

Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία

Τόμ. 15, Αρ. 1 (2019)



Διδάσκοντας τις διεργασίες ανάπτυξης των φυτών σε μαθητές του δημοτικού με τη χρήση tablets. Αποτελέσματα από πιλοτική εφαρμογή

Τσαμπίκα Αργυρού, Εμμανουήλ Φωκίδης

doi: [10.12681/jode.18548](https://doi.org/10.12681/jode.18548)

Βιβλιογραφική αναφορά:

Διδάσκοντας τις διεργασίες ανάπτυξης των φυτών σε μαθητές του δημοτικού με τη χρήση tablets. Αποτελέσματα από πιλοτική εφαρμογή

**Teaching plants' growth processes to primary school students using tablets.
Results from a pilot project**

Τσαμπίκα Αργυρού

Δασκάλα

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

premnt15002@aegean.gr

Εμμανουήλ Φοκίδης

Επίκουρος καθηγητής

Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης

Πανεπιστήμιο Αιγαίου

fokides@aegean.gr

Summary

In general, students face quite a lot of problems in science courses. The above holds true when plants are the teaching subject. Students', as well as adults', interest and knowledge level regarding plants is minimal, while misconceptions regarding them are a commonplace. Coming to plants' growth processes (i.e., photosynthesis, respiration, and transpiration) they can hardly understand them. For example, they think that plants get their food from the soil, through the roots and photosynthesis is not involved at all, or that the sunlight is good for plants' health. The Greek primary school curriculum includes units related to plants but these are few, scattered, and not well organized. To make things even worse, teachers' understanding of science concepts (including plants' growth processes) is problematic, forcing them to use the school textbooks as their only source of information on one hand, and, on the other, to resort to ineffective conventional teaching methods.

There is a common consensus that technology can offer interesting and quite effective solutions for overcoming the disadvantages of conventional teaching. In recent years, the emergence of mobile devices (e.g., tablets and smartphones) gave rise to what is called "mobile learning". In essence, mobile learning supports the notion that mobile devices allow learning to take place anytime and anywhere and provides ideas on how one can utilize mobile devices in education. An interesting category of mobile applications is that of augmented reality (AR). AR is a technology which mixes, in real time, the real world with virtual objects, multimedia elements, and information, while the user can interact with the above. There is a fairly extensive literature regarding the effectiveness of mobile devices and AR applications; better learning outcomes, better visualization of complex phenomena, fun and enjoyment, increased motivation for learning, increased personalized, as well as collaborative learning, opportunities for continuous self-

assessment, greater autonomy, and control over one's learning process, are some of their advantages. The above also apply when the teaching subject is related to science courses. Then again, the learning outcomes were not always that good and, in some cases, the results were negative. Also, a number of problems have been reported that can act as barriers to the successful integration of mobile devices in education. For example, students' cognitive overload due to the overuse of multimedia features and students to tablets ratio are causes of concern. A major problem is the lack of educationally sound applications together with the difficulties that educators face when they try to develop their own applications. The need for a well-developed pedagogy that will allow a better utilization of mobile devices has also been highlighted.

Having in mind the above, it was considered an interesting endeavor to examine whether a teacher who possesses basic ICT skills can successfully use the available tools for developing AR applications tailored to the needs of his/her class and to examine whether these applications can achieve positive learning outcomes within a context of increased students' autonomy. As a result, a pilot project was designed and implemented, in which tablets and micro-applications with augmented reality features were used for teaching plants' growth processes to 6th-grade primary school students (ages 11-12). Four two-hour sessions were allocated for this matter (plants' structure, photosynthesis, respiration, and transpiration). The corresponding micro-applications were developed by the class's teacher using Blippbuilder, an easy to use online platform for developing AR applications without programming. It is worth noting that she did not receive any technical or pedagogical guidance throughout the developing process. In addition, a short handbook was written which included the exact same learning material that the applications had. Activities and worksheets were also produced. The sample was 60 students divided into three groups. The first group was taught conventionally; the printed material was used, students worked by themselves, and the teacher had increased control over the teaching process. This method reflected an everyday/typical instruction. Instruction to the second and third groups relied on Driver's and Oldham's model and students worked in pairs. The differences between these two groups were that one used the printed material and the teacher acted as a facilitator of the learning process, while the other used tablets and students had almost total control over their learning process because the teacher provided only technical assistance. Data were collected through evaluation sheets. In addition, a questionnaire was administered to the third group for recording the students' views regarding the use of tablets.

The data analyses revealed that there were no statistically significant differences among the three groups regarding their performance. However, a strong motivation for learning and a positive attitude of students towards the use of tablets were noted. Viewing the results as a failure of tablets and their applications to yield better learning outcomes compared to printed material is somewhat inappropriate for a number of reasons. First, the teaching/learning subject was difficult. Indeed, all groups had quite low scores in all the evaluation sheets. Second, it would be unrealistic one to expect good results in just a few sessions and in a short period of time. Also, one has to be reminded that in the group that used tablets, students worked by themselves without receiving any help from their teacher. Despite this disadvantage, the learning outcomes in this group were equal to the ones of the other two groups. Coming to the results in the questionnaire, increased fun and enjoyment were noted, that act as motivational factors. Indeed, motivation (as

recorded in the relevant questions) was also high. Thus, it can be argued that fun, enjoyment, and motivation to learn, counterbalanced the lack of teacher's guidance. On the other hand, the applications per se, may have acted as a negative factor. That is because they were "amateurish", having both technical and pedagogical problems, which probably caused problems to students, leading to a negative impact on their learning outcomes.

The limited number of sessions and the relatively small sample size do not allow the generalization of the results. Larger sample sizes, different age groups, and a wider variety of subjects can provide more sound results. Quantitative together with qualitative data collection methods will allow the better understanding of the benefits that tablets bring to education. Despite the above limitations, the results were interesting and thought-provoking, leading to the need for further examination on how tablets can be integrated into schools.

Keywords

augmented reality, plants, primary school students, tablets

Περίληψη

Η εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα από πιλοτικό πρόγραμμα στο οποίο χρησιμοποιήθηκαν tablets και μικρο-εφαρμογές με στοιχεία επαυξημένης πραγματικότητας για τη διδασκαλία των διεργασιών ανάπτυξης των φυτών σε μαθητές της Στ' τάξης του δημοτικού. Η διάρκεια του προγράμματος ήταν τέσσερα διδακτικά δώρα και το δείγμα ήταν 60 μαθητές χωρισμένων σε τρεις ομάδες. Η πρώτη ομάδα διδάχθηκε συμβατικά. Η διδασκαλία στη δεύτερη και τρίτη ομάδα στηρίχθηκε στο μοντέλο των Driver και Oldham, με τη διαφορά ότι στη μία χρησιμοποιήθηκε έντυπο υλικό ενώ στην άλλη χρησιμοποιήθηκαν τα tablets. Η συλλογή των δεδομένων έγινε μέσα από φύλλα αξιολόγησης. Επιπλέον, στην ομάδα που διδάχθηκε μέσω tablets, χορηγήθηκε ερωτηματολόγιο για την καταγραφή των απόψεων των μαθητών. Τα αποτελέσματα της έρευνας δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις τρεις ομάδες όσον αφορά τις επιδόσεις τους. Παρόλα αυτά, μέσα από το ερωτηματολόγιο, φάνηκε η θετική στάση των μαθητών απέναντι στη χρήση των tablets και τα αυξημένα κίνητρά τους για μάθηση, αναδεικνύοντας την ανάγκη για περαιτέρω διερεύνηση μεθόδων ένταξής τους στο σχολείο.

Λέξεις-κλειδιά

επαυξημένη πραγματικότητα, μαθητές δημοτικού, φυτά, tablets

1. Εισαγωγή

Οι Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) αποτελούν ένα διδακτικό πεδίο που διατρέχει όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, αποτελεί σημαντικό κομμάτι στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και, λίγο-ως-πολύ, οι στόχοι είναι κοινοί σε όλες τις χώρες. Οι δυνατότητες που προσφέρει η τεχνολογία με τα εν δυνάμει αποτελεσματικότερα και ελκυστικότερα περιβάλλοντα μάθησης, έχουν αποτελέσει αφορμή για πολλές έρευνες που έχουν ως αντικείμενο τη διδασκαλία των ΦΕ. Η ιδιαίτερη ερευνητική απήχηση που έχει το συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο οφείλεται στο γεγονός ότι η διδασκαλία του αφορά έννοιες

που δύσκολα γίνονται κατανοητές, κάτι που αποδεικνύεται από την πληθώρα των λανθασμένων αντιλήψεων των μαθητών (ενδεικτικά, Cheng & Tsai, 2013). Τα παραπάνω ισχύουν και όταν τα φυτά αποτελούν αντικείμενο διδασκαλίας. Διεργασίες όπως η φωτοσύνθεση, η ανάγκη των φυτών για αέρα, πέρα από νερό και θρεπτικά συστατικά, δυσκολεύουν ιδιαίτερα τους μαθητές (McNair & Stein, 2001).

Επιπλέον, η κινητή μάθηση (mobile learning), που εκμεταλλεύεται για εκπαιδευτικούς σκοπούς τη ραγδαία εισροή των κινητών συσκευών (tablets και smartphones) στην καθημερινότητα των μαθητών, έχει βρει πολλούς υποστηρικτές (ενδεικτικά, Prieto, Sánchez Prieto, Olmos Migueláñez, & García-Reñalvo, 2014). Πληθώρα ερευνών εξέτασαν θέματα σχετικά με την ενσωμάτωσή τους στη μαθησιακή διαδικασία και την κατάλληλη παιδαγωγική τους αξιοποίηση (ενδεικτικά, Rikala, Vesisenaho, & Mylläri, 2013). Τα συμπεράσματα των ερευνών συγκλίνουν στο ότι οι κινητές συσκευές κινητοποιούν τους μαθητές, αυξάνουν τα κίνητρα για μάθηση και προσφέρουν ελκυστικά και συνάμα αποτελεσματικά μαθησιακά περιβάλλοντα (Haßler, Major, & Hennessy, 2016). Τα παραπάνω ισχύουν και όταν το διδακτικό αντικείμενο αφορά τις ΦΕ. Ο αυτο-έλεγχος της μαθησιακής πορείας (Henderson & Yeow, 2012), η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης (Heinrich, 2012) και η κατανόηση εννοιών και φαινομένων των ΦΕ που δύσκολα μπορούν να προσεγγιστούν στην πραγματική ζωή (Kesim & Ozarslan, 2012), είναι μερικά από τα πλεονεκτήματα των κινητών συσκευών σε σχέση με τις ΦΕ.

Είναι όμως τα tablets και εφαρμογές σε αυτά αρκετές για να επιτύχουμε ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα; Είναι γεγονός ότι μεγάλη συζήτηση γίνεται γύρω από τις εκπαιδευτικές εφαρμογές για κινητές συσκευές που προσφέρονται από διάφορες εταιρείες (Henderson & Yeow, 2012). Μεγάλο μέρος αυτών αυτοαποκαλούνται εκπαιδευτικές χωρίς όμως να έχουν αξιολογηθεί για το εάν πράγματι είναι. Έτσι, είναι συχνό φαινόμενο οι εκπαιδευτικοί, που είναι ανοικτοί στην ενσωμάτωση τεχνολογίας στην τάξη τους, να μην μπορούν να βρουν την καταλληλότερη για το σκοπό που τη χρειάζονται. Έτσι, γεννήθηκε ο προβληματισμός για το εάν ένας εκπαιδευτικός που διδάσκει το μάθημα των ΦΕ και έχει κάποιες βασικές γνώσεις τεχνολογίας, μπορεί να χρησιμοποιήσει τα διαθέσιμα εργαλεία για να παράξει πρωτότυπες εφαρμογές για tablets, προσαρμοσμένες στις ιδιαιτερότητες της τάξης του. Επιπλέον, γεννήθηκε ο προβληματισμός για το εάν οι κινητές συσκευές μέσα σε ένα πλαίσιο αυξημένης αυτονομίας των μαθητών πράγματι μπορούν να έχουν θετική επίδραση στα μαθησιακά αποτελέσματα. Για να ερευνηθούν αυτά, σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ένα πρόγραμμα διδακτικών παρεμβάσεων με αντικείμενο τις διεργασίες ανάπτυξης των φυτών, που είχαν ως ομάδα-στόχο μαθητές της Στ' τάξης του δημοτικού, τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στις ενότητες που ακολουθούν.

2. Οι διεργασίες ανάπτυξης των φυτών ως διδακτικό αντικείμενο

Με το πέρασμα των χρόνων, το αρχικό ενδιαφέρον των παιδιών για τα φυτά χάνεται, σε σημείο που ως ενήλικες έχουν ελάχιστες γνώσεις για αυτά (Lindemann-Matthies, 2002). Σε γενικές γραμμές, μπορεί να ειπωθεί ότι τα φυτά δεν έχουν αξιόλογη θέση στα προγράμματα σπουδών (Lally, Brooks, Tax, & Dolan, 2007). Αυτό ισχύει και για το Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα: οι ενότητες στο δημοτικό σχολείο για τα φυτά είναι λίγες, διάσπαρτες και όχι καλά οργανωμένες (Κουμαράς 2007). Μάλιστα, στην Ε' τάξη δεν περιλαμβάνεται ούτε μία ενότητα σχετικά με αυτά. Αναφορικά με την έρευνα

σχετικά με τα φυτά και τα μικρά παιδιά, μπορεί να ειπωθεί ότι και αυτή είναι αρκετά περιορισμένη (Liu, Lin, & Paas, 2014).

Γενικά τα φυτά ως διδακτικό αντικείμενο, αλλά και, ειδικότερα, οι λειτουργίες που σχετίζονται με την ανάπτυξη των φυτών (φωτοσύνθεση, αναπνοή και διαπνοή) φαίνεται να δυσκολεύουν τους μαθητές (McNair & Stein, 2001) και είναι δύσκολο να αρθούν ακόμα και μετά από διδασκαλία (Driver, Squires, Rushworth, & Wood-Robinson, 2014). Για παράδειγμα, ενώ οι περισσότεροι μαθητές δείχνουν να κατανοούν ότι τα φυτά χρειάζονται ενέργεια για να αναπτυχθούν και ότι αυτή την ενέργεια την παίρνουν από την τροφή τους, οι περισσότεροι επιμένουν ότι τα φυτά παίρνουν την τροφή τους από το χώμα μέσω των ριζών (Simpson & Arnold, 1982). Επιπρόσθετα, έχει διαπιστωθεί ότι μαθητές όλων των ηλικιών, ακόμη του γυμνασίου, δεν κατανοούν τη φύση και τη λειτουργία της αναπνοής των φυτών και δεν κατανοούν τη σχέση μεταξύ φωτοσύνθεσης και αναπνοής, θεωρώντας ότι τα φυτά αναπνέουν μόνο όταν δεν φωτοσυνθέτουν (Özay & Öztas, 2003). Σύμφωνα με άρθρο του Canal (1999) τα πιο συνηθισμένα λάθη των μαθητών σε θέματα διεργασιών ανάπτυξης των φυτών συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Τα φυτά αναπτύσσονται αποκλειστικά και μόνο χάρη σε ουσίες, όπως νερό και μεταλλικά στοιχεία, που παίρνουν από τη γη μέσω των ριζών τους.
- Οι ουσίες που τα φυτά απορροφούν από τη γη δημιουργούν χυμό, ο οποίος κινείται μέσω του μίσχου και επιτρέπει στο φυτό να μεγαλώνει και να πραγματοποιεί όλες τις λειτουργίες του.
- Το ηλιακό φως είναι απαραίτητο για την υγεία των φυτών. Χωρίς αυτό, θα γίνουν αδύναμα και θα πεθάνουν.
- Τα φυτά αναπνέουν όπως τα ζώα, εισπνέοντας και εκπνέοντας αέρα. Αν αυτό δεν το κάνουν συνεχόμενα, ασφυκτιούν και πεθαίνουν, όπως οι άνθρωποι.

Ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι και οι εκπαιδευτικοί αντιμετωπίζουν προβλήματα με τη διδασκαλία των φυτών αλλά και των ΦΕ γενικότερα. Αυτό γιατί έχουν περιορισμένες γνώσεις, με αποτέλεσμα να εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το σχολικό εγχειρίδιο (Trundle, Atwood, & Christopher, 2002). Αυτό τους οδηγεί να υιοθετούν παραδοσιακές μορφές διδασκαλίας (δασκαλοκεντρική-βιβλιοκεντρική), με αποτέλεσμα οι μαθητές να νιώθουν αποστροφή και να έχουν τελικά αρνητική στάση απέναντι στην επιστήμη (Obsorne & Dillon, 2008).

3. Τα tablets στην εκπαίδευση και στη διδασκαλία των ΦΕ

Η κινητή μάθηση πρόκειται ουσιαστικά για μία θεώρηση της μαθησιακής διαδικασίας που περιλαμβάνει τη χρήση φορητών συσκευών προκειμένου η μάθηση να λαμβάνει χώρα δίχως χωρικούς και χρονικούς περιορισμούς (Shuler, Winters, & West, 2013). Στη βιβλιογραφία έχει τονιστεί η σημασία κάποιων ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των κινητών συσκευών όπως η φορητότητα (Cavus & Ibrahim, 2009), η ευελιξία όσο αφορά στο χώρο όπου διαδραματίζεται η μαθησιακή διαδικασία (Hashemi, Azizinezhad, Najafi, & Nesari, 2011), η δυνατότητα άμεσης πληροφόρησης και ανατροφοδότησης (Cavus & Ibrahim, 2009) και τέλος η δυνατότητα αναπαράστασης τόσο του φυσικού όσο και του σημειολογικού χώρου ή της επαύξησής του με ψηφιακές πληροφορίες. Το τελευταίο στοιχείο αφορά μία κατηγορία εφαρμογών που αξιοποιεί την τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality, ΕΠ), με την οποία ψηφιακά στοιχεία ενσωματώνονται στο πραγματικό περιβάλλον σε πραγματικό χρόνο, επιτρέποντας στον χρήστη να αλληλεπιδράσει με αυτά (Van Krevelen & Poelman, 2010).

Όπως ήταν αναμενόμενο, οι κινητές συσκευές αποτέλεσαν αντικείμενο πολλών ερευνών σχετικά με τις εκπαιδευτικές τους χρήσεις, με τις περισσότερες από αυτές παρουσιάζουν θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (ενδεικτικά, Bano, Zowghi, Kearney, Schuck, & Aubusson, 2018; Chen et al., 2017; Cheng & Tsai 2013). Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα της εκπαιδευτικής χρήσης των κινητών συσκευών αναφέρονται τα αυξημένα κίνητρα για μάθηση (Bidin & Ziden, 2013; Hashemi et al., 2011), η διασκέδαση (Snell & Snell-Siddle, 2013), η υποβοήθηση της συνεργατικής μάθησης (Kearney, Schuck, Burden, & Aubusson, 2012), αλλά και ο αυξημένος βαθμός αυτονομίας των μαθητών που οδηγεί στην αυτο-καθοδηγούμενη μάθηση (van Deurse, ben Allouch, & Ruijter, 2016).

Παρότι, όπως προαναφέρθηκε, οι περισσότερες έρευνες καταλήγουν σε θετικά συμπεράσματα, δεν λείπουν και αυτές που αναφέρουν ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα δεν είναι πάντα καλύτερα συγκριτικά με μεθόδους που δεν περιλαμβάνουν χρήση κινητών συσκευών (ενδεικτικά, Dündar & Akçayır, 2012), ενώ υπήρξαν περιπτώσεις όπου ήταν αρνητικά (ενδεικτικά, Perry & Steck, 2015). Αρκετές έρευνες τονίζουν τον κίνδυνο του γνωσιακού φορτίου (cognitive overload) που μπορεί να προκληθεί λόγω της υπερφόρτωσης των εφαρμογών με πληροφορίες και πολυμεσικά στοιχεία, που μπορεί να επιφέρει ακόμα και αρνητικά μαθησιακά αποτελέσματα (Chu, 2014). Επίσης, αρκετός προβληματισμός επικρατεί αναφορικά με τη αναλογία tablets/μαθητών. Ορισμένοι τονίζουν ότι η δυνατότητα να χρησιμοποιεί ο μαθητής το δικό του tablet (αναλογία 1:1) επιτρέπει την καλύτερη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων αυτών των συσκευών (Rikala et al., 2013). Αντίθετα, οι Haßler, Major και Hennessy (2016), θεωρούν ότι η συνεργατική χρήση τους είναι το προτιμότερο σενάριο.

Σημαντικό είναι ότι μάλλον δεν υπάρχει ένα καλά ανεπτυγμένο παιδαγωγικό πλαίσιο χρήσης των κινητών συσκευών (Prieto et al., 2014) και ότι απαιτείται συχνή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών πάνω σε θέματα ενσωμάτωσης των tablets στη διδασκαλία (Haßler et al., 2016). Τέλος, ερευνητές τόνισαν την έλλειψη εμπορικών εφαρμογών με αξιολογία παιδαγωγική/διδασκτική αξία (Fokides & Mastrokourou, 2018; Henderson & Yeow, 2012). Ως αντίβαρο, υπάρχει μία αυξανόμενη τάση να μελετώνται τα αποτελέσματα που μπορεί να έχουν εφαρμογές που έχουν κατασκευαστεί από τους ίδιους εκπαιδευτικούς (Bano et al., 2018). Διαπιστώνεται ότι ενώ υπάρχουν ενδιαφέροντα αποτελέσματα, εντούτοις ο χρόνος που απαιτείται και οι δυσκολίες που παρουσιάζει αυτή η προσπάθεια, συνιστούν σημαντικά εμπόδια (Dündar & Akçayır, 2014; Fokides & Atsikpasi, 2017).

Ερχόμενοι στη χρήση των tablets και των εφαρμογών ΕΠ για τη διδασκαλία αντικειμένων που εμπíπτουν στις ΦΕ, διαπιστώνεται ότι τα συμπεράσματα των περισσότερων ερευνών συγκλίνουν με όσα αναφέρθηκαν στις προηγούμενες παραγράφους. Ειδικότερα, σε επίπεδο δημοτικού σχολείου, διαπιστώνεται ότι οι μαθητές έχουν καλύτερες επιδόσεις συγκριτικά με συμβατικές μορφές διδασκαλίας (Bacca, Baldiris, Fabregat, Graf, & Kinshuk, 2014; Cheng & Tsai, 2013), θεωρούν τη διδασκαλία πιο διασκεδαστική (Fokides, 2018) και ότι αυξάνεται το ενδιαφέρον και τα κίνητρά τους για μάθηση (Bacca et al., 2014; Kesim & Ozarslan, 2012). Επιπλέον, επισημάνθηκε η καλύτερη οπτικοποίηση και κατανόηση πολύπλοκων και αφηρημένων εννοιών (Chen, et al., 2017; Cheng & Tsai, 2013; Kesim & Ozarslan, 2012).

Από όσα παρουσιάστηκαν σχετικά με το θέμα της εισαγωγής των tablets στην εκπαίδευση, υπάρχουν ορισμένες πτυχές που αξίζουν ιδιαίτερης επισήμανσης, μιας και αποτέλεσαν το έναυσμα για την παρούσα εργασία. Όπως αναφέρθηκε, οι περισσότερες έρευνες αφορούν την αξιοποίηση έτοιμων/εμπορικών εφαρμογών ενώ έχει διερευνηθεί

κατά πολύ λιγότερο η αποτελεσματικότητα εφαρμογών που αναπτύσσουν οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί. Δεύτερον, τα μαθησιακά/γνωστικά αποτελέσματα δεν είναι ξεκάθαρα και πάντα υπέρ της χρήσης των tablets. Τρίτον, ενώ θεωρείται ότι με τη χρήση τους οι μαθητές αποκτούν αυξημένη αυτονομία και ότι ενισχύεται η αυτο-καθοδηγούμενη μάθηση (van Deurse et al., 2016), εντούτοις, υπάρχουν έρευνες που έδειξαν ότι η αυξημένη συμμετοχή του εκπαιδευτικού επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα συγκριτικά με όταν οι μαθητές εργάζονται μόνοι τους (Montrieux & Schellens, 2017). Τέλος, η βιβλιογραφική αναζήτηση έδειξε ότι ο αριθμός των ερευνών σχετικών με τη χρήση των tablets και των εφαρμογών τους από μαθητές του δημοτικού, για τη διδασκαλία στοιχείων για τα φυτά είναι σχετικά μικρός και μάλιστα άλλοτε με θετικά (ενδεικτικά, Fokides & Atsikrasi, 2017) και άλλοτε με αρνητικά (ενδεικτικά, Liu et al., 2014) μαθησιακά αποτελέσματα.

4. Μέθοδος

Ο προβληματισμός που αναπτύχθηκε στις προηγούμενες ενότητες σχετικά με τα προβλήματα των μαθητών στην κατανόηση εννοιών για τα φυτά και το αξιολόγιο εκπαιδευτικό δυναμικό των tablets, οδήγησαν στο σχεδιασμό και την υλοποίηση πιλοτικού προγράμματος με σκοπό να διερευνηθούν τα παραπάνω. Οι ερευνητικές υποθέσεις που εξετάστηκαν ήταν: (Y1) με τη χρήση αποκλειστικά και μόνο tablets και μικρο-εφαρμογών με στοιχεία ΕΠ επιτυγχάνονται καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα συγκριτικά με τη διδασκαλία του ίδιου αντικείμενου με έντυπο υλικό, (Y2) η διατηρησιμότητα των γνώσεων είναι επίσης μεγαλύτερη και (Y3) οι μαθητές κινητοποιούνται και διαμορφώνουν θετικές στάσεις και απόψεις για τη διδασκαλία τους με tablets.

4.1 Δείγμα και διάρκεια

Στην έρευνα εφαρμόστηκε η οιονεί πειραματική μελέτη (quasi experimental study) με μία πειραματική και δύο ομάδες ελέγχου, για το λόγο ότι συμμετείχαν αυτούσια τμήματα μαθητών των οποίων εξετάστηκαν οι διαφορές τους στα μαθησιακά αποτελέσματα, όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια. Ομάδα-στόχος ήταν 63 μαθητές της Στ' τάξης τριών σχολείων στη Ρόδο. Η Στ' τάξη επιλέχθηκε γιατί στην τάξη αυτή υπάρχει ανάλογο κεφάλαιο που διαπραγματεύεται τα φυτά. Βασική προϋπόθεση για τη συμμετοχή στην έρευνα ήταν οι μαθητές να μην έχουν διδαχθεί στο παρελθόν αυτό το γνωστικό αντικείμενο. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τον Ιανουάριο του 2018 και η διάρκειά της ήταν τέσσερα διδακτικά δώρα για κάθε ομάδα, όπως θα αναπτυχθεί στη συνέχεια. Πριν από την πραγματοποίησή της υπήρξε ενημέρωση των γονέων για τους σκοπούς της έρευνας και τις διαδικασίες της και ζητήθηκε η έγγραφη συγκατάθεσή τους για τη συμμετοχή των παιδιών τους. Επίσης, σε σειρά συναντήσεων με τους εκπαιδευτικούς οι τάξεις των οποίων συμμετείχαν στην έρευνα, ενημερώθηκαν για τη διδακτική μέθοδο σε κάθε ομάδα και τους επισημάνθηκε η σημασία του να την ακολουθήσουν αυστηρά.

4.2 Υλικό

Ως διδακτικό αντικείμενο των παρεμβάσεων επιλέχθηκαν οι ενότητες "Τα μέρη του φυτού", "Η Φωτοσύνθεση", "Η αναπνοή" και "Η διαπνοή των φυτών" του βιβλίου "Ερευνώ και ανακαλύπτω" της Στ' τάξης. Κατασκευάστηκαν ισάριθμες μικρο-εφαρμογές αφού πρώτα συλλέχθηκε και διαμορφώθηκε το απαραίτητο συνοδευτικό πολυμεσικό

υλικό (βίντεο, εικόνες, animation, , κτλ.). Για την κατασκευή των εφαρμογών χρησιμοποιήθηκε το Blippbuilder (<http://www.blippar.com>). Πρόκειται για λογισμικό πολύ εύκολο στη χρήση του που επιτρέπει τη γρήγορη κατασκευή μικρο-εφαρμογών ΕΠ (blipps) χωρίς την πρότερη γνώση προγραμματισμού. Τα blipps ενεργοποιούνται από εικόνες-δείκτες και εκτελούνται μέσω της ελεύθερα διαθέσιμης εφαρμογής για κινητές συσκευές Blippar. Αξίζει να σημειωθεί ότι το Blipbuilder χρησιμοποιείται αρκετά συχνά σε ανάλογες με την παρούσα έρευνες (ενδεικτικά, Ribeiro & Sousa, 2017). Έχοντας ως βάση το βιβλίο του μαθητή, οι μικρο-εφαρμογές περιλάμβαναν κείμενα από το βιβλίο, εικόνες, ιστότοπους για περαιτέρω μελέτη, βίντεο και animation (όπου ήταν απαραίτητο, προσομοιώσεις πειραμάτων και κουίζ χρησιμοποιώντας το Google forms (Εικόνες 1-4). Τα στοιχεία/οθόνες των εφαρμογών ενεργοποιούνταν χρησιμοποιώντας εικόνες που χορηγήθηκαν στους μαθητές. Οι εφαρμογές κατασκευάστηκαν από τη δασκάλα της τάξης και ο χρόνος που απαιτήθηκε τόσο για τη συλλογή του υλικού όσο και για την κατασκευή και των τεσσάρων εφαρμογών ήταν περίπου σαράντα ώρες. Κατά τη διάρκεια της κατασκευής των εφαρμογών δεν της παρασχέθηκε κάποια τεχνική βοήθεια ούτε είχε παιδαγωγική υποστήριξη. Εν ολίγοις, η εκπαιδευτικός, που είχε βασικές γνώσεις χειρισμού υπολογιστών, είχε την πλήρη ευθύνη για την τεχνική και παιδαγωγική αρτιότητα των εφαρμογών που ανέπτυξε. Τέλος, έγινε η συγγραφή ενός μικρού εγχειριδίου που περιλάμβανε ακριβώς το ίδιο γνωστικό υλικό με τις εφαρμογές, φύλλων καταγραφής απόψεων, εργασιών και δραστηριοτήτων, για λόγους που αναπτύσσονται στη συνέχεια.



Εικόνες 1-4. Στιγμιότυπα από τις εφαρμογές

4.3 Διαδικασία

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ο εποικοδομητισμός προσφέρει ένα καλά τεκμηριωμένο θεωρητικό πλαίσιο για τη διδασκαλία των ΦΕ με τη χρήση εργαλείων της

Πληροφορικής. Έτσι, στην παρούσα έρευνα αξιοποιήθηκε το μοντέλο διδασκαλίας των Driver και Oldham (1986), με κάποιες προσαρμογές ώστε να ενταχθούν τα tablets στις πέντε φάσεις που περιλαμβάνει. Συγκεκριμένα:

- Στη φάση του προσανατολισμού, ο εκπαιδευτικός παρουσίαζε το αντικείμενο της κάθε ενότητας και κινητοποιούσε τους μαθητές ξεκινώντας και συμμετέχοντας σε συζητήσεις πάνω στο συγκεκριμένο αντικείμενο.
- Η αξιολόγηση των πρότερων γνώσεων και ιδεών των μαθητών γινόταν στη φάση της ανάδειξης ιδεών. Στη φάση αυτή αξιοποιήθηκε το εισαγωγικό μέρος των εφαρμογών, καθώς και τα φύλλα καταγραφής ιδεών και απόψεων.
- Στην τρίτη φάση (της αναδόμησης των ιδεών), οι μαθητές εκτελούσαν πειράματα (είτε μέσω προσομοιώσεων που περιλαμβάνονταν στις εφαρμογές είτε στην τάξη), μελετούσαν το κυρίως μέρος των εφαρμογών, αντάλλαζαν απόψεις και συζητούσαν μεταξύ τους, ελέγχαν τις απόψεις που κατέγραψαν στην προηγούμενη φάση και κατέληγαν στην διατύπωση και στη καταγραφή των τελικών τους απόψεων.
- Η φάση της εφαρμογής σε νέες καταστάσεις αφορούσε τον έλεγχο του τι έμαθαν οι μαθητές. Για το σκοπό αυτό, εκτελούσαν τις δραστηριότητες που περιλαμβάνονταν στα φύλλα εργασιών και δραστηριοτήτων. Στη φάση αυτή δεν χρησιμοποιήθηκαν tablets.
- Η τελευταία φάση, αυτή της ανασκόπησης, παρείχε χρόνο στους μαθητές να συλλογιστούν όσα έμαθαν. Έτσι, συμπλήρωναν τα παιγνιώδη αλληλεπιδραστικά κουίζ που περιλαμβάνονταν στις εφαρμογές.

Πρέπει να επισημανθεί ότι (α) οι μαθητές εργάστηκαν σε ζεύγη, χρησιμοποιώντας το κάθε ζεύγος ένα tablet που διατέθηκε για αυτό τον σκοπό και (β) η συμμετοχή του εκπαιδευτικού ήταν -εσκεμμένα- περιορισμένη και, με εξαίρεση την πρώτη φάση, αφορούσε μόνο την παροχή τεχνικής βοήθειας, αν και όποτε αυτό ήταν απαραίτητο. Τα παραπάνω, είχαν ως αποτέλεσμα οι μαθητές να είναι ελεύθεροι να διαμορφώσουν μόνοι τους τη μαθησιακή τους πορεία. Έτσι, μπορούσαν να μελετήσουν το γνωστικό υλικό για όσο ήθελαν και με όποια σειρά ήθελαν, να συζητούν μεταξύ τους και να ανταλλάσσουν απόψεις. Τέλος, πρέπει να σημειωθεί ότι για κάθε διδακτική παρέμβαση διατέθηκε ένα διδακτικό δίωρο. Αυτό γιατί θα έπρεπε να υπάρχει άνεση χρόνου για να διεξαχθούν οι δραστηριότητες που περιλάμβανε η κάθε φάση της διδασκαλίας.

Για να είναι εφικτή η αξιολόγηση των γνωστικών/μαθησιακών αποτελεσμάτων της παραπάνω μεθόδου, αποφασίστηκε η δημιουργία δύο επιπλέον ομάδων μαθητών. Η πρώτη ομάδα διδάχθηκε συμβατικά χρησιμοποιώντας το έντυπο υλικό που περιγράφηκε στην προηγούμενη ενότητα. Η διδασκαλία σε αυτή την ομάδα αντανάκλούσε ένα καθημερινό τυπικό μάθημα, που είναι κατά κύριο λόγο δασκαλοκεντρικό και η εργασία των μαθητών γίνεται σε ατομική βάση. Έτσι, παρότι πραγματοποιήθηκαν τα ίδια πειράματα με την ομάδα που χρησιμοποίησε tablets και παρότι έγιναν οι ίδιες εργασίες και δραστηριότητες, τον κύριο λόγο και τον έλεγχο της τάξης τον είχε ο δάσκαλος· ο ενεργός ρόλος των μαθητών ήταν περιορισμένος. Ο λόγος που σχηματίστηκε αυτή η ομάδα ήταν για να παρέχει τη βάση, το μέτρο σύγκρισης των αποτελεσμάτων των άλλων δύο ομάδων. Αντίθετα, στη δεύτερη ομάδα το διδακτικό σχήμα ήταν ακριβώς το ίδιο με την ομάδα που χρησιμοποίησε tablets, με τη διαφορά ότι χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά και μόνο έντυπο υλικό. Επίσης, ο εκπαιδευτικός συμμετείχε ενεργά σε όλες τις φάσεις, ξεκινώντας ή συμμετέχοντας στις συζητήσεις των μαθητών και δίνοντας τις αναγκαίες εξηγήσεις είτε σε επίπεδο ομάδας είτε σε επίπεδο τάξης. Ο λόγος που σχηματίστηκε αυτή

η ομάδα ήταν για να διαπιστωθεί τι μαθησιακά αποτελέσματα προκύπτουν από τον ιδανικό, τουλάχιστον σύμφωνα με σημαντικό μέρος της βιβλιογραφίας, τρόπο διδασκαλίας.

Συνοψίζοντας, μία ομάδα διδάχθηκε συμβατικά με περιορισμένη αυτονομία των μαθητών και με έντυπο υλικό. Μία δεύτερη ομάδα διδάχθηκε με το σχήμα που πρότειναν οι Driver και Oldham και με έντυπο υλικό. Τέλος, η τρίτη ομάδα διδάχθηκε με το σχήμα που πρότειναν οι Driver και Oldham, όμως με αυξημένη αυτονομία των μαθητών και με τη χρήση tablets. Πρέπει να τονιστεί ότι εσκεμμένα εξετάστηκαν μόνο τα τρία παραπάνω διδακτικά σχήματα και γνωρίζοντας ότι κάποιος μπορεί να υποστηρίξει ότι πιθανώς θα έπρεπε να σχηματιστούν και άλλες ομάδες. Προβληματισμός για αυτό το στοιχείο αναπτύσσεται στην ενότητα "Συζήτηση" όμως, στο σημείο αυτό, θα πρέπει να διευκρινιστεί ότι η παρούσα εργασία παρουσιάζει μία πιλοτική εφαρμογή που αποτελεί μέρος ενός ευρύτερου προγράμματος. Το ενδιαφέρον, στη συγκεκριμένη περίπτωση, εστίαζε στα στοιχεία της αυτο-καθοδηγούμενης μάθησης και στην κατασκευή εφαρμογών από τον εκπαιδευτικό. Επίσης, ο σχηματισμός περισσότερων ομάδων, παρότι πάντα επιθυμητός, συνάντησε σοβαρά οργανωτικά προβλήματα (αρνήσεις σχολείων για συμμετοχή, τμήματα με μικρό αριθμό μαθητών, αρνήσεις εκπαιδευτικών να ανατρέψουν το ωρολόγιο πρόγραμμά τους, κτλ.). Σε κάθε περίπτωση, διαφορετικά διδακτικά σχήματα είχαν ήδη εξεταστεί σε προηγούμενες πιλοτικές εφαρμογές με το ίδιο αντικείμενο (Fokides & Atsikpasi, 2017; Fokides, 2018), συνεπώς, τα στοιχεία της παρούσας έρευνας συμπληρώνουν τις προηγούμενες και συνεισφέρουν στον σχεδιασμό του κυρίως προγράμματος.

4.4 Εργαλεία συλλογής δεδομένων

Για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν φύλλα αξιολόγησης (ένα για κάθε διδακτική ενότητα), ένα pre- και ένα delayed post-test. Σκοπός του pre-test ήταν να ελέγξει κατά πόσο οι δύο ομάδες μαθητών είχαν κοινή γνωστική αφετηρία. Σκοπός του delayed post-test ήταν να ερευνηθεί η διατηρησιμότητα των γνώσεων και χορηγήθηκε δύο εβδομάδες μετά το πέρας των παρεμβάσεων. Κατά την κατασκευή όλων των φύλλων αξιολόγησης, που περιλάμβαναν ανοικτού και κλειστού τύπου ερωτήσεις (πολλαπλής επιλογής, σωστού-λάθους, συμπλήρωσης κενών, κτλ.), λήφθηκε μέριμνα ώστε (α) να καλύπτεται πλήρως το εκάστοτε διδακτικό αντικείμενο, (β) να υπάρχει ένα ισορροπημένο μίγμα εύκολων και δύσκολων ερωτήσεων και (γ) οι περισσότερες ερωτήσεις (πάνω από τις μισές) να μην ελέγχουν απλά και μόνο απόκτηση γνώσεων αλλά η απάντηση σε αυτές να απαιτεί συνδυασμό γνώσεων και κριτική σκέψη.

Επιπλέον, στην ομάδα η οποία διδάχθηκε μέσω των tablets, χορηγήθηκε το Instructional Materials Motivation Survey (IMMS). Το ερωτηματολόγιο αυτό, που περιλαμβάνει 36 ερωτήσεις, χρησιμοποιείται στην αποτύπωση των στάσεων και απόψεων των μαθητών για εκπαιδευτικό υλικό αυτο-καθοδηγούμενης μάθησης (Keller, 1987). Συγκεκριμένα, αποτυπώνει τους παράγοντες προσοχή (attention), σχέση με τα προσωπικά ενδιαφέροντα (relevance), αυτοπεποίθηση (confidence), ικανοποίηση (satisfaction) και, ως άθροισμα των παραπάνω παραγόντων, την παροχή κινήτρων. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι ερωτήσεις του IMMS προσαρμόζονται εύκολα σε κάθε τύπο εκπαιδευτικού υλικού και ως εργαλείο χρησιμοποιείται κατά κόρον στην αποτύπωση των κινήτρων που παρέχουν εκπαιδευτικά λογισμικά και εφαρμογές (ενδεικτικά, Estapa & Nadolny, 2015; Solak & Cakir, 2015).

5. Ανάλυση δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, συνολικά 63 μαθητές συμμετείχαν στη μελέτη, χωρισμένοι σε τρεις ομάδες. Από την ανάλυση εξαιρέθηκαν όσοι μαθητές ήταν απόντες σε ένα ή περισσότερα φύλλα αξιολόγησης. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το τελικό δείγμα να αποτελείται από 60 μαθητές, 20 σε κάθε ομάδα (Ομάδα1 = συμβατική διδασκαλία, Ομάδα2 = διδασκαλία με εποικοδομητιστικό μοντέλο, Ομάδα3 = διδασκαλία με εποικοδομητιστικό μοντέλο και tablets). Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων στα φύλλα αξιολόγησης, αυτά βαθμολογήθηκαν με βάση τις σωστές απαντήσεις. Στοιχεία για τη μέση βαθμολογία και για την τυπική απόκλιση, ανά ομάδα συμμετεχόντων και ανά φύλλο αξιολόγησης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.

Αναλύσεις διασποράς μίας κατεύθυνσης (One-way ANOVA testing) επρόκειτο να διεξαχθούν για να συγκριθούν οι βαθμολογίες των μαθητών στα φύλλα αξιολόγησης και με βάση τις δύο ομάδες που συμμετείχαν. Πριν γίνει η ανάλυση, ελέγχθηκε το κατά πόσο πληρούνται οι προϋποθέσεις για τη διεξαγωγή αυτού του είδους της ανάλυσης. Διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχαν παραβιάσεις των προϋποθέσεων εκτός από δύο περιπτώσεις απόκλισης από την κανονικότητα της κατανομής των δεδομένων, όπως αυτό εκτιμήθηκε από Q-Q γραφήματα και το Shapiro-Wilk test ($p > 0,05$ εκτός δύο περιπτώσεων). Όμως, το ANOVA τεστ είναι αρκετά ανθεκτικό στις περιπτώσεις μέτριας παραβίασης της κανονικότητας της κατανομής (Lix, Keselman, & Keselman, 1996). Στην προκειμένη περίπτωση, η παραβίαση ήταν μικρή και, συνεπώς, θεωρήθηκε αποδεκτή απόκλιση από τις προϋποθέσεις. Εφόσον τα δεδομένα σε όλα τα φύλλα αξιολόγησης πληρούσαν όλες τις προϋποθέσεις, σε αυτά διεξήχθη το One-way ANOVA test. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 1. Ανάλυση αποτελεσμάτων φύλλων αξιολόγησης

	Ομάδα μαθητών					
	Ομάδα1		Ομάδα2		Ομάδα3	
	(N = 20)		(N = 20)		(N = 20)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Pre-test (max = 20)	7,10	2,91	7,95	2,56	7,95	2,4
Φύλλο αξιολόγησης 1 (max = 20)	12,03	3,55	13,20	3,27	11,35	3,33
Φύλλο αξιολόγησης 2 (max = 20)	9,30	4,55	13,08	5,27	12,03	5,38
Φύλλο αξιολόγησης 3 (max = 20)	10,28	4,56	10,95	4,63	11,15	5,77
Φύλλο αξιολόγησης 4 (max = 20)	8,55	2,44	11,48	2,39	10,95	4,2
Delayed post-test (max = 20)	10,59	3,70	10,71	4,34	11,16	3,42

Πίνακας 2. Αποτελέσματα One-way ANOVA

	Αποτέλεσμα	Ερμηνεία
Pre-test	$F(2, 57) = 1,16, p = 0,141$	Μη στατιστικά σημαντική διαφορά
Φύλλο αξιολόγησης 1	$F(2, 57) = 1,53, p = 0,226$	Μη στατιστικά σημαντική διαφορά
Φύλλο αξιολόγησης 2	$F(2, 57) = 2,94, p = 0,061$	Μη στατιστικά σημαντική διαφορά
Φύλλο αξιολόγησης 3	$F(2, 57) = 0,17, p = 0,846$	Μη στατιστικά σημαντική

Φύλλο αξιολόγησης 4	$F(2, 57) = 4,98, p = 0,010$	διαφορά Στατιστικά σημαντική διαφορά
Delayed post-test	$F(2, 57) = 0,12, p = 0,886$	Μη στατιστικά σημαντική διαφορά

Post-hoc συγκρίσεις μεταξύ όλων των ζευγών πραγματοποιήθηκαν στο Φύλλο Αξιολόγησης 4 όπου εντοπίστηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των ομάδων. Προέκυψε ότι η Ομάδα 3 ($M = 10,95, SD = 4,2$) ξεπέρασε με στατιστικά σημαντική διαφορά την Ομάδα 1 ($M = 8,55, SD = 2,44, p = 0,05$) αλλά όχι την Ομάδα 2 ($M = 11,48, SD = 2,39, p = 0,86$). Επίσης, η Ομάδα 2 ξεπέρασε με στατιστικά σημαντική διαφορά την Ομάδα 1 ($p = 0,001$). Λαμβάνοντα υπόψη ότι σε όλα τα φύλλα αξιολόγησης πλην ενός, καθώς και ότι στο Delayed post-test, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των ομάδων, συμπεραίνεται ότι όλες οι ομάδες ήταν μεταξύ τους ισοδύναμες και είχαν το ίδια γνωστικά/μαθησιακά αποτελέσματα. Αυτό το στοιχείο οδηγεί στην απόρριψη τόσο της $Y1$ όσο και της $Y2$.

Αναφορικά με το ερωτηματολόγιο κινήτρων, από την υψηλή βαθμολογία τόσο σε κάθε έναν παράγοντα ξεχωριστά όσο και από το σύνολο, προκύπτει ότι οι μαθητές ανταποκρίθηκαν θετικά, επαληθεύοντας έτσι την $Y3$. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα 3. Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από συγκεκριμένες ερωτήσεις, που καταδεικνύουν το αυξημένο ενδιαφέρον των μαθητών, το ότι βοηθήθηκαν στο να μάθουν και το ότι η όλη διαδικασία ήταν διασκεδαστική.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα ερωτηματολογίου ανά παράγοντα

Παράγοντας	<i>M</i>	<i>SD</i>
Προσοχή (max = 60)	44,89	10,62
Σχέση με προσωπικά ενδιαφέροντα (max = 45)	31,74	6,14
Αυτοπεποίθηση (max = 45)	33,11	8,44
Ικανοποίηση (max = 30)	22,48	4,94
Παροχή κινήτρων (max = 180)	132,21	28,55

Πίνακας 4. Αποτελέσματα από συγκεκριμένες ερωτήσεις

Ερώτηση	<i>M</i>	<i>SD</i>
Το μάθημα μου τράβηξε το ενδιαφέρον από την αρχή.	4,11	1,20
Το μάθημα είχε στοιχεία που μου κίνησαν την περιέργεια.	4,34	1,19
Το μάθημα με ενδιέφερε.	4,00	1,00
Τώρα μπορώ να συσχετίσω τις λειτουργίες των φυτών με πράγματα που έχω δει στην καθημερινή μου ζωή.	4,00	1,15
Θα ήθελα να μάθω περισσότερα πράγματα για τις λειτουργίες των φυτών.	4,18	1,22
Διασκέδασα με το μάθημα.	4,11	0,81
Διασκέδασα που χρησιμοποίησα tablets.	4,29	1,20

6. Συζήτηση

Σκοπός της εργασίας ήταν να διερευνηθεί τα μαθησιακά αποτελέσματα που προκύπτουν από τη χρήση tablets και μικρο-εφαρμογών με στοιχεία ΕΠ από μαθητές του δημοτικού, για τη διδασκαλία των διεργασιών ανάπτυξης των φυτών. Για το σκοπό αυτό

δημιουργήθηκαν τρεις ομάδες μαθητών της Στ' τάξης όπου στη μία ακολουθήθηκε ένα συμβατικό σχήμα διδασκαλίας με χρήση έντυπου υλικού, στη δεύτερη εφαρμόστηκε ένα εποικοδομητιστικό μοντέλο διδασκαλίας και χρησιμοποιήθηκε έντυπο υλικό, ενώ στην τρίτη ομάδα το εποικοδομητιστικό διδακτικό μοντέλο παραλλάχθηκε έτσι ώστε να διασφαλιστεί η αυξημένη αυτονομία των μαθητών και, παράλληλα, το έντυπο υλικό αντικαταστάθηκε από tablets και μικρο-εφαρμογές με στοιχεία ΕΠ. Με εξαίρεση μόνο μία περίπτωση (που μπορεί να θεωρηθεί τυχαία), δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά στα μαθησιακά αποτελέσματα των τριών ομάδων. Όχι μόνο αυτό, αλλά φάνηκε ότι δεν υπήρξε διαφοροποίηση και στη διατηρησιμότητα των γνώσεων. Έτσι, απορρίφθηκαν οι δύο πρώτες ερευνητικές υποθέσεις, οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι όταν οι μαθητές έχουν αυξημένο έλεγχο στη μαθησιακή τους πορεία και παράλληλα χρησιμοποιούν tablets, δεν περιμένουμε να έχουν καλύτερα γνωστικά αποτελέσματα σε σύγκριση με μία συμβατική διδασκαλία στην οποία χρησιμοποιείται έντυπο υλικό, αλλά ούτε και σε σύγκριση με μια καλά οργανωμένη διδασκαλία που επίσης χρησιμοποιείται έντυπο υλικό. Με βάση αυτό το συμπέρασμα, η παρούσα έρευνα διαφοροποιείται από εκείνες που υποστηρίζαν ότι η χρήση των tablets έχει θετική επίδραση και βρίσκεται σε συμφωνία με άλλες όπου επισήμαναν είτε αρνητικά είτε ουδέτερα αποτελέσματα (ενδεικτικά, Dündar & Akcayir, 2012; Perry & Steck, 2015).

Κάποιος θα μπορούσε να ερμηνεύσει τα παραπάνω ως αποτυχία της διδακτικής μεθόδου ή ως αποτυχία των tablets να παράξουν ικανοποιητικά μαθησιακά αποτελέσματα. Όμως κάτι τέτοιο θα ήταν άστοχο για αρκετούς λόγους. Ένα πρώτο στοιχείο που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι το διδακτικό αντικείμενο που επιλέχθηκε. Οι λειτουργίες ανάπτυξης των φυτών δυσκολεύουν ιδιαίτερα τους μαθητές· οι λανθασμένες αντιλήψεις τους είναι αξιοσημείωτες (Canal (1999; McNair & Stein, 2001) και δύσκολα αίρονται ακόμα και μετά από διδασκαλία (Driver et al., 2014). Αυτό επιβεβαιώνεται από τα αποτελέσματα όλων των φύλλων αξιολόγησης και όλων των ομάδων. Σε αυτά φαίνεται ξεκάθαρα η χαμηλή βαθμολογία των μαθητών· σε κάθε περίπτωση περίπου οι μισές απαντήσεις ήταν λανθασμένες (βλ. Πίνακα 1). Θα ήταν ανεδαφικό να αναμένει κάποιος πως με ένα μικρό αριθμό παρεμβάσεων σε ένα τόσο δύσκολο διδακτικό αντικείμενο θα υπήρχαν εμφανή θετικά αποτελέσματα. Μάλιστα, φαίνεται ότι ακόμα και μία καλά οργανωμένη διδασκαλία (Ομάδα 2) δεν κατάφερε να ξεπεράσει τη συμβατική διδασκαλία (Ομάδα 1). Από την άλλη, το στοιχείο αυτό μάλλον επιβεβαιώνει την παραπάνω συλλογιστική.

Ένα δεύτερο στοιχείο αφορά το διδακτικό σχήμα που ακολουθήθηκε στην ομάδα που χρησιμοποίησε τα tablets. Υπενθυμίζεται ότι στην ομάδα αυτή ο ρόλος του εκπαιδευτικού ήταν εξαιρετικά περιορισμένος και αφορούσε μόνο τεχνική βοήθεια. Μεγάλος αριθμός ερευνών υποστηρίζει ότι τα ικανοποιητικά γνωστικά αποτελέσματα λόγω της χρήσης tablets στη διδασκαλία οφείλονται στην αυτονομία των μαθητών και στον έλεγχο επάνω στη μαθησιακή τους πορεία (van Deurse et al., 2016), αλλά και στην ενίσχυση της συνεργατικής μάθησης (Haßler et al., 2016; Kearney et al., 2012). Παρότι αυτά ισχύουν στην παρούσα έρευνα, μιας και το διδακτικό σχήμα στην Ομάδα 3 τα επιδίωξε και τα δύο, τα αποτελέσματα μάλλον τείνουν να επιβεβαιώσουν την άποψη ότι ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι σημαντικός όπως υποστήριζαν οι Montrieux και Schellens (2017). Από την άλλη, δεν μπορεί να παραβλεφθεί το γεγονός ότι στην Ομάδα 3 οι μαθητές ήταν ουσιαστικά αυτό-διδασκόμενοι, ούτε το ότι αυτή η ομάδα είχε ισοδύναμα αποτελέσματα με την Ομάδα 2, όπου υπήρχε ενεργός συμμετοχή του εκπαιδευτικού. Αυτές οι παρατηρήσεις μας οδηγούν στη διαπίστωση ότι τα tablets και οι

εφαρμογές τους όντως έχουν ένα αξιοσημείωτο δυναμικό και στον προβληματισμό για το τι αποτελέσματα θα υπήρχαν εάν υπήρχε και υποστήριξη από τον εκπαιδευτικό.

Συνεπώς, προκύπτει η αναγκαιότητα να ερμηνευτεί η παραπάνω διαπίστωση με βάση κάποια χαρακτηριστικά των tablets και των εφαρμογών τους. Η βιβλιογραφία αναφέρει ότι ο αυξημένος βαθμός αλληλεπίδρασης με το γνωστικό υλικό, που επιτρέπουν τόσο τα tablets όσο και οι εφαρμογές ΕΠ, αλλά και η καλύτερη οπτικοποίηση πολύπλοκων και αφηρημένων εννοιών (Chen, et al., 2017; Cheng & Tsai, 2013; Kesim & Ozarslan, 2012), συμβάλλουν στα θετικά μαθησιακά αποτελέσματα (Fokides, 2018). Επίσης, η χρήση των tablets δημιουργεί ένα ελκυστικό και ευχάριστο μαθησιακό περιβάλλον, που κάνει τη μάθηση πιο διασκεδαστική (Fokides, 2018; Snell & Snell-Siddle, 2013). Πράγματι, αυτό διαπιστώνεται από τις σχετικές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που χορηγήθηκε στους μαθητές της Ομάδας 3, όπου η ευχαρίστηση/διασκέδαση όντως αξιολογήθηκε πολύ θετικά (βλ. Πίνακα 4). Από το ερωτηματολόγιο προκύπτει επίσης ότι οι μαθητές έδειξαν ενδιαφέρον να μάθουν, όπως άλλωστε έχουν επισημάνει και άλλοι (Bacca et al., 2014). Δεν πρέπει επίσης να διέλθει της προσοχής ότι το συνολικό αποτέλεσμα του ερωτηματολογίου, που αποτιμούσε το κατά πόσο τα tablets και οι εφαρμογές παρείχαν κίνητρα στους μαθητές, ήταν αρκετά έως πολύ υψηλό. Συνεπώς, επιβεβαιώνονται αντίστοιχες έρευνες που επισήμαναν ακριβώς αυτό (Bacca et al., 2014; Fokides, 2018; Kesim & Ozarslan, 2012). Συνολικά λοιπόν, μπορεί να υποστηριχθεί ότι η αυξημένη αλληλεπίδραση με το γνωστικό υλικό, η διασκέδαση, το ενδιαφέρον των μαθητών και τα αυξημένα τους κίνητρα για μάθηση, λειτούργησαν ως αντιστάθμισμα στην απουσία υποστήριξης από τον εκπαιδευτικό.

Ένα ακόμα στοιχείο που με βεβαιότητα έπαιξε ρόλο στη διαμόρφωση των αποτελεσμάτων ήταν ο τρόπος που κατασκευάστηκαν οι εφαρμογές. Αναφέρθηκε στην ενότητα "Υλικό" ότι αυτές κατασκευάστηκαν από τη δασκάλα της τάξης η οποία είχε βασικές γνώσεις χειρισμού υπολογιστών αλλά καμία πρότερη εμπειρία στην ανάπτυξη εφαρμογών. Επίσης, δεν της παρασχέθηκε ούτε τεχνική βοήθεια ούτε παιδαγωγική καθοδήγηση. Αυτό έγινε γιατί ένας έμμεσος στόχος της παρούσας έρευνας ήταν να διερευνήσει τα μαθησιακά αποτελέσματα που μπορεί να έχουν εφαρμογές που έχουν κατασκευαστεί από τους ίδιους εκπαιδευτικούς, ακολουθώντας μία τάση που υπάρχει στη βιβλιογραφία το τελευταίο διάστημα (Bano et al., 2018). Δύο σημαντικές παρατηρήσεις προέκυψαν από αυτή την προσπάθεια. Πρώτον, ο χρόνος που απαιτήθηκε (περίπου σαράντα ώρες) για την κατασκευή τεσσάρων μικρο-εφαρμογών που αξιοποιήθηκαν σε ισάριθμες διδακτικές παρεμβάσεις, είναι -αν μη τι άλλο- μεγάλος. Πέρα από τις προφανείς δυσκολίες ενός τέτοιου εγχειρήματος, τις οποίες έχουν επισημάνει και άλλοι ερευνητές (Dündar & Akçayır, 2014), είναι αλήθεια ότι ελάχιστοι εκπαιδευτικοί θα αφιερώσουν τόσες ώρες για να κατασκευάσουν υλικό για τις τάξεις τους. Δεύτερον, οι εφαρμογές θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν, από κάποιον ειδικό, τεχνικά και παιδαγωγικά ελλιπείς. Πράγματι, σε μεγάλο βαθμό, κάτι τέτοιο ισχύει: οι εφαρμογές ήταν ερασιτεχνικές και κατά πολύ κατώτερες ανάλογων εμπορικών. Μάλιστα, λόγω των αδυναμιών τους, είναι σχεδόν βέβαιο ότι δυσκόλεψαν τους μαθητές στην κατανόηση του γνωστικού αντικείμενου κάτι που, με τη σειρά του, είχε αρνητικό αντίκτυπο στα γνωστικά αποτελέσματα.

Η δυσκολία εύρεσης εμπορικών εφαρμογών με αξιόλογη παιδαγωγική αξία (Fokides & Mastrokoukou, 2018; Henderson & Yeow, 2012) και, ταυτόχρονα, οι δυσκολίες κατασκευής εφαρμογών από τους ίδιους τους εκπαιδευτικούς, οδηγούν, με μαθηματική

ακρίβεια, στην αδυναμία αξιοποίησης του συγκεκριμένου τεχνολογικού εργαλείου στη διδασκαλία (Haßler et al., 2016). Υπάρχουν δύο πιθανές λύσεις σε αυτό το πρόβλημα. Η πρώτη έχει να κάνει με τη συχνή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών πάνω σε θέματα ενσωμάτωσης των tablets στη διδασκαλία (Haßler et al., 2016) και με την εξεύρεση εργαλείων που θα τους επιτρέπουν να κατασκευάζουν γρήγορα -αλλά τεχνικά και παιδαγωγικά άρτιες- εφαρμογές. Η δεύτερη λύση έχει να κάνει με την αντιμετώπιση του προβλήματος μέσω της στενής συνεργασίας ομάδων κατασκευής εφαρμογών με την εκπαιδευτική κοινότητα, προκειμένου με την κατάλληλη παιδαγωγική υποστήριξη και καθοδήγηση να εμπλουτιστούν τα αντικείμενα που διδάσκονται στο ελληνικό σχολείο με εφαρμογές κατάλληλα σχεδιασμένες και σύμφωνες με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Κάτι τέτοιο έχει επισημανθεί ιδιαίτερα από πολλούς μελετητές που διεξήγαγαν παρόμοιες έρευνες (Ifenthaler & Schweinbenz, 2013; Rikala et al., 2012).

7. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας δίνουν τροφή για περαιτέρω σκέψη και προβληματισμό. Ταυτόχρονα, υπάρχουν περιορισμοί που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Το δείγμα (60 μαθητές), αν και θεωρείται επαρκές για στατιστική ανάλυση, είναι αρκετά μικρό για να επιτρέψει την ασφαλή γενίκευση των συμπερασμάτων. Το ίδιο ισχύει και για τον αριθμό των παρεμβάσεων. Είναι αλήθεια ότι δεν στάθηκε δυνατό να περιληφθούν περισσότερες ενότητες και περισσότερες ομάδες μαθητών, λόγω της αναστάτωσης που προκλήθηκε στο ωρολόγιο πρόγραμμα των σχολείων όπου πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Τέλος, όπως σε κάθε έρευνα όπου χρησιμοποιούνται ερωτηματολόγια, υπάρχει πάντα η περίπτωση οι συμμετέχοντες να μην ήταν απόλυτα ειλικρινείς. Μάλιστα, επειδή συμμετείχαν μαθητές, μπορεί να εξέλαβαν το ερωτηματολόγιο ως μία μορφή αξιολόγησης. Μελλοντικές έρευνες θα μπορούσαν να έχουν μεγαλύτερα δείγματα και πιθανώς μεγαλύτερο εύρος ηλικιών. Πέρα από την εξέταση των γνωστικών αποτελεσμάτων, η στοχευμένη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τις διεργασίες ανάπτυξης των φυτών θα μπορούσε να αποτελέσει αντικείμενο έρευνας. Επίσης, μεγαλύτερη διάρκεια θα επέτρεπε να εξεταστεί το κατά πόσο διαφοροποιούνται τα μαθησιακά αποτελέσματα και οι απόψεις των μαθητών όταν παύει ο αρχικός ενθουσιασμός τους που προκαλείται από τη χρήση των tablets. Ενδιαφέρον θα είχε να γίνει σύγκριση των tablets με άλλα τεχνολογικά εργαλεία. Κάτι τέτοιο θα επέτρεπε να εντοπιστούν τα πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα που το κάθε μέσο προσφέρει. Τέλος, η χρήση ποιοτικών εργαλείων συλλογής δεδομένων, όπως συνεντεύξεις και παρατηρήσεις, θα επιτρέψει την καλύτερη κατανόηση της αξίας των tablets ως μαθησιακού εργαλείου.

Συμπερασματικά, παρότι η χρήση tablets και εφαρμογών με στοιχεία ΕΠ για τη διδασκαλία των διεργασιών ανάπτυξης των φυτών στο δημοτικό σχολείο δεν φάνηκε να προσφέρει κάποιο συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με άλλες μεθόδους, εντούτοις, το θέμα αξίζει να μελετηθεί εκτενέστερα, έτσι ώστε να βρεθούν τρόποι καλύτερης αξιοποίησής τους.

Βιβλιογραφία

Κουμαράς, Π. (2007). Τα νέα σχολικά εγχειρίδια των Φυσικών Επιστημών Ε' και Στ' τάξης του Δημοτικού Σχολείου: Μια κριτική θεώρηση. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα & Πράξη*, 21-22, 18-33.

- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk, M. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society, 17* (4), 133-149.
- Bano, M., Zowghi, D., Kearney, M., Schuck, S., & Aubusson, P. (2018). Mobile learning for science and mathematics school education: A systematic review of empirical evidence. *Computers & Education, 121*, 30-58.
- Bidin, S., & Ziden, A. A. (2013). Adoption and application of mobile learning in the education industry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 90*, 720-729.
- Canal, P. (1999). Photosynthesis and 'inverse respiration' in plants: an inevitable misconception. *International Journal of Science Education, 21*, 363-371.
- Cavus, N., & Ibrahim, D. (2009). m-Learning: An experiment in using SMS to support learning new English language words. *British Journal of Educational Technology, 40*, 78-91.
- Cheng, K.-H., & Tsai, C.-C. (2013). Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Science Education and Technology, 449-462*.
- Chu, H. C. (2014). Potential negative effects of mobile learning on students' learning achievement and cognitive load-A Format assessment perspective. *Educational Technology & Society, 17*(1), 332-344.
- Driver, R., & Oldham, V. (1986). A constructivist approach to curriculum development in science. *Studies in Science Education, 18*, 105-122.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2014). *Making sense of secondary science: Research into children's ideas*. Routledge.
- Dündar, H., & Akçayır, M. (2014). Implementing tablet PCs in schools: Students' attitudes and opinions. *Computers in Human Behavior, 32*, 40-46.
- Estapa, A., & Nadolny, L. (2015). The effect of an augmented reality enhanced mathematics lesson on student achievement and motivation. *Journal of STEM Education, 16*(3).
- Fokides, E. (2018). Tablets in primary schools: Results of a study for teaching the human organ systems. *International Journal of Smart Education and Urban Society, 9*(3), 1-16.
- Fokides, E., & Atsikpasi, P. (2017). Tablets in education. Results from the initiative ETiE, for teaching plants to primary school students. *Education and Information Technologies, 22*(5), 2545-2563.
- Fokides, E., & Mastrokourou, A. (2018). Results from a study for teaching human body systems to primary school students using tablets. *Contemporary Educational Technology, 9*(2), 154-170.
- Haßler, B., Major, L., & Hennessy, S. (2016). Tablet use in schools: a critical review of the evidence for learning outcomes. *Journal of Computer Assisted Learning, 32*(2), 139-156.
- Hashemi, M., Azizinezhad, M., Najafi, V., & Nesari, A. (2011). What is Mobile Learning ? Challenges and Capabilities. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*(30), 2477-2481.
- Heinrich, P. (2012). The iPad as a tool for education - a case study. Longfield Academy, Kent: Naace.
- Henderson, S., & Yeow, J. (2012). iPad in education: A case study of iPad adoption and use in a primary school. *Proceedings of the 45th Hawaii International Conference in System Science (HICSS), 2012*, 78-87. IEEE.
- Ifenthaler, D., & Schweinbenz, V. (2013). The acceptance of Tablet-PCs in classroom instruction: The teachers' perspectives. *Computers in Human Behavior, 29*(3), 525-534.
- Kearney, M., Schuck, S., Burden, K., & Aubusson, P. (2012). Viewing mobile learning from a pedagogical perspective. *Research in learning technology, 20*(1).
- Keller, J. M. (1987). *IMMS: Instructional materials motivation survey*. Florida State University.
- Kesim, M., & Ozarlan, Y. (2012). Augmented reality in education: current technologies and the potential for education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 47*, 297-302.
- Lally, D., Brooks, E., Tax, F. E., & Dolan, E. L. (2007). Sowing the seeds of dialogue: public engagement through plant science. *The Plant Cell, 19*(8), 2311-2319.
- Lindemann-Matthies, P. (2002). The influence of an educational program on children's perception of biodiversity. *The Journal of Environmental Education, 33*(2), 22-31.
- Liu, T. C., Lin, Y. C., & Paas, F. (2014). Effects of prior knowledge on learning from different compositions of representations in a mobile learning environment. *Computers & Education, 72*, 328-338.
- Lix, L. M., Keselman J. C., & Keselman H. J. (1996). Consequences of assumption violations revisited: A quantitative review of alternatives to the one-way analysis of variance F test. *Review of Educational Research, 66*, 579-619.

- McNair, S., & Stein, M. (2001). Drawing on their understanding: using illustrations to invoke deeper thinking about plants. *Proceedings of the 2001 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science*, 1364-1375.
- Montrieux, H., & Schellens, R. (2017). "The best app is the teacher" Introducing classroom scripts in technology-enhanced education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33, 267-281.
- Özay, E., & Öztaş, H. (2003). Secondary students' interpretations of photosynthesis and plant nutrition. *Journal of Biological Education*, 37(2), 68-70.
- Osborne, J., & Dillon, J. (2008). *Science education in Europe: Critical reflections* (Vol. 13). London: The Nuffield Foundation.
- Perry, D. R., & Steck, A. K. (2015). Increasing student engagement, self-efficacy, and meta-cognitive self-regulation in the high school geometry classroom: do iPads help? *Computers in the Schools*, 32(2), 122-143.
- Prieto, J. C., Sánchez Prieto, J., Olmos Migueláñez, S., & García-Peñalvo, F. (2014). Understanding mobile learning: devices, pedagogical implications and research lines. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 15(1).
- Ribeiro, V., & Sousa, V. (2017). Travel through the oceans: augmented reality to enhance learning in early childhood education. *Proceeding of the 3rd Annual International Conference of the Immersive Learning Research Network*, 248-255. Coimbra, Portugal: Springer.
- Rikala, J., Vesisenaho, M., & Mylläri, J. (2013). Actual and potential pedagogical use of tablets in schools. *Human Technology*, 9(2), 113-131.
- Shuler, C., Winters, N., & West, M. (2013). *The future of mobile learning: Implications for policy makers and planners*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 7-35.
- Simpson, W., & Arnold, B. (1982). Availability of prerequisite concepts for learning biology at certificate level. *Journal of Biological Education*, 16(1), 65-72.
- Snell, S., & Snell-Siddle, C. (2013). Mobile learning: The effects of gender and age on perceptions of the use of mobile tools. *Proceedings of the Second International Conference on Informatics Engineering & Information Science (ICIEIS2013)*, 274-281. The Society of Digital Information and Wireless Communication.
- Solak, E., & Cakir, R. (2015). Exploring the Effect of Materials Designed with Augmented Reality on Language Learners' Vocabulary Learning. *Journal of Educators Online*, 12(2), 50-72.
- Trundle, K. C., Atwood, R. K., & Christopher, J. E. (2002). Preservice elementary teachers' conceptions of moon phases before and after instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(7), 633-658.
- van Deurse, A., ben Allouch, S., & Ruijter, L. (2016). Tablet use in primary education: Adoption hurdles and attitude determinants. *Education Information Technology*, 21, 971-990.
- Van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *The International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1-20.