



ΔΙΕΘΝΕΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ – WEB INTELLIGENCE

**Η Εικονική Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση για την  
Επαγγελματική Ασφάλεια**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

**ΑΝΝΑΣ ΚΑΪΜΑΚΑΜΗ**

**Επιβλέπων :** Δρ. Ευκλείδης Κεραμόπουλος  
Καθηγητής, ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2024





ΔΙΕΘΝΕΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ –  
WEBINTELLIGENCE

## Η Εικονική Πραγματικότητα στην Εκπαίδευση για την Επαγγελματική Ασφάλεια

### ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

**ANNAΣ ΚΑΪΜΑΚΑΜΗ**

**Επιβλέπων :** Δρ. Ευκλείδης Κεραμόπουλος  
Καθηγητής ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις 2 Μαρτίου 2024.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....  
Δρ. Ευκλείδης Κεραμόπουλος  
Καθηγητής ΔΙ.ΠΑ.Ε.

.....  
Δρ. Στέφανος Ουγιάρογλου  
Επίκουρος Καθηγητής ΔΙ.ΠΑ.Ε.

.....  
Δρ. Περικλής Χατζημίσιος  
Καθηγητής ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Θεσσαλονίκη, Μάρτιος 2024

(Υπογραφή)

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Αννα Καϊμακάμη', written in a cursive style.

**Αννα Καϊμακάμη**

Εφαρμοσμένη Πληροφορική

© 2024– Allrightsreserved

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της συνεισφοράς της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση για την επαγγελματική ασφάλεια. Απώτερος στόχος είναι η ανασκόπηση/διερεύνηση της τρέχουσας βιβλιογραφίας για το συγκεκριμένο θέμα. Η συστηματική ανασκόπηση μέθοδος Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) εφαρμόστηκε για την εκπόνηση αυτής της μελέτης. Οι παραδοσιακές μέθοδοι εκπαίδευσης χαρακτηρίζονται από αρκετούς περιορισμούς. Ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης ασφάλειας που βασίζεται σε εικονική πραγματικότητα προσφέρει μια διαδραστική μορφή εκπαίδευσης που επιτρέπει στον χρήστη να αλληλεπιδρά με ένα προσομοιωμένο τρισδιάστατο περιβάλλον. Η ενσωμάτωση της σύγχρονης τεχνολογίας πληροφοριών, όπως η προσομοίωση σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση ασφαλείας των εργαζομένων, μπορεί να συμβάλει στην εξοικείωση με τους επαγγελματικούς κινδύνους, στη βελτίωση της επίγνωσης των εκπαιδευόμενων για πιθανούς κινδύνους στο πραγματικό εργασιακό περιβάλλον, στη διαμόρφωση συγκεκριμένων στάσεων και συμπεριφορών που συμβάλλουν στην ενίσχυση της κουλτούρας ασφάλειας.

**Λέξεις Κλειδιά:** επαγγελματική ασφάλεια, επαγγελματικός κίνδυνος, εκπαίδευση, εικονική πραγματικότητα



## **Abstract**

The purpose of this study is to examine the contribution of virtual reality to occupational safety training. The objective is to review/investigate the current literature concerning this specific topic. The systematic review method Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) was applied to prepare this study. Traditional training methods are characterized by several limitations. A virtual reality-based safety training program offers an interactive form of training that allows the user to interact with a simulated 3D environment. The integration of modern information technology, such as simulation in a virtual reality environment in the safety training of workers, can contribute to the familiarization of occupational hazards, to improve the awareness of trainees about possible hazards in the real work environment, to form specific attitudes and behaviors which contribute to strengthening the safety culture.

**Keywords:** occupational safety, occupational hazard, education, virtual reality





## Πίνακας περιεχομένων

<b>1</b>	<b>Εισαγωγή</b> .....	<b>1</b>
1.1	Τοποθέτηση του προβλήματος.....	1
1.2	Σκοπός και στόχοι .....	4
1.2.1	Συνεισφορά.....	4
1.3	Οργάνωση κειμένου .....	4
<b>2</b>	<b>Μέθοδος</b> .....	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Αποτελέσματα</b> .....	<b>9</b>
3.1	Διάγραμμα PRISMA .....	10
3.2	Στατιστικά στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά των μελετών .....	11
3.3	Μελέτες ανάπτυξης συστημάτων και πλατφορμών .....	14
3.3.1	Ηνωμένο Βασίλειο .....	14
3.3.2	Ασία .....	14
3.3.3	ΗΠΑ.....	17
3.3.4	Λοιπές χώρες .....	18
3.4	Μελέτες αναφορών .....	18
3.5	Συστηματικές ανασκοπήσεις και βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις .....	19
3.6	Εμπειρικές και πειραματικές μελέτες .....	20
3.6.1	Ευρώπη .....	20
3.6.2	ΗΠΑ.....	29
3.6.3	Αυστραλία / Νέα Ζηλανδία .....	39
3.6.4	Ασία .....	44
3.6.5	Μέση Ανατολή .....	52
3.6.6	Διάφορες χώρες .....	54
<b>4</b>	<b>Συζήτηση</b> .....	<b>57</b>
<b>5</b>	<b>Συμπεράσματα – Προτάσεις</b> .....	<b>64</b>
<b>6</b>	<b>Βιβλιογραφία</b> .....	<b>66</b>

## Κατάλογος σχημάτων

Σχήμα 3.1 Διάγραμμα ροής PRISMA .....	10
Σχήμα 3.2 Περιφέρεια διεξαγωγής έρευνας .....	11
Σχήμα 3.3 Είδος έρευνας μελετών .....	13
Σχήμα 3.4 Τομέας εφαρμογής έρευνας .....	13
Σχήμα 4.1 Τομέας έμφασης ως στόχος των μελετών .....	58
Σχήμα 4.2 Αντικείμενο συγκριτικών μελετών .....	59
Σχήμα 4.3 Αποτελέσματα χρήσης VR.....	60
Σχήμα 4.4 Τομέας αξιολόγησης αποτελεσμάτων εφαρμογών .....	60
Σχήμα 4.5 Εργαλεία ανάπτυξης VR εφαρμογών .....	61
Σχήμα 4.6 Τύπος έρευνας.....	62

## **Κατάλογος πινάκων**

Πίνακας 2.1 Στρατηγική αναζήτησης και οι λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των μελετών.....	6
Πίνακας 3.1 Χώρα διεξαγωγής έρευνας.....	11

# 1

## *Εισαγωγή*

### *1.1 Τοποθέτηση του προβλήματος*

Με την εξέλιξη των τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας, αρκετά εκπαιδευτικά περιβάλλοντα έχουν ενσωματώσει την εικονική πραγματικότητα. Μία διάσταση που έχει μελετηθεί σε αρκετές έρευνες είναι η εκπαίδευση για την επαγγελματική ασφάλεια. Αρκετοί χώροι εργασίας (π.χ. εργοτάξια) χαρακτηρίζονται από δυναμικότητα και πολυπλοκότητα, γεγονός που καθιστά δύσκολο τον έλεγχο και την παρακολούθησή τους. Για να αντιμετωπιστεί η πίεση της ανάπτυξης της αποφυγής ατυχημάτων, η ασφάλεια δεν μπορεί πλέον να βασίζεται σε παραδοσιακά μέτρα πρόληψης ατυχημάτων (Soeiro et al., 2021), όπου ενδεχομένως να μην αντικατοπτρίζονται οι πραγματικοί κίνδυνοι (Seo et al., 2021). Παράλληλα, τα υψηλά ποσοστά τραυματισμών μεταξύ των εργαζομένων, ιδίως των νεοεισερχόμενων ή νεαρής ηλικίας, είναι ένα σημαντικό ζήτημα δημόσιας υγείας, ειδικά δεδομένης της ζήτησης της αγοράς εργασίας για νέους εργαζόμενους (Shamsudin et al., 2018). Σε αυτό το πλαίσιο, η εκπαίδευση για τη διασφάλιση της επαγγελματικής ασφάλειας αποτελεί προτεραιότητα, αν όχι ανάγκη.

Όπως αναφέρουν οι John et al. (2020), η εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας μπορεί να είναι δύο βασικών τύπων: θεωρητική ή βιωματική. Η θεωρητική εκπαίδευση αναφέρεται στη μεταφορά γνώσεων σχετικά με τις θεμελιώδεις αρχές του φυσικού κόσμου που διέπουν τον τομέα εργασίας των ατόμων. Η βιωματική εκπαίδευση από την άλλη πλευρά αναφέρεται σε πρακτική εμπειρία που στοχεύει στα συνειρμικά και αυτόματα στάδια της διαδικασίας

μάθησης, δηλαδή στο να είναι σε θέση οι εκπαιδευόμενοι να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους στην πράξη χωρίς να το «σκέφτονται» υπό πραγματικούς περιορισμούς όπως ο περιορισμένος χρόνος. Αυτός ο τύπος εκπαίδευσης μπορεί να περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενες ασκήσεις πρακτικής σε εργαστήριο ή περιβάλλον διδασκαλίας ή/και εποπτευόμενες ώρες σε μια εγκατάσταση εργασίας, ή και 3D περιβάλλοντα προσομοίωσης που μπορούν να ενσωματωθούν στην εικονική πραγματικότητα, παρέχοντας το πλεονέκτημα της μείωσης του χρόνου και του κόστους της εκπαίδευσης, εμπειρία με γεγονότα που σπάνια θα συνέβαιναν στην πραγματική ζωή ή που δεν έχουν ακόμα συμβεί.

Σύμφωνα με τους Dhalmahapatra et al. (2020), η εικονική πραγματικότητα χρησιμεύει ως μέσο για την ανάλυση των πιθανών υποκείμενων αιτιών ατυχημάτων, την τρισδιάστατη προοπτική της οπτικής ανάλυσης, τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών σε πραγματικό χρόνο και την κρίση και τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο. Επιπλέον, προσθέτει περισσότερη αξία στις παραδοσιακές προσεγγίσεις αιτιώδους ατυχήματος μέσω: α) μοντελοποίησης και απεικόνισης πολύπλοκων συστημάτων από δεδομένα προηγούμενων ατυχημάτων, β) αντιμετώπισης της πλοήγησης και της αλληλεπίδρασης των χρηστών μέσω ενός καθηλωτικού εικονικού περιβάλλοντος και γ) παροχής μιας βιωματικής μάθησης και πλατφόρμας εκπαίδευσης για τον εντοπισμό δυναμικών παραγόντων κινδύνου. Στη βάση αυτή έχει καταδειχθεί πως η εικονική πραγματικότητα έχει βοηθήσει τους χρήστες να μάθουν κανόνες, πρότυπα και κανονισμούς ασφαλείας, να δημιουργήσει επίγνωση καταστάσεων και να ενισχύει την ικανότητα λήψης αποφάσεων για την αποφυγή κινδύνων μεταξύ των εργαζομένων. Ο εντοπισμός κινδύνου και η αντίληψη κινδύνου, ο γνωστικός εντοπισμός φόρτου εργασίας και κόπωσης, ο σχεδιασμός που σχετίζεται με την εργονομία, η πρόληψη μέσω του σχεδιασμού και η εκπαίδευση σε θέματα ασφαλείας είναι ορισμένοι τομείς στους οποίους συμβάλει η εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση ασφαλείας.

Οι Zhao et al. (2009) τονίζουν πως η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση για επαγγελματική ασφάλεια και πιο συγκεκριμένα την ηλεκτρική ασφάλεια στον κατασκευαστικό τομέα προσφέρει ενίσχυση της γνωστικής μάθησης (διαδικασία απόκτησης γνώσης και κατανόησης μέσω της σκέψης, της εμπειρίας και των αισθήσεων), μάθηση με ενεργό συμμετοχή, αυξημένα κίνητρα και ευελιξία όσον αφορά στο χρόνο και στην τοποθεσία. Για να βελτιωθεί η απόδοση του ανθρώπου σε γνωστικά καθήκοντα, απαιτείται η κατανόηση του τρόπου επεξεργασίας των πληροφοριών. Οι πληροφορίες γίνονται αντιληπτές από αισθητήρες και διατηρούνται σε μια προσωρινή μνήμη και στη συνέχεια ενεργοποιούνται και αποθηκεύονται στη μακροπρόθεσμη μνήμη για μελλοντική χρήση. Ταυτόχρονα, οι πληροφορίες συλλαμβάνονται από τα διάφορα αισθητηριακά συστήματα. Κάθε ένα από τα αισθητηριακά συστήματα έχει μια βραχυχρόνια μνήμη όπου τα ερεθίσματα παραμένουν, ακόμη και για ένα μικρό χρονικό διάστημα. Η μνήμη αντιλαμβάνεται τα ερεθίσματα και τα

επεξεργάζεται. Στη συνέχεια, τα ερεθίσματα αναγνωρίζονται, ταυτοποιούνται ή ταξινομούνται στη μακροπρόθεσμη μνήμη όπου ανακαλούνται για μεταγενέστερη απόκριση σε άλλα ερεθίσματα με βάση προηγούμενες εμπειρίες. Η αλληλεπίδραση στην εικονική πραγματικότητα προκαλεί αντιληπτικές, μνήμης και γνωστικές διαδικασίες λήψης αποφάσεων που οδηγούν στην κατανόηση της γνώσης τοποθεσίας, της δομικής γνώσης, της γνώσης συμπεριφοράς και της διαδικαστικής γνώσης που μπορούν στη συνέχεια να μεταφερθούν στο πραγματικό περιβάλλον εργασίας. Μέσω της προσομοίωσης και της επαναλαμβανόμενης πρακτικής ασφαλών διαδικασιών μέσω ουσιαστικής αλληλεπίδρασης, η ασφάλεια μπορεί να εδραιωθεί ως δεύτερη φύση και να μην απαιτεί τόσο υψηλό γνωστικό φορτίο. Βάσει μελετών, άλλωστε, ο εγκέφαλος αντιδρά με παρόμοιους τρόπους τόσο στο εικονικό όσο και στο πραγματικό περιβάλλον, γεγονός που υποδηλώνει μεταφορά γνώσης μεταξύ προσομοιωμένων δραστηριοτήτων και δραστηριοτήτων του πραγματικού κόσμου.

Επομένως, η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει τη δημιουργία εκπαιδευτικών προγραμμάτων που προσομοιώνουν σενάρια πραγματικών συνθηκών εργασίας, επιτρέποντας τον εντοπισμό και την πρόληψη κινδύνων (Soeiro et al., 2021). Υποστηρίζεται πως η βιωματική μάθηση θα μπορούσε να έχει θετικό αντίκτυπο στην απόδοση ασφάλειας. Οι τρέχουσες πρακτικές δείχνουν ότι η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση για την ασφάλεια έχει συσχετιστεί με την αποτελεσματική απόδοση και συμπεριφορά ασφάλειας (Shamsudin et al., 2018), καθώς αφενός παρέχει ένα ασφαλές περιβάλλον μάθησης, αλλά και αφετέρου διότι μπορεί να υποκινήσει την ενεργό συμμετοχή των εκπαιδευομένων παρέχοντας πληροφορίες για την ασφάλεια μέσω διαφόρων εμπειριών (Meyer et al., 2019; Seo et al., 2021).

Συνολικά, η εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση ασφάλειας μπορεί να είναι επωφελής. Ωστόσο, αυτές οι προσεγγίσεις συνοδεύονται από το δικό τους σύνολο προκλήσεων και περιορισμών όπως η αποδοχή από τη βιομηχανία, το υψηλό κόστος, η έλλειψη συνεργασίας από τους εκπαιδευτικούς, η έλλειψη αλληλεπίδρασης μεταξύ εικονικής προσομοίωσης και των χρηστών της και οι τεχνολογικοί περιορισμοί (Mehany et al., 2019).

Αρκετές μελέτες έχουν εξετάσει τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας για την εκπαίδευση της επαγγελματικής ασφάλειας σε διάφορα περιβάλλοντα εργασίας, κυρίως στον κατασκευαστικό κλάδο και στον κλάδο εξόρυξης. Οι μελέτες αυτές έχουν επικεντρωθεί σε διάφορες πτυχές της χρήσης της εικονικής πραγματικότητας στην επαγγελματική εκπαίδευση, όπως τον σχεδιασμό της, την αξιολόγησή της, αλλά και την αποτελεσματικότητά της σε συνδυασμό ή σε σύγκριση με άλλα εργαλεία. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών, όμως, παραμένουν αποσπασματικά, καθώς έως σήμερα ελάχιστες μελέτες έχουν επικεντρωθεί στη συστηματική ανασκόπηση αυτών των ευρημάτων.

## **1.2 Σκοπός και στόχοι**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της συνεισφοράς της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση για την επαγγελματική ασφάλεια. Η συστηματική ανασκόπηση μέθοδος Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) εφαρμόστηκε για την εκπόνηση αυτής της μελέτης. Απώτερος στόχος είναι ανασκόπηση/διερεύνηση της τρέχουσας βιβλιογραφίας για το συγκεκριμένο θέμα. Πιο συγκεκριμένα, τα ερευνητικά ερωτήματα (EE) που τίθενται είναι:

EE1) Ποιο είναι το αντικείμενο που πραγματεύονται οι μελέτες;,

EE2) Ποιά είναι τα αποτελέσματα από την χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας σε εκπαιδευτικά προγράμματα επαγγελματικής ασφάλειας;,

EE3) Ποια είναι τα ζητήματα που άπτονται του σχεδιασμού εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση επαγγελματικής ασφάλειας,

EE4) Ποια είναι τα μεθοδολογικά ζητήματα που ανακύπτουν;.

### **1.2.1 Συνεισφορά**

Η παρούσα εργασία στοχεύει διαμέσου της συγκέντρωσης δευτερογενών δεδομένων να προβεί σε μία όσο το δυνατόν πιο ολιστική απεικόνιση των ευρημάτων που σχετίζονται με την αξιοποίηση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση για την επαγγελματική ασφάλεια. Μέσω αυτής της συστηματικής ανασκόπησης δίνεται η δυνατότητα συνολικής καταγραφής των διαστάσεων που έχουν μελετηθεί έως τώρα σε αυτό το πεδίο και επομένως:

- α) τη δημιουργία ενός μοντέλου που θα ενσωματώνει τους παράγοντες αποτελεσματικότητας της χρήσης της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση για την επαγγελματική ασφάλεια,
- β) την κατάθεση προτάσεων περαιτέρω έρευνας στη βάση τυχόν κενών που ανακύπτουν σε εμπειρικό επίπεδο.

## **1.3 Οργάνωση κειμένου**

Η μέθοδος εκπόνησης της εργασίας παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 2. Το Κεφάλαιο 3 παρουσιάζει τα αποτελέσματα της έρευνας. Στο Κεφάλαιο 4 διεξάγεται μία συζήτηση των αποτελεσμάτων ενώ στο Κεφάλαιο 5 παρατίθενται τα συμπεράσματα της έρευνας.

# 2

## *Μέθοδος*

Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζεται η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να ολοκληρωθεί η παρούσα έρευνα. Ειδικότερα, παρουσιάζεται ο λόγος επιλογής της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης, καθώς και η στρατηγική αναζήτησης των μελετών.

Πιο αναλυτικά, η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση αυτής της εργασίας είναι η συστηματική βιβλιογραφική ανασκόπηση. Οι συστηματικές ανασκοπήσεις μπορούν να παρέχουν μία σύνθεση της υφιστάμενης γνώσης σε έναν τομέα, μία διαδικασία μέσα από την οποία μπορούν να προσδιοριστούν μελλοντικές ερευνητικές προτεραιότητες. Επίσης, μέσω αυτής της διαδικασίας είναι δυνατή η αξιολόγηση διαφόρων θεωριών, η διερεύνηση του τρόπου με τον οποίον λαμβάνουν χώρα συγκεκριμένες συμπεριφορές / φαινόμενα, οδηγώντας σε αποτελέσματα που μπορούν να είναι χρήσιμα για διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη (Page et al., 2021).

Από την άλλη πλευρά, ωστόσο, θα πρέπει να τονιστεί πως η εν λόγω μέθοδος διέπεται και από ορισμένους περιορισμούς (Greenhoot & Dowsett, 2012; Johnston, 2014): α) η ερευνήτρια πρέπει να εντοπίσει τις κατάλληλες βάσεις δεδομένων για την ανάκτηση του υλικού, β) απαιτείται ικανότητα για την αξιολόγηση των μελετών σύμφωνα με το πρόβλημα που εξετάζεται.

Η στρατηγική αναζήτηση των δεδομένων ακολούθησε τις κατευθυντήριες γραμμές που αναφέρονται από την υφιστάμενη βιβλιογραφία: α) προσδιορισμός λέξεων-κλειδιών, β)

προσδιορισμός των πηγών, γ) προσδιορισμός κριτηρίων αποκλεισμού και μη αποκλεισμού, δ) κατηγοριοποίηση των μελετών σε ενότητες στη βάση του περιεχομένου τους.

Η αναζήτηση των μελετών διεξήχθη στις εξής βάσεις δεδομένων: Google Scholar, Scopus, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Taylor & Francis Online και Web of Science. Για την αναζήτηση των άρθρων που συμπεριλήφθησαν στη συστηματική ανασκόπηση χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένες λέξεις κλειδιά οι οποίες απεικονίζονται στον Πίνακα 2.1.

Πίνακας 2.1 Στρατηγική αναζήτησης και οι λέξεις-κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των μελετών

		Λέξεις κλειδιά
1.	Εικονική πραγματικότητα	virtual reality, VR
2.	Εκπαίδευση για την επαγγελματική ασφάλεια	occupational safety training, occupational safety education, workers' safety education
3.	#1 AND #2	

Κριτήρια συμπερίληψης μελετών στην εργασία

- 1) Εμπειρικές έρευνες
- 2) Έρευνες δημοσιευμένες σε περιοδικά, σε συνέδρια ή σε βιβλία.
- 3) Έρευνες δημοσιευμένες από το 2000 και έπειτα
- 4) Έρευνες δημοσιευμένες στην Αγγλική γλώσσα

Για την απεικόνιση της στρατηγικής αναζήτησης χρησιμοποιείται το μοντέλο Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). Το PRISMA είναι ένα ελάχιστο σύνολο στοιχείων που βασίζεται σε στοιχεία για αναφορά σε συστηματικές ανασκοπήσεις και μετα-αναλύσεις. Το PRISMA εστιάζει κυρίως στην αναφορά ανασκοπήσεων που αξιολογούν τα αποτελέσματα διαφόρων παρεμβάσεων, αλλά μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως βάση για την αναφορά συστηματικών ανασκοπήσεων με στόχους άλλους από την αξιολόγηση των παρεμβάσεων (Page et al., 2021).

Το εν λόγω μοντέλο δημοσιεύτηκε το 2009 ως μία κατευθυντήρια γραμμή αναφοράς για την αντιμετώπιση ανεπαρκών αναφορών συστηματικών ανασκοπήσεων. Πολλές καινοτομίες στη διεξαγωγή συστηματικών ανασκοπήσεων έχουν συμβεί από τη δημοσίευση των οδηγιών PRISMA 2009. Για παράδειγμα, οι τεχνολογικές εξελίξεις επέτρεψαν τη χρήση της επεξεργασίας φυσικής γλώσσας και της μηχανικής μάθησης για τον εντοπισμό σχετικών αποδεικτικών στοιχείων, έχουν προταθεί μέθοδοι για τη σύνθεση και την παρουσίαση ευρημάτων όταν η μετα-ανάλυση δεν είναι δυνατή ή κατάλληλη και έχουν αναπτυχθεί νέες μέθοδοι για την αξιολόγηση του κινδύνου μεροληψίας στα αποτελέσματα των μελετών που περιλαμβάνονται. Έχουν συσσωρευτεί στοιχεία σχετικά με τις πηγές μεροληψίας σε συστηματικές ανασκοπήσεις, με κυριότερη την ανάπτυξη νέων εργαλείων για την αξιολόγηση της διεξαγωγής συστηματικών ανασκοπήσεων. Η ορολογία που χρησιμοποιείται για την περιγραφή συγκεκριμένων διαδικασιών αναθεώρησης έχει επίσης εξελιχθεί, όπως στη μετάβαση από την αξιολόγηση της «ποιότητας» στην αξιολόγηση της «βεβαιότητας» στο σύνολο των αποδεικτικών στοιχείων. Για να καταγραφούν αυτές οι πρόοδοι στην αναφορά συστηματικών ανασκοπήσεων χρειάστηκε η ενημέρωση του μοντέλου οδηγώντας στο PRISMA 2020 (Page et al., 2021).

Συνολικά, επομένως, η μέθοδος της συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν την εργασία προκειμένου να καταγραφεί με συστηματικό τρόπο η υφιστάμενη βιβλιογραφία που αφορά το υπό εξέταση ζήτημα, δηλαδή τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση για την επαγγελματική ασφάλεια, προσδιορίζοντας πτυχές που έχουν μελετηθεί, κενά που υπάρχουν σε θεωρητικό και / ή εμπειρικό επίπεδο, καθώς και θέματα που μπορούν να διερευνηθούν μελλοντικά. Το μοντέλο PRISMA και τα αποτελέσματα της έρευνας παρουσιάζονται στο επόμενο κεφάλαιο.

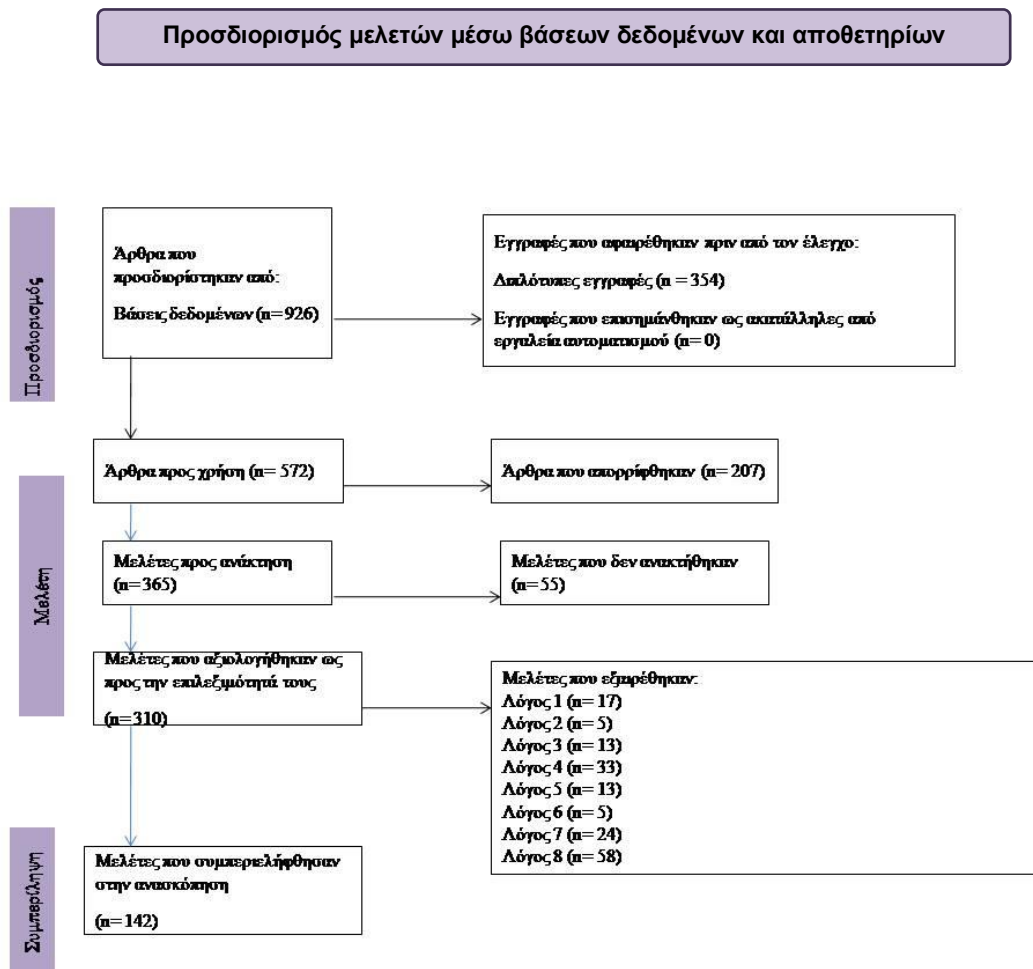


# 3

## *Αποτελέσματα*

Σε αυτό το κεφάλαιο αρχικά παρουσιάζεται το Διάγραμμα PRISMA (Σχήμα 3.1), το οποίο αποτελεί μία διαγραμματική απεικόνιση της στρατηγικής αναζήτησης των μελετών που εντάχθηκαν σε αυτήν την εργασία. Στη συνέχεια παρουσιάζονται πιο αναλυτικά οι αιτίες αποκλεισμού ορισμένων μελετών (N=168) από τις μελέτες που ανακτήθηκαν (N=365), ενώ ακολουθούν ορισμένα στατιστικά στοιχεία που σχετίζονται με χαρακτηριστικά των μελετών που συμπεριλήφθησαν (N=142), όπως περιφέρεια και χώρα διεξαγωγής, το είδος της έρευνας και τον τομέα στον οποίο έχουν διεξαχθεί οι έρευνες. Τέλος παρουσιάζονται αναλυτικά οι εν λόγω μελέτες ανά συγκεκριμένες κατηγορίες.

### 3.1 Διάγραμμα PRISMA



Σχήμα 3.1 Διάγραμμα ροής PRISMA

Μελέτες που δε συμπεριελήφθησαν στη συστηματική ανασκόπηση

Συνολικά 168 μελέτες απορρίφθηκαν ενώ αρχικά φαινόταν ότι ικανοποιούν τα κριτήρια συμπερίληψης. Αμέσως παρατίθενται οι λόγοι αποκλεισμού των συγκεκριμένων μελετών.

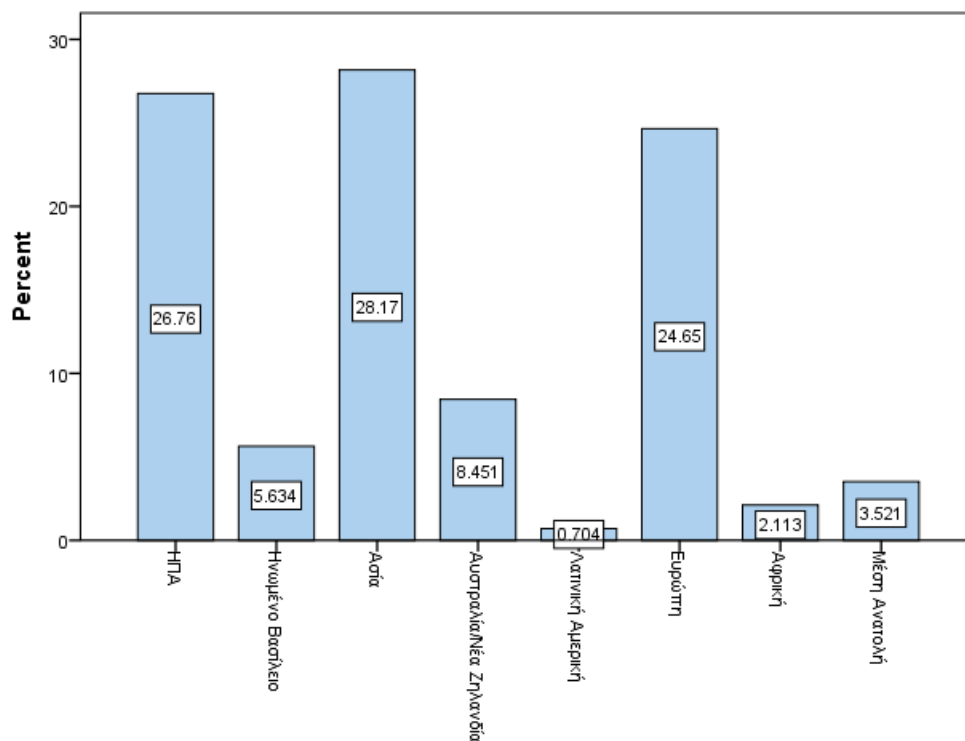
1. Άλλοι λόγοι (ξενόγλωσσο κείμενο, πρόσβαση σε μερικό κείμενο, μερικώς μη σχετικό περιεχόμενο κτλ): N=17
2. Παρουσιάσεις μελετών: N=5
3. Μεταπτυχιακές / Διδακτορικές διατριβές: N=13
4. Άρθρα που αναφέρονται σε / παρουσιάζουν πρωτόκολλα / κώδικα / προγραμματιστικά και τεχνικά στοιχεία λογισμικών / μοντέλων / συστημάτων / αρχιτεκτονικής / σεναρίων / κριτηρίων αξιολόγησης: N=33

5. Αναφορά για μελλοντικό project / σχέδιο μαθήματος / χωρίς τελικά αποτελέσματα: N=13
6. Αναφορά σε εργαλεία μέτρησης: N=5
7. Γενικό θεωρητικό άρθρο: N=24
8. Άρθρα που δεν εξετάζουν συγκεκριμένα τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην επαγγελματική ασφάλεια: N=58

### 3.2 Στατιστικά στοιχεία σχετικά με τα χαρακτηριστικά των μελετών

Παρακάτω παρουσιάζονται κάποια στατιστικά στοιχεία που αφορούν στα χαρακτηριστικά των μελετών που συμπεριελήφθησαν (N=142), όπως περιφέρεια και χώρα διεξαγωγής, το είδος της έρευνας και τον τομέα στον οποίον έχουν διεξαχθεί οι έρευνες.

Οι περισσότερες έρευνες έχουν διεξαχθεί στην Ασία (28.17%), στις ΗΠΑ (26.76%) και στην Ευρώπη (24.68%), όπως απεικονίζεται στο Γράφημα 1. Αναλυτικά η χώρα στην οποία διεξήχθη η έρευνα παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

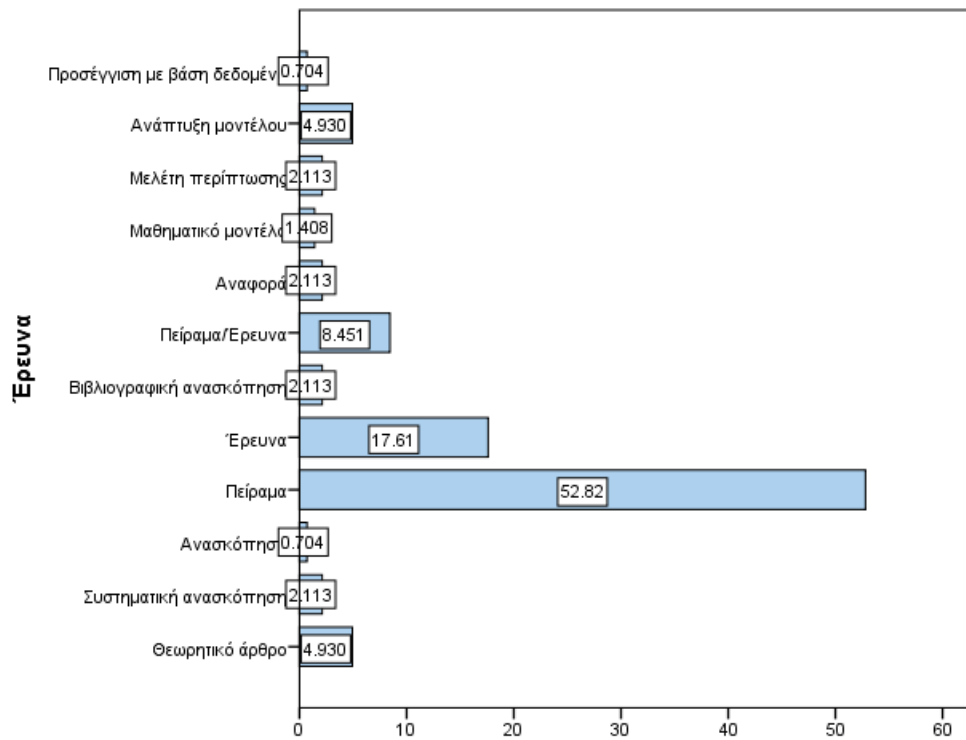


Σχήμα 3.2 Περιφέρεια διεξαγωγής έρευνας

Πίνακας 3.1 Χώρα διεξαγωγής έρευνας

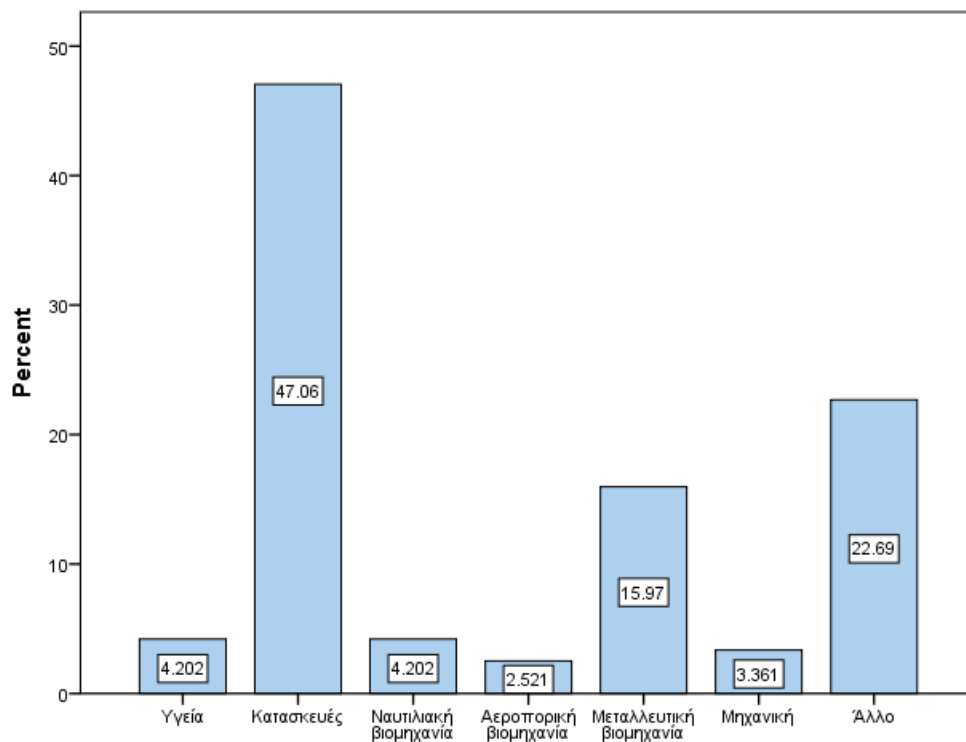
	Συχνότητα	Ποσοστό
ΗΠΑ	38	24.84
Ηνωμένο Βασίλειο	8	5.23
Ταϊβάν	7	4.58
Αυστραλία	11	7.19
Μεξικό	1	0.65
Δανία	4	2.61
Ινδία	4	2.61
Φινλανδία	8	5.23
Γερμανία	3	1.96
Κίνα	19	12.42
Γαλλία	2	1.31
Αίγυπτος	1	0.65
Ολλανδία	1	0.65
Σανγκάη	1	0.65
Χονγκ Κονγκ	3	1.96
Βέλγιο	2	1.31
Ιταλία	4	2.61
Ταϊλάνδη	1	0.65
Νορβηγία	6	3.92
Κορέα	4	2.61
Τουρκία	1	0.65
Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα	1	0.65
Μαλαισία	3	1.96
Πακιστάν	1	0.65
Σλοβενία	2	1.31
Νέα Ζηλανδία	1	0.65
Ιαπωνία	1	0.65
Ισραήλ	2	1.31
Νότια Αφρική	2	1.31

Αναφορικά με το είδος έρευνας, από το Σχήμα 3.3 παρατηρείται πως οι περισσότερες μελέτες είναι πειράματα (52.82%), ενώ ακολουθούν με μεγάλη διαφορά οι έρευνες (17.61%).



Σχήμα 3.3 Είδος έρευνας μελετών

Τέλος, αναφορικά με τον τομέα στον οποίο έχουν διεξαχθεί οι έρευνες διαπιστώνεται από το Γράφημα 3 πως οι περισσότερες είναι στον κατασκευαστικό τομέα (47.06%).



Σχήμα 3.4 Τομέας εφαρμογής έρευνας

### **3.3 Μελέτες ανάπτυξης συστημάτων και πλατφορμών**

Στη συστηματική ανασκόπηση χρησιμοποιήθηκαν αρχικά 15 άρθρα ανάπτυξης συστημάτων και πλατφορμών. Οι μελέτες αυτές διεξήχθησαν σε διάφορες χώρες από διαφορετικούς ηπείρους (Ασία-Μέση Ανατολή, ΗΠΑ, Ευρώπη).

#### **3.3.1 Ηνωμένο Βασίλειο**

Οι Luimula et al. (2020) εξέτασαν τις δυνατότητες ενός πολυτροπικού εικονικού περιβάλλοντος για εκπαίδευση εργαζομένων σχετικά με την ασφάλεια πυρκαγιών στο Ηνωμένο Βασίλειο. Τα βασικά πλεονεκτήματα είναι η δυνατότητα χρήσης του σε προγράμματα κατάρτισης χρησιμοποιώντας λίγους πόρους (χρόνος, κόστος, αντίκτυπος στις επιχειρηματικές δραστηριότητες της εταιρείας) με υψηλές δυνατότητες επαναχρησιμοποίησης. Ένα τέτοιο περιβάλλον μπορεί να προσφέρει βιωματική μάθηση, η οποία θα ήταν πολύ επικίνδυνη σε μια πραγματική πυρκαγιά, είναι ένα ιδιαίτερο ελκυστικό περιβάλλον όταν ενσωματωθεί gamification, ενώ τέλος παρέχει την ευκαιρία καταγραφής της εκπαίδευσης για λόγους αξιολόγησης.

Σε μία άλλη μελέτη επίσης στο Ηνωμένο Βασίλειο, οι Miller et al. (2012) ανέπτυξαν ένα σύστημα με τη συγχώνευση σοβαρών παιχνιδιών (seriousgames) και 4D σχεδιασμού για τον κατασκευαστικό τομέα. Το σύστημα αναπτύχθηκε στο περιβάλλον 'OpenSim'. Σχεδιάζοντας τη διεπαφή και το περιβάλλον με αυτόν τον τρόπο, υπάρχουν λιγότερα εμπόδια στη μεταφορά δεξιοτήτων (γνώσεων και εμπειριών) στον πραγματικό κόσμο. Για να επιτευχθεί αυτό, δόθηκε έμφαση στις δραστηριότητες που κατευθύνονται από το avatar και όχι σε εντολές που βασίζονται στο μενού. Όσον αφορά στον σχεδιασμό του σεναρίου, οι συγγραφείς επισημαίνουν πως διαμέσου των ενσωματωμένων στοιχείων σε ένα ευρύ πλαίσιο μειώνεται η ανάγκη για συγκεκριμένα σενάρια, κάτι που επιτρέπει στο σύστημα να λειτουργήσει ως ένα πιο ρεαλιστικό εργοτάξιο.

#### **3.3.2 Ασία**

Σε μία μελέτη στο Χονγκ Κονγκ, οι Yuen et al. (2010) ανέπτυξαν ένα μοντέλο για να περιγράψουν ένα σύστημα προσομοίωσης εικονικής πραγματικότητας που βασίζεται στο CAVE με μια διαισθητική διεπαφή ανθρώπου-μηχανής (HMI) στην περίπτωση λειτουργίας περονοφόρων φορτηγών. Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν για το μοντέλο ήταν τα imseCAVE και Virtools και οι συσκευές το MOMO Racing Force Feedback Wheel. Οπτικοποιώντας τον αντίκτυπο ατυχημάτων, οι οδηγοί θα γίνονταν πιο προσεκτικοί και

ευαίσθητοι σε «κρυφούς» κινδύνους στους χώρους εργασίας τους. Ωστόσο, το σύστημα έχει επί του παρόντος δύο βασικούς περιορισμούς. Πρώτον, το imseCAVE έχει μόνο τέσσερις όψεις (εμπρός, δεξιά, αριστερά, πάτωμα) και δεν μπορεί να προσομοιώσει την επάνω και την πίσω όψη. Αυτό θα μείωνε την αίσθηση της εμπύθισης, καθώς ο οδηγός δεν μπορεί να δει πίσω για όπισθεν ή επάνω για χειρισμό παλετών σε ύψος. Δεύτερον, η προσομοίωση περίπλοκων μηχανικών και δυναμικών συμπεριφορών ενός περνοφόρου οχήματος με τον ενσωματωμένο κινητήρα φυσικής του Virtools™ φαίνεται αρκετά δύσκολη.

Οι Nakai και Suzuki (2019) στην Ιαπωνία προέβησαν στην εξέταση ενός δυναμικού προσομοιωτή εγκαταστάσεων για συνεργασία εξ αποστάσεως, χρησιμοποιώντας τεχνολογία επαυξημένης πραγματικότητας για παρουσίαση πληροφοριών και περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση και κατάρτιση σε ατύχημα και / ή δυσλειτουργία. Για τη συγκεκριμένη έρευνα χρησιμοποιήθηκαν tablet PCs. Οι κύριες λειτουργίες αυτού του συστήματος ήταν η επιλογή και η παρουσίαση πληροφοριών λειτουργίας, η απόκτηση και εμφάνιση δεδομένων αισθητήρων από τον δυναμικό προσομοιωτή εγκατάστασης, η κοινή χρήση εικόνων σε πραγματικό χρόνο και η επικοινωνία μέσω μηνύματος κειμένου. Ένα ακόμα πλεονέκτημα ήταν ότι ο εκπαιδευόμενος μπορεί να ελέγξει τον προσομοιωτή χρησιμοποιώντας φορητή συσκευή.

Χρησιμοποιώντας το Unity ο Chen (2021) στην Κίνα ανέπτυξε ένα μοντέλο για να εξετάσουν το μοντέλο 3D-VR με το Probuilder που επιτρέπει την επικοινωνία δικτύου στην περίπτωση πυρκαγιών σε πλοία. Ο συγγραφέας κατέληξε στο συμπέρασμα ότι η ανάπτυξη ενός πολυπρόσωπου συνεταιριστικού συστήματος εκπαίδευσης πυρκαγιών πλοίων θα έχει μεγάλη σημασία για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας της εκπαίδευσης σε τέτοιες περιστάσεις, τη μείωση του κόστους της άσκησης πυρκαγιάς πλοίων και τη διασφάλιση της προσωπικής ασφάλειας των εκπαιδευομένων.

Οι Wan et al. (2020) στη δική τους μελέτη στην Κίνα ανέπτυξαν ένα σύστημα επιθεώρησης ασφάλειας και εκπαίδευσης έκτακτης ανάγκης για αποθήκες πετρελαίου στην Κίνα, χρησιμοποιώντας τα προγράμματα 3D Max, Unity 3D, Visual Studio και HD Rendering Pipeline. Διαπιστώθηκε ότι το συγκεκριμένο σύστημα μπορεί να βελτιώσει αποτελεσματικά την καταλληλότητα, το ενδιαφέρον, τη λειτουργικότητα και την εφαρμογή της επιθεώρησης ασφάλειας και της εκπαίδευσης έκτακτης ανάγκης, έτσι ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι για τη βελτίωση του επιπέδου γνώσεων και δεξιοτήτων ασφάλειας από μέρους των εργαζομένων και τη μείωση ατυχημάτων.

Σε μία άλλη μελέτη, οι Li et al. (2020), ανέπτυξαν ένα σύστημα εικονικής πραγματικότητας που βασίζεται σε υπολογιστικό νέφος με τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης για εργαζομένους

στον τομέα εξόρυξης άνθρακα στην Κίνα. Οι συγγραφείς αξιολόγησαν θετικά το σύστημα, επισημαίνοντας ότι μπορεί να προσομοιώσει ρεαλιστικά το περίπλοκο περιβάλλον του ανθρακωρυχείου και να παρέχει τη λειτουργία σύνδεσης, περιαγωγής, εικονικής προσομοίωσης και αξιολόγησης λειτουργίας. Ωστόσο, λόγω των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας, μόνο ένα μικρό μέρος των λειτουργιών καθίσταται προσβάσιμο στο ευρύ κοινό μέσω του ιστότοπου. Επιπλέον, απαιτείται μια δοκιμή απόδοσης για να εκτιμηθεί το ποσό της ταυτόχρονης απόδοσης και του χρόνου εκτέλεσης. Τέλος, απαιτείται περαιτέρω έρευνα σε λειτουργίες του συστήματος για να βελτιωθεί η εμπειρία των χρηστών.

Οι Liang et al. (2020) στην Κίνα ανέπτυξαν ένα μαθηματικό μοντέλο για την εξέταση εκπαίδευσης εκκένωσης σε περίπτωση πυρκαγιάς διαμέσου της εικονικής πραγματικότητας. Τα προγράμματα και οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν Maya® 3D και HTC Vive® VR αντίστοιχα. Η μέθοδος διαπιστώθηκε ότι είναι αποτελεσματική, προσφέροντας μια νέα μέθοδο εκπαίδευσης για την ασφάλεια σε περιπτώσεις καταστροφών που ξεπερνά τους περιορισμούς των παραδοσιακών προσεγγίσεων (π.χ. κακή ανάλυση της πραγματικότητας, περιορισμένες αλληλεπιδράσεις και έλλειψη μελέτης χρηστών).

Σε άλλη μελέτη στην Κίνα, οι Tan et al. (2014) ανέπτυξαν ένα μοντέλο για να περιγράψουν την εφαρμογή της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας στην πτυχή της πρόληψης και ελέγχου της πυρκαγιάς ναρκών και να εισαγάγουν την εφαρμογή και τη μέθοδο της χρησιμοποιώντας τη λειτουργία εξοπλισμού του συστήματος προσομοίωσης πυρκαγιάς ορυχείων ως παράδειγμα. Τρία ήταν τα βασικά ευρήματα της συγκεκριμένης έρευνας βάσει των συγγραφέων: α) οι εκπαιδευόμενοι μπορούν πραγματικά να αισθανθούν τον κίνδυνο της σκηνής του ατυχήματος και να χειριστούν το avatar για να επιτύχουν αναγνώριση περιβάλλοντος οδοστρώματος χρησιμοποιώντας τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας για να επανεμφανιστεί η σκηνή πυρκαγιάς στο ορυχείο, β) η τεχνολογία εικονικής πραγματικότητας μπορεί να προσομοιώσει διάφορους τύπους πυρκαγιάς και τις τεχνικές πυρόσβεσης και διάσωσης, σε αντίθεση με τις συμβατικές ασκήσεις διάσωσης που δεν μπορούν να προσομοιώσουν περιβαλλοντική καταστροφή, ενώ παράλληλα η εικονική προσομοίωση εξοπλισμού πυρόσβεσης και διάσωσης μπορεί να λειτουργήσει εύκολα και με χαμηλό κόστος, γ) καθίσταται δυνατή η αξιολόγηση των εκπαιδευομένων.

Οι Liu et al. (2021) από την Κίνα προέβησαν στην ανάπτυξη μιας πλατφόρμας εικονικής πραγματικότητας για την εκπαίδευση εργαζομένων σε λιμένες σε ζητήματα ασφαλείας. Τα αποτελέσματα, αν και βασίζονται σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης της πλατφόρμας, κατέδειξαν τη δυνατότητά να προσομοιώσει με ακρίβεια το πολύπλοκο περιβάλλον λειτουργίας ενός λιμένα, να βοηθά τους εκπαιδευόμενους να κατανοήσουν γρήγορα τον εργασιακό χώρο, ενισχύοντας τον ενθουσιασμό τους για την εμπλοκή τους στη μάθηση και την

αποτελεσματικότητα της μάθησης, με απώτερο αποτέλεσμα την ενίσχυση των πρακτικών τους ικανοτήτων.

### 3.3.3 ΗΠΑ

Η δημιουργία στοιχείων σεναρίου ατυχήματος για εκπαιδευτικά προγράμματα ασφάλειας που βασίζονται σε εικονική πραγματικότητα για εργαζομένους στον κατασκευαστικό κλάδο στις ΗΠΑ διαμέσου της data-driven προσέγγισης ήταν ο στόχος της μελέτης των Mo et al. (2018). Οι συγγραφείς βασίστηκαν σε δευτερογενή δεδομένα για τη δημιουργία του σεναρίου [συγκεκριμένα σε 232 περιπτώσεις θανατηφόρου τραυματισμού την περίοδο 1989-2015 από τη βάση δεδομένων του Εθνικού Ινστιτούτου για την Εργασιακή Ασφάλεια και Υγεία (NIOSH) για την Εκτίμηση και την Αξιολόγηση Ελέγχου Θανατηφόρων Στοιχείων (FACE)], με τις μεταβλητές να περιλαμβάνουν: εποχή, εργάσιμη ημέρα, τοποθεσία, τύπος έργου, εργασία, πηγή, αιτία, πολιτική εκπαίδευσης, πρόγραμμα εκπαίδευσης, φύλο, ηλικία, επάγγελμα και προέλευση σφάλματος. Καταδείχθηκε βελτιωμένη ακρίβεια και αποτελεσματικότητα για το σχεδιασμό σεναρίου και του βιβλίου ιστοριών που είναι κρίσιμα για την επιτυχία ενός εκπαιδευτικού προγράμματος εκπαίδευσης ασφαλείας που βασίζεται σε εικονική πραγματικότητα.

Στις ΗΠΑ οι Hadipriono και Barsoum (2002) ανέπτυξαν και αξιολόγησαν το μοντέλο SAVR για τον κατασκευαστικό τομέα για την περίπτωση πτώσεων από σκαλωσιές. Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα 3DStudioVersion 3.00, WorldToolKit (WTK) DevelopmentSystem, MicrosoftVisualBasicVersion 3.0, ενώ οι συσκευές ήταν οι ONYX Reality Engine2, Eyegen3 head-mounted display και πληκτρολόγιο. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν η γραφική αναπαράσταση και απόδοση συστήματος, διαμέσου αξιολογήσεων από οκτώ ειδικούς από τον κατασκευαστικό κλάδο και διάφορα ιδρύματα ασφάλειας. Το μοντέλο αναμένεται να επιταχύνει την ικανότητα του εκπαιδευόμενου να εγκαταστήσει διατάξεις ασφαλείας σε μια κατασκευαστική πλατφόρμα, όπως μια σκαλωσιά. Το μοντέλο επιτρέπει στους χρήστες να αποκτήσουν την πρακτικότητα και την αίσθηση της μηχανικής κατασκευής, την κρίση και την κατανόηση των υποκείμενων αιτιών των ατυχημάτων.

Η μελέτη των Roofigari-Esfahan et al. (2022) από τις ΗΠΑ είχε ως στόχο την ανάπτυξη μίας πλατφόρμας VR για εργαζομένους σε αυτοκινητοδρόμους, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Cyclorama, από όπου διαπιστώθηκε πως η πλατφόρμα είχε τη δυνατότητα ενίσχυσης της μαθησιακής εμπειρίας των εργαζομένων.

### **3.3.4 Λοιπές χώρες**

Σε μία άλλη μελέτη, οι Zhang et al. (2019) στον Καναδά και την Κίνα ανέπτυξαν ένα μαθηματικό μοντέλο ασαφούς λογικής και Αναλυτικής Ιεραρχικής Προσέγγισης για να αξιολογήσουν ένα σύστημα εκπαίδευσης ασφάλειας εικονικής πραγματικότητας. Οι συγγραφείς αναφέρθηκαν στα μειονεκτήματα του μοντέλου που είναι η έλλειψη ρεαλισμού, η απουσία εγγραφής δεδομένων χρήστη και ο περιορισμένος βαθμός ελευθερίας κινήσεων των χρηστών.

Οι Mujtaba Asad et al. (2022) εξέτασαν στο Πακιστάν τη συνεισφορά του HAZFO Expert 2.0, ενός διαδραστικού εκπαιδευτικού βοηθήματος για ασφαλή γεώτρηση για εργαζομένους στον κλάδο του πετρελαίου και του φυσικού αερίου βασισμένο στην εικονική πραγματικότητα. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας Autodesk 3ds Max, visual studio και MySQL. Οι συγγραφείς εκτιμούν πως το συγκεκριμένο διαδραστικό εκπαιδευτικό βοήθημα μπορεί να διευκολύνει στην εξάλειψη πιθανών κινδύνων που σχετίζονται με δραστηριότητες γεώτρησης (χερσαίες και υπεράκτιες), ως επέκταση της αναγνώρισης κινδύνων στο HAZFO Expert 1.0.

## **3.4 Μελέτες αναφορών**

Εντοπίστηκαν ακόμα και συμπεριελήφθησαν στη συγκεκριμένη συστηματική ανασκόπηση και τρεις (3) αναφορές (reports). Η πρώτη του Jones (2021) στην Αυστραλία στόχο είχε να αναφέρει την αποτελεσματικότητα μιας πλατφόρμας εικονικής πραγματικότητας για την εκπαίδευση εργαζομένων σε ζητήματα ασφαλείας που αναπτύχθηκε από την εταιρεία LINX Cargo Care Group. Η χρήση του συγκεκριμένου προγράμματος εκπαίδευσης διαπιστώθηκε ότι έχει αποφέρει μετρήσιμα οφέλη για την ασφάλεια, ενώ παράλληλα μείωσε το συνολικό κόστος της εκπαίδευσης μέσω μείωσης της ανησυχίας που προκαλείται από τη δια ζώσης πρακτική.

Η δεύτερη των Guo et al. (2020) στην Κίνα και στις ΗΠΑ στόχο είχε να αναφέρει τα προκαταρκτικά αποτελέσματα ενός συστήματος εκπαίδευσης ακτινοπροστασίας βασισμένο σε εικονική πραγματικότητα στον τομέα της επεμβατικής ακτινολογίας. Τα προγράμματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα 3D Studio Max και unity3D, ενώ ως συσκευή χρησιμοποιήθηκε το Microsoft HoloLens headset. Συνολικά διαπιστώθηκε ότι το σύστημα εκπαίδευσης επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να οπτικοποιήσουν το πεδίο ακτινοβολίας διαισθητικά και αποτελεσματικά. Με τη βοήθεια της παροχής ανατροφοδότησης σε πραγματικό χρόνο, οι εκπαιδευόμενοι μπορούσαν να μάθουν πώς να αποφεύγουν ενεργά τις περιοχές υψηλής

ακτινοβολίας ή να προσαρμόζουν τις στάσεις τους για να ελαχιστοποιούν την έκθεση σε ακτινοβολία.

Η τρίτη των Kaarlela et al. (2020) στη Φινλανδία ανέφερε τα αποτελέσματα εξέτασης περιπτώσεων εικονικής πραγματικότητας και Digital Twin για εκπαίδευση ασφαλείας. Χρησιμοποιήθηκαν τρία προγράμματα (SteamVR, RoboDK, Unity) και τέσσερις συσκευές (HTCViveheadset, basestations, handheld, controllers). Οι συγγραφείς αναφέρουν πως, σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία και την επιτόπια μάθηση, η μάθηση διαμέσου της εικονικής πραγματικότητας είναι μία ασφαλής, διαισθητική και χωρίς άγχος μέθοδος για την εκπαίδευση ασφάλειας. Η εικονική πραγματικότητα επιτρέπει πολύ ρεαλιστική εκπαίδευση πιθανών σεναρίων έκτακτης ανάγκης, που θα ήταν δύσκολο να προσομοιωθούν και να εφαρμοστούν σε πραγματικό περιβάλλον. Το Digital Twin παρέχει σχεδόν πρακτική εκμάθηση διαφορετικών εργασιακών εργασιών σε πραγματικό χρόνο, χωρίς να εισέρχεται φυσικά στην εγκατάσταση παραγωγής.

### ***3.5 Συστηματικές ανασκοπήσεις και βιβλιογραφικές***

#### ***ανασκοπήσεις***

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν και έξι (6) συστηματικές ανασκοπήσεις και βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις. Η μελέτη των Kanade και Duffy (2022) στόχο είχε να μελετήσει την αξιοποίηση της VR στην εκπαίδευση ασφαλείας. Η εν λόγω μελέτη βασίστηκε σε πέντε άρθρα και διεξήχθη με το πρόγραμμα Vicinitas, από την οποία προέκυψε πως η εικονική πραγματικότητα μπορεί να αυξήσει την ενεργό μάθηση και να βελτιώσει τα αποτελέσματα της εκπαίδευσης σε ζητήματα ασφαλείας. Η συστηματική ανασκόπηση των Renganayagalu, Mallam και Nazir (2021) στόχευε να εξετάσει την αποτελεσματικότητα των VR Head Mounted Displays. Τα αποτελέσματά της, τα οποία βασίστηκαν σε 60 μελέτες, κατέδειξαν θετικές επιπτώσεις, με τον περιορισμό της έλλειψης πειραματικής ευρωστίας. Σε μία άλλη συστηματική ανασκόπηση, οι Afzal et al. (2021) στόχο είχαν να εξετάσουν εφαρμογές των τεχνολογιών VDC στην ασφάλεια των εργαζομένων στον κατασκευαστικό τομέα διαμέσου 191 ερευνών, από όπου διαπιστώθηκε η σημαντική συνεισφορά αυτών των τεχνολογιών στην εκπαίδευση ασφαλείας των εργαζομένων.

Η βιβλιογραφική ανασκόπηση των Toyoda et al. (2022) είχε ως στόχο να εξετάσει τις δυνατότητες της εκπαίδευσης μέσω της εικονικής πραγματικότητας. Στη συγκεκριμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση χρησιμοποιήθηκαν 45 άρθρα, με κύριο εύρημα το ότι διαμέσου της εικονικής πραγματικότητας υπάρχουν βελτιωμένα αποτελέσματα μάθησης σε σύγκριση

με τις παραδοσιακές μεθόδους εκπαίδευσης. Η ανασκόπηση των Rey-Becerra et al. (2021) βασίστηκε σε 21 έρευνες για να εξετάσει την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης διαμέσου της εικονικής πραγματικότητας για εργασία σε ύψη σε εργαζομένους διαφόρων κλάδων. Οι συγγραφείς αναφέρουν πως υπάρχουν ενδείξεις για την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών προγραμμάτων διαμέσου της εικονικής πραγματικότητας, αλλά απαιτούνται περαιτέρω μελέτες (π.χ. απόψεις από διάφορους ενδιαφερόμενους φορείς, σύγκριση με διάφορες μεθόδους εκπαίδευσης).

Οι Grassini και Laumann (2020) στη βιβλιογραφική τους ανασκόπηση στόχευαν να εξετάσουν συνολικά τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην εργασιακή ασφάλεια. Αξιολογώντας 16 έρευνες οι συγγραφείς κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι υπάρχουν στοιχεία για την αποτελεσματικότητα των προγραμμάτων εκπαίδευσης μέσω της εικονικής πραγματικότητας, αλλά απαιτούνται περαιτέρω μελέτες σε διάφορες πτυχές (π.χ. δυσάρεστα συμπτώματα της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας, ωριμότητα της τεχνολογίας, ανάπτυξη και επικύρωση πιο αντικειμενικών μετρήσεων όπως ψυχοφυσιολογικοί δείκτες).

### ***3.6 Εμπειρικές και πειραματικές μελέτες***

Εκτός των ανωτέρω, συμπεριελήφθησαν σε αυτή τη συστηματική ανασκόπηση και 118 εμπειρικές έρευνες για την αξιολόγηση προγραμμάτων εικονικής πραγματικότητας, ορισμένα εκ των οποίων αναπτύχθηκαν από τους συγγραφείς. Συνεπώς, η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε σε αυτές τις μελέτες ήταν η πειραματική μελέτη με τη βοήθεια ποσοτικών, ποιοτικών ή μεικτών μεθόδων έρευνας. Οι εν λόγω μελέτες προέρχονται από διάφορες περιοχές παγκοσμίως.

#### ***3.6.1 Ευρώπη***

Στη Σλοβακία εξετάστηκε η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση ασφαλείας των εργαζομένων σε βιομηχανικές εταιρείες (Lacko, 2020). Χρησιμοποιήθηκε ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας σε Unity3D με συσκευές HTC VIVE και Oculus Rift headsets. Σε 49 εργαζομένους διανεμήθηκε ένα τυποποιημένο τεστ 20 ερωτήσεων αμέσως μετά το τέλος του μαθήματος και έπειτα από ένα μήνα για να μελετηθεί η διακράτηση πληροφοριών. Η χρήση μεθόδων εικονικής πραγματικότητας είναι σημαντικός τρόπος υποβολής πληροφοριών, αλλά επηρεάζει επίσης την απομνημόνευση των πληροφοριών που λαμβάνονται. Από την άλλη πλευρά, τα μεγαλύτερα εμπόδια στην ανάπτυξη της τεχνολογίας στη βιομηχανία έχουν δείξει προβλήματα με εξοπλισμό υλικού, αλλά σε σχέση με εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας και το πρόβλημα της ασθένειας κίνησης (εκδηλώνεται σε περίπου

12% των ατόμων που δοκιμάστηκαν), παρά το γεγονός ότι παρακολουθείται ο χρήστης από εξωτερικούς αισθητήρες.

Σε άλλη μελέτη στη Σλοβακία οι Dado et al. (2018) εξέτασαν εάν η εκπαίδευση μέσω προσομοιωτή VR (ομάδα προσομοιωτή) είναι συγκρίσιμη με την παραδοσιακή εκπαίδευση (ομάδα ελέγχου) στην ανάπτυξη των απαραίτητων δεξιοτήτων για την εκτέλεση εντοπισμού πιθανών κινδύνων που σχετίζονται με τη λειτουργία του τόνου. Συλλέχθηκαν δεδομένα παρατήρησης σχετικά με την αναγνώριση κινδύνων από 22 φοιτητές μηχανικής. Η ομάδα του προσομοιωτή δεν εντόπισε σημαντικά λιγότερους κινδύνους από τα άτομα στην ομάδα ελέγχου. Ωστόσο, οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι η εκπαίδευση με βάση την εικονική πραγματικότητα έχει τη δυνατότητα να αποτελέσει μια έγκυρη εναλλακτική στην παραδοσιακή εκπαιδευτική προσέγγιση.

Οι Buttussi και Chittaro (2021) στην Ιταλία σύγκριναν τρεις διαφορετικούς τύπους εκπαίδευσης ασφαλείας στον τομέα αεροπορίας: (i) desktop VR (μια τυπική επιτραπέζια οθόνη), (ii) πολλές ρυθμίσεις για καθλωτική εικονική πραγματικότητα (ένα HMD με στενό οπτικό πεδίο και έναν ιχνηλάτη 3-DOF) και (iii) νέες ρυθμίσεις για καθλωτική οικιακή VR (ένα HMD με ευρύ οπτικό πεδίο και ιχνηλάτη 6-DOF). Χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Unity 4.6 game engine και οι συσκευές HMD, FOV, 3-DOF tracker. Από 96 συμμετέχοντες συμπληρώθηκε το ερωτηματολόγιο Flight Anxiety Situations για να μετρηθεί η απόκτηση γνώσεων, η αυτοαποτελεσματικότητα, η δέσμευση και η παρουσία. Ο τύπος οθόνης διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στην αφοσίωση και την παρουσία. Αντίθετα, τα οφέλη αυξημένης γνώσης και αυτο-αποτελεσματικότητας αποκτήθηκαν και διατηρήθηκαν σε δύο εβδομάδες, ανεξάρτητα από την οθόνη που χρησιμοποιήθηκε.

Επίσης στην Ιταλία οι Anveduto et al. (2017) σύγκριναν την αποτελεσματικότητα ενός συστήματος VR έναντι της παραδοσιακής εκπαίδευσης σε ζητήματα ασφαλείας σε μία γενική μονάδα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Χρησιμοποιήθηκε ο προσομοιωτής Virtual Safety Trainer και ως συσκευές οι εξής: Oculus DK2 HMD, δύο χειριστήρια Nintendo Wii και ένα Optitrack tracking σύστημα. Σε 24 άτομα διανεμήθηκε ένα ερωτηματολόγιο πριν και μετά την εκπαίδευση που αποτελείται από τις ίδιες 42 ερωτήσεις σωστού/λάθους σχετικά με το περιεχόμενο των μαθημάτων. Η εκπαίδευση μέσω VR αποδείχθηκε εξίσου αποτελεσματική με την κλασική προσέγγιση όσον αφορά την εκμάθηση της θεωρίας. Ωστόσο, διαπιστώθηκε μεγαλύτερη συμμετοχή από χρήστες που έχουν λάβει οδηγίες να χρησιμοποιούν VR. Επίσης, καταγράφηκε ένα υψηλό επίπεδο αίσθησης παρουσίας στην περίπτωση της εικονικής πραγματικότητας.

Στην Ιταλία οι Assfalg et al. (2002) ανέπτυξαν και αξιολόγησαν το μοντέλο VECWIT (Virtual Environments for Construction Workers' Instruction and Training) για την εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό τομέα. Το μοντέλο αναπτύχθηκε με το πρόγραμμα SGI Octane και οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 3D stereoglasses και 3D mouse. Η αξιολόγηση διεξήχθη μέσω της ποσοτικής μεθόδου με ερωτηματολόγια πριν και μετά τη συμμετοχή στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα, τα οποία απαντήθηκαν από 16 νεαρούς μαθητευόμενους εργάτες από την Επαγγελματική Σχολή Εργατών Κατασκευών της Φλωρεντίας. Η κύρια μεταβλητή που εξετάστηκε ήταν η αποτελεσματικότητα (η υποκειμενική ικανοποίηση των χρηστών και η ικανότητα του συστήματος να παρουσιάζει πλήρως, σωστά και με ακρίβεια τα αξιωματικά στοιχεία πληροφοριών). Από την έρευνα διαπιστώθηκε ότι το μοντέλο ενσωματώνει διαφορετικά επίπεδα τεχνογνωσίας στη διαδικασία ανάπτυξης και εφαρμόζεται εύκολα από εργαζομένους που είναι υπεύθυνοι για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη εφαρμογών. Αυτό υποστηρίζει την ανάπτυξη μιας αυξανόμενης βάσης εξειδικευμένων τεχνικών πολυμέσων που μεταφράζουν αποτελεσματικά τις απαιτήσεις των χρηστών σε εφαρμογές.

Οι Chan et al. (2021) στη Γαλλία εξέτασαν ένα σοβαρό παιχνίδι VR για εκπαίδευση ασφαλείας σε χημικά εργαστήρια που αναπτύχθηκε με το VR LaboSafe Game και το Unity3D, το οποίο οι χρήστες το χειρίζονται με Oculus Quest 2. Διανεμήθηκε ένα ερωτηματολόγιο σε 10 άτομα για να αξιολογηθεί η ευχρηστία, υποκίνηση και άνεση των εκπαιδευομένων. Διαπιστώθηκε ότι η μάθηση είναι πιο ρεαλιστική, οι εκπαιδευόμενοι έχουν περισσότερα κίνητρα, αλλά ταυτόχρονα υπάρχει ένα επίπεδο δυσφορίας.

Χρησιμοποιώντας τη μεικτή μέθοδο έρευνας, οι Jelonek et al. (2022) στη Γερμανία στόχο είχαν να εξετάσουν ένα πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας για εκμάθηση χειρισμού χειροκίνητων ηλεκτρικών εργαλείων με ασφάλεια και επιλογής προστατευτικού εξοπλισμού στον κατασκευαστικό τομέα. Ως πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε μία προσομοίωση εικονικής πραγματικότητας και ως συσκευή το HTC Vive Pro Headset. Καθώς η έρευνα ήταν μεικτή χρησιμοποιήθηκαν συνεντεύξεις και ερωτηματολόγια σε 14 εκπαιδευόμενους χειριστές μηχανών. Από την έρευνα διαπιστώθηκε αφενός μία αυξημένη αποτελεσματικότητα των εκπαιδευομένων και αφετέρου μία θετική αποδοχή της προσομοίωσης εικονικής πραγματικότητας.

Οι Leder et al. (2018) στη Γερμανία εξέτασαν μια καθηλωτική εκπαίδευση ασφάλειας για τον κατασκευαστικό τομέα βασισμένη σε VR έναντι εκπαίδευσης ασφάλειας μέσω του PowerPoint όσον αφορά στη χρήση τρυπανιών. Χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή δεδομένων ένα ερωτηματολόγιο (π.χ. γενικές πληροφορίες μηχανής, καταστάσεις στις οποίες έπρεπε να επιλέξουν μεταξύ της εργασίας στο πραγματικό μηχάνημα που είχαν μπροστά τους, μετρά

την προσοχή που αφιερώθηκε στην κατάσταση και την εμπλοκή που βιώθηκε, Κλίμακα Locus of Control, Ανάλυση κινδύνου για συγκεκριμένο τομέα) που συμπληρώθηκε από 53 φοιτητές με στόχο να αξιολογηθούν οι εξής μεταβλητές: Μαθησιακά αποτελέσματα (ανάκληση πληροφοριών για την ασφάλεια και γνώση των κινδύνων), γνώση των κινδύνων, συμπεριφορά ανάλυσης κινδύνου, Αίσθηση παρουσίας, Τόπος ελέγχου, Ευσυνειδησία, Αντίληψη κινδύνου για συγκεκριμένο τομέα. Η δαπανηρή διαδικασία της καθηλωτικής εικονικής πραγματικότητας (VR) δεν φαίνεται να δικαιολογείται για εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας, επειδή η λιγότερο δαπανηρή διαδικασία PowerPoint με ζωντανές σκηνές ταινιών δεν ήταν σημαντικά χειρότερη όσον αφορά τις αλλαγές στην αντίληψη του κινδύνου, στα μαθησιακά αποτελέσματα ή στη λήψη αποφάσεων.

Στην Ολλανδία οι Voordijk και Vahdatikhaki (2022) στόχο είχαν να κατανοήσουν τη σχέση μεταξύ ανθρώπων και πραγματικότητας χρησιμοποιώντας την εικονική πραγματικότητα ως διαμεσολαβητή. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε με το GIS, με εκπαιδευτές στον κατασκευαστικό κλάδο να συμμετέχουν σε αυτήν την μετα-φαινομενολογική μελέτη, απαντώντας σε ένα ερωτηματολόγιο, έπειτα από τη χρήση διαφόρων συσκευών, προκειμένου να αξιολογηθούν οι εξής μεταβλητές: Εκπαίδευση για την ασφάλεια, διεπαφή, ανάπτυξη προγράμματος σπουδών, ευελιξία, ομαδική εργασία. Το κύριο συμπέρασμα αυτής της έρευνας ήταν πως η ανάπτυξη του προγράμματος VR βασίζεται στην ερμηνευτική και τις σχέσεις μεταξύ ανθρώπου και τεχνολογίας.

Στο Βέλγιο οι Rahouti et al. (2021) ανέπτυξαν ένα πρόγραμμα VR μέσω VR SG και το σύγκριναν έναντι διάλεξης που βασίζεται σε διαφάνειες στην περίπτωση εκπαίδευσης ασφαλείας από πυρκαγιές στον τομέα της υγείας. Στην ποσοτική έρευνα με ερωτηματολόγιο που διεξήχθη συμμετείχαν 78 εργαζόμενοι μίας νοσηλευτικής μονάδας. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν: Ιστορική εκπαιδευτική εμπειρία πυρασφάλειας, εμπειρία ασκήσεων εκκένωσης, εγγενή κίνητρα, αυτοαποτελεσματικότητα, γνώση των βασικών συστάσεων πυρασφάλειας. Η εκπαίδευση διαμέσου του προγράμματος εικονικής πραγματικότητας βρέθηκε να είναι πιο αποτελεσματική στην απόκτηση γνώσης, στη διατήρηση της γνώσης, αλλά και στην αυτοαποτελεσματικότητα των επαγγελματιών υγείας.

Στη Φινλανδία ο Kwegyir-Afful (2022) προέβη στην αξιολόγηση προγράμματος εικονικής πραγματικότητας που αναπτύχθηκε με το πρόγραμμα VR-ACM για την εκκένωση σε πυρκαγιά σε εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας. Οι συσκευές που χρησιμοποιήθηκαν από τους 52 φοιτητές που αξιολόγησαν μέσω ερωτηματολογίου το πρόγραμμα ήταν HMD. Η μεταβλητή που εξετάστηκαν ήταν ο χρόνος εκτέλεσης του πειράματος και διαπιστώθηκε αυξημένη ανταπόκριση σε έκτακτη ανάγκη εκκένωσης πυρκαγιάς.

Επίσης στη Φινλανδία οι Kwegyir-Afful et al. (2022) αξιολόγησαν ένα πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας για ετοιμότητα και απόκριση έκτακτης ανάγκης πυρκαγιάς στον κατασκευαστικό κλάδο και συγκεκριμένα μονάδα ηλεκτροπαραγωγής φυσικού αερίου, το οποίο αναπτύχθηκε με το πρόγραμμα VR-ACM. Συλλέχθηκαν δεδομένα διαμέσου ερωτηματολογίου που διανεμήθηκε σε 54 φοιτητές με σκοπό να εξεταστούν οι εξής μεταβλητές: μετριάσιμος κινδύνου, ασφάλεια και εργονομία, καθώς και η συνολική αντίληψη των εκπαιδευομένων. Το πρόγραμμα βρέθηκε να είναι ρεαλιστικό και ασφαλές και ότι μπορεί να συμβάλει σε αποτελεσματική ετοιμότητα και απόκριση έκτακτης ανάγκης πυρκαγιάς.

Στη Φινλανδία οι Markopoulos et al. (2021) στόχο είχαν να εξετάσουν ένα μοντέλο VR για την εύρεση ορισμένων συσκευών και εξοπλισμού χρησιμοποιώντας τα διαθέσιμα τεχνικά σχέδια στη ναυτική ασφάλεια. Το μοντέλο αναπτύχθηκε με το ShipSEVR Hand και Finger tracking system, χρησιμοποιώντας το 3D teleport UI για Varjo hand models. Στην έρευνα συμμετείχαν 15 συμμετέχοντες για να εξεταστεί η εμπειρία χρήστη και η χρηστικότητα του hand-tracking. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν με ένα ηλεκτρονικό ερωτηματολόγιο που αποτελείται από δύο μέρη: α) εμπειρία χρήστη με το handtracking. β) χρηστικότητα της παρακολούθησης με το χέρι. Για την εμπειρία του χρήστη, ζητήθηκε από τους συμμετέχοντες να βαθμολογήσουν (σε μια κλίμακα κακής, κάτω του μέσου όρου, μέσου όρου, άνω του μέσου όρου και άριστη) την εμπειρία τους με διάφορες αλληλεπιδράσεις χρησιμοποιώντας το hand-tracking και τον πιο οικείο ελεγκτή τους. Οι αλληλεπιδράσεις περιλάμβαναν: (α) πάτημα κουμπιού, (β) τράβηγμα μοχλού, γ) περιστροφή τροχού, (δ) ευαίσθητη ρύθμιση καντράν, (ε) τοποθέτηση ολισθητήρα, (στ) τηλεμεταφορά, (ζ) παραλαβή αντικειμένου, (η) κράτημα ή μεταφορά αντικειμένου, (θ) επιθεώρηση του αντικειμένου, (ι) αλληλεπίδραση με τις επιλογές μενού. Τους ζητήθηκε επίσης να απριθμήσουν (κατά τη γνώμη τους) τυχόν πλεονεκτήματα ή μειονεκτήματα με το hand-tracking. Τέλος, τους ζητήθηκε να υποδείξουν πόσος χρόνος χρειάστηκε για να εξοικειωθούν με το hand-tracking. Η ενότητα ευχρηστίας χρησιμοποιούσε ερωτήσεις από το ερωτηματολόγιο System Usability Scale. Οι δηλώσεις προσαρμόστηκαν για να προκαλέσουν καλύτερα απαντήσεις σχετικά με το hand-tracking στο VR. Διαπιστώθηκαν πλεονεκτήματα (ειδικά στη διαισθητική γνώση του πώς να χρησιμοποιούν οι εκπαιδευόμενοι τα χέρια τους χωρίς να μάθουν τα διάφορα κουμπιά ελεγκτή), αλλά υπάρχουν και μειονεκτήματα (π.χ. η τεχνολογία είναι ακόμα πειραματική και εξαφανίζονται ορισμένα σφάλματα, αναξιοπιστία, η παρακολούθηση είναι ασταθής και ανακριβής μερικές φορές).

Οι Kwegyir-Afful και Kantola (2021) επίσης στη Φινλανδία προέβησαν στην εξέταση της δυνατότητας εκπαίδευσης σε ασφαλείς πρακτικές εργασίας κατά τη συντήρηση εγκαταστάσεων σε εικονικό περιβάλλον παιχνιδιών. Το περιβάλλον εκπαίδευσης

δημιουργήθηκε με το Unreal real-time 3D, το οποίο απαιτεί HMD και hand held controllers. Συμμετείχαν 38 άτομα για να μετρηθούν οι εξής μεταβλητές: Αποτελεσματικότητα των αποκτηθεισών γνώσεων και δεξιοτήτων ασφάλειας, εγγύτητα της εκπαίδευσης με βάση την προσομοίωση στην πραγματικότητα και τα ενδιαφέροντα και η προτίμηση του SGs-IVE έναντι της εκπαίδευσης σε θέματα ασφάλειας. Χρησιμοποιήθηκε ένα τεστ έξι ερωτήσεων (π.χ. η εκπαίδευση SGs-IVE ήταν ρεαλιστική και ενδιαφέρουσα, Η εκπαίδευση μου έδωσε γνώση των διαδικασιών ασφαλείας στη συντήρηση GPP, Ο εξοπλισμός και η τεχνολογία εκπαίδευσης ήταν κατάλληλα για την εκπαίδευση). Η εφαρμογή της τεχνολογίας που βασίζεται σε 3D προσομοίωση έχει τεράστιες δυνατότητες στη βελτιστοποίηση της εκπαίδευσης σε θέματα ασφάλειας και βρέθηκε ότι οι εκπαιδευόμενοι προτιμούν την εκπαίδευση ασφάλειας με βάση την προσομοίωση σε σύγκριση με τις συμβατικές μεθόδους. Επιπλέον, η μάθηση κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης ήταν αυθεντική και ενδιαφέρουσα.

Σε μία ακόμα μελέτη στη Φινλανδία οι Nykänen et al. (n.d.) στόχο είχαν να αξιολογήσουν τον αντίκτυπο ενός προγράμματος εκπαίδευσης ασφάλειας που βασίζεται σε καθλωτική εικονική πραγματικότητα (VR) και ενός συμμετοχικού προγράμματος εκπαίδευσης για την ασφάλεια του ανθρώπινου παράγοντα (HFST) στον κατασκευαστικό κλάδο. Το μοντέλο αναπτύχθηκε με το Unity3D game και απαιτείται για τη χρήση του το HTC Vive VR system. Στην έρευνα συμμετείχαν 119 εργαζόμενοι που απάντησαν ένα ερωτηματολόγιο κατά την έναρξη, αμέσως μετά την παρέμβαση και μετά από ένα μήνα. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν: Κίνητρο, τόπος ελέγχου, αντιληπτός έλεγχος σε θέματα ασφάλειας, γνώση, απόδοση, αίσθηση παρουσίας, συμπτώματα ασθένειας, αντιληπτή χρησιμότητα και ικανοποίηση. Σε σύγκριση με την εκπαίδευση ασφάλειας που βασίζεται σε διαλέξεις, η εκπαίδευση ασφάλειας με βάση την εικονική πραγματικότητα έδειξε ισχυρότερο αντίκτυπο στα κίνητρα ασφάλειας, την αυτο-αποτελεσματικότητα και τις προσδοκίες αποτελεσμάτων που σχετίζονται με την ασφάλεια. Επιπλέον, οι εργαζόμενοι στον κατασκευαστικό τομέα που συμμετείχαν στην εκπαίδευση ασφάλειας βάσει εικονικής πραγματικότητας εμφάνισαν μεγαλύτερη αύξηση στην απόδοση ασφάλειας που αναφέρθηκαν μόνοι τους σε παρακολούθηση ενός μήνα. Δεν υπήρχαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων της μελέτης όσον αφορά στους συμμετέχοντες στη μελέτη στην κατάσταση εκπαίδευσης HFST και της συνθήκης σύγκρισης χωρίς εκπαίδευση HFST.

Στη Δανία οι Jacobsen et al. (2022) διεξήγαγαν μία πειραματική μελέτη με στόχο να εξετάσουν την ικανότητα της εικονικής πραγματικότητας να παρέχει ενεργή εξατομικευμένη ανατροφοδότηση στην εκπαίδευση για την ασφάλεια των εργαζομένων στον κατασκευαστικό τομέα χρησιμοποιώντας συνθετική καταγραφή και ανάλυση δεδομένων σε χρόνο εκτέλεσης (VR enabled) και τη μεταφορά από ένα εκπαιδευτικό περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας

σε ένα πραγματικό εκπαιδευτικό περιβάλλον με τον ίδιο τύπο καταγραφής δεδομένων και ανάλυση. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε με HTC Vive και LiDar sensor και τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσω αισθητήρων με τη συμμετοχή εννέα χρηστών. Η ασφάλεια και αποτελεσματικότητα της απόδοσης των χρηστών, η αντίληψη του ρεαλισμού, καθώς και η ικανότητα εντοπισμού και διόρθωσης κινδύνων σε ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας ήταν οι μεταβλητές που εξετάστηκαν. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η χρήση της συλλογής δεδομένων χρόνου εκτέλεσης και της αυτόματης ανάλυσης επιτρέπει την καλύτερη εξατομικευμένη ανατροφοδότηση στην εκπαίδευση για την ασφάλεια.

Επίσης στη Δανία οι Makransky και Klingenberg (2022) προέβησαν στη σύγκριση ενός προγράμματος εικονικής πραγματικότητας σε σύγκριση με έναν προσωπικό εκπαιδευτή για εκπαίδευση ασφαλείας στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Διαμέσου ενός ερωτηματολογίου που συμπληρώθηκε από 28 ναυτικούς εξετάστηκαν οι εξής μεταβλητές: Απόλαυση, εσωτερικό κίνητρο, αυτο-αποτελεσματικότητα, εξωτερικό γνωστικό φορτίο, στάσεις ασφαλείας, αντιληπτή μάθηση, αλλαγή συμπεριφοράς. Βάσει των αποτελεσμάτων διαπιστώθηκε πως όλες οι μεταβλητές ήταν αυξημένες στην περίπτωση του προγράμματος εκπαίδευσης διαμέσου της εικονικής πραγματικότητας, με εξαίρεση την αυτό-αποτελεσματικότητα των εκπαιδευομένων.

Στη Δανία οι Moelmen et al. (2021) εξέτασαν ένα ασύμμετρο σοβαρό παιχνίδι VR για πολλούς παίκτες που δημιουργήθηκε με HMD και gantry για εκπαίδευση ασφαλείας χειριστών ανυψωτικών γερανών στον κατασκευαστικό τομέα. Χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο για τη μέτρηση της ευχρηστίας και της εμπειρίας 18 χρηστών με τους συγγραφείς να διαπιστώνουν ότι η εκπαίδευση είναι πιο ρεαλιστική, οδηγώντας σε καλύτερα αποτελέσματα.

Στη Νορβηγία οι Grassini et al. (2021) εξέτασαν ένα πρόγραμμα VR σε σχέση με τις αισθήσεις που αναπτύχθηκε με το 'Epic Roller Coaster'. Συλλέχθηκαν παρατηρήσεις από 80 συμμετέχοντες σχετικά με την παρουσία και διαπιστώθηκε ότι η δόνηση του καθίσματος μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα επίπεδα παρουσίας, ειδικά για τις γυναίκες.

Σε μία άλλη μελέτη στη Νορβηγία οι Jarvis et al. (2021) εξέτασαν ένα πρόγραμμα VR με HMD και 3D για εκπαίδευση ασφαλείας στην περίπτωση πυρκαγιάς. Το πρόγραμμα και οι συσκευές ήταν τα Unity και Oculus Rift DK2 αντίστοιχα. Η νέα τεχνολογία είναι χαμηλού κόστους, επιτρέπει την υποστήριξη συνεργασίας, αλλά η ασθένεια κίνησης είναι το κύριο μειονέκτημά της.

Επίσης στη Νορβηγία οι Saghafian et al. (2020) διερεύνησαν τις αντιλήψεις 85 εκπαιδευομένων πυροσβεστών και την αξιολόγηση της εκπαίδευσης με πυροσβεστήρες σε ένα περιβάλλον VR που αναπτύχθηκε με το Steam VR και τους εκπαιδευόμενους να κάνουν χρήση HTC Vive Pro HMD. Διανεμήθηκε ένα ερωτηματολόγιο μετά την εκπαίδευση για τη μέτρηση της εμπειρίας, ενώ παράλληλα οι συγγραφείς συνέλεξαν και δεδομένα παρατηρήσεων. Τα πιο σημαντικά θέματα αντανακλούν ζητήματα που αφορούν τον ρεαλισμό της προσομοίωσης εικονικής πραγματικότητας, δηλαδή διαφορετικές συναισθηματικές και σωματικές εμπειρίες κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, ενώ τα οφέλη της εκπαίδευσης (υγεία, ασφάλεια, περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα, αποτελεσματικότητα και ευκολία, επαναληψιμότητα και ποικιλία σεναρίων) καθιστούν αυτό το εκπαιδευτικό περιβάλλον συμπληρωματικό της παραδοσιακής εκπαίδευσης.

Οι Sebok et al. (2002) στη Νορβηγία προέβησαν στην εξέταση της χρήσης συστημάτων εκπαίδευσης ασφαλείας σε εργασίες συντήρησης και παροπλισμού στην πυρηνική βιομηχανία που βασίζονται σε VR σε τρεις διαφορετικές συνθήκες: καθοδηγούμενη εκπαίδευση βασισμένη σε VR, μη καθοδηγούμενη (δηλαδή διερευνητική) εκπαίδευση βάσει εικονικής πραγματικότητας και συμβατική εκπαίδευση βάσει χάρτη. Δεδομένα από ερωτηματολόγια και αντικειμενικά μέτρα παρατηρήσεων συλλέχθηκαν από ένα δείγμα 15 εργαζομένων στο OECD Halden Reactor Project για να μετρηθούν τα εξής: Ακτινογνώση, Υποκειμενική Μεταφορά Εκπαίδευσης, Αντικειμενικά Μέτρα Απόδοσης, Υποκειμενικές Εντυπώσεις Αλληλεπίδρασης Ποιότητα (παρουσία, χρηστικότητα). Η μη καθοδηγούμενη εκπαίδευση βάσει εικονικής πραγματικότητας παρείχε την καλύτερη υποστήριξη για την απόδοση του χρήστη. Ωστόσο, η απόδοση στη καθοδηγούμενη από VR εκπαίδευση ήταν χειρότερη από την συμβατική εκπαίδευση βάσει χάρτη. Επομένως, δεν είναι απλώς η τεχνολογία VR που συμβάλει στην αποτελεσματική μάθηση, αλλά μάλλον ο σχεδιασμός του συστήματος εκπαίδευσης, το οποίο μπορεί να υποστηριχθεί αποτελεσματικά από την τεχνολογία VR.

Στο Ηνωμένο Βασίλειο οι Gadalla et al. (2022) εξέτασαν ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης εικονικής πραγματικότητας για την αύξηση των δεξιοτήτων και την προετοιμασία της συναισθηματικής κατάστασης των εργαζομένων στην περίπτωση της υποβρύχιας διαφυγής από ελικόπτερα στον κλάδο ναυτιλιακής. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε με προσομοιωτή HUET και οι χρήστες χρησιμοποίησαν Camera και το λογισμικό “Video Solo Video Converter Ultimate”. Χρησιμοποιήθηκε η μεικτή μέθοδος έρευνας με ερωτηματολόγια και καταγεγραμμένα βίντεο για την αξιολόγηση των εξής μεταβλητών: Προσαρμογή και αυτοέλεγχος, αλληλεπίδραση σε ομαδική εργασία και συνεργασία, αλλά και ποιότητα της

εκπαιδευτικής διαδικασίας. Στην έρευνα έλαβαν μέρος 114 εκπαιδευόμενοι και διαπιστώθηκε πως το πρόγραμμα οδηγούσε σε βελτιωμένες δεξιότητες και συναισθηματική ρύθμιση.

Επίσης στο Ηνωμένο Βασίλειο οι Wahidi et al. (2022) ανέπτυξαν και αξιολόγησαν ένα πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας εκπαίδευσης ασφαλείας για εργαζομένους σε ναυπηγεία. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε με τα προγράμματα Microsoft Visual Studio, Blender, Unity Game Engine και χρησιμοποιήθηκαν ως συσκευές οι Oculus Rift, Oculus Quest, Oculus Go, HTC Vive, Lenovo Daydream, Google Cardboard. Διαμέσου ενός ερωτηματολογίου που διανεμήθηκε σε εργαζομένους σε ναυπηγεία διαπιστώθηκε αυξημένη θεωρητική γνώση για την ασφάλεια, με μειωμένο κόστος εκπαίδευσης.

Οι Udeozor et al. (2021) εξέτασαν τις αντιλήψεις των φοιτητών και των επαγγελματιών για τα παιχνίδια IVR για εκπαίδευση χημικών μηχανικών στον τομέα της ασφάλειας. Εξετάστηκαν οι συμπεριφορικές προθέσεις 89 συμμετεχόντων με ένα ερωτηματολόγιο αποτελούμενο από 33 ερωτήσεις σχετικά με κοινωνικοδημογραφικά δεδομένα, προθέσεις συμπεριφοράς για χρήση παιχνιδιών IVR και ποιοτικά δεδομένα για τις αντιλήψεις (π.χ. θεωρώ ότι το παιχνίδι Εικονικής Πραγματικότητας θα ήταν χρήσιμο για την εκπαίδευση σε θέματα Υγείας και Ασφάλειας, προβλέπω ότι θα χρησιμοποιήσω το παιχνίδι VR για Εκπαίδευση H&S στο μέλλον, νομίζω ότι μετά τη χρήση του VR για εκπαίδευση H&S, θα είμαι έτοιμος να χρησιμοποιήσω αυτό το μαθησιακό περιβάλλον για ένα άλλο εκπαιδευτικό σεμινάριο). Τόσο οι φοιτητές όσο και οι επαγγελματίες πιστεύουν ότι τα παιχνίδια IVR είναι χρήσιμα για μάθηση. Οι επαγγελματίες αποδέχονταν περισσότερο την τεχνολογία σε σύγκριση με τους φοιτητές, καθώς οι τελευταίοι παρουσίασαν ανησυχίες σχετικά με τη χρήση της τεχνολογίας για μάθηση στην τάξη.

Οι Wareing et al. (2018) προέβησαν στην εξέταση της αντίληψης 20 χρηστών για ένα πολυτροπικό περιβάλλον VR για σενάρια σχετιζόμενα με πυρκαγιά. Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν παρατηρήσεις, τεστ, ποιοτική ανατροφοδότηση για να διερευνηθεί η ακρίβεια στον εντοπισμό πηγής θερμότητας και οι υποκειμενικές αντιλήψεις τους για το περιβάλλον. Οι χρήστες μπορούσαν να εντοπίσουν με ακρίβεια τις πηγές θερμότητας. Βρέθηκε ότι δύο συμμετρικά τοποθετημένες πηγές θερμότητας παρέχουν μια πιο ρεαλιστική εμπειρία από μια μεμονωμένη και η προσθήκη θερμότητας ήταν πιο ρεαλιστική από την απουσία θερμότητας.

Στη δική τους μελέτη οι Stiles et al. (2018) στόχο είχαν να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας film 360°, δηλαδή ενός προγράμματος που αναπτύχθηκε με το 360 safe VR στην περίπτωση σιδηροδρομικών υπαλλήλων. Στην ποσοτική έρευνα που διεξήχθη συμμετείχαν 135 άτομα που συμπλήρωσαν

ένα ερωτηματολόγιο (π.χ. Πώς βαθμολογούν οι συμμετέχοντες τη χρήση της τεχνολογίας VR για την εκπαίδευση ασφάλειας παράδοσης;,, Τι αναφέρουν οι συμμετέχοντες ότι είναι ο αντίκτυπος της χρήσης της τεχνολογίας VR σε αυτούς ως άτομα και ομάδες;,, Πώς συγκρίνουν οι συμμετέχοντες τη χρήση της τεχνολογίας VR με πιο παραδοσιακή εκπαίδευση ασφάλειας;) για να μετρηθεί η γνώση και η συμπεριφορά ασφαλείας. Οι χρήστες δεν μπορούν να αποσπαστούν ενώ φορούν τα ακουστικά VR κάτι που υποδηλώνει υψηλό επίπεδο αφοσίωσης. Μια έρευνα παρακολούθησης πραγματοποιήθηκε τρεις μήνες μετά την αρχική παρέμβαση εκπαίδευσης, όπου οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι η παρέμβαση εκπαίδευσης για την ασφάλεια είχε σημαντικό αντίκτυπο στις ατομικές συμπεριφορές και την κουλτούρα ασφαλείας.

### **3.6.2 ΗΠΑ**

Στις ΗΠΑ οι Kim et al. (2022) εξέτασαν τα αποτελέσματα από ένα εκπαιδευτικό σενάριο ενός προγράμματος εικονικής πραγματικότητας που δημιουργήθηκε με το λογισμικό Autodesk Maya για ηλεκτρικούς κινδύνους στον κατασκευαστικό κλάδο. Συλλέχθηκαν ποσοτικά δεδομένα από ένα δείγμα οκτώ φοιτητών και πιο συγκεκριμένα δεδομένα από αισθητήρες παρακολούθησης ματιών, με τους συγγραφείς να διαπιστώνουν αυξημένη επαγρύπνηση των εργαζομένων σε ηλεκτρολογικούς κινδύνους.

Στις ΗΠΑ οι Li et al. (2022) προέβησαν σε μία σύνθεση εξατομικευμένων σεναρίων εκπαίδευσης διαφόρων κινδύνων για τον κατασκευαστικό κλάδο διαμέσου προγράμματος εικονικής πραγματικότητας που αναπτύχθηκε με το Unity game engine χρησιμοποιώντας Oculus Quest 2. Στην έρευνα συμμετείχαν 45 άτομα που απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ότι η εξατομικευμένη προσέγγιση εκπαίδευσης VR καθοδήγησης είναι πιο αποτελεσματική στην αύξηση των δεξιοτήτων των εκπαιδευομένων για διάφορους κινδύνους.

Επίσης στις ΗΠΑ οι Song et al. (2022) εξέτασαν την αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος εικονικής πραγματικότητας που δημιουργήθηκε με το EPOC Flex/HTC VIVE για εκπαίδευση ασφάλειας στον κατασκευαστικό κλάδο. Συλλέχθηκαν δεδομένα διαμέσου ερωτηματολογίου και παρατηρήσεων σημάτων EEG (Electroencephalography) από 20 εργαζομένους. Εντοπίστηκαν διαφορετικές συναισθηματικές καταστάσεις με βάση τις μαθησιακές δραστηριότητες και την εμπειρία των εργαζομένων.

Σε μία ακόμα μελέτη στις ΗΠΑ οι Li et al. (2022α) αξιολόγησαν ένα πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας που αναπτύχθηκε με το Oculus Quest 2 για εκπαίδευση σε ζητήματα ασφαλείας στον κατασκευαστικό τομέα. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν διαμέσου μίας εξέτασης

διαδικασίας προσομοίωσης και κουίζ. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν ευέλικτη και ενεργή μάθηση, καθώς και αυξημένη επίγνωση των κινδύνων που σχετίζονται με την κατασκευή αιολικού πύργου.

Σε άλλη έρευνα στις ΗΠΑ οι Kim και Ahn (2020) εξέτασαν τη διαδικασία εξοικείωσης του κινδύνου διαμέσου της χρήσης ενός προγράμματος εικονικής πραγματικότητας που αναπτύχθηκε με το Unreal Engine 4 για τον κατασκευαστικό κλάδο. Τρεις φοιτητές έλαβαν μέρος στην έρευνα για τη μέτρηση της απόδοσής τους μέσα από: ολοκλήρωση εργασιών, παρατήρηση συμπεριφορών ελέγχου κινδύνου και συνέντευξη παρακολούθησης σχετικά με την αντιληπτή εμπύθιση του περιβάλλοντος. Το ανεπτυγμένο μοντέλο VR είναι αποτελεσματικό στην αναπαραγωγή και στην επιτάχυνση της διαδικασίας εξοικείωσης κινδύνου, επιτρέποντας έτσι στους ερευνητές να μελετήσουν πιο γρήγορα τους παράγοντες που επηρεάζουν τη διαδικασία εξοικείωσης κινδύνου.

Στόχος της μελέτης των Moore et al. (2019) ήταν η εξέταση εκπαιδευτικών σεναρίων αναγνώρισης κινδύνου στον κατασκευαστικό κλάδο χρησιμοποιώντας τεχνικές πανοράματος 360 μοιρών έναντι VR. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Lumion® και το Unity, με τους υπολογιστές να αποτελούν τις συσκευές του πειράματος. Συλλέχθηκαν παρατηρήσεις από 14 φοιτητές για να μετρηθεί ο προσδιορισμός τεσσάρων κινδύνων (πτώση, χτύπημα, σύγκρουση και ηλεκτρισμός). Οι βαθμολογίες του δείκτη αναγνώρισης κινδύνου ήταν λίγο υψηλότερες κατά μέσο όρο στην περίπτωση της VR σε σύγκριση με την προσέγγιση πανοράματος 360 μοιρών.

Στη δική τους μελέτη οι Shi et al. (2019) στόχευαν να εξετάσουν μια μέθοδο εκπαίδευσης VR για τη διερεύνηση των συμπεριφορών κοινωνικής μάθησης των ανθρώπων σε μια επικίνδυνη κατάσταση στον κατασκευαστικό κλάδο και πιο συγκεκριμένα το περπάτημα ανάμεσα σε δύο πολυώροφα κτίρια. Δημιουργήθηκε ένα πρόγραμμα με το λογισμικό Unity, χρησιμοποιώντας τις εξής συσκευές: Oculus Rift Consumer Version 1 (CV1) Head-Mounted Display (HMD), Microsoft Kinect. Συλλέχθηκαν παρατηρήσεις από 126 συμμετέχοντες όσον αφορά στα εξής: Χρόνος περπατήματος στη σανίδα, ταχύτητα περπατήματος και κίνηση του βλέμματος. Η επίδειξη πληροφοριών με θετικές συνέπειες (μη πτώση) ενθαρρύνει τους συμμετέχοντες να παρακολουθήσουν την επίδειξη και να διατηρήσουν κανονικό περπάτημα σε μια επικίνδυνη κατάσταση. Η εμφάνιση πληροφοριών με αρνητικές συνέπειες (πτώση) ώθησε τους συμμετέχοντες να περπατήσουν πιο γρήγορα και πιο ακανόνιστα, γεγονός που οδήγησε περαιτέρω σε περισσότερα λάθη και ανασφαλείς συμπεριφορές.

Οι Isleyen και Duzgun (2019) στόχο είχαν στη δική τους έρευνα στις ΗΠΑ να εξετάσουν μια προσομοίωση VR που αναπτύχθηκε με το Blender για τη βελτίωση της εκτίμησης των

κινδύνων πτώσης στέγης και τη λήψη των απαραίτητων μέτρων για τον μετριασμό του κινδύνου που σχετίζεται με την πτώση στέγης στον κλάδο εξόρυξης. Η μεταβλητή που εξετάστηκε ήταν η λήψη αποφάσεων και για τη μέτρησή της χρησιμοποιήθηκε η μεικτή μέθοδος με παρατηρήσεις εργασιών (π.χ. προσδιορισμός πιθανού κινδύνου σε μια σήραγγα μετά την ανατίναξη, πτώση βράχου) και συνεντεύξεις από πέντε συμμετέχοντες. Οι προσομοιώσεις εικονικής πραγματικότητας σε λειτουργίες διάνοιξης σήραγγας μπορούν να έχουν τη δυνατότητα εκπαίδευσης αναγνώρισης κινδύνων. Αν και πρόκειται για προκαταρκτική έρευνα, καταδείχθηκαν ακόμα οι δυνατότητες της τεχνολογίας VR για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας στο χώρο εργασίας και τη βελτίωση της λήψης αποφάσεων.

Επίσης στον κλάδο εξόρυξης στις ΗΠΑ οι Isleyen et al. (2020) διερεύνησαν μία εφαρμογή εικονικής πραγματικότητας που αναπτύχθηκε με το Vizard game engine, με στόχο να εξεταστεί η λήψη αποφάσεων σε διάφορες ενέργειες (π.χ. προσδιορισμός πιθανού κινδύνου για μια πρόσοψη σήραγγας που ανατινάχθηκε πρόσφατα και κατάθεση πιθανών εναλλακτικών λύσεων υποστήριξης ως μέτρα μετριασμού του, εφαρμογή της λύσης επιλέγοντας κατάλληλες παραμέτρους των μέτρων μετριασμού, αξιολόγηση του κινδύνου πτώσης στέγης). Η έρευνα διεξήχθη σε ένα δείγμα φοιτητών από όπου διαπιστώθηκε ότι οι μέθοδοι που βασίζονται σε VR είναι αρκετά αποτελεσματικές για την εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας και έχουν μεγάλες δυνατότητες για τη βελτίωση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων.

Οι Eiris et al. (2018) προέβησαν σε διερεύνηση της επαυξημένης πραγματικότητας πανοράματος 360 μοιρών (PARS) που ανέπτυξαν με το λογισμικό Unity 3D για εφαρμογές εκπαίδευσης ασφάλειας στον κατασκευαστικό κλάδο. Σε ένα δείγμα 30 φοιτητών χορηγήθηκε ένα ερωτηματολόγιο πριν και μετά τη συμμετοχή τους στο πείραμα με στόχο τη μέτρηση του προσδιορισμού κινδύνου και της χρηστικότητας. Το ερωτηματολόγιο περιείχε ερωτήσεις σχετικά με: δημογραφικές πληροφορίες, προηγούμενη εμπειρία/γνώση στην κατασκευή, αυτοαξιολόγηση επίπεδο κατανόησης σχετικά με την εικονική/επαυξημένη πραγματικότητα και πανοραμική απεικόνιση 360 μοιρών, γνώση των διαφορετικών κινδύνων που υπάρχουν στο εικόνες, χρηστικότητα. Οι εκπαιδευόμενοι βρήκαν την πλατφόρμα πολύ επωφελή για την εκμάθηση αναγνώρισης κινδύνου.

Οι Dorozhkin et al. (2016) στόχο είχαν να εξετάσουν το περιβάλλον Virtual Electrosurgical Skill Trainer για εκπαίδευση ασφαλείας για επείγουσες περιπτώσεις πυρκαγιάς στον τομέα της υγείας και συγκεκριμένα στον χειρουργικό τομέα. Το περιβάλλον αναπτύχθηκε με το πρόγραμμα VEST simulator και ως συσκευές από τους 49 συμμετέχοντες χρησιμοποιήθηκαν οι εξής: Oculus Rift HMD, OLED οθόνη. Αξιολογήθηκε η χρησιμότητα (Υποκειμενική

αξιολόγηση) και η πιστότητα (Υποκειμενική προτίμηση) του προσομοιωτή διαμέσου ενός ερωτηματολογίου υποκειμενικής προτίμησης που αποτελείται από 16 ερωτήσεις (π.χ. πιστεύω ότι κατανοώ καλύτερα τις ηλεκτροχειρουργικές αρχές μετά τη χρήση του VEST, εάν ο προσομοιωτής VEST ήταν διαθέσιμος σε εμένα στο εργαστήριο δεξιοτήτων μου, θα τον χρησιμοποιούσα, παρακαλώ βαθμολογήστε το βαθμό του συνολικού ρεαλισμού της προσομοίωσης VEST, Αντιμετωπίσατε κάποια σύγχυση κατά τη χρήση του προσομοιωτή VEST; Μπορείτε να προτείνετε πώς μπορούμε να κάνουμε τον προσομοιωτή VEST να φαίνεται πιο ρεαλιστικός ή να έχει πιο ρεαλιστική αίσθηση;). Η εκπαίδευση για επείγουσες περιπτώσεις πυρκαγιάς σε περιβάλλοντα VR πλήρως καθηλωτικά, μπορεί να είναι η ιδανική μέθοδος εκπαίδευσης. Η εγκυρότητα της ενότητας εκπαίδευσης του προσομοιωτή VEST καθιερώθηκε με επιτυχία σε πολλές πτυχές της προσομοίωσης.

Στη δική τους μελέτη οι Pinheiro et al. (2016) στόχευαν στην εξέταση της οπτικής αντίληψης μιας εικόνας ενός εργοταξίου στον κατασκευαστικό τομέα βάσει καταγεγραμμένων δεδομένων παρακολούθησης ματιών σε περιβάλλον 3D. Χρησιμοποιήθηκαν το Tobii EyeX eye tracker και μία οθόνη υπολογιστή 15". Συλλέχθηκαν παρατηρήσεις από 16 φοιτητές. Από τα δεδομένα παρακολούθησης των ματιών, θα ήταν δυνατό, κατά τη διάρκεια και μετά τις εκπαιδευτικές συνεδρίες, να αξιολογηθεί το επίπεδο γνώσεων για την ασφάλεια κάθε ατόμου, να αναλυθούν πρότυπα ομάδας και να αναπτυχθούν νέα μέτρα πρόληψης.

Σε μία διαφορετική έρευνα στις ΗΠΑ, οι Zhao et al. (2016) στόχευαν στη διερεύνηση μίας πρωτότυπης εφαρμογής για επαγγελματική εκπαίδευση ηλεκτρικής ασφαλείας (OSH) που βασίζεται σε φορητή εικονική πραγματικότητα (MVR). Η εφαρμογή αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας Autodesk 3DS max και Torque 3D package. Συνολικά 13 συμμετέχοντες συμμετείχαν στην έρευνα για να αξιολογηθούν οι εξής μεταβλητές: Χρήση εφαρμογών, Κατανόηση γνώσης, Επιρροή συμπεριφοράς, Οικοδόμηση αυτοπεποίθησης. Έγινε χρήση ενός ερωτηματολογίου δέκα ερωτήσεων για τη συλλογή αρχικών σχολίων για το πρωτότυπο και την αξιολόγηση της εφαρμογής (π.χ. πιστεύετε ότι η εφαρμογή είναι άνετη στην πλοήγηση;, Πιστεύετε ότι είναι καλύτερα να την κατανοήσετε και να την χρησιμοποιήσετε; , Πιστεύετε ότι το VR είναι ελκυστικό για να σας παρακινήσει να συνεχίσετε;, Πιστεύετε ότι θα έχετε αυτοπεποίθηση όταν αντιμετωπίζετε την ίδια κατάσταση ασφάλειας στον πραγματικό κόσμο;). Τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την επιρροή της ανθρώπινης συμπεριφοράς και την κατανόηση της ασφαλούς γνώσης εργασίας από την πρωτότυπη εφαρμογή. Αν και αυτό το πρωτότυπο αποδεικνύεται ως πιλοτική μελέτη ηλεκτρικής ασφαλείας, η εφαρμογή δεν περιορίζεται σε αυτόν τον τομέα και μπορεί να επεκταθεί σε άλλους κινδύνους.

Οι Orr et al. (2009) εξέτασαν ένα μοντέλο εικονικής πραγματικότητας για την εκπαίδευση ασφαλείας και συγκεκριμένα διαφυγής σε περίπτωση πυρκαγιάς στον κλάδο εξορύξεων. Συλλέχθηκαν δεδομένα παρατηρήσεων από 32 άτομα για να αξιολογηθεί η απόδοσή τους όσον αφορά στον χρόνο εκτέλεσης διαφόρων σεναρίων. Οι εκπαιδευόμενοι ανέφεραν κατά τη διάρκεια των συζητήσεων μετά την εκπαίδευση ότι θεώρησαν την εκπαίδευση ως αποτελεσματική. Οι εκπαιδευόμενοι ανέφεραν επίσης ότι ένιωθαν πιο έτοιμοι να ακολουθήσουν ένα σχέδιο εκκένωσης ως αποτέλεσμα αυτής της εκπαίδευσης.

Οι Lucas και Thabet (2008) εξέτασαν ένα μοντέλο εικονικής πραγματικότητας που δημιουργήθηκε με το CAD για την εκπαίδευση ασφαλείας στον κλάδο εξορύξεων. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από 11 συμμετέχοντες διαμέσου παρατηρήσεων και ερωτηματολογίου με στόχο να εξεταστεί η ποιότητα πληροφοριών, η χρησιμότητα και οι δυνατότητες μάθησης σε σχέση με άλλες μεθόδους εκπαίδευσης. Αν και εντοπίστηκαν ορισμένα ζητήματα, τα ζητήματα με τη σαφήνεια των οδηγιών και τη σαφήνεια των στόχων ξεπερνιούνται εύκολα μέσω αναθεωρήσεων των επεξηγήσεων σε αυτό το μοντέλο.

Στις ΗΠΑ οι Habibnezhad et al. (2021) διερεύνησαν διαμέσου παρατηρήσεων από 12 σιδηρουργούς, παράγοντες που σχετίζονται με κινδύνους πτώσεων στον κατασκευαστικό κλάδο, έπειτα από τη χρήση ενός προγράμματος εικονικής πραγματικότητας που δημιουργήθηκε με HTC Vive και 3D humanoid model. Οι ερευνητές κατέληξαν στο συμπέρασμα πως το εν λόγω πρόγραμμα μπορεί να βελτιώσει την απόδοση βάρδισης των εργαζομένων.

Σε μία ακόμα μελέτη στον κατασκευαστικό κλάδο στις ΗΠΑ, οι Noghabaei et al. (2021) στόχο είχαν να εξετάσουν εάν ο συνδυασμός EEG και παρακολούθησης ματιών σε ένα εμβυθιστικό εικονικό περιβάλλον (IVE) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλεφθεί πότε θα αναγνωριστούν επιτυχώς οι κίνδυνοι για την ασφάλεια κατά τη διάρκεια προσπαθειών αναγνώρισης κινδύνου χρησιμοποιώντας τεχνικές μηχανικής μάθησης. Το πρόγραμμα στο οποίο βασίστηκε το εικονικό περιβάλλον ήταν το Unity και ως συσκευές χρησιμοποιήθηκαν οι VR HMD, παρακολούθηση ματιών και αισθητήρας EEG. Συλλέχθηκαν παρατηρήσεις από 30 φοιτητές που συμμετείχαν στην έρευνα. Ο συνδυασμός EEG και παρακολούθησης ματιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να προβλέψει αποτελεσματικά πότε τα άτομα θα αναγνωρίσουν τους κινδύνους για την ασφάλεια, ειδικά αυτούς που σχετίζονται με υψηλότερη διέγερση και σθένος.

Οι Jeelani et al. (2017) ανέπτυξαν και αξιολόγησαν ένα εμβυθιστικό εκπαιδευτικό περιβάλλον για εκπαίδευση ασφάλειας στον κατασκευαστικό κλάδο που αναπτύχθηκε με το Unity 5.4 και Visual C# και οι εκπαιδευόμενοι που ήταν τέσσερις φοιτητές χρησιμοποίησαν

ως συσκευές HMDs. Η κύρια μεταβλητή που εξετάστηκε διαμέσου παρατηρήσεων και ερωτηματολογίου (π.χ. πόσο συναρπαστική ήταν η αίσθηση της μετακίνησης μέσα στο εικονικό περιβάλλον;, πόσο συμμετείχατε στην εμπειρία του καθλωτικού περιβάλλοντος;) ήταν η παρουσία. Ο βαθμός ρεαλισμού και καθλωτικής εμπειρίας που προσφέρει το εκπαιδευτικό περιβάλλον βρέθηκε ότι είναι το 73% του πραγματικού περιβάλλοντος.

Οι Noghabaei και Han (2019) εξέτασαν μια εκπαίδευση ασφάλειας στον κατασκευαστικό κλάδο σε ένα εμπυθιστικό εικονικό περιβάλλον (IVE) που αναπτύχθηκε με το Unity 3D στις ΗΠΑ. Συλλέχθηκαν δεδομένα παρατηρήσεων από 10 συμμετέχοντες με έναν αισθητήρα εγκεφάλου και έναν ανιχνευτή ματιών που κατέγραφαν τις κινήσεις των ματιών και τα εγκεφαλικά κύματα των εκπαιδευομένων. Αξιολογήθηκαν δέκα κίνδυνοι διαφόρων διαστάσεων (π.χ. πτώση, χημικοί κίνδυνοι, πίεση). Οι συμμετέχοντες τείνουν να επικεντρώνονται περισσότερο στην πτώση και στους χημικούς κινδύνους. Από την άλλη πλευρά, οι συμμετέχοντες δεν ήταν σε θέση να εντοπίσουν τους κινδύνους μετακινήσεων.

Οι Joshi et al. (2021) στις ΗΠΑ εξέτασαν μία ενότητα εκπαίδευσης διαμέσου της εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση ασφαλείας στη βιομηχανία προκατασκευασμένου σκυροδέματος. Το πρόγραμμα αναπτύχθηκε με το Unity 3D και το Visual Studio και οι χρήστες χρησιμοποίησαν το Oculus headset. Εξετάστηκαν η γνώση, το κίνητρο και η αποτελεσματικότητα διαμέσου ερωτηματολογίων που απαντήθηκαν από 32 φοιτητές. Τα ερωτηματολόγια περιλάμβαναν γνώσεις πριν και μετά το τεστ, μια έρευνα κινήτρων και μέτρων αποτελεσματικότητας. Χρησιμοποιήθηκαν προ και μετα-δοκιμές για την ανάλυση της απόκτησης γνώσεων των συμμετεχόντων στις δύο διαφορετικές ομάδες: πείραμα μέσω βίντεο και πείραμα μέσω VR. Το εκπαιδευτικό μάθημα μέσω VR βρέθηκε να είναι φιλικό προς τον χρήστη, με ελάχιστη ασθένεια προσομοίωσης, ενισχύοντας τη δέσμευση των συμμετεχόντων και παρέχοντας καλύτερη κατανόηση των πρωτοκόλλων ασφαλείας και την πραγματική εμπειρία των εργαζομένων στον συγκεκριμένο κλάδο.

Σε μία ακόμα μελέτη στις ΗΠΑ οι Zujovic et al. (in press) στόχο είχαν να αναπτύξουν ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης που βασίζεται σε υπολογιστή σε θέματα ασφάλειας στη μεταλλευτική βιομηχανία. Οι συγγραφείς δημιούργησαν το πρόγραμμα με Unity3D και ως συσκευές χρησιμοποιήθηκαν οι εξής: μια 360-degree κάμερα, Oculus Rift CV 1 και η πλατφόρμα ανοικτού κώδικα WordPress. Διεξήχθη ένα κουίζ αξιολόγησης. Ο αριθμός των ερωτήσεων για κάθε κουίζ προέρχεται από το εκπαιδευτικό εγχειρίδιο και από διαβουλεύσεις με το προσωπικό ενός ορυχείου. Κάθε ένα από τα κουίζ που σχετίζονται με συγκεκριμένες οδηγίες αποτελείτο από τέσσερις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής. Το τελικό τεστ αποτελείτο από οκτώ ερωτήσεις. Ο εκπαιδευόμενος έπρεπε να απαντήσει σωστά σε όλες τις ερωτήσεις. Διαπιστώθηκαν θετικά αποτελέσματα σε οδηγίες που σχετίζονταν με: Ενδιάμεση

επιθεώρηση, προλειτουργική επιθεώρηση καμπίνας και σωστή εκκίνηση, διακοπή λειτουργίας και διαδικασίες έκτακτης ανάγκης για επτά μηχανήματα.

Οι Jeelani et al. (2020) στις ΗΠΑ διερεύνησαν την αποτελεσματικότητα ενός εξατομικευμένου εκπαιδευτικού πρωτοκόλλου ασφάλειας που παρέχεται χρησιμοποιώντας ισχυρά, ρεαλιστικά και καθηλωτικά περιβάλλοντα μέσω στερεο-πανοραμικών περιβαλλόντων και ενός εικονικού περιβάλλοντος. Για την ανάπτυξη του περιβάλλοντος χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Unity 3D και 3D-CAD. Συλλέχθηκαν δεδομένα παρατηρήσεων από 53 άτομα προκειμένου να μετρηθεί η απόδοση των συμμετεχόντων πριν και μετά την εκπαίδευση βάσει βαθμολογίας (0-10) στην αναγνώριση και διαχείριση κινδύνων. Η καθηλωτική εμπειρία εκπαίδευσης ήταν μια αρκετά ρεαλιστική προσομοίωση ενός πραγματικού εργοταξίου, η οποία διευκόλυνε τη μάθηση. Τα ευρήματα της μελέτης έδειξαν ότι οι συμμετέχοντες κατά μέσο όρο ήταν σε θέση να εντοπίσουν μόνο το 31% των κινδύνων πριν από την εκπαίδευση και το 70% των κινδύνων μετά την εκπαίδευση. Επιπλέον, τα αποτελέσματα έδειξαν επίσης ότι η απόδοση διαχείρισης κινδύνου των συμμετεχόντων βελτιώθηκε κατά 44% έπειτα από τη συμμετοχή τους στο πρόγραμμα.

Στις ΗΠΑ οι Royade et al. (2021) σύγκριναν ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης ασφαλείας στον τομέα των χημικών κατασκευών σε εικονική πραγματικότητα σε σύγκριση με την παραδοσιακή μέθοδο. Το πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας δημιουργήθηκε με το 3DSMax και χρησιμοποιήθηκε με HTC Vive και Leap Motion Controller. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν: Επίδραση μάθησης για συγκεκριμένη εργασία, αντίληψη μαθησιακής εμπιστοσύνης, αίσθηση αντιληπτής παρουσίας, χρηστικότητα. Για τον σκοπό της έρευνας διανεμήθηκε ένα ερωτηματολόγιο σε 28 άτομα από όπου διαπιστώθηκε ότι η εικονική πραγματικότητα είναι πιο αποτελεσματική σε όλες τις προαναφερθείσες μεταβλητές, με εξαίρεση τη μάθηση για συγκεκριμένη εργασία.

Οι Jin και Nakayama (2014) προέβησαν σε σύγκριση της εκπαίδευσης μόνο μέσω διάλεξης, διάλεξη με φυσικό εργαστήριο και διάλεξη με το ανεπτυγμένο τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον για εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό κλάδο στις ΗΠΑ. Το τρισδιάστατο εικονικό περιβάλλον αναπτύχθηκε με το λογισμικό Unreal Game Engine. Διεξήχθη ένα τεστ μία εβδομάδα μετά το πέρας του πειράματος σε 22 συμμετέχοντες. Τα αποτελέσματα έδειξαν τα οφέλη του τρισδιάστατου παιχνιδιού εικονικής πραγματικότητας έναντι της μεθόδου μόνο μέσω διαλέξεων στην ενίσχυση της μάθησης των συμμετεχόντων. Επιπλέον, το παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να διατηρούν τις πληροφορίες όσο η μέθοδος παράδοσης με διάλεξη με φυσικό εργαστήριο.

Επίσης οι Chakraborty και Bise (2000) στις ΗΠΑ στόχο είχαν να εξετάσουν ένα μοντέλο εικονικής πραγματικότητας που δημιουργήθηκε με το WorldToolKit και 3D AutoCAD για την εκπαίδευση ασφαλείας στον κλάδο εξορύξεων, σε σύγκριση με τη μέθοδο που βασίζεται στο εγχειρίδιο χειριστή. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από 12 συμμετέχοντες διαμέσου παρατηρήσεων και ερωτηματολογίου με στόχο να εξεταστεί η απόδοσή τους. Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από ένα τεστ γνώσεων και ερωτήσεις για να εξεταστεί τη σκοπιμότητα ενός τέτοιου εκπαιδευτικού εργαλείου για διάφορες πτυχές της εκπαίδευσης στη λειτουργία μηχανών. Η συνολική απόδοση των συμμετεχόντων που έλαβαν μέρος στην εκπαίδευση μέσω του μοντέλου ήταν σημαντικά καλύτερη σε σχέση με την ανάγνωση του εγχειριδίου χειριστή. Όσον αφορά τις προτιμήσεις των συμμετεχόντων μεταξύ των δύο μεθόδων, καταδείχθηκε ότι η συντριπτική πλειοψηφία των συμμετεχόντων προτίμησε να χρησιμοποιήσει το πρόγραμμα υπολογιστή που βασίζεται σε VR, αντί να διαβάσει το εγχειρίδιο χειριστή, για να μάθει για τις διάφορες πτυχές της λειτουργίας του εξοπλισμού.

Οι Eiris et al. (2020) προέβησαν στην εξέταση της παραδοσιακής εκπαίδευσης που βασίζεται σε διαλέξεις έναντι της πολύ-κατευθυντικής εκπαίδευσης που βασίζεται σε κινηματογραφικό υλικό εικονικής πραγματικότητας για ζητήματα ασφαλείας στον κατασκευαστικό κλάδο στις ΗΠΑ. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν Unity και Insta360 One® camera και οι συσκευές Google Cardboard head-mounted display. Για την έρευνα χρησιμοποιήθηκε ένα εργαλείο για την αξιολόγηση των οφελών στην αναγνώριση κινδύνου, που αποτελείται από έξι ενότητες, ένα για κάθε σενάριο που περιλαμβάνεται σε κάποιον κίνδυνο που παρουσιάστηκε στην εκπαίδευση. Κάθε ενότητα περιείχε αφηγήσεις κειμένων ανάλογες με το εκπαιδευτικό υλικό. Δόθηκε μια εικόνα με την αφήγηση για να διευκρινιστεί το πλαίσιο στο κείμενο για εκπαίδευση. Ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της αναγνώρισης κινδύνου σε κάθε ενότητα χρησιμοποιώντας τον δείκτη αναγνώρισης κινδύνου. Επιπλέον, παρουσιάστηκαν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου σε κάθε ενότητα για τη συλλογή ποιοτικών γνώσεων σχετικά με τις επιλογές που έκαναν οι εκπαιδευόμενοι. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν: στάσεις, μεταφορικότητα, γνωστική απορρόφηση, χωρική παρουσία, τηλεπαρουσία. Τα αποτελέσματα από την έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε 24 φοιτητές κατέδειξαν ότι οι εκπαιδευόμενοι παρουσίασαν υψηλότερο μέσο όρο βαθμολογίας αναγνώρισης κινδύνου χρησιμοποιώντας παραδοσιακές διαλέξεις (81%) σε σχέση με την εκπαίδευση εικονικής πραγματικότητας (79%). Ωστόσο, οι συμμετέχοντες αισθάνθηκαν πιο αφοσιωμένοι κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης στην εικονική πραγματικότητα σε σχέση με την εκπαίδευση που βασίζεται σε διαλέξεις.

Σε μία παρόμοια έρευνα στις ΗΠΑ οι John et al. (2020) ανέπτυξαν ένα πολύ-κατευθυντικό περιβάλλον κινηματογραφικών γραφικών με το Unity, χρησιμοποιώντας ως συσκευές: VIRB

360 camera, Oculus DK2 head mounted display, SMI eye tracker. Το πρόγραμμα αξιολογήθηκε από πέντε συμμετέχοντες που απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο μετά την ολοκλήρωση μιας εργασίας για να μετρηθούν οι ίδιες μεταβλητές με την προηγούμενη έρευνα (στάσεις, μεταφορικότητα, γνωστική απορρόφηση, χωρική παρουσία, τηλεπαρουσία). Διαπιστώθηκε πως το συγκεκριμένο περιβάλλον επηρέασε θετικά τη συμπεριφορά του βλέμματος των χρηστών σε σχέση με τους κινδύνους και βελτίωσε τη συνολική εμπειρία τους.

Οι Żmigrodzka et al. (2012) στις ΗΠΑ εξέτασαν την αποτελεσματικότητα της VR στην πτητική εκπαίδευση και πιο συγκεκριμένα στην ασφάλεια στο αεροσκάφος έναντι τρομοκρατικών ενεργειών. Στην έρευνα συμμετείχαν 100 φοιτητές που ολοκλήρωσαν διάφορες ενέργειες για να αξιολογηθεί η ποιότητα των ολοκληρωμένων εργασιών και ο ρεαλισμός της VR. Το αποτέλεσμα της χρήσης εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων και αυτό σημαίνει πως η νέα τεχνολογία χρειάζεται περισσότερη προσπάθεια για να βελτιώσει τις τεχνικές εκπαίδευσης στον εικονικό κόσμο.

Οι Eiris et al. (2020a) επίσης στις ΗΠΑ εξέτασαν την καθηλωτική αφήγηση σε ψηφιακά πανοράματα 360 μοιρών έναντι παραδοσιακής εκπαίδευσης της Διοίκησης Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (OSHA) για τη βελτίωση της αναγνώρισης κινδύνου και της αντίληψης κινδύνου στον κατασκευαστικό κλάδο. Αναπτύχθηκε ένα περιβάλλον με το Unity και χρησιμοποιήθηκαν συσκευές HMD. Διανεμήθηκε ένα ερωτηματολόγιο σε 40 φοιτητές το οποίο αποτελείται από: (1) δημογραφικά στοιχεία, (2) τεστ αναγνώρισης κινδύνου, (3) ερωτηματολόγιο αντίληψης κινδύνου και (4) έρευνα αίσθησης παρουσίας (π.χ. πόσο φυσικές φάνηκαν οι αλληλεπιδράσεις με το περιβάλλον;, πόσο ανταποκρινόταν το περιβάλλον στις ενέργειες που πραγματοποιήσατε;, Πόσο προσεκτικά μπορέσατε να εξετάσετε αντικείμενα;, Πόσο ικανοί στην κίνηση και την αλληλεπίδραση με το εικονικό περιβάλλον αισθανθήκατε στο τέλος της εμπειρίας;). Δεν υπήρχαν στατιστικές διαφορές στις μέσες βαθμολογίες του Δείκτη Αναγνώρισης Κινδύνου και για τις δύο προσεγγίσεις, υποδηλώνοντας ότι τα αποτελέσματα των τεχνικών εκπαίδευσης είναι ισοδύναμα για το εύρος των κινδύνων πτώσης που αξιολογήθηκαν σε αυτή τη μελέτη. Διαπιστώθηκε εξοικονόμηση χρόνου στην εκπαίδευση αναγνώρισης κινδύνων. Η συναρπαστική αφήγηση ιστοριών απαιτούσε 15 λεπτά εκπαίδευσης σε αντίθεση με 10 ή 30 ώρες εκπαίδευσης OSHA. Τέλος, όλοι οι συμμετέχοντες αντιλήφθηκαν ότι η καθηλωτική εμπειρία παρείχε μια υψηλή αίσθηση παρουσίας.

Στις ΗΠΑ οι Kim et al. (2020) σύγκριναν την αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος εκπαίδευσης σε εικονική πραγματικότητα έναντι ενός εκπαιδευτικού προγράμματος σε παρουσιάσεις που αφορούσε τον κατασκευαστικό κλάδο και συγκεκριμένα στην ασφάλεια

εκσκαφής. Το πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας αναπτύχθηκε με το Unity λογισμικό και ως συσκευή χρησιμοποιήθηκε το Oculus Go headset device. Συνολικά 28 φοιτητές κατηγοριοποιήθηκαν σε δύο ομάδες όπου η μία εκπαιδεύθηκε με διαφάνειες παρουσίασης (ομάδα ελέγχου) και η άλλη με προσομοίωση εικονικής πραγματικότητας (ομάδα δοκιμής). Χορηγήθηκε ένα ερωτηματολόγιο πριν και μετά την εκπαίδευσή τους για να μετρήσει τα εξής: ταχύτητα μάθησης, διατήρηση μνήμης, προτιμώμενο στυλ μάθησης, περιορισμούς στη σωματική κίνηση, ευκολία στη χρήση, πολλαπλές οπτικές προοπτικές, δυνατότητα αλληλεπίδρασης. Επίσης χορηγήθηκε και ένα ερωτηματολόγιο έπειτα από το πέρας της εκπαίδευσης για να μετρήσει την εμπειρία τους. Οι αλληλεπιδράσεις των εκπαιδευομένων με στοιχεία της εικονικής προσομοίωσης ήταν ουσιαστικές, ενώ ο ρεαλισμός δεν ήταν υποχρεωτική απαίτηση για την προσομοίωση VR. Από την άλλη πλευρά διαπιστώθηκε ότι οι αλληλεπιδράσεις των συμμετεχόντων με χαρακτήρες στο εκπαιδευτικό πρόγραμμα VR είχαν κάποιο αρνητικό αντίκτυπο. Επιπλέον, η κίνηση (περπάτημα) εντός της προσομοίωσης VR αποσπούσε σημαντικά την προσοχή των συμμετεχόντων.

Σε παρόμοιο πλαίσιο οι Mehany et al. (2019) στις ΗΠΑ επίσης σύγκριναν ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης ασφαλείας σε εικονική πραγματικότητα με την παραδοσιακή μέθοδο στον κατασκευαστικό τομέα. Διανεμήθηκε ένα ερωτηματολόγιο σε 304 φοιτητές και 80 επαγγελματίες του κλάδου, χωρίς όμως να διαπιστωθεί κάποια διαφορά μεταξύ αυτών των δύο μεθόδων εκπαίδευσης.

Στόχος της μελέτης του Guegler (2021) στις ΗΠΑ ήταν να μετρήσουν αποτελεσματικότητα και τις δυνατότητες της εκπαίδευσης εικονικής πραγματικότητας σε σύγκριση με την παραδοσιακή εκπαίδευση για ζητήματα ασφαλείας στον κατασκευαστικό κλάδο. Η ποσοτική έρευνα διενεργήθηκε σε 41 συμμετέχοντες του Συμβουλευτικού Συμβουλίου Διαχείρισης Κατασκευών της χώρας. Χορηγήθηκε ένα ερωτηματολόγιο με 12 ερωτήσεις (π.χ. Έχει υιοθετήσει η εταιρεία σας εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας εικονικής πραγματικότητας;, Έχετε βιώσει γενικό δισταγμό στην υιοθέτηση τεχνολογιών όπως η εικονική πραγματικότητα;, Πιστεύετε ότι η εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας εικονικής πραγματικότητας είναι το μέλλον της κατασκευαστικής βιομηχανίας;) για να εξετάσει την εξοικείωση και τη μελλοντική συμπεριφορά των εκπαιδευομένων. Η εκπαίδευση ασφάλειας μέσω εικονικής πραγματικότητας εξακολουθεί να χρησιμοποιείται ελάχιστα και δεν είναι πλήρως κατανοητή στον κατασκευαστικό κλάδο. Μια μειοψηφία των ερωτηθέντων ήταν εξοικειωμένοι με την τεχνολογία και δεν μπορούσαν να δώσουν οριστικές απαντήσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητά της ή τη θέση της στο μέλλον της εκπαίδευσης σε θέματα ασφάλειας.

Σε μία σχετικά παρόμοια μελέτη, οι Bhoir και Esmaeili (2015) εξέτασαν τις δυνατότητες και την τρέχουσα χρήση της εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό κλάδο. Διεξήχθησαν συνεντεύξεις σε 15 συμμετέχοντες που εξέταζαν διάφορα θέματα [(1) Σε ποιο βαθμό χρησιμοποιείται η εικονική πραγματικότητα για εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας κατασκευών στις ΗΠΑ; (2) Ποιες είναι οι τρέχουσες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για σκοπούς εκπαίδευσης ασφαλείας; (3) Αντιλαμβάνονται οι επαγγελματίες ασφαλείας δυνατότητες χρήσης της εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας; και (4) Είναι πιθανό να αυξηθεί η χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση για την ασφάλεια των κατασκευών;]. Το τρέχον ποσοστό υιοθέτησης της εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό κλάδο είναι ελάχιστο και οι επαγγελματίες ασφαλείας προτιμούν την πρακτική εκπαίδευση.

Οι Manning et al. (2020) στις ΗΠΑ διεξήγαγαν μία έρευνα για να εξετάσουν τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό τομέα σε ένα δείγμα ατόμων από 12 κατασκευαστικές εταιρείες. Διεξήχθησαν τηλεφωνικές έρευνες μέσω ερωτηματολογίου (π.χ. Χρησιμοποιεί η εταιρεία σας αυτήν τη στιγμή την εικονική πραγματικότητα ως μέτρο εκπαίδευσης για την ασφάλεια; Εάν όχι γιατί όχι;, Ποιο είναι το μεγαλύτερο πλεονέκτημα στη χρήση VR για εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας κατασκευών; Σκοπεύετε να επεκτείνετε τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας σε το εκπαιδευτικό σας πρόγραμμα; Αν ναι, πώς;). Οι εταιρείες που συμμετείχαν στην έρευνα δεν παρείχαν δεδομένα που είτε θα υποστήριζαν είτε όχι εάν η εικονική πραγματικότητα ως εκπαιδευτικό εργαλείο καθιστά τον κλάδο ασφαλέστερο.

### **3.6.3 Αυστραλία / Νέα Ζηλανδία**

Οι Hoang et al. (2021) στην Αυστραλία προέβησαν στην αξιολόγηση ενός πρωτοτύπου περιβάλλοντος VR μετά από διέγερση φόβου που σχετίζεται με κινδύνους στον κατασκευαστικό κλάδο. Διαμέσου ενός ερωτηματολογίου που συμπληρώθηκε από 35 συμμετέχοντες αξιολογήθηκαν συναισθηματικά, γνωστικά, συμπεριφορικά στοιχεία, με τους συγγραφείς να διαπιστώνουν αυξημένη ευαισθητοποίηση και στάση ασφαλείας.

Οι Xu και Zheng (2021) στην Αυστραλία ανέπτυξαν και αξιολόγησαν μια καθηλωτική και διαδραστική πλατφόρμα εκπαίδευσης VR βασισμένη σε πολλούς παίκτες για εκπαίδευση ασφαλείας σε έναν σιδηροδρομικό σταθμό υπό κατασκευή. Στην πιλοτική αυτή έρευνα συμμετείχαν 10 εργαζόμενοι που συμπλήρωσαν το Ερωτηματολόγιο δυσφορίας προσομοιωτή (Simulator Discomfort Questionnaire - SSQ) και την κλίμακα αποδοχής Van der Laan (για την αντίληψη της πλατφόρμας εκπαίδευσης και προσομοίωσης ρεαλισμού). Διαπιστώθηκε πως δεν υπήρχε ασθένεια κίνησης. Οι εργαζόμενοι εκπαιδεύτηκαν καλύτερα στο

ανεπτυγμένο εμπυθιστικό περιβάλλον και μπορούσαν να απομνημονεύσουν κρίσιμα σημεία πιο αποτελεσματικά. Από την άλλη πλευρά, όμως, όταν άρχισαν να εμφανίζονται αποτυχίες σε λειτουργίες πολλών παικτών, η ικανότητα των συμμετεχόντων να αναγνωρίζουν πιθανούς κινδύνους επηρεάστηκε αρνητικά και εντόπισαν τους μισούς κινδύνους, ειδικά επειδή δεν μπορούσαν να αναγνωρίσουν ορισμένα απρόβλεπτα ατυχήματα (π.χ. χτυπήματα από πτώση πέτρας από το γερανό ή έναν βράχο που παρασύρθηκε από μηχανήματα).

Οι Li et al. (2012) στην Αυστραλία στόχο είχαν να περιγράψουν και να εξετάσουν το εικονικό σύστημα εκπαίδευσης ασφαλείας πολλών χρηστών (MVSTS) που δημιουργήθηκε με το 3DVIA Virtools για εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό τομέα και συγκεκριμένα στον τομέα αποσυναρμολόγησης πύργου γερανού. Στην έρευνα συμμετείχαν 30 επαγγελματίες του κλάδου που απάντησαν σύντομα κουίζ, αποτελούμενα από 20 ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών σχετικά με τη διαδικασία αποσυναρμολόγησης του γερανού. Οι εκπαιδευόμενοι γενικά έμαθαν καλύτερα από εκείνους που χρησιμοποιούν την παραδοσιακή μέθοδο. Οι αξιολογήσεις δείχνουν επίσης ότι το σύστημα έχει γενικά μεγάλες δυνατότητες ως πλατφόρμα εκπαίδευσης.

Σε μία διαφορετική έρευνα οι Pedram et al. (2021) στην Αυστραλία προέβησαν σε μία ανάλυση κόστους-οφέλους ενός προγράμματος VR για εκπαίδευση ασφαλείας στον κλάδο εξορύξεων και πιο συγκεκριμένα στον τομέα των διασώσεων. Χρησιμοποιήθηκε ένα περιβάλλον VR σε υπολογιστή που σχεδιάστηκε με το 360-VR. Στην ποσοτική έρευνα που πραγματοποιήθηκε συμμετείχαν 368 άτομα από όπου διαπιστώθηκε πως είναι μια οικονομικά αποδοτική μέθοδος εκπαίδευσης.

Η μελέτη των Pedram et al. (2020) στην Αυστραλία στόχο είχε να εξετάσει την αποτελεσματικότητα ενός προγράμματος εκπαίδευσης ασφαλείας στον κλάδο εξορύξεων στον τομέα της διάσωσης που αναπτύχθηκε με Unity3D και 360-VR. Μετρήθηκε η αντιληπτή μάθηση και η γνώση διαμέσου των απόψεων 284 εκπαιδευομένων. Πριν από την εκπαίδευση οι εκπαιδευόμενοι ολοκλήρωσαν ένα σύντομο τεστ ικανοτήτων, το οποίο αξιολόγησε τις γνώσεις τους σχετικά με τα πρωτόκολλα έρευνας και διάσωσης πριν από την εκπαίδευση [π.χ. "Ποιοι 3 κανόνες πρέπει να τηρούνται κατά την εξερεύνηση ή τη διεξαγωγή αναζήτησης;", "Ποιες πληροφορίες πρέπει να τοποθετούνται στη σήμανση διαδρομής;", "ποια είναι τα κύρια πρωτόκολλα αναζήτησης και διάσωσης;" (δόθηκε ένα υποθετικό σενάριο και ο δικός μου χάρτης και ζητήθηκε από τους εκπαιδευόμενους να απαριθμήσουν τα βήματα και τα πρωτόκολλα)]. Οι εκπαιδευόμενοι επανέλαβαν αργότερα αυτό το τεστ δεξιοτήτων ένα μήνα μετά την εκπαίδευσή τους σε VR για να αξιολογήσουν αντικειμενικά την ποιότητα της μάθησής τους. Στη συνέχεια, οι εκπαιδευόμενοι συμπλήρωσαν το προεκπαιδευτικό ερωτηματολόγιο που σχεδιάστηκε για να αξιολογήσει το υπόβαθρο, την εμπειρία και την

κατάσταση του μυαλού των εκπαιδευομένων πριν από την εκπαίδευση (εμπειρία παιχνιδιού, ενθουσιασμός, άγχος, ανταγωνισμός, κίνητρα, αυτο-αποτελεσματικότητα και ευημερία). Μετά την εκπαίδευση οι εκπαιδευόμενοι ολοκλήρωσαν το ερωτηματολόγιο που αξιολόγησε την εμπειρία τους στην εικονική πραγματικότητα και επίσης μέτρησε την αντιληπτή μάθησή τους (ασθένεια, ρεαλισμός/αναπαραστατική πιστότητα, παρουσία, συνπαρουσία, κοινωνική παρουσία, εμβάπτιση, ροή, άγχος/ανησυχία, αληθοφάνεια, ευκολία χρήσης, χρησιμότητα, ανατροφοδότηση, εκπαιδευτής, στάση απέναντι στη χρήση και αντιληπτή μάθηση) Αφού συμπλήρωσαν το ερωτηματολόγιο μετά την εκπαίδευση, οι εκπαιδευόμενοι απάντησαν στις ακόλουθες ερωτήσεις: 1) Πόσο επιτυχημένη ήταν η εκπαίδευση στο 360-VR; 2) Πόσο χρήσιμη πιστεύετε ότι ήταν αυτή η εκπαίδευση; 3) Πόσο συνεπής ήταν η εμπειρία σας με τις πραγματικές συνθήκες ζωής; 4) Προτιμάτε την προπόνηση 360-VR έναντι της παραδοσιακής προπόνησης; και 5) Θα συνιστούσατε την εκπαίδευση 360-VR σε άλλους;. Η πραγματική και η αντιληπτή μάθηση ενισχύθηκε από τη δέσμευση του εκπαιδευόμενου με το σενάριο, την αντίληψή του για την πιστότητα του σεναρίου, την αίσθηση της συν-παρουσία με άλλους εκπαιδευόμενους, την αντιληπτή χρηστικότητα του συστήματος. Τέλος βρέθηκε μια συνολική θετική στάση απέναντι στην τεχνολογία και τη συμμετοχή των ειδικευμένων εκπαιδευτών.

Η έρευνα των Pedram et al. (2019) στην Αυστραλία στόχο είχε να εξετάσει τους παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα της διαδικασίας εκπαίδευσης και μάθησης για τους διασώστες υπόγειων ορυχείων. Η έρευνα διεξήχθη σε 288 άτομα για να εξετάσει τις εξής μεταβλητές: Εμπειρία παιχνιδιού, Αίσθηση εγρήγορσης και παρουσίας, Αίσθηση άγχους, Αίσθημα κινήτρου, Αίσθηση εμπιστοσύνης και ικανότητας, Αίσθημα ανησυχίας, Αίσθημα ανταγωνισμού, Ασθένεια, Αίσθηση δέσμευσης και αλληλεπίδρασης, Αίσθηση ευκολίας χρήσης, Αίσθηση κόπωσης, Αίσθηση απόλαυσης, Αίσθηση άγχους, πίεσης και έντασης, Αίσθηση πίεσης, Αίσθηση ρεαλισμού, Αίσθηση χρησιμότητας, Επιτυχία, Ασθένεια, Αντιληπτή μάθηση. Οι εν λόγω μεταβλητές μετρήθηκαν από τις αντίστοιχες κλίμακες ενός ερωτηματολογίου πριν την εκπαίδευση [Game Experience Measure (GEM), Simulator Sickness (SSQ), Dundee Stress State (DSSQ), Intrinsic Motivation Inventory (IMI)] και ενός ερωτηματολογίου μετά την εκπαίδευση [Simulator Sickness (SSQ), User Interface (UIQ), Game Engagement (GEQ), Involvement and Presence (IPQ), Intrinsic Motivation Inventory (IMI), Immersive Tendencies (ITQ), Dundee Stress State (DSSQ)]. Διαπιστώθηκε ότι η θετική μαθησιακή εμπειρία (συμπεριλαμβανομένης της παρουσίας, της δέσμευσης, της απόλαυσης) και η αρνητική μαθησιακή εμπειρία (συμπεριλαμβανομένου του άγχους, της ανησυχίας και της πίεσης) είναι σημαντικοί παράγοντες στη μαθησιακή διαδικασία και το αποτέλεσμα αυτής. Οι περισσότεροι από τους παράγοντες που μετρήθηκαν στο ερωτηματολόγιο μετά την εκπαίδευση βρέθηκαν να συσχετίζονται σημαντικά μεταξύ τους και να έχουν επίδραση στην αντιληπτή μάθηση.

Σε μία ακόμα έρευνα στην Αυστραλία οι Pedram et al. (2018) στόχευαν στην εξέταση του βαθμού στον οποίο το εικονικό περιβάλλον εκπαίδευσης είναι σε θέση να αντιμετωπίσει τις εκπαιδευτικές ανάγκες των διασωστών στον κλάδο εξορύξεων και να ξεπεράσει τους επιτόπιους περιορισμούς εκπαίδευσης (πραγματικός κόσμος). Η έρευνα διεξήχθη διαμέσου συνεντεύξεων σε ένα δείγμα 280 διασωστών και 10 ατόμων από την ανάπτυξης του προγράμματος VR και εκπαιδευτές, με στόχο να διαμορφωθεί μία ανάλυση SWOT. Οι συνεντεύξεις περιελάμβαναν διάφορες ερωτήσεις: 1. Ποια ήταν τα δυνατά σημεία της εικονικής πραγματικότητας ως εκπαιδευτικού περιβάλλοντος;, 2. Ποιες ήταν οι αδυναμίες της εικονικής πραγματικότητας ως εκπαιδευτικού περιβάλλοντος;, 3. Ποιες ευκαιρίες παρέχει η εικονική πραγματικότητα ως εκπαιδευτικό περιβάλλον/εργαλείο;, 4. Τι θα απέτρεπε τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας ως εκπαιδευτικού περιβάλλοντος/εργαλείου;. Βρέθηκε ότι το περιβάλλον VR είναι ικανό να ξεπεράσει πολλούς περιορισμούς εκπαίδευσης στον πραγματικό κόσμο και έχει τη δυνατότητα να καλύψει πολλά από τα κενά μεταξύ της πραγματικής ζωής και των παραδοσιακών προσεγγίσεων εκπαίδευσης. Όμως, ενώ τα εργαλεία εκπαίδευσης VR μπορούν να συμπληρώσουν την παραδοσιακή και πρακτική εκπαίδευση, δεν φαίνεται ότι θα τα αντικαταστήσουν πλήρως.

Οι Pedram et al. (2017) επίσης στην Αυστραλία εξέτασαν ένα μοντέλο εκπαίδευσης 360 VR στον κλάδο των εξορύξεων, με τους χρήστες να χρησιμοποιούν γυαλιά 3D. Στην έρευνα που διεξήχθη με παρατηρήσεις και ένα ερωτηματολόγιο πριν και μετά τη συμμετοχή στο πρόγραμμα σε ένα δείγμα 94 διασωστών με στόχο να μελετηθεί η αντίληψη ρεαλισμού, η επιτυχία και η χρησιμότητα, διαπιστώθηκαν θετικές εμπειρίες μάθησης, παρ' όλο που η εκπαίδευση VR δεν είναι κοινή πρακτική στον κλάδο εξορύξης.

Σε μία άλλη μελέτη στην Αυστραλία που επίσης εξέτασε ένα μοντέλο εκπαίδευσης 360 VR στον κλάδο των εξορύξεων με τους χρήστες να χρησιμοποιούν γυαλιά 3D, οι Pedram et al. (2017a) χρησιμοποίησαν ένα ερωτηματολόγιο πριν την εκπαίδευση [Game Experience Measure (GEM), Immersive Tendencies (ITQ), Simulator Sickness (SSQ), Dundee Stress State (DSSQ), Intrinsic Motivation Inventory (IMI)] και μετά την εκπαίδευση [Simulator Sickness (SSQ), User Interface (UIQ), Game Engagement (GEQ), Involvement and Presence (IPQ), Intrinsic Motivation Inventory (IMI), Immersive Tendencies (ITQ), Dundee Stress State (DSSQ)], το οποίο συμπληρώθηκε από 94 διασώστες και 25 εκπαιδευτές. Εξετάστηκε ο αντιληπτός ρεαλισμός, η χρησιμότητα και η επιτυχία των εκπαιδευομένων και η αντίληψη των εκπαιδευτών. Οι εκπαιδευόμενοι βρήκαν τις εκπαιδευτικές συνεδρίες χρήσιμες και τις αντιλήφθηκαν ως επιτυχημένες, αλλά πολλοί θεώρησαν ότι δεν ήταν πραγματικά συνεπής με την πραγματική εμπειρία ζωής τους. Φαίνεται ότι η αντιληπτή χρησιμότητα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση της αντίληψης της επιτυχίας με υψηλή συσχέτιση και ότι το

επίπεδο ρεαλισμού δεν είναι απαραίτητα καθοριστικός παράγοντας. Επίσης, δεν υπήρχε σημαντική διαφορά μεταξύ της αντιληπτής χρησιμότητας και της επιτυχίας μεταξύ των εκπαιδευομένων και των εκπαιδευτών.

Η μελέτη των Pedram et al. (2016) στην Αυστραλία στόχο είχε να σχεδιάσει και να εφαρμόσει ένα πλαίσιο για την αντιμετώπιση των πολιτιστικών ζητημάτων που εμπλέκονται στην αποδοχή καινοτόμων εκπαιδευτικών προγραμμάτων βασισμένων σε VR που έχουν αναπτυχθεί για βιομηχανίες υψηλού κινδύνου με εστίαση στον κλάδο εξορύξεων, λαμβάνοντας υπόψη τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα αυτών. Στην έρευνα συμμετείχαν 280 διασώστες με στόχο να μετρηθεί η επάρκεια εκπαιδευτικών αναγκών, οι τεχνολογικές δυνατότητες και η υλοποίηση διαδραστικής προσομοίωσης. Οι εν λόγω μεταβλητές μετρήθηκαν με ένα ερωτηματολόγιο (π.χ. Προσβασιμότητα στην εκπαίδευση, Ασφαλές περιβάλλον εκπαίδευσης, Η εκπαίδευση στο Pit έχει υλικοτεχνικά προβλήματα και χρονικούς περιορισμούς, Ισχυρό εργαλείο εκπαίδευσης όταν χρησιμοποιείται σωστά, Μπορεί να αντικαταστήσει τμήματα μάθησης στην τάξη και να συμπληρώσει την πρακτική εκπαίδευση). Το συμπέρασμα της έρευνας ήταν ότι η εκπαίδευση με εικονική πραγματικότητα είναι ικανή να ξεπεράσει τους πραγματικούς περιορισμούς εκπαίδευσης και επίσης να καλύψει το χάσμα μεταξύ της πραγματικής ζωής και των παραδοσιακών προσεγγίσεων εκπαίδευσης. Ωστόσο, δεν μπορούν να εφαρμοστούν όλα τα σενάρια σε μοντέλα VR 360 μοιρών.

Στη Νέα Ζηλανδία οι Poshdar et al. (2021) προέβησαν σε σύγκριση παραδοσιακών μεθόδων εκπαίδευσης για την υγεία και την ασφάλεια στον κατασκευαστικό κλάδο έναντι της εκπαίδευσης που βασίζεται σε VR. Στην έρευνα συμμετείχαν πέντε επαγγελματίες του κλάδου με στόχο να αξιολογηθεί η διατήρηση γνώσεων και η μελλοντική συμπεριφορά ανάληψης κινδύνου, μέσα από ημιδομημένες συνεντεύξεις πρόσωπο με πρόσωπο με ερωτήσεις (π.χ. σε ποιο βαθμό θεωρήσατε ενδιαφέρουσα την εκπαίδευση ασφάλειας;, Ποιοι είναι οι κανόνες ασφαλείας για τη χρήση επιτραπέζιου πριονιού;). Παρά την ισχυρή πεποίθηση των εκπαιδευομένων σχετικά με την αποτελεσματικότητα της τεχνολογίας VR στη βελτίωση των μαθημάτων τους για την υγεία και την ασφάλεια, δεν παρατηρήθηκε σημαντική διαφορά στη συμπεριφορά ανάληψης κινδύνου και στην ικανότητα αναγνώρισης κινδύνου. Επιπλέον, παρατηρήθηκαν ορισμένες περιπτώσεις ναυτίας και ζάλης κατά τη χρήση των ακουστικών VR.

### 3.6.4 *Ασία*

Στην Ταϊβάν οι Yu et al. (2020) διερεύνησαν την ικανότητα των εργαζομένων στον κατασκευαστικό τομέα να εντοπίζουν τους κινδύνους και να επιλέγουν εξοπλισμό ατομικής προστασίας έπειτα από τη συμμετοχή τους σε ένα πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας. Διερευνήθηκαν οι απόψεις 80 εργαζομένων του κατασκευαστικού κλάδου διαμέσου της ποσοτικής μεθόδου με ερωτηματολόγιο, από όπου διαπιστώθηκε μία αυξημένη ικανότητα εντοπισμού κινδύνων και επιλογής προστατευτικού εξοπλισμού.

Στην Ταϊλάνδη οι Satapanasatien et al. (2021) εξέτασαν διαμέσου ενός ερωτηματολογίου τη γνώση και την εμπειρία 11 ατόμων από τη χρήση ενός προγράμματος εικονικής πραγματικότητας που αναπτύχθηκε με το Unreal Engine 4 και χρησιμοποιήθηκε με το Oculus Quest για εκπαίδευση ασφαλείας σε ζητήματα πυρκαγιάς. Διαπιστώθηκε αυξημένη βαθμολογία όσον αφορά στις γνώσεις και θετικές εμπειρίες που οδηγούν σε συστάσεις σε άλλους.

Σε μία άλλη έρευνα στην Ταϊβάν οι Hwang et al. (2022) διεξήγαγαν ένα πείραμα για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της προσέγγισης επαγγελματικής εκπαίδευσης SVVR-PT, σε ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα για την προστασία από χημικά ατυχήματα σε νοσηλευτικές μονάδες. Η συγκεκριμένη προσέγγιση βασίζεται σε σφαιρικό βίντεο εικονικής πραγματικότητας (SVVR). Η έρευνα διεξήχθη διαμέσου της μεικτής μεθόδου έρευνας σε ένα δείγμα νοσηλευτών ως εξής: 70 νοσηλευτές έλαβαν μέρος σε τεστ φύλλου εργασίας και 10 νοσηλευτές συμμετείχαν σε συνεντεύξεις σε ομάδα εστίασης. Οι μεταβλητές που εξετάστηκαν ήταν οι εξής: αίσθηση παρουσίας, τάση επίλυσης προβλημάτων, επίγνωση κριτικής σκέψης και αποδοχή τεχνολογίας. Διαπιστώθηκε από την έρευνα πως η προτεινόμενη προσέγγιση ξεπέρασε την παραδοσιακή προσέγγιση εκπαίδευσης όσον αφορά την προώθηση της αίσθησης παρουσίας και των μαθησιακών επιτευγμάτων των εκπαιδευομένων, καθώς και την τάση επίλυσης προβλημάτων και την επίγνωση της κριτικής σκέψης. Επιπλέον, οι εκπαιδευόμενοι διαμέσου της προσέγγισης SVVR-PT έδειξαν επίσης υψηλότερη αποδοχή τεχνολογίας από την ομάδα που εκπαιδεύθηκε με την παραδοσιακή μέθοδο.

Επίσης στην Ταϊβάν οι Chen και Chien (2022) εξέτασαν διαμέσου ενός ερωτηματολογίου σε ένα δείγμα 140 φοιτητών τις γνώσεις και τις δεξιότητες που αποκτήθηκαν από την παρακολούθηση ενός προγράμματος εκπαίδευσης ασφαλείας σχετικά με τη διαφυγή πυρκαγιάς σε πολώροφο κτίριο. Το πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας που

αξιολογήθηκε ήταν βασισμένο στη βαθιά μάθηση (deep learning) και διαπιστώθηκε αύξηση των γνώσεων και των ικανοτήτων των εκπαιδευομένων.

Σε μελέτη στην Ταϊβάν από τους Huang et al. (2021) συγκρίθηκε το SVVR (Spherical video-based virtual reality) σε αντιστραμμένη μάθηση (SVVR-EFL) (ομάδα πειραματική, N=38) έναντι του απλού SSVR (ομάδα ελέγχου, N=36) στην περίπτωση μετάγγισης αίματος από νοσηλευτές. Διανεμήθηκε ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με: επίτευγμα μάθησης (25 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής), λήψη αποφάσεων (4 θέματα), τάση επίλυσης προβλημάτων (5 ερωτήσεις με κλίμακα Likert 5 βαθμών, προσαρμοσμένο από το ερωτηματολόγιο που ανέπτυξαν οι Lai και Hwang, π.χ. φροντίδα των ασθενών, θα σκεφτώ πρώτα τα βήματα της υγειονομικής περίθαλψης» και «Στη διαδικασία υγειονομικής περίθαλψης για τους ασθενείς, όταν αντιμετωπίζω ένα πρόβλημα, θα σκεφτώ πρώτα τις μεθόδους και τα βήματα για την επίλυση του προβλήματος»), μεταγνωστική μάθηση (5 ερωτήσεις με κλίμακα Likert 5 βαθμών, προσαρμοσμένες από το ερωτηματολόγιο που ανέπτυξαν οι Lai και Hwang, π.χ. «Όταν λαμβάνω μαθήματα νοσηλευτικής εκπαίδευσης, θα εξετάσω εάν έχω πετύχει τους μαθησιακούς μου στόχους» και «Μόλις ολοκληρώσω τα μαθήματα νοσηλευτικής εκπαίδευσης, θα ρωτήσω αν έχω μάθει αρκετά»), εμπλοκή στην τάξη (10 ερωτήσεις με κλίμακα Likert 5 βαθμών, προσαρμοσμένες από το ερωτηματολόγιο που αναπτύχθηκε από τον Elmaadaway, π.χ. «Μου αρέσει να ολοκληρώνω μαθησιακές δραστηριότητες και εργασίες για το σπίτι με τον δάσκαλό μου και τους συμμαθητές μου στην τάξη» και «Έχω αρκετό χρόνο για εξάσκηση και συζήτηση στην τάξη») για τις αντίστοιχες μεταβλητές. Η πειραματική ομάδα που χρησιμοποίησε SVVR-EFL σημείωσε υψηλότερη βαθμολογία σε όλες τις μεταβλητές σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου.

Σε άλλη μελέτη στην Ταϊβάν των Cheng και Liao (2021) στόχος ήταν να εξεταστεί ένα πρόγραμμα VR για εκπαίδευση ασφάλειας σχετικά με πτώσεις στον κατασκευαστικό τομέα που δημιουργήθηκε με 3ds Max/Unreal Engine. Με στόχο να μετρηθούν διάφορες μεταβλητές (Αντιληπτή συμμετοχή, Συναισθηματική εμπλοκή, Διάσπαση πραγματικού κόσμου, Διαδραστικός μηχανισμός, Αξιολόγηση μετά την προσομοίωση) διανεμήθηκε ένα ερωτηματολόγιο σε 31 άτομα. Η χρήση της εικονικής πραγματικότητας είναι γενικά καλά αποδεκτή και η εμπειρία VR επηρεάζει την αντίληψη των εργαζομένων για μη ασφαλή συμπεριφορά.

Επίσης στην Ταϊβάν άλλη έρευνα των Wu et al. (2020) διερεύνησε την ανάπτυξη και την αποτελεσματικότητα ενός διαδραστικού εκπαιδευτικού συστήματος που δημιουργήθηκε με Revit και Unity βασισμένου στην εικονική πραγματικότητα για τους κινδύνους στον κατασκευαστικό τομέα (VRIES) μεταξύ εργαστηρίου και πεδίου. Στην έρευνα συμμετείχαν 40 φοιτητές για τις εργαστηριακές δοκιμές και 77 εργαζόμενοι για τις δοκιμές πεδίου.

Συμπληρώθηκε ένα ερωτηματολόγιο πριν από την εκπαίδευση (διεξαγωγή της δοκιμής επιθεώρησης ασφάλειας πριν από την εκπαίδευση στα επιλεγμένα σενάρια, η οποία καταγράφει μια βασική βαθμολογία) και μετά την εκπαίδευση (διεξαγωγή της δοκιμής επιθεώρησης ασφάλειας μετά την εκπαίδευση στα επιλεγμένα σενάρια, η οποία καταγράφει τη βαθμολογία απόδοσης για τις γνώσεις ασφάλειας του εκπαιδευόμενου πριν από την εκτέλεση του εκπαιδευτικού προγράμματος ασφάλειας VR). Στόχος ήταν να αξιολογηθεί η γνώση, η συνείδηση και η συμπεριφορά ασφάλειας. Οι βαθμολογίες ασφάλειας των εργαζομένων στις κατασκευές βελτιώθηκαν κατά 10,15% για την επιλογή ατομικού εξοπλισμού ασφαλείας και κατά 19,08% για τη διαδικασία επιθεώρησης ειδικής ασφάλειας διαφόρων κατασκευαστικών εργασιών. Επιπλέον, οι εκπαιδευόμενοι συμμετείχαν ενεργά στην εκπαίδευση ασφάλειας βασισμένη σε VR από ό,τι στις παραδοσιακές. Το αποτέλεσμα της δοκιμής έδειξε σημαντική βελτίωση στη γνώση και τη συνείδηση των εργαζομένων σχετικά με την ασφάλεια των κατασκευών μετά από εκπαίδευση με το μοντέλο VRIES.

Επίσης σε μελέτη στην ίδια χώρα οι Dzeng et al. (2015) στόχο είχαν να αναπτύξουν και να αξιολογήσουν ένα διαδραστικό παιχνίδι αναγνώρισης κινδύνου έναντι των παραδοσιακών διαλέξεων για εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό τομέα. Αναπτύχθηκε ένα παιχνίδι με το Google SketchUp version 8. Χορηγήθηκε ένα ερωτηματολόγιο πριν και μετά τη συμμετοχή στο παιχνίδι για τη μέτρηση της μάθησης και της ικανοποίησης 98 φοιτητών. Το παιχνίδι αναγνώρισης κινδύνου ήταν σημαντικά καλύτερο από τις παραδοσιακές διαλέξεις για την εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας. Επίσης, οι φοιτητές ήταν ικανοποιημένοι με τα μαθήματα κατάρτισης που βασίζονται στο παιχνίδι σε σημαντικά μεγαλύτερο βαθμό από φοιτητές που ήταν ικανοποιημένοι με τα παραδοσιακά μαθήματα.

Στην Κίνα οι Han et al. (2022) προέβησαν σε σύγκριση της εκπαίδευσης ασφαλείας μέσω εικονικής πραγματικότητας και παραδοσιακής διδασκαλίας στον κλάδο των πολιτικών μηχανικών. Η εκπαίδευση διεξήχθη με Dell G7 laptop, HTC Vive VR headset, VIVE EYE PRO, Avatars, HKR-11C + sensor. Διαμέσου παρατηρήσεων και ερωτηματολογίου σε 50 φοιτητές εξετάστηκαν οι εξής μεταβλητές: Αυτοαξιολόγηση της μαθησιακής διαδικασίας, αξιολόγηση τελικού σημείου μαθησιακών επιπτώσεων, φυσιολογική αντίδραση, μαθησιακή απόδοση. Τα αποτελέσματα ήταν θετικά για όλες αυτές τις μεταβλητές με το τελικό συμπέρασμα να είναι αύξηση των δεξιοτήτων των εκπαιδευόμενων με το πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας.

Στην Κίνα οι Zhang et al. (2022) διερεύνησαν την αποδοχή ενός εκπαιδευτικού προγράμματος εκπαίδευσης ασφαλείας στον κατασκευαστικό κλάδο διαμέσου εικονικής πραγματικότητας. Για την έρευνα που διεξήχθη σε ένα δείγμα 1.158 εργαζομένων χρησιμοποιήθηκε ένα ερωτηματολόγιο που εξέταζε τις εξής διαστάσεις αποδοχής της

τεχνολογίας: Αντιληπτή ευκολία χρήσης, Αντιληπτή χρησιμότητα, Στάση, Αντιληπτή αξία τιμής, Αυτοαποτελεσματικότητα. Από τα αποτελέσματα διαπιστώθηκε πως η αντιληπτή χρησιμότητα και η αντιληπτή ευκολία χρήσης προβλέπουν τη στάση των εργαζομένων απέναντι στη συγκεκριμένη τεχνολογία, ενώ η αντιληπτή χρησιμότητα επηρεάζει την πρόθεση χρήσης της εικονικής πραγματικότητας για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

Σε άλλη μελέτη στην Κίνα οι Huang et al. (2021a) εξέτασαν ένα πρόγραμμα VR που αναπτύχθηκε με το HTC VIVE σχετικά με την ακρίβεια και τη χρονική απόδοση στον κατασκευαστικό κλάδο. Συλλέχθηκαν δεδομένα διαμέσου παρατηρήσεων από 117 εργαζομένους και διαμέσου συνεντεύξεων με 10 εργαζομένους προκειμένου να εξεταστεί η ικανότητα των εργαζομένων. Τα αποτελέσματα κατέδειξαν πως η εκπαίδευση μέσω VR μπορεί να βοηθήσει στον εντοπισμό καταστάσεων (κινδύνων) που σχετίζονται με την υγεία.

Στην ίδια χώρα διεξήχθη μία μελέτη των Yaqin και Qi (2020) για την εξέταση της επιρροής της εμπειρίας του χρήστη από τα διάφορα χωρικά πλαίσια αναφοράς και η διεπαφή χρήστη και η αίσθηση της παρουσίας επηρεάζουν την απόδοση του χρήστη στο εικονικό περιβάλλον, χρησιμοποιώντας τη συσκευή HTC Vive. Μέσω έρευνας σε 60 φοιτητές μετρήθηκε το επίπεδο παρουσίας και η απόδοση χρήστη. Η απόδοση του χρήστη μετρήθηκε μέσω των χρόνων ολοκλήρωσης εργασιών, των ρυθμών ολοκλήρωσης και των ποσοστών σφαλμάτων. Το επίπεδο παρουσίας αξιολογήθηκε με ημιδομημένες συνεντεύξεις και ένα ερωτηματολόγιο παρουσίας στο εικονικό περιβάλλον. Τα χωρικά πλαίσια αναφοράς μπορεί να είναι ζωτικής σημασίας για την εμπειρία του χρήστη όταν οι χρήστες αλληλεπιδρούν με το παιχνίδι στο εικονικό περιβάλλον. Η διεπαφή χρήστη διαφορετικών χωρικών πλαισίων αναφοράς έχει επίσης σημαντική διαφορά στην αίσθηση της παρουσίας και στην απόδοση χρήστη του εικονικού περιβάλλοντος.

Επίσης στην Κίνα άλλη μελέτη των Huang et al. (2020) στόχο είχε να κατανοήσει τις συνθήκες κινδύνου των εργαζομένων και την εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας στον κατασκευαστικό τομέα. Συλλέχθηκαν παρατηρήσεις EEG από 117 εργαζομένους για τη μέτρηση της ευαισθησίας σε ατυχήματα και σωματικών δεδομένων. Διαπιστώθηκε ότι υπάρχει πάνω από 80% ακρίβεια του συστήματος εκπαίδευσης και αξιολόγησης της εικονικής πραγματικότητας.

Στην ίδια χώρα σε άλλη έρευνα από τους Liang et al. (2019) συγκρίθηκε η αποτελεσματικότητα ενός σοβαρού παιχνιδιού VR που δημιουργήθηκε με το Unity3D για κινδύνους που σχετίζονται με βράχους σε υπόγειο ορυχείο έναντι εκπαιδευτικού βίντεο. Διερευνήθηκαν η γνώση και εμπειρία 30 φοιτητών διαμέσου ενός ερωτηματολογίου. Το σύστημα VR είναι πιο αποτελεσματικό, ενώ παράλληλα οι εκπαιδευόμενοι που

παρακολούθησαν την εκπαίδευση VR σημείωσαν υψηλότερη βαθμολογία στο τεστ σε σύγκριση με τους εκπαιδευόμενους που παρακολούθησαν τα κανονικά μαθήματα.

Η μελέτη που διεξήχθη από τους Wang και Yang (2019) στόχο είχε να αναπτύξει και να εξετάσει μια εφαρμογή VR πλήρως μηχανοποιημένης εκπαίδευσης ασφάλειας στον τομέα εξορύξεων που αναπτύχθηκε με 3Ds Max. Μέσω ενός τεστ σε 15 συμμετέχοντες εξετάστηκαν οι μεταβλητές πρακτικότητα, αξιοπιστία, ασφάλεια, προσομοίωση. Βρέθηκε ότι οι εργαζόμενοι μπορούν να βελτιώσουν την επάρκειά τους καθώς το περιβάλλον VR είναι πιο διαισθητικό, όχι επικίνδυνο, πιο οικονομικό. Επιπλέον, μπορεί να προσομοιώσει τους κινδύνους.

Σε άλλη μελέτη στην Κίνα προτάθηκε από τους Xu et al. (2019) ένα πλαίσιο για την επικύρωση της αποτελεσματικότητας της εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση ασφάλειας μετρώντας τον βαθμό συναισθηματικής διέγερσης με ηλεκτρομυογραφία (EMG). Ως συσκευές χρησιμοποιήθηκαν οι HTC VIVE headset και Polar H10 heart rate sensor. Τέθηκαν ερωτήσεις και συλλέχθηκαν παρατηρήσεις από εννέα φοιτητές για να μετρηθεί ο βαθμός πρόκλησης φόβου. Μερικοί συμμετέχοντες έδειξαν μυϊκές εντάσεις, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι εκπαιδευόμενοι που βασίζονται σε VR θα μπορούσαν να προκαλέσουν φόβο στους συμμετέχοντες και ο φόβος θα μπορούσε να βελτιώσει την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης λόγω της συναισθηματικής διέγερσης.

Άλλη μελέτη στην Κίνα στόχο είχε να εξετάσει ένα μαθηματικό μοντέλο που λαμβάνει υπόψη την υψηλή θερμοκρασία και τα επιβλαβή αέρια και ο αλγόριθμος της βέλτιστης οδού διαφυγής σε περίπτωση πυρκαγιάς (Liang et al., 2019α). Συνολικά 40 συμμετέχοντες απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο ενώ παράλληλα οι συγγραφείς συνέλεξαν και δεδομένα παρατήρησης με στόχο να μετρηθούν η προσωπικότητα και η αποδοχή του παιχνιδιού. Διαπιστώθηκε πως αυτή η μέθοδος ξεπερνά αποτελεσματικά πολλούς περιορισμούς των παραδοσιακών μεθόδων, όπως η αναποτελεσματικότητα, ο περιορισμένος εκπαιδευτικός ρόλος, η έλλειψη αξιολόγησης από τους χρήστες και συνεπώς παρέχει μια αποτελεσματική νέα στρατηγική για εκπαίδευση ασφαλούς διαφυγής σε περίπτωση πυρκαγιάς.

Άλλη έρευνα επίσης στην Κίνα στόχο είχε να προτείνει ένα εικονικό σύστημα αξιολόγησης εκπαίδευσης και εργονομίας για την ασφάλεια της βιομηχανικής παραγωγής με βάση την επικοινωνία ορατού φωτός (Sun et al., 2019). Μέσω παρατηρήσεων που αφορούσαν ηλεκτροκαρδιογράφημα και θερμοκρασία δέρματος από πέντε συμμετέχοντες διαπιστώθηκε ότι οι αλλαγές του ηλεκτροκαρδιογράφου και της θερμοκρασίας του δέρματος μπορεί να αντικατοπτρίζουν το γνωστικό φορτίο των ασκουμένων κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης

και τα συγκεκριμένα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αξιολόγηση της ποιότητας της εκπαίδευσης ασφαλείας των ασκούμενων.

Οι Li και Xiao (2018) εξέτασαν μια πλατφόρμα VR που δημιουργήθηκε με Unity 3D και Kinect για εκπαίδευση ασφαλούς χρήσης τρυπανιού πυρός που συνδυάζει μια σωματοαισθητική κάμερα. Συλλέχθηκαν παρατηρήσεις από 20 άτομα σχετικά με τις εξής μεταβλητές: Ακρίβεια αναγνώρισης και χρόνος άσκησης πυρκαγιάς, ικανοποίηση χρήστη. Το σύστημα διαπιστώθηκε ότι έχει πρακτική σημασία και διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο σε ασκήσεις πυρκαγιάς, εκπαίδευση πυρασφάλειας και άλλες εφαρμογές.

Σε άλλη μελέτη στην Κίνα έγινε ανάπτυξη ενός μοντέλου Συνεταιριστικής Εργασίας με Υποστηριζόμενη Υπολογιστή (CSCW) και Εικονικής Πραγματικότητας (VR) με 3Ds Max, Maya και άλλο επαγγελματικό λογισμικό μοντελοποίησης για εκπαίδευση ασφαλείας στον κλάδο εξορύξεων (Sun & Li, 2018). Διεξήχθησαν συνεντεύξεις με έμπειρους εργαζομένους όπου βρέθηκε ότι οι χρήστες μπορούν να έχουν μια καθηλωτική εμπειρία, αλλά και ότι ο ενθουσιασμός και η πρωτοβουλία της εκπαίδευσης κινητοποιούνται πλήρως, οδηγώντας σε πολλαπλασιαστικό αποτέλεσμα.

Σε μία τελευταία μελέτη που εντοπίστηκε στην Κίνα (Zhang et al., 2017) σχεδιάστηκε ένα εμπυθιστικό σύστημα προσομοίωσης με το Virtual Substation Scene Simulation για εκπαίδευση ασφαλείας για ατυχήματα στον κλάδο της ηλεκτρικής ενέργειας. Διαπιστώθηκε ότι η εκπαίδευση προσωπικού μέσω της εμπάπτισης του συστήματος για την παροχή διαδραστικής εμπειρίας μπορεί να είναι μια εις βάθος εμπειρία αναγνώρισης σημείων κινδύνου.

Στην Ινδία οι Dhalmahapatra et al. (2022) προέβησαν στην αξιολόγηση μίας ολοκληρωμένης θεωρίας σε μια προσέγγιση για την εκπαίδευση σε θέματα ηλεκτρικών εναέριων ταξιδιών. Διαμέσου ερωτηματολογίων εξετάστηκε η απόδοση ασφαλείας, η οποία διαπιστώθηκε ότι βελτιώθηκε κατά 15%, ενώ παράλληλα αυξήθηκε και το βάρος προτεραιότητας 12 παρεμβάσεων από τις 16 που εξετάστηκαν.

Σε μελέτη στην Ινδία από τους Dhalmahapatra et al. (2021) εξετάστηκε η χρήση της εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση ασφαλείας χειριστών εναέριων γερανών σε εργοστάσια χάλυβα. Το περιβάλλον δημιουργήθηκε με UE4, με τους χρήστες να κάνουν χρήση HMD και 3D pro joystick. Συλλέχθηκαν δεδομένα από 20 χειριστές μέσω ερωτηματολογίου για τη μέτρηση της παρουσίας, της χρηστικότητας συστήματος και της ασθένειας προσομοίωσης. Βρέθηκε από την έρευνα ότι η εκπαίδευση VR είναι πιο

αποτελεσματική σε σύγκριση με την εκπαίδευση που βασίζεται σε επιτραπέζιους υπολογιστές.

Σε άλλη μελέτη στην Ινδία εξετάστηκε από τους Bhagwat et al. (2020) η χρηστικότητα τριών εννοιών οπτικοποίησης: εικόνας, εικονικής περιήγησης και παιχνίδι εικονικής πραγματικότητας για φορητές συσκευές μεταξύ 44 φοιτητών μηχανικών και 30 επαγγελματιών στον κατασκευαστικό τομέα. Διανεμήθηκε ένα ερωτηματολόγιο για επαγγελματίες σχετικά με 21 θέματα ασφάλειας (π.χ. εργάτες χωρίς κράνος ασφαλείας, σκάλα σκαλωσιάς χωρίς κιγκλίδωμα, σακούλες τσιμέντου στοιβαγμένες πάνω από 8 χωρίς σταυρωτό σχέδιο) και ένα ερωτηματολόγιο για φοιτητές με 11 θέματα (π.χ. αισθάνεστε άνετα όταν χρησιμοποιείτε αυτήν την ενότητα, Το περιβάλλον στη μονάδα είναι πραγματικό, η ενότητα συνέβαλε στις γνώσεις σας για την ασφάλεια). Στόχος ήταν η μέτρηση της ευχρηστίας. Διαπιστώθηκε πως οι πλατφόρμες οπτικοποίησης είναι ωφέλιμες σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Συγκεκριμένα, η ενότητα ασφάλειας που βασίζεται σε παιχνίδια εικονικής πραγματικότητας για φορητές συσκευές (MVR) προτιμήθηκε από τους φοιτητές λόγω της ρεαλιστικής και καθηλωτικής εμπειρίας της, ενώ η ενότητα ασφάλειας που βασίζεται σε εικονική περιήγηση προτιμήθηκε από τους επαγγελματίες κατασκευών λόγω της εύκολης, οικονομικής και ευκολίας χρόνου χρήσης της.

Επίσης στην Ινδία εξετάστηκε σε μελέτη των Dhalmahapatra et al. (2020) ένα μοντέλο αιτιώδους ατυχήματος που βασίζεται στην εικονική πραγματικότητα για την αλληλεπίδραση μεταξύ της αναγνώρισης κινδύνου σε πραγματικό χρόνο, της πρόληψης ατυχημάτων και της διαδραστικής εκπαίδευσης ασφάλειας στον κατασκευαστικό τομέα. Ως πρόγραμμα χρησιμοποιήθηκε το Unreal Engine 4 και ως συσκευές οι εξής: τρισδιάστατα γυαλιά ματιών και άλλες συσκευές όπως πληκτρολόγια, γάντια δεδομένων, χειριστήριο παιχνιδιών, joysticks, οθόνη κεφαλής. Συλλέχθηκαν δεδομένα παρατηρήσεων από 22 χειριστές γερανών από όπου διαπιστώθηκε πως το μοντέλο χρησιμεύει ως μέσο για την ανάλυση των πιθανών υποκείμενων αιτιών ατυχημάτων, την τρισδιάστατη προοπτική οπτικής ανάλυσης, τις αλληλεπιδράσεις των χρηστών σε πραγματικό χρόνο και την κρίση και τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο.

Σε έρευνα στη Μαλαισία στόχος των Razak και Kasim (2020) ήταν να προσδιοριστεί η αντίληψη, οι προκλήσεις και οι δυνατότητες της εφαρμογής VR για εκπαίδευση ασφάλειας στον κατασκευαστικό τομέα. Για τον λόγο αυτό διεξήχθησαν ημιδομημένες συνεντεύξεις σε τρία άτομα, από τις οποίες διαπιστώθηκε πως παρ' όλο που υπάρχει μια πρόκληση στην εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας στην εκπαίδευση ασφάλειας, προσφέρει περισσότερα οφέλη, όπως ότι μπορεί να μειώσει το ποσοστό του ατυχήματος που συμβαίνει στο εργοτάξιο και να βελτιώσει την ποιότητα της εκπαίδευσης.

Επίσης έρευνα στη Μαλαισία από τους Sim et al. (2019) σύγκρινε ένα διαδραστικό εργαστήριο προσομοίωσης εικονικής πραγματικότητας που βασίζεται σε κουίζ έναντι των παραδοσιακών μαθημάτων σε τάξεις. Το περιβάλλον αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας Blender, Unity, Visual Studio 2017, Steam VR plugin (in Unity). Σε 10 φοιτητές χορηγήθηκε ένα ερωτηματολόγιο για τη μέτρηση της γνώσης και της εμπειρίας τους. Από την έρευνα βρέθηκε ότι το σύστημα VR είναι πιο αποτελεσματικό, αλλά και ότι οι εκπαιδευόμενοι που παρακολούθησαν την εκπαίδευση VR σημείωσαν υψηλότερη βαθμολογία στο τεστ σε σύγκριση με τους εκπαιδευόμενους που παρακολούθησαν τα κανονικά μαθήματα.

Σε μία ακόμα μελέτη σε αυτή τη χώρα (Shamsudin et al., 2018) αξιολογήθηκε ένα πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό τομέα. Παρατηρήσεις των κινδύνων που εντοπίστηκαν και ανατροφοδότηση αποτέλεσαν τα εργαλεία συλλογής δεδομένων από 10 φοιτητές για να μετρηθούν ζητήματα τεχνικά και η ευχρηστία του προγράμματος. Διαπιστώθηκε πως υπάρχουν παράγοντες που πρέπει να εξεταστούν, ώστε αυτή η προσομοίωση να είναι επωφελής για τη βιομηχανία και να παρέχει αποτελεσματική εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας στον κλάδο.

Σε μελέτη στην Κορέα (Seo et al., 2021) αναπτύχθηκε και αξιολογήθηκε ένα πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας με το 3D Max για εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό τομέα. Διαμέσου συνεντεύξεων σε 13 άτομα εξετάστηκε η γνωστική, συναισθηματική και συμπεριφορική δέσμευση, διαπιστώνοντας αυξημένα γνωστικά, συναισθηματικά και συμπεριφορικά εκπαιδευτικά αποτελέσματα.

Σε άλλη μελέτη στην Κορέα (Seo et al., 2021a) συγκρίθηκε η συμβατική μέθοδος διάλεξης και μία καινοτόμο μέθοδο χρησιμοποιώντας την προσομοίωση 3D Building Information Modeling (BIM) που δημιουργήθηκε με τα προγράμματα Navisworks® Manage και Revit®Architect για εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό τομέα. Ένα ερωτηματολόγιο για τη μέτρηση του επιπέδου κατανόησης σχετικά με τον εντοπισμό και την πρόληψη των κινδύνων συμπληρώθηκε από 189 εργαζομένους. Οι εργαζόμενοι που εκπαιδεύτηκαν μέσω εικονικής περιβαλλοντικής προσομοίωσης χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα BIM έδειξαν υψηλότερο επίπεδο κατανόησης από την ομάδα εργαζομένων που εκπαιδεύτηκαν μέσω της συμβατικής προσέγγισης διαλέξεων. Επιπλέον, η ηλικία, η εργασιακή εμπειρία και το εκπαιδευτικό επίπεδο βρέθηκαν να επηρεάζουν τα μαθησιακά αποτελέσματα.

Επίσης στην Κορέα διεξήχθη μία έρευνα για την εξέταση ενός μοντέλου εκπαίδευσης VR που αναπτύχθηκε με το Unity για εγκατάσταση ρύθμισης πίεσης με εξαρτήματα αναλογικών και ψηφιακών μετρητών πίεσης στη βιομηχανία φυσικού αερίου (Yun et al., 2018). Διανεμήθηκε

ένα ερωτηματολόγιο με 10 ερωτήσεις (π.χ. Πιστεύετε ότι χρειάζεστε ένα εικονικό σύστημα εκπαίδευσης για την εκπαίδευση των ρυθμιστών πίεσης;, πιστεύετε ότι είναι πιο αποτελεσματικό εάν εκπαιδεύετε τη γενική εκπαίδευση παράλληλα με το εικονικό σύστημα εκπαίδευσης;, πιστεύετε ότι η εκπαίδευση με χρήση εικονικής εκπαίδευσης τα συστήματα είναι πιο αποτελεσματικά από τη συμβατική εκπαίδευση στη θεωρία και την πράξη;) σε 30 εκπαιδευόμενους. Ο εκπαιδευόμενος μπορεί να αλληλεπιδράσει με την τρισδιάστατη εικονική μηχανή του με εξαρτήματα, τα οποία είναι μετρητές πίεσης, σωληνώσεις, βαλβίδες και πρακτικά περιβάλλοντα. Όταν γίνεται χειρισμός μιας βαλβίδας ασφαλείας και ενός ρυθμιστή, τα δεδομένα κατάστασης αλλάζουν σε πραγματικό χρόνο. Η αποτελεσματικότητά του αποδεικνύεται στο αποτέλεσμα μέσω ερωτηματολογίου και η θετική απάντηση σε τρεις κύριες ερωτήσεις είναι περισσότερο από 93%.

Τέλος, στην Κορέα σε άλλη μελέτη (Le et al., 2014) συγκρίθηκε ένα διαδικτυακό πλαίσιο κοινωνικής εικονικής πραγματικότητας δημιουργημένο με το πρόγραμμα Second Life (SL) 3D virtual world platform έναντι της παραδοσιακής μεθόδου για εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό τομέα. Διαμέσου συνεντεύξεων (N=15) και ερωτηματολογίου (N=20) μετρήθηκαν οι εξής μεταβλητές: Ευκολία στη χρήση, οπτική έξοδος (αισθητηριακή), γνωσιακή ασφάλεια (γνωστική), μνήμη γνώσεων ασφαλείας (συναισθηματική) και προσβασιμότητα γνώσεων ασφαλείας (ενεργή). Οι ερωτηθέντες συμφώνησαν ότι η ασφάλεια κατασκευής που βασίζεται στο κοινωνικό σύστημα VR έχει μεγάλες δυνατότητες να ενισχύσει τη βιωματική μάθηση. Ωστόσο, οι εκπαιδευτικοί και οι ειδικοί στις κατασκευές εξέφρασαν επίσης την άποψη ότι θα πρέπει να ληφθούν υπόψη τα χρονοβόρα προβλήματα δημιουργίας σεναρίου παιχνιδιού και animation.

### **3.6.5 Μέση Ανατολή**

Στην Αίγυπτο οι Abotaleb et al. (2022) ανέπτυξαν και αξιολόγησαν ένα πρόγραμμα VR που ανατήχθηκε με Unity® platform έναντι της παραδοσιακής εκπαίδευσης για ζητήματα ασφαλείας στον κατασκευαστικό κλάδο στον τομέα της μηχανικής. Οι χρήστες που ήταν 60 φοιτητές χρησιμοποίησαν VR goggles και hand-held controllers και απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο με στόχο να μετρηθεί η απόδοσή τους. Διαπιστώθηκε ότι σε σύγκριση με την παραδοσιακή διδασκαλία, το πρόγραμμα εικονικής πραγματικότητας μπορεί να προσφέρει βελτιωμένη μαθησιακή εμπειρία.

Στην Τουρκία σε μελέτη των Comu et al. (2021) συγκρίθηκε η εκπαίδευση ασφαλείας στον κατασκευαστικό τομέα μέσω VR και η παραδοσιακή εκπαίδευση σχετικά με το eye-tracking. Ενδείξεις παρακολούθησης ματιών συλλέχθηκαν ως δεδομένα από 15 άτομα,

καταδεικνύοντας διαφορετικά αποτελέσματα με βάση το επάγγελμα και το υπόβαθρο συμμετοχής.

Σε μελέτη των Al-Adawi και Luimula (2019) σε ένα δείγμα 16 ατόμων στο Ομάν εξετάστηκε μια εφαρμογή πυρασφάλειας σε περιβάλλον VR. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν διαμέσου ερωτηματολογίου που μετρούσε την εμπειρία και την ικανοποίηση των χρηστών, με τα πρώτα αποτελέσματα να είναι πολλά υποσχόμενα.

Σε μετέπειτα μελέτη στο Ομάν εξετάστηκε μια εικονική εκπαίδευση πυρασφάλειας που αποτελεί μέρος τόσο της θαλάσσιας όσο και της αστικής ασφάλειας. Χορηγήθηκε ένα ερωτηματολόγιο σε 16 εκπαιδευόμενους για τη μέτρηση της εμπειρίας και της ικανοποίησής τους. Οι εκπαιδευόμενοι ένιωσαν ότι ήταν σε θέση να μάθουν και να κατανοήσουν θέματα πυρασφάλειας. Επιπλέον, θα προτιμούσαν να χρησιμοποιούν εικονικές και όχι παραδοσιακές μεθόδους εκπαίδευσης (Luimula et al., 2019).

Οι Perlman et al. (2014) στο Ισραήλ εξέτασαν τον βαθμό στον οποίο οι επιθεωρητές κατασκευών γνωρίζουν τους κινδύνους και πόσο καλά αντιλαμβάνονται τους σχετικούς κινδύνους στον κατασκευαστικό τομέα μέσω φωτογραφιών και εγγράφων κατασκευής χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα CAVE. Σε 61 συμμετέχοντες διεξήχθη ένα τεστ που εξέταζε τον αριθμό των κινδύνων που εντοπίστηκαν και τον αριθμό των σωστών κινδύνων που εντοπίστηκαν σε σύγκριση με μια προκαθορισμένη λίστα κινδύνων που θα μπορούσαν να εντοπιστούν στα περιβάλλοντα (παραδοσιακή δοκιμή ή VR), μέσα για την αξιολόγηση του συνολικού κινδύνου, πιθανότητας και σοβαρότητας για 48 κινδύνους, πόσες φορές εντοπίστηκαν κίνδυνοι που σχετίζονται με εμπόδια, ύψη, εργασία σε κριώματα ή σκάλες, επικίνδυνα υλικά, προσωπική ασφάλεια και κινούμενα οχήματα. Οι επιθεωρητές κατασκευών με πολυετή πείρα δεν είναι σε θέση να εντοπίσουν όλους τους κινδύνους στο εργασιακό τους περιβάλλον και υπάρχουν σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ του τρόπου με τον οποίο αξιολογούν τα επίπεδα κινδύνου και του τρόπου με τον οποίο οι περισσότερες επίσημες μέθοδοι αξιολόγησης κινδύνου ασφαλείας αξιολογούν τα επίπεδα κινδύνου. Τα περισσότερα άτομα στο εικονικό περιβάλλον αξιολόγησαν υψηλότερα επίπεδα κινδύνου για τους κινδύνους που προκαλούνται από τη μετακίνηση του εξοπλισμού. Επίσης, εντόπισαν σωστά περισσότερους κινδύνους από τα άτομα που μελέτησαν φωτογραφίες και έγγραφα.

Σε προηγούμενη μελέτη στο Ισραήλ (Sacks et al., 2013) εξετάστηκε η αποτελεσματικότητα και η σκοπιμότητα των VR έναντι των συμβατικών μεθόδων εκπαίδευσης ασφαλείας στο κατασκευαστικό τομέα χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα CAVE, σύστημα παρακολούθησης κεφαλιού και ένα χειριστήριο XBOX. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν μέσα από ένα ατομικό τεστ γνώσεων ασφαλείας πριν και μετά την εκπαίδευση, ατομικό ερωτηματολόγιο εμπειρίας, τεστ

γνώσεων ασφάλειας ένα μήνα μετά την εκπαίδευση. Μετρήθηκε η ενίσχυση απόδοσης και η αποτελεσματικότητα, ενώ στην έρευνα συμμετείχαν 66 άτομα. Η εκπαίδευση με εικονική πραγματικότητα ήταν πιο αποτελεσματική με την πάροδο του χρόνου, ειδικά στο πλαίσιο των εργασιών χυτεύσεως σκυροδέματος.

Μία μελέτη στη Βόρεια Αφρική (van Wyk & de Villiers, 2008) διεξήγαγε μία ανάλυση συμφραζομένων για την ανάπτυξη εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση ασφαλείας στον κλάδο εξορύξεων. Συλλέχθηκαν δεδομένα για την εξέταση της υφιστάμενης χρήσης αυτής της μεθόδου εκπαίδευσης διαμέσου των εξής εργαλείων: Ημι-δομημένες συνεντεύξεις με διευθυντές ορυχείων και διευθυντές ασφάλειας, υγείας και περιβάλλοντος (SHE), Δομημένες συνεντεύξεις με 43 εργαζόμενους ορυχείων, Παρατηρήσεις τρεχουσών μεθόδων εκπαίδευσης σε διαφορετικά ορυχεία, Ερωτηματολόγια συμπληρωμένα από εκπαιδευόμενους για συγκεκριμένα θέματα περιβάλλοντος χρήσης, Παρατηρήσεις σε υπόγειες στάσεις εξόρυξης με τους ανθρακωρύχους να εκτελούν τις καθημερινές τους εργασίες, ηλεκτρονικά ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από 223 εκπαιδευόμενους μετά την ολοκλήρωση του πρωτότυπου συστήματος εκπαίδευσης. Το πρωτότυπο σύστημα VR έτυχε καλής αποδοχής και παρείχε μια ενδιαφέρουσα και ευχάριστη εναλλακτική λύση σε άλλα εκπαιδευτικά προγράμματα, ενώ ταυτόχρονα βελτίωσε την κουλτούρα ασφάλειας και την ευαισθητοποίηση του εργατικού δυναμικού.

Επίσης στη Βόρεια Αφρική η μελέτη του Squelch (2001) στόχο είχε να εξετάσει τις δυνατότητες ενός μοντέλου VR για εκπαίδευση ασφαλείας στον κλάδο εξορύξεων. Διαμέσου ερωτηματολογίου και συνεντεύξεων συλλέχθηκαν δεδομένα που αφορούν την ευκολία με την οποία οι συμμετέχοντες μπόρεσαν να κατανοήσουν το οπτικό υλικό στα αντίστοιχα εκπαιδευτικά τους προγράμματα. Διαπιστώθηκε ότι η εφαρμογή συστημάτων εκπαίδευσης VR θα μπορούσε να έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ποιότητα, τη συνάφεια και την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης σε θέματα ασφάλειας στη βιομηχανία εξόρυξης.

### **3.6.6 Διάφορες χώρες**

Σε μία μελέτη σε Μεξικό/Πολωνία οι Castañeda-Mancillas et al. (2022) ανέπτυξαν ένα περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας μέσω του λογισμικού 3DS Max για ηλεκτρολόγους μηχανικούς που ο χρήστης θα μπορούσε να συσχετίσει με έναν πραγματικό χώρο εργασίας, για τη μέτρηση της αλληλεπίδρασης μεταξύ του χρήστη και του εκπαιδευτικού εργαλείου. Το πρόγραμμα αξιολογήθηκε μέσω τεστ με την ποσοτική μέθοδο από 12 μη έμπειρους χρήστες και 10 επαγγελματίες χρήστες, με στόχο να μετρηθεί η ευχρηστία και η αποτελεσματικότητά του, αλλά και η ικανοποίηση των χρηστών. Ο προσομοιωτής VR επέτρεψε στον χρήστη να μάθει για τις διαδικασίες ασφαλείας σε έναν ηλεκτρικό υποσταθμό, από την επικύρωση του

εξοπλισμού ατομικής προστασίας έως την αλληλεπίδραση με τον εξοπλισμό σε λειτουργία σε ηλεκτρικούς υποσταθμούς, με τους χρήστες να εκφράζουν την ικανοποίησή τους.

Οι Menin et al. (2022) από Γαλλία/Βραζιλία εξέτασαν μία προσομοίωση VR στην αντίληψη των χρηστών και στη διατήρηση της γνώσης. Πιο συγκεκριμένα, σύγκριναν τρεις μεθόδους (Desktop display, display wall, HMD) διαμέσου των απόψεων 61 φοιτητών πανεπιστημίου που απάντησαν σε ένα ερωτηματολόγιο σχετικά με τον φόρτο εργασίας, την υποκειμενική αίσθηση παρουσίας, την ασθένεια κίνησης και την απόδοση. Η αυξημένη ακρίβεια στην εκτέλεση εργασιών και η απόκτηση γνώσεων ήταν τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας.

Σε μελέτη των Makransky et al. (2019) συγκρίθηκε η αποτελεσματικότητα μιας καθηλωτικής προσομοίωσης εικονικής πραγματικότητας, μιας προσομοίωσης εικονικής πραγματικότητας επιτραπέζιου υπολογιστή και ενός συμβατικού εγχειριδίου ασφάλειας για εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας εργαστηρίου στον τομέα μηχανικής. Σε 105 φοιτητές ενός ευρωπαϊκού πανεπιστημίου χορηγήθηκε ένα ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις που μετρούσαν τις εξής μεταβλητές: Απόλαυση, αλλαγές στα εγγενή κίνητρα και αυτο-αποτελεσματικότητα, διατήρηση, αλλαγή συμπεριφοράς. Οι ομάδες δεν διέφεραν στο τεστ άμεσης διατήρησης, υποδηλώνοντας ότι και τα τρία μέσα ήταν ισοδύναμα στη μετάδοση της βασικής γνώσης. Ωστόσο, παρατηρήθηκαν σημαντικές διαφορές που ευνοούν την ομάδα εμβλαπτικής εικονικής πραγματικότητας σε σύγκριση με την ομάδα εγχειριδίου ασφάλειας στις δύο δοκιμές για την επίλυση προβλημάτων σε περιβάλλον φυσικού εργαστηρίου, καθώς και την απόλαυση και τις αυξήσεις στα εγγενή κίνητρα και την αυτό-αποτελεσματικότητα. Η ομάδα εικονικής πραγματικότητας επιτραπέζιου υπολογιστή σημείωσε σημαντικά υψηλότερη βαθμολογία από την ομάδα κειμένου στο ένα τεστ μεταφοράς, καθώς και απόλαυση και εγγενή κίνητρα.

Σε άλλη μελέτη σε Χονγκ Κονγκ, Κίνα και Αυστραλία (Guo et al., 2012) στόχος ήταν να περιγραφεί και να αξιολογηθεί μια πλατφόρμα εκπαίδευσης ασφάλειας στον κατασκευαστικό τομέα βασισμένη στην τεχνολογία παιχνιδιών. Η πλατφόρμα αναπτύχθηκε με το 3DVIA Virtools, ενώ οι εκπαιδευόμενοι έκαναν χρήση χειριστηρίων και πληκτρολογίων Wii. Αξιολογήθηκε η απόδοση διαμέσου ερωτήσεων και συνεντεύξεων. Τα προβλήματα ασφάλειας εντοπίστηκαν και προλήφθηκαν αποτελεσματικά, με αποτέλεσμα την αξιοσημείωτη βελτίωση των επιδόσεων ασφαλείας. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της πλατφόρμας είναι η ευκολία λειτουργίας της, καθώς είναι παρόμοια με την αναπαραγωγή παιχνιδιών υπολογιστή. Η πλατφόρμα είναι επίσης αρκετά εύλικτη ώστε να επιτρέπει στους χειριστές να επεκτείνουν εύκολα τις λειτουργίες της για να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις τους. Το κύριο πλεονέκτημα της πλατφόρμας είναι ότι επιτρέπει στους εκπαιδευόμενους να μελετήσουν και να εξασκήσουν τις μεθόδους λειτουργίας ή τις ακολουθίες των εργασιών του

εργοστασίου κατασκευής σε ένα εικονικό περιβάλλον που μοιάζει πολύ με το πραγματικό περιβάλλον.

Από την προηγηθείσα ανάλυση διαπιστώνεται πως από τον αρχικό αριθμό μελετών (N=365) οι περισσότερες (N=223) δε συμπεριελήφθησαν στην παρούσα εργασία, κυρίως λόγω του περιεχομένου τους, αλλά και της έλλειψης δυνατότητας πρόσβασης στο πλήρες κείμενο αυτών. Από τις μελέτες που εν τέλει επιλέχθησαν προς ανάλυση (N=142) οι περισσότερες έχουν διεξαχθεί στις ΗΠΑ και την Ασία, ιδίως την Κίνα, ενώ ακολουθεί στην τρίτη θέση η Αυστραλία. Οι περισσότερες έχουν διεξαχθεί με την πειραματική μέθοδο, ενώ ακολουθεί ένας επίσης μεγάλος αριθμός που έχει διεξαχθεί μέσω (ποσοτικής, ποιοτικής, μεικτής) έρευνας. Τέλος, οι περισσότερες αφορούν τον κατασκευαστικό τομέα. Αναλυτικότερα, οι μελέτες που αναλύθηκαν σε αυτό το κεφάλαιο αφορούν εμπειρικές έρευνες (N=118), άρθρα ανάπτυξης συστημάτων και πλατφορμών (N=15), συστηματικές ανασκοπήσεις και βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις (N=6) και αναφορές (N=3). Εις βάθος ανάλυση όσον αφορά διάφορες πτυχές των μελετών που παρουσιάστηκαν σε αυτό το κεφάλαιο (π.χ. στόχοι, αποτελέσματα, ζητήματα προς περαιτέρω διερεύνηση) αναλύονται στο κεφάλαιο που ακολουθεί.

# 4

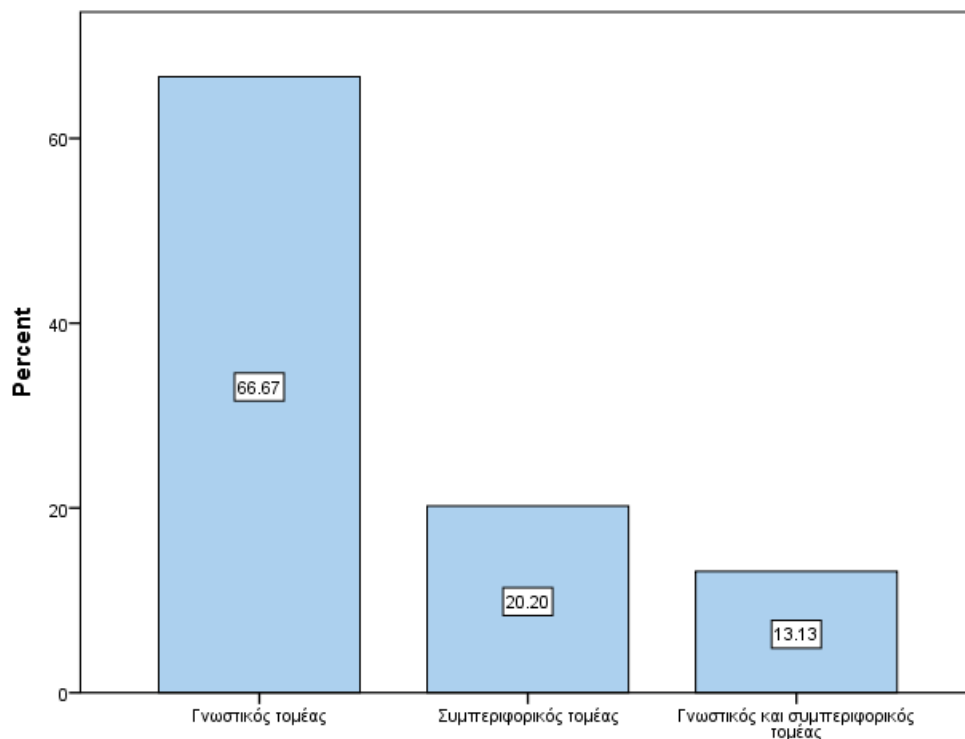
## Συζήτηση

Από την προηγηθείσα συστηματική ανασκόπηση εξάγονται ορισμένα ενδιαφέροντα αποτελέσματα, τα οποία σχετίζονται με τα ερευνητικά ερωτήματα που αναφέρθηκαν πιο πάνω, όπως: EE1) Ποιο είναι το αντικείμενο πραγματεύονται οι μελέτες;, EE2) Ποιά είναι τα αποτελέσματα από την χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας σε εκπαιδευτικά προγράμματα επαγγελματικής ασφάλειας;, EE3) Ποια είναι τα ζητήματα που άπτονται του σχεδιασμού εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση επαγγελματικής ασφάλειας;, EE4) Ποια είναι τα μεθοδολογικά ζητήματα που ανακύπτουν;. Σε αυτό το κεφάλαιο διεξάγεται μία αναλυτική συζήτηση σχετικά με τις απαντήσεις των τεσσάρων ερευνητικών ερωτημάτων.

### **EE1) Ποιό είναι το αντικείμενο που πραγματεύονται οι μελέτες;**

Οι διάφορες μελέτες που έχουν κατά καιρούς διεξαχθεί στο πλαίσιο της χρήσης εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας σε εκπαιδευτικά προγράμματα επαγγελματικής ασφάλειας πραγματεύονται τρία βασικά ζητήματα. Το πρώτο ζήτημα είναι η αξιολόγηση των ιδίων των εφαρμογών ως προς τα αποτελέσματά τους. Σε αυτό το πεδίο έρευνας η κυριότερη έμφαση δίνεται στη γνώση που αποκομίζεται, σε μικρότερο βαθμό δίνεται έμφαση στο κατά πόσο αυτή η γνώση συνεχίζει να υφίσταται έπειτα από το πέρας του προγράμματος (μακροχρόνια μνήμη) αν και σε μικρότερο αριθμό μελετών, και σε ακόμα μικρότερο βαθμό δίνεται έμφαση στα συναισθήματα των χρηστών και στις αντιλήψεις τους για την εφαρμογή σε στοιχεία εκτός της μαθησιακής διαδικασίας (π.χ. αξιοπιστία συστήματος, παρενέργειες από τη χρήση του συστήματος εικονικής πραγματικότητας). (Σχήμα 4.1) Επομένως, απαιτείται να δοθεί

περαιτέρω έμφαση στις αρνητικές πτυχές της χρήσης των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας, αλλά και στο πώς αισθάνονται οι χρήστες από την εφαρμογή που χρησιμοποίησαν. Εκτός των ανωτέρω, οι διάφορες μελέτες που έχουν διεξαχθεί δεν έχουν εστιάσει και στο όφελος της αξιοποίησης εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας σε όρους κόστους για τους οργανισμούς, παρά με ελάχιστες εξαιρέσεις.

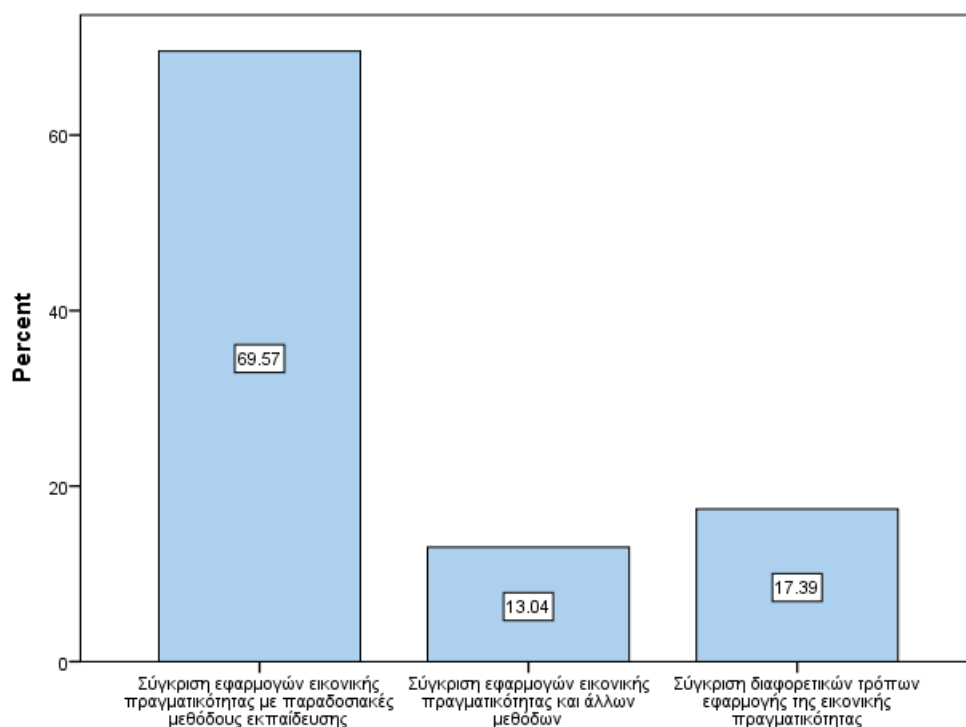


Σχήμα 4.1 Τομέας έμφασης ως στόχος των μελετών

Το δεύτερο ζήτημα είναι η καταγραφή των προσδιοριστικών παραγόντων αποτελεσματικότητας των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας. Προσδιοριστικοί παράγοντες που έχουν βρεθεί είναι η διάκριση εκπαιδευομένων και επαγγελματιών, καθώς και η διάκριση ατόμων με και χωρίς εργασιακή εμπειρία. Επίσης, ορισμένες μελέτες έχουν ασχοληθεί με παράγοντες που άπτονται του σχεδιασμού της εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας, δηλαδή με στοιχεία που εμπεριέχει η εφαρμογή. Ωστόσο, δεν έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα προσωπικά χαρακτηριστικά των χρηστών, όπως δημογραφικά στοιχεία και μαθησιακά στυλ, παρά με εξαιρετικά ελάχιστες εξαιρέσεις. Συνεπώς, χρειάζεται περαιτέρω έρευνα σε αυτό το πεδίο, το οποίο έχει μάλλον παραμεληθεί από τους ερευνητές που εστιάζουν περισσότερο σε τεχνικά χαρακτηριστικά της εφαρμογής και στην επαγγελματική εμπειρία των χρηστών.

Ένα ακόμη ζήτημα που έχει απασχολήσει αρκετούς μελετητές σχετίζεται με τη σύγκριση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας για την εκπαίδευση επαγγελματικής ασφάλειας σε σύγκριση με άλλες μεθόδους εκπαίδευσης. Στην περίπτωση αυτή, η εικονική πραγματικότητα ως μέθοδος και μέσο εκπαίδευσης έχει εξεταστεί έναντι της εκπαίδευσης με βίντεο, της

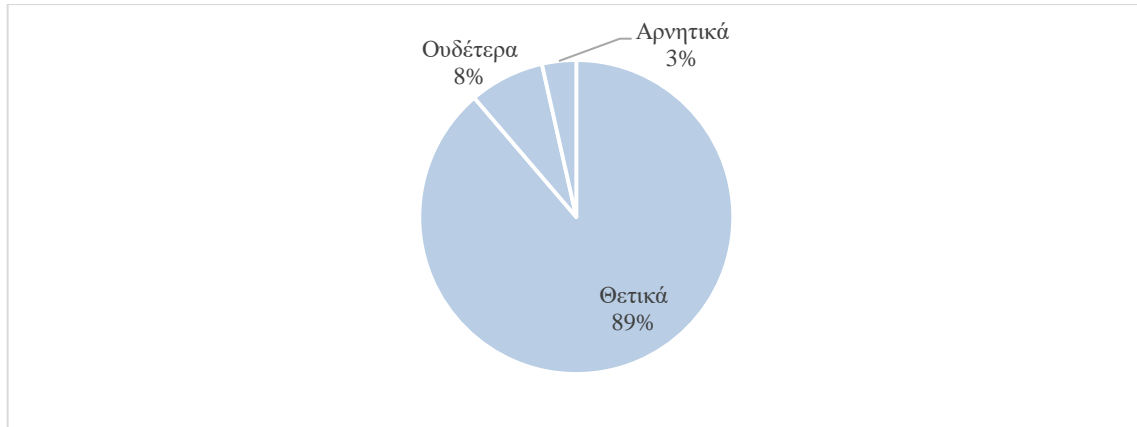
εκπαίδευσης με διαφάνειες, του εγχειριδίου, κινητών εφαρμογών, αλλά και διαφορετικών μεθόδων εικονικής πραγματικότητας έναντι παραδοσιακών μεθόδων εκπαίδευσης. Επομένως, παρατηρείται πως οι περισσότερες μελέτες έχουν εστιάσει στη σύγκριση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας με παραδοσιακές μεθόδους εκπαίδευσης, ενώ λιγότερες έχουν εστιάσει στη σύγκριση άλλων μεθόδων (π.χ. εικονική περιήγηση) ή διαφορετικών τρόπων εφαρμογής της εικονικής πραγματικότητας. (Σχήμα 4.2) Συνεπώς, αυτό μπορεί να αποτελέσει έναν τομέα ερευνητικού ενδιαφέροντος στο μέλλον.



Σχήμα 4.2 Αντικείμενο συγκριτικών μελετών

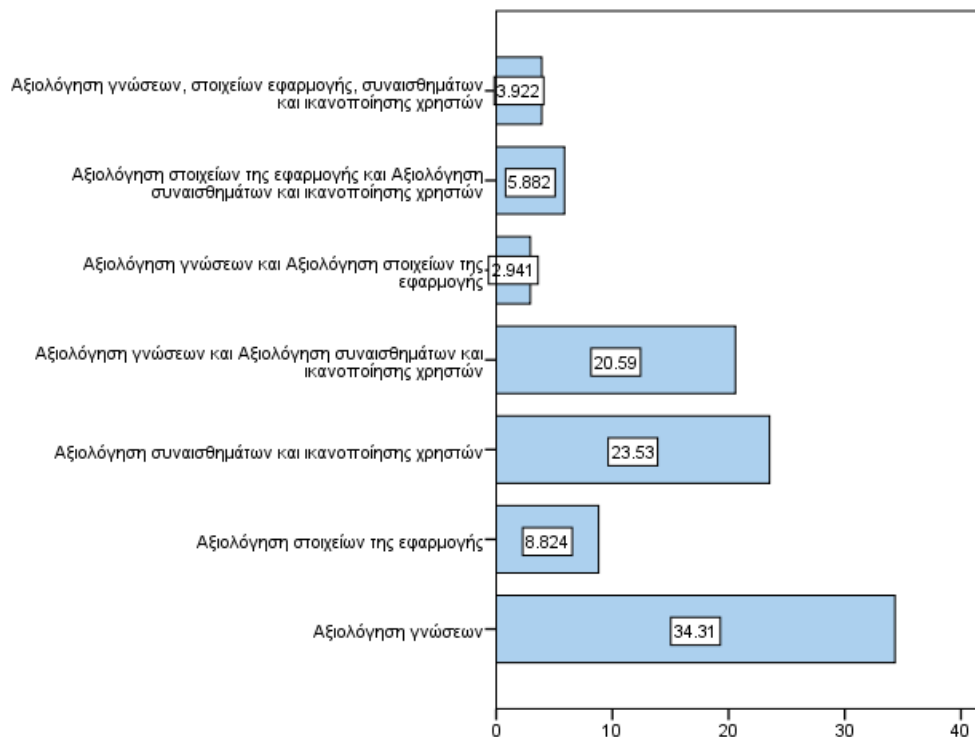
## ΕΕ2) Ποια είναι τα αποτελέσματα από την χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας σε εκπαιδευτικά προγράμματα επαγγελματικής ασφάλειας

Ένα πολύ σημαντικό αποτέλεσμα που απορρέει από τις διάφορες μελέτες που έχουν διεξαχθεί αφορά την αποτελεσματικότητα των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας στη γνώση που αποκομίζουν οι χρήστες. (Σχήμα 4.3) Πιο συγκεκριμένα, η πλειοψηφία των μελετών που παρουσιάστηκαν με ελάχιστες εξαιρέσεις αναφέρουν πως η εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας μπορεί να συμβάλει στην αύξηση των γνώσεων των χρηστών, καθώς εξαιτίας των χαρακτηριστικών της (π.χ. αλληλεπίδραση, ρεαλιστική απεικόνιση πραγματικών καταστάσεων) καθιστά τη μάθηση ελκυστική και διασκεδαστική, ενώ παράλληλα ενεργοποιεί και υποκινεί τους χρήστες.



Σχήμα 4.3 Αποτελέσματα χρήσης VR

Εκτός των παραπάνω, ορισμένες μελέτες έχουν ασχοληθεί και με την αξιολόγηση στοιχείων της εφαρμογής, με την αξιολόγηση των συναισθημάτων και της ικανοποίησης των χρηστών από τη χρήση της εφαρμογής, με την αξιολόγηση των μακροχρόνιων επιπτώσεων σε επίπεδο γνώσεων και συμπεριφορών, καθώς και με τις αρνητικές επιπτώσεις από τη χρήση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας. Επομένως, κρίνεται ενδιαφέρουσα η διεξαγωγή περαιτέρω μελετών σε αυτούς τους τομείς.



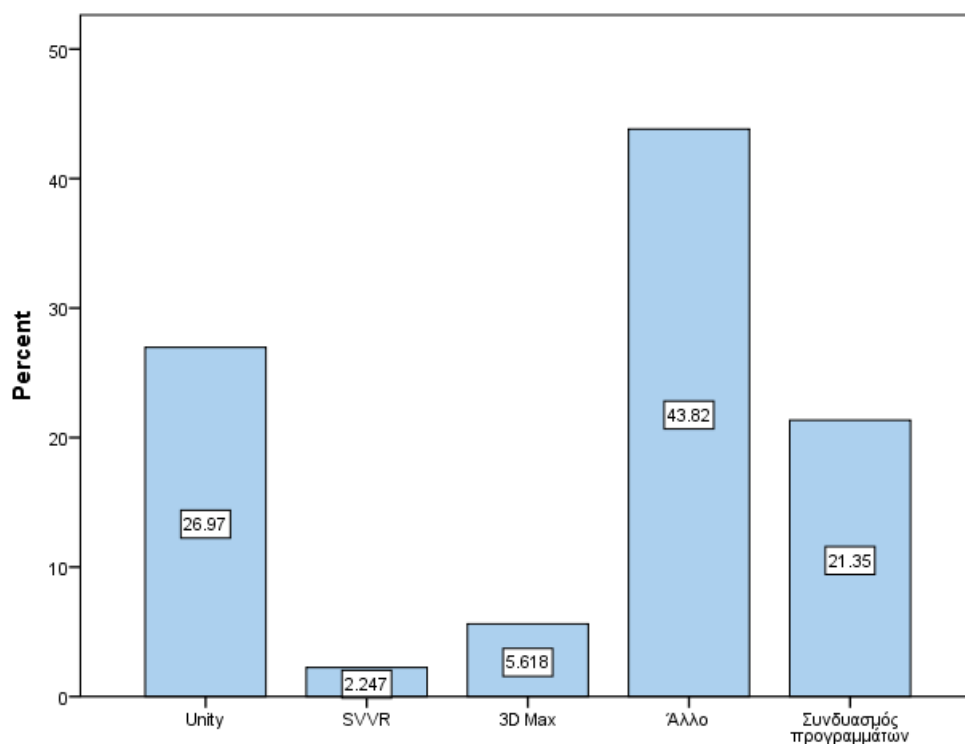
Σχήμα 4.4 Τομέας αξιολόγησης αποτελεσμάτων εφαρμογών

**ΕΕ3) Ποια είναι τα ζητήματα που άπτονται του σχεδιασμού εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση επαγγελματικής ασφάλειας;**

Με βάση την ανάλυση που προηγήθηκε διαπιστώνεται πως διάφορα λογισμικά και περιβάλλοντα πληροφορικής έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη των εφαρμογών

εικονικής πραγματικότητας για εκπαίδευση επαγγελματικής ασφάλειας. (Σχήμα 4.5) Όλες οι μελέτες αναφέρουν με λεπτομέρεια τον τρόπο ανάπτυξης των εφαρμογών.

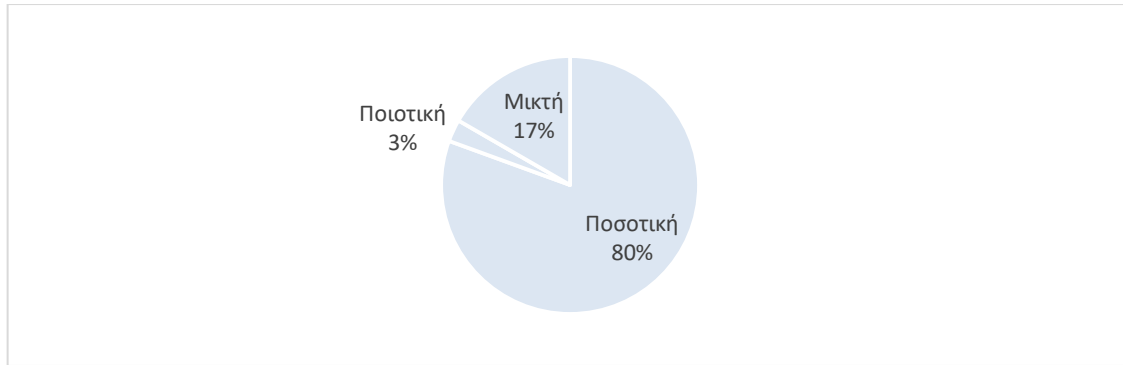
Επίσης, αρκετές εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί για σταθερό υπολογιστή, ενώ λιγότερες για κινητές συσκευές. Ανεξάρτητα από τον τρόπο σχεδίασης, παρατηρήθηκε πως τα αποτελέσματα είναι παρόμοια, όπως υποδηλώθηκε από τα πορίσματα των μελετών που αναφέρθηκαν παραπάνω. Ωστόσο, παρατηρούνται ορισμένες μικρές διαφορές ως προς την ανταπόκριση των συμμετεχόντων στις εφαρμογές. Αυτό, όμως, ενδεχομένως να οφείλεται και στους ίδιους τους συμμετέχοντες, όπως στα δημογραφικά τους χαρακτηριστικά και στις μαθησιακές τους προτιμήσεις. Συνεπώς, απαιτείται περαιτέρω έρευνα σε αυτόν τον τομέα, προκειμένου να διαπιστωθούν εκείνα τα στοιχεία που σχετίζονται με τα προσωπικά, ατομικά χαρακτηριστικά των εκπαιδευομένων. Τέλος, σε ένα μικρό αριθμό μελετών διαπιστώθηκε η ανάγκη για περαιτέρω βελτίωση του ρεαλισμού του περιβάλλοντος εικονικής πραγματικότητας, ιδίως ως προς τη σύνδεσή του με ρεαλιστικές καταστάσεις που υπάρχουν στα πραγματικά περιβάλλοντα εργασίας.



Σχήμα 4.5 Εργαλεία ανάπτυξης VR εφαρμογών

#### **ΕΕ4) Ποιά είναι τα μεθοδολογικά ζητήματα που ανακύπτουν;**

Σχετικά με τη μεθοδολογία που ακολουθούν οι περισσότερες μελέτες, διαπιστώθηκε πως αφορούν πειραματικές μελέτες με ποσοτικά δεδομένα σε ένα μικρό δείγμα ερωτηθέντων. Ορισμένες μελέτες έχουν κάνει χρήση μικτής μεθόδου έρευνας, δηλαδή ποσοτικής και ποιοτικής, ενώ μικρότερος είναι ο αριθμός όσων έκαναν χρήση της ποιοτικής μεθόδου έρευνας.



Σχήμα 4.6 Τύπος έρευνας

Αντίθετα, δεν έχει πραγματοποιηθεί έρευνα μεγάλης κλίμακας, κάτι το οποίο ενδεχομένως να οφείλεται στο ότι τα εκπαιδευτικά προγράμματα είναι στοχευμένα και απευθύνονται σε μία συγκεκριμένη ομάδα-στόχο. Επίσης, αυτό ενδέχεται ακόμα να οφείλεται και στο ότι διάφοροι ερευνητές αναπτύσσουν εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας για εκπαιδευτικά προγράμματα επαγγελματικής ασφάλειας που τα εξετάζουν σε ένα μικρό δείγμα, καθώς αυτά τα προγράμματα δεν εφαρμόζονται σε μεγαλύτερη κλίμακα, όπως για παράδειγμα ένα οργανωμένο πρόγραμμα σε εθνικό επίπεδο. Κατά συνέπεια, θα ήταν ενδεχομένως χρήσιμο να διεξαχθεί μία οργανωμένη προσπάθεια διεξαγωγής ενός οργανωμένου προγράμματος μεγάλης κλίμακας εκπαίδευσης επαγγελματικής ασφάλειας με τη χρήση της εικονικής πραγματικότητας και να μελετηθούν οι απόψεις των χρηστών.

Τέλος, αυτό που αξίζει να τονιστεί σε ότι αφορά τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, είναι το γεγονός ότι σε αρκετές μελέτες δε δίνονται επαρκείς πληροφορίες για το μέγεθος και τη σύνθεση του δείγματος, καθώς και τον τρόπο συλλογής των στοιχείων. Αυτό, όμως, μπορεί να οδηγήσει σε προβληματισμούς όσον αφορά στην αξιοπιστία των δεδομένων και των παραγόμενων αποτελεσμάτων. Επιπρόσθετα, δεν παρέχεται με αυτόν τον τρόπο η δυνατότητα σύγκρισης των αποτελεσμάτων μεταξύ διαφορετικών μελετών.

Εκτός των παραπάνω, διαπιστώθηκε πως η πλειοψηφία των ερευνών που έχουν διεξαχθεί αφορούν εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας για την εκπαίδευση επαγγελματικής ασφάλειας στον κλάδο των εξορύξεων και των κατασκευών και εργοταξίων. Ωστόσο, υπάρχουν και μελέτες - αν και μικρότερες στον αριθμό - που έχουν εστιάσει σε άλλους κλάδους και ζητήματα, όπως στον τομέα της υγείας, της πυρασφάλειας, της βιομηχανίας προκατασκευασμένου σκυροδέματος, της χαλυβουργίας και της χρήσης μηχανημάτων. Εντοπίστηκαν ακόμα και μελέτες, που αν και σε μικρό αριθμό, έχουν εξετάσει ζητήματα επαγγελματικής ασφάλειας σε άλλους χώρους εργασίας, όπως ναυτιλία και αερομεταφορές. Κατά συνέπεια, γίνεται αντιληπτό πως υπάρχει η ανάγκη να εξεταστούν και άλλοι χώροι εργασίας, δεδομένου ότι σε όλους υπάρχουν επαγγελματικοί κίνδυνοι.

Από τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω διαπιστώνεται πως υφίστανται ζητήματα που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης, όπως η σχέση κόστους-οφέλους των εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας, η αποτελεσματικότητα αυτών των εκπαιδευτικών εφαρμογών, όπως σε όρους διακράτησης της γνώσης και των εμπειριών των χρηστών (π.χ. αντιλήψεις, συναισθήματα) συνδυαστικά και με την αλληλεπίδραση των τεχνικών χαρακτηριστικών των εφαρμογών με τα ατομικά/προσωπικά χαρακτηριστικά των χρηστών, οι διαφορές της συγκεκριμένης μεθόδου εκπαίδευσης με παραδοσιακές τεχνικές διδασκαλίας, οι αρνητικές πτυχές των εκπαιδευτικών προγραμμάτων που κάνουν χρήση της εικονικής πραγματικότητας, παράγοντες υψηλής αποδοτικότητας και αποτελεσματικότητας των εν λόγω εφαρμογών. Διαπιστώθηκε ακόμα η ανάγκη διεξαγωγής περισσότερων μελετών και σε άλλες χώρες, αλλά και σε διάφορους κλάδους της οικονομίας.

# 5

## *Συμπεράσματα – Προτάσεις*

Παρά τις πολλές βελτιώσεις στον τομέα της ασφάλειας τα τελευταία χρόνια, εξακολουθεί να υπάρχει σημαντική ανησυχία για τους επαγγελματικούς κινδύνους. Κατά τη διερεύνηση των παραγόντων που επηρεάζουν την κουλτούρα ασφαλείας, έχει διαπιστωθεί πως ένας από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που οδηγεί σε καλύτερη αναγνώριση κινδύνου και χαμηλότερα ποσοστά ατυχημάτων είναι η αποτελεσματική εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας.

Οι παραδοσιακές μέθοδοι εκπαίδευσης χαρακτηρίζονται από αρκετούς περιορισμούς, που είναι το υψηλό κόστος, αλλά και το ότι δεν παρέχουν τη δυνατότητα στους χρήστες να εκπαιδευθούν σε περιβάλλοντα που προσομοιάζουν το πραγματικό εργασιακό περιβάλλον. Επομένως, οι υφιστάμενοι και δυνητικοί εργαζόμενοι δεν έχουν τη δυνατότητα να πειραματιστούν σε πραγματικές συνθήκες, με πραγματικά υλικά, με αναγνωρισμένους και μη κινδύνους επαγγελματικών ατυχημάτων. Για τον λόγο αυτό, μεγάλη προσοχή έχει δοθεί στην εφαρμογή της εικονικής πραγματικότητας.

Ένα πρόγραμμα εκπαίδευσης ασφάλειας που βασίζεται σε εικονική πραγματικότητα προσφέρει μια διαδραστική μορφή εκπαίδευσης που επιτρέπει στον χρήστη να αλληλεπιδρά με ένα προσομοιωμένο τρισδιάστατο περιβάλλον. Η ενσωμάτωση της σύγχρονης τεχνολογίας πληροφοριών, όπως η προσομοίωση σε περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας στην εκπαίδευση ασφαλείας των εργαζομένων, μπορεί να συμβάλει στην εξοικείωση με τους επαγγελματικούς κινδύνους, στη βελτίωση της επίγνωσης των εκπαιδευόμενων για πιθανούς κινδύνους στο πραγματικό εργασιακό περιβάλλον, στη διαμόρφωση συγκεκριμένων στάσεων και συμπεριφορών που συμβάλουν στην ενίσχυση της κουλτούρας ασφάλειας.

Σημαντικός περιορισμός αυτής της έρευνας ήταν το γεγονός ότι βασίστηκε αποκλειστικά σε πορίσματα προηγούμενων μελετών. Αυτό ενέχει τους εξής περιορισμούς: α) δεν ήταν δυνατή η πρόσβαση σε όλες τις μελέτες, β) αντλήθηκαν στοιχεία από μελέτες δημοσιευμένες μόνο στην Αγγλική. Για τον λόγο αυτό, απαιτούνται περαιτέρω μελέτες, τόσο θεωρητικές (π.χ. συστηματικές ανασκοπήσεις), όσο και εμπειρικές.

Οι εμπειρικές μελέτες μπορούν να διεξαχθούν σε διάφορες ομάδες ενδιαφερομένων μερών. Για παράδειγμα, μπορούν να σχεδιαστούν εκπαιδευτικές παρεμβάσεις με υφιστάμενες ή νέες εφαρμογές εικονικής πραγματικότητας και να αξιολογηθούν από τους ίδιους τους εκπαιδευόμενους. Επίσης, στελέχη του κλάδου μπορούν να καταθέσουν τις απόψεις τους μέσω ποιοτικών ερευνών, όσον αφορά στις ανάγκες επαγγελματικής εκπαίδευσης, στους περιορισμούς υφιστάμενων προγραμμάτων εκπαίδευσης, αλλά και της ενδεχόμενης συνεισφοράς εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας. Εμπειρογνώμονες και ακαδημαϊκοί μπορούν επίσης να συμμετάσχουν σε εμπειρικές έρευνες καταθέτοντας τις απόψεις τους από άλλη οπτική γωνία, όπως του σχεδιασμού και της βελτίωσης των υφιστάμενων ή των νέων εφαρμογών. Συνεπώς, απαιτείται η συμμετοχή στελεχών του κλάδου, των ακαδημαϊκών και η αξιολόγηση της απόδοσης εφαρμογών από μέρους των πραγματικών χρηστών. Δεδομένα τόσο από αρχεία παρατήρησης ασφάλειας όσο και από ερωτηματολόγια θα πρέπει να συλλεχθούν από τα διάφορα ενδιαφερόμενα μέρη.

# 6

## *Βιβλιογραφία*

Abotaleb, I., Hosny, O., Nassar, K., Bader, S., Elrifaae, M., Ibrahim, S., El Hakim, Y., & Sherif, M. (2022). An interactive virtual reality model for enhancing safety training in construction education. *Computer Applications in Engineering Education*. DOI: 10.1002/cae.22585.

Afzal, M., Shafiq, M. T., & Al Jassmi, H. (2021). Improving Construction Safety With Virtual-Design Construction Technologies - A Review. *Journal of Information Technology in Construction*, DOI: 10.36680/j.itcon.2021.018.

Al-Adawi, M., & Luimula, M. (2019). Demo Paper: Virtual Reality in Fire Safety – Electric Cabin Fire Simulation. 10th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications – CogInfoCom 2019, October 23-25, 2019, Naples, Italy.

Assfalg, J., Del, A., & Vicario, E. (2002). Using 3D and Ancillary Media to Train Construction Workers. Ανακτήθηκε από: <https://ieeexplore.ieee.org/document/998075>

Avveduto, G., Tanca, C., Lorenzini, C., Tecchia, F., Carrozzino, M., & Bergamasco, M. (2017). Safety Training Using Virtual Reality: A Comparative Approach. In: L.T. De Paolis et al. (Eds.), *AVR 2017, Part I, LNCS 10324* (pp. 148–163). doi: 10.1007/978-3-319-60922-5 11.

Bhagwat, K., Kumar, P., & Kumar Delhi, V. S. (2020). Usability of Visualization Platform-Based Safety Training and Assessment Modules for Engineering Students and Construction Professionals. *Journal of Civil Engineering Education*, 147(2). DOI: 10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000034.

Bhoir, S., & Esmaeili, B. (2015). State-of-the-Art Review of Virtual Reality Environment Applications in Construction Safety. *AEI 2015*, 457-468.

Buttussi, F., & Chittaro, L. (2021). A Comparison of Procedural Safety Training in Three Conditions: Virtual Reality Headset, Smartphone, and Printed Materials. *IEEE Transactions On Learning Technologies*, 14(1), 1-15.

Castañeda-Mancillas, E. E., Sanchez-Rentería, E., Torres-Guerreo, F., & Buñ, P. (2022). A Design Proposal: Virtual Reality Environment for Safety Training in Electrical Substations. In: J. Trojanowska, A. Kujawińska, J. Machado & I. Pavlenko (Eds.), *Advances in Manufacturing III. Volume 2 - Production Engineering: Research and Technology Innovations, Industry 4.0* (pp. 278-291). Springer.

Chakraborty, P. R., & Bise, C. J. (2000). A virtual-reality-based model for task-training of equipment operators in the mining industry. *Mineral Resources Engineering*, 9(4), 437-449.

Chan, P., Gerven, T. V., Dubois, J-L., & Bernaerts, K. (2021). Design and Development of a VR Serious Game for Chemical Laboratory Safety. In: F. de Rosa et al. (Eds.), *GALA 2021, LNCS 13134* (pp. 23–33). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-92182-8\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-030-92182-8_3).

Chen, Y. (2021). Implementation of Marine Fire Fighting VR Platform Based on Probuilder Modular. *Journal of Physics: Conference Series*, doi:10.1088/1742-6596/1992/4/042073.

Chen, S-Y., & Chien, W.-C. (2022). Immersive Virtual Reality Serious Games With DL-Assisted Learning in High-Rise Fire Evacuation on Fire Safety Training and Research. *Frontiers in Psychology*, 13. 786314. doi: 10.3389/fpsyg.2022.786314.

Cheng, Y. M., & Liao, H. Y. (2021). Task-oriented VR Safety Training in Construction Falls. 2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM). doi: 10.1109/IEEM50564.2021.9672950.

Comu, S., Kazar, G., & Marwa, Z. (2021). Evaluating the attitudes of different trainee groups towards eye tracking enhanced safety training methods. *Advanced Engineering Informatics*, 49, 101353.

Dado, M., Kotek, L., Hnilica, R., & Tůma, Z. (2018). The Application of Virtual Reality for Hazard Identification Training in the Context of Machinery Safety: A Preliminary Study. *Manufacturing Technology*, 18(5), 732-736.

Dhalmahapatra, K., Verma, A., & Maiti, J. (2022). An integrated TRIZ coupled safety function deployment and capital budgeting methodology for occupational safety improvement: A case of manufacturing industry. *Process Safety and Environmental Protection*, 165, 31-45.

Dhalmahapatra, K., Maiti, J., & Krishna, O. B. (2021). Assessment of virtual reality based safety training simulator for electric overhead crane operations. *Safety Science*, 139, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2021.105241>.

Dhalmahapatra, K., Das, K., & Maiti, J. (2020). On accident causation models, safety training and virtual reality. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, DOI: 10.1080/10803548.2020.1766290.

Dorozhkin, D., Olasky, J., Jones, D. B., Schwaitzberg, S. D., Jones, S. B., Cao C. G. L., Molina, M., Henriques S., Wang, J., Flinn J., De, S., & The SAGES FUSE Committee (2016). OR fire virtual training simulator: design and face validity. *Surgical Endoscopy*. DOI 10.1007/s00464-016-5379-7.

Dzeng, R-J., Hsueh H-H., & Chang, R-N. (2015). 3D Game-based Training System for Hazard Identification on Construction Site. 2015 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD), 2453-2458.

Eiris, R., John, B., Gheisari M., Jain, E., Wehle A., & Memarian, B. (2020). Hazard-Recognition Training Using Omnidirectional Cinemagraphs: Comparison between Virtual Reality and Lecture-Based Techniques. *Construction Research Congress 2020*, 1117-1126.

Eiris, R., John, B., Gheisari M., & Wehle A. (2020 $\alpha$ ). Safety immersive storytelling using narrated 360-degree panoramas: A fall hazard training within the electrical trade context. *Safety Science*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104703>.

Eiris, R., Gheisari M., & Esmaeili B. (2018). PARS: Using Augmented 360-Degree Panoramas of Reality for Construction Safety Training. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 2452. doi:10.3390/ijerph15112452.

Gadalla, H., Helal, H., & Rashed, S. (2022). Incorporating Virtual Reality into Maritime Safety Training for Enhanced Competency-Based Learning Methodology. A: "Maritime Transport Conference", 2022, 9. doi: 10.5821/mt.11414.

Grassini, S., Laumann, K., de Martin Topranin, V., & Thorp, S. (2021). Evaluating the effect of multi-sensory stimulations on simulator sickness and sense of presence during HMD-mediated VR experience. *Ergonomics*. doi: 10.1080/00140139.2021.1941279.

Grassini, S., & Laumann, K. (2020). Evaluating the use of virtual reality in work safety: a literature review. *Proceedings of the 30th European Safety and Reliability Conference and the 15th Probabilistic Safety Assessment and Management Conference*.

Greenhoot, A. F., & Dowsett, C. J. (2012). Secondary Data Analysis: An Important Tool for Addressing Developmental Questions. *Journal of Cognition and Development*, 13(1), 2-18.

Guegler, M. (2021). The Use of Virtual Reality in Construction Safety Training. Ανακτήθηκε από: <https://digitalcommons.calpoly.edu/cmisp/434/>

Guo, Y., Mao, L., Zhang, G., Zhen, Z., Pei, X., & Xu, G. X. (2020). Conceptual Design And Preliminary Results Of A VR-Based Radiation Safety Training System For Interventional Radiologists. *Radiation Protection Dosimetry*, doi:10.1093/rpd/ncaa082.

Guo, H., Li, H., Chana, G., & Skitmore, M. (2012). Using game technologies to improve the safety of construction plant operations. *Accident Analysis and Prevention*, 48, 204-213.

Habibnezhad, M., Shayesteh, S., Jebelli H., Puckett J., & Stentz, T. (2021). Comparison of ironworker's fall risk assessment systems using an immersive biofeedback simulator. *Automation in Construction*, 122, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103471>.

Hadipriono, F. C., & Barsoum, A. S. (2002). Modeling For Safety Against Falls From Form Scaffolding In A Virtual Environment. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 19(2), 119-139.

Han, Y., Yang, J., Diao, Y., Jin, R., Guo, B., & Adamu, Z. (2022). Process and Outcome-based Evaluation between Virtual Reality-driven and Traditional Construction Safety Training. *Advanced Engineering Informatics*, 52, <https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101634>.

Hoang, T., Greuter, S., Taylor, S., Aranda, G., & Mulvany G. T. (2021). An evaluation of virtual reality for fear arousal safety training in the construction industry. 2021 IEEE

International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct), 177-182.

Huang, H., Hwang, G-J., & Chang, S-C. (2021). Facilitating decision making in authentic contexts: an SVVR-based experiential flipped learning approach for professional training. *Interactive Learning Environments*. doi: 10.1080/10494820.2021.2000435..

Huang, D., Wang, X., Liu, J., Li, J., & Tang, W. (2021α). Virtual reality safety training using deep EEG-net and physiology data. *The Visual Computer*. <https://doi.org/10.1007/s00371-021-02140-3>.

Huang, D., Wang, X., Li, J., & Tang, W. (2020). Virtual Reality for Training and Fitness Assessments for Construction Safety. 2020 International Conference on Cyberworlds (CW), 172-179.

Hwang, G-H., Chang, C-C., & Chien, S-Y. (2022). A motivational model-based virtual reality approach to prompting learners' sense of presence, learning achievements, and higher-order thinking in professional safety training. *British Journal of Educational Technology*, doi: 10.1111/bjet.13196.

Isleyen, E., & Duzgun, H. S. (2019). Use of virtual reality in underground roof fall hazard assessment and risk mitigation. *International Journal of Mining Science and Technology*, 29, 603-607.

Isleyen, E., Duzgun, S., & Nelson, P. (2020). Virtual Reality Models for Hazard Assessment and Risk Mitigation in Tunneling. Στο: *Tunnels and Underground Cities: Engineering and Innovation meet Archaeology, Architecture and Art* (σελ. 4857-4863). DOI:10.1201/9781003031666-26.

Jacobsen, E. L., Solberg, A., Golovina, O., & Teizer, J. (2022). Active personalized construction safety training using run-time data collection in physical and virtual reality work environments. *Construction Innovation*, 22(3), 531-553.

Jarvis, C., Solteszova, V., Ulvang D. M., Siccama, D., & Patel, D. (2021). Evolution of VR Software and Hardware for Explosion and Fire Safety Assessment and Training. Στο: D. Patel (ed.), *Interactive Data Processing and 3D Visualization of the Solid Earth* (σελ. 273-290). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-90716-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-90716-7_8).

Jeelani, I., Han, K., & Albert, A. (2020). Development of virtual reality and stereo-panoramic environments for construction safety training. *Engineering, Construction and Architectural Management*. DOI 10.1108/ECAM-07-2019-0391.

Jeelani, I., Han, K., & Albert, A. (2017). Development of Immersive Personalized Training Environment for Construction Workers. *Computing in Civil Engineering 2017*, 407-415.

Jelonek, M., Fiala, E., Herrmann, T., Teizer, J., Embers, S., König, M., & Mathis, A. (2022). Evaluating Virtual Reality Simulations for Construction Safety Training. *i-com*, 21(2), 269–281.

Jin, G., & Nakayama, S. (2014). Virtual Reality Game for Safety Education. *ICALIP2014*, 95-100.

John, B., Kalyanaraman, S., & Jain, E. (2020). Look Out! A Design Framework for Safety Training Systems A Case Study on Omnidirectional Cinemagraphs. *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 10.1109/VRW50115.2020.00031.

Johnston, M. P. (2014). Secondary Data Analysis: A Method of which the Time Has Come. *Qualitative and Quantitative Methods in Libraries*, 3, 619-626.

Jones, A. (2021). Use of Virtual Reality for Hazard Safety Training to Reduce High Risk and Significant Safety Incidents and Increase Training Engagement. In: T. Jung, & J. Dalton (eds.), *XR Case Studies, Management for Professionals* (75-81). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-72781-9\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-72781-9_10).

Joshi, S., Hamilton, M., Warren, R., Faucett, D., Tian, W., Wang, Y., & Ma, J. (2021). Implementing Virtual Reality technology for safety training in the precast/prestressed concrete industry. *Applied Ergonomics*, 90, <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103286>.

Kaarlela, T., Pieska, S., & Pitkaaho, T. (2020). Digital Twin and Virtual Reality for Safety Training. *11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications – CogInfoCom 2020*, September 23-25, 2020.

Kanade, S. G., & Duffy, V. G. (2022). Use of Virtual Reality for Safety Training: A Systematic Review. In: V. G. Duffy (Ed.), *HCI 2022, LNCS 13320* (pp. 364–375). [https://doi.org/10.1007/978-3-031-06018-2\\_25](https://doi.org/10.1007/978-3-031-06018-2_25).

Kim, N., & Ahn, C. R. (2020). Using a Virtual Reality-based Experiment Environment to Examine Risk Habituation in Construction Safety. 37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2020). Ανακτήθηκε από: <https://par.nsf.gov/servlets/purl/10269811>

Kim, N., Ahn, C. R., Miller, A., Dibello, R., Lobello, D., Oh, S., & McNamara, A. (2022). Enhancing Workers' Vigilance to Electrical Hazards through a Virtually Simulated Accident. Construction Research Congress 2022, 651-659.

Kim, J., Zornmetr, P., Korlapati, S., Sargsyan, N., Akula, S., Wei, X., & Seals, C. D. (2020). Evaluating the Effectiveness of Virtual Reality Construction Safety Training and Lessons Learned. Proceedings of the Creative Construction e-Conference. <https://doi.org/10.3311/CCC2020-074>.

Kwegyir-Afful, E. (2022). Effects of an engaging maintenance task on fire evacuation delays and presence in virtual reality. International Journal of Disaster Risk Reduction, 67, 102681.

Kwegyir-Afful, E., Hassan, T. O., & Kantola, J. I. (2021). Simulation-based assessments of fire emergency preparedness and response in virtual reality. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, doi: 10.1080/10803548.2021.1891395.

Kwegyir-Afful, E., & Kantola, J. I. (2021). Simulation-based Safety Training for Plant Maintenance in Virtual Reality. Στο: Cassenti, D. N., Scataglini S., Rajulu, S. L., & Wright J. L. (Eds.), Advances in simulation and digital human modeling: Proceedings of the AHFE 2020 Virtual Conferences in Human Factors and Simulation, and Digital Human Modeling and Applied Optimisation, July 16-20, 2020, USA (σελ. 167-173). Cham: Springer.

Kwegyir-Afful, E., Hassan, T. O., & Kantola, J. I. (2022). Simulation-based assessments of fire emergency preparedness and response in virtual reality. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 28(2), 1316-1330.

Lacko, J. (2020). Health Safety Training for Industry in Virtual Reality. 2020 Cybernetics & Informatics (K&I), 10.1109/KI48306.2020.9039854.

Le, Q. T., Pedro, A., & Park, S. C. (2014). A Social Virtual Reality Based Construction Safety Education System for Experiential Learning. Journal of Intelligent & Robotic Systems. DOI 10.1007/s10846-014-0112-z.

Leder, J., Horlitz, T., Puschmann, P., Wittstock, V., & Schütz, A. (2018). Comparing immersive virtual reality and powerpoint as methods for delivering safety training: Impacts on

risk perception, learning, and decision making. *Safety Science*, <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.07.021>.

Li, N. F., & Xiao, Z. (2018). A Fire Drill Training System Based on VR and Kinect Somatosensory Technologies. *iJOE*, 14(4), 163-176.

Li, W., Huang, H., Solomon, T., Esmaili B., & Yu, L-F. (2022). Synthesizing Personalized Construction Safety Training Scenarios for VR Training. *IEEE Transactions On Visualization And Computer Graphics*, 28(5), 1993-2002.

Li, W., Esmaili B., & Yu, L-F. (2022 $\alpha$ ). Simulating Wind Tower Construction Process for Virtual Construction Safety Training and Active Learning. 2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW), 369-372.

Li, M., Sun, Z., Jiang, Z., Tan, Z., & Chen J. (2020). A Virtual Reality Platform for Safety Training in Coal Mines with AI and Cloud Computing. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, <https://doi.org/10.1155/2020/6243085>.

Li, H., Chan, G., & Skitmore, M. (2012). Multiuser Virtual Safety Training System for Tower Crane Dismantlement. *Journal Of Computing In Civil Engineering*, 26, 638-647.

Liang, H., Ge, C., Liang, F., & Sun, Y. (2020). VR-based Training Model for Enhancing Fire Evacuee Safety. *International Journal of Performance Engineering*, 16(1), 107-117.

Liang, H., Ge, H., Liang, F., Sun, Y., Li, P., & Wang, C. (2019). Training Model of Safe Escape From Fire Based On Virtual Reality. *Association for Computing Machinery*, 168-175. <https://doi.org/10.1145/3375998.3376013>.

Liu, W., Cheng, L., Liu, Z., Yang, Y., & Li, L. (2021). The Development of Port Safety Training Platform Based on Virtual Reality Technology. 2021 IEEE 7th International Conference on Virtual Reality, 207-214.

Luimula, M., Markopoulos, E., & Kaakinen, J. K. (2020). Eye Tracking in Maritime Immersive Safe Oceans Technology. 11th IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications – CogInfoCom 2020, September 23-25, 2020.

Luimula, M., Talvitie, R., & Rantalaiho-Kulo, N. (2019). Virtual Training in Safety and Security – TUAS Visions for Next Generation Learning. 5<sup>th</sup> Carpe Conference, 23-25th October 2019, Valencia (Spain), <http://dx.doi.org/10.4995/CARPE2019.2019.10542>.

Lucas, J., & Thabet, W. (2008). Implementation and evaluation of a VR task-based training tool for conveyor belt safety training. *ITcon*, 13, 637-659.

Makransky, G., & Klingenberg, S. (2022). Virtual reality enhances safety training in the maritime industry: An organizational training experiment with a non-WEIRD sample. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38, 1127–1140.

Makransky, G., Borre-Gude, S., & Mayer, R. E. (2019). Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments. *Journal of Computer Assisted Learning*, DOI: 10.1111/jcal.12375.

Manning, J. B., Liu, J., & Redden, L. (2020). Is Virtual Reality Safety Training Making the Construction Industry Safer?. *Proceedings of the Creative Construction e-Conference*, 62. <https://doi.org/10.3311/CCC2020-062>.

Markopoulos, E., Luimula, M., Calbureanu-Popescu, C., Markopoulos, P., Ranttila, P., Laukkanen, S., Laivuori, N., Ravyse, W., Saarinen, J., & Nghia, T. (2021). Neural Network Driven Eye Tracking Metrics and Data Visualization in Metaverse and Virtual Reality Maritime Safety Training. Ανακτήθηκε από: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10153244/>

Mehany, M. S. H., Killingsworth, J., & Shah, S. (2019). An Evaluation of Training Delivery Methods' Effects on Construction Safety Training and Knowledge Retention - A Foundational Study. *International Journal of Construction Education and Research*, DOI: 10.1080/15578771.2019.1640319.

Menin, A., Torchelsen, R., & Nedel, L. (2022). The effects of VR in training simulators: Exploring perception and knowledge gain. *Computers & Graphics*, 102, 402-412.

Meyer, O. A., Omdahl, M. K., & Makransky, G. (2019). Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment. *Computers and Education*, 140, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103603>.

Miller, G. A., Dawood, N. N., & Kassem, M. (2012). Building an Emergent Learning Environment for Construction Health and Safety by Merging Serious Games and 4D Planning. *Computing in Civil Engineering*, 129-136.

Mo, Y., Zhao, D., Du, J., Liu, W., & Dhara, A. (2018). Data-Driven Approach to Scenario Determination for VR-Based Construction Safety Training. *Construction Research Congress 2018*, 116-125.

Moelmen, I., Grim, H. L., Jacobsen E. L., & Teizer, J. (2021). Asymmetrical Multiplayer Serious Game and Vibrotactile Haptic Feedback for Safety in Virtual Reality to Demonstrate Construction Worker Exposure to Overhead Crane Loads. 38th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2021), 613-620.

Moore, H. F., Eiris, R., Gheisari M., & Esmaili B. (2019). Hazard Identification Training Using 360-Degree Panorama vs. Virtual Reality Techniques: A Pilot Study. *Computing in Civil Engineering 2019*, 55-62.

Mujtaba Asad, M., Sherwani, F., Hassan, R. B., Sahito, Z., & Khan, N. (2022). Workforce safety education and training for oil and gas industry: a conceptual framework for virtual reality-based HAZFO expert 2.0. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 20(5), 1122-1131.

Nakai, A., & Suzuki, K. (2019). Safety Training System using Plant Simulator for Distance Cooperative Work in Chemical Plants. *Chemical Engineering Transactions*, 77, 859-864.

Noghabaei, M., & Han, K. (2019). Hazard recognition in an immersive virtual environment: Framework for the simultaneous analysis of visual search and EEG patterns. Ανακτήθηκε από: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784482865.099>

Noghabaei, M., Han, K., & Albert, A. (2021). Feasibility Study to Identify Brain Activity and Eye-Tracking Features for Assessing Hazard Recognition Using Consumer-Grade Wearables in an Immersive Virtual Environment. *Journal of Construction Engineering and Management*. doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002130.

Nykänen, M., Puro, V., Tiikkaja, M., Kannisto, H., Lantto, E., Simpura, F., Uusitalo, J., Lukander, K., Rasanen, T., Heikkilä, T., & Teperi, A-M. (n.d.). Implementing and evaluating novel safety training methods for construction sector workers: Results of a randomized controlled trial. *Journal of Safety Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.09.015>.

Orr, T. J., Mallet, L. G., & Margolis K. A. (2009). Enhanced fire escape training for mine workers using virtual reality simulation. Ανακτήθηκε από: <https://www.cdc.gov/niosh/mining%5C/UserFiles/works/pdfs/efetfm.pdf>

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M. et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10, <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>.

Pedram, S., Ogie, R., Palmisano S., Farrelly, M., & Perez, P. (2021). Cost–benefit analysis of virtual reality-based training for emergency rescue workers: a socio-technical systems approach. *Virtual Reality*, 25. 1071–1086. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00514-5>.

Pedram, S., Palmisano S., Skarbez R., Perez, P., & Farrelly M. (2020). Investigating the process of mine rescuers' safety training with immersive virtual reality: A structural equation. *Computers & Education*, 153, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103891>.

Pedram, S., Perez, P., Palmisano S., & Farrelly M. (2019). The Factors Affecting the Quality of Learning Process and Outcome in Virtual Reality Environment for Safety Training in the Context of Mining Industry. Στο: D. N. Cassenti (Ed.), *AHFE 2018, AISC 780* (σελ. 404–411). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-94223-0\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-319-94223-0_38).

Pedram, S., Perez, P., Palmisano S., & Farrelly M. (2018). A Qualitative Evaluation of the Role of Virtual Reality as a Safety Training Tool. Στο: A. Naweed et al. (Eds.), *SimTecT 2016/ISAGA 2016, LNCS 10711* (σελ. 188–200). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78795-4\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78795-4_14).

Pedram, S., Perez, P., Palmisano S., & Farrelly M. (2017). Evaluating 360-Virtual Reality for Mining Industry's Safety Training. Στο: C. Stephanidis (Ed.), *HCII Posters 2017, Part I, CCIS 713* (σελ. 555–561). DOI: 10.1007/978-3-319-58750-9\_77.

Pedram, S., Perez, P., Palmisano S., & Farrelly M. (2017α). The application of Simulation (Virtual Reality) for Safety Training in the Context of Mining Industry. 22nd International Congress on Modelling and Simulation, Hobart, Tasmania, Australia, 3 to 8 December 2017, 361-367.

Pedram, S., Perez, P., Palmisano S., & Farrelly M. (2016). A Systematic Approach to Evaluate the Role of Virtual Reality as a Safety Training Tool in the Context of the Mining Industry. Στο: N. Aziz & B. Kininmonth (Eds.), *Proceedings of the 16th Coal Operators' Conference, Mining Engineering, University of Wollongong, 10-12 February 2016* (σελ. 433-442). The University of Wollongong.

Perlman, A., Sacks, R., & Barak, R. (2014). Hazard recognition and risk perception in construction. *Safety Science*, 64, 22-31.

Pinheiro, R. B. O. Pradhananga, N., Jianu, R., & Orabi, W. (2016). Eye-Tracking Technology for Construction Safety: A Feasibility Study. 33rd International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2016).

Poshdar, M., Zhu, Y., Ghodrati, N., Alqudah, H., Tookey, J., Gonzáles, V. A., & Talebi, S. (2021). The Efficacy of Virtual-Reality Based Safety Training in Construction: Perceptions versus Observation. Στο: ECPPM 2021 – eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction (σελ. 471-478). DOI: 10.1201/9781003191476-64.

Poyade, M., Eaglesham, C., Trench J., & Reid, M. (2021). A Transferable Psychological Evaluation of Virtual Reality Applied to Safety Training in Chemical Manufacturing. *ACS Chemical Health & Safety*, 28, 55–65.

Rahouti, A., Lovreglio, R., Datoussaïd, S., & Descamps, T. (2021). Prototyping and Validating a Non-immersive Virtual Reality Serious Game for Healthcare Fire Safety Training. *Fire Technology*, 57, 3041–3078.

Razak, N. A. N. A., & Kasim, N. (2020). Virtual Reality Implementation for Safety Training in Construction Project. *Journal Of Tropical Facilities Management*, 2(1), 10-18.

Renganayagalu, S. K., Mallam, S. C., & Nazir, S. (2021). Effectiveness of VR Head Mounted Displays in Professional Training: A Systematic Review. *Technology, Knowledge and Learning*, 26, 999–1041.

Rey-Becerra, E., Barrero, L. H., Ellegast, R., & Kluge, A. (2021). The effectiveness of virtual safety training in work at heights: A literature review. *Applied Ergonomics*, 94, 103419.

Roofigari-Esfahan, N., Porterfield, C., Ogle, T., Upthegrove, T., Jeon, M., & Lee, S. W. (2022). Group-based VR Training to Improve Hazard Recognition, Evaluation, and Control for Highway Construction Workers. *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, 513-516.

Sacks, R., Perlman, A., & Barak, R. (2013). Construction safety training using immersive virtual reality. *Construction Management and Economics*, 31(9), 1005-1017.

Saghafian, M., Laumann, K., Akhtar, R. S., & Skogstad, M. R. (2020). The Evaluation of Virtual Reality Fire Extinguisher Training. *Frontiers in Psychology*, 11:593466. doi: 10.3389/fpsyg.2020.593466.

Satapanasatien, K., Phuawiriyakul, T., & Moodleah, S. (2021). A Development of Game-Based Learning in Virtual Reality for Fire Safety Training in Thailand. *2021 18th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE)*. doi: 10.1109/JCSSE53117.2021.9493836.

Sebok, A., Nystad, E., & Drøivoldsmo, A. (2002). Improving Safety and Human Performance in Maintenance and Outage Planning through Virtual Reality-based Training Systems. Proceedings of the IEEE 7th Conference on Human Factors and Power Plants. DOI: 10.1109/HFPP.2002.1042867.

Seo, H. J., Park, G. M., Son, M., Hong, A.-J. (2021). Establishment of Virtual-Reality-Based Safety Education and Training System for Safety Engagement. Education Sciences, 11, 786. <https://doi.org/10.3390/educsci11120786>.

Shamsudin, N., Mahmood, N. H. N., Abdul Rahim, A. R., Mohamad, S. F., & Masrom, M. (2018). Utilization of Virtual Reality Technology Smartphone Application For The Enhancement of Construction Safety and Health Hazard Recognition Training In Piling Work: Pilot Study. Source: Advanced Science Letters, 24(11), 8660-8662.

Shamsudin, N. M., Mahmood, N. H. N., Rahim, A. R. A., Mohamad, S. F., & Masrom, M. (2018). Virtual Reality for Construction Occupational Safety and Health Training: A Review. Advanced Science Letters, 24, 2444-2446.

Shi, Y., Du, J., Ahn, C. R., & Ragan, E. (2019). Impact assessment of reinforced learning methods on construction workers' fall risk behavior using virtual reality. Automation in Construction, 104, 197-214.

Sim, Z. H., Chook, Y., Hakim, M. A., Lim, W. N., & Yap, K. M. (2019). Design of Virtual Reality Simulation-based Safety Training Workshop. 2019 IEEE International Symposium on Haptic, Audio and Visual Environments and Games (HAVE). DOI: 10.1109/HAVE.2019.8921366.

Soeiro, A., Martins, J. P., Zavrski, I., Theodossiou, N., Meszaros, P., & Sidani, A. (2021). CSETIR – Construction Safety with Education and Training using Immersive Reality. Ανακτήθηκε από: [http://csetir.civil.auth.gr/wp-content/uploads/2021/04/SHO2020\\_CSETIR\\_Paper25.pdf](http://csetir.civil.auth.gr/wp-content/uploads/2021/04/SHO2020_CSETIR_Paper25.pdf)

Song, K., Lee, G., Han, S. U., & Lee, S. H. (2022). Evaluation of Construction Workers' Emotional States during Virtual Reality-Based Safety Training. Ανακτήθηκε από: <https://ascelibrary.org/doi/10.1061/9780784483985.067>

Squelch, A. P. (2001). Virtual reality for mine safety training in South Africa. The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy, July, 209-216.

Stiles, S., Ryan, B., & Golightly, D. (2018). Use of Virtual Reality: evaluating the effectiveness of safety training interventions on rail engineering projects. Proceedings of the Irish Rail Safety Council Conference, Dublin, Ireland, 22–26 October 2018.

Sun, Z., & Li, M. (2018). Design of a training system for special types of mine workers based on CSCW. Proceedings of the 2018 IEEE 22nd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, 501-506.

Sun, E., Li, J., Li, Z., Gao, D., Chen, Y., & Wang, M. (2019). Virtual Training and Ergonomics Evaluation System for Industrial Production Safety Based on Visible Light Communication. 2019 IEEE 19th International Conference on Communication Technology, 695-700.

Tan, B., Zhu, H., Shi, W., & Qin, X. (2014). Study and Training on Virtual Reality Technology of Mine Fire Prevention. The 9th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE 2014) August 22-24, 2014. Vancouver, Canada.

Toyoda, R., Russo-Abegao, F., & Glassey, J. (2022). VR-based health and safety training in various high-risk engineering industries: a literature review. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 19, <https://doi.org/10.1186/s41239-022-00349-3>.

Udeozor, C., Toyoda, R., Abegão, F. R., & Glassey, J. (2021). Perceptions of the use of virtual reality games for chemical engineering education and professional training. Higher Education Pedagogies, 6(1), 175-194. DOI: 10.1080/23752696.2021.1951615.

van Wyk, E., & de Villiers, R. (2008). Usability Context Analysis for Virtual Reality Training in South African Mines. SAICSIT 2008, 6 - 8 October 2008, Wilderness Beach Hotel, Wilderness, South Africa.

Voordijk, H., & Vahdatikhaki, F. (2022). Virtual Reality learning environments and technological mediation in construction practice. European Journal of Engineering Education, 47(2), 259-273.

Wahidi, S. I., Pribadi T. W., Rajasa W. S., & Arif, M. S. (2022). Virtual Reality Based Application for Safety Training at Shipyards. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 972. doi:10.1088/1755-1315/972/1/012025.

Wan, J., Zheng, Y., Li, Y., Mei, H., Lin, L., & Kuang, L. (2020). Oil Depot Safety Inspection and Emergency Training System Based on Virtual Reality Technology. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 782, doi:10.1088/1757-899X/782/4/042018.

Wang, Z., & Yang, Q. (2019). Scene Building of Fully Mechanized Mining and Safety Training in Dongbaowei Coal Mine Based on VR Technology. *2019 International Conference on Artificial Intelligence and Advanced Manufacturing (AIAM)*, 349-354.

Wareing, J., Lawson G., Abdullah, C., & Roper, T. (2018). User Perception of Heat Source Location for a Multisensory Fire Training Simulation. *2018 10th Computer Science and Electronic Engineering (CEECE)*, 214-218.

Wu, H-T., Yu, W-D., Gao R-J., Wang, K-C., & Liu K-C. (2020). Measuring the Effectiveness of VR Technique for Safety Training of Hazardous Construction Site Scenarios. *2nd IEEE International Conference on Architecture, Construction, Environment and Hydraulics 2020*, 36-39.

Xu, Z., & Zheng, N. (2021). Incorporating Virtual Reality Technology in Safety Training Solution for Construction Site of Urban Cities. *Sustainability*, 13, 243. <https://doi.org/10.3390/su13010243>.

Xu, S., Ni, Q., & Du, Q. (2019). The Effectiveness of Virtual Reality in Safety Training: Measurement of Emotional Arousal with Electromyography. *36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2019)*, 20-25.

Yaqin, F., & Qi, L. (2020). Spatial reference frame based user interface design in the virtual reality game design. Doi: 10.18293/DMSVIVA20-020.

Yuen, K. K., Choi, S. H., & Yang, X. B. (2010). A Full-immersive CAVE-based VR Simulation System of Forklift Truck Operations for Safety Training. *Computer-Aided Design & Applications*, 7(2), 235-245.

Yun, H., Park, G., Yu, C., Jo, Y., & Moon, J. (2018). Development of Components of Analog and Digital Gauges for Training Regulators Safety Check using Virtual Reality. *International Journal on Future Revolution in Computer Science & Communication Engineering*, 4(3), 137-141.

Zhang, M., Shu, L., Luo, X., Yuan, M., & Zheng, X. (2022). Virtual reality technology in construction safety training: Extended technology acceptance model. *Automation in Construction*, 135, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104113>.

Zhang, H., He, X., & Mitri, H. (2019). Fuzzy comprehensive evaluation of virtual reality mine safety training system. *Safety Science*, 120, 341-351.

Zhang, D-G., Li, Z-H., Xiao Y-W., Jiang, L., Wang, D-D., & Wang, G-P. (2017). Design and Implementation of Simulation System for Safety Accident Case Based on Immersive Virtual Reality Technology. *Advances in Engineering Research*, 131, 416-420.

Zhao, D., McCoy, A., Kleiner, B., & Feng, Y. (2016). Integrating safety culture into OSH risk mitigation: a pilot study on the electrical safety. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(6), 800-807. DOI: 10.3846/13923730.2014.914099.

Zhao, D., Lucas, J., & Thabet, W. (2009). Using virtual environments to support electrical safety awareness in construction. *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, 2679-2690.

Żmigrodzka, M., Kostur, K., & Balcerzak, T. (2012). Safety and quality in aviation training with Virtual Reality (Bezpieczeństwo i jakość prowadzonych szkoleń z wykorzystaniem wirtualnej rzeczywistości). Ανακτήθηκε από: <https://repo.faw.edu.pl/info/article/AMWG6719d39b1f9b40e897c73ab53a5ba257/>

Zujovic, L., Kecojevic, V., & Bogunovic, D. (in press). Interactive mobile equipment safety task-training in surface mining. *International Journal of Mining Science and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2021.05.011>.