

## Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση

Τόμ. 9, Αρ. 3 (2016)

Ειδικό αφιέρωμα: "Σύγχρονες ερευνητικές τάσεις και εκπαίδευση στις βιολογικές επιστήμες"



**Σύγχρονες τάσεις της εκπαιδευτικής έρευνας  
για τα πεδία της γενετικής και της  
βιοτεχνολογίας : Μία βιβλιογραφική επισκόπηση**

*Ακριβή Χρηστίδου, Πηνελόπη Παπαδοπούλου*

### Βιβλιογραφική αναφορά:

Χρηστίδου Α., & Παπαδοπούλου Π. (2016). Σύγχρονες τάσεις της εκπαιδευτικής έρευνας για τα πεδία της γενετικής και της βιοτεχνολογίας : Μία βιβλιογραφική επισκόπηση. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 9(3), 123–136. ανακτήθηκε από <https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/thete/article/view/44409>

# Σύγχρονες τάσεις της εκπαιδευτικής έρευνας για τα πεδία της γενετικής και της βιοτεχνολογίας: Μία βιβλιογραφική επισκόπηση

Χρησιτίδου Ακριβή, Παπαδοπούλου Πηνελόπη  
achristidou@uowm.gr, ppapadopoulou@uowm.gr

Παιδαγωγικό Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

**Περίληψη.** Η κατανόηση της σύγχρονης γενετικής και βιοτεχνολογίας αποτελεί βασικό στοιχείο του επιστημονικού γραμματισμού των μαθητών καθώς συμβάλλει στην ενσυνείδητη λήψη αποφάσεων για τη χρήση νέων βιολογικών τεχνολογιών. Σκοπός αυτής της βιβλιογραφικής επισκόπησης είναι η διερεύνηση των σύγχρονων τάσεων της εκπαιδευτικής έρευνας σε αυτά τα πεδία. Πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων (άρθρων) για τις αντιλήψεις μαθητών και εκπαιδευτικών στη γενετική και τη βιοτεχνολογία, τις διδακτικές παρεμβάσεις στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και την επίδραση τους στην οικοδόμηση της γνώσης και στις αντιλήψεις των εκπαιδευομένων, καθώς και τη γενετική στα διδακτικά εγχειρίδια. Βρέθηκε ότι οι μαθητές διατηρούν εναλλακτικές αντιλήψεις κυρίως για τους γενετικούς μηχανισμούς, η βαθύτερη κατανόηση των βιοτεχνολογικών εφαρμογών ευνοεί τη θετική στάση και η ενίσχυση της παιδαγωγικής γνώσης περιεχομένου των εκπαιδευτικών με τη χρήση μοντέλων διδασκαλίας συμβάλλουν στην αποδοτικότερη μάθηση. Χρήσιμος θα ήταν ο προσανατολισμός της έρευνας στην αναβάθμιση των σχολικών βιβλίων και η επικοινωνία μεταξύ της εκπαιδευτικής έρευνας με τη σχολική πραγματικότητα.

**Λέξεις κλειδιά:** γενετική, βιοτεχνολογία, αντιλήψεις, διδακτική παρέμβαση, διδακτικά εγχειρίδια

## Εισαγωγή

Στα πλαίσια του επιστημονικού γραμματισμού, οι επιστημονικές κατακτήσεις και ο επιστημονικός τρόπος σκέψης αποτελούν μια από τις σημαντικότερες συνιστώσες του πολιτισμού, στις οποίες ο σύγχρονος επιστημονικά εγγράμματος μέσος πολίτης πρέπει να εκτεθεί προκειμένου να εκτιμήσει τη φύση, τους σκοπούς και τους γενικούς περιορισμούς της επιστήμης, κατανοώντας τις πιο σημαντικές επιστημονικές ιδέες (Χαλκιά, 2011). Η ραγδαία πρόοδος των βιοεπιστημών έχει μετασχηματίσει τη γενετική, τη μοριακή βιολογία και τη βιοτεχνολογία από ένα ακαδημαϊκό πεδίο του οποίου οι εξελίξεις αφορούσαν κυρίως εξειδικευμένους ερευνητές, σε μια επιστήμη που διαρκώς κεντρίζει το ενδιαφέρον του ευρύτερου κοινού με τις ολοένα αυξανόμενες επιδράσεις της στην κοινωνία. Η ανάπτυξη τεχνικών στη γενετική μηχανική, (ανασυνδυασμένο DNA, απομόνωση και χειρισμός γονιδίων) και στη χαρτογράφηση για εντοπισμό γονιδίων παράλληλα με τα στοιχεία που προέκυψαν από το Πρόγραμμα Αλληλούχησης του Ανθρώπινου Γονιδιώματος, αναδεικνύουν καινοτόμες προσεγγίσεις σε θέματα τόσο της γενετικής του ανθρώπου (πολυγονιδιακές διαταραχές, αλληλεπίδραση οργανισμού-περιβάλλοντος), της γενετικής του καρκίνου (υπεύθυνες μεταλλάξεις), όσο και των μεθόδων ανάλυσης γενετικών αποτυπωμάτων και ταυτοποίησης προσώπων, φέρνοντας επανάσταση στο πεδίο της ιατροδικαστικής (Watson et al., 2007). Επιπλέον, τα πρόσφατα επιτεύγματα στη γονιδιακή θεραπεία και τα γενετικά τεστ, η αλματώδης έρευνα των εμβρυικών βλαστοκυττάρων, η εξάπλωση των Γενετικά Τροποποιημένων (Γ.Τ.) οργανισμών και η επίδραση τους στην παραγωγή τροφίμων, η μεταφορά γενετικού υλικού ανάμεσα στα είδη, και οι επιδιώξεις για

αναπαραγωγική κλωνοποίηση, είναι πεδία που εγείρουν ηθικά ζητήματα και χρήζουν νομοθετικής ρύθμισης που να μεριμνά για το απόρρητο και τη δημοσιοποίηση προσωπικών δεδομένων, την ενημερωμένη συγκατάθεση ασθενών, την ορθή επαγγελματική συμπεριφορά, την ευγονική, τη δημόσια ασφάλεια, τα δικαιώματα ανθρώπων και ζώων και τους περιβαλλοντικούς κινδύνους (Lysaght, Rosenberger & Kerridge, 2006).

Συνεπώς, η κατανόηση της σύγχρονης γενετικής αποτελεί βασικό στοιχείο του επιστημονικού γραμματισμού, οι νέες βιολογικές τεχνολογίες και οι εφαρμογές τους έχουν εγκαθιδρυθεί στη δημόσια πραγματικότητα και οι πολίτες καλούνται να πάρουν αποφάσεις για θέματα που αφορούν την καθημερινότητα τους ατομικά αλλά και την κοινωνία ως σύνολο. Είναι ευρέως αποδεκτό ότι ο κύριος στόχος της σχολικής εκπαίδευσης στις επιστήμες είναι ο επιστημονικός γραμματισμός των μαθητών και η πρόκληση προς αυτήν την κατεύθυνση είναι μεγάλη ειδικά όταν τα φαινόμενα είναι σύνθετα και η πρόοδος της έρευνας και η συσσώρευση της γνώσης επιταχύνονται. Η έλλειψη κατανόησης έχει επιπτώσεις στην ικανότητα συμμετοχής των μελλοντικών πολιτών σε δημόσιες συζητήσεις, στη λήψη τεκμηριωμένων και συνειδητών αποφάσεων, αλλά παράλληλα παρεμποδίζει την πιθανότητα το άτομο να επωφεληθεί από τις νέες τεχνολογίες (Duncan et al., 2011· Klor et al., 2010). Τέτοιες αποφάσεις ήδη λαμβάνονται καθημερινά σε τοπικό ή προσωπικό επίπεδο, ενώ κρισιμότερες είναι οι επιλογές σε παγκόσμια θέματα οικονομικής και ηθικής φύσης όπως οι γενετικές διακρίσεις από ασφαλιστικές εταιρείες και το γενετικό απόρρητο των πολιτών (Venville, Gribble & Donovan, 2005).

Είναι σημαντικό οι βασικές έννοιες και οι δυνατότητες που προσφέρουν τα σύγχρονα επιστημονικά επιτεύγματα να συμπεριλαμβάνονται στην εκπαίδευση των μαθητών για το μελλοντικό τους ρόλο ως πολιτών. Κατά συνέπεια, στόχος της εκπαίδευσης θα πρέπει να είναι η εξασφάλιση της δυνατότητας στους μαθητές όλων των βαθμίδων να οικοδομήσουν αρχικά τις βασικές γνώσεις της κλασικής γενετικής ώστε στη συνέχεια να προσαρτηθούν οι νέες γενετικές τεχνολογίες που διαρκώς αναδύονται στον ερευνητικό τομέα. Καθοριστικής σημασίας είναι η παρουσίαση των περιορισμών και της επίδρασης της εφαρμογής της γνώσης στην κοινωνία. Για να συμβεί αυτό, χρειάζεται επανεξέταση των αναλυτικών προγραμμάτων και των Διδακτικών Εγχειριδίων (Δ.Ε.), αντίστοιχη και επαρκή κατάρτιση των εκπαιδευτικών έτσι ώστε η σύγχρονη επιστημονική γνώση να μετασχηματιστεί σε σχολική γνώση και να γίνει κατανοητή από τους μαθητές. Απαραίτητη επίσης φαίνεται η ανάπτυξη διδακτικών ακολουθιών διδασκαλίας-μάθησης με τις οποίες θα αντιμετωπίζονται οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών και η οικοδόμηση της γνώσης θα πραγματοποιείται πιο αποτελεσματικά. Στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών των περισσότερων χωρών, η μοριακή γενετική (γενετικός κώδικας, έκφραση κληρονομήσιμων χαρακτηριστικών, φαινόμενα γενετικών ανωμαλιών), περιορίζεται στις υψηλότερες βαθμίδες εκπαίδευσης. Όμως οι μαθητές όλων των ηλικιών εκτίθενται στις έννοιες της κληρονομικότητας και του γενετικού υλικού από άτυπες πηγές μάθησης όπως περιοδικά, τηλεόραση και διαδίκτυο (Venville, Gribble & Donovan, 2005· Duncan & Reiser, 2007).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνηθούν οι σύγχρονες τάσεις της εκπαιδευτικής έρευνας για τα πεδία της γενετικής και της κληρονομικότητας. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε συλλογή δεδομένων για τις αντιλήψεις των μαθητών όλων των σχολικών βαθμίδων για τα παραπάνω θέματα, την Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου (Π.Γ.Π.) των εκπαιδευτικών, τις Διδακτικές Παρεμβάσεις (Δ.Π.) στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και τις επιδράσεις τους στις αντιλήψεις των μαθητών και στην οικοδόμηση της γνώσης, και τέλος τον τρόπο με τον οποίο παρουσιάζονται οι βασικές έννοιες της γενετικής και της κληρονομικότητας στα Δ.Ε. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για τη διευκόλυνση στο διδακτικό μετασχηματισμό

που καλούνται να πραγματοποιήσουν οι εκπαιδευτικοί με στόχο την προσέγγιση της επιστημονικής γνώσης από τους μαθητές.

## Μέθοδος

Ως μέθοδος για την επίτευξη του στόχου της έρευνας χρησιμοποιήθηκε η κριτική επισκόπηση της βιβλιογραφίας όπου απαιτείται κριτική ανάλυση της υπάρχουσας γνώσης και όχι απλή παράθεση της (Hart, 1998). Χρησιμοποιήθηκαν ερευνητικά άρθρα σχετικά με την εκπαίδευση στην κληρονομικότητα. Κατά τη διενέργεια της προκαταρκτικής έρευνας για τη συγκέντρωση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε αναζήτηση στον κατάλογο των ηλεκτρονικών βάσεων δεδομένων των εκδοτών Taylor & Francis Online και Wiley Online Library μέσω της πρόσβασης που εξασφαλίζει το Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας και το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Βρέθηκαν περισσότερες από 80 έρευνες για την εκπαίδευση στην κληρονομικότητα σε κορυφαία περιοδικά της εκπαίδευσης. Για να περιοριστεί το πεδίο, επιλέχθηκε το χρονικό διάστημα 15 ετών, από το 2000 έως και το 2015, κατά προσέγγιση. Επιπλέον, η αναζήτηση επικεντρώθηκε στα εξής 5 περιοδικά της εκπαίδευσης: *Journal of Research in Science Teaching*, *Science Education*, *International Journal of Science Education*, *Research in Science Education* και *Journal of Biological Education*. Πρέπει να σημειωθεί ότι η πρόσβαση στο *Journal of Biological Education* περιοριζόταν μεταξύ των ετών 2011-2013. Η βιβλιογραφική αναζήτηση στο *American Biology Teacher* δεν πραγματοποιήθηκε παρότι θα ήταν επιθυμητή, καθώς δε βρέθηκε τρόπος πρόσβασης στο περιοδικό. Πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη έρευνα σε όλο το περιεχόμενο των άρθρων (τίτλος, περίληψη, λέξεις-κλειδιά, περιεχόμενο) για το κάθε επιστημονικό περιοδικό ξεχωριστά, χρησιμοποιώντας τους όρους αναζήτησης: *heredity*, *genes*, *Mendel*, *epigenetic*, *genetic engineering*, *biotechnology*, *stem-cells*, *biology*, *education*, καθώς και διάφορους συνδυασμούς μεταξύ τους.

Κριτήρια επιλογής των ερευνών του δείγματος αποτέλεσαν: 1) η αναφορά των όρων αναζήτησης στον τίτλο ή στις λέξεις-κλειδιά, στους στόχους ή στα ερωτήματα των ερευνών, στην περίληψη και σε άλλο σημείο του κειμένου με την προϋπόθεση της σαφούς σύνδεσης τους με τους στόχους και 2) η ένταξη της έρευνας στο χώρο της διδακτικής της γενετικής, της μοριακής βιολογίας και της βιοτεχνολογίας σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Αρχικά συγκεντρώθηκαν 70 άρθρα, σύμφωνα με το παραπάνω πλαίσιο που ορίστηκε.

Σε κάθε κείμενο καταγράφηκαν δεδομένα από τα εξής πεδία: Α) στόχοι της έρευνας-ερευνητικό ερώτημα, Β) δείγμα πληθυσμού, Γ) μεθοδολογία-εργαλεία της έρευνας και Δ) αποτελέσματα-συμπεράσματα της έρευνας.

Η καταγραφή των δεδομένων οδήγησε στον αποκλεισμό 22 μη σχετικών άρθρων τα οποία είτε ήταν πολύ εξειδικευμένα σε κάποιο παραπλήσιο βιολογικό θέμα, είτε κάλυπταν ευρύτερα ζητήματα της βιολογίας με κατεύθυνση προς το περιβάλλον και την εξέλιξη ή γενικότερα παιδαγωγικά θέματα των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.). Ο αριθμός των άρθρων μειώθηκε σε 48, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 1, για τα οποία ακολούθησε ανάλυση και ομαδοποίηση.

## Αποτελέσματα

Η ανάλυση των δεδομένων για τις σύγχρονες τάσεις της εκπαιδευτικής κοινότητας στα πεδία της γενετικής και της κληρονομικότητας οδήγησε σε ομαδοποίηση των άρθρων ανάλογα με το ερευνητικό ερώτημα και το δείγμα στο οποίο πραγματοποιήθηκε η έρευνα, όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 1. Κατανομή άρθρων βιβλιογραφικής επισκόπησης ανά περιοδικό**

Τίτλος περιοδικού	Σύνολο άρθρων
Journal of Research in Science Teaching	7
Science Education	5
International Journal of Science Education	17
Research in Science Education	11
Journal of Biological Education	8

**Πίνακας 2. Κατανομή άρθρων βιβλιογραφικής επισκόπησης ανά θεματική ενότητα**

Θέμα	Άρθρα	Συγγραφείς
<b>Αντιλήψεις Μαθητών</b>	Γενετική	6 Duncan & Reiser, 2007· Gericke & Wahlberg 2013· Jimenez-Aleixandre, Rodriguez & Duschl, 2000· Lewis & Kattmann, 2004· Venville, Gribble & Donovan, 2005· Williams et al., 2011 Črne-Hladnik et al., 2012· Dawson, 2007· Fonseca et al., 2012· Halverson et al., 2010· Kidman, 2010· Klop & Severiens, 2007· Lindahl & Linder, 2011· Lysaght, Rosenberger & Kerridge, 2006· Rebello et al., 2012· Saèz, Nino & Carretero 2008
	Βιοτεχνολογία	10 Friedrichsen et al., 2009· Mthethwa-Kunene, Onwu & de Villiers, 2015· Thorne, Gericke & Hagberg, 2013· Thorne & Gericke, 2014· Zande et al., 2011
<b>Εκπαιδευτικοί</b>	Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου	5 Casanoves et al., 2015· Steele & Aubusson, 2004· Wahbeh & Abd-El-Khalick, 2013
	Αντιλήψεις	3 France et al., 2012· Gelbart & Yarden, 2011
	Επαγγελματική μάθηση	2 Duncan, Rogat & Yarden, 2009· Elmesky, 2013· Freidenreich, Duncan & Shea, 2011· Todd & Kenyon, 2016
<b>Διδακτικές Παρεμβάσεις</b>	Ανάπτυξη μαθησιακής προόδου	4 Banet & Ayuso, 2000· 2003· Dairianathan & Subramaniam, 2011· Duncan et al., 2011· Jacobs-McDaniels et al., 2013· Simonneaux & Chouchane, 2011
	Αποδόμηση παρανοήσεων-Ενίσχυση κατανόησης	6 Dauer et al., 2013· Gelbart, Brill & Yarden, 2009· Klop et al., 2010· Rotbain, Marbach-Ad & Stavy, 2006· Sesli & Kara, 2012· Shegog et al., 2012· Witzig et al., 2014
	Μοντέλα	7 Castéra, Bruguière & Clément, 2008· Chiappetta & Fillman, 2007· Gericke, Hagberg & Jorde, 2013· Martínez-Gracia, Gil-Quílez & Osada, 2003· 2006
<b>Διδακτικά Εγχειρίδια</b>	5	

Στη συνέχεια θα παρουσιαστούν συνοπτικά και συνθετικά όλες οι θεματικές ενότητες των άρθρων (Πίνακας 2) που σχετίζονται με την Εκπαίδευση στη Γενετική και τη Βιοτεχνολογία.

### **Αντιλήψεις μαθητών**

Στην πρώτη κατηγορία άρθρων (N=16) συμπεριλαμβάνονται άρθρα τα οποία αναφέρονται στις αντιλήψεις των μαθητών και ανάλογα με το γνωστικό πεδίο στο οποίο εστιάζουν διακρίνονται σε θέματα κλασικής γενετικής και βιοτεχνολογικά-ηθικά ζητήματα.

### **Αντιλήψεις μαθητών για θέματα κλασικής γενετικής**

Οι αντιλήψεις των μαθητών για βασικές έννοιες της γενετικής όπως γονίδιο, DNA και πρωτεΐνες, το πώς αυτά συνδέονται με τον φαινότυπο και με τα έμβια όντα, ποιος είναι ο μηχανισμός κληρονομικότητας (Venville, Gribble & Donovan, 2005· Gericke & Wahlberg, 2013) αλλά και το πώς σχετίζεται η κυτταρική διαίρεση (μείωση/μίτωση) με την κληρονομικότητα (Williams et al., 2011), καταγράφονται σε 6 άρθρα. Επιπλέον, διερευνάται η ικανότητα των μαθητών να αιτιολογούν τα οντολογικά διακριτά επίπεδα των γενετικών φαινομένων (Duncan & Reiser, 2007). Ένα μεγάλο ποσοστό μαθητών έχουν την ικανότητα να συνδέουν τις ομοιότητες παιδιών και γονέων με το DNA και τα γονίδια χωρίς όμως να γνωρίζουν τι είναι, πού βρίσκονται και ποιος είναι ο μηχανισμός κληρονομικότητας (Venville, Gribble & Donovan, 2005· Lewis & Kattmann, 2004). Οι μαθητές συνήθως διαχωρίζουν τα βιολογικά από τα πολιτισμικά-κοινωνικά κληρονομήσιμα χαρακτηριστικά, ωστόσο λίγοι από αυτούς αντιλαμβάνονται την παρουσία του γενετικού υλικού σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς (Venville, Gribble & Donovan, 2005). Καταγράφεται επίσης η δυσκολία κατανόησης του βιολογικού σκοπού των διαδικασιών της μείωσης και της μίτωσης και σε ορισμένες περιπτώσεις αναφέρεται επιπλέον η δυσκολία στην κατανόηση των κυτταρικών δομών που εμπλέκονται στην κυτταρική διαίρεση και το ρόλο τους στη μεταφορά του γενετικού υλικού (Williams et al., 2011). Ακόμη, ενώ οι μαθητές συνδέουν τα γονίδια με τα χαρακτηριστικά, δεν γνωρίζουν τον μηχανισμό της πρωτεϊνοσύνθεσης και δεν αντιλαμβάνονται τις λειτουργίες των πρωτεϊνών όπως και τις διαδικασίες στις οποίες συμμετέχουν. Συνοψίζοντας, προκύπτει αφ' ενός η ανάγκη για έμφαση στην εννοιολογική γνώση πέρα από τη διαδικαστική, καθώς και η μετάβαση από την αποσπασματική μάθηση στην ουσιαστική μάθηση και δεύτερον η ανάγκη για ενίσχυση των επιστημονικών συζητήσεων μέσα στις σχολικές αίθουσες έτσι ώστε οι μαθητές να εξασκηθούν στην αιτιολόγηση και την επιχειρηματολογία για θέματα της γενετικής (Duncan & Reiser, 2007· Gericke & Wahlberg, 2013· Jimenez-Aleixandre, Rodriguez & Duschl, 2000).

### **Αντιλήψεις εκπαιδευομένων για θέματα βιοτεχνολογίας**

Στα άρθρα στα οποία οι ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τις αντιλήψεις μαθητών και φοιτητών σχετικά με τη βιοτεχνολογία και τα σύγχρονα επιτεύγματα τους, προσδιορίστηκαν πέντε ομάδες εναλλακτικών αντιλήψεων των φοιτητών για την έρευνα των βλαστοκυττάρων, οι οποίες σχετίζονται με τη φύση τους (ανικανότητα διάκρισης εμβρυονικών από ενήλικα βλαστοκύτταρα), τις λειτουργίες και τις διαδικασίες στις οποίες συμμετέχουν (μηχανισμούς δημιουργίας), και ακόμη τις ιατρικές εφαρμογές, τη σύγχυση όρων και τις πολιτικές και νομικές παρανοήσεις που κυριαρχούν. Παρατηρήθηκε ότι οι φοιτητές που έχουν ισχυρές ηθικές πεποιθήσεις δεν είναι διατεθειμένοι να τις αλλάξουν ακόμα και αν τους δοθεί ακριβής επιστημονική εξήγηση (Halverson et al., 2010).

Παρομοίως, η Dawson (2007) καταγράφει την αδυναμία των μαθητών σε μεγάλο εύρος ηλικιών (12-17 ετών) να ορίσουν σωστά κύριες έννοιες της βιοτεχνολογίας, όπως τεχνολογία γονιδίου, γονιδιακή θεραπεία, κλωνοποίηση, Γ.Τ. τρόφιμα. Παράλληλα αναφέρει την ευνοϊκότερη στάση των μεγαλύτερων μαθητών στη χρήση αυτών των νέων τεχνολογιών,

εκτός και αν περιλαμβάνουν τη μεταχείριση ζώων. Στο τελευταίο εύρημα συμφωνούν και οι Fonseca et al. (2012). Η στάση έναντι στις νέες βιοτεχνολογικές εφαρμογές επηρεάζεται από τέσσερις κατηγορίες αξιών που αναγνωρίστηκαν στους μαθητές και αυτές είναι η αρχή του φυσικού, δηλαδή η εύννοια σε οτιδήποτε φυσιολογικό, το αξίωμα της υγείας που δικαιολογεί κάθε τεχνολογική παρέμβαση, η αρχή των τεχνολογικών λύσεων με την υπερβολική εμπιστοσύνη στις δυνατότητες που προσφέρει η επιστήμη και η αρχή των προσωπικών αποφάσεων λόγω της δυσπιστίας στη διακυβέρνηση που ασκούν τα δημόσια ινστιτούτα (Saèz, Nino & Carretero, 2008). Οι Klop & Severiens (2007) από την άλλη πλευρά κατέταξαν τους μαθητές ανάλογα με τη στάση τους σε βέβαιους υποστηρικτές της βιοτεχνολογίας (22%), σε όχι σίγουρους (42%), σε επιφυλακτικούς (18%) και σε απορριπτικούς (17%). Φαίνεται όμως ότι οι ιδέες κλειδιά της βιοτεχνολογίας που ενδιαφέρουν τους μαθητές (φυσικά αντιβιοτικά, κλωνοποίηση) δε συμπίπτουν με εκείνες που οι εκπαιδευτικοί προτιμούν να εντάξουν στη διδακτέα ύλη (Γ.Τ. καλλιέργειες, βλάβες από έντομα) (Kidman, 2010).

Σε άλλες έρευνες έγινε συσχέτιση της υψηλού επιπέδου προηγούμενης γνώσης των μαθητών σε θέματα βιοτεχνολογικών εφαρμογών με τα ορθολογιστικά πρότυπα ηθικού συλλογισμού, ενώ η υστέρηση της πρότερης γνώσης συνδέθηκε με τα διαισθητικά πρότυπα ηθικού συλλογισμού (Črne-Hladnik et al., 2012). Σε έρευνα της ίδιας χρονιάς επιβεβαιώθηκε η άποψη ότι οι φοιτητές με περισσότερο εξελιγμένη επιστημολογία και συλλογισμό στο πεδίο της βιοτεχνολογίας παρουσιάζουν ορθότερες εννοιολογικές αντιλήψεις στο τέλος του μαθήματος (Rebello et al., 2012). Για τη διαμόρφωση και την ανάπτυξη τόσο του συλλογισμού για τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα (Lindhahl & Linder, 2013), όσο και των ηθικών αξιών, οι φοιτητές θεωρούν σημαντική την ενσωμάτωση της διδασκαλίας της ηθικής στο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών (Lysaght, Rosenberger & Kerridge, 2006).

## **Οι εκπαιδευτικοί και η διδασκαλία της γενετικής και της βιοτεχνολογίας**

### **Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου**

Εξετάζοντας την Π.Γ.Π. των εκπαιδευτικών στο πεδίο της γενετικής και της κληρονομικότητας, οι Friedrichsen et al. (2009) κατέγραψαν ότι η διδακτική εμπειρία από μόνη της δεν επαρκεί για την ανάπτυξη της καθώς τόσο οι έμπειροι όσο και οι άπειροι εκπαιδευτικοί βασίζονται στη γενική παιδαγωγική τους γνώση και σύμφωνα με τους Zande et al. (2011) και στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών. Οι Mthethwa-Kunene, Onwu & de Villiers, (2015) αναφέρουν ότι οι εκπαιδευτικοί της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης κατέχουν ικανοποιητική δηλωτική και διαδικαστική γνώση της γενετικής, αντίστοιχη με αυτή της διδακτέας ύλης. Χρησιμοποιούν ποικίλες στρατηγικές διδασκαλίας χωρίς όμως να συμπεριλαμβάνουν φυσικά μοντέλα (physical models) ή δραστηριότητες με πειράματα. Είναι σήνηθες φαινόμενο το ότι οι εκπαιδευτικοί αγνοούν την προηγούμενη γνώση των μαθητών τους για τις βασικές έννοιες της γενετικής και κατά συνέπεια δεν σχεδιάζουν τη διδακτική διαχείριση των αντιλήψεων των μαθητών τους.

Σε σχέση με ένα κοινωνικά ευαίθετο θέμα που αφορά τους γενετικούς ελέγχους και την ανίχνευση γενετικών κληρονομήσιμων ανωμαλιών, οι Zande et al. (2011) αναφέρουν ότι οι εκπαιδευτικοί βασίζονται κυρίως στις πληροφορίες του αναλυτικού προγράμματος όταν αναφέρονται στους γενετικούς ελέγχους. Προτείνουν λοιπόν την αναβάθμιση της σχολικής ύλης μέσω της θεμελίωσης της διδασκαλίας σε αυθεντικά περιστατικά της κλινικής γενετικής πράξης. Παράλληλα φαίνεται απαραίτητη η ενίσχυση της γνώσης των εκπαιδευτικών στα θέματα της αβεβαιότητας των γενετικών ελέγχων, της πολυπλοκότητας της κληρονομικότητας και σε ζητήματα ηθικής και δεοντολογίας (Friedrichsen et al., 2009· Zande et al., 2011· Mthethwa-Kunene, Onwu & de Villiers, (2015).

Ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η γλωσσική ανάλυση της διδασκαλίας. Ο προφορικός λόγος των εκπαιδευτικών κατά τη διδασκαλία της γενετικής σχετίζεται με τις παρανοήσεις που δημιουργούνται στους μαθητές. Σε δύο σχετικές μελέτες (Thorne, Gericke & Hagberg, 2013· Thorne & Gericke, 2014), με εργαλείο τη συστημική λειτουργική γλωσσική ανάλυση του προφορικού λόγου των εκπαιδευτικών, εντοπίστηκαν οι γλωσσικές δυσκολίες στη διδασκαλία και εκμάθηση της γενετικής. Αυτές προκύπτουν είτε λόγω της αλληλοεπικάλυψης της σημασίας διαφορετικών όρων, όπως γονίδιο και αλληλόμορφο, είτε λόγω των ιδιαίτερων συνθηκών κάθε σχολικής τάξης που διδάσκεται μια έννοια ή διαδικασία, όπως η πρωτεΐνη και η πρωτεϊνοσύνθεση. Προκύπτει λοιπόν η ανάγκη για προσεκτική χρήση της γλώσσας από τους εκπαιδευτικούς και αναδεικνύεται η σημαντικότητα της χρήσης της επιστημονικής ορολογίας για την ορθότερη κατανόηση των εννοιών της γενετικής από τους μαθητές.

### **Αντιλήψεις εκπαιδευτικών**

Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτικών για τις βιοτεχνολογικές εφαρμογές και τη διδασκαλία τους παρουσιάζονται από τρεις ερευνητικές ομάδες. Βρέθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί είναι αντίθετοι στην κατανάλωση Γ.Τ. προϊόντων, ενώ υποστηρίζουν την ανάπτυξη της βιοτεχνολογίας για ιατρικούς σκοπούς (Casanoves et al., 2015). Η δυσκολία του ίδιου του αντικείμενου και η έλλειψη εργαστηριακών ασκήσεων από τη διδασκαλία αποτελούν εμπόδια στην αποτελεσματική διδασκαλία της βιοτεχνολογίας (Steele & Aubusson, 2004). Σε σχετικό σεμινάριο επιμόρφωσης, επιχειρήθηκε η ενίσχυση των αντιλήψεων των εκπαιδευτικών για τη φύση της επιστήμης και παρατηρήθηκε ότι οι εκπαιδευτικοί δε μπόρεσαν να τις εφαρμόσουν στο διδακτικό σχεδιασμό διαφορετικού γνωστικού περιεχομένου (Wahbeh & Abd-El-Khalick, 2013).

Η επαγγελματική μάθηση των εκπαιδευτικών στη γενετική είναι το αντικείμενο της επόμενης ομάδας ερευνών και πιο συγκεκριμένα η αξιολόγηση των εκπαιδευτικών για την ικανότητα τους να υιοθετήσουν στρατηγικές διδασκαλίας οι οποίες έχουν σχεδιαστεί ώστε να εξυπηρετήσουν ορισμένους στόχους όπως είναι η ενίσχυση του διαλόγου μέσα στη σχολική τάξη και η ταυτοποίηση των επικοινωνιακών φραγμών με τους μαθητές λόγω θρησκείας, γλώσσας ή και κουλτούρας (France et al., 2012), αλλά και ο ρόλος των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία με διαδικτυακά μοντέλα προσομοίωσης για γενετικά προβλήματα (Gelbart & Yarden, 2011). Οι στρατηγικές διδασκαλίας για τα κοινωνικο-επιστημονικά ζητήματα που σχετίζονται με τη βιοτεχνολογία και την έρευνα των βλαστοκυττάρων προτείνεται να περιλαμβάνουν τη διαλογική συζήτηση μεταξύ εκπαιδευτικών-μαθητών για την αναλυτική έκθεση των πολύπλευρων ζητημάτων που πρέπει να εξεταστούν. Για να συμβεί αυτό, οι εκπαιδευτικοί χρειάζεται να αναγνωρίσουν το ηθικό πλαίσιο της τάξης, να παρέχουν το κατάλληλο υλικό, να αναπτύξουν τις γλωσσικές δεξιότητες των μαθητών και να σχεδιάσουν τη διάρθρωση του διαλόγου έτσι ώστε να εξετάσουν τις διάφορες οπτικές (France et al., 2012). Οι εκπαιδευτικοί με τα μοντέλα προσομοίωσης βοηθούν τους μαθητές να αναπτύξουν την πλασιοθετημένη γνώση (conditional knowledge) για την επίλυση γενετικών προβλημάτων με παρόμοιο τρόπο που εργάζονται οι επιστήμονες και παράλληλα τους εισάγουν στη φιλοσοφία της έρευνας για την απόκτηση της νέας γνώσης (Gelbart & Yarden, 2011).

### **Διδακτικές παρεμβάσεις σε θέματα γενετικής και βιοτεχνολογίας**

Τα άρθρα της ενότητας αυτής αναφέρονται σε αναπτυξιακές έρευνες, στο σχεδιασμό Δ.Π. και μοντέλων καθώς και στις επιδράσεις τους στις αντιλήψεις των μαθητών ή φοιτητών.

Οι αναπτυξιακές έρευνες περιλαμβάνουν αρχικά το σχεδιασμό και την εφαρμογή μοντέλων και μαθησιακών προόδων (learning progressions) ως Δ.Π. και στη συνέχεια ασχολούνται με

την παρουσίαση της επίδρασης τους στις αντιλήψεις των μαθητών και την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Η ομάδα των Duncan, Rogat & Yarden έχει ασχοληθεί με το σχεδιασμό μαθησιακής προόδου, για τρία ηλικιακά επίπεδα, γύρω από οκτώ κεντρικές ιδέες της σύγχρονης γενετικής. Το πλαίσιο για το σχεδιασμό της διδασκαλίας και της αξιολόγησης ορίζεται από τις γνώσεις και δεξιότητες που αναμένεται να κατέχουν οι μαθητές στο τέλος κάθε βαθμίδας. Από τις αντιλήψεις των μαθητών που κατέγραψαν μετά την παιδαγωγική παρέμβαση προκύπτει ότι για την απόκτηση της βασικής επιστημονικής παιδείας μέχρι το τέλος της υποχρεωτικής εκπαίδευσης απαιτείται η εισαγωγή των βασικών εννοιών της γενετικής στις κατώτερες σχολικές βαθμίδες. Οι εκπαιδευτικοί είναι απαραίτητο να γνωρίζουν τα αναλυτικά προγράμματα όλων των σχολικών βαθμίδων και να επιδιώκουν την αλληλεπίδραση με τα γνωστικά αντικείμενα των υπόλοιπων μαθημάτων (Duncan, Rogat & Yarden, 2009). Ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας αυτής της μαθησιακής προόδου έγινε και από άλλες ερευνητικές ομάδες οι οποίες ενσωμάτωσαν νέα επίπεδα στη μαθησιακή πρόοδο προερχόμενα από τις αντιλήψεις των μαθητών και έτσι βελτίωσαν τις επιδόσεις τους στο συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο. Επιπλέον, προτάθηκε η διδασκαλία των πρωτεϊνών και της λειτουργίας τους να προηγείται του γενετικού υλικού, της μεταγραφής και της μετάφρασης (Todd & Kenyon, 2016). Μια άλλη μαθησιακή πρόοδος για τη δομή και λειτουργία των πρωτεϊνών και την κυτταρική διαίρεση, προτείνει τη συμπερίληψη ακόμα μικρότερων σχολικών βαθμίδων διότι η έγκαιρη απόκτηση ορθών εννοιολογικών αντιλήψεων διευκολύνει μετέπειτα στη βαθύτερη γνώση και έτσι διαφοροποιείται στο ότι ξεκινάει από το νηπιαγωγείο και καλύπτει και τις 12 σχολικές τάξεις, σε αντίθεση με των Duncan et al. που εστιάζει μεταξύ 5<sup>ης</sup> και 10<sup>ης</sup> τάξης (Elmesky, 2013).

Η μεταβολή των αντιλήψεων των μαθητών για τη θέση των κληρονομήσιμων πληροφοριών καταγράφηκε μετά από Δ.Π. βασισμένη στον εποικοδομητισμό και με ερευνητικό εργαλείο τους εννοιολογικούς χάρτες (Banet & Ayuso, 2000), κατά την οποία οι μαθητές αποδόμησαν οι ίδιοι τις παρανοήσεις τους. Η διδακτική πρόταση είναι να διδάσκεται η σύνδεση της κληρονομικότητας με την ποικιλομορφία των παρατηρήσιμων ανθρώπινων χαρακτηριστικών και ύστερα τα μεντελικά χαρακτηριστικά. Σε ανάλογο συμπέρασμα κατέληξαν οι ίδιοι ερευνητές όταν κατέγραψαν τις αντιλήψεις των μαθητών μετά από Δ.Π. για την κληρονομικότητα και την εξέλιξη, με ανίχνευση της προηγούμενης γνώσης, αναδόμηση των αντιλήψεων, εφαρμογή και αξιολόγηση των νέων ιδεών (Banet & Ayuso, 2003). Σε αυτό το αποτελεσματικό για τη μάθηση και κατανόηση των μαθητών πέρασμα από το μακροσκοπικό επίπεδο των παρατηρήσιμων ανθρώπινων χαρακτηριστικών στο μικροσκοπικό επίπεδο των γενετικών μοριακών δομών, βασίστηκε η ανάπτυξη ενός εξωσχολικού προγράμματος. Σε αυτό οι μαθητές ως επιστήμονες πειραματίστηκαν στο εργαστήριο, πυροδοτήθηκε το ενδιαφέρον τους και παρατηρήθηκαν στη μάθηση στατιστικά σημαντικά οφέλη που διατηρήθηκαν (Dairianathan & Subramaniam, 2011).

Επιπρόσθετα, στη μελέτη των Duncan et al. (2011) αναδείχθηκαν οι πρότερες αντιλήψεις των μαθητών και στη συνέχεια μελετήθηκαν γενετικά προβλήματα όπως η δυσανεξία στη λακτόζη και η μυϊκή δυστροφία με αποτέλεσμα οι μαθητές να αναπτύξουν το συλλογισμό ότι τα γονίδια δίνουν τις οδηγίες για την παραγωγή των πρωτεϊνών, να αντιληφθούν το ρόλο των πρωτεϊνών στη διαμεσολάβηση των γενετικών επιδράσεων και να χρησιμοποιήσουν αυτή τη γνώση για να αιτιολογήσουν και να εξηγήσουν νέα γενετικά φαινόμενα όπως η δρεπανοκυτταρική αναιμία. Αξίζει να αναφερθεί ότι πρώτον η παραγωγή μοντέλων και δεύτερον ο χρόνος που αφιερώνεται στην ανάλυση παραδειγμάτων φαίνεται να βοηθάει στην κατανόηση των βιολογικών φαινομένων.

Ως προς την εκπαίδευση των φοιτητών, όπως έχει ήδη αναφερθεί (Zande et al., 2011), η ενασχόληση των φοιτητών με αληθινά περιστατικά της κλινικής πράξης, όπως η εφαρμογή

γονιδιακής θεραπείας σε ασθενή, βελτιώνει το συλλογισμό και την επιχειρηματολογία και ενισχύει την κριτική ικανότητα (Simonneaux & Chouchane, 2011). Ακόμα περισσότερο, η προσθήκη εργαστηριακών ασκήσεων με διαχείριση και παρατήρηση ειδών μοντέλων (ζεβρόψαρο, νηματώδης) άγριου και μεταλλαγμένου τύπου βοηθάει στην καλύτερη κατανόηση της αλληλεπίδρασης του γονιδιώματος με το περιβάλλον και εξοικειώνει τους φοιτητές με την εργαστηριακή έρευνα (Jacobs-McDaniels et al., 2013).

### **Τα μοντέλα στη διδασκαλία της γενετικής και της βιοτεχνολογίας**

Διάφορες έρευνες έχουν ασχοληθεί με το σχεδιασμό μοντέλων όπως είναι το τρισδιάστατο μοντέλο με χάντρες και το μοντέλο με εικόνες που αφορούν τη δομή του DNA και του RNA, μοντέλα με μοριακές διαδικασίες ή αλληλεπιδράσεις γενετικού υλικού-προϊόντων, με τη βοήθεια των οποίων οι μαθητές βελτιώνουν τις γνώσεις τους στη μοριακή γενετική (Rotbain, Marbach-Ad & Stavy, 2005). Ένα άλλο παράδειγμα για την καλύτερη κατανόηση των επιδράσεων του μοριακού επιπέδου στο πληθυσμιακό επίπεδο είναι το μοντέλο «από το γονίδιο στην εξέλιξη» και η παράλληλη κατασκευή μιας εξελικτικής μορφής εννοιολογικού χάρτη από τους μαθητές, με χρήση πλαισίων και τόξων για την αναπαράσταση δομών, σχέσεων και λειτουργιών. Παρατηρήθηκε πως η ορθότητα των μοντέλων βελτιωνόταν κατά τη διάρκεια της Δ.Π. και η πολυπλοκότητα τελικά αντικαταστάθηκε από φειδωλότητα και ακρίβεια (Dauer et al., 2013). Επιπλέον, μοντέλα για θέματα γενωμικής και καρκίνου, όπως το «οδοπορικό DNA-εργαστήριο» και το «διαβάζοντας τη γλώσσα του όγκου», που βασίζονται στη θεωρία του κοινωνικού εποικοδομητισμού, περιλαμβάνουν καταγισμό ιδεών και εργαστηριακά μαθήματα, φαίνεται να ενισχύουν τους μαθητές να αποκτήσουν περισσότερο υποστηρικτική, αν και όχι τόσο κριτική, στάση απέναντι στη σύγχρονη βιοτεχνολογία (Klop et al., 2010).

Η πολυπλοκότητα και ιδιαιτερότητα της σύγχρονης γενετικής επιβάλλει τη χρήση των Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) με την ανάπτυξη μοντέλων προσομοίωσης σε υπολογιστή. Η κατασκευή διαγονιδιακού ποντικού σε εικονικό εργαστήριο ενισχύει τόσο τη διαδικαστική όσο και τη δηλωτική γνώση και αποδεικνύεται ως μια θετική εμπειρία μάθησης χωρίς όμως αυτό να σημαίνει την πλήρη αντικατάσταση της ζωντανής διδασκαλίας στη σχολική τάξη (Shegog et al., 2012). Οι ΤΠΕ αποδεικνύεται χρήσιμες και σε Δ.Π. με τη χρήση μοντέλου διαδικτυακής προσομοίωσης και με τη βοήθεια εργαλείων βιοπληροφορικής για την ταυτοποίηση γονιδίου, του οποίου η μετάλλαξη προκαλεί ασθένεια. Παρατηρήθηκε βελτίωση στην κατανόηση της αλληλεπίδρασης των μοριακών μηχανισμών με το φαινότυπο (Gelbart, Brill & Yarden, 2009).

Η αναλυτική περιγραφή της κατασκευής μοντέλων εργαλείων περιλαμβάνει αρκετά σχεδιαστικά βήματα. Ένα παράδειγμα αποτελεί το BIKE (Biotechnology Instrument for Knowledge Elicitation), που δημιουργήθηκε ως ένα αξιόπιστο και εννοιολογικά έγκυρο εργαλείο εκμείωσης των αντιλήψεων των μαθητών και καταγραφής του τρόπου με τον οποίο κατανοούν τις βιοτεχνολογικές έννοιες, χωρίς να αποτυπώνεται μόνο αν είναι σωστές ή λάθος. Η κατασκευή του μοντέλου βασίστηκε σε βιβλιογραφική έρευνα, συνεντεύξεις μαθητών, πιλοτικά τεστ και σε αναφορές αξιολογητών για την ανάπτυξη, αξιολόγηση και επαλήθευση του (Witzig et al., 2014). Παρόμοια είναι και η δουλειά των Sesli & Kara (2012) με την ανάπτυξη και εφαρμογή διαγνωστικού τεστ για την καταγραφή των αντιλήψεων των μαθητών για την κυτταρική διαίρεση.

### **Η γενετική στα διδακτικά εγχειρίδια**

Ένας άλλος τομέας με ερευνητικό ενδιαφέρον που εντοπίστηκε στα άρθρα της βιβλιογραφικής επισκόπησης αφορά τα Δ.Ε. Η ανάλυση κειμένου των Δ.Ε. της βιολογίας στις Ηνωμένες Πολιτείες για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση έδειξε ότι τόσο το γραπτό

κείμενο όσο και οι δραστηριότητες που προτείνονται, περιλαμβάνουν θέματα της φύσης της επιστήμης και κατάλληλη επεξηγηματική πληροφορία ώστε να γίνονται κατανοητές οι κύριες ιδέες κάθε επιστημονικού τομέα (επιστημονική μέθοδος, κύτταρο, κληρονομικότητα, DNA, εξέλιξη) και επιπλέον ωθούν τους μαθητές στη διερεύνηση. Πιο συγκεκριμένα, αφιερώνεται μεγάλο μέρος του περιεχομένου για την εμπλοκή των μαθητών στην αναζήτηση απαντήσεων, συγκέντρωση πληροφοριών και εκμάθηση της ερευνητικής μεθοδολογίας των επιστημόνων (Chiappetta & Fillman, 2007). Στα Δ.Ε. της Γαλλίας βρέθηκε ότι προβάλλεται το μοντέλο του γενετικού ντετερμινισμού με μελέτη κυρίως μονογονιδιακών ασθενειών. Ωστόσο, στα νεότερα βιβλία και σε μεγαλύτερες τάξεις γίνονται αναφορές σε πολυγονιδιακές ασθένειες και στην επίδραση του περιβάλλοντος σε αυτές (Castéra, Bruguière & Clément, 2008). Σε σχέση με τη γενετική μηχανική στα ισπανικά Δ.Ε., παρέχεται μεγάλος όγκος πληροφοριών με φτωχούς όμως ορισμούς και εξηγήσεις για τις εφαρμογές της και χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η πρότερη γνώση των μαθητών σε βασικές έννοιες όπως η αλληλούχηση του DNA (Martínez-Gracia, Gil-Quílez & Osada, 2003).

Οι ίδιοι ερευνητές σε άλλο άρθρο τονίζουν την ανάγκη της κατανόησης αυτών των βασικών εννοιών και προτείνουν την τοποθέτηση της μοριακής βιολογίας στο ευρύτερο πλαίσιο του κυττάρου και του επιπέδου του οργανισμού αντί για την παράθεση λεπτομερειών στα Δ.Ε. (Martínez-Gracia, Gil-Quílez & Osada, 2006). Για την αξιολόγηση των Δ.Ε. διερευνήθηκε η ικανότητα των μαθητών να διακρίνουν τις εννοιολογικές μεταβολές μεταξύ πολλαπλών ιστορικών μοντέλων της λειτουργίας των γονιδίων (μεντελικό, κλασικό, βιοχημικό, νεοκλασικό, σύγχρονο) κατά τη μελέτη αντίστοιχου περιεχομένου των βιβλίων. Βρέθηκε ότι ενώ οι μαθητές αναγνωρίζουν την ύπαρξη διαφορετικών μοντέλων δεν αντιλαμβάνονται τις εννοιολογικές διαφορές μεταξύ τους γεγονός που δημιουργεί παρανοήσεις όπως το ότι κάθε μοντέλο περιγράφει διαφορετικό γενετικό φαινόμενο ή λειτουργία, ενώ οι ασυμβατότητες μεταξύ τους αποδίδονται σε λάθη του βιβλίου. Η διαπίστωση αυτή είναι σημαντική διότι οι εκπαιδευτικοί βασίζονται κυρίως στα Δ.Ε. για τον σχεδιασμό του μαθήματος χωρίς στη συνέχεια να επεξηγούν περαιτέρω (Gericke, Hagberg & Jorde, 2013).

## Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας την βιβλιογραφική επισκόπηση προκύπτουν ορισμένες βασικές επισημάνσεις. Από το σύνολο των άρθρων που αναλύθηκαν, τα 36 άρθρα αναφέρονται σε έρευνες που πραγματοποιήθηκαν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Τα υπόλοιπα αφορούν μικρότερες σχολικές βαθμίδες ή προπτυχιακούς φοιτητές και σε ορισμένα από αυτά τονίζεται η ανάγκη για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών, των αναλυτικών προγραμμάτων και του εκπαιδευτικού υλικού στις μικρότερες βαθμίδες.

Στα άρθρα που διερευνούν τις αντιλήψεις των εκπαιδευτικών και των μαθητών/φοιτητών παρατηρείται ότι τόσο οι εκπαιδευτικοί όσο και οι εκπαιδευόμενοι/ες διατηρούν παρόμοια θετική στάση απέναντι στη χρήση των σύγχρονων βιοτεχνολογικών εφαρμογών και μάλιστα αποκτούν ευνοϊκότερες απόψεις όσο καλλιεργείται ο επιστημονικός τους γραμματισμός για τα νέα βιοτεχνολογικά επιτεύγματα (Casanoves et al., 2015· Črne-Hladnik et al., 2012), ενώ φαίνονται ιδιαίτερα ευαίσθητοποιημένοι στη μεταχείριση των ζώων (Dawson, 2007· Fonseca et al., 2012). Ταυτόχρονα όμως καταγράφεται ότι οι φοιτητές με ισχυρές ηθικές πεποιθήσεις είναι σταθεροί στην αρνητική τους στάση για τη χρήση των βιοτεχνολογικών εφαρμογών παρότι τους είχε δοθεί ακριβής επιστημονική εξήγηση (Halverson et al., 2010).

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται ότι η έρευνα για τις αντιλήψεις των μαθητών προσανατολίζεται σε θέματα βιοτεχνολογίας και ηθικής καθώς οι νέες εφαρμογές επηρεάζουν το άτομο και την κοινωνία. Έτσι, από τα 16 άρθρα αυτής της ομάδας που εξετάζει τις αντιλήψεις των μαθητών μόνο τα 6 αφορούν θέματα κλασικής γενετικής και

κληρονομικότητας. Από τις δουλειές των Lewis & Kattmann (2004), και των Venville, Gribble & Donovan, (2005), φαίνεται ότι οι μαθητές εκτίθενται σε έννοιες τις γενετικής προτού τις διδαχτούν στο σχολικό πλαίσιο με αποτέλεσμα να σχηματίζουν εναλλακτικές αντιλήψεις. Από την άλλη πλευρά οι Mthethwa-Kunene, Onwu & de Villiers, (2015), τονίζουν ότι οι εκπαιδευτικοί δε γνωρίζουν τις προηγούμενες γνώσεις των μαθητών τους όταν οργανώνουν το διδακτικό σχεδιασμό και αυτό παρά την πληθώρα των εκπαιδευτικών ερευνών (Gericke & Wahlberg 2013· Williams 2011· Lewis & Kattmann, 2004) σχετικά με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των εκπαιδευόμενων τις τελευταίες δεκαετίες, καταδεικνύοντας την ανάγκη για επικοινωνία μεταξύ της εκπαιδευτικής έρευνας με τη σχολική πραγματικότητα. Παράλληλα, είναι δυνατόν οι εκπαιδευτικοί να συμβάλλουν στο σχηματισμό παρανοήσεων με τη λανθασμένη χρήση της ορολογίας στον προφορικό λόγο (Thorne, Gericke & Hagberg, 2013). Σύμφωνα με τα παραπάνω, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη η ανάπτυξη εργαλείων για την ανάδειξη της πρότερης γνώσης των μαθητών (Duncan et al., 2011· Witzig et al., 2014).

Επιπλέον, ενώ οι εκπαιδευτικοί συνήθως κατά το σχεδιασμό της διδασκαλίας τους δε συμπεριλαμβάνουν πειράματα (Mthethwa-Kunene, Onwu & de Villiers, 2015), οι Shegog et al. (2012) και οι Gelbart, Brill & Yarden (2009), αντιπροτείνουν τη χρήση μοντέλων διαδικτυακής προσομοίωσης του εργαστηριακού περιβάλλοντος και τη διενέργεια πειραματικών διαδικασιών αποφεύγοντας τις πρακτικές δυσκολίες που υπάρχουν στο ζωντανό εργαστήριο και πυροδοτώντας παράλληλα το ενδιαφέρον των μαθητών για τις Φ.Ε.. Τα μοντέλα προσομοίωσης πειραματικών διαδικασιών δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να εξερευνήσουν και να λύσουν πραγματικά προβλήματα χρησιμοποιώντας εργαλεία ακριβώς όπως οι ερευνητές, προσαρμόζονται στην καθορισμένη διάρκεια της διδασκαλίας, παραλείπουν τη χρήση περίπλοκου και δαπανηρού εξοπλισμού εντός του σχολικού εργαστηρίου και δεν εγείρουν ζητήματα ηθικής δεοντολογίας. Από την άλλη πλευρά βέβαια, οι Shegog et al. (2012), διευκρινίζουν ότι η κινητοποίηση των μαθητών παραμένει μια πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς των Φ.Ε. και βασίζεται κυρίως στη ζωντανή αλληλεπίδραση με τους μαθητές τους.

Ένα από τα βασικά προβλήματα στη μάθηση-διδασκαλία της γενετικής είναι η ορολογία, καθώς ο συγκεκριμένος επιστημονικός τομέας είναι πλούσιος σε αυτήν. Ωστόσο, όλοι οι όροι δεν είναι απαραίτητοι για την κατανόηση της γενετικής και οι μαθητές είναι απρόθυμοι στην απομνημόνευση τους (Ζόγκζα, 2009). Από την παρούσα βιβλιογραφική επισκόπηση προκύπτει μια αντίφαση που αφορά τη χρήση της επιστημονική ορολογίας από τους εκπαιδευτικούς κατά τον διδακτικό μετασχηματισμό της βιολογικής γνώσης και τη μεταφορά της στη σχολική διδασκαλία. Οι Thorne, Gericke & Hagberg (2013) και Thorne & Gericke (2014) αναλύοντας γλωσσολογικά τον προφορικό λόγο των εκπαιδευτικών κατά τη διδασκαλία, εντόπισαν ασάφειες που δημιουργούν παρανοήσεις στους μαθητές. Έτσι, συμπεραίνουν ότι για την καλύτερη κατανόηση των βασικών βιολογικών εννοιών από τους μαθητές είναι σημαντική η σωστή χρήση της γλώσσας και της επιστημονικής ορολογίας από τους εκπαιδευτικούς. Ωστόσο, οι France et al. (2012), για να ξεπεραστούν οι επικοινωνιακοί φραγμοί μεταξύ εκπαιδευτικών και εκπαιδευόμενων προτείνουν την αποφυγή βιολογικών όρων και την εστίαση στην περιγραφή των βιολογικών λειτουργιών και μηχανισμών.

Τα Δ.Ε. σύμφωνα με τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών, αποτελούν συνήθως την κύρια πηγή του διδακτικού σχεδιασμού, επηρεάζοντας τη δομή και την κατεύθυνση που ακολουθούν τα μαθήματα των Φ.Ε. Παρότι οι εκπαιδευτικοί δεν είναι ικανοποιημένοι με αυτό, βασίζονται στα σχολικά βιβλία για την ύλη και τον τρόπο που θα διδάξουν. Η υψηλή ποιότητα των Δ.Ε. μπορεί να βελτιώσει καταλυτικά τη μάθηση μαθητών και εκπαιδευτικών. Αντίθετα αν η παρουσίαση των επιστημονικών ιδεών είναι ανεπαρκής τότε οι εναλλακτικές αντιλήψεις εμμένουν (Morris et al., 2015· Roseman, Stern & Koppal, 2010).

Εν κατακλείδι, η έρευνα που επισκοπήσαμε φαίνεται να ασχολείται, αν και όχι ισοβαρώς, με πολλαπλές πλευρές της εκπαιδευτικής πραγματικότητας για τη γενετική και τη βιοτεχνολογία, πράγμα που μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμο για τους εκπαιδευτικούς της πράξης. Παρά ταύτα η επικοινωνία μεταξύ εκπαιδευτικής έρευνας και εκπαιδευτικής πράξης παραμένει ζητούμενο και αποτελεί κρίσιμο θέμα σε επιστημονικούς κλάδους με ταχύτατη εξέλιξη όπως είναι η σύγχρονη γενετική και οι σχετιζόμενες τεχνολογίες.

## Αναφορές

- Banet, E., & Ayuso, E. (2000). Teaching genetics at secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, 84(3), 313.
- Banet, E., & Ayuso, G. E. (2003). Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *International Journal of Science Education*, 25, 373-407.
- Casanoves, M., González, A., Salvadó, Z., Haro, J., & Novo, M. (2015). Knowledge and attitudes towards biotechnology of elementary education preservice teachers: The first Spanish experience. *International Journal of Science Education*, 37(17), 2923-2941.
- Castéra, J., Bruguère, C., & Clément, P. (2008). Genetic diseases and genetic determinism models in French secondary school biology textbooks. *Journal of Biological Education*, 42(2), 53-60.
- Chiappetta, E. L., & Fillman, D. A. (2007). Analysis of five high school biology textbooks used in the United States for inclusion of the Nature of Science. *International Journal of Science Education*, 29(15), 1847-1868.
- Črne-Hladnik, H., Hladnik, A., Javornik, B., Košmelj, K., & Peklaj, C. (2012). Is judgement of biotechnological ethical aspects related to high school students' knowledge? *International Journal of Science Education*, 34(8), 1277-1296.
- Dairianathan, A., & Subramaniam, R. (2011). Learning about inheritance in an out-of-school setting. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1079-1108.
- Dauer, J. T., Momsen, J. L., Speth, E. B., Makohon-Moore, S. C., & Long, T. M. (2013). Analyzing change in students' gene-to-evolution models in college-level introductory biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(6), 639-659.
- Dawson, V. (2007). An exploration of high school (12-17 Year Old) students' understandings of, and attitudes towards biotechnology processes. *Research in Science Education*, 37(1), 59-73.
- Duncan, R. G., & Reiser, B. J. (2007). Reasoning across ontologically distinct levels: Students' understandings of molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 938-959.
- Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understandings of modern genetics across the 5th-10th grades. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 655-674.
- Duncan, R. G., Freidenreich, H. B., Chinn, C. A., & Bausch, A. (2011). Promoting middle school students' understandings of molecular genetics. *Research in Science Education*, 41(2), 147-167.
- Elmesky, R. (2013). Building capacity in understanding foundational biology concepts: A K-12 learning progression in genetics informed by research on children's thinking and learning. *Research in Science Education*, 43(3), 1155-1175.
- Fonseca, M. J., Costa, P., Lencastre, L., & Tavares, F. (2012). Multidimensional analysis of high-school students' perceptions about biotechnology. *Journal of Biological Education*, 46(3), 129-139.
- France, B., Mora, H. A., Bay, J. L., & Perspectives, C. (2012). Changing perspectives: Exploring a pedagogy to examine other perspectives about stem cell research. *International Journal of Science Education*, 34(5), 803-824.
- Friedrichsen, P. J., Abell, S. K., Pareja, E. M., Brown, P. L., Lankford, D. M., & Volkmann, M. J. (2009). Does teaching experience matter? Examining biology teachers' prior knowledge for teaching in an alternative certification program. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(4), 357-383.
- Freidenreich, H. B., Duncan, R. G., & Shea, N. (2011). Exploring middle school students' understanding of three conceptual models in genetics. *International Journal of Science Education*, 33(17), 1-27.
- Gelbart, H., Brill, G., & Yarden, A. (2009). The impact of a web-based research simulation in bioinformatics on students' understanding of genetics. *Research in Science Education*, 39(5), 725-751.
- Gelbart, H., & Yarden, A. (2011). Supporting learning of high-school genetics using authentic research practices: the teacher's role. *Journal of Biological Education*, 45(3), 129-135.
- Gericke, N., Hagberg, M., & Jorde, D. (2013). Upper secondary students' understanding of the use of multiple models in biology textbooks-the importance of conceptual variation and incommensurability. *Research in Science Education*, 43(2), 755-780.
- Gericke, N., & Wahlberg, S. (2013). Clusters of concepts in molecular genetics: A study of Swedish upper secondary science students understanding. *Journal of Biological Education*, 47(2), 73-83.
- Hart, C. (1998). *Doing a Literature Review*. Great Britain: Cromwell Press Ltd.

- Halverson, K. L., Freyermuth, S. K., Siegel, M. A., Clark, C. G. (2010). What undergraduates misunderstand about stem what undergraduates misunderstand about stem cell research. *International Journal of Science Education*, 32(13), 2253-2272.
- Jacobs-McDaniels, N. L., Maine, E. M., Craig Albertson, R., & Wiles, J. R. (2013). Using model organisms in an undergraduate laboratory to link genotype, phenotype, and the environment. *Journal of Biological Education*, 47(1), 52-59.
- Jimenez-Aleixandre, M. P., Rodriguez, A. B., & Duschl, R. A. (2000). "Doing the Lesson" or "Doing Science": Argument in high school genetics. *Science Education*, 84(6), 757-792.
- Kidman, G. (2010). What is an "Interesting Curriculum" for biotechnology education? Students and teachers opposing views. *Research in Science Education*, 40(3), 353-373.
- Klop, T., & Severiens, S. (2007). An exploration of attitudes towards modern biotechnology: A study among Dutch secondary school students. *International Journal of Science Education*, 29(5), 663-679.
- Klop, T., Severiens, S. E., Knippels, M. P. J., van Mil, M. H. W., & Ten Dam, G. T. M. (2010). Effects of a science education module on attitudes towards modern biotechnology of secondary school students. *International Journal of Science Education*, 32(9), 1127-1150.
- Lewis, J., & Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26(2), 195-206.
- Lindahl, M. G., & Linder, C. (2011). Students' ontological security and agency in science education – An example from reasoning about the use of gene technology. *International Journal of Science Education*, 35(14), 1-32.
- Lysaght, T., Rosenberger, P. J., & Kerridge, I. (2006). Australian undergraduate biotechnology student attitudes towards the teaching of ethics. *International Journal of Science Education*, 28, 1225-1239.
- Martínez-Gracia, M. V., Gil-Quílez, M. J., & Osada, J. (2003). Genetic engineering: a matter that requires further refinement in Spanish secondary school textbooks. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1148-1168.
- Martínez-Gracia, M. V., Gil-Quílez, M. J., & Osada, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological Education*, 40(2), 53-62.
- Morris, B. J., Masnick, A. M., Baker, K., & Junglen, A. (2015). An Analysis of data activities and instructional supports in middle school science textbooks. *International Journal of Science Education*, 37(16), 2708-2720.
- Mthethwa-Kunene, E., Onwu, G. O., & de Villiers, R. (2015). Exploring Biology teachers' pedagogical content knowledge in the teaching of genetics in Swaziland science classrooms. *International Journal of Science Education*, 37(7), 1140-1165.
- Rebello, C. M., Siegel, M. A., Witzig, S. B., Freyermuth, S. K., & McClure, B. A. (2012). Epistemic beliefs and conceptual understanding in biotechnology: A case study. *Research in Science Education*, 42(2), 353-371.
- Roseman, J. E., Stern, L., & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 47(1), 47-70.
- Rotbain, Y., Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2006). Effect of bead and illustrations models on high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(5), 500-529.
- Saèz, M. J., Nino, A. G., & Carretero, A. (2008). Matching society values: Students' views of biotechnology. *International Journal of Science Education*, 30(2), 167-183.
- Sesli, E., & Kara, Y. (2012). Development and application of a two-tier multiple-choice diagnostic test for high school students' understanding of cell division and reproduction. *Journal of Biological Education*, 46(4), 1-12.
- Shegog, R., Lazarus, M. M., Murray, N. G., Diamond, P. M., Sessions, N., & Zsigmond, E. (2012). Virtual transgenics: Using a molecular biology simulation to impact student academic achievement and attitudes. *Research in Science Education*, 42(5), 875-890.
- Simonneaux, L., & Chouchane, H. (2011). The reasoned arguments of a group of future biotechnology technicians on a controversial socio-scientific issue: human gene therapy. *Journal of Biological Education*, 45(3), 150-157.
- Steele, F., & Aubusson, P. (2004). The challenge in teaching biotechnology. *Research in Science Education*, 34(4), 365-387.
- Thorne, K., Gericke, N. M., & Hagberg, M. (2013). Linguistic challenges in Mendelian genetics: Teachers' talk in action. *Science Education*, 97(5), 695-722.
- Thorne, K., & Gericke, N. (2014). Teaching genetics in secondary classrooms: A linguistic analysis of teachers' talk about proteins. *Research in Science Education*, 44(1), 81-108.
- Todd, A., & Kenyon, L. (2016). Empirical refinements of a molecular genetics learning progression: The molecular constructs. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(9), 1385-1418.
- Venville, G., Gribble, S. J., & Donovan, J. (2005). An exploration of young children's understandings of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. *Science Education*, 89(4), 614-633.
- Wahbeh, N., & Abd-El-Khalick, F. (2013). Revisiting the translation of nature of science understandings into instructional practice: Teachers' nature of science pedagogical content knowledge. *International Journal of Science Education*, 36(3), 425-466.
- Watson D. J., Caudy A. A., Myers M. R., & Witkowski A. J. (2007). Ανασυνδρασμένο DNA, Γονίδια και γονιδιώματα: Μια συνολική παρουσίαση (σ. 483-484). Ακαδημαϊκές Εκδόσεις (Μετάφραση: Β. Βακάκη).
- Williams, M., DeBarger, A. H., Montgomery, B. L., Zhou, X., & Tate, E. (2011). Exploring middle school students' conceptions of the relationship between genetic inheritance and cell division. *Science Education*, 96(1), 78-103.

- Witzig, S. B., Rebello, C. M., Siegel, M. A., Freyermuth, S. K., Izci, K., & McClure, B. (2014). Building the BIKE: Development and testing of the Biotechnology Instrument for Knowledge Elicitation (BIKE). *Research in Science Education*, 44(5), 675–698.
- Zande, P. Van Der, Waarlo, A. J., Brekelmans, M., Sanne, F., & Vermunt, J. D. (2011). A knowledge base for teaching biology situated in the context of genetic testing a knowledge base for teaching biology situated in the context of genetic testing. *International Journal of Science Education*, 33(15), 2037-2067.
- Ζόγκτζα, Β. (2009). *Θέματα διδακτικής της βιολογίας: Διδασκαλία και μάθηση βιολογικών εννοιών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση* (σ. 275-276). Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Χαλκιά, Κ. (2011). *Σημειώσεις του μαθήματος Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Α' Τόμος, σ. 11-18)*. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Αναφορά στο άρθρο ως: Χρηστίδου, Α., & Παπαδοπούλου, Π. (2016). Σύγχρονες τάσεις της εκπαιδευτικής έρευνας για τα πεδία της γενετικής και της βιοτεχνολογίας: Μια βιβλιογραφική επισκόπηση. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 9(3), 123-136.

<http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete>