



Βρυξέλλες, 15.11.2022
COM(2022) 643 final

**ΕΚΘΕΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ ΠΡΟΣ ΤΟ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΟΒΟΥΛΙΟ ΚΑΙ ΤΟ
ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ**

Πρόοδος όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας

Πίνακας περιεχομένων

1.	Εισαγωγή.....	1
2.	Συνολική ανταγωνιστικότητα του τομέα καθαρής ενέργειας της ΕΕ	3
2.1	Παρουσίαση του γενικού πλαισίου: πρόσφατες εξελίξεις	3
2.1.1	<i>Τιμές και κόστος της ενέργειας: πρόσφατες τάσεις</i>	3
2.1.1	<i>Παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού πόρων και υλικών: τρωτά σημεία και διαταραχές</i>	6
2.1.2	<i>Επιπτώσεις της νόσου COVID-19 και ανάκαμψη</i>	8
2.1.3	<i>Ανθρώπινο κεφάλαιο και δεξιότητες</i>	11
2.2	Τάσεις της έρευνας και της καινοτομίας	14
2.3	Το παγκόσμιο ανταγωνιστικό τοπίο στον τομέα της καθαρής ενέργειας	18
2.4	Το τοπίο της χρηματοδότησης της καινοτομίας στην ΕΕ	20
2.5	Επιπτώσεις της συστημικής αλλαγής	24
3.	Έμφαση στις κύριες τεχνολογίες και λύσεις καθαρής ενέργειας	25
3.1.	Ηλιακά φωτοβολταϊκά	26
3.2.	Υπεράκτια και χερσαία αιολική ενέργεια	28
3.3.	Αντλίες θερμότητας για κτιριακές εφαρμογές	31
3.4.	Συσσωρευτές	33
3.5.	Παραγωγή ανανεώσιμου υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης νερού	36
3.6.	Ανανεώσιμα καύσιμα	38
3.7.	Έξυπνες τεχνολογίες για την ενεργειακή διαχείριση	41
3.8.	Κύρια πορίσματα σχετικά με άλλες τεχνολογίες καθαρής ενέργειας	45
4.	Συμπέρασμα	48
	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: Μεθοδολογικό πλαίσιο για την αξιολόγηση της ανταγωνιστικότητας της ΕΕ.....	52

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η απρόκλητη και αδικαιολόγητη στρατιωτική επίθεση της Ρωσίας κατά της Ουκρανίας έχει προκαλέσει τεράστια διαταραχή στο παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα. Έχει καταδείξει την υπερβολική εξάρτηση της ΕΕ από τα ρωσικά ορυκτά καύσιμα και ανέδειξε την ανάγκη να ενισχυθεί η ανθεκτικότητα του ενεργειακού συστήματος της ΕΕ, το οποίο είχε ήδη επηρεαστεί από την κρίση λόγω της νόσου COVID-19¹. Οι πρωτοφανείς υψηλές τιμές της ενέργειας και ο κίνδυνος ελλείψεων εφοδιασμού σε ολόκληρη την ΕΕ έχουν καταστήσει ακόμα πιο επείγουσα την επιτάχυνση της διττής πράσινης και ψηφιακής μετάβασης στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας² και την εξασφάλιση ενός πιο ασφαλούς, οικονομικά προσιτού, ανθεκτικού και ανεξάρτητου ενεργειακού συστήματος.

Το έτος 2022 έχει σηματοδοτηθεί από το σχέδιο REPowerEU³, το οποίο αποτελεί κρίσιμο στοιχείο της απόκρισης της ΕΕ σε επίπεδο πολιτικής στην πρωτοφανή κρίση. Το σχέδιο αποτελεί χάρτη πορείας για τη σταδιακή κατάργηση της εξάρτησης της ΕΕ από τις ρωσικές εισαγωγές ενέργειας το συντομότερο δυνατόν μέσω μέτρων για την εξοικονόμηση ενέργειας, τη διαφοροποίηση του ενεργειακού εφοδιασμού και την επιτάχυνση της ανάπτυξης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

Επιπλέον, με την ανακοίνωση με τίτλο «Εξοικονόμηση αερίου για έναν ασφαλή χειμώνα»⁴, η Επιτροπή παρουσίασε σχέδιο για τη μείωση της χρήσης αερίου στην ΕΕ κατά 15 % έως την επόμενη άνοιξη. Το Συμβούλιο έχει εκδώσει δύο κανονισμούς σχετικά με την αποθήκευση και τα συντονισμένα μέτρα μείωσης της ζήτησης αερίου, αντίστοιχα⁵. Τον Σεπτέμβριο του 2022 το Συμβούλιο συμφώνησε με την πρόταση για «κανονισμό σχετικά με παρέμβαση έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση των υψηλών τιμών ενέργειας» της Επιτροπής⁶ με σκοπό τον μετριασμό του αντικτύπου των τιμών ενέργειας στους καταναλωτές της ΕΕ, με παράλληλη αντιμετώπιση της πρωτοφανούς αστάθειας και αβεβαιότητας στις ευρωπαϊκές και παγκόσμιες αγορές ενέργειας. Ειδικότερα, η παρέμβαση αυτή περιλαμβάνει μείωση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, ανώτατο όριο εσόδων για την υποοριακή παραγωγή ενέργειας και προσωρινή, υποχρεωτική συνεισφορά αλληλεγγύης από τις εταιρείες ορυκτών καυσίμων.

Η επίτευξη των στόχων του REPowerEU θα απαιτήσει πρόσθετες σωρευτικές επενδύσεις ύψους 210 δισ. EUR από τώρα έως το 2027, επιπλέον των επενδύσεων που απαιτούνται ήδη για την επίτευξη κλιματικής ουδετερότητας έως το 2050⁷. Η επένδυση αυτή θα στηρίξει τη μαζική επέκταση και επιτάχυνση της ανάπτυξης τεχνολογιών καθαρής ενέργειας (π.χ. ηλιακά φωτοβολταϊκά, αιολική ενέργεια, αντλίες θερμότητας, τεχνολογίες εξοικονόμησης ενέργειας, βιομεθάνιο και ανανεώσιμο υδρογόνο), κάτι που είναι ζωτικής σημασίας για την αντιμετώπιση

¹ COM(2021) 952 final και SWD(2021) 307 final («Πρόοδος όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας»).

² COM(2019) 640 final («Η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία»).

³ COM(2022) 230 final («Σχέδιο REPowerEU»).

⁴ COM(2022) 360 final («Εξοικονόμηση αερίου για έναν ασφαλή χειμώνα»).

⁵ Κανονισμός (ΕΕ) 2022/1032 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 29ης Ιουνίου 2022, για την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΕ) 2017/1938 και (ΕΚ) αριθ. 715/2009 σχετικά με την αποθήκευση αερίου (ΕΕ L 173 της 30.6.2022, σ. 17). Κανονισμός (ΕΕ) 2022/1369 του Συμβουλίου, της 5ης Αυγούστου 2022, σχετικά με συντονισμένα μέτρα μείωσης της ζήτησης αερίου (ΕΕ L 206 της 8.8.2022, σ. 1).

⁶ COM(2022) 473 final («Πρόταση κανονισμού του Συμβουλίου σχετικά με παρέμβαση έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση των υψηλών τιμών ενέργειας»).

⁷ COM(2021) 557 final («Τροποποίηση της οδηγίας (ΕΕ) 2018/2001, του κανονισμού (ΕΕ) 2018/1999, της οδηγίας 98/70/ΕΚ όσον αφορά την προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές»).

της διττής επείγουσας ανάγκης για την ενέργεια και το κλίμα. Η αντιμετώπιση των σχετικών τεχνολογικών και μη τεχνολογικών προκλήσεων θα απαιτήσει επίσης τη δημιουργία ενός ισχυρού και ανταγωνιστικού τομέα καθαρής ενέργειας της ΕΕ.

Το σχέδιο REPowerEU επιβεβαίωσε τη δέσμευση για επίτευξη του μακροπρόθεσμου στόχου της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας να καταστεί η ΕΕ κλιματικά ουδέτερη έως το 2050, και για πλήρη εφαρμογή της δέσμης μέτρων για την προσαρμογή στον στόχο του 55 % που παρουσιάστηκε τον Ιούλιο του 2021⁸. Για να επιτευχθούν οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, η ΕΕ θα πρέπει να αναπτύξει, να εφαρμόσει και να κλιμακώσει καινοτόμες λύσεις ενεργειακής απόδοσης και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Για να επιτευχθεί το ήμισυ των μειώσεων των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που αναμένονται έως το 2050 θα απαιτηθούν τεχνολογίες που δεν είναι ακόμη έτοιμες για την αγορά⁹, συνεπώς οι δραστηριότητες έρευνας και καινοτομίας (Ε&Κ) αποτελούν κρίσιμη συνιστώσα για την αύξηση της τεχνολογικής κυριαρχίας και της παγκόσμιας ανταγωνιστικότητας της ΕΕ.

Στο πλαίσιο αυτό, και σύμφωνα με προηγούμενες εκδόσεις, η παρούσα τρίτη ετήσια έκθεση προόδου όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα¹⁰ παρουσιάζει την τρέχουσα και την προβλεπόμενη κατάσταση όσον αφορά τις διάφορες τεχνολογίες και λύσεις καθαρής ενέργειας και ενέργειας χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών¹¹. Επίσης, χαρτογραφεί τις πτυχές του συστήματος καθαρής ενέργειας της ΕΕ στο σύνολό του που αφορούν την έρευνα, την καινοτομία και την ανταγωνιστικότητα¹².

Η έκδοση του 2021 ήταν σημαντική για την αξιολόγηση της οικονομικής ανάκαμψης από την COVID-19, διότι ανέδειξε τον τρόπο με τον οποίο οι βελτιώσεις στην ανταγωνιστικότητα μπορούν να μετριάσουν τις οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της πανδημίας βραχυπρόθεσμα και μεσοπρόθεσμα.

Η φετινή έκθεση πρέπει να λάβει υπόψη την έκκληση της ΕΕ για ενισχυμένη ανάπτυξη τεχνολογιών καθαρής ενέργειας, καθώς και τον αντίκτυπο της ενεργειακής κρίσης στον εν λόγω τομέα. Στο πλαίσιο αυτό, η έκθεση βασίζεται στα διαθέσιμα δεδομένα για να παράσχει πληροφορίες σχετικά με τρόπους ενίσχυσης της ανταγωνιστικότητας της ΕΕ σε στρατηγικές αξιακές αλυσίδες στον τομέα της ενέργειας, με παράλληλη αύξηση της διείσδυσης των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας της ΕΕ. Παράλληλα, οι τρέχουσες και ταχέως

⁸ COM(2021) 550 final («Προσαρμογή στον στόχο του 55 %: υλοποίηση του στόχου της ΕΕ για το κλίμα με ορίζοντα το 2030 στην πορεία προς την κλιματική ουδετερότητα»).

⁹ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Έρευνας και Καινοτομίας, *Research and innovation to REPower the EU (Έρευνα και καινοτομία για την ενεργειακή ανανέωση της ΕΕ)*, Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο, 2022, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/74947>.

¹⁰ Έκθεση της Επιτροπής προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Συμβούλιο «Πρόοδος όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας» [πρώτη έκδοση: COM(2020) 953 final· δεύτερη έκδοση: COM(2021) 952 final].

¹¹ Σε αυτές περιλαμβάνονται τα εξής: ηλιακά φωτοβολταϊκά, υπεράκτια και χερσαία αιολική ενέργεια, αντλίες θερμότητας για κτιριακές εφαρμογές, συσσωρευτές, παραγωγή ανανεώσιμου υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης νερού, ανανεώσιμα καύσιμα, έξυπνες τεχνολογίες για τη διαχείριση της ενέργειας, υδροηλεκτρική ενέργεια, ωκεάνια ενέργεια, γεωθερμική ενέργεια, δέσμευση, χρήση και αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα (CCUS), βιοενέργεια, παραγωγή ηλιακής ενέργειας και θερμότητας με συγκεντρωτικά κάτοπτρα (CSP), πυρηνική ενέργεια.

¹² Στην παρούσα έκθεση, το σύστημα καθαρής ενέργειας καλύπτει τρία τμήματα της αγοράς:

1) ανανεώσιμη ενέργεια, συμπεριλαμβανομένων της κατασκευής, της εγκατάστασης και της παραγωγής·

2) συστήματα ενεργειακής απόδοσης και διαχείρισης που περιλαμβάνουν τεχνολογίες και δραστηριότητες όπως έξυπνοι μετρητές, ευφυή δίκτυα, αποθήκευση και ανακαίνιση κτιρίων· και

3) ηλεκτροκίνηση, η οποία περιλαμβάνει κατασκευαστικά στοιχεία όπως συσσωρευτές και κυψέλες καυσίμου που είναι απαραίτητα για ηλεκτρικά οχήματα και υποδομές φόρτισης.

μεταβαλλόμενες γεωπολιτικές, ενεργειακές και κλιματικές εξελίξεις συνεπάγονται ότι τα πλέον επικαιροποιημένα ποσοτικά δεδομένα δεν είναι πάντοτε σε θέση να αποτυπώσουν επαρκώς την πρωτοφανή κατάσταση. Κατά συνέπεια, η παρούσα έκθεση επικεντρώνεται στην πρόοδο που έχει σημειωθεί έως το τέλος του 2021, με βάση τα ενοποιημένα δεδομένα που ήταν διαθέσιμα μέχρι τότε. Πιο πρόσφατα δεδομένα αναφέρονται σε περίπτωση που είναι διαθέσιμα και αξιόπιστα. Ωστόσο, αυτά είναι σπάνια και, συνεπώς, δεν μπορούν ακόμη να αποτυπώσουν πλήρως τον αντίκτυπο της τρέχουσας ενεργειακής κρίσης στην ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας. Κατά περίπτωση, και προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι πρόσφατες προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο τομέας της καθαρής ενέργειας και ο αντίκτυπός τους σε αυτόν, η ανάλυση βασίζεται στις ήδη ορατές επιπτώσεις και στις ποιοτικές αξιολογήσεις για το έτος 2022· ωστόσο, ο πλήρης αντίκτυπος μπορεί να αξιολογηθεί μόνο στην έκθεση προόδου του επόμενου έτους.

Η ανταγωνιστικότητα είναι μια σύνθετη και πολύπλευρη έννοια που δεν μπορεί να οριστεί με έναν μόνο δείκτη¹³. Συνεπώς, η παρούσα έκθεση αξιολογεί την ανταγωνιστικότητα του συστήματος καθαρής ενέργειας της ΕΕ στο σύνολό του (τμήμα 2), καθώς και συγκεκριμένων τεχνολογιών και λύσεων καθαρής ενέργειας (τμήμα 3), αναλύοντας ένα καθορισμένο σύνολο δεικτών (παράρτημα Ι). Από το τρέχον έτος, το Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας (CETO) της Επιτροπής θα διενεργήσει εμπειρισταωμένη, τεκμηριωμένη ανάλυση στην οποία θα βασίζεται η παρούσα έκθεση¹⁴.

Η παρούσα έκθεση δημοσιεύεται σύμφωνα με το άρθρο 35 παράγραφος 1 στοιχείο ιγ) του κανονισμού για τη διακυβέρνηση της Ενεργειακής Ένωσης και της Δράσης για το Κλίμα¹⁵ και συνοδεύει την έκθεση σχετικά με την κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης¹⁶.

2. ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΤΟΜΕΑ ΚΑΘΑΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΕΕ

2.1 Παρουσίαση του γενικού πλαισίου: πρόσφατες εξελίξεις

2.1.1 Τιμές και κόστος της ενέργειας: πρόσφατες τάσεις

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενες εκθέσεις προόδου για την ανταγωνιστικότητα, οι βιομηχανικές τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας και του αερίου ήταν υψηλότερες στην ΕΕ απ' ό,τι στις περισσότερες τρίτες χώρες της Ομάδας των 20 (G20) κατά την τελευταία δεκαετία. Η αδικαιολόγητη και απρόκλητη ρωσική εισβολή στην Ουκρανία έχει αυξήσει τις ήδη πρωτοφανείς υψηλές τιμές που παρατηρήθηκαν το 2021 στην ΕΕ και σε πολλές άλλες περιοχές του κόσμου. Οι τιμές χονδρικής για το αέριο στην Ευρώπη ήταν πέντε φορές υψηλότερες το πρώτο τρίμηνο του 2022 απ' ό,τι ένα έτος νωρίτερα και τον Αύγουστο του 2022 έφτασαν σε ιστορικά υψηλό επίπεδο, προτού μειωθούν σε χαμηλότερα επίπεδα. Λόγω του ότι οι σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής που λειτουργούν με αέριο συχνά αποτελούν παράγοντα καθορισμού των τιμών στις ευρωπαϊκές αγορές, αυτό έχει οδηγήσει σε παρόμοια τάση όσον αφορά τις τιμές

¹³ Βάσει των συμπερασμάτων του Συμβουλίου Ανταγωνιστικότητας της 28ης Ιουλίου 2020.

¹⁴ https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_el.

¹⁵ Κανονισμός (ΕΕ) 2018/1999 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 11ης Δεκεμβρίου 2018, για τη διακυβέρνηση της Ενεργειακής Ένωσης και της Δράσης για το Κλίμα (ΕΕ L 328 της 21.12.2018, σ. 1).

¹⁶ COM(2022) 547 final («Κατάσταση της Ενεργειακής Ένωσης το 2022»).

χονδρικής της ηλεκτρικής ενέργειας¹⁷. Έχουν επηρεάσει επίσης το κόστος παραγωγής για ορισμένους τομείς, ιδίως για τις ενεργοβόρες βιομηχανίες. Η τιμή βασικών εμπορευμάτων έχει επίσης αυξηθεί. Η πέμπτη έκθεση σχετικά με τις τιμές και το κόστος της ενέργειας¹⁸, η οποία αναμένεται να εγκριθεί στο τέλος του 2022, θα παράσχει επικαιροποιημένα ποσοτικά δεδομένα και αναλύσεις.

Από το 2021 η ΕΕ και τα κράτη μέλη έχουν ήδη λάβει διάφορα μέτρα προκειμένου να συμβάλουν στον μετριασμό του αντικτύπου των υψηλών τιμών της ενέργειας¹⁹. Η πρόταση για κανονισμό της Επιτροπής σχετικά με παρέμβαση έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση των υψηλών τιμών ενέργειας, όπως συμφωνήθηκε από το Συμβούλιο τον Σεπτέμβριο του 2022, περιλαμβάνει εργαλεία για τη μείωση της χρήσης αερίου για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας κατά περίπου 4 % κατά τη διάρκεια του χειμώνα, με αποτέλεσμα τη μείωση της πίεσης στις τιμές, καθώς και μια πρόταση για αύξηση άνω των 140 δισ. EUR για τα κράτη μέλη, προκειμένου να αμβλυνθούν οι επιπτώσεις των υψηλών τιμών της ενέργειας στους καταναλωτές²⁰.

Παρότι οι επιπτώσεις αυτής της τάσης στην αξιακή αλυσίδα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας παραμένουν μεικτές, αυτό μπορεί να υποδηλώνει βελτίωση της ανταγωνιστικότητάς τους, ιδίως σε σύγκριση με τις μη ανανεώσιμες εναλλακτικές λύσεις²¹. Για παράδειγμα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας με χρήση ηλιακών φωτοβολταϊκών είναι η φθηνότερη πηγή ενέργειας σε ολόένα και περισσότερες χώρες. Ωστόσο, όσον αφορά την παραγωγή ανανεώσιμου υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης νερού, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που επηρεάζουν την οικονομική βιωσιμότητα των ηλεκτρολυτικών κυψελών.

Το διάγραμμα 1 παρέχει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με το κόστος των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας. Παρέχει μια συνοπτική εικόνα των υπολογισμών του σταθμισμένου κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE) για το έτος 2021 για μια σειρά αντιπροσωπευτικών συνθηκών²² σε ολόκληρη την ΕΕ. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι τεχνολογικοί στόλοι με χαμηλό μεταβλητό κόστος (συμπεριλαμβανομένων των μεταβλητών λειτουργικών δαπανών και του κόστους των καυσίμων) ήταν ιδιαίτερα ανταγωνιστικοί ως προς το κόστος το 2021. Η διαπίστωση αυτή ισχύει περισσότερο όσον αφορά την παραγωγή ηλιακής και αιολικής ενέργειας με LCOE από 40 έως 60 EUR/MWh. Επιπλέον, ο στόλος αεριοστροβίλων συνδυασμένου κύκλου (CCGT) φαίνεται ότι ήταν πιο ανταγωνιστικός κατά μέσο όρο το 2021 απ' ό,τι η παραγωγή ενέργειας με καύση άνθρακα. Οι CCGT επωφελήθηκαν από την προτιμώμενη κατανομή φορτίου κατά τα τρία πρώτα τρίμηνα του 2021, ενώ η αλλαγή καυσίμου κατέστη σημαντική μόλις το τέταρτο τρίμηνο του 2021. Αυτό κατέστησε δυνατούς

¹⁷ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας, Παρατηρητήριο Αγοράς για την Ενέργεια, *Quarterly Report on European gas markets* (Τριμηνιαία έκθεση για τις ευρωπαϊκές αγορές αερίου), τόμος 15.

¹⁸ Προηγούμενη έκδοση του 2020: COM(2020) 951 final («Οι τιμές και το κόστος της ενέργειας στην Ευρώπη»).

¹⁹ Στα μέτρα περιλαμβάνεται η ανακοίνωση της Επιτροπής COM(2021) 660 final («Αντιμετώπιση της αύξησης των τιμών της ενέργειας: μια εργαλειοθήκη για δράση και στήριξη») και η ανακοίνωση COM(2022) 138 final («Ασφάλεια του εφοδιασμού και προσιτές τιμές ενέργειας: επιλογές για άμεσα μέτρα και την προετοιμασία για τον επόμενο χειμώνα»).

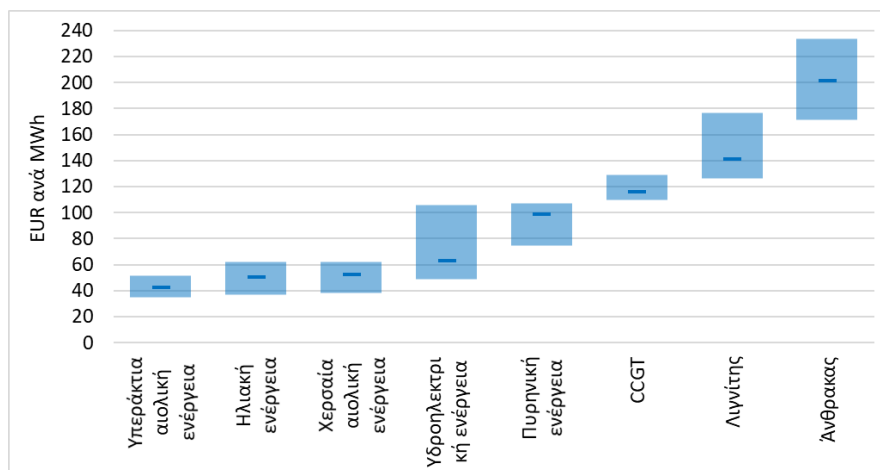
²⁰ COM(2022) 473 final («Πρόταση κανονισμού του Συμβουλίου σχετικά με παρέμβαση έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση των υψηλών τιμών ενέργειας»).

²¹ Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA), [World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway](#), Αμπού Ντάμπι.

²² Τα σημεία δεδομένων παρουσιάζονται για το πρώτο έως το τρίτο ενδοετηρημοριακό εύρος για το φιλτράρισμα των ακραίων τιμών.

σημαντικά υψηλότερους συντελεστές δυναμικότητας για τους CCGT το 2021²³. Η αύξηση των τιμών του αερίου συνέχισε να επιτείνει τη μετάβαση από το αέριο στον άνθρακα κατά το πρώτο τρίμηνο του 2022, παρά την αύξηση των τιμών του άνθρακα. Ωστόσο, οι υψηλές τιμές του άνθρακα στις αρχές του δεύτερου τριμήνου του 2022 άρχισαν να γεφυρώνουν το χάσμα και οι πρόσφατες ανακοινώσεις ορισμένων κρατών μελών για προσωρινή αύξηση της χρήσης μονάδων ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα οδήγησαν σε προσδοκίες ότι οι τιμές του άνθρακα θα αυξηθούν περαιτέρω τους επόμενους μήνες.

Διάγραμμα 1: Συνοπτική εικόνα του σταθμισμένου κόστους της ηλεκτρικής ενέργειας (LCOE) ανά τεχνολογικό στόλο για το έτος 2021. Οι ράβδοι με γαλάζιο χρώμα παρουσιάζουν ένα εύρος τιμών σε ολόκληρη την ΕΕ των 27. Οι γραμμές με σκούρο μπλε χρώμα υποδηλώνουν τη διάμεση τιμή.



Πηγή: Προσομοίωση μοντέλου METIS του Κοινού Κέντρου Ερευνών, 2022²⁴

Οι πολύ υψηλές τιμές της ενέργειας έχουν αποφέρει μεγάλα οικονομικά οφέλη στους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας με χαμηλότερο οριακό κόστος (π.χ. σε όσους δραστηριοποιούνται στους τομείς της ατομικής και της ηλιακής ενέργειας). Συνεπώς, η Επιτροπή πρότεινε κανονισμό σχετικά με παρέμβαση έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση των υψηλών τιμών ενέργειας²⁵, ο οποίος συμφωνήθηκε σε πολιτικό επίπεδο κατά την έκτακτη σύνοδο του Συμβουλίου Ενέργειας στις 30 Σεπτεμβρίου. Ο κανονισμός αυτός περιλαμβάνει την προσωρινή επιβολή ανώτατου ορίου και την ανακατανομή των εσόδων από τις υποοριακές τεχνολογίες για την άμβλυνση των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι καταναλωτές ενέργειας και η κοινωνία γενικότερα. Περιλαμβάνει επίσης υποχρεωτική προσωρινή συνεισφορά αλληλεγγύης που εφαρμόζεται στα κέρδη των επιχειρήσεων που δραστηριοποιούνται στους τομείς του αργού πετρελαίου, του φυσικού αερίου, του άνθρακα και των διυλιστηρίων, τα οποία έχουν αυξηθεί σημαντικά σε σύγκριση με τα προηγούμενα έτη. Η τρέχουσα κρίση στον

²³ Οι μοντελοποιημένοι παράγοντες δυναμικότητας θα μπορούσαν να υπερεκτιμήσουν την πραγματική μετάβαση από τα καύσιμα και, κατ' επέκταση, τις διαφορές στους παράγοντες δυναμικότητας σε κάποιο βαθμό (βλ. ενότητα 2.1 στο Kanellopoulos, K., De Felice, M., Busch, S. and Koolen, D., [Simulating the electricity price hike in 2021](#) (Προσομοίωση της αύξησης των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας το 2021), JRC127862, EUR 30965 EN, Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο, 2022).

²⁴ JRC127862 Kanellopoulos, K., De Felice, M., Busch, S. and Koolen, D., [Simulating the electricity price hike in 2021](#) (Προσομοίωση της αύξησης των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας το 2021), EUR 30965 EN, Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο, 2022).

²⁵ COM(2022) 473 final («Πρόταση κανονισμού του Συμβουλίου σχετικά με παρέμβαση έκτακτης ανάγκης για την αντιμετώπιση των υψηλών τιμών ενέργειας»).

τομέα της ενέργειας / των ορυκτών καυσίμων αποτελεί την τελευταία υπενθύμιση της ανάγκης για αλλαγή προτύπου προκειμένου να διασφαλιστεί η μελλοντική σταθερότητα.

Το σχέδιο REPowerEU ζητεί μαζική επέκταση και επιτάχυνση της χρήσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, στη βιομηχανία, στα κτίρια και στις μεταφορές — όχι μόνο για την επιτάχυνση της ενεργειακής ανεξαρτησίας της ΕΕ και την τόνωση της πράσινης μετάβασης, αλλά και για τη μείωση των τιμών ηλεκτρικής ενέργειας και τη μείωση των εισαγωγών ορυκτών καυσίμων με την πάροδο του χρόνου²⁶. Τα μέτρα θα συμπεριλάβουν την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η οποία θα απαιτήσει υποδομές ηλεκτρικής ενέργειας κατάλληλες για τον επιδιωκόμενο σκοπό. Για να επιτευχθούν οι στόχοι του σχεδίου REPowerEU, η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας πρέπει να συνδυαστεί με μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας και ενεργειακής απόδοσης²⁷.

2.1.1 Παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού πόρων και υλικών: τρωτά σημεία και διαταραχές

Μαζί με τις ανησυχίες σχετικά με την αξιοπιστία των υφιστάμενων αλυσίδων εφοδιασμού, και ιδίως του εφοδιασμού με φυσικό αέριο, τόσο η πανδημία COVID-19 όσο και το τρέχον γεωπολιτικό πλαίσιο έχουν οδηγήσει σε διαταραχές σε ορισμένες παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού υλικών και πόρων και, συνεπώς, έχουν επηρεάσει τον τομέα της καθαρής ενέργειας. Η ΕΕ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον εφοδιασμό από τρίτες χώρες και η διττή πράσινη και ψηφιακή μετάβαση θα τροφοδοτηθεί από την πρόσβαση σε πρώτες ύλες. Οι πρόσφατες τάσεις στις παγκόσμιες αλυσίδες εφοδιασμού υλικών και πόρων έχουν αναδείξει την επείγουσα ανάγκη για ενίσχυση της ανθεκτικότητας της ΕΕ και της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού της μέσω της ανεξαρτησίας όσον αφορά τα υλικά και τους πόρους και της τεχνολογικής κυριαρχίας.

Η διαθεσιμότητα υλικών και η ανθεκτικότητα των αλυσίδων εφοδιασμού αποτελούν προϋπόθεση για την υλοποίηση του σχεδίου REPowerEU, διότι η αυξημένη ζήτηση για καθαρές τεχνολογίες συμβαδίζει με την υψηλότερη ζήτηση για πόρους, όπως μέταλλα και ορυκτά. Στις τεχνολογίες που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από εισαγόμενες πρώτες ύλες ή κατασκευαστικά στοιχεία που περιέχουν τις ύλες αυτές περιλαμβάνονται η αιολική ενέργεια (μόνιμοι μαγνήτες, στοιχεία σπάνιων γαιών), η ηλιακή φωτοβολταϊκή ενέργεια (άργυρος, γερμάνιο, γάλλιο, ίνδιο, κάδμιο, μεταλλικό πυρίτιο) και οι συσσωρευτές (κοβάλτιο, λίθιο, γραφίτης, μαγγάνιο, νικέλιο)²⁸. Ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας (ΔΟΕ) προβλέπει ότι η συνολική παγκόσμια ζήτηση ορυκτών, λόγω της εξαγγελθείσας ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αναμένεται να διπλασιαστεί ή ακόμα και να τετραπλασιαστεί έως το 2040²⁹.

Η αύξηση των τιμών των πρώτων υλών επηρεάζει το κόστος των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας. Οι τιμές των βασικών εμπορευμάτων που απαιτούνται για τις τεχνολογίες αυτές, όπως το λίθιο και το κοβάλτιο, υπερδιπλασιάστηκαν το 2021, ενώ οι τιμές για τον χαλκό και

²⁶ Βλ. ενότητα 3, σελίδα 6, COM(2022) 230 final («Σχέδιο REPowerEU»).

²⁷ COM(2022) 360 final («Εξοικονόμηση αερίου για έναν ασφαλή χειμώνα»).

²⁸ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, *Critical materials for strategic technologies and sectors in the EU - a foresight study* (Υλικά κρίσιμης σημασίας για στρατηγικές τεχνολογίες και τομείς στην ΕΕ — μια μελέτη ανάλυσης προοπτικών), 2020, <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/42882>.

²⁹ ΔΟΕ, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, αναθεωρημένη έκδοση Μαΐου 2022.

το αλουμίνιο αυξήθηκαν κατά περίπου 25 % έως 40 %³⁰. Το ίδιο έτος η δεκαετής τάση μείωσης του κόστους για τις ανεμογεννήτριες και τις ηλιακές φωτοβολταϊκές συστοιχίες αντιστράφηκε: σε σύγκριση με το 2020, οι τιμές τους αυξήθηκαν κατά 9 % και 16 %, αντίστοιχα. Οι συστοιχίες συσσωρευτών θα είναι τουλάχιστον κατά 15 % ακριβότερες το 2022 απ' ό,τι το 2021³¹.

Μια αναδυόμενη πρόκληση είναι να αποφευχθεί η αντικατάσταση της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα με την εξάρτηση από εισαγόμενες πρώτες ύλες και την τεχνολογική εμπειρογνώσια για την επεξεργασία τους και για την κατασκευή κατασκευαστικών στοιχείων. Για παράδειγμα, η Κίνα έχει σχεδόν μονοπώλιο στην εξόρυξη και την επεξεργασία των στοιχείων σπάνιων γαιών που είναι ζωτικής σημασίας για τις τεχνολογίες καθαρής ενέργειας, σε συνδυασμό με ισχυρή θέση στην αγορά εντός της αλυσίδας παραγωγής τους.

Η πρόκληση της εξάρτησης από τους πόρους περιλαμβάνει τρία μέρη. Πρώτον, η ΕΕ αντιμετωπίζει αυξημένο ανταγωνισμό όσον αφορά την πρόσβαση σε πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας, καθώς άλλες χώρες εντείνουν τις προσπάθειές τους για την ανάπτυξη της δυναμικότητάς τους και ενδεχομένως περιορίζουν τις εξαγωγές τους. Οι μισές από τις 30 πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας που παρατίθενται σε κατάλογο από την ΕΕ³² εισάγονται σε ποσοστό άνω του 80 % σε όγκο, κάτι που είναι ιδιαίτερα ανησυχητικό όταν η προσφορά συγκεντρώνεται σε πολύ μικρό αριθμό χωρών.

Δεύτερον, παρά τη σημαντική πρόοδο που έχει σημειωθεί όσον αφορά την κυκλική οικονομία και τα ποσοστά ανακύκλωσης (πάνω από το 50 % ορισμένων μετάλλων³³ ανακυκλώνονται πλέον, καλύπτοντας πάνω από το 25 % της κατανάλωσής τους³⁴), οι δευτερογενείς πρώτες ύλες από μόνες τους δεν επαρκούν για την αντιμετώπιση της υψηλής —και ολοένα αυξανόμενης— ζήτησης. Οι δευτερογενείς πρώτες ύλες παρουσιάζουν επίσης πρόσθετες προκλήσεις (π.χ. υψηλότερο κόστος ανακύκλωσης για ορισμένα υλικά, τεχνική σκοπιμότητα και ανεπαρκής διαθεσιμότητα συγκροτημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής). Ωστόσο, η οικονομία της ανακύκλωσης θα βελτιωθεί καθώς αυξάνεται το κόστος των πρωτογενών υλικών και ο όγκος των διαθέσιμων συγκροτημάτων στο τέλος του κύκλου ζωής. Συνεπώς, οι δευτερογενείς πρώτες ύλες θα αποτελέσουν σημαντική πηγή εφοδιασμού μετά το 2030, υπό την προϋπόθεση ότι θα αρχίσουν τώρα οι αναγκαίες επενδύσεις. Ο καινοτόμος σχεδιασμός της ανακυκλωσιμότητας είναι επίσης πολύ σημαντικός.

Τρίτον, υπάρχει θεωρητικά δυναμικό κάλυψης μεταξύ 5 και 55 % των αναγκών της Ευρώπης το 2030 μέσω της εξόρυξης πρώτων υλών από τα ευρωπαϊκά εδάφη³⁵. Ωστόσο, η ενίσχυση

³⁰ Kim, T., *Critical minerals threaten a decades-long trend of cost declines for clean energy technologies*, ιστότοπος του ΔΟΕ, Μάιος 2022.

³¹ ΔΟΕ, *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*, αναθεωρημένη έκδοση Μαΐου 2022.

³² COM(2020) 474 final «Ανθεκτικότητα ως προς τις πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας: Χαρτογραφώντας την πορεία προς μεγαλύτερη ασφάλεια και βιωσιμότητα».

³³ Σίδηρος, ψευδάργυρος ή λευκόχρυσος.

³⁴ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Ενέργειας: Guevara Opinska, L., Gérard, F., Hoogland, O., et al., *Study on the resilience of critical supply chains for energy security and clean energy transition during and after the COVID-19 crisis: final report (Μελέτη σχετικά με την ανθεκτικότητα των αλυσίδων εφοδιασμού κρίσιμης σημασίας για την ασφάλεια του εφοδιασμού και τη μετάβαση σε καθαρές μορφές ενέργειας κατά τη διάρκεια και μετά την κρίση λόγω της νόσου COVID-19: τελική έκθεση)*, Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο, 2021, <https://data.europa.eu/doi/10.2833/946002>

³⁵ KU Leuven, *Metals for Clean Energy: Pathways to solving Europe's raw materials challenge* (Μέταλλα για καθαρή ενέργεια: κατευθύνσεις για την επίλυση του προβλήματος των πρώτων υλών της Ευρώπης), 2022.

των εγχώριων εξορυκτικών ικανοτήτων αντιμετωπίζει εμπόδια λόγω των μακροχρόνιων διαδικασιών αδειοδότησης και των περιβαλλοντικών ανησυχιών, της ανεπαρκούς ικανότητας διύλισης και της έλλειψης ειδικευμένου εργατικού δυναμικού και εμπειρογνώσιας. Η νέα πρόταση για κανονισμό σχετικά με τις μπαταρίες³⁶ αποτελεί παράδειγμα εμβληματικής πρωτοβουλίας που θα βοηθήσει την Ευρώπη να πρωτοστατήσει στην κυκλική οικονομία των μπαταριών —ξεκινώντας με τη βιώσιμη εξόρυξη και τελειώνοντας με την ανακύκλωση.

Η σπανιότητα των πόρων, όπως η γη και το νερό —είτε για τη χωροθέτηση ηλιακής ενέργειας, της αιολικής ενέργειας ή της βιοενέργειας είτε για την ηλεκτροδότηση του νερού για την παραγωγή ανανεώσιμου υδρογόνου— θα μπορούσε να περιορίσει την περαιτέρω ανάπτυξη τεχνολογιών καθαρής ενέργειας στο επιθυμητό επίπεδο στην ΕΕ. Η διευκόλυνση των πολλαπλών χρήσεων του χώρου, όπως τα αγροφωτοβολταϊκά (συνδυασμός γεωργίας και παραγωγής ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας) και ο καθορισμός περιοχών στον θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό για τη διεξαγωγή ταυτόχρονων δραστηριοτήτων, όπως η αλιεία και οι υπεράκτιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μπορούν να συμβάλουν στην υπέρβαση αυτών των περιορισμών. Παράλληλα, η συνεκτίμηση της διαθεσιμότητας νερού είναι υψίστης σημασίας για τα κράτη μέλη κατά τον σχεδιασμό του ενεργειακού μείγματος.

Μια αποτελεσματική προσέγγιση της εξάρτησης της ΕΕ από τις εισαγωγές των πρώτων υλών που απαιτούνται για την παραγωγή τεχνολογιών καθαρής ενέργειας θα είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της μελλοντικής ανταγωνιστικότητας του τομέα (όσον αφορά το κόστος, την τεχνολογική κυριαρχία και την ανθεκτικότητα), καθώς και για την επίτευξη της διττής πράσινης και ψηφιακής μετάβασης. Το 2020 η Επιτροπή δημοσίευσε σχέδιο δράσης³⁷ για την άμβλυνση του κινδύνου εφοδιασμού. Σε αυτό συμπεριλήφθηκαν δράσεις για τη διαφοροποίηση του εφοδιασμού εκτός της ΕΕ (π.χ. μέσω στρατηγικών εταιρικών σχέσεων για τις πρώτες ύλες)· προώθηση της κυκλικής οικονομίας (π.χ. μέσω του οικολογικού σχεδιασμού, της E&K ή της χαρτογράφησης της διαθεσιμότητας πρώτων υλών κρίσιμης σημασίας στα αστικά ορυχεία ή στα απορρίμματα κατεργασίας)· και διευκόλυνση του εγχώριου δυναμικού (π.χ. με τη χρήση τεχνολογίας γεωσκόπησης). Εκτός από τη διασφάλιση του εφοδιασμού, η ΕΕ ενδέχεται επίσης να χρειαστεί να δημιουργήσει στρατηγικά αποθέματα σε περίπτωση που κινδυνεύει ο εφοδιασμός. Ως εκ τούτου, η πρόεδρος της Ευρωπαϊκής Επιτροπής εξήγγειλε μια ευρωπαϊκή πράξη για τις πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας στην ομιλία της για την κατάσταση της Ένωσης, στις 14 Σεπτεμβρίου 2022.

2.1.2 Επιπτώσεις της νόσου COVID-19 και ανάκαμψη

Ο μεικτές οικονομικές επιπτώσεις της νόσου COVID-19 αποτέλεσαν μείζονα απειλή για τον τομέα της καθαρής ενέργειας της ΕΕ κατά την περίοδο 2020-2021.

Αφενός, με κύκλο εργασιών ύψους 163 δισ. EUR το 2020 και ακαθάριστη προστιθέμενη αξία (ΑΠΑ) ύψους 70 δισ. EUR, ο κλάδος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της ΕΕ αυξήθηκε κατά 9 % και 8 % αντίστοιχα σε σύγκριση με τα αριθμητικά στοιχεία του 2019. Συνολικά,

³⁶ COM(2020) 798 final («Πρόταση κανονισμού του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με τις μπαταρίες και τα απόβλητα μπαταριών, για την κατάργηση της οδηγίας 2006/66/EK και την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) 2019/1020»).

³⁷ COM(2020) 474 final («Ανθεκτικότητα ως προς τις πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας: Χαρτογραφώντας την πορεία προς μεγαλύτερη ασφάλεια και βιωσιμότητα»).

παρήγαγε περίπου τετραπλάσια προστιθέμενη αξία ανά ευρώ κύκλου εργασιών³⁸ σε σύγκριση με τη βιομηχανία ορυκτών καυσίμων, και σχεδόν 70 % μεγαλύτερη προστιθέμενη αξία από τον συνολικό μεταποιητικό τομέα της ΕΕ³⁹. Ωστόσο, ο λόγος αυτός μειώθηκε ελαφρώς το 2020, γεγονός που υποδηλώνει αυξημένη διαρροή (π.χ. υπό μορφή εισαγωγών).

Το 2021 η παραγωγή⁴⁰ των περισσότερων τεχνολογιών και λύσεων καθαρής ενέργειας στην ΕΕ αυξήθηκε σε μεγάλο βαθμό, αντιστρέφοντας την τάση που παρατηρήθηκε το 2020. Για την παραγωγή συσσωρευτών στην ΕΕ καταγράφηκε ένα εξαιρετικά ευνοϊκό έτος, κατά το οποίο η αξία της παραγωγής τετραπλασιάστηκε σε σύγκριση με τις τιμές του 2020, καθώς αυξήθηκε η παραγωγική δυναμικότητα στο διαδίκτυο. Η παραγωγή αντλιών θερμότητας και αιολικής και ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας αυξήθηκε κατά 30 % το 2021 (για τις αντλίες θερμότητας καταγράφηκε έτος ρεκόρ· η παραγωγή αιολικής ενέργειας επανήλθε στα προ πανδημίας επίπεδα· και η παραγωγή ηλιακής φωτοβολταϊκής ενέργειας αντέστρεψε την πτωτική τάση που έχει παρατηρηθεί από το 2011). Η παραγωγή βιοκαυσίμων, κυρίως βιοντίζελ, αυξήθηκε κατά 40 % και αυξήθηκε ευρέως σε όλα τα κράτη μέλη, ενώ η παραγωγή βιοενέργειας [π.χ. συσσωματώματα (πέλετ), υπολείμματα αμύλου και ροκανίδια] αυξήθηκε κατά 5 %. Η παραγωγή υδρογόνου⁴¹ αυξήθηκε κατά σχεδόν 50 %, καθώς οι Κάτω Χώρες υπερδιπλασίασαν την παραγωγή τους το 2021.

Ωστόσο, η ταυτόχρονη αύξηση των τιμών που ξεκίνησε το 2021 μπορεί να δώσει μια υπερβολικά θετική εικόνα όσον αφορά την αύξηση της παραγωγής. Επιπλέον, σε ορισμένες τεχνολογίες σημειώθηκε αύξηση των εισαγωγών για την κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης στην ΕΕ. Για παράδειγμα, το 2021 ήταν το έτος με τη μεγαλύτερη σχετική αύξηση του ελλείμματος του εμπορικού ισοζυγίου της ΕΕ για τις αντλίες θερμότητας (390 εκατ. EUR το 2021 σε σύγκριση με 40 εκατ. EUR το 2020, με το 2020 να είναι το πρώτο έτος κατά το οποίο το εμπορικό πλεόνασμα της ΕΕ μετατράπηκε σε έλλειμμα), ακολουθούμενες από τα βιοκαύσιμα (2,3 δισ. EUR το 2021· 1,4 δισ. EUR το 2020) και την ηλιακή φωτοβολταϊκή ενέργεια (9,2 δισ. EUR το 2021· 6,1 δισ. EUR το 2020). Ωστόσο, η ΕΕ διατήρησε θετικό εμπορικό ισοζύγιο όσον αφορά την τεχνολογία αιολικής ενέργειας (2,6 δισ. EUR το 2021· 2 δισ. EUR το 2020) και την τεχνολογία υδροηλεκτρικής ενέργειας, παρά την πτωτική τάση που παρατηρείται από το 2015 (211 εκατ. EUR το 2021· 232 εκατ. EUR το 2020).

Οι πολιτικές οικονομικής ανάκαμψης της ΕΕ, όπως ο μηχανισμός ανάκαμψης και ανθεκτικότητας (ΜΑΑ) στο πλαίσιο του NextGenerationEU⁴², αποτελούν βασική κινητήρια δύναμη για την επανεστίαση και την ενίσχυση των επενδύσεων στον τομέα της καθαρής ενέργειας. Τον Οκτώβριο του 2022 το Συμβούλιο συμφώνησε⁴³ με την πρόταση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής⁴⁴ να προστεθεί ειδικό κεφάλαιο για το REPowerEU στα σχέδια

³⁸ Η ακαθάριστη προστιθέμενη αξία της βιομηχανίας ορυκτών καυσίμων ανά ευρώ κύκλου εργασιών είναι μικρότερη από 0,10 EUR [διαρθρωτικά στατιστικά στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Eurostat) για τις επιχειρήσεις].

³⁹ Ο λόγος της ΑΠΑ προς τον κύκλο εργασιών για τον μεταποιητικό τομέα (NACE C) στην ΕΕ είναι περίπου 0,25 EUR [δεδομένα από τη βάση δεδομένων με τον κωδικό SBS_NA_IND_R2 της Στατιστικής Υπηρεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Eurostat)].

⁴⁰ Πρόκειται για την αξία παραγωγής σε χρηματικούς όρους (σε EUR).

⁴¹ Αυτό περιλαμβάνει το σύνολο του υδρογόνου, ανεξάρτητα από τον τρόπο παραγωγής.

⁴² COM(2020) 456 final («Η ώρα της Ευρώπης: ανασύνταξη και προετοιμασία για την επόμενη γενιά»).

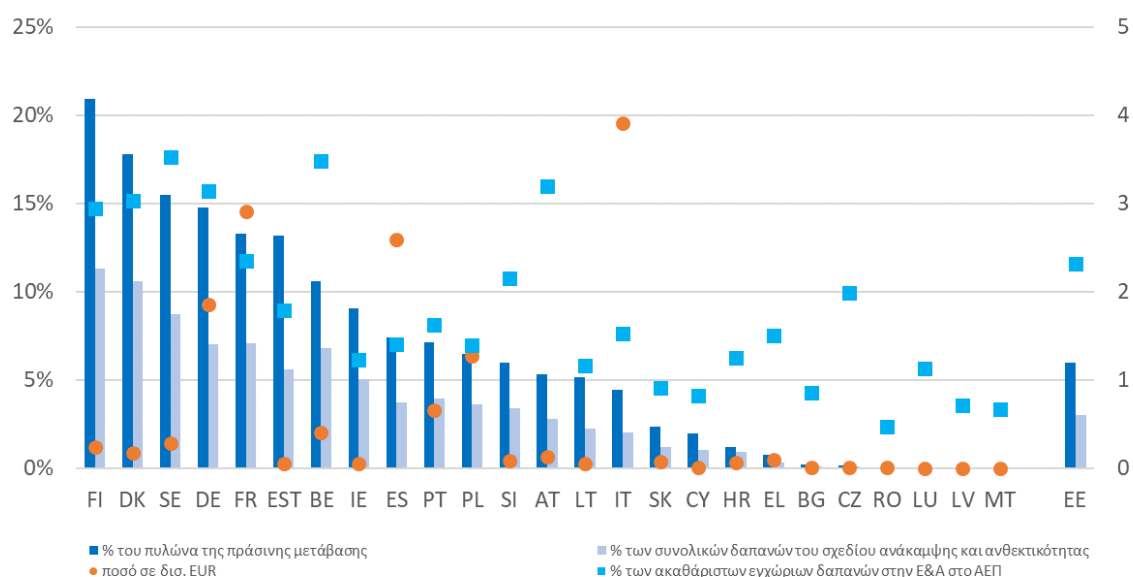
⁴³ <https://www.consilium.europa.eu/el/press/press-releases/2022/10/04/repowereu-council-agrees-its-position/>

⁴⁴ COM(2022) 231 final («Πρόταση κανονισμού του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) 2021/241 όσον αφορά τα κεφάλαια για το REPowerEU στα σχέδια ανάκαμψης και ανθεκτικότητας

ανάκαμψης και ανθεκτικότητας (ΣΑΑ) των κρατών μελών, προκειμένου να χρηματοδοτηθούν βασικές επενδύσεις και μεταρρυθμίσεις που θα συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων του REPowerEU⁴⁵.

Οι μεταρρυθμίσεις και οι επενδύσεις που προτείνονται από τα κράτη μέλη στα ΣΑΑ τους έχουν υπερβεί μέχρι στιγμής τους στόχους δαπανών τόσο για το κλίμα όσο και για τον ψηφιακό μετασχηματισμό (τουλάχιστον 37 % και 20 % των δαπανών των ΣΑΑ, αντίστοιχα)⁴⁶. Στις 26⁴⁷ ΣΑΑ που εγκρίθηκαν από την Επιτροπή έως τις 8 Σεπτεμβρίου 2022, μέτρα ύψους περίπου 200 δισ. EUR διατέθηκαν για την κλιματική μετάβαση και ύψους 128 δισ. EUR για τον ψηφιακό μετασχηματισμό⁴⁸, ποσό που αντιστοιχεί στο 40 % και το 26 % των συνολικών κονδυλίων των εν λόγω κρατών μελών (επιχορηγήσεις και δάνεια), αντίστοιχα.

Διάγραμμα 2: Ε&Α&Κ σε πράσινες δραστηριότητες στα ΣΑΑ ως ποσοστό (αριστερός άξονας) και απόλυτο ποσό (δεξιός άξονας). Για λόγους σύγκρισης, δίνεται επίσης η ένταση της Ε&Α σε σχέση με το ΑΕΠ (δεξιός άξονας).



και για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) 2021/1060, του κανονισμού (ΕΕ) 2021/2115, της οδηγίας 2003/87/ΕΚ και της απόφασης (ΕΕ) 2015/1814»).

⁴⁵ Η πρόταση περιλαμβάνει πρόσθετες ανακατανομές του προϋπολογισμού της ΕΕ για τη συμπλήρωση των δανείων του ΜΑΑ ύψους 225 δισ. EUR, που παραμένουν διαθέσιμα, και ζητεί αύξηση των κονδυλίων για τον ΜΑΑ. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει ξεκινήσει διμερείς συζητήσεις με τα κράτη μέλη για τον προσδιορισμό μεταρρυθμίσεων και επενδύσεων που θα μπορούσαν δυνητικά να είναι επιλέξιμες για χρηματοδότηση στο πλαίσιο των νέων κεφαλαίων για το REPowerEU. Η χρηματοδότηση της ΕΕ συμπληρώνει άλλη διαθέσιμη δημόσια και ιδιωτική χρηματοδότηση, η οποία θα διαδραματίζει καίριο ρόλο στην υλοποίηση των επενδύσεων που απαιτούνται για το REPowerEU.

⁴⁶ Η πρόοδος όσον αφορά την υλοποίηση των ΣΑΑ μπορεί να παρακολουθείται ζωντανά στον πίνακα αποτελεσμάτων για την ανάκαμψη και την ανθεκτικότητα, μια διαδικτυακή πλατφόρμα που δημιουργήθηκε από την Επιτροπή τον Δεκέμβριο του 2021.

⁴⁷ AT, BE, BG, CY, CZ, DE, DK, EE, EL, ES, FI, FR, HR, IE, IT, LT, LU, LV, MT, NL PL, PT, RO, SE, SI, SK.

⁴⁸ Τα ΣΑΑ έπρεπε να προσδιορίζουν και να αιτιολογούν σε ποιον βαθμό κάθε μέτρο συμβάλλει πλήρως (100 %), εν μέρει (40 %) ή δεν έχει καμία επίδραση (0 %) στον στόχο για το κλίμα. Η συμβολή στον στόχο για το κλίμα έχει υπολογιστεί με βάση το παράρτημα VI του κανονισμού ΜΑΑ, αντίστοιχα. Ο συνδυασμός των συντελεστών με τις εκτιμήσεις κόστους κάθε μέτρου καθιστά δυνατό τον υπολογισμό του βαθμού στον οποίο τα σχέδια συμβάλλουν στην επίτευξη του στόχου για το κλίμα.

Τα 25 ΣΑΑ που εγκρίθηκαν από το Συμβούλιο στις 8 Σεπτεμβρίου 2022 περιλαμβάνουν μέτρα που σχετίζονται με την Ε&Κ για συνολικό προϋπολογισμό ύψους 47 δισ. EUR⁴⁹ (συμπεριλαμβανομένων τόσο των θεματικών όσο και των οριζόντιων επενδύσεων⁵⁰). Από το ποσό αυτό, 14,9 δισ. EUR έχουν διατεθεί σε επενδύσεις στην έρευνα, την ανάπτυξη και την καινοτομία (Ε&Α&Κ) σε πράσινες δραστηριότητες (Διάγραμμα 2).

2.1.3 Ανθρώπινο κεφάλαιο και δεξιότητες

Τα τελευταία δεδομένα σχετικά με το **ανθρώπινο κεφάλαιο** παγκοσμίως δείχνουν ότι, παρότι ο τομέας της καθαρής ενέργειας ήταν ανθεκτικός κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19, τα κενά και οι ελλείψεις ως προς τις δεξιότητες αυξήθηκαν το 2021 και η αύξηση αυτή αναμένεται να συνεχιστεί το 2022.

Η απασχόληση στον ευρύτερο τομέα της καθαρής ενέργειας της ΕΕ⁵¹ ανήλθε σε 1,8 εκατομμύρια το 2019, με μέση ετήσια αύξηση 3 % από το 2015⁵², αντιπροσωπεύοντας το 1 % της συνολικής απασχόλησης στην ΕΕ. Συγκριτικά, η απασχόληση στο σύνολο της οικονομίας αυξήθηκε κατά 1 % ετησίως κατά μέσο όρο⁵³, ενώ η απασχόληση στη βιομηχανία ορυκτών καυσίμων μειώθηκε κατά 2 % κατά μέσο όρο την τελευταία δεκαετία⁵⁴. Η Κίνα κατέλαβε την πρώτη θέση παγκοσμίως το 2020 (39 %), ακολουθούμενη από την ΕΕ (11 %)⁵⁵

⁴⁹ Τα αριθμητικά στοιχεία βασίζονται στη μεθοδολογία επισημάνσης των πυλώνων για τον πίνακα αποτελεσμάτων για την ανάκαμψη και την ανθεκτικότητα και αντιστοιχούν στα μέτρα που κατανέμονται στους τομείς πολιτικής «Ε&Α&Κ στις πράσινες δραστηριότητες», «μέτρα που σχετίζονται με τον ψηφιακό μετασχηματισμό στην Ε&Α&Κ» και «Ε&Α&Κ» ως κύριους ή δευτερεύοντες τομείς πολιτικής. Το Συμβούλιο δεν έχει ακόμη εγκρίνει το σχέδιο ανάκαμψης και ανθεκτικότητας των Κάτω Χωρών και, συνεπώς, δεν υπάρχουν ακόμη διαθέσιμα δεδομένα σύμφωνα με τη μεθοδολογία επισημάνσης των πυλώνων. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τον πίνακα αποτελεσμάτων για την ανάκαμψη και την ανθεκτικότητα διατίθενται στη διεύθυνση https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/index.html?lang=el

⁵⁰ Στις θεματικές επενδύσεις στην Ε&Κ περιλαμβάνονται οι επενδύσεις που στοχεύουν στην πράσινη μετάβαση, στις ψηφιακές τεχνολογίες και στην υγεία, ενώ οι οριζόντιες επενδύσεις στην Ε&Κ περιλαμβάνουν οριζόντια μέτρα τα οποία, για παράδειγμα, ενισχύουν τα οικοσυστήματα καινοτομίας, αναβαθμίζουν τις ερευνητικές υποδομές και στηρίζουν την επιχειρηματική καινοτομία. Για περισσότερες πληροφορίες, ο πίνακας αποτελεσμάτων για την ανάκαμψη και την ανθεκτικότητα διατίθεται στη διεύθυνση: https://ec.europa.eu/economy_finance/recovery-and-resilience-scoreboard/index.html?lang=el.

⁵¹ Τα αριθμητικά στοιχεία για τον τομέα της καθαρής ενέργειας στην έκθεση αφορούν δεδομένα που βασίζονται στον τομέα περιβαλλοντικών αγαθών και υπηρεσιών (EGSS) της Στατιστικής Υπηρεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Eurostat) (κατηγορίες «CREMA13A», «CREMA13B» και «CEPA1»). Η κατηγορία «CREMA13A» (παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές) περιλαμβάνει την κατασκευή τεχνολογιών που απαιτούνται για την παραγωγή ανανεώσιμης ενέργειας. Η κατηγορία «CREMA13B» (εξοικονόμηση και διαχείριση θερμότητας/ενέργειας) περιλαμβάνει τις αντλίες θερμότητας, τους έξυπνους μετρητές, τις δραστηριότητες ενεργειακής ανακαίνισης, τα μονωτικά υλικά και τα τμήματα των ευφών δικτύων. Η κατηγορία «CEPA1» (προστασία του ατμοσφαιρικού αέρα και του κλίματος) περιλαμβάνει τα ηλεκτρικά και υβριδικά αυτοκίνητα, τα λεωφορεία και άλλα πιο καθαρά και αποδοτικά οχήματα, καθώς και τις υποδομές φόρτισης που είναι απαραίτητες για τη λειτουργία των ηλεκτρικών οχημάτων (περιλαμβάνονται επίσης κατασκευαστικά στοιχεία όπως συσσωρευτές, κυψέλες καυσίμου και ηλεκτρικά συστήματα μετάδοσης κίνησης που είναι απαραίτητα για τα ηλεκτρικά οχήματα).

⁵² Eurostat [env_ac_egss1].

⁵³ Eurostat [lfsi_emp_a].

⁵⁴ Eurostat [sbs_na_ind_r2].

⁵⁵ Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (IRENA) και Διεθνής Οργάνωση Εργασίας (ΔΟΕ), *Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2021* (Ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές και θέσεις εργασίας – Ετήσια επισκόπηση 2021), Αμπόυ Ντάμπι και Γενεύη.

στην παγκόσμια απασχόληση στον τομέα των «ανανεώσιμων πηγών ενέργειας», ο οποίος αντιπροσώπευε συνολικά 12 εκατομμύρια θέσεις εργασίας⁵⁶.

Η σύνθεση των θέσεων εργασίας στον ευρύτερο τομέα της καθαρής ενέργειας της ΕΕ έχει αλλάξει με διάφορους τρόπους⁵⁷. Ο κλάδος των αντλιών θερμότητας⁵⁸ προηγείται των τομέων των στερεών βιοκαυσίμων⁵⁹ και της αιολικής ενέργειας, ως ο μεγαλύτερος εργοδότης. Αυτό οφείλεται κυρίως στην αύξηση της εγκατάστασης αντλιών θερμότητας. Η τάση αυτή είναι πιθανό να συνεχιστεί με το σχέδιο REPowerEU και τις νέες προσφορές προϊόντων που είναι διαθέσιμες για τον τομέα των ανακαινίσεων⁶⁰. Επιπλέον, ο τομέας της καθαρής ενέργειας είναι κατά 20 % πιο παραγωγικός σε σχέση με το σύνολο της οικονομίας κατά μέσο όρο. Από το 2015 η παραγωγικότητα της εργασίας αυξάνεται ταχύτερα στον τομέα της καθαρής ενέργειας (2,5 % ετησίως) απ' ό,τι στο σύνολο της οικονομίας (1,8 % ετησίως). Η αύξηση αυτή οφείλεται στον τομέα της ηλεκτροκίνησης (5 % ετησίως) και στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (4 % ετησίως), ενώ παρατηρούνται διαφορετικές τάσεις ανάλογα με τις τεχνολογίες.

Ωστόσο, σχεδόν το 30 % των επιχειρήσεων της ΕΕ που δραστηριοποιούνται στον τομέα της κατασκευής ηλεκτρικού εξοπλισμού⁶¹ έχουν αντιμετωπίσει **ελλείψεις σε εργατικό δυναμικό** το 2022, οι οποίες έφτασαν σε ακόμα πιο υψηλά επίπεδα από εκείνα του 2018. Αυτό οφείλεται κυρίως στη συνολική οικονομική ανάκαμψη από την πανδημία σε συνδυασμό με τη βραδεία ανάπτυξη των δεξιοτήτων που απαιτούνται για την πράσινη και ψηφιακή μετάβαση στον τομέα της καθαρής ενέργειας⁶². Δεδομένου ότι πάνω από το 70 % των επιχειρήσεων της ΕΕ που δραστηριοποιούνται στον τομέα της κατασκευής ηλεκτρικού εξοπλισμού αντιμετώπιζαν ελλείψεις σε υλικά το 2022, οι τάσεις αυτές καταδεικνύουν τον αυξανόμενο κίνδυνο διαταραχών στην αλυσίδα εφοδιασμού στον τομέα της καθαρής ενέργειας (Διάγραμμα 3).

⁵⁶ Περιλαμβάνεται η άμεση και έμμεση απασχόληση.

⁵⁷ EurObserv'ER. *The State of Renewable Energies in Europe (Η κατάσταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ευρώπη) — Έκδοση 2021, 20ή έκθεση του EurObserv'ER*, 2022. Το διάγραμμα αυτό περιλαμβάνει τις αντλίες θερμότητας.

⁵⁸ Οι αντλίες θερμότητας αντιπροσώπευαν το 24 % του συνόλου των θέσεων εργασίας στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ενώ οι τομείς των στερεών βιοκαυσίμων και της αιολικής ενέργειας συνεισέφεραν ο καθένας το 20 %. Με βάση: το EurObserv'ER. *The State of Renewable Energies in Europe (Η κατάσταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Ευρώπη) — Έκδοση 2021, 20ή έκθεση του EurObserv'ER*, 2022.

⁵⁹ Οι μεθοδολογικές αναθεωρήσεις έχουν επηρεάσει ιδίως τα δεδομένα για τα βιοκαύσιμα, τα οποία επικαιροποιούνται με βάση τα δεδομένα έργου από το έργο ADVANCEFUEL του προγράμματος-πλασίου «Ορίζων 2020».

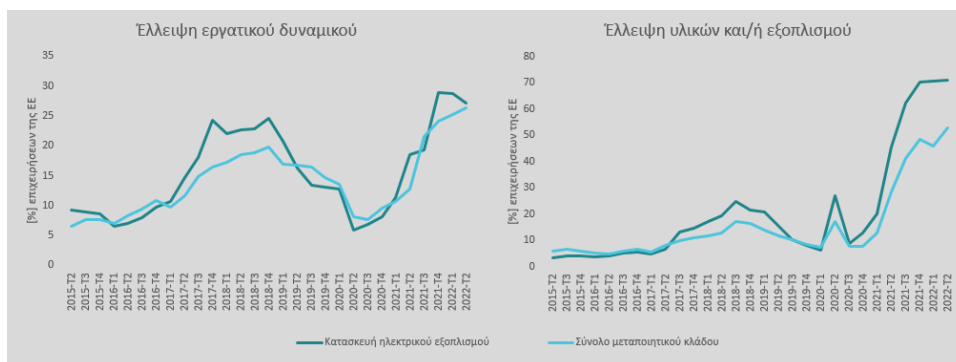
⁶⁰ Ευρωπαϊκή Ένωση Αντλιών Θερμότητας. *European Heat Pump Market and Statistics Report 2021 (Ευρωπαϊκή αγορά αντλιών θερμότητας και έκθεση στατιστικών στοιχείων)*, 2022.

⁶¹ Ο κωδικός NACE «27 — Κατασκευή ηλεκτρικού εξοπλισμού» χρησιμοποιείται ως υποκατάστατη μεταβλητή για την κατασκευαστική βιομηχανία στον τομέα της καθαρής ενέργειας, καθώς πολλές τεχνολογίες καθαρής ενέργειας εμπίπτουν στην κατηγορία αυτή. Χρησιμοποιείται επίσης ως υποκατάστατη μεταβλητή για το βιομηχανικό οικοσύστημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη βιομηχανική στρατηγική της ΕΕ [COM(2020) 108 final και η πρόσφατη επικαιροποίησή του COM(2021) 350 final].

⁶² Η βραδύτητα οφείλεται σε διάφορες αναντιστοιχίες θέσεων εργασίας (π.χ. γεωγραφικές, τομεακές, επαγγελματικές και χρονικές). Η ταχεία στροφή προς την πράσινη και ψηφιακή μετάβαση έρχεται σε αντίθεση με τον χρόνο που απαιτείται για την ανάπτυξη δεξιοτήτων. Βλ., για παράδειγμα:

- Czako, V., *Skills for the clean energy transition* (Δεξιότητες για τη μετάβαση στην καθαρή ενέργεια), 2022. (υπό έκδοση).
- Asikainen, T., Bitat, A., Bol, E., Czako, V., Marmier, A., Muench, S., Murauskaite-Bull, I., Scapolo, F. and Stoermer, E., *The future of jobs is green* (Το μέλλον των θέσεων εργασίας είναι πράσινο), Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο, 2021, [doi:10.2760/218792](https://doi.org/10.2760/218792), [JRC126047](https://doi.org/10.2760/218792);
- Cedefop (Ευρωπαϊκό Κέντρο για την Ανάπτυξη της Επαγγελματικής Κατάρτισης), *An ally in the green transition – VET, especially apprenticeship, can provide the skills needed for greening jobs – and in turn help shape them* (Ένας σύμμαχος στην πράσινη μετάβαση — η ΕΕΚ, και ιδίως η μαθητεία, μπορεί να παράσχει τις δεξιότητες που απαιτούνται για τη δημιουργία πράσινων θέσεων εργασίας, και με τη σειρά της να συμβάλει στη διαμόρφωσή τους), Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο, 2022, [http://data.europa.eu/doi/10.2801/712651](https://data.europa.eu/doi/10.2801/712651).

Διάγραμμα 3: Ελλείψεις σε εργατικό δυναμικό και υλικά που αντιμετώπισαν οι κατασκευαστές ηλεκτρικού εξοπλισμού της ΕΕ και ο συνολικός μεταποιητικός τομέας της ΕΕ [%].



Πηγή: JRC με βάση δεδομένα ερευνών για τις επιχειρήσεις από τη ΓΔ ECFIN⁶³

Το σχέδιο REPowerEU ζητεί να ενταθούν οι προσπάθειες για την αντιμετώπιση των ελλείψεων σε ειδικευμένο εργατικό δυναμικό σε διάφορους τομείς της τεχνολογίας καθαρής ενέργειας. Για τον σκοπό αυτόν και με βάση τις ήδη υφιστάμενες δραστηριότητες εντός της ΕΕ⁶⁴, το σχέδιο εξαγγέλλει την παροχή στήριξης για τις δεξιότητες μέσω του ERASMUS +⁶⁵ και της κοινής επιχείρησης για το καθαρό υδρογόνο⁶⁶. Στη στρατηγική της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια προτείνονται επίσης συγκεκριμένες δράσεις⁶⁷. Το βιομηχανικό φόρουμ καθαρής ενέργειας του 2022 ενέκρινε την κοινή δήλωση σχετικά με τις δεξιότητες⁶⁸, αναλαμβάνοντας τη δέσμευση να λάβει συγκεκριμένα μέτρα για την αντιμετώπιση των ελλείψεων σε ειδικευμένο εργατικό δυναμικό που έχουν εντοπιστεί⁶⁹. Το 2022 το Συμβούλιο εξέδωσε επίσης σύσταση με την οποία καλεί τα κράτη μέλη να θεσπίσουν μέτρα για την αντιμετώπιση της εργασιακής και κοινωνικής πτυχής των πολιτικών για το κλίμα, την ενέργεια και το περιβάλλον⁷⁰. Στις 12 Οκτωβρίου 2022 η Ευρωπαϊκή Επιτροπή πρότεινε να ανακηρυχθεί το 2023 ως Ευρωπαϊκό Έτος Δεξιοτήτων, ώστε η ΕΕ να καταστεί πιο ελκυστική για τους ειδικευμένους εργαζομένους⁷¹.

Ανισορροπίες μεταξύ των φύλων στο εργατικό δυναμικό του τομέα της ενέργειας και στην έρευνα και την καινοτομία που σχετίζονται με την ενέργεια εξακολουθούν να υφίστανται,

⁶³ Δεδομένα ερευνών για τις επιχειρήσεις και τους καταναλωτές [industry_subsectors_q8_nace2].

⁶⁴ Για παράδειγμα, το ευρωπαϊκό θεματολόγιο δεξιοτήτων για το 2020, το εμβληματικό του σύμφωνο για τις δεξιότητες και οι συμπράξεις του με βιομηχανικά οικοσυστήματα, καθώς και ο Μηχανισμός Δίκαιης Μετάβασης.

⁶⁵ Erasmus + <https://www.erasmuskills.eu/eskills/>

⁶⁶ Κοινή επιχείρηση «Καθαρό υδρογόνο», *Strategic Research and Innovation Agenda 2021–2027* (Θεματολόγιο για τη στρατηγική έρευνα και καινοτομία 2021–2027), <https://www.clean-hydrogen.europa.eu/system/files/2022-02/Clean%20Hydrogen%20JU%20SRIA%20-%20approved%20by%20GB%20-%20clean%20for%20publication%20%28ID%2013246486%29.pdf>.

⁶⁷ COM(2022) 221 final («Στρατηγική της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια»).

⁶⁸ Κοινή δήλωση σχετικά με τις δεξιότητες στον τομέα της καθαρής ενέργειας, που δημοσιεύτηκε στις 16 Ιουνίου 2022. Διατίθεται στη διεύθυνση: https://ec.europa.eu/info/news/clean-energy-industrial-forum-underlines-importance-deploying-renewables-2022-jun-16_en.

⁶⁹ Για παράδειγμα, υπολογίζεται ότι 800 000 εργαζόμενοι θα πρέπει να λάβουν κατάρτιση ώστε να εργαστούν στην αξιακή αλυσίδα των συσσωρευτών, προκειμένου να επιτευχθούν οι στόχοι του REPowerEU. Περίπου 400 000 εργαζόμενοι θα πρέπει να λάβουν κατάρτιση και να αναβαθμίσουν τις δεξιότητές τους στην αξιακή αλυσίδα των αντλιών θερμότητας, με εξαίρεση τους εμπειρογνώμονες που εργάζονται επί του παρόντος στον τομέα των αντλιών θερμότητας και πρόκειται να συνταξιοδοτηθούν τα αμέσως επόμενα έτη (βλ. υποσημείωση 69).

⁷⁰ Σύσταση του Συμβουλίου σχετικά με τη διασφάλιση δίκαιης μετάβασης προς την κλιματική ουδετερότητα (2022/C 243/04).

⁷¹ COM(2022) 526 final.

παρότι δεν υπάρχουν σε μεγάλο βαθμό συνεκτικά και συνεχή δεδομένα ανά φύλο⁷². Η υποεκπροσώπηση των γυναικών στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων των εταιρειών ενέργειας και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση στα υποπεδία των θετικών επιστημών, της τεχνολογίας, της μηχανικής και των μαθηματικών (STEM) αποτυπώνεται στο χαμηλότερο ποσοστό αιτήσεων διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας με γυναίκες εφευρέτες (μόνον 20 % σε όλες τις κατηγορίες διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας το 2021⁷³ και λίγο πάνω από 15 % για τεχνολογίες μετριασμού της κλιματικής αλλαγής⁷⁴), στο χαμηλότερο ποσοστό νεοφυών επιχειρήσεων που ιδρύθηκαν ή συνιδρύθηκαν από γυναίκες (λιγότερο από 15 % στην ΕΕ το 2021)⁷⁵ και στα χαμηλότερα ποσά κεφαλαίου που επενδύθηκαν σε εταιρείες που διοικούνται από γυναίκες (μόνον 2 % σε νεοφυείς επιχειρήσεις στις οποίες απασχολούνται αποκλειστικά γυναίκες και 9 % σε μεικτές ομάδες στην ΕΕ το 2021⁷⁶).

Η ΕΕ εντείνει τις προσπάθειές της για την εξασφάλιση ενός ισορροπημένου και ισότιμου οικοσυστήματος. Στις πρωτοβουλίες περιλαμβάνονται η στρατηγική για την ισότητα των φύλων για την περίοδο 2020-2025⁷⁷, η πρωτοβουλία Women TechEU που δρομολογήθηκε το 2022⁷⁸, το νέο κριτήριο επιλεξιμότητας που περιλαμβάνεται στο πρόγραμμα-πλαίσιο «Ορίζων Ευρώπη»⁷⁹ και τα συγκεκριμένα στοχευόμενα μέτρα στο νέο θεματολόγιο καινοτομίας για το 2022⁸⁰. Η γεφύρωση του χάσματος μεταξύ των φύλων θα συμβάλει όχι μόνο στην αντιμετώπιση των προκλήσεων της ΕΕ όσον αφορά τις θέσεις εργασίας και τις δεξιότητες, προκειμένου να επιτευχθεί η διττή πράσινη και ψηφιακή μετάβαση, αλλά θα στηρίξει επίσης την ένταξη των γυναικών σε αυτούς τους τομείς εργασίας και, συνεπώς, θα συμβάλει στην αντιμετώπιση των κοινωνικών προκλήσεων.

2.2 Τάσεις της έρευνας και της καινοτομίας

Η αυξανόμενη περιβαλλοντική, γεωπολιτική, οικονομική και κοινωνική αστάθεια στον κόσμο απαιτεί μια ευέλικτη πολιτική Ε&Κ της ΕΕ που μπορεί να ανταποκριθεί αποτελεσματικά σε μια κατάσταση κρίσης και ταυτόχρονα να διασφαλίσει την εφαρμογή της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας.

Η πολιτική της ΕΕ για την Ε&Κ διαμορφώνει την κατεύθυνση της καινοτομίας και το χαρτοφυλάκιο των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας. Το μεγαλύτερο πρόγραμμα Ε&Κ στον κόσμο, το πρόγραμμα-πλαίσιο «Ορίζων Ευρώπη» (με προϋπολογισμό ύψους 95,5 δισ. EUR για την Ε&Κ κατά την περίοδο 2021-2027), και άλλα χρηματοδοτικά προγράμματα της ΕΕ

⁷² COM(2020) 953 final, COM(2021) 952 final («Πρόοδος όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας»).

⁷³ Για τις εφευρέσεις στις οποίες τουλάχιστον ένας εφευρέτης έχει την έδρα του στην Ευρώπη. Αριθμητικά στοιχεία με βάση το Ευρωπαϊκό Γραφείο Διπλωμάτων Ευρεσιτεχνίας 2022.

⁷⁴ Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, <https://www.iea.org/commentaries/gender-diversity-in-energy-what-we-know-and-what-we-dont-know>.

⁷⁵ Εκτελεστικός Οργανισμός για το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Καινοτομίας και τις ΜΜΕ (EISMEA), 2022.

⁷⁶ Έκθεση της ομάδας IDC European Women in Venture Capital, 2022.

⁷⁷ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Στρατηγική για την ισότητα των φύλων.

⁷⁸ Εκτελεστικός Οργανισμός για το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Καινοτομίας και τις ΜΜΕ (EISMEA), 2022. https://eisma.ec.europa.eu/programmes/european-innovation-ecosystems/women-techeu_en.

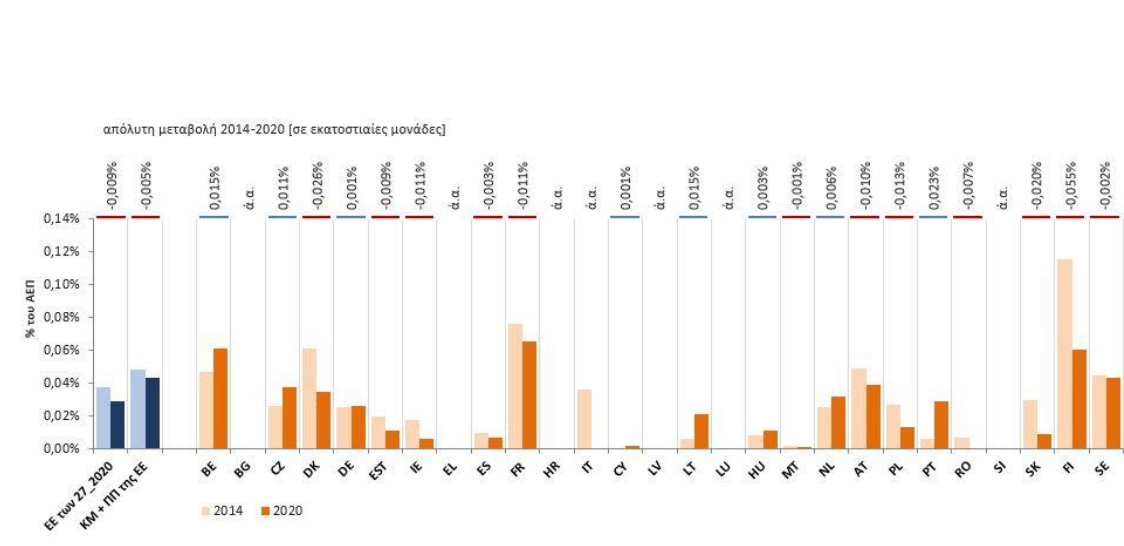
⁷⁹ Το πρόγραμμα-πλαίσιο «Ορίζων Ευρώπη» έχει ένα νέο κριτήριο επιλεξιμότητας, σύμφωνα με το οποίο οι ερευνητικοί οργανισμοί που υποβάλλουν αίτηση χρηματοδότησης πρέπει να διαθέτουν εφαρμόσιμο σχέδιο για την ισότητα των φύλων, με στόχο την ισόρροπη εκπροσώπηση των φύλων σε όλα τα όργανα λήψης αποφάσεων και τους αξιολογητές που σχετίζονται με το πρόγραμμα-πλαίσιο «Ορίζων Ευρώπη». Περισσότερες πληροφορίες διατίθενται στη διεύθυνση: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/democracy-and-rights/gender-equality-research-and-innovation_en#gender-equality-plans-as-an-eligibility-criterion-in-horizon-europe.

⁸⁰ COM(2022) 332 final («Νέο θεματολόγιο καινοτομίας»).

(π.χ. το ταμείο καινοτομίας και η χρηματοδότηση στο πλαίσιο της πολιτικής συνοχής) αποσκοπούν στην ενίσχυση του οικοσυστήματος E&K της ΕΕ και στην επίτευξη των στόχων πολιτικής της ΕΕ⁸¹. Σε συνδυασμό με κοινές και συντονισμένες προσπάθειες σε όλα τα κράτη μέλη [ιδίως μέσω του στρατηγικού σχεδίου ενεργειακών τεχνολογιών (σχέδιο ΣΕΤ)]⁸², οι δραστηριότητες E&K αυξάνουν την ανθεκτικότητα του τομέα της καθαρής ενέργειας της ΕΕ.

Τα περισσότερα κράτη μέλη της ΕΕ αύξησαν τις δημόσιες επενδύσεις τους στην E&K στις προτεραιότητες της Ενεργειακής Ένωσης της ΕΕ το 2020^{83,84}, με περισσότερα από 4 δισ. EUR να έχουν αναφερθεί μέχρι στιγμής. Τα τελικά συνολικά αριθμητικά στοιχεία για το 2020 αναμένεται να είναι συγκρίσιμα με τις τιμές πριν από τη χρηματοπιστωτική κρίση σε απόλυτες τιμές. Ωστόσο, όταν μετρούνται ως ποσοστό του ακαθάριστου εγχώριου προϊόντος (ΑΕΠ), οι επενδύσεις στη δημόσια E&K, σε εθνικό και ενωσιακό επίπεδο, παραμένουν κάτω από τα επίπεδα του 2014 (Διάγραμμα 4).

Διάγραμμα 4: Δημόσιες επενδύσεις στην E&K για την καθαρή ενέργεια στα κράτη μέλη της ΕΕ ως ποσοστό του ΑΕΠ από την έναρξη του προγράμματος-πλαίσιου «Ορίζων 2020»⁸⁵.



Πηγή: JRC με βάση τον ΔΟΕ⁸⁶ και δικές του εργασίες⁸⁷.

Το 2020 τα κονδύλια του προγράμματος-πλαίσιου «Ορίζων 2020» για τη στήριξη των προτεραιοτήτων E&K της Ενεργειακής Ένωσης πρόσθεσαν 2 δισ. EUR στις συνεισφορές των

⁸¹ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Έρευνας και Καινοτομίας *Science, Research and Innovation Performance of the EU report 2022* (Έκθεση σχετικά με τις επιδόσεις της ΕΕ στην επιστήμη, την έρευνα και την καινοτομία του 2022), Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο, 2022.

⁸² Το σχέδιο ΣΕΤ είναι το κύριο εργαλείο της ΕΕ για την εναρμόνιση των πολιτικών και της χρηματοδότησης της E&K για τις τεχνολογίες καθαρής ενέργειας σε ενωσιακό και εθνικό επίπεδο και για τη μόχλευση ιδιωτικών επενδύσεων. Για περισσότερες πληροφορίες: https://energy.ec.europa.eu/topics/research-and-technology/strategic-energy-technology-plan_el.

⁸³ Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, έξυπνο σύστημα, αποδοτικά συστήματα, βιώσιμες μεταφορές, δέσμευση, αξιοποίηση και αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα (CCUS) και πυρηνική ασφάλεια [COM(2015) 80 final] («Δέσμη μέτρων για την Ενεργειακή Ένωση»).

⁸⁴ JRC Σύστημα πληροφοριών του Στρατηγικού Σχεδίου Ενεργειακών Τεχνολογιών (SETIS) https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data_en.

⁸⁵ «ΠΠ της ΕΕ»: το πρόγραμμα-πλαίσιο της ΕΕ και η ένδειξη «ά.α.» (άνευ αντικειμένου) αφορά τις χώρες που δεν παρείχαν δεδομένα.

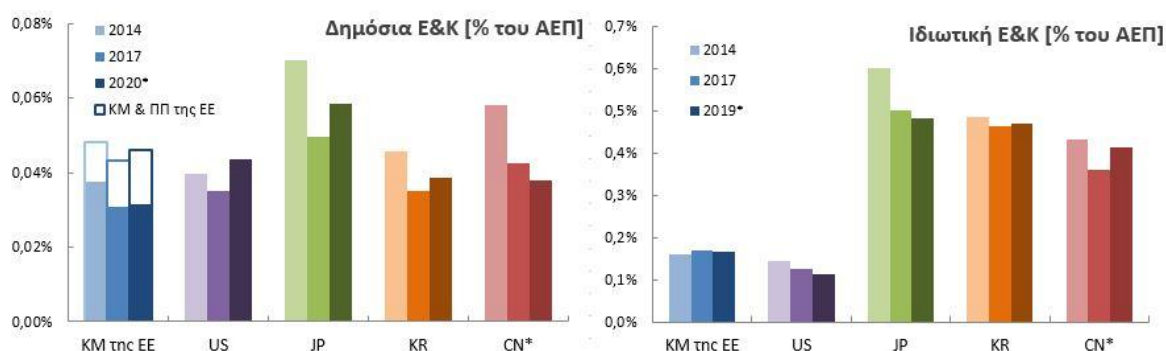
⁸⁶ Προσαρμογή από την έκδοση του 2022 της βάσης δεδομένων κονδυλίων έρευνας, τεχνολογικής ανάπτυξης και επίδειξης (EA&E) ενεργειακών τεχνολογιών του ΔΟΕ.

⁸⁷ JRC SETIS https://setis.ec.europa.eu/publications/setis-research-and-innovation-data_en.

εθνικών προγραμμάτων των κρατών μελών. Παρότι οι εθνικές συνεισφορές από μόνες τους παραμένουν χαμηλές μεταξύ των μεγάλων οικονομιών, με τη συμπερίληψη των κονδυλίων του προγράμματος-πλαίσιου «Ορίζων 2020», η ΕΕ κατέλαβε τη δεύτερη θέση μεταξύ των μεγάλων οικονομιών στις δημόσιες επενδύσεις στην Ε&Κ για την καθαρή ενέργεια το 2020 (Διάγραμμα 5)⁸⁸, τόσο σε απόλυτες δαπάνες (6,6 δισ. EUR, με τις ΗΠΑ να βρίσκονται στην πρώτη θέση με 8 δισ. EUR) όσο και ως ποσοστό του ΑΕΠ (0,046 %, με την Ιαπωνία να βρίσκεται στην πρώτη θέση με 0,058 %, αλλά ακριβώς μπροστά από τις ΗΠΑ και τη Νότια Κορέα⁸⁹).

Σύμφωνα με παγκόσμιες εκτιμήσεις, ο τομέας των επιχειρήσεων επενδύει κατά μέσο όρο τουλάχιστον τρεις φορές περισσότερο στην Ε&Κ για την καθαρή ενέργεια απ' ό,τι ο κυβερνητικός τομέας⁹⁰. Οι επενδύσεις από τον επιχειρηματικό τομέα της ΕΕ αντιπροσωπεύουν το 80 % των δαπανών για την Ε&Κ στις προτεραιότητες της Ενεργειακής Ένωσης για την Ε&Κ. Εκτιμάται ότι το 2019 οι ιδιωτικές επενδύσεις στην Ε&Κ στην ΕΕ ανήλθαν στο 0,17 % του ΑΕΠ (Διάγραμμα 5) και στο 11 % των συνολικών δαπανών του επιχειρηματικού και εταιρικού τομέα στην Ε&Α. Οι εκτιμήσεις για την ΕΕ δείχνουν ότι οι επενδύσεις σε απόλυτες τιμές (18-22 δισ. EUR ετησίως) είναι συγκρίσιμες με τις επενδύσεις των ΗΠΑ και της Ιαπωνίας από το 2014. Ωστόσο, όσον αφορά το ποσοστό του ΑΕΠ, παρότι οι επενδύσεις της ΕΕ είναι υψηλότερες από αυτές των ΗΠΑ, η ΕΕ παραμένει σε χαμηλότερη θέση από άλλες σημαντικές ανταγωνιστικές οικονομίες (Ιαπωνία, Νότια Κορέα και Κίνα).

Διάγραμμα 5: Χρηματοδότηση της Ε&Κ από τον δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα στις προτεραιότητες της Ενεργειακής Ένωσης για την Ε&Κ στις μεγάλες οικονομίες ως ποσοστό του ΑΕΠ



*τα στοιχεία δημόσιας Ε&Κ για την Κίνα και την Ιταλία (επί του συνόλου της ΕΕ) αφορούν το 2019, ενώ τα στοιχεία ιδιωτικής Ε&Κ για το 2019 είναι προσωρινά

Πηγή: JRC με βάση τον ΔΟΕ⁹¹, την πρωτοβουλία «Αποστολή καινοτομίας» (Mission Innovation, MI)⁹² και δικές του εργασίες.

Από το 2014 τα μισά κράτη μέλη της ΕΕ έχουν αυξήσει τη δραστηριότητά τους όσον αφορά την κατοχύρωση διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας σύμφωνα με τις προτεραιότητες της

⁸⁸ Το γράφημα επικαλύπτει τις δύο πρώτες κατηγορίες του διαγράμματος 4 για την ΕΕ. Οι τιμές στα δύο διαγράμματα διαφέρουν ελαφρώς, καθώς τα αριθμητικά στοιχεία για την Ιταλία στο Οι τιμές στα δύο διαγράμματα διαφέρουν ελαφρώς, καθώς τα αριθμητικά στοιχεία για την Ιταλία στο Διάγραμμα 5 προκύπτουν κατ' εκτίμηση.

⁸⁹ Αυτά τα αριθμητικά στοιχεία περιλαμβάνουν κονδύλια των κρατών μελών και του προγράμματος-πλαίσιου της ΕΕ. Η περσινή έκθεση αναφερόταν μόνο στα κονδύλια των κρατών μελών, τα οποία παρουσιάζονται επίσης στο διάγραμμα 5 και παραμένουν χαμηλότερα από τα κονδύλια άλλων μεγάλων οικονομιών ως ποσοστό του ΑΕΠ.

⁹⁰ ΔΟΕ, *Tracking clean energy innovation - A framework for using indicators to inform policy* (Παρακολούθηση της καινοτομίας στον τομέα της καθαρής ενέργειας — Ένα πλαίσιο χρήσης δεικτών για την τεκμηρίωση της πολιτικής), 2020.

⁹¹ Προσαρμογή από την έκδοση του 2022 της βάσης δεδομένων κονδυλίων έρευνας, ανάπτυξης και επίδειξης (ΕΑ&Ε) ενεργειακών τεχνολογιών του ΔΟΕ.

⁹² Mission Innovation Country Highlights (Αποστολή καινοτομίας — Τα σημαντικότερα στοιχεία ανά χώρα), δη υπουργική διάσκεψη MI 2021, http://mission-innovation.net/wp-content/uploads/2021/05/MI_2021v0527.pdf.

Ενεργειακής Ένωσης για την E&K, με πρωτοπόρους στον τομέα της πράσινης καινοτομίας, όπως η Δανία και η Γερμανία, να σημειώνουν υψηλές επιδόσεις τόσο σε απόλυτους αριθμούς όσο και στο μερίδιο των πράσινων διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας στο συνολικό χαρτοφυλάκιο καινοτομίας τους. Η ΕΕ παρέμεινε η κορυφαία αιτούσα για τη χορήγηση διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας παγκοσμίως στους τομείς του περιβάλλοντος (23 %), της ενέργειας (22 %) και των μεταφορών (28 %).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, υπήρξαν ελαφρώς λιγότερες **επιστημονικές δημοσιεύσεις** σχετικά με τις τεχνολογίες ενέργειας χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών το 2020 σε σύγκριση με την περίοδο 2016-2019. Στην ΕΕ, ο αριθμός αυτός αυξήθηκε σε πιο περιορισμένο βαθμό κατά την περίοδο 2016-2019 (σε σύγκριση με τον παγκόσμιο μέσο όρο) και μειώθηκε πιο έντονα το 2020. Η ΕΕ συνεισέφερε λίγο περισσότερο από το 16 % των επιστημονικών άρθρων παγκοσμίως, αλλά συνέχισε να παράγει πάνω από το διπλάσιο του παγκόσμιου μέσου κατά κεφαλήν αριθμού δημοσιεύσεων⁹³.

Η τάση αυτή οφείλεται κυρίως στον αυξανόμενο αριθμό επιστημονικών δημοσιεύσεων σε άλλους τομείς και στο ότι οι οικονομίες υψηλού εισοδήματος δεν φαίνεται πλέον να κρατούν τα ηνία σε θέματα που σχετίζονται με την καθαρή ενέργεια και την καινοτομία⁹⁴. Η ΕΕ πρωτοστατούσε στην έρευνα στον τομέα της ενέργειας πριν από 10 έτη, ωστόσο η μαζική βελτίωση της ποσότητας και της ποιότητας των κινεζικών ερευνητικών δημοσιεύσεων στον τομέα της ενέργειας έχει οδηγήσει την ΕΕ στη δεύτερη θέση. Οι Κινέζοι ερευνητές βρίσκονται στην πρώτη θέση όσον αφορά τις δημοσιεύσεις που αναφέρονται συχνότερα στην ενέργεια (με ποσοστό 39 %)⁹⁵. Ωστόσο, οι επιστήμονες της ΕΕ συνεργάζονται και πραγματοποιούν δημοσιεύσεις διεθνώς για θέματα καθαρής ενέργειας, σε βαθμό που υπερβαίνει κατά πολύ τον παγκόσμιο μέσο όρο και υπάρχει υψηλότερο επίπεδο συνεργασίας μεταξύ του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα στην ΕΕ. Το πρόγραμμα-πλαίσιο για την E&K «Ορίζων 2020», το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης και το έβδομο πρόγραμμα-πλαίσιο για την E&K κατατάχθηκαν μεταξύ των 20 κορυφαίων αναγνωρισμένων συστημάτων χρηματοδότησης παγκοσμίως για τη στήριξη της επιστήμης της καθαρής ενέργειας κατά την περίοδο 2016-2020⁹⁶.

Η ανάγκη βελτίωσης της παρακολούθησης των δραστηριοτήτων E&K στον τομέα της καθαρής ενέργειας από τον δημόσιο και τον ιδιωτικό τομέα και της ποσοτικής αξιολόγησης της ανταγωνιστικότητας επισημάνθηκε στην τελευταία έκδοση της έκθεσης⁹⁷ και έκτοτε έχει

⁹³ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Έρευνας και Καινοτομίας, Provençal, S., Khayat, P., Campbell, D., *Publications as a measure of innovation performance in the clean energy sector: Assessment of bibliometric indicators* (Οι δημοσιεύσεις ως μέτρο των επιδόσεων στην καινοτομία στον τομέα της καθαρής ενέργειας: αξιολόγηση των βιβλιομετρικών δεικτών), Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο, 2022.

⁹⁴ Schneegans S., Straza, T., and Lewis, J. (εκδότες), UNESCO Science Report: the Race Against Time for Smarter Development, UNESCO Publishing, Παρίσι, 2021.

⁹⁵ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γενική Διεύθυνση Έρευνας και Καινοτομίας, *Science, Research and Innovation Performance of the EU report 2022* (Έκθεση σχετικά με τις επιδόσεις της ΕΕ στην επιστήμη, την έρευνα και την καινοτομία του 2022), Υπηρεσία Εκδόσεων της Ευρωπαϊκής Ένωσης, Λουξεμβούργο, 2022.

⁹⁶ Elsevier, *Pathways to Net Zero: The Impact of Clean Energy Research* (Πορεία προς μηδενικό ισοζύγιο εκπομπών: ο αντίκτυπος της έρευνας στον τομέα της καθαρής ενέργειας), 2021. Διατίθεται στη διεύθυνση: https://www.elsevier.com/data/assets/pdf_file/0006/1214979/net-zero-2021.pdf. Οι δημοσιεύσεις προσμετρώνται ως έρευνα στην ενέργεια μηδενικού ισοζυγίου εκπομπών εάν προάγουν τις γνώσεις σχετικά με την έρευνα και την καινοτομία στον τομέα της καθαρής ενέργειας και την πορεία προς την επίτευξη ενός μέλλοντος με μηδενικό ισοζύγιο εκπομπών. Τα δεδομένα προέρχονται από τη βάση δεδομένων Scopus.

⁹⁷ COM(2021) 952 final και SWD(2021) 307 final («Πρόοδος όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας»).

καταστεί ακόμα πιο σημαντική. Η επανεξέταση του σχεδίου ΣΕΤ και η προγραμματισμένη επικαιροποίηση των εθνικών σχεδίων για την ενέργεια και το κλίμα (ΕΣΕΚ)⁹⁸, η οποία αναμένεται τον Ιούνιο του 2024⁹⁹, δημιουργούν από κοινού τη δυναμική για την ενίσχυση του διαλόγου σχετικά με την Ε&Κ στον τομέα της καθαρής ενέργειας και την ανταγωνιστικότητα μεταξύ της ΕΕ και των κρατών μελών της.

2.3 Το παγκόσμιο ανταγωνιστικό τοπίο στον τομέα της καθαρής ενέργειας

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η επείγουσα δέσμευση για επιτάχυνση της ενεργειακής μετάβασης έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πολλών λύσεων καθαρής ενέργειας, από εξειδικευμένες τεχνολογίες μέχρι παγκόσμια βιομηχανία και διεθνείς αξιακές αλυσίδες. Η αξία των παγκόσμιων αγορών εκτιμάται ότι θα ανέλθει σε 24 τρις. EUR για την ανανεώσιμη ενέργεια και σε 33 τρις. EUR για την ενεργειακή απόδοση έως το 2050¹⁰⁰.

Η ηγετική θέση της ΕΕ στον τομέα της επιστήμης, η ισχυρή βιομηχανική βάση της και οι φιλόδοξες συνθήκες πλαισίου για την καθαρή ενέργεια παρέχουν μια καλή τεχνολογική βάση για την προβλεπόμενη ανάπτυξη στην αγορά αρκετών τεχνολογιών καθαρής ενέργειας. Η ΕΕ έχει διατηρήσει την καλή της θέση όσον αφορά τα **διεθνώς προστατευόμενα διπλώματα ευρεσιτεχνίας** από το 2014, επιβεβαιώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την τάση που επισημάνθηκε στην περσινή έκθεση¹⁰¹. Η ΕΕ εξακολουθεί να βρίσκεται στη δεύτερη θέση μετά την Ιαπωνία μόνον όσον αφορά τις εφευρέσεις υψηλής αξίας¹⁰², ηγείται στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και διατηρεί το προβάδισμα μαζί με την Ιαπωνία στον τομέα της ενεργειακής απόδοσης, κυρίως χάρη στην εξειδίκευση της ΕΕ στα υλικά και στις τεχνολογίες για τα κτίρια. Τα δεδομένα της ΕΕ σχετικά με την κατοχύρωση διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας καταδεικνύουν επίσης την ηγετική της θέση στους τομείς των ανανεώσιμων καυσίμων· των συσσωρευτών και της ηλεκτροκίνησης· και των τεχνολογιών δέσμευσης, αποθήκευσης και χρήσης του άνθρακα.

Οι περισσότερες νέες επενδύσεις σε τεχνολογίες καθαρής ενέργειας αναμένεται να πραγματοποιηθούν εκτός της ΕΕ και οι απαραίτητες πρώτες ύλες αποτελούν αντικείμενο διεθνούς εμπορίου¹⁰³. Αυτό καθιστά απαραίτητη την ισχυρή παρουσία και τις υψηλές επιδόσεις της ΕΕ στις παγκόσμιες αξιακές αλυσίδες και την πρόσβασή της σε αγορές τρίτων χωρών. Η αύξηση των μέτρων που λαμβάνονται από κυβερνήσεις τρίτων χωρών (θέσπιση φραγμών πρόσβασης στην αγορά, απαιτήσεων τοπικού περιεχομένου και άλλων μέτρων ή πρακτικών που εισάγουν διακρίσεις) μπορεί, ωστόσο, να στρεβλώσει τη **δυναμική του διεθνούς εμπορίου και των επενδύσεων**. Τα μέτρα αυτά μπορούν να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην απασχόληση, την ανάπτυξη και τη φορολογική βάση της ΕΕ και να αποδυναμώσουν τα οφέλη που θα αποκόμιζε υπό κανονικές συνθήκες η ΕΕ χάρη στην ηγετική της θέση στον εν λόγω τομέα. Δημιουργούν επίσης σαφή κίνδυνο «μόλυνσης», διότι μπορούν

⁹⁸ Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τα ΕΣΕΚ: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en.

⁹⁹ ΕΕ L 328 της 21.12.2018. Ο κανονισμός (ΕΕ) 2018/1999 για τη διακυβέρνηση της Ενεργειακής Ένωσης και της Δράσης για το Κλίμα προβλέπει την τακτική επανεξέταση των ΕΣΕΚ με σκοπό την εναρμόνισή τους με τις τελευταίες εξελίξεις πολιτικής. Τα προσχέδια ΕΣΕΚ αναμένονται έως τον Ιούνιο του 2023.

¹⁰⁰ IRENA, *Global energy transformation: a roadmap to 2050* (Παγκόσμια ενεργειακή μετάβαση: χάρτης πορείας με ορίζοντα το 2050), Αμπού Ντάμπι, 2019.

¹⁰¹ COM(2021) 952 final («Πρόοδος όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας»).

¹⁰² Οι οικογένειες ευρεσιτεχνιών (εφευρέσεις) υψηλής αξίας είναι εκείνες που περιλαμβάνουν αιτήσεις σε περισσότερους από έναν οργανισμούς (δηλαδή εκείνες για τις οποίες υποβάλλεται αίτηση προστασίας σε περισσότερες από μία χώρες ή αγορές).

¹⁰³ Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, *Net Zero by 2050 - A Roadmap for the Global Energy Sector* (Μηδενικό ισοζύγιο εκπομπών έως το 2050 — Χάρτης πορείας για τον παγκόσμιο ενεργειακό τομέα), 2021.

να ωθήσουν άλλες τρίτες χώρες να λάβουν παρόμοια μέτρα που δημιουργούν ανεπάρκειες στις διεθνείς αλυσίδες εφοδιασμού και, μακροπρόθεσμα, επηρεάζουν τα κίνητρα για επενδύσεις στον τομέα. Αυτό με τη σειρά του θα οδηγούσε σε αύξηση του κόστους για τη συνολική μετάβαση και θα μπορούσε να υπονομεύσει τη συνεχιζόμενη δέσμευση του ευρέος κοινού για απαλλαγή από τις ανθρακούχες εκπομπές σε παγκόσμιο επίπεδο.

Εξακολουθεί επίσης να υπάρχει ανησυχία —η οποία αυξάνεται— σε ολόκληρο τον κόσμο σχετικά με τις επιπτώσεις της κρατικής και υποστηριζόμενης με επιδοτήσεις τεχνολογικής κυριαρχίας· των κλειστών αγορών· των διαφορετικών κανόνων για την προστασία της διανοητικής ιδιοκτησίας (ΔΙ)· των πολιτικών καινοτομίας και ανταγωνιστικότητας στον συγκεκριμένο τομέα, και ιδίως εκείνων που εφαρμόζονται από την Κίνα, καθώς και από άλλες τρίτες χώρες. Η τρέχουσα γεωπολιτική κρίση έχει επίσης επηρεάσει τον ανταγωνισμό στην παγκόσμια αγορά καθαρής ενέργειας και απομένει να διαπιστωθεί με ποιον τρόπο τα νέα εθνικά μέτρα για την επιτάχυνση της εγχώριας ανάπτυξης των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας (π.χ. ο νόμος των ΗΠΑ για τη μείωση του πληθωρισμού¹⁰⁴) θα μπορούσαν να επηρεάσουν αρνητικά το παγκόσμιο ανταγωνιστικό τοπίο στον τομέα της καθαρής ενέργειας.

Στο πλαίσιο αυτό, **η διεθνής συνεργασία στον τομέα της E&K** όχι μόνο θα επιταχύνει περαιτέρω τη μετάβαση σε καθαρές μορφές ενέργειας, αλλά θα αντισταθμίσει επίσης τη διατάραξη της παγκόσμιας αγοράς ενέργειας. Προγράμματα και πολιτικές της ΕΕ, όπως το πρόγραμμα-πλαίσιο «Ορίζων Ευρώπη» και το πρόγραμμα Erasmus +, έχουν στηρίξει σταθερά τη συνεργασία στον τομέα της E&K με αξιόπιστους παγκόσμιους εταίρους. Στην ανακοίνωση της Επιτροπής για την παγκόσμια προσέγγιση στην έρευνα και την καινοτομία¹⁰⁵ παρέχεται ένα βελτιωμένο πλαίσιο όσον αφορά την ανάπτυξη διεθνούς συνεργασίας. Στην ανακοίνωση της Επιτροπής με τίτλο «Εξωτερική ενεργειακή δέσμευση της ΕΕ σε έναν μεταβαλλόμενο κόσμο»¹⁰⁶ προβλέπεται η εντατικοποίηση της εν λόγω συνεργασίας και η ανάπτυξη εταιρικών σχέσεων για τη στήριξη της πράσινης μετάβασης σε θέματα ζωτικής σημασίας, όπως το ανανεώσιμο υδρογόνο και το υδρογόνο χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών, καθώς και την πρόσβαση σε πρώτες ύλες και καινοτομία. Επιπλέον, στην ανακοίνωση της Επιτροπής με τίτλο «Ένας νέος EXE για την έρευνα και την καινοτομία»¹⁰⁷ ζητείται να επικαιροποιηθούν και να αναπτυχθούν οι κατευθυντήριες αρχές για την αξιοποίηση της γνώσης. Ένας κώδικας πρακτικής για την έξυπνη χρήση της ΔΙ αναμένεται έως το τέλος του 2022¹⁰⁸. Η Επιτροπή συμβάλλει στην προώθηση της διεθνούς συνεργασίας για την καινοτομία και την τεχνολογία στον τομέα της ενέργειας συνεχίζοντας να συμμετέχει στην πρωτοβουλία «Αποστολή Καινοτομίας»¹⁰⁹ και στην υπουργική διάσκεψη για την καθαρή ενέργεια. Επιπλέον, η νέα στρατηγική παγκόσμιας συνδεσιμότητας της ΕΕ, η Global Gateway¹¹⁰, η ανακοίνωση της

¹⁰⁴ [FACT SHEET: The Inflation Reduction Act Supports Workers and Families | The White House](#) (ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΟ ΔΕΛΤΙΟ: Η νομοθετική πράξη για τη μείωση του πληθωρισμού στηρίζει τους εργαζόμενους και τις οικογένειες - Λευκός Οίκος)

¹⁰⁵ COM(2021) 252 final («Η στρατηγική της Ευρώπης για τη διεθνή συνεργασία σε έναν μεταβαλλόμενο κόσμο»).

¹⁰⁶ JOIN(2022) 23 final («Εξωτερική ενεργειακή δέσμευση της ΕΕ σε έναν μεταβαλλόμενο κόσμο»).

¹⁰⁷ COM(2020) 628 final («Ένας νέος EXE για την έρευνα και την καινοτομία»).

¹⁰⁸ Ένας νέος οδηγός για την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων του προγράμματος-πλαισίου «Ορίζων Ευρώπη» διατίθεται ήδη στη διεύθυνση: <https://data.europa.eu/doi/10.2826/437645>.

¹⁰⁹ <http://mission-innovation.net/>. Μετά τα πρώτα πέντε επιτυχημένα έτη, η πρωτοβουλία MI 2.0 δρομολογήθηκε με ένα νέο σύνολο «αποστολών».

¹¹⁰ JOIN(2021) 30 final («Global Gateway») Κοινή ανακοίνωση της Επιτροπής και του Ύπατου Εκπροσώπου της Ένωσης για Θέματα Εξωτερικής Πολιτικής και Πολιτικής Ασφαλείας προς το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο, το Συμβούλιο, την Ευρωπαϊκή Οικονομική και Κοινωνική Επιτροπή, την Επιτροπή των Περιφερειών και την Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων.

Επιτροπής με τίτλο «Επανεξέταση της εμπορικής πολιτικής»¹¹¹ και η διεθνής εταιρική σχέση δίκαιης ενεργειακής μετάβασης με τη Νότια Αφρική¹¹² υπογραμμίζουν τη σημασία της εμβάθυνσης της διεθνούς συνεργασίας και των εμπορικών σχέσεων ώστε να επιτευχθεί μόχλευση της ανταγωνιστικότητας των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας σε συνέργεια με τον ανοικτό χαρακτήρα και την ελκυστικότητα της ενιαίας αγοράς της ΕΕ.

Θα πρέπει να αναπτυχθούν συνέργειες μεταξύ της διεθνούς συνεργασίας στον τομέα της έρευνας, της μεταφορά τεχνολογίας, της εμπορικής πολιτικής και της ενεργειακής διπλωματίας ώστε να εξασφαλιστούν συνθήκες εμπορίου και επενδύσεων χωρίς στρεβλώσεις όσον αφορά τις τεχνολογίες, τις υπηρεσίες και τις πρώτες ύλες που απαιτούνται για τη μετάβαση τόσο εντός όσο και εκτός της ΕΕ. Η ΕΕ θα πρέπει επίσης να αξιοποιήσει περαιτέρω τις δυνατότητές της για αναβάθμιση της καινοτομίας ώστε να αποφευχθεί ο κίνδυνος αύξησης της εξάρτησής της από άλλες μεγάλες οικονομίες για εισαγόμενες τεχνολογίες που απαιτούνται για την ενεργειακή μετάβαση και τη νέα αρχιτεκτονική του ενεργειακού συστήματος.

2.4 Το τοπίο της χρηματοδότησης της καινοτομίας στην ΕΕ¹¹³

Οι λύσεις κλιματικής τεχνολογίας¹¹⁴ ενισχύουν την ανταγωνιστικότητα και την τεχνολογική κυριαρχία της ΕΕ. Μαζί με την υιοθέτηση πιο ώριμων τεχνολογιών παραγωγής, θα διαδραματίσουν καίριο ρόλο στην επίτευξη ουδέτερου ισοζυγίου άνθρακα έως το 2050¹¹⁵.

Τα τελευταία 6 έτη ο τομέας της κλιματικής τεχνολογίας της ΕΕ προσελκύει ολοένα και περισσότερες επενδύσεις κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου¹¹⁶ που βρίσκονται στην πρώτη γραμμή της καινοτομίας. Η κλιματική τεχνολογία μπορεί να απαιτήσει μεγάλους χρόνους ολοκλήρωσης πριν από την ωρίμασή της και, συνεπώς, υπάρχει ζωτική ανάγκη διάθεσης σημαντικού ποσού κεφαλαίου καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής της χρηματοδότησης

¹¹¹ COM(2021) 66 final («Επανεξέταση της εμπορικής πολιτικής — Μια ανοικτή, βιώσιμη και δυναμική εμπορική πολιτική»).

¹¹² Εταιρική σχέση δίκαιης ενεργειακής μετάβασης με τη Νότια Αφρική (europa.eu).

¹¹³ Η ανάλυση που παρουσιάζεται στην παρούσα ενότητα βασίζεται σε στοιχεία του PitchBook. Το PitchBook εντοπίζει επί του παρόντος περισσότερες από 2 750 εταιρείες κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου στην κάθετη δράση του για την κλιματική τεχνολογία (σε σύγκριση με περισσότερες από 2 250 κατά τον χρόνο δημοσίευσης της έκδοσης του 2021 της έκθεσης του CPR). Ως εκ τούτου, τα αριθμητικά στοιχεία σχετικά με τις παλαιότερες επενδύσεις κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου στις εκθέσεις για του CPR του 2020 και του 2021 δεν είναι άμεσα συγκρίσιμα.

¹¹⁴ Η κάθετη δράση για την κλιματική τεχνολογία του PitchBook είναι μια επιλογή 2 760 εταιρειών που αναπτύσσουν τεχνολογίες που αποσκοπούν στον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής ή στην προσαρμογή σε αυτές. Οι περισσότερες εταιρείες σε αυτήν την κάθετη δράση επικεντρώνονται στον μετριασμό της αύξησης των εκπομπών μέσω τεχνολογιών και διαδικασιών απανθρακοποίησης. Οι εφαρμογές στο πλαίσιο αυτής της κάθετης δράσης του κλάδου περιλαμβάνουν την παραγωγή ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές· την αποθήκευση ενέργειας για μεγάλα χρονικά διαστήματα· τον εξηλεκτρισμό των μεταφορών· καινοτομίες στον τομέα της γεωργίας· βελτιώσεις βιομηχανικών διεργασιών· και τεχνολογίες εξόρυξης.

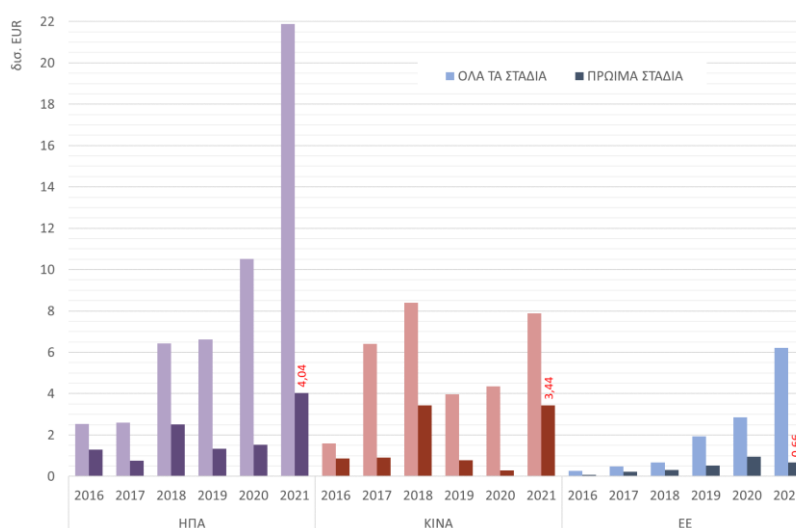
¹¹⁵ Η ενότητα αναπτύχθηκε σε στενή συνεργασία με το Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής: Georgakaki, A. et al., Clean Energy Technology Observatory Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union – 2022 Status Report (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας: Συνολική στρατηγική ανάλυση της τεχνολογίας καθαρής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση — Έκθεση προόδου του 2022), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022, JRC131001.

¹¹⁶ Οι συμφωνίες κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου ορίζονται ως συμφωνίες σε πρώιμο στάδιο (συμπεριλαμβανομένων των κεφαλαίων προληπτικού σταδίου, των κεφαλαίων επιτάχυνσης/εκκολαπτηρίου, της χρηματοδότησης μέσω επιχειρηματικών αγγέλων, των κεφαλαίων εκκίνησης, με τις σειρές Α και Β να πραγματοποιούνται εντός 5 ετών από την ημερομηνία ίδρυσης της εταιρείας) και ως συμφωνίες μεταγενέστερου σταδίου (συνήθως οι γύροι από τη σειρά Β έως τη σειρά Ζ + και/ή που πραγματοποιούνται πάνω από 5 έτη μετά την ημερομηνία ίδρυσης της εταιρείας, οι μη δημοσιοποιημένες σειρές και η αύξηση/επέκταση ιδιωτικών κεφαλαίων).

των νεοφυών επιχειρήσεων· επενδύσεις στην E&K¹¹⁷. κυβερνητική δράση με σκοπό την εξάλειψη των κινδύνων για την ανάπτυξη λύσεων κλιματικής τεχνολογίας και περαιτέρω ενθάρρυνση της συμμετοχής του ιδιωτικού τομέα.

Παγκοσμίως, οι επενδύσεις κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου **στον τομέα του κλίματος** έχουν επιδείξει εντυπωσιακή ανθεκτικότητα στην πανδημία, με ήδη υψηλότερα επίπεδα επενδύσεων το 2020 (20,2 δισ. EUR) και νέα πρωτοφανή υψηλά επίπεδα το 2021 (40,5 δισ. EUR, αύξηση 100 % σε σύγκριση με το 2020¹¹⁸). Από αυτό το ποσό, οι νεοφυείς και επεκτεινόμενες επιχειρήσεις στον τομέα της κλιματικής τεχνολογίας με έδρα την ΕΕ προσέλκυσαν επενδύσεις κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου ύψους 6,2 δισ. EUR το 2021, ποσό υπερδιπλάσιο σε σχέση με το επίπεδο του 2020¹¹⁹. Το ποσό αυτό αντιπροσωπεύει το 15,4 % των παγκόσμιων επενδύσεων κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου στον τομέα της κλιματικής τεχνολογίας. Το 2021 ήταν επίσης το πρώτο έτος κατά το οποίο οι επενδύσεις σε μεταγενέστερο στάδιο στην κλιματική τεχνολογία με έδρα την ΕΕ ήταν υψηλότερες απ' ό,τι στην Κίνα¹²⁰. Ωστόσο, οι επενδύσεις σε πρώιμο στάδιο έφθασαν σε νέα υψηλά επίπεδα στις ΗΠΑ και στην Κίνα το 2021, αλλά κορυφώθηκαν στην ΕΕ (Διάγραμμα 6).

Διάγραμμα 6: Επενδύσεις κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου σε νεοφυείς και επεκτεινόμενες επιχειρήσεις στον τομέα της κλιματικής τεχνολογίας



Πηγή: Επεξεργασία από το JRC με βάση τα στοιχεία του PitchBook.

¹¹⁷ Δημιουργείται η έννοια των εξαιρετικά πράσινων νεοφυών επιχειρήσεων (δηλαδή νεοφυών επιχειρήσεων που χρησιμοποιούν τεχνολογίες αιχμής για την αντιμετώπιση περιβαλλοντικών προκλήσεων, όπως η κατασκευή πράσινων συσσωρευτών και τα ηλεκτρικά αεροσκάφη). Ο εξαιρετικά πράσινος χαρακτήρας βρίσκεται εκεί όπου τέμνονται η κλιματική τεχνολογία και η υπερπροηγμένη τεχνολογία (υπερπροηγμένη τεχνολογία είναι η εφαρμογή επιστημονικών ανακαλύψεων στη μηχανική, τα μαθηματικά, τη φυσική και την ιατρική. Χαρακτηρίζεται από μεγάλους κύκλους E&A και μη δοκιμασμένα επιχειρηματικά μοντέλα).

¹¹⁸ Αυτό αντιπροσωπεύει το 5,2 % της συνολικής χρηματοδότησης με κεφάλαια επιχειρηματικού κινδύνου το 2021 σύμφωνα με την επεξεργασία του JRC με βάση τα στοιχεία του PitchBook (4,6 % το 2020).

¹¹⁹ COM(2021) 952 final («Πρόοδος όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας»).

¹²⁰ Οι επενδύσεις στη σουηδική εταιρεία ανάπτυξης συσσωρευτών ηλεκτρικών οχημάτων Northvolt και μόνον έχουν σημαντικές επιπτώσεις στις συνολικές τάσεις των επενδύσεων κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου στις εταιρείες κλιματικής τεχνολογίας της ΕΕ κατά τα τελευταία έτη. Δεδομένου ότι η εταιρεία προχώρησε σε μεταγενέστερα επενδυτικά στάδια, οι επενδύσεις σε πρώιμο στάδιο σε εταιρείες της ΕΕ στον τομέα της κλιματικής τεχνολογίας μειώθηκαν το 2021, ενώ οι επενδύσεις σε μεταγενέστερο στάδιο αυξήθηκαν σε βαθμό που, για πρώτη φορά, έφτασαν σε υψηλότερη αξία από αυτήν που αναφέρθηκε στην Κίνα.

Ο τομέας της ενέργειας αντιπροσώπευε το 22 % των παγκόσμιων επενδύσεων κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου στον τομέα της κλιματικής τεχνολογίας το 2021 (η παραγωγή καθαρής ενέργειας¹²¹ και οι τεχνολογίες δικτύου¹²² αντιπροσώπευαν το 13,2 % και το 8,7 %, αντίστοιχα). Με επίπεδα σχεδόν τετραπλάσια (x 3,8) σε σχέση με το 2020¹²³, ο τομέας της ενέργειας εξακολουθεί να υστερεί σε σχέση με τον τομέα της κινητικότητας και των μεταφορών (46 %), αλλά για πρώτη φορά ξεπέρασε τον τομέα των τροφίμων και της χρήσης γης (19,6 %).

Στην ΕΕ, οι επενδύσεις κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου σε εταιρείες ενέργειας επιβεβαίωσαν τη σταθερή ανάπτυξη που παρατηρείται τα τελευταία 4 έτη (αύξηση κατά 60 % σε σχέση με το 2020). Παρά τις καλές αυτές επιδόσεις, το σχετικό μερίδιο των επενδύσεων κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου της ΕΕ στην ενέργεια μειώθηκε κατά το ήμισυ το 2021. Με το 10 % των επενδύσεων κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου σε εταιρείες ενέργειας, η ΕΕ κατατάσσεται στην τρίτη θέση, πολύ πίσω από τις ΗΠΑ (62 %) και την Κίνα (13,3 %), οι οποίες παρουσίασαν εξαιρετικά επίπεδα επενδύσεων για το 2021 χάρη στις τεράστιες συμφωνίες στον τομέα της παραγωγής καθαρής ενέργειας.

Παρά τη θετική δυναμική της χρηματοδότησης με κεφάλαια επιχειρηματικού κινδύνου στην ΕΕ και την προσέλκυση κλιματικής τεχνολογίας με έδρα την ΕΕ για επενδυτές κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου, τα διαρθρωτικά εμπόδια και οι κοινωνικές προκλήσεις¹²⁴ εξακολουθούν να αποτελούν τροχοπέδη για την ανάπτυξη των επεκτεινόμενων επιχειρήσεων στον τομέα της κλιματικής τεχνολογίας με έδρα την ΕΕ σε σύγκριση με άλλες μεγάλες οικονομίες. Ωστόσο, η ταξινόμηση της ΕΕ για τις βιώσιμες δραστηριότητες παρέχει ένα πλαίσιο για τη διευκόλυνση των βιώσιμων επενδύσεων και ορίζει περιβαλλοντικά βιώσιμες οικονομικές δραστηριότητες. Επιπλέον, η πολιτική της ΕΕ για την καινοτομία έχει επεκταθεί με την πάροδο των ετών και το θεσμικό τοπίο έχει αλλάξει¹²⁵.

Ο τρίτος πυλώνας του προγράμματος-πλαίσιου «Ορίζων Ευρώπη» για την «Καινοτόμο Ευρώπη» έχει παράσχει εργαλεία για τη στήριξη των νεοφυών επιχειρήσεων, των επεκτεινόμενων επιχειρήσεων και των μικρών και μεσαίων επιχειρήσεων (ΜΜΕ). Στο πλαίσιο αυτό, το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Καινοτομίας (ΕΣΚ) είναι, με προϋπολογισμό ύψους 10,1 δισ. EUR για την περίοδο 2021-2027, το εμβληματικό πρόγραμμα καινοτομίας της ΕΕ για τον εντοπισμό, την ανάπτυξη και την επέκταση πρωτοποριακών τεχνολογιών και ρηζικέλευθων καινοτομιών. Το πρόγραμμα-πλαίσιο «Ορίζων Ευρώπη» στηρίζει επίσης την πρωτοβουλία Ευρωπαϊκά Οικοσυστήματα Καινοτομίας και το Ευρωπαϊκό Ινστιτούτο Καινοτομίας και Τεχνολογίας (EIT). Η EIT InnoEnergy έχει οικοδομήσει το μεγαλύτερο οικοσύστημα καινοτομίας στον τομέα της βιώσιμης ενέργειας παγκοσμίως και προωθεί επίσης

¹²¹ Συμπεριλαμβανομένων της ηλιακής, της αιολικής και της πυρηνικής ενέργειας, της παραγωγής ενέργειας από απόβλητα, της ωκεάνιας και της υδροηλεκτρικής και γεωθερμικής ενέργειας.

¹²² Συμπεριλαμβανομένων της αποθήκευσης ενέργειας για μεγάλα χρονικά διαστήματα, της διαχείρισης δικτύου, της ανάλυσης, της τεχνολογίας συσσωρευτών, των ευφών δικτύων και της παραγωγής καθαρού υδρογόνου.

¹²³ Οι επενδύσεις σε τεχνολογίες παραγωγής καθαρής ενέργειας αποτελούν τον κύριο μοχλό αυτής της ανάπτυξης. Έχοντας λάβει ώθηση από σημαντικές μεγάλες επενδύσεις στην πυρηνική σύντηξη στις ΗΠΑ και στην αιολική ενέργεια στην Κίνα, αυξήθηκαν 2,4 φορές ταχύτερα απ' ό,τι οι επενδύσεις σε τεχνολογίες δικτύου και οι επενδύσεις κεφαλαίων επιχειρηματικού κινδύνου στον τομέα του κλίματος εν γένει.

¹²⁴ COM(2020) 953 final («Εκθεση σχετικά με την πρόοδο όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα του τομέα καθαρής ενέργειας») και COM(2022) 332 final («Νέο ευρωπαϊκό θεματολόγιο καινοτομίας»).

¹²⁵ COM(2022) 332 («Νέο ευρωπαϊκό θεματολόγιο καινοτομίας»).

τη μετάβαση σε μια ΕΕ απαλλαγμένη από τις ανθρακούχες εκπομπές έως το 2050 μέσω της ηγετικής θέσης τριών βιομηχανικών αξιακών αλυσίδων (της Ευρωπαϊκής Συμμαχίας για τους Συσσωρευτές, του Ευρωπαϊκού Κέντρου Επιτάχυνσης της Χρήσης του Πράσινου Υδρογόνου και της Ευρωπαϊκής Πρωτοβουλίας για την Ηλιακή Ενέργεια).

Όσον αφορά τα **χρηματοδοτικά προγράμματα της ΕΕ**, το Ταμείο Καινοτομίας είναι ένα από τα μεγαλύτερα παγκοσμίως¹²⁶ για την επίδειξη καινοτόμων τεχνολογιών καθαρής ενέργειας και την ανάπτυξή τους σε βιομηχανική κλίμακα. Το πρόγραμμα InvestEU αποτελεί σημαντικό στοιχείο του σχεδίου ανάκαμψης της ΕΕ, υποστηρίζοντας την πρόσβαση σε χρηματοδότηση και τη διαθεσιμότητά της για τις ΜΜΕ, τις επιχειρήσεις μεσαίας κεφαλαιοποίησης και άλλες επιχειρήσεις. Η πολιτική συνοχής παρέχει μακροπρόθεσμες επενδύσεις μεγάλης κλίμακας, ιδίως για τις ΜΜΕ, στην καινοτομία και στις βιομηχανικές αξιακές αλυσίδες για την τόνωση της ανάπτυξης τεχνολογιών και επιχειρηματικών μοντέλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών. Επιπλέον, η Ευρωπαϊκή Τράπεζα Επενδύσεων (ΕΤΕπ) και το Ευρωπαϊκό Ταμείο Επενδύσεων (ΕΤΕ) στηρίζουν αποτελεσματικά την ανάπτυξη υπερπροηγμένης τεχνολογίας που χρειάζεται η ΕΕ για να επιτύχει τους στόχους βιωσιμότητάς της. Άλλα χρηματοδοτικά προγράμματα, όπως το Ταμείο Εκσυγχρονισμού και το προτεινόμενο Κοινωνικό Ταμείο για το Κλίμα¹²⁷, αποσκοπούν στη διοχέτευση των εσόδων από τις πολιτικές που σχετίζονται με το κλίμα για τη στήριξη της ενεργειακής μετάβασης.

Τα εν λόγω προγράμματα και άλλες πρωτοβουλίες της ΕΕ, όπως η Ένωση Κεφαλαιαγορών (CMU)¹²⁸, αποσκοπούν στην περαιτέρω κινητοποίηση ιδιωτών επενδυτών για τη χρηματοδότηση νεοφυών επιχειρήσεων στον τομέα της κλιματικής τεχνολογίας και της υπερπροηγμένης¹²⁹ κλιματικής τεχνολογίας. Για παράδειγμα, η πρωτοποριακή σύμπραξη μεταξύ της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και του προγράμματος Breakthrough Energy Catalyst¹³⁰ αποτελεί ακόμα ένα παράδειγμα του τρόπου τόνωσης των επενδύσεων σε κλιματικές τεχνολογίες κρίσιμης σημασίας με συνέργεια μεταξύ του δημόσιου και του ιδιωτικού τομέα.

Η δημιουργία συνεργειών μεταξύ των προγραμμάτων και των μέσων της ΕΕ και η αύξηση της συνοχής μεταξύ των τοπικών οικοσυστημάτων καινοτομίας της ΕΕ μπορούν να βοηθήσουν την ΕΕ να εξελιχθεί σε παγκόσμιο ηγέτη στην κλιματική τεχνολογία, αντιμετωπίζοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την υστέρηση των επεκτεινόμενων επιχειρήσεων μεταξύ της ΕΕ και άλλων μεγάλων οικονομιών μέσω της αξιοποίησης των ποικίλων ταλέντων, των περιουσιακών στοιχείων διανοητικής ιδιοκτησίας και των βιομηχανικών δυνατοτήτων της. Ο ευρωπαϊκός πίνακας αποτελεσμάτων στον τομέα της καινοτομίας του 2022¹³¹ υπογραμμίζει τη σημασία της δημιουργίας ενός πανευρωπαϊκού οικοσυστήματος καινοτομίας, ενώ η ανακοίνωση της Επιτροπής του 2022 με τίτλο «Νέο ευρωπαϊκό θεματολόγιο καινοτομίας»¹³² αποτελεί ήδη ένα

¹²⁶ Στήριξη ύψους 38 δισ. EUR από το 2020 έως το 2030, με βάση την παραδοχή ότι η τιμή του άνθρακα ανέρχεται σε 75 EUR/tCO₂.

¹²⁷ https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/delivering-european-green-deal/social-climate-fund_el

¹²⁸ https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/capital-markets-union_el

¹²⁹ Οι νεοφυείς επιχειρήσεις υπερπροηγμένης τεχνολογίας βασίζονται στην επιστημονική γνώση και συνήθως έχουν μακροχρόνιους κύκλους Ε&Α και μη δοκιμασμένα επιχειρηματικά μοντέλα. Οι νεοφυείς επιχειρήσεις υπερπροηγμένης κλιματικής τεχνολογίας είναι επιχειρήσεις που χρησιμοποιούν τεχνολογία αιχμής για την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προκλήσεων.

¹³⁰ Σύμπραξη της Επιτροπής με το πρόγραμμα Breakthrough Energy Catalyst (europa.eu): https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/IP_21_2746

¹³¹ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Ευρωπαϊκός πίνακας αποτελεσμάτων στον τομέα της καινοτομίας 2022, Ετήσια έκθεση, 2022.

¹³² COM(2022) 332 («Νέο ευρωπαϊκό θεματολόγιο καινοτομίας»).

βήμα προόδου διότι αποσκοπεί στην αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων του οικοσυστήματος καινοτομίας της ΕΕ¹³³.

2.5 Επιπτώσεις της συστημικής αλλαγής

Για να επιτευχθεί η διττή πράσινη και ψηφιακή μετάβαση και να επιτευχθούν οι στόχοι της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και της προσαρμογής στον στόχο του 55 %, ο τομέας της καθαρής ενέργειας της ΕΕ πρέπει να επιταχύνει μια αλλαγή προτύπου που βρίσκεται ήδη σε εξέλιξη: την ανάγκη να εξαλειφθούν τα στεγανά μεταξύ των τομέων και να ενισχυθεί η συνεργασία σε οριζόντιους τομείς (π.χ. ο κρίσιμος ρόλος των πρώτων υλών, η ψηφιοποίηση του ενεργειακού συστήματος και η αλληλεπίδραση των διαφόρων τεχνολογιών στις βιομηχανικές διεργασίες, στα μεμονωμένα κτίρια και στις πόλεις). Στα παραδείγματα αυτού του συστημικού μετασχηματισμού περιλαμβάνονται τα εξής: τεχνολογίες καθαρής ενέργειας που σχετίζονται με τα κτίρια· ψηφιοποίηση του ενεργειακού συστήματος· και ενεργειακές κοινότητες και συνεργασία σε υποεθνικό επίπεδο.

Τεχνολογίες καθαρής ενέργειας που σχετίζονται με τα κτίρια: Οι υποχρεωτικές ηλιακές φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις σε στέγες και ο διπλασιασμός του τρέχοντος ρυθμού εγκατάστασης μεμονωμένων αντλιών θερμότητας¹³⁴ θα συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων για το κλίμα και την ενέργεια. Για να επιτευχθούν αυτοί οι στόχοι, ο κατασκευαστικός τομέας θα πρέπει να ενσωματώσει ένα ευρύ φάσμα συμπληρωματικών λύσεων για τα νέα κτίρια, όπως αποτελεσματικές μεθόδους μόνωσης και συστήματα ελέγχου, αλλά και μέτρα αποδοτικής χρήσης των πόρων. Αυτό θα πρέπει να συμβαδίζει με την αύξηση του ποσοστού ανακαίνισης και την προώθηση της ριζικής ανακαίνισης. Η επιτόπια αποθήκευση ενέργειας (συσσωρευτές) αποτελεί ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο για την επίτευξη υψηλότερων ποσοστών αντλιών θερμότητας και την αποφυγή ακραίων περιόδων αιχμής στην παραγωγή και τη μεταφορά/διανομή ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός από τη διαθεσιμότητα προϊόντων, οι δεξιότητες εγκατάστασης και οι επιχειρησιακές υπηρεσίες για τις διάφορες τεχνολογίες είναι ζωτικής σημασίας για τους τομείς της καθαρής ενέργειας της ΕΕ και την ανταγωνιστικότητά της.

Ψηφιοποίηση του ενεργειακού συστήματος: Η ψηφιοποίηση επεκτείνεται εκθετικά: η διαδικτυακή κίνηση έχει τριπλασιαστεί μόνο τα τελευταία 5 έτη και περίπου το 90 % των σημερινών δεδομένων παγκοσμίως δημιουργήθηκαν τα τελευταία 2 έτη¹³⁵. Η αποκέντρωση της ενέργειας —σε επίπεδο παραγωγής, καθώς και μέσω εκατομμυρίων συνδεδεμένων έξυπνων συσκευών, αντλιών θερμότητας και ηλεκτρικών αυτοκινήτων— μετασχηματίζει το τοπικό ενεργειακό σύστημα. Αξιολόγηση που διενεργήθηκε για το Αμβούργο (Γερμανία) έδειξε ότι υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες εξοικονόμησης κόστους: η επένδυση ύψους 2 εκατ. EUR στην έξυπνη φόρτιση για τη μείωση της ζήτησης αιχμής μπορεί να αποτρέψει την

¹³³ Στην ανακοίνωση αναφέρεται ότι η ΕΕ θα προωθήσει συγκεκριμένα μέτρα για τη βελτίωση της πρόσβασης στη χρηματοδότηση για τις νεοφυείς και τις επεκτεινόμενες επιχειρήσεις της ΕΕ· τη βελτίωση των κανόνων ώστε να δώσει τη δυνατότητα στους φορείς καινοτομίας να πειραματιστούν με νέες ιδέες· τη διευκόλυνση της δημιουργίας «περιφερειακών κέντρων καινοτομίας»· την προσέλκυση και τη διατήρηση ταλέντων στην ΕΕ· και τη βελτίωση της διαδικασίας χάραξης πολιτικών για την καινοτομία μέσω σαφέστερης ορολογίας, δεικτών και συνόλων δεδομένων, καθώς και πολιτικής στήριξης προς τα κράτη μέλη.

¹³⁴ COM(2022) 230 («Σχέδιο RePowerEU»).

¹³⁵ Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, Digitalization and Energy (Ψηφιοποίηση και ενέργεια), 2017, <https://iea.blob.core.windows.net/assets/b1e6600c-4e40-4d9c-809d-1d1724c763d5/DigitalizationandEnergy3.pdf>.

ανάγκη επένδυσης 20 εκατ. EUR για την αναγκαία ενίσχυση του δικτύου ώστε να καλυφθεί ποσοστό 9 % των ηλεκτρικών οχημάτων στην πόλη¹³⁶. Χωρίς έξυπνη διαχείριση των τοπικών ενεργειακών αναγκών, τα όρια δυναμικότητας στα δίκτυα διανομής μπορούν να επιβραδύνουν τη μετάβαση σε καθαρές μορφές ενέργειας. Ωστόσο, ορισμένες ψηφιακές λύσεις ενδέχεται να αυξήσουν την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου χωρίς τη λήψη κατάλληλων μέτρων απόδοσης, όπως η ανάκτηση της αποβαλλόμενης θερμότητας από τα κέντρα δεδομένων.

Ενεργειακές κοινότητες και υποεθνική συνεργασία: τουλάχιστον δύο εκατομμύρια Ευρωπαίοι πολίτες έχουν συμμετάσχει σε περισσότερες από 8 400 ενεργειακές κοινότητες και έχουν υλοποιήσει περισσότερα από 13 000 έργα από το 2000¹³⁷. Οι ενεργειακές κοινότητες αντιπροσωπεύουν σημαντικό πεδίο δοκιμών και εφαρμογής για τις τεχνολογίες και τις λύσεις καθαρής ενέργειας. Η συνολική δυναμικότητα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που έχει εγκατασταθεί από ενεργειακές κοινότητες στην Ευρώπη εκτιμάται επί του παρόντος σε τουλάχιστον 6,3 GW (δηλαδή περίπου 1-2 % της εγκατεστημένης δυναμικότητας σε εθνικό επίπεδο). Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά αποτελούν τη μερίδα του λέοντος της εγκατεστημένης δυναμικότητας. Ακολουθεί η χερσαία αιολική ενέργεια. Η ανάπτυξη συμμετοχικών μοντέλων για περισσότερες τεχνολογίες καθαρής ενέργειας, ειδικότερα με στόχο τα νοικοκυριά χαμηλότερου εισοδήματος, μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για την ανάπτυξη περισσότερων ενεργειακών κοινοτήτων σε ολόκληρη την ΕΕ και, παράλληλα, να συμβάλει στην αντιμετώπιση της ενεργειακής φτώχειας.

Η ενίσχυση της αλληλεπίδρασης μεταξύ οριζόντιων τομέων, με παράλληλη συνεκτίμηση των αλληλεξαρτήσεων μεταξύ των διαφόρων τομέων τόσο σε επίπεδο κρατών μελών όσο και σε επίπεδο ΕΕ, είναι καίριας σημασίας για την επιτάχυνση της εγκατάστασης και της αναβάθμισης των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας και για την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της ΕΕ στην παγκόσμια αγορά καθαρής ενέργειας¹³⁸.

3. ΈΜΦΑΣΗ ΣΤΙΣ ΚΥΡΙΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΚΑΙ ΛΥΣΕΙΣ ΚΑΘΑΡΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζεται η αξιολόγηση της ανταγωνιστικότητας μιας σειράς τεχνολογιών και λύσεων καθαρής ενέργειας που είναι καίριας σημασίας για την παραγωγή, την αποθήκευση ενέργειας και την ενοποίηση του ενεργειακού συστήματος. Παρέχονται επίσης πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο με τον οποίο η τεχνολογία και η αγορά εξελίσσονται με σκοπό την επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και του REPowerEU. Η παρούσα ενότητα περιλαμβάνει ανάλυση των ηλιακών φωτοβολταϊκών, της αιολικής ενέργειας, των αντλιών θερμότητας για κτιριακές εφαρμογές, των συσσωρευτών, της

¹³⁶ Stromnetz Hamburg, *Elektromobilität – Netzausbaustrategie und Restriktionen im Hamburger Verteilnetz* (Ηλεκτροκίνηση – Στρατηγική επέκτασης του δικτύου και περιορισμοί στο δίκτυο διανομής του Αμβούργου), Αμβούργο, 2018, <https://www.hamburg.de/contentblob/10993526/1f90214d9b07e4de6323c078ff779d9d/data/d-anlage-13-pra%CC%88sentation-snh-20180504-energienetzbeirat-snh.pdf>.

¹³⁷ Schwanitz, V. J., Wierling, A., Zeiss, J. P., von Beck, C., Koren, I. K., Marcroft, T., and Dufner, S., *The contribution of collective prosumers to the energy transition in Europe - Preliminary estimates at European and country level from the COMETS inventory* [Η συμβολή της συλλογικής δράσης των παραγωγών-καταναλωτών στην ενεργειακή μετάβαση στην Ευρώπη – Προκαταρκτικές εκτιμήσεις σε ευρωπαϊκό και σε εθνικό επίπεδο με βάση την απογραφή του έργου COMETS (Collective Action Models for the Energy Transition and Social Innovation / Μοντέλα συλλογικής δράσης για την ενεργειακή μετάβαση και την κοινωνική καινοτομία)], Αύγουστος 2021, <https://doi.org/10.31235/osf.io/2ymuh>.

¹³⁸ SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies / Επιστημονικές συμβουλές πολιτικής από τις ευρωπαϊκές ακαδημίες), *A systemic approach to the energy transition in Europe* (Συστημική προσέγγιση της ενεργειακής μετάβασης στην Ευρώπη), Βερολίνο 2021, <https://doi.org/10.26356/energytransition>.

παραγωγής υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης, των ανανεώσιμων καυσίμων και των ψηφιακών υποδομών. Παρέχει επίσης επισκόπηση άλλων σημαντικών τεχνολογιών¹³⁹. Αυτή η τεκμηριωμένη ανάλυση —με βάση τους δείκτες που απαριθμούνται στο παράρτημα Ι— πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του εσωτερικού Παρατηρητηρίου Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας (CETO) της Επιτροπής, το οποίο τελεί υπό τη διεύθυνση του Κοινού Κέντρου Ερευνών. Οι διεξοδικές, ειδικές ανά τεχνολογία εκθέσεις είναι διαθέσιμες στον ιστότοπο του CETO¹⁴⁰.

3.1. Ηλιακά φωτοβολταϊκά¹⁴¹

Τα ηλιακά φωτοβολταϊκά αποτελούν την ταχύτερα αναπτυσσόμενη τεχνολογία ηλεκτροπαραγωγής παγκοσμίως κατά την τελευταία δεκαετία. Όλα τα σενάρια για την επίτευξη ενός κλιματικά ουδέτερου ενεργειακού συστήματος¹⁴² αποδίδουν κεντρικό ρόλο στα φωτοβολταϊκά. Η πρόσφατη ανακοίνωση σχετικά με την ευρωπαϊκή στρατηγική για την ηλιακή ενέργεια¹⁴³ επιδιώκει την επίτευξη δυναμικότητας περίπου 450 GWac του νέου φωτοβολταϊκού συστήματος από το 2021 έως το 2030. Δεδομένης της τρέχουσας τάσης εγκατάστασης δυναμικότητας συνεχούς ρεύματος (DC) 1,25 έως 1,3 φορές τη δυναμικότητα του εναλλασσόμενου ρεύματος (AC) για τη βελτιστοποίηση της χρήσης της σύνδεσης με το δίκτυο¹⁴⁴, η συνολική ονομαστική δυναμικότητα φωτοβολταϊκής ενέργειας στην ΕΕ θα ανέλθει σε περίπου 720 GWp. Η στρατηγική της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια αντιμετωπίζει τα κύρια εμπόδια και τους φραγμούς στις επενδύσεις με στόχο την επιτάχυνση της εγκατάστασης, την εγγύηση της ασφάλειας του εφοδιασμού και τη μεγιστοποίηση των κοινωνικοοικονομικών οφελών της ενέργειας που παράγεται από φωτοβολταϊκά συστήματα σε ολόκληρη την αξιακή αλυσίδα¹⁴⁵. Η Ευρωπαϊκή Συμμαχία για τον κλάδο των ηλιακών φωτοβολταϊκών, μία από τις συγκεκριμένες πρωτοβουλίες της στρατηγικής της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια, εγκρίθηκε επίσημα από την Επιτροπή τον Οκτώβριο του 2022 και αποσκοπεί στην επέκταση των

¹³⁹ Υδροηλεκτρική ενέργεια, ωκεάνια ενέργεια, γεωθερμική ενέργεια, συγκεντρωμένη ηλιακή ενέργεια και θερμότητα, χρήση και αποθήκευση άνθρακα, βιοενέργεια, πυρηνική ενέργεια.

¹⁴⁰ https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_el

¹⁴¹ Τεκμηριωμένη ανάλυση από το CETO (Chatzipanagi, A. et al., Clean Energy Technology Observatory: Photovoltaics in the European Union 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας: τα φωτοβολταϊκά στην Ευρωπαϊκή Ένωση, Έκθεση προϊόντος του 2022 για την ανάπτυξη της τεχνολογίας, τις τάσεις, τις αξιακές αλυσίδες και τις αγορές), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022, doi: 10.2760/812610 JRC130720), εκτός εάν αναφέρεται διαφορετικά.

¹⁴² Κυρίως τα σενάρια που προβλέπονται από μη κυβερνητικές οργανώσεις όπως η Greenpeace, η Energy Watch Group, η Bloomberg New Energy Finance, ο Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας, ο Διεθνής Οργανισμός Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, καθώς και οι ενώσεις του κλάδου των φωτοβολταϊκών.

¹⁴³ COM(2022) 221 final («Στρατηγική της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια»).

¹⁴⁴ Kougiass I. et al., The role of photovoltaics for the European Green Deal and the recovery plan, 2021 (Ο ρόλος των φωτοβολταϊκών στην Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία και το σχέδιο ανάκαμψης, 2021), (doi: [10.1016/j.rser.2021.111017](https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111017)). AC: εναλλασσόμενο ρεύμα (Alternating Current)· DC: συνεχές ρεύμα (Direct Current).

¹⁴⁵ Οι εμβληματικές δράσεις που εξαγγέλθηκαν στη στρατηγική της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια περιλαμβάνουν την πρωτοβουλία της ΕΕ για τις ηλιακές στέγες· τη δέσμη μέτρων αδειοδότησης της Επιτροπής —συμπεριλαμβανομένων νομοθετικής πρότασης, συστάσεων και κατευθυντήριων γραμμών· τη μεγάλης κλίμακας σύμπραξη δεξιοτήτων της ΕΕ για τις χερσαίες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της ηλιακής ενέργειας· και την Ενωσιακή Συμμαχία για τον κλάδο των ηλιακών φωτοβολταϊκών. Ειδικότερα, η πρωτοβουλία της ΕΕ για τις ηλιακές στέγες θα καταστήσει υποχρεωτική την εγκατάσταση ηλιακών συστημάτων επί στέγης για i) όλα τα νέα δημόσια και εμπορικά κτίρια με ωφέλιμη επιφάνεια δαπέδου άνω των 250 m² έως το 2026· ii) όλα τα υφιστάμενα δημόσια και εμπορικά κτίρια με ωφέλιμη επιφάνεια δαπέδου άνω των 250 m² έως το 2027· και iii) όλα τα νέα οικιστικά κτίρια έως το 2029. Αναμένεται ότι τα μέτρα αυτά, συνδυαστικά, θα αυξήσουν σημαντικά τις επενδύσεις σε περιουσιακά στοιχεία φωτοβολταϊκής ενέργειας και θα ενισχύσουν τις ικανότητες στον τομέα της παραγωγής φωτοβολταϊκών προϊόντων στην ΕΕ.

τεχνολογιών κατασκευής καινοτόμων ηλιακών φωτοβολταϊκών προϊόντων και κατασκευαστικών στοιχείων¹⁴⁶.

Ανάλυση των τεχνολογιών: Η μέση απόδοση των συστοιχιών που έχουν ως βάση κυψέλες πυριτίου έχει αυξηθεί από 15,1 % το 2011 σε 20,9 % το 2021¹⁴⁷. Αυτό οφείλεται στη χρήση μεγαλύτερων κομμένων δισκίων και ηλιακών κυψελών υψηλότερης απόδοσης, συμπεριλαμβανομένων σχεδίων κυψελών πολλαπλών επαφών. Η Ευρώπη διαθέτει αξιοσημείωτη εμπειρογνώσια και πρωτοστατεί στην πολλά υποσχόμενη τεχνολογία του περοβσκίτη, για την οποία διάφορες εταιρείες της ΕΕ, όπως η Envolar (Σουηδία), η Saule Technologies (Πολωνία) και η Solaronix (Γαλλία), δημιουργούν επί του παρόντος γραμμές παραγωγής.

Η στρατηγική της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια¹⁴⁸ αποσκοπεί στην αντιστροφή της πτωτικής τάσης που παρατηρείται στη δημόσια και στην ιδιωτική χρηματοδότηση στον κλάδο των φωτοβολταϊκών¹⁴⁹. Ωστόσο, η ΕΕ εξακολουθεί να αποτελεί ισχυρό φορέα καινοτομίας στον εν λόγω τομέα, με σημαντικό αριθμό δημοσιεύσεων και αιτήσεων διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας που καταγράφηκαν κατά την περίοδο 2017-2019. Μόνο η Γερμανία κατατάσσεται στην πέμπτη θέση παγκοσμίως όσον αφορά την κατοχύρωση με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας εφευρέσεων υψηλής αξίας στον τομέα των φωτοβολταϊκών.

Ανάλυση αξιακής αλυσίδας: Τόσο τα δεδομένα παραγωγής όσο και τα νέα επενδυτικά έργα επιβεβαιώνουν τη δεσπόζουσα θέση της Ασίας, και ειδικότερα της Κίνας, στον τομέα της κατασκευής φωτοβολταϊκών. Το σύνολο της πρόσθετης δυναμικότητας παραγωγής πολυπυριτίου των 80 000 τόνων που ανακοινώθηκε στις αρχές του 2021 (το οποίο πρέπει να προστεθεί στη συνολική παραγωγική δυναμικότητα ~ 650 000 τόνων το 2020), καθώς και οι 118 000 τόνοι που βρίσκονται ήδη υπό κατασκευή, κατασκευάζονται στην Κίνα¹⁵⁰. Οι ηλιακές κυψέλες πυριτίου, οι οποίες παράγονται κυρίως στην Κίνα, αντιπροσωπεύουν πάνω από το 95 % της παγκόσμιας παραγωγής. Ωστόσο, η ΕΕ διατηρεί σημαντικό μερίδιο στα τμήματα του εξοπλισμού παραγωγής (50 %) και των μετατροπών (15 %) της αξιακής αλυσίδας των φωτοβολταϊκών.

Ανάλυση παγκόσμιας αγοράς: Οι παγκόσμιες επενδύσεις σε νέα παραγωγή ηλιακής ενέργειας αυξήθηκαν κατά 19 % το 2021 και ανήλθαν σε 205 δισ. USD (242,5 δισ. EUR¹⁵¹). Ωστόσο, το 2021 σημειώθηκε περαιτέρω επιδείνωση του εμπορικού ισοζυγίου της ΕΕ, διότι οι εισαγωγές της αυξήθηκαν ενώ οι εξαγωγές της παρέμειναν σταθερές, αντιπροσωπεύοντας το 13 % των

¹⁴⁶ https://ec.europa.eu/info/news/commission-kicks-work-european-solar-photovoltaic-industry-alliance-2022-oct-11_el

¹⁴⁷ VDMA, *International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPV)* (Διεθνής τεχνολογικός χάρτης πορείας για τα φωτοβολταϊκά), 2022.

¹⁴⁸ Αποσκοπεί ιδίως στην ανάπτυξη μιας εμβληματικής πρωτοβουλίας για την Ε&Κ στον τομέα της ηλιακής ενέργειας στο πλαίσιο του επόμενου προγράμματος εργασιών του προγράμματος-πλαίσιου «Ορίζων Ευρώπη», στη θέσπιση ενός πλάνου Ε&Κ στην προτεινόμενη συμμαχία της ΕΕ για τον κλάδο των ηλιακών φωτοβολταϊκών, καθώς και στην ανάπτυξη κοινού θεματολογίου Ε&Κ για την ηλιακή ενέργεια με τα κράτη μέλη στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Χώρου Έρευνας.

¹⁴⁹ Τελευταία διαθέσιμα αριθμητικά στοιχεία για το 2018 και το 2019.

¹⁵⁰ Jäger-Waldau, Arnulf (2022) Overview of the Global PV Industry (Επισκόπηση της παγκόσμιας βιομηχανίας φωτοβολταϊκών). Στο: Letcher, Trevor M. (eds.) *Comprehensive Renewable Energy* (Ολοκληρωμένη ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές), 2η έκδοση, τόμος 1, σ. 130-143. Oxford: Elsevier. Doi. 10.1016/B978-0-12-819727-1.00054-6

¹⁵¹ Με βάση τη μέση συναλλαγματική ισοτιμία των 1,1827 EUR για 1 USD κατά το έτος 2021. Βλ. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html

παγκόσμιων εξαγωγών. Η αύξηση του κόστους των υλικών που σημειώθηκε σε πολλούς βιομηχανικούς τομείς το 2021 και το 2022 οδήγησε σε πρωτοφανή και άνευ προηγουμένου αύξηση του κόστους παραγωγής κυψελών και συστοιχιών, αντιστρέφοντας τη δεκαετή τάση μείωσης του κόστους. Ωστόσο, η ανταγωνιστικότητα των φωτοβολταϊκών βελτιώθηκε περαιτέρω σε σύγκριση με τις μη ανανεώσιμες πηγές ηλεκτρικής ενέργειας¹⁵². Συνεπώς, αυξάνεται ο αριθμός των χωρών στις οποίες η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από φωτοβολταϊκά είναι η φθηνότερη πηγή. Οι αυξήσεις των τιμών των ορυκτών καυσίμων λόγω φυσικών καταστροφών, ατυχημάτων ή διεθνών συγκρούσεων δεν μπορούν παρά να ενισχύσουν την εν λόγω τάση.

Εν κατακλείδι, τα τελευταία διαθέσιμα δεδομένα για το 2021 και το 2022 επιβεβαιώνουν την τάση που είχε παρατηρηθεί προηγουμένως¹⁵³. Η ΕΕ έχει επιβεβαιώσει τη θέση της ως μίας από τις μεγαλύτερες αγορές φωτοβολταϊκών και ως ισχυρού φορέα καινοτομίας, ιδίως σε αναδυόμενες τεχνολογίες και εφαρμογές φωτοβολταϊκών (όπως τα αγροφωτοβολταϊκά, τα ενσωματωμένα σε κτίρια φωτοβολταϊκά και τα πλωτά φωτοβολταϊκά). Ωστόσο, η ΕΕ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις εισαγωγές από την Ασία για διάφορα κατασκευαστικά στοιχεία κρίσιμης σημασίας (δισκία, πλινθώματα, κυψέλες και συστοιχίες) και διατηρεί σημαντική παρουσία μόνο στα τμήματα κατασκευής εξοπλισμού παραγωγής και μετατροπών (τα οποία αντιμετωπίζουν επί του παρόντος πρόβλημα λόγω της έλλειψης μικροκυκλωμάτων¹⁵⁴). Πρόσθετα εμπόδια λόγω περιορισμών όσον αφορά την οικονομική προσιτότητα (ιδίως για τα νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος και τις ΜΜΕ) και οι υπερβολικά μεγάλοι χρόνοι αναμονής (π.χ. που συνδέονται με τον ανεπαρκή αριθμό ειδικευμένων εγκαταστατών φωτοβολταϊκών) έχουν ήδη επιπτώσεις στην εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών σε μεγάλη κλίμακα. Τα μέτρα και οι εμβληματικές δράσεις που εξαγγέλθηκαν στη στρατηγική της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια παρέχουν τις κύριες ευκαιρίες για επενδύσεις σε στοιχεία ενεργητικού φωτοβολταϊκής ενέργειας και για την ανάπτυξη της δυναμικότητας παραγωγής φωτοβολταϊκών στην ΕΕ, καθώς και για τη διαφοροποίηση των εισαγωγών. Παράλληλα, η συνεχής τεχνολογική πρόοδος προς πιο αποδοτικά και βιώσιμα σχέδια και διαδικασίες κατασκευής κυψελών κατέστησε δυνατή την περαιτέρω βελτίωση της ανταγωνιστικότητας των τεχνολογιών φωτοβολταϊκών σε σύγκριση με τις μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας — παρότι το κόστος των πρώτων υλών έχει αυξηθεί. Τα στοιχεία αυτά ενισχύουν τις επιχειρηματικές προοπτικές για την τόνωση τόσο της παραγωγής όσο και της εγκατάστασης στην ΕΕ, συμπεριλαμβανομένων των καινοτόμων εφαρμογών.

3.2.Υπεράκτια και χερσαία αιολική ενέργεια¹⁵⁵

Η αιολική ενέργεια διαδραματίζει κεντρικό ρόλο στην πολιτική της ΕΕ για το κλίμα και την ενέργεια, καθώς η επιτάχυνση της ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας είναι απαραίτητη για την

¹⁵² Αυτό οφείλεται στο ότι οι τιμές του φυσικού αερίου, του πετρελαίου και του άνθρακα έχουν αυξηθεί πολύ ταχύτερα κατά την ίδια περίοδο. Βλ. <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update-may-2022>.

¹⁵³ COM(2021) 952 final («Πρόοδος όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας»).

¹⁵⁴ Έκθεση έρευνας της ΕΕ για τα μικροκυκλώματα. [Ευρωπαϊκή έκθεση για τα μικροκυκλώματα |Εσωτερική Αγορά, Βιομηχανία, Επιχειρηματικότητα και ΜΜΕ \(europa.eu\)](#).

¹⁵⁵ Τεκμηριωμένη ανάλυση από το CETO (Telsnig, T. et al., Clean Energy Technology Observatory: Wind Energy in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας: η αιολική ενέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση — Έκθεση προόδου του 2022 σχετικά με την τεχνολογική ανάπτυξη, τις τάσεις, τις αξιακές αλυσίδες και τις αγορές), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022, doi: 10.2760/855840, JRC130582.), εκτός εάν αναφέρεται διαφορετικά.

επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, της προσαρμογής στον στόχο του 55 % και του REPowerEU. Το REPowerEU ζητεί την ταχύτερη εγκατάσταση δυναμικότητας αιολικής ενέργειας, με εγκατάσταση αιολικής ενέργειας 510 GW έως το 2030¹⁵⁶, η οποία προβλέπεται να αντιστοιχεί σε ποσοστό 31 % της εγκατεστημένης ηλεκτροπαραγωγικής δυναμικότητας της ΕΕ¹⁵⁷.

Η ΕΕ κατέχει ηγετική θέση παγκοσμίως στον τομέα της Ε&Κ για την αιολική ενέργεια από το 2014, με δημόσιες δαπάνες ύψους 883 εκατ. EUR για την περίοδο 2014-2021, και επί του παρόντος φιλοξενεί το 38 % όλων των καινοτόμων εταιρειών, με τη μεγαλύτερη δεξαμενή νεοφυών και καινοτόμων εταιρειών. Το 2021, ωστόσο, εγκαταστάθηκε δυναμικότητα αιολικής ενέργειας μόλις 11 GW (10 GW χερσαίας αιολικής ενέργειας· υπεράκτια αιολική ενέργεια 1 GW) στην ΕΕ, και οι προοπτικές για το 2022 εξακολουθούν να υπολείπονται του ρυθμού που απαιτείται για την επίτευξη των στόχων του REPowerEU. Η Κίνα κατέχει επί του παρόντος ηγετική θέση όσον αφορά τις σωρευτικές εγκαταστάσεις αιολικής ενέργειας, με δυναμικότητα 338 GW, κυρίως λόγω των αυξημένων ποσοστών εγκατάστασης το 2021. Το ίδιο έτος η ΕΕ έφτασε περίπου τα 190 GW σωρευτικής εγκατεστημένης δυναμικότητας.

Για την επίτευξη των στόχων του REPowerEU, η επιτάχυνση της αξιοποίησης της αιολικής ενέργειας θα είναι ζωτικής σημασίας και θα απαιτήσει σαφείς επενδυτικούς αγωγούς και τη μετουσίωση πολιτικών στόχων σε πραγματικά μέτρα εφαρμογής, συμπεριλαμβανομένης της θέσπισης δεσμεύσεων για τη διευκόλυνση της αδειοδότησης για την κατασκευή αιολικών πάρκων.

Ανάλυση των τεχνολογιών: Η συνολική εγκατεστημένη χερσαία αιολική δυναμικότητα παγκοσμίως ανήλθε σε 769 GW το 2021, σχεδόν τρεις φορές υψηλότερη απ' ό,τι πριν από μία δεκαετία¹⁵⁸, με εγκατάσταση δυναμικότητας 72 GW μόνο το 2021. Το 2021 αποτέλεσε επίσης έτος-ρεκόρ για την υπεράκτια αιολική ενέργεια, με εγκατάσταση νέας δυναμικότητας 21 GW παγκοσμίως, υπερτριπλάσιας σε σχέση με το προηγούμενο ρεκόρ το 2020. Η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα παγκοσμίως ανήλθε σε 55 GW το 2021¹⁵⁹. Η Κίνα ηγήθηκε ως προς την αύξηση της παγκόσμιας εγκατεστημένης δυναμικότητας με εγκατάσταση 30,6 GW χερσαίας αιολικής δυναμικότητας και 16,9 GW υπεράκτιας αιολικής δυναμικότητας το 2021.

Η ΕΕ διέθετε συνολική εγκατεστημένη χερσαία αιολική δυναμικότητα 173 GW και συνολική εγκατεστημένη υπεράκτια αιολική δυναμικότητα περίπου 16 GW στο τέλος του 2021. Η συνολική αιολική δυναμικότητα ισοδυναμούσε με το 14 % περίπου της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ. Το 2021 σημειώθηκε επίσης η δεύτερη υψηλότερη ετήσια συνεισφορά της χερσαίας αιολικής δυναμικότητας στην ΕΕ από το 2010

¹⁵⁶ SWD(2022) 230 final («Implementing the REPower EU Action plan: investment needs, hydrogen accelerator and achieving the bio-methane Targets») (Εφαρμογή του σχεδίου δράσης REPowerEU: επενδυτικές ανάγκες, πρόγραμμα επιτάχυνσης της χρήσης υδρογόνου και επίτευξη των στόχων για το βιομεθάνιο). Διατίθεται στη διεύθυνση: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0230&from=EN>.

¹⁵⁷ SWD (2022) 230 final («Σύμφωνα με τις προβλέψεις μοντελοποίησης PRIMES της καθαρής εγκατεστημένης δυναμικότητας ηλεκτροπαραγωγής στο REPowerEU το 2030»), διάγραμμα 3: Καθαρή εγκατεστημένη ισχύς στο REPowerEU το 2030 (GWe). Διατίθεται στη διεύθυνση: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52022SC0230&from=EN>.

¹⁵⁸ Renewable Capacity Statistics 2022 (Στατιστικά στοιχεία για τη δυναμικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, 2022), IRENA, Αμπού Ντάμπι, 2022.

¹⁵⁹ Renewable Capacity Statistics 2022 (Στατιστικά στοιχεία για τη δυναμικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, 2022), IRENA, Αμπού Ντάμπι, 2022.

(ετήσια ανάπτυξη 10 GW¹⁶⁰). Ωστόσο, μόνον 1 GW υπεράκτιας αιολικής ενέργειας εγκαταστάθηκε στην ΕΕ το 2021¹⁶¹. Οι παράγοντες του κλάδου επισημαίνουν τη χορήγηση αδειών ως ένα από τα κύρια εμπόδια για τη συνεχιζόμενη και μαζική ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας, διότι προκαλεί καθυστερήσεις και οδηγεί σε μείωση του αριθμού ολοκληρωμένων έργων. Αυτό με τη σειρά του ασκεί πίεση στην κερδοφορία της αλυσίδας εφοδιασμού. Η Επιτροπή έχει υποβάλει νομικές προτάσεις και κατευθυντήριες οδηγίες για την επιτάχυνση της αδειοδότησης στο πλαίσιο της δέσμης μέτρων του REPowerEU.

Ανάλυση αξιακής αλυσίδας: Ο τομέας της αιολικής ενέργειας έχει εξελιχθεί σε παγκόσμια βιομηχανία με περίπου 800 εγκαταστάσεις κατασκευής. Οι περισσότερες από αυτές βρίσκονται στην Κίνα (45 %) και στην Ευρώπη (31 %)¹⁶². Η ΕΕ έχει διατηρήσει το προβάδισμα όσον αφορά τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας υψηλής αξίας στις τεχνολογίες αιολικής ενέργειας: το μερίδιό της όσον αφορά τις εφευρέσεις υψηλής αξίας ήταν 59 % την περίοδο 2017-2019. Οι κατασκευαστές ανεμογεννητριών της ΕΕ συνεχίζουν να πρωτοστατούν όσον αφορά την ποιότητα, την τεχνολογική ανάπτυξη και τις επενδύσεις στην Ε&Κ. Ο κλάδος της αιολικής ενέργειας της ΕΕ διαθέτει επίσης υψηλές κατασκευαστικές ικανότητες για κατασκευαστικά στοιχεία υψηλής προστιθέμενης αξίας (π.χ. πύργοι, κιβώτια ταχυτήτων και πτερύγια) και για συσκευές που μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν από άλλους βιομηχανικούς τομείς (π.χ. γεννήτριες, μετατροπείς ισχύος και συστήματα ελέγχου). Η αξιακή αλυσίδα του μεταποιητικού τομέα της ΕΕ για την υπεράκτια αιολική ενέργεια προμηθεύεται τα κατασκευαστικά της στοιχεία κυρίως από κατασκευαστές της ΕΕ. Αντιθέτως, όσον αφορά τη χερσαία αιολική ενέργεια, οι κατασκευαστές πρωτότυπου εξοπλισμού (ΚΠΕ) της ΕΕ προμηθεύονται τα κατασκευαστικά τους στοιχεία από πολλούς διαφορετικούς αλλοδαπούς προμηθευτές.

Πολλές από τις πρώτες ύλες για τις γεννήτριες εισάγονται κυρίως από την Κίνα. Οι πιθανές δυσκολίες ως προς την αύξηση της παραγωγής πρώτων υλών για την επίτευξη των στόχων για το 2030 θα μπορούσαν να δημιουργήσουν προκλήσεις για τον κλάδο της αιολικής ενέργειας της ΕΕ. Η αύξηση των τιμών των πόρων το 2021 και οι αβεβαιότητες όσον αφορά την προσφορά αποτελούν επίσης εμπόδιο. Ο κλάδος έχει επίσης εγείρει περιβαλλοντικές ανησυχίες όσον αφορά την ανακύκλωση των πτερυγίων από σύνθετα υλικά. Κατά συνέπεια, τόσο τα εθνικά όσο και τα ενωσιακά ερευνητικά προγράμματα στον τομέα της αιολικής ενέργειας επικεντρώνονται ολοένα και περισσότερο στην κυκλικότητα.

Ανάλυση παγκόσμιας αγοράς: Την τελευταία δεκαετία η ΕΕ έχει διατηρήσει θετικό εμπορικό ισοζύγιο με τον υπόλοιπο κόσμο, το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 1,8 δισ. EUR και 2,8 δισ. EUR. Ωστόσο, η ΕΕ έχει εμφανίσει αρνητικά εμπορικά ισοζύγια με την Κίνα και την Ινδία από το 2018. Οι Κινέζοι ΚΠΕ υπερέβησαν για πρώτη φορά τους ομολόγους τους στην ΕΕ όσον αφορά το μερίδιο στην παγκόσμια αγορά το 2020. Ωστόσο, οι πρωτοπόρες αγορές της ΕΕ φιλοξενούν σημαντικό αριθμό εγχώριων κατασκευαστών¹⁶³.

¹⁶⁰ Wind Energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026 (Η αιολική ενέργεια στην Ευρώπη: στατιστικά στοιχεία για το 2021 και προοπτικές για τα έτη 2022-2026), WindEurope, Βέλγιο, 2022.

¹⁶¹ Wind Energy in Europe: 2021 Statistics and the outlook for 2022-2026 (Η αιολική ενέργεια στην Ευρώπη: στατιστικά στοιχεία για το 2021 και προοπτικές για τα έτη 2022-2026), WindEurope, Βέλγιο, 2022.

¹⁶² Ακολουθούν η Ινδία (7 %), η Βραζιλία (5 %) και η Βόρεια Αμερική (4,5 %). Βλ. επίσης: WindEurope/Wood Mackenzie, *Wind energy and economic recovery in Europe* (Αιολική ενέργεια και οικονομική ανάκαμψη στην Ευρώπη), Βέλγιο, 2020.

¹⁶³ WindEurope/Wood Mackenzie, *Wind energy and economic recovery in Europe* (Αιολική ενέργεια και οικονομική ανάκαμψη στην Ευρώπη), 2020.

Εν κατακλείδι, ο τομέας της αιολικής ενέργειας της ΕΕ εξακολουθεί να κατέχει ηγετική θέση παγκοσμίως όσον αφορά την Ε&Κ και τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας υψηλής αξίας. Αυτό συμβαίνει χάρη στην παραγωγική δυναμικότητα, στο εργατικό δυναμικό και στις δεξιότητες που έχει στη διάθεσή του. Ωστόσο, ο κλάδος θα πρέπει να υπερδιπλασιάσει τον τρέχοντα ετήσιο ρυθμό εγκατάστασης δυναμικότητας στην ΕΕ ώστε να επιτύχει τους στόχους για το 2030.

Η εφαρμογή της οδηγίας για την ανανεώσιμη ενέργεια¹⁶⁴, η πρόσφατη πρόταση τροποποίησής της¹⁶⁵, καθώς και η αντίστοιχη σύσταση και καθοδήγηση της Επιτροπής του 2022¹⁶⁶, αναμένεται να συμβάλουν στην υπέρβαση των κύριων εμποδίων ως προς την εγκατάσταση που σχετίζονται με την αδειοδότηση. Η σαφής εκ των προτέρων αναφορά των σχεδίων εγκατάστασης αιολικής ενέργειας των κρατών μελών θα καταστήσει επίσης δυνατή την έγκαιρη προετοιμασία της μελλοντικής δυναμικότητας. Παράλληλα, η Ε&Κ σχετικά με την κυκλικότητα θα δώσει ώθηση στον κλάδο μέσω της αντιμετώπισης των περιβαλλοντικών ανησυχιών και των διαταραχών του εφοδιασμού, βελτιώνοντας κατ' αυτόν τον τρόπο την ανταγωνιστικότητα του τομέα της αιολικής ενέργειας της ΕΕ.

3.3.Αντλίες θερμότητας για κτιριακές εφαρμογές

Σε επίπεδο ΕΕ, οι αντλίες θερμότητας υποστηρίζονται ολοένα και περισσότερο στο πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, της δέσμης μέτρων για την προσαρμογή στον στόχο του 55 % και του σχεδίου REPowerEU¹⁶⁷. Το σχέδιο REPowerEU επιδιώκει τον διπλασιασμό του τρέχοντος ρυθμού εγκατάστασης μεμονωμένων αντλιών θερμότητας ώστε να φτάσουν συνολικά τις 10 εκατομμύρια αντλίες θερμότητας κατά τα επόμενα 5 έτη και τις 30 εκατομμύρια έως το 2030. Ο διπλασιασμός αυτός θα συνοδεύεται από την επέκταση της παραγωγικής δυναμικότητας της ΕΕ. Ζητεί επίσης την ταχύτερη εγκατάσταση μεγάλων αντλιών θερμότητας στα δίκτυα τηλεθέρμανσης και τηλεψύξης. Η ευρεία από κοινού εγκατάσταση τόσο των φωτοβολταϊκών επί στέγης όσο (και των ηλιοθερμικών συστημάτων) και των αντλιών θερμότητας, με έξυπνους ελέγχους που ανταποκρίνονται στο φορτίο του δικτύου και στις ενδείξεις που αφορούν τις τιμές, θα συμβάλει στην απανθρακοποίηση της θέρμανσης και θα μειώσει τις προκλήσεις όσον αφορά την ενοποίηση του δικτύου.

Ανάλυση των τεχνολογιών: Οι αντλίες θερμότητας για κτιριακές εφαρμογές είναι εμπορικά διαθέσιμα προϊόντα. Μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με την πηγή από την οποία αντλούν θερμική ενέργεια (αέρας, νερό ή έδαφος), το μέσο στο οποίο μεταφέρουν θερμότητα (αέρας ή νερό), τον σκοπό τους (θέρμανση ή ψύξη χώρων, θέρμανση νερού οικιακής χρήσης) και τα τμήματα της αγοράς (εμπορικά ή οικιστικά κτίρια και δίκτυα).

Όσον αφορά τις αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται κυρίως για τη θέρμανση χώρων και νερού οικιακής χρήσης, το εγκατεστημένο απόθεμα που μετρήθηκε για τον εν λόγω τομέα

¹⁶⁴ Οδηγία (ΕΕ) 2018/2001, της 11ης Δεκεμβρίου 2018, για την προώθηση της χρήσης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές (ΕΕ L 328 της 21.12.2018, σ. 82).

¹⁶⁵ COM(2021) 557 final («Πρόταση οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την τροποποίηση της οδηγίας (ΕΕ) 2018/2001 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, του κανονισμού (ΕΕ) 2018/1999 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου και της οδηγίας 98/70/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά την προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και την κατάργηση της οδηγίας (ΕΕ) 2015/652 του Συμβουλίου»).

¹⁶⁶ SWD(2022) 0149 final («Καθοδήγηση προς τα κράτη μέλη σχετικά με ορθές πρακτικές για την επιτάχυνση των διαδικασιών αδειοδότησης για έργα ανανεώσιμης ενέργειας»).

¹⁶⁷ COM(2022) 230 final («Σχέδιο REPowerEU»).

ανήλθε σχεδόν σε 17 εκατομμύρια μονάδες στην Ευρώπη στο τέλος του 2021, ενώ οι πωλήσεις ανήλθαν σε 2,18 εκατομμύρια μονάδες το 2021, με σύνθετο ετήσιο ρυθμό αύξησης 17 % κατά τα τελευταία 5 έτη και 20 % κατά τα τελευταία 3 έτη¹⁶⁸.

Οι δραστηριότητες E&K για τις μεμονωμένες αντλίες θερμότητας εξαρτώνται από τη ζήτηση για πιο αποδοτικές, συμπαγείς και αθόρυβες μονάδες· τα μεγαλύτερα εύρη λειτουργίας σε θερμοκρασία περιβάλλοντος· την ψηφιοποίηση για τη βέλτιστη ενοποίηση με τα ενεργειακά δίκτυα· και την τοπική παραγωγή και αποθήκευση ενέργειας. Εξαρτώνται επίσης από τους εξελισσόμενους κανονισμούς της ΕΕ για μεγαλύτερη ενεργειακή απόδοση και μικρότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής, συμπεριλαμβανομένων της κυκλικότητας των υλικών και των ψυκτικών μέσων με χαμηλό δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη (GWP). Για παράδειγμα, στο πλαίσιο της E&K για τις εμπορικές αντλίες θερμότητας εξετάζεται το ζήτημα της ενσωμάτωσης της ταυτόχρονης παροχής θερμότητας και ψύξης με αποθήκευση θερμότητας.

Η θέση της ΕΕ όσον αφορά την E&K είναι ισχυρή και βελτιώνεται. Οδηγεί σε διπλώματα ευρεσιτεχνίας για αντλίες θερμότητας που χρησιμοποιούνται κυρίως για θέρμανση σε κτιριακές εφαρμογές. Κατά την περίοδο 2017-2019 το 48 % των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας για «εφευρέσεις υψηλής αξίας» καταχωρίστηκαν στην ΕΕ, με την Ιαπωνία (12 %), τις Ηνωμένες Πολιτείες (8 %), την Κορέα (7 %) και την Κίνα (5 %) να έπονται¹⁶⁹. Κατά την περίοδο 2014-2022 το πρόγραμμα-πλαίσιο «Ορίζων 2020» χορήγησε χρηματοδότηση συνολικού ύψους 277 εκατ. EUR για έργα για αντλίες θερμότητας σε κτιριακές εφαρμογές.

Ανάλυση αξιακής αλυσίδας: Ο κύκλος εργασιών για τις δραστηριότητες κατασκευής, εγκατάστασης και συντήρησης αντλιών θερμότητας στην ΕΕ ανήλθε σε 41 δισ. EUR το 2020 και έχει αυξηθεί με μέσο ετήσιο ρυθμό 21 % τα τελευταία 3 έτη. Οι άμεσες και έμμεσες θέσεις εργασίας ανήλθαν σε 318 800 το 2020, σημειώνοντας μέση ετήσια αύξηση 18 % κατά τα τελευταία 3 έτη. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν όλους τους τύπους αντλιών θερμότητας, συμπεριλαμβανομένων των αντλιών θερμότητας αέρα-αέρα που χρησιμοποιούνται για ψύξη και/ή θέρμανση¹⁷⁰.

Οι αντλίες θερμότητας δεν απαιτούν τη χρήση πρώτων υλών κρίσιμης σημασίας για την παραγωγή τους, αλλά επηρεάζονται από την τρέχουσα παγκόσμια έλλειψη ημιαγωγών.

Ανάλυση παγκόσμιας αγοράς: Στην ΕΕ, η αξιακή αλυσίδα των αντλιών θερμότητας που χρησιμοποιούνται κυρίως για θέρμανση αποτελείται από πολλές ΜΜΕ και λίγους μεγάλους παράγοντες. Το ποσοστό των αντλιών θερμότητας που εισάγονται αυξάνεται και το εμπορικό έλλειμμα ανήλθε σε 390 εκατ. EUR το 2021, σε αντίθεση με το πλεόνασμα των 202 εκατ. EUR που καταγράφηκε 5 έτη νωρίτερα¹⁷¹. Οι εισαγωγές από την Κίνα διπλασιάστηκαν το 2021 και ανήλθαν σε 530 εκατ. EUR.

Εν κατακλείδι, η εγκατάσταση αντλιών θερμότητας προχωρά ήδη με ταχείς ρυθμούς, ωστόσο πρέπει να επιταχυνθεί περαιτέρω ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι του REPowerEU. Οι

¹⁶⁸ Ευρωπαϊκή Ένωση Αντλιών Θερμότητας, 2022, <https://www.ehpa.org/market-data/>.

¹⁶⁹ Lyons, L. et al., Clean Energy Technology Observatory Heat Pumps in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας: οι αντλίες θερμότητας στην Ευρωπαϊκή Ένωση — Έκθεση προόδου του 2022 σχετικά με την τεχνολογική ανάπτυξη, τις τάσεις, τις αξιακές αλυσίδες και τις αγορές), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022, JRC130874.

¹⁷⁰ Με βάση δεδομένα του EurObserv'ER, 2020.

¹⁷¹ COMEXT (βάση δεδομένων για τις στατιστικές εξωτερικού εμπορίου), κωδικός 841861.

προμηθευτές με έδρα στην ΕΕ πρέπει να αυξήσουν την παραγωγή ώστε να συμμετέχουν στην κάλυψη της αυξανόμενης ζήτησης για αντλίες θερμότητας στην ΕΕ. Ορισμένες ενώσεις του κλάδου υποστηρίζουν ότι η ταχύτερη σταδιακή κατάργηση των ψυκτικών μέσων με υψηλό GWP θα επιβραδύνει την αύξηση για συγκεκριμένες εφαρμογές, αλλά οι ημερομηνίες απαγόρευσης που προβλέπονται στην πρόταση για τροποποίηση του κανονισμού για τα φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου¹⁷² έχουν οριστεί ώστε να δοθεί στον κλάδο επαρκής χρόνος προσαρμογής. Η έλλειψη εκπαιδευμένων εγκαταστατών και το υψηλό αρχικό κόστος ενδέχεται να επιβραδύνουν την εγκατάσταση στην ΕΕ.

Ο κλάδος ζητεί τη δημιουργία της πλατφόρμας «Heat Pump Accelerator» (Πλατφόρμα για την επιτάχυνση της ανάπτυξης αντλιών θερμότητας) στην οποία θα συμμετέχουν η Επιτροπή, τα κράτη μέλη και ο ίδιος ο τομέας. Η πλατφόρμα θα υποστηρίζεται από σαφή και σταθερά μηνύματα πολιτικής που θα δημιουργήσουν εμπιστοσύνη στον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό· θα εξασφαλίσει ένα ευνοϊκό κανονιστικό πλαίσιο· θα μειώσει το κόστος μέσω της ενίσχυσης της συνεργασίας και της Ε&Κ· και θα αναπτύξει ένα σύμφωνο δεξιοτήτων με επίκεντρο τις αντλίες θερμότητας. Στο πλαίσιο του σχεδίου REPowerEU, η Επιτροπή θα στηρίξει τις προσπάθειες των κρατών μελών να συγκεντρώσουν τους δημόσιους πόρους τους μέσω δυνητικών σημαντικών έργων κοινού ευρωπαϊκού ενδιαφέροντος (ΣΕΚΕΕ) που επικεντρώνονται σε ρηζικέλευθες τεχνολογίες και στην καινοτομία στο σύνολο της αξιακής αλυσίδας των αντλιών θερμότητας, καθώς και να δημιουργήσουν μια μεγάλης κλίμακας σύμπραξη δεξιοτήτων στο πλαίσιο του συμφώνου δεξιοτήτων.

3.4.Συσσωρευτές

Οι συσσωρευτές θα διαδραματίσουν καίριο ρόλο στην επίτευξη των στόχων της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και στην εφαρμογή του σχεδίου REPowerEU¹⁷³, διότι μπορούν να μειώσουν την εξάρτηση από τις εισαγωγές καυσίμων στον τομέα των μεταφορών, καθώς και να διασφαλίσουν τη μέγιστη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και να μειώσουν τις περικοπές. Πάνω από 50 εκατομμύρια ηλεκτρικά οχήματα αναμένεται να κινούνται στους δρόμους της ΕΕ έως το 2030¹⁷⁴ (με συσσωρευτές τουλάχιστον 1,5 TWh και στάσιμους συσσωρευτές πάνω από 80 GW/160 GWh)¹⁷⁵. Η ΕΕ κινείται σταδιακά προς τα καινούργια αυτοκίνητα μηδενικών εκπομπών έως το 2035, σύμφωνα με τον στόχο για έναν συνολικό στόλο αυτοκινήτων της ΕΕ 270 εκατομμυρίων οχημάτων που θα πρέπει να είναι μηδενικών εκπομπών (κυρίως ηλεκτρικά) έως το 2050. Η ηλεκτροκίνηση είναι ο βασικός παράγοντας που καθορίζει τη ζήτηση για τους συσσωρευτές. Οι συσσωρευτές ιόντων λιθίου αναμένεται να κυριαρχήσουν στην αγορά πολύ πέραν του 2030, αλλά παράλληλα αναπτύσσονται και άλλες τεχνολογίες.

¹⁷² COM(2022) 150 final («Πρόταση κανονισμού του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τα φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου, την τροποποίηση της οδηγίας (ΕΕ) 2019/1937 και την κατάργηση του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 517/2014»).

¹⁷³ COM(2022) 230 final («Σχέδιο REPowerEU»).

¹⁷⁴ Policy scenarios for delivering the European Green Deal (Σενάρια πολιτικής για την υλοποίηση της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2021. Διατίθεται στη διεύθυνση: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_el.

¹⁷⁵ Policy scenarios for delivering the European Green Deal (Σενάρια πολιτικής για την υλοποίηση της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2021. Διατίθεται στη διεύθυνση: https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/policy-scenarios-delivering-european-green-deal_el.

Ανάλυση των τεχνολογιών: Παρά τις διαταραχές του εφοδιασμού με μικροκυκλώματα και μαγνήσιο, η ανάπτυξη της τεχνολογίας συσσωρευτών στην ΕΕ έφτασε σε ιστορικά υψηλά επίπεδα: το 2021 πωλήθηκαν 1,7 εκατομμύρια νέα ηλεκτρικά οχήματα, φτάνοντας στο 18 % της αγοράς (σε σύγκριση με το 3 % το 2019 και το 10,5 % το 2020¹⁷⁶) και ξεπερνώντας την Κίνα (16 %). Οι εγχώριες πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων κυμαίνονταν από 1,3 % στην Κύπρο έως 45 % στη Σουηδία. Η αγορά των στάσιμων συσσωρευτών της ΕΕ αναπτύσσεται επίσης με ταχείς ρυθμούς και προβλέπεται να φτάσει τα 8 GW/13,7 GWh έως το τέλος του 2022¹⁷⁷. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω επιτάχυνση για τη μείωση της εξάρτησης από σταθμούς αιχμής αερίου, σύμφωνα με τους στόχους του REPowerEU.

Το 2021 η μέση τιμή των συσσωρευτών μειώθηκε κατά 6 % σε περίπου 116 EUR/kWh¹⁷⁸ στην παγκόσμια αγορά και σε περίπου 150 EUR/kWh στην αγορά της ΕΕ. Η μείωση αυτή ακολουθεί μια μακροπρόθεσμη τάση. Ωστόσο, καθώς οι τιμές αυξήθηκαν το 2022 λόγω κλυδωνισμών από την πλευρά της προσφοράς, η τάση αυτή πλέον αντιστρέφεται (για παράδειγμα, την άνοιξη του 2022, η τιμή του ανθρακικού λιθίου αυξήθηκε κατά 974 % σε σχέση με το 2021¹⁷⁹). Οι συστοιχίες συσσωρευτών θα είναι τουλάχιστον κατά 15 % ακριβότερες το 2022 σε σχέση με το 2021¹⁸⁰. Το κόστος του συστήματος των εφαρμογών ιόντων λιθίου κλίμακας δικτύου ήταν περίπου 350 EUR/kWh το 2021¹⁸¹ και, για τα συστήματα οικιακής αποθήκευσης, περίπου διπλάσιο.

Ανάλυση αξιακής αλυσίδας: Σχεδόν το σύνολο της μαζικής παραγωγής συσσωρευτών ιόντων λιθίου στην ΕΕ το 2021 εξακολουθούσε να πραγματοποιείται από Ασιάτες κατασκευαστές εγκατεστημένους στην ΕΕ (Ουγγαρία και Πολωνία). Η κατασκευή νέων γιγαντιαίων εργοστασίων συνεπάγεται ότι η ΕΕ (και ιδίως η Γερμανία και η Σουηδία) πρόκειται να αποκτήσει σταδιακά πιο σημαντική θέση στην αγορά. Η σουηδική Northvolt παρήγαγε το πρώτο της στοιχείο συσσωρευτή με 100 % ανακυκλωμένο νικέλιο, μαγγάνιο και κοβάλτιο στο τέλος του 2021 και ξεκίνησε τις εμπορικές παραδόσεις το 2022. Δηλώνει ότι διαθέτει μια εξαιρετικά αποδοτική διεργασία ανακύκλωσης με ανάκτηση έως και 95 % των μετάλλων των συσσωρευτών¹⁸².

Η ΕΕ αναμένεται να ξεπεράσει τα 75 GWh¹⁸³ εγκατεστημένης παραγωγικής δυναμικότητας έως το τέλος του 2022 (σε σύγκριση με τα 44 GWh στα μέσα του 2021). Τα έργα που βρίσκονται επί του παρόντος σε εξέλιξη δείχνουν ότι η ΕΕ βρίσκεται σε καλό δρόμο για την

¹⁷⁶ Ένωση Ευρωπαϊκών Κατασκευαστών Αυτοκινήτων (ACEA), Φεβρουάριος 2022, <https://www.acea.auto/fuel-pc/fuel-types-of-new-cars-battery-electric-9-1-hybrid-19-6-and-petrol-40-0-market-share-full-year-2021/>

¹⁷⁷ European Market Monitor on Energy Storage (Παρακολούθηση της ευρωπαϊκής αγοράς για την αποθήκευση ενέργειας), έκτη έκδοση (EMMES 6.0), <https://ease-storage.eu/publication/emmes-6-0-june-2022/>

¹⁷⁸ BNEF, Μέση πτώση των τιμών των συστοιχιών συσσωρευτών στα 132 USD/kWh, 30 Νοεμβρίου 2021. Συναλλαγματική ισοτιμία 8 826 EUR για 1 USD στις 30 Νοεμβρίου 2021.

¹⁷⁹ Energy Storage News, «To BloombergNEF προβλέπει ετήσια ανάπτυξη της τάξης του 30 % για την παγκόσμια αγορά αποθήκευσης ενέργειας έως το 2030», 4 Απριλίου 2022.

¹⁸⁰ ΔΟΕ, *Global EV outlook 2022* (Παγκόσμιες προοπτικές για τα ηλεκτρικά οχήματα), 2022.

¹⁸¹ Με βάση το διαδικτυακό σεμινάριο της Aurora Energy Research της 21ης Απριλίου 2022 με τίτλο «How high can battery costs get?» (Πόσο ψηλά μπορεί να φτάσει το κόστος των συσσωρευτών;)

¹⁸² NorthVolt.com, «Northvolt produces first fully recycled battery cell» (Η Northvolt παράγει το πρώτο στοιχείο συσσωρευτή από πλήρως ανακυκλωμένο υλικό), 12 Νοεμβρίου 2021.

¹⁸³ Συμπεριλαμβανομένης LG Chem (Πολωνία): 32 GWh· Samsung SDI (Ουγγαρία): 20 GWh· Northvolt (Σουηδία): 16 GWh· SK Innovation (Ουγγαρία): 7,5 GWh ([Benchmark Minerals: Europe's EV gigafactory capacity pipeline to grow 6-fold to 789.2 GWh to 2030 - Green Car Congress](#)). (Benchmark Minerals: η πορεία επίτευξης δυναμικότητας από γιγαντιαία εργοστάσια ηλεκτρικών οχημάτων στην Ευρώπη για τον εξαπλσιασμό της δυναμικότητας σε 789,2 GWh έως το 2030 — Green Car Congress). Άλλοι παραγωγοί, π.χ. η SAFT, η MES και η Leclanché, συμβάλλουν με δυναμικότητες μικρότερης κλίμακας, αλλά αυξάνουν τους όγκους παραγωγής τους.

κάλυψη του 69 % της ζήτησης συσσωρευτών έως το 2025 και του 89 % έως το 2030¹⁸⁴. Αυτό συμβαίνει σε μεγάλο βαθμό χάρη στις πρωτοβουλίες της Ευρωπαϊκής Συμμαχίας για τους Συσσωρευτές¹⁸⁵.

Το ανάντη τμήμα των πρώτων υλών παραμένει το λιγότερο ανθεκτικό στην αξιακή αλυσίδα των συσσωρευτών. Παρά τις διάφορες πρωτοβουλίες της ΕΕ, το έλλειμμα προσφοράς για τις πρώτες ύλες των συσσωρευτών αυξήθηκε το 2021¹⁸⁶. Οι χρησιμοποιημένοι συσσωρευτές εξακολουθούν να αποστέλλονται κυρίως στην Ασία για ανακύκλωση¹⁸⁷.

Η ΕΕ σημειώνει ταχεία πρόοδο στην τεχνολογία ιόντων λιθίου (ιδίως στο σκέλος NMC με τις υψηλότερες επιδόσεις¹⁸⁸), αλλά σημειώνει πολύ αργή πρόοδο ως προς τις τεχνολογίες στάσιμων συσσωρευτών που βασίζονται σε πολύ μεγάλο αριθμό πρώτων υλών (π.χ. συσσωρευτές ροής και συσσωρευτές ιόντων νατρίου —οι τελευταίοι έχουν επίσης καλό δυναμικό για τα ηλεκτρικά οχήματα, δεδομένων των εξελίξεων στην Κίνα, μεταξύ άλλων παραγόντων). Η ΕΕ σημειώνει επίσης πιο αργή πρόοδο όσον αφορά την υιοθέτηση φθηνότερης τεχνολογίας φωσφορικού σιδήρου (ιόντων) λιθίου (LFP), η οποία χρησιμοποιείται ολοένα και περισσότερο στην Ασία και εξαρτάται σε μικρότερο βαθμό από πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας.

Ανάλυση παγκόσμιας αγοράς: Η Κίνα ελέγχει το 80 % της παγκόσμιας ικανότητας εξευγενισμού πρώτων υλών συσσωρευτών ιόντων λιθίου, το 77 % της παραγωγικής ικανότητας στοιχείων και το 60 % της ικανότητας κατασκευής κατασκευαστικών στοιχείων συσσωρευτών¹⁸⁹. Το εμπορικό έλλειμμα της ΕΕ σε συσσωρευτές ιόντων λιθίου συνέχισε να αυξάνεται το 2021 και ανήλθε σε 5,3 δισ. EUR¹⁹⁰ (αύξηση κατά 25 % σε σχέση με το 2020). Η ΕΕ πραγματοποιεί περίπου το 19 % της παγκόσμιας παραγωγής ηλεκτρικών οχημάτων¹⁹¹, αλλά διαθέτει πολύ μικρό μέρος της ανάντη αλυσίδας εφοδιασμού (με εξαίρεση την επεξεργασία κοβαλτίου). Η παραγωγή και η ανάπτυξη ηλεκτρικών λεωφορείων στην ΕΕ (στο τέλος του 2021 κυκλοφορούσαν 7 356 ηλεκτρικά λεωφορεία) είναι ασήμαντη σε σύγκριση με αυτή της Κίνας, η οποία διαθέτει πάνω από το 90 % του παγκόσμιου αποθέματος των 670 000 ηλεκτρικών λεωφορείων¹⁹².

Εν κατακλείδι, η ΕΕ αναπτύσσει ολοένα και περισσότερο την εξαιρετικά αναγκαία τεχνολογική ικανότητα για φθηνότερη αποθήκευση / μακροπρόθεσμη αποθήκευση (π.χ. τεχνολογίες ιόντων νατρίου· με βάση τον ψευδάργυρο· συσσωρευτές ροής) και κατέχει ισχυρή θέση στα τελικά προϊόντα (ιδίως στην παραγωγή και την ανάπτυξη ηλεκτρικών οχημάτων, εξαιρουμένου του τμήματος των ηλεκτρικών λεωφορείων). Επίσης, καλύπτει γρήγορα την υστέρηση στον τομέα της κατασκευής στοιχείων όσον αφορά την τεχνολογία ιόντων λιθίου

¹⁸⁴ EIT InnoEnergy, *Contribution for High-Level ministerial meeting on batteries* (Συμβολή στην υπουργική σύνοδο υψηλού επιπέδου για τους συσσωρευτές), Φεβρουάριος 2022.

¹⁸⁵ [Ευρωπαϊκή Συμμαχία για τους Συσσωρευτές \(europa.eu\)](https://europa.eu)

¹⁸⁶ EIT Innoenergy, *Contribution for High-Level ministerial meeting on batteries*, Φεβρουάριος 2022.

¹⁸⁷ EBA250, το πρόγραμμα βιομηχανικής ανάπτυξης της Ευρωπαϊκής Συμμαχίας για τους Συσσωρευτές, <https://www.eba250.com/>.

¹⁸⁸ NMC = νικέλιο, μαγγάνιο, κοβάλτιο.

¹⁸⁹ Willuhn M., *National lithium-ion battery supply chains ranked* (Κατάταξη των εθνικών αλυσίδων εφοδιασμού με συσσωρευτές ιόντων λιθίου), PV Magazine, 16 Σεπτεμβρίου 2020.

¹⁹⁰ Δεδομένα COMEXT 2022.

¹⁹¹ Με βάση τα δεδομένα παραγωγής Prodcom για το 2021 για την ΕΕ και τα δεδομένα του ΔΟΕ για τις παγκόσμιες πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων του 2021.

¹⁹² Προοπτικές για τα ηλεκτρικά οχήματα του 2022 από τον ΔΟΕ.

και βρίσκεται σε καλό δρόμο ώστε να καταστεί σχεδόν αυτόνομη όσον αφορά την παραγωγή συσσωρευτών έως το 2030. Η έλλειψη εγχώριας παραγωγής πρώτων υλών και προηγμένων υλικών αποτελεί μόνιμο πρόβλημα παρά τις τρέχουσες πρωτοβουλίες που βρίσκονται επί του παρόντος σε εξέλιξη. Στόχος της ΕΕ είναι να εντείνει τις προσπάθειές της για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, από την εξόρυξη έως τον εξευγενισμό, από την επεξεργασία έως την ανακύκλωση, π.χ. με την εξαγγελθείσα ευρωπαϊκή πράξη για τις πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας.

3.5. Παραγωγή ανανεώσιμου υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης νερού

Το ανανεώσιμο υδρογόνο¹⁹³ έχει μεγάλες δυνατότητες να συμβάλει στους στόχους της ΕΕ για το κλίμα και την ενέργεια. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για τομείς που είναι δύσκολο να εξηλεκτριστούν (π.χ. μεταφορές μεγάλων αποστάσεων και μεταφορές με χρήση βαρέων οχημάτων)· ως χημική πρώτη ύλη (π.χ. λιπάσματα και άλλες χημικές ουσίες)· και σε βιομηχανικές διεργασίες (π.χ. στην παραγωγή χάλυβα ή τσιμέντου). Το υδρογόνο και τα παράγωγά του προβλέπεται ότι θα αντιπροσωπεύουν το 12 % του παγκόσμιου ενεργειακού μείγματος το 2050¹⁹⁴, ωστόσο το ανανεώσιμο υδρογόνο που χρησιμοποιεί ηλεκτρόλυση νερού αντιπροσωπεύει επί του παρόντος μόλις το 0,1 % της συνολικής παραγωγής της ΕΕ.

Το REPowerEU έχει ενισχύσει περαιτέρω τους στόχους πολιτικής της στρατηγικής για το υδρογόνο του 2020¹⁹⁵, θέτοντας τους στόχους για το 2030 για το ανανεώσιμο υδρογόνο και το υδρογόνο χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών σε 10 εκατ. τόνους εγχώριας παραγωγής και 10 εκατ. τόνους εισαγωγών (εν μέρει υπό μορφή αμμωνίας). Η σύσταση μιας Ευρωπαϊκής Τράπεζας Υδρογόνου θα επιταχύνει την παραγωγή και τη χρήση ανανεώσιμου υδρογόνου και θα συμβάλει στην ανάπτυξη των αναγκαίων υποδομών με συντονισμένο τρόπο¹⁹⁶.

Η Επιτροπή και κορυφαίοι κατασκευαστές ηλεκτρολυτικών κυψελών της ΕΕ δεσμεύτηκαν να δεκαπλασιάσουν την παραγωγική δυναμικότητα σε 17,5 GW όσον αφορά την παραγωγή υδρογόνου έως το 2025¹⁹⁷. Επιπλέον, τα ΣΑΑ των κρατών μελών διαθέτουν περίπου 10,6 δισ. EUR σε τεχνολογίες υδρογόνου και δύο ΣΕΚΕΕ εγκρίθηκαν από την Επιτροπή το 2022 (Ιούλιος και Σεπτέμβριος), για επενδύσεις ύψους 5,4 και 5,2 δισ. EUR, στα οποία συμμετείχαν 15 και 13 κράτη μέλη αντίστοιχα.

Ανάλυση των τεχνολογιών: από την παγκόσμια δυναμικότητα των 300 MW το 2020¹⁹⁸, η Ευρώπη (συμπεριλαμβανομένων του Ηνωμένου Βασιλείου και των χωρών της ΕΖΕΣ) αντιπροσώπευε το 2021 εγκατεστημένη δυναμικότητα 135 MW. Η ηλεκτρολυτικές κυψέλες μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων και οι αλκαλικές ηλεκτρολυτικές κυψέλες αντιπροσωπεύουν το 55 % και το 44 % της εγκατεστημένης δυναμικότητας που αναπτύσσεται

¹⁹³ Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή ορίζει το ανανεώσιμο υδρογόνο ως υδρογόνο που παράγεται με χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ή που λαμβάνεται από βιομάζα η οποία πληροί το 70 % των μειώσεων των εκπομπών CO₂ (σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα). Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή έχει ορίσει κατώτατο όριο για το «υδρογόνο χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών» στη δέσμη μέτρων για την απανθρακοποίηση για το αέριο και το υδρογόνο της 15ης Δεκεμβρίου 2021 [COM(2021) 803 final].

¹⁹⁴ IRENA, *Geopolitics of Energy Transformation: the Hydrogen Factor* (Η γεωπολιτική της ενεργειακής μετάβασης: ο παράγοντας υδρογόνου), Αμπού Ντάμπι, 2022.

¹⁹⁵ COM(2020) 301 final («Στρατηγική για το υδρογόνο για μια κλιματικά ουδέτερη Ευρώπη»).

¹⁹⁶ Όπως ανακοινώθηκε στην ομιλία για την κατάσταση της Ένωσης το 2022 στις 14 Σεπτεμβρίου 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/SPEECH_22_5493.

¹⁹⁷ Κοινή δήλωση της 5ης Μαΐου 2022, <https://ec.europa.eu/documents/50014/>.

¹⁹⁸ *Global Hydrogen Review*, ΔΟΕ, 2021.

στο ευρωπαϊκό έδαφος αντίστοιχα (συμπεριλαμβανομένων της ΕΖΕΣ και του Ηνωμένου Βασιλείου)¹⁹⁹.

Το σταθμισμένο κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει την οικονομική βιωσιμότητα των επενδύσεων στις ηλεκτρολυτικές κυψέλες και η αύξηση των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας παραμένει μία από τις βασικές προκλήσεις για την οικονομική βιωσιμότητα της ανταγωνιστικής παραγωγής υδρογόνου ηλεκτρολυτικών κυψελών.

Το κόστος της ευρωπαϊκής παραγωγής υδρογόνου με χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κυμαίνεται από μια διάμεση τιμή 6,8 EUR/kgH₂ (παραγωγή με βάση τα ηλιακά φωτοβολταϊκά) (2020) έως μια διάμεση τιμή 5,5 EUR/kgH₂ (παραγωγή με βάση την αιολική ενέργεια)²⁰⁰. Το κόστος των ηλεκτρολυτικών κυψελών αναμένεται να μειωθεί λόγω της ηλεκτρόλυσης σε υψηλή θερμοκρασία: από 2 130 EUR/kW το 2020 σε 520 EUR/kW το 2030. Οι στόχοι όσον αφορά το κόστος για το 2030 για τις ηλεκτρολυτικές κυψέλες μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων και τις αλκαλικές ηλεκτρολυτικές κυψέλες ανέρχεται σε 500 EUR/kW και 300 EUR/kW, αντίστοιχα²⁰¹.

Ανάλυση αξιακής αλυσίδας: Η παραγωγική δυναμικότητα του 2021 για ηλεκτρολυτικές κυψέλες νερού εκτιμάται σε 2,5 GW/έτος στην Ευρώπη²⁰². Η παγκόσμια παραγωγική δυναμικότητα εκτιμήθηκε σε περίπου 6-7 GW/έτος (περίπου τα δύο τρίτα αλκαλικές ηλεκτρολυτικές κυψέλες και το ένα τρίτο ηλεκτρολυτικές κυψέλες μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων τόσο για την ευρωπαϊκή όσο και για την παγκόσμια αγορά)²⁰³.

Οι όγκοι παραγωγής στην Ευρώπη είναι χαμηλότεροι απ' ό,τι στην Κίνα και στις Ηνωμένες Πολιτείες. Εκτιμάται ότι οι κινεζικές εταιρείες διαθέτουν το ήμισυ της παγκόσμιας παραγωγικής δυναμικότητας όσον αφορά την αλκαλική ηλεκτρόλυση και ότι οι αμερικανικές εταιρείες διαθέτουν το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής όσον αφορά την ηλεκτρόλυση μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων. Η Ευρώπη κατέχει ηγετική θέση όσον αφορά τον αριθμό των κατασκευαστικών εταιρειών και την ηλεκτρόλυση στερεού οξειδίου, αλλά εξαρτάται από χώρες όπως η Κίνα, η Ρωσία και η Νότια Αφρική για τον εφοδιασμό με τις απαραίτητες πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας, και είναι σε θέση να προμηθεύεται μόνο το 1-3 % των πρώτων υλών σε εγχώριο επίπεδο²⁰⁴.

Η κατανάλωση νερού (επί του παρόντος περίπου 17 l/kgH₂) που συνδέεται με την ανάπτυξη μεγαλύτερης παραγωγής ανανεώσιμου υδρογόνου θα αυξήσει την πίεση που ασκείται στους πόρους γλυκού νερού και, συνεπώς, οι νέες τοποθεσίες των ηλεκτρολυτικών κυψελών θα πρέπει να συμμορφώνονται με την οδηγία-πλαίσιο για τα ύδατα²⁰⁵, ώστε να αποτρέπεται επίσης η δημιουργία εμποδίων στην παραγωγή που σχετίζονται με το νερό.

¹⁹⁹ The Clean Hydrogen Monitor, Hydrogen Europe, 2021.

²⁰⁰ The Clean Hydrogen Monitor, Hydrogen Europe, 2021.

²⁰¹ Strategic Research and Innovation Agenda 2021-2027 (Στρατηγικό θεματολόγιο έρευνας και καινοτομίας για την περίοδο 2021-2027), σύμπραξη για το καθαρό υδρογόνο.

²⁰² Κοινή δήλωση της ευρωπαϊκής διάσκεψης κορυφής για τις ηλεκτρολυτικές κυψέλες, Βρυξέλλες, 5 Μαΐου 2022.

²⁰³ BNEF, 2021. Επισημαίνεται ότι οι διαφορετικές πηγές παρέχουν διαφορετικές εκτιμήσεις της ετήσιας παραγωγικής δυναμικότητας.

²⁰⁴ Dolci, F. et al., Clean Energy Technology Observatory: HyhydroElectrolysis — 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας: Ηλεκτρόλυση υδρογόνου — Έκθεση προόδου του 2022 σχετικά με την τεχνολογική ανάπτυξη, τις τάσεις, τις αξιακές αλυσίδες και τις αγορές), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022, JRC130683.

²⁰⁵ Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων (ΕΕ L 327 της 22.12.2000, σ. 1).

Ανάλυση παγκόσμιας αγοράς: Μόνο το 0,2 % της συνολικής ετήσιας ζήτησης (μη ανανεώσιμου) υδρογόνου στην Ευρώπη, η οποία ανέρχεται σε 8,4 εκατ. τόνους, καλύπτεται μέσω του διεθνούς εμπορίου²⁰⁶. Παρότι το διεθνές εμπόριο υδρογόνου εξακολουθεί να μην αποτελεί πραγματικότητα, υπάρχουν σημαντικές εμπορικές ευκαιρίες όσον αφορά τον μελλοντικό εφοδιασμό της ΕΕ με ανανεώσιμο υδρογόνο, όπως προσδιορίζεται στο σχέδιο REPowerEU.

Εν κατακλείδι, χωρίς μεγαλύτερα συστήματα συναρμολόγησης, περισσότερη αυτοματοποίηση και οικονομίες κλίμακας, η ΕΕ δεν μπορεί να ανταγωνιστεί την Κίνα στον τομέα της αλκαλικής τεχνολογίας.

Επί του παρόντος, οι υψηλές τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας και η εξάρτηση από τις εισαγωγές πρώτων υλών κρίσιμης σημασίας που συγκεντρώνονται σε λίγους προμηθευτές αποτελούν βασικές αδυναμίες των αξιακών αλυσίδων των ηλεκτρολυτικών κυψελών της ΕΕ. Απαιτούνται μακροπρόθεσμες συμφωνίες συνεργασίας. Υπάρχει επίσης ανάγκη για ειδική έρευνα σχετικά με εναλλακτικές λύσεις αντί των σπάνιων μετάλλων και άλλων πρώτων υλών κρίσιμης σημασίας που είναι επί του παρόντος απαραίτητες για την ηλεκτρόλυση του νερού. Επιπλέον, η μακροπρόθεσμη επιτυχία εξαρτάται από τη βιώσιμη παροχή νερού και την επαρκή δυναμικότητα ανακύκλωσης στην ΕΕ, καθώς και από μια ολοκληρωμένη προσέγγιση για την αύξηση της ζήτησης και της προσφοράς. Η στήριξη των κανονιστικών και χρηματοδοτικών πλαισίων της ΕΕ, καθώς και των μεγάλων επενδύσεων μέσω της χρηματοδότησης της ανάκαμψης, των ΣΕΚΕΕ, της πολιτικής συνοχής, του προγράμματος-πλαισίου «Ορίζων Ευρώπη», της κοινής επιχείρησης «Καθαρό υδρογόνο»²⁰⁷ και του Ταμείου Καινοτομίας είναι ζωτικής σημασίας για την ανταγωνιστικότητα του κλάδου του ανανεώσιμου υδρογόνου της ΕΕ.

3.6.Ανανεώσιμα καύσιμα

Οι τεχνολογίες ανανεώσιμων καυσίμων μπορούν να συμβάλουν βραχυπρόθεσμα σε μεγάλο βαθμό στην απανθρακοποίηση των μεταφορών και στην εγγύηση της ασφάλειας του ενεργειακού εφοδιασμού και της ενεργειακής διαφοροποίησης. Ειδικότερα, στο σχέδιο REPowerEU²⁰⁸ το βιομεθάνιο²⁰⁹ παρουσιάζεται ως κλειδί για τη διαφοροποίηση του εφοδιασμού της ΕΕ με αέριο μέσω της αύξησης της παραγωγής του δύο φορές πάνω από τον στόχο της ΕΕ για το 2030, θέτοντας κατ' αυτόν τον τρόπο το βιομεθάνιο ως βασική προτεραιότητα για την ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές.

Οι νομοθετικές προτάσεις που υποβλήθηκαν στο πλαίσιο της προσαρμογής στον στόχο του 55 %²¹⁰ θα δημιουργήσουν σημαντική ζήτηση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές στον τομέα των μεταφορών το 2030, η οποία θα υπερβαίνει σημαντικά τους στόχους για τα μερίδια των προηγμένων βιοκαυσίμων και των ανανεώσιμων καυσίμων μη βιολογικής προέλευσης που

²⁰⁶ Hydrogen Europe, Clean Hydrogen Europe, 2021. Η ετήσια ζήτηση για υδρογόνο περιλαμβάνει την Ισλανδία, τη Νορβηγία, την Ελβετία και το Ηνωμένο Βασίλειο.

²⁰⁷ Η κοινή επιχείρηση «Καθαρό υδρογόνο» έχει διαθέσει 150,5 εκατ. EUR, το πρόγραμμα-πλαίσιο «Ορίζων 2020» διέθεσε 130 εκατ. EUR και το Ταμείο Καινοτομίας στήριξε τέσσερα έργα με 240 εκατ. EUR έως τα μέσα του 2022.

²⁰⁸ COM(2022) 230 final («Σχέδιο REPowerEU»).

²⁰⁹ Ιδίως όταν παράγεται από οργανικά απόβλητα και κατάλοιπα, με αποτέλεσμα την παραγωγή προηγμένου βιοκαυσίμου όταν χρησιμοποιείται στον τομέα των μεταφορών.

²¹⁰ COM(2021) 550 final («Προσαρμογή στον στόχο του 55 %: υλοποίηση του στόχου της ΕΕ για το κλίμα με ορίζοντα το 2030 στην πορεία προς την κλιματική ουδετερότητα»).

προβλέπονται στην αναθεωρημένη πρόταση RED II²¹¹. Αυτό οφείλεται στον στόχο μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (GHG) κατά 13 % στον τομέα των μεταφορών (ο οποίος δεν είναι πιθανόν να επιτευχθεί μόνο με τον εξηλεκτρισμό) και στους υψηλότερους στόχους μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40 % και 61 % που προβλέπονται στις αναθεωρημένες προτάσεις για τον κανονισμό για τον επιμερισμό των προσπαθειών²¹² και την οδηγία για το σύστημα εμπορίας εκπομπών²¹³ αντίστοιχα (εάν οι στόχοι αυτοί πρέπει να επιτευχθούν με ίσες συνεισφορές από τις μεταφορές). Το σχέδιο REPowerEU προτείνει την περαιτέρω αύξηση των απαιτούμενων ποσοτήτων ανανεώσιμων καυσίμων. Σε αντίθεση με τις οδικές μεταφορές, των οποίων η απανθρακοποίηση αναμένεται ότι θα βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στην ηλεκτρική ενέργεια και στο υδρογόνο²¹⁴, οι προτάσεις για τις πρωτοβουλίες RefuelEU Aviation και FuelEU Maritime προβλέπουν ότι τα ανανεώσιμα καύσιμα θα καλύπτουν το 5 % και το 6,5 % της συνολικής κατανάλωσης καυσίμων στην αεροπορία και στη ναυτιλία της ΕΕ στους τομείς των αεροπορικών και θαλάσσιων μεταφορών²¹⁵²¹⁶.

Ανάλυση των τεχνολογιών: Υπάρχουν εμπορικές οδοί (π.χ. αναερόβια χώνευση σε βιομεθάνιο, υδρογονωμένο φυτικό έλαιο και παραγωγή λιγνοκυτταρινικής αιθανόλης), αλλά υπάρχει μικρή εγκατεστημένη δυναμικότητα (0,43 εκατ. τόνοι/έτος) και η προγραμματισμένη παραγωγή είναι περιορισμένη (1,85 εκατ. τόνοι/έτος). Διάφορες καινοτόμες τεχνολογίες (π.χ. αεριοποίηση βιομάζας σε συνθετικά καύσιμα Fischer-Tropsch, καύσιμα που προέρχονται από πυρόλυση και παραγωγή βιομεθανόλης) έχουν δοκιμαστεί στο βιομηχανικό περιβάλλον και είναι έτοιμες να εφαρμοστούν. Αξιοσημείωτη πρόοδος συντελείται επί του παρόντος όσον αφορά διάφορες τεχνολογίες νέας γενιάς. Η ΕΕ επικεντρώνει τις δράσεις της στα προηγμένα βιοκαύσιμα, τα οποία βασίζονται κυρίως σε μη ανακυκλώσιμα απόβλητα και κατάλοιπα, και περιορίζει τη στήριξη της στα βιοκαύσιμα που βασίζονται σε τρόφιμα και πρώτες ύλες.

Οι τεχνολογίες για άλλα ανανεώσιμα συνθετικά καύσιμα (ηλιακά καύσιμα, μικροβιακά καύσιμα 2ης γενιάς και καύσιμα από μικροφύκη) εξακολουθούν ως επί το πλείστον να βρίσκονται σε εργαστηριακή κλίμακα. Ακόμα και για τα ηλεκτρικά καύσιμα, οι πλέον προηγμένες τεχνολογίες δεν είναι ακόμη εμπορικές λόγω τεχνολογικών προκλήσεων που

²¹¹ COM(2021) 557 final («Τροποποίηση της οδηγίας (ΕΕ) 2018/2001, του κανονισμού (ΕΕ) 2018/1999, της οδηγίας 98/70/ΕΚ όσον αφορά την προώθηση της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές»).

²¹² COM(2021) 555 final («Πρόταση κανονισμού του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την τροποποίηση του κανονισμού (ΕΕ) 2018/842 σχετικά με τις δεσμευτικές ετήσιες μειώσεις των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου από τα κράτη μέλη από το 2021 έως το 2030, στο πλαίσιο της συμβολής στη δράση για το κλίμα για την τήρηση των δεσμεύσεων που απορρέουν από τη συμφωνία του Παρισιού»).

²¹³ COM(2021) 551 final («Πρόταση οδηγίας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για την τροποποίηση της οδηγίας 2003/87/ΕΚ σχετικά με τη θέσπιση συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου εντός της Ένωσης, της απόφασης (ΕΕ) 2015/1814 σχετικά με τη θέσπιση και τη λειτουργία αποθεματικού για τη σταθερότητα της αγοράς όσον αφορά το σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, και του κανονισμού (ΕΕ) 2015/757»).

²¹⁴ Οι κύριοι παράγοντες διαμόρφωσης πολιτικής στον τομέα είναι τα πρότυπα εκπομπών CO₂ και ο κανονισμός για τις υποδομές εναλλακτικών καυσίμων (AFIR) που προτείνονται στο πλαίσιο της δέσμης μέτρων για την προσαρμογή στον στόχο του 55 %.

²¹⁵ SWD(2021) 633 final, [«Impact assessment accompanying the Proposal for a Regulation of the European Parliament and the Council on ensuring a level playing field for sustainable air transport» (Εκτίμηση των επιπτώσεων που συνοδεύει την πρόταση για κανονισμό του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τη διασφάλιση ισότιμων όρων ανταγωνισμού για βιώσιμες αεροπορικές μεταφορές)].

²¹⁶ COM(2021) 562 final («Πρόταση κανονισμού για τη χρήση ανανεώσιμων καυσίμων και καυσίμων χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών στις θαλάσσιες μεταφορές»).

εξακολουθούν να υπάρχουν, του επί του παρόντος υψηλού κόστους της ηλεκτρολύσης, των υψηλών απωλειών μετατροπής (50 %) και του υψηλού κόστους μεταφοράς και διανομής²¹⁷.

Ανάλυση αξιακής αλυσίδας: Η κύρια πρόκληση όσον αφορά τη διείσδυση των προηγμένων βιοκαυσίμων στην αγορά είναι η ανταγωνιστικότητά τους έναντι των υφιστάμενων συμβατικών βιοκαυσίμων που προέρχονται από καλλιέργειες εδώδιμων φυτών. Το κόστος των προηγμένων βιοκαυσίμων εκτιμάται σε 1,5-3 φορές την αγοραία τιμή των παραδοσιακών βιοκαυσίμων, όπως το βιοντίζελ και η βιοαιθανόλη (ορίζεται σε 50-100 EUR/MWh). Τα προηγμένα βιοκαύσιμα έχουν επίσης υψηλές κεφαλαιουχικές δαπάνες (έως 500 εκατ. EUR για έναν σταθμό) και συνδέονται με τη διαθεσιμότητα βιώσιμων πρώτων υλών βιομάζας. Υπάρχουν σημαντικές δυνατότητες μείωσης του κεφαλαιουχικού κόστους κατά 25-50 % και του κόστους των πρώτων υλών κατά 10-20 %, ιδίως μέσω της E&K, της εγκατάστασης σε μεγάλη κλίμακα και της από κοινού επεξεργασίας σε υφιστάμενους σταθμούς.

Κατά την περίοδο 2010-2021 η ιδιωτική χρηματοδότηση επιχειρηματικού κεφαλαίου για E&K για τα βιοκαύσιμα²¹⁸ ανήλθε κατά μέσο όρο σε 250 εκατ. EUR ετησίως. Οι ΗΠΑ και ο Καναδάς κατείχαν κυρίαρχη θέση (παρότι προέβλεπαν διαφορετικούς ορισμούς για τα βιοκαύσιμα), ενώ το μερίδιο της ΕΕ ήταν μόλις 6 % κατά τα τελευταία 5 έτη. Ωστόσο, η ΕΕ πρωτοστατεί με διπλάσιο αριθμό διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας υψηλής αξίας απ' ότι οι ΗΠΑ. Η Κίνα κατέχει τα περισσότερα διπλώματα ευρεσιτεχνίας χαμηλής καινοτομίας, ενώ οι αιτήσεις διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας της ΕΕ αυξάνονται στις ΗΠΑ και στην Κίνα.

Ανάλυση παγκόσμιας αγοράς: Η ΕΕ αντιπροσωπεύει σχεδόν το 7 % της παγκόσμιας αγοράς βιοκαυσίμων (δηλαδή περίπου 105 δισ. EUR το 2020), το οποίο παράγεται κυρίως από βιοντίζελ πρώτης γενιάς. Ο κύκλος εργασιών έφτασε στο υψηλότερο επίπεδο των 14,4 δισ. EUR το 2018²¹⁹, με το μεγαλύτερο μέρος να παράγεται στη Γαλλία, τη Γερμανία και την Ισπανία. Δημιουργήθηκαν 250 000 άμεσες και έμμεσες θέσεις εργασίας σε ολόκληρη την αξιακή αλυσίδα στην ΕΕ. Η ΕΕ φιλοξενεί επίσης το 29 % των εταιρειών καινοτομίας παγκοσμίως, ενώ οι ΗΠΑ και η Ιαπωνία φιλοξενούν τον μεγαλύτερο αριθμό.

Ο τομέας των προηγμένων βιοκαυσίμων μόλις αναδύεται. Ο αριθμός των εμπορικών σταθμών εξακολουθεί να είναι αρκετά χαμηλός και το διεθνές εμπόριο είναι πολύ περιορισμένο. Η ΕΕ κατέχει ηγετική θέση παγκοσμίως με 19 από τους 24 λειτουργικούς εμπορικούς σταθμούς προηγμένων βιοκαυσίμων. Η Σουηδία και η Φινλανδία έχουν τους περισσότερους (12 από αυτούς)²²⁰.

²¹⁷ 50 % για τα ηλεκτρικά καύσιμα. Το τρέχον κόστος των ηλεκτρικών καυσίμων ύψους 7 EUR/λίτρο αναμένεται να μειωθεί σε 1-3 EUR/λίτρο έως το 2050, λόγω των οικονομιών κλίμακας, των αποτελεσμάτων της τεχνολογίας και της αναμενόμενης μείωσης της τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές.

²¹⁸ Οι ιδιωτικές επενδύσεις περιλαμβάνουν κεφάλαια επιχειρηματικού κινδύνου, χρηματοδότηση μέσω επιχειρηματικών αγγέλων και κεφάλαια εκκίνησης, καθώς και επιχορηγήσεις. Το 57 % των επενδύσεων από το 2010 πραγματοποιήθηκαν στις ΗΠΑ, το 28 % στον Καναδά και μόνο το 10 % σε ολόκληρη την ΕΕ (έκθεση για τα προηγμένα βιοκαύσιμα του 2022 του CETO του JRC).

²¹⁹ Η Advanced Biofuels αναφέρει ότι η Γαλλία είχε τον υψηλότερο κύκλο εργασιών το 2020 (λίγο περισσότερο από 2 500 εκατ. EUR), ακολουθούμενη από τη Γερμανία και την Ισπανία (περίπου 1 500 εκατ. EUR η καθεμία) και την Ουγγαρία, τη Ρουμανία και την Πολωνία (λίγο λιγότερο από 1 000 εκατ. EUR η καθεμία) [βλ. Clean Energy Technology Observatory: Advanced biofuels in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας: τα προηγμένα βιοκαύσιμα στην Ευρωπαϊκή Ένωση — Έκθεση προόδου του 2022 σχετικά με την τεχνολογική ανάπτυξη, τις τάσεις, τις αξιακές αλυσίδες και τις αγορές), JRC130727].

²²⁰ Η Σουηδία έχει 8 σταθμούς, η Φινλανδία 4, η Ισπανία και η Ιταλία 2, ενώ η Γαλλία και οι Κάτω Χώρες έχουν 1. Εκτός της ΕΕ, οι ΗΠΑ έχουν 2 και η Κίνα, η Ινδονησία, η Ιαπωνία και η Νορβηγία έχουν 1 (έκθεση για τα προηγμένα βιοκαύσιμα του 2022 του CETO του JRC).

Όλα τα βιοκαύσιμα μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο διεθνούς εμπορίου. Το διεθνές εμπόριο είναι χαμηλότερο σε σχέση με το διεθνές εμπόριο ορυκτών καυσίμων και σχεδόν ανύπαρκτο για τα προηγμένα βιοκαύσιμα. Οι εισαγωγές βιοκαυσίμων της ΕΕ αυξάνονται συνεχώς από το 2014. Το 2021 η ΕΕ είχε εμπορικό έλλειμμα στα βιοκαύσιμα άνω των 2 δισ. EUR, ενώ οι εισαγωγές προέρχονταν κυρίως από την Αργεντινή, την Κίνα και τη Μαλαισία. Η Γερμανία και οι Κάτω Χώρες είναι οι μεγαλύτεροι παραγωγοί της ΕΕ και εξαγωγείς βιοκαυσίμων παγκοσμίως.

Εν κατακλείδι, παρότι η εγκατεστημένη και η προγραμματισμένη δυναμικότητα παραγωγής ανανεώσιμων καυσίμων για το 2030 είναι ελάχιστη και το δυναμικό των προηγμένων βιοκαυσίμων από βιώσιμες πρώτες ύλες στην ΕΕ είναι περιορισμένο, ο εν λόγω τομέας μπορεί, ωστόσο, να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων μείωσης των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στο πλαίσιο της προσαρμογής στον στόχο του 55 % και να καλύψει επαρκώς τυχόν καθυστέρηση στον εξηλεκτρισμό των μεταφορών. Ορισμένοι τεχνικοί και οικονομικοί κίνδυνοι πρέπει να αντιμετωπιστούν ώστε να αξιοποιηθούν πλήρως οι δυνατότητες των ανανεώσιμων καυσίμων στις μεταφορές. Το κόστος όλων των ανανεώσιμων καυσίμων και, ειδικότερα, των συνθετικών καυσίμων εξακολουθεί να είναι υψηλό, διότι βασίζονται στις τιμές της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και στις τιμές του υδρογόνου. Ωστόσο, τα προηγμένα βιοκαύσιμα βασίζονται σε τοπικούς βιώσιμους πόρους βιομάζας και βραχείες αλυσίδες εφοδιασμού που δημιουργούν μεγάλο αριθμό θέσεων εργασίας υψηλής ειδίκευσης, μειώνουν την ενεργειακή φτώχεια και προωθούν τη βιομηχανική ανταγωνιστικότητα. Η ΕΕ κατέχει σαφή ηγετική θέση στην αγορά όσον αφορά τους λειτουργικούς εμπορικούς σταθμούς προηγμένων βιοκαυσίμων και τις καινοτομίες υψηλής αξίας. Οι εταιρείες της ΕΕ συγκαταλέγονται επί του παρόντος μεταξύ των δέκα κορυφαίων παγκοσμίως, αλλά κινδυνεύουν να απολέσουν την τεχνολογική τους υπεροχή λόγω της έλλειψης ιδιωτικής χρηματοδότησης. Κατά συνέπεια, εκτός από την ενέργεια που παράγεται στην εγχώρια αγορά, θα πρέπει επίσης να εξεταστούν οι εξαγωγικές δυνατότητες των υποκείμενων ευρωπαϊκών τεχνολογιών.

3.7.Εξυπνες τεχνολογίες για την ενεργειακή διαχείριση

Στο πλαίσιο της χάραξης πολιτικής σε επίπεδο ΕΕ και σε εθνικό επίπεδο έχει αναγνωριστεί σαφώς η σημασία των ευφών δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας κατά τα τελευταία έτη. Η στρατηγική της ΕΕ του 2020 για την ενοποίηση του ενεργειακού συστήματος²²¹ αναγνώρισε τη σημασία των ευφών δικτύων για την επίτευξη των στόχων της πολιτικής της ΕΕ για την ενέργεια και το κλίμα. Ο αναθεωρημένος κανονισμός του 2022 για τις διευρωπαϊκές ενεργειακές υποδομές²²² αναφέρεται στην ανάπτυξη ευφών δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας ως θεματικού τομέα προτεραιότητας²²³. Στα σχέδια ανάκαμψης και ανθεκτικότητας (ΣΑΑ), τα κράτη μέλη αναγνώρισαν τις δυνατότητες των ψηφιακών λύσεων για την αναβάθμιση του

²²¹ COM(2020) 299 final («Ενέργεια για μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία: Στρατηγική της ΕΕ για την ενοποίηση του ενεργειακού συστήματος»).

²²² Κανονισμός (ΕΕ) 2022/869 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου, της 30ής Μαΐου 2022, σχετικά με τις κατευθυντήριες γραμμές για τις διευρωπαϊκές ενεργειακές υποδομές, την τροποποίηση των κανονισμών (ΕΚ) αριθ. 715/2009, (ΕΕ) 2019/942 και (ΕΕ) 2019/943 και των οδηγιών 2009/73/ΕΚ και (ΕΕ) 2019/944 και την κατάργηση του κανονισμού (ΕΕ) αριθ. 347/2013 (ΕΕ L 152 της 3.6.2022, σ. 45).

²²³ Σύμφωνα με τον κανονισμό, τα έργα ευφών δικτύων πρέπει να πληρούν τουλάχιστον δύο από τα ακόλουθα κριτήρια: i) ασφάλεια εφοδιασμού· ii) ενοποίηση της αγοράς· iii) ασφάλεια δικτύων, ευελιξία και ποιότητα εφοδιασμού· και iv) έξυπνη ενοποίηση τομέων.

ευφυΐας των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας²²⁴. Ο εξηλεκτρισμός και η αναβάθμιση της ευφυΐας του δικτύου προχωρούν, ωστόσο απαιτούνται περισσότερες προσπάθειες για την ενίσχυση των υποδομών ηλεκτρικής ενέργειας προκειμένου να εφαρμοστεί το σχέδιο REPowerEU. Οι προκλήσεις περιλαμβάνουν τη μείωση, την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των διαφόρων παραγόντων, την ευελιξία, τη διαλειτουργικότητα και την τεχνολογική ετοιμότητα. Στο σχέδιο δράσης της ΕΕ για την ψηφιοποίηση του ενεργειακού συστήματος²²⁵ παρουσιάζεται μια σειρά μέτρων για την υπέρβαση αυτών των εμποδίων.

Δεδομένου του μεγάλου αριθμού και του ευρέος φάσματος έξυπνων ενεργειακών τεχνολογιών, η παρούσα ενότητα επικεντρώνεται στην παρουσίαση μιας αξιολόγησης των σχετικών τεχνολογικών εξελίξεων και των εξελίξεων της αγοράς για τρεις μόνο βασικές τεχνολογίες: i) προηγμένες υποδομές μέτρησης· ii) οικιακά συστήματα ενεργειακής διαχείρισης· και iii) έξυπνη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων.

i) Προηγμένες υποδομές μέτρησης

Τα συστήματα προηγμένων υποδομών μέτρησης²²⁶ προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα τόσο για τους παρόχους ενεργειακών υπηρεσιών όσο και για τους καταναλωτές, μεταξύ άλλων, μείωση των λογαριασμών ηλεκτρικής ενέργειας μέσω καλύτερης διαχείρισης της κατανάλωσης· καλύτερη παρατηρησιμότητα του δικτύου και, συνεπώς, καλύτερη διαχείριση των διακοπών· μειωμένο κόστος για ενημερώσεις του δικτύου λόγω της βελτιωμένης διαχείρισης της ηλεκτρικής ενέργειας σε περιόδους αιχμής· και καλύτερο έλεγχο των πελατών μέσω της χρήσης προηγμένων υποδομών πελατών (δηλαδή έξυπνων εφαρμογών και διαδικτυακών πυλών)²²⁷.

Η ανάπτυξη ευφών συστημάτων μέτρησης προχωρεί στην ΕΕ, ωστόσο πρέπει να επιταχυνθεί περαιτέρω. Το 2020 μόλις το 43 % των καταναλωτών διέθεταν έξυπνο μετρητή ηλεκτρικής ενέργειας (ποσοστό που αντιστοιχεί σε περίπου 123 εκατομμύρια μονάδες στην ΕΕ και στο Ηνωμένο Βασίλειο)²²⁸. Οι λειτουργίες που προσφέρουν οι προηγμένες υποδομές μέτρησης ποικίλλουν: στις περισσότερες χώρες, παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες μέσω διεπαφής μετρητή σχετικά με τα δεδομένα κατανάλωσης (π.χ. επίπεδο κατανάλωσης/ημερομηνία/ώρα) και/ή πληροφορίες σχετικά με τα σωρευτικά δεδομένα κατανάλωσης.

Η αξιοποίηση του πλήρους δυναμικού των προηγμένων υποδομών μέτρησης θα απαιτήσει την περαιτέρω ενοποίηση με τα οικιακά συστήματα ενεργειακής διαχείρισης και τις έξυπνες

²²⁴ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, *Πίνακας αποτελεσμάτων για την ανάκαμψη και την ανθεκτικότητα. Θεματική ανάλυση: ψηφιακές δημόσιες υπηρεσίες*, Δεκέμβριος 2021.

²²⁵ COM(2022) 552 final «Ψηφιοποίηση του ενεργειακού συστήματος — Σχέδιο δράσης της ΕΕ».

²²⁶ Τα συστήματα προηγμένων υποδομών μέτρησης αποτελούνται από διάφορα κατασκευαστικά στοιχεία. Οι έξυπνοι μετρητές αποτελούν το βασικό τμήμα και συμπληρώνονται από δίκτυα επικοινωνίας και συστήματα διαχείρισης δεδομένων.

²²⁷ Συστήματα προηγμένων υποδομών μέτρησης και πελατών, *Results from the Smart Grid Investment Grant Program* (Αποτελέσματα του προγράμματος επιχορήγησης επενδύσεων σε ευφυή δίκτυα), Υπηρεσία παράδοσης ηλεκτρικής ενέργειας και αξιοπιστίας εφοδιασμού ενέργειας, Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ, https://www.energy.gov/sites/prod/files/2016/12/f34/AMI%20Summary%20Report_09-26-16.pdf.

²²⁸ Εσθονία, Ισπανία, Ιταλία, Φινλανδία και Σουηδία: 90 %· Δανία, Γαλλία, Λουξεμβούργο, Μάλτα, Κάτω Χώρες και Σλοβενία: 70-90 %· Λετονία και Πορτογαλία: 50-70 %· Ελλάδα, Αυστρία και Ηνωμένο Βασίλειο: 20-50 % (Vitiello, S., Andreadou, N., Ardelean, M. and Fulli, G., Smart Metering Roll-Out in Europe: Where Do We Stand? Cost Benefit Analyses in the Clean Energy Package and Research Trends in the European Green Deal (Η ανάπτυξη της έξυπνης μέτρησης στην Ευρώπη: Πού βρισκόμαστε; Ανάλυση κόστους-οφέλους της δέσμης μέτρων για καθαρή ενέργεια και ερευνητικές τάσεις στην Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία), *Energies*, τόμος 15, σ. 2 340, 2022, <https://doi.org/10.3390/en15072340>.

συσκευές (συμπεριλαμβανομένης της έξυπνης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων), καθώς και με νέες ενεργειακές υπηρεσίες.

ii) Οικιακό σύστημα ενεργειακής διαχείρισης

Η αυξανόμενη ανάπτυξη έξυπνων συσκευών²²⁹ δείχνει ότι το οικιακό σύστημα ενεργειακής διαχείρισης θα πρέπει να αποτελεί τον κόμβο για τη συγκέντρωση δεδομένων, τη βελτιστοποίηση και την εξωτερική ανάθεση σε τρίτους (π.χ. μεσίτες ενέργειας και παρόχους υπηρεσιών). Η Επιτροπή καταρτίζει κώδικα δεοντολογίας για τους κατασκευαστές ενεργειακά έξυπνων συσκευών, ο οποίος θα καθορίζει τις απαιτήσεις διαλειτουργικότητας και τις αρχές για την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των συσκευών· των οικιακών και κτιριακών συστημάτων αυτοματισμού· των φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων· των φορέων συγκέντρωσης· και των διαχειριστών συστημάτων διανομής²³⁰.

Οι τρέχουσες λύσεις οικιακής ενεργειακής διαχείρισης ποικίλλουν από εφαρμογές άμεσης παρακολούθησης της ενέργειας που παρέχονται απευθείας στον πελάτη μέχρι πλατφόρμες λογισμικού λευκής ετικέτας για πελάτες κοινής ωφελείας, οι οποίες μπορούν αργότερα να αναπτυχθούν στους τελικούς χρήστες. Εκτός από τις «παραδοσιακές» εταιρείες με ιστορικό στον τομέα της ενέργειας και/ή της ηλεκτρονικής²³¹, μεγάλες εταιρείες λογισμικού όπως η Google, η Apple και η Cisco διανέμουν πλέον προϊόντα οικιακών συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης²³². Η τάση αυτή τονίζει τον αυξανόμενο ρόλο της μηχανικής λογισμικού στις συσκευές του διαδικτύου των πραγμάτων (IoT).

Η ζήτηση για οικιακά συστήματα ενεργειακής διαχείρισης αναμένεται να αυξηθεί σημαντικά τα επόμενα έτη. Για παράδειγμα, η γερμανική αγορά, η οποία είναι η μεγαλύτερη εθνική αγορά οικιακών συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης στην ΕΕ, αναμένεται να αυξηθεί σε σχεδόν 460 εκατ. USD (544 εκατ. EUR²³³) έως το 2027, και η γαλλική αγορά οικιακών συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης θα μπορούσε να έχει σύνθετο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης (CAGR) 20,3 % από το 2021 έως το 2027²³⁴. Αυτό αντανακλά τις παγκόσμιες τάσεις. Η παγκόσμια αγορά οικιακών συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης εκτιμήθηκε σε 2,1 δισ. USD το 2021 (2,5 δισ. EUR²³⁵) και θα μπορούσε να αυξηθεί σε 6 δισ. USD (7 δισ. EUR²³⁶) έως το 2027 (με

²²⁹ Στα παραδείγματα περιλαμβάνονται οι έξυπνοι θερμοστάτες, οι έξυπνοι ρευματολήπτες, ο έξυπνος φωτισμός, καθώς και οι συσκευές κατανεμημένης ενέργειας, όπως ηλιακά φωτοβολταϊκά, ηλεκτρικά οχήματα.

²³⁰ [Στήριξη της ανάπτυξης προτάσεων πολιτικής για ενεργειακές έξυπνες συσκευές | JRC Έξυπνα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας και διαλειτουργικότητα \(europa.eu\)](#)

²³¹ π.χ. Fortum (FI), ENEL X (IT), Bosch (DE), NIBE (SE) και Schneider Electric (FR). Οι πωλητές οικιακών συστημάτων ενεργειακής διαχείρισης παρουσιάστηκαν λεπτομερώς στην έκθεση για την ανταγωνιστικότητα του 2021 της Επιτροπής [SWD(2021) 307 final, [έγγραφο εργασίας των υπηρεσιών της Επιτροπής](#)].

²³² Η υπηρεσία Home της Google και Siri της Apple και η υπηρεσία ενεργειακής διαχείρισης της Cisco αποτελούν παραδείγματα υπηρεσιών οικιακής ενεργειακής διαχείρισης.

²³³ Στην παρούσα παράγραφο χρησιμοποιείται μέση συναλλαγματική ισοτιμία 1,1827 EUR για 1 USD για το έτος 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²³⁴ Delta-EE, <https://www.delta-ee.com/research-services/home-energy-management/>.

²³⁵ Στην παρούσα παράγραφο χρησιμοποιείται μέση συναλλαγματική ισοτιμία 1,1827 EUR για 1 USD για το έτος 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²³⁶ Στην παρούσα παράγραφο χρησιμοποιείται μέση συναλλαγματική ισοτιμία 1,1827 EUR για 1 USD για το έτος 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

CAGR 16,5 % κατά την περίοδο 2022-2027)²³⁷. Ωστόσο, σε αυτό το στάδιο, παραμένει ασαφές αν τα οικιακά συστήματα ενεργειακής διαχείρισης θα βοηθήσουν μόνο τους καταναλωτές να βελτιστοποιήσουν την κατανάλωση και την άνεσή τους ή αν θα καταστήσουν επίσης δυνατή την ανταπόκριση στη ζήτηση και την ευελιξία σε κλίμακα.

iii) Έξυπνη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων

Η έξυπνη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων θα είναι καίριας σημασίας για τη μεγιστοποίηση των συνεργειών μεταξύ των ηλεκτρικών οχημάτων, της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές και των υπηρεσιών δικτύου. Ο ρυθμός ανάπτυξης των ηλεκτρικών οχημάτων συνεπάγεται ότι τα ηλεκτρικά οχήματα δεν αναμένεται να προκαλέσουν κρίση σε επίπεδο ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας βραχυπρόθεσμα έως μεσοπρόθεσμα²³⁸, αλλά θα μπορούσαν να αναδιαμορφώσουν την καμπύλη φορτίου²³⁹. Ο αντίκτυπος της έξυπνης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων μπορεί να είναι μεγαλύτερος σε περιφερειακό και τοπικό επίπεδο όπου η υψηλή συγκέντρωση ηλεκτρικών οχημάτων συναντά λιγότερο ισχυρές υποδομές δικτύου. Οι τεχνικές έξυπνης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων μπορούν δυνητικά να παρέχουν υπηρεσίες εξισορρόπησης για το δίκτυο και να μειώσουν τις περικοπές της ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την ανάγκη αναβάθμισης του δικτύου.

Η έξυπνη φόρτιση περιλαμβάνει μια σειρά επιλογών τιμολόγησης και τεχνικής φόρτισης και έχει τρεις μορφές: μονοκατευθυντική από το όχημα προς το δίκτυο (V1G), δικατευθυντική από το όχημα προς το δίκτυο (V2G) και από το όχημα προς κατοικία ή κτίριο (V2H-B). Βασικοί παράγοντες στην αγορά έξυπνης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων είναι η ABB (Σουηδία/Ελβετία), η Bosch Automotive Service Solutions Inc. (Γερμανία), η Schneider Electric (Γαλλία), η Greenflux και η Alfen N.V. (Κάτω Χώρες), η Virta (Φινλανδία), η Driivz και η Tesla (ΗΠΑ).

Η παγκόσμια αγορά έξυπνης φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων βρίσκεται σαφώς σε στάδιο εκκίνησης, με εκτιμώμενη αξία 1,52 δισ. USD (1,77 δισ. EUR²⁴⁰) το 2020 και σύνθετο ετήσιο ρυθμό αύξησης (CAGR) 32,42 % από το 2021 έως το 2031²⁴¹. Ωστόσο, σε αντίθεση με τις πιο ώριμες λύσεις V1G, οι V2G και V2H-B δεν έχουν φτάσει ακόμη στο στάδιο της ευρείας διείσδυσης στην αγορά, παρότι ο αριθμός των πιλοτικών έργων και των επιδείξεων αυξάνεται.

Η ανάπτυξη έξυπνων υποδομών φόρτισης σε κλίμακα θα συνοδευτεί από δύο προκλήσεις: πρώτον, θα πρέπει να παγιωθεί η τυποποίηση των διεπαφών επικοινωνίας μεταξύ των σημείων

²³⁷ Όμιλος IMARC: Home Energy Management System Market Size and Share 2022-2027 (Οικιακό σύστημα ενεργειακής διαχείρισης — Μέγεθος και μερίδιο στην αγορά 2022-2027) <https://www.imarcgroup.com/home-energy-management-systems-market?msclkid=5440b237b02f11ecae445030f049ab37>.

²³⁸ Οι προσομοιώσεις του δικτύου διανομής στη Γερμανία δείχνουν ότι οι απαιτήσεις αναβάθμισης του δικτύου είναι μάλλον χαμηλές μέχρι τα ηλεκτρικά οχήματα να φτάσουν περίπου το 20 % του συνολικού αποθέματος οχημάτων (VertgeWall, C.M. et al., *Modelling Of Location And Time Dependent Charging Profiles Of Electric Vehicles Based On Historical User Behaviour* (Μοντελοποίηση των χαρακτηριστικών φόρτισης συναρτήσει της τοποθεσίας και του χρόνου των ηλεκτρικών οχημάτων με βάση την προηγούμενη συμπεριφορά του χρήστη), CIRED 2021 — Το 26ο διεθνές συνέδριο και έκθεση για τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας, 2021).

²³⁹ McKinsey&Company, McKinsey Center for future mobility, *The potential impact of electric vehicles on global energy systems* (Ο δυνητικός αντίκτυπος των ηλεκτρικών οχημάτων στα παγκόσμια ενεργειακά συστήματα), 2018.

²⁴⁰ Στην παρούσα παράγραφο χρησιμοποιείται μέση συναλλαγματική ισοτιμία 1,1827 EUR για 1 USD για το έτος 2021. https://www.ecb.europa.eu/stats/policy_and_exchange_rates/euro_reference_exchange_rates/html/eurofxref-graph-usd.en.html.

²⁴¹ Έρευνα αγοράς για τη διαφάνεια, *Smart EV Charger Market: 2021 – 2031* (Η αγορά έξυπνων φορτιστών ηλεκτρικών οχημάτων: 2021 – 2031), 2021.

φόρτισης, των ηλεκτρικών οχημάτων και του δικτύου διανομής· δεύτερον, θα πρέπει να καλυφθεί η αυξανόμενη ζήτηση πρώτων υλών²⁴².

Τα συστήματα προηγμένων υποδομών μέτρησης, τα οικιακά συστήματα ενεργειακής διαχείρισης και η έξυπνη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων αναμένεται να σημειώσουν περαιτέρω πρόοδο. Ο ρυθμός εγκατάστασης συστημάτων προηγμένων υποδομών μέτρησης ήταν βραδύτερος απ' ό,τι είχε αρχικά προβλεφθεί. Απαιτείται περαιτέρω ενοποίηση με τα οικιακά συστήματα ενεργειακής διαχείρισης και τις έξυπνες συσκευές ώστε να αξιοποιηθούν πλήρως οι ευκαιρίες των συστημάτων προηγμένων υποδομών μέτρησης. Η αυξανόμενη παρουσία έξυπνων συσκευών αναμένεται να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της ζήτησης για οικιακά συστήματα ενεργειακής διαχείρισης. Η παγκόσμια αγορά για την έξυπνη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων αναμένεται επίσης να σημειώσει άνοδο, αλλά θα πρέπει να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις.

3.8. Κύρια πορίσματα σχετικά με άλλες τεχνολογίες καθαρής ενέργειας

Οι ανωτέρω ενότητες επικεντρώνονται στις τεχνολογίες και λύσεις καθαρής ενέργειας που αναλύθηκαν το 2021²⁴³. Οι άλλες κύριες λύσεις καθαρής ενέργειας που παρουσιάζονται στην παρούσα ενότητα καλύπτονται στις συνοδευτικές εκθέσεις του CETO²⁴⁴. Οι τεχνολογίες αυτές βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια ανάπτυξης και εξελίσσονται σε διαφορετικά πλαίσια. Αυτό σημαίνει ότι για την καθεμία υπάρχει ένα διαφορετικό σύνολο προκλήσεων και ευκαιριών όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα.

Για παράδειγμα, η υδροηλεκτρική ενέργεια²⁴⁵ έχει αναπτυχθεί σημαντικά σε ολόκληρη την ΕΕ. Το 2021 η εγκατεστημένη δυναμικότητα ήταν 151 GW, σημειώνοντας αύξηση + 6 GW σε σύγκριση με το 2011 και αντιστοιχώντας στο 12 % περίπου της καθαρής παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ. Τα 44 GW υδροηλεκτρικής ενέργειας με άντληση της ΕΕ αντιπροσωπεύουν σχεδόν το σύνολο της δυναμικότητας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ και εξασφαλίζουν ευελιξία στο δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας και δυναμικότητα αποθήκευσης νερού. Με τη γήρανση του στόλου, η βιώσιμη ανανέωση της υφιστάμενης δυναμικότητας υδροηλεκτρικής ενέργειας αποκτά ολοένα και μεγαλύτερη σημασία, ενώ παράλληλα αποτελεί μια ευκαιρία ο στόλος σταθμών υδροηλεκτρικής ενέργειας να καταστεί πιο ανθεκτικός στις αλλαγές του κλίματος και της αγοράς. Η ΕΕ πρωτοστατεί στον τομέα της Ε&Κ κατέχοντας το 33 % του συνόλου των εφευρέσεων υψηλής αξίας παγκοσμίως (2017-2019) και φιλοξενεί το 28 % του συνόλου των καινοτόμων εταιρειών. Σε μια παγκοσμίως επεκτεινόμενη αγορά, αντιπροσώπευε επίσης το 50 % του συνόλου των παγκόσμιων εξαγωγών υδροηλεκτρικής ενέργειας, αξίας 1 δισ. EUR την περίοδο 2019-2021. Ωστόσο, για να αξιοποιήσει πλήρως το δυναμικό της, η ΕΕ θα πρέπει να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που

²⁴² Πρώτες ύλες, όπως ανοξείδωτος χάλυβας, χαλκός, αλουμίνιο, πολυανθρακικά άλατα, ελαστομερή και θερμοπλαστικές πολυουρεθάνες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή κατασκευαστικών στοιχείων κρίσιμης σημασίας των σταθμών φόρτισης ηλεκτρικών οχημάτων (περιβλήματα, καλώδια, σύνδεσμοι, μόνωση και χιτώνες καλωδίων και εύκαμπτοι αγωγοί). Το πυρίτιο και το γερμάνιο είναι πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας για την κατασκευή ηλεκτρονικών κυκλωμάτων και πλακετών.

²⁴³ COM(2021) 952 final («Πρόοδος όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας»).

²⁴⁴ https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_el.

²⁴⁵ Quaranta, E. et al., Clean Energy Technology Observatory, Hydropower and Pumped Hydropower Storage in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας, Η υδροηλεκτρική ενέργεια και η αποθήκευση υδροηλεκτρικής ενέργειας με άντληση στην Ευρωπαϊκή Ένωση — Έκθεση προόδου του 2022 σχετικά με την τεχνολογική ανάπτυξη, τις τάσεις, τις αξιακές αλυσίδες και τις αγορές), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022, JRC130587.

συνδέονται με την κοινωνική αποδοχή και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις των νέων εγκαταστάσεων και ταμιευτήρων. Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής επηρεάζουν επίσης την υδροηλεκτρική ενέργεια στην Ευρώπη με διάφορους τρόπους και οι ταμιευτήρες υδροηλεκτρικής ενέργειας μπορούν να διαδραματίσουν κάποιο ρόλο μετριάζοντας ορισμένες από αυτές τις επιπτώσεις. Είναι σημαντικό να αναγνωριστούν τα πρόσθετα οφέλη (πέραν της παραγωγής ενέργειας) των ταμιευτήρων υδροηλεκτρικής ενέργειας πολλαπλών χρήσεων και να δοθούν κίνητρα για πιο βιώσιμες (δηλαδή με λιγότερες επιπτώσεις) τεχνολογίες και μέτρα για την υδροηλεκτρική ενέργεια.

Ο αριθμός των εγκαταστάσεων **ωκεάνιας ενέργειας**²⁴⁶ αυξάνεται. Μακροπρόθεσμα, λαμβανομένου υπόψη του δυναμικού όσον αφορά τους πόρους, η ωκεάνια ενέργεια μπορεί να συνεισφέρει στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της ΕΕ σε ποσοστό έως και 10 %. Στη στρατηγική της ΕΕ του 2020 για τις υπεράκτιες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ²⁴⁷προτάθηκαν συγκεκριμένοι στόχοι δυναμικότητας για την ωκεάνια ενέργεια με μακροπρόθεσμο στόχο τουλάχιστον τα 40 GW έως το 2050. Οι εταιρείες της ΕΕ κατέχουν ηγετική θέση στον τομέα της ωκεάνιας ενέργειας, ενώ οι περισσότερες εταιρείες φιλοξενούνται σε χώρες της ΕΕ. Οι εγκαταστάσεις εντός και εκτός της ΕΕ αυξάνονται όσον αφορά την εγκατεστημένη δυναμικότητα. Μεμονωμένες συσκευές συνεισφέρουν ήδη στο δίκτυο για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα²⁴⁸. Ωστόσο, απαιτούνται συνεχείς μειώσεις του κόστους και διασφάλιση της βιωσιμότητας ώστε οι τεχνολογίες κυματικής και παλιρροϊκής ενέργειας να εδραιωθούν στην αγορά ηλεκτρικής ενέργειας και να είναι ανταγωνιστικές με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Απαιτείται επίσης περαιτέρω χρηματοδότηση των δοκιμών και της διείσδυσης στην αγορά ώστε να καταστεί δυνατή η ανάπτυξή τους σε μεγάλη κλίμακα.

Η **γεωθερμική**²⁴⁹ **ενέργεια** έχει σημειώσει ανάπτυξη τόσο για τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής όσο και για την τηλεθέρμανση και τηλεψύξη, παρότι με αργό ρυθμό σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες καθαρής ενέργειας. Το 2021 τέθηκαν σε λειτουργία δύο επιπλέον γεωθερμικοί σταθμοί ηλεκτροπαραγωγής στη Γερμανία, με δυναμικότητα 1 MWe και 5 MWe²⁵⁰ —με αποτέλεσμα η συνολική δυναμικότητα της ΕΕ να ανέρχεται σε 0,877 GWe— ενώ η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα παγκοσμίως ήταν περίπου 14,4 GWe. Το 2021 η συνολική εγκατεστημένη δυναμικότητα γεωθερμικής ενέργειας για τηλεθέρμανση και τηλεψύξη ανήλθε σε 2,2 GWh στην ΕΕ, με περισσότερα από 262 συστήματα. Η μεγαλύτερη ανάπτυξη σημειώνεται στη Γαλλία, στις Κάτω Χώρες και στην Πολωνία. Τα βελτιωμένα γεωθερμικά συστήματα εξακολουθούν να αντιμετωπίζουν διάφορες προκλήσεις όσον αφορά την καινοτομία, για τις οποίες θα απαιτηθεί περαιτέρω Ε&Κ. Η μείωση του κινδύνου των επενδύσεων σε έργα γεωθερμικής ενέργειας είναι ζωτικής σημασίας

²⁴⁶ Συμπεριλαμβανομένων των τεχνολογιών μετατροπής της κυματικής ενέργειας, της παλιρροϊκής ενέργειας, της ενέργειας αλατοβαθμίδας και της ωκεάνιας θερμικής ενέργειας.

²⁴⁷ COM(2020) 741 final («Μια στρατηγική της ΕΕ για την αξιοποίηση του δυναμικού των υπεράκτιων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για ένα κλιματικά ουδέτερο μέλλον»).

²⁴⁸ Το έργο Meygen 1A tidal energy (UK) υλοποιείται από τον Απρίλιο του 2018, το έργο Mutriku wave energy (ES) από τον Ιούλιο του 2011 και το έργο Shetland tidal από το 2016.

²⁴⁹ Bruhn, D. et al., *Clean Energy Technology Observatory: Deep Geothermal Energy in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets* (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας: η βαθιά γεωθερμική ενέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση — Έκθεση προόδου του 2022 σχετικά με την τεχνολογική ανάπτυξη, τις τάσεις, τις αξιακές αλυσίδες και τις αγορές), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022, JRC130585.

²⁵⁰ Ευρωπαϊκό Συμβούλιο Γεωθερμικής Ενέργειας, *2021 EGECE Geothermal Market Report* (Έκθεση του 2021 του EGECE για την αγορά γεωθερμικής ενέργειας).

για την αξιοποίηση του τεράστιου δυναμικού της γεωθερμικής ενέργειας. Στην ΕΕ, οι κύριες προκλήσεις αφορούν την οικονομική αποδοτικότητα και τις περιβαλλοντικές επιδόσεις.

Η παραγωγή ηλιακής ενέργειας και θερμότητας με συγκεντρωτικά κάτοπτρα²⁵¹ (CSP) μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε τοποθεσίες με υψηλή άμεση μόνωση, ωστόσο μέχρι στιγμής έχει αξιοποιηθεί μόνον ένα μικρό μέρος του δυναμικού της. Το 2021 η παγκόσμια εγκατεστημένη δυναμικότητα ήταν περίπου 6,5 GW, με εγκατεστημένη δυναμικότητα 2,4 GW στην ΕΕ. Υπάρχει επίσης μια μεγάλη αγορά της ΕΕ για τη θερμότητα στις βιομηχανικές διεργασίες, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί εν μέρει από τα συστήματα παραγωγής ηλιακής θερμότητας με συγκεντρωτικά κάτοπτρα. Η διερεύνηση αυτού του δυναμικού για την ηλεκτρική ενέργεια και τη βιομηχανική θερμότητα με οικονομικά και άλλα μέτρα στήριξης θα επιτρέψει στην ΕΕ να αντιμετωπίσει καλύτερα τον διεθνή ανταγωνισμό. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό, καθώς οι κινεζικοί οργανισμοί εμφανίζονται ως φορείς ανάπτυξης διεθνών έργων CSP, τομέας στον οποίο οι εταιρείες της ΕΕ ήταν παραδοσιακά πρωτοπόροι. Η CPS έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο όσον αφορά τη μείωση του κόστους και την εδραίωσή της ως αξιόπιστης επιλογής. Οι ευρωπαϊκοί οργανισμοί διαδραματίζουν ηγετικό ρόλο στην έρευνα και την τεχνολογική ανάπτυξη. Οι ερευνητές της ΕΕ κατέχουν κορυφαία θέση όσον αφορά τη δημοσίευση επιστημονικών εγγράφων και είναι συντάκτες διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας υψηλής αξίας που αυξάνουν την αποδοτικότητα και μειώνουν το κόστος, όπως ορίζεται στο σχέδιο υλοποίησης της CSP του στρατηγικού σχεδίου ενεργειακών τεχνολογιών (σχέδιο ΣΕΤ)²⁵². Εν προκειμένω, η Ε&Κ θα διαδραματίσουν καίριο ρόλο και θα συνεχιστεί η παροχή συγκεκριμένης στήριξης σε επίπεδο ΕΕ, όπως ανακοινώθηκε στη νέα στρατηγική της ΕΕ για την ηλιακή ενέργεια.

Η πρόοδος όσον αφορά τη δέσμευση, χρήση και αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα (CCUS) επιταχύνθηκε τα τελευταία έτη, ωστόσο εξακολουθεί να λειτουργεί μικρός αριθμός εγκαταστάσεων στην ΕΕ. Η Γερμανία, η Γαλλία και οι Κάτω Χώρες κατέχουν ηγετική θέση όσον αφορά τις δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις στην Ε&Κ και τις κορυφαίες εταιρείες κατοχύρωσης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας. Εξακολουθούν να υπάρχουν ορισμένα εμπόδια στην ανάπτυξη της CCUS, κυρίως όσον αφορά την εφαρμογή του κανονιστικού πλαισίου²⁵³, την οικονομία, τους κινδύνους και τις αβεβαιότητες, καθώς και την αποδοχή από το κοινό. Έχουν επιλεχθεί 11 μεγάλης κλίμακας έργα CCS και CCU για στήριξη από την ΕΕ από το Ταμείο Καινοτομίας.

Η βιοενέργεια²⁵⁴ αντιπροσωπεύει επί του παρόντος περίπου το 60 %²⁵⁵ του εφοδιασμού της ΕΕ με ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές. Η βιοενέργεια παραμένει σημαντική για τη μετάβαση των ενεργειακών τομέων αρκετών κρατών μελών, διότι συμβάλλει στην απαλλαγή της οικονομίας από τις ανθρακούχες εκπομπές, αυξάνοντας παράλληλα την ενεργειακή ασφάλεια και διαφοροποίηση. Η προβλεπόμενη αύξηση της βιομάζας συνεπάγεται ότι είναι σημαντικό

²⁵¹ Taylor, N. et al., Clean Energy Technology Observatory: Concentrated Solar Power and Heat in the European Union — 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας: η παραγωγή ηλιακής ενέργειας και θερμότητας με συγκεντρωτικά κάτοπτρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση — Έκθεση προόδου του 2022 σχετικά με την τεχνολογική ανάπτυξη, τις τάσεις, τις αξιακές αλυσίδες και τις αγορές), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022, doi: 10.2760/080204, JRC130811.

²⁵² https://setis.ec.europa.eu/implementing-actions/csp-ste_el

²⁵³ Για παράδειγμα, η επικύρωση του πρωτοκόλλου του Λονδίνου.

²⁵⁴ Motola, V. et al., Clean Energy Technology Observatory: Bioenergy in the European Union - 2022 Status Report on Technology Development, Trends, Value Chains and Markets (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας: η βιοενέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση — Έκθεση προόδου του 2022 σχετικά με την τεχνολογική ανάπτυξη, τις τάσεις, τις αξιακές αλυσίδες και τις αγορές), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022, JRC130730.

²⁵⁵ Το ποσοστό αυτό περιλαμβάνει τα βιοκαύσιμα, τα οποία αντιπροσωπεύουν περίπου το 7 %.

για την ΕΕ να διασφαλίσει ότι η βιοενέργεια προέρχεται από βιώσιμες πηγές και χρησιμοποιείται με βιώσιμο τρόπο, καθώς και να αποφευχθούν οι αρνητικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και τις καταβόθρες και τα αποθέματα άνθρακα. Η πρόταση για αναθεώρηση της οδηγίας για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας περιλαμβάνει αυστηρότερα κριτήρια βιωσιμότητας για τη βιοενέργεια και θεσπίζει την υποχρέωση των κρατών μελών να εφαρμόζουν την αρχή της διαδοχικής χρήσης στα οικεία καθεστώτα χρηματοδοτικής στήριξης. Το βιομεθάνιο που παράγεται με βιώσιμο τρόπο, πιο συγκεκριμένα με βάση οργανικά απόβλητα και κατάλοιπα, μπορεί να συμβάλει στον στόχο του REPowerEU για μείωση της εξάρτησης της ΕΕ από εισαγόμενα ορυκτά καύσιμα. Η υποχρέωση χωριστής συλλογής των οργανικών αποβλήτων έως το 2024 αποτελεί σημαντική ευκαιρία για τη βιώσιμη παραγωγή βιοαερίου κατά τα επόμενα έτη. Η βιοενέργεια παρέχει τη δυνατότητα ευέλικτης παραγωγής ενέργειας, εξισορροπώντας το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας, και διαδραματίζει καίριο ρόλο στην εξασφάλιση υψηλών μεριδίων μεταβλητών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η αιολική και η ηλιακή, στα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας.

Η **πυρηνική ενέργεια**, με 103 αντιδραστήρες ηλεκτροπαραγωγής (101 GWe) στην ΕΕ το 2022, παράγει περίπου το ένα τέταρτο της ηλεκτρικής ενέργειας της ΕΕ και παρέχει περίπου το 40 % της ηλεκτρικής ενέργειας χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών της ΕΕ²⁵⁶. Παράλληλα με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, η πυρηνική ενέργεια περιλαμβάνεται στο στρατηγικό μακροπρόθεσμο σχέδιο της ΕΕ για μια κλιματικά ουδέτερη οικονομία έως το 2050. Το σχέδιο REPowerEU αναγνωρίζει περαιτέρω τον ρόλο του παραγόμενου σε πυρηνικούς σταθμούς υδρογόνου στην υποκατάσταση του φυσικού αερίου στην παραγωγή υδρογόνου από μη ορυκτές πηγές. Η δυναμική συμβολή της πυρηνικής ενέργειας στο μελλοντικό ενεργειακό μείγμα χαμηλών ανθρακούχων εκπομπών εξαρτάται από την έρευνα και την καινοτομία, με στόχο τις ολοένα πιο ασφαλείς και καθαρές πυρηνικές τεχνολογίες (τόσο συμβατικές όσο και προηγμένες). Αρκετοί οργανισμοί κοινής ωφελείας και ερευνητικοί οργανισμοί από τουλάχιστον επτά κράτη μέλη της ΕΕ έχουν εκδηλώσει ενδιαφέρον για νέους μικρούς και σπονδυλωτούς πυρηνικούς αντιδραστήρες²⁵⁷ (SMR), συνδέοντάς τους με την απαλλαγμένη από ανθρακούχες εκπομπές παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και μη ηλεκτρικής ενέργειας, όπως η βιομηχανική θέρμανση και η τηλεθέρμανση και η παραγωγή υδρογόνου. Οι ενδιαφερόμενοι βιομηχανικοί και κρατικοί φορείς της ΕΕ προωθούν μια διαδικασία με σκοπό τη δημιουργία ενός ευρωπαϊκού βιομηχανικού μοντέλου για την εγκατάσταση SMR στις αρχές της δεκαετίας του 2030.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η ταχεία ανάπτυξη και εγκατάσταση εγχώριων τεχνολογιών καθαρής ενέργειας στην ΕΕ είναι καίριας σημασίας για μια οικονομικά αποδοτική, φιλική προς το κλίμα και κοινωνικά δίκαιη αντιμετώπιση της τρέχουσας ενεργειακής κρίσης.

Ως απάντηση στις άνευ προηγουμένου υψηλές τιμές της ενέργειας, η ΕΕ πρότεινε ταχέως σειρά μέτρων για την **προστασία των καταναλωτών και των επιχειρήσεων**, συμπεριλαμβανομένων των ευάλωτων νοικοκυριών και των παραγόντων του κλάδου της

²⁵⁶ Παγκόσμια Ένωση Πυρηνικών Εκμεταλλεύσεων, *Nuclear Power in the European Union* (Η πυρηνική ενέργεια στην Ευρωπαϊκή Ένωση), πίνακας «EU nuclear power» (Η πυρηνική ενέργεια στην ΕΕ), ημερομηνία προσπέλασης ιστοτόπου: 14 Οκτωβρίου 2022.

²⁵⁷ Ευρωπαϊκή Επιτροπή, *Small Modular Reactors and Medical Applications of Nuclear technologies* (Μικροί σπονδυλωτοί αντιδραστήρες και ιατρικές εφαρμογές των πυρηνικών τεχνολογιών), Υπηρεσία Εκδόσεων της ΕΕ, Λουξεμβούργο, 2022.

τεχνολογίας καθαρής ενέργειας, διασφαλίζοντας παράλληλα την επίτευξη των στόχων για το κλίμα και την ενέργεια για το 2030 και το 2050.

Παράλληλα, η ΕΕ θα πρέπει να συνεχίσει τις προσπάθειές της για **τη μείωση της εξάρτησής της από τις πρώτες ύλες και την αποτελεσματική διαφοροποίηση του εφοδιασμού της με πρώτες ύλες**, καθώς η άνοδος των τιμών τους επηρεάζει σοβαρά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας. Η εξαγγελθείσα ευρωπαϊκή πράξη για τις πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας²⁵⁸ έχει ως στόχο να συμβάλει στην επίτευξη αυτών των φιλοδοξιών. Η ΕΕ πρέπει επίσης να **εμβαθύνει τη διεθνή συνεργασία** και να **αντιμετωπίσει την έλλειψη σε ειδικευμένο εργατικό δυναμικό** σε διάφορους τομείς της τεχνολογίας καθαρής ενέργειας, διασφαλίζοντας παράλληλα ένα ισότιμο περιβάλλον με ισόρροπη συμμετοχή των φύλων. Η πρόταση να ανακηρυχθεί το 2023 ως Ευρωπαϊκό Έτος Δεξιοτήτων αποτελεί ένα βήμα προς την αύξηση των ειδικευμένων εργαζομένων.

Η αύξηση των δημόσιων και ιδιωτικών επενδύσεων στην έρευνα και την καινοτομία στον τομέα της καθαρής ενέργειας, η επέκταση και η οικονομικά προσιτή εγκατάσταση είναι καίριας σημασίας. Τα κανονιστικά και δημοσιονομικά πλαίσια της ΕΕ διαδραματίζουν εν προκειμένω καίριο ρόλο. Μαζί με την εφαρμογή του νέου ευρωπαϊκού θεματολογίου καινοτομίας, τα χρηματοδοτικά προγράμματα της ΕΕ, η **ενισχυμένη συνεργασία** μεταξύ των κρατών μελών και η συνεχής **παρακολούθηση των εθνικών δραστηριοτήτων E&K** είναι ζωτικής σημασίας για τον σχεδιασμό ενός αποτελεσματικού οικοσυστήματος E&K της ΕΕ, καθώς και για τη γεφύρωση του χάσματος μεταξύ έρευνας και καινοτομίας και διείσδυσης στην αγορά, με αποτέλεσμα την ενίσχυση της ανταγωνιστικότητας της ΕΕ.

Η παρούσα έκθεση επιβεβαιώνει²⁵⁹ ότι η **ΕΕ παραμένει στην πρώτη γραμμή της έρευνας στον τομέα της καθαρής ενέργειας**, και ότι οι επενδύσεις στην E&K αυξάνονται σταθερά (παρότι βρίσκονται στα προ χρηματοπιστωτικής κρίσης επίπεδα). Σε παγκόσμιο επίπεδο, η ΕΕ εξακολουθεί να κατέχει ηγετική θέση στον τομέα των «πράσινων» εφευρέσεων και των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας υψηλής αξίας, καθώς είναι η κορυφαία αιτούσα χορήγησης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας παγκοσμίως στους τομείς του κλίματος και του περιβάλλοντος (23 %), της ενέργειας (22 %) και των μεταφορών (28 %). Το παγκόσμιο μερίδιο επιστημονικών δημοσιεύσεων της ΕΕ έχει μειωθεί, ωστόσο οι επιστήμονες της ΕΕ συνεργάζονται και πραγματοποιούν δημοσιεύσεις διεθνώς για θέματα καθαρής ενέργειας με ρυθμό πολύ υψηλότερο από τον παγκόσμιο μέσο όρο. Επιπλέον, η ΕΕ παρουσιάζει υψηλότερο επίπεδο συνεργασίας δημόσιου-ιδιωτικού τομέα.

Ο κύκλος εργασιών και η ακαθάριστη προστιθέμενη αξία του τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της ΕΕ εξακολουθούν να αυξάνονται από το 2019, ενώ η παραγωγή των περισσότερων τεχνολογιών και λύσεων καθαρής ενέργειας στην ΕΕ παρουσίασε την ίδια τάση το 2021. Παρότι η ΕΕ έχει διατηρήσει θετικό εμπορικό ισοζύγιο σε ορισμένες τεχνολογίες, όπως η αιολική ενέργεια, το εμπορικό της έλλειμμα έχει αυξηθεί για άλλες τεχνολογίες, όπως οι αντλίες θερμότητας, τα βιοκαύσιμα και τα ηλιακά φωτοβολταϊκά. Αυτή η γενική τάση οφείλεται εν μέρει στην αυξανόμενη ζήτηση της ΕΕ για τέτοιου είδους τεχνολογίες.

²⁵⁸ Όπως ανακοινώθηκε από την πρόεδρο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στην ομιλία της για την κατάσταση της Ένωσης στις 14 Σεπτεμβρίου 2022. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/el/SPEECH_22_5493.

²⁵⁹ Όπως και στην προηγούμενη έκδοση: COM(2021) 952 final και SWD(2021) 307 final («Πρόοδος όσον αφορά την ανταγωνιστικότητα των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας»).

Για συγκεκριμένες τεχνολογίες καθαρής ενέργειας, η έκθεση δείχνει ότι ο τομέας της **αιολικής ενέργειας** της ΕΕ εξακολουθεί να κατέχει ηγετική θέση παγκοσμίως όσον αφορά την Ε&Κ και τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας υψηλής αξίας το 2022 και διατηρεί θετικό εμπορικό ισοζύγιο. Ωστόσο, ο ανταγωνισμός παραμένει σφοδρός και ο κλάδος της αιολικής ενέργειας θα πρέπει να ξεπεράσει το σημερινό δυσμενές πλαίσιο, μεταξύ άλλων λόγω της αυξανόμενης παγκόσμιας ζήτησης για υλικά σπάνιων γαιών και των διαταραχών στην αλυσίδα εφοδιασμού. Ο τομέας θα πρέπει να διπλασιάσει την τρέχουσα ετήσια δυναμικότητα εγκατάστασης προκειμένου να επιτύχει τους στόχους του REPowerEU. Η ΕΕ έχει επίσης επιβεβαιώσει τη θέση της το 2022 ως μία από τις μεγαλύτερες αγορές **φωτοβολταϊκών**, καθώς και ως ισχυρός φορέας καινοτομίας, ιδίως όσον αφορά τις αναδυόμενες τεχνολογίες φωτοβολταϊκών. Από τη σκοπιά των αξιακών αλυσίδων, η ΕΕ εξακολουθεί να υστερεί σε σχέση με την Ασία, με ισχυρή εξάρτηση από διάφορα κατασκευαστικά στοιχεία κρίσιμης σημασίας. Οι καινοτόμες λύσεις και η συνεχής τεχνολογική πρόοδος προσφέρουν πρόσθετες ευκαιρίες για εγκατάσταση στην ΕΕ.

Η ΕΕ βρίσκεται σε κρίσιμη καμπή όσον αφορά διάφορες τεχνολογίες. Για την πλήρη αξιοποίησή τους πρέπει πρώτα να αντιμετωπιστούν αρκετές προκλήσεις. Ο τομέας των **αντλιών θερμότητας** θα πρέπει να επιταχύνει την ήδη ταχέως αυξανόμενη ανάπτυξή του και να διασφαλίσει την οικονομική προσιτότητα των συστημάτων (ιδίως για τα νοικοκυριά χαμηλού εισοδήματος και τις ΜΜΕ), και οι προμηθευτές της ΕΕ θα πρέπει να αυξήσουν την παραγωγή τους ώστε να διατηρήσουν το μερίδιό τους στην αγορά σε σύγκριση με τρίτες χώρες. Όσον αφορά την **παραγωγή συσσωρευτών**, η ΕΕ βρίσκεται σε καλό δρόμο για την επίτευξη αυτάρκειας έως το 2030, ωστόσο η έλλειψη εγχώριων πρώτων υλών και δυναμικότητας παραγωγής προηγμένων υλικών εξακολουθεί να δημιουργεί προκλήσεις. Πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη προσοχή ώστε να αυξηθεί η δυναμικότητα ανακύκλωσης και να δημιουργηθεί τεχνολογική ικανότητα για φθηνότερη αποθήκευση / πιο μακροπρόθεσμη αποθήκευση. Όσον αφορά την **παραγωγή υδρογόνου μέσω ηλεκτρόλυσης**, η ΕΕ επωφελείται από την ισχυρή ολοκληρωμένη προσέγγισή της για την αύξηση της ζήτησης και της προσφοράς. Η θέση της αξιακής αλυσίδας της ΕΕ ποικίλλει (π.χ. πρωτοστατεί στην ηλεκτρόλυση στερεών οξειδίων, αλλά δεν είναι ανταγωνιστική στον τομέα της αλκαλικής τεχνολογίας). Οι αυξήσεις των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας και η εξάρτηση από πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας συνιστούν ορισμένες από τις κύριες προκλήσεις. Η ΕΕ κατέχει σαφή ηγετική θέση στην αγορά όσον αφορά τους λειτουργικούς εμπορικούς σταθμούς **ανανεώσιμων καυσίμων** και τις καινοτομίες υψηλής αξίας. Τα ανανεώσιμα καύσιμα, παρότι διαθέτουν περιορισμένη εγκατεστημένη και προγραμματισμένη παραγωγή για το 2030, μπορούν να συμβάλουν σε όλους τους στόχους μείωσης των εκπομπών της προσαρμογής στον στόχο του 55 %, εάν αντιμετωπιστούν ορισμένοι τεχνικοί και οικονομικοί κίνδυνοι. Η καινοτομία στις **ψηφιακές ενεργειακές υποδομές** της ΕΕ θα είναι καίριας σημασίας για να διασφαλιστεί ότι το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας είναι κατάλληλο για το μελλοντικό ενεργειακό σύστημα. Η ζήτηση για οικιακά συστήματα ενεργειακής διαχείρισης και έξυπνη φόρτιση ηλεκτρικών οχημάτων έχει μόλις ξεκινήσει και αναμένεται να αυξηθεί, ενώ η ανάπτυξη ενός ευφυούς συστήματος μέτρησης σημειώνει πρόοδο στην ΕΕ (παρότι με βραδύτερο ρυθμό από τον προβλεπόμενο).

Συνολικά, παρά τις πολλά υποσχόμενες θετικές τάσεις που παρατηρούνται στο οικοσύστημα καινοτομίας της ΕΕ, απαιτούνται περαιτέρω προσπάθειες για την αντιμετώπιση των διαρθρωτικών φραγμών και των κοινωνικών προκλήσεων που εμποδίζουν περισσότερο τις νεοφυείς και επεκτεινόμενες επιχειρήσεις στον τομέα της κλιματικής τεχνολογίας με έδρα την ΕΕ απ' ό, τι σε άλλες μεγάλες οικονομίες. Για να αξιοποιήσει τις δυνατότητές της να καταστεί

παγκόσμια ηγέτιδα στους τομείς της κλιματικής τεχνολογίας και της υπερπροηγμένης τεχνολογίας, η ΕΕ πρέπει να αξιοποιήσει τα ποικίλα ταλέντα, τα περιουσιακά στοιχεία διανοητικής ιδιοκτησίας και τις βιομηχανικές της ικανότητες, καθώς και να εξασφαλίσει πιο ενεργή συμμετοχή των ιδιωτών επενδυτών στη χρηματοδότηση νεοφυών επιχειρήσεων στον τομέα της κλιματικής τεχνολογίας και της υπερπροηγμένης κλιματικής τεχνολογίας.

Η Επιτροπή θα συνεχίσει να παρακολουθεί την πρόοδο του τομέα της καθαρής ενέργειας και θα αναπτύξει περαιτέρω τη μεθοδολογία της και τη συλλογή δεδομένων σε συνεργασία με τα κράτη μέλη και τα ενδιαφερόμενα μέρη. Στο πλαίσιο αυτό, η Επιτροπή θα επικαιροποιήσει την τεκμηριωμένη μεθοδολογία της για τις μελλοντικές εκδόσεις της έκθεσης προόδου για την ανταγωνιστικότητα. Αυτό θα τροφοδοτήσει τις αποφάσεις πολιτικής και θα συμβάλει στο να καταστεί η ΕΕ ανταγωνιστική, αποδοτική ως προς τη χρήση των πόρων, ανθεκτική, ανεξάρτητη και κλιματικά ουδέτερη έως το 2050.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΕ²⁶⁰

Μέρος 1: Συνολική ανταγωνιστικότητα του τομέα καθαρής ενέργειας της ΕΕ	Μέρος 2: Τεχνολογίες και λύσεις καθαρής ενέργειας		
Μακροοικονομική ανάλυση (συγκεντρωτική, ανά κράτος μέλος και ανά τεχνολογία καθαρής ενέργειας)	1. Ανάλυση των τεχνολογιών — Τρέχουσα κατάσταση και προοπτικές	2. Ανάλυση αξιακής αλυσίδας του τομέα ενεργειακών τεχνολογιών	3. Ανάλυση παγκόσμιας αγοράς
Πρόσφατες εξελίξεις - τιμές και κόστος της ενέργειας: πρόσφατες τάσεις - προκλήσεις βιωσιμότητας και κυκλικότητας των τεχνολογιών καθαρής ενέργειας· εξάρτηση του τομέα καθαρής ενέργειας της ΕΕ από πρώτες ύλες (κρίσιμης σημασίας) και επιπτώσεις στην ανταγωνιστικότητα της ΕΕ - επιπτώσεις της COVID-19 και ανάκαμψη - ανθρώπινο δυναμικό και δεξιότητες	Εγκατεστημένη δυναμικότητα, παραγωγή (σήμερα και το 2050)	Κύκλος εργασιών	Εμπόριο (εισαγωγές, εξαγωγές)
Τάσεις της έρευνας και της καινοτομίας - δημόσιες και ιδιωτικές επενδύσεις στην Ε&Κ - κατοχύρωση διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας και διπλώματα ευρεσιτεχνίας υψηλής αξίας στην ΕΕ και ανά κράτος μέλος	Κόστος / Σταθμισμένο κόστος ηλεκτρικής ενέργειας (LCoE)²⁶¹ (σήμερα και το 2050)	Αύξηση ακαθάριστης προστιθέμενης αξίας Ετήσια μεταβολή %	Κορυφαίοι φορείς της παγκόσμιας αγοράς έναντι κορυφαίων φορέων της αγοράς της ΕΕ (μερίδιο αγοράς)
Το παγκόσμιο ανταγωνιστικό τοπίο στον τομέα της καθαρής ενέργειας	Δημόσια χρηματοδότηση για την Ε&Κ (κράτη μέλη και ΕΕ)	Αριθμός επιχειρήσεων στην αλυσίδα εφοδιασμού, συμπεριλαμβανομένων των κορυφαίων φορέων της αγοράς της ΕΕ	Αποδοτική χρήση πόρων και εξάρτηση από τους πόρους²⁶²
Το τοπίο της χρηματοδότησης της καινοτομίας στην ΕΕ (έναντι μεγάλων οικονομιών)	Ιδιωτική χρηματοδότηση Ε&Κ	Απασχόληση σε τμήμα της αξιακής αλυσίδας	
Ο ρόλος της συστημικής αλλαγής στον τομέα της καθαρής ενέργειας (π.χ. ψηφιοποίηση, κτίρια, ενεργειακές κοινότητες και συνεργασία σε υποεθνικό επίπεδο)	Τάσεις στον τομέα της κατοχύρωσης διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας (συμπεριλαμβανομένων διπλωμάτων	Ένταση ενέργειας / παραγωγικότητα της εργασίας	

²⁶⁰ Η αξιολόγηση πραγματοποιήθηκε σε στενή συνεργασία με το Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής: Λεπτομέρειες για το μέρος 1 παρέχονται στο Georgakaki, A. et al., Clean Energy Technology Observatory Overall Strategic Analysis of Clean Energy Technology in the European Union - 2022 Status Report (Παρατηρητήριο Τεχνολογιών Καθαρής Ενέργειας, Συνολική στρατηγική ανάλυση της τεχνολογίας καθαρής ενέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση — Έκθεση προόδου του 2022), Ευρωπαϊκή Επιτροπή, 2022, JRC131001. Για το μέρος 2, οι επιμέρους εκθέσεις για την τεχνολογία διατίθενται στη διεύθυνση https://setis.ec.europa.eu/publications/clean-energy-technology-observatory-ceto_el

²⁶¹ Και —εφόσον διατίθεται— σταθμισμένο κόστος αποθήκευσης (LCoS).

²⁶² Τμήματα της αξιακής αλυσίδας που εξαρτώνται από πρώτες ύλες κρίσιμης σημασίας.

	ευρεσιτεχνίας υψηλής αξίας)		
	Επίπεδο επιστημονικών δημοσιεύσεων	Κοινωνική παραγωγή Ετήσια αξία παραγωγής	