητές που σπουδάζουν σε μαθήματα φυτικής παραγωγής, βιολογικής γεωργίας ή γεωργικής τεχνολογίας μαθαίνουν τα βασικά: βιολογία μέλισσας, δομή κυψέλης, εξαγωγή μελιού, πρότυπα ασφάλειας τροφίμων.

Η πρακτική εργασία εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις εγκαταστάσεις. Σε ορισμένες περιοχές, οι μαθητές μπορούν να επισκέπτονται μελισσοκομεία, να παρατηρούν επιθεωρήσεις, ακόμη και να συμμετέχουν στην εξαγωγή. Σε άλλες, η εμπειρία παραμένει κυρίως θεωρητική. Αυτή η ανομοιομορφία είναι μία από τις δομικές αδυναμίες του συστήματος.

Τα ψηφιακά εργαλεία δεν έχουν ακόμη ενσωματωθεί συστηματικά. Ορισμένοι εκπαιδευτές εισάγουν απομακρυσμένες κλίμακες κυψελών ή παραδείγματα παρακολούθησης με δική τους πρωτοβουλία, μερικές φορές μέσω ευρωπαϊκών έργων. Ωστόσο, δεν υπάρχει συνεπής εθνική ενότητα που να επικεντρώνεται στην έξυπνη διαχείριση κυψελών ή στην ερμηνεία δεδομένων.

Για πολλούς Έλληνες μελισσοκόμους, η συνεχιζόμενη εκπαίδευση έχει μεγαλύτερη σημασία από την αρχική εκπαίδευση. Σύντομα σεμινάρια που διοργανώνονται από τον ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, πανεπιστήμια ή τοπικούς συλλόγους παρέχουν ενημερώσεις σχετικά με την εκτροφή βασιλισσών, τη διαχείριση ασθενειών, την πιστοποίηση βιολογικών προϊόντων ή τα πρότυπα της αγοράς. Αυτές οι εκπαιδεύσεις είναι πρακτικές και εκτιμώνται. Ωστόσο, ποικίλλουν σημαντικά σε βάθος και δομή. Δεν υπάρχει ενιαίο πλαίσιο που να ορίζει τα μαθησιακά αποτελέσματα μεταξύ των παρόχων.

5.2.4 Πανεπιστήμια και έρευνα: γνώση που δεν φτάνει πάντα στον τομέα

Τα ελληνικά πανεπιστήμια διεξάγουν σημαντική έρευνα στη μελισσοκομία. Οι ερευνητές μελετούν την υγεία των μελισσών, τις περιβαλλοντικές πιέσεις, την ακουστική παρακολούθηση και τις ψηφιακές εφαρμογές στη γεωργία. Μέσω ευρωπαϊκών έργων, δοκιμάζουν συστήματα παρακολούθησης και τεχνολογίες πεδίου σε πραγματικές συνθήκες.

Η γνώση υπάρχει. Αυτό που δεν είναι πάντα σαφές είναι το πώς αυτή η γνώση φτάνει στους εκπαιδευόμενους επαγγελματικής κατάρτισης και στους μελισσοκόμους μικρής κλίμακας. Τα επιστημονικά αποτελέσματα παραμένουν στους ερευνητικούς κύκλους, εκτός εάν κάποιος τα μεταφράσει σε προσβάσιμο εκπαιδευτικό υλικό.



Η στενότερη συνεργασία μεταξύ πανεπιστημίων και επαγγελματικών ιδρυμάτων θα βοηθούσε. Εάν οι φοιτητές μπορούσαν να εργαστούν με πραγματικά δεδομένα από ελληνικά μελισσοκομεία, να αναλύσουν εποχιακά πρότυπα ή να συγκρίνουν την παραδοσιακή παρατήρηση με αποτελέσματα ψηφιακής παρακολούθησης, η μάθηση θα γινόταν πιο συγκεκριμένη. Προς το παρόν, αυτές οι συνδέσεις συμβαίνουν περιστασιακά, όχι συστηματικά.

5.2.5 Διδασκαλία πολιτισμού και καθημερινής πρακτικής

Η μελισσοκομική εκπαίδευση στην Ελλάδα εξακολουθεί να βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην άμεση παρατήρηση και την πρακτική εξάσκηση. Ένας έμπειρος μελισσοκόμος ανοίγει μια κυψέλη, εξηγεί τι βλέπει, επισημαίνοντας ανεπαίσθητες αλλαγές στα πρότυπα γόνου - αυτό το είδος μάθησης δεν μπορεί να αντικατασταθεί από διαφάνειες. Απαιτεί εγγύτητα, υπομονή και χρόνο.

Ταυτόχρονα, τα διαδικτυακά σεμινάρια και τα υβριδικά εργαστήρια έχουν γίνει πιο συνηθισμένα, ειδικά σε περιοχές όπου η απόσταση καθιστά δύσκολη την τακτική παρακολούθηση. Οι νησιωτικές και ορεινές κοινότητες επωφελούνται από αυτήν την ευελιξία.

Ωστόσο, οι ψηφιακές προσομοιώσεις, οι ασκήσεις δομημένης ανάλυσης δεδομένων ή οι διαδραστικοί πίνακες ελέγχου σπάνια αποτελούν μέρος της τακτικής εκπαίδευσης. Όταν εμφανίζονται, συνήθως προέρχονται από πιλοτικές πρωτοβουλίες ή προσωρινά έργα. Υπάρχει περιθώριο βελτίωσης εδώ. Όχι για να αντικαταστήσουν την παράδοση, αλλά για να την συμπληρώσουν.

5.2.6 Η σταδιακή ψηφιακή μετάβαση

Ορισμένοι επαγγελματίες μελισσοκόμοι στην Ελλάδα χρησιμοποιούν ήδη ηλεκτρονικές ζυγαριές κυψέλης, αισθητήρες θερμοκρασίας ή εφαρμογές για κινητά. Αυτά τα εργαλεία τους επιτρέπουν να παρακολουθούν τις αποικίες από απόσταση και να μειώνουν την περιττή όχληση. Μπορούν να βλέπουν αλλαγές βάρους κατά τη διάρκεια της νύχτας, να ανιχνεύουν ασυνήθιστες πτώσεις θερμοκρασίας, να αντιδρούν νωρίτερα από πριν.

Παρόλα αυτά, η υιοθέτηση παραμένει άνιση. Το κόστος του εξοπλισμού έχει σημασία. Η συνδεσιμότητα σε απομακρυσμένες περιοχές παραμένει ασυνεπής. Και πολλοί μεγαλύτεροι σε ηλικία μελισσοκόμοι αισθάνονται πιο άνετα να βασίζονται στο ένστικτο παρά στις οθόνες. Αυτό είναι κατανοητό.

Η εκπαίδευση μπορεί να υποστηρίξει αυτή τη μετάβαση. Όταν οι εκπαιδευτές καταδεικνύουν με σαφήνεια πώς τα εργαλεία παρακολούθησης συνδέονται με πρακτικές αποφάσεις - πότε να γίνει η συγκομιδή, πότε η θρέψη, πότε η επιθεώρηση - ο σκεπτικισμός μειώνεται. Βήμα προς βήμα, η εμπιστοσύνη αυξάνεται. Το κλειδί είναι να παρουσιάζεται η τεχνολογία ως υποστήριξη, όχι ως αντικατάσταση της εμπειρίας.

5.2.7 Προκλήσεις και δυνατότητες

Η μελισσοκομική εκπαίδευση στην Ελλάδα αντιμετωπίζει αρκετές δυσκολίες. Η κλιματική αστάθεια αυξάνει την πολυπλοκότητα. Η παροχή κατάρτισης παραμένει κατακερματισμένη. Η μέση ηλικία των μελισσοκόμων είναι σχετικά υψηλή. Η πρόσβαση σε δομημένα προγράμματα διαφέρει μεταξύ των περιοχών. Ωστόσο, υπάρχουν ισχυρές ευκαιρίες. Η ευρωπαϊκή χρηματοδότηση ενθαρρύνει τη βιώσιμη γεωργία. Οι τιμές του εξοπλισμού μειώνονται σταδιακά. Οι νεότεροι συμμετέχοντες δείχνουν μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την επιχειρηματικότητα, την εξειδικευμένη παραγωγή μελιού και τα προϊόντα προστιθέμενης αξίας. Συχνά είναι πιο ανοιχτοί στο συνδυασμό της παραδοσιακής πρακτικής με νέα εργαλεία.

Η πραγματική πρόκληση έγκειται στην ισορροπία. Η Ελλάδα δεν πρέπει να εγκαταλείψει την ισχυρή κουλτούρα βιωματικής μάθησης. Αυτό είναι ένα από τα δυνατά της σημεία. Πρέπει όμως και να δημιουργήσει σαφέστερες οδούς για τον ψηφιακό γραμματισμό και την ανάπτυξη δομημένων ικανοτήτων.

Αν η εκπαίδευση καταφέρει να συνδέσει την κληρονομιά με την καινοτομία - την παρατήρηση πεδίου με την επίγνωση των δεδομένων - η ελληνική μελισσοκομία μπορεί να παραμείνει ανθεκτική. Όχι επειδή απορρίπτει την αλλαγή, αλλά επειδή μαθαίνει να τη διαμορφώνει.

Οι εκπαιδευτικές πρακτικές στην Ελλάδα βρίσκονται κάπου μεταξύ συνέχειας και μετασχηματισμού. Τα θεμέλια είναι γερά: μακρά εμπειρία, ενεργοί σύλλογοι και αφοσιωμένοι επαγγελματίες. Αυτό που απομένει είναι να ενσωματωθούν οι σύγχρονες προσεγγίσεις με πιο δομημένο τρόπο, χωρίς να χαθούν ό,τι ήδη λειτουργεί. Με ισχυρότερους δεσμούς μεταξύ επαγγελματικής εκπαίδευσης, ερευνητικών ιδρυμάτων και αναγκών του τομέα, και με τη σταδιακή εισαγωγή εργαλείων παρακολούθησης και μάθησης βασισμένης σε δεδομένα, η Ελλάδα μπορεί να ενισχύσει τόσο τη βιωσιμότητα του μελισσοκομικού τομέα όσο και την επαγγελματική εμπιστοσύνη των μελλοντικών μελισσοκόμων.

6. Συμπεράσματα

Συνοπτικά, τα βασικά ευρήματα του ηλεκτρονικού βιβλίου BeeSensorVET επιβεβαιώνουν ότι η βιώσιμη μελισσοκομία στον 21ο αιώνα εξαρτάται από την ισορροπημένη ενσωμάτωση της παραδοσιακής μελισσοκομικής γνώσης με ψηφιακές και βασισμένες σε δεδομένα λύσεις. Μελέτες περιπτώσεων από τη Σλοβενία και την Ελλάδα, σε συνδυασμό με ευρωπαϊκές και διεθνείς πρωτοβουλίες, δείχνουν ότι οι τεχνολογίες αισθητήρων, η συνδεσιμότητα IoT, η ανάλυση που βασίζεται στην τεχνητή νοημοσύνη και τα έξυπνα συστήματα παρακολούθησης είναι ολοένα και πιο προσβάσιμα και εφαρμόσιμα σε πραγματικά περιβάλλοντα μελισσοκομίας. Ωστόσο, η έρευνα αναδεικνύει επίσης επίμονες προκλήσεις: πιέσεις λόγω κλιματικής αλλαγής, απώλεια βιοποικιλότητας, δομές παραγωγής μικρής κλίμακας, περιορισμένος ψηφιακός γραμματισμός και άνιση πρόσβαση σε ευκαιρίες κατάρτισης. Τα στοιχεία καταδεικνύουν σαφώς ότι η τεχνολογία προσφέρει ουσιαστικό αντίκτυπο μόνο όταν ενσωματώνεται σε δομημένη εκπαίδευση, υποστηρίζεται από θεσμικά πλαίσια και προσαρμόζεται στα τοπικά περιβάλλοντα και στις πραγματικές ανάγκες των μελισσοκόμων.

Τα επόμενα βήματα για το έργο BeeSensorVET επικεντρώνονται επομένως στη μετατροπή αυτών των γνώσεων σε πρακτικούς, υψηλής ποιότητας πόρους ΕΕΚ και υβριδικά μοντέλα κατάρτισης. Αυτό περιλαμβάνει την ανάπτυξη ενσωματωμένων εκπαιδευτικών υλικών, την ενίσχυση των ψηφιακών και επιχειρηματικών ικανοτήτων, την πιλοτική εφαρμογή σεναρίων μάθησης που βασίζονται σε αισθητήρες και την ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ παρόχων ΕΕΚ, ερευνητών, προγραμματιστών τεχνολογίας και ενώσεων μελισσοκομίας. Ιδιαίτερη προσοχή θα δοθεί στην προσβασιμότητα και την ένταξη, διασφαλίζοντας ότι τόσο οι έμπειροι όσο και οι αρχάριοι μελισσοκόμοι -ιδίως εκείνοι σε αγροτικές και απομακρυσμένες περιοχές- μπορούν να επωφεληθούν από την ψηφιακή καινοτομία. Προωθώντας τη διακρατική συνεργασία και ευθυγραμμιζόμενοι με τις πράσινες και ψηφιακές προτεραιότητες της ΕΕ, το BeeSensorVET στοχεύει στη δημιουργία ενός κλιμακωτού και μεταβιβάσιμου πλαισίου κατάρτισης που γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ έρευνας, τεχνολογίας και καθημερινής μελισσοκομικής πρακτικής.

Κοιτώντας μπροστά, το όραμα του BeeSensorVET είναι να συμβάλει σε ένα ανθεκτικό, βιώσιμο και βασισμένο σε δεδομένα οικοσύστημα εκπαίδευσης στη μελισσοκομία. Σε αυτό το όραμα, οι μελλοντικοί μελισσοκόμοι δεν είναι μόνο εξειδικευμένοι στην παραδοσιακή διαχείριση κυψελών, αλλά είναι επίσης αξιόπιστοι χρήστες ψηφιακών εργαλείων, ικανοί να ερμηνεύουν δεδομένα, να λαμβάνουν αποφάσεις βασισμένες σε τεκμήρια και να ανταποκρίνονται προληπτικά στις περιβαλλοντικές και εμπορικές προκλήσεις. Η εκπαίδευση στη βιώσιμη μελισσοκομία θα συνδυάζει την ακριβή παρακολούθηση, την περιβαλλοντική ευθύνη, την καινοτομία και την επιχειρηματική σκέψη.



7. BIBLIOGRAFIJA

1. Stojanova, S.; Superina, A.; Verhovnik, J.; Stojmenova Duh, E. Leveraging IoT Technologies for Smart Hive Management and Sustainable Beekeeping. In Proceedings of the Elektrotehniški vestnik; 2025; Vol. 92, pp. 68–72.
2. Verbeke, W.; Diallo, M.A.; van Dooremalen, C.; Schoonman, M.; Williams, J.H.; Van Espen, M.; D’Haese, M.; de Graaf, D.C. European Beekeepers’ Interest in Digital Monitoring Technology Adoption for Improved Beehive Management. Computers and Electronics in Agriculture 2024, 227, 109556, doi:10.1016/j.compag.2024.109556.
3. New Digital Technologies Boost Beekeeping for Smallholder Farmers and Family Beekeepers Available online: <https://www.fao.org/europe/news/detail/new-digital-technologies-boost-beekeeping-for-smallholder-farmers-and-family-beekeepers/en> (accessed on 25 February 2026).
4. Sattler, C.; Barron, A.B.; Colin, T. Beekeeping in the Digital Age: Prospects and Pitfalls of Hive Sensors in Commercial Beekeeping. Journal of Apicultural Research 2025, 0, 1–11, doi:10.1080/00218839.2025.2552530.
5. Best Practices and Innovations for a Sustainable Beekeeping Available online: https://eu-cap-network.ec.europa.eu/projects/best-practices-and-innovations-sustainable-beekeeping_en (accessed on 25 February 2026).
6. Ambrožič, Ž.; Bianco, L.; Štrum, R.; Susič, D.; Smerkol, M.; Gradišek, A. Detecting Pollinators from Stem Vibrations Using a Neural Network. In Proceedings of the Zbornik 28. mednarodne multikonference Informacijska družba IS 2025; Institut »Jožef Stefan«: Ljubljana, Slovenia, October 2025; Vol. A.
7. Wellbeing.
8. Šabić, J.; Perković, T.; Šolić, P.; Šerić, L. Buzzing with Intelligence: A Systematic Review of Smart Beehive Technologies. Sensors 2025, 25, doi:10.3390/s25175359.
9. Danieli, P.P.; Addeo, N.F.; Lazzari, F.; Manganello, F.; Bovera, F. Precision Beekeeping Systems: State of the Art, Pros and Cons, and Their Application as Tools for Advancing the Beekeeping Sector. Animals 2023, 14, doi:10.3390/ani14010070.
10. Alleri, M.; Amoroso, S.; Catania, P.; Lo Verde, G.; Orlando, S.; Ragusa, E.; Sinacori, M.; Vallone, M.; Vella, A. Recent Developments on Precision Beekeeping: A Systematic Literature Review. Journal of Agriculture and Food Research 2023, 14, 100726, doi:10.1016/j.jafr.2023.100726.
11. Hadjur, H.; Ammar, D.; Lefèvre, L. Toward an Intelligent and Efficient Beehive: A Survey of Precision Beekeeping Systems and Services. Computers and Electronics in Agriculture 2022, 192, 106604, doi:10.1016/j.compag.2021.106604.
12. Smerkol, M.; Šešet, Ž.; Bregant, B.; Simončič, S.; Finžgar, M.; Gradišek, A. Smart Beehive Monitoring System for Identification of Relevant Beehive Events. In Proceedings of the 2024 International Conference on Intelligent Environments (IE); June 2024; pp. 97–100.
13. Uthoff, C.; Homsí, M.N.; von Bergen, M. Acoustic and Vibration Monitoring of Honeybee Colonies for Beekeeping-Relevant Aspects of Presence of Queen Bee and Swarming. Computers and Electronics in Agriculture 2023, 205, 107589, doi:10.1016/j.compag.2022.107589.
14. Sad, C.; Kampelopoulos, D.; Sofianidis, I.; Kanelis, D.; Nikolaidis, S.; Tananaki, C.; Siozios, K. Deep Edge IoT for Acoustic Detection of Queenless Beehives. Electronics 2025, 14, doi:10.3390/electronics14152959.
15. Ruinga, S.; Hunter, G.; Duran, O.; Nebel, J.-C. Identifying Queenlessness in Honeybee Hives from Audio Signals Using Machine Learning. Electronics 2023, 12, doi:10.3390/electronics12071627.
16. Hall, H.; Bencsik, M.; Capela, N.; Sousa, J.P.; de Graaf, D.C. Remote and Automated Detection of Asian Hornets (Vespa Velutina Nigrithorax) at an Apiary, Using Spectral Features of Their Hovering Flight Sounds. Computers and Electronics in Agriculture 2025, 235, 110307, doi:10.1016/j.compag.2025.110307.
17. Third World Bee Day to Be Celebrated next Month | GOV.SI Available online: <https://www.gov.si/en/news/2020-04-20-third-world-bee-day-to-be-celebrated-next-month/> (accessed on 25 February 2026).
18. Kline Arih, I. Feel Api.
19. Eremita, M. World Bee Day, Below Average Honey Harvest in 2020 Available online: https://www.stat.si/StatWeb/en/news/Index/10330?utm_ (accessed on 25 February 2026).
20. Beekeeping in Slovenia, a Way of Life - UNESCO Intangible Cultural Heritage Available online: <https://ich.unesco.org/en/RL/beekeeping-in-slovenia-a-way-of-life-01857> (accessed on 25 February 2026).
21. Prešeren, P. Beekeeping and Rearing Lipizzan Horses on the UNESCO List of Intangible Cultural Heritage Available online: <https://slovenia.si/art-and-cultural-heritage/beekeeping-and-rearing-lipizzan-horses-on-the-unesco-list-of-intangible-cultural-heritage> (accessed on 25 February 2026).
22. Food Self-Sufficiency. Environmental Indicators in Slovenia. Available online: <https://kazalci.arso.gov.si/en/content/food-self-sufficiency-1> (accessed on 13 January 2026).
23. General Information. Čebelarska zveza Slovenije.
24. E-Čebelar Available online: <https://www.ecebelar.com/sl/> (accessed on 25 February 2026).
25. Beehive Scale - Measurement Station for Honey-Collection Control.
26. Beescales Available online: <https://www.beescales.io/en> (accessed on 25 February 2026).



27. An AI-Powered Bee Monitoring System in Development Available online: <https://urbanicebelar.si/en/a-prototype-ai-powered-bee-monitoring-system-in-development> (accessed on 25 February 2026).
28. Bee Path Cities | Urbact.Eu Available online: <https://urbact.eu/knowledge-hub/food/bees> (accessed on 25 February 2026).
29. Bee Path Cities - Creating Cities That Are Good for Pollinators and Therefore Good for People | EUI Available online: <https://www.urban-initiative.eu/capacity-building/city2city/bee-path-cities-creating-cities-are-good-pollinators-and-therefore-good/about-projects> (accessed on 25 February 2026).
30. Interreg BEE(A)WARE: Multidisciplinary Capacity Building and Development of New Solutions in Order to Conserve, Protect, and Enhance Endangered Wild Pollinator Communities and Honeybee within the Ecosystems Available online: <https://www.nib.si/eng/index.php/component/projects/?id=392&view=project&utm> (accessed on 25 February 2026).
31. Slovenska čebelarstva akademija Available online: <https://sca.kis.si> (accessed on 25 February 2026).
32. World Bee Day 2024: We All Depend on Bees Available online: <https://epthinktank.eu/2024/05/20/world-bee-day-2024-we-all-depend-on-bees/> (accessed on 25 February 2026).
33. Apiculture - New Agriculture New Generation Available online: <https://www.generationag.org/en/apiculture> (accessed on 25 February 2026).
34. Beezon Scale Beekeeping Remote Monitoring System (GPRS Internet Version). BeeZon Smart Software IoT Solutions.
35. Mobile App for Beekeepers Available online: <https://www.anel.gr/en/anel-beekeeper-app> (accessed on 25 February 2026).
36. eHive Available online: <https://ehive.gr/en/> (accessed on 25 February 2026).
37. Beehive Health IoT Application to Fight Honey Bee Colony Mortality | IoBee | Project | Fact Sheet | H2020 Available online: <https://cordis.europa.eu/project/id/760342> (accessed on 25 February 2026).
38. B-THENET Project Available online: <https://tn.bthenet.eu/> (accessed on 25 February 2026).
39. Costante, F. 3rd International Meeting of the Erasmus+ BestHONEY Project. CIHEAM Bari 2025.
40. Cove-Beelieve.
41. pensoft.net B-GOOD - Project Available online: <https://b-good-project.eu/> (accessed on 25 February 2026).
42. SENSORBEES Available online: <https://www.sensorbees.eu/index.html> (accessed on 25 February 2026).
43. BeeUrban.
44. A New Automated Beekeeping Platform Based on AI, Computer Vision, and Precision Robotics, Designed to Improve Bee Health, and Increase Pollination and Honey Production | BeeHome | Project | Fact Sheet | H2020 Available online: <https://cordis.europa.eu/project/id/953381> (accessed on 25 February 2026).
45. Enforce Project 2025.
46. Strategy for Involving Young People, BeeGen Project.
47. Beehealth.
48. News Available online: <https://www.bee-life.eu/news> (accessed on 25 February 2026).
49. Sens4Bee - Microsensys » Make Things Wireless Available online: <https://www.microsensys.de/en/solutions/overview-innovation-projects/sens4bee/> (accessed on 25 February 2026).
50. HoBBIT: Honey Bee Monitoring with Bioacoustics and Imaging Technology Available online: <https://www.sintef.no/en/projects/2025/hobbit-honey-bee-monitoring-with-bioacoustics-and-imaging-technology/> (accessed on 25 February 2026).
51. Sakko, S. A Course for Bee Analytics and Business with AI. HAMK Unlimited 2024.
52. Artificial Intelligence for Beekeeping Practices. FBK MAGAZINE.
53. BeeHero Home Available online: <https://www.beehero.io/> (accessed on 25 February 2026).
54. Pollination for Regenerative Agriculture Available online: <https://ubees.com/> (accessed on 25 February 2026).
55. SI01 - Prenos znanja v čebelarstvu - Skupna kmetijska politika 2023.
56. Zagorc, M. Izobraževanje in Usposabljanje Čebelarjev, B&B: Kranj, Slovenia, 2013.
57. Čebelar/čebelarka | NPK Available online: <https://npk.si/katalogi/6210021/> (accessed on 25 February 2026).
58. Blagus, B. Čebelarski mozaik - Evropska sredstva 2024.
59. Center Za Čebelarstvo Biotehniške Fakultete Available online: <https://www.bf.uni-lj.si/sl/enote/biologija/o-oddelku/katedre-in-druge-enote/center-za-cebelarstvo-biotehniske-fakultete/> (accessed on 25 February 2026).
60. Redna izobraževanja na področju ZV čebel Available online: <https://www.vf.uni-lj.si/redna-izobrazevanja-na-podrocju-zv-cebel> (accessed on 25 February 2026).
61. Dogodki v februar 2026 – Čebelarstva zveza Slovenije.
62. BEEKIPING Available online: <https://www.odipamel16.gr/en/beekipping-738> (accessed on 25 February 2026).