

# Πράσινη Επιχειρηματικότητα και Βιώσιμη Ανάπτυξη: καινοτόμες τεχνολογίες στον τομέα της ενέργειας

Μαρία-Χριστίνα Χασανδρινού

Επιβλέπων καθηγητής  
Παπαευθυμίου Σπυρίδων

Χανιά, Φεβρουάριος 2024

## Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η εξερεύνηση των καινοτόμων τεχνολογιών που αποκαλύπτουν την πορεία προς ένα πιο «πράσινο», καινοτόμο και βιώσιμο ενεργειακό μέλλον, καθώς και η ανάδειξη των νέων ευκαιριών που προκύπτουν από τις ανάγκες του ανθρώπου και του περιβάλλοντος.

Πιο συγκεκριμένα, η παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται σε συγκεκριμένες καινοτομίες και εξελίξεις που αφορούν τους τομείς του υδρογόνου, της ηλεκτροκίνησης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η πρώτη ενότητα καλύπτει τις εφαρμογές του υδρογόνου στο θαλάσσιο περιβάλλον, καθώς και την καινοτομία των μελλοντικών δικτύων υδρογόνου. Η δεύτερη ενότητα εμβαθύνει στη χρήση και τις εφαρμογές των μπαταριών στην ηλεκτροκίνηση, ενώ γίνεται αναφορά και στις υπηρεσίες νέφους. Τέλος, η τρίτη ενότητα εξερευνά την ανάπτυξη και λειτουργία των πλωτών ανεμογεννητριών και των πλωτών ηλιακών συλλεκτών.

**Λέξεις-Κλειδιά:** πράσινη επιχειρηματικότητα, βιώσιμη ανάπτυξη, καινοτόμες τεχνολογίες, πράσινη ενέργεια, υδρογόνο, ηλεκτροκίνηση, ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

## **Abstract**

The subject of this thesis is to explore the innovative technologies that reveal the path towards a greener, innovative and sustainable energy future, as well as to highlight the new opportunities that arise from the needs of both humans and the environment.

More specifically, this thesis focuses on specific innovations and developments in the fields of hydrogen, electromobility, and renewable energy sources. The first section covers the applications of hydrogen in the marine environment, as well as the innovation of future hydrogen networks. The second section looks in depth at the use and applications of batteries in electromobility, and also refers to cloud computing services. Finally, the last section explores the development and operation of floating wind turbines and floating solar panels.

**Key words:** *green entrepreneurship, sustainable development, innovative technologies, green energy, hydrogen, electromobility, renewable energy sources*

## **Ευχαριστίες**

*Με την κατάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα εκφράσω τις ειλικρινείς και θερμές ευχαριστίες μου σε όλους αυτούς που συνέβαλαν στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειας.*

*Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Παπαευθυμίου Σπύρο, για την ανάθεση της εργασίας, την εμπιστοσύνη και την συνεχή καθοδήγησή του.*

*Επιπλέον, θα ήθελα να την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την υποστήριξη, την εμπιστοσύνη, την υπομονή και τη θετική τους σκέψη, καθώς μου έδωσαν τη δυνατότητα να εκπληρώσω έναν από τους στόχους μου.*

## Πίνακας Περιεχομένων

|   |    |
|---|----|
| Εισαγωγή .....  | 7  |
| Ιστορική αναδρομή της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης .....                              | 7  |
| Οι πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης .....   | 9  |
| Η έννοια της «πράσινης» αγοράς .....  | 10 |
| «Πράσινη» επιχειρηματικότητα .....  | 10 |
| Κεφάλαιο 1: Η ηλεκτροπαραγωγή υδρογόνου στη ναυτιλία .....                              | 11 |
| 1.1 Εισαγωγή .....  | 11 |
| 1.2 Διαδικασία ηλεκτροπαραγωγής υδρογόνου .....   | 11 |
| 1.2.1 Τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροπαραγωγής υδρογόνου .....                             | 13 |
| 1.2.2 Η διεθνής νομοθεσία .....   | 14 |
| 1.2.3 Τεχνολογία καυσίμου .....   | 15 |
| 1.2.4 Ανάπτυξη τεχνολογιών σε Δανία, Γερμανία, Νορβηγία, Ιαπωνία .....                  | 16 |
| 1.3 Το υδρογόνο στην ελληνική ναυτιλία .....  | 17 |
| 1.4 Τα μελλοντικά δίκτυα υδρογόνου στη ναυτιλία .....                                   | 18 |
| 1.5 Το κόστος του υδρογόνου στη ναυτιλία .....  | 26 |
| 1.6 Υδρογόνο και «πράσινη» επιχειρηματικότητα .....                                     | 28 |
| Κεφάλαιο 2: Ηλεκτροκίνηση .....   | 30 |
| 2.1 Εισαγωγή στην ηλεκτροκίνηση .....   | 30 |
| 2.1.1 Ιστορία και Εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης .....                                      | 30 |
| 2.1.2. Σημασία της ηλεκτροκίνησης στη σύγχρονη κοινωνία .....                           | 32 |
| 2.2 Μπαταρίες .....   | 33 |
| 2.2.1 Εισαγωγή στις Μπαταρίες .....   | 33 |
| 2.2.2 Βασικές αρχές λειτουργίας των μπαταριών .....                                     | 34 |
| 2.2.3 Σημασία των μπαταριών στη σύγχρονη κοινωνία .....                                 | 35 |
| 2.3 Ιστορία των Μπαταριών .....   | 35 |
| 2.3.1. Μειονεκτήματα των πρώτων μπαταριών και η εξέλιξη προς βελτιωμένες εκδόσεις ..... | 36 |
| 2.4. Τύποι Μπαταριών .....  | 37 |
| 2.5. Εφαρμογές Μπαταριών .....  | 40 |
| 2.5.1. Ενεργειακή αποθήκευση και μπαταρίες: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας .....           | 42 |
| 2.6. Τεχνολογικές Προκλήσεις στις Μπαταρίες .....                                       | 43 |

|   |    |
|---|----|
| 2.6.1. Αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας .....  | 43 |
| 2.6.2. Κυκλική οικονομία και ανακύκλωση μπαταριών .....   | 44 |
| 2.7. Μέλλον των Μπαταριών .....   | 45 |
| 2.7.1. Νέες τεχνολογίες και καινοτομίες στον τομέα των μπαταριών .....  | 45 |
| 2.7.2. Ο ρόλος των μπαταριών στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων και την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης ..... | 46 |
| 2.8. Υπηρεσίες Νέφους.....  | 47 |
| 2.8.2. Συνολική Επισκόπηση των Υπηρεσιών Νέφους στην Ηλεκτροκίνηση .....  | 47 |
| 2.8.3. Διαχείριση Φόρτισης μέσω του Νέφους .....  | 48 |
| 2.8.4. Διαχείριση Ενέργειας.....  | 49 |
| 2.8.5. Ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας.....  | 49 |
| 2.8.6. Ασφάλεια και Διαχείριση Δεδομένων .....  | 50 |
| 2.8.7. Προκλήσεις και Μέλλον των Υπηρεσιών Νέφους στην Ηλεκτροκίνηση .....  | 51 |
| Κεφάλαιο 3: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας .....   | 53 |
| 3.1 Εισαγωγή .....  | 53 |
| 3.1.1. Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια .....   | 53 |
| 3.1.2. Η εξέλιξη των πλωτών υπεράκτιων ανεμογεννητριών .....  | 53 |
| 3.2 Τύποι πλωτών ανεμογεννητριών .....  | 54 |
| 3.3 Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα.....  | 58 |
| 3.3.1. Το μεγαλύτερο πλωτό αιολικό πάρκο του κόσμου .....   | 58 |
| 3.3.2 Πλεονεκτήματα υπεράκτιων αιολικών πάρκων.....   | 59 |
| 3.3.3 Μειονεκτήματα υπεράκτιων αιολικών πάρκων .....  | 60 |
| 3.3.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υπεράκτιων αιολικών πάρκων .....   | 60 |
| 3.3.5. Οι Προκλήσεις και το Μέλλον των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων .....   | 61 |
| 3.4. Υπεράκτια Ηλιακή Ενέργεια.....   | 63 |
| 3.5. Πλωτά Ηλιακά Πάρκα .....   | 63 |
| 3.5.1. Πλεονεκτήματα Πλωτών Ηλιακών Πάρκων .....  | 65 |
| 3.5.2. Μειονεκτήματα Πλωτών Ηλιακών Πάρκων .....  | 65 |
| 3.5.3. Προκλήσεις των Πλωτών Ηλιακών Πάρκων.....  | 66 |
| Συμπεράσματα .....  | 68 |
| Βιβλιογραφία.....   | 70 |

## Εισαγωγή

Σε μια εποχή που χαρακτηρίζεται από πρωτοφανείς περιβαλλοντικές προκλήσεις και μια αυξανόμενη ανάγκη μετριασμού των δυσμενών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, η σύνδεση της βιώσιμης ανάπτυξης και της πράσινης επιχειρηματικότητας στον τομέα της ενέργειας έχει αναδειχθεί σε σημείο εστίασης της παγκόσμιας προσοχής. Καθώς ο πλανήτης αντιμετωπίζει την επείγουσα ανάγκη μετάβασης προς καθαρότερες και πιο βιώσιμες πηγές ενέργειας, οι καινοτόμες τεχνολογίες και οι νέες επιχειρηματικές προσπάθειες βρίσκονται στο επίκεντρο. Η ατελείωτη επιδίωξη για οικονομική ανάπτυξη, η οποία ιστορικά έχει αποβεί εις βάρος των πεπερασμένων πόρων του πλανήτη μας, απαιτεί τώρα μια θεμελιώδη αλλαγή. Ακόμη, οι ανησυχίες σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος έχουν γίνει προτεραιότητα των εθνών, επιτρέποντας στις εταιρίες να καινοτομήσουν παράγοντας προϊόντα φιλικά προς το περιβάλλον.

Οι έννοιες «πράσινη» αγορά, «πράσινη» επιχειρηματικότητα, «πράσινος» επιχειρηματίας, βιωσιμότητα και άλλες, αποκτούν μεγαλύτερη σημασία και σημαντική θέση στον καθημερινό λόγο αντικαθιστώντας προηγούμενες έννοιες.

Αναγνωρίζοντας την πληθώρα καινοτόμων τεχνολογιών που αναδιαμορφώνουν τον ενεργειακό τομέα, η παρούσα διπλωματική επικεντρώνεται σε συγκεκριμένες εξελίξεις που αφορούν τους τομείς του υδρογόνου, της ηλεκτροκίνησης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η πρώτη ενότητα καλύπτει τις εφαρμογές του υδρογόνου στο θαλάσσιο περιβάλλον, καθώς και την καινοτομία των μελλοντικών δικτύων υδρογόνου. Η δεύτερη ενότητα εμβαθύνει στη χρήση και τις εφαρμογές των μπαταριών στην ηλεκτροκίνηση, ενώ γίνεται αναφορά και στις υπηρεσίες νέφους. Τέλος, η τρίτη ενότητα εξερευνά την ανάπτυξη και λειτουργία των πλωτών ανεμογεννητριών και των πλωτών ηλιακών συλλεκτών. Συνολικά, η διπλωματική εστιάζει στην εξερεύνηση τεχνολογιών που αποκαλύπτουν την πορεία προς ένα πιο «πράσινο», καινοτόμο και βιώσιμο ενεργειακό μέλλον.

## Ιστορική αναδρομή της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης

Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης και η ιδέα της Ατζέντας 30 και των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης, ξεκίνησαν να δημιουργούνται πολύ πριν το 2015 και βασίζονται σε εργασία δεκαετιών των χωρών. Παρακάτω παραθέτονται<sup>1</sup> τα πιο σημαντικά ορόσημα και γεγονότα στην ιστορία της βιώσιμης ανάπτυξης, τα οποία απεικονίζουν τόσο την εξέλιξή της με την πάροδο των ετών, όσο και την αυξανόμενη παγκόσμια αναγνώριση της ανάγκης εξισορρόπησης της οικονομικής ανάπτυξης με περιβαλλοντικά και κοινωνικά ζητήματα για ένα πιο βιώσιμο μέλλον.

**1972:** Διεξάχθηκε Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Ανθρώπινο Περιβάλλον (γνωστή ως Διάσκεψη της Στοκχόλμης), όπου εισάχθηκε για πρώτη φορά η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης σε παγκόσμιο κυβερνητικό επίπεδο. Ήταν η πρώτη μεγάλη διάσκεψη του ΟΗΕ για διεθνή περιβαλλοντικά θέματα και αποτέλεσε σημείο καμπής στην εξέλιξη της διεθνούς περιβαλλοντικής πολιτικής.

**1987:** Η Παγκόσμια Επιτροπή για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη (World Commission on Environment and Development – WCED), παρουσίασε την Έκθεση «Το κοινό μας Μέλλον» και όρισε την έννοια της αειφόρου ανάπτυξης ως «...ανάπτυξη που ανταποκρίνεται στις ανάγκες του παρόντος χωρίς να διακυβεύεται η ικανότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιήσουν τις δικές τους ανάγκες...». Τα αποτελέσματα της Συνδιάσκεψης αποτέλεσαν σημείο αναφοράς και αρχή της περιβαλλοντικής δράσης σε παγκόσμιο, ευρωπαϊκό και περιφερειακό επίπεδο.

**1992:** Έλαβε χώρα η Σύνοδος Κορυφής στο Ρίο ντε Τζανέιρο της Βραζιλίας, όπου παρευρέθηκαν περισσότερες από 178 χώρες. Κατά τη διάρκεια της Συνόδου εγκρίθηκε η Ατζέντα 21, η οποία αποτελούσε ένα ολοκληρωμένο σχέδιο δράσης για την ομαλή συνύπαρξη ανάπτυξης και προστασίας του περιβάλλοντος. Στην Ατζέντα 21 καθορίστηκε και η ανάγκη ανάπτυξης δεικτών για την παρακολούθηση και βαθύτερη κατανόηση της προόδου της βιώσιμης ενεργειακής ανάπτυξης.

**1997:** Εγκρίθηκε το Πρωτόκολλο του Κιότο, το οποίο θέτει σε εφαρμογή τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή. Το Πρωτόκολλο δεσμεύει τις αναπτυσσόμενες χώρες να αναζητήσουν μία νέα προσέγγιση της ενεργειακής ανάπτυξης, υιοθετώντας πολιτικές και μέτρα για τον μετριασμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας. Αν και η έννοια της βιώσιμης ενεργειακής ανάπτυξης δεν είχε προταθεί ακόμα, η ενέργεια θεωρήθηκε αναγκαία για τη βιώσιμη ανάπτυξη, σχετιζόμενη κυρίως με το κλίμα, την ενεργειακή ασφάλεια και τη σπανιότητα των ενεργειακών πόρων.

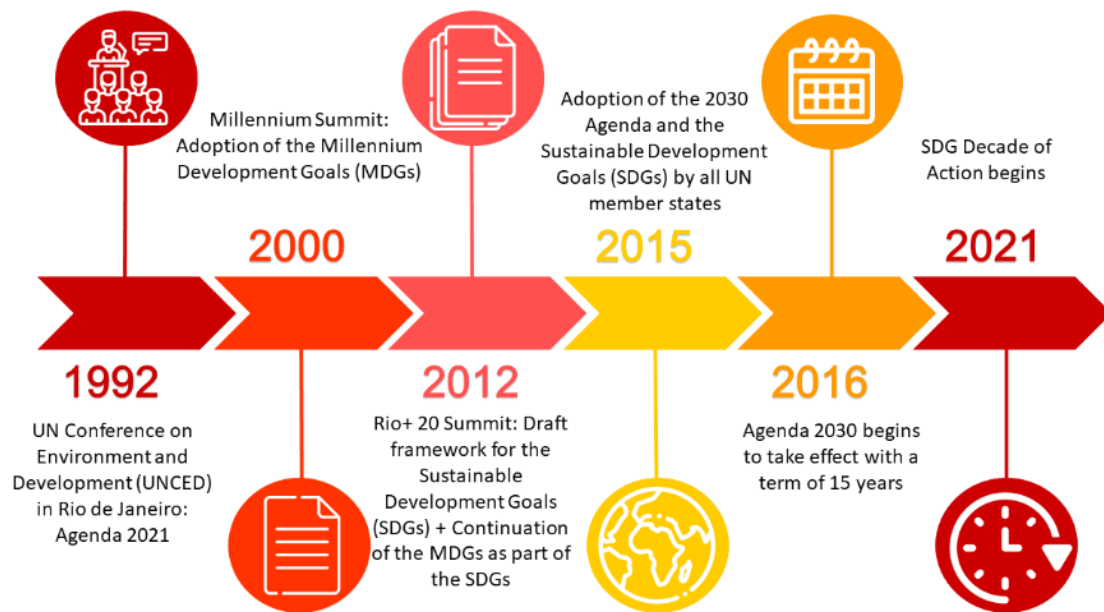
**2000:** Διεξάχθηκε η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών στην έδρα του ΟΗΕ στη Νέα Υόρκη, όπου σύμφωνα με τη Διακήρυξη της Χιλιετίας, τα 191 κράτη-μέλη του ΟΗΕ ενέκριναν ομόφωνα και δεσμεύθηκαν να συμβάλλουν στην επίτευξη των οκτώ Αναπτυξιακών Στόχων της Χιλιετίας έως το 2015. Την ίδια χρονιά, στην έκθεση για την Παγκόσμια Ενεργειακή Αξιολόγηση του Προγράμματος Ηνωμένων Εθνών για την Ανάπτυξη (United Nations Development Programme – UNDP), η βιώσιμη ενεργειακή ανάπτυξη αναφέρθηκε και παρουσιάστηκε ως ένα νέο αναπτυξιακό παράδειγμα. Ωστόσο, στη διακήρυξη της Χιλιετίας δεν βρέθηκε κανένας στόχος που να σχετίζεται με την ενέργεια, δείχνοντας ότι το Σχέδιο Δράσης Αειφόρου Ενέργειας δεν είχε ακόμη καθιερωθεί ως θέμα πολιτικής ή δεν είχε αναγνωριστεί ως εργαλείο για την προώθηση της κοινωνικής ανάπτυξης.

**2002:** Πραγματοποιήθηκε στο Γιοχάνεσμπουργκ η Παγκόσμια Διάσκεψη Κορυφής για την Αειφόρο Ανάπτυξη, στο πλαίσιο της οποίας υιοθετήθηκε η Διακήρυξη του Γιοχάνεσμπουργκ. Η Διακήρυξη αποτέλεσε ενδεικτικό της δέσμευσης της παγκόσμιας κοινότητας για την εξάλειψη της φτώχειας και το περιβάλλον, και βασίστηκε στην Ατζέντα 21 και τη Διακήρυξη της Χιλιετίας δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στις πολυμερείς εταιρικές σχέσεις.

**2015:** Ο ρόλος της ενέργειας στην επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης αναγνωρίστηκε και καθορίστηκε περαιτέρω το 2015, με την επικύρωση της Ατζέντας 30 και την εισαγωγή του έβδομου των Στόχων Βιώσιμης Ανάπτυξης των Ηνωμένων Εθνών «Διασφάλιση πρόσβασης



σε προσιτή, αξιόπιστη, βιώσιμη και σύγχρονη ενέργεια για όλους». Μέχρι το 2015 ιδρύθηκαν διυπηρεσιακοί μηχανισμοί και οργανισμοί, οι οποίοι προώθησαν πρωτοβουλίες και δράσεις για την ενέργεια, το περιβάλλον και την κλιματική αλλαγή και πίεσαν για τη βιώσιμη ανάπτυξη των ενεργειακών συστημάτων και την υιοθέτηση της βιώσιμης χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, τοποθετώντας την βιώσιμη ενεργειακή ανάπτυξη ως κρίσιμο θέμα στη διεθνή ατζέντα. Η ίδρυσή τους αναγνώριζε τον αυξανόμενο ρόλο της ενέργειας στην αντιμετώπιση διαφόρων ζητημάτων βιώσιμης ανάπτυξης και τη σημασία της αλλαγής των σημερινών προτύπων κατανάλωσης και παραγωγής.



1

Εικόνα 1. Σημαντικότερα γεγονότα στην ιστορία εξέλιξης της έννοιας της βιώσιμης ανάπτυξης

## Οι πυλώνες της βιώσιμης ανάπτυξης

Όπως αναφέρεται στην ιστορική αναδρομή, η πιο γνωστή ορολογία για τη βιώσιμη ανάπτυξη δόθηκε στην αναφορά «Το κοινό μας Μέλλον» ή «Brutland Report», στην οποία ορίζεται ως: η ανάπτυξη που ικανοποιεί τις ανάγκες της παρούσας γενιάς χωρίς να θέτει σε κίνδυνο την δυνατότητα των μελλοντικών γενεών να ικανοποιούν τις δικές τους ανάγκες.

Η έννοια της βιώσιμης ανάπτυξης βασίζεται σε 3 πυλώνες: την περιβαλλοντική υπευθυνότητα, την οικονομική βιωσιμότητα και την κοινωνική υπευθυνότητα. Οι 3 παραπάνω πυλώνες είναι αλληλένδετοι και δεν μπορεί να επιτευχθεί βιώσιμη ανάπτυξη αν δεν συμβαδίζουν η οικονομική μεγέθυνση με την κοινωνική πρόοδο και τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος.

Η **περιβαλλοντική βιωσιμότητα** επιχειρεί να αυξήσει την ανθρώπινη ευημερία με την προστασία και σωστή χρήση των φυσικών πόρων μειώνοντας τον αρνητικό αντίκτυπο των ενεργειών της στο περιβάλλον, με κύριο στόχο τη διατήρηση του περιβαλλοντικού συστήματος. Η **οικονομική βιωσιμότητα** επιχειρεί να διατηρήσει το κέρδος ώστε να

<sup>1</sup> <https://en.2030watch.de/was-sind-die-sdgs-1>

ωφελήσει τα οικονομικά συστήματα σε τοπική εθνική και διεθνή κλίμακα, με κύριο στόχο την κοινωνική ισότητα και την ποιότητα ζωής. Η **κοινωνική βιωσιμότητα** στοχεύει στη διατήρηση της κοινωνικής ειρήνης μέσω της κοινωνικής αλληλεπίδρασης των σχέσεων των προτύπων συμπεριφοράς και των αξιών μεταξύ των ανθρώπων.

### **Η έννοια της «πράσινης» αγοράς**

Με την ανάπτυξη της περιβαλλοντικής συνείδησης, άρχισε να εμφανίζεται και η έννοια της «πράσινης» αγοράς. Οι επιχειρήσεις αναγκάστηκαν να δώσουν μεγαλύτερη έμφαση σε περιβαλλοντικά ζητήματα ως αποτέλεσμα της ανάγκης παραγωγής φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων. Οι πιο υπεύθυνες επιχειρήσεις βρέθηκαν με ανταγωνιστικό πλεονέκτημα σε σχέση με τις υπόλοιπες δίνοντάς τους ώθηση να δημιουργούν και να παρέχουν πιο «καθαρά» προϊόντα. Ο προσανατολισμός στην «πράσινη» αγορά δημιούργησε τον χώρο για ανάπτυξη τεχνολογιών και υιοθέτηση πρακτικών για να μειώσουν τα απόβλητα που συμβάλλουν στην περιβαλλοντική υποβάθμιση του περιβάλλοντος. Έτσι, η «πράσινη» καινοτομία επικεντρώνεται στην ανάπτυξη φιλικών προς το περιβάλλον προϊόντων και μεθόδων που μπορούν να ανταποκριθούν στα κανονιστικά κριτήρια για τη διαφύλαξη του περιβάλλοντος, και μπορεί να αφορά διάφορους τομείς της επιχείρησης όπως τη διοίκηση, την οργάνωση, την παραγωγή, την εφοδιαστική αλυσίδα και το προϊόν.

### **«Πράσινη» επιχειρηματικότητα**

Ως «πράσινη» επιχειρηματικότητα ορίζεται η διαδικασία δημιουργίας νέων προϊόντων και τεχνολογίας για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών ζητημάτων. Είναι μία κατηγορία της επιχειρηματικότητας που επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και εφαρμογή λύσεων για περιβαλλοντικά ζητήματα, καθώς και στην ενθάρρυνση της κοινωνικής αλλαγής για την πρόληψη της οικολογικής ζημίας, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζει ότι δεν θα υπάρξει επιζήμιος οικονομικός αντίκτυπος στην εταιρεία.

Στόχος της «πράσινης» επιχειρηματικότητας είναι η βελτίωση του περιβάλλοντος στο οποίο λειτουργούν οι επιχειρήσεις και η προώθηση αλλαγών στις επιχειρηματικές πρακτικές που επηρεάζουν το κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον. Αυτό μπορεί να αφορά το επίπεδο των επιχειρήσεων και των μεθόδων παραγωγής, καθώς και τα πραγματικά προϊόντα.

Η «πράσινη» επιχειρηματικότητα συνδυάζει το έντονο επιχειρηματικό πνεύμα με τον σεβασμό για την αειφορία και άλλες περιβαλλοντικές κινήσεις. Η πλειονότητα των μεθόδων πολιτικής εστιάζει στην αναζήτηση τεχνολογιών φιλικών προς το περιβάλλον και διερεύνηση περιβαλλοντικών προκλήσεων, όπως η κλιματική αλλαγή και η επικράτηση της πράσινης επιχειρηματικότητας. Η προτροπή των πελατών να πληρώσουν για τη μείωση των περιβαλλοντικά επιβλαβών δραστηριοτήτων, σε συνδυασμό με τις αυξανόμενες εκκλήσεις για την κατάργηση των περιβαλλοντικά καταστροφικών επιχειρήσεων οδηγούν στην «πράσινη» επιχειρηματικότητα. Οι «πράσινοι» επιχειρηματίες εκμεταλλεύονται τις ευκαιρίες που θα μπορούσαν να ενισχύσουν την οικολογική βιωσιμότητα. Κατά συνέπεια, η πράσινη επιχειρηματικότητα μεταβάλλεται από ένα καθαρά εμπορικό εγχείρημα σε μια κοινοτική προσπάθεια για τη διασφάλιση και διατήρηση του περιβάλλοντος.

Δεδομένης της σημασίας του αντικτύπου της αγοράς στην επιχειρηματικότητα, είναι απαραίτητο οι επιχειρηματίες να αποκτήσουν την τεχνογνωσία ώστε να ενισχύσουν την «πράσινη» επιχειρηματικότητα και τη βιώσιμη ανάπτυξη δημιουργώντας πράσινη κουλτούρα στην επιχείρησή τους. Η συνδυαστική εκπλήρωση των 3 βασικών πυλώνων της βιωσιμότητας, όπως αναφέρθηκαν προηγουμένως, είναι απαραίτητη προκειμένου να διασφαλιστεί οικονομική, περιβαλλοντική και κοινωνική ανάπτυξη.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## Κεφάλαιο 1: Η ηλεκτροπαραγωγή υδρογόνου στη ναυτιλία

### 1.1 Εισαγωγή

Η ναυτιλιακή βιομηχανία, βασικός άξονας του παγκόσμιου εμπορίου και των μεταφορών, βρίσκεται σε ένα κρίσιμο σημείο εν μέσω των αυξανόμενων περιβαλλοντικών ανησυχιών. Με τα παραδοσιακά ναυτιλιακά καύσιμα να συμβάλλουν σημαντικά στις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και στην ατμοσφαιρική ρύπανση, η επείγουσα ανάγκη για μετάβαση σε καθαρότερες, πιο βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις δεν ήταν ποτέ πιο επιτακτική. Μεταξύ μίας σειράς καινοτόμων λύσεων, η παραγωγή ενέργειας από υδρογόνο διακρίνεται στο πεδίο της ναυτικής πρόωσης. Η αξιοποίηση του δυναμικού του υδρογόνου ως καθαρής πηγής ενέργειας αποτελεί το κλειδί για την απαλλαγή του ναυτιλιακού τομέα από τον άνθρακα, ευθυγραμμίζοντάς τον με τους φιλόδοξους παγκόσμιους κλιματικούς στόχους.

### 1.2 Διαδικασία ηλεκτροπαραγωγής υδρογόνου

Υπάρχουν ποικίλα είδη υδρογόνου, η κατηγοριοποίηση των οποίων γίνεται βάσει της διεργασίας παραγωγής και των ακόλουθων εκπομπών αερίων που παράγονται. Το «πράσινο» υδρογόνο (ή «ανανεώσιμο» υδρογόνο) παράγεται μέσω της διαδικασίας ηλεκτρόλυσης του νερού και την αξιοποίηση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές. Μέσω αυτής τη διαδικασίας δεν εκπέμπονται αέρια του θερμοκηπίου, γεγονός που την καθιστά καθαρή και αειφόρο. Η αντίδραση αυτή πραγματοποιείται σε μία μονάδα που ονομάζεται ηλεκτρολύτης, και κατά τη διάρκεια της οποίας ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από νερό που περιέχεται σε μια υδρογόνο-οξυγόνο κυψέλη, διαχωρίζοντας τα μόρια του νερού σε οξυγόνο και υδρογόνο. Το υδρογόνο που παράγεται μπορεί να αποθηκευτεί σε δεξαμενές και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για την κίνηση των πλοίων, είτε να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή ηλεκτρισμού. (Hunt & Nascimento, 2021)

Η ηλεκτροπαραγωγή υδρογόνου στα πλοία θεωρείται μια αποδοτική και βιώσιμη εναλλακτική λύση για την ενέργεια κίνησης στον τομέα της ναυσιπλοΐας, καθώς το υδρογόνο είναι ένα καθαρό καύσιμο που δεν παράγει αέρια εκπομπή ή ρύπους κατά την καύση, και αποτελεί μια ενεργειακά αποδοτική επιλογή. Με αυτή τη διαδικασία τα πλοία μπορούν να

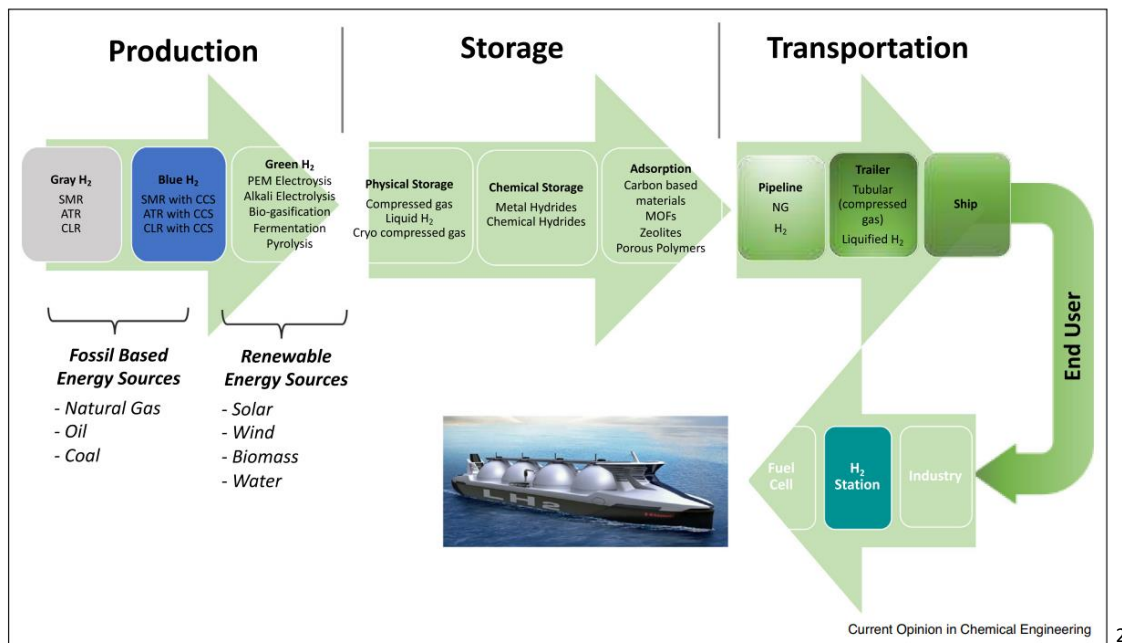
εξοικονομήσουν ενέργεια, να μειώσουν τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου και να βελτιώσουν την ποιότητα του αέρα στις περιοχές όπου δραστηριοποιούνται. Επιπλέον, η ηλεκτροπαραγωγή υδρογόνου μπορεί να αποτελέσει τη λύση για την μείωση της εξάρτησης από την πετρελαϊκή ενέργεια και την προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της ναυτιλίας.

Η παραγωγή ισχύος υδρογόνου είναι μια διαδικασία που περιλαμβάνει τη μετατροπή του υδρογόνου σε ενέργεια που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία πλοίων. Η διαδικασία μπορεί να χωριστεί σε τέσσερα κύρια βήματα.

- **Πρώτο βήμα - Παραγωγή υδρογόνου:** Το πρώτο βήμα στη διαδικασία είναι η παραγωγή του καυσίμου υδρογόνου, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί με ποικίλους τρόπους, συμπεριλαμβανομένης της ηλεκτρόλυσης, της θερμόλυσης νερού και της αναμόρφωσης του ατμού ή της αναμόρφωσης του πλάσματος. Η ηλεκτρόλυση είναι η πιο κοινή διαδικασία, στην οποία χρησιμοποιείται ηλεκτρική ενέργεια για τη διάσπαση του νερού σε υδρογόνο και οξυγόνο. Η αντίδραση αυτή πραγματοποιείται σε μία μονάδα που ονομάζεται ηλεκτρολύτης. Κατά τη διάρκεια της ηλεκτρόλυσης, ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από νερό που περιέχεται σε μια υδρογόνο-οξυγόνο κυψέλη, διαχωρίζοντας τα μόρια του νερού σε οξυγόνο και υδρογόνο.
- **Δεύτερο βήμα - Αποθήκευση Υδρογόνου:** Η αποθήκευση υδρογόνου αποτελεί βασική τεχνολογία για την πρόοδο των τεχνολογιών υδρογόνου και κυψελών καυσίμου σε εφαρμογές, όπως η σταθερή και φορητή ενέργεια και οι μεταφορές. Το υδρογόνο έχει την υψηλότερη ενέργεια ανά μάζα από όλα τα καύσιμα, ωστόσο, η χαμηλή πυκνότητα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει ως αποτέλεσμα χαμηλή ενέργεια ανά μονάδα όγκου, οπότε απαιτείται η ανάπτυξη προηγμένων μεθόδων αποθήκευσης που έχουν τη δυνατότητα μεγαλύτερης ενεργειακής πυκνότητας. Μόλις παραχθεί το υδρογόνο, πρέπει να αποθηκευτεί για χρήση. Αυτό γίνεται συνήθως σε μεγάλες δεξαμενές και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια ποικιλία διαφορετικών υλικών, ανάλογα με την προβλεπόμενη χρήση. Για τα καύσιμα των πλοίων, οι δεξαμενές πρέπει να είναι σε θέση να αντέχουν στην πίεση και την κίνηση της θάλασσας.
- **Τρίτο βήμα - Προετοιμασία του συστήματος τροφοδοσίας:** Σε συνέχεια της αποθήκευσης του υδρογόνου, το σύστημα ισχύος του πλοίου πρέπει να είναι προετοιμασμένο να το χρησιμοποιήσει ως καύσιμο. Αυτό περιλαμβάνει την εξασφάλιση ότι το σύστημα καυσίμου των σκαφών είναι συμβατό με την κυψέλη, καθώς και ότι όλα τα απαραίτητα συστήματα ασφαλείας είναι έτοιμα.
- **Τέταρτο βήμα - Δημιουργία παραγωγής ενέργειας:** Το τελευταίο βήμα στη διαδικασία είναι η παραγωγή ενέργειας. Αυτό γίνεται χρησιμοποιώντας μια κυψέλη καυσίμου, η οποία μετατρέπει το υδρογόνο σε ενέργεια.

Η διαδικασία παραγωγής ενέργειας υδρογόνου είναι μια πολύπλοκη διαδικασία, η οποία όμως γίνεται όλο και πιο σημαντική, καθώς οι στόλοι ναυτιλίας κινούνται σε πιο φιλικά προς το περιβάλλον καύσιμα. Κατανοώντας τα βήματα που εμπλέκονται στη διαδικασία, οι στόλοι

μπορούν να εξασφαλίσουν ότι τα πλοία τους τροφοδοτούνται με τον πιο αποδοτικό και ασφαλή τρόπο.



Εικόνα 2. Διαδρομή από την παραγωγή υδρογόνου (μέσω διαφορετικών πηγών ενέργειας) έως την τελική χρήση

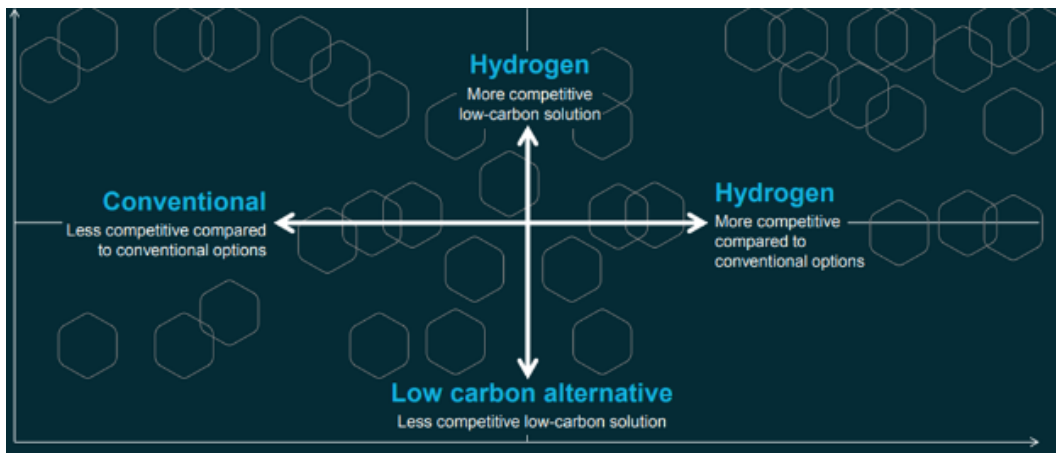
### 1.2.1 Τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροπαραγωγής υδρογόνου

Η διαδικασία της ηλεκτροπαραγωγής υδρογόνου στα πλοία έχει πολλαπλά πλεονεκτήματα που αναδεικνύουν τη συμβολή της τεχνολογίας αυτής στη βιώσιμη ναυτιλία.

1. **Παραγωγή:** Το καθαρό «πράσινο» υδρογόνο που παράγεται από τη διαδικασία της ηλεκτρόλυσης του νερού και την αξιοποίηση της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, καθιστά τη διεργασία καθαρή και αειφόρο, καθώς δεν εκπέμπει αέρια του θερμοκηπίου.
2. **Υψηλή Ενεργειακή Αποδοτικότητα:** Η υδρογονοκίνηση προσφέρει υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα, καθώς η μετατροπή του υδρογόνου σε ηλεκτρική ενέργεια πραγματοποιείται με ελάχιστες απώλειες.
3. **Μείωση Εξάρτησης από Καύσιμα:** Η εφαρμογή του υδρογόνου στη ναυτιλία προάγει τη διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών, μειώνοντας την εξάρτηση από τα πετρελαιοειδή καύσιμα.
4. **Αποθήκευση και Μεταφορά:** Η αποθήκευση και η μεταφορά του υδρογόνου προς χρήση στα πλοία είναι εφικτή, με σύγχρονες τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί.
5. **Ρύθμιση Παραγωγής:** Η ηλεκτροπαραγωγή υδρογόνου προσφέρει ευελιξία στην προσαρμογή της ενεργειακής προσφοράς, επιτρέποντας τη ρύθμιση της παραγωγής με βάση τις ανάγκες του πλοίου. (Olmer et al., 2017)

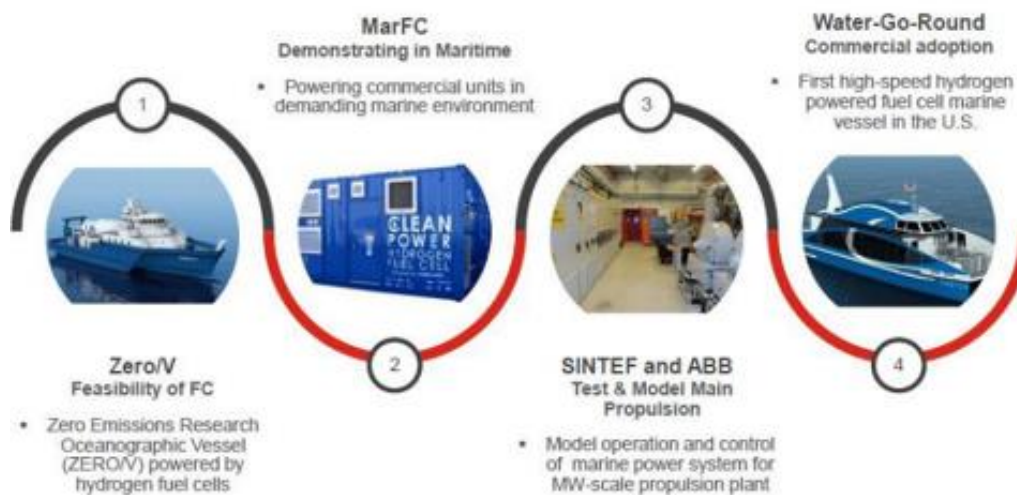
Τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που προσφέρει το υδρογόνο, πρόκειται να δημιουργήσουν ένα πιο αποδεκτό περιβάλλον του υψηλού κόστους εφαρμογής του. Η

αναβάθμιση της σπουδαιότητας του υδρογόνου στην καθημερινότητα, πρόκειται να επιδράσει στην αποδοχή και μείωση του κόστους κατασκευής και λειτουργίας των πλοίων, του κόστους παραγωγής, καθώς και του κόστους κατασκευής των συσκευών αξιοποίησης. Η συνεχόμενη ανάγκη για έρευνα και η καινοτομία με τη χρήση υδρογόνου αποτελούν βασική προϋπόθεση για τη διαδικασία απαλλαγής από ανθρακούχες εκπομπές και την επίτευξη της βιώσιμης ανάπτυξης στη ναυτιλία. (Stavros Hatzigrigoris, 2021)



3

Εικόνα 3. Επικαιροποιημένη ανταγωνιστικότητα των εφαρμογών υδρογόνου έως το 2030



4

Εικόνα 4. Θαλάσσιες εφαρμογές υδρογόνου

### 1.2.2 Η διεθνής νομοθεσία

Η διεθνής νομοθεσία περί εφαρμογής του υδρογόνου στα πλοία έχει σημαντική συμβολή στην προώθηση της εκμετάλλευσης αυτής της ανανεώσιμης ενέργειας. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχει εγκρίνει σειρά μέτρων και κανονισμών που προωθούν την ασφαλή χρήση του υδρογόνου ως καύσιμο στα πλοία. Αυτά περιλαμβάνουν την τεχνική

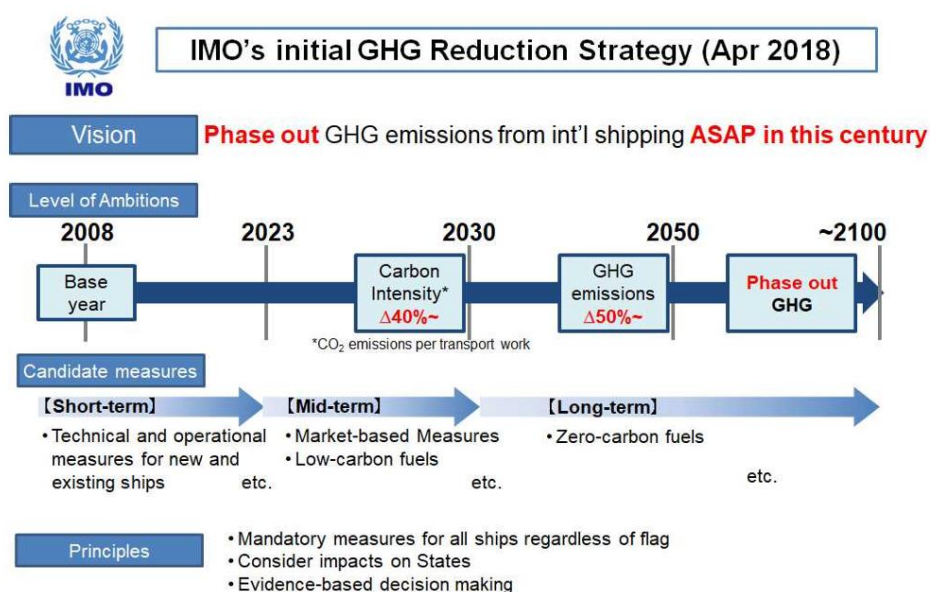
<sup>3</sup>[https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Symposium 2021/Presentations/Second day - Blocks 3 and 4/Block 3.4 - Daryl Wilson\\_Hydrogen in the maritime sector.pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Symposium%2021/Presentations/Second%20day%20-%20Blocks%203%20and%204/Block%203.4%20-%20Daryl%20Wilson_Hydrogen%20in%20the%20maritime%20sector.pdf)

<sup>4</sup>[https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Symposium 2021/Presentations/Second day - Blocks 3 and 4/Block 3.4 - Daryl Wilson\\_Hydrogen in the maritime sector.pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Symposium%2021/Presentations/Second%20day%20-%20Blocks%203%20and%204/Block%203.4%20-%20Daryl%20Wilson_Hydrogen%20in%20the%20maritime%20sector.pdf)

κατευθυντήρια γραμμή για την εφαρμογή των συστημάτων υδρογόνου στα πλοία και τους κανόνες για την ασφάλεια των καυσίμων κυψελίδων υδρογόνου.

Σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό στόχος είναι να μειωθεί η παραγωγή εκπομπών ρύπων διοξειδίου του άνθρακα τουλάχιστον 40% μέχρι το 2030 και έως 70% μέχρι το 2050, ενώ οι συνολικοί ρύποι που ευθύνονται για το φαινόμενο του θερμοκηπίου πρέπει να μειωθούν κατ' ελάχιστον 50% μέχρι το 2050, σε σχέση με τις τιμές του 2008.

Επίσης, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει θεσπίσει νομοθεσία για την **ελαχιστοποίηση των εκπομπών** από τη ναυτιλία, θέτοντας στόχους για τη βιώσιμη ενεργειακή απόδοσή της. Η ανάπτυξη και η υιοθέτηση της τεχνολογίας υδρογόνου είναι σημαντική για την επίτευξη αυτών των στόχων και έχει προοπτικές να πληροί αυτές τις νομοθετικές απαιτήσεις, συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα αυτό.



5

Εικόνα 5. Αρχική στρατηγική του Διεθνή Ναυτιλιακού Οργανισμού για τη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου

### 1.2.3 Τεχνολογία καυσίμου

Η τεχνολογία του υδρογόνου στα πλοία έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο τα τελευταία χρόνια. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες στον τομέα των κυψελών καυσίμου υδρογόνου (fuel cells) και των αποθηκευτών υδρογόνου, οι οποίες επιτρέπουν την ασφαλή και αποδοτική χρήση του ως καύσιμο στα πλοία. Οι προηγμένες αυτές τεχνολογίες έχουν ως στόχο την μείωση των εκπομπών μεθανίου και τοξικών αερίων στη ναυτιλία, καθώς και την ενίσχυση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων.

Η χρήση υδρογόνου σαν καύσιμο προσφέρει τη δυνατότητα μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα και μηδενικών εκπομπών παραγόμενων από την καύση καυσίμων, καθιστώντας την ανταγωνιστική εναλλακτική για τους τομείς της ηλεκτροπαραγωγής υδρογόνου και της ναυτιλίας.

<sup>5</sup><https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/Roadmap%20to%20Zero%20Emission%20from%20International%20Shipping%20-%20Japan%20March%202020.pdf>



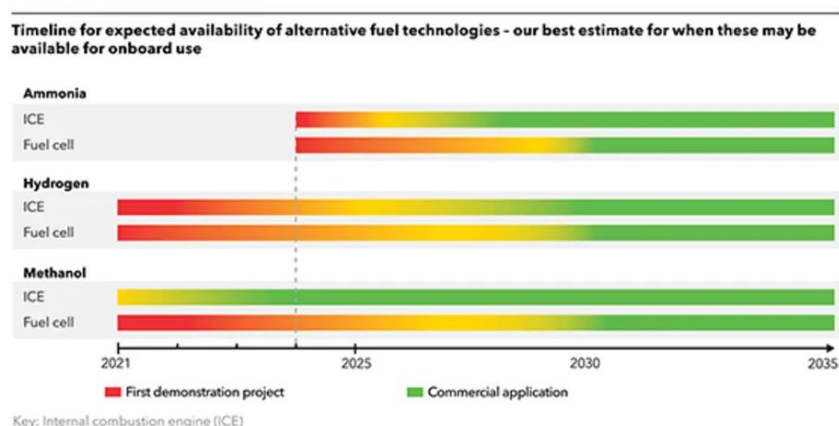
#### 1.2.4 Ανάπτυξη τεχνολογιών σε Δανία, Γερμανία, Νορβηγία, Ιαπωνία

Πολλές χώρες και ναυτιλιακές εταιρείες έχουν ήδη επενδύσει στην έρευνα εναλλακτικών τρόπων πρόωσης με μικρότερο ενεργειακό αποτύπωμα, χωρίς τη μείωση της ενεργειακής απόδοσης των καραβιών. Οι ενδείξεις είναι ελπιδοφόρες, καθώς η ανάπτυξη και η υλοποίηση συστημάτων υδρογόνου στα πλοία ενισχύει την ανανεώσιμη και βιώσιμη ενεργειακή παραγωγή στον τομέα της ναυτιλίας.

Το παγκόσμιο αυξανόμενο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη του υδρογόνου ως εναλλακτική λύση καθαρότερου καυσίμου, έχει ωθήσει τους κατασκευαστές πλοίων να αναζητούν τρόπους αντιμετώπισης των προκλήσεων και ανάπτυξης νέων τεχνολογιών. Παρακάτω γίνεται αναφορά στις τελευταίες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί στις χώρες Δανία, Γερμανία, Νορβηγία και Ιαπωνία για τη χρήση ηλεκτροπαραγωγής μέσω υδρογόνου στη ναυτιλία.

- **Δανία:** Η εταιρεία DFDS έχει ανακοινώσει την εγκατάσταση μιας συστοιχίας υδρογόνου από ορυκτά σε ένα από τα ferry της, ώστε να τροφοδοτήσει κυρίως τη γεννήτρια του πλοίου.
- **Γερμανία:** Η εταιρεία H2-Industries AG προωθεί ένα σχέδιο για την κατασκευή ενός πειραματικού πλοίου που θα λειτουργεί αποκλειστικά με υδρογόνο.
- **Νορβηγία:** Η Equinor (πρώην Statoil) σε συνεργασία με την Kawasaki Heavy Industries δραστηριοποιούνται στην ανάπτυξη τεχνολογίας υδρογονάνθρακα που θα χρησιμοποιηθεί σε πλοία. Το σχέδιο περιλαμβάνει την κατασκευή ενός πλοίου που θα λειτουργεί με αποθηκευμένο υδρογόνο σε υγρή μορφή.
- **Ιαπωνία:** Η Kawasaki Heavy Industries εργάζεται για την ανάπτυξη σκαφών που λειτουργούν με υδρογόνο. Έχει ήδη παρουσιαστεί το πρότυπο πλωτό πλοίο Hydro-Powered Vessel (HPV), το οποίο τροφοδοτείται αποκλειστικά από υδρογόνο και συνδυάζεται με κυψελιδικές μπαταρίες για εφεδρική ενέργεια.

Οι στόλοι ναυτιλίας στρέφονται όλο και περισσότερο στο υδρογόνο ως καύσιμο επιλογής για την τροφοδότηση των πλοίων τους, λόγω των περιβαλλοντικών οφελών τους.



6

Εικόνα 6. Σύγκριση του χρονοδιαγράμματος του υδρογόνου με δύο άλλα εναλλακτικά καύσιμα

<sup>6</sup> <https://www.nautilusint.org/en/news-insight/telegraph/whats-happening-with-hydrogen/>



### **1.3 Το υδρογόνο στην ελληνική ναυτιλία**

Η Ελλάδα έχει επίγνωση της σημασίας του υδρογόνου και των πλεονεκτημάτων του για τη ναυτιλία της. Δίνεται προτεραιότητα και αναδεικνύονται οι αναπτυξιακές δυνατότητες της χώρας σε θέματα ενέργειας και προσαρμογής στους κανονισμούς, αλλά και στους στόχους της Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΟΗΕ. Ένας στόχος του Εθνικού Σχεδίου για την Ενέργεια και το Κλίμα, αφορά την προώθηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ηλεκτροκίνησης και ηλεκτροδότησης, καθώς και δράσεων βελτίωσης Ενεργειακής Απόδοσης στους λιμένες.

Η εξασφάλιση της διασύνδεσης των τεχνολογικών λύσεων με τις προβλέψεις του Ταμείου Ανάκαμψης από το κράτος, θα δώσει την ευκαιρία ανάπτυξης της συνολικής οικονομο-περιβαλλοντικής διαχείρισης του ελληνικού ναυτιλιακού οικοσυστήματος. Με αυτό τον τρόπο, οι ναυτιλιακοί στόλοι θα μεταβούν με ασφάλεια στις νέες πράσινες τεχνολογίες, λαμβάνοντας και τα οφέλη της νέας εποχής της ναυτιλίας.

Τα οφέλη της εισαγωγής του υδρογόνου στη ναυτιλία περιλαμβάνουν τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, την αποφυγή ρύπανσης των υδάτων, καθώς και την αύξηση της αποδοτικότητας των πλοίων. Επιπλέον, η χρήση υδρογόνου μπορεί να συμβάλει στη διαφοροποίηση του ενεργειακού μείγματος της ελληνικής ναυτιλίας και να την καταστήσει πιο ανταγωνιστική και βιώσιμη σε παγκόσμιο επίπεδο.

Για να επιτευχθεί η μετάβαση στο υδρογόνο στη ναυτιλία, απαιτείται η συμμόρφωση με τη διεθνή νομοθεσία για την ασφάλεια των πλοίων και των εγκαταστάσεων. Πρέπει να ληφθούν υπόψη τα πρότυπα και οι κατευθυντήριες γραμμές που καθορίζονται από οργανισμούς, όπως η Διεθνής Ναυτιλιακή Οργάνωση (ΔΝΟ) και η Διεθνής Ένωση Ατμοπλοΐας (ΔΕΑ). Η διεθνής νομοθεσία εξασφαλίζει την ασφάλεια, την προστασία του περιβάλλοντος και την ομαλή λειτουργία των πλοίων υδρογόνου και των σχετικών υποδομών.

Για την περαιτέρω ενθάρρυνση της χρήσης υδρογόνου στην ελληνική ναυτιλία, είναι απαραίτητη η πολιτική υποστήριξη, η δημιουργία επενδύσεων και η ανάπτυξη υδρογονοκίνητων πλοίων. Οι ερευνητικοί φορείς, τα ναυπηγεία και οι ναυτιλιακές εταιρείες στην Ελλάδα μπορούν να εργαστούν από κοινού με παρόμοιους φορείς από άλλες χώρες προκειμένου να ανταλλάξουν γνώσεις, εμπειρίες και τεχνολογία σχετικά με την υδρογονοκίνηση στη ναυτιλία. Επίσης, είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν κίνητρα και κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο για την υποστήριξη της αξιοποίησης υδρογόνου στην ελληνική ναυτιλία. Αυτό μπορεί να γίνει μέσω ευνοϊκών διατάξεων, οικονομικών κινήτρων και επιδοτήσεων που θα ενθαρρύνουν τις εταιρείες να επενδύσουν σε υδρογονοκίνητα πλοία και υποδομές.

Η ελληνική ναυτιλία μπορεί να ασκήσει επιρροή σε διεθνές επίπεδο για την προώθηση της χρήσης υδρογόνου στη ναυτιλία. Μέσω στρατηγικών συμμαχιών και διαπραγματεύσεων, η Ελλάδα μπορεί να συμβάλλει στην ανάπτυξη διεθνών προτύπων και πολιτικών για την προώθηση της χρήσης υδρογονόπλοιων και την αναβάθμιση των διεθνών ναυτιλιακών κανονισμών σχετικά με το υδρογόνο.

Συνοψίζοντας, το υδρογόνο έχει μεγάλη δυνατότητα εφαρμογής στην ελληνική ναυτιλία, ακολουθώντας τη διεθνή νομοθεσία και πρότυπα ασφαλείας. Η Ελλάδα μπορεί να αξιοποιήσει αυτή την ευκαιρία για να ενισχύσει την ανταγωνιστικότητα της ναυτιλιακής της βιομηχανίας, ενώ παράλληλα θα συμβάλλει στη μείωση των ρύπων του θερμοκηπίου.

#### **1.4 Τα μελλοντικά δίκτυα υδρογόνου στη ναυτιλία**

Τα μελλοντικά δίκτυα υδρογόνου στη ναυτιλία αναμένεται να αποτελέσουν μια πρωτοποριακή λύση για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την προώθηση της πράσινης ναυτιλίας. Το υδρογόνο είναι ένα βιώσιμο καύσιμο που δεν παράγει εκπομπές CO<sub>2</sub> κατά την καύση, με την έκλυσή του να περιορίζεται σε άτμιση νερού. Με τη χρήση δικτύων υδρογόνου, οι ναυτιλιακές εταιρείες θα μπορούν να αντικαταστήσουν τα παραδοσιακά καύσιμα με υδρογόνο και να μειώσουν σημαντικά τις εκπομπές αερίων και τις επιπτώσεις στην κλιματική αλλαγή.

Η εφαρμοσμένη χρήση των μελλοντικών δικτύων υδρογόνου στη ναυτιλία αντιπροσωπεύει επίσης, μια **ευκαιρία για την ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και υποδομών**. Από την κατασκευή δεξαμενών αποθήκευσης υδρογόνου στα πλοία μέχρι την ανάπτυξη σύγχρονων συστημάτων παραγωγής και διανομής, η εφαρμογή των μελλοντικών δικτύων υδρογόνου θα διαμορφώσει ένα νέο πεδίο έρευνας και ανάπτυξης. Η συνεχής και εκτεταμένη έρευνα θα επιτρέψει την ανάπτυξη αποδοτικότερων και ασφαλέστερων τεχνολογιών υδρογόνου για την ανταπόκριση των αναγκών της ναυτιλίας για βιώσιμες και καθαρές ενεργειακές λύσεις.

Τα μελλοντικά δίκτυα υδρογόνου στη ναυτιλία σχετίζονται με την ανάγκη για πράσινες και βιώσιμες ενεργειακές λύσεις στον τομέα της ναυτιλίας. Η ναυτιλία είναι υπεύθυνη για σημαντική ποσότητα εκπομπών CO<sub>2</sub> και άλλων **αερίων του θερμοκηπίου**, και η χρήση δικτύων υδρογόνου αναμένεται να συμβάλει στη **μείωση** αυτών των εκπομπών. Έτσι, τα δίκτυα εγκαθίστανται για να παρέχουν καθαρό υδρογόνο που θα χρησιμοποιείται ως καύσιμο σε ναυτικές μηχανές. Η ιδέα είναι ότι το υδρογόνο θα παράγεται μέσω βιώσιμων πηγών ενέργειας, όπως ο άνεμος και το ηλιακό φως, και θα χρησιμοποιείται για να κινήσει τα πλοία αντί για τα παραδοσιακά καύσιμα που προκαλούν σημαντική ρύπανση. (Smith et al., 2016)

|  | CO <sub>2</sub> emissions per unit of heat <sup>1</sup> (HFO=1) | Liquid Fuel volume per unit of heat <sup>1</sup> (HFO=1) | Advantages  | Disadvantages  |
|--|---|--|---|--|
| Hydrogen (H <sub>2</sub> ) (including use in fuel cells) | 0   | 4.46   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- No CO<sub>2</sub> emissions onboard</li> <li>- Used in small boats (hydrogen-mixed fuel combustion engine, fuel cell)</li> <li>- Used in onshore boilers and gas turbines</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Large fuel volume, approx. 4.5 times that of HFO</li> <li>- Technical difficulty in storage stability (-253 °C in liquid state)</li> <li>- Bunkering infrastructure yet to be developed</li> <li>- Immaturity of bunkering technologies</li> <li>- Technical difficulties in combustion control</li> </ul>  |
| Ammonia  | 0 (N <sub>2</sub> O emissions not considered)                   | 2.72   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- No CO<sub>2</sub> emissions onboard</li> <li>- Used for combustion in gas turbines</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Large fuel volume, which is approx. 2.7 times that of HFO</li> <li>- NO<sub>x</sub> emissions</li> <li>- N<sub>2</sub>O emissions (its greenhouse effect approx. 300 times stronger than that of CO<sub>2</sub>)</li> <li>- Toxic</li> <li>- Technical challenges in combustion, such as low flammability (without pilot fuels) and difficulties in increasing engine output</li> </ul> |
| LNG  | 0.74 (methane slip not considered)                              | 1.65   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Already in practical use</li> <li>- Higher in volumetric energy density than hydrogen and others</li> <li>- Minor infrastructure upgrade for synthetic methane and biomethane</li> <li>- Specific regulations for LNG in the IGF Code</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reduction of CO<sub>2</sub> emissions is limited.</li> <li>- Methane slip</li> <li>- Possible international criticism for the use of fossil fuels</li> </ul>  |
| Methane (CH <sub>4</sub> )                               | 0.71 [0 <sup>2</sup> ] (methane slip not considered)            | 1.80   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biomethane is treated as carbon neutral under the IPCC Guidelines in use phase.</li> <li>- Technologically feasible as chemically identical to LNG (predominantly methane) already in practical use - Infrastructure for LNG can be used.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- At present, the IPCC Guidelines have no explicit provision defining carbon-recycled methane as carbon neutral.</li> </ul>   |
| Biodiesel  | [0]   | (1.2 or less)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biodiesel is treated as carbon neutral under the IPCC Guidelines in use phase.</li> <li>- Combustion with other fuel is at commercial level onshore.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Technical difficulties in storage stability</li> <li>- Possible low availability for shipping due to high demand in other sectors</li> </ul>  |
| Methanol (CH <sub>3</sub> OH)                            | 0.90 [0 <sup>2</sup> ]  | 2.39   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Biomethanol is treated as carbon neutral under the IPCC Guidelines in use phase.</li> <li>- Methanol-fueled ships have already been delivered.</li> <li>- Easy to handle</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- At present, the IPCC Guidelines have no explicit provision defining carbon-recycled methane as carbon neutral.</li> <li>- Large fuel volume, approx. 2.4 times that of HFO</li> <li>- Technical difficulties in ignitability and in increasing engine output</li> </ul>   |
| Ethanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH)               | 0.93 [0 <sup>2</sup> ]  | 1.79   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Bioethanol is treated as carbon neutral under the IPCC Guidelines in use phase.</li> <li>- Bioethanol production is at a commercial level.</li> <li>- Easy to handle</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- At present, the IPCC Guidelines have no explicit provision defining carbon-recycled methane as carbon neutral.</li> <li>- Technical difficulties in ignitability and in increasing engine output</li> </ul>   |

7

Εικόνα 7. Κύριες Φυσικές Ιδιότητες, Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα των Εναλλακτικών Καυσίμων

Η χρήση των μελλοντικών δικτύων υδρογόνου στη ναυτιλία έχει επίσης τη δυνατότητα να δημιουργήσει **νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες**. Η ανάπτυξη υδρογονανθράκων, η κατασκευή δεξαμενών αποθήκευσης υδρογόνου και η ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων παραγωγής και διανομής μπορούν να δημιουργήσουν θέσεις εργασίας και να προωθήσουν την οικονομική ανάπτυξη σε αυτόν τον κλάδο.

Επιπλέον, η χρήση των μελλοντικών δικτύων υδρογόνου στη ναυτιλία θα συντελέσει στη **βελτίωση της ποιότητας του αέρα** και της **περιβαλλοντικής αειφορίας** στις περιοχές που συγκεντρώνουν πολλά πλοία. Η μείωση των εκπομπών θερμοκηπίου θα έχει θετική επίδραση στην υγεία των ανθρώπων και στη διατήρηση της ποιότητας των υδάτων και των οικοσυστημάτων.

Το μέλλον των ναυτιλιακών δικτύων που κινούνται με υδρογόνο είναι μια συναρπαστική προοπτική για ολόκληρη τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Πλέον ο κόσμος αγκαλιάζει γρήγορα τις καθαρές πηγές ενέργειας, το υδρογόνο γίνεται ολοένα και πιο βιώσιμη επιλογή για την τροφοδοσία πλοίων στις θαλάσσιες και παράκτιες μεταφορές. Αυτή

<sup>7</sup><https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/Roadmap%20to%20Zero%20Emission%20from%20International%20Shipping%20-%20Japan%20March%202020.pdf>

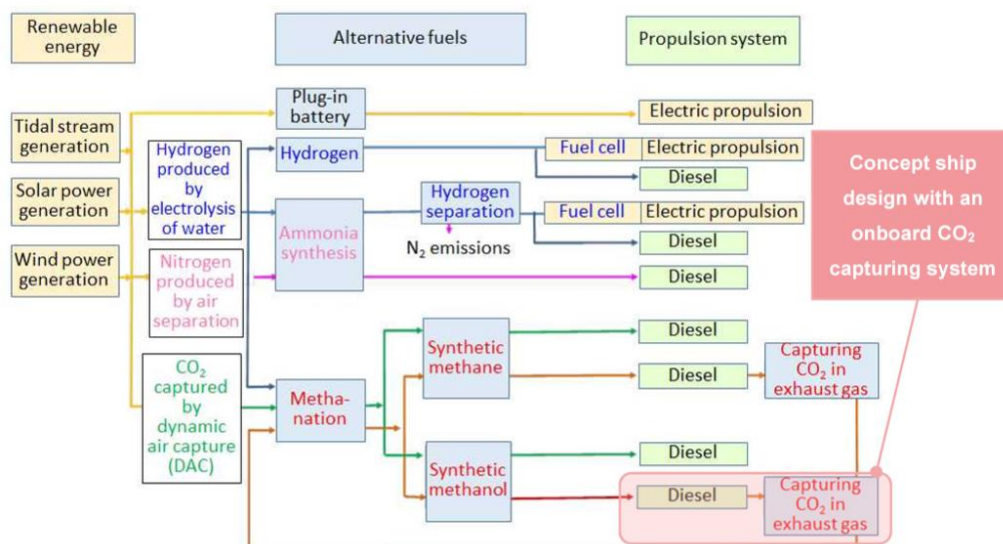
η νέα πηγή καυσίμου υπόσχεται να μειώσει τις εκπομπές ρύπων στα ναυτιλιακά δίκτυα, παρέχοντας παράλληλα έναν αποτελεσματικό και οικονομικά αποδοτικό τρόπο μεταφοράς αγαθών σε όλο τον κόσμο.

Το υδρογόνο υπόσχεται να φέρει επανάσταση στη διανομή αγαθών στα ναυτιλιακά δίκτυα με δύο σημαντικούς τρόπους. Πρώτον, προσφέρει μια **καθαρή και ανανεώσιμη πηγή ενέργειας**. Σε σύγκριση με τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, το υδρογόνο δεν παράγει επιβλαβείς εκπομπές και είναι απεριόριστα ανανεώσιμο. Αυτό σημαίνει ότι τα ναυτιλιακά δίκτυα δεν θα χρειάζεται πλέον να βασίζονται σε πεπερασμένους πόρους για την τροφοδοσία των σκαφών τους.

Δεύτερον, τα πλοία που κινούνται με υδρογόνο θα είναι πιο αποτελεσματικά. Το υδρογόνο έχει υψηλότερη **ενεργειακή πυκνότητα** με αποτέλεσμα υψηλότερη απόδοση, μειώνοντας την ποσότητα καυσίμου που απαιτείται για την τροφοδοσία του σκάφους. Αυτό θα ελαχιστοποιήσει το λειτουργικό κόστος, καθιστώντας την παράδοση αγαθών πιο προσιτή για τους καταναλωτές.

Η χρήση υδρογόνου στα ναυτιλιακά δίκτυα θα αποφέρει επίσης **οικονομικά οφέλη** για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Καθώς η ζήτηση για πλοία που κινούνται με υδρογόνο αυξάνεται, η βιομηχανία θα χρειαστεί να επενδύσει σε νέες υποδομές τροφοδοσίας και αποθήκευσης καυσίμων. Αυτό θα δημιουργήσει θέσεις εργασίας και θα αυξήσει την οικονομική δραστηριότητα στις παράκτιες κοινότητες.

Το μέλλον των ναυτιλιακών δικτύων που κινούνται με υδρογόνο φαίνεται πιο λαμπρό από ποτέ. Επιλέγοντας αυτή την καθαρή και ανανεώσιμη πηγή καυσίμου, η ναυτιλιακή βιομηχανία μπορεί να μειώσει τόσο τις εκπομπές, όσο και το λειτουργικό κόστος και να δημιουργήσει οικονομικά οφέλη.



8

Εικόνα 8. Διάγραμμα παραγωγής εναλλακτικών καυσίμων

<sup>8</sup><https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/Roadmap%20to%20Zero%20Emission%20from%20International%20Shipping%20-%20Japan%20March%202020.pdf>

Τα δίκτυα υδρογόνου έχουν ήδη αρχίσει να αναδύονται στον ναυτιλιακό τομέα, με μια σειρά από εθνικές και διεθνείς πρωτοβουλίες να ενθαρρύνουν την ανάπτυξή τους στην ΕΕ. Η Κοινή Επιχείρηση Κυψελών Καυσίμου και Υδρογόνου συνεργάζεται με ενδιαφερόμενα μέρη για την προώθηση της ανάπτυξης υποδομών που κινούνται με υδρογόνο, συμπεριλαμβανομένου του ναυτιλιακού τομέα.

Η διανομή δικτύων υδρογόνου θα είναι απαραίτητη για την επιτυχία του υδρογόνου στη ναυτιλία. Αυτό σημαίνει τη διασφάλιση ότι οι σταθμοί ανεφοδιασμού υδρογόνου είναι προσβάσιμοι σε τοποθεσίες όπου τα πλοία είναι πιο πιθανό να ανεφοδιαστούν με καύσιμα, καθώς και σε περιοχές που συνδέονται με πιθανές περιοχές ανάπτυξης πλοίων. Αυτό θα απαιτήσει σημαντικές επενδύσεις σε μη παραδοσιακές υποδομές, όπως αγωγούς και δεξαμενές αποθήκευσης, καθώς και στους ίδιους τους τερματικούς σταθμούς. (Jos G.J. Olivier; Greet Janssens-Maenhout; Marilena Muntean; Jeroen A.H.W. Peters, 2016)

Η ανάπτυξη δικτύων υδρογόνου είναι επίσης πιθανό να λάβει διαφορετικές μορφές σε διαφορετικές χώρες, ανάλογα με τους τοπικούς κανονισμούς, τη γεωγραφία και άλλους παράγοντες. Στη Γερμανία, για παράδειγμα, μια κοινοπραξία δημόσιου και ιδιωτικού τομέα έχει εκπονήσει σχέδια για την κατασκευή του πρώτου ωκεανού πλοίου υδρογόνου στον κόσμο, του Rostock Hydrogen Ferry. Τέτοιες πρωτοβουλίες είναι πιθανό να επαναληφθούν σε όλο τον κόσμο με διαφορετικές μορφές, οδηγώντας σε μια πιο ποικιλόμορφη και προσιτή διανομή σκαφών που κινούνται με υδρογόνο.

Επιπλέον, η χρήση υδρογόνου στη ναυτιλία είναι επίσης πιθανό να βελτιωθεί μέσω της ανάπτυξης νέων τεχνολογιών, όπως η χρήση κυψελών καυσίμου και άλλων προηγμένων συστημάτων αποθήκευσης. Τέτοιες τεχνολογίες θα μπορούσαν να επιτρέψουν τη χρήση πιο αποδοτικών και οικονομικά αποδοτικών πλοίων που κινούνται με υδρογόνο. (Ulleberg et al., 2023)

Με την κατάλληλη υποδομή και τεχνολογία, η χρήση υδρογόνου στη ναυτιλία θα μπορούσε να προσφέρει μια καθαρότερη, πιο βιώσιμη και πιο οικονομική εναλλακτική λύση στα παραδοσιακά ορυκτά καύσιμα. Αυτό θα μπορούσε να αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό βήμα προόδου στον τομέα, μειώνοντας τις εκπομπές και βελτιώνοντας τη βιωσιμότητα της ναυτιλιακής βιομηχανίας σε όλο τον κόσμο.

Το μέλλον της ναυτιλίας είναι εδώ με τα δίκτυα υδρογόνου, μια επαναστατική προσέγγιση στη θαλάσσια μεταφορά φορτίου. Τα δίκτυα υδρογόνου είναι τα πρώτα βήματα προς ένα καθαρότερο, πιο πράσινο μέλλον, χρησιμοποιώντας τη δύναμη του υδρογόνου για να τροφοδοτήσουν τα πλοία και να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της βιομηχανίας. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, περισσότερα πλοία εξοπλίζονται με δίκτυα υδρογόνου για τη μεταφορά αγαθών σε όλο τον κόσμο.

Τα δίκτυα υδρογόνου προσφέρουν ποικίλα οφέλη για τους φορτωτές, από βελτιωμένη απόδοση και μειωμένες εκπομπές έως αυξημένη ασφάλεια και εξοικονόμηση κόστους. Οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να καρπωθούν τα οφέλη αυτών των δικτύων

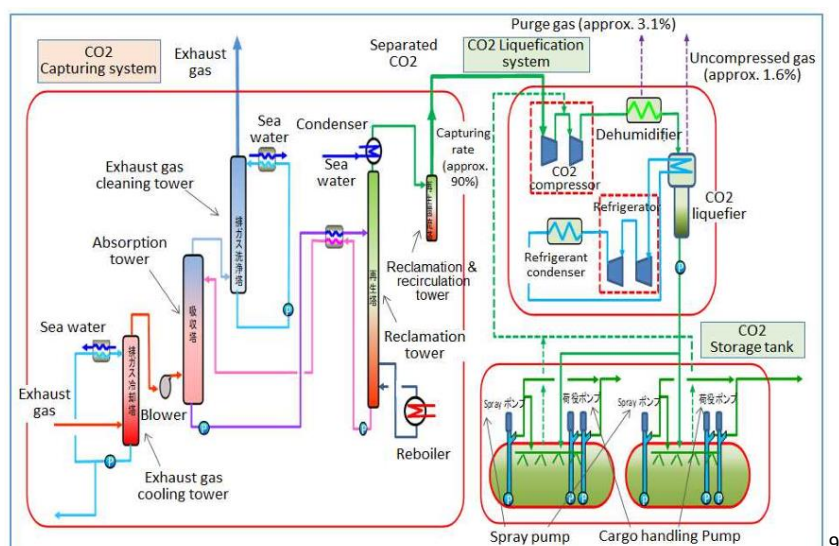
επενδύοντας στη σωστή υποδομή και λαμβάνοντας τα απαραίτητα μέτρα για να εξασφαλίσουν ότι οι αποστολές τους τροφοδοτούνται με υδρογόνο.

Αρχικά, τα πλοία πρέπει να είναι εξοπλισμένα με δεξαμενές καυσίμου υδρογόνου και συστήματα παράδοσης καυσίμων που θα τους επιτρέψει να μεταφέρουν όχι μόνο υγρά καύσιμα χύδην, αλλά και καθαρό αέριο υδρογόνο από ακτή σε πλοίο.

Μόλις επιβιβαστεί, το υδρογόνο μπορεί να τροφοδοτήσει διάφορες λειτουργίες επί του σκάφους, όπως πρόωση, θέρμανση, και ψύξη. Αυτό μπορεί να **μειώσει** δραστικά την ανάγκη για **ορυκτά καύσιμα** και να οδηγήσει σε μια πιο πράσινη, καθαρότερη ναυτιλιακή εμπειρία. Τα δίκτυα υδρογόνου μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για **ανεφοδιασμό** στο μέσο του ταξιδιού και για αποθήκευση και παράδοση άλλων υγρών χύδην, όπως λιπαντικά και καύσιμα.

Προκειμένου τα δίκτυα υδρογόνου να αξιοποιήσουν πλήρως τις δυνατότητές τους, οι φορτωτές πρέπει να διασφαλίσουν ότι διανέμονται σωστά. Αυτό σημαίνει ότι έχουν μια **αξιόπιστη αλυσίδα εφοδιασμού** που μπορεί να παραδώσει υδρογόνο στα πλοία ανάλογα με τις ανάγκες. Επιπλέον, οι φορτωτές πρέπει επίσης να διασφαλίζουν ότι πληρούνται τα **υψηλότερα πρότυπα ασφαλείας** και ότι διαθέτουν τα **κατάλληλα συστήματα** για την παρακολούθηση και τη διαχείριση της διανομής υδρογόνου. (Al-Enazi et al., 2021)

Συνολικά, τα δίκτυα υδρογόνου αποτελούν ένα πολλά υποσχόμενο βήμα προς ένα πιο πράσινο, πιο αποτελεσματικό μέλλον για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Με τη σωστή υποδομή και διαχείριση, αυτά τα δίκτυα μπορούν να φέρουν επανάσταση στον τρόπο μεταφοράς των αγαθών σε όλο τον κόσμο και να βοηθήσουν τη βιομηχανία να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της. Τώρα είναι η ώρα για τις ναυτιλιακές εταιρείες να επενδύσουν σε δίκτυα υδρογόνου και να αξιοποιήσουν τα οφέλη τους.

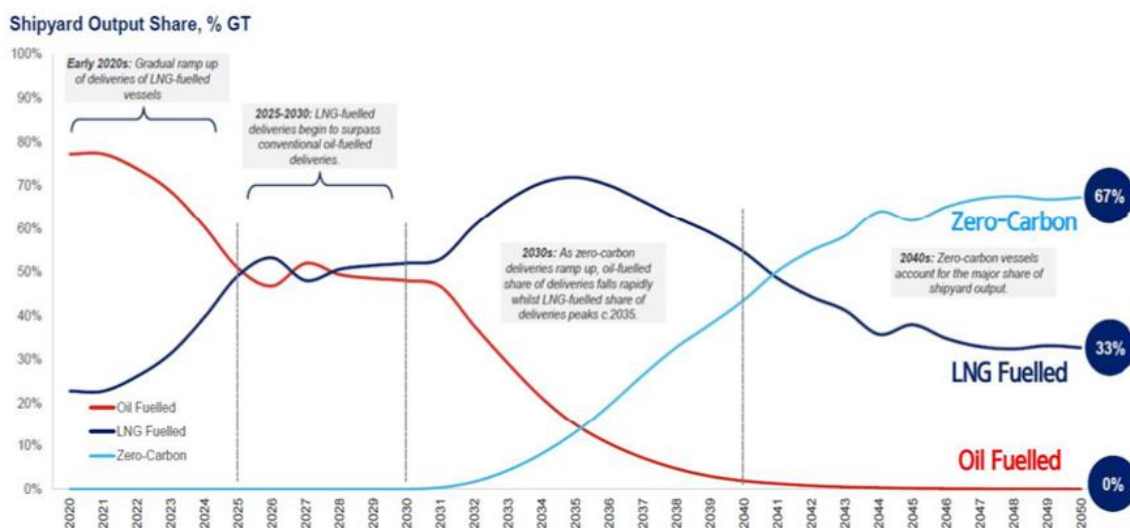


Εικόνα 9. Συστήματα δέσμευσης, υγροποίησης και αποθήκευσης CO<sub>2</sub>

<sup>9</sup><https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/Roadmap%20to%20Zero%20Emission%20from%20International%20Shipping%20-%20Japan%20March%202020.pdf>



Καθώς η ναυτιλιακή βιομηχανία συνεχίζει να αναζητά τρόπους μείωσης των επιπτώσεών της στο περιβάλλον, αναπτύσσονται νέα δίκτυα πλοίων που κινούνται με υδρογόνο. Το υδρογόνο είναι μια από τις πιο αποτελεσματικές και καθαρές εναλλακτικές λύσεις σε σχέση με τις παραδοσιακές πηγές καυσίμων και η χρήση του στη ναυτιλιακή βιομηχανία θα μπορούσε να είναι ένα σημαντικό βήμα για τη μείωση των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.



10

Εικόνα 10. Εναλλακτικές λύσεις για τη μείωση του CO<sub>2</sub>

Το δυναμικό των πλοίων που κινούνται με υδρογόνο ερευνάται και διερευνάται επί του παρόντος. Οι κυψέλες καυσίμου υδρογόνου θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία των πλοίων, επιτρέποντάς τους να λειτουργούν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, ενώ χρησιμοποιούν λιγότερα καύσιμα και παράγουν λιγότερες εκπομπές. Με τα δίκτυα υδρογόνου που έχουν ήδη δημιουργηθεί σε ορισμένες περιοχές, γίνεται όλο και πιο εφικτή η τροφοδοσία πλοίων που κινούνται με υδρογόνο σε όλο τον κόσμο. (Yuan et al., 2016)

Τα δίκτυα υδρογόνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία πλοίων που κινούνται με υδρογόνο σε **διάφορα μέρη του κόσμου**. Οι σταθμοί υδρογόνου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παροχή καυσίμων για τα πλοία, επιτρέποντάς τους να ταξιδέψουν περαιτέρω και να παραμείνουν στο νερό για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Αυτά τα δίκτυα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη μετακίνηση πλοίων από το ένα λιμάνι στο άλλο χωρίς να χρειάζεται να ελλιμενιστούν. Αυτό θα μπορούσε να **μειώσει το κόστος** της ναυτιλίας μειώνοντας τον χρόνο που χρειάζεται ένα πλοίο να αφιερώσει στη διαμετακόμιση.

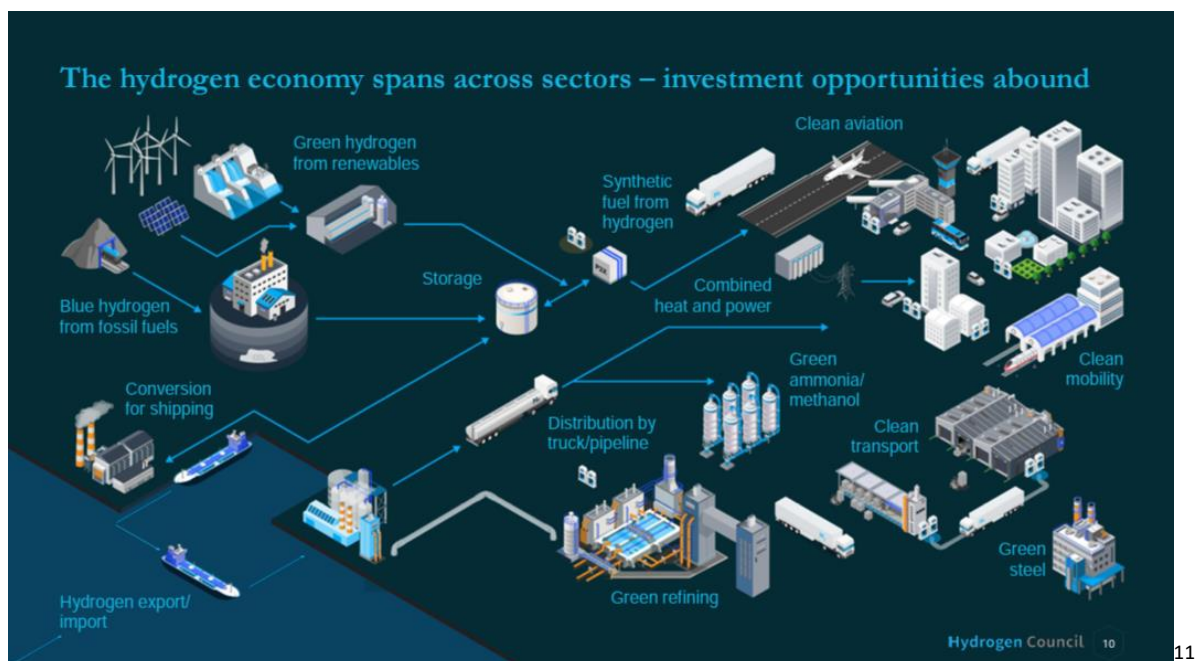
Για να διασφαλιστεί η ασφάλεια των υδρογονοκίνητων πλοίων, πρέπει να αναπτυχθούν και να εφαρμοστούν πρωτόκολλα και πρότυπα. Αυτό περιλαμβάνει την ανάπτυξη ενός αξιόπιστου συνδυασμού καυσίμων, κανονισμών ασφαλείας και επιχειρησιακών πρωτοκόλλων. Επιπλέον, πρέπει να δημιουργηθεί η ανάπτυξη νέων

<sup>10</sup> <http://nee.gr/wp-content/uploads/2022/07/ship-emissions.pdf>

υποδομών, όπως σταθμοί ανεφοδιασμού υδρογόνου, ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια των πλοίων και των πληρωμάτων τους. (Wang et al., 2023)

Η χρήση πλοίων που κινούνται με υδρογόνο θα μπορούσε να είναι ένα σημαντικό όφελος για τη ναυτιλιακή βιομηχανία. Αυτό θα μπορούσε να μειώσει το συνολικό κόστος της ναυτιλίας και να οδηγήσει σε μείωση των παγκόσμιων εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Προκειμένου να καταστεί επιτυχής αυτή η μετάβαση, οι κυβερνήσεις και οι επιχειρήσεις πρέπει να συνεργαστούν για να αναπτύξουν τις απαραίτητες υποδομές και κανονισμούς.

Τα δίκτυα υδρογόνου στη ναυτιλία αποτελούν το μέλλον της παγκόσμιας διανομής, επιτρέποντας στα πλοία να χρησιμοποιούν τη δύναμη του υδρογόνου για τη μεταφορά αγαθών σε όλο τον κόσμο. Πρόκειται για μια τεχνολογία που υπόσχεται να αλλάξει τον τρόπο αποστολής του φορτίου και θα μπορούσε να φέρει επανάσταση στον κλάδο.

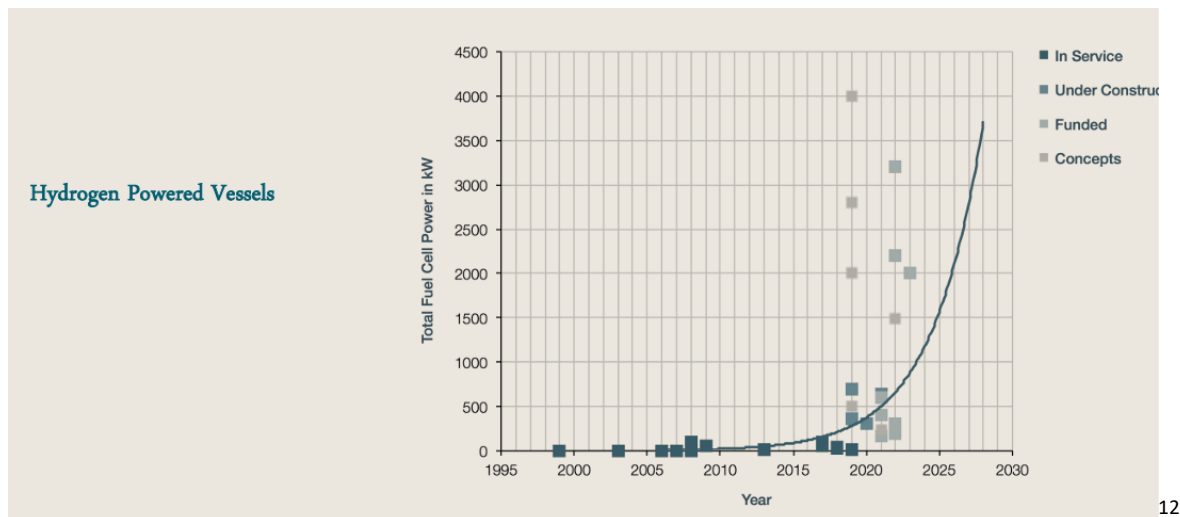


Εικόνα 11. Μελλοντικά δίκτυα

Τα δίκτυα υδρογόνου βασίζονται στην ισχύ του υδρογόνου. Αυτό το αέριο έχει υψηλή ενεργειακή πυκνότητα όταν αποθηκεύεται σε κυψέλη καυσίμου, καθιστώντας το ιδανική πηγή καυσίμου για τα πλοία. Το υδρογόνο είναι επίσης μη ρυπογόνο και φθηνό στην παραγωγή, καθιστώντας το μια εξαιρετική επιλογή για ναυτιλιακές εταιρείες που θέλουν να μειώσουν το αποτύπωμα άνθρακα.

<sup>11</sup> [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Symposium\\_2021/Presentations/Second day - Blocks 3 and 4/Block 3.4 - Daryl Wilson\\_Hydrogen in the maritime sector.pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Symposium_2021/Presentations/Second%20day%20-%20Blocks%203%20and%204/Block%203.4%20-%20Daryl%20Wilson_Hydrogen%20in%20the%20maritime%20sector.pdf)





12

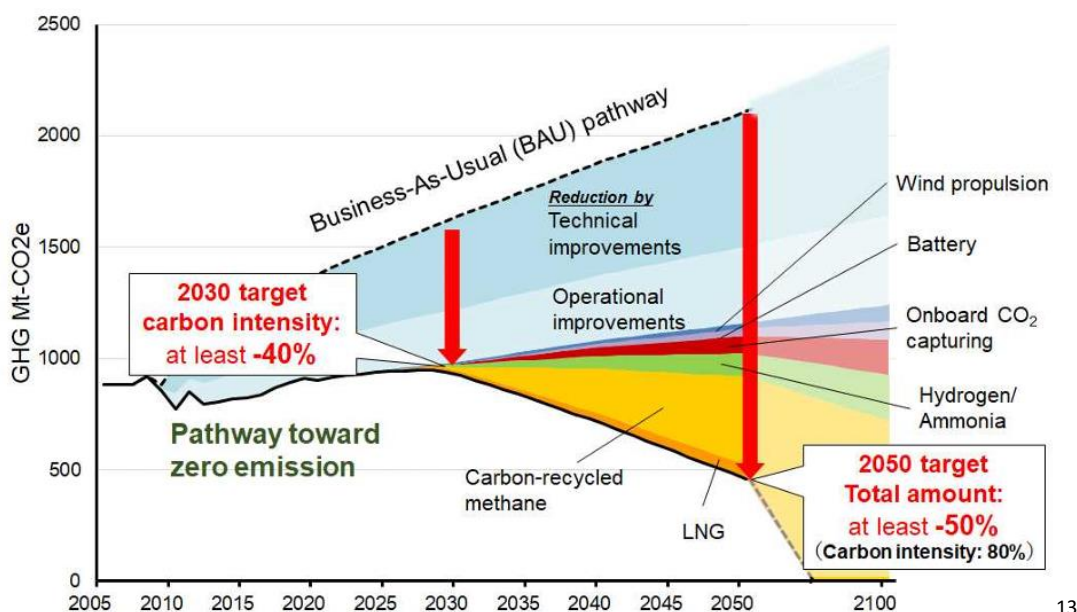
Εικόνα 12. Εκθετική καμπύλη τάσης σκαφών υδρογόνου

Το σύστημα λειτουργεί με την αποθήκευση υδρογόνου σε κυψέλες καυσίμου στο πλοίο. Όταν το πλοίο χρειάζεται ενέργεια, παίρνει το υδρογόνο από τις κυψέλες καυσίμου και το χρησιμοποιεί για να τροφοδοτήσει τους κινητήρες του πλοίου. Αυτό μπορεί να γίνει αυτόματα ή χειροκίνητα, ανάλογα με το πλοίο. Αυτή η τεχνολογία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για την τροφοδοσία ολόκληρου του στόλου ή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να συμπληρώσει τα καύσιμα που χρησιμοποιούν τα υπάρχοντα πλοία.

Τα **υβριδικά πλοία** γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλή στη ναυτιλιακή βιομηχανία, καθώς επιτρέπουν μια καθαρότερη και αποτελεσματικότερη λειτουργία. Τα υβριδικά πλοία χρησιμοποιούν τόσο ντίζελ όσο και ηλεκτρική ενέργεια, επιτρέποντάς τους να αλλάζουν μεταξύ των δύο ανάλογα με την κατάσταση. Το υδρογόνο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για να συμπληρώσει την ισχύ αυτών των πλοίων, επιτρέποντάς τους να διανύουν μεγαλύτερες αποστάσεις με λιγότερες στάσεις καυσίμου.

Το υδρογόνο προσφέρει επίσης πολλά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με άλλες μορφές καυσίμου, όπως χαμηλότερες εκπομπές ρύπων και καλύτερη απόδοση καυσίμου. Τα πλοία που κινούνται με υδρογόνο θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την παράδοση αγαθών σε απομακρυσμένες τοποθεσίες χωρίς την ανάγκη στάσεων καυσίμων. Αυτό θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερα χρήσιμο στις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου τα καύσιμα μπορεί να είναι σπάνια ή ακριβά.

<sup>12</sup><https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/About/Events/Documents/Alternative%20fuels/2-7b%20-%20ZESTAs%20IMO%2018Oct19%20Final.pdf>



Εικόνα 13. Μελλοντική εξέλιξη υδρογόνου-αμμωνίας

Τέλος, τα δίκτυα υδρογόνου στη ναυτιλία θα μπορούσαν να συμβάλουν στη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Μειώνοντας την ποσότητα των ορυκτών καυσίμων που απαιτούνται για την τροφοδοσία των πλοίων, η βιομηχανία μπορεί να μειώσει τη συμβολή της στις παγκόσμιες εκπομπές. Αυτό θα μπορούσε να κάνει μεγάλη διαφορά μακροπρόθεσμα, συμβάλλοντας στη διασφάλιση ενός καθαρότερου, πιο υγιεινού περιβάλλοντος για τις μελλοντικές γενιές.

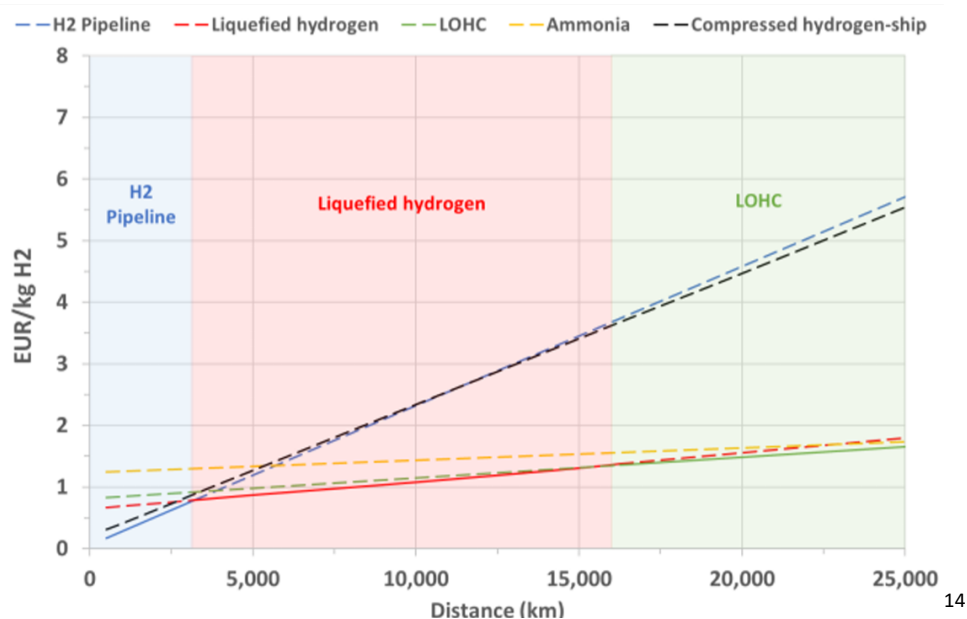
Καθώς περισσότερα πλοία υιοθετούν αυτήν την τεχνολογία, θα γίνεται πιο αποτελεσματική και οικονομικά αποδοτική. Αυτό θα μπορούσε να κάνει μεγάλη διαφορά στον κλάδο, επιτρέποντας ταχύτερη, καθαρότερη και φθηνότερη αποστολή.

### 1.5 Το κόστος του υδρογόνου στη ναυτιλία

Το κόστος του υδρογόνου στη ναυτιλία είναι ένα θέμα που προκαλεί ενδιαφέρον, αλλά και προκλήσεις. Παρακάτω παραθέτονται οι επιπτώσεις στο κόστος υδρογόνου στη ναυτιλία:

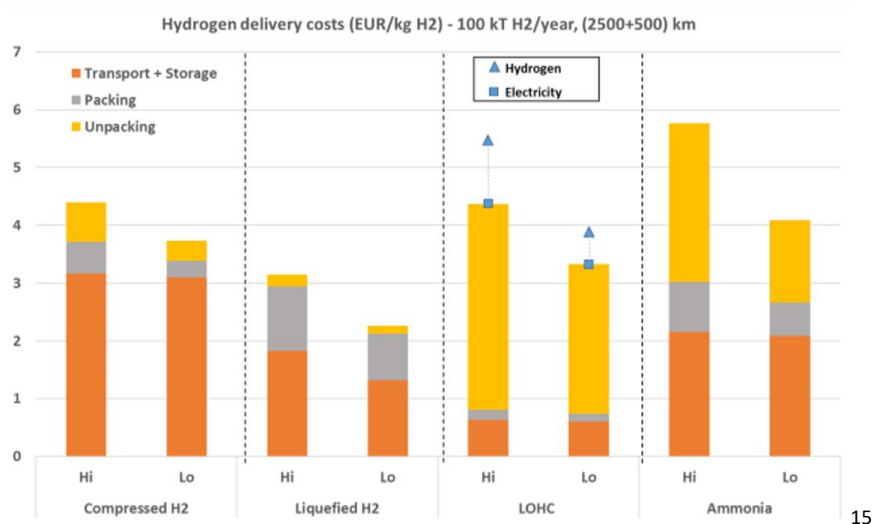
1. Το κόστος παραγωγής υδρογόνου είναι ακόμα υψηλό. Η **παραγωγή** υδρογόνου από **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**, όπως η ηλιακή και η αιολική, είναι ακόμα **ακριβή** σε σύγκριση με την παραγωγή υδρογόνου από παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως η αποσύνθεση φυσικού αερίου.

<sup>13</sup> [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air pollution/Roadmap to Zero Emission from International Shipping - Japan March 2020.pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/Roadmap%20to%20Zero%20Emission%20from%20International%20Shipping%20-%20Japan%20March%202020.pdf)



Εικόνα 14. Κόστος παράδοσης υδρογόνου για μια απλή διαδρομή μεταφοράς (από σημείο σε σημείο), για 1 Mt H<sub>2</sub> και σενάριο χαμηλού κόστους ηλεκτρικής ενέργειας

2. Το κόστος του υδρογόνου μπορεί να **μειωθεί** μέσω της **ανάπτυξης νέων τεχνολογιών και της κλιμακούμενης παραγωγής**. Η περαιτέρω ανάπτυξη των τεχνολογιών παραγωγής υδρογόνου και η μεγαλύτερη ζήτηση για αυτό μπορεί να οδηγήσει στη μείωση του κόστους.
3. Το **κόστος της υποδομής για την αποθήκευση και διοχέτευση** του υδρογόνου είναι **υψηλό**. Η κατασκευή αποθηκευτικών δεξαμενών για υδρογόνο και η ανάπτυξη των απαραίτητων συστημάτων διοχέτευσης απαιτούν σημαντικές επενδύσεις, οι οποίες επηρεάζουν το τελικό κόστος του υδρογόνου.

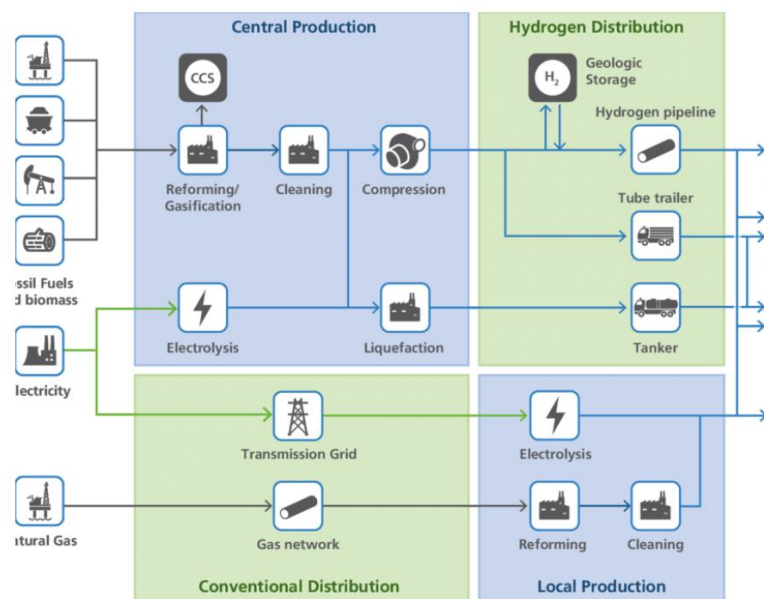


Εικόνα 15. Επιλογές μεταφοράς υδρογόνου

<sup>14</sup> [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2021-06/jrc124206\\_assessment\\_of\\_hydrogen\\_delivery\\_options.pdf](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2021-06/jrc124206_assessment_of_hydrogen_delivery_options.pdf)

<sup>15</sup> [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2021-06/jrc124206\\_assessment\\_of\\_hydrogen\\_delivery\\_options.pdf](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/system/files/2021-06/jrc124206_assessment_of_hydrogen_delivery_options.pdf)

4. Το **κόστος της υδρογονοκίνησης** πλοίων είναι ακόμα **υψηλό** σε σχέση με τα παραδοσιακά καύσιμα. Η κατασκευή των υδρογονοκίνητων πλοίων και η ενσωμάτωση των καυσίμων συστημάτων απαιτούν επιπλέον κόσθη, τα οποία μπορεί να επηρεάσουν την τιμή του εισιτηρίου αλλά και τον τελικό καταναλωτή.
5. Το κόστος του υδρογόνου στη ναυτιλία μπορεί να **μειωθεί** με την **αύξηση της παραγωγικότητας και τη βελτίωση της απόδοσης των συστημάτων** του. Η διαρκής έρευνα και ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα μπορεί να οδηγήσει σε τεχνολογικές και διαδικαστικές βελτιώσεις που θα μειώσουν το κόστος και θα καταστήσουν το υδρογόνο πιο προσιτό για την ναυτιλία.



16

Εικόνα 16. Αυτό το διάγραμμα χρησιμεύει για να τονίσει την ποικιλία των επιλογών σε κάθε στάδιο του συστήματος.

## 1.6 Υδρογόνο και «πράσινη» επιχειρηματικότητα

Η πράσινη επιχειρηματικότητα και η κυκλική οικονομία συνδέονται στενά με τη χρήση υδρογόνου στη ναυτιλία.

1. Η εφαρμογή του υδρογόνου στη ναυτιλία είναι ένας τρόπος να μειωθεί σημαντικά η εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούν τα πλοία. Το υδρογόνο είναι καθαρό καύσιμο που καίγεται με **σχεδόν μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα**.
2. Η χρήση υδρογόνου στη ναυτιλία συμβάλλει στην ανάπτυξη της πράσινης επιχειρηματικότητας. Η κατασκευή και η λειτουργία των υδρογονοκίνητων πλοίων απαιτεί την **ανάπτυξη νέων τεχνολογιών**, τον σχεδιασμό ολοκληρωμένων υποδομών και την υποστήριξη της παραγωγής και διανομής υδρογόνου.
3. Η εφαρμογή του υδρογόνου στη ναυτιλία θα προωθήσει την **ανάπτυξη μιας κυκλικής οικονομίας**. Το υδρογόνο μπορεί να παράγεται από ανανεώσιμες πηγές

ενέργειας και το πετρέλαιο που χρησιμοποιείται σήμερα στη ναυτιλία μπορεί να ανακυκλώνεται για να παράγεται καύσιμο για αυτοκίνητα και άλλες εφαρμογές.



17

Εικόνα 17. Λύσεις για τη διαθεσιμότητα - Κόμβοι υδρογόνου

4. Η μετάβαση στη χρήση υδρογόνου στη ναυτιλία απαιτεί την **ανάπτυξη νέων υποδομών** για την παραγωγή, αποθήκευση και διανομή του υδρογόνου. Αυτό δημιουργεί δυνατότητες για επιχειρηματικές ευκαιρίες στον τομέα της πράσινης ενέργειας και της κυκλικής οικονομίας.
5. Η ανάπτυξη της υδρογονοκίνησης στη ναυτιλία θα δημιουργήσει **νέες θέσεις εργασίας**. Η κατασκευή, η λειτουργία και η συντήρηση των υδρογονοκίνητων πλοίων απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό, που θα δημιουργήσει οικονομική ανάπτυξη και προοπτικές απασχόλησης.
6. Η χρήση υδρογόνου στη ναυτιλία θα **μειώσει την εξάρτηση** από τις παραδοσιακές μορφές καυσίμων και θα βοηθήσει στη διαφοροποίηση των ενεργειακών πηγών.

<sup>17</sup>chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/About/Events/Documents/Alternative%20fuels/2-7b%20-%20ZESTAs%20IMO%2018Oct19%20Final.pdf

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

## Κεφάλαιο 2: Ηλεκτροκίνηση

### 2.1 Εισαγωγή στην ηλεκτροκίνηση

Η ηλεκτροκίνηση αναφέρεται στη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας ως κύριας πηγής κίνησης ή ενέργειας για μηχανήματα, οχήματα ή συσκευές. Συνήθως, αυτός ο όρος αναφέρεται σε ηλεκτρικά οχήματα, όπως ηλεκτρικά αυτοκίνητα, ηλεκτρικά ποδήλατα και άλλα οχήματα που χρησιμοποιούν ηλεκτρικούς κινητήρες για τη μετακίνησή τους, αντί των παραδοσιακών εσωτερικής καύσης κινητήρων που λειτουργούν με βενζίνη ή πετρέλαιο.

Η ηλεκτροκίνηση έχει τη δυνατότητα να μειώσει την εξάρτηση από τους ορυκτούς πόρους και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καθιστώντας την μια βιώσιμη εναλλακτική λύση για την κινητικότητα.

#### 2.1.1 Ιστορία και Εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης

Η ιστορία και η εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης είναι μια συναρπαστική πορεία που εκτείνεται αρκετούς αιώνες πίσω στον χρόνο. Η εξέλιξη από την αρχή έως σήμερα παρουσιάζεται παρακάτω:

**Πρώτες Ανακαλύψεις (17ο-18ος αιώνας):** Η αρχή της ηλεκτρισμένης ύλης ξεκίνησε με πρώιμες παρατηρήσεις από φυσικούς όπως οι Θεόφραστος και Γουίλιαμ Γκίλμπερτ (William Gilbert). Οι πειραματισμοί με τον ηλεκτροστατικό φορτισμό οδήγησαν στην ανάπτυξη της πρώτης ηλεκτροστατικής μηχανής από τον Πιέρ Νολέ (Pierre Nollet) το 1760.

**Ανάπτυξη της Ηλεκτρομαγνητικής Θεωρίας (19ος αιώνας):** Στον 19ο αιώνα, επιστήμονες όπως ο Μπέντζαμιν Φράνκλιν (Benjamin Franklin) συνέβαλαν στη θεωρητική κατανόηση της ηλεκτρικότητας. Ο Μάικλ Φάραντεϊ (Michael Faraday) ανέπτυξε τη θεωρία του ηλεκτρομαγνητισμού, που εξηγεί τη σχέση μεταξύ ηλεκτρικού και μαγνητικού πεδίου. Αυτές οι ανακαλύψεις έθεσαν τα θεμέλια για την ανάπτυξη του ηλεκτρικού κινητήρα και του ηλεκτρομαγνήτη.

**Εφευρέσεις των Ηλεκτρικών Μηχανών (19ος αιώνας):** Ο Μάικλ Φάραντεϊ και ο Νίκολα Τέσλα (Nikola Tesla) ήταν σημαντικοί εφευρέτες στον τομέα της ηλεκτρικής τεχνολογίας. Ο Φάραντεϊ συνέβαλε στην ανάπτυξη των πρώτων ηλεκτρικών κινητήρων, ενώ ο Τέσλα ήταν γνωστός για τις έρευνές του στον ασύρματο φορτιστή και τις ασύρματες μεταφορές ενέργειας, που συνέβαλαν στην ανάπτυξη της τεχνολογίας μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας.

**Ηλεκτροκίνηση στα Μέσα Μεταφοράς (20ός αιώνας):** Κατά τον 20ό αιώνα, η ηλεκτροκίνηση εφαρμόστηκε στα μέσα μεταφοράς. Ο Τόμας Ντάβενपोर्ट (Thomas Davenport) κατασκεύασε το πρώτο ηλεκτρικό τραμ το 1835, και αργότερα εμφανίστηκαν ηλεκτρικοί σιδηρόδρομοι και ηλεκτρικά τρόλεϊ σε πόλεις σε όλο τον κόσμο.



**Ηλεκτροκίνηση στην Σύγχρονη Εποχή:** Το 1884, πάνω από 20 χρόνια πριν κυκλοφορήσει το Ford Model T (1908 - 1927), ο Τόμας Χάρπερ (Thomas Parker) κατασκεύασε ένα πρακτικό ηλεκτρικό αυτοκίνητο στο Γουλβερχάμπτον (Wolverhampton), χρησιμοποιώντας επαναφορτιζόμενες μπαταρίες που είχε σχεδιάσει ο ίδιος.



18

Εικόνα 18. Πρότυπο ηλεκτρικό αυτοκίνητο του 1884 από τον Thomas Parker

**Εξέλιξη των Μπαταριών και Φόρτισης (Δεκαετία 2000-σήμερα):** Η τεχνολογία των μπαταριών λιθίου έχει επαναστατήσει την ηλεκτροκίνηση, επιτρέποντας την ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων με μεγαλύτερη αυτονομία και απόδοση. Οι υποδομές φόρτισης επεκτείνονται σε όλο τον κόσμο, καθιστώντας την ηλεκτροκίνηση πιο προσβάσιμη.

**Προοπτικές για το Μέλλον:** Η προοπτική της ηλεκτροκίνησης στο μέλλον είναι πολύ φωτεινή και προσφέρει πολλές ευκαιρίες για τη βελτίωση της βιωσιμότητας και τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Ενδεικτικά, κάποιες από τις προοπτικές αφορούν τα Αυτόνομα Ηλεκτρικά Οχήματα (ΑΟΗ), την επικοινωνία Οχημάτων με το Δίκτυο (V2X), τη χρήση ηλιακών πάνελς και άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, την ανάπτυξη εκτενών υποδομών φόρτισης και τη μείωση περιβαλλοντικών επιπτώσεων μέσω της βιώσιμης παραγωγής και ανακύκλωσης.



19

Εικόνα 19. Vehicle to x (illustration)

<sup>18</sup> [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thomas\\_Parker\\_Electric\\_car.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thomas_Parker_Electric_car.jpg)

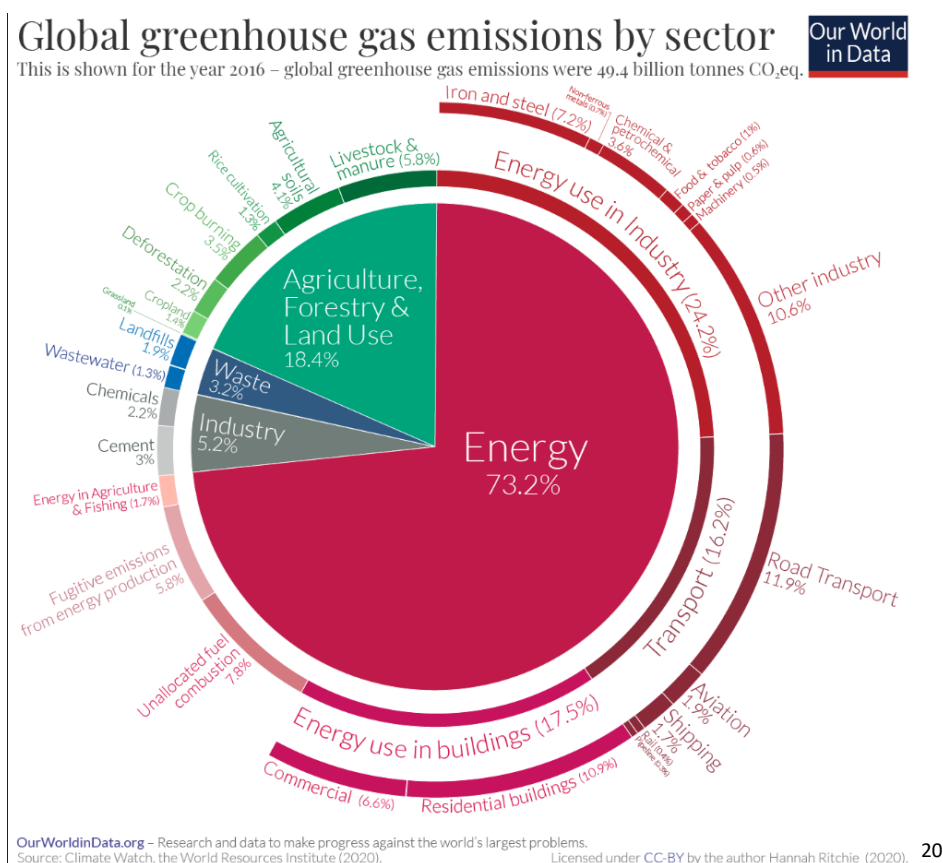
<sup>19</sup> [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Car2x\\_communication.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Car2x_communication.jpg)

Συνοψίζοντας, η ηλεκτροκίνηση έχει περάσει από πολλά στάδια ανάπτυξης, από τις πρώτες πειραματικές ανακαλύψεις μέχρι την σύγχρονη εποχή όπου αποτελεί βασικό κομμάτι της προσπάθειας για τη μείωση της ρύπανσης και της εξάντλησης των φυσικών πόρων.

### 2.1.2. Σημασία της ηλεκτροκίνησης στη σύγχρονη κοινωνία

Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας και η αυξανόμενη ευαισθητοποίηση για τα περιβαλλοντικά ζητήματα έχουν οδηγήσει σε μια ισχυρή ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης. Αυτή η μετάβαση από τα ορυκτά καύσιμα στην ηλεκτρική ενέργεια έχει σημαντικές επιπτώσεις στην περιβαλλοντική βιωσιμότητα, την ενεργειακή αποδοτικότητα, την οικονομία και την κοινωνία συνολικά. (Biresselioglu et al., 2018)

Όσον αφορά την **περιβαλλοντική βιωσιμότητα**, ένας παράγοντας που συμβάλλει σημαντικά στην παραγωγή εκπομπών αερίων είναι ο τομέας των μεταφορών. Μια από τις κύριες πηγές αυτών των εκπομπών είναι ο τομέας των μεταφορών. Τα αέρια του θερμοκηπίου, που απορροφούν και εκπέμπουν ακτινοβολία στο φάσμα της θερμικής υπέρυθρης ακτινοβολίας, προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα της Γης. Μεταξύ αυτών των αερίων το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), το οξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O) και το όζον (O<sub>3</sub>) διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην κλιματική αλλαγή.



Εικόνα 20. Αέρια του θερμοκηπίου

Περίπου το 73.5% των αερίων που παράγονται από τον συγκοινωνιακό τομέα οφείλονται στις οδικές μεταφορές, κυρίως λόγω της καύσης ορυκτών καυσίμων. Τα

<sup>20</sup> [https://ourworldindata.org/images/published/Emissions-by-sector-%E2%80%93-pie-charts\\_850.webp](https://ourworldindata.org/images/published/Emissions-by-sector-%E2%80%93-pie-charts_850.webp)



αποτελέσματα είναι σαφή και ανησυχητικά, με τον τομέα αυτόν να συμβάλλει επικρατέστερα στο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής. Έτσι, η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στα μέσα μεταφοράς και σε διάφορες άλλες εφαρμογές αντικαθιστά τη χρήση ορυκτών καυσίμων, συνεισφέροντας στην προστασία του περιβάλλοντος και στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, με την μείωση των εκπομπών.

Η εξάρτηση από ορυκτά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο, έχει δύο βασικές πτυχές, την **οικονομική εξάρτηση** και τους γεωπολιτικούς κινδύνους. Αναφορικά με την οικονομική εξάρτηση, μπορεί να δημιουργηθεί με την εισαγωγή ορυκτών καυσίμων από άλλες χώρες, καθώς οι τιμές των καυσίμων συχνά υπόκεινται σε διακυμάνσεις και εξαρτώνται από γεωπολιτικούς παράγοντες, προκαλώντας ανησυχία και αβεβαιότητα στην οικονομία. Από την άλλη, η περιορισμένη διαθεσιμότητα καυσίμων και οι διακυμάνσεις των τιμών, δύναται να δημιουργήσουν προβλήματα ασφάλειας και πολιτικής σταθερότητας, εκθέτοντας τη χώρα σε **γεωπολιτικούς κινδύνους**. Η ηλεκτροκίνηση συμβάλλει στη μείωση αυτής της εξάρτησης, καθώς βασίζεται σε πηγές ενέργειας που είναι πιο πολύπλοκες και ανεξάρτητες από γεωπολιτικές δυνάμεις. Το ηλιακό και το αιολικό ρεύμα, για παράδειγμα, εξάγονται από την αξιοποίηση της ηλιακής και αιολικής ενέργειας, και δεν εξαρτώνται από περιορισμούς πόρων ελεγχόμενων από μικρό αριθμό χωρών.

Επιπρόσθετα, η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση διευκολύνει τη συνεχή έρευνα και **ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και καινοτόμων λύσεων** στον τομέα των μπαταριών, των ηλεκτρικών κινητήρων, των φορτιστών και της ενεργειακής αποθήκευσης, επιτρέποντας την κατασκευή οχημάτων με μεγαλύτερη αυτονομία, βελτιωμένες επιδόσεις και περισσότερες επιλογές στον τομέα της τεχνολογίας. Αυτό δημιουργεί ευκαιρίες για την ανάπτυξη νέων επιχειρήσεων και τη δημιουργία θέσεων εργασίας στον τομέα της τεχνολογίας και της μηχανολογίας.

Σε πολλές περιπτώσεις, τα ηλεκτρικά οχήματα και οι ηλεκτρικές συσκευές έχουν **χαμηλότερο κόστος λειτουργίας** σε σχέση με τα αντίστοιχα που χρησιμοποιούν ορυκτά καύσιμα. Οι τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος είναι συνήθως πιο σταθερές και χαμηλότερες από τις τιμές των καυσίμων, και η συντήρηση των ηλεκτρικών οχημάτων είναι συχνά φθηνότερη. Η μείωση του κόστους λειτουργίας μπορεί να συνεισφέρει στην οικονομική ευελιξία των καταναλωτών και να ενισχύσει την οικονομική βιωσιμότητα.

Συνολικά, η ηλεκτροκίνηση αντιπροσωπεύει έναν σημαντικό τομέα για τη μετάβαση σε μια πιο βιώσιμη και αποδοτική κοινωνία, με προοπτικές για ανάπτυξη και καινοτομία.

## **2.2 Μπαταρίες**

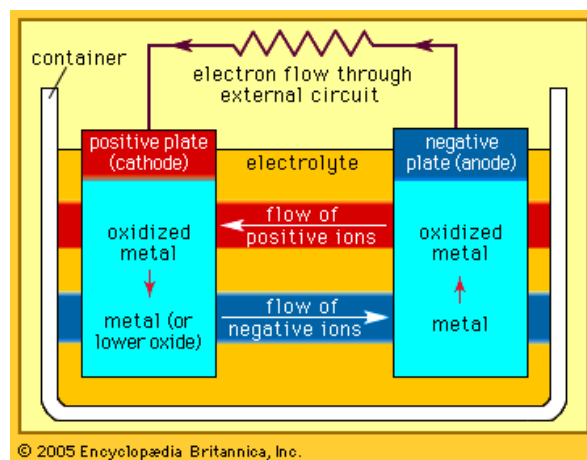
### **2.2.1 Εισαγωγή στις Μπαταρίες**

Οι μπαταρίες είναι ηλεκτροχημικές συσκευές που έχουν αλλάξει τον τρόπο αποθήκευσης και χρησιμοποίησης της ηλεκτρικής ενέργειας στην καθημερινή μας ζωή. Από τα κινητά τηλέφωνα και τις φορητές συσκευές, μέχρι τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, οι μπαταρίες αποτελούν την κινητήρια δύναμη που κρύβεται πίσω από την ασύλληπτη τεχνολογική πρόοδο. (Whittingham, 2014)

### 2.2.2 Βασικές αρχές λειτουργίας των μπαταριών

Οι μπαταρίες είναι ηλεκτροχημικές συσκευές που αποθηκεύουν και απελευθερώνουν ηλεκτρική ενέργεια μέσω χημικών αντιδράσεων. Οι βασικές αρχές λειτουργίας των μπαταριών βασίζονται σε ηλεκτροχημικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα μέσα σε αυτές τις ηλεκτροχημικές συσκευές. (Y. Liu et al., 2021) Οι σημαντικότερες από αυτές τις αρχές περιλαμβάνουν:

- **Ηλεκτροχημικές Αντιδράσεις:** Οι μπαταρίες αποτελούνται από δύο ηλεκτροδούς, συνήθως μια ανόδιο και μια καθόδιο, που βρίσκονται σε επαφή με έναν ηλεκτρολύτη. Κατά την αποφόρτιση της μπαταρίας, η ανόδιο απελευθερώνει ηλεκτρόνια, τα οποία μεταφέρονται στην καθόδιο, δημιουργώντας ηλεκτρική ενέργεια.
- **Ποτενσιαλική Διαφορά:** Το ανόδιο και το καθόδιο έχουν διαφορετικό χημικό δυναμικό, γνωστό ως ποτενσιαλική διαφορά, η οποία δημιουργεί μια δυναμική μεταξύ των ηλεκτρονίων και με αυτό τον τρόπο επιτρέπει την ροή τους από το ανόδιο στο καθόδιο μέσω μιας εξωτερικής κυκλώσεως.
- **Εξωτερική Κύκλωση:** Για να επιτραπεί η ροή των ηλεκτρονίων από το ανόδιο στο καθόδιο και να δημιουργηθεί ηλεκτρικό ρεύμα, πρέπει να υπάρχει μια εξωτερική κύκλωση που συνδέει τα δύο ηλεκτρόδια. Αυτός ο κύκλος επιτρέπει τη ροή των ηλεκτρονίων μέσω του εξωτερικού φορτίου, ενεργοποιώντας τις συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες.
- **Φόρτιση και Αποφόρτιση:** Οι μπαταρίες φορτίζονται όταν εφαρμόζεται μια δυναμική πηγή ενέργειας (όπως ένας φορτιστής) που αντιστρέφει τις χημικές αντιδράσεις, επαναφέροντας τα ηλεκτρόνια στην ανόδιο και την καθόδιο. Κατά τη διάρκεια της αποφόρτισης, οι χημικές αντιδράσεις παράγουν ηλεκτρική ενέργεια.
- **Διάρκεια Ζωής και Απόδοση:** Η διάρκεια ζωής μιας μπαταρίας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένης της συνολικής φόρτισης/αποφόρτισης και της θερμοκρασίας. Κατά τη διάρκεια του χρόνου, οι χημικές αντιδράσεις μπορεί να αλλοιωθούν, επηρεάζοντας την απόδοση της μπαταρίας.



Εικόνα 21. Ηλεκτροχημική κυψέλη: βασικά συστατικά

<sup>21</sup> <https://cdn.britannica.com/29/329-004-D81FF9CC/components-cell.jpg>

Επιπλέον, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των μπαταριών επηρεάζουν σημαντικά τα χαρακτηριστικά τους, όπως η ενεργειακή πυκνότητα (Wh/kg), ο χρόνος που απαιτείται για τη φόρτιση, ο ρυθμός παροχής ενέργειας στον ηλεκτροκινητήρα και το κόστος κατασκευής τους. Η εξέλιξη των υλικών και η έρευνα σε αυτόν τον τομέα αποτελούν κρίσιμο παράγοντα για τη βελτίωση της απόδοσης των μπαταριών και την ανάπτυξη πιο αποδοτικών και βιώσιμων συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας.

### 2.2.3 Σημασία των μπαταριών στη σύγχρονη κοινωνία

Οι μπαταρίες έχουν εξαιρετική σημασία για την ηλεκτροκίνηση στη σύγχρονη κοινωνία και συνεισφέρουν σημαντικά σε αυτήν την τεχνολογική εξέλιξη. Αναπτύσσονται συνεχώς νέες γενιές μπαταριών με βελτιωμένες επιδόσεις και χαρακτηριστικά που καθιστούν την ηλεκτροκίνηση ακόμη πιο αποτελεσματική.

Εξετάζοντας τη σημασία των μπαταριών στην ηλεκτροκίνηση, οι μπαταρίες αποτελούν την **πηγή ενέργειας για τους ηλεκτρικούς κινητήρες** των ηλεκτρικών οχημάτων, όπως ηλεκτρικά αυτοκίνητα και ηλεκτρικά ποδήλατα και τους καθιστούν πιο αποτελεσματικούς, αθόρυβους και χαμηλών εκπομπών, βοηθώντας στη μείωση της ρύπανσης του αέρα και του θορύβου στις αστικές περιοχές.

Δεύτερον, οι μπαταρίες προσφέρουν τη δυνατότητα **μεγάλης αυτονομίας** σε ηλεκτρικά οχήματα, καθιστώντας τα πιο κατάλληλα για καθημερινή χρήση, αφού οι χρήστες μπορούν να φορτίσουν τα οχήματά τους στο σπίτι τους και να απολαμβάνουν αυξημένη **ευκολία στη χρήση**. Τρίτον, η ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης έχει οδηγήσει στη **βελτίωση ευρύτερης υποδομής φόρτισης**, η οποία υποστηρίζει την αύξηση της χρήσης ηλεκτρικών οχημάτων, επιτρέποντας στους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων να τα χρησιμοποιούν αναίμακτα για μεγαλύτερες αποστάσεις.

Τέταρτον, η ηλεκτροκίνηση με μπαταρίες συμβάλλει στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, βοηθώντας στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων και στην επίτευξη **της περιβαλλοντικής αειφορίας**. Τέλος, με την αύξηση της παραγωγής μπαταριών και τη μείωση του κόστους τους, η ηλεκτροκίνηση γίνεται **οικονομικά πιο προσιτή** για περισσότερους καταναλωτές, ενώ η λειτουργία ηλεκτρικών οχημάτων συνήθως είναι πιο οικονομική από τα παραδοσιακά αυτοκίνητα με καύσιμα.

Σύμφωνα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά, γίνεται εύκολα κατανοητό ότι οι μπαταρίες αποτελούν την κινητήρια δύναμη πίσω από την ηλεκτροκίνηση και συμβάλλουν σημαντικά στην επίτευξη μιας πιο βιώσιμης, οικολογικής, και οικονομικής κοινωνίας.

## 2.3 Ιστορία των Μπαταριών

Η εξέλιξη της τεχνολογίας των μπαταριών από τις αρχές του 19ου αιώνα έως σήμερα έχει διαδραματίσει κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης. Τα κύρια στάδια αυτής της εξέλιξης είναι τα εξής:

**Αρχές του 19ου αιώνα - Πρώτες Μπαταρίες:** Η τεχνολογία των μπαταριών ξεκίνησε με την ανάπτυξη της μπαταρίας Voltaic από τον Alessandro Volta το 1800. Αυτή η πρώτη γενιά

μπαταριών χρησιμοποιούσε διαφορετικά μέταλλα και ηλεκτρολύτες, όπως το οξείδιο του ψευδάργυρου και το υδρογόνο. Αυτές οι πρώτες μπαταρίες είχαν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα και χρησιμοποιούνταν κυρίως για ερευνητικούς σκοπούς.

**Τέλη 19ου αιώνα - Μπαταρίες Καινοτομίας:** Στα τέλη του 19ου αιώνα, αναπτύχθηκαν μπαταρίες όπως η μπαταρία Daniell και η μπαταρία Grove που βελτίωσαν την απόδοση και την αξιοπιστία των μπαταριών. Αυτές οι μπαταρίες χρησιμοποιήθηκαν σε τηλεγραφικά συστήματα και άλλες εφαρμογές.

**Πρώτος Παγκόσμιος Πόλεμος - Στρατιωτικές Εφαρμογές:** Κατά τον Πρώτο Παγκόσμιο Πόλεμο, αναπτύχθηκαν μπαταρίες νικελίου-καδμίου (NiCd) για στρατιωτικές εφαρμογές, όπως υποβρύχιες λάμπες και ραδιοφωνικές εκπομπές. Αυτές οι μπαταρίες ήταν πιο αξιόπιστες και αποτελεσματικές από τις προηγούμενες γενιές.

**Δεκαετία του '70 - Μπαταρίες Λιθίου:** Η ανάπτυξη των μπαταριών λιθίου (Li-ion) στη δεκαετία του '70 αποτέλεσε μια σημαντική και επαναστατική εξέλιξη. Οι μπαταρίες Li-ion έχουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, χαμηλό βάρος και χαμηλό ρυθμό αυτο-εκφόρτισης, και χρησιμοποιούνται ευρέως στην ηλεκτρονική, σε φορητές συσκευές, και στην ηλεκτροκίνηση.

**Τρέχουσα Εποχή - Εξέλιξη Τεχνολογίας:** Η σύγχρονη εξέλιξη των μπαταριών επικεντρώνεται στη βελτίωση της ενεργειακής πυκνότητας, της διάρκειας ζωής και της ασφάλειας των μπαταριών. Αναπτύσσονται μπαταρίες με νέες χημικές συνθέσεις, όπως οι μπαταρίες λιθίου-πολυμερούς (LiPo) και οι μπαταρίες στερεών στοιχείων (solid-state batteries), τεχνολογίες που αναμένεται να επιτρέψουν την ανάπτυξη πιο αποδοτικών και ασφαλών μπαταριών για την ηλεκτροκίνηση.

Η συνεχής καινοτομία στην τεχνολογία των μπαταριών έχει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης, επιτρέποντας την ανάπτυξη πιο αποδοτικών, οικονομικών και περιβαλλοντικά φιλικών λύσεων μείωσης των εκπομπών CO<sub>2</sub>.

### **2.3.1. Μειονεκτήματα των πρώτων μπαταριών και η εξέλιξη προς βελτιωμένες εκδόσεις**

Οι πρώτες μπαταρίες, που αναπτύχθηκαν κατά τις αρχές του 19ου αιώνα, είχαν αρκετά μειονεκτήματα που περιόριζαν την απόδοσή τους και την ευρεία διάδοσή τους, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω:

1. **Χαμηλή Ενεργειακή Πυκνότητα:** Οι αρχικές μπαταρίες, όπως η μπαταρία Voltaic, είχαν χαμηλή ενεργειακή πυκνότητα, που σήμαινε ότι απαιτούνταν μεγάλος όγκος μπαταριών για να αποθηκεύσουν μικρές ποσότητες ενέργειας.
2. **Χαμηλή Υποκεντρικότητα:** Οι αρχικές μπαταρίες είχαν την τάση να αποφορτίζονται γρήγορα και να χάνουν την απόδοσή τους με την πάροδο του χρόνου, κάτι που τις έκανε αναξιόπιστες για μακροχρόνιες εφαρμογές.
3. **Μεγάλο Βάρος και Όγκος:** Οι αρχικές μπαταρίες ήταν βαριές και ογκώδεις, που τις καθιστούσε ακατάλληλες για φορητές συσκευές και ηλεκτρικά οχήματα.

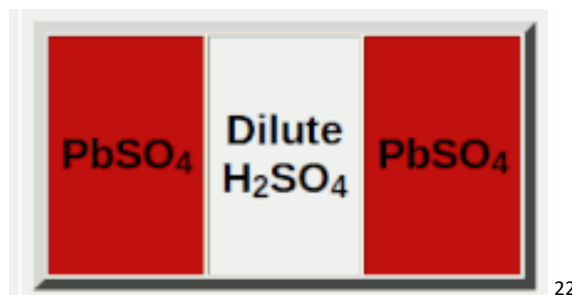
Ένας τρόπος βελτίωσης αυτών των μπαταριών ήταν η εξέλιξη σε νέους τύπους μπαταριών όπως οι μπαταρίες λιθίου (Li-ion) και οι μπαταρίες λιθίου-πολυμερούς (LiPo), οι οποίες προσέφεραν υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα, μικρότερο βάρος και μικρότερο όγκο σε σχέση με τις αρχικές μπαταρίες. Επίσης, αναπτύχθηκαν προηγμένα συστήματα διαχείρισης μπαταριών (BMS) που βοηθούν στην παρακολούθηση και βελτιστοποίηση της απόδοσης των μπαταριών, αυξάνοντας έτσι τη διάρκεια ζωής τους και την ασφάλειά τους.

Παράλληλα, η συνεχής έρευνα και ανάπτυξη έχει οδηγήσει στη δημιουργία πιο προηγμένων τύπων μπαταριών, όπως οι μπαταρίες στερεών στοιχείων (solid-state batteries) που υπόσχονται ακόμη μεγαλύτερη απόδοση και ασφάλεια. Αυτές οι βελτιώσεις έχουν καταστήσει τις μπαταρίες πολύ πιο αποδοτικές, αξιόπιστες και κατάλληλες για μια ευρεία γκάμα εφαρμογών, συμβάλλοντας σημαντικά στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και της ηλεκτροκίνησης.

## 2.4. Τύποι Μπαταριών

### Μπαταρίες μολύβδου-οξέως (Lead-Acid)

Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέως (Lead-Acid) είναι από τις παλαιότερες και πιο κλασικές τεχνολογίες μπαταριών που χρησιμοποιούνται στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, και που παρά την εξέλιξη σε άλλες τεχνολογίες μπαταριών, διατηρούν τις δικές τους εφαρμογές και πλεονεκτήματα.



Εικόνα 22. Μπαταρίες μολύβδου-οξέως

### Πλεονεκτήματα των Μπαταριών Μολύβδου-Οξέως:

1. **Χαμηλό Κόστος:** Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέως είναι συνήθως οικονομικές και έχουν χαμηλό κόστος κατασκευής, γεγονός που τις καθιστά προσιτές για πολλούς καταναλωτές.
2. **Υψηλή Αξιοπιστία:** Διακρίνονται για την αξιοπιστία και τη διάρκεια ζωής τους, αφού αντέχουν πολλούς κύκλους φόρτισης και εκφόρτισης, καθιστώντας τις κατάλληλες για εφαρμογές που απαιτούν συνεχή χρήση.
3. **Υψηλή Απόδοση για Κοντές Αποστάσεις:** Είναι κατάλληλες για χρήση σε ηλεκτρικά οχήματα που κινούνται σε κοντινές αποστάσεις και απαιτούν χαμηλή ταχύτητα.

<sup>22</sup> <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Discharged.gif>

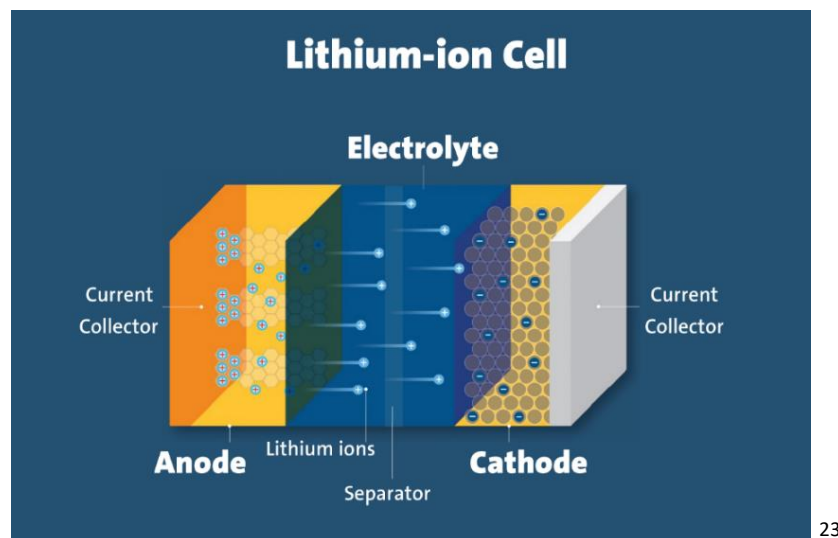
### Μειονεκτήματα των Μπαταριών Μολύβδου-Οξέως:

1. **Βάρος και Όγκος:** Οι μπαταρίες μολύβδου-οξέως είναι βαριές και μεγάλες σε σχέση με την ενεργειακή τους απόδοση, καθιστώντας τις ακατάλληλες για ηλεκτρικά οχήματα που απαιτούν μεγάλη αυτονομία και ελαφρύ βάρος.
2. **Περιορισμένη Απόδοση:** Δεν προσφέρουν την ίδια υψηλή ενεργειακή πυκνότητα με άλλες τεχνολογίες, οπότε δεν είναι ιδανικές για ηλεκτρικά οχήματα που απαιτούν μεγάλη αυτονομία και απόδοση.
3. **Συντήρηση:** Απαιτούν συντήρηση, όπως προσθήκη νερού και επισκευές, για να διατηρηθούν σε καλή κατάσταση.

Παρόλα αυτά, οι μπαταρίες μολύβδου-οξέως εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά οχήματα, όπως τα ηλεκτρικά γκολφ καρτ, τα ηλεκτρικά ποδήλατα και ορισμένα υβριδικά οχήματα, λόγω της οικονομικής τους αποδοτικότητας και αξιοπιστίας, καθώς και της χαμηλής απαίτησης για μεγάλη αυτονομία και υψηλή ταχύτητα.

### Λιθίου-Ιόν (Lithium-Ion) μπαταρίες

Οι μπαταρίες λιθίου-ιόν (Lithium-Ion ή Li-ion) αποτελούν μια κρίσιμη τεχνολογία στον τομέα της ηλεκτροκίνησης και έχουν επαναστατήσει την βιομηχανία των ηλεκτρικών οχημάτων και την αποθήκευση ενέργειας.



Εικόνα 23. Μπαταρία ιόντων λιθίου

Τα κύρια πλεονεκτήματα και χαρακτηριστικά των μπαταριών Li-ion στον τομέα της ηλεκτροκίνησης είναι:

1. **Υψηλή Ενεργειακή Πυκνότητα:** Μπορούν να αποθηκεύσουν πολλή ενέργεια σε σχέση με το βάρος και τον όγκο τους. Αυτό τις καθιστά ιδανικές για ηλεκτρικά οχήματα, διασφαλίζοντας μεγαλύτερη αυτονομία και απόδοση.

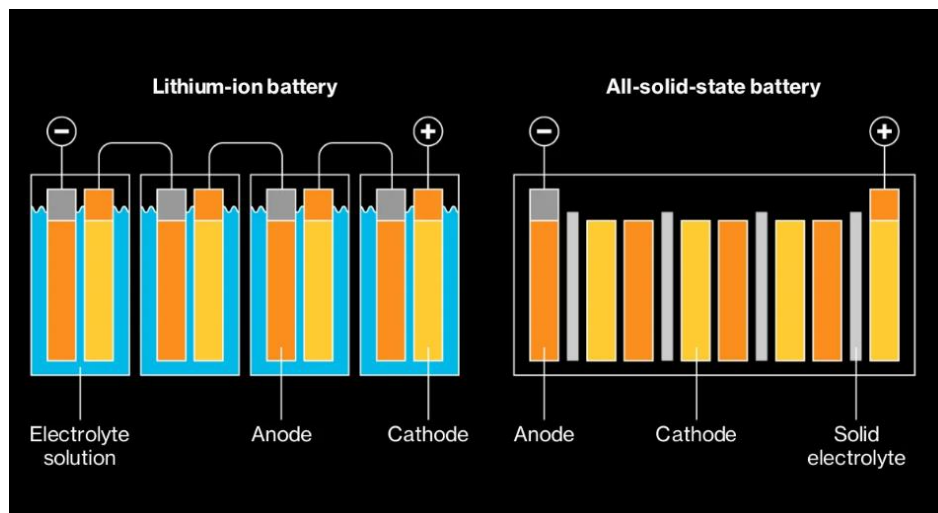
<sup>23</sup> <https://ul.org/sites/default/files/inline-images/Lithium%20Ion%20Cell%203.png>

2. **Υψηλή Απόδοση:** Διαθέτουν υψηλή ισχύ και μπορούν να παρέχουν απόδοση κινητήρα που απαιτείται για την κίνηση των ηλεκτρικών οχημάτων.
3. **Μικρό Βάρος και Όγκος:** Σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες μπαταριών, είναι ελαφρύτερες και μικρότερες, βελτιώνοντας την απόδοση και την αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων.
4. **Χαμηλότερη Αυτο-Εκφόρτιση:** Έχουν χαμηλό ρυθμό αυτο-εκφόρτισης, που σημαίνει ότι χάνουν λίγη ενέργεια όταν δεν χρησιμοποιούνται, σημαντικό γεγονός για τη διατήρηση της απόδοσης με την πάροδο του χρόνου.
5. **Μεγάλη Διάρκεια Ζωής:** Έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, που μπορεί να φτάσει μέχρι και 10 χρόνια, ανάλογα με τη χρήση και τη φροντίδα.
6. **Γρήγορη Φόρτιση:** Μπορούν να φορτιστούν γρήγορα, προσφέροντας τη δυνατότητα γρήγορης επαναφόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων.
7. **Χαμηλή Συντήρηση:** Απαιτούν ελάχιστη συντήρηση, καθιστώντας τις πολύ βολικές για τους καταναλωτές.

Συνοψίζοντας, οι μπαταρίες Li-ion έχουν επιτρέψει την ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων με μεγάλη αυτονομία, υψηλή απόδοση και φιλικές προς το περιβάλλον εκδόσεις, επηρεάζοντας θετικά την ηλεκτροκίνηση σε όλο τον κόσμο.

Νέες τεχνολογίες μπαταριών, όπως μπαταρίες στερεάς κατάστασης (Solid-State)

Οι νέες τεχνολογίες μπαταριών, όπως οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης (Solid-State Batteries), αντιπροσωπεύουν μια σημαντική εξέλιξη στον τομέα της ηλεκτροκίνησης και της αποθήκευσης ενέργειας.



24

Εικόνα 24. Διαφορές μπαταριών Ιόντων λιθίου με στερεάς κατάστασης

Οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης επηρεάζουν την ηλεκτροκίνηση μέσω των εξής χαρακτηριστικών:

<sup>24</sup> <https://www.cnet.com/a/img/resize/461bf8139b85c30409324f72a7053eb834a16357/hub/2021/02/25/9cd74c01-d0b8-4cb2-b533-def73975d499/ssb.png?auto=webp&width=1200>

1. **Υψηλή Ενεργειακή Πυκνότητα:** Προσφέρουν ακόμα υψηλότερη ενεργειακή πυκνότητα από τις μπαταρίες Li-ion, που σημαίνει ότι μπορούν να αποθηκεύσουν ακόμη περισσότερη ενέργεια για το ίδιο όγκο ή βάρος, βελτιώνοντας την αυτονομία των ηλεκτρικών οχημάτων.
2. **Γρήγορη Φόρτιση:** Μπορούν να φορτιστούν σημαντικά γρηγορότερα από τις παραδοσιακές μπαταρίες, κάτι που επιτρέπει στους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων να φορτίζουν τα οχήματά τους σε λίγα λεπτά αντί για ώρες.
3. **Μεγαλύτερη Διάρκεια Ζωής:** Έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μπαταρίες, άρα λιγότερα κόστη συντήρησης και αντικατάστασης για τους καταναλωτές.
4. **Ασφάλεια:** Είναι λιγότερο επιρρεπείς σε θερμικά προβλήματα και σοβαρές αντιδράσεις, που τις καθιστά πιο ασφαλείς και ελαχιστοποιεί τον κίνδυνο θραύσης ή αυτοκινητιστικής ανάφλεξης.
5. **Χαμηλή Αυτο-Εκφόρτιση:** Έχουν χαμηλό ρυθμό αυτο-εκφόρτισης, που σημαίνει ότι διατηρούν την ενέργεια τους για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα όταν δεν χρησιμοποιούνται.
6. **Περιβαλλοντικά Φιλικές:** Συνήθως περιλαμβάνουν λιγότερα επιβλαβή για το περιβάλλον χημικά, βοηθώντας στη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

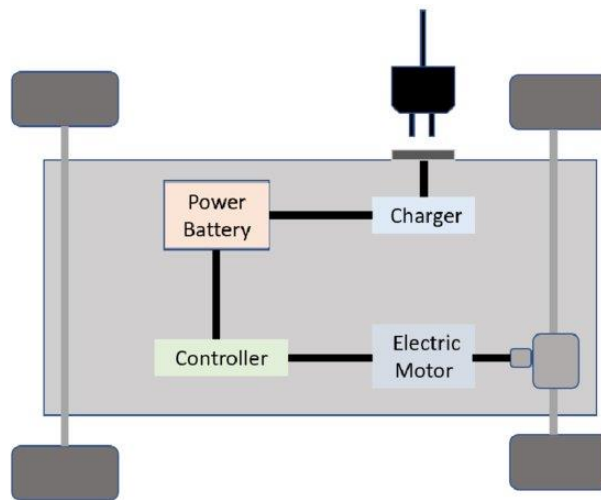
Οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης αναμένεται να αναπτυχθούν περαιτέρω και να γίνουν η κύρια επιλογή για την ηλεκτροκίνηση στο μέλλον, επιτρέποντας ακόμη περισσότερες βελτιώσεις στην αυτονομία, την απόδοση και την ασφάλεια των ηλεκτρικών οχημάτων.

## 2.5. Εφαρμογές Μπαταριών

Ηλεκτρικά οχήματα και μπαταρίες: τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποτελούν ένα σημαντικό και αναπτυσσόμενο κλάδο της αυτοκινητοβιομηχανίας που βασίζεται στην ηλεκτροκίνηση. Αυτά τα οχήματα χρησιμοποιούν μπαταρίες και ηλεκτροκινητήρες για την αποθήκευση και παροχή της απαιτούμενης ενέργειας για την κίνησή τους, αντί για τους κινητήρες εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούν βενζίνη ή πετρέλαιο. Κάποια από τα κύρια στοιχεία που αφορούν τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα και τις μπαταρίες τους είναι οι κύριοι τύποι μπαταριών, η αυτονομία, η φόρτιση και η υποδομή της, η απόδοση, η συντήρηση και η περιβαλλοντική συμβολή, τα οποία αναλύονται παρακάτω.





25

Εικόνα 25. Η βασική διάταξη ενός ενσωματωμένου φορτιστή μπαταρίας

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν διάφορους **τύπους μπαταριών**, με τις πιο διαδεδομένες να είναι οι μπαταρίες ιόντων-λιθίου, οι οποίες προσφέρουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, γρήγορη φόρτιση και μεγάλη διάρκεια ζωής. Ένα ακόμη σημαντικό στοιχείο αφορά την **αυτονομία** ενός ηλεκτρικού αυτοκινήτου, η οποία εξαρτάται από τη χωρητικότητα της μπαταρίας του. Μεγαλύτερες μπαταρίες παρέχουν μεγαλύτερη αυτονομία. Το εύρος της αυτονομίας εκφράζεται συνήθως σε χιλιόμετρα που μπορεί να διανύσει ένα αυτοκίνητο με μία φόρτιση.

Τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα μπορούν να φορτιστούν από οικιακές πρίζες (συνήθως 220V), δημόσιες σταθμούς φόρτισης (συνήθως 400V), ενώ ορισμένα μοντέλα υποστηρίζουν **γρήγορη φόρτιση** (fast charging) που μπορεί να φορτίσει το αυτοκίνητο σε λίγες ώρες ή και λιγότερο. Η **ανάπτυξη υποδομών φόρτισης** είναι κρίσιμη για την εξέλιξη των ηλεκτρικών αυτοκινήτων, αφού μπορεί να εξαλείψει ανησυχίες και να ενθαρρύνει την επιλογή της ηλεκτροκίνησης. Διάφορες χώρες επενδύουν σε δίκτυα δημόσιων σταθμών φόρτισης για να διευκολύνουν τους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων, δημιουργώντας ένα περιβάλλον φόρτισης που θα προσφέρει άνεση και ταχύτητα στους χρήστες ηλεκτρικών αυτοκινήτων. (X. Sun, Z. Li, 2019)

Ακόμη, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα προσφέρουν **υψηλή απόδοση**, καθώς οι ηλεκτροκινητήρες τους παρέχουν ροπή αμέσως μόλις πατηθεί το γκάζι, πετυχαίνοντας έτσι γρήγορη επιτάχυνση και αποτελεσματική οδήγηση. Τα οχήματα που λειτουργούν με ηλεκτροκίνηση έχουν λιγότερα κινούμενα μέρη σε σχέση με αυτά με κινητήρες εσωτερικής καύσης, οπότε απαιτούν **λιγότερη συντήρηση**. Καθώς τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα λειτουργούν χρησιμοποιώντας ηλεκτρικό ρεύμα αντί για καύσιμα που περιέχουν άνθρακα, αυτοκίνητα όπως τα Μηχανοκίνητα Εσωτερικής Καύσης (ΜΕΚ), δεν παράγουν επιβλαβείς εκπομπές όπως το διοξείδιο του άνθρακα, οι άκαυτοι υδρογονάνθρακες, τα οξείδια του αζώτου και το μονοξείδιο του άνθρακα. Συμβάλλουν, λοιπόν, στη μείωση αυτών των εκπομπών,

<sup>25</sup>[https://www.researchgate.net/profile/Chengjiang-Li/publication/338127886/figure/fig1/AS:839417275092992@1577144082238/Simple-design-of-a-BEV\\_W640.jpg](https://www.researchgate.net/profile/Chengjiang-Li/publication/338127886/figure/fig1/AS:839417275092992@1577144082238/Simple-design-of-a-BEV_W640.jpg)

ενισχύοντας την προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος και της υγείας του ανθρώπου. Ωστόσο, η πραγματική οικολογική συμβολή των ηλεκτρικών αυτοκινήτων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η αποδοτικότητα κάθε οχήματος και τον τρόπο παραγωγής του ηλεκτρικού ρεύματος που χρησιμοποιείται για τη φόρτισή τους. Έτσι, η μείωση των εκπομπών GHG είναι αποτέλεσμα τόσο της τεχνολογίας των αυτοκινήτων όσο και του περιβάλλοντος παρόχου ενέργειας.

Συνοπτικά, τα ηλεκτρικά αυτοκίνητα αποτελούν μια βιώσιμη και φιλική προς το περιβάλλον επιλογή με πολλά πλεονεκτήματα και καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να εξελίσσεται, αναμένεται να γίνουν ακόμη πιο δημοφιλή και να συμβάλουν σημαντικά στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα.

### **2.5.1. Ενεργειακή αποθήκευση και μπαταρίες: ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**

Η ενεργειακή αποθήκευση και ο ρόλος των μπαταριών στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αποτελούν κρίσιμα στοιχεία στην μετάβαση προς ένα πιο βιώσιμο και καθαρό ενεργειακό μέλλον.

Αρχικά, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως οι ηλιακοί συλλέκτες και οι αιολικοί ανεμογεννήτριες, παράγουν ενέργεια με μεταβλητή ένταση, ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες. Η ενεργειακή αποθήκευση μέσω μπαταριών επιτρέπει την ολιστική **εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας** μέσω της αποθήκευσης ενέργειας που παράγεται κατά τις περιόδους υψηλής παραγωγής και τη χρήση της κατά τις περιόδους ανάγκης, κάνοντας τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας πιο αξιόπιστες. Αυτή η αποτελεσματικότητα, βοηθάει στην **αποφυγή απώλειας ενέργειας** και βελτιώνει την οικονομική βιωσιμότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επιπρόσθετα, οι μπαταρίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την **εξισορρόπηση του ηλεκτρικού δικτύου**, αφού κατά τη διάρκεια περιόδων αιχμής κατανάλωσης, μπορούν να αποδώσουν ενέργεια στο δίκτυο, ενώ κατά τις περιόδους χαμηλής κατανάλωσης, μπορούν να φορτίζονται. Η αποθήκευση ενέργειας συμβάλλει στην **εξοικονόμηση κόστους**, μειώνοντας το κόστος ενεργειακών υποδομών και την ανάγκη για επιπλέον κεραίες ηλεκτρικού δικτύου, καθώς μπορεί να εξισορροπήσει τη ζήτηση και την παροχή ενέργειας.

Σε **απομακρυσμένες περιοχές ή νησιά**, οι μπαταρίες μπορούν να παρέχουν αξιόπιστη πηγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όταν η πρόσβαση σε τοπικά κυκλώματα είναι περιορισμένη. Τέλος, η αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας σε συνδυασμό με την ενεργειακή αποθήκευση με μπαταρίες βοηθά στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από την παραγωγή ενέργειας.

Συνολικά, η ενεργειακή αποθήκευση με μπαταρίες αποτελεί κρίσιμο τεχνολογικό κομμάτι που επιτρέπει την επίτευξη μεγαλύτερης αξιοπιστίας και αποτελεσματικότητας στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμβάλλοντας ταυτόχρονα στην αειφορία του ενεργειακού τομέα και τη μείωση των αρνητικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

## 2.6. Τεχνολογικές Προκλήσεις στις Μπαταρίες

### 2.6.1. Αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας

Η αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας είναι ένα σημαντικό ζήτημα για την ηλεκτροκίνηση και την ανάπτυξη των ηλεκτρικών οχημάτων. Η ενεργειακή πυκνότητα αναφέρεται στην ποσότητα ενέργειας που μπορεί να αποθηκεύει μια μπαταρία σε σχέση με τον όγκο ή το βάρος της. Η χρήση μπαταριών υψηλής ενεργειακής πυκνότητας έχει τις παρακάτω σημαντικές επιπτώσεις στην ηλεκτροκίνηση:

1. **Μεγαλύτερη Αυτονομία:** Όσο μεγαλύτερη είναι η ενεργειακή πυκνότητα μιας μπαταρίας, τόσο περισσότερη ενέργεια μπορεί να αποθηκευτεί σε έναν περιορισμένο όγκο ή βάρος, με αποτέλεσμα την αύξηση της αυτονομίας των ηλεκτρικών οχημάτων. Οι οδηγοί μπορούν να διανύσουν μεγαλύτερες αποστάσεις πριν χρειαστεί να φορτίσουν το όχημά τους.
2. **Μειωμένο Όγκο και Βάρος:** Οι πυκνές μπαταρίες επιτρέπουν την κατασκευή μικρότερων και ελαφρύτερων μπαταριών με την ίδια ενεργειακή αποθήκευση, που σημαίνει ότι τα ηλεκτρικά οχήματα μπορούν να έχουν μικρότερο βάρος και καλύτερη δυνατότητα ελέγχου.
3. **Βελτιωμένη Απόδοση:** Επιτρέπουν στα ηλεκτρικά οχήματα να παρέχουν καλύτερη απόδοση, με μεγαλύτερη επιτάχυνση και ταχύτερη ανταπόκριση στο γκάζι.
4. **Βελτιωμένη Υποδομή:** Η χρήση μπαταριών υψηλής ενεργειακής πυκνότητας επιτρέπει την ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων με μικρότερο προφίλ μπαταρίας, βοηθώντας στην ενσωμάτωσή τους στον σχεδιασμό των οχημάτων χωρίς να θυσιάζεται ο χώρος επιβατών ή αποσκευών.
5. **Επιτάχυνση της Μετάβασης στην Ηλεκτροκίνηση:** Η υψηλή ενεργειακή πυκνότητα καθιστά τα ηλεκτρικά οχήματα πιο ανταγωνιστικά από τα παραδοσιακά αυτοκίνητα με κινητήρες εσωτερικής καύσης, προωθώντας έτσι τη μετάβαση σε καθαρές μορφές κινητικότητας.
6. **Βελτίωση της διάρκειας ζωής:** Οι μπαταρίες χρειάζονται να διατηρούν υψηλή απόδοση για πολλά χρόνια, γι' αυτό η ανάπτυξη τέτοιων μπαταριών είναι σημαντική, καθώς θα μειώσει την ανάγκη συχνών αντικαταστάσεων και θα βελτιώσει την οικονομική βιωσιμότητα.
7. **Μείωση του κόστους:** Το υψηλό κόστος παραγωγής μπαταριών είναι μια πρόκληση και η ανάπτυξη νέων υλικών και τεχνολογιών παραγωγής που μειώνουν το κόστος των μπαταριών είναι απαραίτητη για να καταστήσει την ηλεκτροκίνηση πιο προσιτή.
8. **Βιωσιμότητα των υλικών:** Ορισμένες μπαταρίες χρησιμοποιούν υλικά που είναι σπάνια και δύσκολα ανακυκλώσιμα. Η ανάπτυξη μπαταριών με βιώσιμα υλικά και η βελτίωση της ανακύκλωσης είναι σημαντική για τη μείωση του αντίκτυπου στο περιβάλλον.
9. **Ασφάλεια:** Οι μπαταρίες πρέπει να είναι ασφαλείς και να μειώνεται ο κίνδυνος πυρκαγιάς ή άλλων προβλημάτων. Η ανάπτυξη τεχνολογιών που βελτιώνουν την ασφάλεια των μπαταριών είναι ζωτικής σημασίας.

10. **Εκπομπές αερίων:** Κατά την παραγωγή και απόρριψη των μπαταριών, μπορεί να προκαλούνται εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Η μείωση αυτών των εκπομπών απαιτεί βελτιωμένες διαδικασίες και ανακύκλωση.

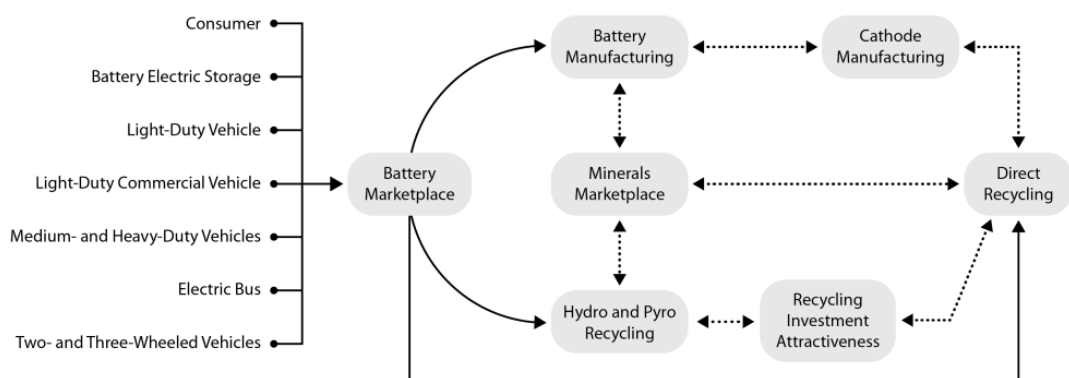
Η αύξηση της ενεργειακής πυκνότητας είναι μία από τις κύριες προκλήσεις που αντιμετωπίζουν οι επιστήμονες και οι μηχανικοί στον τομέα της ηλεκτροκίνησης. Ο στόχος είναι η ανάπτυξη μπαταριών που θα προσφέρουν υψηλή ενεργειακή πυκνότητα, χαμηλό κόστος και μεγάλη διάρκεια ζωής, γεγονός που θα συμβάλλει σημαντικά στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης και την επίτευξη πιο βιώσιμων μορφών κινητικότητας.

### 2.6.2. Κυκλική οικονομία και ανακύκλωση μπαταριών

Η κυκλική οικονομία είναι μια προσέγγιση της οικονομίας που αντιμετωπίζει τους πόρους ως περιορισμένους και πολύτιμους. Αντί να παράγονται, χρησιμοποιούνται και απορρίπτονται προϊόντα και υλικά με τρόπο γραμμικό, όπως στην παραδοσιακή οικονομία, στην κυκλική οικονομία προωθούνται η ανακύκλωση, η ανανέωση και η επαναχρησιμοποίηση υλικών και προϊόντων.

Η κυκλική οικονομία επιδιώκει την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων και τη βελτίωση της βιωσιμότητας, που στην περίπτωση της ηλεκτροκίνησης, αυτό αποτελεί θεμελιώδη αρχή. Προς το παρόν, η παραγωγή μπαταριών είναι ενεργοβόρα και απαιτεί την εξόρυξη και επεξεργασία πολύτιμων μετάλλων, όπως το λίθιο και το κοβάλτιο. Μέσω της κυκλικής οικονομίας μειώνεται η ανάγκη για αυτήν την εξόρυξη και την περαιτέρω εκμετάλλευση φυσικών πόρων.

Επιπλέον, μέσω αυτής της διαδικασίας, ενθαρρύνεται η ανάπτυξη της ανακύκλωσης μπαταριών και έτσι, παλαιές μπαταρίες μπορούν να ανακυκλωθούν και τα υλικά τους να επαναχρησιμοποιηθούν για την κατασκευή νέων μπαταριών. Αυτό συνεισφέρει στη διατήρηση των πολύτιμων μετάλλων και την μείωση των αποβλήτων που προκύπτουν από παλαιές μπαταρίες.



26

Εικόνα 26. Κυκλική οικονομία στις μπαταρίες

Σε κλίμακα, η κυκλική οικονομία ενισχύει τη βιωσιμότητα της ηλεκτροκίνησης και συμβάλλει στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματός της, μειώνοντας την ανάγκη για

<sup>26</sup> <https://energypost.eu/wp-content/uploads/2023/05/word-image-46237-2.png>

φυσική εξόρυξη, την απόρριψη επικίνδυνων αποβλήτων και τον αντίκτυπο στην αλλαγή του κλίματος.

Η **μείωση πρώτων υλών** επιτυγχάνεται μέσω της ανακύκλωσης των μετάλλων από παλαιές μπαταρίες, η οποία μειώνει την ανάγκη για νέες εξορυκτικές επεμβάσεις που συχνά συνοδεύονται από περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως αποψίλωση δασών, ρύπανση του νερού και εδάφους, και απώλεια βιοποικιλότητας. Επιπλέον, η ανακύκλωση μπαταριών προκαλεί **μείωση των απορριμμάτων** αφού περιορίζει σημαντικά την ποσότητα επικίνδυνων αποβλήτων που προέρχονται από παλαιές μπαταρίες. Αυτό βοηθά στην προστασία του περιβάλλοντος από τη ρύπανση του εδάφους και του υδάτινου περιβάλλοντος, προστατεύοντας την υγεία του ανθρώπου και την βιοποικιλότητα. Ακόμη, η κυκλική οικονομία συμβάλλει στην **προώθηση της βιωσιμότητας** της ηλεκτροκίνησης, καθώς ο μεγάλος κύκλος ζωής των μπαταριών, η ανακύκλωση τους και η επαναχρησιμοποίηση των υλικών τους ελαττώνουν το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της τεχνολογίας των μπαταριών.

Συνολικά, εκτός από τη συμβολή της κυκλικής οικονομίας στα παραπάνω χαρακτηριστικά, συμβάλλει στη δημιουργία ευκαιριών για την ανάπτυξη της οικονομίας και τη δημιουργία θέσεων εργασίας στον τομέα της ανακύκλωσης και της τεχνολογίας μπαταριών. (McNamara, 2023)

## **2.7. Μέλλον των Μπαταριών**

### **2.7.1. Νέες τεχνολογίες και καινοτομίες στον τομέα των μπαταριών**

Ο τομέας των μπαταριών είναι υψηλά δυναμικός και συνεχώς εξελισσόμενος, με πολλές καινοτομίες και νέες τεχνολογίες που έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ηλεκτροκίνηση. Ανάμεσα σε αυτές τις καινοτομίες και τεχνολογίες περιλαμβάνονται τα εξής:

- **Μπαταρίες Στερεάς Κατάστασης (Solid-State Batteries):** Αντιπροσωπεύουν μια από τις πιο ριζικές καινοτομίες στον τομέα των μπαταριών, διότι αντί για υγρούς ηλεκτρολύτες που χρησιμοποιούν οι συμβατικές μπαταρίες, οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης χρησιμοποιούν στερεά υλικά για την αγωγιμότητα του ιόντος. Αυτό οδηγεί σε μεγαλύτερη ενεργειακή πυκνότητα, γρηγορότερους χρόνους φόρτισης, και αυξημένη ασφάλεια, καθώς μειώνεται ο κίνδυνος διαρροής και πυρκαγιάς.
- **Μεγαλύτερος Κύκλος Ζωής (Long Cycle Life):** Νέες τεχνικές στην κατασκευή και τη διαχείριση των μπαταριών έχουν ως αποτέλεσμα τη μείωση της απώλειας χωρητικότητας με τον χρόνο και την επέκταση της διάρκειας ζωής τους, συμβάλλοντας στη μακροπρόθεσμη απόδοση των ηλεκτρικών οχημάτων.
- **Βελτιωμένες Χημικές Συνθέσεις:** Οι επιστήμονες διεξάγουν έρευνα για την ανάπτυξη βελτιωμένων χημικών συνθέσεων για τις μπαταρίες, όπως οι νέες γενιές λιθίου-ιόν μπαταριών υψηλής ενεργειακής πυκνότητας.
- **Ανακύκλωση και Δεύτερη Ζωή:** Οι τεχνολογίες ανακύκλωσης μπαταριών και η δυνατότητα δεύτερης ζωής για χρησιμοποιημένες μπαταρίες είναι ουσιώδεις για την αειφορία του τομέα. Με την ανακύκλωση, μπορούν να ανακτηθούν πολύτιμα υλικά, ενώ με τη δεύτερη ζωή, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν μπαταρίες για διάφορες εφαρμογές.

- **Μπαταρίες με Υδρογόνο (Hydrogen Fuel Cells):** Η υδρογονοκίνηση είναι μια εναλλακτική τεχνολογία που χρησιμοποιεί μπαταρίες με υδρογόνο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι μπαταρίες μπορούν να παράγουν ενέργεια με μηδενικές εκπομπές ρύπων και έχουν εφαρμογές σε οχήματα και άλλους τομείς.
- **Κβαντικές Μπαταρίες (Quantum Batteries):** Αντιπροσωπεύουν έναν επαναστατικό τύπο μπαταρίας που βασίζεται στην κβαντική φυσική και έχουν τη δυνατότητα να αποθηκεύουν και να ελευθερώνουν ενέργεια με απίστευτη αποδοτικότητα και ταχύτητα.
- **Ενσωμάτωση στην Παραγωγή Ενέργειας:** Οι μπαταρίες χρησιμοποιούνται όχι μόνο σε ηλεκτρικά οχήματα, αλλά και στην αποθήκευση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, όπως τα ηλιακά και τα αιολικά συστήματα. Η ανάπτυξη μπαταριών με υψηλή αποδοτικότητα αποθήκευσης ενέργειας είναι κρίσιμη για την εκμετάλλευση αυτών των πηγών ενέργειας.
- **Μπαταρίες με Τεχνητή Νοημοσύνη:** Η ενσωμάτωση τεχνητής νοημοσύνης στις μπαταρίες μπορεί να βελτιώσει την απόδοση και τη διάρκεια ζωής τους. Συστήματα ελέγχου και πρόβλεψης μπορούν να βοηθήσουν στην αποτροπή βλαβών και στη βελτιστοποίηση της απόδοσης.
- **Υποδομές Φόρτισης:** Η ανάπτυξη προηγμένων υποδομών φόρτισης είναι κρίσιμη για την εξάπλωση της ηλεκτροκίνησης, καθώς η ταχεία φόρτιση και η διαθεσιμότητα σταθμών φόρτισης είναι σημαντικές πτυχές που επηρεάζουν την αποδοχή της τεχνολογίας.

Αυτές οι νέες τεχνολογίες και καινοτομίες στον τομέα των μπαταριών είναι κρίσιμες για την εξέλιξη της ηλεκτροκίνησης και την προαγωγή της βιώσιμης κινητικότητας. Οι επενδύσεις στην έρευνα και ανάπτυξη σε αυτόν τον τομέα εξασφαλίζουν τη συνεχή βελτίωση των μπαταριών και την επίτευξη όλο και πιο αποδοτικών και βιώσιμων λύσεων ενέργειας.

### **2.7.2. Ο ρόλος των μπαταριών στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων και την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης**

Ο ρόλος των μπαταριών στην αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων και την ανάπτυξη της ηλεκτροκίνησης είναι κρίσιμος και πολυδιάστατος. Παρακάτω εξετάζεται πώς η χρήση μπαταριών συμβάλλει σε αυτούς τους τομείς:

1. **Μείωση των Εκπομπών Αερίων Θερμοκηπίου:** Όπως έχει ήδη αναφερθεί, η χρήση ηλεκτρικών οχημάτων οδηγεί στη μείωση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, σημαντικό για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στις αστικές περιοχές.
2. **Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας:** Οι μπαταρίες διευκολύνουν την ενσωμάτωσή τους στο ενεργειακό δίκτυο, όπως τα ηλιακά και τα αιολικά συστήματα, καθώς αποθηκεύουν την παραγόμενη ενέργεια για χρήση κατά τις περιόδους αιχμής και επιτρέπουν τη σταθερή παροχή ενέργειας από αυτές τις πηγές, μειώνοντας την εξάρτηση από τις ορυκτές καυσίμων.

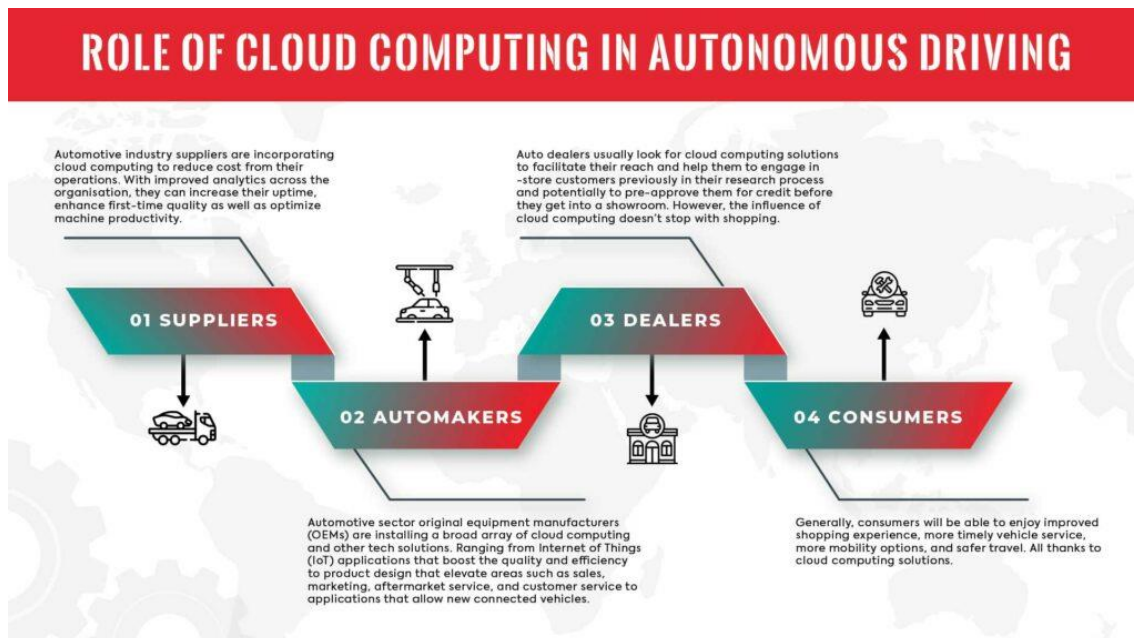
3. **Διαχείριση Ενέργειας:** Διευκολύνεται από τη χρήση μπαταριών στα ηλεκτρικά οχήματα, αφού μπορούν να αποθηκεύουν ενέργεια κατά τη διάρκεια των χαμηλών και την αποδίδουν κατά τη διάρκεια των αιχμών ζήτησης, βελτιώνοντας την απόδοση του δικτύου και μειώνοντας την ανάγκη για νέες ενεργειακές υποδομές.
4. **Αειφόροι Πόροι:** Η ανακύκλωση των μπαταριών συμβάλλει στη διατήρηση πολύτιμων πόρων, όπως το λιθίο και το κοβάλτιο, γεγονός που μειώνει την ανάγκη για εξόρυξη αυτών των πρώτων υλών και την επιβάρυνση του περιβάλλοντος.
5. **Καινοτομία και Ανάπτυξη:** Η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών μπαταριών δημιουργεί ευκαιρίες για καινοτομία και οικονομική ανάπτυξη, καθώς ο τομέας των μπαταριών αποτελεί πηγή θέσεων εργασίας και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για πολλές χώρες.

Συμπερασματικά, οι μπαταρίες αποτελούν ζωτικό στοιχείο για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων και την προώθηση της ηλεκτροκίνησης ως βιώσιμου μέσου μεταφοράς. Ο συνεχής εκσυγχρονισμός και η καινοτομία στον τομέα των μπαταριών αποτελούν κινητήριες δυνάμεις προς αυτή την κατεύθυνση.

## 2.8. Υπηρεσίες Νέφους

### 2.8.2. Συνολική Επισκόπηση των Υπηρεσιών Νέφους στην Ηλεκτροκίνηση

Οι υπηρεσίες νέφους στον τομέα της ηλεκτροκίνησης αναφέρονται σε υπηρεσίες και λύσεις που χρησιμοποιούν το cloud computing (υπολογισμός στο νέφος) για να βελτιώσουν τη λειτουργία και τη διαχείριση των φορτιστών και των ηλεκτρικών οχημάτων. (L. Liu et al., 2021)



27

Εικόνα 27. Ρόλος της υπηρεσίας νέφους στην αυτόματη οδήγηση

<sup>27</sup><https://www.aeologic.com/blog/wp-content/uploads/2022/08/Role-of-Cloud-Computing-in-Autonomous-Driving-1024x576.jpg>



Αυτές οι υπηρεσίες αξιοποιούν τη σύγχρονη τεχνολογία πληροφορικής και επικοινωνιών για να προσφέρουν τα παρακάτω:

1. **Συλλογή Δεδομένων:** Συλλέγουν δεδομένα σχετικά με την τοποθεσία, την κατάσταση, την απόδοση και τη φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων και των φορτιστών, τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανάλυση και τη λήψη αποφάσεων.
2. **Έλεγχος Φορτιστή:** Επιτρέπουν στους φορείς διαχείρισης να ελέγχουν και να διαχειρίζονται τη λειτουργία των φορτιστών απομακρυσμένα, όπως η ρύθμιση των χρεώσεων και η αποκατάσταση προβλημάτων.
3. **Χρέωση και Πληρωμές:** Προσφέρουν εύκολες και ασφαλείς διαδικασίες χρέωσης και πληρωμών για τους οδηγούς ηλεκτρικών οχημάτων, επιτρέποντας την πληρωμή για τη φόρτιση τους.
4. **Ανάλυση και Βελτιστοποίηση:** Μέσω της ανάλυσης δεδομένων, μπορούν να βοηθήσουν στη βελτιστοποίηση της χρήσης της ενέργειας από τα ηλεκτρικά οχήματα, καθώς και στην πρόβλεψη των αναγκών για φόρτιση.
5. **Κεντρική Διαχείριση:** Οι πλατφόρμες επιτρέπουν στους φορείς διαχείρισης να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται το σύνολο των φορτιστών και των ηλεκτρικών οχημάτων σε ένα δίκτυο.

Οι υπηρεσίες νέφους στην ηλεκτροκίνηση συνδέουν τους οδηγούς, τους φορείς διαχείρισης και τους φορτιστές μέσω της σύγχρονης τεχνολογίας, προσφέροντας αξία και ευκολία σε αυτούς που χρησιμοποιούν ηλεκτρικά οχήματα και συμβάλλοντας στην προώθηση της ηλεκτροκίνησης ως βιώσιμου μέσου μεταφοράς.

### 2.8.3. Διαχείριση Φόρτισης μέσω του Νέφους

Η διαχείριση φόρτισης μέσω του νέφους αναπτύχθηκε για να διευκολύνει τους ιδιοκτήτες ηλεκτρικών οχημάτων στη διαδικασία φόρτισης και να βελτιώσει την γενική εμπειρία των οδηγών. (Narbayeva et al., 2020) Οι υπηρεσίες που παρέχονται αφορούν την αναζήτηση και κράτηση φορτιστών, τη διασύνδεση φορτιστών, τις εφαρμογές κινητών για τους οδηγούς, αλλά και τη συντήρηση και παρακολούθηση των φορτιστών.

Οι οδηγοί μπορούν να **αναζητήσουν** εύκολα διαθέσιμους φορτιστές στην περιοχή τους χρησιμοποιώντας εφαρμογές κινητών, διαδικτυακές πλατφόρμες ή το ενσωματωμένο σύστημα πλοήγησης του ηλεκτρικού οχήματος. Η **δυνατότητα κράτησης** φορτιστή για συγκεκριμένη χρονική περίοδο εξασφαλίζει τη διαθεσιμότητά τους όταν απαιτείται. Ακόμη, οι υπηρεσίες νέφους και οι **διασυνδεδεμένοι φορτιστές** δίνουν τη δυνατότητα στους οδηγούς να πληρώσουν για τη φόρτιση τους με διάφορους τρόπους, όπως πιστωτικές κάρτες, ηλεκτρονικά πορτοφόλια και συνδρομητικά μοντέλα. Αυτό καθιστά την πληρωμή για τη φόρτιση πιο βολική και επιτρέπει την παρακολούθηση των δαπανών.

Οι **εφαρμογές για κινητά τηλέφωνα** παρέχουν στους οδηγούς πληροφορίες σχετικά με τη διαθεσιμότητα των φορτιστών, τις τιμές, την κατάσταση της φόρτισης και άλλες χρήσιμες πληροφορίες, ενώ επιτρέπουν επίσης τον έλεγχο της φόρτισης από απόσταση.

Επίσης, μέσω των υπηρεσιών νέφους, είναι εφικτό οι φορείς διαχείρισης να παρακολουθούν και να διαχειρίζονται την κατάσταση των φορτιστών από απόσταση μέσω των υπηρεσιών νέφους. Αυτό περιλαμβάνει τη διάγνωση προβλημάτων, την ενημέρωση του λογισμικού και τη διαχείριση των αναβαθμίσεων.

Συνολικά, αυτές οι υπηρεσίες διαχείρισης φόρτισης μέσω του νέφους βελτιώνουν την πρόσβαση σε φορτιστές, τη διαφάνεια των διαδικασιών φόρτισης και την ανάληψη ελέγχου από μακριά για οδηγούς και φορείς διαχείρισης, καθιστώντας την ηλεκτροκίνηση πιο εύκολη και ελκυστική επιλογή για τους χρήστες ηλεκτρικών οχημάτων. (*Role of Cloud Computing in Autonomous Driving Development*, 2022)

#### **2.8.4. Διαχείριση Ενέργειας**

Η προηγμένη διαχείριση ενέργειας μέσω των υπηρεσιών νέφους στην ηλεκτροκίνηση έχει κρίσιμη σημασία για τη βέλτιστη φόρτιση των μπαταριών των ηλεκτρικών οχημάτων. Αυτή η προσέγγιση συνδυάζει την έξυπνη διαχείριση της ενέργειας με την εξειδικευμένη διαχείριση των φορτιστών, προσφέροντας πλεονεκτήματα όπως:

1. **Βέλτιστη Φόρτιση:** Οι υπηρεσίες νέφους χρησιμοποιούν δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως την τρέχουσα κατάσταση της μπαταρίας, την διαθεσιμότητα των φορτιστών, και την τρέχουσα κατάσταση του δικτύου, για να προσδιορίσουν τη βέλτιστη στιγμή και την ιδανική ισχύ φόρτισης για το κάθε ηλεκτρικό όχημα. Αυτό μειώνει τον χρόνο φόρτισης και βελτιώνει την απόδοση της μπαταρίας.
2. **Οικονομία Ενέργειας:** Με την επιστημονική προσέγγιση της διαχείρισης ενέργειας, οι υπηρεσίες νέφους προσαρμόζουν τον ρυθμό φόρτισης έτσι ώστε να ελαχιστοποιούν τις απώλειες και το κόστος της φόρτισης, ενώ ταυτόχρονα διασφαλίζουν την αποτελεσματική χρήση της διαθέσιμης ενέργειας.
3. **Προγραμματισμός Χρονοδιαγράμματος:** Οι οδηγοί έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίσουν το χρονοδιάγραμμα φόρτισης τους από απόσταση, επιλέγοντας πότε και πόσο θέλουν να φορτίσουν το όχημά τους. Αυτό επιτρέπει την ευέλικτη χρήση της ενέργειας, εξοικονομώντας χρόνο και χρήματα.
4. **Συνεργασία με Τοπικά Δίκτυα:** Οι υπηρεσίες νέφους μπορούν να συνεργαστούν με τα τοπικά δίκτυα και τις εταιρείες διανομής ενέργειας για να προσφέρουν αποτελεσματική διαχείριση της φόρτισης, εξισορροπώντας τη ζήτηση ενέργειας στο δίκτυο και βοηθώντας στην αποφυγή υπερφόρτωσης του.

Συμπερασματικά, αυτές οι υπηρεσίες νέφους συμβάλλουν στη βέλτιστη διαχείριση της ενέργειας για τα ηλεκτρικά οχήματα, μειώνοντας το κόστος, τον χρόνο φόρτισης και τις επιπτώσεις στο περιβάλλον, ενθαρρύνοντας την υιοθέτηση της ηλεκτροκίνησης. (Narbayeva et al., 2020)

#### **2.8.5. Ενσωμάτωση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας**

Η ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική ενέργεια, στη διαδικασία φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων είναι ένα κρίσιμο βήμα για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα και την αειφορία του περιβάλλοντος. Οι υπηρεσίες νέφους

διευκολύνουν την αποδοτική χρήση αυτών των πηγών ενέργειας στην ηλεκτροκίνηση με τους εξής τρόπους:

Οι υπηρεσίες νέφους παρέχουν πληροφορίες και **εύκολη πρόσβαση σε φορτιστές** που τροφοδοτούνται από **ανανεώσιμες πηγές ενέργειας**, δίνοντας τη δυνατότητα στους οδηγούς να επιλέγουν να φορτίσουν τα οχήματά τους με πράσινη ενέργεια. Επιπλέον, μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την **προέλευση της ενέργειας** που χρησιμοποιείται για τη φόρτιση, με αποτέλεσμα οι οδηγοί να ενημερώνονται για το πόσο "πράσινη" είναι η ενέργεια που χρησιμοποιούν.

Επιπρόσθετα, οι υπηρεσίες νέφους μπορούν να ενσωματώσουν **συστήματα αποθήκευσης ενέργειας**, όπως μπαταρίες, για να αποθηκεύουν την περίσσεια ενέργεια που παράγεται και να τη χρησιμοποιούν κατά την φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων. Το **ενεργειακό προφίλ** των ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να εξεταστεί μέσω των υπηρεσιών και να προγραμματιστεί φόρτιση ώστε να συμβαδίζει με την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Αυτό μειώνει την επιβάρυνση του δικτύου κατά τις περιόδους αιχμής και αυξάνει τη χρήση ανανεώσιμων πηγών.

Επομένως, οι υπηρεσίες νέφους επιτρέπουν την ολοκληρωμένη ενσωμάτωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον τομέα της ηλεκτροκίνησης, προάγοντας τη βιώσιμη και πράσινη μετάβαση στη μετακίνηση. (Narbayeva et al., 2020)

#### **2.8.6. Ασφάλεια και Διαχείριση Δεδομένων**

Η ασφάλεια των δεδομένων και η προστασία της ιδιωτικότητας αποτελούν ζητήματα κρίσιμης σημασίας στις υπηρεσίες νέφους για την ηλεκτροκίνηση. (L. Liu et al., 2021) Αυτό το υποκεφάλαιο εξετάζει τις σχετικές πτυχές:

1. **Προστασία των Δεδομένων:** Οι υπηρεσίες νέφους συλλέγουν και αποθηκεύουν δεδομένα σχετικά με την φόρτιση, την τοποθεσία, και τη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων, άρα είναι κρίσιμο να διασφαλίζεται η ασφάλεια αυτών των δεδομένων από ανεπιθύμητη πρόσβαση και διαρροές.
2. **Προστασία της Ιδιωτικότητας:** Τα δεδομένα που σχετίζονται με τη χρήση των ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν να περιέχουν ευαίσθητες πληροφορίες για τους οδηγούς. Οι υπηρεσίες νέφους πρέπει να διασφαλίζουν την ιδιωτικότητα αυτών των πληροφοριών και να συμμορφώνονται με τις νομοθετικές απαιτήσεις περί προστασίας των δεδομένων.
3. **Κρυπτογραφία Δεδομένων:** Η χρήση ισχυρών μεθόδων κρυπτογράφησης είναι απαραίτητη για την προστασία των δεδομένων κατά τη μετάδοση και την αποθήκευσή τους στο νέφος.
4. **Διαχείριση των Δικαιωμάτων Πρόσβασης:** Οι υπηρεσίες νέφους πρέπει να ελέγχουν την πρόσβαση στα δεδομένα και να διαχειρίζονται τα δικαιώματα πρόσβασης, διασφαλίζοντας ότι μόνο εξουσιοδοτημένα άτομα έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες.

5. **Συμμόρφωση με την Νομοθεσία:** Οι υπηρεσίες νέφους πρέπει να συμμορφώνονται με τις νομοθετικές απαιτήσεις περί προστασίας των δεδομένων και ιδιωτικότητας, όπως ο Γενικός Κανονισμός Προστασίας Δεδομένων (GDPR) στην Ευρωπαϊκή Ένωση.
6. **Ασφάλεια Δικτύου:** Η προστασία των δεδομένων περνάει και από την ασφάλεια του δικτύου και των υποδομών που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά και αποθήκευσή τους.

Η ασφάλεια των δεδομένων και η προστασία της ιδιωτικότητας είναι θέματα που πρέπει να διαχειρίζονται με αυστηρότητα στις υπηρεσίες νέφους για την ηλεκτροκίνηση, προκειμένου να διασφαλιστεί η εμπιστοσύνη των χρηστών και η συμμόρφωση με τις νομοθετικές απαιτήσεις.

#### **2.8.7. Προκλήσεις και Μέλλον των Υπηρεσιών Νέφους στην Ηλεκτροκίνηση**

Οι υπηρεσίες νέφους στον τομέα της ηλεκτροκίνησης αντιμετωπίζουν προκλήσεις και αναμένονται μελλοντικές εξελίξεις που θα επηρεάσουν τον τομέα αυτό. (Narbayeva et al., 2020)

Μία σημαντική πρόκληση που αφορά άμεσα την εξάπλωση της ηλεκτροκίνησης, είναι η ανάπτυξη και συντήρηση της **υποδομής φόρτισης**. Χρειάζεται να δημιουργηθούν περισσότεροι φορτιστές σε δημόσιους χώρους, πάρκινγκ, και σε απομακρυσμένες περιοχές. Επιπλέον, πρέπει να επενδυθεί σε τεχνολογίες γρήγορης φόρτισης που μειώνουν τον χρόνο αναμονής για τους οδηγούς. Η εξάπλωση της ηλεκτροκίνησης μπορεί να επιτευχθεί και μέσα της **συνεργασίας με δημόσια μέσα μεταφοράς**, όπως λεωφορεία και τρένα. Οι υπηρεσίες νέφους μπορούν να βοηθήσουν στον συντονισμό του χρονοδιαγράμματος φόρτισης των μεγάλων οχημάτων με το δίκτυο δημόσιας μεταφοράς. Επιπλέον, είναι σημαντικό να διασφαλιστεί ότι οι υπηρεσίες νέφους είναι **προσβάσιμες** για όλους, **ανεξαρτήτως εισοδήματος**, και ότι υπάρχουν κίνητρα και προγράμματα ενίσχυσης για να καλύπτονται τα κόστη της ηλεκτροκίνησης για τις οικονομικά αδύναμες ομάδες.

Οι μελλοντικές εξελίξεις θα επικεντρώνονται στην ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων **διαχείρισης ενέργειας** που θα επιτρέπουν την αποδοτική φόρτιση και τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η **ανακύκλωση** των μπαταριών και η χρήση ανακυκλωμένων υλικών στην κατασκευή μπαταριών μπορεί να μειώσει το περιβαλλοντικό αποτύπωμα της ηλεκτροκίνησης και να συμβάλει στην αειφόρο χρήση πόρων. Ακόμη, η συνεχής **εξέλιξη της τεχνολογίας** θα επιτρέψει την ανάπτυξη καινοτόμων υπηρεσιών νέφους. Η χρήση τεχνητής νοημοσύνης για τη βελτιστοποίηση της διαχείρισης της ενέργειας, καθώς και η χρήση blockchain για την ασφαλή αποθήκευση και διαμοιρασμό των δεδομένων, θα είναι σημαντικές εξελίξεις.

Καθώς οι υπηρεσίες νέφους συλλέγουν πολλά δεδομένα, η **ασφάλεια και η προστασία** της ιδιωτικότητας γίνονται ακόμα πιο κρίσιμα θέματα και είναι σημαντικό να διασφαλίζεται ότι τα δεδομένα είναι ασφαλή και συμμορφώνονται με τους κανονισμούς περί προστασίας των δεδομένων. Έτσι, είναι απαραίτητο οι νομικές ρυθμίσεις να προσαρμοστούν

στις νέες τεχνολογίες και στις ανάγκες της ηλεκτροκίνησης, και να θεσπιστούν νόμοι και κανονιστικά πλαίσια που θα προωθούν την αειφόρο κινητικότητα και θα διασφαλίζουν την προστασία των δεδομένων.

Συνοψίζοντας, οι υπηρεσίες νέφους στην ηλεκτροκίνηση αναμένεται να παίξουν έναν ουσιαστικό ρόλο στη μελλοντική μετάβαση προς την πράσινη και βιώσιμη κινητικότητα. (L. Liu et al., 2021) Η αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων και η προσαρμογή στις εξελίξεις της τεχνολογίας θα καθορίσουν το μέλλον του τομέα.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

## Κεφάλαιο 3: Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

### 3.1 Εισαγωγή

Η ταχεία μεταβολή του κλίματος και η κλιμάκωση των ενεργειακών απαιτήσεων ευνοεί την ανάπτυξη βιώσιμων, καινοτόμων τεχνολογιών στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η έρευνα για εύρεση εφαρμογών με τη μέγιστη εκμετάλλευση της δύναμης της φύσης με τον βέλτιστο τρόπο, αποκαλύπτει τα πλωτά υπεράκτια αιολικά πάρκα και τους πλωτούς ηλιακούς συλλέκτες, αναδεικνύοντας τη συνέργεια μεταξύ της καινοτομίας, των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και του επιχειρηματικού πνεύματος. Η ενσωμάτωση των πλωτών τεχνολογιών στο πλαίσιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ενέχει τεράστιες δυνατότητες.

#### 3.1.1. Υπεράκτια Αιολική Ενέργεια

Από την αρχή της μετάβασης από τη χερσαία στην υπεράκτια αιολική ενέργεια, υπήρξε μια συνεχής τάση να μετακινούνται οι ανεμογεννήτριες μακρύτερα από την ακτογραμμή, γεγονός που απαιτεί τη χρήση πλωτών υποκατασκευών. Η υπεράκτια αιολική ενέργεια αναδεικνύεται σε βασικό τομέας ανάπτυξης στην ενεργειακή μετάβαση, συμβάλλοντας στην εν λόγω αιολική ενεργειακή δυναμικότητα, αλλά συνεπάγεται συνεχείς προσπάθειες για να ξεπεραστούν οι τεχνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές προκλήσεις για την κατασκευή μιας πιο βιώσιμης αιολικής τεχνολογίας, ικανή να παρέχει την αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση που αντιμετωπίζει η κοινωνία μας.

#### 3.1.2. Η εξέλιξη των πλωτών υπεράκτιων ανεμογεννητριών

Η πρώτη πλωτή ανεμογεννήτρια στον κόσμο εγκαταστάθηκε το **2009**, σε βάθος 200 μέτρων και περίπου 10 χιλιόμετρα από τις ακτές της νότιας Νορβηγίας. Η Siemens προμήθευσε την ανεμογεννήτρια των 2 MW και η Technip επέβλεψε την κατασκευή και εγκατάσταση της πλωτής θεμελίωσης για τον πελάτη Equinor (τότε Statoil). Το κόστος αυτού του έργου ήταν περίπου 50 εκατομμύρια ευρώ και 10 χρόνια αργότερα, αυτή η ανεμογεννήτρια εξακολουθεί να παράγει ηλεκτρική ενέργεια.

Το **2017**, το πρώτο υπεράκτιο αιολικό έργο βιομηχανικής κλίμακας της Hywind στη Σκωτία ξεκίνησε την παραγωγή. Η συνολική επένδυση ανακοινώθηκε σε περίπου 2 δισεκατομμύρια νορβηγικές κορώνες (200 εκατομμύρια ευρώ), με την Equinor ως κύριο επενδυτή και τη Masdar να κατέχει το 25% του έργου. Η δυναμικότητα των 30 MW κατανέμεται σε έξι ανεμογεννήτριες των 5 MW που βρίσκονται στα ανοικτά των ακτών του Peterhead, σε βάθος νερού περίπου 100 m.

Το τρίτο και το τέταρτο πλωτό αιολικό έργο στον κόσμο εγκαταστάθηκαν το **2020** και το **2021**, αντίστοιχα. Πρόκειται για το Windfloat Atlantic, υπό την ηγεσία μιας κοινοπραξίας αποτελούμενης από τις EDPR, Repsol, Engie και Principal Power με δυναμικότητα 30 MW, που εγκαταστάθηκε στα ανοικτά των ακτών της Πορτογαλίας σε βάθος περίπου 100 μέτρων. Η

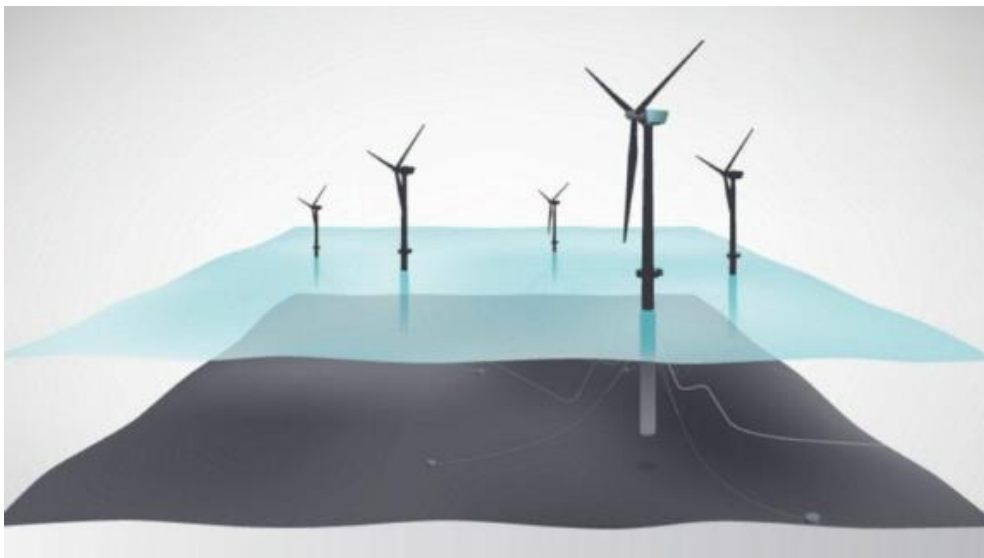
δεύτερη εφαρμογή, Kinckadine των 50 MW, υπό την ηγεσία της εταιρείας COBRA, εγκαταστάθηκε στη Σκωτία στα ανοικτά των ακτών του Aberdeen περίπου στο ίδιο βάθος νερού.

Τέλος, το μεγαλύτερο πλωτό αιολικό έργο με εγκατεστημένη ισχύ 88 MW στη Νορβηγία, το οποίο μόλις παρήγαγε τα πρώτα του ηλεκτρόνια. Το βάθος του νερού των πλωτών θεμελίων των ανεμογεννητριών είναι επίσης πρωτοφανές, καθώς το βάθος του είναι σχεδόν 400 μέτρα.

### 3.2 Τύποι πλωτών ανεμογεννητριών

#### Πασσάλου (Spar Buoy)

Η ανεμογεννήτρια τύπου Spar αποτελείται από έναν κατακόρυφο κύλινδρο μεγάλης διαμέτρου με έρμα (στο κάτω άκρο) και βαθύ βύθισμα, το οποίο καθιστά τη δομή λιγότερο ευαίσθητη στον άνεμο, τα κύματα και τα ρεύματα. Η θεμελίωση spar διατηρείται στη θέση της με σχοινιά αγκυροβολίας ή με τεντωμένες γραμμές πρόσδεσης με άγκυρες έλξης ή αναρρόφησης.



28

Εικόνα 28. Hywind Spar Floating Wind, Equinor

#### Πλεονεκτήματα των ανεμογεννητριών τύπου Spar

Ο σχεδιασμός ανεμογεννήτριας τύπου Spar έχει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- **Σταθερότητα:** Λόγω του βαθύ βυθίσματος της κατασκευής, είναι πιο σταθερή από την ημι-βυθιζόμενη ανεμογεννήτρια,
- **Διαμόρφωση δομής:** Είναι συνήθως λιγότερο πολύπλοκη από τις TLP και τις ημι-βυθιζόμενες ανεμογεννήτριες.
- **Κόστος συστήματος αγκύρωσης:** Είναι χαμηλότερο από τις ανεμογεννήτριες τύπου TLP.

Ωστόσο, η εφαρμογή αυτού του τύπου ανεμογεννητριών μπορεί να γίνει σε βάθος νερού μεγαλύτερο των 100 μέτρων, που σημαίνει ότι η εγκατάσταση της τουρμπίνας θα χρειαστεί

<sup>28</sup> <https://www.empireengineering.co.uk/semi-submersible-spar-and-tlp-floating-wind-foundations/>

να γίνει εντός της θάλασσας, αφού η μεταφορά της όρθιας κατασκευής σε αυτό το βάθος είναι δύσκολη.

### Φορηγίδας ή Ημιβυθιζόμενες (Barge – Semi-submersible)

Οι ημι-βυθιζόμενες ανεμογεννήτριες (semi-submersible) αποτελούνται συνήθως από πολλαπλές στήλες και πλωτήρες. Οι στήλες παρέχουν κυρίως τη σταθερότητα, ενώ οι πλωτήρες παρέχουν πρόσθετη πλευστότητα. Το κέντρο βάρους βρίσκεται πάνω από το κέντρο άνωσης, ενώ η ευστάθεια επιτυγχάνεται με τη ροπή επαναφοράς των στηλών. Η πλωτή κατασκευή διατηρείται στη θέση της από ένα σύστημα πρόσδεσης, το οποίο αποτελείται από σχοινιά πρόσδεσης με σχοινιά και άγκυρες έλξης ή αναρρόφησης.

Για τη βελτιστοποίηση της δομής θεμελίωσης και την επίτευξη σταθερότητας της ανεμογεννήτριας, έχουν δημιουργηθεί ποικίλα καινοτόμα πλωτά αιολικά ημι-βυθιζόμενα από διάφορους σχεδιαστές πλωτών αιολικών πρωτοτύπων. Για παράδειγμα, το WindFloat που αναπτύχθηκε από την Principle Power έχει τρεις κολώνες μεγάλης διαμέτρου με στηρίγματα μικρής διαμέτρου από χάλυβα, ενώ ο σχεδιασμός VolturnUS χρησιμοποιεί ένα πλωτό ημι-βυθιζόμενο κύτος από σκυρόδεμα.

Η ανεμογεννήτρια μπορεί να τοποθετηθεί στο κέντρο της πλωτής μονάδας ή στην κορυφή μιας στήλης. Στη δεύτερη περίπτωση, απαιτείται πρόσθετο έρμα για να αντισταθμιστεί το βάρος της ανεμογεννήτριας.



29

Εικόνα 29. WindFloat, Principle Power

<sup>29</sup> <https://www.empireengineering.co.uk/semi-submersible-spar-and-tlp-floating-wind-foundations/>



## Πλεονεκτήματα των ανεμογεννητριών τύπου Semi-submersible

Παρόλο που έχουν χαμηλότερη θεμελιώδη σταθερότητα από τους άλλους δύο τύπους πλωτών ανεμογεννητριών, αυτός ο σχεδιασμός εξακολουθεί να είναι ο πιο δημοφιλής μέχρι στιγμής στη βιομηχανία για τους ακόλουθους λόγους:

- **Εύρος βάθους νερού:** Μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα βάθους νερού συνήθως από τα 40 μέτρα.
- **Κόστος εγκατάστασης και μεταφορά:** Η τουρμπίνα μπορεί να εγκατασταθεί στο ημι-βυθιζόμενο μέρος στην αποβάθρα και στη συνέχεια, να ρυμουλκηθεί στην τοποθεσία, αποφεύγοντας την δαπανηρή υπεράκτια εγκατάσταση.
- **Κόστος συστήματος αγκύρωσης:** Είναι χαμηλότερο από τις ανεμογεννήτριες τύπου TLP.



Εικόνα 30. VoltornUS

## Πλατφόρμα Προεντεταμένων Σκελών (Tension Leg Platform – TLP)

Οι πλωτές ανεμογεννήτριες τύπου TLP αποτελούνται συνήθως από στήλες και πλωτήρες και το μοναδικό χαρακτηριστικό τους είναι το σύστημα πρόσδεσης με κατακόρυφα τεντωμένα καλώδια, τα οποία παρέχουν σταθερότητα στη δομή. Η δομή TLP είναι κατακόρυφα συγκρατημένη αποκλείοντας τις κινήσεις κατακόρυφα (ανύψωση) και

---

<sup>30</sup>[chrome-extension://efaidnbmninnnibpcjpcglclefindmkaj/https://composites.umaine.edu/wp-content/uploads/sites/600/2022/05/VoltornUS-Hull-Brochure-F.pdf](https://composites.umaine.edu/wp-content/uploads/sites/600/2022/05/VoltornUS-Hull-Brochure-F.pdf)

περιστροφικά (κλίση και κύλιση), αλλά είναι ευλύγιστη στις οριζόντιες κινήσεις (κύμα και ταλάντωση).



31

Εικόνα 31. Πλωτή ανεμογεννήτρια τύπου TLP της εταιρίας SBM

#### Πλεονεκτήματα των ανεμογεννητριών τύπου Tension Leg Platform (TLP)

- **Σταθερότητα:** Μεταξύ των τριών τύπων πλωτών ανεμογεννητριών που αναφέρονται, η TLP προσφέρει τη μεγαλύτερη σταθερότητα,
- **Κόστος υλικών:** Το μέγεθος δομής της μπορεί να είναι πολύ μικρότερο, λόγω της σταθερότητάς της, σε σχέση με την τύπου semi-submersible, καθιστώντας το κόστος των υλικών μικρότερο,
- **Εύρος βάθους νερού:** Όπως και η ημι-βυθιζόμενη, μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα ευρύ φάσμα βάθους νερού συνήθως από τα 40 μέτρα.
- **Κόστος εγκατάστασης και μεταφορά:** Η ανεμογεννήτρια μπορεί να εγκατασταθεί στο TLP στην αποβάθρα και στη συνέχεια, να ρυμουλκηθεί στην τοποθεσία, αποφεύγοντας την δαπανηρή υπεράκτια εγκατάσταση.

#### Μειονεκτήματα των ανεμογεννητριών τύπου Tension Leg Platform (TLP)

- **Ευαισθησία κατασκευής:** Λόγω της υψηλής δυσκαμψίας της κατασκευής, είναι συνήθως ευαίσθητες σε δυναμικά φορτία υψηλής συχνότητας, τα οποία μπορεί να παράγουν συντονισμένες κινήσεις κλίσης και ανύψωσης που οδηγούν σε βλάβες λόγω κόπωσης στους τένοντες,
- **Κόστος συστήματος αγκύρωσης:** Μεταξύ των τριών τύπων πλωτών ανεμογεννητριών που αναφέρονται, οι TLP έχουν το πιο ακριβό σύστημα αγκύρωσης.

---

<sup>31</sup> <https://www.empireengineering.co.uk/semi-submersible-spar-and-tlp-floating-wind-foundations/>

| Floater Types    | Structure configuration                                   | Stability   | Water Depth | Station Keeping                      | T&I   | Turbine installation          |
|------------------|---|---|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------------|
| Semi-Submersible | Complex structure configuration, large size structure     | Less stable   | > ~40m      | Simple mooring system and Low cost   | Tug-towing transport and low cost                                   | Turbine installed in dockside |
| Spar             | Simpler structure configuration, tall and large size hull | Good stability  | >~100m      | Simple mooring system and Low cost   | More challenge because of tall hull, HLV may be required, high cost | Turbine installed offshore    |
| TLP              | Small size structure                                      | Good stability, but susceptible to high-frequency dynamic loads | >~40m       | Complex tendon system with high cost | Tug-towing transport and low cost                                   | Turbine installed in dockside |

32

Εικόνα 312. Σύγκριση μεταξύ των τριών τύπων πλωτών ανεμογεννητριών

### 3.3 Υπεράκτια Αιολικά Πάρκα

Ως αιολικό πάρκο ορίζεται ένας τόπος όπου παράγεται αιολική ενέργεια από μία ομάδα ανεμογεννητριών, οι οποίες είναι διασκορπισμένες σε μία τεράστια έκταση για να εκμεταλλευτούν στο έπακρο τον άνεμο. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα βρίσκονται στην ανοικτή θάλασσα, ή σε λίμνη, πολλά χιλιόμετρα από την ακτή, και κατασκευάζονται ως επί το πλείστον εκεί όπου δεν παραβιάζονται προϋπάρχουσες επιχειρήσεις, ούτε πρόκειται για σημαντική διαδρομή ιστιοπλοΐας.

#### 3.3.1. Το μεγαλύτερο πλωτό αιολικό πάρκο του κόσμου

Το αιολικό πάρκο Hywind Tampen είναι το μεγαλύτερο πλωτό υπεράκτιο αιολικό πάρκο στον κόσμο και αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για τη βιομηχανοποίηση λύσεων και τη μείωση του κόστους για μελλοντικά υπεράκτια έργα αιολικής ενέργειας. Επιπλέον, είναι το πρώτο πλωτό αιολικό πάρκο στον κόσμο που κατασκευάστηκε ειδικά για την ηλεκτροδότηση υπεράκτιων εγκαταστάσεων πετρελαίου και φυσικού αερίου και τώρα παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στα κοιτάσματα πετρελαίου και φυσικού αερίου Snorre και Gullfaks της Equinor στη Βόρεια Θάλασσα της Νορβηγίας. Με το Hywind Tampen σε λειτουργία, η Equinor λειτουργεί πλέον σχεδόν το ήμισυ (47%) της παγκόσμιας υπεράκτιας πλωτής αιολικής δυναμικότητας.

Το πλωτό αιολικό πάρκο βρίσκεται περίπου **140 χιλιόμετρα** μακριά από τις ακτές της Νορβηγίας σε βάθη που κυμαίνονται από **260 έως 300 μέτρα**, και αποτελείται από **11 ανεμογεννήτριες** οι οποίες έχουν αναβαθμιστεί από 8 σε **8,6 MW**. Παρόλο που η δυναμικότητα του συστήματος εξαγωγής και οι πλατφόρμες δεν έχουν αναβαθμιστεί ανάλογα, η αυξημένη δυναμικότητα αναμένεται να συμβάλει στην αύξηση της συνολικής ετήσιας παραγωγής λόγω του αυξημένου χρόνου λειτουργίας. Η επιχειρησιακή εμπειρία θα συμβάλει επίσης στη βελτίωση της παραγωγικής ικανότητας μέσω του αυξημένου ποσοστού χρήσης.

<sup>32</sup> <https://www.empireengineering.co.uk/semi-submersible-spar-and-tlp-floating-wind-foundations/>

Το Hywind Tampen θα αποτελέσει δοκιμαστικό πεδίο για την περαιτέρω ανάπτυξη της πλωτής αιολικής ενέργειας, διερευνώντας τη χρήση νέων και μεγαλύτερων ανεμογεννητριών, μεθόδων εγκατάστασης, απλουστευμένων αγκυρώσεων, υποστυλωμάτων από σκυρόδεμα και την ενσωμάτωση μεταξύ συστημάτων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από αέριο και αιολική ενέργεια.

Το έργο πρόκειται να συμβάλει στην περαιτέρω **ανάπτυξη** της πλωτής υπεράκτιας αιολικής τεχνολογίας και στη **μείωση του κόστους** των μελλοντικών πλωτών υπεράκτιων αιολικών πάρκων. Ακόμη αναμένεται να προσφέρει νέες **βιομηχανικές ευκαιρίες** για τη Νορβηγία, τα πεδία και τη νορβηγική βιομηχανία προμηθευτών σε μια αναπτυσσόμενη **παγκόσμια** υπεράκτια αιολική αγορά.

Η νορβηγική κυβέρνηση έχει θέσει φιλοδοξία να χορηγήσει έκταση ισοδύναμη με 30 GW υπεράκτιας αιολικής ενέργειας έως το 2040. Το Hywind Tampen είναι το πρώτο υπεράκτιο αιολικό πάρκο στη Νορβηγία, επιδεικνύοντας τις ευκαιρίες για παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στη νορβηγική υφαλοκρηπίδα.



33

Εικόνα 33. Hywind Tampen

### 3.3.2 Πλεονεκτήματα υπεράκτιων αιολικών πάρκων

1. **Παραγωγή περισσότερης ενέργειας:** Κατά μέσο όρο, ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο έχει τη δυνατότητα να παράγει περισσότερα MW ενέργειας σε σύγκριση με τα χερσαία αιολικά πάρκα. Το ύψος των ανεμογεννητριών για τα χερσαία αιολικά πάρκα είναι περιορισμένο, ενώ οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες μπορούν να είναι όσο μεγάλες απαιτείται με αποτέλεσμα τα πτερύγια τους που είναι πολύ

---

<sup>33</sup><https://equinor.fotoware.cloud/fotoweb/archives/5020-Press/Folder%201/DSCF8871.jpg.info#c=%2Ffotoweb%2Farchives%2F5020-Press%2F>

μεγαλύτερα να μπορούν να παράγουν περισσότερη ενέργεια. Επίσης, οι ταχύτητες του ανέμου είναι υψηλότερες στη θάλασσα σε σύγκριση με την ξηρά, γεγονός που επιτρέπει στα υπεράκτια αιολικά πάρκα να παράγουν περισσότερη ενέργεια.

2. **Αποδοτικότητα:** Λόγω της ικανότητάς τους να παράγουν περισσότερη ηλεκτρική ενέργεια, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα είναι πιο αποδοτικά από άλλους τύπους αιολικών πάρκων. Ο λόγος για τη μεγαλύτερη αποδοτικότητα βρίσκεται πίσω από την σταθερή κατεύθυνση των ανέμων σε υψηλότερες ταχύτητες στη θάλασσα απ' ό,τι στη στεριά.
3. **Λιγότερο παρεμβατικό:** Καθώς βρίσκονται σε μια περιοχή μέσα σε θάλασσα ή λίμνη, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα δεν είναι παρεμβατικά όπως τα χερσαία αιολικά πάρκα. Καμία γεωργική εκμετάλλευση, βοσκή ή οποιοδήποτε άλλο κομμάτι ιδιωτικής γης δεν παραβιάζεται από την κατασκευή των ανεμογεννητριών. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα δεν παρεμβαίνουν σε γειτονικές χώρες ή κτίρια ούτε δημιουργούν εμπόδια στο δρόμο τους. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα κατασκευάζονται σε μεγαλύτερες εκτάσεις ανά τετραγωνικό μίλι, καθώς έχουν μικρότερες φυσικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

### 3.3.3 Μειονεκτήματα υπεράκτιων αιολικών πάρκων

1. **Λιγότερη τοπική συμμετοχή:** Ενώ τα χερσαία αιολικά πάρκα ανήκουν σε τοπικές επιχειρήσεις, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα αναφέρονται συνήθως σε μεγάλες εταιρείες, καθώς περισσότερες επενδύσεις εμπλέκονται, καθιστώντας τη συμμετοχή των τοπικών επιχειρήσεων και οργανισμών δυσχερή. Παρά το γεγονός ότι τα υπεράκτια αιολικά πάρκα παρέχουν ευκαιρίες απασχόλησης, δεν ωφελούν απαραίτητα μια συγκεκριμένη τοπική κοινότητα και έτσι, δεν προσφέρουν τις ίδιες οικονομικές ευκαιρίες με τα χερσαία αιολικά πάρκα.
2. **Προκλήσεις συντήρησης:** Οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες είναι πιο επιρρεπείς σε ζημιές από τους ανέμους υψηλής ταχύτητας και λόγω απρόβλεπτων καιρικών συνθηκών και καταιγίδων, συχνά απαιτούν επισκευές και συντήρηση. Ακόμη κι αν το υψηλό κόστος συντήρησης δεν αποτελεί ζήτημα, η έλλειψη προσβασιμότητας καθιστά τα υπεράκτια αιολικά πάρκα δαπανηρά. Επιπλέον, καθώς βρίσκονται μακριά από την ακτή, η συντήρησή τους είναι δύσκολη, και κατά συνέπεια η επισκευή τους συχνά διαρκεί περισσότερο.
3. **Κόστος εξοπλισμού:** Η κατασκευή ανεμογεννητριών και εφαρμογών σε υπεράκτιες περιοχές δεν είναι τόσο εύκολη όσο στην ξηρά, καθώς η παρουσία νερού δυσχεραίνει τη μεταφορά βαρέων μηχανημάτων. Λόγω της πολυπλοκότητας της κατασκευής και της εγκατάστασης, ιδίως σε βαθιά νερά, τα υπεράκτια αιολικά πάρκα απαιτούν τεράστιες επενδύσεις.

### 3.3.4 Περιβαλλοντικές επιπτώσεις των υπεράκτιων αιολικών πάρκων

Παρά τις τεράστιες δυνατότητες και την αποδοτικότητα των υπεράκτιων αιολικών πάρκων, υπάρχουν μερικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, οι οποίες χρήζουν άμεσης αναγνώρισης και

στη συνέχεια θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για την αντιμετώπισή τους: Κάποιες από τις επιπτώσεις καταγράφονται παρακάτω:

1. **Χωροθέτηση:** Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα απαιτούν περισσότερο χώρο επειδή έχουν μεγαλύτερες τουρμπίνες και πτερύγια. Ανάλογα με τη θέση τους, ανταγωνίζονται άλλες ωκεάνιες δραστηριότητες όπως η αλιεία, η εξόρυξη άμμου και χαλικιού, πετρελαίου και φυσικού αερίου, οι δραστηριότητες αναψυχής, η υδατοκαλλιέργεια και η ναυσιπλοΐα.
2. **Κύκλος ζωής εκπομπών υπερθέρμανσης του πλανήτη:** Τα αιολικά πάρκα χρησιμοποιούνται για τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, καθώς δεν παράγουν επιβλαβείς εκπομπές κατά τη λειτουργία τους και έτσι μειώνουν την υπερθέρμανση του πλανήτη, όμως κατά τη διάρκεια ζωής μίας ανεμογεννήτριας σχετίζονται με κάποιες εκπομπές. Αυτές περιλαμβάνουν τις εκπομπές που δημιουργούνται κατά την παραγωγή υλικών, τη μεταφορά, την επιτόπια κατασκευή και τη συναρμολόγηση, καθώς και άλλα στάδια όπως η συντήρηση και η αποσυναρμολόγηση περιλαμβάνουν επίσης εκπομπές. Οι εκτιμήσεις των συνολικών εκπομπών που έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υπερθέρμανση του πλανήτη από τις ανεμογεννήτριες εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες, όπως η ταχύτητα του ανέμου, η σύνθεση των υλικών των ανεμογεννητριών και το ποσοστό του χρόνου που φυσάει ο άνεμος.
3. **Άγρια ζωή:** Η περιστροφή των ανεμογεννητριών αλλάζει την πίεση του αέρα και διαταράσσει την πορεία των πτηνών, με αποτέλεσμα να πεθαίνουν κυρίως θαλασσοπούλια, ωστόσο, ο αριθμός των θανάτων που καταγράφονται είναι ελάχιστος. Τα θαλάσσια ζώα επηρεάζονται επίσης σε μεγάλο βαθμό, αλλά ταυτόχρονα, υπάρχουν μελέτες που δείχνουν ότι τα υπεράκτια αιολικά πάρκα λειτουργούν ως τεχνητοί ύφαλοι, οι οποίοι μπορούν να αυξήσουν τον πληθυσμό των ψαριών. Ο αντίκτυπος εξαρτάται από την τοποθεσία και μπορεί να ποικίλλει στην ίδια βάση.

Παρόλο που τα αιολικά πάρκα βοηθούν στη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα, εξακολουθούν να έχουν ορισμένες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μέσω κατάλληλου σχεδιασμού και μεγαλύτερων επενδύσεων, είναι εφικτό οι αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την κοινότητα να μειωθούν.

### **3.3.5. Οι Προκλήσεις και το Μέλλον των Υπεράκτιων Αιολικών Πάρκων**

Η βιομηχανία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εξελίσσεται γρήγορα και οι υπεράκτιες ανεμογεννήτριες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στην κάλυψη της ζήτησης για καθαρή ενέργεια. Μετά από δεκαετίες ανάπτυξης, η υπεράκτια αιολική ενέργεια είναι πλέον μια χαμηλού κόστους, αξιόπιστη τεχνολογία που συνεχίζει να αναπτύσσεται παγκοσμίως σε κλίμακα. Το 2022, προστέθηκαν 9433 MW υπεράκτιας αιολικής ισχύος, ανεβάζοντας τη συνολική παγκόσμια εγκατεστημένη ισχύ στα 57,6 GW. Ωστόσο, για την επίτευξη των καθαρών μηδενικών στόχων, απαιτείται η προσθήκη 2.000 GW εγκατεστημένης ισχύος έως

το 2050, που σημαίνει ότι πάνω από το 95% της υπεράκτιας αιολικής δυναμικότητας χρειάζεται ακόμη να κατασκευαστεί.

Παρά αυτή την τεράστια πρόβλεψη ανάπτυξης, η δυναμικότητα της πλωτής υπεράκτιας αιολικής ενέργειας είναι συγκριτικά πολύ μικρότερη από τη συνολική υπεράκτια, καθώς εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές εμπόδια για την πλήρη εμπορευματοποίησή της. Το 2021, από τα 21,1 GW υπεράκτιας αιολικής δυναμικότητας σε λειτουργία, μόνο τα 57 MW από αυτά ήταν πλωτός αιολικός αέρας, επομένως είναι εύκολα κατανοητό ότι για την ανάπτυξη αυτών των αριθμών θα χρειαστεί να ξεπεραστούν κάποιες προκλήσεις.

Ένα από τα βασικά τεχνικά εμπόδια στην εμπορευματοποίηση του πλωτού ανέμου που αντιμετωπίζουν οι προγραμματιστές είναι η **επιλογή του καταλληλότερου τύπου πλωτής θεμελίωσης** για μια δεδομένη τοποθεσία. Το βάθος του νερού, ο τύπος του βυθού, οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι μόνο μερικοί από τους παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, πριν την επιλογή της κατάλληλης πλωτής δομής. Όλοι οι τύποι έχουν θεμελιώδεις διαφορές στα χαρακτηριστικά τους που επηρεάζουν τον τρόπο με τον οποίο ανταποκρίνονται στις περιβαλλοντικές συνθήκες, κατανόηση της επίδρασης των χαρακτηριστικών κίνησης σε ολόκληρο το σύστημα είναι απαραίτητη. Η αποτελεσματική επιλογή ενός πλωτού ιδρύματος περιλαμβάνει τη συνεργασία με τους κατάλληλους εταίρους για την ανάλυση ενός συνδυασμού τεχνικών και λειτουργικών παραγόντων. Είναι σημαντικό, θα πρέπει να αναγνωριστεί ότι οι λειτουργικοί παράγοντες μπορεί να έχουν μεγαλύτερο αντίκτυπο από τους τεχνικούς κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του περιουσιακού στοιχείου.

Ένας ζωτικός λειτουργικός παράγοντας που θα καθορίσει την επιλογή πλωτών θεμελίων είναι η **εφοδιαστική αλυσίδα του έργου**. Οι τουρμπίνες, τα θεμέλια, τα εξαρτήματα του συστήματος πρόσδεσης, τα καλώδια, η λιμενική υποδομή, είναι όλα κρίσιμα στοιχεία της αλυσίδας εφοδιασμού που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Οι διαδρομές μεταφοράς, τα logistics, οι υποδομές, τα πλοία εγκατάστασης, οι λειτουργίες και η συντήρηση δημιουργούν πολυπλοκότητα. Για να επιτευχθεί σαφής κατανόηση όλων των απαιτήσεων της εφοδιαστικής αλυσίδας και να βελτιστοποιηθούν τα έργα πλωτής αιολικής ενέργειας, είναι σημαντικό οι προγραμματιστές και άλλοι ενδιαφερόμενοι φορείς να έχουν μια ολιστική κατανόηση της ανάπτυξης και του τρόπου με τον οποίο διαφέρει από τη σταθερή χερσαία αιολική ενέργεια. Παραδείγματα ότι η εφοδιαστική αλυσίδα αποτελεί εμπόδιο, αποτελεί η Shell η οποία αναγκάστηκε να ακυρώσει την κατασκευή ενός πλωτού αιολικού πάρκου στα γαλλικά ύδατα και ανέφερε τα ζητήματα της εφοδιαστικής αλυσίδας, αλλά και η Equinor, της οποίας το έργο Hywind Tampen είχε καθυστερήσεις λόγω προβλημάτων με την εφοδιαστική αλυσίδα.

Η απόφαση της κατάλληλης πλωτής δομής των αιολικών πάρκων είναι κρίσιμης σημασίας για τα **λιμάνια** που πρόκειται να υποστηρίξουν αυτή την ανάπτυξη. Τα μεμονωμένα λιμάνια έχουν σχέδια να επενδύσουν, αλλά κανένα δεν θα επαρκεί για να καλύψει όλες τις απαιτήσεις, επομένως υπάρχει πιθανότητα σημαντικά τμήματα της απαιτούμενης κατασκευής να μεταφερθούν στην Ευρώπη ή την Ασία ή να αντιμετωπίσουν

καθυστερήσεις στο πρόγραμμα. Η έλλειψη λιμενικής υποδομής έκανε το σκυρόδεμα να φαίνεται ελκυστική επιλογή έναντι του χάλυβα ως βασικού υλικού θεμελίωσης. Φαίνεται ευκολότερο να κατασκευαστούν κατασκευές από σκυρόδεμα επειδή απαιτεί λιγότερο εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό. Αυτές οι κατασκευές απαιτούν μόνο τα καλούπια και τις πρώτες ύλες, όχι τον εξειδικευμένο εξοπλισμό συγκόλλησης ή τους ειδικευμένους συγκολλητές. Ο χάλυβας μπορεί να προκατασκευαστεί αλλού και να συναρμολογηθεί, αλλά αυτό αυξάνει τον κίνδυνο κατασκευής και απαιτεί πρόσθετη μεταφορά μεγάλων εξαρτημάτων, αυξάνοντας ενδεχομένως το κόστος και το αποτύπωμα άνθρακα.

Ακόμη μία πρόκληση που χρειάζεται να εξεταστεί από την αρχή ενός έργου και να αντιμετωπιστεί, αφορά την αποδοτικότητα του κόστους και των πόρων της **λειτουργίας και της συντήρησης**. Εάν δεν γίνει σωστή έρευνα του θέματος, μπορεί να αποβεί εμπόδιο της καθημερινής λειτουργίας, αλλά και της εμπορικότητας ενός πλωτού αιολικού πάρκου. Μέχρι τώρα, τα πλωτά θεμέλια ρυμουλκούνται πίσω στο λιμάνι για συντήρηση και επισκευές, όμως όσο οι ανεμογεννήτριες τοποθετούνται όλο και πιο μακριά από τις ακτές και τα λιμάνια, αυτό δεν θα παραμείνει εφικτό ούτε οικονομικό. Χρειάζεται να αναπτυχθούν τεχνολογίες για λειτουργία και συντήρηση των πάρκων στην τοποθεσία που βρίσκονται, καθώς το κόστος και ο κίνδυνος της αποσυναρμολόγησης και της μεταφοράς εξαρτημάτων και ανεμογεννητριών δεν θα είναι αποδοτικός και οικονομικός με την πάροδο του χρόνου.

Συνολικά, η πλωτή υπεράκτια αιολική ενέργεια αποτελεί παγκόσμια ευκαιρία που θα έχει βασικό ρόλο στην πράσινη ενεργειακή μετάβαση. Σωστές συνεργασίες και επενδύσεις είναι δυνατό να επιτρέψουν την ανάπτυξη τεχνολογιών και εύρεσης λύσεων για τις παραπάνω προκλήσεις, ώστε να δημιουργηθεί ένα καλύτερο πλαίσιο και να ενδυναμωθούν οι προσπάθειες ανάπτυξης και εγκατάστασης πλωτών αιολικών πάρκων.

### **3.4. Υπεράκτια Ηλιακή Ενέργεια**

#### **Εισαγωγή**

Η ηλιακή ενέργεια αποτελεί μία από τις κορυφαίες λύσεις για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Με την πάροδο των ετών, έχει δημιουργηθεί μία αυξανόμενη εγκατάσταση φωτοβολταϊκών ηλιακών συστημάτων σε στέγες και ηλιακά πάρκα, με στόχο την αύξηση της παραγωγής καθαρής ενέργειας. Η συνεχής έρευνα και η ανάπτυξη τεχνολογιών αναδεικνύει τους πλωτούς ηλιακούς συλλέκτες.

Η υπεράκτια ηλιακή ενέργεια αναδεικνύεται σε βασικό τομέα ανάπτυξης στην ενεργειακή μετάβαση, καθώς είναι ικανή να παρέχει την αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση που αντιμετωπίζει η κοινωνία μας, αλλά συνεπάγεται συνεχείς προσπάθειες για να ξεπεραστούν οι τεχνικές, περιβαλλοντικές και οικονομικές προκλήσεις για την κατασκευή μιας πιο βιώσιμης ηλιακής τεχνολογίας.

### **3.5. Πλωτά Ηλιακά Πάρκα**

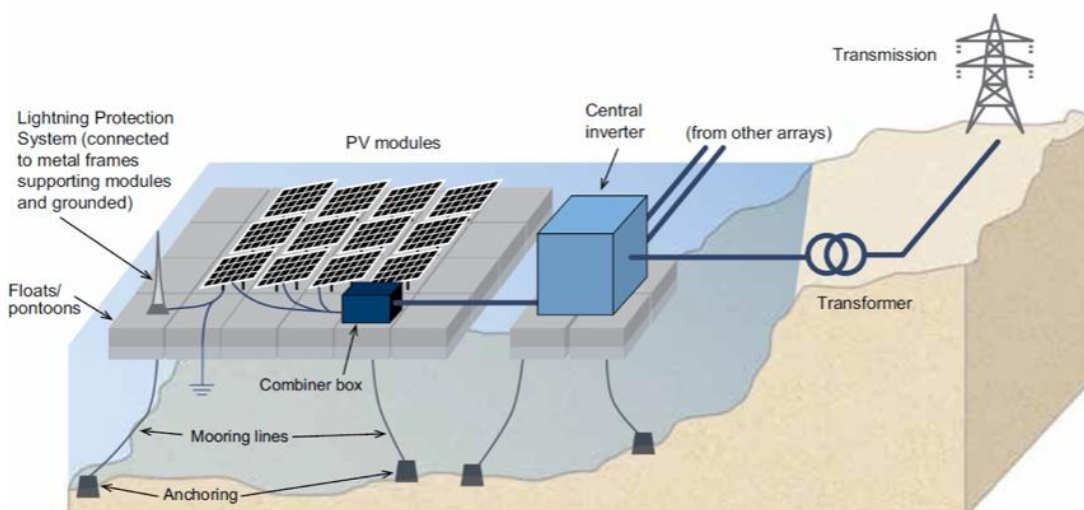
Ως πλωτό φωτοβολταϊκό σύστημα ή πλωτό φωτοβολταϊκό πάρκο ορίζεται μία συστοιχία ηλιακών συλλεκτών που επιπλέει πάνω σε ένα υδάτινο σώμα, συνήθως σε λίμνες



και, όπου το επιτρέπουν οι συνθήκες, σε θάλασσες και ωκεανούς. Τα συστήματα αυτά έχουν πολλές ομοιότητες με τα παραδοσιακά, αλλά και ορισμένες διαφορές, ιδίως όσον αφορά την αγκύρωση, το σύστημα επίπλευσης και την απομάκρυνση της ενέργειας από το σύστημα.

Ένα πλωτό ηλιακό πάρκο αποτελείται από βασικά εξαρτήματα που έχουν σχεδιαστεί για την αξιοποίηση της ηλιακής ενέργειας από τα υδάτινα σώματα. Τα βασικά μέρη του παρουσιάζονται παρακάτω:

- **Ηλιακά φωτοβολταϊκά πάνελ:** Αποτελούν το βασικό στοιχείο των πλωτών ηλιακών πάρκων. Περιέχουν πολλαπλές ηλιακές κυψέλες που μετατρέπουν το ηλιακό φως σε ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς ρεύματος (DC) μέσω του φωτοβολταϊκού φαινομένου.
- **Πλωτές πλατφόρμες:** Οι συλλέκτες τοποθετούνται σε πλωτές πλατφόρμες από πλευστά υλικά, όπως πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας ή άλλα κατάλληλα υλικά, και διατηρούν τα ηλιακά πάνελ επιπλέοντας στην επιφάνεια του νερού.
- **Σύστημα αγκύρωσης:** Χρησιμοποιείται για τη στερέωση των πλωτών πλατφορμών στη θέση τους και την αποτροπή της παράσυρσης που προκαλείται από τον άνεμο ή τα ρεύματα του νερού, και εξασφαλίζει τη σταθερότητα και τη θέση των ηλιακών συστοιχιών στο υδάτινο σώμα.
- **Μετατροπέας:** Η ηλεκτρική ενέργεια συνεχούς ρεύματος που παράγεται από τα ηλιακά πάνελ πρέπει να μετατραπεί σε εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) για χρήση σε ηλεκτρικά συστήματα. Οι αντιστροφείς εκτελούν αυτή τη μετατροπή και βελτιστοποιούν την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας για σύνδεση στο δίκτυο.
- **Ηλεκτρική υποδομή:** Η ηλεκτρική ενέργεια από τους αντιστροφείς μεταφέρεται μέσω ηλεκτρικών καλωδίων σε έναν υποσταθμό ή ένα σημείο διανομής. Μπορεί να ενσωματωθεί στο ηλεκτρικό δίκτυο για ευρύτερη διανομή ή να χρησιμοποιηθεί για τοπική κατανάλωση.



34

Εικόνα 324. Σχηματική απεικόνιση ενός πλωτού φωτοβολταϊκού συστήματος με τα κύρια στοιχεία του

### 3.5.1. Πλεονεκτήματα Πλωτών Ηλιακών Πάρκων

1. **Χωροθέτηση:** Οι εγκαταστάσεις δεν απαιτούν πολύτιμο και σπάνιο χερσαίο χώρο και μπορούν να καταλαμβάνουν αχρησιμοποίητο χώρο σε υδάτινες περιοχές, όπως δεξαμενές υδροηλεκτρικών φραγμάτων, λίμνες επεξεργασίας λυμάτων ή δεξαμενές πόσιμου νερού, δίνοντας τη δυνατότητα στους ιδιοκτήτες γης για μεγαλύτερη αξιοποίηση των περιοχών τους.
2. **Αποδοτικότητα:** Τα ηλιακά πάνελ είναι ανθεκτικά και μπορούν να λειτουργήσουν σε υψηλές θερμοκρασίες, όμως με την αύξηση της θερμοκρασίας φαίνεται να μειώνεται η απόδοσή τους. Τα υδάτινα σώματα που φιλοξενούν πλωτές ηλιακές συστοιχίες βοηθούν στην ψύξη του ηλιακού εξοπλισμού, γεγονός που βοηθά τους συλλέκτες να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια με υψηλότερη απόδοση σε θερμά κλίματα από ό,τι θα μπορούσαν διαφορετικά.
3. **Επεκτασιμότητα:** Τα πλωτά ηλιακά πάρκα μπορούν εύκολα να επεκταθούν ή να μειωθούν ανάλογα με τη ζήτηση ενέργειας. Ο αρθρωτός σχεδιασμός τους επιτρέπει τη σταδιακή ανάπτυξη και τις γρήγορες προσαρμογές για την κάλυψη των μεταβαλλόμενων ενεργειακών αναγκών.
4. **Περιβάλλον:** Η δομή της πλωτής ηλιακής συστοιχίας σκιάζει την επιφάνεια του υδάτινου σώματος και μειώνει την εξάτμισή του. Αυτό λειτουργεί ευεργετικά σε περιοχές που είναι επιρρεπείς στην ξηρασία, καθώς η απώλεια νερού λόγω εξάτμισης μπορεί να αυξηθεί με την πάροδο του χρόνου και να συμβάλει σε έλλειψη. Επιπλέον, η μείωση διείσδυσης της ηλιακής ακτινοβολίας, περιορίζει την ανάπτυξη φυκιών και άλλης βλάστησης στο νερό, συμβάλλοντας στη διατήρηση της ποιότητας των υδάτων και προστατεύοντας τα υδάτινα οικοσυστήματα.

### 3.5.2. Μειονεκτήματα Πλωτών Ηλιακών Πάρκων

Η εγκατάσταση μιας πλωτής ηλιακής συστοιχίας έχει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα πιο παραδοσιακά έργα. Ωστόσο, υπάρχουν επίσης περιορισμοί που τα καθιστούν ακατάλληλα για εγκατάσταση σε ορισμένες περιοχές:

1. **Κόστος εγκατάστασης:** Επειδή πρόκειται για μια σχετικά νέα τεχνολογία που απαιτεί συγκεκριμένο εξοπλισμό και εξειδικευμένες γνώσεις για την εγκατάσταση, απαιτεί συνήθως υψηλότερη τιμή σε σχέση με την εγκατάσταση ηλιακών πάρκων παρόμοιου μεγέθους σε στέγες ή στέρεο έδαφος. Ωστόσο, το κόστος αναμένεται να μειωθεί καθώς η τεχνολογία εξελίσσεται.
2. **Εφαρμογές:** Οι πλωτές ηλιακές εγκαταστάσεις αφορούν έργα μεγάλης κλίμακας και παρέχουν ενέργεια σε εταιρείες κοινής ωφέλειας, μεγάλες κοινότητες, εταιρείες ή δήμους. Οι εταιρείες εγκατάστασης και οι προγραμματιστές που εγκαθιστούν σήμερα πλωτά ηλιακά συστήματα δεν το κάνουν σε εγκαταστάσεις μικρής κλίμακας.
3. **Άγρια ζωή:** Αντίστοιχα με τις πλωτές ανεμογεννήτριες, η θαλάσσια εγκατάσταση είναι δυνατό να τραυματίσει τα ζώα που ζουν στη γύρω περιοχή. Επιπλέον, εμποδίζει το ηλιακό φως να διεισδύσει στην επιφάνεια του νερού, περιορίζοντας την άγρια ζωή

κάτω από αυτή. Για αυτούς τους λόγους, τα ηλιακά πάνελ συνίσταται να τοποθετούνται σε τεχνητές λίμνες και δεξαμενές.

4. **Τοποθεσία:** Παράγοντες όπως η ταχύτητα του ανέμου, η ικανότητα αγκύρωσης και τα μοτίβα κίνησης του νερού, καθιστούν την επιλογή τοποθεσία κρίσιμη και είναι απαραίτητο να μελετηθούν σε βάθος πριν από την ανάληψη ενός έργου στο υδάτινο σώμα. Η αγκύρωση βοηθά στον περιορισμό της κίνησης του ηλιακού νησιού από φυσικούς παράγοντες και διασφαλίζει ότι δεν υπάρχει κίνδυνος ζημιάς και πρόσκρουσης στην ακτή άλλων κατασκευών.



35

Εικόνα 35. Dezhou Dingzhuang Floating Solar Farm, China

### 3.5.3. Προκλήσεις των Πλωτών Ηλιακών Πάρκων

Τα πλωτά ηλιακά πάρκα προσφέρουν πολλά οφέλη, όμως για να είναι επιτυχημένη η εφαρμογή τους και η μέγιστη εκμετάλλευσή τους στο μέλλον, είναι απαραίτητο να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που δημιουργούνται:

- **Κόστος Εγκατάστασης:** Λόγω της πρόσθετης πλωτής δομής που απαιτείται, είναι υψηλότερο σε σύγκριση με τα παραδοσιακά χερσαία συστήματα.
- **Συντήρηση και καθαρισμός:** Η πρόσβαση και η συντήρηση των ηλιακών συλλεκτών στο νερό απαιτεί εξειδικευμένο εξοπλισμό και εκπαιδευμένο προσωπικό, καθιστώντας τη διαδικασία δύσκολη και δαπανηρή. Ο τακτικός καθαρισμός είναι επίσης απαραίτητος για τη διασφάλιση της βέλτιστης απόδοσης των πάνελ.
- **Εκτίμηση περιβαλλοντικών επιπτώσεων:** Απαιτούνται ολοκληρωμένες εκτιμήσεις για την αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων στην ποιότητα του νερού, τη θαλάσσια ζωή και τα οικοσυστήματα. Οι απρογραμματίστες εγκαταστάσεις μπορεί να διαταράξουν τα τοπικά ενδιαφέροντα και τη βιοποικιλότητα.
- **Σταθερότητα και σχεδιασμός:** Οι πλωτές πλατφόρμες πρέπει να είναι σχεδιασμένες ώστε να αντέχουν σε περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως τα κύματα, ο άνεμος και τα

<sup>35</sup> [http://en.sasac.gov.cn/2021/05/28/c\\_7124.htm](http://en.sasac.gov.cn/2021/05/28/c_7124.htm)

υδάτινα ρεύματα, ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια και η μακροζωία της εγκατάστασης.

- **Ρυθμιστικά εμπόδια:** Η απόκτηση αδειών και κανονιστικών εγκρίσεων για πλωτά ηλιακά έργα μπορεί να είναι χρονοβόρα και πολύπλοκη, καθώς ποικίλλει ανάλογα με την τοποθεσία και τους περιβαλλοντικούς κανονισμούς.
- **Προκλήσεις σύνδεσης στο δίκτυο:** Η μετάδοση της ηλεκτρικής ενέργειας από τα πλωτά ηλιακά πάρκα στο δίκτυο μπορεί να απαιτεί πρόσθετες επενδύσεις σε υποδομές, ιδίως σε απομακρυσμένες περιοχές.
- **Εξάρτηση από τις καιρικές συνθήκες:** Η ενεργειακή παραγωγή των πλωτών ηλιακών πάρκων εξαρτάται από τις καιρικές συνθήκες και μπορεί να παρουσιάζει διακυμάνσεις λόγω νέφους και εποχιακών αλλαγών.
- **Περιορισμένες τοποθεσίες ανάπτυξης:** Δεν είναι όλα τα υδάτινα σώματα κατάλληλα για πλωτές ηλιακές εγκαταστάσεις λόγω παραγόντων όπως το βάθος του νερού, η ποιότητα του νερού και οι απαιτήσεις ναυσιπλοΐας.
- **Ανταγωνιστικές χρήσεις γης:** Ορισμένα υδάτινα σώματα εξυπηρετούν πολλαπλούς σκοπούς, όπως άρδευση, αλιεία ή δραστηριότητες αναψυχής, γεγονός που οδηγεί σε συγκρούσεις με πλωτές ηλιακές εγκαταστάσεις.
- **Τεχνικές προκλήσεις:** Ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός πλωτού σταθμού παραγωγής ηλιακής ενέργειας παρουσιάζει αρκετές τεχνικές προκλήσεις. Η πλωτή πλατφόρμα πρέπει να αντέχει το βάρος των ηλιακών συλλεκτών και του λοιπού εξοπλισμού και τις επιδράσεις του ανέμου και των κυμάτων. Επιπλέον, τα ηλεκτρικά εξαρτήματα του συστήματος πρέπει να σχεδιάζονται και να εγκαθίστανται προσεκτικά για να εξασφαλίζεται η βέλτιστη απόδοση και ασφάλεια.

Συνοψίζοντας, για να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες και να φτάσει σε πλήρη εμπορευματοποίηση η τεχνολογία πλωτής υπεράκτιας αιολικής ενέργειας, χρειάζεται να αντιμετωπιστούν οι παραπάνω προκλήσεις. Οι υπεράκτιοι πλωτοί συλλέκτες θα αποτελέσουν ένα μεγάλο μέρος της ενεργειακής μετάβασης για τις χώρες που έχουν πρόσβαση σε ήρεμες θάλασσες του ισημερινού. Μέχρι τα μέσα του αιώνα, περίπου ένα δισεκατομμύριο άνθρωποι σε αυτές τις χώρες θα βασίζονται κυρίως στην ηλιακή ενέργεια, η οποία προκαλεί την ταχύτερη ενεργειακή αλλαγή στην ιστορία.

## Συμπεράσματα

Στο πρώτο κεφάλαιο της διπλωματικής εργασίας, αναλύθηκε η διαδικασία ηλεκτροπαραγωγής υδρογόνου στα πλοία, η οποία αν και πολύπλοκη, εξασφαλίζει την αποδοτική και ασφαλή κίνηση των πλοίων με βιώσιμο τρόπο. Η υψηλή ενεργειακή αποδοτικότητα, η μείωση εξάρτησης από τα συμβατικά καύσιμα, καθώς και οι δυνατότητες αποθήκευσης και μεταφοράς του καθαρού «πράσινου» υδρογόνου αποτελούν μερικά από τα οφέλη που προσφέρει η χρήση του υδρογόνου στην ναυσιπλοΐα. Η ανάπτυξη τεχνολογιών με τη χρήση του υδρογόνου αποτελεί προτεραιότητα των ναυτιλιακών εταιρειών, καθώς προσφέρει μικρότερο ενεργειακό αποτύπωμα χωρίς τη μείωση της ενεργειακής απόδοσης των πλοίων. Πολλές χώρες πρωτοστατούν στην έρευνα και υιοθέτηση του υδρογόνου, καθώς αναγνωρίζουν τα οικολογικά οφέλη που προσφέρει, ενώ η Ελλάδα δείχνει επίσης δέσμευση προς τη χρήση του, με στρατηγικές για ανανεώσιμη ενέργεια, επενδύσεις και συμμόρφωση προς διεθνείς πρωτοβουλίες, προάγοντας τη μετάβαση προς πράσινες ναυτιλιακές τεχνολογίες και ενισχύοντας την παγκόσμια αποδοτικότητα.

Η εισαγωγή και ανάπτυξη των δικτύων υδρογόνου στη ναυτιλία αποτελεί ένα κρίσιμο βήμα προς τη μείωση των εκπομπών και την προώθηση βιώσιμων μεταφορών, και δημιουργεί νέες επιχειρηματικές ευκαιρίες ενθαρρύνοντας τη συνεργασία μεταξύ κυβερνήσεων και επιχειρήσεων. Τα υδρογονοκίνητα πλοία αναδεικνύονται ως η επόμενη γενιά ναυτιλιακών μέσων, προσφέροντας οικονομικά, περιβαλλοντικά και κοινωνικά οφέλη.

Το δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας είναι αφιερωμένο στην ηλεκτροκίνηση, η οποία αποτελεί βασικό πυλώνα της βιώσιμης κινητικότητας, καθώς η χρήση ηλεκτρικών οχημάτων και η ανάπτυξη υποδομών φόρτισης συμβάλλουν στην μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Οι μπαταρίες αποτελούν την τεχνολογία-κλειδί που επιτρέπει την αποθήκευση και χρήση ηλεκτρικής ενέργειας στα ηλεκτρικά οχήματα. Η συνεχής εξέλιξη των τύπων μπαταριών βελτιώνει την απόδοση, την αυτονομία και την ανθεκτικότητα των ηλεκτρικών οχημάτων. Η πολυμορφία που υπάρχει στους τύπους μπαταριών, από τις παραδοσιακές μπαταρίες μολύβδου-οξέως μέχρι τις προηγμένες μπαταρίες λιθίου-ιόν και τις νέες τεχνολογίες στερεάς κατάστασης, επιτρέπει την επιλογή της κατάλληλης τεχνολογίας ανάλογα με τις ανάγκες και τις εφαρμογές. Η συνεχής καινοτομία στον τομέα των μπαταριών προάγει την ανάπτυξη πιο αποδοτικών και βιώσιμων λύσεων, αφού νέες τεχνολογίες όπως οι μπαταρίες στερεάς κατάστασης δείχνουν τον δρόμο προς το μέλλον.

Οι υπηρεσίες νέφους προσφέρουν αξία στην ηλεκτροκίνηση με τη δυνατότητα απομακρυσμένης διαχείρισης, παρακολούθησης και φόρτισης των ηλεκτρικών οχημάτων. Η ασφάλεια των δεδομένων και η προστασία της ιδιωτικότητας αποτελούν κρίσιμα ζητήματα στις υπηρεσίες νέφους. Ακόμη, οι μελλοντικές προκλήσεις περιλαμβάνουν την ανάπτυξη υποδομών, την οικονομική προσβασιμότητα, τη διαχείριση ενέργειας και την προστασία των δεδομένων. Ο τομέας αναμένεται να συνεχίσει να εξελίσσεται με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών και την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Η συνδυασμένη προσπάθεια της τεχνολογίας των μπαταριών και των υπηρεσιών νέφους επιτρέπει την επίτευξη της

ηλεκτροκίνησης και της βιώσιμης κινητικότητας, με θετικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ποιότητα ζωής.

Στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, αναδεικνύονται τα πλωτά υπεράκτια αιολικά και ηλιακά πάρκα, τα οποία συμβάλλουν σε μία πιο καθαρή και «πράσινη» ενεργειακή μετάβαση. Τα υπεράκτια αιολικά πάρκα προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα, όπως υψηλότερη παραγωγή ενέργειας λόγω των υψηλότερων ανέμων στη θάλασσα, αποδοτικότητα και χαμηλότερο επίπεδο παρεμβατικότητας σε σχέση με τα χερσαία πάρκα. Ωστόσο, αντιμετωπίζουν προκλήσεις προκλήσεις σε τεχνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό επίπεδο, όπως η περιορισμένη τοπική συμμετοχή, τα υψηλά κόστη συντήρησης και εξοπλισμού, καθώς και περιβαλλοντικές επιπτώσεις στη χωροθέτηση και την άγρια ζωή. Η ανάπτυξη τους απαιτεί μία ολοκληρωμένη προσέγγιση, λαμβάνοντας υπόψη την επιλογή του καταλληλότερου τύπου πλωτής θεμελίωσης, την ανάπτυξη λιμενικών υποδομών, τη διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας, και τη βιωσιμότητα κατά την λειτουργία και συντήρηση.

Οι πλωτές ηλιακές εγκαταστάσεις προσφέρουν προοπτικές για την παραγωγή καθαρής ενέργειας, με κύρια πλεονεκτήματα τη χρήση ανεκμετάλλευστων υδάτινων περιοχών, υψηλότερη απόδοση, δυνατότητες εύκολης επέκτασης και τη διατήρηση της ποιότητας του υδάτινου οικοσυστήματος. Υπάρχουν όμως περιορισμοί, όπως τα υψηλά κόστη εγκατάστασης, συντήρησης και καθαρισμού και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, απαιτούν προσεκτική αξιολόγηση. Τέλος, οι πλωτές ηλιακές εγκαταστάσεις αντιμετωπίζουν προκλήσεις οι οποίες είναι αναγκαίο να αντιμετωπιστούν ώστε να επιτευχθεί η μέγιστη εκμετάλλευσή τους. Παρά τις προκλήσεις, ο εξελιγμένος σχεδιασμός, η τεχνολογική καινοτομία, και η συνεργασία με ρυθμιστικούς φορείς μπορούν να διασφαλίσουν την επιτυχημένη εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής.

Οι σωστές συνεργασίες, επενδύσεις, η έρευνα και ανάπτυξη και η ευαισθητοποίηση σε περιβαλλοντικά ζητήματα μπορούν να υποστηρίξουν όλες τις παραπάνω τεχνολογίες να αντιμετωπίσουν τις προκλήσεις, και να αποτελέσουν παγκόσμιες ευκαιρίες για τη μετάβαση σε βιώσιμες πηγές ενέργειας.

## Βιβλιογραφία

- Al-Enazi, A., Okonkwo, E. C., Bicer, Y., & Al-Ansari, T. (2021). A review of cleaner alternative fuels for maritime transportation. *Energy Reports*, 7, 1962–1985. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2021.03.036>
- Atilhan, S., Park, S., El-Halwagi, M. M., Atilhan, M., Moore, M., & Nielsen, R. B. (2021). Green hydrogen as an alternative fuel for the shipping industry. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 31, 100668. <https://doi.org/10.1016/j.coche.2020.100668>
- Biresselioglu, M. E., Demirbag Kaplan, M., & Yilmaz, B. K. (2018). Electric mobility in Europe: A comprehensive review of motivators and barriers in decision making processes. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 109(October 2017), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.01.017>
- Bolt, O. (2023). *3 Pros and Cons of Offshore Wind Farms*. <https://energytheory.com/3-pros-and-cons-of-offshore-wind-farms/>
- Du, A. (2021). *How to select floating wind foundation types?* <https://www.empireengineering.co.uk/semi-submersible-spar-and-tlp-floating-wind-foundations/>
- Durakovic, A. (2023). *Overcoming Floating Wind Challenges Is Key to Global Energy Transition*. <https://www.offshorewind.biz/2023/01/27/overcoming-floating-wind-challenges-is-key-to-global-energy-transition-houlder/>
- Edwards, E. C., Holcombe, A., Brown, S., Ransley, E., Hann, M., & Greaves, D. (2023). Evolution of floating offshore wind platforms: A review of at-sea devices. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 183(November 2022). <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113416>
- El Hammoumi, A., Chtita, S., Motahhir, S., & El Ghzizal, A. (2022). Solar PV energy: From material to use, and the most commonly used techniques to maximize the power output of PV systems: A focus on solar trackers and floating solar panels. *Energy Reports*, 8, 11992–12010. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.09.054>
- Electric and hybrid cars: new rules on noise emitting to protect vulnerable road users - European Commission*. (2019, July 3). [https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/electric-and-hybrid-cars-new-rules-noise-emitting-protect-vulnerable-road-users-2019-07-03\\_en](https://single-market-economy.ec.europa.eu/news/electric-and-hybrid-cars-new-rules-noise-emitting-protect-vulnerable-road-users-2019-07-03_en)
- Floating Solar: 8 things you need to know*. (2023). <https://www.mbt-energy.com/news/industry/2209271.html>
- Gunnarsdottir, I., Davidsdottir, B., Worrell, E., & Sigurgeirsdottir, S. (2021). Sustainable energy development: History of the concept and emerging themes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141(January), 110770. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.110770>
- Gupta, M., & Dharwal, M. (2020). Green entrepreneurship and sustainable development: A conceptual framework. *Materials Today: Proceedings*, 49, 3603–3606. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.148>
- Hunt, J. D., & Nascimento, A. (2021). Electrolysis ship for green hydrogen production and possible applications. *International Journal of Electrical, Electronic and Communication*

*Sciences, January*, 1–5.

- Jos G.J. Olivier; Greet Janssens-Maenhout; Marilena Muntean; Jeroen A.H.W. Peters. (2016). *Trends in global co 2 emissions 2016*. 86.
- Li, M., Bi, X., Amine, K., & Lu, J. (2020). Oxygen-Based Anion Redox for Lithium Batteries. *Accounts of Chemical Research*, 53(8), 1436–1444. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.0c00104>
- Liu, L., Lu, S., Zhong, R., Wu, B., Yao, Y., Zhang, Q., & Shi, W. (2021). Computing Systems for Autonomous Driving: State of the Art and Challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 8(8), 6469–6486. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2020.3043716>
- Liu, S., Liu, L., Tang, J., Yu, B., Wang, Y., & Shi, W. (2019). Edge Computing for Autonomous Driving: Opportunities and Challenges. *Proceedings of the IEEE*, 107(8), 1697–1716. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2915983>
- Liu, Y., Zhang, R., Wang, J., & Wang, Y. (2021). Current and future lithium-ion battery manufacturing. *IScience*, 24(4), 102332. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2021.102332>
- McNamara, M. (2023, July 18). *Circular Battery Economy: what policies and processes can accelerate recycling and reuse?* - *Energy Post*. <https://energypost.eu/circular-battery-economy-what-policies-and-processes-can-accelerate-recycling-and-reuse/>
- Mehra, A. (2022). *Floating solar panels (floatovoltaics): what to know*. <https://www.energysage.com/community-solar/floating-solar-what-you-need-to-know/>
- Narbayeva, S., Bakibayev, T., Abeshev, K., Makarova, I., Shubenkova, K., & Pashkevich, A. (2020). Blockchain Technology on the Way of Autonomous Vehicles Development. *Transportation Research Procedia*, 44(2019), 168–175. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.02.024>
- Neumann, T. (2022). Impact of green entrepreneurship on sustainable development: An ex-post empirical analysis. *Journal of Cleaner Production*, 377(October), 134317. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134317>
- Olmer, N., Comer, B., Roy, B., Mao, X., & Rutherford, D. (2017). Greenhouse Gas Emissions From Global Shipping, 2013-2015. *The International Council on Clean Transportation*, October, 1–38. [https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Global-shipping-GHG-emissions-2013-2015\\_ICCT-Report\\_17102017\\_vF.pdf](https://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Global-shipping-GHG-emissions-2013-2015_ICCT-Report_17102017_vF.pdf)
- Rezaei, F., Contestabile, P., Vicinanza, D., & Azzellino, A. (2023). Towards understanding environmental and cumulative impacts of floating wind farms: Lessons learned from the fixed-bottom offshore wind farms. *Ocean and Coastal Management*, 243(July), 106772. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106772>
- Role of Cloud Computing in Autonomous Driving Development*. (2022). <https://www.aeologic.com/blog/role-of-cloud-computing-in-autonomous-driving-development/>
- Shipping Zero Emission Project. (2020). Roadmap to Zero Emission from International Shipping Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism. *The Nippon Foundation*, March. [https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air pollution/Roadmap to Zero Emission from International Shipping - Japan March 2020.pdf](https://wwwcdn.imo.org/localresources/en/OurWork/Environment/Documents/Air%20pollution/Roadmap%20to%20Zero%20Emission%20from%20International%20Shipping%20-%20Japan%20March%202020.pdf)
- Stavros Hatzigrigoris. (2021). Ship emissions 2020 2030 2050 and beyond. *9th AVL Large*



*Engines TechDays, April.* <https://cevolver.eu/9th-avl-large-engines-techdays/%0Ahttps://www.avl.com/documents/10138/41331434/LETD2021+Program+Booklet/248b68bb-7b91-f241-e545-79616548517b?download=true>

Tristan Smith, Carlo Raucci, Solmaz Haji Hosseinloo, Isabelle Rojon, John Calleya, Santiago Suarez De La Fuente, Peng Wu, K. P. (16 C.E.). *CO2 Emissions from International Shipping Possible reduction targets and their associated*. 61pp.

Ulleberg, Ø., Helgesen, G., & Hansen, P. M. (2023). Modeling of hydrogen refueling systems for maritime applications. *SSRN Electronic Journal, February*, 4488772. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4488772>

Vo, T. T. E., Ko, H., Huh, J., & Park, N. (2021). Overview of possibilities of solar floating photovoltaic systems in the offshore industry. *Energies*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/en14216988>

Wang, Q., Zhang, H., Huang, J., & Zhang, P. (2023). The use of alternative fuels for maritime decarbonization: Special marine environmental risks and solutions from an international law perspective. *Frontiers in Marine Science*, 9(January), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1082453>

Whittingham, M. S. (2014). Introduction: Batteries. *Chemical Reviews*, 114(23), 11413. <https://doi.org/10.1021/cr500639y>

Williams, R., Zhao, F., Backwell, B., Lee, J., Patel, A., Smith, M., Hutchinson, M., Lathigara, A., Liang, W., Fang, E., Nguyen, T., Hubbard, B., Ruas, M., Fiestas, R., Muchiri, W., Qiao, L., Bui, T. V., Jo, E., & Weekes, N. (2023). *2023 Global Offshore Wind Report*. 118. <https://gwec.net>

X. Sun, Z. Li, X. W. and C. L. (2019). *Technology Development of Electric Vehicles: A Review. Surabaya : Teknik Mesin ITS*, 1–29.

Yuan, J., Ng, S. H., & Sou, W. S. (2016). Uncertainty quantification of CO2 emission reduction for maritime shipping. *Energy Policy*, 88, 113–130. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.10.020>