

## Διερεύνηση της κατανόησης της έννοιας της ενέργειας από μαθητές/τριες Γυμνασίου

**Μήτρακας Νικόλαος**

MSc, Φυσικός, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση  
nmitr11@gmail.com

**Τσιχουρίδης Χαρίλαος**

Επίκουρος Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Πατρών  
hatsihour@upatras.gr

### Περίληψη

Η έννοια της ενέργειας είναι βασική στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) διότι επιτρέπει την πρόβλεψη φαινομένων που εξετάζονται από τις Φ.Ε, ενώ ταυτόχρονα θεμελιώδη θέματα της Φυσικής και της Χημείας βασίζονται πάνω σε αυτή όπως ο ηλεκτρισμός, οι θερμικές μηχανές, η ατομική δομή, ο χημικός δεσμός κ.α. Ωστόσο μεγάλη δυσκολία παρατηρείται στην κατανόηση τους από τους μαθητές λόγω των εναλλακτικών αντιλήψεων τους καθιστώντας δύσκολη την αποτελεσματική μαθησιακή διαδικασία. Στόχος αυτής της έρευνας είναι η ανίχνευση των διαφορετικών αντιλήψεων που έχουν οι μαθητές Γυμνασίου με τη βοήθεια ερωτηματολογίου και ομάδας εστίασης. Τα αποτελέσματα καταδεικνύουν προβλήματα ταύτισης της έννοιας της ενέργειας με άλλες έννοιες της φυσικής. Ένα βασικό συμπέρασμα της έρευνας είναι ότι οι μαθητές συγχέουν την έννοια της ενέργειας με άλλες έννοιες της φυσικής, και παρά το γεγονός ότι το πρόβλημα αυτό έχει αναφερθεί σε πολυάριθμες έρευνες με την πάροδο των ετών η κατάσταση αυτή παραμένει στάσιμη εδώ και δεκαετίες.

**Λέξεις κλειδιά:** Εναλλακτικές ιδέες, φυσικές επιστήμες, ενέργεια

### Εισαγωγή

Η ενέργεια είναι μια θεμελιώδης έννοια της φυσικής που επιτρέπει την εξήγηση και την πρόβλεψη των φαινομένων σε κάθε τομέα της φυσικής. Βρίσκεται επίσης στον πυρήνα των κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων που σχετίζονται με την εκμετάλλευση των φυσικών πόρων και των συνεπαγόμενων επιπτώσεων στο περιβάλλον και τον άνθρωπο. Αυτό μπορεί να εξηγήσει γιατί η διδασκαλία της ενέργειας έχει γίνει κύριο μέλημα των προγραμμάτων σπουδών της επιστήμης σε πολλές χώρες (Eisenkraft et al., 2014; Lee & Liu, 2010). Για παράδειγμα, στις Ηνωμένες Πολιτείες, λαμβάνεται υπόψη η ενέργεια ως μια «μεγάλη ιδέα» που πρέπει να διδαχθεί στο σχολείο (National Research Council, 1996, σελ. 115), ή με άλλα λόγια μια «διάθεματική έννοια» που βοηθά στην «οργάνωση» των «πειθαρχικών βασικών ιδεών».

Παρ' όλα αυτά, ο τρόπος διδασκαλίας της ενέργειας δεν είναι καθόλου προφανής. Έχει ταλαιπωρήσει πολλούς ερευνητές στην επιστημονική εκπαίδευση τουλάχιστον από τη δεκαετία του 1980 και έχει δημιουργήσει διάφορες (περιστασιακά ανταγωνιστικές) στρατηγικές διδασκαλίας (για ανασκόπηση, βλ. Millar, 2005, Doménech et al., 2007, Bächtold & Guedj, 2014). Το πώς να διδαχθεί η ενέργεια είναι μια περίπλοκη ερώτηση. Πράγματι, για διάφορους λόγους, αυτή η έννοια είναι πολύ δύσκολη για τους μαθητές να την κατανοήσουν και να την εφαρμόσουν με ακριβή τρόπο. Πρώτον, η ενέργεια είναι μία από τις πιο αφηρημένες έννοιες της φυσικής (Millar, 2005; Warren, 1982). Πράγματι, αυτή η ποσότητα δεν σχετίζεται με ένα συγκεκριμένο φαινόμενο αλλά μπορεί να εξηγήσει μια ολόκληρη σειρά φαινομένων σε όλους τους κλάδους της φυσικής. Οι μαθητές τείνουν αρχικά να αναπτύσσουν λανθασμένες αντιλήψεις για την ενέργεια, για παράδειγμα, θεωρώντας αυτή την ποσότητα ως ρευστό (Duit, 1984; Gilbert & Pope, 1986; Trumper, 1993; Watts, 1983). Οι

εκπαιδευτικοί αναμένεται να τους βοηθήσουν να ξεπεράσουν αυτές τις αρχικές αντιλήψεις και να δημιουργήσουν μια επιστημονική αναπαράσταση της ενέργειας. Ωστόσο, δεν είναι προφανές πώς πρέπει να μοιάζει αυτή η αναπαράσταση: αν και υπάρχει διαθέσιμος ορισμός της ενέργειας ως ικανότητας ενός συστήματος να εκτελεί εργασίες ή αλλαγές (Rankine, 1855), αυτός ο ορισμός παραμένει αμφισβητούμενος (σε αυτό το σημείο, βλ. Bächtold, 2018), και η ενέργεια περιστασιακά ορίζεται απλώς ως διατηρημένη ποσότητα (Feynman, 1963). Δεύτερον, αυτή η ποσότητα είναι ενσωματωμένη σε ένα πολύπλοκο εννοιολογικό δίκτυο: αφενός, πρέπει να γίνει διάκριση μεταξύ των πηγών, των μορφών και των τρόπων μεταφοράς ενέργειας. Από την άλλη πλευρά, η ενέργεια πρέπει να διακρίνεται από άλλα στενά συνδεδεμένα μεγέθη όπως η δύναμη, η θερμοκρασία, η ισχύς και η εντροπία. Από αυτή την άποψη, οι μαθητές έχουν συχνά σύγχυση. Για παράδειγμα, το έργο και η θερμότητα συχνά μπερδεύονται ως μορφές ενέργειας (Cotignola, Bordogna, Punte, & Carrannini, 2002; Jewett, 2008a) όπως η δύναμη και η ενέργεια που συγχέονται συχνά (Trellu & Toussaint, 1986; Watts, 1983), αλλά και η θερμότητα με τη θερμοκρασία (Harrison, Grayson, & Treagust, 1999; Lewis & Linn, 1994). Τρίτον, η κατανόηση της αρχής διατήρησης της ενέργειας απαιτεί πολλές δεξιότητες. Συγκεκριμένα, πρέπει να γίνει πλήρης κατανόηση των εννοιών της μετατροπής, της μεταφοράς και της κατανάλωσης της ενέργειας και για κάθε κατάσταση ο προσδιορισμός του σχετικού «συστήματος» και του πώς αλληλεπιδρά με το «περιβάλλον» του. Για το λόγο αυτό, πολλοί συγγραφείς θεωρούν ότι η «κατοχή» της αρχής διατήρησης ενέργειας είναι το «τελικό σημείο» ή ο «γενικός στόχος» της «μαθησιακής προόδου» για την ενέργεια (Colonnese, Heron, Michelini, Santi, & Stefanel, 2012; Duit, 2014; Herrmann-Abell & DeBoer, 2018; Lacy, Tobin, Wiser, & Crissman, 2014; Lee & Liu, 2010; Neumann, Viering, Boone, & Fischer, 2013; Nordine, Krajcik, & Fortus, 2011). Για τον ίδιο λόγο, μόνο μια μειοψηφία μαθητών στο τέλος του λυκείου είναι σε θέση να εφαρμόσει αυτήν την αρχή με ακρίβεια (Driver & Warrington, 1985; Duit, 1981; Neumann et al., 2013; Solomon, 1985; Trumper, 1990)

Η παροχή βοήθειας στους μαθητές ώστε να αποκτήσουν επιστημονική γνώση σχετικά με την έννοια της ενέργειας δεν είναι το μόνο εκπαιδευτικό μέλημα που σχετίζεται με αυτήν την έννοια. Ένα άλλο μέλημα είναι να προετοιμαστούν ώστε να είναι μελλοντικοί πολίτες που θα μπορούν να συμμετέχουν σε συζητήσεις και αποφάσεις στο πλαίσιο κοινωνικο-επιστημονικών θεμάτων που σχετίζονται με την ενέργεια (Doménech et al., 2007; Vince & Tiberghien, 2012). Ωστόσο, το πώς να εξεταστεί η ενέργεια σε καθένα από αυτά τα δύο επίπεδα είναι αρκετά διαφορετικό: στη φυσική, η ενέργεια περιγράφεται ως ιδιότητα ενός συστήματος και ως διατηρούμενη ποσότητα ενώ στο πλαίσιο των κοινωνικο-επιστημονικών συζητήσεων σχετικά με την ενέργεια, η ποσότητα αυτή αντιμετωπίζεται σαν να ήταν ένα φυσικό μέγεθος που θα μπορούσε να παραχθεί, να αποθηκευτεί ή να καταναλωθεί. Κατά συνέπεια, οι μαθητές πρέπει να αντιμετωπίσουν δύο διαφορετικούς τρόπους σκέψης με την έννοια, κάτι που μπορεί να εισάγει μια άλλη δυσκολία και πολυπλοκότητα στην κατανόηση των επιστημονικών χαρακτηριστικών της. (Bächtold & Munier, 2014; Bächtold, Munier, Guedj, Lerouge, & Ranquet, 2014 · Lijnse, 1990 · Solomon, 1983).

### **Μεθοδολογία**

#### *Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα*

Σκοπός της έρευνας είναι να διερευνηθεί ο βαθμός κατανόησης της έννοιας της ενέργειας από μαθητές της Β΄ Γυμνασίου καθώς επίσης και να ανιχνευθούν και τυχόν εναλλακτικές τους ιδέες και αν αυτές διαφοροποιούνται ως προς το φύλο των συμμετεχόντων. Πιο συγκεκριμένα η έρευνα επικεντρώνεται στον βαθμό κατανόησης και στις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών/τριών στα πεδία που αφορούν την έννοια της ενέργειας και ιδιαίτερα στις πηγές ενέργειας, στις μορφές ενέργειας, στην μετατροπή της ενέργειας σε διάφορες μορφές, στην μεταφορά της ενέργειας από σύστημα/σώμα σε σύστημα/σώμα, στην μηχανική και θερμική ενέργεια.

Το βασικό διερευνητικό ερώτημα που προκύπτει από τα ανωτέρω στοχεύει στο κατά πόσο οι μαθητές/τριες κατανοούν την έννοια της ενέργειας (πηγές, μορφές, μετατροπές, μεταφορά, μηχανική, θερμική), στην καταγραφή τυχόν εναλλακτικών ιδεών καθώς επίσης και αν υπάρχει διαφοροποίησή τους ως προς το φύλο και μπορεί να διατυπωθεί ως εξής: Οι μαθητές και οι μαθήτριες κατανοούν το ίδιο την έννοια και τις πτυχές της ενέργειας; Έχουν παρόμοιες εναλλακτικές ιδέες ως προς την έννοια της ενέργειας;

#### *Το Δείγμα*

Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 50 μαθητές διαφορετικών τμημάτων Γυμνασίου της Κοζάνης. Η μέθοδος δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα είναι η δειγματοληψία κατά κριτήρια (δειγματοληψία αναλογίας ή ποσοστιαία), όπου ο ερευνητής επέλεξε ένα προκαθορισμένο αριθμό ανά φύλο συμμετεχόντων με δειγματοληψία ευκολίας για να αυξήσει την αντικειμενικότητα. Συγκεκριμένα επιλέχθηκαν με δειγματοληψία ευκολίας 25 αγόρια και 25 κορίτσια από 5 τμήματα του Γυμνασίου (10 συμμετέχοντες από κάθε τμήμα).

#### *Το προφίλ της έρευνας*

Η έρευνα διεξήχθη με την προσέγγιση της ποσοτικής ανάλυσης δεδομένων. Κατά την ποσοτική προσέγγιση της έρευνας, δόθηκε στους μαθητές ένα ερωτηματολόγιο το οποίο ήταν δομημένο ειδικά για την παρούσα έρευνα. Στη σύνταξη του ερωτηματολογίου, χρησιμοποιήθηκαν σαφείς ερωτήσεις κλειστού τύπου, έγινε χρήση απλής γλώσσας, και υπήρξαν κατάλληλες επεξηγήσεις όπου ήταν απαραίτητο. Οι ερωτήσεις των ερωτηματολογίων είναι κλειστού αλλά και ανοικτού τύπου. Οι ερωτήσεις ανοικτού τύπου ήταν σχεδιασμένες έτσι ώστε να διευκολύνουν τους ερωτώμενους να αναπτύξουν τις απόψεις τους για συγκεκριμένα θέματα ενέργειας. Για λόγους τόσο δομικής εγκυρότητας και εγκυρότητας περιεχομένου, τόσο των ερωτήσεων της ομάδας εστίασης όσο και των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου δοκιμάστηκαν σε πιλοτική φάση με τέσσερις μαθητές για την ομάδα εστίασης, και οκτώ μαθητές για το ερωτηματολόγιο αντίστοιχα. Τα δεδομένα που ελήφθησαν χρησιμοποιήθηκαν για την τροποποίηση, και την αναδιάρθρωση των τελικών εκδόσεων των δύο ερευνητικών εργαλείων.

Σύμφωνα με αποτελέσματα της πιλοτικής φάσης και με διεξοδική ανάλυση και των σχολίων των ίδιων των μαθητών από τις συνεντεύξεις, οι ερωτήσεις του ερωτηματολογίου ήταν πλήρως κατανοητές στην συντριπτική τους πλειοψηφία, ενώ ορισμένα ερωτήματα, στα οποία οι μαθητές χρειάστηκαν εξηγήσεις, αυτές αφορούσαν κυρίως στην κατανόηση της ελληνικής γλώσσας. Επίσης λαμβάνοντας υπόψη και τον δείκτη  $r_{bis}$  (biserial coefficient of correlation) που προέκυψε από την ανάλυση του ερωτηματολογίου των απαντήσεων των μαθητών της πιλοτικής φάσης καταλήξαμε τελικά ότι 26 ερωτήσεις (items) του ερωτηματολογίου (όπως τροποποιήθηκαν) δεν παρουσιάζουν ασαφή διατύπωσή του ή δεν επιδέχονται διφορούμενες απαντήσεις ή και είναι εντός γνωστικού πεδίου των μαθητών, ενώ οι υπόλοιπες 4 αφαιρέθηκαν από το τελικό ερωτηματολόγιο.

Η εσωτερική αξιοπιστία του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε ελέγχθηκε με τον συντελεστή εσωτερικής συνέπειας Cronbach alpha ( $\alpha = 0,702$ ).

#### **Reliability Statistics**

Cronbach's Alpha	N of Items
,702	26

Για λόγους δεοντολογίας, οι συμμετέχοντες ενημερώθηκαν πλήρως και διεξοδικά για τον σκοπό και τους στόχους της έρευνας και τους διευκρινίστηκε ότι η συμμετοχή τους είναι εθελοντική. Τους τονίστηκε επίσης ότι τόσο η ομάδα εστίασης όσο και τα ερωτηματολόγια ήταν ανώνυμα και ότι δεν θα γινόταν καμία αναφορά στα προσωπικά τους δεδομένα καθώς αυτό θα ήταν αντιδεοντολογικό. Επίσης, όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν τις απαραίτητες

διευκρινίσεις και εξηγήσεις όπου και όταν ήταν απαραίτητο, για να αποφευχθούν τυχόν ασάφειες σχετικά με τις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου, και των ερωτήσεων της ομάδας εστίασης. Ο χρόνος ολοκλήρωσης εκτιμήθηκε μεταξύ 25-30 λεπτών. Οι οδηγίες για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου ήταν διαθέσιμες στην αρχή κάθε ερωτηματολογίου. Τέλος, τα δεδομένα που προέκυψαν από τη συζήτηση με την ομάδα εστίαση αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ανάλυσης περιεχομένου ενώ τα ποσοτικά δεδομένα που ελήφθησαν από τη χρήση των ερωτηματολογίων αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο ηλικίας SPSS. Τέλος, και πριν την πραγματοποίηση της έρευνας ζητήθηκε η άδεια υλοποίησής της τόσο από το σχολείο όσο και από τους εκπαιδευτικούς των τάξεων των μαθητών.

#### **Διαδικασία**

Η έρευνα διεξήχθη σε τρεις κυρίως φάσεις. Αναλυτικότερα:

1η φάση: Αρχικά σχεδιάστηκαν τα ερωτηματολόγια και οι ερωτήσεις της ομάδας εστίασης και κατόπιν, στην πιλοτική φάση, δόθηκαν στις αντίστοιχες ομάδες των μαθητών. Τα αποτελέσματα των απαντήσεων των μαθητών βοήθησαν στην βελτίωση και αναπροσαρμογή κάποιων ερωτήσεων.

2η φάση: Τα ερωτηματολόγια δόθηκαν στους συμμετέχοντες μαθητές της έρευνας για να απαντηθούν αφού πρώτα τους εξηγήθηκε το περιεχόμενό τους και ο σκοπός της έρευνας

3η φάση: Οι ερευνητές ολοκλήρωσαν την έρευνά τους υλοποιώντας τη συζήτηση με την ομάδα εστίασης των μαθητών για τα ζητούμενα της έρευνας

#### **Αποτελέσματα**

##### **Μέθοδος ανάλυσης με τη χρήση του SPSS**

Για τον έλεγχο των στατιστικών υποθέσεων χρησιμοποιείται το στατιστικό πακέτο SPSS. Βασική παράμετρος της όλης διαδικασίας ελέγχου των στατιστικών υποθέσεων είναι η χρήση του κατάλληλου κριτηρίου ελέγχου. Πρέπει να επισημανθεί ότι η χρήση του κατάλληλου κριτηρίου ελέγχου (παραμετρικού ή μη) της ερευνητικής υπόθεσης εξαρτάται κυρίως από το σχέδιο έρευνας, τη δέσμευση του επιπέδου των δεδομένων ή το είδος των κλιμάκων μέτρησης των μεταβλητών. Διευκρινίζεται ότι οι παραμετρικοί στατιστικοί έλεγχοι είναι γενικά περισσότερο ισχυροί ακόμη και αν γίνεται σχετική παραβίαση των προϋποθέσεων που απαιτούνται (κανονική κατανομή πληθυσμού, τυχαία δειγματοληψία, συνεχείς εξαρτημένες μεταβλητές, ίσες διακυμάνσεις των ομάδων σύγκρισης του πληθυσμού ).

##### **Έλεγχος προϋποθέσεων για εφαρμογή παραμετρικού ή μη ελέγχου**

Η τυχαία δειγματοληψία εξασφαλίζεται από τις συνθήκες της έρευνας με τη συμμετοχή όλων των μαθητών των συγκεκριμένων τάξεων, ενώ εξ' ορισμού οι εξαρτημένες μεταβλητές είναι συνεχείς. Ο έλεγχος των προϋποθέσεων για την χρήση παραμετρικού ή μη παραμετρικού ελέγχου απαιτεί τον έλεγχο της κανονικότητας των ομάδων και την ισότητα των διακυμάνσεων.

##### **α) Έλεγχος κανονικότητας ομάδων**

Ο έλεγχος της κανονικότητας γίνεται με το κριτήριο Kolmogorov-Smirnov (K-S). Το κριτήριο αυτό ελέγχει τη μηδενική υπόθεση  $H_0$ : Η μορφή της κατανομής των δεδομένων δεν διαφέρει από την κανονική (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1:** Τα αποτελέσματα του κριτηρίου Kolmogorov-Smirnov για τις μεταβλητές της έρευνας

<b>One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test</b>							
	ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΕΠΙΔΟΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ
ΑΓΟΡΙΑ (Kolmogorov- Smirnov Z)	0,278	0,202	0,211	0,346	0,245	0,247	0,144
ΑΓΟΡΙΑ (Asymp. Sig. (2-tailed))	<0,001	0,008	0,004	<0,001	<0,001	<0,001	0,173
ΚΟΡΙΤΣΙΑ (Kolmogorov- Smirnov Z)	0,227	0,312	0,263	0,250	0,450	0,196	0,128
ΚΟΡΙΤΣΙΑ (Asymp. Sig. (2-tailed))	0,002	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,018	0,200

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του τεστ K-S: α) η επίδοση της ομάδας των αγοριών στα πεδία έρευνας της ενέργειας δεν σχηματίζει κανονική κατανομή ( $p < 0,05$ ), αλλά οι επιδόσεις τους στη συνολική αποτίμηση της έννοιας της ενέργειας παρουσιάζει κανονική κατανομή [ $D(25) = 0,144$ ,  $p = 0,173$ ], β) η επίδοση της ομάδας των κοριτσιών στα πεδία έρευνας της ενέργειας δεν σχηματίζει κανονική κατανομή ( $p < 0,05$ ), αλλά οι επιδόσεις τους στη συνολική αποτίμηση της έννοιας της ενέργειας παρουσιάζει κανονική κατανομή [ $D(25) = 0,128$ ,  $p = 0,200$ ]. Με βάση τα ανωτέρω δεν πληρείται η συνθήκη κανονικότητας των ομάδων ως προς τις επιδόσεις τους στα διάφορα πεδία της ενέργειας (ο δείκτης σημαντικότητας είναι  $< 0,05$ ) εκτός στην περίπτωση της συνολικής αποτίμησης της ενέργειας και μπορούμε να ισχυριστούμε ότι εν γένει η μηδενική υπόθεση απορρίπτεται και οι κατανομές σε όλες τις ομάδες δεν είναι κανονικές στα διάφορα πεδία της ενέργειας, εκτός της συνολικής επίδοσης.

Επομένως, δεν πληρούνται όλες οι προϋποθέσεις χρήσης παραμετρικών ελέγχων των δεδομένων ως προς τα διάφορα πεδία της ενέργειας οπότε και θα χρησιμοποιηθούν μη παραμετρικά κριτήρια για την επαγωγική ανάλυση των δεδομένων. Το κατάλληλο κριτήριο για την ανάλυση των δεδομένων είναι το μη παραμετρικό κριτήριο (U) Mann-Whitney για την περίπτωση δύο ανεξαρτήτων δειγμάτων (Two independent Samples). Στη περίπτωση της συνολικής επίδοσης ως προς την έννοια της ενέργειας θα χρησιμοποιηθεί το παραμετρικό κριτήριο t test ανεξαρτήτων δειγμάτων (Independent Samples t test).

#### **Έλεγχος – διερεύνηση του γνωστικού επιπέδου των πεδίων της ενέργειας**

Ο έλεγχος μπορεί να γίνει με το μη παραμετρικό κριτήριο Mann-Whitney U για ανεξάρτητα δείγματα. Θεωρούμε στην παρούσα περίπτωση την ανεξάρτητη μεταβλητή Φύλο μαθητών με δυο επίπεδα (1: Αγόρι και 2: Κορίτσι) και ως εξαρτημένη μεταβλητή τις απαντήσεις των συμμετεχόντων που αφορούν τα 26 ερωτήματα του εργαλείου της έρευνας. Οι ερευνητικές υποθέσεις διατυπώνονται ως εξής:

**Μηδενική υπόθεση  $H_0$ :** Οι κατανομές των τιμών του παράγοντα  $O_i$  - Επίδοση Μαθητών των πληθυσμών ανά πεδίο ενέργειας από τους οποίους προέρχονται τα δυο δείγματα (Αγόρι – Κορίτσι) είναι ακριβώς ίδιες ( $\mu_{0i} = \mu_{1i}$ )

**Εναλλακτική υπόθεση  $H_1$ :** Οι κατανομές των τιμών του παράγοντα  $O_i$  - Επίδοση Μαθητών των πληθυσμών ανά πεδίο ενέργειας από τους οποίους προέρχονται τα δυο δείγματα (Αγόρι – Κορίτσι) διαφέρουν ως προς το μέσο όρο τους ( $\mu_{0i} \neq \mu_{1i}$ ).

Όπου:

$i=1 \rightarrow$  Πηγές Ενέργειας

- i=2 → Μορφές Ενέργειας
- i=3 → Μετατροπές Ενέργειας
- i=4 → Μεταφορά Ενέργειας
- i=5 → Μηχανική Ενέργεια
- i=6 → Θερμική Ενέργεια

Επειδή δεν επιχειρείται κάποια πρόβλεψη για το ποια ομάδα έχει καλύτερη ή χειρότερη επίδοση διατυπώνουμε μια υπόθεση αμφίπλευρου ελέγχου. Τα αποτελέσματα όπως προκύπτουν από την χρήση του στατιστικού μας πακέτου με τη χρήση του μη παραμετρικού κριτηρίου Mann-Whitney U ανεξαρτήτων δειγμάτων δίνονται στο παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 2:** Επίδραση του παράγοντα Φύλο μαθητή στη μεταβλητή Επίδοση μαθητών ανά πεδίο ενέργειας ( Αποτελέσματα κριτηρίου Mann-Whitney U ανεξαρτήτων δειγμάτων, όπως παρουσιάζεται στο SPSS Viewer )

α/α	Μεταβλητές	Mann-Whitney U	Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
1	ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	204,000	-2,171	0,030
2	ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	258,000	-1,117	0,264
3	ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	310,000	-0,040	0,968
4	ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	306,000	-0,127	0,899
5	ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	308,000	-0,089	0,929
6	ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	300,000	-0,244	0,808

a. Grouping Variable: Φύλο

Από τον ανωτέρω πίνακα διαπιστώνουμε ότι παρουσιάζεται στατιστικώς σημαντικό αποτέλεσμα ( $p < 0,05$ ) μόνο στον παράγοντα (κατηγορία: πεδίο ενέργειας Πηγές Ενέργειας και απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση που υποστηρίζει ότι τα επίπεδα των παραγόντων και στις δύο ομάδες (Αγόρι - Κορίτσι) είναι ίδια. Στους υπόλοιπους παράγοντες α) Μορφές Ενέργειας β) Μετατροπές Ενέργειας, γ) Μεταφορά Ενέργειας, δ) Μηχανική Ενέργεια και ε) Θερμική Ενέργεια δεν παρουσιάζεται στατιστικώς σημαντικό αποτέλεσμα ( $p > 0,05$ ) και επομένως δεν απορρίπτεται η μηδενική υπόθεση που υποστηρίζει ότι τα επίπεδα των παραγόντων και στις δυο ομάδες είναι ίδια

- i=1: Πηγές Ενέργειας  $U(25,25) = 204,000$ ,  $p = 0,030$
- i=2: Μορφές Ενέργειας  $U(25,25) = 258,000$ ,  $p = 0,264$
- i=3: Μετατροπές Ενέργειας  $U(25,25) = 310,000$ ,  $p = 0,968$
- i=4: Μεταφορά Ενέργειας  $U(25,25) = 306,000$ ,  $p = 0,899$
- i=5: Μηχανική Ενέργεια  $U(25,25) = 308,000$ ,  $p = 0,929$
- i=6: Θερμική Ενέργεια  $U(25,25) = 300,000$ ,  $p = 0,808$

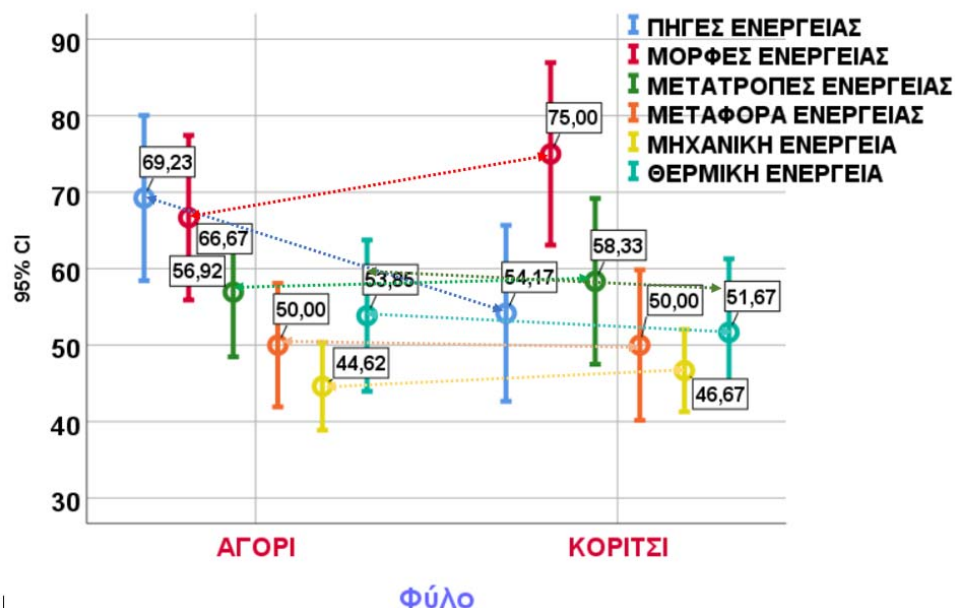
Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των ομάδων ανά πεδίο της έννοιας της ενέργειας μέσω των μέσων ιεραρχήσεων της κάθε ομάδας. Από το λογισμικό SPSS προκύπτει ο παρακάτω πίνακας ιεραρχήσεων.

**Πίνακας 3:** Αποτελέσματα του κριτηρίου Mann-Whitney του μέσου όρου των ιεραρχήσεων της κάθε ομάδας [Mean Rank] και του αθροίσματος των ιεραρχήσεων [Sum of Ranks].

		Ranks		
Κατηγορίες		N	Mean Rank	Sum of Ranks
ΠΗΓΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΓΟΡΙ	25	29,65	771,00
	ΚΟΡΙΤΣΙ	25	21,00	504,00
ΜΟΡΦΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΓΟΡΙ	25	23,42	609,00
	ΚΟΡΙΤΣΙ	25	27,75	666,00
ΜΕΤΑΤΡΟΠΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΓΟΡΙ	25	25,58	665,00
	ΚΟΡΙΤΣΙ	25	25,42	610,00
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ	ΑΓΟΡΙ	25	25,27	657,00
	ΚΟΡΙΤΣΙ	25	25,75	618,00
ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΑΓΟΡΙ	25	25,35	659,00
	ΚΟΡΙΤΣΙ	25	25,67	616,00
ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	ΑΓΟΡΙ	25	25,96	675,00
	ΚΟΡΙΤΣΙ	25	25,00	600,00

Από τη σύγκριση των μέσων ιεραρχήσεων για τους παράγοντες που μας ενδιαφέρουν συμπεραίνουμε ότι υπάρχει ο παράγοντας Πηγές Ενέργειας με σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στο Mean Rank, που είναι στατιστικώς σημαντικές όπως δείχθηκε από τη χρήση του μη παραμετρικού κριτηρίου Mann-Whitney U ανεξαρτήτων δειγμάτων προηγουμένως. Υπάρχουν επίσης και παράγοντες με μη σημαντικές διαφορές μεταξύ τους στο Mean Rank, όπως είναι οι παράγοντες α) Μορφές Ενέργειας β) Μετατροπές Ενέργειας γ) Μεταφορά Ενέργειας, δ) Μηχανική Ενέργεια και ε) Θερμική Ενέργεια που είναι στατιστικώς μη σημαντικές, όπως δείχθηκε από τη χρήση του μη παραμετρικού κριτηρίου Mann-Whitney U ανεξαρτήτων δειγμάτων προηγουμένως.

Στο ίδιο συμπέρασμα καταλήγουμε χρησιμοποιώντας ένα διάγραμμα (διάγραμμα σφαλμάτων 1) με τα διαστήματα εμπιστοσύνης 95% των μέσων όρων επίδοσης για κάθε ομάδα.



**Διάγραμμα 1:** Διάγραμμα σφαλμάτων για τις συμμετέχουσες ομάδες στην έρευνα στο pre-test

Από το ανωτέρω διάγραμμα μπορούμε να υποστηρίξουμε χωρίς ιδιαίτερους προβληματισμούς ότι υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων στον παράγοντα Πηγές Ενέργειας, καθώς οι αντίστοιχες επικαλύψεις είναι μεγαλύτερες από το μισό του μέσου περιθωρίου σφάλματος ενώ για τους άλλους παράγοντες όχι.

**Έλεγχος – διερεύνηση του γνωστικού επιπέδου της έννοιας της ενέργειας-Γενική εκτίμηση**

Στη περίπτωση της συνολικής επίδοσης ως προς την έννοια της ενέργειας όπως αναφέρθηκε προηγουμένως θα χρησιμοποιηθεί το παραμετρικό κριτήριο t test ανεξαρτήτων δειγμάτων (Independent Samples t test) αφού ικανοποιούνται χρήσης παραμετρικών κριτηρίων ως προς τη κανονικότητα δεδομένων, την ομοιογένεια διακύμανσης και την κλίμακα μέτρησης της εξαρτημένης μεταβλητής να είναι τουλάχιστον ίσων διαστημάτων. Θεωρούμε στην παρούσα περίπτωση την ανεξάρτητη μεταβλητή Φύλο μαθητών με δυο επίπεδα (1: Αγόρι και 2: Κορίτσι) και ως εξαρτημένη μεταβλητή τις απαντήσεις των συμμετεχόντων που αφορούν και τα 26 ερωτήματα του εργαλείου της έρευνας ως προς τη συνολική αποτίμηση των γνώσεων των συμμετεχόντων για την έννοια της ενέργειας. Οι ερευνητικές υποθέσεις διατυπώνονται ως εξής αφού δεν επιχειρείται κάποια πρόβλεψη για το ποια ομάδα έχει καλύτερη ή χειρότερη επίδοση διατυπώνουμε μια υπόθεση αμφίπλευρου ελέγχου:

**Μηδενική υπόθεση H<sub>0</sub>:** Δεν υπάρχει διαφοροποίηση στη μέση επίδοση ως προς την έννοια της ενέργειας μεταξύ των συμμετεχόντων αγοριών και κοριτσιών.

**Εναλλακτική υπόθεση H<sub>1</sub>:** Υπάρχει διαφοροποίηση στη μέση επίδοση ως προς την έννοια της ενέργειας μεταξύ των συμμετεχόντων αγοριών και κοριτσιών.

Τα αποτελέσματα όπως προκύπτουν από την χρήση του στατιστικού μας πακέτου με τη χρήση του παραμετρικού κριτηρίου t test ανεξαρτήτων δειγμάτων δίνονται στο παρακάτω πίνακα:

**Πίνακας 4:** Βασικοί περιγραφικοί δείκτες της έρευνας

Group Statistics					
	Φύλο	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
<b>ΕΠΙΔΟΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ</b>	ΑΓΟΡΙ	25	55,92	14,72	2,89
	ΚΟΡΙΤΣΙ	25	54,81	14,71	3,00

Ο μέσος όρος της συνολικής επίδοσης των μαθητών ως προς την έννοια της Ενέργειας είναι για τα αγόρια 55,92% ±14,72 ενώ για τα κορίτσια 54,81% ±14,71, τιμές που βρίσκονται πολύ κοντά μεταξύ τους.

**Πίνακας 5:** Αποτελέσματα του κριτηρίου t για ανεξάρτητα δείγματα

Independent Samples Test						
Levene's Test for Equality of Variances			t-test for Equality of Means			
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference
Equal variances assumed	0,134	0,715	0,266	48	0,791	1,11
Equal variances not assumed			0,266	47,688	0,791	1,11

ΕΠΙΔΟΣΗ ΣΥΝΟΛΙΚΗ

Από το πίνακα ελέγχουμε κατά πόσο οι διακυμάνσεις των δυο ομάδων που συγκρίνουμε είναι ίσες. Επειδή Sig. = 0,715 > 0,05 η τιμή F = 0,134 είναι στατιστικώς μη σημαντική και καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι οι διακυμάνσεις των δύο ομάδων που συγκρίνουμε είναι ίσες (ισότητα διακυμάνσεων).



Η στατιστική παρουσίαση του κριτηρίου t test ανεξαρτήτων δειγμάτων είναι:

$$t(48) = 0,266, p = 0,791$$

Επειδή  $p = 0,791 > 0,05$  δεχόμαστε τη μηδενική υπόθεση που υποστηρίζει ότι δεν υπάρχει διαφορά στην επίδοση ως προς την έννοια της ενέργειας ανάλογα με το φύλο των συμμετεχόντων.

### **Συμπεράσματα**

Η διδασκαλία της ενέργειας είναι ένας από τους κύριους στόχους διδασκαλίας των μαθημάτων Φ.Ε. στα σχολεία. Το γεγονός ότι η ενέργεια περιλαμβάνει ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα και αφηρημένες έννοιες καθιστά δύσκολη την κατανόηση της έννοιας της ενέργειας. Για το λόγο αυτό, είναι αναπόφευκτο να αντιμετωπίσουμε διάφορες δυσκολίες κατά την εκπαίδευση ως προς την ενέργεια στα σχολεία.

Η κοινή δυσκολία των μαθητών στην αντίληψη της ενέργειας διαπιστώνεται από την πρώτη κιόλας ερώτηση όπου ζητείται τους μαθητές να καταγράψουν την πρώτη λέξη που έρχεται στο μυαλό ακούγοντας την λέξη Ενέργεια. Μεγάλο ποσοστό των δεν απάντησε ενώ από κάποιους χρησιμοποιήθηκαν παρεμφερείς έννοιες της ενέργειας για τον ορισμό της. Οι μαθητές ταυτίζουν και εκφράζουν συναφείς έννοιες όπως έργο, δύναμη, κίνηση, ώθηση και έλξη ως ενέργεια. Αυτό είναι αποτέλεσμα του ότι οι αφηρημένες έννοιες που σχετίζονται με την έννοια της επίσης αφηρημένης έννοιας της ενέργειας, όπως το έργο, η δύναμη, το σπρώξιμο και το τράβηγμα δεν γίνονται πλήρως αντιληπτές. Επιπλέον, η ενέργεια διδάσκεται μετά από φυσικές έννοιες όπως το έργο και η δύναμη. Η μη σωστή εκμάθηση αυτών των εννοιών καθιστά δύσκολη την εκμάθηση της έννοιας της ενέργειας οπότε οι μαθητές δεν μπορούν να την ορίσουν με σαφήνεια και χρησιμοποιούν τη σχετική έννοια αντί αυτής.

Επίσης οι μαθητές συγχέουν συχνά τις έννοιες της ανανεώσιμης και μη ανανεώσιμης πηγής ενέργειας. Αυτό γίνεται γιατί πιθανότατα οι μαθητές δεν μαθαίνουν αρκετές πληροφορίες για αυτά τα είδη των πηγών από μικρή ηλικία. Παρατηρήθηκε επίσης ότι οι μαθητές πολύ συχνά ταυτίζουν την ενέργεια με την ζωή και τα έμβια όντα. Αυτή είναι η λεγόμενη ανθρωποκεντρική αντίληψη για την ενέργεια όπως περιγράφεται και από τους Gilbert & Pope, όπου η ενέργεια συνδέεται με ανθρώπινα όντα ή αντικείμενα που έχουν ανθρώπινα χαρακτηριστικά. Μεγάλες δυσκολίες εμφανίστηκαν στους μαθητές ως προς την αντίληψη της μετατροπής, της μεταφοράς αλλά και ακόμα της διατήρησης της μηχανικής ενέργειας.

Τα παραπάνω συμπεράσματα έχουν διαπιστωθεί κατά καιρούς από διάφορες έρευνες (Watts 1983, Gilbert & Pope 1986, Trumper 1993, Duit 1993, Rushworth & Wood-Robinson, 2000, Μπουλουξή 2012, Takaoglu 2018). Εξαιρετική εντύπωση προκαλεί ότι παρά την πάροδο των ετών οι αντιλήψεις των μαθητών παραμένουν σταθερές ως προς τη λανθασμένη τους άποψη κάτι που σημαίνει ότι τίθεται κάποιο ζήτημα ως προς τη διδασκαλία της ενέργειας ακόμα και από μικρή ηλικία. Πιθανότατα μεγάλο ρόλο παίζει και η αντίληψη των εκπαιδευτικών ως προς την έννοια της ενέργειας οπότε θα πρέπει να διαφοροποιηθεί με κάποιο τρόπο η διδασκαλία της κάτι που χρήζει ιδιαίτερης και περαιτέρω μελέτης.

### **Βιβλιογραφία**

Bächtold, M. (2018). How should energy be defined throughout schooling? *Research in Science Education*, 48(2), 345–367.

Bächtold, M., & Guedj, M. (2014). Teaching energy informed by the history and epistemology of the concept with implications for teacher education. In M. Matthews (Ed.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (pp. 211–243). Berlin, Heidelberg: Springer

Bächtold, M., & Munier, V. (2014). Enseigner le concept d'énergie en physique et éduquer à l'énergie: rupture ou continuité. *Skholê*, 18(1), 21–29.

Bächtold, M., Munier, V., Guedj, M., Lerouge, A., & Ranquet, A. (2014). Quelle progression dans l'enseignement de l'énergie de l'école au lycée? Une analyse des programmes et des manuels. *Recherches en Didactique des Sciences et des Technologies*, 10, 63–92.

Colonnese, D., Heron, P., Michelini, M., Santi, L., & Stefanel, A. (2012). A vertical pathway for teaching and learning the concept of energy. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 21–50.

Cotignola, M., Bordogna, C., Punte, G., & Cappannini, O. (2002). Difficulties in learning thermodynamic concepts: Are they linked to the historical development of this field? *Science & Education*, 11, 279–291.

Doménech, J.-L., Gil-Pérez, D., Gras-Marti, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J. & Vilches, A. (2007). Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation. *Science & Education*, 16, 43–64.

Doménech, J.-L., Gil-Pérez, D., Gras-Marti, A., Guisasola, J., Martínez-Torregrosa, J., Salinas, J., Vilches, A. (2007). Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation. *Science & Education*, 16, 43–64.

Driver, R., & Warrington, L. (1985). Student's use of the principle of energy conservation in problem situation. *Physics Education*, 5, 171–175.

Duit, R. (1981). Understanding energy as a conserved quantity. *European Journal of Science Education*, 3(3), 291–301.

Duit, R. (1984). Learning the energy concept in school: Empirical results from The Philippines and West Germany. *Physics Education*, 19, 59–66.

Eisenkraft, A., Nordine, J., Chen, R., Fortus, D., Krajcik, J., Neumann, K., & Scheff, A. (2014). Introduction: Why focus on energy instruction? In R. Chen, A., Eisenkraft, D., Fortus, J., Krajcik, K., Neumann, J.C., Nordine, & A., Scheff (Eds.), *Teaching and learning of energy in K-12 education* (pp. 1–11). Cham: Springer.

Feynman, R. (1963). *The Feynman lectures on physics, vol. I. Mainly mechanics, radiation, and heat*. Pasadena, CA: California Institute of Technology.

Gilbert, J., & Pope, M. (1986). Small group discussions about conception in science: A case study. *Research in Science and Technological Education*, 4, 61–76.

Harrison, A., Grayson, D., & Treagust, D. (1999). Investigating a grade 11 student's evolving conceptions of heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 55–87.

Herrmann-Abell, C., & DeBoer, G. (2018). Investigating a learning progression for energy ideas from upper elementary through high school. *Journal of Research in Science Teaching*, 55(1), 68–93.

Lacy, S., Tobin, R. G., Wisner, M., & Crissman, S. (2014). Looking through the energy lens: A proposed teaching progression for energy in grades 3-5. In R. Chen, A., Eisenkraft, D., Fortus, J., Krajcik, K., Neumann, J.C., Nordine, & A., Scheff (Eds.), *Teaching and learning of energy in K-12 education* (pp. 241–265). Cham: Springer.

Lee, H.-S., & Liu, O. (2010). Assessing learning progression of energy concepts across middle school grades: The knowledge integration perspective. *Science Education*, 94(4), 665–688.

Lijnse, P. (1990). Energy between the life-world of pupils and the world of physics. *Science Education*, 74(5), 571–583.

Millar, D. (2005). Teaching about energy. Department of Educational Studies: Research Paper 2005/11. Retrieved from <http://www.york.ac.uk/media/educationalstudies/documents/research/Paper11Teachingaboutenergy.pdf>.

Neumann, K., Viering, T., Boone, W., & Fischer, H. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162–188.

Neumann, K., Viering, T., Boone, W., & Fischer, H. (2013). Towards a learning progression of energy. *Journal of Research in Science Teaching*, 50(2), 162–188.

Nordine, J., Krajcik, J., & Fortus, D. (2011). Transforming energy instruction in middle school to support intergrated understanding and future learning. *Science Education*, 95(4), 670–699.

Solomon, J. (1983). Learning about energy: How pupils think in two domains. *European Journal of Science Education*, 5, 49–59.

Solomon, J. (1985). Teaching the conservation of energy. *Physics Education*, 20, 165–170.

Trellu, J.-L., & Toussaint, J. (1986). La conservation, un grand principe. *Aster*, 2, 43–87.

Trumper, R. (1990). Being constructive: An alternative approach to the teaching of the energy concept, part one. *International Journal of Science Education*, 12(4), 343–354.

Vince, J., & Tiberghien, A. (2012). Enseigner l'énergie en physique à partir de la question sociale du défi énergétique. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 6(1), 89–124.

Warren, J. (1982). The nature of energy. *European Journal of Science Education*, 4(3), 295–297.

Watts, D. (1983). Some alternative views of energy. *Physics Education*, 18, 213–217.

Μπουλουξή, Α., (2012) Οι γνώσεις και οι αντιλήψεις που αποκτούν οι μαθητές για την έννοια «ενέργεια» κατά τη διδασκαλία των μαθημάτων Χημείας, Φυσικής και Βιολογίας

Ρούσσος Π., Λ. Τσαούσης Γ. (2011). Στατιστική στις επιστήμες της Συμπεριφοράς με τη χρήση του SPSS. Εκδόσεις: Τόπος