

|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ<br/>ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ<br/>Μ/Υ<br/>ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ<br/>ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ<br/>ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &amp;<br/>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ<br/>ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ<br/>ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ<br/>«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»</p> |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

**ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»**

**Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές, Ασφάλεια & Επιχειρησιακή  
Συνέχεια**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Μαρία - Ελένη Ν. Δέτση**

**Επιβλέπων:** Κωνσταντίνος Δεμέστιχας, Καθηγητής Ε.Μ.Π & Α.Ο.Α, τομέας  
Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων Πλαροφορικής.

Αθήνα Ιούνιος, 2025



|                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
|  | ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ<br>ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ<br>Μ/Υ<br>ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ<br>ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ<br>ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &<br>ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ<br>ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ<br>ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ<br>«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ» |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ – ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ  
«ΤΕΧΝΟ-ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ»

Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλειας & Επιχειρησιακή  
Συνέχεια

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μαρία - Ελένη Ν. Δέτση

**Επιβλέπων:** Κωνσταντίνος Δεμέστιχας, Καθηγητής Ε.Μ.Π & Α.Ο.Α, τομέας  
Επικοινωνιών, Ηλεκτρονικής & Συστημάτων Πλαροφορικής.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 20η Ιουνίου 2025.

|                                                            |                                                                |                                                             |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Δεμέστιχας Κωνσταντίνος<br>Καθηγητής<br>Σχολής ΗΜΜΥ, Ε.Μ.Π | Αδαμοπούλου Ευγενία Ε.ΔΙ.Π<br>Καθηγήτρια Σχολής ΗΜΜΥ,<br>Ε.Μ.Π | Συκάς Ευστάθιος<br>Ομότιμος Καθηγητής Σχολής<br>ΗΜΜΥ, Ε.Μ.Π |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|

Αθήνα Ιούνιος, 2025

Μαρία - Ελένη Ν. Δέτση

Copyright © Δέτση Μαρία - Ελένη, 2025

Διπλωματούχος Αρχιτέκτων Πολεοδόμος Μηχανικός Α.Π.Θ

Κάτοχος Μεταπτυχιακού Προγράμματος « Τεχνο-οικονομικά Συστήματα » της Σχολής  
Ηλεκτρολόγων Μηχανικών Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

### Περίληψη

Η εργασία αυτή μελετά τον τομέα των ειδικών μεταφορών, δηλαδή τη μετακίνηση φορτίων που ξεπερνούν τα συνηθισμένα όρια βάρους, μεγέθους και τεχνικών απαιτήσεων. Πρόκειται για δραστηριότητες που είναι απαραίτητες για μεγάλα έργα υποδομής, βιομηχανικές εφαρμογές και ενεργειακά έργα, αλλά συνοδεύονται από πολλές προκλήσεις και αυστηρούς κανονισμούς.

Στο πρώτο κεφάλαιο περιγράφονται ο σκοπός και η μεθοδολογία της μελέτης. Τα κεφάλαια 2 και 3 παρουσιάζουν το θεσμικό πλαίσιο που ισχύει στην Ευρωπαϊκή Ένωση και την Ελλάδα, όπως οι διαδικασίες αδειοδότησης, οι περιορισμοί σε βάρος και διαστάσεις, οι περιβαλλοντικοί κανόνες και οι τελωνειακές υποχρεώσεις. Εξετάζονται επίσης οι σύγχρονες πολιτικές που προωθούν την ψηφιοποίηση και την απλούστευση των διαδικασιών.

Το τέταρτο κεφάλαιο δίνει μια σαφή εικόνα των τεχνικών χαρακτηριστικών και των απαιτήσεων που έχει ο κλάδος. Στο πέμπτο κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του πώς οι νέες τεχνολογίες, όπως τα συστήματα πλοήγησης, η αυτοματοποίηση και οι ψηφιακές πλατφόρμες, συμβάλλουν στη βελτίωση της απόδοσης και της ασφάλειας.

Το έκτο κεφάλαιο εστιάζει στη διαχείριση κρίσεων και στην εξασφάλιση της επιχειρησιακής συνέχειας. Παρουσιάζονται τρόποι αναγνώρισης των πιο κρίσιμων λειτουργιών, εκτίμησης κινδύνων και οργάνωσης σχεδίων πρόληψης και ανάκαμψης. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην κυβερνοασφάλεια και στη διαχείριση των ψηφιακών υποδομών, που πλέον αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι του κλάδου.

Η μελέτη εξετάζει ακόμη πώς οι ειδικές μεταφορές συνδέονται με την προστασία των κρίσιμων υποδομών σε ευρωπαϊκό επίπεδο και παρουσιάζει πρόσφατες νομοθετικές πρωτοβουλίες, όπως η Οδηγία NIS2 και ο Κανονισμός CER. Μέσα από παραδείγματα κρίσεων αναδεικνύονται χρήσιμα συμπεράσματα για τη βελτίωση της διαχείρισης κινδύνου.

**Λέξεις- Κλειδιά:** Ειδικές Μεταφορές, Θεσμικό Πλαίσιο, Ευρωπαϊκή Ένωση, Τεχνολογία, Επιχειρησιακή Συνέχεια, Ανθεκτικότητα, Κυβερνοασφάλεια, Ανάκαμψη από καταστροφές



### Abstract

This thesis explores the field of special transport, which involves moving loads that exceed the usual limits of weight, size, and technical requirements. These operations are essential for large infrastructure projects, industrial applications, and energy-related works, but they also come with many challenges and strict regulations.

The first chapter describes the purpose and methodology of the study. Chapters two and three present the regulatory framework applicable in the European Union and Greece, covering licensing procedures, weight and dimension restrictions, environmental rules, and customs obligations. Modern policies promoting digitalisation and the simplification of processes are also examined.

Chapter four provides a clear overview of the technical characteristics and specific demands of the sector. Chapter five analyses how new technologies, such as navigation systems, automation, and digital platforms, contribute to improving performance and safety.

Chapter six focuses on crisis management and ensuring business continuity. It presents ways to identify critical operations, assess risks, and organise prevention and recovery plans. Special attention is given to cybersecurity and the management of digital infrastructures, which have become an integral part of the industry.

The study also looks into how special transport connects with the protection of critical infrastructure at the European level and discusses recent legislative initiatives, such as the NIS2 Directive and the CER Regulation. Through examples of crises, useful lessons are highlighted for improving risk management.

In conclusion, the thesis finds that success in this field relies not only on technical expertise but also on thorough preparation, flexibility, and the ability to adapt to constantly changing conditions.

**Key Words:** Heavy Transport, Regulatory Framework, European Union, Technology, Business Continuity, Resilience, Cybersecurity, Disaster Recovery

## Πίνακας Περιεχομένων

|                                                                                                       |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Περίληψη .....                                                                                        | 5  |
| Abstract .....                                                                                        | 7  |
| 1. Εισαγωγή .....                                                                                     | 12 |
| 1.1 Στόχοι και σκοπός της εργασίας .....                                                              | 12 |
| 1.2 Μέθοδοι.....                                                                                      | 12 |
| 2. Θεσμικό Πλαίσιο στην Ευρωπαϊκή Ένωση.....                                                          | 13 |
| 2.1 Τι προβλέπουν οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες και Κανονισμοί.....                                           | 13 |
| 2.2 Εφαρμογή του Θεσμικού Πλαισίου στα Κράτη – Μέλη της Ε.Ε .....                                     | 15 |
| 2.2.1 Διαδικασίες Αδειοδότησης: .....                                                                 | 15 |
| 2.2.2 Επιτρεπτά Βάρη και Διαστάσεις: .....                                                            | 15 |
| 2.2.3 Συνοδευτικά Μέτρα.....                                                                          | 16 |
| 2.2.4 Τεχνικά Πρότυπα & Υποδομές: .....                                                               | 16 |
| 2.2.5 Περιβαλλοντικοί Περιορισμοί:.....                                                               | 16 |
| 2.3 Διασυνοριακές μεταφορές: απαιτήσεις και διαδικασίες.....                                          | 17 |
| 2.3.1 Απαιτήσεις Αδειοδότησης .....                                                                   | 17 |
| 2.3.2 Θέματα Συντονισμού.....                                                                         | 18 |
| 2.3.3 Έλεγχοι και Ασφάλεια.....                                                                       | 18 |
| 2.3.4 Τελωνειακά & Τεχνικά Θέματα .....                                                               | 18 |
| 2.3.5 Προβλήματα & Τρέχουσες Πρωτοβουλίες .....                                                       | 18 |
| 2.4 Τάσεις και μελλοντικές εξελίξεις.....                                                             | 19 |
| 2.4.1 Ψηφιοποίηση και Αυτοματισμός.....                                                               | 19 |
| 2.4.2 Εναρμόνιση Διαδικασιών & Κανονισμών.....                                                        | 20 |
| 2.4.3 Πράσινη Μετάβαση.....                                                                           | 20 |
| 2.4.4 Τεχνολογικές Καινοτομίες .....                                                                  | 21 |
| 2.5 Σύγχρονο Ρυθμιστικό Πλαίσιο για την Ανθεκτικότητα Κρίσιμων Υποδομών.....                          | 22 |
| 2.5.1 Οδηγία για την Ανθεκτικότητα Κρίσιμων Οντοτήτων ( CER Directive) .....                          | 22 |
| 2.5.2 Κανονισμός για την Κυβερνοανθεκτικότητα (Cyber Resilience Act - CRA)..                          | 23 |
| 2.5.3 Οδηγία για την Ασφάλεια Δικτύων και Πληροφοριών (NIS2 – Network and Information Security) ..... | 23 |
| 2.6 Σύνδεση Ευρωπαϊκού Θεσμικού Πλαισίου με Διεθνή Πρότυπα ISO .....                                  | 25 |
| 2.6.1 ISO 27001:2022 – Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας Πληροφοριών (ISMS) .                             | 25 |
| 2.6.2 ISO 22301:2019 – Σύστημα Διαχείρισης Επιχειρησιακής Συνέχειας (BCMS)                            | 26 |

|                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.6.3 ISO 31000:2018 – Διαχείριση Κινδύνων .....                        | 26 |
| 2.6.4 ISO/SAE 21434:2021 – Μηχανική Κυβερνοασφάλειας Οχημάτων .....     | 26 |
| 2.6.5 ISO 22320:2018 – Διαχείριση Περιστατικών Έκτακτης Ανάγκης .....   | 26 |
| 2.6.6 ISO 22316:2017 – Οργανωσιακή Ανθεκτικότητα.....                   | 27 |
| 2.6.7 ISO 28000:2007 – Διαχείριση Ασφάλειας Εφοδιαστικής Αλυσίδας ..... | 27 |
| 2.6.8 ISO 39001:2012 – Διαχείριση Οδικής Κυκλοφορίας.....               | 27 |
| 3 Θεσμικό Πλαίσιο στην Ελλάδα.....                                      | 28 |
| 3.1 Ισχύουσα Νομοθεσία για Ειδικές Μεταφορές στην Ελλάδα .....          | 28 |
| 3.1.1 Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας (ΚΟΚ) .....                            | 28 |
| 3.1.2 Υπουργικές Αποφάσεις .....                                        | 29 |
| 3.1.3 Εναρμόνιση με Ε.Ε.....                                            | 29 |
| 3.2 Αδειοδοτήσεις και Διαδικασίες.....                                  | 30 |
| 3.2.1 Η διαδικασία για την απόκτηση άδειας ειδικής μεταφοράς.....       | 30 |
| 3.3 Κώδικες Οδικής Κυκλοφορίας και Περιορισμοί .....                    | 32 |
| 3.3.1 Όρια διαστάσεων και βαρών .....                                   | 32 |
| 3.3.2 Ειδικές Ρυθμίσεις για Γέφυρες και Υποδομές.....                   | 32 |
| 3.3.3 Ωρες και Ημέρες κυκλοφορίας.....                                  | 33 |
| 3.3.4 Συνοδεία και Ασφάλεια .....                                       | 33 |
| 3.3.5 Τεχνικοί Έλεγχοι .....                                            | 33 |
| 3.4 Φορείς Εποπτείας και Επιβολής.....                                  | 34 |
| 3.5 Ρυθμίσεις για την Τεχνολογία και την Ασφάλεια .....                 | 35 |
| 4 Τεχνικό Πλαίσιο και Διεργασίες Ειδικών Μεταφορών.....                 | 37 |
| 4.3 Θεωρητικό υπόβαθρο και βασικοί ορισμοί .....                        | 37 |
| 4.1.1 Ορισμός βαρέων και υπερμεγεθών φορτίων .....                      | 38 |
| 4.1.2 Νομοθετικά όρια και κριτήρια κατηγοριοποίησης.....                | 38 |
| 4.1.3 Τύποι Ειδικών Μεταφορών .....                                     | 39 |
| 4.2 Εξοπλισμός & Οχήματα Ειδικών Μεταφορών .....                        | 40 |
| 4.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά μεταφορικών μέσων .....                    | 41 |
| 4.2.2 Ειδικά ρυμουλκούμενα, πολυαξονικά συστήματα .....                 | 42 |
| 4.2.3 Μέσα ανύψωσης.....                                                | 44 |
| 4.3 Διαδικασία σχεδιασμού και εκτέλεσης μεταφοράς.....                  | 45 |
| 4.3.1 Προκαταρκτική μελέτη και επιλογή διαδρομής.....                   | 46 |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2 Τεχνικοί περιορισμοί .....                                                | 47 |
| 4.3.3 Μέθοδοι ανύψωσης, φόρτωσης και σταθεροποίησης .....                       | 48 |
| 4.4 Θέματα ασφάλειας και λειτουργική παρακολούθηση .....                        | 50 |
| 4.4.1 Διαχείριση κινδύνου και επιχειρησιακή συνέχεια.....                       | 50 |
| 4.4.2 Έλεγχοι, πιστοποιήσεις και πρότυπα ασφαλείας.....                         | 51 |
| 4.4.3 Τεχνολογίες επιτήρησης, αυτοματοποίηση και συντήρηση .....                | 53 |
| 5 Ο ρόλος της τεχνολογίας στις Ειδικές Μεταφορές .....                          | 55 |
| 5.1 Ψηφιακά εργαλεία σχεδιασμού .....                                           | 55 |
| 5.2 Τηλεματική και συστήματα παρακολούθησης.....                                | 57 |
| 5.3 Καινοτομίες σε υλικά και εξοπλισμό.....                                     | 58 |
| 5.4 Αυτόνομα και ημι-αυτόνομα συστήματα.....                                    | 59 |
| 5.4.1 Κύριοι τύποι αυτόνομων οχημάτων .....                                     | 60 |
| 5.4.2 Τεχνολογίες και λειτουργία .....                                          | 61 |
| 5.4.3 Οφέλη και προκλήσεις.....                                                 | 61 |
| 5.5 Τεχνητή νοημοσύνη και big data στη βελτιστοποίηση.....                      | 62 |
| 5.5.1 Καινοτόμες Εφαρμογές της ΤΝ.....                                          | 63 |
| 5.6 Τεχνολογίες ασφάλειας.....                                                  | 64 |
| 6 Επιχειρησιακή Συνέχεια, Ανθεκτικότητα και Ανάκαμψη από Καταστροφές.....       | 66 |
| 6.1 Στρατηγικός Σχεδιασμός Επιχειρησιακής Συνέχειας.....                        | 66 |
| 6.1.1 Αναγνώριση κρίσιμων λειτουργιών: .....                                    | 67 |
| 6.1.2 Ανάλυση επιπτώσεων και χρονικά όρια (Business Impact Analysis – BIA)...   | 68 |
| 6.1.3 Εκτίμηση και Ιεράρχηση κινδύνων .....                                     | 69 |
| 6.1.4 Κατάρτιση πλάνων αντίδρασης και στρατηγικών επαναφοράς .....              | 70 |
| 6.1.5 Ορισμός υπευθύνων και διαύλων επικοινωνίας .....                          | 71 |
| 6.2 Ανθεκτικότητα της Επιχείρησης (Organizational Resilience) .....             | 72 |
| 6.2.1 Λειτουργική ευελιξία και εναλλαξιμότητα πόρων .....                       | 73 |
| 6.2.2 Ψηφιακή ανθεκτικότητα .....                                               | 75 |
| 6.2.3 Ανθρώπινη ανθεκτικότητα και διαχείριση απουσιών .....                     | 76 |
| 6.2.4 Επικοινωνιακή διαφάνεια και κουλτούρα προσαρμογής .....                   | 78 |
| 6.3 Διαχείριση Κρίσεων και Ανάκαμψη (Crisis Response & Disaster Recovery) ..... | 80 |
| 6.3.1 Επιχειρησιακή απόκριση και ενεργοποίηση πλάνων BCP.....                   | 80 |
| 6.3.2 Τεχνολογικά εργαλεία για ανάκαμψη .....                                   | 81 |

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.3.3 Τεκμηρίωση, αποτίμηση και αναθεώρηση .....                               | 81 |
| 6.3.4 Επιχειρησιακή επίπτωση στις ειδικές μεταφορές.....                       | 82 |
| 6.4 Παραδείγματα κρίσεων και διδάγματα .....                                   | 83 |
| 6.4.1 Παράδειγμα 1 – Βλάβη υδραυλικού εξοπλισμού σε κρίσιμη φάση ανύψωσης..... | 83 |
| 6.4.2 Παράδειγμα 2 – Ακύρωση άδειας διέλευσης τελευταίας στιγμής .....         | 84 |
| 6.4.3 Παράδειγμα 3 – Κυβερνοεπίθεση σε cloud λογισμικό logistics .....         | 84 |
| 7. Συμπεράσματα και Προτάσεις.....                                             | 85 |
| 7.1 Βασικά συμπεράσματα.....                                                   | 86 |
| 7.2 Προτάσεις για βελτίωση του θεσμικού πλαισίου.....                          | 87 |
| 7.3 Προτάσεις για τεχνολογικές βελτιώσεις .....                                | 88 |
| 8. Βιβλιογραφία .....                                                          | 90 |

### 1. Εισαγωγή

#### 1.1 Στόχοι και σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να φωτίσει έναν τομέα ιδιαίτερα απαιτητικό αλλά και κομβικό για την ανάπτυξη μεγάλων έργων: τις ειδικές μεταφορές. Πρόκειται για μεταφορές που ξεπερνούν τα συνηθισμένα όρια βάρους και διαστάσεων, και απαιτούν συνδυασμό τεχνικής ακρίβειας, κανονιστικής συμμόρφωσης και υψηλής τεχνολογίας. Μέσα από αυτή τη μελέτη, στόχος είναι να κατανοηθεί βαθύτερα πώς λειτουργεί αυτός ο κλάδος, ποιες είναι οι προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις και οι φορείς που δραστηριοποιούνται σε αυτόν, και κυρίως, πώς μπορούν να ενισχύσουν την ανθεκτικότητα και την ετοιμότητά τους απέναντι σε κρίσεις ή απρόβλεπτες καταστάσεις. Η εργασία φιλοδοξεί να προσφέρει όχι μόνο μια αναλυτική εικόνα του ισχύοντος θεσμικού και τεχνικού πλαισίου, αλλά και πρακτικές κατευθύνσεις που να ανταποκρίνονται στις σύγχρονες απαιτήσεις, από την τεχνολογική καινοτομία μέχρι την ανάγκη για αποτελεσματική διαχείριση ρίσκου και επιχειρησιακή συνέχεια.

#### 1.2 Μέθοδοι

Για να προσεγγιστεί με ουσιαστικό και πρακτικό τρόπο το θέμα των ειδικών μεταφορών και της ανθεκτικότητάς τους, η εργασία βασίστηκε κυρίως στη μελέτη υπαρχουσών πηγών. Εξετάστηκαν επίσημες ευρωπαϊκές και εθνικές νομοθεσίες, τεχνικά πρότυπα και σχετικοί κανονισμοί, ενώ έγινε αναζήτηση σε επιστημονικά άρθρα, μελέτες περίπτωσης και διπλωματικές εργασίες που φωτίζουν τις πτυχές της επιχειρησιακής συνέχειας και του τεχνολογικού εκσυγχρονισμού. Η μεθοδολογική προσέγγιση ήταν κυρίως ποιοτική και αναλυτική, με στόχο όχι απλώς να περιγράψει το υφιστάμενο πλαίσιο, αλλά να αναδείξει και τις προκλήσεις που βιώνουν καθημερινά οι επαγγελματίες του κλάδου. Εστιάζοντας σε πραγματικά δεδομένα και καλές πρακτικές, επιδιώχθηκε η σύνδεση της θεωρίας με τη λειτουργική πραγματικότητα, ώστε τα συμπεράσματα της εργασίας να είναι εφαρμόσιμα και χρήσιμα για όσους δραστηριοποιούνται ή ενδιαφέρονται για τον χώρο των ειδικών μεταφορών.

## 2. Θεσμικό Πλαίσιο στην Ευρωπαϊκή Ένωση

Η διαχείριση των ειδικών μεταφορών βαρέων και υπερμεγεθών φορτίων εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης καθορίζεται από ένα πλέγμα κανονισμών, οδηγιών και εθνικών νομοθεσιών, που στοχεύουν στην εναρμόνιση, ασφάλεια και αποδοτικότητα των οδικών μετακινήσεων. Το θεσμικό αυτό πλαίσιο είναι κρίσιμο τόσο για τη λειτουργικότητα της εσωτερικής αγοράς όσο και για την ανθεκτικότητα των διασυννοριακών logistics (European Commission, 2020· IRU, 2021).

Παρά τη γενική κατεύθυνση εναρμόνισης, παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στην εθνική εφαρμογή, ειδικά ως προς τις άδειες, τα όρια βάρους/διαστάσεων, τις τεχνικές απαιτήσεις και τις περιβαλλοντικές ρυθμίσεις (European Parliament, 2021· OECD/ITF, 2016). Αυτές οι διαφορές δημιουργούν προκλήσεις για τους μεταφορείς, ιδίως όταν εμπλέκονται σε πολυεθνικά έργα, όπως κατασκευές υποδομών ή ενεργειακές εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας (Mizrak, 2023· Andersson & Klinga, 2022).

Το θεσμικό πλαίσιο εξελίσσεται δυναμικά, με την εισαγωγή της ψηφιοποίησης, της τεχνητής νοημοσύνης, αλλά και περιβαλλοντικών απαιτήσεων, όπως περιορισμοί εκπομπών CO<sub>2</sub> ή χρήση ηλεκτρικών/υβριδικών οχημάτων (European Commission, 2022· Horizon Europe, 2023). Παράλληλα, έννοιες όπως η ανθεκτικότητα και η επιχειρησιακή συνέχεια, αποκτούν θεσμικό έρεισμα, μέσω κατευθυντήριων οδηγιών για την προετοιμασία και λειτουργία κρίσιμων υποδομών μεταφορών (ISO 22301:2019).

### 2.1 Τι προβλέπουν οι Ευρωπαϊκές Οδηγίες και Κανονισμοί

Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, οι μεταφορές – ειδικά όταν μιλάμε για βαρέα οχήματα και μεγάλα φορτία – δεν είναι κάτι που γίνεται, όπως τύχει. Υπάρχει ένα ολόκληρο νομικό πλαίσιο που ρυθμίζει με λεπτομέρεια το πώς, πότε και με ποιους όρους μπορούν να γίνονται τέτοιες μετακινήσεις.

Σκοπός; Να υπάρχει κοινός «κώδικας» για όλες τις χώρες της ΕΕ, έτσι ώστε:

- να προστατεύονται οι δρόμοι και οι υποδομές,

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

- να μειώνονται οι κίνδυνοι για την ασφάλεια,
- και φυσικά, να προστατεύεται το περιβάλλον.

Η Οδηγία 96/53/EK είναι το σημείο εκκίνησης. Ορίζει πόσο μεγάλα και βαριά μπορούν να είναι τα φορτηγά που κυκλοφορούν εντός ΕΕ – είτε κάνουν μεταφορές μέσα σε μία χώρα είτε διασχίζουν σύνορα.

Αυτή η οδηγία επικαιροποιήθηκε με την Οδηγία 2003/59/EK, η οποία εισάγει και την υποχρέωση για εκπαίδευση των επαγγελματιών οδηγών. Δηλαδή, οι οδηγοί δεν αρκεί να ξέρουν να οδηγούν – πρέπει να επιμορφώνονται διαρκώς, ώστε να είναι πιο ασφαλείς και πιο αποτελεσματικοί.

Πώς εφαρμόζονται αυτές οι οδηγίες.

Κάθε κράτος-μέλος της ΕΕ πρέπει να ενσωματώσει τις οδηγίες στο δικό του εθνικό δίκαιο. Δεν μπορεί να τις αγνοήσει. Έτσι διασφαλίζεται ότι το πλαίσιο λειτουργεί ενιαία σε όλη την Ευρώπη.

Άλλοι σημαντικοί κανονισμοί:

- Κανονισμός 2019/1242: Βάζει όρια στις εκπομπές CO<sub>2</sub> από βαρέα οχήματα. Είναι μέρος της προσπάθειας της ΕΕ για πιο «πράσινες» μεταφορές.
- Κανονισμός 1072/2009: Ρυθμίζει ποιος μπορεί να κάνει διεθνείς μεταφορές εμπορευμάτων και με ποιους όρους.
- Κανονισμός 165/2014: Εισάγει τον ψηφιακό ταχογράφο – μια συσκευή που καταγράφει τις ώρες οδήγησης και ξεκούρασης, για λόγους ασφαλείας.
- Κανονισμός 561/2006: Καθορίζει ακριβώς πόσες ώρες επιτρέπεται να οδηγά ένας επαγγελματίας και τότε πρέπει να κάνει διαλείμματα.
- Κανονισμός 882/2004: Ασχολείται με τεχνικούς ελέγχους στους δρόμους, ώστε τα οχήματα να πληρούν τα πρότυπα ασφαλείας.

Όταν τα φορτία είναι πολύ ογκώδη για υπερμεγέθη, σε αυτές τις περιπτώσεις, πολλές φορές εφαρμόζονται και εθνικοί κανονισμοί. Όμως η ΕΕ προσπαθεί να φέρει μια ενιαία γραμμή και σε αυτό το πεδίο, μέσα από κοινές τεχνικές προδιαγραφές.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Η πρωτοβουλία eFTI (Electronic Freight Transport Information) είναι μια σύγχρονη προσπάθεια για να γίνουν όλα τα έγγραφα και τα δεδομένα που χρειάζονται οι μεταφορές ψηφιακά. Αυτό μειώνει τη γραφειοκρατία και κάνει τους ελέγχους πιο εύκολους και γρήγορους.

Συμπερασματικά, η ΕΕ δεν αφήνει τις μεταφορές βαρέων οχημάτων στην τύχη τους. Έχει φτιάξει ένα σύστημα κανόνων που αφορά όλες τις χώρες – με στόχο όχι μόνο τη σωστή λειτουργία της αγοράς, αλλά και την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης ζωής.

## 2.2 Εφαρμογή του Θεσμικού Πλαισίου στα Κράτη – Μέλη της Ε.Ε

Παρόλο που το θεσμικό πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης καλύπτει μια ενιαία βάση κανόνων μέσω κανονισμών και οδηγιών, τα κράτη-μέλη παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφοροποιήσεις στην εφαρμογή του, γεγονός που οφείλεται στις εθνικές ιδιαιτερότητες, την υποδομή, και τις τεχνολογικές δυνατότητες κάθε χώρας (European Commission, 2020). Οι βασικές διαφοροποιήσεις εντοπίζονται κυρίως στα εξής πεδία:

### 2.2.1 Διαδικασίες Αδειοδότησης:

Η πλειοψηφία των κρατών-μελών απαιτεί προέγκριση για οποιαδήποτε ειδική μεταφορά που υπερβαίνει τα προβλεπόμενα όρια διαστάσεων ή βάρους. Κάποιες χώρες, όπως η Γερμανία και η Ολλανδία, έχουν αναπτύξει συστήματα όπως ψηφιακές πλατφόρμες για την υποβολή αιτήσεων (π.χ. το VEMAGS στη Γερμανία), οι οποίες ελαττώνουν σημαντικά τον χρόνο επεξεργασίας (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, 2021). Σε άλλες χώρες, η διαδικασία παραμένει παραδοσιακή και γραφειοκρατική, με φυσική υποβολή εγγράφων και μεγαλύτερους χρόνους ανταπόκρισης.

### 2.2.2 Επιτρεπτά Βάρη και Διαστάσεις:

Αν και η Οδηγία 96/53/EK προσδιορίζει τα γενικά όρια, τα κράτη-μέλη έχουν τη δυνατότητα να επιτρέπουν μεγαλύτερα φορτία/διαστάσεις υπό ειδικές συνθήκες. Για

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

παράδειγμα, το Βέλγιο και η Ολλανδία επιτρέπουν τη χρήση μεγάλων ρυμουλκούμενων οχημάτων αλλά υπό όρους, ενώ η Δανία εφαρμόζει ειδικά καθεστώτα για πολυμορφικούς συνδυασμούς οχημάτων. Ορισμένα κράτη ενσωματώνουν εθνικές εξαιρέσεις για στρατηγικά έργα υποδομής όπως μεταφορές για την αιολική ενέργεια.

### 2.2.3 Συνοδευτικά Μέτρα

Στις περισσότερες χώρες, κρίνεται αναγκαία η χρήση συνοδευτικού οχήματος: σε χώρες όπως η Γαλλία, η αστυνομική συνοδεία είναι υποχρεωτική για μεγάλες μεταφορές, ενώ στη Γερμανία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ιδιωτική συνοδεία υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις. Επιπλέον, η χρήση ειδικών συστημάτων προειδοποίησης (π.χ. φώτα, πινακίδες) καθορίζεται σε εθνικό επίπεδο, με συγκεκριμένες χώρες να απαιτούν ακόμα και προσωπικό συνοδών σε κρίσιμα σημεία της διαδρομής.

### 2.2.4 Τεχνικά Πρότυπα & Υποδομές:

Οι εθνικές διαφορές δεν αφορούν μόνο τις διαδικασίες, αλλά και τις τεχνικές υποδομές: Η Γερμανία και η Γαλλία έχουν εκτενείς βάσεις δεδομένων γεφυρών και δρόμων, με πληροφορίες για αντοχές και περιορισμούς, που χρησιμοποιούνται στον σχεδιασμό διαδρομών των ειδικών μεταφορών (Schramm & Prockl, 2019). Σκανδιναβικές χώρες όπως η Σουηδία δίνουν έμφαση στη συντήρηση της υποδομής και απαιτούν συχνά προκαταρκτικές μελέτες για να εξασφαλίσουν ότι η διαδρομή είναι κατάλληλη (Swedish Transport Agency, 2019).

### 2.2.5 Περιβαλλοντικοί Περιορισμοί:

Οι χώρες του Βορρά (π.χ. Ολλανδία, Δανία) δίνουν ιδιαίτερη σημασία σε περιβαλλοντικά ζητήματα, περιορίζοντας τις ειδικές μεταφορές σε περιόδους αιχμής ή σε ευαίσθητες περιβαλλοντικές περιοχές «Natura 2000» (European Environment Agency, 2020). Πολλές χώρες εφαρμόζουν πλέον «πράσινα τέλη» για βαρέα φορτία, τα οποία κλιμακώνονται ανάλογα με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του οχήματος. Ενώ το θεσμικό πλαίσιο της

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Ευρωπαϊκής Ένωσης αποτελεί μια ενιαία βάση κανονισμών και οδηγιών, η εφαρμογή του και οι εθνικές προσαρμογές διαφοροποιούνται σημαντικά μεταξύ των χωρών. Οι βασικές διαφορές αυτές αφορούν κυρίως τα παρακάτω:

- ο Τις διαδικασίες αδειδότησης
- ο Τα επιτρεπτά βάρη και διαστάσεις,
- ο Τα συνοδευτικά μέτρα (π.χ. συνοδείες),
- ο Τεχνικά Πρότυπα.

Συμπερασματικά, η ανάλυση καταδεικνύει ότι η εφαρμογή του ενιαίου ευρωπαϊκού θεσμικού πλαισίου ποικίλλει αισθητά μεταξύ των κρατών-μελών, ανάλογα με την τεχνολογική υποδομή και τις εθνικές πολιτικές. Υπάρχει εμφανής ανάγκη για περαιτέρω εναρμόνιση και προώθηση της ψηφιοποίησης για τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ασφάλειας στις ειδικές μεταφορές.

### 2.3 Διασυνοριακές μεταφορές: απαιτήσεις και διαδικασίες

Οι ειδικές μεταφορές βαρέων φορτίων εκτός συνόρων αποτελούν έναν ιδιαίτερα πολύπλοκο τομέα στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Αν και η Ε.Ε. έχει υιοθετήσει μια σειρά κανονισμών και οδηγιών για την ελεύθερη κυκλοφορία των εμπορευμάτων, οι ειδικές μεταφορές αντιμετωπίζουν επιπλέον ρυθμιστικές και τεχνικές προκλήσεις (European Commission, 2020).

#### 2.3.1 Απαιτήσεις Αδειδότησης

Οι εταιρείες που πραγματοποιούν διεθνείς ειδικές μεταφορές υποχρεούνται να αποκτήσουν άδειες διέλευσης από κάθε κράτος-μέλος μέσω του οποίου διέρχεται το όχημα (European Union, 1996). Δεν υπάρχει ακόμη ένα ενιαίο πανευρωπαϊκό σύστημα αδειοδότησης· κάθε χώρα εφαρμόζει τη δική της διαδικασία, ακόμη κι αν ακολουθεί την Οδηγία 96/53/EK.

- Αναλυτική περιγραφή φορτίου και οχήματος
- Ακριβής διαδρομή και χρονικό πλαίσιο

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

- Βεβαίωση ότι τηρούνται τα όρια διαστάσεων και βαρών (ή ότι εγκρίνεται εξαίρεση)
- Πιστοποίηση για την τεχνική κατάσταση του οχήματος και τους επαγγελματίες οδηγούς (Directive 2003/59/EC).

### 2.3.2 Θέματα Συντονισμού

Η έλλειψη διαλειτουργικότητας είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα:

Σε περιπτώσεις που το φορτίο μπορεί να είναι αποδεκτό στη χώρα προέλευσης, θα πρέπει να τηρεί ξεχωριστούς κανονισμούς στη χώρα διέλευσης ή στον τελικό προορισμό (Schramm & Prockl, 2019). Οι διαφοροποιημένες απαιτήσεις συνοδείας και ασφάλειας όπως οι συνοδείες αυτοκινήτων και η σήμανση, επιβαρύνουν σημαντικά τον προγραμματισμό και το κόστος (IRU, 2021).

### 2.3.3 Έλεγχοι και Ασφάλεια

Οι ειδικές μεταφορές υπόκεινται σε συστηματικούς ελέγχους κατά τη διάρκεια της διαδρομής, για να επιβεβαιώνεται η συμμόρφωση με τις άδειες, το βάρος, και η κατάσταση του εξοπλισμού (European Commission, 2018).

Οι ψηφιακοί ταχογράφοι και τα συστήματα GPS/telematics είναι ευρείας χρήσης για να παρακολουθούνται σε πραγματικό χρόνο οι ειδικές μεταφορές (Regulation EU 165/2014).

### 2.3.4 Τελωνειακά & Τεχνικά Θέματα

Πράγματι εντός της Ε.Ε. δεν υπάρχουν τελωνειακοί δασμοί, κάποια ειδικά φορτία ενδέχεται να απαιτούν τεχνικούς ελέγχους σε ειδικά σημεία.

Σε περιπτώσεις όπου τρίτες χώρες λαμβάνουν μέρος στην μεταφορά, εφαρμόζονται πρόσθετες τελωνειακές διατυπώσεις (European Commission, 2020).

### 2.3.5 Προβλήματα & Τρέχουσες Πρωτοβουλίες

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Τα βασικά προβλήματα που αφορούν τις διασυνοριακές μεταφορές είναι:

- Η γραφειοκρατική διαδικασία (IRU, 2021)
- Η ανομοιογένεια μεταξύ των κρατών-μελών σε όλα τα επίπεδα
- Χρονοκαθυστερήσεις των έργων λόγω διαφορετικών απαιτήσεων συνοδείας/ελέγχων

Η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί έντονα την πρωτοβουλία eFTI (Electronic Freight Transport Information), η οποία έχει ως στόχο την ψηφιοποίηση της διακίνησης των πληροφοριών μεταφοράς και την βέλτιστη διαλειτουργικότητα μεταξύ των κρατών. Επιπρόσθετα, μέσω της Πράσινης Συμφωνίας, δημιουργούνται νέες προκλήσεις, εφόσον οι διασυνοριακές μεταφορές θα πρέπει να πληρούν αυστηρότερα περιβαλλοντικά πρότυπα μελλοντικά (European Parliament, 2021).

Λόγω της πολυπλοκότητας και της έλλειψης εναρμονισμένων διαδικασιών, οι διασυνοριακές μεταφορές βαρέων φορτίων παραμένουν μια πρόκληση. Παρότι η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει κάνει μεγάλα βήματα για τη διευκόλυνση αυτών των μεταφορών, η πλήρης εναρμόνιση και η μείωση της γραφειοκρατίας αποτελούν στόχους για το μέλλον.

### 2.4 Τάσεις και μελλοντικές εξελίξεις

Η Ευρωπαϊκή Ένωση γνωστοποιεί τη σημασία των ειδικών μεταφορών βαρέων φορτίων για την οικονομία και προσπαθεί για τη συνεχή βελτίωση του θεσμικού και τεχνικού πλαισίου. Οι κύριοι άξονες που αφορούν τις τρέχουσες τάσεις και οι μελλοντικές εξελίξεις είναι οι εξής:

#### 2.4.1 Ψηφιοποίηση και Αυτοματισμός

Η έντονη τάση για ψηφιοποίηση έχει ήδη αρχίσει με πρωτοβουλίες όπως η eFTI (Electronic Freight Transport Information), η οποία θέτει στόχο την πλήρη ηλεκτρονική ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ επιχειρήσεων και Αρχών (European Commission, 2022).

- Δημιουργία νέας ενιαίας ευρωπαϊκής πλατφόρμας για την έκδοση των αδειών των ειδικών μεταφορών.
- Υιοθέτηση της blockchain τεχνολογίας για ασφαλείς και αδιάβλητες διαδικασίες (IRU, 2021).

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

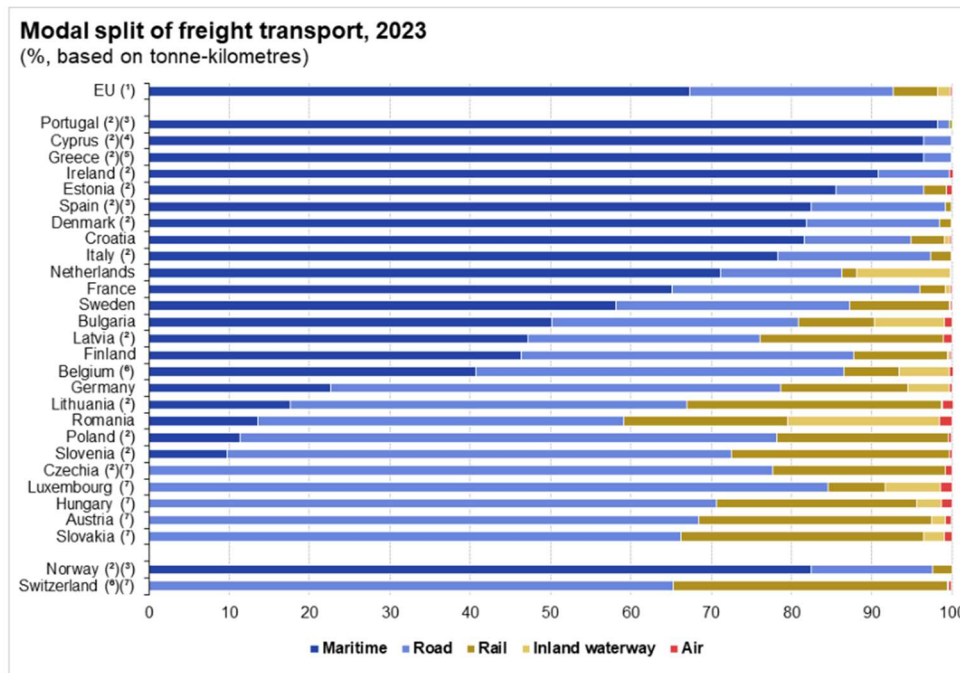
- Εφαρμογές εντοπισμού σε πραγματικό χρόνο, όπου θα προσφέρουν πλήρη διαφάνεια στη διαδικασία μεταφοράς (Schramm & Prockl, 2019).

### 2.4.2 Εναρμόνιση Διαδικασιών & Κανονισμών

Ένα άλλο σημαντικό πεδίο δράσης είναι η προσπάθεια για ομογενοποίηση των εθνικών διαδικασιών:

- Η Ευρωπαϊκή Ένωση σχεδιάζει προτάσεις για τυποποίηση συνοδευτών, σήμανσης και διαδικασιών ελέγχου (European Parliament, 2021).
- Στόχος είναι η εξομάλυνση των διαφορετικών απαιτήσεων που προκαλούν καθυστερήσεις στις διασυνοριακές μεταφορές στην τελική παράδοση του έργου.

Διάγραμμα 2.4.2.α Κατανομή κατά μεταφορικό μέσο στις εμπορευματικές μεταφορές



Πηγή: Eurostat, ([tran\\_hv\\_ms\\_firmod](#))

### 2.4.3 Πράσινη Μετάβαση

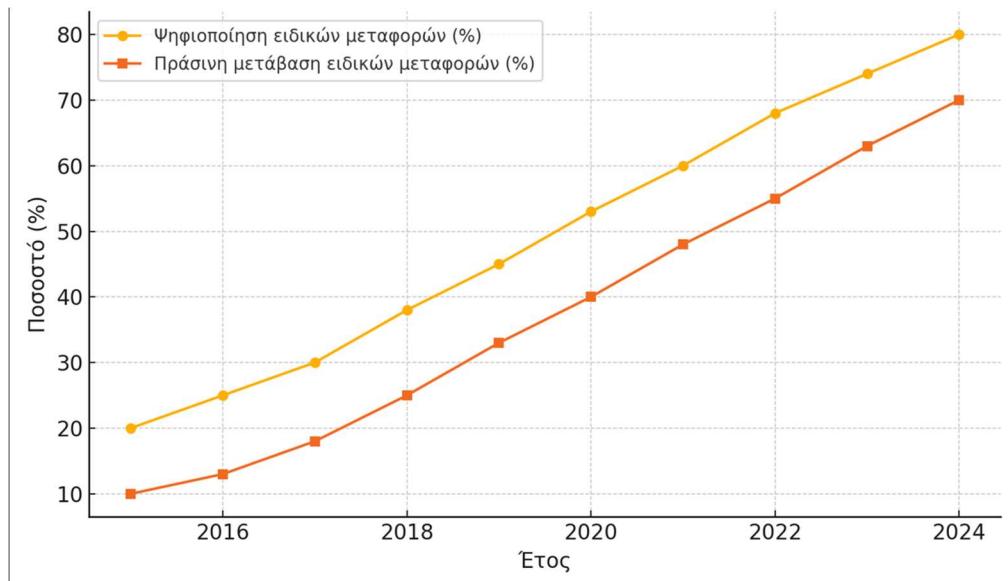
Η εφαρμογή της European Green Deal θέτει σημαντικές αλλαγές στον τομέα:

- Τα βαρέα οχήματα κλήθηκαν να μειώσουν τις εκπομπές CO<sub>2</sub> βάσει του Κανονισμού (ΕΕ) 2019/1242.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

- Έντονη προώθηση της χρήσης εναλλακτικών καυσίμων (υδρογόνο, ηλεκτρικά φορτηγά) ακόμα και στις ειδικές μεταφορές.
- Εξετάζονται κίνητρα για μεταφορές με μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα (European Environment Agency, 2020).

Διάγραμμα 2.4.3.α Τάσεις Ψηφιοποίησης και Πράσινης Μετάβασης στις Ειδικές Μεταφορές



Πηγή: Εκτίμηση συγγραφέα με βάση δεδομένα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (European Commission, 2022) και της IRU (2021). Τα στοιχεία είναι ενδεικτικά και χρησιμοποιούνται για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

### 2.4.4 Τεχνολογικές Καινοτομίες

- Ανάπτυξη αυτόνομων ή ημι-αυτόνομων βαρέων οχημάτων.
- Χρήση έξυπνων αισθητήρων (smart sensors) για ανίχνευση καταστάσεων φορτίου και υποδομής σε πραγματικό χρόνο.
- Εφαρμογές AI και Big Data για την βελτιστοποίηση των διαδρομών και τη διαχείριση κινδύνων (European Commission, 2021).

### 2.5 Σύγχρονο Ρυθμιστικό Πλαίσιο για την Ανθεκτικότητα Κρίσιμων Υποδομών

Η τρέχουσα ραγδαία αύξηση των ψηφιακών εξαρτήσεων, οι διασυνδεδεμένες εφοδιαστικές αλυσίδες και οι νέες μορφές απειλών (κυβερνοεπιθέσεις, φυσικές καταστροφές, γεωπολιτικές κρίσεις) έχουν εδραιώσει την ανθεκτικότητα των κρίσιμων υποδομών ως βασική προτεραιότητα της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Στην κατεύθυνση αυτή, η Ε.Ε. υιοθέτησε ή αναθεώρησε κανονιστικά εργαλεία που επηρεάζουν άμεσα και τον τομέα των ειδικών μεταφορών, ιδίως όταν αυτός διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο σε έργα εθνικής σημασίας, στρατηγικής εφοδιαστικής ή διασυννοριακών αποστολών. Οι τρεις βασικότερες πρωτοβουλίες της Ε.Ε είναι α) η Οδηγία για την Ανθεκτικότητα Κρίσιμων Οντοτήτων (CER Directive), β) η Οδηγία για την Ασφάλεια Δικτύων και Πληροφοριών (NIS2 Directive) και ο υπό διαμόρφωση γ) Κανονισμός για την Κυβερνοανθεκτικότητα (Cyber Resilience Act – CRA). Οι τρεις αυτές ρυθμίσεις αποτελούν τον προάγγελο για την ενσωμάτωση των υποχρεώσεων για τη διασφάλιση επιχειρησιακής συνέχειας, φυσικής και ψηφιακής ασφάλειας, καθώς και προδιαγραφές για ασφαλή τεχνολογικά προϊόντα και υποδομές, επηρεάζοντας άμεσα τη λειτουργία και συμμόρφωση των επιχειρήσεων των ειδικών μεταφορών.

#### 2.5.1 Οδηγία για την Ανθεκτικότητα Κρίσιμων Οντοτήτων ( CER Directive)

Η Οδηγία (ΕΕ) 2022/2557 για την ανθεκτικότητα κρίσιμων οντοτήτων (Critical Entities Resilience Directive - CER Directive) αντικαθιστά την προηγούμενη οδηγία για τις κρίσιμες υποδομές (ECI) και διευρύνει το φάσμα των τομέων στους οποίους εφαρμόζεται, περιλαμβάνοντας πλέον και τον τομέα των μεταφορών. Επιβάλλει σε οργανισμούς που αναγνωρίζονται ως "κρίσιμες οντότητες" να υιοθετούν μέτρα ανθεκτικότητας, όπως αναλύσεις ρίσκου, σχέδια επιχειρησιακής συνέχειας και διαδικασίες αντιμετώπισης κρίσεων (European Commission, 2022). Ειδικά για τις ειδικές μεταφορές, η εφαρμογή της CER ενισχύει τη σημασία της διατήρησης λειτουργικότητας σε συνθήκες έκτακτης ανάγκης, είτε λόγω φυσικών καταστροφών είτε τεχνικών αποτυχιών.

### 2.5.2 Κανονισμός για την Κυβερνοανθεκτικότητα (Cyber Resilience Act - CRA)

Ο Κανονισμός για την Κυβερνοανθεκτικότητα (Cyber Resilience Act – CRA), πρόταση του 2022 (Πρόταση Κανονισμού 2022/0272), εισάγει για πρώτη φορά ενιαίες απαιτήσεις κυβερνοασφάλειας για ψηφιακά προϊόντα και λογισμικό που χρησιμοποιούνται στην Ε.Ε. Οι πάροχοι εξοπλισμού, αισθητήρων, τηλεματικών ή ελέγχου στόλου σε μεταφορές θα υποχρεούνται να διασφαλίζουν ασφαλές υλικό και λογισμικό ενσωματωμένης ασφάλειας, λειτουργικότητας και ανθεκτικότητας εκ κατασκευής επηρεάζοντας άμεσα τον εξοπλισμό που χρησιμοποιείται στις ειδικές μεταφορές (ENISA, 2023). Οι απαιτήσεις περιλαμβάνουν αξιολόγηση ευπαθειών, ενημερώσεις ασφαλείας και παρακολούθηση απειλών, στοιχεία κρίσιμα για τον κλάδο.

### 2.5.3 Οδηγία για την Ασφάλεια Δικτύων και Πληροφοριών (NIS2 – Network and Information Security)

Η NIS2 Directive (Οδηγία (ΕΕ) 2022/2555) αποτελεί την αναθεώρηση της αρχικής οδηγίας NIS και θέτει αυστηρότερες απαιτήσεις για την κυβερνοασφάλεια κρίσιμων και σημαντικών φορέων, όπως οι πάροχοι μεταφορών. Η οδηγία καλύπτει και τους τομείς των εταιρειών διαχείρισης εφοδιαστικής και των μεταφορών, απαιτώντας μέτρα για την αποτροπή, ανίχνευση και απόκριση σε κυβερνοαπειλές (Björck et al., 2015). Επιπλέον, απαιτείται άμεση γνωστοποίηση περιστατικών, σχέδια αποκατάστασης και διοικητική εποπτεία συμμόρφωσης. Οι ειδικές μεταφορές, εφόσον παρέχουν κρίσιμη υποστήριξη σε υποδομές ή δημόσια έργα, υπόκεινται σε αυτές τις υποχρεώσεις.

Αυτές οι τρεις ρυθμίσεις αποτυπώνουν μια ξεκάθαρη αλλαγή πορείας της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που στρέφεται προς μια πιο ολιστική και ενιαία αντίληψη για την ασφάλεια, τη διασφάλιση της επιχειρησιακής συνέχειας και την τεχνολογική ετοιμότητα. Για τον τομέα των ειδικών μεταφορών, η προσαρμογή σε αυτά τα πρότυπα δεν είναι απλώς θέμα νομικής συμμόρφωσης. Αντίθετα, λειτουργεί ως πολύτιμο εργαλείο που ενισχύει τη διαφοροποίηση των επιχειρήσεων, ενδυναμώνει την ανταγωνιστική τους θέση και τις εξοπλίζει με τα

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

εφόδια για να παραμείνουν ανθεκτικές σε έναν κόσμο γεμάτο μεταβολές και προκλήσεις (Duchek, 2020· IRU, 2022).

Παρακάτω, εκπονήθηκε για τις ανάγκες της βέλτιστης κατανόησης των οδηγιών της ΕΕ, ένας συγκριτικός πίνακας των θεσμικών αυτών πλαισίων.

Πίνακας 2.5.α - Συγκριτικός πίνακας CER,CRA,NIS2

| Νομοθεσία | Πεδίο Εφαρμογής                                                              | Υποχρεώσεις                                                         | Αρμόδιοι Φορείς                        |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| CER       | Ανθεκτικότητα κρίσιμων οντοτήτων (π.χ. μεταφορές, ενέργεια, υγεία)           | Αξιολόγηση κινδύνων, σχέδια ανθεκτικότητας, εκπαίδευση προσωπικού   | Εθνικές αρχές ανθεκτικότητας κρίσιμων  |
| CRA       | Κυβερνοανθεκτικότητα προϊόντων με ψηφιακά στοιχεία                           | Αναβαθμίσεις ασφάλειας, τεχνική τεκμηρίωση, συμμόρφωση              | Ευρωπαϊκή Επιτροπή και ENISA           |
| NIS2      | Ασφάλεια δικτύων και πληροφοριακών συστημάτων κρίσιμων και σημαντικών φορέων | Καταγραφή περιστατικών, μέτρα πρόληψης, συνεργασία με εθνικές αρχές | Εθνικές αρχές κυβερνοασφάλειας, CSIRTs |

Πηγή: Ιδία επεξεργασία

### 2.6 Σύνδεση Ευρωπαϊκού Θεσμικού Πλαισίου με Διεθνή Πρότυπα ISO

Η ενίσχυση της ανθεκτικότητας των κρίσιμων υποδομών στην Ευρωπαϊκή Ένωση, όπως προωθείται μέσω των NIS2, CER και CRA, δεν μπορεί να επιτευχθεί χωρίς την πρακτική εφαρμογή διεθνώς αποδεκτών προτύπων όπως εκείνα της οικογένειας ISO. Οι ρυθμίσεις αυτές δεν περιορίζονται σε γενικές κατευθύνσεις, αλλά απαιτούν συγκεκριμένες ενέργειες, τόσο σε επίπεδο τεχνολογίας όσο και οργανωτικής δομής. Μέσα από αυτό το πρίσμα, τα πρότυπα ISO δεν είναι απλώς κατευθυντήριες γραμμές, αλλά πολύτιμα εργαλεία για την υλοποίηση και τεκμηρίωση της συμμόρφωσης.

Συγκεκριμένα, το ISO 22301 και το ISO 22316 προσφέρουν το απαραίτητο πλαίσιο για την επιχειρησιακή συνέχεια και την οργανωσιακή ανθεκτικότητα, όπως ακριβώς απαιτείται από τον Κανονισμό CER. Παράλληλα, η Οδηγία NIS2 για την κυβερνοασφάλεια εναρμονίζεται με το ISO 27001 και το ISO/SAE 21434, εστιάζοντας στην ασφάλεια πληροφοριών και συστημάτων, ιδιαίτερα στον τομέα των ειδικών μεταφορών. Ο Κανονισμός CRA συμπληρώνει το πλέγμα αυτό, προωθώντας την εφαρμογή ασφαλούς σχεδιασμού σε λογισμικό και υλικό, με αναφορές στα πρότυπα ISO 31000 για τη διαχείριση κινδύνου και ISO 22320 για την απόκριση σε συμβάντα.

Για τον κλάδο των ειδικών μεταφορών, αυτά τα πρότυπα δεν αποτελούν απλώς συμβουλευτικά εργαλεία, αλλά κρίσιμες προϋποθέσεις για την προσαρμογή στις αυξανόμενες απαιτήσεις ασφάλειας, τη διαχείριση κρίσεων και τη διαλειτουργικότητα σε ένα περιβάλλον που συνεχώς εξελίσσεται και απειλείται από φυσικές, τεχνολογικές και υβριδικές απειλές (Björck et al., 2015, Linkov et al., 2013, Duchek, 2020).

#### 2.6.1 ISO 27001:2022 – Σύστημα Διαχείρισης Ασφάλειας Πληροφοριών (ISMS)

Το πρότυπο ISO 27001 παρέχει ένα πλαίσιο για την προστασία ευαίσθητων πληροφοριών μέσω της διαχείρισης κινδύνων, της διαχείρισης περιστατικών και της συνεχούς βελτίωσης. Είναι ιδιαίτερα σχετικό με τις ειδικές μεταφορές, όπου η προστασία δεδομένων και η ασφάλεια των πληροφοριακών συστημάτων είναι κρίσιμες.

### 2.6.2 ISO 22301:2019 – Σύστημα Διαχείρισης Επιχειρησιακής Συνέχειας (BCMS)

Το ISO 22301 καθορίζει τις απαιτήσεις για την ανάπτυξη και τη διατήρηση ενός συστήματος διαχείρισης επιχειρησιακής συνέχειας. Είναι θεμελιώδες για την ανθεκτικότητα των κρίσιμων υποδομών, διασφαλίζοντας την ικανότητα των οργανισμών να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά σε διαταραχές.

### 2.6.3 ISO 31000:2018 – Διαχείριση Κινδύνων

Το ISO 31000 παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση κινδύνων, ενισχύοντας την ικανότητα των οργανισμών να εντοπίζουν, να αναλύουν και να αντιμετωπίζουν κινδύνους. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των κρίσιμων υποδομών.

### 2.6.4 ISO/SAE 21434:2021 – Μηχανική Κυβερνοασφάλειας Οχημάτων

Αυτό το πρότυπο καθορίζει τις απαιτήσεις για τη διαχείριση κινδύνων κυβερνοασφάλειας σε οχήματα, καλύπτοντας όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής τους. Είναι ιδιαίτερα σχετικό με τις ειδικές μεταφορές, όπου η ασφάλεια των οχημάτων είναι κρίσιμη.

### 2.6.5 ISO 22320:2018 – Διαχείριση Περιστατικών Έκτακτης Ανάγκης

Το ISO 22320 παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση περιστατικών έκτακτης ανάγκης, ενισχύοντας την ικανότητα των οργανισμών να ανταποκρίνονται αποτελεσματικά σε κρίσεις. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας των κρίσιμων υποδομών.

### 2.6.6 ISO 22316:2017 – Οργανωσιακή Ανθεκτικότητα

Το ISO 22316 παρέχει αρχές και χαρακτηριστικά για την ενίσχυση της οργανωσιακής ανθεκτικότητας, βοηθώντας τους οργανισμούς να προσαρμόζονται και να ανταποκρίνονται σε διαταραχές. Είναι ιδιαίτερα σχετικό με τις κρίσιμες υποδομές, όπου η ανθεκτικότητα είναι ζωτικής σημασίας.

### 2.6.7 ISO 28000:2007 – Διαχείριση Ασφάλειας Εφοδιαστικής Αλυσίδας

Το ISO 28000 καθορίζει τις απαιτήσεις για ένα σύστημα διαχείρισης ασφάλειας στην εφοδιαστική αλυσίδα, ενισχύοντας την ασφάλεια των διαδικασιών μεταφοράς και διανομής. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμο για τις ειδικές μεταφορές, όπου η ασφάλεια της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι κρίσιμη.

### 2.6.8 ISO 39001:2012 – Διαχείριση Οδικής Κυκλοφορίας

Το ISO 39001 παρέχει ένα πλαίσιο για τη βελτίωση της οδικής ασφάλειας, μειώνοντας τον αριθμό των θανάτων και των σοβαρών τραυματισμών από τροχαία ατυχήματα. Είναι ιδιαίτερα σχετικό με τις ειδικές μεταφορές, όπου η οδική ασφάλεια είναι κρίσιμη.

### 3 Θεσμικό Πλαίσιο στην Ελλάδα

Η Ελλάδα, ως κράτος-μέλος της Ευρωπαϊκής Ένωσης, έχει εναρμονίσει τη νομοθεσία της με τις βασικές οδηγίες και κανονισμούς της Ε.Ε. σχετικά με τις ειδικές μεταφορές βαρέων φορτίων. Ωστόσο, έχουν παισιωθεί και εθνικές διατάξεις που ρυθμίζουν πιο ειδικά τις διαδικασίες αδειοδότησης, τα τεχνικά χαρακτηριστικά και τα συνοδευτικά μέτρα.

#### 3.1 Ισχύουσα Νομοθεσία για Ειδικές Μεταφορές στην Ελλάδα

Όσον αφορά την έννοια των ειδικών μεταφορών, το θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα, περιλαμβάνει οποιαδήποτε μεταφορά που υπερβαίνει τα καθορισμένα όρια βάρους, διαστάσεων πλάτους και ύψους ή μπορεί να φέρει κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά επικυνδυνότητας που χρήζουν ειδικών απαιτήσεων. Η θεσμική βάση που παισιώνει τον συγκεκριμένο τύπο μεταφορών είναι πολυδιάστατη και απαρτίζεται από πολλά επίπεδα. Ο εκάστοτε κώδικας κυκλοφορίας που ορίζει τη μεταφορά υπέρβαρων φορτίων, ρυθμίζεται αυστηρά στην Ελλάδα, καθώς εμπλέκονται ζητήματα οδικής ασφάλειας, δομικής αντοχής τεχνικών υποδομών όπως γέφυρες και οδοστρώματα και κυκλοφοριακής διαχείρισης.

##### 3.1.1 Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας (ΚΟΚ)

Οι υπέρβαρες και υπερμεγέθεις μεταφορές φορτίων, ρυθμίζονται σε εγχώριο πλαίσιο κυρίως με τον Νόμο 2696/1999 (Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας – ΚΟΚ). Σύμφωνα με το άρθρο 53 ορίζονται τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια μεικτού βάρους, μήκους, πλάτους και ύψους του οχήματος. Στην προκειμένη περίπτωση, καθορίζονται στα 40-44 τόνους μεικτού βάρους ανάλογα τον τύπο του οχήματος και τον αριθμό των αξόνων του, το μήκος δεν μπορεί να υπερβαίνει τα 16,5 μέτρα και το πλάτος τα 2,55 μέτρα. Οποιαδήποτε υπέρβαση των ως άνω ορίων, κατατάσσει την μεταφορά ως ειδική και χρίζει ειδικού καθεστώτος αδειοδότησης και εποπτείας.

### 3.1.2 Υπουργικές Αποφάσεις

Η Υπουργική Απόφαση Δ30/Β/2483/2006 αποτελεί το βασικό θεσμικό εργαλείο στην Ελλάδα που καθορίζει λεπτομερώς τη διαδικασία αδειοδότησης για την κυκλοφορία υπέρβαρων και υπερμεγεθών φορτίων. Σύμφωνα με την απόφαση αυτή, κάθε ενδιαφερόμενος φορέας μεταφοράς οφείλει να υποβάλει έναν πλήρη φάκελο, στον οποίο περιλαμβάνεται αναλυτική τεχνική περιγραφή του οχήματος και του μεταφερόμενου φορτίου, καθώς και ακριβής αποτύπωση της διαδρομής που πρόκειται να ακολουθηθεί. Επιπρόσθετα, απαιτείται η υποβολή μελέτης επάρκειας και στατικότητας των υποδομών που θα χρησιμοποιηθούν, όπως γέφυρες, οδοστρώματα, σήραγγες και λοιπά τεχνικά έργα. Η μελέτη αυτή έχει στόχο να διασφαλίσει την ασφαλή διέλευση του φορτίου, περιορίζοντας την πιθανότητα φθοράς ή ατυχήματος, και λειτουργεί ως εγγύηση ότι η δημόσια ασφάλεια και η ανθεκτικότητα των υποδομών δεν τίθενται σε κίνδυνο. Παράλληλα, σημαντικό νομικό υπόβαθρο παρέχουν και άλλα κανονιστικά κείμενα, όπως το Προεδρικό Διάταγμα 77/1998 (ΦΕΚ 71Α/07-04-1998), που ρυθμίζει ζητήματα σχετιζόμενα με την έκδοση αδειών κυκλοφορίας ειδικών οχημάτων, καθώς και το ΠΔ 1161/1977, το οποίο περιλαμβάνει ρυθμίσεις που αφορούν τη σήμανση, τη συνοδεία και την αστυνόμευση κατά τη διάρκεια μεταφορών βαρέων φορτίων σε εθνικές και επαρχιακές οδούς. Η συνδυαστική εφαρμογή των παραπάνω διατάξεων αντικατοπτρίζει το επίπεδο πολυπλοκότητας που χαρακτηρίζει τις ειδικές μεταφορές, επισημαίνοντας την ανάγκη για αυστηρή τήρηση διαδικασιών και έγκαιρη διασύνδεση των εμπλεκόμενων αρχών. Το νομικό αυτό πλέγμα ενισχύει την οργανωμένη προσέγγιση στις υπερμεγέθεις μεταφορές και συμβάλλει στην ελαχιστοποίηση των κινδύνων σε τεχνικό, περιβαλλοντικό και κοινωνικό επίπεδο.

### 3.1.3 Εναρμόνιση με Ε.Ε.

Οδηγίες όπως η 96/53/ΕΚ και η 2003/59/ΕΚ έχουν ενσωματωθεί μέσω σχετικών ΥΑ και ΠΔ (Προεδρικά Διατάγματα). Παρόλο που έχουν ενσωματωθεί οι ευρωπαϊκές οδηγίες, πολλές φορές η εφαρμογή τους παρουσιάζει κενά ή καθυστερήσεις λόγω της πολυπλοκότητας των διαδικασιών (ΥΜΕ, 2021).

### 3.2 Αδειοδοτήσεις και Διαδικασίες

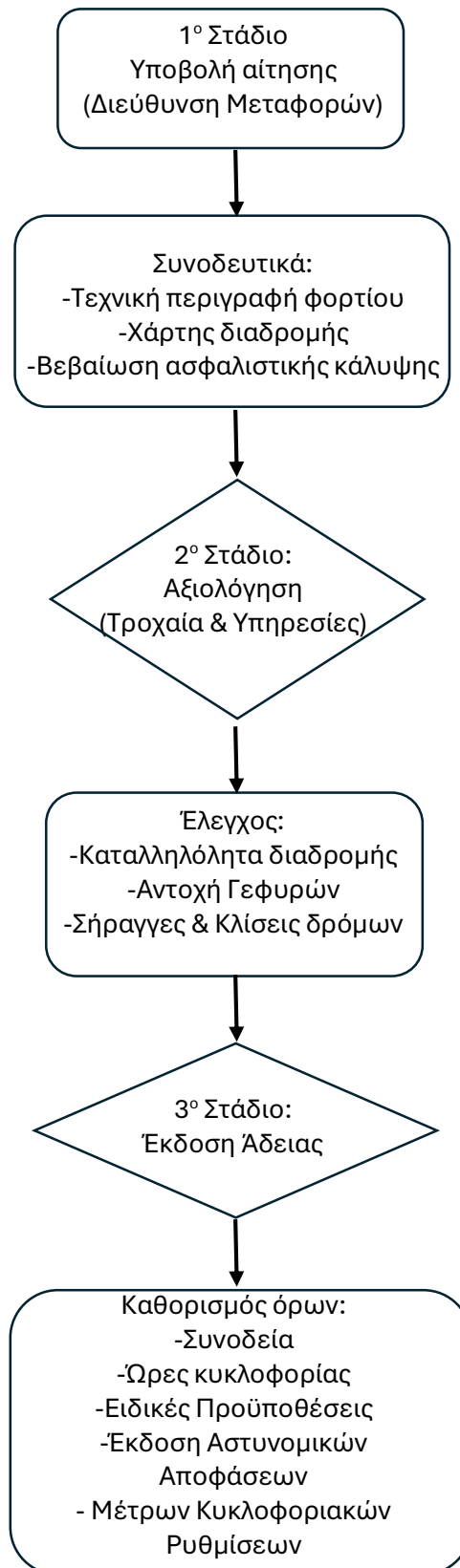
Στην Ελλάδα, η διαδικασία για την αδειοδότηση ειδικών μεταφορών είναι κυρίως γραπτή και χειρόγραφη. Υποβάλλεται δηλαδή η αίτηση, στην εκάστοτε Αρχή (Περιφέρεια, Περιφερειακή Ενότητα, Δήμο ή Κοινότητα). Η έγκριση της άδειας, περιλαμβάνει μια σειρά από αυστηρούς όρους και περιορισμούς. Επιτρέπεται να ακολουθηθούν διαδρομές που είναι προκαθορισμένες και εξαρτώνται από την επάρκεια του οδικού δικτύου. Οι συνηθέστερες ώρες μεταφοράς που προτείνονται είναι εκτός ωρών αιχμής, κυρίως συγκεκριμένες ώρες μέσα στην ημέρα και νυχτερινές ώρες ώστε να μπορεί να αποφεύγεται η κυκλοφοριακή συμφόρηση κυρίως στις αστικές περιοχές. Επιπρόσθετα, κρίνεται αναγκαία η υποχρεωτική χρήση συνοδευτικών οχημάτων ιδιωτικής χρήσης με αναλάμποντες φανούς και ανακλαστικές ταινίες, τα οποία είτε προηγούνται είτε ακολουθούν το φορτίο, διασφαλίζοντας έτσι την ομαλή διέλευση, ενώ σε μεμονωμένες περιπτώσεις απαιτείται και η συνοδεία από αστυνομικές δυνάμεις. Το καθεστώς έκδοσης άδειας διαφοροποιείται στα Έργα Παραχώρησης (Αυτοκινητόδρομοι) καθώς δεν νομιμοποιούνται να εκδίδουν έγγραφη άδεια διέλευσης.

#### 3.2.1 Η διαδικασία για την απόκτηση άδειας ειδικής μεταφοράς

Ας αναλύσουμε ένα παράδειγμα μιας μεταφοράς τμημάτων αιολικής τουρμπίνας από το λιμάνι του Βόλου σε έργο στη Θεσσαλία απαιτεί πολυεπίπεδες εγκρίσεις από τη Γενική Διεύθυνση Συγκοινωνιακών Υποδομών (Δ17 του ΥΠΟΜΕΔΙ), Τροχαία, ΟΤΑ και την Περιφέρεια. Ωστόσο, όταν υπάρχουν παρεμβάσεις στο υπάρχον οδικό δίκτυο προκειμένου να περάσει με ασφάλεια ο συρμός, απαιτούνται και κυκλοφοριακές μελέτες, στατικής επάρκειας, παράκαμψης κυκλοφορίας, αφαίρεση πινακίδων, στηθαίων ή ακόμη και κολώνες φωτισμού πάνω σε στρόφες.

Παρακάτω ακολουθεί ένα οπτικοποιημένο διάγραμμα ροής που απεικονίζει της διαδικασία μέσω σταδίων προκειμένου να περατωθεί η απόκτηση άδειας ειδικής μεταφοράς.

Διάγραμμα Ροής 3.2.1 – Απεικόνιση σταδίων διαδικασίας έκδοσης αίτησης



Πηγή: Ιδία επεξεργασία

### 3.3 Κώδικες Οδικής Κυκλοφορίας και Περιορισμοί

Το θεσμικό πλαίσιο στην Ελλάδα, ορίζει συγκεκριμένες προδιαγραφές σήμανσης των οχημάτων που ανήκουν στην κατηγορία των ειδικών μεταφορών, με φωτεινές προειδοποιητικές ενδείξεις και ειδική σήμανση που καθιστά σαφές ότι πρόκειται για υπερμεγέθη ή υπέρβαρη μεταφορά, ώστε να ενημερώνονται και να μπορούν να προφυλάσσονται οι υπόλοιποι χρήστες του οδικού δικτύου.

#### 3.3.1 Όρια διαστάσεων και βαρών

➤ Μήκος

Για αρθρωτούς συρμούς (φορτηγό + ρυμουλκούμενο) έως 16.50 μέτρα.

Για σύνθετους συρμούς (ελκυστήρας + ημιρυμουλκούμενο) έως 18.75 μέτρα.

➤ Πλάτος 2.55 μέτρα

➤ Ύψος :2.60 μέτρα

➤ Βάρος : μικτό 40 τόνων (έως 5 άξονες)

Υπάρχουν διαφοροποιήσεις ανάλογα με τον αριθμό αξόνων, για τετραξονικά έως 36 τόνοι και τριαξονικά έως 26 τόνοι. Όλα τα παραπάνω από τα προαναφερθέντα όρια αποτελούν ειδικές μεταφορές και χρήζουν έκδοσης ειδικής άδειας.

#### 3.3.2 Ειδικές Ρυθμίσεις για Γέφυρες και Υποδομές

Κύριος ανασταλτικός παράγοντας στην Ελλάδα αποτελεί η παλαιότητα, η μη τακτική συντήρηση και η αντοχή των τεχνικών υποδομών ειδικά των γεφυρών, όπου υπάρχουν ακόμη και σήμερα και έχουν κατασκευαστεί πριν την δεκαετία του 1960 και χτίστηκαν είτε από τον Ελληνικό Στρατό είτε ως δημόσια έργα κατά την δεκαετία 1930-1940 (Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών (2019). Στρατηγικός Σχεδιασμός για την Καταγραφή και Επιθεώρηση Γεφυρών.). Δυστυχώς η συστημική βάση δεδομένων με επακριβείς χρονολογίες κατασκευής έχει ξεκινήσει να συγκροτείται την τελευταία δεκαετία μέσω του Εθνικού Μητρώου Γεφυρών αλλά δεν έχει ακόμη περατωθεί.

### 3.3.3 Ώρες και Ημέρες κυκλοφορίας

Υπάρχουν περιορισμοί στην κυκλοφορία, κατά κανόνα τα Σαββατοκύριακα και τις αργίες, εκτός εξαιρέσεων, προκειμένου να αποφευχθεί η κυκλοφοριακή συμφόρηση σε μεγάλες εξόδους και τις ώρες αιχμής σε μεγάλα αστικά κέντρα. Οι ειδικές μεταφορές πολλές φορές πραγματοποιούνται νωρίς το πρωί ή νυχτερινές ώρες για λόγους οδικής ασφάλειας και ομαλής κυκλοφορίας, όπου οι κυκλοφοριακοί φόρτοι είναι χαμηλοί.

### 3.3.4 Συνοδεία και Ασφάλεια

Τα οχήματα με φορτία που βρίσκονται άνω των επιτρεπόμενων ορίων απαιτούν συνοδεία από τροχαία ή συνοδευτικά οχήματα με πινακίδες προειδοποίησης όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, ειδικά φώτα καθώς και θα πρέπει να τοποθετούνται κατά την διέλευση, ειδικές προειδοποιητικές σημάσεις. Η τροχαία είναι σε θέση να συντονίζει όλη την μετακίνηση σε συνεννόηση με την μεταφορική εταιρεία που έχει αναλάβει το έργο με ενδοεπικοινωνία προκειμένου να διασφαλίσει την ομαλή μετακίνηση των φορτίων και την ασφάλεια των λοιπών χρηστών του οδικού δικτύου.

### 3.3.5 Τεχνικοί Έλεγχοι

Στην Ελλάδα, όλα τα οχήματα που μεταφέρουν είτε με ρυμουλκούμενα είτε ημι-ρυμουλκούμενα βαρέα φορτία, υπόκεινται σε υποχρεωτικούς τεχνικούς ελέγχους όπως το ΚΤΕΟ ανά χρόνο όπως ορίζεται από τον Κώδικα Οδικής Κυκλοφορίας και την Υ.Α 45185/2014. Επιπρόσθετα, υψίστης σημασίας είναι και ο έλεγχος της τεχνικής κατάστασης πριν από κάθε ειδική μεταφορά, για την πρόβλεψη ατυχημάτων.

### 3.4 Φορείς Εποπτείας και Επιβολής

Όταν μιλάμε πλέον για ειδικές μεταφορές βαρέων φορτίων στην Ελλάδα, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η εμπλοκή πολλαπλών ιδιωτικών και δημοσίων φορέων που προαπαιτούν την αρμονική συνεργασία τους σε διάφορα στάδια, από την αδειοδότηση μέχρι την εκτέλεση και την εποπτεία της μεταφοράς.

#### ➤ Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών (ΥΜΕ)

Το Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών αποτελεί τον κύριο θεσμικό πυλώνα για την οργάνωση των ειδικών μεταφορών στην Ελλάδα. Εκείνο κατευθύνει και πλαισιώνει την νομοθετική κατοχύρωση των διαδικασιών, τη διαμόρφωση πολιτικών για τις οδικές μεταφορές και την τήρηση των ευρωπαϊκών οδηγιών στο εθνικό δίκαιο (Ν. 2696/1999· ΥΜΕ, 2021). Την ίδια στιγμή, το Υπουργείο συντονίζει τον στρατηγικό σχεδιασμό μεγάλης κλίμακας έργων υποδομής και έχει στην εποπτεία του την θέσπιση και τήρηση των προδιαγραφών που αφορούν τις ειδικές μεταφορές, όπως την προστασία γεφυρών και ευαίσθητων οδικών σημείων (ΥΑ 64916/2015).

#### ➤ Διευθύνσεις Μεταφορών και Επικοινωνιών Περιφερειών Π.Ε, Δήμων & Κοινοτήτων

Οι περιφερειακές διευθύνσεις που είναι υπεύθυνες για τις μεταφορές και τις επικοινωνίες, αποτελούν το εκτελεστικό όργανο της διαδικασίας ειδικών μεταφορών, εφόσον είναι οι αρμόδιοι για την έκδοση των αδειών. Οι διαδικασίες στην Ελλάδα, αναστέλλονται λόγω του γεγονότος ότι δεν είναι πλήρως ψηφιοποιημένες, με αποτέλεσμα να καθυστερούν σημαντικά σε τελικό χρόνο πολλά έργα που περιλαμβάνουν μαζικές άδειες ειδικών μεταφορών.

#### ➤ Ελληνική Αστυνομία – Διεύθυνση Τροχαίας

Τον επιχειρησιακό βραχίονα για την ασφάλεια και την ομαλή διεξαγωγή των ειδικών μεταφορών πλαισιώνουν οι κατά τόπους Υπηρεσίες Τροχαίας της Ελληνικής Αστυνομίας. Στις αρμοδιότητες της περιλαμβάνεται η παροχή γνωμοδότησης κατά την αδειοδότηση, είναι υπεύθυνη για την λήψη κυκλοφοριακών μέτρων κυκλοφορίας και διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στον άμεσο έλεγχο συμμόρφωσης των οχημάτων κατά την εκτέλεση της μεταφοράς (Ν. 2696/1999).

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Τέλος, είναι αρμόδια του αριθμού των συνοδευτικών οχημάτων των ειδικών μεταφορών σε περίπτωση μη επάρκειας περιπολικών, και μπορεί να απευθύνεται στον ιδιώτη μεταφορέα εργολάβο που έχει αναλάβει το έργο ή στον εκάστοτε αυτοκινητόδρομο προκειμένου να αντλήσει το δυναμικό που κρίνει απαραίτητο ανάλογα με τα χαρακτηριστικά της μεταφοράς.

### ➤ Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ)

Οι Οργανισμοί Τοπικής Αυτοδιοίκησης, έχουν έναν δευτερεύοντα ρόλο στην συμμετοχή της διαδικασίας, αλλά κρίσιμο κυρίως όταν οι ειδικές μεταφορές διέπουν αστικές περιοχές ή δημοτικούς δρόμους.

## 3.5 Ρυθμίσεις για την Τεχνολογία και την Ασφάλεια

Ενώ το νομικό πλαίσιο προβλέπει τεχνικούς ελέγχους (όπως ΚΤΕΟ, τεχνικά χαρακτηριστικά φορτίου), δεν έχει καθιερωθεί ακόμη υποχρεωτική η χρήση σύγχρονων τεχνολογιών όπως GPS παρακολούθηση, ψηφιακούς αισθητήρες βάρους και παροχή συστήματος συνεχούς ενημέρωσης δεδομένων, σχετικά με τα συστήματα, τις διαδικασίες ή συμβάντα (ΥΜΕ, 2021).

Διαδεδομένες πλέον είναι και οι προτάσεις για την εφαρμογή ψηφιακού ταχογράφου (σύμφωνα με τον Κανονισμό ΕΕ 165/2014) και την ενσωμάτωση τηλεματικών συστημάτων για πιο αυστηρό έλεγχο.

Στη χώρα μας, έχει υιοθετηθεί το βασικό ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο, αλλά η γραπτή και μη ψηφιοποιημένη διαδικασία παραμένει βασικό εμπόδιο. Οι τάσεις στο εξωτερικό αναδεικνύουν την ανάγκη για εκσυγχρονισμό της διαδικασίας, κάτι που αποτελεί βασικό ζητούμενο για τη βελτίωση της ασφάλειας και της αποδοτικότητας των ειδικών μεταφορών στην Ελλάδα. Η παλαιά χρονολογία κατασκευής των υποδομών και οι τοπικές ιδιαιτερότητες όπως τα ορεινά δίκτυα και στενοί δρόμοι ανάβασης αποτελούν βασική αίτια περιορισμού της εφαρμογής της Ευρωπαϊκής πολιτικής πάνω στον τομέα.

Το σύστημα εποπτείας και επιβολής στην χώρα μας, θα μπορούσε να χαρακτηριστεί από ένα κράμα θεσμικής επάρκειας και ταυτόχρονα γραφειοκρατικών αγκυλώσεων. Παρά το γεγονός ότι υπάρχουν ισχυρές νομικές βάσεις, επικρατεί η τάση να δημιουργούνται

## **Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια**

σημαντικές καθυστερήσεις στην εκτέλεση των έργων στην Ελλάδα αλλά και πιθανά περιθώρια λαθών λόγω έλλειψης ψηφιοποίησης και του πολυπαραγοντικού συντονισμού μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων φορέων.

Συγκριτικές μελέτες δείχνουν ότι η Ελλάδα υπολείπεται άλλων χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης στον τομέα της ενιαίας διαχείρισης και της διαλειτουργικότητας μεταξύ υπηρεσιών. Στο πλαίσιο αυτό, η υιοθέτηση ψηφιακών λύσεων και η αναβάθμιση του θεσμικού πλαισίου επιβάλλονται για την αναβάθμιση της αποτελεσματικότητας και της διαφάνειας.

## 4 Τεχνικό Πλαίσιο και Διεργασίες Ειδικών Μεταφορών

Οι ειδικές μεταφορές βαρέων και υπερμεγεθών φορτίων αποτελούν έναν από τους πιο απαιτητικούς και πολύπλοκους τομείς του κλάδου των μεταφορών. Το γενικό πλαίσιο του αντικειμένου, που συχνά περιλαμβάνει φορτία με σημαντικό βάρος, μέγεθος ή ειδικές απαιτήσεις χειρισμού, όχι μόνο τεχνικές λύσεις υψηλής ακρίβειας αλλά και αυστηρά οργανωμένες διαδικασίες σε όλα τα στάδια, από τον σχεδιασμό μέχρι την εκτέλεση.

Το παρόν κεφάλαιο επιχειρεί να παρουσιάσει το τεχνικό υπόβαθρο που πλαισιώνει τις ειδικές μεταφορές, αναλύοντας τους βασικούς ορισμούς και κατηγορίες των φορτίων, τα χαρακτηριστικά των μεταφορικών οχημάτων και εξοπλισμών που λαμβάνουν μέρος στην διαδικασία, καθώς και τα κύριες ενέργειες σχεδιασμού και υλοποίησης. Ωστόσο, προκύπτουν κρίσιμα ζητήματα όπως η ασφάλεια, η διαχείριση κινδύνων και η τεχνική συντήρηση, που είναι αναγκαία για την βέλτιστη λειτουργία των μεταφορών.

Στόχος είναι να δοθεί μια πλήρης και κατανοητή εικόνα του πλαισίου μέσα στο οποίο εξελίσσεται μια ειδική μεταφορά, εστιάζοντας όχι μόνο στη θεωρία, αλλά και στις εφαρμογές που απαιτεί η σύγχρονη τεχνολογία και η επιχειρησιακή πρακτική.

### 4.3 Θεωρητικό υπόβαθρο και βασικοί ορισμοί

Πριν μπορέσει κανείς να κατανοήσει σε βάθος πώς λειτουργούν οι ειδικές μεταφορές, είναι απαραίτητο να ξεκαθαριστούν κάποιοι βασικοί όροι και έννοιες. Τι εννοούμε όταν λέμε «βαρύ φορτίο» ή «υπερμεγέθες»; Ποια είναι τα όρια που ξεχωρίζουν μια απλή από μια ειδική μεταφορά; Αυτά τα ερωτήματα δεν έχουν μόνο τεχνική σημασία, αλλά καθορίζουν και τις νόμιμες διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν. Σε ευρωπαϊκό και εθνικό επίπεδο υπάρχουν συγκεκριμένα όρια και κατηγορίες, που ορίζουν με ακρίβεια πότε ένα φορτίο θεωρείται «ειδικό». Η κατανόηση αυτών των ορισμών αποτελεί τη βάση για όλα τα επόμενα: τον σχεδιασμό, την επιλογή εξοπλισμού, την ασφάλεια και τη συνολική επιτυχή υλοποίηση μιας τέτοιας μεταφοράς.

### 4.1.1 Ορισμός βαρέων και υπερμεγεθών φορτίων

Στο πλαίσιο των ειδικών μεταφορών, ο διαχωρισμός των φορτίων σε «βαρέα» και «υπερμεγέθη» είναι θεμελιώδους σημασίας, καθώς επηρεάζει σημαντικά τόσο τον τεχνικό σχεδιασμό όσο και τις απαιτήσεις εξοπλισμού και αδειοδότησης. Με λίγα λόγια, βαρύ φορτίο είναι εκείνο που ξεφεύγει από τα επιτρεπόμενα φορτία ανά άξονα ή το συνολικό μικτό βάρος ενός οχήματος, ενώ υπερμεγέθες χαρακτηρίζεται το φορτίο που υπερβαίνει τα καθορισμένα όρια μήκους, πλάτους ή ύψους.

Τα όρια αυτά έχουν οριστεί σε ευρωπαϊκό επίπεδο μέσω της Οδηγίας 96/53/EK, και περιλαμβάνουν, ενδεικτικά το μήκος έως 16,5 μέτρα, πλάτος 2,55 μέτρα (ή 2,60 μ. για ειδικά οχήματα) και ύψος έως 4 μέτρα. Οποιαδήποτε υπέρβαση αυτών των διαστάσεων ή των σχετικών φορτίων χαρακτηρίζει τη μεταφορά «ειδική» και απαιτεί αντίστοιχα τεχνικά και κανονιστικά μέτρα. Τα εθνικά όρια και η σχετική διαδικασία αδειοδότησης, όπως έχει ήδη παρουσιαστεί στο Κεφάλαιο 3, συνάδουν με αυτό το πλαίσιο και προβλέπουν επιπλέον συνοδευτικά μέτρα και τεχνικές απαιτήσεις.

### 4.1.2 Νομοθετικά όρια και κριτήρια κατηγοριοποίησης

Για να μπορέσει μια μεταφορά να χαρακτηριστεί ως «ειδική», απαιτεί τόσο υπέρβαση συγκεκριμένων τεχνικών ορίων όσο και συστηματική αξιολόγηση επιπλέον παραμέτρων που σχετίζονται με τη γεωμετρία του οχήματος, το φορτίο και τις συνθήκες κυκλοφορίας. Η κατηγοριοποίηση τους δεν γίνεται μόνο βάσει αριθμών, αλλά είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει συνδυαστική τεχνική εκτίμηση και σύγκριση με τα όρια που ορίζονται από την ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία.

Βασικοί πυλώνες για τον χαρακτηρισμό μιας μεταφοράς ως ειδικής περιλαμβάνουν:

Την υπέρβαση του αξονικού φορτίου, ανάλογα με το πλήθος και τον τύπο των αξόνων του οχήματος, τη γεωμετρική συμβατότητα του οχήματος με τη διαδρομή (π.χ. εάν απαιτείται εξαιρετικά μεγάλος κύκλος στροφής σε οριζόντια μελέτη ή ιδιαίτερα μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας σε κάθετη μελέτη), την κρίση αναγκαιότητας παρεμβάσεων στη διαδρομή, όπως προσωρινές αφαιρέσεις εμποδίων ή τροποποίηση υποδομών.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Εκτός από το φυσικό μέγεθος και βάρος του φορτίου, ιδιαίτερα σημαντικά κρίνονται τα λειτουργικά στοιχεία, για παράδειγμα, εάν το φορτίο είναι ασύμμετρα κατανεμημένο, έχει υψηλό κέντρο βάρους, ή αν παρουσιάζει κινδύνους.

Επιπρόσθετα, η αξιολόγηση μπορεί να περιλαμβάνει και συγκριτικά τεχνικά σενάρια, μελέτες σκοπιμότητας, στα οποία διερευνάται εάν η χρήση ειδικών μέσων είναι απαραίτητη ή εάν υπάρχουν εναλλακτικοί τρόποι μεταφοράς.

Τα κριτήρια αυτά είναι μεταβαλλόμενα και γι' αυτό το λόγο επανεξετάζονται με βάση τις ιδιαιτερότητες κάθε μεταφοράς και τις τεχνικές απαιτήσεις της υποδομής (π.χ. γέφυρες, κόμβοι, περιορισμοί κυκλοφορίας). Έτσι, η τελική κατηγοριοποίηση προκύπτει ως ένα κράμα τεχνικών, γεωμετρικών και λειτουργικών παραμέτρων, και αποτελεί τη θεμελιώδη βάση για την απαραίτητη τεχνική τεκμηρίωση και την αδειοδότηση της μεταφοράς.

### 4.1.3 Τύποι Ειδικών Μεταφορών

Οι ειδικές μεταφορές διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους. Αν και έχουν ως κοινό παρονομαστή την υπέρβαση συγκεκριμένων τεχνικών ορίων, διαφέρουν πολύ ως προς τη φύση του φορτίου, τη συχνότητα εκτέλεσης των δρομολογίων, τον βαθμό τεχνικής πολυπλοκότητας και τις απαιτήσεις ασφάλειας της μεταφοράς. Για τον λόγο αυτό, η κατάταξη σε υποκατηγορίες των ειδικών μεταφορών είναι κρίσιμη τόσο για τη σωστή επιχειρησιακή προετοιμασία όσο και για την ορθή εφαρμογή του θεσμικού και τεχνικού πλαισίου.

Μια βασική κατηγοριοποίηση μπορεί να γίνει με βάση τον χαρακτήρα και τη συχνότητα της μεταφοράς:

#### ➤ Μοναδικές (one-off) μεταφορές:

Αφορούν τη μεταφορά εξαιρετικά ειδικών φορτίων που δεν επαναλαμβάνονται τακτικά, όπως π.χ. η μετακίνηση ενός μετασχηματιστή σε υποσταθμό, μιας μεταλλικής γέφυρας ή ενός βιομηχανικού λέβητα. Τέτοιες αποστολές απαιτούν συνήθως εκτενή μελέτη σκοπιμότητας, δοκιμές διαδρομής και προσαρμογή υποδομών (IRU, 2021).

### ➤ Σειριακές ή επαναλαμβανόμενες μεταφορές:

Αφορούν φορτία παρόμοιων διαστάσεων ή βάρους που μεταφέρονται τακτικά, όπως προκατασκευασμένα δομικά στοιχεία, μηχανήματα έργου ή εξαρτήματα βιομηχανικής παραγωγής. Σε αυτή την κατηγορία, ο επιχειρησιακός σχεδιασμός μπορεί να βασίζεται σε πρότυπες διαδικασίες, με έτοιμες διαδρομές και δοκιμασμένα μέσα.

### ➤ Μεταφορές υψηλού κινδύνου ή ειδικής κατηγορίας:

Σε αυτό το πλαίσιο περιλαμβάνονται φορτία που, εκτός από τις τεχνικές προκλήσεις, ενέχουν αυξημένο λειτουργικό ή κοινωνικό ρίσκο. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι η μεταφορά στρατιωτικού εξοπλισμού, εύφλεκτων υλικών, εξοπλισμού ενεργειακών υποδομών ή υλικών υπό υψηλή πίεση. Οι μεταφορές αυτές διέπονται συνήθως από ειδικά πρωτόκολλα ασφαλείας και απαιτούν διαρκή παρακολούθηση.

Άλλη προσέγγιση στην κατηγοριοποίηση βασίζεται στο είδος και το μέσο της μεταφοράς:

- Οδικές ειδικές μεταφορές.
- Συνδυασμένες, όπως οδική και θαλάσσια μεταφορά.
- Πολυτροπικές μεταφορές μεγάλης απόστασης, συχνά σε διεθνές ή διακρατικό επίπεδο.

Η κατανόηση των τύπων αυτών είναι ουσιώδης, καθώς από αυτούς εξαρτώνται οι τεχνικές απαιτήσεις αλλά και οι διαδικασίες αδειοδότησης, η ανάγκη συνοδευτικών οχημάτων, οι απαιτήσεις ασφάλισης και το ανθρώπινο δυναμικό που θα εμπλακεί.

## 4.2 Εξοπλισμός & Οχήματα Ειδικών Μεταφορών

Η επιτυχία μιας ειδικής μεταφοράς δεν εξαρτάται μόνο από τον σωστό σχεδιασμό και τη μελέτη της διαδρομής, αλλά και από τον εξειδικευμένο εξοπλισμό που θα χρησιμοποιηθεί. Όταν πρόκειται για μεταφορά βαρέων ή υπερμεγεθών φορτίων, τα συμβατικά οχήματα δεν επαρκούν. Χρειάζονται ειδικά ρυμουλκούμενα, ενισχυμένοι άξονες, πολυαξονικά συστήματα και μέσα ανύψωσης με υψηλές δυνατότητες σταθερότητας και ελέγχου. Ο εξοπλισμός αυτός δεν είναι στάνταρ αλλά επιλέγεται κάθε φορά με βάση τα χαρακτηριστικά του φορτίου και τις απαιτήσεις της διαδρομής. Σε αυτή την ενότητα παρουσιάζονται τα βασικά είδη και οι τεχνικές δυνατότητες των μέσων που

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

χρησιμοποιούνται στις ειδικές μεταφορές, ως θεμέλιο για την κατανόηση των διαδικασιών που ακολουθούν.

### 4.2.1 Τεχνικά χαρακτηριστικά μεταφορικών μέσων

Τα μεταφορικά μέσα που χρησιμοποιούνται στις ειδικές μεταφορές διαφοροποιούνται σημαντικά από τα συμβατικά φορτηγά, τόσο σε κατασκευή όσο και σε δυνατότητες απόδοσης. Εφόσον το αντικείμενο μεταφοράς υπερβαίνει τα συνήθη γεωμετρικά ή όρια φορτίου, απαιτείται η χρήση εξειδικευμένων οχημάτων αλλά και προσωπικού με προσαρμοσμένη δομή, ενισχυμένο πλαίσιο οχήματος, ευέλικτα συστήματα αξόνων και υψηλή φέρουσα ικανότητα (*:η μέγιστη ποσότητα φορτίου σε βάρος*) που μπορεί να αντέξει με ασφάλεια ένα στοιχείο του οχήματος, π.χ. το πλαίσιο οχήματος, η ανάρτηση, οι άξονες ή συνολικά το μεταφορικό μέσο).

Ένα από τα βασικά τεχνικά χαρακτηριστικά είναι ο αριθμός και ο τύπος των αξόνων του ρυμουλκούμενου οχήματος. Τα οχήματα βαρέων μεταφορών μπορεί να διαθέτουν από 4 έως και 20 άξονες, οι οποίοι μπορούν να είναι είτε σταθεροί, κατευθυνόμενοι ή αυτορυθμιζόμενοι. Οι πολυαξονικές πλατφόρμες (modular trailers), όπως τα αυτοκινούμενα SPMT (Self-Propelled Modular Transporters), προσφέρουν υψηλό βαθμό ευελιξίας, καθώς επιτρέπουν τη ρύθμιση της διανομής βάρους και της οριοθέτησης της ευστάθειας ανάλογα με το φορτίο (Goldhofer, 2020).

Άλλο επίσης σημαντικό χαρακτηριστικό είναι η ικανότητα φόρτωσης ανά άξονα. Σε συνθήκες ειδικής μεταφοράς, κάθε άξονας μπορεί να φέρει από 8 έως και 20 τόνους, ανάλογα με τον τύπο της ανάρτησης και την έγκριση κυκλοφορίας στο εκάστοτε οδικό δίκτυο. Στην Ελλάδα, στους σχετικά μεγάλους αυτοκινητοδρόμους το ανώτατο όριο είναι 12 τόνους τον άξονα, μεικτό βάρος. Για την αποφυγή υπερφόρτωσης σε γέφυρες ή ευαίσθητα σημεία υποδομής, η κατανομή του βάρους υπολογίζεται με ακρίβεια και πολλές φορές προσομοιώνεται σε λογισμικά CAD ή BIM πριν την εκτέλεση της μεταφοράς ή με επιτόπια μελέτη από ειδικό γεφυροποιό για γέφυρες απροσδιορίστου κατασκευής και χρονολογίας.

Άλλες σημαντικές τεχνικές παράμετροι περιλαμβάνουν:

- Χαμηλό κέντρο βάρους, για μεγαλύτερη σταθερότητα σε υψομετρικές διαφορές.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

- Ανάρτηση (συχνά υδροπνευματική), για απορρόφηση κραδασμών και αυξημένη ευστάθεια.
- Δυνατότητα ανύψωσης/καθόδου της πλατφόρμας κατά τη φόρτωση.
- Κατευθυνόμενη οδήγηση πολλαπλών αξόνων, για ελιγμούς σε περιορισμένα πεδία.

Σε περιπτώσεις εξαιρετικά βαρέων φορτίων (άνω των 250 τόνων), επιλέγονται συνδυασμένα σχήματα οχημάτων, στα οποία η έλξη και η ώθηση πραγματοποιούνται ταυτόχρονα από πολλαπλούς ελκυστήρες (push-pull configuration), ενώ η μεταφορά εκτελείται με αρθρωτά τμήματα που συνδέονται μεταξύ τους. Η όλη διάταξη προσαρμόζεται ανάλογα τις ανάγκες του φορτίου και τη διαδρομή.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει επιτρέψει τη δημιουργία μεταφορικών μέσων που όχι μόνο μπορούν να μεταφέρουν υπερμεγέθη φορτία, αλλά να το κάνουν με αυξημένο επίπεδο αυτονομίας, ακρίβειας και καταγραφής δεδομένων. Αυτά τα χαρακτηριστικά καθιστούν τον τεχνικό σχεδιασμό των μέσων το θεμέλιο για κάθε ειδική μεταφορά.

### 4.2.2 Ειδικά ρυμουλκούμενα, πολυαξονικά συστήματα

Η μεταφορά βαρέων και υπερμεγεθών φορτίων απαιτεί εξειδικευμένα ρυμουλκούμενα και πολυαξονικά συστήματα που να προσαρμόζονται δυναμικά στις ιδιαιτερότητες κάθε μεταφοράς. Τα φορτία αυτού του είδους, λόγω του ειδικού βάρους και των διαστάσεών τους, δεν μπορούν να υποστηριχθούν με συμβατικά ρυμουλκούμενα οχήματα (trailer), αλλά χρειάζονται μεταφορικές διατάξεις υψηλής φέρουσας ικανότητας, χαμηλού ύψους φόρτωσης και αυξημένης ευελιξίας οδήγησης.

Ένα από τα πιο διαδεδομένα μέσα είναι τα modular trailers, τα οποία είναι αρθρωτές πλατφόρμες που μπορούν να συνδυαστούν σε διάφορες διατάξεις ανάλογα με τις απαιτήσεις του φορτίου. Οι πλατφόρμες αυτές διαθέτουν πολλαπλούς ενισχυμένους άξονες, οι οποίοι μπορούν να είναι είτε σταθεροί είτε κατευθυνόμενοι μέσω υδραυλικού ή ηλεκτρονικού συστήματος διεύθυνσης, επιτρέποντας στον χειριστή να εκτελεί ελιγμούς με ακρίβεια ακόμη και σε περιορισμένα εργοτάξια ή αστικές περιοχές ανάλογα τις ανάγκες. Κάθε μονάδα ρυμουλκούμενου μπορεί να έχει από 2 έως 8 άξονες, με δυνατότητα συνδυασμού πολλών μονάδων για τη δημιουργία πολυαξονικών συστημάτων μεταφοράς

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

οι οποίοι συνδέονται μεταξύ τους πνευματικά και υδραυλικά. Η δυνατότητα κατανομής του φορτίου σε πολλούς άξονες είναι καθοριστική, καθώς έτσι αποφεύγεται η υπέρβαση των επιτρεπόμενων φορτίων ανά άξονα και μειώνεται η πίεση στο οδόστρωμα και στις τεχνικές υποδομές.

Μία από τις πιο προηγμένες μορφές είναι τα SPMTs (Self-Propelled Modular Transporters), τα οποία δεν απαιτούν ρυμουλκό, καθώς διαθέτουν ενσωματωμένο κινητήριο σύστημα (Power Pack Unit) και ελέγχονται από τον χειριστή τους μέσω μιας φορητής πλακέτας εντολών (χειριστήριο). Αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως για εξαιρετικά βαριά ή ευαίσθητα φορτία, όπως τμήματα γεφυρών, εξοπλισμό εργοστασίων ή μεγάλα δομικά στοιχεία προκατασκευής και έχουν εύρος ταχύτητας κατά μέσο όρο 2 χλμ/ώρα.

Κοινό τεχνικό χαρακτηριστικό αυτών των συστημάτων είναι η υδροπνευματική ή υδραυλική ανάρτηση, η οποία επιτρέπει την προσαρμογή του ύψους φόρτωσης και τη διατήρηση της ισορροπίας κατά την κίνηση. Τα σύγχρονα ρυμουλκούμενα μπορούν επίσης να συνδυαστούν με ψηφιακά συστήματα ελέγχου (ενδείξεις πιέσεων ανά άξονα, καταγραφή πίεσης ελαστικών, δυναμική ισοστάθμιση), ενισχύοντας την ασφάλεια και την προβλεψιμότητα κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

Επιπρόσθετα, υπάρχουν ειδικά ρυμουλκούμενα χαμηλής πλατφόρμας φόρτωσης (low-bed trailers) που επιτρέπουν τη μεταφορά υψηλών φορτίων χωρίς να ξεπερνιούνται τα συνολικά επιτρεπόμενα ύψη.

Ανάλογα με την εφαρμογή, μπορεί να προτιμηθούν και ρυμουλκούμενα μεταβλητού μήκους (extendable trailers), τα οποία μεταβάλλουν το μήκος τους για την υποστήριξη μακρών φορτίων (π.χ. πτερύγια ανεμογεννητριών, σωλήνες, δοκοί).

Η επιλογή του κατάλληλου ρυμουλκούμενου εξαρτάται άμεσα από:

- ❖ τις διαστάσεις και το βάρος του φορτίου,
- ❖ την πολυπλοκότητα της διαδρομής (κλίσεις, στροφές, γέφυρες),
- ❖ τις τεχνικές και θεσμικές απαιτήσεις της περιοχής μεταφοράς.

Η ορθή αξιοποίηση αυτών των εξειδικευμένων μέσων προσφέρει σημαντικά πλεονεκτήματα, τόσο ως προς την ασφάλεια όσο και ως προς την αποδοτικότητα της διαδικασίας μεταφοράς.

### 4.2.3 Μέσα ανύψωσης

Η ανύψωση βαρέων ή υπερμεγεθών φορτίων αποτελεί κρίσιμο στάδιο στην αλυσίδα μιας ειδικής μεταφοράς. Είτε πρόκειται για φόρτωση και εκφόρτωση είτε για χειρισμούς εντός εργοταξίων και βιομηχανικών εγκαταστάσεων, απαιτούνται εξειδικευμένα μέσα ανύψωσης υψηλής φέρουσας ικανότητας, ακρίβειας και σταθερότητας. Η επιλογή του κατάλληλου εξοπλισμού εξαρτάται από το βάρος, τη γεωμετρία, τη στατικότητα και την προσβασιμότητα του φορτίου.

Οι πιο διαδεδομένοι μηχανισμοί ανύψωσης είναι οι κινητοί γερανοί, οι οποίοι διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες: λαστιχοφόροι ή ερπυστριοφόροι (αναλόγως αν έχουν τροχούς ή ερπύστριες για να κινούνται) και μπορεί να είναι είτε τηλεσκοπικοί, δηλαδή να έχουν ενσωματωμένο τον ανυψωτικό βραχίονα ή δικτυωτοί, δηλαδή να έχουν δικτυωτό τηλεσκοπικό βραχίονα, οπότε χρειάζονται βοηθητικό γεράνο για την συναρμολόγηση τους. Οι τηλεσκοπικοί και λαστιχοφόροι γερανοί χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω της ευελιξίας τους, ενώ οι ερπυστριοφόροι προσφέρουν αυξημένη σταθερότητα σε εργοτάξια με ανώμαλο έδαφος και έχουν την ευελιξία να κινούνται ενώ έχουν φορτίο πάνω τους. Οι γερανοί βαρέως τύπου (heavy-lift cranes), όπως αυτοί της Liebherr και της Demag, έχουν δυνατότητα ανύψωσης φορτίων έως άνω των 1.000 τόνων και χρησιμοποιούνται κυρίως σε ενεργειακά και βιομηχανικά έργα μεγάλης κλίμακας.

Εκτός από γερανούς, ιδιαίτερα είναι διαδεδομένες και οι υδραυλικές πλατφόρμες ανύψωσης (*hydraulic lifting platforms*), που χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις χαμηλού ύψους φόρτωσης ή όπου απαιτείται ακριβής τοποθέτηση. Οι πλατφόρμες αυτές διαθέτουν σύστημα ανύψωσης με τηλεχειρισμό και αισθητήρες ευστάθειας, επιτρέποντας ελεγχόμενη και ασφαλή μετακίνηση φορτίων σε περιορισμένο χώρο.

Σε εφαρμογές υψηλής ακρίβειας, όπως η τοποθέτηση μηχανολογικού εξοπλισμού ή η ευθυγράμμιση δομικών στοιχείων, χρησιμοποιούνται ανυψωτικά συστήματα με υδραυλικούς κυλίνδρους (*jacking systems*) και συγχρονισμένα τεχνολογικά συστήματα

ανύψωσης (synchronized lifting technologies), τα οποία επιτρέπουν την κατανομή του φορτίου σε πολλαπλά σημεία και τον ακριβή έλεγχο της κίνησης σε πραγματικό χρόνο (Mammoet, 2022).

Τα συστήματα αυτά συχνά συνδυάζονται με τεχνολογίες απομακρυσμένης παρακολούθησης (remote monitoring) και αισθητήρες κατανομής φορτίου, οι οποίοι παρέχουν δεδομένα ασφαλείας και λειτουργικής κατάστασης κατά την ανύψωση. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ειδικά σε περιβάλλοντα περιορισμένης πρόσβασης, χρησιμοποιούνται και ρομποτικοί ανυψωτές μικρής κλίμακας, για χειρισμούς με υψηλή ακρίβεια και ασφάλεια.

Η επιλογή και η χρήση μέσων ανύψωσης δεν είναι αυτόνομη από τη μεταφορά, αλλά αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της συνολικής τεχνικής μελέτης. Ο τύπος γερανού ή ανυψωτικού εξοπλισμού καθορίζει σημαντικές παραμέτρους, όπως τον απαιτούμενο χώρο εργασίας, την ανάγκη σταθεροποίησης (π.χ. με πλάκες στήριξης για την μείωση της στατικής πίεσης), τη διάρκεια των επιμέρους φάσεων και, το συνολικό ρίσκο της αποστολής του φορτίου στον τελικό προορισμό.

### 4.3 Διαδικασία σχεδιασμού και εκτέλεσης μεταφοράς

Η επιτυχία μιας ειδικής μεταφοράς δεν εξαρτάται μόνο από τα τεχνικά χαρακτηριστικά των μέσων ή τον τύπο του φορτίου, αλλά κυρίως από τον σωστό και έγκαιρο σχεδιασμό. Κάθε μεταφορά βαρέως ή υπερμεγέθους φορτίου είναι μια σύνθετη διαδικασία που απαιτεί προετοιμασία σε πολλαπλά επίπεδα: τεχνικό, κανονιστικό, λειτουργικό και συχνά και γεωπολιτικό. Από την επιλογή της κατάλληλης διαδρομής έως τη συνεννόηση με τις αρχές, και από την μελέτη εκτίμησης των κινδύνων έως τη φυσική εκτέλεση της μεταφοράς, όλα τα στάδια πρέπει να είναι συντονισμένα. Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται το σύνολο των κρίσιμων βημάτων που ακολουθούνται σε μια ειδική μεταφορά, με στόχο τη μέγιστη ασφάλεια, νομιμότητα και επιχειρησιακή αποδοτικότητα.

### 4.3.1 Προκαταρκτική μελέτη και επιλογή διαδρομής

Η τελική επιλογή της κατάλληλης διαδρομής είναι ένα από τα πιο κρίσιμα ζητήματα στη διαδικασία σχεδιασμού μιας ειδικής μεταφοράς. Η συντομότερη ή οικονομικότερη διαδρομή δεν αποτελεί τον βασικό γνώμονα επιλογής, καθώς η διαδρομή πρέπει να είναι τεχνικά εφικτή, θεσμικά εγκεκριμένη και πλήρως συμβατή με τα χαρακτηριστικά του φορτίου και των οχημάτων.

Η προκαταρκτική μελέτη στοχεύει στην αναγνώριση όλων των παραμέτρων που ενδεχομένως να επηρεάσουν ή να εμποδίσουν την κίνηση του μεταφορικού συστήματος, ώστε να διασφαλιστεί η ομαλή και ασφαλής εκτέλεση.

Η διαδικασία περιλαμβάνει αρχικά τη συλλογή τεχνικών στοιχείων για το φορτίο (βάρος, μήκος, ύψος, κέντρο βάρους, τρόπος στήριξης), για την βέλτιστη επιλογή συρμού, αναλόγως των αναγκών του φορτίου αλλά και της διαδρομής. Επόμενο βήμα της μελέτης, είναι η χαρτογράφηση πιθανών διαδρομών, στην οποία αναλύονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του οδικού δικτύου (στροφές, πλάτος, ακτίνες καμπυλότητας), περιορισμοί ύψους και πλάτους (σήραγγες, γέφυρες, υπέργειες καλωδιώσεις), αντοχή υποδομών, με ιδιαίτερη έμφαση σε γέφυρες και κόμβους, και τέλος, κυκλοφοριακές συνθήκες, πιθανές εναλλακτικές, περιοχές αυξημένης επικινδυνότητας ή νομικοί περιορισμοί διέλευσης (π.χ. ώρες απαγόρευσης κυκλοφορίας).

Η προκαταρκτική μελέτη περιλαμβάνει συχνά και επιτόπια επιθεώρηση της διαδρομής, ενώ για πιο απαιτητικά έργα γίνεται και ψηφιακή προσομοίωση της κίνησης του οχήματος με λογισμικά όπως το Computer – Aided Design (CAD) και το Building Information Modeling (BIM), που επιτρέπουν την ανάλυση στροφών, ευθυγραμμίσεων και φορτίων ανά άξονα.

Σε περιπτώσεις όπου εντοπίζονται εμπόδια (π.χ. πεζογέφυρες, φανάρια, δενδροστοιχίες), προβλέπεται τροποποίηση της υποδομής με κυκλοφοριακή μελέτη ή χρήση εναλλακτικής διαδρομής. Σε ορισμένα έργα, προβλέπεται ακόμη και προσωρινή κατασκευή υποδομής ή ενίσχυση γεφυρών με υποστυλώματα, πάντα με τη συνεργασία αρμόδιων φορέων.

Η επιλογή διαδρομής συνδέεται άμεσα και με την έκδοση άδειας ειδικής μεταφοράς, καθώς σε αυτή πρέπει να δηλώνεται αναλυτικά η προτεινόμενη πορεία και να έχει εγκριθεί

από τους εμπλεκόμενους φορείς. Οποιαδήποτε παράκαμψη ή αυθαίρετη τροποποίηση συνεπάγεται διοικητικές και νομικές κυρώσεις.

Η ακρίβεια και η πληρότητα της προκαταρκτικής μελέτης μειώνουν δραστικά την πιθανότητα ατυχημάτων, καθυστερήσεων ή τεχνικών αστοχιών και αποτελούν τη βάση για τη συνολική επιτυχία της ειδικής μεταφοράς.

### 4.3.2 Τεχνικοί περιορισμοί

Κατά τον σχεδιασμό μιας ειδικής μεταφοράς, η αξιολόγηση των τεχνικών περιορισμών της διαδρομής αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την επιτυχία και την ασφάλεια της επιχείρησης. Σε αντίθεση με τις συνήθεις μεταφορές, οι οποίες κινούνται εντός προκαθορισμένων ορίων βάρους και διαστάσεων, οι ειδικές μεταφορές συχνά προϋποθέτουν την πλήρη ανάλυση των γεωμετρικών, στατικών και λειτουργικών χαρακτηριστικών της υποδομής.

Ένας από τους βασικότερους περιορισμούς αφορά τη διατομή του διαθέσιμου χώρου: σήραγγες, γέφυρες, υπέργειες καλωδιώσεις και φωτεινοί σηματοδότες μπορεί να περιορίσουν το ωφέλιμο ύψος και πλάτος για τη διέλευση. Σε πολλές περιπτώσεις, απαιτείται ακόμη και η προσωρινή απομάκρυνση ή μετατόπιση στοιχείων αστικού εξοπλισμού.

Ένα άλλο εξίσου σημαντικό σημείο είναι η αντοχή των γεφυρών και άλλων φερουσών κατασκευών. Η φέρουσα ικανότητα κάθε γέφυρας πρέπει να εξεταστεί βάσει του βάρους του φορτίου, του αριθμού και της κατανομής των αξόνων, και της συνολικής ευστάθειας της μεταφοράς. Συχνά απαιτούνται στατικές μελέτες επαλήθευσης ή/και χρονοπρογραμματισμός για μονοδρόμηση ή αποκλεισμό κυκλοφορίας μέσω μελέτης κυκλοφοριακής ρύθμισης.

Οι στροφές μικρής ακτίνας, τα απότομα πρηνή ή οι περιοχές με περιορισμένη ακτίνα καμπυλότητας, όπως οικιστικά δίκτυα ή ανισόπεδοι κόμβοι, μπορούν να καθιστούν τη διέλευση αδύνατη ή εξαιρετικά επικίνδυνη. Στις περιπτώσεις αυτές εξετάζεται η δυνατότητα τροποποίησης της διαδρομής ή η χρήση ρυμουλκούμενων με κατευθυνόμενους άξονες, που προσφέρουν ευελιξία και ακρίβεια κίνησης.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Επιπρόσθετα, σε ορισμένες περιπτώσεις προκύπτουν γεωτεχνικοί και περιβαλλοντικοί περιορισμοί, όπως:

- αστάθεια πρανών ή καθιζήσεις σε μη ασφαλοστρωμένα τμήματα,
- υψηλός κίνδυνος πλημμύρας σε χαμηλές διαβάσεις,
- περιοχές Natura ή οικιστικοί πυρήνες με αυστηρούς περιορισμούς θορύβου και κυκλοφορίας.

Τέλος, πρέπει να συνυπολογίζονται και οι κυκλοφοριακές συνθήκες: στενοί δρόμοι με συνεχή ροή, περιοχές με απαγορεύσεις ωραρίου ή σχολικές ζώνες μπορεί να απαιτούν μεταφορά κατά τη διάρκεια της νύχτας ή σε προκαθορισμένα χρονικά «παράθυρα».

Η αντιμετώπιση των τεχνικών περιορισμών απαιτεί συνεργασία με τοπικές αρχές, μηχανικούς έργου και χρήση εξειδικευμένων τεχνικών λύσεων. Στο πλαίσιο αυτό, εργαλεία όπως οι προσομοιώσεις κίνησης με Computer – Aided Design (CAD) ή το Building Information Modeling (BIM), οι αισθητήρες εμπλοκής σε SPMT, και τα προκατασκευασμένα σχέδια τροποποίησης διαδρομής αποτελούν κρίσιμα εργαλεία υποστήριξης λήψης απόφασης.

### 4.3.3 Μέθοδοι ανύψωσης, φόρτωσης και σταθεροποίησης

Η φάση της ανύψωσης και φόρτωσης του φορτίου αποτελεί ένα από τα πιο κρίσιμα στάδια στη διαδικασία μιας ειδικής μεταφοράς. Το ίδιο ισχύει και για τη σταθεροποίησή του, τόσο κατά τη διάρκεια της μετακίνησης όσο και κατά τις διαδικασίες εκφόρτωσης. Τα βήματα αυτά δεν είναι αυτόνομα, αλλά ενσωματωμένα στο συνολικό επιχειρησιακό σχέδιο, καθώς από την ακρίβειά τους εξαρτάται η ασφάλεια, η στατικότητα και η ομαλή εξέλιξη του έργου.

Η ανύψωση μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες τεχνικές μεθόδους, ανάλογα με τον τύπο και το βάρος του φορτίου.

Οι πιο συχνές επιλογές περιλαμβάνουν:

- Χρήση γερανών, σε περιπτώσεις εναέριας ανύψωσης με πρόσβαση άνωθεν.
- Υδραυλικά ανυψωτικά (jacking systems) με σταδιακή ανύψωση σε περιπτώσεις χαμηλού ύψους φόρτωσης ή μεγάλης ακρίβειας.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Για την φόρτωση επάνω στο μεταφορικό μέσο, επιλέγονται συνήθως μέθοδοι ανάλογες με τον τύπο του ρυμουλκούμενου. Οι πιο συχνές είναι:

- Επίπεδη φόρτωση σε χαμηλό πλαίσιο φόρτωσης (low-bed trailers), όπου το φορτίο εισέρχεται από ράμπα ή κάθετη ανύψωση.
- Roll-on/Roll-off (Ro-Ro) με χρήση οχημάτων μεταφοράς (π.χ. για μηχανολογικό εξοπλισμό).
- Push-pull ανύψωση με συρόμενη πλατφόρμα, όπου το φορτίο «σύρεται» εντός με χρήση συστημάτων ολίσθησης και ραουλόδρομων.

Το πιο ευαίσθητο στάδιο είναι η σταθεροποίηση του φορτίου. Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται διαφέρουν ανάλογα με το σχήμα, το κέντρο βάρους και τις δυναμικές καταπονήσεις που προβλέπεται να δεχθεί κατά την πορεία:

- Χρήση ιμάντων υψηλής αντοχής, αλυσίδων, σφιγκτήρων και ειδικών σημείων πρόσδεσης στο σασί.
- Ευθυγράμμιση του κέντρου βάρους με το γεωμετρικό κέντρο του ρυμουλκούμενου.
- Εφαρμογή αποσβεστήρων κραδασμών ή απομονωτικών βάσεων (shock absorbers), κυρίως σε ευπαθή φορτία.

Σε φορτία με υψηλό κέντρο βάρους, μπορεί να απαιτηθεί πρόσθετη υδραυλική αντιστάθμιση πλευρικών κινήσεων (active stabilization).

Η σταθεροποίηση πρέπει να είναι μελετημένη και τεκμηριωμένη, συχνά με τεχνικές μελέτες φορτίου και υπολογισμούς τάσεων (load securing calculations), σύμφωνα με πρότυπα όπως το EN 12195 ή οδηγίες από τον IRU και τον διεθνή κώδικα CTU (IMO/ILO/UNECE, 2014).

Σε όλα τα παραπάνω στάδια, είναι κρίσιμη η παρουσία ειδικευμένου προσωπικού, με πιστοποίηση σε χειρισμό γερανών, ανυψωτικών συστημάτων και τεχνική πρόσδεση φορτίου. Η ελλιπής ή πρόχειρη εφαρμογή οποιουδήποτε από αυτά τα βήματα μπορεί να οδηγήσει σε επικίνδυνες μετατοπίσεις, ανατροπές ή καταστροφή του φορτίου κατά την πορεία.

### 4.4 Θέματα ασφάλειας και λειτουργική παρακολούθηση

Η ασφάλεια αποτελεί τον πιο κρίσιμο παράγοντα στις ειδικές μεταφορές, ανεξάρτητα από τη φύση του φορτίου ή την τεχνική πολυπλοκότητα της αποστολής. Η αυξημένη μάζα, οι διαστάσεις και οι επιχειρησιακές απαιτήσεις δημιουργούν ένα περιβάλλον με πολλαπλούς κινδύνους, όχι μόνο για το προσωπικό και τον εξοπλισμό, αλλά και για το ευρύτερο κοινωνικό και οδικό περιβάλλον. Παράλληλα, η ανάγκη για συνεχή παρακολούθηση της κατάστασης του φορτίου και των οχημάτων καθιστά αναγκαία τη χρήση τεχνολογικών συστημάτων ελέγχου, διαχείρισης και καταγραφής. Η ενότητα αυτή εξετάζει τις βασικές πτυχές ασφάλειας, τα μέτρα διαχείρισης κινδύνου, τις προβλέψεις για επιχειρησιακή συνέχεια, καθώς και τα σύγχρονα εργαλεία παρακολούθησης και συντήρησης που εφαρμόζονται στις ειδικές μεταφορές.

#### 4.4.1 Διαχείριση κινδύνου και επιχειρησιακή συνέχεια

Οι ειδικές μεταφορές, λόγω της φύσης τους, ενέχουν σημαντικούς τεχνικούς, λειτουργικούς και εξωτερικούς κινδύνους. Το μέγεθος και το βάρος των φορτίων, οι περιορισμένες ανοχές στο οδικό δίκτυο και οι αυστηρές νομοθετικές απαιτήσεις αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης προβλημάτων που μπορεί να επηρεάσουν την ομαλή εξέλιξη της αποστολής. Η διαχείριση κινδύνου και η πρόβλεψη για επιχειρησιακή συνέχεια είναι επομένως αναγκαίες, όχι μόνο για την αποτροπή ατυχημάτων αλλά και για την προστασία της αλυσίδας εφοδιασμού και της φήμης του εκτελεστή.

Η διαδικασία διαχείρισης κινδύνου ξεκινά από τη φάση σχεδιασμού, με την ταυτοποίηση όλων των πιθανών κινδύνων: τεχνικών (π.χ. αστοχία εξοπλισμού, προβλήματα σταθερότητας), περιβαλλοντικών (καιρικές συνθήκες, πλημμύρες), και κοινωνικών (παρέμβαση τρίτων, τροχαία εμπόδια). Στη συνέχεια, οι κίνδυνοι αξιολογούνται ποσοτικά και ποιοτικά, με βάση την πιθανότητα εμφάνισης και τις επιπτώσεις τους.

Ανάλογα με το επίπεδο του ρίσκου, καταρτίζεται πλάνο πρόληψης και αντιμετώπισης, το οποίο μπορεί να περιλαμβάνει:

- χρήση εφεδρικού εξοπλισμού ή εναλλακτικών διαδρομών,
- εκπαίδευση του προσωπικού σε σενάρια έκτακτης ανάγκης,
- συμφωνίες με φορείς (ΕΛ.ΑΣ., ΕΚΑΒ, Πυροσβεστική),

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

- εφαρμογή πρωτοκόλλων άμεσης απόκρισης (contingency plans).

Σε πιο ώριμα συστήματα logistics, εφαρμόζονται επίσης δείκτες έγκαιρης προειδοποίησης (leading indicators), όπως ασυνήθιστες αποκλίσεις βάρους, καθυστερήσεις σε κρίσιμα σημεία ή απότομες αλλαγές πορείας.

Η έννοια της επιχειρησιακής συνέχειας (business continuity) αφορά το σύνολο των ενεργειών που διασφαλίζουν ότι, ακόμα και σε περίπτωση προβλήματος, η αποστολή δεν διακόπτεται οριστικά αλλά συνεχίζεται με ελεγχόμενο τρόπο. Αυτό προϋποθέτει ύπαρξη εναλλακτικών σεναρίων (π.χ. αλλαγή δρομολογίου, αλλαγή μέσου μεταφοράς), επαναπρογραμματισμό εκτέλεσης και διασφάλιση επικοινωνίας με όλους τους εμπλεκόμενους φορείς.

Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, η ύπαρξη σχεδίου επιχειρησιακής συνέχειας είναι υποχρεωτική για δημόσια έργα ή κρίσιμες υποδομές. Στην Ελλάδα, αν και δεν προβλέπεται πάντα ρητά, η ενσωμάτωσή του στα τεύχη τεχνικής περιγραφής αποτελεί βέλτιστη πρακτική, ιδίως όταν εμπλέκονται πολλοί φορείς ή υπάρχει χρονοδιάγραμμα «κρίσιμης διαδρομής» (ΥΜΕ, 2022).

Η ενσωμάτωση της διαχείρισης κινδύνου και της επιχειρησιακής συνέχειας στον σχεδιασμό των ειδικών μεταφορών δεν είναι πολυτέλεια, αλλά απαραίτητη προϋπόθεση για την ασφάλεια, την ευελιξία και την αποτελεσματικότητα της μεταφοράς.

### 4.4.2 Έλεγχοι, πιστοποιήσεις και πρότυπα ασφαλείας

Η υλοποίηση ειδικών μεταφορών με ασφάλεια δεν εξαρτάται μόνο από τον κατάλληλο εξοπλισμό ή τον επιδέξιο χειρισμό, αλλά προϋποθέτει την αυστηρή εφαρμογή προτύπων ασφαλείας, την εκτέλεση ελέγχων πριν και κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, καθώς και τη συμμόρφωση με εθνικές και διεθνείς πιστοποιήσεις. Η συστηματοποίηση αυτών των διαδικασιών επιτρέπει την προληπτική αντιμετώπιση κινδύνων και ενισχύει τη διαφάνεια και την τεκμηρίωση της ευθύνης.

- ❖ Προληπτικοί τεχνικοί έλεγχοι

Πριν από κάθε μεταφορά, διενεργούνται προληπτικοί τεχνικοί έλεγχοι στο σύνολο του εξοπλισμού, περιλαμβανομένων των ρυμουλκούμενων, των συστημάτων ανάρτησης, των

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

σημείων πρόσδεσης, των φρένων, της τηλεματικής και των μηχανισμών και εξοπλισμού ανύψωσης. Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή και τις απαιτήσεις των ισχυόντων κανονισμών. Σε πολλές περιπτώσεις, συντάσσεται δελτίο τεχνικής επιθεώρησης το οποίο συνοδεύει το δρομολόγιο και επικυρώνεται από πιστοποιημένο τεχνικό.

### ❖ Πρότυπα ασφαλείας:

Για τις ειδικές μεταφορές ισχύουν ποικίλα τεχνικά και λειτουργικά πρότυπα, τόσο ευρωπαϊκά όσο και διεθνή. Κάποια από τα σημαντικότερα είναι τα κάτωθι:

- EN 12195-1:2010, καθορίζει τις απαιτήσεις για την ασφάλιση φορτίου (lashing and securing).
- ISO 9001:2015, σε σχέση με τη διαχείριση ποιότητας στις μεταφορικές διαδικασίες.
- ISO 45001:2018, για την ασφάλεια και υγεία στην εργασία, που καλύπτει τόσο τους εργαζόμενους όσο και το περιβάλλον μεταφοράς.
- DIN EN 13001, που αφορά τον γενικό σχεδιασμό και την αντοχή γερανών, με εξειδίκευση σε υποσυστήματα όπως μεταλλικές δομές, αξονικά μέρη και φορτία.

Τα παραπάνω πρότυπα δεν έχουν μόνο ενημερωτικό χαρακτήρα· στις περισσότερες δημόσιες ή διεθνώς εποπτευόμενες μεταφορές (π.χ. ενέργεια, άμυνα), η συμμόρφωση με αυτά είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την έγκριση του έργου.

### ❖ Πιστοποιήσεις εξοπλισμού και προσωπικού

Η πιστοποίηση αποτελεί το τελικό βήμα για την επικύρωση της συμμόρφωσης με τα πρότυπα. Περιλαμβάνονται:

- ✓ πιστοποίηση του εξοπλισμού μεταφοράς και ανύψωσης από διαπιστευμένους φορείς (όπως TÜV, Bureau Veritas),
- ✓ πιστοποίηση του προσωπικού (χειριστών, τεχνικών, οδηγών) με βάση εθνικές ή ευρωπαϊκές οδηγίες,

- ✓ τεχνικές εκθέσεις δοκιμών φορτίου, όπου απαιτείται (ιδίως σε δομές τύπου SPMT ή γερανούς άνω των 500 τόνων).

Η τεκμηριωμένη εφαρμογή ελέγχων και προτύπων ενισχύει την προληπτική ασφάλεια και επιτρέπει τη νομική και λειτουργική κάλυψη των εταιρειών μεταφοράς σε περίπτωση ατυχήματος ή αβεβαιότητας. Η συμμόρφωση με τα διεθνή πρότυπα λειτουργεί επιπλέον ως δείκτης επαγγελματισμού και ανταγωνιστικότητας στον ευρωπαϊκό και παγκόσμιο χώρο των ειδικών μεταφορών.

### 4.4.3 Τεχνολογίες επιτήρησης, αυτοματοποίηση και συντήρηση

Στον τομέα των ειδικών μεταφορών, η χρήση τεχνολογιών παρακολούθησης και αυτοματοποίησης έχει εξελιχθεί σε βασικό εργαλείο για τη διασφάλιση της ασφάλειας και της αποδοτικότητας. Πλέον, δεν αρκεί να παρακολουθεί κανείς απλώς την πορεία ενός φορτίου· χρειάζεται να γνωρίζει τι συμβαίνει με το φορτίο, το όχημα και το περιβάλλον του ανά πάσα στιγμή.

Με τη βοήθεια συστημάτων GPS και αισθητήρων IoT, είναι δυνατή η πλήρης επιτήρηση των μεταφορικών μέσων σε πραγματικό χρόνο. Πέρα από τη γεωγραφική θέση, καταγράφονται πληροφορίες όπως η πίεση στους άξονες, η κλίση του φορτίου, η θερμοκρασία των φρένων ή ακόμη και η πίεση στα ελαστικά. Όλα αυτά τα δεδομένα συλλέγονται και αποστέλλονται αυτόματα σε ένα κεντρικό σύστημα, επιτρέποντας στον υπεύθυνο έργου να έχει πλήρη εικόνα και να εντοπίζει άμεσα τυχόν ανωμαλίες.

Σε πιο προηγμένες διατάξεις, όπως τα πολυαξονικά ρυμουλκούμενα (SPMT), έχουν ενσωματωθεί αυτόματα υδραυλικά συστήματα ισοστάθμισης, τα οποία ρυθμίζουν το ύψος και την κατανομή του φορτίου δυναμικά, ανάλογα με το έδαφος και την ταχύτητα. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται συστήματα παρακολούθησης πίεσης ελαστικών (TPMS) που ενημερώνουν σε πραγματικό χρόνο για πιθανούς κινδύνους υπερθέρμανσης ή αστοχίας.

Η τεχνολογία αξιοποιείται και για τη συντήρηση του εξοπλισμού. Μέσα από ψηφιακές πλατφόρμες, συλλέγονται δεδομένα για τη χρήση και τη φθορά κάθε κρίσιμου εξαρτήματος – όπως αναρτήσεις, υδραυλικά συστήματα ή τροχοί – και με βάση αυτά προγραμματίζεται η προληπτική συντήρηση, πριν παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα. Έτσι, αποφεύγονται καθυστερήσεις ή βλάβες κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.

## **Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια**

Τέλος, υπάρχει η δυνατότητα απομακρυσμένης διαγνωστικής, μέσω της οποίας οι τεχνικοί μπορούν να ελέγχουν την κατάσταση του εξοπλισμού από απόσταση, χωρίς να απαιτείται επιτόπου παρέμβαση. Αυτό μειώνει σημαντικά τους χρόνους αντίδρασης και ενισχύει τη λειτουργική συνέχεια.

Όλα αυτά τα συστήματα λειτουργούν συμπληρωματικά και έχουν κοινό στόχο: να αυξήσουν την ασφάλεια, να μειώσουν τα κόστη και να διασφαλίσουν ότι η κάθε μεταφορά γίνεται όσο το δυνατόν πιο αξιόπιστα και ελεγχόμενα. Η ενσωμάτωσή τους δεν αποτελεί πλέον επιλογή, αλλά βασική προϋπόθεση για τη σύγχρονη ειδική μεταφορά.

## 5 Ο ρόλος της τεχνολογίας στις Ειδικές Μεταφορές

Η τεχνολογία διαδραματίζει καθοριστικό παράγοντα για την βελτιστοποίηση, την διαφάνεια και την ασφάλεια στις ειδικές μεταφορές βαρέων φορτίων. Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, επικρατεί μια τάση προς της ψηφιοποίηση των μεταφορών, ενσωμάτωση έξυπνων συστημάτων παρακολούθησης και ανάπτυξη καινοτόμων τεχνολογικών υποδομών, όπου αλλάζουν ριζικά τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, εκτελούνται και ελέγχονται οι ειδικές μεταφορές. Εργαλεία όπως η τηλεματική, η τεχνητή νοημοσύνη και αυτοματοποιημένες πλατφόρμες δημιουργούν πλέον ένα νέο επιχειρησιακό περιβάλλον, τόσο στον Ευρωπαϊκό χώρο όσο και σταδιακά στην Ελλάδα. Παρότι εγχώρια παρατηρείται αργή πρόοδος, έχουν ξεκινήσει ήδη προσπάθειες ενσωμάτωσης τεχνολογιών που μπορούν να επιφέρουν μελλοντικά ουσιαστικές βελτιώσεις.

### 5.1 Ψηφιακά εργαλεία σχεδιασμού

Η τεχνολογία του σχεδιασμού και της προσομοίωσης αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον σχεδιασμό των ειδικών μεταφορών, ειδικά όταν πρόκειται για βαρέα ή υπερμεγέθη φορτία που πρέπει να μετακινηθούν μέσα από περιορισμένα οδικά δίκτυα, περιορισμένους χώρους όπως εργοτάξια ή άλλες δυσπρόσιτες αστικές περιοχές. Εργαλεία όπως το Computer – Aided Design (CAD) και το Building Information Modeling (BIM) αποτελούν θεμελιώδη βάση στον τομέα των ειδικών μεταφορών προκειμένου να διεξαχθεί σωστή μελέτη, χωροταξική ανάλυση ή ακόμη και τρισδιάστατη απεικόνιση της διαδρομής αλλά και της μεταφοράς (IRU, 2021).

Το πρόγραμμα CAD δραστηριοποιείται στην εκπόνηση τρισδιάστατων μοντέλων των φορτίων, των οχημάτων αλλά και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της διαδρομής, βελτιστοποιώντας το αποτέλεσμα μελέτης με υψηλής ακρίβειας σχεδιασμό κινήσεων και στροφών ακόμα και σε χώρους με γεωμετρικούς περιορισμούς και περιορισμένους. (European Commission, 2022). Επιπρόσθετα, είναι ικανό να παρέχει, σε συνδυασμό με τον ανθρώπινο παράγοντα, δυνατότητα ανάλυσης κέντρων βάρους του ολικού συρμού, αξονικά φορτία και στατική ισορροπία, εργαλεία κρίσιμα για την λήψη τελικών αποφάσεων με γνώμονα πάντα την ασφάλεια κατά την μεταφορά.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Το BIM, όπου επικρατεί κατά κόρον στον κατασκευαστικό τομέα, χρησιμοποιείται στις ειδικές μεταφορές δίνοντας μια ολιστική προσέγγιση, συνδυάζοντας γεωμετρικά κ λειτουργικά δεδομένα του έργου. Απεικονίζοντας σε τρισδιάστατα μοντέλα, τον χώρο, την διαδρομή και τις υφιστάμενες εγκαταστάσεις υποδομών όπως, γέφυρες, στροφές, οριζόντιες και κάθετες καμπύλες οδικού δικτύου, εξασφαλίζεται με υψηλά επίπεδα ακριβείας η προσομοίωση μεταφοράς και ανύψωσης σε κάθε στάδιο, εκμηδενίζοντας τους κινδύνους σφαλμάτων και καθυστερήσεων του έργου (Horizon Europe, 2023).

Καίριας σημασίας παραδείγματα, σε αρκετές χώρες της Ευρώπης, εταιρείες ηγέτες στον χώρο των ειδικών μεταφορών όπως η Mammoet και η ALE, ενσωμάτωσαν το BIM στον τρόπο με τον οποίο οργανώνουν και υλοποιούν σύνθετες μεταφορές, για παράδειγμα μονάδες Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) αιολικά πάρκα με ανεμογεννήτριες και βιομηχανικές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως μετασχηματιστές ενέργειας. Εδώ δεν περιορίζεται στην τρισδιάστατη απεικόνιση, αλλά δίνεται η δυνατότητα να παρακολουθείται ολόκληρη η διαδικασία σε διάφορες φάσεις. Έτσι οι μηχανικοί του έργου, και υπόλοιποι συντονιστές μπορούν να έχουν ίδια εικόνα για το έργο και να εκμηδενίζονται τα σφάλματα και οι χρονοκαθυστερήσεις (IRU, 2021).

Το BIM πλεονεκτεί σημαντικά έναντι των υπολοίπων καθώς είναι συμβεβλημένο με διάφορες τεχνολογίες. Μπορεί δηλαδή να συνδεθεί με σύστημα παρακολούθησης γεωαναφερόμενο (GPS), αισθητήρες φόρτου ή τηλεματικά συστήματα, δίνοντας ένα ολοκληρωμένο αποτέλεσμα στην διαχείριση της μεταφοράς. Το κύριο πλεονέκτημα είναι ότι όλοι οι εμπλεκόμενοι φορείς, από την διαχείριση μεταφοράς έως το τμήμα αδειοδότησης, μπορούν να έχουν πρόσβαση να παρακολουθούν το έργο και να παρέμβουν εγκαίρως όταν θεωρηθεί απαραίτητο.

Στην Ελλάδα, εργαλεία σαν κι αυτό χρησιμοποιούνται από μεγάλες ιδιωτικές εταιρείες και κυρίως σε έργα μεγάλης κλίμακας και διεθνούς χρηματοδότησής. Δεν έχουν ενστερνιστεί ακόμη στην ελληνική φιλοσοφία των ειδικών μεταφορών, λόγω έλλειψης υποδομών, εκπαίδευσης και νομικής πλαισίωσης. Ωστόσο, με πρόσφατες ανακοινώσεις, το Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών εξετάζει τη σταδιακή εισαγωγή BIM στα δημόσια έργα, στο πλαίσιο των προγραμμάτων του Ταμείου Ανάκαμψης (YME, 2023). Η ενσωμάτωση του BIM στις ειδικές μεταφορές θα αποτελέσει αναπόσπαστο κομμάτι της ψηφιακής εναρμόνισης με τα ευρωπαϊκά πρότυπα.

### 5.2 Τηλεματική και συστήματα παρακολούθησης

Τα εργαλεία CAD και BIM επιτρέπουν τη λεπτομερή μοντελοποίηση και προσομοίωση της μεταφοράς πριν καν ξεκινήσει, προσφέροντας ακρίβεια στον σχεδιασμό. Ωστόσο, η εκτέλεση της μεταφοράς απαιτεί συνεχή έλεγχο και παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, κάτι που επιτυγχάνεται μέσω της τηλεματικής και των συστημάτων εντοπισμού.

Στα έργα ειδικών μεταφορών, κύριο παράγοντα αποτελεί ο χρόνος παράδοσης, καθώς οι περισσότερες χρεώσεις εξοπλισμών γίνονται είτε ωριαίες είτε ημερήσιες. Χρειάζονται υψηλές απαιτήσεις για αντικείμενα με μεγάλο όγκο, υψηλού κόστους κατασκευής αλλά και ειδικές απαιτήσεις. Όλα αυτά οδήγησαν στον προσανατολισμό της χρήσης τηλεματικών συστημάτων, τεχνολογιών δηλαδή που οπτικοποιούν την παρακολούθηση, την συγκέντρωση αλλά και την ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο. Το πιο διαδεδομένο εργαλείο μέχρι σήμερα είναι το σύστημα δορυφορικού εντοπισμού θέσης (GPS) , όπου μας επιτρέπει να παρακολουθούμε που βρίσκεται το κάθε όχημα σε πραγματικό χρόνο με υψηλή ακρίβεια τοποθεσίας. Με το σύστημα Internet of Things (IoT), μπορούμε να εγκαταστήσουμε επιπλέον αισθητήρες στο όχημα αλλά και στο φορτίο και να συλλέξουμε πληροφορίες όπως το βάρος, την θερμοκρασία (είτε του αντικειμένου μεταφοράς είτε του οχήματος), την υγρασία, τις δονήσεις σε περιπτώσεις ήπιας κρούσης, όπως το να πέσει σε μια ανωμαλία εδάφους, ή ακόμη και την κλίση του φορτίου. Αυτές οι πληροφορίες είναι πολύτιμες, όταν έχουμε να μεταφέρουμε φορτία υψηλού κόστους και ευαισθησίας. Επιπρόσθετα, με τέτοιου τύπου τεχνολογίες μπορεί να ελεγχθεί αν το όχημα παραμένει στη σωστή διαδρομή του, αν τηρούνται τα προβλεπόμενα όρια ταχύτητας ή αν υπάρχει καθυστέρηση λόγω κυκλοφοριακού προβλήματος. Ωστόσο, υπάρχουν κέντρα ελέγχου μπορούν να παρακολουθούν την πορεία της μεταφοράς και να ειδοποιούν εγκαίρως τις αρμόδιες αρχές σε περίπτωση απροόπτου, π.χ. αποκλίσεων ή βλάβης στο όχημα (European Commission, 2022). Στην Ευρωπαϊκή Ένωση, πολλά κράτη-μέλη έχουν ενσωματώσει τέτοια συστήματα ως προαπαιτούμενο για την έκδοση άδειας στις ειδικές μεταφορές. Σε κάποιες περιπτώσεις, απαιτείται και τηλεματική σύνδεση με τις αστυνομικές αρχές ή τις τοπικές υποδομές, όπως για παράδειγμα για άνοιγμα φραγμών ή παρακολούθηση γεφυρών σε κρίσιμα σημεία. Στην Ελλάδα, η χρήση τηλεματικής και

αισθητήρων γίνεται κυρίως με πρωτοβουλία των εταιρειών, δεν αποτελεί ακόμη θεσμική υποχρέωση. Παρόλα αυτά, σε ορισμένες περιπτώσεις, ειδικά όταν πρόκειται για μεταφορά εξαιρετικά βαρέων φορτίων ή νυχτερινές μετακινήσεις, η Τροχαία ζητά τη χρήση GPS ή συνοδευτικής τηλεματικής, για να διασφαλιστεί ο έλεγχος καθ' όλη τη διάρκεια της διαδρομής (YME, 2021).

Αδιαμφισβήτητα, η γενικευμένη χρήση αυτών των τεχνολογιών όχι μόνο αυξάνει την απόδοση της ασφάλειας, αλλά συνδράμει στη δημιουργία ενός συγχρονισμένου, έξυπνου και διαφανούς συστήματος ειδικών μεταφορών.

### 5.3 Καινοτομίες σε υλικά και εξοπλισμό

Η χρήση τηλεματικών δεδομένων και αισθητήρων δεν έχει νόημα αν δεν υποστηρίζεται από αξιόπιστο εξοπλισμό και υλικά υψηλής αντοχής. Έτσι, η τεχνολογική καινοτομία δεν περιορίζεται στο ψηφιακό περιβάλλον, αλλά αφορά και τον φυσικό εξοπλισμό μεταφοράς, που εξελίσσεται με νέα υλικά και έξυπνα μηχανικά συστήματα.

Όσο η τεχνολογία εξελίσσεται με τα χρόνια, τόσο βελτιώνονται τα υλικά και τα μηχανολογικά μέσα που χρησιμοποιούνται για να διακινηθούν με ασφάλεια και ακρίβεια βαρέα ή ογκώδη φορτία.

Τα τελευταία χρόνια, έχει παρατηρηθεί ότι οι εταιρείες του κλάδου έχουν στραφεί στη χρήση ελαφρύτερων αλλά πιο ανθεκτικών υλικών, όπως κράματα αλουμινίου υψηλής απόδοσης, σύνθετα υλικά (composites) και ενισχυμένα ανθρακονήματα. Αυτά χρησιμοποιούνται σε πλατφόρμες ειδικής μεταφοράς, ράμπες, βραχίονες και ειδικές βάσεις φορτίου. Με αποτέλεσμα, μικρότερο βάρος οχήματος και εξοπλισμού, άρα και μικρότερη επιβάρυνση στον δρόμο και υψηλότερη μεταφορική ικανότητα (IRU, 2021).

Παράλληλα, η εξέλιξη των ανυψωτικών συστημάτων είναι εντυπωσιακή. Πολλά οχήματα χρησιμοποιούν πλέον υδραυλικά συστήματα πολλαπλών αξόνων, που επιτρέπουν τη ρύθμιση ύψους οδήγησης και κλίσης της πλατφόρμας κατά τη μεταφορά. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η ομαλή διέλευση των οχημάτων κάτω από χαμηλές γέφυρες ή να προσαρμοστούν σε ανομοιογενές έδαφος (European Commission, 2022).

Επιπρόσθετα, αναπτύσσονται συστήματα αυτόματης ευθυγράμμισης τροχών και αξόνων, καθώς και τεχνολογίες ενεργής ανάρτησης, που προσφέρουν μεγαλύτερη σταθερότητα και

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

ασφάλεια κατά την οδήγηση με μεγάλα βάρη. Τα τελευταία χρόνια, σημειώνεται και η ενσωμάτωση συσκευών καταγραφής φόρτου και πίεσης σε ρυμουλκούμενα οχήματα και γερανούς, επιτρέποντας σε πραγματικό χρόνο τον έλεγχο της κατανομής βάρους.

Αρκετές από αυτές τις καινοτομίες δοκιμάζονται πρώτα σε περιβάλλοντα CAD και BIM, όπου προσομοιώνεται η φόρτωση, η ανύψωση και η αλληλεπίδραση του φορτίου με τον εξοπλισμό. Υπάρχουν πλέον διαθέσιμα τρισδιάστατα μοντέλα ειδικών φορτηγών, γερανών και ανυψωτικών μηχανημάτων σε πλατφόρμες όπως το Revit ή το CAD, που χρησιμοποιούνται για την εξομοίωση ρεαλιστικών σεναρίων μεταφοράς. Αυτή η προσέγγιση βελτιώνει την ασφάλεια και τον τεχνικό έλεγχο της αποστολής πριν καν βγει στον δρόμο.

Στην Ελλάδα, η υιοθέτηση αυτών των τεχνολογιών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πρωτοβουλία των μεταφορικών εταιρειών. Παρότι υπάρχουν επιχειρήσεις που διαθέτουν σύγχρονα οχήματα και εξοπλισμό, ο εκσυγχρονισμός δεν έχει ακόμη φτάσει οριζόντια σε όλο τον κλάδο, κυρίως λόγω κόστους και απουσίας ενιαίων τεχνικών προδιαγραφών. Ωστόσο, έργα μεγάλης εμβέλειας, όπως οι μεταφορές εξοπλισμού για ΑΠΕ ή η βαριά βιομηχανία κυρίως σε μονάδες παραγωγής ενέργειας, αποτελούν όχημα τεχνολογικής μετάβασης, καθώς απαιτούν εξειδικευμένες λύσεις και υποχρεωτική χρήση προηγμένου εξοπλισμού.

### 5.4 Αυτόνομα και ημι-αυτόνομα συστήματα

Τα προηγμένα υλικά και οι εξειδικευμένες υποδομές ανύψωσης καθιστούν δυνατή την υποστήριξη πιο σύνθετων τεχνολογιών, όπως τα αυτόνομα και ημι-αυτόνομα οχήματα. Όταν ο εξοπλισμός είναι πιο έξυπνος και σταθερός, τότε ανοίγει ο δρόμος για μεγαλύτερη αυτοματοποίηση στις διαδικασίες μεταφοράς.

Η ραγδαία πρόοδος στον τομέα της αυτοματοποίησης αλλάζει σημαντικά τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται αλλά και υλοποιούνται οι ειδικές μεταφορές βαρέων φορτίων. Οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνουν τόσο πλήρως αυτόνομα συστήματα, που λειτουργούν χωρίς ανθρώπινη παρέμβαση, όσο και ημι-αυτόνομες λύσεις, που υποβοηθούν τον οδηγό σε κρίσιμες συνθήκες, χωρίς να τον αντικαθιστούν πλήρως.

Σήμερα, πληθώρα από σύγχρονα οχήματα βαρέων μεταφορών εξοπλίζονται με τεχνολογίες υποβοήθησης, γνωστές ως ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Τέτοιου είδους

συστήματα, περιλαμβάνουν λειτουργίες όπως το αυτόματο φρενάρισμα έκτακτης ανάγκης, προσαρμοζόμενο σε cruise control, διατήρηση λωρίδας κυκλοφορίας, αναγνώριση κόπωσης οδηγού και σύστημα αποφυγής σύγκρουσης με εμπόδια. Ιδιαίτερα στις ειδικές μεταφορές, όπου το φορτίο είναι ογκώδες και οι απαιτήσεις ακρίβειας στην οδήγηση είναι υψηλότερες, αυτά τα συστήματα μπορούν να μειώσουν σημαντικά τον ανθρώπινο παράγοντα κινδύνου (IRU, 2021).

Παράλληλα, σε βιομηχανικά και ελεγχόμενα περιβάλλοντα, έχουν αρχίσει να εφαρμόζονται και πλήρως αυτόνομα οχήματα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα στην Αυστραλία, της υιοθέτησης αυτόνομων οχημάτων, όπου λαμβάνει χώρα σε ορυχεία, έχει φτάσει σε πρωτοφανή επίπεδα, καθιστώντας τη χώρα παγκόσμιο ηγέτη στον τομέα αυτό. Οι μεγάλες μεταλλευτικές εταιρείες, όπως η Rio Tinto, η BHP και η Fortescue Metals Group (FMG), έχουν επενδύσει σημαντικά σε τεχνολογίες αυτόνομης μεταφοράς φορτίων, με στόχο την αύξηση της αποδοτικότητας και τη μείωση των κινδύνων για το ανθρώπινο δυναμικό.

### 5.4.1 Κύριοι τύποι αυτόνομων οχημάτων

Στα αυστραλιανά ορυχεία, χρησιμοποιούνται κυρίως οι ακόλουθοι τύποι ειδικών αυτόνομων οχημάτων μεταφοράς.

- *Caterpillar 793F*: Ένα από τα πιο διαδεδομένα αυτόνομα φορτηγά μεταφοράς φορτίων, με χωρητικότητα περίπου 250 τόνων. Η Caterpillar έχει αναπτύξει το σύστημα Autonomous Haulage System (AHS), το οποίο επιτρέπει την πλήρη αυτόνομη λειτουργία αυτών των οχημάτων σε ορυχεία.
- *Komatsu 930E*: Αυτό το μοντέλο χρησιμοποιείται ευρέως στην Αυστραλία και είναι εξοπλισμένο με το σύστημα FrontRunner AHS της Komatsu, που επιτρέπει την αυτόνομη λειτουργία σε δύσκολες συνθήκες ορυχείων.
- *Liebherr T 264*: Η Fortescue Metals Group έχει συνάψει συμφωνία με τη Liebherr για την προμήθεια 360 αυτόνομων, ηλεκτρικών φορτηγών T 264, στο πλαίσιο της μετάβασης σε μηδενικές εκπομπές άνθρακα. Αυτά τα οχήματα θα ενσωματώσουν το σύστημα Autonomous Haulage Solution (AHS) που αναπτύχθηκε από κοινού με τη Liebherr.

### 5.4.2 Τεχνολογίες και λειτουργία

Τα αυτόνομα οχήματα σε αυστραλιανά ορυχεία λειτουργούν μέσω προηγμένων συστημάτων που περιλαμβάνουν:

- GPS και LiDAR: Για ακριβή πλοήγηση και αποφυγή εμποδίων.
- Αισθητήρες και κάμερες: Για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος και την ανίχνευση κινδύνων.
- Συστήματα τηλεματικής: Που επιτρέπουν την απομακρυσμένη παρακολούθηση και τον έλεγχο των οχημάτων από κέντρα επιχειρήσεων, όπως αυτό της Rio Tinto στο Περθ, που βρίσκεται 1.200 χιλιόμετρα μακριά από τα ορυχεία.

### 5.4.3 Οφέλη και προκλήσεις

Η υιοθέτηση αυτόνομων οχημάτων έχει οδηγήσει σε:

- Αύξηση της αποδοτικότητας: Τα οχήματα μπορούν να λειτουργούν όλο το εικοσιτετράωρο χωρίς διαλείμματα, μειώνοντας τον χρόνο μεταφοράς και αυξάνοντας την παραγωγικότητα.
- Μείωση των ατυχημάτων: Η απομάκρυνση των οδηγών από επικίνδυνες ζώνες μειώνει τον κίνδυνο τραυματισμών.
- Περιβαλλοντικά οφέλη: Η μετάβαση σε ηλεκτρικά αυτόνομα οχήματα συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

Ωστόσο, υπάρχουν και προκλήσεις, όπως το υψηλό αρχικό κόστος επένδυσης και η ανάγκη για εξειδικευμένο προσωπικό για τη συντήρηση και τον έλεγχο των συστημάτων.

Τα πλεονεκτήματα από την υιοθέτηση αυτόνομων και ημι-αυτόνομων τεχνολογιών είναι πολλαπλά. Πέρα από την αυξημένη ασφάλεια και τη μείωση των λαθών, τα αυτόνομα συστήματα προσφέρουν καλύτερο έλεγχο χρόνου και σταθερότητα κόστους, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό σε σύνθετες ή χρονοευαίσθητες αποστολές. Σε περιπτώσεις, για παράδειγμα, όπου πρέπει να μεταφερθούν πτερύγια ανεμογεννητριών ή μεγάλα τμήματα βιομηχανικού εξοπλισμού μέσα από εργοτάξια ή απομονωμένες περιοχές, η χρήση αυτοματισμών επιτρέπει ευκολότερη πλοήγηση, καλύτερη κατανομή φορτίου και ακρίβεια στην τοποθέτηση (European Commission, 2022).

Ωστόσο, η πλήρης ενσωμάτωση των τεχνολογιών αυτών συναντά ακόμη αρκετά εμπόδια. Σε θεσμικό επίπεδο, πολλές χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας, δεν έχουν ακόμη διαμορφώσει το κατάλληλο νομικό πλαίσιο που να επιτρέπει την κυκλοφορία αυτόνομων βαρέων οχημάτων σε δημόσιο οδικό δίκτυο. Επιπρόσθετα, απαιτείται σημαντική αναβάθμιση των υποδομών, όπως σταθερή σήμανση, επαρκής φωτισμός, αισθητήρες κυκλοφορίας, ώστε να μπορέσουν αυτά τα οχήματα να λειτουργήσουν με ασφάλεια.

Στην Ελλάδα, τέτοια συστήματα βρίσκονται ακόμη σε πρώιμο στάδιο. Δεν υπάρχουν οργανωμένες δοκιμές, ενώ και η αγορά παραμένει διστακτική, κυρίως λόγω του κόστους και της έλλειψης θεσμικής υποστήριξης. Ωστόσο, στο πλαίσιο των ευρωπαϊκών προγραμμάτων ψηφιοποίησης και των δράσεων του Ταμείου Ανάκαμψης, το Υπουργείο Υποδομών έχει εκφράσει πρόθεση να προχωρήσει σε πρωτοβουλίες για την πιλοτική αξιολόγηση νέων τεχνολογιών αυτοματοποίησης, με στόχο τον εκσυγχρονισμό του μεταφορικού τομέα σε βάθος χρόνου (ΥΜΕ, 2023).

Παρόλο που η ευρεία εφαρμογή της πλήρους αυτονομίας φαίνεται να βρίσκεται ακόμη σε εμβρυικό στάδιο, είναι φανερό ότι τα ημι-αυτόνομα συστήματα αποτελούν ήδη μέρος του παρόντος και θα συνεχίσουν να επεκτείνονται. Η τεχνολογία αυτή, όταν ενσωματωθεί σωστά και με υποστήριξη από το κατάλληλο θεσμικό πλαίσιο, μπορεί να φέρει ουσιαστική πρόοδο στην ασφάλεια, την αποδοτικότητα και τον επιχειρησιακό έλεγχο των ειδικών μεταφορών.

### 5.5 Τεχνητή νοημοσύνη και big data στη βελτιστοποίηση

Η αυτόνομη πλοήγηση και τα υποστηρικτικά συστήματα οδηγού βασίζονται στην επεξεργασία τεράστιου όγκου δεδομένων. Για τον λόγο αυτό, η τεχνητή νοημοσύνη και τα Big Data έχουν αποκτήσει κρίσιμο ρόλο στον σχεδιασμό, την παρακολούθηση και τη βελτιστοποίηση των ειδικών μεταφορών.

Σε έναν τομέα όπου η πολυπλοκότητα είναι υψηλή, το ρίσκο είναι αυξημένο και τα περιθώρια λάθους περιορισμένα, οι ψηφιακές τεχνολογίες που προσφέρουν δυνατότητα πρόβλεψης, ανάλυσης και αυτοματοποίησης αποκτούν ολοένα και μεγαλύτερη σημασία. Η τεχνητή νοημοσύνη και η ανάλυση μεγάλων δεδομένων (Big Data) αλλάζουν ριζικά τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται και εκτελούνται οι ειδικές μεταφορές. Εφαρμόζεται

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

κυρίως στο σχεδιασμό διαδρομών, στην εκτίμηση ρίσκου και στη βελτιστοποίηση επιχειρησιακών αποφάσεων. Μέσω ειδικών αλγορίθμων, μπορούν να συμπεριληφθούν πολλοί παράγοντες όπως το βάρος, οι καιρικές συνθήκες, οι ώρες κυκλοφορίας, η κατάσταση των υποδομών, τα όρια ταχύτητας και οι τεχνικοί περιορισμοί γεφυρών και δρόμων. Οι υπολογισμοί αυτοί οδηγούν σε προτάσεις βέλτιστης διαδρομής με βάση την ασφάλεια, τον χρόνο και το κόστος. Ωστόσο, η TN μπορεί να λειτουργήσει ως εργαλείο προγνωστικής συντήρησης για τα οχήματα και τον εξοπλισμό. Ανάλυση δεδομένων από αισθητήρες μπορεί να εντοπίσει πρόωρα φθορές, ασυμβατότητες στη λειτουργία ή μοτίβα που δείχνουν πιθανή αστοχία. Έτσι, προγραμματίζεται προληπτική συντήρηση, αποφεύγοντας διακοπές και υψηλά κόστη έκτακτων επισκευών. Η αξιοποίηση των δεδομένων Big Data είναι εξίσου σημαντική. Κάθε ειδική μεταφορά παράγει τεράστιο όγκο δεδομένων: από τηλεματικά συστήματα, GPS, αισθητήρες φορτίου, καιρού, στάθμευσης, κατανάλωσης καυσίμου κ.ά. Η συλλογή και επεξεργασία αυτών των δεδομένων επιτρέπει σε εταιρείες να προβλέπουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τους χρόνους, τις καθυστερήσεις, το κόστος και τις πιθανές παρεκκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό.

### 5.5.1 Καινοτόμες Εφαρμογές της TN

Μια από τις πιο καινοτόμες εφαρμογές είναι η χρήση συστημάτων υποβοηθούμενης λήψης αποφάσεων (Decision Support Systems) που βασίζονται σε Τεχνητή Νοημοσύνη (TN). Τα συστήματα αυτά βοηθούν τους υπεύθυνους μεταφοράς να επιλέγουν όχι μόνο τη συντομότερη ή φθηνότερη διαδρομή σύμφωνα με τον προορισμό, αλλά και την πιο ασφαλή και εφικτή με βάση συνδυαστικές παραμέτρους σε πραγματικό χρόνο.

Ακόμα και σε επίπεδο επιχειρησιακής συνέχειας (business continuity), η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να συμβάλλει σημαντικά. Μέσω ανάλυσης κινδύνου και εξομοίωσης σεναρίων, μπορούν να προβλεφθούν οι επιπτώσεις ακραίων καταστάσεων όπως διακοπές κυκλοφορίας, φυσικές καταστροφές ή τεχνικά σφάλματα, και να δημιουργηθούν εναλλακτικά σχέδια δράσης.

Παρά τα παραπάνω πλεονεκτήματα, η ευρεία εφαρμογή TN και Big Data στις ειδικές μεταφορές παραμένει περιορισμένη στα πλαίσια των χωρών όπως η Ελλάδα. Οι πιο σημαντικοί λόγοι είναι το υψηλό κόστος αρχικής υλοποίησης, η έλλειψη του εξειδικευμένου προσωπικού και η απουσία της θεσμικής υποστήριξης για τη συλλογή,

αξιοποίηση και διασφάλιση των σχετικών δεδομένων προς επεξεργασία. Ωστόσο, η ενσωμάτωσή τους σε ευρωπαϊκά έργα και η χρήση τους από μεγάλες εταιρείες μεταφοράς δημιουργεί το πλαίσιο για μελλοντική ενίσχυση του ρόλου τους στον ελληνικό χώρο.

Είναι σαφές ότι η τεχνητή νοημοσύνη και η επεξεργασία δεδομένων μπορούν να οδηγήσουν τις ειδικές μεταφορές σε νέα εποχή ακρίβειας, ευελιξίας και ασφάλειας, υπό την προϋπόθεση ότι θα ενσωματωθούν συστηματικά και στρατηγικά στον σχεδιασμό των υπηρεσιών.

### 5.6 Τεχνολογίες ασφάλειας

Ακόμη και οι πιο προηγμένοι αλγόριθμοι δεν έχουν αξία χωρίς την συστηματική επιτήρηση της ασφάλειας. Η σωστή αξιοποίηση των δεδομένων και των προβλέψεων χρειάζεται να συνοδεύεται από τεχνολογίες ασφάλειας όπως αισθητήρες, drones και συστήματα απομακρυσμένου ελέγχου που προσφέρουν μεγιστοποίηση της ασφάλειας με εγγυημένα αποτελέσματα.

Η ασφάλεια αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους πυλώνες στις ειδικές μεταφορές, καθώς το μέγεθος, το βάρος και η πολυπλοκότητα των φορτίων αυξάνουν σημαντικά τον κίνδυνο αστοχίας, ατυχημάτων ή ζημιών στην υπάρχουσα τεχνική υποδομή. Για αυτόν τον λόγο, η τεχνολογία έχει αρχίσει να διαδραματίζει έναν πιο σημαντικό ρόλο στη θωράκιση αυτών των μεταφορών, μέσα από την υιοθέτηση εξειδικευμένων αισθητήρων, συστημάτων απομακρυσμένης παρακολούθησης και σύγχρονων εναέριων μέσων όπως τα μη επανδρωμένα αεροσκάφη (drones).

Οι αισθητήρες είναι πλέον βασικό κομμάτι και της σύγχρονης μεταφορικής τεχνολογίας. Ειδικά στις ειδικές μεταφορές, εγκαθίστανται αισθητήρες πίεσης, κλίσης, θερμοκρασίας, δονήσεων και επιτάχυνσης, τόσο στο φορτίο όσο και στην πλατφόρμα μεταφοράς. Οι πληροφορίες αυτές αποστέλλονται σε πραγματικό χρόνο σε σταθμούς ελέγχου ή απευθείας στους οδηγούς και επιβλέποντες της μεταφοράς, δίνοντάς τους την ευελιξία να αντιδρούν προληπτικά, σε περιπτώσεις απόκλισης ή μηχανικής καταπόνησης. Ενδεικτικά, αισθητήρες κλίσης μπορούν να ενεργοποιήσουν αυτόματα φρένα στα ρυμουλκούμενα οχήματα, όταν το φορτίο φτάσει επικίνδυνο όριο γωνίας, προς αποφυγή ανατροπής του φορτίου.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Ωστόσο, η χρήση drones προσφέρει περαιτέρω δυνατότητες που μέχρι πρόσφατα δεν ήταν διαθέσιμες. Τα drones χρησιμοποιούνται είτε προληπτικά, για την επιθεώρηση διαδρομής, γεφυρών ή εργοταξίων— είτε κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, ως συνοδευτικό μέσο εναέριας επιτήρησης. Ιδιαίτερα σε σημεία με περιορισμένη ορατότητα ή σε μεταφορές κατά τη νύχτα, προσφέρουν επιπλέον ασφάλεια και εικόνα από ψηλά (European Commission, 2022). Επισημαίνεται ακόμη, ότι μπορούν να αξιοποιηθούν για την καταγραφή δεδομένων και την τεκμηρίωση της μεταφοράς, είτε για λογιστικούς λόγους είτε για νομική κάλυψη σε περιπτώσεις αστοχίας.

Εξίσου σημαντικά είναι τα συστήματα απομακρυσμένης παρακολούθησης (remote monitoring), τα οποία λειτουργούν μέσω τηλεματικής και επιτρέπουν την πλήρη εποπτεία της μεταφοράς σε πραγματικό χρόνο από κέντρο ελέγχου. Μέσω αυτών, μπορούν να εντοπιστούν τυχόν καθυστερήσεις, αποκλίσεις από την εγκεκριμένη διαδρομή ή επικίνδυνες συνθήκες (όπως η υπερθέρμανση φρένων, παραβίαση ταχύτητας). Ο συνδυασμός των δεδομένων αυτών με τεχνητή νοημοσύνη επιτρέπει, σε πιο προηγμένα συστήματα, την πρόβλεψη και προτροπή επικίνδυνων καταστάσεων.

Σε ευρωπαϊκές χώρες, ειδικά στη Γερμανία, την Ολλανδία και τη Δανία, η χρήση τέτοιων τεχνολογιών έχει αρχίσει να ενσωματώνεται ακόμα και στα θεσμικά πλαίσια αδειοδότησης, ενώ ορισμένοι πάροχοι απαιτούν την παρουσία remote monitoring για μεταφορές άνω συγκεκριμένου βάρους ή αξίας. Στην Ελλάδα, τέτοια τεχνολογικά μέσα αξιοποιούνται περισσότερο σε ιδιωτικές πρωτοβουλίες, ενώ η χρήση τους δεν είναι ακόμη υποχρεωτική. Ωστόσο, η εμπειρία δείχνει ότι η συστηματική εφαρμογή τους μπορεί να μειώσει σημαντικά τα περιστατικά καθυστερήσεων, ζημιών ή νομικών διαφορών.

Συνολικά, η ενσωμάτωση τεχνολογιών ασφάλειας προσφέρει πολλαπλά επίπεδα προστασίας: του ίδιου του φορτίου, των ανθρώπων που εμπλέκονται, αλλά και των υποδομών. Στο μέλλον, η ενίσχυση αυτών των τεχνολογιών, σε συνδυασμό με την κατάλληλη θεσμική πλαισίωση, μπορεί να αναβαθμίσει θεαματικά την ποιότητα και την ασφάλεια των ειδικών μεταφορών στην Ελλάδα.

## 6 Επιχειρησιακή Συνέχεια, Ανθεκτικότητα και Ανάκαμψη από Καταστροφές

Οι ειδικές μεταφορές, λόγω της πολυπλοκότητας τους, του υπέρογκου κόστους και των κρίσιμων παραμέτρων που τις χαρακτηρίζουν, είναι ιδιαίτερα ευάλωτες σε απρόβλεπτες καταστάσεις. Μηχανικές βλάβες οχημάτων, ακραία καιρικά φαινόμενα, διακοπές σε δίκτυα επικοινωνίας ή ακόμη και ανθρώπινοι παράγοντες, όπως η απουσία ή αδυναμία κρίσιμου προσωπικού όπως ένας έμπειρος χειριστής γερανού ή οδηγός πολυαξονικού οχήματος, μπορούν να οδηγήσουν σε καθυστερήσεις, ατυχήματα ή οικονομικές απώλειες του τελικού έργου. Γι' αυτό και η έννοια της επιχειρησιακής συνέχειας (Business Continuity) και η οργανωσιακή ανθεκτικότητα (Organizational Resilience) καθίστανται απαραίτητες για τη βιωσιμότητα, την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα κάθε έργου στον τομέα των ειδικών μεταφορών.

Αξίζει να σημειωθεί ότι, όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο Κεφάλαιο 5, η τεχνολογία παίζει καθοριστικό ρόλο και στην ενίσχυση της ανθεκτικότητας. Τα έξυπνα συστήματα παρακολούθησης, οι πλατφόρμες τηλεματικής, η προληπτική συντήρηση και η απομακρυσμένη διαγνωστική αποτελούν σήμερα κρίσιμα εργαλεία για την έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων και την αποτροπή διακοπής της λειτουργίας.

Η παρούσα ενότητα παρουσιάζει πώς οργανώνεται ένα ολοκληρωμένο πλάνο επιχειρησιακής συνέχειας στον χώρο των ειδικών μεταφορών, τι εργαλεία και τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανίχνευση και διαχείριση κρίσεων, καθώς και ποιες είναι οι κατάλληλες στρατηγικές ανάκαμψης και πιθανά σενάρια κινδύνου.

Στόχος είναι να αναδειχθεί η σημασία της προνοητικότητας, της ανθεκτικότητας και της τεχνολογικής ετοιμότητας σε έναν τομέα όπου το παραμικρό απρόοπτο μπορεί να προκαλέσει δυσανάλογες επιπτώσεις.

### 6.1 Στρατηγικός Σχεδιασμός Επιχειρησιακής Συνέχειας

Ο σχεδιασμός επιχειρησιακής συνέχειας (Business Continuity Planning, BCP) αποτελεί θεμελιώδες εργαλείο πρόληψης και διαχείρισης κινδύνων στον τομέα των ειδικών μεταφορών. Πρόκειται για ένα δομημένο πλαίσιο μέσω του οποίου μια επιχείρηση

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

προετοιμάζεται να ανταποκριθεί αποτελεσματικά σε απρόβλεπτες δυσμενείς καταστάσεις, διατηρώντας παράλληλα τη λειτουργικότητα των κρίσιμων διαδικασιών της ή επαναφέροντάς την στον συντομότερο δυνατό χρόνο.

Οι επιχειρήσεις στον τομέα των ειδικών μεταφορών οφείλουν να έχουν προβλέψει ενδεχόμενα σενάρια διακοπών, όπως μηχανικές αστοχίες, ακραία καιρικά φαινόμενα ή κοινωνικές αναταραχές, και να έχουν προετοιμάσει ανάλογα σχέδια (Ojha et al., 2013).

Τα σχέδια BCP περιλαμβάνουν την αξιολόγηση των κρίσιμων λειτουργιών (Business Impact Analysis), τον καθορισμό ρόλων και αρμοδιοτήτων, την ετοιμότητα προσωπικού και υποδομών, καθώς και την εφαρμογή δοκιμών και ασκήσεων (Zimon & Madzik, 2020). Σύμφωνα με το ISO 22301, η τεκμηρίωση και η συνεχής βελτίωση αυτών των σχεδίων είναι απαραίτητη προϋπόθεση για αποτελεσματική εφαρμογή.

Στις ειδικές μεταφορές, όπου εμπλέκονται σύνθετες και πολύπλοκες τεχνικές απαιτήσεις, οδικόι περιορισμοί, εξειδικευμένο ανθρώπινο δυναμικό και υψηλό λειτουργικό κόστος, η ύπαρξη σχεδίου επιχειρησιακής συνέχειας μπορεί να καθορίσει την επιτυχία ή την αποτυχία ενός έργου.

Βασικά στάδια του σχεδιασμού:

### 6.1.1 Αναγνώριση κρίσιμων λειτουργιών:

Πρώτο βήμα είναι ο εντοπισμός όλων των λειτουργιών που θεωρούνται κρίσιμες για την εκτέλεση της μεταφοράς, όπως η διαθεσιμότητα συγκεκριμένων οχημάτων, γερανών, αδειών κυκλοφορίας, τηλεματικής ή προσωπικού.

Για παράδειγμα, σε μια υπερμεγέθη μεταφορά, κρίσιμες λειτουργίες είναι :

- η διαθεσιμότητα εξειδικευμένου εξοπλισμού
- η ύπαρξη ειδικών αδειών διέλευσης και τα απαραίτητα έγγραφα
- η σύνδεση με πληροφοριακά συστήματα
- το ανθρώπινο δυναμικό με τα απαιτούμενα προσόντα και πιστοποιήσεις.

Η καταγραφή αυτή γίνεται σε πίνακα, συνοδευόμενη από βαθμολογία κρίσιμης σημασίας (criticality score) (Mizrak, 2023). Η βαθμολογία αυτή μπορεί να βασιστεί σε κλίμακα από το 1 έως το 5, όπου 1 δηλώνει χαμηλή κρισιμότητα και 5 εξαιρετικά υψηλή. Παράγοντες όπως η επίπτωση διακοπής, ο χρόνος αποκατάστασης, η συχνότητα εμφάνισης προβλημάτων και η δυσκολία αντικατάστασης του πόρου λαμβάνονται υπόψη.

Παράδειγμα πίνακα: Πίνακας 6.1.1.α

| Λειτουργία                       | Κρισιμότητα | Σχόλια                                               |
|----------------------------------|-------------|------------------------------------------------------|
| Διαθεσιμότητα Γερανού            | 5           | Κεντρικός εξοπλισμός για φόρτωση βαρέων φορτίων      |
| Πρόσβαση σε τηλεματική πλατφόρμα | 3           | Εναλλακτικά δρομολόγια χωρίς live tracking           |
| Οδηγός με ειδική άδεια μεταφοράς | 4           | Απαιτείται άμεση αντικατάσταση σε περίπτωση απουσίας |

Πηγή: Ιδία Επεξεργασία

### 6.1.2 Ανάλυση επιπτώσεων και χρονικά όρια (Business Impact Analysis – BIA)

Με την ανάλυση αυτή, αξιολογείται τι συνέπειες θα είχε η διακοπή κάθε κρίσιμης λειτουργίας σε επίπεδο χρόνου, κόστους, ασφάλειας ή φήμης. Η BIA βοηθά να προσδιοριστεί ο μέγιστος αποδεκτός χρόνος διακοπής (Maximum Allowable Downtime – MAD).

Η BIA είναι το στάδιο όπου μετράται τι επιπτώσεις θα προκύψουν αν μια κρίσιμη λειτουργία διακοπεί και για πόσο χρόνο μπορεί η επιχείρηση να το αντέξει. (Yadav & Barve,2015)

Παράγοντες όπως:

- Οικονομικές απώλειες ανά ώρα/ημέρα καθυστέρησης,
- Επιπτώσεις στη φήμη και στη σχέση με πελάτες/εργοδότες,
- Δευτερογενείς επιδράσεις (καθυστερήσεις σε εργοτάξιο, ποινικές ρήτρες).

Στόχος της BIA είναι να προσδιοριστεί το M.A.D. (Maximum Acceptable Downtime) της κάθε λειτουργίας, δηλαδή ο μέγιστος χρόνος που μπορεί να μείνει εκτός λειτουργίας χωρίς καταστροφικές συνέπειες. Παράλληλα, καθορίζεται το Μέγιστο Ανεκτό Διάστημα Διακοπής (Maximum Allowable Downtime – MAD) για κάθε λειτουργία (Yadav & Barve,

2015). Για παράδειγμα, η μη διαθεσιμότητα του γερανού ανύψωσης ενδέχεται να έχει MAD λίγων ωρών, ενώ η πρόσβαση στο τηλεματικό σύστημα μπορεί να επιτραπεί να καθυστερήσει περισσότερο.

### 6.1.3 Εκτίμηση και Ιεράρχηση κινδύνων

Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει τεχνικούς κινδύνους, περιβαλλοντικούς, ανθρώπινους και ψηφιακούς. Γίνεται συστηματική καταγραφή όλων των πιθανών απειλών που μπορούν να πλήξουν τις κρίσιμες λειτουργίες, και εκτιμάται η σοβαρότητά τους με βάση την πιθανότητα εμφάνισης, την ένταση των συνεπειών και τη δυνατότητα πρόληψης.

Στις ειδικές μεταφορές, ενδεικτικοί κίνδυνοι είναι:

- βλάβη σε βασικό όχημα ή γερανό,
- εμπλοκή κυκλοφορίας λόγω έργων ή ατυχημάτων,
- περιβαλλοντικοί παράγοντες (έντονοι άνεμοι, πλημμύρες),
- απώλεια συστήματος τηλεματικής ή GPS,
- απουσία οδηγού ή χειριστή με ειδική άδεια,
- κυβερνοεπίθεση σε πλατφόρμα διαχείρισης φορτίων.

Η ιεράρχηση βοηθά να εστιάσουμε σε αυτούς με τον μεγαλύτερο συνδυασμό κινδύνου και επιπτώσεων. Η έξοδος αυτού του σταδίου είναι ένας πίνακας «risk matrix» που ιεραρχεί τις απειλές ανάλογα με τη σοβαρότητα τους (Alexander, 2013). Ένα ενδεικτικό παράδειγμα πίνακα περιλαμβάνει άξονες για την «Πιθανότητα» (Χαμηλή, Μέτρια, Υψηλή) και την «Επίπτωση» (Ασθενής, Σημαντική, Κρίσιμη), οι οποίοι διασταυρώνονται για να προσδιορίσουν επίπεδα επικινδυνότητας (π.χ. Χαμηλός, Μέτριος, Υψηλός Κίνδυνος). Ακολουθεί ένα παράδειγμα πίνακα Risk Matrix.

Πίνακας 6.1.3.α

**Πίνακας Risk Matrix**

|          |           |            |         |          |  |  |
|----------|-----------|------------|---------|----------|--|--|
| Επίπτωση | Ασθενής   |            |         |          |  |  |
|          | Χαμηλός   | Χαμηλός    | Μέτριος |          |  |  |
|          | Σημαντική | Χαμηλός    | Μέτριος | Υψηλός   |  |  |
|          | Κρίσιμη   | Μέτριος    | Υψηλός  | Κρίσιμος |  |  |
|          |           | Χαμηλή     | Μέτρια  | Υψηλή    |  |  |
|          |           | Πιθανότητα |         |          |  |  |

#### 6.1.4 Κατάρτιση πλάνων αντίδρασης και στρατηγικών επαναφοράς

Για κάθε πιθανό σενάριο, προβλέπονται συγκεκριμένα μέτρα, όπως εναλλακτικές διαδρομές, εφεδρικός εξοπλισμός, υποκατάσταση προσωπικού, υποστήριξη από εξωτερικούς συνεργάτες και απομακρυσμένη διαχείριση.

Σε αυτό το στάδιο διαμορφώνονται ρεαλιστικά σχέδια ενεργειών για κάθε κρίσιμο σενάριο.

- καθορισμό εναλλακτικών διαδρομών σε περίπτωση αποκλεισμού,
- πρόβλεψη εφεδρικών οχημάτων και εξοπλισμού σε κοντινή ακτίνα,

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

- διατήρηση βάσεων δεδομένων με εφεδρικούς οδηγούς/χειριστές,
- συμφωνίες με συνεργαζόμενες εταιρείες για επείγουσα υποστήριξη,
- cloud-backup για πρόσβαση στα έγγραφα της αποστολής σε περίπτωση απώλειας συστημάτων.

Οι ενέργειες αυτές καταγράφονται σε Operational Recovery Sheets και συχνά συνοδεύονται από χάρτες, επαφές και έγγραφα-πρότυπα.

### 6.1.5 Ορισμός υπευθύνων και διαύλων επικοινωνίας

Κάθε κρίσιμη λειτουργία συνοδεύεται από υπεύθυνο σχεδίου επιχειρησιακής συνέχειας (Business Continuity Plan - BCP), σαφή αλυσίδα εντολών και πρότυπα μηνυμάτων προς συνεργάτες, εργοδότες ή δημόσιους φορείς.

Για να υλοποιηθεί το πλάνο την ώρα της κρίσης, απαιτείται μια σαφής οργανωτική δομή :

- Ποιος παίρνει αποφάσεις; (π.χ. διευθυντής έργου)
- Ποιος ενημερώνει δημόσιες αρχές ή συνεργάτες;
- Ποιοι είναι υπεύθυνοι για τεχνικές ενέργειες (τροφοδοσία, αποκατάσταση);
- Ποιο είναι το πρωτόκολλο ενημέρωσης (εσωτερικό & εξωτερικό);

Η χρήση πρότυπων φορμών επικοινωνίας και templates ενεργειών είναι κρίσιμη για να αποφεύγονται καθυστερήσεις ή σύγχυση την κρίσιμη στιγμή. Τα πλάνα πρέπει να είναι ρεαλιστικά, να βασίζονται σε υπάρχοντες πόρους και να ενημερώνονται τακτικά (Andersson & Klinga, 2022).

Ένα BCP δεν λειτουργεί χωρίς ανθρώπους. Πρέπει να οριστούν:

- Υπεύθυνοι επιχειρησιακής συνέχειας ανά λειτουργία (π.χ. υπεύθυνος εξοπλισμού, επικοινωνίας, ανθρώπινου δυναμικού),
- Αναπληρωτές σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας,
- Τυποποιημένα πρωτόκολλα επικοινωνίας (SMS templates, email προς φορείς, πελάτες, εσωτερικές οδηγίες).

Η ταχύτητα αντίδρασης εξαρτάται από την προηγούμενη εκπαίδευση, τακτικές δοκιμές και τη σαφήνεια της ιεραρχίας (Seville, 2017; Smith & Elliott, 2007).

### 6.2 Ανθεκτικότητα της Επιχείρησης (Organizational Resilience)

Ο στρατηγικός σχεδιασμός επιχειρησιακής συνέχειας, όπως αναλύθηκε στην προηγούμενη ενότητα, προσφέρει το πλαίσιο για τα βήματα που πρέπει να γίνουν όταν προκύψει κρίση. Παρ' όλα αυτά, για να είναι πραγματικά αποτελεσματικό ένα BCP, θα πρέπει να υποστηρίζεται από μια πιο θεμελιώδη ικανότητα, την ανθεκτικότητα της επιχείρησης. Δηλαδή, την ικανότητά της όχι απλώς να ανταποκρίνεται σε έκτακτες καταστάσεις, αλλά να προλαμβάνει, να προσαρμόζεται και να μπορεί να αντέχει σε συνθήκες μεταβολών ή διαταραχών χωρίς να χρειάζεται κάθε φορά να βασίζεται σε «σχέδιο ανάγκης».

Η επιχειρησιακή ανθεκτικότητα δεν είναι ένα μεμονωμένο σχέδιο, αλλά διαχέεται σε όλα τα επίπεδα της επιχείρησης, από την τεχνολογική της υποδομή έως τη δομή προσωπικού και την οργανωσιακή κουλτούρα. Η καλλιέργεια αυτής της ικανότητας αποτελεί πλέον βασικό πυλώνα επιτυχίας, ιδιαίτερα στον ευμετάβλητο και απαιτητικό τομέα των ειδικών μεταφορών, όπου οι αστοχίες και οι καθυστερήσεις ενδέχεται να έχουν δυσανάλογες επιπτώσεις στο έργο. Η πρόβλεψη πιθανών κρίσεων, η τυποποίηση σεναρίων, καθώς και η ανάπτυξη αντίστοιχων διαδικασιών αντίδρασης, είναι βασικά συστατικά επιτυχίας (Mitroff, 2005; Herbane, 2013). Η τεχνολογική συνδρομή στην αντιμετώπιση κρίσεων, όπως αναλύθηκε στο προηγούμενο υποκεφάλαιο, σχετικά με την τεχνολογία στις ειδικές μεταφορές, ενισχύει σημαντικά τη διαθεσιμότητα πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο (π.χ. μέσω αισθητήρων, GPS, cloud-based συστημάτων), βελτιστοποιώντας τη λήψη αποφάσεων και τη συνεργασία των εμπλεκόμενων μερών (Ponomarev & Holcomb, 2009; Wieland & Wallenburg, 2013).

Η έμφαση στην ταχεία αναγνώριση, επικοινωνία και απόκριση στις κρίσεις απαιτεί πρακτικά εργαλεία όπως το Incident Command System (ICS), καθώς και διαρκή εκπαίδευση και ασκήσεις προσομοίωσης (Simons et al., 2014).

Στις υποενότητες που ακολουθούν παρουσιάζονται οι βασικοί άξονες της ανθεκτικότητας, όπως εφαρμόζονται στην πράξη: η λειτουργική ευελιξία, η ψηφιακή επάρκεια, η προσαρμοστικότητα του ανθρώπινου δυναμικού και η κουλτούρα οργανωτικής διαφάνειας και επαγρύπνησης.

### 6.2.1 Λειτουργική ευελιξία και εναλλαξιμότητα πόρων

Η λειτουργική ευελιξία αναφέρεται στην ικανότητα μιας επιχείρησης να προσαρμόζει τη λειτουργία της σε μεταβαλλόμενες ή απρόβλεπτες συνθήκες, χωρίς να θίγεται η βασική αποστολή της. Στον κλάδο των ειδικών μεταφορών, η ευελιξία αυτή αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς ένα πλήθος από εξωτερικές ή εσωτερικές μεταβλητές (καιρικά φαινόμενα, κυκλοφοριακές ρυθμίσεις, βλάβες, απουσίες προσωπικού) μπορούν να απειλήσουν τη ροή των εργασιών (Ghosh et al., 2022)..

#### I. Εναλλακτικότητα διαδρομών και μεθόδων

Μια ανθεκτική επιχείρηση μεταφορών πρέπει να μπορεί να τροποποιήσει γρήγορα τη διαδρομή ή τη μέθοδο μεταφοράς, εφόσον η αρχικά σχεδιασμένη λύση δεν μπορεί να εφαρμοστεί (Christopher & Peck, 2004). Παραδείγματα:

- Εκτροπή της πορείας όταν προκύψει απροσδόκητο κλείσιμο δρόμου λόγω έκτακτης εργολαβίας ή φυσικού φαινομένου.
- Αντικατάσταση τροχοφόρου μεταφοράς με θαλάσσια ή σιδηροδρομική διαδρομή σε έργα μεγάλων αποστάσεων.
- Αλλαγή από χρήση γερανού σε συγχρονισμένα υδραυλικά jacks σε εργοτάξιο όπου δεν υπάρχει πρόσβαση.

Για να είναι εφαρμόσιμα αυτά τα σενάρια, απαιτείται προηγούμενη ανάλυση και διαθεσιμότητα δεδομένων (route surveys, logistics permissions) (Ivanov et al., 2014).

#### II. Διαθεσιμότητα εφεδρικού εξοπλισμού και μέσων

Η ετοιμότητα εναλλακτικού εξοπλισμού αποτελεί βασική μορφή επιχειρησιακής ανθεκτικότητας. Πιο συγκεκριμένα:

- Η διατήρηση εφεδρικών ρυμουλκούμενων, ανυψωτικών μονάδων ή εξαρτημάτων (π.χ. υδραυλικών ενισχυτών, δεσίματος φορτίου) είναι απαραίτητη.
- Οι συμβάσεις με τρίτους παρόχους (π.χ. γερανοφόρες εταιρείες ή τοπικά εργολαβικά σχήματα) μπορούν να καλύψουν προσωρινά την ανάγκη σε εξοπλισμό,

εφόσον οι συνεργασίες έχουν καθοριστεί εκ των προτέρων (Wieland & Wallenburg, 2013).

Σύμφωνα με μελέτες στον ευρωπαϊκό χώρο, οι επιχειρήσεις που διαθέτουν πολλαπλές εναλλακτικές πηγές μέσων και υπηρεσιών, εμφανίζουν μέχρι και 30% μικρότερο χρόνο ανάκαμψης μετά από κρίση (Ponomarev & Holcomb, 2009).

### III. Εφεδρικό και cross-trained προσωπικό

Η διαθεσιμότητα εκπαιδευμένου προσωπικού είναι εξίσου κρίσιμη με τον εξοπλισμό (Tang, 2006). Είναι σημαντικό να υπάρχουν εναλλακτικές σε περιπτώσεις ασθένειας οδηγού ή χειριστή γερανού, λήξης άδειας επαγγελματικής πιστοποίησης κάποιου χειριστή ή μη διαθεσιμότητα συνοδού ασφαλείας σε συνοδευτικό όχημα. Η εταιρεία είναι υποχρεωμένη εκπαιδευμένο εφεδρικό προσωπικό, έτοιμο να καλύψει τις θέσεις σε τέτοιες περιπτώσεις.

Η εκπαίδευση ενός εργαζομένου σε περισσότερους του ενός ρόλους (cross-training) αποτελεί βέλτιστη πρακτική (Burnard & Bhamra, 2011) για παράδειγμα, ένας τεχνικός γερανού που μπορεί να χειριστεί βασικό ρυμουλκόμενο μεταφοράς, ή ένας οδηγός με άδεια επικουρικής καθοδήγησης. Αυτή η ευελιξία μειώνει την εξάρτηση από μεμονωμένα άτομα προσωπικού και εξασφαλίζει ότι καίριες λειτουργίες δεν παγώνουν λόγω ανθρώπινου παράγοντα.

### IV. Υλικοτεχνική υποστήριξη (logistics redundancy)

Το να υπάρχουν διαθέσιμα βασικά τεχνικά υλικά και αναλώσιμα σε στρατηγικά σημεία θέσης (π.χ. κοντά σε μεγάλους σταθμούς μεταφόρτωσης ή εργοτάξια) βελτιστοποιεί τη λειτουργική ευελιξία (Sheffi & Rice, 2005). Τα αποθέματα αυτά μπορούν να περιλαμβάνουν:

- Ανταλλακτικά εξαρτήματα (τροχοί, υδραυλικοί σωλήνες),
- Πρόσθετα μέσα ασφαλείας (ιμάντες, αντισιδηθικά),
- Ειδικά εργαλεία χειρισμού.

Η πρόβλεψη για συνέχεια εφοδιασμού (logistics continuity) είναι καίριας σημασίας, ιδιαίτερα όταν η μεταφορά εκτελείται σε απομακρυσμένες περιοχές εκτός αστικού ιστού.

### 6.2.2 Ψηφιακή ανθεκτικότητα

Η ψηφιακή ανθεκτικότητα αναφέρεται στο ποσοστό ικανότητας μιας επιχείρησης να διατηρεί ή να αποκαθιστά τη λειτουργία των πληροφοριακών της συστημάτων σε περίπτωση κυβερνοεπιθέσεων, τεχνικών δυσλειτουργιών ή απώλειας πρόσβασης στα λογισμικά της προγράμματα (Björck et al., 2015). Στις ειδικές μεταφορές, όπου η τεχνολογία (π.χ. τηλεματική, GPS, ψηφιακή διαχείριση φορτίου, cloud έγγραφα) αποτελεί βασικό εργαλείο, η ψηφιακή επάρκεια σχετίζεται άμεσα με τη δυνατότητα εκτέλεσης ή διακοπής της αποστολής (Ghadge et al., 2015).

#### ➤ Αδιάλειπτη πρόσβαση σε κρίσιμα δεδομένα

Η επιχειρησιακή πληροφορία (route maps, τεχνικά σχέδια, άδειες, δεδομένα φορτίου) πρέπει να είναι διαθέσιμη σε πραγματικό χρόνο από τους άμεσα εμπλεκόμενους του έργου.

- Αποθήκευση σε υπολογιστικό νέφος (cloud-based) πλατφόρμες με δυνατότητα πρόσβασης από πολλαπλά σημεία και συσκευές (Jabbour et al., 2020).
- Τοπικά και απομακρυσμένα αντίγραφα ασφαλείας (backups), ώστε τα δεδομένα να μην χάνονται σε περίπτωση βλάβης ή απώλειας εξοπλισμού.
- Πρόσβαση χωρίς σύνδεση στο διαδίκτυο (Offline accessibility), ειδικά για μεταφορές σε περιοχές χωρίς σταθερή σύνδεση (ορεινά, βιομηχανικές ζώνες).

Εταιρείες εξειδικευμένες σε παγκόσμιο επίπεδο των ειδικών μεταφορών, κορυφή στο είδος τους, όπως η Mammoet και η Goldhofer παρέχουν στους τεχνικούς τους tablets με offline-loaded τεχνικά σχέδια και οδηγίες ασφαλείας (Goldhofer, 2020).

#### ➤ Ανθεκτικότητα συστημάτων πλοήγησης και ελέγχου

Συστήματα όπως τηλεματική, αισθητήρες φορτίου, GPS, TPMS είναι κομβικής σημασίας για την επιτήρηση της μεταφοράς (Hosseini et al., 2019). Η απώλεια σήματος ή η δυσλειτουργία αυτών μπορεί να προκαλέσει:

- Κακή εκτίμηση της κατανομής φορτίου,
- Καθυστερήσεις σε σημεία ελέγχου ή διέλευσης,
- Αδυναμία πρόβλεψης φθοράς ή βλάβης.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Για την εξασφάλιση της επιχειρησιακής συνέχειας, χρησιμοποιούνται συστήματα με εναλλακτική συνδεσιμότητα Long Term Evolution (LTE) που αποτελούν πρότυπο τεχνολογίας ασύρματης ευρυζωνικής επικοινωνίας κινητής τηλεφωνίας, εφαρμόζονται πρωτόκολλα συντήρησης και διαγνωστικού ελέγχου πριν την αποστολή, Υπάρχουν μη αυτόματη ενεργοποίηση λειτουργιών (manually operable fallback modes).

### ➤ Κυβερνοασφάλεια και προστασία δεδομένων

Εφόσον η πληροφορία των δεδομένων και των στοιχείων του φορτίου διακινούνται ψηφιακά, είναι εκτεθειμένα σε κινδύνους όπως τα κακόβουλα λογισμικά. Η ψηφιακή ανθεκτικότητα περιλαμβάνει συστήματα πιστοποίησης ταυτότητας (two-factor authentication), κρυπτογράφηση δεδομένων και αρχείων, διαθέτει πολιτική περιορισμένης πρόσβασης, ανάλογα με την θέση εργασίας και παρέχει εκπαίδευση προσωπικού στην αναγνώριση απειλών (Kritzinger & von Solms, 2010). Σύμφωνα με την ENISA (2023), το 58% των επιθέσεων στον κλάδο των μεταφορών προέρχονται από λάθη χρηστών ή ανεπαρκή ασφάλεια endpoints.

### ➤ Απομακρυσμένη διαχείριση και υποστήριξη

Η δυνατότητα απομακρυσμένης παρακολούθησης και διάγνωσης βλαβών ή αποκλίσεων είναι απαραίτητη για την ψηφιακή ανθεκτικότητα (Linkon et al., 2013). Πλατφόρμες ελέγχου (dashboard control) όπου διευκολύνουν την παρακολούθηση πολλαπλών αποστολών σε πραγματικό χρόνο, την ενημέρωση για δυσλειτουργίες σε κρίσιμα συστήματα (π.χ. πίεση αξόνων, τάση μπαταρίας), την υποστήριξη από τεχνικούς εξ αποστάσεως, χωρίς καθυστέρηση επί τόπου συνεργείων. Αυτό μειώνει το χρονικό περιθώριο το οποίο το σύστημα βρίσκεται εκτός σωστής λειτουργίας ή δεν είναι διαθέσιμο (downtime), έτσι μειώνει το κόστος υποστήριξης και ενισχύει τη λειτουργική συνέχεια.

### 6.2.3 Ανθρώπινη ανθεκτικότητα και διαχείριση απουσιών

Αφού εξετάστηκαν οι τεχνικοί και λειτουργικοί άξονες της ανθεκτικότητας του κλάδου των ειδικών μεταφορών όπως η εναλλαξιμότητα εξοπλισμού και η ψηφιακή επάρκεια, είναι αναγκαίο να αναλυθεί ο τρίτος, εξίσου καθοριστικός πυλώνας, το ανθρώπινο

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

δυναμικό. Σε κάθε κρίσιμη συνθήκη, όσο αποτελεσματικά κι αν έχουν μελετηθεί και σχεδιαστεί τα πρωτόκολλα και οι τεχνολογίες, η τελική επιτυχία ή αποτυχία εξαρτάται από τους ανθρώπους που τα εφαρμόζουν. Στον χώρο των ειδικών μεταφορών, όπου η εξειδίκευση προσωπικού, η εμπειρία και η ψυχραιμία, επηρεάζουν άμεσα την ασφάλεια και την απόδοση, η ανθεκτικότητα των εργαζομένων αποτελεί όχι απλώς υποστήριξη του BCP, αλλά αναπόσπαστο τμήμα του. Η προνοητικότητα στην κάλυψη απουσιών, η διασταυρούμενη εκπαίδευση, αλλά και η ψυχική ετοιμότητα του προσωπικού λειτουργούν ως θεμέλια στοιχεία για την ομαλή συνέχιση της λειτουργίας ακόμη και υπό συνθήκες πίεσης. Με αυτόν το τρόπο αντικατοπτρίζεται η ικανότητα ανταπόκρισης, προσαρμογής και ανάκαμψης του προσωπικού.

### A) Σχεδιασμός για κάλυψη απουσιών – Εφεδρικές ομάδες

Σε περιπτώσεις αιφνίδιων απουσιών λόγω ασθένειας, ατυχήματος ή προσωπικών προβλημάτων, η επιχείρηση πρέπει να διαθέτει:

- Επικαιροποιημένο μητρώο εφεδρικού προσωπικού, με καταγεγραμμένα πιστοποιητικά, άδειες και διαθεσιμότητα.
- Συστήματα ειδοποίησης/επιστράτευσης σε περίπτωση ανάγκης (π.χ. βάσεις δεδομένων SMS/email).
- Εκπαιδευμένα πληρώματα αντικατάστασης, ικανά να αναλάβουν αποστολές χωρίς καθυστέρηση.

Η γενική συγκέντρωση προσωπικού στις εταιρείες δεν αρκεί, απαιτείται λειτουργική ετοιμότητα συμμετοχής.

### B) Cross-training (εκπαίδευση σε πολλαπλούς ρόλους)

Η εκπαίδευση προσωπικού σε παραπάνω από έναν ρόλο ενισχύει σημαντικά την ευελιξία και μειώνει την εξάρτηση από συγκεκριμένα άτομα εντός της εταιρείας. Προτεινόμενα παραδείγματα για διασταυρούμενη εκπαίδευση προσωπικού είναι:

- Ένας οδηγός μπορεί να εκπαιδευτεί ως συνοδός ασφαλείας.
- Ένας τεχνικός μπορεί να αποκτήσει άδεια χειρισμού ανυψωτικής πλατφόρμας.
- Οι υπάλληλοι διοίκησης μπορούν να συμμετέχουν σε πρωτόκολλα ελέγχου εγγράφων, αν χρειαστεί.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

Το cross-training όχι μόνο προσφέρει λειτουργική κάλυψη στις ανάγκες που προκύπτουν αλλά ενισχύει και το ηθικό του προσωπικού, προωθώντας κουλτούρα εμπλοκής και αυτονομίας (McManus et al., 2008).

### Γ) Ανθεκτικότητα υπό πίεση – Υποστήριξη & ψυχική αντοχή

Οι ειδικές μεταφορές απαιτούν κυρίως εργασία κατά τις νυχτερινές ώρες ή σε ακραίες περιβαλλοντικές ή καιρικές συνθήκες, υπό υψηλό άγχος (π.χ. μεταφορά ευαίσθητου βιομηχανικού εξοπλισμού), με ευθύνη δημόσιας ασφάλειας και αλληλεπίδραση με αρχές.

Γι' αυτό και πρέπει να λαμβάνονται μέτρα όπως:

- Περιοδική εκπαίδευση σε θέματα διαχείρισης κρίσεων και πίεσης,
- Εφαρμογή πολιτικής ψυχολογικής υποστήριξης (σε περίπτωση ατυχήματος ή σοβαρού περιστατικού),
- Διαχείριση ωραρίων και εργονομίας για αποφυγή κόπωσης.

Η ψυχική και σωματική ανθεκτικότητα των εργαζομένων συνδέεται άμεσα με την ασφάλεια της αποστολής.

### Δ) Ανάδραση και συνεχής βελτίωση

Οι εργαζόμενοι στην πρώτη γραμμή είναι οι πρώτοι που αντιλαμβάνονται κινδύνους και ευκαιρίες βελτίωσης. Η ανθεκτική επιχείρηση:

- Αντλεί τακτικά feedback από οδηγούς, χειριστές και τεχνικούς,
- Ενθαρρύνει την αναφορά αποκλίσεων ή ελλείψεων, χωρίς επιβάρυνση ή στιγματισμό,
- Αξιοποιεί τις εμπειρίες από προηγούμενες κρίσεις για ανασχεδιασμό πλάνων.

Η ανθρώπινη ανθεκτικότητα δεν είναι μόνο φυσική αντοχή, αλλά και ενεργή συμμετοχή στο σύστημα πρόληψης και προσαρμογής.

## 6.2.4 Επικοινωνιακή διαφάνεια και κουλτούρα προσαρμογής

Η επικοινωνία και η κουλτούρα οργάνωσης αποτελούν συνδετικούς πυλώνες της ανθεκτικότητας (Duchek, 2020). Ακόμη και οι πιο εξελιγμένοι τεχνολογικοί ή λειτουργικοί μηχανισμοί δεν μπορούν να προσφέρουν σταθερότητα σε έναν οργανισμό, εάν δεν

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

υποστηρίζονται από ένα συνεκτικό περιβάλλον συνεργασίας, πληροφόρησης και προσαρμοστικότητας (Lengnick-Hall et al., 2011). Η μέση ταχύτητα, η ακρίβεια και η αξιοπιστία της επικοινωνίας τόσο εντός της ομάδας έργου όσο και με εξωτερικούς φορείς μπορεί να καθορίσουν την επιτυχία ή την αποτυχία μιας κρίσιμης μεταφοράς (Boin & van Eeten, 2013).

Σε συνθήκες υψηλής πίεσης, όπως αυτές των ειδικών μεταφορών, η σαφής και τυποποιημένη ροή πληροφορίας κατέχει καθοριστικό ρόλο. Όταν προκύπτει έκτακτη ανάγκη, όπως βλάβη του εξοπλισμού ή καθυστέρηση στο δρομολόγιο, οι εμπλεκόμενοι πρέπει να γνωρίζουν άμεσα ποιος ενημερώνει ποιόν, με ποιο τρόπο και ποια είναι τα επόμενα βήματα. Η ύπαρξη προσχεδιασμένων σεναρίων επικοινωνίας π.χ. μέσω έτοιμων email templates, διαγραμμάτων ροής ενημέρωσης (communication trees) ή εσωτερικών καναλιών συναγερμού, μειώνει τη σύγχυση, αποτρέπει διπλές εντολές και βελτιστοποιεί την αίσθηση ελέγχου της εργασίας (Maitlis & Sonenshein, 2010).

Άλλωστε, η επικοινωνία δεν αφορά μόνο τις περιπτώσεις των κρίσεων. Μια εταιρεία γίνεται πιο ανθεκτική όταν έχει καλλιεργήσει κουλτούρα πρόληψης, μάθησης και ενδυνάμωσης του προσωπικού. Η συστηματική ενθάρρυνση των εργαζομένων να αναφέρουν πιθανά προβλήματα, αποκλίσεις ή βελτιώσεις, χωρίς φόβο ή στιγματισμό, αποτελεί σημαντικό θεμέλιο λειτουργικής προσαρμογής (Weick & Sutcliffe, 2011). Είναι σημαντικό να ακούγονται οι εμπειρίες των ανθρώπων πρώτης γραμμής, όπως οδηγοί, συνοδοί, τεχνικοί και να ενσωματώνονται στις διαδικασίες. Αυτό ενισχύει την εμπλοκή και χτίζει συλλογική νοημοσύνη, μια μορφή ζωντανής μνήμης κρίσεων και τρόπων αντίδρασης.

Σε περιπτώσεις όπου οι ειδικές μεταφορές αφορούν έργα σε οικιστικές ή ευαίσθητες περιοχές, είναι αναγκαία και η δομημένη επικοινωνία με εξωτερικούς φορείς. Το να υπάρχει υπεύθυνος επικοινωνίας που γνωρίζει το τοπικό πλαίσιο και να επικοινωνεί με τις αρχές, συνδράμει στην αποφυγή παρεξηγήσεων ή κοινωνικών αντιδράσεων, ιδιαίτερα όταν απαιτείται προσωρινή ρύθμιση κυκλοφορίας ή παρέμβαση σε κοινόχρηστους χώρους. Παράλληλα, μετά από μια διακοπή ή αστοχία, η ειλικρινής μετα-κρίσιμη επικοινωνία διατηρεί τη φήμη και την αξιοπιστία της επιχείρησης.

Συμπερασματικά, αυτό που διαφοροποιεί τις πραγματικά ανθεκτικές επιχειρήσεις είναι ότι δεν αντιμετωπίζουν τις κρίσεις ως εξαιρέσεις, αλλά ως πιθανότητες που ενσωματώνονται

στον σχεδιασμό και την καθημερινή λειτουργία (Vogus & Sutcliffe, 2007). Όταν η προσαρμογή αποτελεί στοιχείο της κουλτούρας και όχι απλώς μέτρο ανάγκης, τότε η επιχείρηση έχει τη δυνατότητα όχι μόνο να επιβιώσει, αλλά και να βγει ενισχυμένη από τις δυσκολίες.

### 6.3 Διαχείριση Κρίσεων και Ανάκαμψη (Crisis Response & Disaster Recovery)

Η αποτελεσματική διαχείριση κρίσεων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της επιχειρησιακής ανθεκτικότητας, ιδιαίτερα σε τομείς υψηλής επικινδυνότητας όπως οι ειδικές μεταφορές. Η δυνατότητα άμεσης απόκρισης, τεκμηριωμένης δράσης και συνεχούς βελτίωσης του σχεδίου ανάκαμψης καθορίζει τον χρόνο επαναφοράς στην επιχειρησιακή κανονικότητα (Herbane, 2013· Duchek, 2020). Η κρίσιμη σημασία της τεχνολογίας και της οργανωσιακής κουλτούρας που αναλύθηκε στα προηγούμενα υποκεφάλαια (6.1 και 6.2), προσφέρει τη βάση για την οικοδόμηση αποτελεσματικών μηχανισμών απόκρισης σε συνθήκες έκτακτης ανάγκης.

#### 6.3.1 Επιχειρησιακή απόκριση και ενεργοποίηση πλάνων BCP

Από τη στιγμή που εκδηλωθεί ένα περιστατικό, η γρήγορη ενεργοποίηση του Σχεδίου Επιχειρησιακής Συνέχειας (BCP) είναι καθοριστικής σημασίας. Τα βασικά βήματα περιλαμβάνουν:

- Αναγνώριση και επιβεβαίωση του συμβάντος μέσω προκαθορισμένων σεναρίων.
- Άμεση ενημέρωση των σχετικών ομάδων αντίδρασης (response teams) με τη χρήση εργαλείων όπως τα συστήματα διαχείρισης συμβάντων (incident management systems).
- Ενεργοποίηση κρίσιμων διαδικασιών, όπως rerouting, υποκατάσταση εξοπλισμού ή ενεργοποίηση εφεδρικού προσωπικού (Cerullo & Cerullo, 2004).
- Ενεργοποίηση διαύλων επικοινωνίας και διαχείριση πληροφορίας με βάση τις δομές του communication tree που έχουν περιγραφεί στο 6.2.4.

Η ύπαρξη προκαθορισμένων ρόλων, σαφών διαδικασιών και επικοινωνιακών πρωτοκόλλων μειώνει σημαντικά τον χρόνο απόκρισης και την πιθανότητα λαθών

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

(Păunescu, 2020). Μελέτες έχουν δείξει ότι οι επιχειρήσεις που πραγματοποιούν τακτικές ασκήσεις ετοιμότητας έχουν κατά 40% ταχύτερη επιχειρησιακή ανάκαμψη (Bailey et al., 2021).

### 6.3.2 Τεχνολογικά εργαλεία για ανάκαμψη

Η τεχνολογία διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην ταχεία ανάκαμψη, επιτρέποντας:

- ✓ Τηλεματική επιτήρηση των οχημάτων σε πραγματικό χρόνο (GPS, αισθητήρες TPMS), επιτρέποντας τη γρήγορη αξιολόγηση κατάστασης και ιεράρχηση ενεργειών (Gold et al., 2018).
- ✓ Απομακρυσμένη πρόσβαση σε κρίσιμα δεδομένα έργου μέσω cloud-based πλατφορμών, εξασφαλίζοντας διαθεσιμότητα εγγράφων ανεξαρτήτως τοποθεσίας (Bailey et al., 2021).
- ✓ Διάγνωση βλαβών και τεχνική υποστήριξη μέσω συνδεδεμένων συστημάτων, περιορίζοντας την ανάγκη επιτόπιας παρέμβασης (Herbane, 2015).
- ✓ Εφεδρεία (Redundancy) σε επίπεδο εξοπλισμού, συστημάτων και δικτύου (Wi-Fi, LTE, 5G), για αδιάλειπτη παροχή υπηρεσιών (Cerullo & Cerullo, 2004).
- ✓ Χρήση προγνωστικών εργαλείων για την ανάλυση ρίσκου λειτουργίας βασισμένη σε big data (Duchek, 2020).

Η υιοθέτηση των παραπάνω ενισχύεται από τα όσα αναφέρθηκαν στις ενότητες 6.2.1 και 6.2.2 περί λειτουργικής και ψηφιακής ανθεκτικότητας.

### 6.3.3 Τεκμηρίωση, αποτίμηση και αναθεώρηση

Η τελική φάση κάθε κρίσης είναι η συστηματική τεκμηρίωση και η αποτίμηση της. Η συγκέντρωση των δεδομένων απόκρισης και η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων συμβάλλει στη συνεχή βελτίωση του οργανισμού:

- Συγγραφή αναφορών συμβάντων (incident reports) και καταγραφή χρονοδιαγράμματος ενεργειών.

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

- Συλλογή ανατροφοδότησης από συμμετέχοντες μέσω ερωτηματολογίων ή συνεντεύξεων (Duchek, 2020).
- Αναθεώρηση των διαδικασιών του BCP, εντοπισμός αδυναμιών και επικαιροποίηση μέτρων απόκρισης (Herbane, 2015).
- Ανάλυση παραγόντων ανθρώπινης συμπεριφοράς και ψυχολογικής αντίδρασης βάσει των όσων εξετάστηκαν στην ενότητα 6.2.3 (Boin & Lodge, 2016).

Η συστηματική μάθηση από τα συμβάντα, γνωστή ως "organizational learning", έχει αποδειχθεί θεμελιώδης για την οικοδόμηση μιας ανθεκτικής επιχειρησιακής κουλτούρας (Păunescu, 2020).

### 6.3.4 Επιχειρησιακή επίπτωση στις ειδικές μεταφορές

Ο τομέας των ειδικών μεταφορών, ως έντονα τεχνολογικά εξαρτώμενος και με υψηλές απαιτήσεις ασφάλειας, επηρεάζεται άμεσα από τα νέα πλαίσια συμμόρφωσης:

- ✓ Η διασφάλιση διαθεσιμότητας δεδομένων, η τηλεματική επιτήρηση, η απρόσκοπτη συνδεσιμότητα και τα εφεδρικά πρωτόκολλα (redundancy) καθίστανται αναγκαία, όπως αναλύθηκε στα κεφάλαια 6.2 και 6.3.
- ✓ Τα σχέδια BCP δεν πρέπει πλέον να επικεντρώνονται μόνο σε φυσικές καταστροφές ή βλάβες, αλλά να ενσωματώνουν ψηφιακές, κοινωνικές και διακρατικές απειλές.
- ✓ Προβλέπεται επίσης συνεργασία με τοπικούς φορείς, διαχειριστές υποδομών και τελωνειακές αρχές, για την ευθυγράμμιση σχεδίων ανάκαμψης σε πανευρωπαϊκό επίπεδο.

Στόχος: Μια εναρμονισμένη και ψηφιακή Ευρώπη

Η Ε.Ε. διαμορφώνει πλέον μια ολοκληρωμένη στρατηγική όπου η ανθεκτικότητα ενισχύεται μέσω:

- Ψηφιοποίησης των διαδικασιών μεταφοράς (eFTI, ψηφιακά πιστοποιητικά, αυτοματισμός εγγράφων).

## Τεχνολογία στις Ειδικές Μεταφορές: Ασφάλεια και Επιχειρησιακή Συνέχεια

- Εναρμόνισης ρυθμιστικών πλαισίων για την εξασφάλιση ισότιμων όρων στις διασυνοριακές μεταφορές.
- Καλλιέργειας οργανωτικής κουλτούρας πρόληψης και προσαρμογής στις μεταφορικές επιχειρήσεις (Seville, 2017-Duchek, 2020).

Η ανθεκτικότητα δεν αποτελεί πλέον πολυτέλεια, αλλά βασικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για όσους επιδιώκουν να δραστηριοποιούνται σε έναν μεταβαλλόμενο, απαιτητικό και αβέβαιο επιχειρηματικό περιβάλλον. Οι ειδικές μεταφορές, ως κομβικός τομέας των logistics, καλούνται να εναρμονιστούν πλήρως με τα νέα πρότυπα τεχνολογικής, οργανωτικής και ρυθμιστικής ανθεκτικότητας.

Εν κατακλείδι, η κατευθυντήριες γραμμές της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι σαφής: προώθηση της ψηφιοποίησης, της ομογενοποίησης διαδικασιών και της πράσινης ανάπτυξης στον τομέα των ειδικών μεταφορών. Η τεχνολογική εξέλιξη και η ενίσχυση της ανθεκτικότητας θεμελιώνουν τους βασικούς πυλώνες για το μέλλον του κλάδου.

### 6.4 Παραδείγματα κρίσεων και διδάγματα

Η αξιολόγηση πραγματικών περιστατικών κρίσης παρέχει χρήσιμες γνώσεις για τη βελτίωση της επιχειρησιακής ανθεκτικότητας. Οι εμπειρίες από την πράξη, εφόσον τεκμηριώνονται, αναλύονται και ενσωματώνονται στον σχεδιασμό, μετατρέπονται σε ισχυρά εργαλεία πρόληψης και προσαρμογής (Duchek, 2020). Όπως έχει ήδη αναφερθεί στις ενότητες 6.3.3 και 6.2.4, η διαδικασία αποτίμησης και μάθησης (organizational learning) αποτελεί ακρογωνιαίο λίθο για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και την καλλιέργεια κουλτούρας προσαρμογής. Παραθέτοντας παρακάτω ενδεικτικά κάποια παραδείγματα κρίσεων και ο τρόπος με τον οποίο οι εταιρείες κινητοποιήθηκαν.

#### 6.4.1 Παράδειγμα 1 – Βλάβη υδραυλικού εξοπλισμού σε κρίσιμη φάση ανύψωσης

Σε έργο μεταφοράς μετασχηματιστή 180 τόνων, η αστοχία σε υδραυλικό σύστημα γερανού προκάλεσε καθυστέρηση 12 ωρών. Η απουσία εφεδρικού ανυψωτικού μέσου και η μη

έγκαιρη πρόσβαση σε τεχνικά έγγραφα οδήγησαν σε λανθασμένες ενέργειες. Μετά το περιστατικό, η εταιρεία εφάρμοσε σύστημα cross-checking των φορτωμένων αρχείων στα tablets των τεχνικών (Herbane, 2015· Bailey et al., 2021), ενώ προχώρησε σε προληπτικό έλεγχο εξοπλισμού πριν από κάθε αποστολή, σύμφωνα με τις προτάσεις που αναλύθηκαν στο 6.2.2.

### 6.4.2 Παράδειγμα 2 – Ακύρωση άδειας διέλευσης τελευταίας στιγμής

Σε αποστολή βαρέως φορτίου προς λιμάνι, οι τοπικές αρχές ανακάλεσαν άδεια διέλευσης λόγω έκτακτων έργων. Η απουσία εναλλακτικού σχεδίου διαδρομής (rerouting scenario) είχε ως αποτέλεσμα απώλεια 36 ωρών. Μετά από αναθεώρηση του BCP, η επιχείρηση υιοθέτησε πρακτικές ευελιξίας όπως εναλλακτικούς χάρτες (GIS-based) και προσυμφωνημένες διαδρομές με τις αρχές, όπως προτείνεται στην ενότητα 6.2.1 και στο ISO 22301 (Cerullo & Cerullo, 2004).

### 6.4.3 Παράδειγμα 3 – Κυβερνοεπίθεση σε cloud λογισμικό logistics

Η στοχοποίηση από ransomware εταιρείας διαχείρισης logistics είχε ως αποτέλεσμα την απώλεια πρόσβασης σε κρίσιμα έγγραφα έργων (φορτωτικά, άδειες, χάρτες). Το downtime υπερέβη τις 48 ώρες, με υψηλό λειτουργικό και φήμης κόστος. Με την πάροδο του περιστατικού, η εταιρεία αναβάθμισε την πολιτική κυβερνοασφάλειας, εισήγαγε εφεδρικό αρχείο (backup) σε ανεξάρτητο δίκτυο και ενίσχυσε την εκπαίδευση προσωπικού για αναγνώριση (phishing) επιθέσεων (Boin & Lodge, 2016).

Τα παραπάνω περιστατικά καταδεικνύουν τη σημασία της προετοιμασίας, της ευελιξίας, της ψηφιακής ανθεκτικότητας και της ανθρωποκεντρικής αντίδρασης. Ενισχύουν όσα αναλύθηκαν στις ενότητες 6.1 & 6.3: ότι η διαχείριση κρίσεων δεν είναι μεμονωμένη διαδικασία, αλλά το τελικό τεστ της ανθεκτικότητας του οργανισμού. Η συστηματική μάθηση από τα σφάλματα, η αναθεώρηση πλάνων και η ψυχραιμία στην απόκριση συνιστούν την ειδοποιό διαφορά ανάμεσα σε έναν απλώς λειτουργικό και έναν ανθεκτικό οργανισμό (Duchek, 2020, Herbane, 2013).

## 7. Συμπεράσματα και Προτάσεις

Ολοκληρώνοντας τη μελέτη, γίνεται σαφές πως ο κόσμος των ειδικών μεταφορών είναι ένα περιβάλλον σύνθετο, γεμάτο απαιτήσεις, δυσκολίες και προκλήσεις, αλλά και δυνατότητες. Καθώς εμβαθύνουμε στην ανάλυση των θεσμικών πλαισίων, των τεχνικών απαιτήσεων και των σύγχρονων τεχνολογικών εργαλείων, αναδείχθηκαν σημαντικά σημεία που χρειάζονται βελτίωση.

Το πρώτο βασικό πρόβλημα είναι η έλλειψη ενιαίου τρόπου αντιμετώπισης σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Παρόλο που υπάρχουν κοινές οδηγίες, κάθε χώρα τις εφαρμόζει διαφορετικά, γεγονός που δυσκολεύει τις διασυνοριακές μεταφορές και δημιουργεί εμπόδια σε έργα μεγάλης κλίμακας. Επιπλέον, η γραφειοκρατία παραμένει ισχυρή, ειδικά σε περιπτώσεις όπου δεν υπάρχει ψηφιακή διαχείριση των αδειών και των εγγράφων.

Ένα άλλο σημαντικό ζήτημα είναι η περιορισμένη χρήση της τεχνολογίας. Αν και υπάρχουν εξελιγμένα συστήματα παρακολούθησης, τηλεματικής ή τεχνητής νοημοσύνης, αυτά δεν εφαρμόζονται πάντα με συνέπεια και στρατηγική. Ιδιαίτερα οι μικρότερες επιχειρήσεις του χώρου δυσκολεύονται να υιοθετήσουν τέτοιες λύσεις, είτε λόγω κόστους είτε λόγω έλλειψης τεχνογνωσίας.

Από την άλλη πλευρά, οι πιέσεις για συμμόρφωση με τα πρότυπα της πράσινης μετάβασης και της ψηφιακής ασφάλειας αυξάνονται διαρκώς. Οι ειδικές μεταφορές καλούνται να προσαρμοστούν σε ένα περιβάλλον που γίνεται όλο και πιο αυστηρό σε θέματα περιβαλλοντικής ευθύνης και κυβερνοπροστασίας.

Με βάση όλα τα παραπάνω, το παρόν κεφάλαιο επιχειρεί να βάλει σε τάξη τα πιο σημαντικά συμπεράσματα που προέκυψαν από την έρευνα και να δώσει ρεαλιστικές προτάσεις. Τι μπορεί να αλλάξει προς το καλύτερο; Ποιες παρεμβάσεις θα έκαναν πραγματικά τη διαφορά; Και πώς μπορεί η τεχνολογία να γίνει σύμμαχος και όχι βάρος; Οι απαντήσεις βρίσκονται στις ενότητες που ακολουθούν: αρχικά με μια σύντομη αποτύπωση των βασικών συμπερασμάτων, και στη συνέχεια με πρακτικές προτάσεις – τόσο σε θεσμικό όσο και σε τεχνολογικό επίπεδο.

### 7.1 Βασικά συμπεράσματα

Η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας αναδεικνύει μια σειρά από ουσιαστικά ζητήματα που απασχολούν τον τομέα των ειδικών μεταφορών. Πρώτο και βασικό συμπέρασμα είναι η έλλειψη ομοιογένειας στην εφαρμογή των θεσμικών ρυθμίσεων εντός της Ε.Ε. Παρότι υφίστανται κοινές οδηγίες και κανονισμοί (όπως η Οδηγία 96/53/EK για βάρη/διαστάσεις, η CER Directive για ανθεκτικότητα, η NIS2 για κυβερνοασφάλεια), οι τρόποι εφαρμογής και οι τεχνικές απαιτήσεις διαφέρουν αισθητά από κράτος σε κράτος. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, οι επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται σε διεθνές επίπεδο να αντιμετωπίζουν αβεβαιότητα, χρονοκαθυστερήσεις και αυξημένο κόστος συντονισμού.

Δεύτερον, η ψηφιοποίηση των διαδικασιών παραμένει μερικώς ανεπτυγμένη. Ενώ σε χώρες όπως η Γερμανία ή η Ολλανδία υφίστανται ψηφιακές πλατφόρμες αδειοδότησης (π.χ. VEMAGS), σε άλλα κράτη, όπως η Ελλάδα, το μοντέλο παραμένει γραφειοκρατικό, με έντονη εξάρτηση από χειρόγραφες ή ασύνδετες διαδικασίες. Αυτό ενισχύει τη διοικητική αναποτελεσματικότητα και δυσχεραίνει τη διαλειτουργικότητα σε διασυνοριακές μεταφορές.

Ένα ακόμα κρίσιμο εύρημα είναι η τεχνολογική ανομοιογένεια μεταξύ των επιχειρήσεων. Οι μεγάλες εταιρείες έχουν επενδύσει σε εξοπλισμό τηλεματικής, αυτόματους μηχανισμούς ανύψωσης, αισθητήρες κ.λπ., ενώ μικρότερες εταιρείες είτε δεν διαθέτουν πρόσβαση σε αυτά τα μέσα είτε δεν έχουν την τεχνογνωσία για να τα αξιοποιήσουν αποτελεσματικά. Η ψηφιακή ανθεκτικότητα είναι άνισα κατανομημένη.

Τέλος, η έρευνα ανέδειξε ότι η έννοια της επιχειρησιακής συνέχειας δεν έχει ενσωματωθεί ουσιαστικά στην κουλτούρα των οργανισμών. Παρά τις απαιτήσεις των διεθνών προτύπων ISO (22301, 22316), λίγες επιχειρήσεις εφαρμόζουν συστηματικές διαδικασίες διαχείρισης κρίσεων, τεκμηρίωσης ή ανάκαμψης από διαταραχές (όπως κυβερνοεπιθέσεις, φυσικά ατυχήματα ή αποτυχία εξοπλισμού).

### 7.2 Προτάσεις για βελτίωση του θεσμικού πλαισίου

Κατά τη διάρκεια της μελέτης, έγινε ξεκάθαρο πως στην Ελλάδα το θεσμικό πλαίσιο για τις ειδικές μεταφορές στηρίζεται σχεδόν αποκλειστικά στην αδειοδότηση. Όλες οι άλλες διαστάσεις, από την ασφάλεια των διαδρομών μέχρι τη χρήση τεχνολογίας και τη διαχείριση κρίσεων, είτε δεν καλύπτονται καθόλου, είτε καλύπτονται αποσπασματικά και ανεπαρκώς.

Ενώ στην υπόλοιπη Ευρώπη βλέπουμε να διαμορφώνεται μια πιο ολιστική και σύγχρονη προσέγγιση, που περιλαμβάνει και θέματα ψηφιοποίησης, ανθεκτικότητας και περιβαλλοντικής συμμόρφωσης, στην Ελλάδα επικρατεί ακόμα μια παρωχημένη νοοτροπία. Η συζήτηση περιορίζεται στο αν το φορτίο « χωράει » στο δρόμο και αν έχει τη σωστή άδεια, και όχι στο πώς διασφαλίζεται ότι η μεταφορά θα είναι ασφαλής, αξιόπιστη και ανθεκτική σε απρόβλεπτες καταστάσεις.

Η έλλειψη ολοκληρωμένης πολιτικής γίνεται ιδιαίτερα αισθητή σε κρίσιμα σημεία, όπως:

- Η χρήση τεχνολογίας (συστήματα παρακολούθησης, αισθητήρες, ψηφιακή τεκμηρίωση) δεν προβλέπεται θεσμικά.
- Δεν υπάρχουν ξεκάθαρες οδηγίες για τη διαχείριση έκτακτων περιστατικών, ούτε υποχρέωση ύπαρξης σχεδίων επιχειρησιακής συνέχειας.
- Η κυβερνοασφάλεια, η περιβαλλοντική συμμόρφωση και η ανθρώπινη ανθεκτικότητα δεν αναφέρονται πουθενά στο ισχύον νομικό πλαίσιο.

Με βάση τα παραπάνω, είναι φανερό ότι χρειάζεται ριζική επαναξιολόγηση. Οι βασικές προτάσεις είναι:

- Δημιουργία ενιαίου ψηφιακού συστήματος για τις ειδικές μεταφορές, ώστε οι άδειες, οι διαδρομές, τα συνοδευτικά μέτρα και τα στοιχεία ασφαλείας να συγκεντρώνονται σε μία πλατφόρμα.

- Αναθεώρηση της ελληνικής νομοθεσίας ώστε να ενσωματώνει τα νέα ευρωπαϊκά πρότυπα (όπως NIS2, CRA και CER), και να προβλέπει ελάχιστες απαιτήσεις σε θέματα ασφάλειας, τεχνολογίας και διαχείρισης κρίσεων.
- Καθιέρωση ελάχιστων τεχνικών και οργανωτικών απαιτήσεων για όλους τους εμπλεκόμενους (μεταφορικές εταιρείες, συνοδείες, μηχανικούς, δημόσιους φορείς).
- Δημιουργία ενός « οδικού χάρτη » εκσυγχρονισμού των ειδικών μεταφορών με ξεκάθαρους στόχους και δείκτες μέτρησης προόδου.

Η απουσία ολοκληρωμένου θεσμικού πλαισίου στην Ελλάδα δεν είναι απλώς ένα νομικό κενό – είναι μια χαμένη ευκαιρία για τον κλάδο να λειτουργήσει με μεγαλύτερη ασφάλεια, ταχύτητα και αξιοπιστία. Το μέλλον των ειδικών μεταφορών περνά αναγκαστικά μέσα από μια θεσμική επανεκκίνηση, που θα βασίζεται στις σύγχρονες ανάγκες, την τεχνολογία και τις ευρωπαϊκές εξελίξεις.

### 7.3 Προτάσεις για τεχνολογικές βελτιώσεις

Όπως φάνηκε από τη μελέτη, η τεχνολογία είναι πλέον κάτι πολύ περισσότερο από ένα "πρόσθετο εργαλείο" στις ειδικές μεταφορές. Μπορεί να αποτελέσει τον βασικό σύμμαχο για περισσότερη ασφάλεια, καλύτερη οργάνωση, λιγότερα λάθη και ταχύτερη αντίδραση σε κάθε απρόβλεπτο γεγονός. Παρ' όλα αυτά, σε πολλές περιπτώσεις η αξιοποίησή της παραμένει περιορισμένη ή γίνεται αποσπασματικά, κυρίως από μεγαλύτερες επιχειρήσεις. Αν θέλουμε ο τομέας να προχωρήσει δυναμικά και να ανταποκρίνεται στις προκλήσεις της εποχής, τότε είναι σημαντικό να ενισχυθεί η ουσιαστική ενσωμάτωση της τεχνολογίας σε όλα τα στάδια της μεταφοράς. Και όταν λέμε ουσιαστική, εννοούμε με τρόπο που να είναι πρακτικός, προσβάσιμος και πραγματικά χρήσιμος για όλους.

Ακολουθούν μερικές ρεαλιστικές προτάσεις που μπορούν να κάνουν διαφορά:

- Έξυπνα συστήματα παρακολούθησης (IoT): Η τοποθέτηση αισθητήρων στα οχήματα ή στα φορτία μπορεί να δίνει σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες για βάρος, κραδασμούς, θερμοκρασία ή και την κατάσταση του εξοπλισμού. Έτσι, μπορεί να εντοπιστεί εγκαίρως ένα πρόβλημα πριν γίνει ατύχημα.
- Αξιοποίηση τεχνητής νοημοσύνης (AI): Με τα κατάλληλα δεδομένα, μπορούν να αναπτυχθούν συστήματα που "προβλέπουν" πιθανά σημεία συμφόρησης, καθυστερήσεις ή κινδύνους. Επιπλέον, η AI μπορεί να προτείνει την καλύτερη διαδρομή ή τον βέλτιστο χρόνο εκκίνησης.
- Χρήση ψηφιακών εργαλείων σχεδιασμού: Με σύγχρονα λογισμικά (όπως digital twins ή μοντέλα προσομοίωσης), μπορούν να ελέγχονται εκ των προτέρων πιθανά προβλήματα στη διαδρομή – για παράδειγμα αν μια γέφυρα αντέχει το βάρος, ή αν υπάρχει αρκετός χώρος σε στροφές.
- Εκπαίδευση ανθρώπινου δυναμικού: Όλη αυτή η τεχνολογία δεν έχει νόημα, αν οι άνθρωποι που τη χειρίζονται δεν ξέρουν πώς να τη χρησιμοποιήσουν. Χρειάζεται συστηματική επιμόρφωση – όχι μόνο για οδηγούς, αλλά και για μηχανικούς, σχεδιαστές διαδρομών και προσωπικό συνοδείας.
- Διασύνδεση των εταιρειών με κρατικούς φορείς: Πολλές φορές, καθυστερήσεις δεν οφείλονται στους ίδιους τους μεταφορείς, αλλά στο γεγονός ότι δεν υπάρχει επικοινωνία με τις δημόσιες υπηρεσίες. Με τη χρήση API και κοινών ψηφιακών συστημάτων, μπορούν να διασυνδεθούν οι εταιρείες με τελωνεία, αστυνομία και υπηρεσίες υποδομών για πιο γρήγορη ανταλλαγή πληροφοριών.

Τελικά, η τεχνολογία δεν είναι πολυτέλεια. Είναι ανάγκη. Όμως για να αποδώσει, πρέπει να ενσωματωθεί με σχεδιασμό και υποστήριξη, όχι απλώς να «υπάρχει». Αν οι επιχειρήσεις και οι δημόσιοι φορείς συνεργαστούν σε αυτή την κατεύθυνση, τότε οι ειδικές μεταφορές μπορούν πραγματικά να γίνουν πιο ασφαλείς, πιο ευέλικτες και πιο έτοιμες για το αύριο.

## 8. Βιβλιογραφία

- ABC News Australia. (2015). Rio Tinto Opens World's First Automated Mine in Pilbara.
- Alexander, D. E. (2013). Resilience and disaster risk reduction: An etymological journey. *Natural Hazards and Earth System Sciences*,
- Andersson, A., & Klinga, H. (2022). Supply chain resilience: A study of strategies and metrics [Master's thesis, Chalmers University of Technology]. Chalmers Open Digital Repository.
- Aven, T. (2015). Risk assessment and risk management: Review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research*, 253(1), 1–13.
- Bailey, C., Martin, C., & Shafei, B. (2021). Digital transformation in crisis management: resilience and response. *Journal of Business Continuity & Emergency Planning*, 15(2), 121–135.
- BHP. (2021). Autonomous Haulage Systems: Safety and Efficiency Gains in Australian Mines. BHP Technical Bulletin.
- Björck, F., Henkel, M., Stirna, J., & Zdravkovic, J. (2015). Cyber resilience—fundamentals for a definition. In *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*, (9), 65-75.
- Boin, A., & Lodge, M. (2016). Designing resilient institutions for transboundary crisis management: A time for public administration. *Public Administration*, 94(2), 289–298.
- Boin, A., & van Eeten, M. J. G. (2013). The Resilient Organization. *Public Management Review*, 15(3), 429–445.
- Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). (2021). VEMAGS: System for Special Transport Permits in Germany.
- Burnard, K., & Bhamra, R. (2011). Organisational resilience: development of a conceptual framework for organisational responses. *International Journal of Production Research*, 49(18), 5581–5599.
- CADdetails. (2024). Transportation Equipment BIM & CAD Resources.
- Caterpillar Inc. (2020). Autonomous Mining Trucks: CAT 793F Performance Overview.
- Cerullo, V., & Cerullo, M. J. (2004). Business Continuity Planning: A Comprehensive Approach. *Information Systems Management*, 21(3), 70–78.
- Christopher, M., & Peck, H. (2004). Building the resilient supply chain. *The International Journal of Logistics Management*, 15(2), 1–14.
- Danish Road Directorate. (2020). Modular Vehicle Combinations in Denmark.

- Deloitte. (2021). The Role of Communication in Crisis-Ready Organizations.
- Deloitte. (2022). Building Organizational Agility through People Development.
- Deloitte. (2022). Resilience Reimagined: A Practical Guide for Organizations.
- Duchek, S. (2020). Organizational resilience: a capability-based conceptualization. *Business Research*, 13(1), 215–246.
- EN 12195-1:2010. Load restraint assemblies on road vehicles – Calculation methods.
- EN 12195-1:2010. Load Restraint on Road Vehicles – Safety Requirements. Brussels: CEN.
- ENISA. (2023). Threat Landscape for Supply Chain Attacks. European Union Agency for Cybersecurity.
- European Commission. (2015). Directive (EU) 2015/719 amending 96/53/EC. Brussels.
- European Commission. (2020). Mobility and Transport – Road Transport.
- European Commission. (2022). Autonomous Mobility Systems in Freight Transport – Opportunities and Risks. Brussels: Directorate-General for Mobility and Transport.
- European Commission. (2022). Business Continuity and Resilience in Transport Logistics. Brussels: DG MOVE.
- European Commission. (2022). Digitalisation and Artificial Intelligence in European Mobility Systems. Brussels: Directorate-General for Mobility and Transport.
- European Commission. (2022). Directive 96/53/EC on the maximum authorised dimensions and weights of vehicles in national and international traffic. Brussels.
- European Commission. (2022). eFTI Initiative Update.
- European Commission. (2022). eFTI Regulation: Enabling Digital Transport Documents Across the EU. Brussels: Directorate-General for Mobility and Transport.
- European Commission. (2022). New Vehicle Technologies and Infrastructure Adaptation for Special Transport. Brussels.
- European Commission. (2022). Resilience and Contingency Planning in Critical Transport Sectors. Brussels.
- European Commission. (2022). Special Equipment for Oversized Transport and Assembly. Brussels.
- European Commission. (2022). Vehicle Types and Dimensioning for Exceptional Road Transport. Brussels: DG MOVE.
- European Commission. (2023). Digitalisation and Automation in Freight Logistics. Brussels.

- European Commission. (2023). Smart Redundancy Planning in Infrastructure Projects.
- European Commission. (n.d.). Mobility and Transport – Road Transport.
- European Environment Agency. (2020). Environmental Impacts of Heavy
- European Environment Agency. (2020). Sustainable Transport Outlook.
- European Parliament. (2020). Study on the application of road transport legislation in the EU.
- European Parliament. (2021). Study on Harmonising Road Transport Regulations.
- European Union. (1996). Directive 96/53/EC laying down maximum authorized dimensions and weights of heavy goods vehicles. Official Journal of the European Union.
- European Union. (1996). Directive 96/53/EC laying down maximum authorized dimensions and weights.
- European Union. (1996). Directive 96/53/EC.
- European Union. (2003). Directive 2003/59/EC on the initial qualification and periodic training of drivers of certain road vehicles. Official Journal of the European Union.
- European Union. (2015). Directive (EU) 2015/719 amending Directive 96/53/EC with regard to maximum weights and dimensions. Official Journal of the European Union.
- European Union. (2019). Regulation (EU) 2019/1242 setting CO2 emission standards for heavy-duty vehicles. Official Journal of the European Union.
- Faymonville. (2020). Heavy Cargo Handling Techniques. Belgium.
- Faymonville. (2020). Hydraulic Lifting and Low-Height Loading Systems. Belgium.
- Faymonville. (2020). Securing and Pre-Trip Inspection Guidelines for Modular Transport Systems. Belgium.
- Faymonville. (2021). Advanced Trailer Monitoring Systems. Belgium.
- Faymonville. (2021). Special Transport Vehicles for Heavy and Oversized Cargo. Belgium.
- Fortescue Metals Group. (2023). Fortescue and Liebherr Sign \$2.8 Billion Deal for Battery-Electric Autonomous Trucks.
- Ghadge, A., Dani, S., & Kalawsky, R. (2015). Supply chain risk management: present and future scope. *The International Journal of Logistics Management*, 26(3), 313–339.
- Ghosh, S., Nowroozi, M., & Goudarzi, H. (2022). Flexibility and responsiveness in transportation systems: a resilience-based perspective. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 161, 102686.

- Gold, S., Hahn, R., & Seuring, S. (2018). Sustainable supply chain management in "Base of the Pyramid" food projects—A path forward. *Supply Chain Management: An International Journal*, 23(6), 447–461.
- Goldhofer. (2020). Digital Tools for Predictive Maintenance and Load Control. Germany.
- Goldhofer. (2020). Modular Heavy Transport Systems – Technical Catalogue. Germany: Goldhofer AG.
- Herbane, B. (2013). Exploring crisis management in UK small- and medium-sized enterprises. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 21(2), 82–95.
- Herbane, B. (2015). Threat orientation in small and medium-sized enterprises: understanding differences toward planning for crises. *Journal of Contingencies and Crisis Management*, 23(4), 265–275.
- Horizon Europe. (2022). AI-based Automation and Autonomy in Extractive Industries: Final Report. European Commission.
- Horizon Europe. (2022). Data-Driven Optimization Models for Road Freight Transport. h
- Horizon Europe. (2023). Advanced Mechatronics in Transport Logistics – Project Deliverables.
- Horizon Europe. (2023). Vera Project and Autonomous Freight Logistics Pilots in Scandinavia.
- Hosseini, S., Barker, K., & Ramirez-Marquez, J. E. (2019). A review of definitions and measures of system resilience. *Reliability Engineering & System Safety*, 145, 47–61.
- IMO/ILO/UNECE. (2014). Code of Practice for the Packing of Cargo Transport Units (CTU Code). Geneva.
- International Council on Mining and Metals (ICMM). (2022). Technology and Innovation in Mining: Case Studies from Australia.
- International Road Transport Union (IRU). (n.d.). Guidelines for Special Transports.
- IRU (2021). Heavy Transport Operations and Regulatory Challenges.
- IRU (International Road Transport Union). (2021). Crisis Communication in Transport Logistics. Geneva: IRU.
- IRU. (2021). AI in Freight Logistics: Applications and Governance. Geneva: International Road Transport Union.
- IRU. (2021). Automation and Autonomous Transport in Heavy Haulage. Geneva: International Road Transport Union.
- IRU. (2021). Blockchain and Heavy Transport,

- IRU. (2021). Business Continuity Guidelines for Logistics and Heavy Transport Operators. Geneva.
- IRU. (2021). Challenges of Cross-border Heavy Transport.
- IRU. (2021). Crisis Communication in Transport Logistics.
- IRU. (2021). Human Factors and Resilience in Transport Operations. Geneva.
- IRU. (2021). Innovations in Heavy Transport Equipment and Load Safety Systems. Geneva: International Road Transport Union.
- IRU. (2021). Load Securing in Heavy and Oversized Transport. Geneva: International Road Transport Union.
- IRU. (2021). Organizational Resilience in Transport Logistics.
- IRU. (2021). Risk Management in Heavy Goods Transport. Geneva: International Road Transport Union.
- IRU. (2021). Safe Lifting and Handling of Oversized Cargo – Operational Guidelines. Geneva: International Road Transport Union.
- IRU. (2021). Safety Standards and Equipment Certification for Special Transport. Geneva.
- IRU. (2021). Smart Transport Systems and Digitalization in Heavy Transport. Geneva: International Road Transport Union.
- IRU. (2021). Technical Guidelines for Axle Load Distribution in Special Transport. Geneva: International Road Transport Union.
- IRU. (2022). Predictive Intelligence and Fleet Optimization in Heavy Transport. Geneva.
- IRU. (2022). Telematics and Smart Monitoring in Heavy Transport. Geneva: International Road Transport Union.
- ISO 22301:2019. Security and resilience – Business continuity management systems – Requirements. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO 22301:2019. Security and resilience – Business continuity management systems – Requirements. Geneva: ISO.
- ISO 22316:2017. Organizational resilience – Principles and attributes.
- ISO 22316:2017. Security and resilience – Organizational resilience – Principles and attributes.
- ISO 22316:2017. Security and resilience – Organizational resilience – Principles and attributes. Geneva: International Organization for Standardization.
- ISO 31000:2018. Risk Management – Guidelines.

ISO 45001:2018. Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance.

ISO 45001:2018. Occupational Health and Safety Management Systems. Geneva: ISO.

ISO 9001:2015. Quality Management Systems – Requirements. Geneva: ISO.

ISO/IEC 27031:2011. Information technology – Security techniques – Guidelines for ICT readiness for business continuity. Geneva: International Organization for Standardization.

Ivanov, D., Sokolov, B., & Dolgui, A. (2014). The ripple effect in supply chains: trade-off ‘efficiency-flexibility-resilience’ in disruption management. *International Journal of Production Research*, 52(7), 2154–2172.

Jabbour, C. J. C., Jabbour, A. B. L. D. S., Foropon, C., & Godinho Filho, M. (2020). When titans meet—Can industry 4.0 revolutionize the environmentally-sustainable manufacturing wave? *Technological Forecasting and Social Change*, 132, 18–25.

Jałowiec, T., & Dębicka, E. (2018). Business continuity management of logistical processes in the state security and defence system. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: Organizacja i Zarządzanie*,

Komatsu Ltd. (2022). FrontRunner AHS: Autonomy in Open-Pit Mining. Technical Report.

Kritzinger, E., & von Solms, S. H. (2010). Cyber security for home users: A new way of protection through awareness enforcement. *Computers & Security*, 29(8), 840–847.

Lengnick-Hall, C. A., Beck, T. E., & Lengnick-Hall, M. L. (2011). Developing a capacity for organizational resilience through strategic human resource management. *Human Resource Management Review*, 21(3), 243–255.

Library Revit. (2024). 3D Models for Transport Vehicles and Cranes.

Liebherr. (2021). Heavy-Duty Mobile Cranes – Technical Specifications. Germany.

Linkov, I., Eisenberg, D. A., Plourde, K., Seager, T. P., Allen, J., & Kott, A. (2013). Resilience metrics for cyber systems. *Environment Systems and Decisions*, 33(4), 471–476.

Maitlis, S., & Sonenshein, S. (2010). Sensemaking in crisis and change: Inspiration and insights from Weick (1988). *Journal of Management Studies*, 47(3), 551–580.

Mammoet. (2020). BCP Templates for Special Transport and Engineering Projects. Netherlands.

Mammoet. (2020). Communications Frameworks for Critical Operations.

Mammoet. (2020). Workforce Preparedness and Psychological Safety in Heavy Transport.

- Mammoet. (2021). Critical Event Preparedness in Special Transport Projects. Netherlands.
- Mammoet. (2021). Heavy Transport Contingency and Support Protocols.
- Mammoet. (2021). Remote Safety Systems and Smart SPMT Technologies. Netherlands.
- Mammoet. (2022). Engineering Guidelines for Lifting and Jacking Operations. Netherlands.
- Mammoet. (2022). Synchronized Lifting Technologies in Industrial Applications. Netherlands.
- McManus, S., Seville, E., Vargo, J., & Brunsdon, D. (2008). Facilitated Process for Improving Organizational Resilience. *Journal of Business Continuity & Emergency Planning*
- McManus, S., Seville, E., Vargo, J., & Brunsdon, D. (2008). Facilitated Process for Improving Organizational Resilience. *Journal of Business Continuity & Emergency Planning*, 2(4), 302–310.
- Ministry of Infrastructure and Transport (YME). (2021). Κατευθυντήριες οδηγίες για τη χρήση GPS και αισθητήρων σε ειδικές μεταφορές. Αθήνα.
- Ministry of Infrastructure and Transport (YME). (2023). Αναφορά για τον εκσυγχρονισμό εξοπλισμού βαρέων οχημάτων στην Ελλάδα.
- Ministry of Infrastructure and Transport (YME). (2023). Προοπτικές Εφαρμογής Τεχνητής Νοημοσύνης στον Μεταφορικό Τομέα της Ελλάδας. Αθήνα.
- Ministry of Infrastructure and Transport (YME). (2023). Στρατηγική Ψηφιοποίησης και Καινοτομίας στις Μεταφορές. Αθήνα: Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών.
- Mizrak, F. (2023). Managing risks and crises in the logistics sector: A comprehensive analysis of strategies and prioritization using AHP method. *Meriç Journal*, 7(Special Issue),
- OECD/ITF. (2016). Transport Resilience: Summary and Conclusions. International Transport Forum Discussion Paper.
- Ojha, D., Gianiodis, P., & Manuj, I. (2013). Impact of logistical business continuity planning on operational capabilities and financial performance. *The International Journal of Logistics Management*, 24(2),
- Ponomarov, S. Y., & Holcomb, M. C. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *The International Journal of Logistics Management*, 20(1), 124–143.
- Păunescu, C. (2020). The role of strategic planning in building organizational resilience in SMEs. *Management & Marketing. Challenges for the Knowledge Society*, 15(1), 12–23.

- Rio Tinto. (2021). Mining Automation in the Pilbara: A Decade of Remote Operations. Innovation & Technology Report.
- Sanni, B. (2025). Crisis marketing and risk communication in logistics: Lessons for Oman's hub positioning during market shocks.
- Schramm, H.-J., & Prockl, G. (2019). Logistics and Transport: A European Legal Perspective. Springer.
- Seville, E. (2017). Building an Adaptive Culture: Organizational Resilience in Practice. Resilient Organizations Research Report.
- Sheffi, Y. (2007). The resilient enterprise: Overcoming vulnerability for competitive advantage. MIT Press.
- Sheffi, Y., & Rice, J. B. (2005). A supply chain view of the resilient enterprise. MIT Sloan Management Review, 47(1), 41.
- Simons, R. A., et al. (2014). Emergency planning and response. Journal of Emergency Management, 12(5), 399–409.
- Smith, D., & Elliott, D. (2007). Exploring the barriers to learning from crisis: Organizational learning and crisis. Management Learning
- Tang, C. S. (2006). Perspectives in supply chain risk management. International Journal of Production Economics, 103(2), 451–488.
- The Australian. (2023). Fortescue Orders 360 Liebherr T 264 Electric Autonomous Trucks
- TLN (Transport en Logistiek Nederland). (2020). Mega Trailer Guidelines.
- Transport Information Service (TIS). (n.d.). Heavy Lift and Project Cargo Handling Guidelines.
- Tripathi, P. (2021). Building resilient supply chain using interactive visualization [Master's thesis, Massachusetts Institute of Technology]. MIT DSpace.
- Vogus, T. J., & Sutcliffe, K. M. (2007). Organizational resilience: Towards a theory and research agenda. 2007 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 3418–3422.
- Weick, K. E., & Sutcliffe, K. M. (2011). Managing the Unexpected: Resilient Performance in an Age of Uncertainty. Jossey-Bass.
- Weick, K. E., & Sutcliffe, K. M. (2015). Managing the Unexpected: Sustained Performance in a Complex World (3rd ed.). Wiley.

- Wieland, A., & Wallenburg, C. M. (2013). The influence of relational competencies on supply chain resilience. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 43(4), 300–320.
- Yadav, D. K., & Barve, A. (2015). Modeling the risk perception and its impact on disaster preparedness: A case study of Bhopal gas tragedy. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 389–403.
- Zimon, D., & Madzík, P. (2020). The impact of ISO 9001 certification on the performance of logistics companies. *The International Journal of Quality & Reliability Management*,
- N. 2696/1999. Κώδικας Οδικής Κυκλοφορίας.
- ΥΑ 64916/2015. Διαδικασία αδειοδότησης ειδικών μεταφορών.
- ΥΑ 64916/2015. Ρυθμίσεις για τις ειδικές μεταφορές βαρέων φορτίων.
- ΥΑ ΔΜΕΟ/Ο/613/2015, ΦΕΚ 905/Β/2015. Ρυθμίσεις για τη μεταφορά υπερμεγεθών φορτίων.
- ΥΜΕ (2021). Κατευθυντήριες γραμμές ειδικών μεταφορών.
- ΥΜΕ (Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών). (2021). Κανονισμοί Ειδικών Μεταφορών στην Ελλάδα.
- Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών (ΥΜΕ). (2021). Οδηγός Διαδικασιών για Ειδικές Μεταφορές στην Ελλάδα. Αθήνα.
- Υπουργείο Υποδομών και Μεταφορών. (2022). Κατευθυντήριες γραμμές επιχειρησιακής συνέχειας σε ειδικές μεταφορές έργων υποδομής. Αθήνα.