

Η Συστημική Δυναμική στην Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία Μια διδακτική πρόταση

Ευσταθία Κυροδήμου¹, Γεώργιος Φεσάκης², Ευγενία Φλογαίτη³,

1. Καθηγήτρια Πληροφορικής Α/θμιας Εκπαίδευσης, MSc Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

ekyrodimou@sch.gr

2. Επίκουρος Καθηγητής, ΤΕΠΑΕΣ – Πανεπιστήμιο Αιγαίου

gfsakis@rhodes.aegean.gr

3. Καθηγήτρια, ΤΕΑΠΗ – Πανεπιστήμιο Αθηνών

eflogait@ecd.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Συστημική Δυναμική (System Dynamics) είναι μια υποστηριζόμενη από υπολογιστή (computer-aided) προσέγγιση που προσβλέπει στην μελέτη και κατανόηση του πώς πολύπλοκα συστήματα του κόσμου μας αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Είναι η μεθοδολογία εκείνη που χρησιμοποιείται για την κατανόηση των αλλαγών που διεγείρονται από την αλληλεπίδραση των στοιχείων ενός συστήματος. Στην παρούσα εργασία προσεγγίζουμε την έννοια της Αειφορίας μέσα από τη δυναμική της διάσταση και τις πολύπλοκες σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των οικονομικών, κοινωνικών και των περιβαλλοντικών συνιστωσών της. Η Συστημική Δυναμική με τις προτεινόμενες δραστηριότητες μοντελοποίησης αγγίζει και την Αειφορία στα περιβαλλοντικά προβλήματα από τα οποία αναδύεται. Στο άρθρο παρουσιάζεται μια μελέτη περίπτωσης που σκοπό έχει να αποκαλύψει την αποτελεσματικότητα και την επίδραση της Συστημικής Δυναμικής στην προσπάθεια κατανόησης της έννοιας της αειφορίας.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ: Διδακτική Μεθοδολογία και προτάσεις

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αειφορία, Συστημική Δυναμική, Εκπαίδευση για την Αειφορία, Δραστηριότητες Μοντελοποίησης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τρεις τελευταίες δεκαετίες οι επιστήμονες έχουν αναπτύξει περιβάλλοντα μοντελοποίησης πολύπλοκων συστημάτων ως βασικά επιστημολογικά εργαλεία τα οποία βρίσκουν εφαρμογές και στην εκπαίδευση. Σχετικά πρόσφατα εμφανίστηκαν και μια σειρά από υπολογιστικά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα όπως η StarLogo (Klopfer et al, 1994 & Colella et al, 2001), το Stella (Richmond, 1992) και το Model - It (Jackson et al., 1998) με τα οποία οι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν, να κατασκευάσουν και να κατανοήσουν τα δικά τους πολύπλοκα (complex) δυναμικά συστήματα. Στα προγράμματα σπουδών της πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης η διείσδυση της υπολογιστικής μοντελοποίησης θεωρείται περιορισμένη. Συχνά χρησιμοποιούνται προσομοιώσεις στην εκπαίδευση για να συμμετάσχουν ενεργά οι μαθητές σε δραστηριότητες διερεύνησης και ανακάλυψης. Αντίθετα η μοντελοποίηση, η οποία ανοίγει το “μάυρο κουτί” της προσομοίωσης και

επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να δημιουργούν ή να τροποποιούν τα μοντέλα τους, δεν έχει αξιοποιηθεί ακόμα όσο θα μπορούσε στην διδασκαλία των θετικών επιστημών (Klopfer et al. , 2002). Οι δραστηριότητες μοντελοποίησης μπορούν να συμβάλλουν στην κατανόηση από τους μαθητές πολύπλοκων εννοιών, όπως αυτή της Αειφορίας. Όπως χαρακτηριστικά υποστηρίζει ο Peter Senge (2000), ένας μαθητής όταν εργαστεί επανειλημμένα με διαδικασίες μοντελοποίησης που επιδεικνύουν και ενσωματώνουν διάφορες πραγματικές καταστάσεις, τότε ο μαθητής ενδέχεται να παρατηρήσει τις ίδιες συμπεριφορές και σε άλλα πραγματικά συστήματα της ζωής, εσωτερικεύοντας αυτήν την ιδέα ως μέρος της κανονικής του σκέψης.

Στη παρούσα εργασία προτείνεται μια διδακτική προσέγγιση της Αειφορίας μέσα από δραστηριότητες μοντελοποίησης δυναμικών συστημάτων και λήψης αποφάσεων με το λογισμικό μοντελοποίησης STELLA. Η προτεινόμενη προσέγγιση περιλαμβάνει το σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση μιας σειράς διδακτικών παρεμβάσεων που αφορούν τη μελέτη και κατασκευή μοντέλων οικολογικών προβλημάτων και την προσομοίωση των σχετικών δυναμικών τους συστημάτων ώστε να αναζητηθούν αειφορικές πολιτικές διαχείρισης.

Αρχικά προσεγγίζεται η έννοια της Αειφορίας ως μια δυναμική διαδικασία μέσα από την αλληλοεξαρτώμενη και συν-εξελικτική της διάσταση και αναδεικνύεται η προσφορά της Συστημικής Σκέψης και της Συστημικής Δυναμικής στη μελέτη των πολύπλοκων οικοσυστημάτων. Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα αξιολόγησης της διδακτικής παρέμβασης ενώ τίθενται και ανοικτά ερωτήματα για μελλοντική έρευνα.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΑΕΙΦΟΡΙΑΣ

Τα τελευταία 30 χρόνια η έννοια της αειφορίας έχει κερδίσει σταδιακά ιδιαίτερη σημασία και διαπερνά πλέον το καθημερινό μας λεξιλόγιο και τις κυβερνητικές πολιτικές. Παρά την ευρεία χρήση της όμως, αποτελεί μία ασαφής έννοια, ανοικτή σε ποικίλες ερμηνείες ανάλογα με τις αξίες και τις κουλτούρες των ανθρώπων. Η εκπαίδευση θεωρείται ως μια ουσιαστική στρατηγική που μπορεί να βοηθήσει τους ανθρώπους να κατανοήσουν την έννοια της αειφορίας και να αλλάξει τις συμπεριφορές τους (UNESCO 2005b).

Υπάρχουν πολλοί ορισμοί και διάφορες παρανοήσεις γύρω από την έννοια της αειφορίας. Σύμφωνα με έρευνα του πολιτικού επιστήμονα Dobson, ήδη μέχρι το 1996 είχαν διατυπωθεί τουλάχιστον 300 ορισμοί για την αειφορία και την Αειφόρο Ανάπτυξη (Φλογαΐτη, 2006). Ωστόσο τα τελευταία χρόνια ένας νέος ορισμός έχει αναπτυχθεί από σύγχρονους ερευνητές με τον οποίο ήλπιζαν ότι οι άνθρωποι θα μπορούσαν να ερμηνεύσουν τις περιπτώσεις της αειφορίας στη ζωή τους, επιτρέποντάς τους να σκέφτονται κριτικά και να συμμετέχουν σε συζήτηση σχετικά με αυτή την έννοια. Η Αειφορία, σύμφωνα με αυτόν, αποτελείται από τρεις αλληλένδετες συνιστώσες: την περιβαλλοντική, την κοινωνικο-πολιτιστική και την οικονομική. Αυτές οι συνιστώσες αλληλοεπιδρούν με τρόπους που είναι απρόβλεπτοι και συν-εξελικτικοί προκαλώντας περαιτέρω αλλαγές με απρόβλεπτες εκβάσεις. Η βιωσιμότητα είναι μια δυναμική διαδικασία και όχι ένα τελικό σημείο όταν προσπαθεί να επιλύσει ένα ζήτημα (Birdsall, 2013).

Προσδίδεται έτσι στην έννοια της Αειφορίας μια *δυναμική διάσταση*, η οποία ενσαρκώνει το ιδεώδες της αλλαγής προς την κατεύθυνση να είναι βιώσιμη, όπου θα

πρέπει να υπάρχει μια κριτική αξιολόγηση η οποία θα καθοδηγεί τη συνεχή βελτίωση. Η βιωσιμότητα γίνεται μια συνεχόμενη διαδικασία και όχι μία στατική κατάσταση που έχει τέλος (Pittman, 2004). Η συγκεκριμένη εννοιολογική προσέγγιση υιοθετείται στο πλαίσιο της εργασίας. Οι εκπαιδευόμενοι αναμένεται να βελτιώσουν την εννοιολογική κατανόηση της αειφορίας μέσα από την προσπάθεια εύρεσης βιώσιμων πολιτικών διαχείρισης αυθεντικών οικολογικών προβλημάτων με την βοήθεια μοντελοποίησης των δυναμικών συστημάτων που τα περιγράφουν.

ΣΥΣΤΗΜΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΕΙΦΟΡΙΑ

Η κλασική επιστημονική σκέψη, της αιτιοκρατίας και του αναγωγισμού που δημιούργησαν το πλαίσιο της κλασικής επιστημονικής έρευνας, δεν μπορεί να αντιμετωπίσει την οργανωμένη συμπλοκότητα πολύπλοκων δομών και το επιστημολογικό παράδειγμα εμφανίζει περιορισμούς στο να μπορεί να δώσει ικανοποιητικά συμπεράσματα όταν εφαρμόζεται στη βιολογία και στις επιστήμες της συμπεριφοράς (κοινωνιολογία, ψυχολογία, κ.λ.π.) (Σχίζα, 2006; Forrester, 1996).

Όταν η πολυπλοκότητα αυξάνει, όπως στα κοινωνικά, οικονομικά και τα συστήματα των ζωντανών οργανισμών, οι αιτίες διαπλέκονται, δημιουργούν κυκλικούς ενισχυτικούς μηχανισμούς, παρουσιάζουν υστερήσεις και δεν μπορούν να συσχετιστούν εύκολα με ευδιάκριτα αποτελέσματα (Ασημακόπουλος κ.α, 2005). Οι δυσκολίες αυτές καθιστούν το αιτιοκρατικό γραμμικό επιστημολογικό υπόδειγμα των θετικών επιστημών που κυρίαρχα χρησιμοποιείται στην εκπαίδευση αναποτελεσματικό για την μάθηση εννοιών όπως αυτή της αειφορίας καθώς και για την πρόληψη και αντιμετώπιση αντίστοιχων προβλημάτων. Πεποίθηση των μελετητών είναι ότι απαιτείται μια ολιστική προσέγγιση της πολυπλοκότητας που παρουσιάζουν κάποιες έννοιες και κάποια συστήματα.

Η προσέγγιση αυτή είναι η συστημική ανάλυση η οποία αποτελείται από χρήσιμα εργαλεία διάγνωσης σχεδιασμού και ανάλυσης όπως η Συστημική Σκέψη και η Συστημική Δυναμική. Η Συστημική Δυναμική (ΣΔ) ως μία υποστηριζόμενη από υπολογιστή (computer-aided) προσέγγιση προσβλέπει στην κατανόηση και βελτίωση των συστημάτων (Forrester, 1996).

Η Συστημική Δυναμική δεν είναι βέβαια πρώτη φορά που χρησιμοποιείται στην εκπαίδευση. Για παράδειγμα στο “Adventures in Modeling” (Klopfer et al., 2002) χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό μοντελοποίησης StarLogo για να εισάγει μαθητές και εκπαιδευτικούς σε διαδικασίες σχεδιασμού, δημιουργίας και διερεύνησης μοντέλων πολύπλοκων συστημάτων σε οποιοδήποτε τομέα με θετικά αποτελέσματα. Ειδικότερα στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία αναφέρεται το πρόγραμμα “Dynalearn” και το ομώνυμο λογισμικό του, μια διεθνής συνεργασία οκτώ πανεπιστημίων για την διδασκαλία εννοιών στην Οικολογία και στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Τα αποτελέσματα από την αξιολόγηση των δραστηριοτήτων που έχουν υλοποιηθεί στην εκπαίδευση μέσα από το πρόγραμμα Dynalearn (Souza et al. (a), 2011; Leiba et al., 2012; Souza et al.(b), 2011) κατέδειξαν τις δυνατότητες του συγκεκριμένου λογισμικού: στην ανάπτυξη της συστημικής σκέψης, την απόκτηση επιστημονικών δεξιοτήτων συλλογισμού, την δυνατότητα των εκπαιδευομένων να μάθουν για τα πολύπλοκα οικοσυστήματα, την σταδιακή οικοδόμηση της γνώσης και την ανάπτυξη δεξιοτήτων εννοιολογικής μοντελοποίησης.

Στην περίπτωση της παρούσας μελέτης σκοπός είναι ο συνδυασμός της Συστημικής Δυναμικής με την επίλυση αυθεντικών προβλημάτων αιφορικής διαχείρισης προκειμένου να βελτιωθεί η εννοιολογική κατανόηση της αιφορίας. Σημαντική επίσης διαφοροποίηση της εργασίας είναι ότι απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς μεταπτυχιακούς φοιτητές και μελλοντικούς εκπαιδευτικούς που θα κληθούν να διδάξουν την έννοια της Αειφορίας επειδή θεωρείται σημαντικό να εξασφαλιστεί η κατάκτηση της έννοιας πρώτα από τους εκπαιδευτικούς και κατόπιν από τους μαθητές.

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Η διδακτική παρέμβαση υλοποιήθηκε τον Ιούνιο του 2014 σε φοιτητές του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών “Θεωρία, πράξη και αξιολόγηση του εκπαιδευτικού έργου” (ΘΕΠΑΕΕ), με κατεύθυνση σπουδών: «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη» του τμήματος Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας (Φ.Π.Ψ.). Το δείγμα αποτελούνταν από 8 φοιτητές του ΠΜΣ για το έτος 2013-1014 από τους οποίους οι 7 ήταν γυναίκες και ένας άνδρας. Η διδακτική παρέμβαση υλοποιήθηκε σε δύο τρίωρες συναντήσεις όπως φαίνεται και στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.

Πίνακας 1 : Χρονισμός, Περιεχόμενο και Στόχοι, Παιδαγωγική Διάσταση, Υλικά και μέσα συλλογής

Χρονισμός	Περιεχόμενο και Σκοπός	Διαδικασία	Υλικά (φύλλα δραστηριοτήτων)
1 ^η τρίωρη συνάντηση	<ul style="list-style-type: none"> ● Ερωτηματολόγιο διερεύνησης σε πρότερες γνώσεις όπως σύστημα, αιφορία και βιωσιμότητα ● Εξοικείωση με το λογισμικό δυναμικής μοντελοποίησης Stella ● Ανάπτυξη μοντέλου ενός οικοσυστήματος (του πληθυσμού των λαγών) ● Ανάδειξη της έννοιας του δυναμικού συστήματος και της βιωσιμότητάς του. ● Μελέτη του παιχνιδιού Fish game. Επιλογή πολιτικών αλιευτικής δραστηριότητας και ανάδειξη μιας βιώσιμης-αλιευτικής πολιτικής. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Καθοδηγούμενη μέθοδος και παράλληλη υλοποίηση των βημάτων με τους εκπαιδευόμενους με τη βοήθεια ενός βιντεοπροβολέα ● Φθίνουσα καθοδήγηση στην εξήγηση των κανόνων του παιχνιδιού. Καταγραφή των αποτελεσμάτων της αλιευτικής δραστηριότητας πριν και μετά την προσομοίωση ανάλογα με τους κανόνες που έχουν τεθεί. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Pre-test ερωτηματολόγιο ● 1ο Φύλλο Δραστηριοτήτων εξοικείωσης και ανάπτυξης ενός μοντέλου ενός πληθυσμού ● Φύλλο διερεύνησης της κατανόησης του δυναμικού συστήματος ● 2ο Φύλλο Δραστηριοτήτων με τους κανόνες του παιχνιδιού Fish Games

<p>2^η τρίωρη συνάντηση</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Συζήτηση για ένα πραγματικό περιβαλλοντικό πρόβλημα του παρελθόντος και ποιες πολιτικές λήψης αποφάσεων πάρθηκαν ● Σύνδεση με το φαινόμενο της “Τραγωδίας των κοινών” ● Μελέτη του υπολογιστικού παιχνιδιού Fish Banks L.td και ανάληψη ρόλου υπευθύνου για μια βιώσιμη αλιευτική πολιτική που θα απέτρεπε την καταστροφή του πληθυσμού των ψαριών. ● Δραστηριότητες με πολιτικές που επηρεάζουν τη δυναμική και τη βιωσιμότητα του πληθυσμού των ψαριών. ● Ερωτηματολόγιο διερεύνησης της συμβολής των δραστηριοτήτων στην κατανόηση της έννοιας της Αειφορίας και ως διδακτική μέθοδος και εναλλακτικός τρόπος μάθησης. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Συζήτηση και κατάθεση απόψεων ● Μελέτη του δυναμικού μοντέλου Fish Banks L.td μέσα από καθοδηγούμενες δραστηριότητες. ● Διερευνητική και ανακαλυπτική μάθηση για τις επιπτώσεις των πολιτικών λήψης αποφάσεών τους. ● Οικοδόμηση ενός βιώσιμου δυναμικού μοντέλου προσομοίωσης στο περιβάλλον Stella και επιλογή μιας βιώσιμης αλιευτικής πολιτικής. ● Συζήτηση για τη συμβολή των δραστηριοτήτων στην κατανόηση της έννοιας της Αειφορίας και άλλων εφαρμογών της υπολογιστικής μοντελοποίησης στην Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την αειφορίας ● Στο τέλος της παρέμβασης διανεμήθηκε το ερωτηματολόγιο τελικής διερεύνησης 	<ul style="list-style-type: none"> ● 3ο Φύλλο Δραστηριοτήτων μελέτης του παιχνιδιού Fish Banks L.td Post-test ερωτηματολόγιο διερεύνησης της συμβολής των δραστηριοτήτων στην κατανόησης της έννοιας της Αειφορίας
---------------------------------------	---	---	---

Κατά την 1^η τρίωρη συνάντηση καταγράφηκαν οι αντιλήψεις και κάποιες παρανοήσεις που έχουν οι φοιτητές γύρω από την αποτύπωση της σύνθετης και πολύπλοκης έννοια της αειφορίας. Μέσα από την εξοικείωσή τους με το λογισμικό μοντελοποίησης STELLA αξιολογήθηκε θετικά το συγκεκριμένο λογισμικό, ως “εύχρηστο, κατανοητό που μπορεί να συνεισφέρει ιδιαίτερα στα περιβαλλοντικά προβλήματα, σε φέρνει σε επαφή με την πραγματικότητα και συμμετέχει στο ίδιο το πρόβλημα και στους τρόπους επίλυσής του”. Η προσέγγιση της έννοιας της αειφορίας

μέσα από την αλιευτική δραστηριότητα του παιχνιδιού προσομοίωσης Fish Game κρίθηκε επιτυχής από όλους.

Κατά την 2^η τρίωρη συνάντηση οι φοιτητές ανοίγουν το «μαύρο» κουτί της προσομοίωσης και αναλαμβάνουν το ρόλο του υπευθύνου μιας βιώσιμη αλιευτικής πολιτικής αντιμετωπίζοντας μια πραγματική κατάσταση, την κατάρρευση της αλιευτικής δραστηριότητας της σαρδέλας στον Ειρηνικό Ωκεανό τη δεκαετία του 50. Οι δραστηριότητες των πολιτικών λήψης αποφάσεων ενθουσίασε τους εκπαιδευόμενους, αφού ενεπλάκησαν σε δραστηριότητες οικοδόμησης των αποφάσεών τους και δυνατότητας βελτίωσής τους. Η ανατροφοδότηση και η συνεχής βελτίωση των μοντέλων τους κατέστησε συνολικά την εκπαιδευτική διαδικασία δημιουργική και εποικοδομητική.

Συνολικά οι δραστηριότητες μοντελοποίησης με το λογισμικό δυναμικής μοντελοποίησης STELLA κρίθηκαν από τους φοιτητές ως μια ενδιαφέρουσα διδακτική μέθοδος και ένας εναλλακτικός τρόπος μάθησης στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την Αειφορία. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η ανάδειξη της συμβολής αυτών των δραστηριοτήτων στην **επίδραση του τρόπου σκέψης** τους, σχετικά με τα αποτελέσματα που έχουν οι πολιτικές λήψης αποφάσεων σε διάφορα περιβαλλοντικά ζητήματα. Οι εκπαιδευόμενοι κατάφεραν να εστιάσουν στα σύνολα και στις σχέσεις που αναπτύσσονται σε ένα σύστημα, οι οποίες έχουν επιπτώσεις όχι στο άμεσο αλλά σε βάθος χρόνου, αναδύοντας έτσι τη δυναμική διάσταση των πολύπλοκων συστημάτων.

Η συστημική δυναμική μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευόμενους να κατανοήσουν τα προβλήματα της κοινωνίας που προκαλούσαν σύγχυση (π.χ. η καταστροφή του περιβάλλοντος). Όπως χαρακτηριστικά αναφέρει και ο Peter Senge (2000): *“Ακόμα και αν κάποιοι μαθητές δεν κατασκευάσουν μοντέλα αργότερα στη ζωή τους, θα πρέπει να γνωρίζουν τη φύση των εν λόγω μοντέλων που θα κατασκευάζονται από αυτούς που προτείνουν αλλαγές στις οικονομικές και κοινωνικές πολιτικές και θα είναι διαθέσιμα για επιθεώρηση από το κοινό.”*

ΣΥΝΟΨΗ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η συγκεκριμένη μελέτη μας έδωσε την δυνατότητα να μελετήσουμε τα αποτελέσματα εφαρμογής μιας διδακτικής παρέμβασης στην εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία σε μεταπτυχιακούς φοιτητές και μελλοντικούς εκπαιδευτικούς με τη χρήση του λογισμικού μοντελοποίησης δυναμικών συστημάτων STELLA.

Η παραπάνω έρευνα αφορούσε ένα μικρό δείγμα εκπαιδευομένων και τα αποτελέσματά της δεν μας επιτρέπουν να γενικεύσουμε τα παραπάνω συμπεράσματα. Ωστόσο οι δραστηριότητες μοντελοποίησης έδειξαν ότι οι εκπαιδευόμενοι μπορούν να κατασκευάσουν μοντέλα αναπαράστασης ενός φαινομένου της πραγματικότητας, να εξερευνήσουν τις δυναμικές πτυχές του και να εξετάσουν προβλέψεις και υποθέσεις σχετικά με την συμπεριφορά του. Μέσα από τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας ανοίγει ο δρόμος επέκτασης εφαρμογής της και σε σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Οι διαδικασίες μοντελοποίησης μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές της Δευτεροβάθμια Εκπαίδευσης να κατανοήσουν τα περιβαλλοντικά προβλήματα και κατά επέκταση τα προβλήματα της κοινωνίας που προκαλούσαν σύγχυση.

Η παιδαγωγική αυτή προσέγγιση μπορεί να διερευνηθεί και από τη χρησιμότητά της και από τους ερευνητές για τον εντοπισμό των *σταδιακών δεξιοτήτων σκέψης* των μαθητών στη κοσμοθεωρία των συστημάτων και της συμπεριφοράς τους. Οι εκπαιδευόμενοι και μελλοντικοί εκπαιδευτικοί ανέπτυξαν θετικά κίνητρα για να εξερευνήσουν τα μοντέλα, να συμμετάσχουν στις δραστηριότητες μοντελοποίησης και να μάθουν περισσότερα σχετικά με τα φαινόμενα που μπορούν να μελετηθούν με την υποστήριξη του STELLA. Η έρευνα αυτή θα μπορούσε να αποτελέσει τη βάση για την προετοιμασία των εκπαιδευτικών για να επεξεργαστούν επιστημονικές έννοιες με την υποστήριξη δραστηριοτήτων μοντελοποίησης.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Birdsall S. (2013). *Measuring student teachers' understandings and self-awareness of sustainability*, Environmental Education Research, <http://dx.doi.org/10.1080/13504622.2013.833594>.
- Colella V., Klopfer E., Resnick M. (2001). *Adventures in Modeling: Exploring Complex, Dynamic Systems with StarLogo*, Teachers College Press, New York.
- Forrester J. (1996). “*System Dynamics and K-12 Teachers*”. A lecture at the University of Virginia School of Education May 30, 1996 at Virginia, USA.
- Klopfer E., Colella V., Resnick M., (2002). *New paths on StarLogo adventure*, Computers & Graphics, Vol. 26, Issue 4, p.p. 615-622.
- Leiba M., Zuzovsky R., Mioduser D., Benayahu Y., Nachmias R., (2012). “*Learning about Ecological Systems by Constructing Qualitative Models with Dynalern*” , Interdisciplinary Journal of E-learning and Learning Objects, IJELLO special series of Chais Conference 2012 best papers, Vol 8, 2012.
- Papert S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*, Basic Books, Inc. New York, NY, USA.
- Pittman J. (2004). *Living Sustainably through Higher Education: A Whole Systems Design Approach to Organizational Change*, Chapter 15 in *Peter Blaze Corcoran & Arjen E.J. Wals (Editors), Higher Education and the Challenge of Sustainability: Problematics, Promise and Practice*, 199-212.
- Richmond B. (1992). *An introduction to System Thinking: Stella Software*, isee systems (firm).
- Senge P., Cambron-McCabe N.m Lucas T., Smith B., Dutton J. and Kleiner A. (2000). *Schools That Learn. A Fifth Discipline Fieldbook for Educators, Parents, and Everyone Who Cares About Education*, New York: Doubleday.
- Souza A., Sa I Costa, Silva P., Wilhelms L., Salles P. (2011a). “*Using Dynalern in a Learning by Modelling approach to teach environmental systems knowledge for secondary school students*”, In: I Simpósio Internacional de Ecologia, 2011, São Carlos, São Paulo, Brazil. Anais do I Simpósio Internacional de Ecologia. São Carlos, SP, Brazil : Universidade Federal de São Carlos, 2011. v.1. pp. 149-155.
- Souza A., Sá, I.G., Leite G., Portella A., Aquino, P.P.U., Costa e Silva, P.A., Wilhelms, L.H. & Salles, P. (2011b). “*Evaluating the use of qualitative reasoning models by secondary school teachers*”, In Agell, N.; Roselló, L. (eds.) *Proceedings of the 25th International Workshop on Qualitative Reasoning (QR2011)*. Barcelona, Spain, 16-18 July 2011, pp. 140-146.

UNESCO (2005b). *United Nations Decade of Education for Sustainable Development (2005-2014): International Implementation scheme*, United Nations Educational Scientific and Cultural Organization.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001416/141629e.pdf>.

Ασημακόπουλος, Ν., Θεοχαρόπουλος, Ι., Δημητρίου, Ν.,(2005), Εφαρμογή της Συστημικής Σκέψης και της Συστημικής Δυναμικής στην Ανάλυση Διαδικασιών Μάθησης, Πρακτικά Εθνικού Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρείας Συστημικών Μελετών, Τρίπολη 12-14 Μαΐου, 2005

Σχίζα Κ. (2006). “Η Συστημική σκέψη στην Περιβαλλοντική Εκπαίδευση : ένα το ζητούμενο, δύο επιλογές”, 2^ο Συνέδριο Σχολικών Προγραμμάτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, Αθήνα 15-17 Δεκεμβρίου, 2006.

Φλογαΐτη Ε. (2006). Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία, Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα, Επανεκδοση: Αθήνα: Πεδίο, 2011.