



## ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΙΡΑΙΩΣ

ΤΜΗΜΑ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΝΑΥΤΙΛΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

ΠΜΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

### **Ο ρόλος της βιομάζας στην μετά COVID εποχή στο πλαίσιο της zero-waste circular economy.**

Έλενα Παππά

Επιβλέπων: Σιδηράς Δημήτριος

Πειραιάς, 2024

## Πίνακας περιεχομένων

Πίνακας περιεχομένων.....	2
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ .....	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	7
ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....	12
Θέμα και σκοπός Διπλωματικής Εργασίας. ....	12
Οργάνωση .....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΙΟΜΑΖΑ.....	14
1.1 Ορισμός βιομάζας .....	14
1.2 Πρώτη ύλη βιομάζας. ....	15
1.3 Βιοενέργεια .....	18
1.3.1 Ενεργειακή κατανάλωση.....	19
1.3.2 Αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας.....	21
1.4 Τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια.....	22
1.4.1 Θερμοχημική Μετατροπή .....	24
1.4.2 Χημική Μετατροπή.....	27
1.4.3 Βιολογική Μετατροπή.....	28
1.4.4 Άλλες διαδικασίες βιολογικής μετατροπής .....	32
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ZERO WASTE CIRCULAR ECONOMY .....	34
2.1 Zero Waste Circular Economy: ορισμός.....	34
2.2 Κυκλική Οικονομία & Βιομάζα .....	36
2.3 Προϋποθέσεις εφαρμογής Κυκλικής Οικονομίας.....	37
2.4 Μέτρα προώθησης της Κυκλικής Οικονομίας στην Ε.Ε. ....	37
2.5 Μέτρα προώθησης της Κυκλικής Οικονομίας παγκοσμίως.....	39
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: COVID-19.....	42
3.1 Εισαγωγή .....	42
3.2 Οικονομία.....	43
3.3 Περιβάλλον.....	45
3.4 Ενέργεια .....	48
3.5 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας.....	50
3.6 Εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας.....	55
3.8.1 Εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας ξύλου .....	58
3.7 Επιπτώσεις της πανδημίας του κορονοϊού στον τομέα της βιοενέργειας .....	59

3.6.1 Επιπτώσεις στις επιχειρήσεις:.....	62
3.6.2 Παραγωγή βιοκαυσίμων και εξοπλισμού:.....	63
3.6.3 Χρηματοροές/έσοδα: .....	65
3.6.4 Θέσεις εργασίας:.....	66
3.6.5 Επενδύσεις: .....	66
3.8 Βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις .....	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΤΑ COVID ΕΠΟΧΗ .....	71
4.1 Εισαγωγή .....	71
4.2 Ο ρόλος της βιομάζας στη πράσινη ανάκαμψη στη μετά-covid 19 εποχή μέσα από την κυκλικής βιο-οικονομίας .....	72
4.2.1 Γεωργία, τρόφιμα και αλιεία.....	73
4.2.2 Βιοενέργεια .....	75
4.2.3 Ανακυκλώσιμα υλικά βιολογικής βάσης.....	76
4.2.4 Δάση και δασοκομία .....	78
4.2.5 Υπηρεσίες των οικοσυστημάτων.....	80
4.2.6 Βιολογικές πόλεις, αγροτικές βιο-οικονομίες και τουρισμός.....	81
4.2.7 Πολιτισμός, τέχνη & μόδα και ανακύκλωση υλικών .....	82
4.3 Νέες Τεχνολογίες Μετατροπής Βιομάζας σε Ενέργεια.....	85
4.3.1 Νέες θερμοχημικές διαδικασίες. ....	85
4.3.2 Νέες βιολογικές διαδικασίες μετατροπής. ....	88
4.3.3 Νέες χημικές διαδικασίες μετατροπής .....	93
4.4 Εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας.....	99
4.4.1 Συνεργασία στην εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας .....	100
4.4.2 Ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση .....	101
4.4.3 Ενεργειακή παραγωγή από βιομάζα με έμφαση στις κοινότητες.....	102
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....	104
Βιβλιογραφία .....	106

## Σχήματα

Σχήμα 1. Η φωτοσύνθεση. (KnowEx, 2021) .....	15
Σχήμα 2. Ενεργειακή χρήση σε διάφορους τομείς τελικής χρήσης το 2018. ....	21
Σχήμα 3. Εφοδιασμός βιομάζας παγκοσμίως. (World Bioenergy Association, 2020) .....	22
Σχήμα 4. Κομποστοποίηση ανοιχτού τύπου. ....	32
Σχήμα 5. Επιβεβαιωμένα κρούσματα Covid-19 ανά ένα εκατομμύριο ανθρώπους, Ιανουάριος 2022. ....	42

Σχήμα 6. (a) Αριθμός εμπορικών πτήσεων 2019-2021 (b) Ετήσιος βαθμός ανάπτυξης GDP και ναυτικού εμπορίου. ....	44
Σχήμα 7. (a) Παγκόσμιες εκπομπές CO2 1990-2020 ανά ενεργειακό τομέα (b) Μείωση εκπομπών CO2 το 2020 ανά χώρα. ....	46
Σχήμα 8. COVID-19 και ενεργειακή κατανάλωση στις ΗΠΑ: (a) μείωση στην κατανάλωση καυσίμων, (b) μείωση στις εκπομπές άνθρακα, (c) συνολική κατανάλωση πετρελαίου, (d) ενεργειακή ζήτηση. ....	49
Σχήμα 9. (a) Η εξέλιξη των ΑΠΕ την περίοδο 2000-2020 (b) Κατανομή χρησιμοποίησης ΑΠΕ ανά χώρες την περίοδο 2000-2020. ....	51
Σχήμα 10. Ενεργειακό μίγμα στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2020. ....	55
Σχήμα 11. Η εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας. ....	56
Σχήμα 12. Εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας vs. επιπτώσεις κορονοϊού και σχέδια ανθεκτικότητας. ....	58
Σχήμα 13. Γεωγραφική αναπαράσταση κάλυψης των συμμετεχόντων. ....	61
Σχήμα 14. Αριθμός εργαζομένων των επιχειρήσεων των συμμετεχόντων. ....	62
Σχήμα 15. Επιπτώσεις της πανδημίας στις επιχειρήσεις (συνολικά). ....	63
Σχήμα 16. Επιπτώσεις της πανδημίας στην παραγωγή βιοκαυσίμων και εξοπλισμού βιοενέργειας. ....	64
Σχήμα 17. Επιπτώσεις της πανδημίας στις χρηματοροές/έσοδα. ....	65
Σχήμα 18. Επιπτώσεις της πανδημίας στην εργασία. ....	66
Σχήμα 19. Επιπτώσεις της πανδημίας στις επενδύσεις βιοενέργειας. ....	67
Σχήμα 20. Επιπτώσεις της πανδημίας ανά τομέα. ....	68
Σχήμα 21. Ευκαιρίες βιοοικονομίας για στήριξη της πράσινης ανάκαμψης και βελτίωση της ανθεκτικότητας των συστημάτων στη μετά-covid-19 εποχή. ....	73

## Πίνακες

Πίνακας 1. Τύποι βιομάζας ανά τομέα και παραδείγματα. ....	17
Πίνακας 2. . Ενεργειακή χρήση σε διάφορους τομείς παγκοσμίως το 2018. Όλες οι τιμές υπολογισμένες σε EJ. ....	20
Πίνακας 3. Εφοδιασμός βιομάζα παγκοσμίως. Τιμές υπολογισμένες σε EJ. ....	21
Πίνακας 4. Λύσεις βιοοικονομίας ανά κλάδο για στήριξη της πράσινης ανάκαμψης και βελτίωση της ανθεκτικότητας των συστημάτων στην μετά-covid-19 εποχή. ....	83



## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες για την ευκαιρία που μου δόθηκε να εργαστώ πάνω στη διπλωματική μου εργασία. Είναι μεγάλη τιμή που είχα τη δυνατότητα να αναπτύξω τις γνώσεις μου και να εξερευνήσω τον τομέα της Κυκλικής Οικονομίας με έμφαση στη βιομάζα, υπό την καθοδήγηση του Καθηγητή Δ. Σιδηρά. Η συνεργασία μας συνέβαλε στο να καταστεί η διπλωματική μια πλούσια και εποικοδομητική εμπειρία.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και την οικογένειά μου, για την συμπαράσταση και τη βοήθεια κατά την περίοδο εκπόνησης της εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η **βιομάζα** αναφέρεται στο σύνολο των ζωντανών οργανισμών, δηλαδή σε ζώα, φυτά και μικροοργανισμούς, ή από βιοχημικής πλευράς, σε κυτταρίνη, λιγνίνη, σάκχαρα, λίπη και πρωτεΐνες. Στα πλαίσια της ενέργειας από βιομάζα, ο όρος αναφέρεται συγκεκριμένα στα βιοαποικοδομήσιμα προϊόντα ή υπολείμματα και απόβλητα βιολογικής προέλευσης, με σκοπό την ηλεκτροπαραγωγή και θερμότητα (απευθείας καύση) ή την μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια με τεχνολογικές μεθόδους. Στις **τεχνολογίες μετατροπής** περιλαμβάνεται η θερμοχημική μετατροπή για παραγωγή στερεών, αέριων και υγρών καυσίμων, η χημική μετατροπή για παραγωγή υγρών καυσίμων και η βιολογική μετατροπή για παραγωγή υγρών και αέριων καυσίμων. Όλοι οι τύποι βιομάζας μπορούν να προβούν σε απευθείας καύση για θέρμανση νερού και κτιρίων, για θέρμανση προς αξιοποίηση σε βιομηχανικές διαδικασίες και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ατμοστρόβιλους. Το γεγονός αυτό εξηγεί πως η απευθείας καύση αποτελεί τον πιο συνηθισμένο τρόπο μετατροπής της βιομάζας σε ωφέλιμη ενέργεια.

Μέχρι και σήμερα, συνεχίζει να είναι ένα αρκετά σημαντικό καύσιμο σε πολλές χώρες - ειδικά στους τομείς της μαγειρικής και της θέρμανσης στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η **βιοενέργεια** αποτελεί τη μεγαλύτερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στον τομέα της θέρμανσης παγκόσμια, με μερίδιο πάνω από 90% μεταξύ όλων των ανανεώσιμων πηγών, με πολλή μικρή συνεισφορά από τη γεωθερμία και την ηλιακή θερμότητα (2018). Στο σύνολο των ΑΠΕ, η βιοενέργεια κατέκτησε το 11.3% σε θέρμανση, ηλεκτρική ενέργεια και απευθείας θέρμανση μαζί.

Η **κυκλική οικονομία**, αποτελεί πρόσφορο έδαφος για την αξιοποίηση της βιομάζας. Ως όρος συναντάται για πρώτη φορά μέσα από τις πρώτες μέρες του μοντέρνου περιβαλλοντικού κινήματος στις δεκαετίες του 60 και του 70 και συγκεκριμένα μέσα από την ιδέα της βιομηχανικής οικολογίας όσον αφορά τη ροή υλικών. Σε αντίθεση με το γραμμικό μοντέλο που χρησιμοποιούν οι βιομηχανίες σήμερα, με αρχή και τέλος, στο οποίο οι περιορισμένοι πόροι εν τέλει εξαντλούνται, στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας οι πρώτες ύλες για τα νέα προϊόντα προέρχονται από παλιά προϊόντα προωθώντας την επαναχρησιμοποίηση, την ανακατασκευή, ή ως έσχατη

λύση την ανακύκλωση ή την εκμετάλλευση για ενέργεια. Έτσι μειώνονται οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, κάτι που αποτελεί τόσο στόχο Ευρωπαϊκό αλλά και παγκόσμιο. Η βιομάζα, δραστηριοποιείται σε πολλούς τομείς και μπορεί να παρέχει ευρύ φάσμα προϊόντων και ενέργεια. Από την πλευρά της κυκλικής οικονομίας, οι τομείς αυτοί, παράγουν απόβλητα ή/και παραπροϊόντα που είναι χρήσιμα ως πρώτες ύλες για χημική ή ενεργειακή παραγωγή σε κάποιον άλλον τομέα.

Με γνώμονα την κλιματική ουδετερότητα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε το νέο Πλάνο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία (Circular Economy Action Plan – CEAP) τον Μάρτιο του 2020, το οποίο αποτελεί τον βασικό πυλώνα της **Πράσινης Συμφωνίας** και απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξή της. Το πλάνο αυτό, περιλαμβάνει πρωτοβουλίες για ολόκληρο τον κύκλο ζωής των προϊόντων. Εισαγάγει νομοθετικά και μη-νομοθετικά μέτρα που στοχεύουν σε τομείς όπου οι δράσεις σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης επιφέρουν πραγματική προστιθέμενη αξία. Στο Πλάνο αυτό επίσης, τονίζεται πως η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν μπορεί μόνη της να επιτύχει τους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας, αλλά κρίνεται απαραίτητη η παγκόσμια ευθυγράμμιση.

Ο κλάδος της βιομάζας, και επομένως η κυκλική οικονομία, δεν έμεινε ανεπηρέαστος από την πανδημία του **Covid-19**. Η Κίνα ήταν η πρώτη χώρα που επέβαλε εθνικό lockdown, με πολλές χώρες να ακολουθούν αυτό το παράδειγμα, με κοινό στόχο τον περιορισμό της διάδοσης του ιού. Τα μέτρα αντιμετώπισης του κορονοϊού επέφεραν μία σειρά από επιπτώσεις στην οικονομία, το περιβάλλον, την ενέργεια, τις ΑΠΕ και την εφοδιαστική αλυσίδα. Το ολικό lockdown, επηρέασε σημαντικά την μακροοικονομική ανάπτυξη παγκοσμίως. Σημειώθηκε πτώση στο θαλάσσιο εμπόριο και τις εμπορικές πτήσεις ενώ κλονίστηκε και ο τουρισμός. Η ζήτηση για ενέργεια κατά την περίοδο αυτή, έπεσε δραματικά και αυτό οδήγησε σε μείωση των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Μία μείωση της τάξης του 17% καταγράφηκε σχετικά με τις παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα τον Απρίλιο του 2020 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2019. Από την άλλη μεριά, η πανδημία του Covid-19 έχει επιφέρει και μερικές αρνητικές επιπτώσεις σχετικά με το περιβάλλον, εξαιτίας των αυξημένων ιατρικών αποβλήτων και της μεγάλης κατανάλωσης χημικών απολύμανσης. Στον τομέα του περιβάλλοντος, πολλές έρευνες



έχουν περιγράψει την πανδημία ως μία «δημιουργική καταστροφή», που δίνει χώρο σε πολλές ευκαιρίες τεχνολογικής ανάπτυξης. Σύμφωνα με κάποιες ενδείξεις όμως, υπάρχουν αντικρουόμενες επιπτώσεις στον τομέα των ΑΠΕ. Για παράδειγμα, αναμένεται σημαντική μείωση στις επενδύσεις εξαιτίας της οικονομικής κατάρρευσης που πλήττουν πολλά έργα ΑΠΕ. Τέλος, οι αλυσίδες εφοδιασμού και η παραγωγή στον ενεργειακό τομέα δέχτηκαν διακοπές ως απόρροια των μέτρων κατά της πανδημίας. Όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας της βιομάζας είναι αλληλένδετα και αλληλεξαρτώμενα, και συνεπώς η πανδημία επηρέασε την εφοδιαστική αλυσίδα σε όλο το μήκος της ταυτόχρονα.

Η Παγκόσμια Ένωση Βιοενέργειας ( World Energy Association – WBA) πραγματοποίησε μία έρευνα τον Μάιο του 2020 με τίτλο ‘COVID-19 and impact on the global bioenergy sector’. Γενικά, το 52% των συμμετεχόντων ανέφεραν μέτριες έως σημαντικές επιπτώσεις της πανδημίας στον τομέα των επιχειρήσεων βιοενέργειας, ενώ το 12% κατέδειξε σημαντικές επιπτώσεις. Σχετικά με τους παραγωγούς βιοκαυσίμων και εξοπλισμού βιοενέργειας, η έρευνα έδειξε πως πάνω από το 40% που συμμετείχαν υπέδειξαν μεσαία προς μεγάλη μείωση στην παραγωγή τους. Στον τομέα των οικονομικών, το 44% των συμμετεχόντων επισήμαναν πως είχαν ή θα έχουν σημαντική μείωση στα έσοδά τους ή κάποια δυσμενή κατάσταση όσον αφορά τις χρηματοροές της επιχείρησής τους. Σε σύγκριση με τους τομείς των επενδύσεων/χρηματοροών και της παραγωγής βιοκαυσίμων, ο τομέας της εργασίας επηρεάστηκε λιγότερο από την πανδημία. Το 22% δήλωσε πως δεν θα υπάρξουν απολύσεις, ενώ στο κομμάτι των επενδύσεων στη βιοενέργεια, πάνω από το 38% των συμμετεχόντων υπέδειξαν μείωση ή ακόμα και διακοπή των νέων επενδύσεων.

Η εμπειρία του κόσμου σε παγκόσμιες κρίσεις υποδεικνύει πως οι κοινωνίες αντιμετωπίζουν αντίστοιχες επιπτώσεις με αξιοσημείωτη δημιουργικότητα, ανάπτυξη καινοτομιών και τεράστιες αλλαγές προς αποφυγή της λιτότητας. Η κυκλική βιο-οικονομία θα αποτελέσει αδιαμφισβήτητα σημαντικό δομικό στοιχείο στην **μετά-covid εποχή**, δεδομένου πως βασίζεται σε μία μίξη τεχνολογικών και κοινωνικών καινοτομιών. Οι αγρο-οικολογικές πρακτικές είναι καλό να υιοθετηθούν από τους αγρότες, καθώς θα αποτελέσει το κλειδί για τη μετάβαση σε βιώσιμα συστήματα τροφίμων. Επίσης, με τις ευρωπαϊκές χώρες να είναι εξαιρετικά

εξαρτημένες από τις ενεργειακές εισαγωγές (κυρίως πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακα), η ανάγκη για ενεργειακή ασφάλεια και τοπική κυριαρχία μέσω λύσεων χαμηλού άνθρακα είναι εμφανής. Σχετικά με τα υλικά βιολογικής προέλευσης, μόνο ένα μικρό ποσοστό των υλικών παγκοσμίως, της τάξης του 12%, προέρχεται από τη διαδικασία της ανακύκλωσης. Οι ανερχόμενες καινοτομίες και τεχνολογίες αποτελούν το μέσο για κυκλικές και χαμηλού άνθρακα λύσεις, βασισμένες σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και υλικά βιολογικής βάσης. Επιπρόσθετα, τα συστήματα χερσαίας βλάστησης, κυρίως δασών, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στις κρίσιμες οδούς προς τη βιοοικονομία. Η διαχείριση βιώσιμων δασών (SFM) αναγνωρίζει τις απαιτήσεις που χρειάζονται για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, τη συντήρηση της ποιότητας του νερού και του εδάφους, την προστασία των οικοτόπων και τον σεβασμό προς τις τοπικές κοινότητες, ενώ η κλιματικά έξυπνη δασοκομία (CSF), θέτει ως στόχο εκτός από την υιοθέτηση δασικών οικοσυστημάτων και την προσπάθεια για μείωση εκπομπών GHG, και την αύξηση των προμηθειών ξυλείας. Οι υπηρεσίες των οικοσυστημάτων επίσης, μπορούν να καταστούν ωφέλιμες για τους τομείς της δασοκομίας, της υγείας, του τουρισμού, της γεωργίας και γενικά της ευημερίας. Τέλος, είναι γεγονός, πως η πολιτιστική διάσταση δεν έχει λάβει την απαιτούμενη προσοχή στις πολιτικές συζητήσεις οικονομικών πακέτων αναφορικά με την ανάκαμψη ζητημάτων σχετικών με την πανδημία. Η τέχνη, ο πολιτισμός και κάποιες σχετικές κοινωνικές πρακτικές, όπως είναι η μεταπώληση και η ενοικίαση, μπορούν να συμβάλουν στη μετάβαση προς τη βιο-οικονομία μέσω της αντικατάστασης κατανάλωσης υλικών, της μείωσης έκθεσης σε fake news και της δημιουργικής προώθησής της.

Για την επίτευξη μιας μεγάλης, οικονομικά και τεχνολογικά βιώσιμης βιοοικονομίας στην μετά-covid εποχή, θα χρειαστούν νέες τεχνολογίες μετατροπής, προκειμένου να παραχθεί περισσότερη βιομάζα για τον πλανήτη. Μάλιστα, νέες εκδοχές των τεχνολογιών αυτών αναπτύσσονται που οδηγούν σε εξ ολοκλήρου καινούριους κλάδους. Ένα παράδειγμα καινούριου κλάδου, είναι ο εξηλεκτρισμός της χημικής βιομηχανίας. Επιπλέον, συνεχώς αναπτύσσονται καινούρια προϊόντα από βιομάζα, τα οποία πολλές φορές έχουν παρόμοιες ιδιότητες με τα προϊόντα από ορυκτή πρώτη ύλη, αλλά μπορεί να έχουν και απολύτως καινούριες ιδιότητες.



## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Θέμα και σκοπός Διπλωματικής Εργασίας.

Η κλιματική αλλαγή παραμένει ένα από τα πιο χαρακτηριστικά προβλήματα της σημερινής εποχής σε παγκόσμιο επίπεδο. Η θερμοκρασία του πλανήτη συνεχίζει να ανεβαίνει και φαινόμενα όπως ξηρασίες, καταιγίδες, μείωση του όγκου των παγόβουνων, αλλαγή της βιοποικιλότητας, πρόωρο σπάσιμο πάγου σε λίμνες και ποτάμια και νωρίτερη άνθηση δένδρων ήδη κάνουν την εμφάνισή τους. Χωρίς άμεση και εντατική δράση για την μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από ανθρωπογενή δραστηριότητα, η παγκόσμια θερμοκρασία θα συνεχίσει να ανεβαίνει τις επόμενες δεκαετίες και τα ακραία φαινόμενα αναμένεται να αυξηθούν σε διάρκεια και ένταση.

Σημαντική επίδραση στην κλιματική αλλαγή έχει η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας και η εξάρτησή της από ορυκτά καύσιμα. Παγκοσμίως, η χρήση της ενέργειας, κυρίως για παραγωγή ηλεκτρισμού, θέρμανση και μεταφορές, αποτελεί την μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Το κλειδί, επομένως, για μία βιώσιμη ανάπτυξη αποτελούν οι Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας και η διεύρυσή τους στο παγκόσμιο ενεργειακό μίγμα.

Η **βιομάζα**, αν και έχει αγνοηθεί από πολλούς στο παρελθόν, κατέχει σημαντικό ρόλο πλέον στην μείωση της κλιματικής αλλαγής, με το πεδίο εφαρμογής της ολοένα να αυξάνεται. Παράλληλα, οι δράσεις και οι πρωτοβουλίες, σε εθνικό αλλά και διεθνές επίπεδο, παρουσιάζουν και αυτές συνεχόμενη αύξηση.

Απαραίτητη για την αποτροπή της κλιματικής αλλαγής είναι φυσικά και η υιοθέτηση στρατηγικών στα πλαίσια της **Κυκλικής Οικονομίας**, η οποία έχει τα εφόδια να συμβάλει στην επίτευξη των στόχων της Συμφωνίας του Παρισιού - με τη βιομάζα να αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι για την επιτυχία της οικονομίας αυτής.

Ωστόσο, κρίνεται σκόπιμο, να συλλογιστεί κανείς και τις συνθήκες της σημερινής εποχής πριν προχωρήσει σε σενάρια και υποθέσεις για το μέλλον του πλανήτη. Η

εξάπλωση της πανδημίας του Covid – 19 έχει επηρεάσει κάθε πτυχή του πλανήτη μας, με τη βιομάζα, να μην αποτελεί εξαίρεση.

Δεδομένου της αναγκαιότητας της εις βάθος τριβής και έρευνας στον τομέα της βιομάζας, η παρούσα διπλωματική εργασία αποτελεί μία προσέγγιση στις υφιστάμενες συνθήκες εκμετάλλευσης της βιομάζας, στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας σε συνδυασμό με την παγκόσμια πανδημία, καθώς και στην πορεία της βιομάζας στην μετέπειτα εποχή ( μετα-Covid 19 ) και τις ευκαιρίες ή δυσκολίες που δύνανται να προκύψουν.

## Οργάνωση

Η εργασία οργανώνεται ως ακολούθως:

Το **Κεφάλαιο 1**, παρέχει μια εισαγωγή στη βιομάζα και τον ορισμό της. Συζητά τα βασικά είδη πρώτων υλών της βιομάζας και τη μετατροπή τους σε βιοενέργεια μέσω διαφόρων τεχνολογιών, όπως θερμοχημικές, χημικές και βιολογικές διαδικασίες.

Το **Κεφάλαιο 2**, ορίζει τον έννοια της κυκλικής οικονομίας μηδενικών αποβλήτων και συζητά τα μέτρα που λαμβάνονται για την προώθηση της κυκλικής οικονομίας στην ΕΕ και παγκοσμίως.

Το **Κεφάλαιο 3**, εξετάζει τις επιπτώσεις του COVID-19 στην οικονομία, το περιβάλλον, την ενέργεια και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Εξετάζει επίσης τις επιπτώσεις της πανδημίας στον τομέα της βιοενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των επιχειρήσεων, της παραγωγής βιοκαυσίμων, των οικονομικών, των ευκαιριών απασχόλησης και των επενδύσεων.

Το **Κεφάλαιο 4**, επικεντρώνεται στο ρόλο της βιοοικονομίας στην πράσινη ανάκαμψη στη μετα-COVID εποχή. Συζητά τους διαφορετικούς τομείς, συμπεριλαμβανομένων της γεωργίας, τροφίμων, αλιείας, ενέργειας, υλικών και υπηρεσιών οικοσυστημάτων και το δυναμικό νέων τεχνολογιών στη μετατροπή της βιομάζας σε ενέργεια.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΒΙΟΜΑΖΑ

Πριν γίνει ανάλυση στον συσχετισμό της βιομάζας με την εξάπλωση της πανδημίας του Covid – 19 και την κυκλική οικονομία, κρίνεται σκόπιμο να παρουσιαστεί ο ορισμός της βιομάζας, τα χαρακτηριστικά της, οι πρώτες ύλες, η ενέργεια και η συμβολή της στην δραστική μείωση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής.

### 1.1 Ορισμός βιομάζας

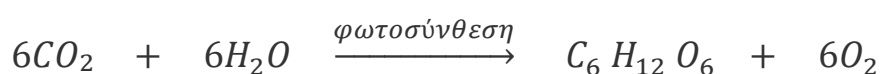
Η βιομάζα αναφέρεται στο σύνολο των ζωντανών οργανισμών, δηλαδή σε ζώα, φυτά και μικροοργανισμούς, ή από βιοχημικής πλευράς, σε κυτταρίνη, λιγνίνη, σάκχαρα, λίπη και πρωτεΐνες. Στη βιομάζα, συμπεριλαμβάνονται εκτός από τα ανωτέρω, και ιστοί των φυτών στο υπέδαφος όπως φύλλα, κλαδιά, κορμοί καθώς επίσης, ρίζες δέντρων και ριζώματα χορταριών. Εκτός και αν διευκρινίζεται διαφορετικά, η βιομάζα συνήθως περιλαμβάνει μόνο ζωντανούς οργανισμούς. Για παράδειγμα, ούτε τα νεκρά ξύλα, ούτε η οργανική ύλη του εδάφους θεωρούνται βιομάζα. [Jørgensen and Fath, 2008]

Στα πλαίσια της ενέργειας από βιομάζα, ο όρος αναφέρεται συγκεκριμένα στα βιοαποικοδομήσιμα προϊόντα ή υπολείμματα και απόβλητα βιολογικής προέλευσης (φυτικής ή ζωικής) από τη γεωργία, τη δασοπονία και τους συναφείς κλάδους, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων στην παραγωγή ενέργειας και άλλων προϊόντων.

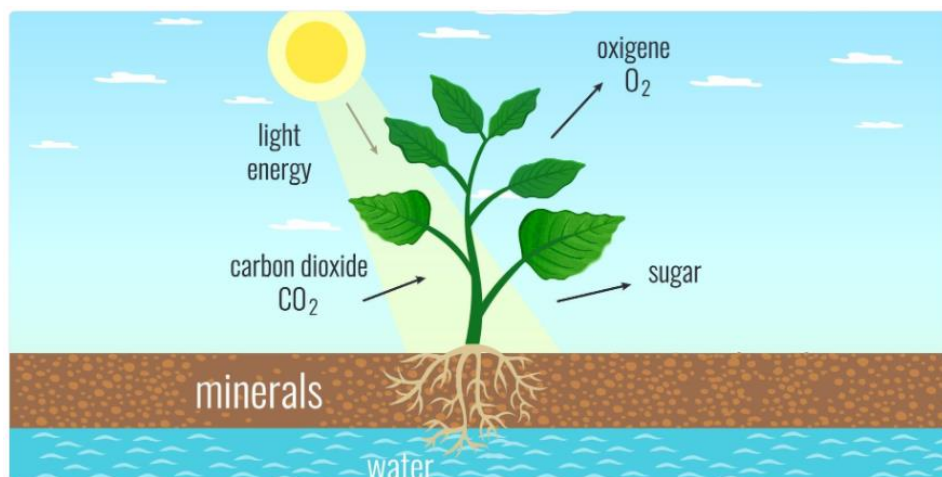
Η μονάδα μέτρησης της βιομάζας είναι συνήθως μάζα ανά τετραγωνικό μέτρο ( $g \cdot m^{-2}$ ), ενώ άλλες φορές υπολογίζεται ως ξηρό βάρος (απομάκρυνση υγρών μέσω ξήρανσης). [Jørgensen and Fath, 2008]

## 1.2 Πρώτη ύλη βιομάζας.

Η βιομάζα περιέχει χημική ενέργεια από τον ήλιο. Ολόκληρη η παραγωγή βιομάζας λοιπόν, βασίζεται στη βιοχημική διαδικασία της φωτοσύνθεσης. Στη χημική αντίδραση δηλαδή, κατά την οποία το διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub> μαζί με νερό μετατρέπονται σε οξυγόνο και υδατάνθρακες (κυρίως σακχαρόζη και άμυλο). Η χημική αντίδραση είναι η εξής:



Σχήμα 1. Η φωτοσύνθεση. (KnowEx, 2021)



Η βιομάζα μπορεί αξιοποιηθεί με δύο τρόπους. Είτε με την απευθείας καύση της για παραγωγή θερμότητας, είτε με τη μετατροπή της σε ανανεώσιμα υγρά ή αέρια καύσιμα μέσω διαφόρων τεχνικών, οι οποίες θα αναλυθούν παρακάτω. [U.S Department of Energy]

Μπορεί να προέρχεται από πρώτες ύλες όπως αγροτικά ή δασοκομικά υπολείμματα, υπολείμματα από διάφορες ξυλουργικές διεργασίες, αστικά απόβλητα, άλγη, ενεργειακές σοδειές καλλιεργημένες αποκλειστικά για να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη βιομάζας και υγρά απόβλητα ( από σοδειές, δασικά υποπροϊόντα, άλγη, βιομηχανικά/αστικά απόβλητα και απόβλητα από φαγητό). [U.S Department of Energy]

Πιο αναλυτικά, οι διάφορες πηγές βιομάζας μπορούν να περιγραφούν ως εξής:

- Ενεργειακές σοδειές: Πρόκειται για αγροτικές σοδειές, οι οποίες είναι κατάλληλες για παραγωγή βιομάζας. Περιλαμβάνουν καλλιέργειες τροφίμων από σοδειές αμύλου όπως είναι το καλαμπόκι, σοδειές με βάση τα σάκχαρα (sugar based) όπως είναι τα ζαχαροκάλαμα και σοδειές ελαίων (oil seed) όπως είναι η σόγια. Οι σοδειές που καλλιεργούνται αποκλειστικά για την παραγωγή βιομάζας, ξυλώδης καλλιέργεια ή γρασιδιού για παράδειγμα, ανήκουν επίσης σε αυτή την κατηγορία.
- Δασική ανάπτυξη: Εδώ περιλαμβάνεται η πιθανή διαθέσιμη βιομάζα ξύλου από τη βιώσιμη διαχείριση δασών. Ωστόσο, η χρήση βιομάζας ξύλου για ενεργειακούς σκοπούς ενδέχεται να οδηγήσει σε ανταγωνισμό με τη βιομηχανία δασικών προϊόντων όπως για παράδειγμα χαρτί, πολτός, ξύλα, σανίδες κλπ.
- Πρωτογενή υπολείμματα από γεωργία και δασοκομία: Αυτά είναι οργανικά παραπροϊόντα από αγροτικές και δασικές δραστηριότητες συγκομιδής. Συνήθως, αποτελούνται από υλικά λιγνοκυτταρίνης (π.χ. μικρά κλαδιά, φύλλα), που μπορούν να αξιοποιηθούν για την παραγωγή ενέργειας.
- Δευτερογενή υπολείμματα από μεταποιητική βιομηχανία: Πρόκειται για υπολείμματα που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια των βιομηχανικών διεργασιών καλλιεργειών τροφίμων και ξύλου. Τα υπολείμματα αυτά είναι ευρέος φάσματος, με τα χαρακτηριστικά τους να εξαρτώνται από την εκάστοτε βιομηχανική διεργασία. Η βιομηχανία επεξεργασίας ξύλου, για παράδειγμα, παράγει πριονίδια και μαύρο υγρό (υποπροϊόν της διαδικασίας kraft κατά την πέψη του ξυλοπολτού σε χαρτοπολτό που απομακρύνει λιγνίνη, ημικυτταρίνες και άλλα εκχυλίσματα από το ξύλο για να απελευθερώσει τις ίνες κυτταρίνης), τα οποία μπορούν αξιοποιηθούν ως



πρώτες ύλες για παραγωγή ενέργειας. Αναφορικά με τα υπολείμματα από τις βιομηχανίες τροφίμων, όπως είναι η μελάσσα ή το press cake, η χρήση τους για παραγωγή ενέργειας αποτελεί μόνο έναν από τους πολλούς τρόπους με τους οποίους μπορεί κάποιος να τα αξιοποιήσει.

- Οργανικά απόβλητα: Τα οργανικά απόβλητα, χρησιμοποιημένα μαγειρικά έλαια, ξύλα από κατεδαφίσεις ή οργανικά αστικά στερεά απόβλητα για παράδειγμα, συνιστούν μία ευρεία γκάμα βιομάζας προς παραγωγή ενέργειας. [Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010]

Πίνακας 1. Τύποι βιομάζας ανά τομέα και παραδείγματα.

ΤΟΜΕΑΣ	ΤΥΠΟΣ	ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ
Δασοκομία	Ενεργειακές καλλιέργειες	Φυτεία σύντομης περιστροφής (π.χ. ευκάλυπτος, λεύκα, ιτιά)
	Δασοκομικά υποπροϊόντα	Chips ξύλου, ξύλινα καλούπια
Γεωργία	Ενεργειακές σοδειές ξηρής λιγνοκυτταρίνης	Ποώδεις καλλιέργειες (π.χ. φάλαρη, μίσχανθος, καλαμιά)
	Σάκχαρα, έλαια και ενεργειακές σοδειές αμύλου	Φυτικό έλαιο για μεθυλεστέρες (π.χ. ηλιοτρόπιο, ελαιοκράμβη)
		Καλλιέργειες σακχάρων για αιθανόλη (π.χ. ζαχαροκάλαμα, γλυκό σόργο)
		Καλλιέργειες αμύλου για αιθανόλη (π.χ. καλαμπόκι, σιτάρι)
	Αγροτικά υπολείμματα	Άχυρο, κλαδέματα από αμπελώνες και σπυροφόρα δέντρα
	Κτηνοτροφικά απόβλητα	Υγρή και ξηρή κοπριά

Βιομηχανία	Βιομηχανικά απόβλητα	Βιομηχανικά απόβλητα ξυλείας, πριονίδια από εργοστάσια ξυλείας
		Ινώδη απορρίμματα λαχανικών από βιομηχανίες χαρτιού
Απόβλητα	Ξηρή λιγνοκυτταρίνη	Υπολείμματα από κήπους και πάρκα (κλαδέματα, γρασίδι)
	Μολυσμένα απόβλητα	Απόβλητα ξυλείας
		Οργανικό κλάσμα αστικών στερεών αποβλήτων
		Βιοδιασπώμενα απορρίμματα ΧΥΤΑ, αέριο ΧΥΤΑ
	Λυματολάσπη	

Ένας συχνός τρόπος κατηγοριοποίησης των πρώτων υλών της βιομάζας βασίζεται στο αν αυτές προέρχονται από ξύλο ή όχι και μεταφέρονται σε μορφές όπως chips, μπρικότες, παλέτες και δεμάτια. [European Biomass Industry Association, 2017]

### 1.3 Βιοενέργεια

Η βιοενέργεια, αναφέρεται στη βιομάζα που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για ενεργειακούς σκοπούς, δηλαδή για ηλεκτροπαραγωγή και θερμότητα, και για δευτερεύοντα προϊόντα μέσω μετατροπής της βιομάζας, όπως είναι τα βιοκαύσιμα για τον τομέα των μεταφορών. [Fekete, 2013]

Η βιομάζα, χρησιμοποιείται ως καύσιμο από όταν ο άνθρωπος ανακάλυψε τη φωτιά και αποτελούσε την κύρια πηγή ενέργειας πριν τα ορυκτά καύσιμα γίνουν τρόπος ζωής τον εικοστό αιώνα. Μέχρι και σήμερα, συνεχίζει να είναι ένα αρκετά σημαντικό καύσιμο σε πολλές χώρες - ειδικά στους τομείς της μαγειρικής και της θέρμανσης στις αναπτυσσόμενες χώρες. Στις αναπτυγμένες χώρες, η χρήση των βιοκαυσίμων στον τομέα των μεταφορών και της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παρουσιάζει

αύξηση, ως αποτέλεσμα της προσπάθειας αποφυγής εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα CO<sub>2</sub> από τη χρήση ορυκτών καυσίμων. [Fekete, 2013]

### 1.3.1 Ενεργειακή κατανάλωση

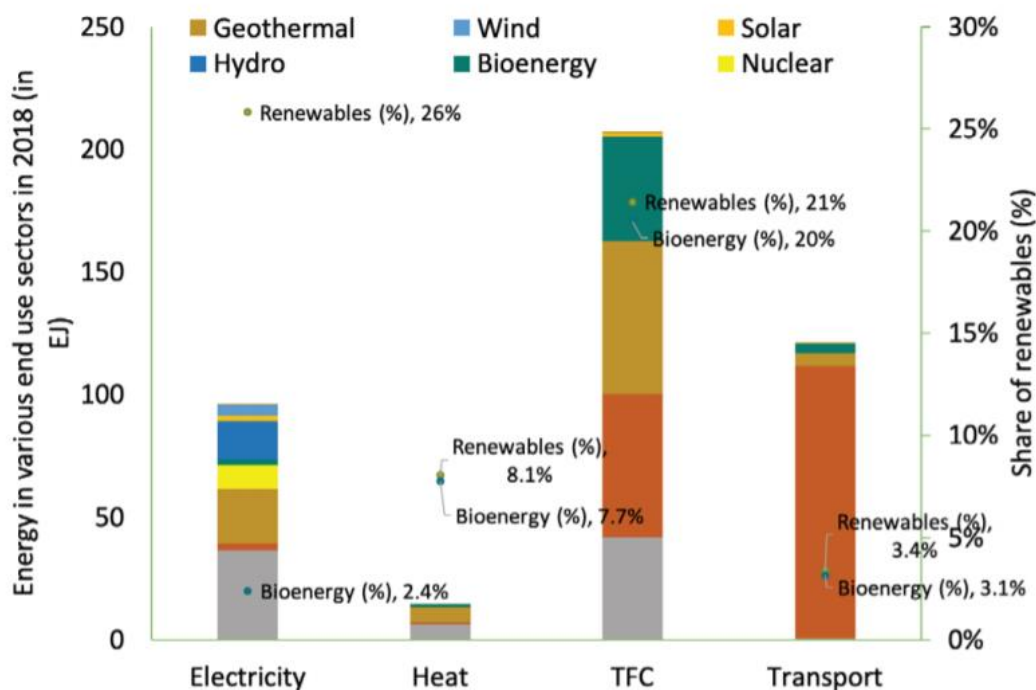
Ο παρακάτω ενεργειακός πίνακας, προσδιορίζει την κατανάλωση διαφόρων καυσίμων μεταξύ όλων των τομέων τελικής χρήσης ενέργειας. Παγκοσμίως, καταναλώθηκε ενέργεια ίση με 439 EJ το 2020. Από το ποσό αυτό, το 20% είχε τη μορφή ηλεκτρικής ενέργειας, το 28% ήταν για καύσιμα για τις μεταφορές και το υπόλοιπο 50% για θέρμανση. [World Bioenergy Association, 2020]

Σχετικά με τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αυτές κατείχαν το υψηλότερο μερίδιο στον τομέα τη ηλεκτρικής ενέργειας με ποσοστό 26%. Αυτό οφείλεται κυρίως, στην εκτεταμένη εκμετάλλευση της αιολικής και ηλιακής ενέργειας σε συνδυασμό με αποδεδειγμένα επιτυχημένες τεχνολογίες όπως αυτές της υδραυλικής ενέργειας. Στον τομέα της θέρμανσης, οι ΑΠΕ κατείχαν 8.1% σε θέρμανση μέσω κάποιου σταθμού ηλεκτροπαραγωγής και 21% σε απευθείας θέρμανση στους τομείς τελικής χρήσης. Η **βιοενέργεια** αποτελεί τη μεγαλύτερη ανανεώσιμη πηγή ενέργειας στον τομέα της θέρμανσης με μερίδιο πάνω από 90% μεταξύ όλων των ανανεώσιμων πηγών, με πολλή μικρή συνεισφορά από τη γεωθερμία και την ηλιακή θερμότητα. Ο τομέας των μεταφορών καταλαμβάνει το μικρότερο μερίδιο ΑΠΕ σε ποσοστό 3.4%, εκ του οποίου η βιοενέργεια συνεισφέρει το 3.1%. [World Bioenergy Association, 2020]

Πίνακας 2. . Ενεργειακή χρήση σε διάφορους τομείς παγκοσμίως το 2018. Όλες οι τιμές υπολογισμένες σε EJ.

(EJ)		Ηλεκτρική ενέργεια	Θέρμανση	Απευθείας θέρμανση	Μεταφορές	Σύνολο	Μερίδιο%
Ορυκτά καύσιμα	Άνθρακας	36.6	6.43	41.6	0.54	85.2	19.4%
	Πετρέλαιο	2.82	0.55	58.6	111	173	39.4%
	Καύσιμο αέριο	22.1	6.28	62.6	5.23	96.2	21.9%
Πυρηνικά		9.76	0.03	0.00	0.14	9.93	2.26%
Α.Π.Ε	Βιοενέργεια	2.29	1.12	42.4	3.79	49.6	11.3%
	Υδροηλεκτρική ενέργεια	15.6	0.00	0.00	0.23	15.8	3.6%
	Ηλιακή	2.04	0.00	1.38	0.03	3.44	0.78%
	Αιολική	4.58	0.00	0.00	0.07	4.65	1.06%
	Γεωθερμία	0.32	0.04	0.65	0.005	1.02	0.23%
Σύνολο		96.1	14.5	207	121	439	100%
Α.Π.Ε %		26%	8.1%	21%	3.4%	17%	
Βιοενέργεια %		2.4%	7.7%	20%	3.1%	11.3%	

Σχήμα 2. Ενεργειακή χρήση σε διάφορους τομείς τελικής χρήσης το 2018.



### 1.3.2 Αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας

Το 2018, ο εγχώριος εφοδιασμός βιομάζας σε παγκόσμια κλίμακα έφτασε τα 55.6 EJ, εκ των οποίων το 85% προερχόταν από στερεή βιομάζα. Το 7% αφορούσε υγρά βιοκαύσιμα, το 5% τομείς αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων και το 3% βιοαέρια.

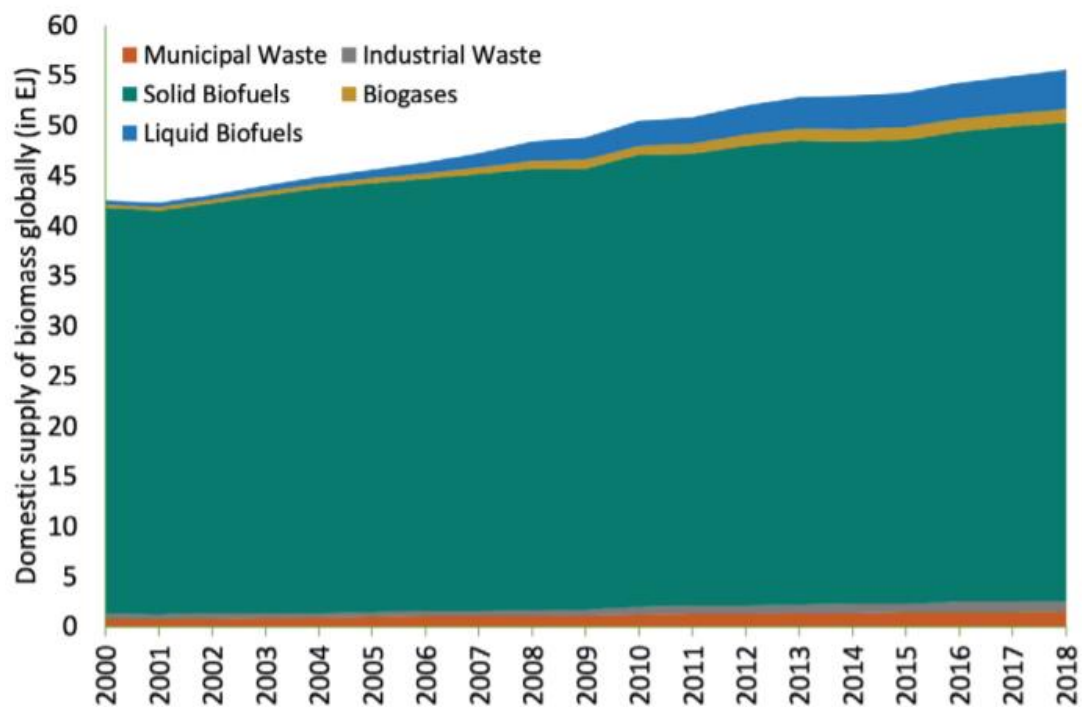
Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της βιοενέργειας την περίοδο 2000 – 2018 ήταν 2%, όπως φαίνεται στον πίνακα 3. Πιο συγκεκριμένα, τα υγρά βιοκαύσιμα κατείχαν την πρώτη θέση, με ρυθμό αύξησης 13%, ακολουθούμενα από τα βιοαέρια με ποσοστό 9%. [Van Groenestijn et al, 2019]

Πίνακας 3. Εφοδιασμός βιομάζα παγκοσμίως. Τιμές υπολογισμένες σε EJ.

Σύνολο	Municipal	Industrial	Solid	Biogases	Liquid
--------	-----------	------------	-------	----------	--------

	waste	Waste	Biofuels	Biofuels		
<b>2000</b>	42.5	0.74	0.49	40.5	0.29	0.43
<b>2005</b>	45.6	0.96	0.45	42.8	0.51	0.87
<b>2010</b>	50.5	1.18	0.77	45.1	0.85	2.53
<b>2015</b>	53.2	1.38	0.90	46.2	1.29	3.45
<b>2016</b>	54.3	1.42	1.04	46.9	1.3	3.58
<b>2017</b>	54.9	1.44	1.07	47.3	1.33	3.72
<b>2018</b>	55.6	1.45	1.13	47.6	1.36	3.98

Σχήμα 3. Εφοδιασμός βιομάζας παγκοσμίως. (World Bioenergy Association, 2020)



#### 1.4 Τεχνολογίες μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια

Όπως αναφέρθηκε πιο πάνω, η βιομάζα μπορεί εκτός από το να αξιοποιηθεί με απευθείας καύση, να μετατραπεί μέσω διαφόρων διαδικασιών σε ενέργεια. Οι διαδικασίες μετατροπής αποτελούνται από πολυσύνθετες επιλογές βάσει των διαθέσιμων πρώτων υλών, της τεχνολογικής διαθεσιμότητας και των εφαρμογών τελικής χρήσης. Η τελική διαδρομή μετατροπής θα εξαρτηθεί από το είδος, την ποιότητα και την ποσότητα των διαθέσιμων πρώτων υλών βιομάζας, καθώς και από το ποια είναι η πιο κατάλληλη και οικονομικά βιώσιμη κατηγορία τεχνολογίας μετατροπής βιομάζας σε ενέργεια διαθέσιμη σε τοπικό επίπεδο. Επομένως, είναι συνετό, κάποιος να προσεγγίσει την μετατροπή βιομάζας σε ενέργεια με πρώτο βήμα την κατάλληλη επιλογή πρώτης ύλης βάσει διαθεσιμότητας, και έπειτα να εξετάσει τις διαθέσιμες τεχνολογικές επιλογές μετατροπής της. Εναλλακτικά, μπορεί κανείς να επιλέξει τον ενεργειακό φορέα, και έπειτα να καθορίσει τις διαθέσιμες επιλογές τεχνολογίας για την παραγωγή του. [Van Groenestijn et al, 2019]

Οι μετατροπές είναι οι παρακάτω:

- Θερμοχημική μετατροπή της βιομάζας για παραγωγή στερεών, αέριων και υγρών καυσίμων
- Χημική μετατροπή για παραγωγή υγρών καυσίμων
- Βιομετατροπή για παραγωγή υγρών και αέριων καυσίμων

Όλοι οι τύποι βιομάζας μπορούν να προβούν σε απευθείας καύση για θέρμανση νερού και κτιρίων, για θέρμανση προς αξιοποίηση σε βιομηχανικές διαδικασίες και για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε ατμοστρόβιλους. Το γεγονός αυτό εξηγεί πως η απευθείας καύση αποτελεί τον πιο συνηθισμένο τρόπο μετατροπής της βιομάζας σε ωφέλιμη ενέργεια.

Η ακατέργαστη βιομάζα συνήθως απαιτεί μείωση του όγκου της πριν από την επεξεργασία, μέσω κοπής. Σε κάποιες περιπτώσεις, απαιτείται ακόμα μεγαλύτερη μείωση και διάχυσή της σε υγρό, ώστε να καθίσταται αντλήσιμη. Η σύνθλιψη αποτελεί μία μηχανική διαδικασία η οποία διαχωρίζει τους χυμούς ή τα έλαια από

τις στερεές ουσίες. Οι μηχανικές διεργασίες χρησιμοποιούνται συχνά όταν παράγονται υλικά που εμπλέκουν βιομάζα. Για παράδειγμα, στην εξώθηση, τα συστατικά της βιομάζας αναμιγνύονται με βιοπλαστικό για να παραχθούν σύνθετα υλικά. Για την παραγωγή προϊόντων χρησιμοποιούνται επίσης οι εξής διαδικασίες: παλετοποίηση, ανάμιξη, αφροποίηση, λιώσιμο, χύτευση, γαλακτοματοποίηση και διάλυση. [Van Groenestijn et al, 2019]

#### 1.4.1 Θερμοχημική Μετατροπή

Η **θερμοχημική μετατροπή** βιομάζας περιλαμβάνει την πυρόλυση, την αεριοποίηση (gasification), την υδρογονοκατεργασία, την καύση και τη φρύξη. Η πυρόλυση και η αεριοποίηση, αποτελούν διεργασίες θερμικής διάσπασης, κατά τις οποίες οι πρώτες ύλες θερμαίνονται σε κλειστά, πεπιεσμένα δοχεία (gasifiers) σε υψηλές θερμοκρασίες. Το κομμάτι στο οποίο διαφέρουν κυρίως είναι η θερμοκρασία και η ποσότητα οξυγόνου κατά τη διάρκεια της μετατροπής. Πιο αναλυτικά:

- Η πυρόλυση απαιτεί θέρμανση οργανικών υλών σε θερμοκρασία που κυμαίνεται μεταξύ 400 – 500° C και σχεδόν μηδενική παρουσία ελεύθερου οξυγόνου. Παράγει καύσιμα όπως charcoal, έλαιο πυρόλυσης (βιο-έλαιο ή βιο-αργό), ανανεώσιμο ντίζελ, υδρογόνο και μεθάνιο.

Τα προϊόντα μιας τυπικής μονάδας πυρόλυσης, στην οποία χρησιμοποιείται σχετικά ξηρό ξύλο ως πρώτη ύλη είναι τα εξής:

- Έλαια πυρόλυσης: 0,55 GJ/ GJ input
- Θερμότητα: 0,21 GJ/ GJ input
- Ηλεκτρική ενέργεια: 0,004 MWh/ GJ input

Η θερμότητα χρησιμοποιείται για την ξήρανση της βιομάζας. Αν αυτή έχει μεγάλο ποσοστό υγρασίας (>60%), θα χρειαστεί επιπρόσθετη ενέργεια για την ξήρανσή της.



Τα επενδυτικά κόστη για μία μονάδα πυρόλυσης, εξαιρουμένων των διαδικασιών πριν και μετά της μονάδας, ανέρχονται σε 200-300€/MWh.

- Η υδρογονοκατεργασία (hydrotreating – που παράγεται από τη γρήγορη πυρόλυση), χρησιμοποιείται για την κατεργασία ελαίων πυρόλυσης με υδρογόνο υπό υψηλές θερμοκρασίες και πίεση, παρουσία κάποιου καταλύτη, για παραγωγή ανανεώσιμου ντίζελ, ανανεώσιμης βενζίνης και ανανεώσιμου jet fuel.
- Η αεριοποίηση απαιτεί θέρμανση οργανικών υλών σε θερμοκρασία που κυμαίνεται μεταξύ 800 – 900° C, με έγχυση ελεγχόμενης ποσότητας ελεύθερου οξυγόνου ή/και ατμού στο δοχείο, ώστε να παραχθεί μονοξείδιο του άνθρακα και αέριο πλούσιο σε υδρογόνο το οποίο ονομάζεται συνθετικό αέριο ή syngas. Το syngas βρίσκει εφαρμογή ως καύσιμο για ντιζελοκινητήρες, για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας σε αεριοστρόβιλους καθώς και για θέρμανση. Ακόμα, έπειτα από διαχωρισμό υδρογόνου – αερίου, το υδρογόνο μπορεί να υποστεί καύση ή να χρησιμοποιηθεί σε κυψέλες καυσίμου. Το syngas μπορεί να κατεργαστεί περαιτέρω και να παράξει υγρά καύσιμα μέσω της μεθόδου Fischer – Tropsch. [Energy Information Administration, 2021]

Το syngas, εκτός από υδρογόνο αποτελείται και από διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, αλλά και άλλους ρυπαντές. Αυτοί οι ρυπαντές, όπως είναι για παράδειγμα το υδροχλωρικό οξύ, η αμμωνία και το υδρόθειο, καταλαμβάνουν πολύ μικρό ποσοστό και δεν αποτελούν πρόβλημα. Επιπλέον, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) μπορεί να μετασχηματιστεί σε διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) μέσω χημικής διεργασίας, οδηγώντας σε μεγαλύτερη παραγωγή υδρογόνου. Έπειτα, το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να διασπαστεί μέσω διεργασιών προσρόφησης. Συνεπώς, γίνεται κατανοητό, πως η αεριοποίηση είναι άκρως κατάλληλη για μετατροπή βιομάζας σε συνδυασμό με αποθήκευση διοξειδίου του άνθρακα, κάτι που μπορεί να οδηγήσει τελικά σε αρνητικές εκπομπές διοξειδίου.

- Σύμφωνα με τον Smekens et al. (2017), υπάρχουν λίγα πρακτικά παραδείγματα της μεθόδου αεριοποίησης. Τα επενδυτικά κόστη των μεγάλων μονάδων αεριοποίησης κυμαίνονται μεταξύ 7 και 30 εκατομμυρίων €. Το γεγονός αυτό, καθιστά δύσκολη την εφαρμογή τους, ειδικά όταν έχουν να ανταγωνιστούν τις φθηνές πηγές ορυκτών. Η ενεργειακή αποδοτικότητα του πράσινου αυτού αερίου από μετατροπή βιομάζας είναι 65%. Αν το παραγόμενο αέριο χρησιμοποιείται σε κινητήρα αερίου, η αποδοτικότητα ηλεκτρικής ενέργειας αναμένεται να είναι 29% (πράσινο αέριο σε ηλεκτρική ενέργεια) και η ενεργειακή αποδοτικότητα (ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα) 76%. Η αποδοτικότητα ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να αυξηθεί σε 36% με παρεμβάσεις, αλλά αυτό θα επηρέαζε την συνολική ενεργειακή αποδοτικότητα, η οποία θα μειωνόταν στο 58%. Αυτό σημαίνει πως έτσι, τα επίπεδα αποδοτικότητας πλησιάζουν αυτά της αναερόβιας χώνευσης (κατηγορία βιομετατροπής, όπως θα αναλυθεί παρακάτω.) [Energy Information Administration, 2021]
- Κατά τη διάρκεια της καύσης, η βιομάζα αντιδρά με ένα πλεόνασμα οξυγόνου (oxygen surplus) και παράγονται κυρίως διοξείδιο του άνθρακα, νερό και στάχτη, ενώ παράλληλα απελευθερώνεται θερμότητα. Η καύση της βιομάζας μπορεί να βρει πρόσφορο έδαφος σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπου η θερμότητα χρησιμοποιείται για την παραγωγή ατμού για ατμοστροβίλους. Υπάρχουν επίσης, μονάδες, όπου συνδυάζονται άνθρακας και βιομάζα μαζί. Η βιομάζα είναι ικανή να χρησιμοποιηθεί μόνη της σε καύση, ανάλογα με τις εκάστοτε τεχνολογίες της μονάδας. Εκτός από την παραγωγή ατμού για ατμοστροβίλους, η βιομάζα χρησιμοποιείται σε μπόιλερ, στα οποία ατμός, καυτό νερό ή απλά θερμότητα, παράγονται για άλλες χρήσεις, πέρα από την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Τα νοικοκυριά εκμεταλλεύονται επίσης την βιομάζα για τζάκια και μπάρμπεκιου. Τέλος, τα περισσεύματα αποτεφρώνονται και η παραγόμενη ενέργεια αποθηκεύεται ως θερμότητα. Η διαδικασία αυτή διεξάγεται σε μονάδες αποτέφρωσης (WIP).

- Η ενεργειακή αποδοτικότητα των μονάδων WIP κυμαίνεται στο 25-30% (ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα). Τα λειτουργικά κόσθη όμως για τις επιχειρήσεις αυτές είναι αρκετά υψηλά, και αυτό εξηγεί το γεγονός πως πρόκειται για επιχειρήσεις που χρεώνουν ένα τέλος για τα απορρίμματα που προμηθεύονται. Η απόδοση της ηλεκτρικής ενέργειας στις μονάδες με άνθρακα και βιομάζα κυμαίνεται στο 38 (παλαιότερες μονάδες) – 46% (νεότερες μονάδες). Τέλος, ο άνθρακας είναι πιο φθηνός από τη βιομάζα, οπότε η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας από βιομάζα είναι πιο ακριβή. [Energy Information Administration, 2021]
- Η διαδικασία φρύξης της βιομάζας (torrefaction), λαμβάνει μέρος σε περιβάλλον καθαρό από οξυγόνο και σε θερμοκρασίες 200-400°C. Κατά τη διαδικασία αυτή, η βιομάζα υποβάλλεται σε ξήρανση και μετασχηματίζεται σε στερεές ουσίες, ενώ παράγονται επίσης και αέρια τα οποία χρησιμοποιούνται στην τροφοδοσία ενέργειας για τη διαδικασία. Οι αντιδραστήρες όπου λαμβάνει μέρος η φρύξη της βιομάζας μπορεί να είναι περιστροφικά τύμπανα ή band dryers. [Van Groenestijn et al, 2019]

#### 1.4.2 Χημική Μετατροπή

Κατά τη χημική μετατροπή, εξ ορισμού κάποιες ουσίες μετατρέπονται σε άλλες, είτε αντιδρώντας μόνες τους, είτε με διαφορετικές, ενώ ορισμένες φορές προστίθεται στην αντίδραση κάποιος καταλύτης – μία ουσία που επιταχύνει την αντίδραση, χωρίς η ίδια να καταναλωθεί. [Van Groenestijn et al, 2019]

Κάποιες συνηθισμένες ουσίες που χρησιμοποιούνται για παραγωγή άλλων χρήσιμων, είναι τα φυτικά έλαια και το ζωικό λίπος. Τα φυτικά έλαια αποτελούνται από τριγλυκερίδια (εστέρες γλυκερόλης με λιπαρά οξέα). Ένα παράδειγμα προϊόντος που προέρχεται από φυτικά έλαια είναι το σαπούνι, του οποίου η παραγωγική διαδικασία εφαρμόζεται εδώ και αιώνες. Ένα άλλο, είναι η παραγωγή βιοντίζελ, το οποίο έχει παρόμοιες ιδιότητες με αυτές του ντίζελ. Στην περίπτωση αυτή, τα έλαια συνήθως μετατρέπονται σε μεθυλεστέρες λιπαρών οξέων (fatty acid methyl esters – FAME). Η αντίδραση αυτή ονομάζεται διεστεροποίηση (transesterification) και

χρησιμοποιεί ως αντιδρούσα τη μεθανόλη. Εκτός από τους μεθυλεστέρες, παράγεται και ως υπολειμματικό προϊόν γλυκερόλη.

Για την παραγωγή βιο-πλαστικών, μία διαδικασία που ακολουθείται συχνά περιλαμβάνει την παραγωγή των απαιτούμενων μονομερών από βιομάζα και έπειτα τον πολυμερισμό των μονομερών σε πολυμερή. Κατ' αυτόν τον τρόπο, δημιουργούνται οι βιο-πολυεστέρες, όπως είναι το πολυγαλακτικό οξύ.

Άλλα προϊόντα ή ουσίες που μπορούν να παραχθούν μέσω της χημικής μετατροπής, προέρχονται από κυτταρίνη (όπως για παράδειγμα η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη), βισκόζη και σελοφάν. [Van Groenestijn et al, 2019]

### 1.4.3 Βιολογική Μετατροπή

Κατά τη **βιολογική μετατροπή**, μικροοργανισμοί ή ένζυμα μετατρέπουν συστατικά βιομάζας σε άλλα συστατικά.

Πιο αναλυτικά:

Η ζύμωση είναι μία διαδικασία, στην οποία μικροοργανισμοί (βακτήρια, μούχλα, ζυμομύκητες) χρησιμοποιούνται για την μετατροπή οργανικής ύλης σε ουσίες όπως αλκοόλ, οξέα ή υδρογόνο. Αν και ορίζεται πολλές φορές ως αναερόβια μετατροπή (δηλαδή μετατροπή σε συνθήκες με απουσία οξυγόνου), συχνά η ζύμωση περιλαμβάνει και αερόβια μετατροπή (παρουσία οξυγόνου). Οι διαδικασίες αυτές, διεξάγονται σε ζυμωτήρες (αποστειρωμένους) με ένα υγρό που περιέχει συνήθως υδατάνθρακες, και πιο σπάνια οργανικά οξέα. [Van Groenestijn et al, 2019]

Κάποια από τα πιο σημαντικά προϊόντα που σχετίζονται την διαδικασία αυτή είναι η αιθανόλη, η βουτανόλη, η ισοβουτανόλη (υγρά καύσιμα μετακίνησης) και το υδρογόνο. Στον κλάδο της χημείας επίσης, το γαλακτικό οξύ (βασικό συστατικό για το βιοπλαστικό πολυγαλακτικό οξύ) και το πολυυδροξυαλκανοϊκό (PHA – ένα βιοπλαστικό το οποίο συσσωρεύεται σε μορφή κόκκων στα βακτηριακά κύτταρα). Το

ηλεκτρικό ή σουκινικό οξύ, το ιτακονικό οξύ και άλλα δικαρβοξυλικά οξέα γίνονται ολοένα και περισσότερο σημαντικά, εξαιτίας της καταλληλότητάς τους στην παραγωγή βιοπλαστικών. Εκτός από την εφαρμογή της στον τομέα της ενέργειας και της χημείας, η ζύμωση είναι ευρύτερα γνωστή και για τη χρήση της στην παραγωγή μπίρας, κρασιού, αντιβιοτικών, κιτρικού οξέος, ψωμιού, αμινοξέων, ενζύμων και μαγιάς.

Όσον αφορά την **οικονομία**, η παραγωγή αιθανόλης από καλαμπόκι ή σιτάρι είναι οριακά βιώσιμη, αφού κοστίζει περίπου όσο η τιμή πώλησης της αιθανόλης (550€/tn). Βιώσιμη είναι επίσης και η παραγωγή γαλακτικού οξέος από άμυλο. Από την άλλη μεριά, η παραγωγή δεύτερης γενιάς αιθανόλης ή γαλακτικού οξέος (από υπολείμματα καλαμποκιού και ζαχαροκάλαμων), δυστυχώς παραμένει οικονομικά μη βιώσιμη εξαιτίας του υψηλού κόστους παραγωγής της λιγνοκυτταρίνης, και της ενζυμικής υδρόλυσης. [Van Groenestijn et al, 2019]

Ως εκ τούτου, γίνεται κατανοητό πως οι διαδικασίες παραγωγής χρειάζονται βελτίωση. Γενικά, προτιμώνται οι διαδικασίες αναερόβιας ζύμωσης, καθώς είναι πιο συμφέρουσες οικονομικά από τις αερόβιες διαδικασίες ζύμωσης. Αυτό εξηγείται κυρίως από το γεγονός πως δεν απαιτείται κάποιο ακριβό σύστημα αερισμού για τις αναερόβιες διαδικασίες και ταυτόχρονα η παραγωγική απόδοση είναι υψηλή. Στις αερόβιες από την άλλη, ένα μεγάλο μέρος του υποστρώματος (substrate) οξειδώνεται για να σχηματίσει διοξείδιο του άνθρακα και να μετατραπεί σε κυτταρική μάζα μικροοργανισμών: και τα δύο έχουν περιορισμένη αξία, ενώ προκύπτει και ανεπιθύμητη απώλεια άνθρακα.

Κατά τη διάρκεια της ζύμωσης του αμύλου σε αιθανόλη, στην πράξη το 89% της ενεργειακής αξίας σε ζάχαρη μετατρέπεται σε ενέργεια από αιθανόλη. Η τελική απόδοση, παρ' όλα αυτά, είναι ελαφρώς χαμηλότερη εξαιτίας κυρίως της απόσταξης (distillation). Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας της απόσταξης, χάνεται λιγότερο από 1% αιθανόλη. [Van Groenestijn et al, 2019]

Η αναερόβια χώνευση αποτελεί επίσης μία βιολογική διαδικασία, κατά την οποία μικροοργανισμοί διασπούν οργανική ύλη σε συνθήκες απουσίας οξυγόνου. Συνήθως

η αναερόβια χώνευση αναφέρεται στη ζύμωση μεθανίου, στην οποία το τελικό προϊόν είναι το βιοαέριο (μίγμα διοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου). Γίνεται αντιληπτό επομένως, πως πρόκειται για μία μορφή ζύμωσης. Σχετικά με τη διαδικασία, λαμβάνει μέρος σε αποστειρωμένους, θερμαινόμενους αντιδραστήρες, χωρητικότητας που ξεπερνάει πολλές φορές τα 1000m<sup>3</sup> και η μετατροπή των στερεών οργανικών ουσιών σε βιοαέριο συνήθως διαρκεί ένα μήνα.

Το κύριο προϊόν της αναερόβιας χώνευσης είναι το βιοαέριο, το οποίο μπορεί να αναβαθμιστεί περαιτέρω σε ποιότητα παρόμοια με αυτή του φυσικού αερίου. Το καθαρό βιοαέριο (purified biogas) είναι το λεγόμενο πράσινο αέριο και μπορεί να ενσωματωθεί στο δίκτυο του φυσικού αερίου, καθώς και να υγροποιηθεί (bio-LNG) και να χρησιμοποιηθεί ως καύσιμο για τις μεταφορές. Εναλλακτικά, μπορεί αξιοποιηθεί σε μονάδες CHP (Combined Heat and Power) για την παραγωγή θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας. Το παραπροϊόν της αναερόβιας χώνευσης είναι το χωνεμένο υπόλειμμα, το οποίο περιέχει ακόμα νερό, οργανική ύλη και μεταλλικά στοιχεία όπως αμμωνία και φωσφορικό άλας. Στις περιπτώσεις χώνευσης SSO (Source Separated Organics), παραπροϊόν αυτό, κομποστοποιείται, ενώ στη χώνευση κοπριάς το παραπροϊόν συνήθως χρησιμοποιείται για την επίτευξη πιο γόνιμου εδάφους. [Van Groenestijn et al, 2019]

Οι επιχειρήσεις αναερόβιας χώνευσης, χρεώνουν περίπου 25€ ανά τόνο κοπριάς ή ανά τόνο SSO. Η βιομάζα, στην περίπτωση αυτή, έχει αρνητική τιμή. Η αγοραία αξία του παραγόμενου βιοαερίου όμως, είναι συνήθως χαμηλότερη του κόστους παραγωγής και επομένως η χώνευση είναι οικονομικά βιώσιμη μόνο με την υποστήριξη κάποιας κρατικής επιδότησης.

Η κομποστοποίηση αποτελεί μία μικροβιολογική διαδικασία κατά την οποία, οργανική ύλη οξειδώνεται και διασπάται σε κομπόστ (πλούσιο, σκούρο, θριφτό και άοσμο). Τα βακτήρια, οι μύκητες και άλλα μικρόβια είναι οι "εργάτες" της κομποστοποίησης. Αυτοί υποβοηθούνται κι από πολλούς άλλους μεγαλύτερους οργανισμούς. Κατά τη διάρκεια της κομποστοποίησης, αυτά τα μικρόβια παράγουν

διοξείδιο του άνθρακα, θερμότητα και νερό καθώς αποικοδομούν την οργανική ύλη του σωρού. [Van Groenestijn et al, 2019]

Η διαδικασία μπορεί να λαμβάνει μέρος σε κομποστοποιητές (ελεγχμένα), αλλά και φυσικά στο περιβάλλον (π.χ. σε κουρεμένο γρασίδι). Πιο συχνά, διεξάγεται με τεχνητό (εξαναγκασμένο) αερισμό μέσα σε κάποιο κοντέινερ, θάλαμο ή και σε ανοιχτό χώρο. Η κομποστοποίηση, μπορεί να θεωρηθεί κατά κάποιον τρόπο διαδικασία βιολογικής καύσης. Επομένως, εκπέμπεται θερμότητα, η οποία μπορεί με τη σειρά της να αξιοποιηθεί. Η θερμότητα προκαλεί επίσης εξάτμιση του νερού, οδηγώντας σε πιο ξηρή ύλη, ενώ εξοντώνονται πολλοί σπόροι ζιζανίων και παθογόνα από την υψηλή θερμοκρασία (70°C). Η διαδικασία απαιτεί χρόνο μερικών εβδομάδων.

Το κομπόστ αξίζει 18€/tn. Η απόδοση όμως, δεν είναι επαρκής για την κάλυψη του κόστους της εταιρείας κομποστοποίησης. Έτσι, ο προμηθευτής που παρέχει την βιομάζα για την κομποστοποίηση, είναι αναγκασμένος να πληρώσει κάποια συνεισφορά. Για τα οργανικά που διαχωρίζονται στην πηγή (SSO – Source Separated Organics), για παράδειγμα, χρεώνονται 25€/tn. [Van Groenestijn et al, 2019]

Σχήμα 4. Κομποστοποίηση ανοιχτού τύπου.



#### 1.4.4 Άλλες διαδικασίες βιολογικής μετατροπής

Τα ένζυμα, δρώντας ως καταλύτες, μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη μετατροπή ουσιών σε άλλες ουσίες. Ένα παράδειγμα τέτοιας μετατροπής είναι το άμυλο, το οποίο μετατρέπεται σε γλυκόζη με τη βοήθεια του ενζύμου αμυλάση. Γενικά, τα ένζυμα βρίσκουν εφαρμογή κυρίως στην υδρόλυση φυσικών βιοπολυμερών, όπως είναι η πρωτεΐνη και η κυτταρίνη.

Η ενσίρωση (ensilage) και η διαδικασία bokashi (τεχνική κομποστοποίησης – ιαπωνική λέξη που σημαίνει «οργανική ύλη που έχει υποβληθεί σε ζύμωση»), αποτελούν διαδικασίες κατά τις οποίες κάποιο στερεό υλικό, όπως το γρασίδι ή απορρίμματα φαγητού, υποβάλλεται σε ζύμωση απουσία οξυγόνου, με σκοπό την παραγωγή οργανικών οξέων που προκαλούν οξίνιση στην πρώτη ύλη, για να αποτραπεί οποιαδήποτε περαιτέρω βιολογική δραστηριότητα. Στην ουσία, αυτή η μέθοδος, διατηρεί την πρώτη ύλη και την κάνει ικανή να αποθηκευτεί για μήνες.

Η διαδικασία vermiculture υπάγεται στη διαδικασία της κομποστοποίησης, με τη διαφορά ότι εδώ χρησιμοποιούνται σκουλήκια. Όταν τα σκουλήκια τρώνε τη βιομάζα



σε ένα περιβάλλον με επαρκές οξυγόνο, παράγεται ένα είδος κομπόστ. [Van Groenestijn et al, 2019]

Πέραν των διαδικασιών μετατροπής και της μηχανικής επεξεργασίας που επεξηγήθηκαν πιο πάνω, η μέθοδος του διαχωρισμού αποτελεί επίσης μία σημαντική διαδικασία για την μετατροπή της βιομάζας σε συστατικά προς χρήση σε ενέργεια, υλικά και χημικά. Ορισμένα συστατικά, συχνά χρειάζεται να εξαχθούν από ένα διάλυμα που περιέχει χημικές ενώσεις, και να καταστεί περαιτέρω καθαρό (για παράδειγμα η απόσταξη της αιθανόλης από υγρό ζύμωσης). Ο διαχωρισμός υγρών και στερεών ουσιών, όπως η εξαγωγή λαδιού από σπόρους, η αφαίρεση ουσιών από βιομάζα, όπως η λιγνίνη από ξύλο, και ο διαχωρισμός σωματιδίων από κάποια στερεή μάζα χρησιμοποιούνται συχνά στις παραγωγικές διαδικασίες, αλλά και σε διάφορους τομείς όπως ο κλάδος των χημικών, της τεχνολογίας τροφίμων, της διαχείρισης αποβλήτων και του καθαρισμού νερού. [Van Groenestijn et al, 2019]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ZERO WASTE CIRCULAR ECONOMY

### 2.1 Zero Waste Circular Economy: ορισμός

Η ιδέα της κυκλικής οικονομίας χωρίζεται σε δύο μέρη, η πρώτη σχετίζεται με τη ροή των υλικών μέσα σε ένα οικονομικό σύστημα, ενώ η άλλη με το ποιες οικονομικές συνθήκες είναι αυτές που μπορούν να επιτύχουν την συγκεκριμένη ροή. Αυτά τα δύο εννοιολογικά μέρη, συναντώνται για πρώτη φορά μέσα από τις πρώτες μέρες του μοντέρνου περιβαλλοντικού κινήματος στις δεκαετίες του 60 και του 70 και συγκεκριμένα μέσα από την ιδέα της βιομηχανικής οικολογίας όσον αφορά τη ροή υλικών, και το paper του Boulding “ The Economics of the Coming Spaceship Earth” (1966) όσον αφορά τις οικονομικές συνθήκες.

Μέχρι το 1990, υπήρξε πολύ μικρή θεμελιώδης εξέλιξη στη θεωρία της κυκλικής οικονομίας. Αυτό άλλαξε με το άρθρο των Pearce και Turner το έτος αυτό, στο οποίο και εισηγήθηκαν την θεωρία του συγκεκριμένου οικονομικού μοντέλου, επηρεασμένοι από τον Boulding.

Οι Pearce και Turner βασίστηκαν αποκλειστικά σε διαγράμματα για την κατανόηση της κυκλικής οικονομίας. Για τους μετέπειτα συγγραφείς ωστόσο, δεν ίσχυε κάτι τέτοιο. Μάλιστα, έως το 2017 οι Kirchherr et al. κατάφεραν να αναγνωρίσουν 114 ορισμούς της κυκλικής οικονομίας.

Έπειτα από τη μελέτη αυτών των ορισμών, οι Kirchherr et al. συνέθεσαν τον δικό τους (2017):

*Η κυκλική οικονομία περιγράφει ένα οικονομικό σύστημα το οποίο είναι βασισμένο σε επιχειρηματικά μοντέλα που αντικαθιστούν την έννοια του ‘end-of-life’ με μείωση, εναλλακτική επαναχρησιμοποίηση, ανακύκλωση και διόρθωση υλικών στις διαδικασίες παραγωγής/διανομής και κατανάλωσης. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η λειτουργία - σε micro level (προϊόντα, επιχειρήσεις, καταναλωτές), meso level (οικολογικά βιομηχανικά πάρκα) και macro level (πόλη, περιοχή, χώρα κλπ.) – που είναι προσανατολισμένη στην επίτευξη βιώσιμης ανάπτυξης. Αυτό*

*προϋποθέτει την δημιουργία περιβαλλοντικής ποιότητας, οικονομικής ευημερίας και κοινωνικής ισότητας προς όφελος της σημερινής, αλλά και των μελλοντικών γενεών.*  
[Ekins et al, 2020]

Αν και υπάρχουν πολλές διαφορετικές διατυπώσεις, όλες αναφέρονται σε έναν νέο τρόπο δημιουργίας αξίας και ευημερίας, μέσω της επέκτασης του χρόνου ζωής των προϊόντων και της μετάθεσης των αποβλήτων από το τέλος της εφοδιαστικής αλυσίδας στην αρχή - χρησιμοποιώντας πιο αποδοτικά τους πόρους.

Γενικά, οι βιομηχανίες σήμερα χρησιμοποιούν πρώτες ύλες από το περιβάλλον και τις μετατρέπουν σε νέα προϊόντα, τα οποία μετέπειτα απορρίπτονται στο περιβάλλον. Πρόκειται για μία γραμμική διαδικασία, με αρχή και τέλος, όπου οι περιορισμένοι πόροι εν τέλει εξαντλούνται. Τα απόβλητα οδηγούν είτε σε δαπάνες σχετικές με την απόρριψή τους στο περιβάλλον, είτε σε μόλυνση. Επιπρόσθετα, οι βιομηχανικές διαδικασίες συχνά είναι μη αποδοτικές και ως εκ τούτου, οδηγούν σε ακόμη μεγαλύτερη σπατάλη των φυσικών πόρων. [Ekins et al, 2020]

Σε μία κυκλική οικονομία ωστόσο, οι πρώτες ύλες για τα νέα προϊόντα προέρχονται από παλιά προϊόντα προωθώντας την επαναχρησιμοποίηση, την ανακατασκευή, ή ως έσχατη λύση την ανακύκλωση (back into raw material) ή την εκμετάλλευση για ενέργεια (United Nations Industrial Development Organization). Με άλλα λόγια, μειώνονται τα απόβλητα σε κάθε στάδιο παραγωγής, με συνεχή βελτίωση της βιώσιμης απόδοσης. Το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας μειώνει έτσι τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, αυξάνει την παραγωγή πόρων μέσω πολλαπλών μηχανισμών που δημιουργούν αξία, και μειώνει τους κινδύνους συστήματος εξαιτίας των αλλαγών της αγοράς. [Tanveer et al, 2022]

Μερικά παραδείγματα βιομηχανικής εφαρμογής είναι τα εξής: ανακτημένα στερεά καύσιμα από απόρριψη, ενέργεια ή λίπασμα από κοπριά ζώων, ανάκτηση βαρέων μετάλλων από απορριφθέντα προϊόντα και ροές αποβλήτων, και ενοποιημένες διεργασίες σε κοινές υποδομές.

Η εφαρμογή της Κυκλικής Οικονομίας αποτελεί πιθανή λύση για όλα τα περιβαλλοντικά προβλήματα παραγωγής που μπορεί να προκύψουν [Kumar et al, 2023]. Στο πλαίσιο αυτό, είναι ικανή να παρέχει την κατάλληλη διαχείριση πόρων για

μία βιώσιμη ανάπτυξη. Λύσεις σχετικά με την εξάντληση των φυσικών πόρων κρίνονται κρίσιμες, την ίδια στιγμή που το γραμμικό μοντέλο οικονομίας είναι ανεπαρκές σε αυτό το ζήτημα. Οι ορυκτοί πόροι εξαντλούνται επίσης, παρά το γεγονός πως δημιουργούν αποδοτικές πρώτες ύλες για ενέργεια και οργανικές συνθέσεις. Στα πλαίσια της κλιματικής αλλαγής, τα προβλήματα που εγείρονται γύρω από τα ορυκτά είναι κρίσιμα. Συνεπώς, η βιομάζα γίνεται ολοένα και πιο σημαντική πρώτη ύλη προς αντικατάσταση των ορυκτών πόρων. [Viaggi et al, 2021].

## 2.2 Κυκλική Οικονομία & Βιομάζα

Υπάρχει εμφανής διασύνδεση μεταξύ βιομάζας και κυκλικής οικονομίας. Η βιομάζα, όπως αναφέρθηκε ήδη, δραστηριοποιείται σε πολλούς τομείς και μπορεί να παρέχει ευρύ φάσμα προϊόντων και ενέργεια. Από την πλευρά της κυκλικής οικονομίας, οι τομείς αυτοί, παράγουν απόβλητα ή/και παραπροϊόντα που είναι χρήσιμα ως πρώτες ύλες για χημική ή ενεργειακή παραγωγή σε κάποιον άλλον τομέα. Η διαχείριση αποβλήτων περιλαμβάνει τη μεταφορά, συλλογή, επεξεργασία, απόρριψη ή ανακύκλωση των αποβληθέντων πρώτων υλών που προέρχονται από τις βιομηχανίες, κατασκευαστικές εργασίες και αστικά απόβλητα [González-Sánchez et al, 2023].

Για παράδειγμα, ο αγροτικός τομέας παράγει φαγητό και ζωοτροφές ως προϊόντα και λιγνοκυτταρινικά υπολείμματα ως απόβλητα. Τα υπολείμματα αυτά, μπορούν μέσω κατεργασίας, να παράγουν ενέργεια ή χημικά. Οι ζωοτροφές χρησιμοποιούνται στην κτηνοτροφία, η οποία παράγει κρέας ως προϊόν και κοπριά ως απόρριμμα. Η κοπριά χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη λιπασμάτων ή ενέργειας. Κατά τον ίδιο τρόπο, η βιομηχανία χαρτοπολτού εκμεταλλεύεται το ξύλο ή αγροτικά υπολείμματα, ενώ το μαύρο υγρό (υπό-προϊόν) χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας. Εκτός αυτών, τα ανακυκλωμένα υπολείμματα χαρτιού και τα υφασμάτινα προϊόντα μπορούν να βρουν εφαρμογή και ως πρώτες ύλες για χαρτί, ύφασμα ή ενεργειακή παραγωγή. Κατά τη διάρκεια της ενεργειακής παραγωγής το παραγόμενο διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να φανεί χρήσιμο σε υδατοκαλλιέργειες για παραγωγή αλγών και διεργασίες οξίνισης. Η άλγη χρησιμοποιείται σε διάφορους τομείς, όπως στην ενέργεια, τις βαφές και τα λιπάσματα. Με λίγα λόγια, καθίσταται εμφανές πως η βιομάζα παρέχει

πολλές ευκαιρίες στα πλαίσια της βιώσιμης ανάπτυξης και της κυκλικής οικονομίας. [Ekins et al, 2020]

### 2.3 Προϋποθέσεις εφαρμογής Κυκλικής Οικονομίας

Προκειμένου τα μέτρα προώθησης της κυκλικής οικονομίας να έχουν αντίκτυπο παγκοσμίως, και προκειμένου το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας να λειτουργήσει στο έπακρο, υπάρχουν κάποιες προϋποθέσεις όπου οι χώρες πρέπει να τηρούν προς αυτή τη κατεύθυνση. Οι προϋποθέσεις αυτές αφορούν αρχικά τη δημιουργία ολοκληρωμένου νομικού και ρυθμιστικού πλαισίου που υποστηρίζει την ανάπτυξη και υλοποίηση κυκλικών οικονομικών πρακτικών. Ακόμα κρίνεται απαραίτητη η σύσταση και λειτουργία Εθνικού Συμβουλίου Κυκλικής Οικονομίας με την συμμετοχή εγκεκριμένων φορέων. Πρέπει σε κάθε χώρα να δημιουργηθεί ένα ευρύ δίκτυο συνεργασίας μεταξύ δημοσίων αρχών επιχειρήσεων και κοινωνικών οργανώσεων με σκοπό την επιτυχή υλοποίηση του μοντέλου της κυκλικής οικονομίας. [ΥΠΕΝ, 2021]

Ωστόσο, για να φέρει ευρεία αποδοχή το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας απαιτούνται και άλλες επιπλέον δράσεις. Οι δράσεις αυτές αφορούν, τη δημιουργία χρηματοδοτικών προγραμμάτων, οικονομικών κινήτρων και φορολογικών απαλλαγών για επιχειρήσεις και καταναλωτές που υιοθετούν Zero Waste πρακτικές. Τέλος είναι απαραίτητες ο σχεδιασμός εστιασμένων δράσεων ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης των πολιτών και των επιχειρήσεων σχετικά με τα οφέλη και τις πρακτικές του μοντέλου της κυκλικής οικονομίας. Εάν όλες οι προαναφερθείσες προϋποθέσεις πληρούνται, τότε υφίσταται εφικτή η επιτυχής εφαρμογή του μοντέλου της κυκλικής οικονομίας. [ΥΠΕΝ, 2021]

### 2.4 Μέτρα προώθησης της Κυκλικής Οικονομίας στην Ε.Ε.

Με γνώμονα την κλιματική ουδετερότητα, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε το νέο Πλάνο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία (Circular Economy Action Plan – CEAP) τον Μάρτιο του 2020, το οποίο αποτελεί τον βασικό πυλώνα της Πράσινης Συμφωνίας και απαραίτητη προϋπόθεση για την επίτευξή της. Γενικά, η μετάβαση της ΕΕ προς

μία κυκλική οικονομία θα μειώσει την εξάντληση των φυσικών πόρων και θα δημιουργήσει βιώσιμη ανάπτυξη και θέσεις εργασίας. [European Commission, 2020]

Το πλάνο αυτό, περιλαμβάνει πρωτοβουλίες για ολόκληρο τον κύκλο ζωής των προϊόντων. Προωθεί διαδικασίες κυκλικής οικονομίας, ενθαρρύνει τη βιώσιμη κατανάλωση, τον κατάλληλο σχεδιασμό προϊόντων και στοχεύει στην εξασφάλιση πως δεν δημιουργούνται απόβλητα και πως οι πόροι που χρησιμοποιούνται παραμένουν στην οικονομία της ΕΕ όσο δυνατόν περισσότερο. Εισαγάγει νομοθετικά και μη-νομοθετικά μέτρα που στοχεύουν σε τομείς όπου οι δράσεις σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης επιφέρουν πραγματική προστιθέμενη αξία.

Οι στόχοι του CEAP περιλαμβάνουν:

- Εδραίωση των βιώσιμων προϊόντων στην ΕΕ
- Ενθάρρυνση καταναλωτών και αγοραστών δημοσίου
- Εστίαση σε τομείς που χρησιμοποιούν τους περισσότερους πόρους και επομένως έχουν και την μεγαλύτερη δυνατότητα για κυκλικότητα, όπως για παράδειγμα: ηλεκτρονικά και τεχνολογία πληροφοριών, μπαταρίες και οχήματα, κλάδος συσκευασιών, πλαστικά, υφάσματα, κατασκευές/κτίρια, τρόφιμα, νερό και θρεπτικά συστατικά
- Εξασφάλιση λιγότερων αποβλήτων
- Καθοδήγηση για παγκόσμιες προσπάθειες για κυκλική οικονομία [European Commission, 2020]

Στα πλαίσια της οικονομίας, η επιτάχυνση της πράσινης μετάβασης επιβάλλει τόσο προσεκτικά, όσο και αποφασιστικά μέτρα, ώστε να κατευθύνει την οικονομία σε ένα πιο βιώσιμο μονοπάτι παραγωγής και κατανάλωσης. Για το ζήτημα αυτό, η Επιτροπή έχει λάβει μία σειρά από πρωτοβουλίες, συμπεριλαμβανομένης της ενσωμάτωσης του στόχου της κυκλικής οικονομίας στον Ευρωπαϊκό Κανονισμό Ταξινόμησης, και τη διενέργεια προκαταρκτικής εργασίας υπό τη σκέπη των κριτηρίων του EU Ecolabel (εθελοντικό σύστημα οικολογικού σήματος που ιδρύθηκε το 1992 από την Ευρωπαϊκή Ένωση) για οικονομικά προϊόντα. Το «Circular Economy Finance Support Platform» θα συνεχίσει να καθοδηγεί προωθητές έργων με σκοπό την κυκλική

οικονομία, την οικοδόμηση ικανοτήτων και τη διαχείριση οικονομικού ρίσκου. [European Commission, 2020]

Η επιτροπή έχει προτείνει επίσης, μία νέα πηγή για τον ευρωπαϊκό προϋπολογισμό, βασισμένη στο ποσό των μη ανακυκλωμένων πλαστικών απορριμμάτων συσκευασίας. Επιπρόσθετα, θα:

- Προωθήσει τη δημοσιοποίηση περιβαλλοντικών δεδομένων εταιρειών στην επερχόμενη αξιολόγηση των μη οικονομικών οδηγιών.
- Υποστηρίξει την πρωτοβουλία για ανάπτυξη περιβαλλοντικών λογιστικών αρχών που εξισορροπούν τα οικονομικά δεδομένα με τα δεδομένα απόδοσης της κυκλικής οικονομίας.
- Ενθαρρύνει την ενσωμάτωση κριτηρίων βιωσιμότητας σε επιχειρηματικές στρατηγικές, μέσω της βελτίωσης του επιχειρηματικού κυβερνητικού πλαισίου.
- Εκφράσει στόχους που συνδέονται με την κυκλική οικονομία, ως μέρος της επανεστίασης του Ευρωπαϊκού Εξαμήνου και στο πλαίσιο της επερχόμενης αναθεώρησης των οδηγιών της κρατικής ενίσχυσης στον τομέα της ενέργειας και του περιβάλλοντος.
- Συνεχίσει να ενθαρρύνει την εφαρμογή των καλά σχεδιασμένων οικονομικών εργαλείων, όπως είναι η περιβαλλοντική φορολογία (συμπεριλαμβανομένων και των φόρων που αφορούν ΧΥΤΑ και αποτεφρώσεις), και να δώσει τη δυνατότητα στα κράτη μέλη της ΕΕ να χρησιμοποιήσουν δείκτες ΦΠΑ για την προώθηση ενεργειών κυκλικής οικονομίας που έχουν στόχο τελικούς καταναλωτές· ιδίως υπηρεσίες επισκευών. [European Commission, 2020]

## 2.5 Μέτρα προώθησης της Κυκλικής Οικονομίας παγκοσμίως

Το Πλάνο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία (CEAP) -για μία πιο καθαρή και ανταγωνιστική Ευρώπη- τονίζει πως η Ευρωπαϊκή Ένωση δεν μπορεί μόνη της να επιτύχει τους στόχους της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας για μία κλιματικά

ουδέτερη, αποδοτική σχετικά με τους πόρους, και κυκλική οικονομία. Κατ' αυτόν τον τρόπο, το CEAP επιβεβαιώνει πως η ΕΕ θα συνεχίσει να δείχνει τον δρόμο για την κυκλική οικονομία σε παγκόσμιο επίπεδο και θα χρησιμοποιήσει την επιρροή που ασκεί, την τεχνογνωσία και τους οικονομικούς πόρους που διαθέτει για να εφαρμόσει το '2030 Agenda for Sustainable Development' όχι μόνο στη ΕΕ, αλλά και έξω από αυτήν. [European Commission, 2020]

Οι δράσεις του πλάνου για παγκόσμια επιρροή:

- Καθοδηγητικές προσπάθειες σε διεθνές επίπεδο για επίτευξη παγκόσμιας συμφωνίας σχετικά με τα πλαστικά, σε ευθυγράμμιση με τους στόχους της European Plastics Strategy
- Πρόταση για «Global Alliance on Circular Economy and Resource Efficiency» ώστε να αναγνωριστούν οι γνώσεις και τα κενά της κυβέρνησης στην εδραίωση της παγκόσμιας κυκλικής οικονομίας, και να προωθηθούν πρωτοβουλίες συνεργασίας, συμπεριλαμβανομένων μεγάλων οικονομιών.
- Έρευνα ως προς την εφαρμοσιμότητα ενός Safe Operating Space για τη χρήση φυσικών πόρων.
- Πρωτοβουλίες για συζητήσεις με σκοπό τη διεθνή συμφωνία για τη διαχείριση φυσικών πόρων.
- Σφυρηλάτηση των σχέσεων με την Αφρική, προκειμένου να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη της πράσινης μετάβασης και της κυκλικής οικονομίας, και συνέχιση της προώθησης της κυκλικής οικονομίας κατά τη διαδικασία προσχώρησης με τα δυτικά Βαλκάνια.
- Συνέχιση της προώθησης της κυκλικής οικονομίας στα πλαίσια διμερών, τοπικών και πολυμερών πολιτικών διαλόγων, περιβαλλοντικών συμφωνιών, καθώς επίσης και προγραμμάτων διεθνούς συνεργασίας και ανάπτυξης, συμπεριλαμβανομένου του International Platform on Sustainable Finance.
- Διαβεβαίωση πως τα Free Trade Agreements εκφράζουν τους βελτιωμένους στόχους της κυκλικής οικονομίας.



- Αύξηση των κοινωνικών δραστηριοτήτων, μέσω της διπλωματίας της Ευρωπαϊκής Πράσινης Συμφωνίας και της Κυκλικής Οικονομίας, και συνεργασία με τα κράτη-μέλη της ΕΕ για συντονισμένες προσπάθειες παγκόσμιας κυκλικής οικονομίας. [European Commission, 2020]

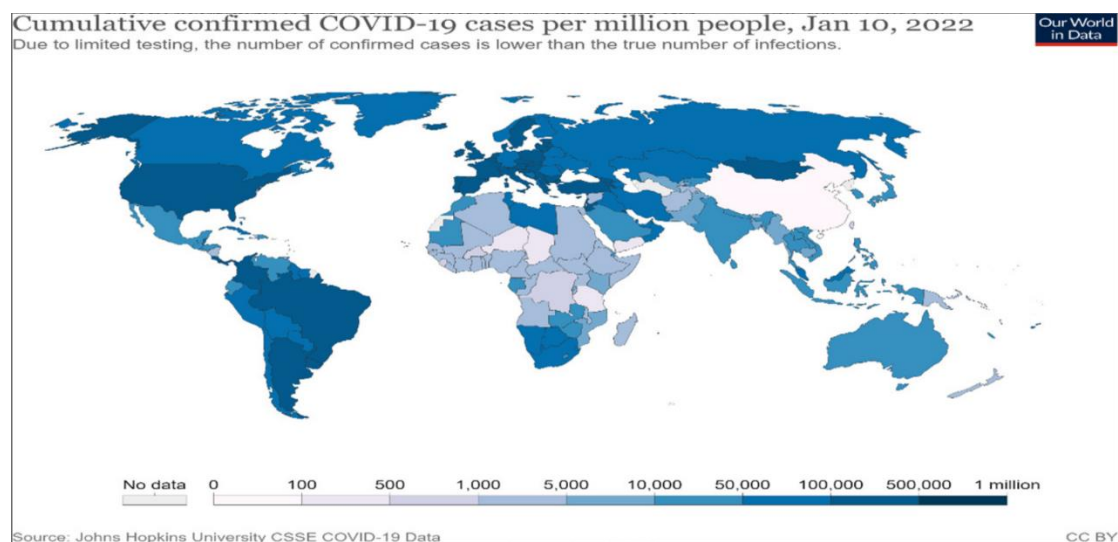
Το «Staff Working Document SWD(2020)» ‘Leading the way to a global circular economy: state of play and outlook’ συνοδεύει το Action Plan και παρέχει μία γενική εικόνα των προαναφερθέντων δράσεων, καθώς και τις σημερινές τάσεις, δοκιμασίες και ευκαιρίες που θα δημιουργηθούν από πιθανά σενάρια δράσεων για αναβάθμιση της παγκόσμιας κυκλικής οικονομίας. [European Commission, 2020]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: COVID-19

### 3.1 Εισαγωγή

Το πρώτο κρούσμα Covid – 19 εντοπίζεται στην πόλη Wuhan της Κίνας, το 2019. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας όμως, αναγνώρισε τη διάδοση του ιού ως πανδημία στις 11 Μαρτίου του 2020, ενώ είχε ήδη προκαλέσει παγκόσμια κρίση. Η Κίνα ήταν η πρώτη χώρα που επέβαλε εθνικό lockdown, με πολλές χώρες να ακολουθούν αυτό το παράδειγμα, με κοινό στόχο τον περιορισμό της διάδοσης του ιού. Έως τον Ιανουάριο του 2022, ο συνολικός αριθμός επιβεβαιωμένων κρουσμάτων παγκοσμίως ξεπερνούσε τα 325 εκατομμύρια, ενώ οι θάνατοι υπολογίστηκαν στα 5,6 εκατομμύρια, σύμφωνα με το European Centre for Disease Prevention and Control και τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας. Στο σχήμα 5, φαίνεται η εξάπλωση της πανδημίας σε παγκόσμιο επίπεδο βάσει επιβεβαιωμένων περιστατικών ανά εκατομμύριο πληθυσμού. Σε κάποιες χώρες η επέκταση της πανδημίας αγγίζει μέχρι και το 37%. [Olabi et al, 2022]

Σχήμα 5. Επιβεβαιωμένα κρούσματα Covid-19 ανά ένα εκατομμύριο ανθρώπους, Ιανουάριος 2022.



Παρά την εξαιρετικά υψηλή μετάδοση του ιού, η Κίνα κατάφερε να μετριάσει την εξάπλωσή του με δραστικά μέτρα. Οι επιπτώσεις της πανδημίας βαραίνουν αναμφίβολα τον τομέα της υγείας. Ωστόσο, πολλοί άλλοι τομείς,

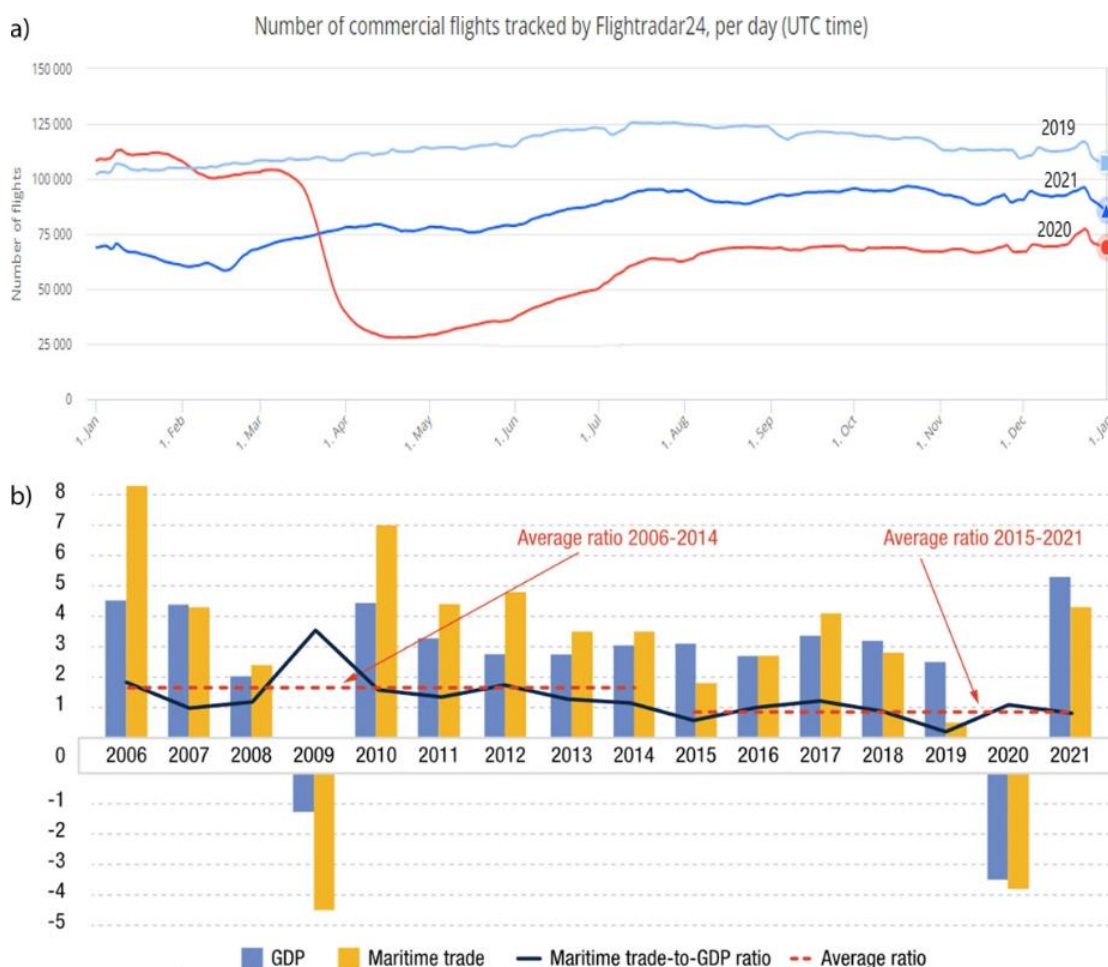
συμπεριλαμβανομένων των κλάδων της ενέργειας και του περιβάλλοντος, έχουν υποστεί ισχυρή κρίση. [Olabi et al, 2022]

### 3.2 Οικονομία

Οι περισσότερες χώρες στράφηκαν, εξαιτίας της πανδημίας, σε πρακτικές ολικού lockdown, περιορισμούς σε κύκλους μαθημάτων σε ακαδημαϊκό επίπεδο, κλείσιμο επιχειρήσεων που δεν αποδίδουν απαραίτητες δημόσιες υπηρεσίες, καθώς και πλήρη απαγόρευση κοινωνικών δραστηριοτήτων κατά τα πρώτα στάδια εξάπλωσης της πανδημίας. Η Κίνα, μιας και ήταν από τις πρώτες χώρες που υιοθέτησε ολικό lockdown, επηρέασε σημαντικά την μακροοικονομική ανάπτυξη παγκοσμίως. Οι περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες ακολούθησαν το παράδειγμα, ενώ μέχρι τον Μάρτιο του 2020 και η Ινδία στράφηκε σε lockdown. Με τις ΗΠΑ να εισέρχονται κι αυτές σε lockdown τον Απρίλιο του 2020, η μακροοικονομία πλέον έχει αρχίσει να πέφτει. Μετά από εννέα μήνες, η απαγόρευση στην Κίνα άρθηκε και τα εργοστάσια επαναλειτούργησαν στα προ-covid επίπεδα. Ωστόσο, παρέμειναν ενεργές κάποιες πολιτικές, όπως το social distancing, που επηρέασαν αρνητικά τον τομέα των υπηρεσιών. Επιπλέον, οι περιορισμοί στα ταξίδια οδήγησαν σε μείωση δραστηριοτήτων στον τομέα των μεταφορών. [Ahmad et al, 2022]

Στο σχήμα 6, απεικονίζεται η μείωση των εμπορικών πτήσεων το 2020 σε σύγκριση με το 2019, καθώς και η αργή ανάκαμψη το 2021 η οποία όμως δεν έφτασε τα επίπεδα του 2019. Πιο συγκεκριμένα, παρατηρείται πτώση των εμπορικών πτήσεων το 2020 κατά 75%, ενώ η ανάκαμψη έφτασε μόνο στο 65% στο τέλος του 2020. Ο αριθμός των πτήσεων του 2021 παραμένει κάτω από αυτόν του 2019, εξαιτίας ορισμένων ολικών ή μερικών lockdown και περιορισμών στα ταξίδια που συνέχισαν να υφίστανται. Με τον ίδιο τρόπο απεικονίζεται και η πτώση στο θαλάσσιο εμπόριο ως ένας από τους μεγαλύτερους δείκτες για την παγκόσμια δραστηριότητα εμπορίου, με απότομη μείωση το 2020 (κοντά στα επίπεδα της ύφεσης του 2019), με επιπρόσθετη μείωση του παγκόσμιου GDP κατά 3.5%, σε αντίθεση με τη μείωση του 2009 που ήταν 1.2%. [Olabi et al, 2022]

Σχήμα 6. (α) Αριθμός εμπορικών πτήσεων 2019-2021 (β) Ετήσιος βαθμός ανάπτυξης GDP και ναυτικού εμπορίου.



Οι περιορισμοί και οι απαγορεύσεις προκάλεσαν κρίση στην εφοδιαστική αλυσίδα, όπως είναι προφανές από την πτώση του θαλάσσιου εμπορίου στο σχήμα 6<sup>b</sup>. Η κρίση αυτή οφείλεται στην πίεση που ασκήθηκε στις οικονομικές δραστηριότητες μετά το κλείσιμο πολλών κατασκευαστικών βιομηχανιών προς αποφυγή της εξάπλωσης του ιού. Κατά τον ίδιο τρόπο, στις ΗΠΑ περίπου 26 εκατομμύρια άνθρωποι του εργατικού δυναμικού έχασαν τη δουλειά τους εξαιτίας της πανδημίας, σχεδόν δέκα φορές δηλαδή περισσότεροι σε σύγκριση με άλλες παγκόσμιες οικονομίες. Το Ηνωμένο Βασίλειο κατέγραψε περισσότερες από 1,4 εκατομμύρια αιτήσεις για πρόνοια ανεργίας έως τον Μάιο του 2020. [Olabi et al, 2022]

Η χρονική διάρκεια του lockdown καθορίζει σε μεγάλο βαθμό τις επιπτώσεις της πανδημίας στα επίπεδα GDP και τον ενεργειακό τομέα, για παράδειγμα το εμπόριο πετρελαίου και αερίου. Σε συγκεκριμένους τομείς όπως ο τουρισμός, η παγκόσμια

κρίση θα αφήσει μακροπρόθεσμες επιπτώσεις, ενώ άλλες δραστηριότητες μπορεί να μην ανακάμψουν ποτέ πλήρως στα επίπεδα πριν την πανδημία. Μετά την άρση του lockdown στα τέλη του 2020, οι περισσότερες χώρες ήρθαν αντιμέτωπες με μία σειρά δοκιμασιών παρόμοιες με αυτές μίας κλασικής ύφεσης με τεράστια ζήτηση και πίεση στο οικονομικό σύστημα. [Mofijur et al, 2021]

Κατά τη διάρκεια της πανδημίας, οι υποσχέσεις της Κυκλικής Οικονομίας σχετικά με τα τρέχοντα οικονομικά συστήματα έχουν λάβει αυξημένη προσοχή. Παρά την απόφαση πολλών κυβερνήσεων στον κόσμο για οικονομικά κίνητρα με σκοπό την ανάκαμψη των οικονομιών, υπάρχει ανάγκη για περισσότερες πολιτικές πρακτικές. Το ξέσπασμα της πανδημίας, προκάλεσε πλεόνασμα σε όλες τις βιομηχανίες παγκοσμίως, με τις χώρες οι οποίες είναι εξαρτώμενες από το πετρέλαιο να έχουν και τις πιο εμφανείς επιπτώσεις. Η πανδημία επιδείνωσε το φαινόμενο των χαμηλών τιμών πετρελαίου μέσω της μείωσης της ζήτησης. Ακολούθως, αυτό οδήγησε σε πτώση της ζήτησης στα αεροπορικά καύσιμα, άνθρακα και άλλα ενεργειακά προϊόντα, και αυτό με τη σειρά του, οδήγησε σε πτώση στην τιμή πετρελαίου εξαιτίας αυτής της χαμηλής ζήτησης. [Rejeb et al, 2022]

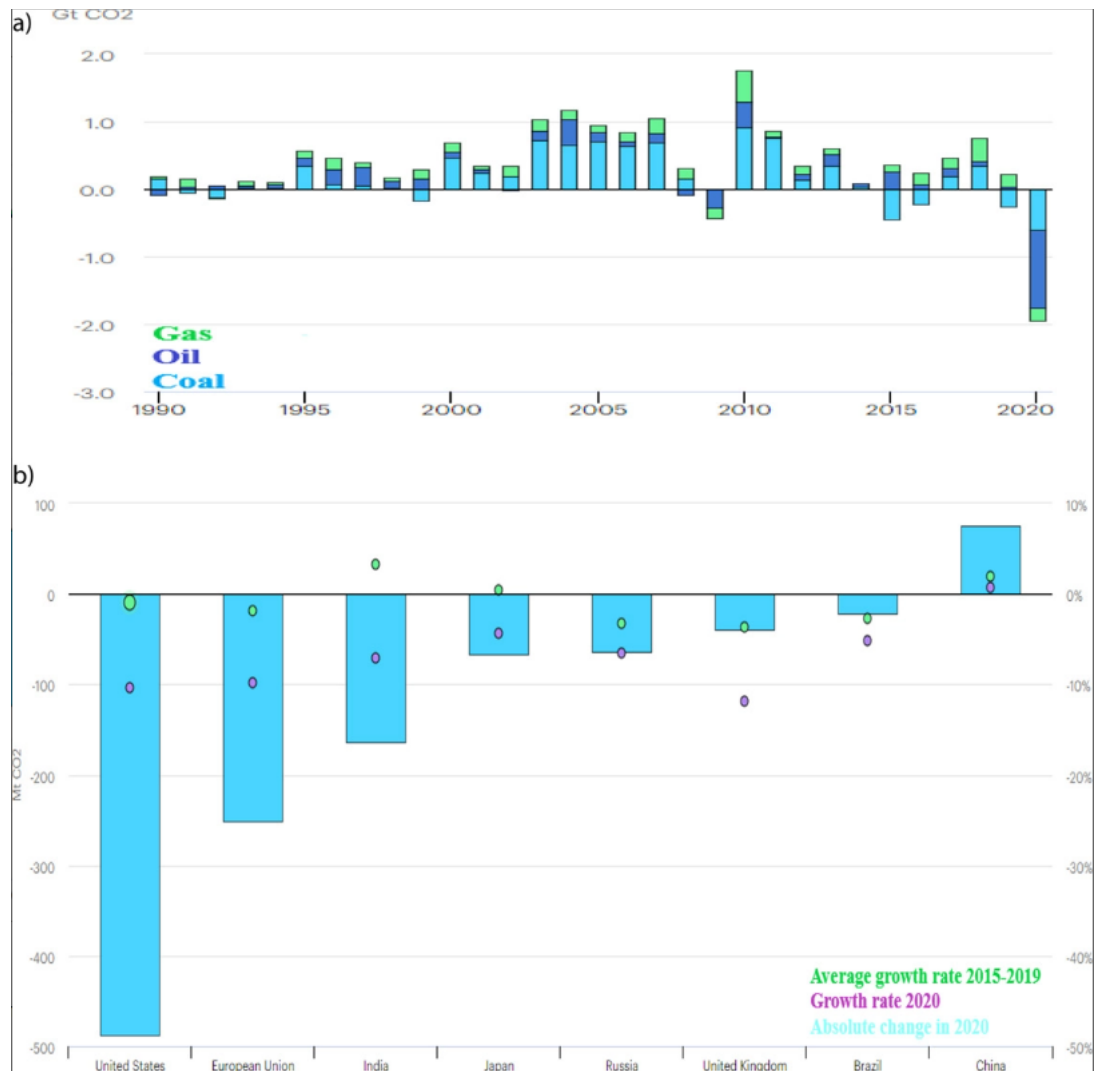
### 3.3 Περιβάλλον

Οι περισσότερες από τις μεγάλες οικονομίες έμειναν στάσιμες το 2020 εξαιτίας των μέτρων κατά της εξάπλωσης της πανδημίας. Δραστηριότητες όπως ταξίδια, συνέδρια, και λοιπές κοινωνικές εκδηλώσεις σταμάτησαν. Η ζήτηση για ενέργεια κατά την περίοδο αυτή, έπεσε δραματικά και αυτό οδήγησε σε μείωση των παγκόσμιων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, όπως φαίνεται στο σχήμα 7. Εδώ, είναι εμφανές πως έχει επέλθει απότομη μείωση σε όλους τους ενεργειακά εξαρτώμενους τομείς το 2020, όπως είναι οι αεροπορικές μεταφορές, και συνεπώς μικρότερη κατανάλωση καυσίμου, αλλά και οι οδικές μεταφορές, και κατά συνέπεια μικρότερη κατανάλωση βενζίνης και diesel. [Le Quéré et al, 2020]

Μία μείωση της τάξης του 17% καταγράφηκε σχετικά με τις παγκόσμιες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα τον Απρίλιο του 2020 σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2019,

με μία μέση ετήσια μείωση στο 2-13%, ανάλογα με τη διάρκεια και τη φύση των μέτρων lockdown. Το σχήμα 7, δείχνει μείωση διοξειδίου του άνθρακα περίπου 2 Gt το 2020. Συγκεκριμένα από 33,4 Gt το 2019, σε 31,5 Gt το 2020, σχεδόν τέσσερις φορές η μείωση που καταγράφηκε κατά τη διάρκεια της οικονομικής κρίσης του 2008. Επιπρόσθετα, φαίνεται και η μείωση των εκπομπών ανά περιοχή και συγκεκριμένα σε ΗΠΑ, Ευρώπη και Ινδία με 480, 250 και 180 Mt μείωση αντίστοιχα. Τέλος, έχουν μειωθεί οι επιβλαβείς για τον άνθρωπο εκπομπές στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα τη μείωση αερομεταφερόμενων ασθενειών. [Olabi et al, 2022]

Σχήμα 7. (a) Παγκόσμιες εκπομπές CO<sub>2</sub> 1990-2020 ανά ενεργειακό τομέα (b) Μείωση εκπομπών CO<sub>2</sub> το 2020 ανά χώρα.



Από την άλλη μεριά, η πανδημία του Covid-19 έχει επιφέρει και μερικές αρνητικές επιπτώσεις σχετικά με το περιβάλλον, εξαιτίας των αυξημένων ιατρικών αποβλήτων και της μεγάλης κατανάλωσης χημικών απολύμανσης, που οδήγησε σε παρεμπόδιση των συστημάτων διαχείρισης υγρών και στερεών αποβλήτων. Τα αποτελέσματα της πανδημίας στο περιβάλλον, συνοψίζονται ως εξής:

- Μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου (GHG) από ορυκτά καύσιμα, όπως διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), οξείδια του αζώτου (NO<sub>x</sub>), οξείδια του θείου (SO<sub>x</sub>) και σωματίδια, λόγω της μειωμένης δραστηριότητας στον τομέα των μεταφορών, που οδήγησε σε βελτιωμένη ποιότητα αέρα και μειωμένες ασθένειες που μεταδίδονται με τον αέρα.
- Βελτιωμένη ποιότητα νερού εξαιτίας του τερματισμού λειτουργίας πολλών βιομηχανικών και εμπορικών δραστηριοτήτων και επομένως της μειωμένης παραγωγής αποβλήτων
- Αυξημένα ιατρικά απόβλητα, τα οποία υπερφόρτωσαν τα συστήματα διαχείρισης στερεών αποβλήτων.
- Αυξημένο οργανικό φορτίο στα υγρά απόβλητα, το οποίο επιβάρυνε τα συστήματα διαχείρισης υγρών αποβλήτων με ανυποχώρητες ιατρικές χημικές ενώσεις, οι οποίες είναι δύσκολα διαχειρίσιμες και εκκρίνονται στα υδάτινα σώματα.

Τα αρνητικά αποτελέσματα εκτιμάται πως θα επιδεινωθούν με την αύξηση των απορριμμάτων στο μέλλον. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, πρακτικές και έρευνα στις τεχνολογίες waste to energy να κρίνονται απαραίτητες στις αναπτυσσόμενες χώρες.

[Rezania et al, 2023]

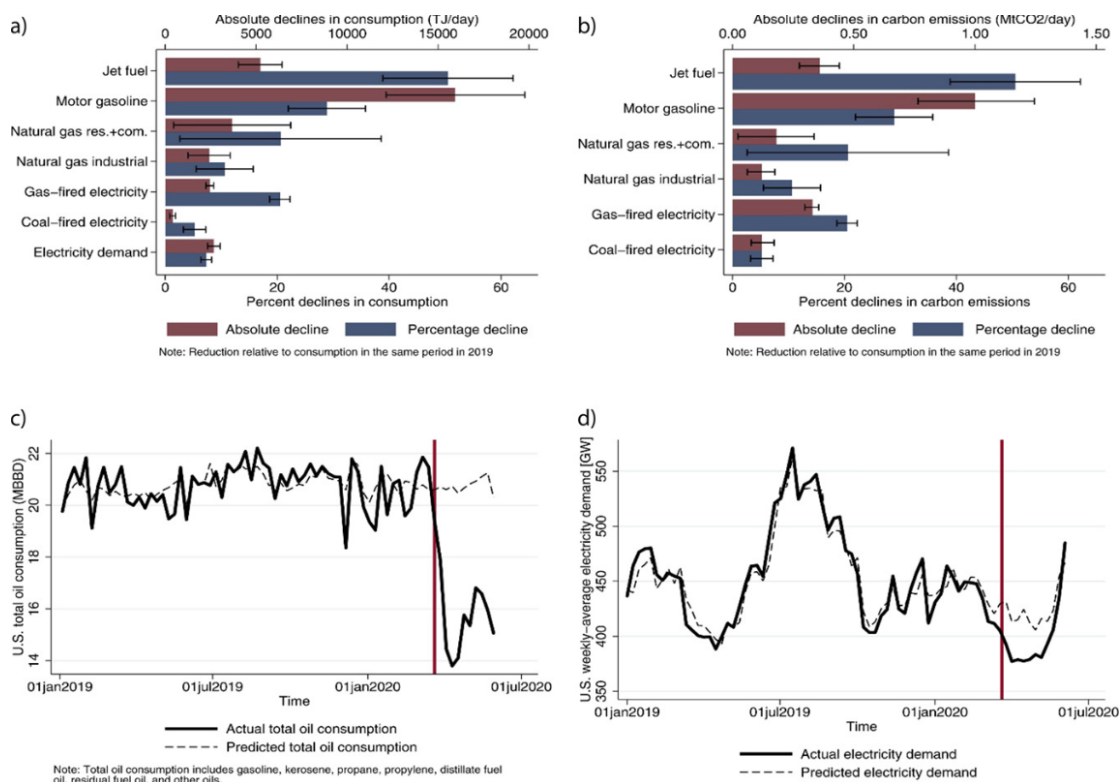
### 3.4 Ενέργεια

Ο τομέας της ενέργειας, αποτελεί το επίκεντρο των επιπτώσεων της πανδημίας. Εξαιτίας των αυστηρών lockdown, η όποια ενεργειακή κατανάλωση η οποία σχετίζεται με την αεροπλοΐα, τις μεταφορές, τη βιομηχανία και τις εμπορικές δραστηριότητες, έχει έρθει αντιμέτωπη με δραματική πτώση, ενώ εκείνη που σχετίζεται με δραστηριότητες οικιακής φύσεως είδε δραματική αύξηση. [Olabi et al, 2022]

Στις ΗΠΑ, η κατανάλωση στα καύσιμα για τζετ κινητήρες και στη βενζίνη έπεσε κατά περίπου 50% και 30% αντίστοιχα, ενώ η ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας έπεσε κατά 10%, ταυτόχρονα με τη μείωση κατά 15% στις εκπομπές άνθρακα, ποσοστά που μεταφράζονται σε περίπου 200 ζωές που σώθηκαν ανά μήνα. Στο σχήμα 8 αποτυπώνονται οι επιπτώσεις της πανδημίας στον ενεργειακό τομέα στις ΗΠΑ, ως παράδειγμα αρκετά ανεπτυγμένης περιοχής με μία από τις μεγαλύτερες καταναλώσεις ενέργειας. Αυτό σχετίζεται με τη δραματική πτώση της τιμής του πετρελαίου από 60 δολάρια στις αρχές Ιανουαρίου του 2020, σε 20 δολάρια τον Απρίλιο του 2020 όσον αφορά το Brent grade, ενώ για το WTI grade η πτώση κυμάνθηκε έως και σε αρνητικές τιμές. [Gillingham et al, 2020]



Σχήμα 8. COVID-19 και ενεργειακή κατανάλωση στις ΗΠΑ: (a) μείωση στην κατανάλωση καυσίμων, (b) μείωση στις εκπομπές άνθρακα, (c) συνολική κατανάλωση πετρελαίου, (d) ενεργειακή ζήτηση.



Οι Jiang et al. έχοντας μελετήσει τις επιδράσεις της πανδημίας στην ενεργειακή ζήτηση και κατανάλωση, κοινοποίησαν τις προκλήσεις που συνάντησαν, τα μαθήματα που αποκτήθηκαν και τις επικείμενες ευκαιρίες. Υπέδειξαν πτώση στη ζήτηση, της τάξης των 626,6 εκατομμυρίων toe παγκοσμίως για το 2020, μαζί με μείωση στην εβδομαδιαία ενεργειακή ζήτηση, της τάξης του 9, 17 και 24% υπό το καθεστώς περιορισμένων απαγορεύσεων, μερικού lockdown και ολικού lockdown αντίστοιχα. Η πανδημία έφερε όχι μόνο προκλήσεις, αλλά και ευκαιρίες, όπως βελτίωση της ψηφιοποίησης, έναν νέο τρόπο lifestyle με δυνατότητα απομακρυσμένης εργασίας και ανάπτυξη τοπικών συστημάτων ΑΠΕ. Κατά τον ίδιο τρόπο, και οι Shanmuga et al. μελέτησαν τις παγκόσμιες επιδράσεις της πανδημίας στις τιμές πετρελαίου και την ενέργεια, καθώς και τη σύνδεσή τους στην παγκόσμια οικονομία, ανέλυσαν τα προβλήματα και τις ευκαιρίες που αφορούν τον ενεργειακό τομέα και πρότειναν προληπτικά και επανορθωτικά μέτρα μέσω πολιτικών. Υπέδειξαν σημαντικές δυνατότητες της πανδημίας να αναμορφώσει την παγκόσμια εφοδιαστική αλυσίδα πρώτων υλών και κατασκευαστικών εξαρτημάτων, νέες

οικονομικές δομές για επιτάχυνση της οικονομικής ανάκαμψης και πράσινα πακέτα κινήτρων για πράσινη ανάπτυξη και λύσεις βασισμένες στον τομέα της πληροφορικής. Ο οργανισμός International Energy Association (IEA) έχει δημοσιεύσει αναφορές οι οποίες περιγράφουν την απόδοση και την κατάσταση του ενεργειακού τομέα παγκοσμίως το 2020, σε συνάρτηση με την πανδημία του COVID-19. [Olabi et al, 2022]

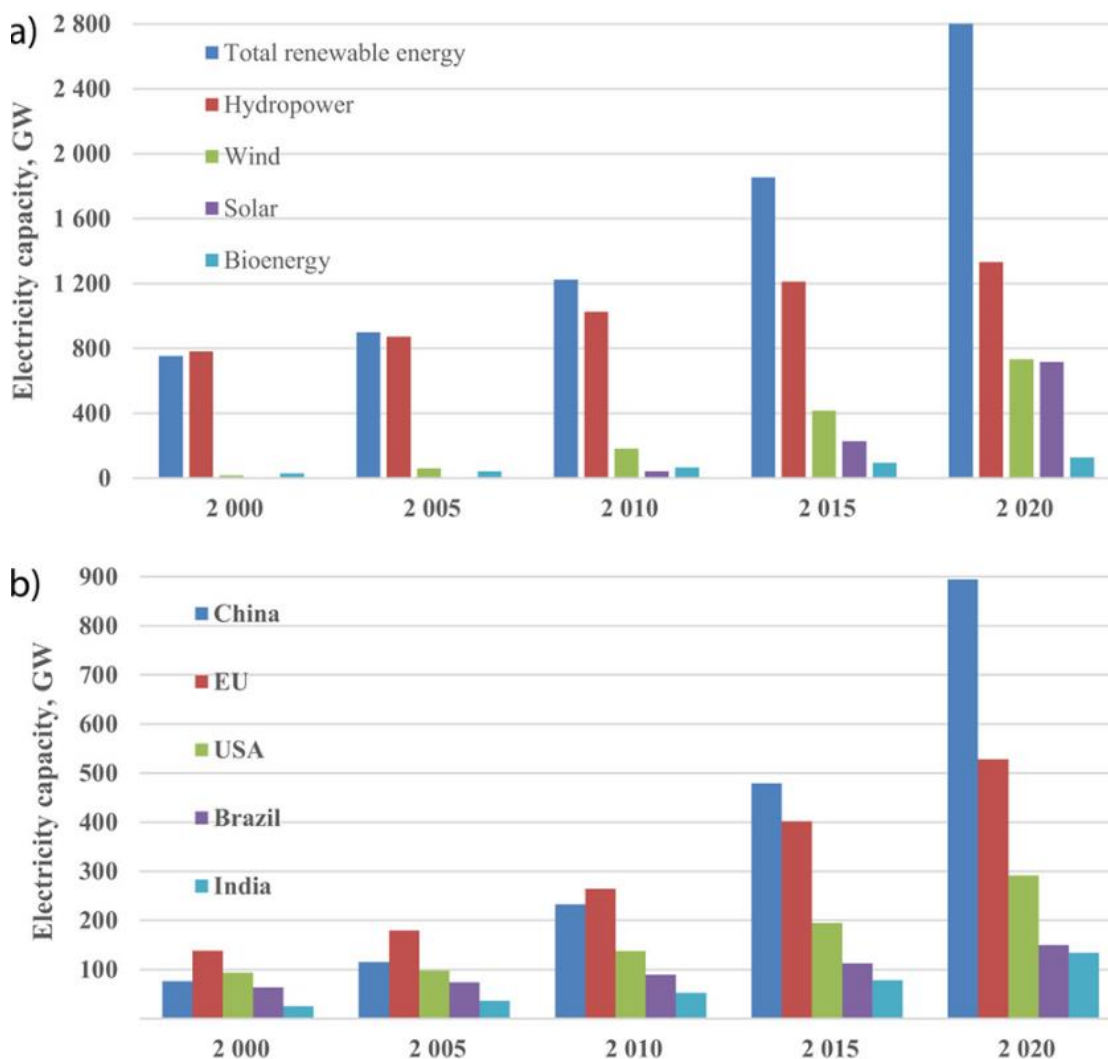
Κατά τη διάρκεια του lockdown, η ζήτηση ενέργειας έπεσε σημαντικά, εξαιτίας της νέκρωσης των χωρών με οριακή αύξηση της οικιακής ζήτησης ενέργειας. Κατά τη χαλάρωση των μέτρων του lockdown στη Γερμανία και την Ιταλία τον Μάιο του 2020, υπήρξε ένδειξη ανάκαμψης της ενεργειακής ζήτησης. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε εξίσου και σε άλλες χώρες όπως Ινδία, Γαλλία, Μεγάλη Βρετανία και Ισπανία. Κατά τον Ιούνιο και Ιούλιο του 2020, η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια ήταν αρκετά χαμηλότερη από αυτήν του 2019, την ίδια περίοδο. Στην Ευρώπη, κάποιες χώρες τον Αύγουστο του 2020 είχαν ενεργειακή ζήτηση πιο κοντά στα επίπεδα του 2019, εξαιτίας στα μέτρα ανάκαμψης των αντίστοιχων κυβερνήσεων. Η ζήτηση αυξήθηκε αισθητά τον Οκτώβριο του 2020 πριν από μία σειρά από αυστηρά μέτρα για την καταπολέμηση της εξάπλωσης του ιού στις συγκεκριμένες χώρες. Κάποια από τα μέτρα αυτά είχαν αρνητική επίδραση στη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας αργότερα, αφού τα δεδομένα Νοεμβρίου ήταν πιο κοντά σε αυτά του Ιουνίου. Αυτό το φαινόμενο δεν παρατηρήθηκε σε όλες τις χώρες. Για παράδειγμα, η Ινδία είδε την ζήτησή της να αυξάνεται σε σύγκριση με τα επίπεδα του 2019. [Olabi et al, 2022]

### 3.5 Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Με τα παραπάνω, γίνεται σαφές πως οι επιπτώσεις της πανδημίας βρίσκουν εφαρμογή σε διάφορες διαστάσεις της ανθρώπινης ζωής, με επίκεντρο την οικονομία, την ενέργεια και το περιβάλλον. Το σχήμα 9<sup>α</sup> φανερώνει την εξέλιξη των ΑΠΕ κατά την περίοδο 2000-2020, με αύξηση έως και 310, 150, 1250, 14500 και 300% στο σύνολο των ΑΠΕ, την υδροενέργεια, την αιολική ενέργεια, την ηλιακή ενέργεια

και την βιοενέργεια αντίστοιχα, φτάνοντας συνολική χρησιμοποίηση 2800GW το 2020, με μερίδιο 25% για την αιολική και 25% για την ηλιακή. Στο σχήμα 9<sup>b</sup>, φαίνεται η χρήση ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ στις κύριες χώρες, με 32, 19, 10.4, 5.3 και 4.8% για την Κίνα, την Ε.Ε., τις ΗΠΑ, τη Βραζιλία και την Ινδία αντίστοιχα. [Olabi et al, 2022]

Σχήμα 9. (α) Η εξέλιξη των ΑΠΕ την περίοδο 2000-2020 (β) Κατανομή χρησιμοποίησης ΑΠΕ ανά χώρες την περίοδο 2000-2020.



Διάφορες πρόσφατες έρευνες ασχολούνται με τις γενικές επιπτώσεις της πανδημίας στον τομέα ΑΠΕ. Η Madhu Khanna του Πανεπιστημίου του Illinois, έχει περιγράψει την πανδημία ως «ένα σύννεφο με θετικό αντίκτυπο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας». Θεωρεί δηλαδή, πως η πανδημία αποτελεί μία «δημιουργική καταστροφή» ή μία «καταστροφή κατά ζήτηση» για τις βιομηχανίες ορυκτών

καυσίμων με σημαντική πτώση στις τιμές και τα ποσοστά θέσεων εργασίας, κάτι το οποίο μπορεί να θεωρηθεί ως μία ευκαιρία για εγκατάλειψη της εξάρτησης από τα ορυκτά καύσιμα και ανάπτυξη των ΑΠΕ. [Khanna et al, 2021]

Σύμφωνα με κάποιες ενδείξεις, υπάρχουν αντικρουόμενες επιπτώσεις στον τομέα των ΑΠΕ. Αναμένεται σημαντική μείωση στις επενδύσεις εξαιτίας της οικονομικής κατάρρευσης που πλήττουν πολλά έργα ΑΠΕ. Επιπλέον, με τις εξαιρετικά χαμηλές τιμές των αγαθών ορυκτών καυσίμων, ο ανταγωνισμός δεν είναι με το μέρος των ΑΠΕ. Εκτός αυτού, εξαιτίας των δυσκολιών αναφορικά με την εφοδιαστική αλυσίδα, πολλά έργα έχουν ελλείψεις σε κρίσιμα στοιχεία. Από την άλλη μεριά, η πανδημία έχει υποδείξει την ανάγκη για αξιόπιστη τοπική παροχή ενέργειας, με τις ΑΠΕ στην πρώτη γραμμή, εξαιτίας της πτώσης στο θαλάσσιο εμπόριο περιορίζοντας τις προμήθειες στο πετρέλαιο, το αέριο και τον άνθρακα. [Olabi et al, 2022]

Η πανδημία έχει παρεμποδίσει πολλά προγράμματα και έργα ΑΠΕ, παρά την αξιοσημείωτη πρόοδο στον συγκεκριμένο τομέα που είχε επιτευχθεί τα προηγούμενα έτη. Οι επιπτώσεις της πανδημίας πηγάζουν από τις κατασκευαστικές μονάδες που σχετίζονται με τις ΑΠΕ και τις εφοδιαστικές αλυσίδες. Σήμερα, ο κόσμος είναι αναγκασμένος να εκτιμήσει κάποιες υπάρχουσες ενεργειακές πολιτικές, και κυρίως εκείνες που επηρεάζουν αρνητικά τις επιχειρήσεις που σχετίζονται με τις ΑΠΕ. Οι περισσότερες κατανομές προϋπολογισμού που προορίζονται για ειδικά προγράμματα με σκοπό την διατήρηση της οικονομίας ορισμένων χωρών, εκτρέπονται ώστε να προσαρμοστούν στην παγκόσμια δοκιμασία. Τα προγράμματα ΑΠΕ που δρομολογήθηκαν για έναρξη το 2020 ακυρώθηκαν λόγω της πανδημίας. Οι περισσότερες κατασκευαστικές εταιρείες που εμπλέκονται στην ανάπτυξη των τεχνολογικών υλικών για ΑΠΕ κατέφυγαν σε εγκατάλειψη των προϊόντων τους έως ότου βρεθεί κάποια λύση. Για παράδειγμα, η εταιρεία Morgan Stanley μείωσε τις προβλέψεις της για εγκατάσταση φωτοβολταϊκών στις ΗΠΑ, ιδίως στο δεύτερο εξάμηνο του 2020 κατά περίπου 20%. Οι αιφνιδιαστικές διακοπές στην εφοδιαστική αλυσίδα, είναι πιο πιθανό να έχουν αρνητική επίπτωση στα προγράμματα ΑΠΕ, ειδικά όσον αφορά στις μονάδες ηλιακής ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός πως

αρκετά υλικά απαραίτητα για τις εγκαταστάσεις ηλιακών εφαρμογών προέρχονται από την Ασία. [Olabi et al, 2022]

Σχετικά με τη βιομηχανία του πετρελαίου, η πανδημία έχει επηρεάσει τις περισσότερες εταιρείες πετρελαίου και αερίου και μείωσε την τιμή του φυσικού αερίου κάτω από 2\$, κάτι το οποίο είναι πιθανό να πυροδοτήσει μία ξαφνική μεταστροφή από μονάδες ενέργειας άνθρακα σε αέριο. Η απότομη μείωση της τιμής ορυκτών καυσίμων πρόκειται να πυροδοτήσει ένα επιπλέον εμπόδιο στις περισσότερες αναπτυσσόμενες χώρες. Αυτό επίσης, σημαίνει πως οι περισσότερες κυβερνήσεις θα καταλήξουν σε μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, πράγμα που θα επηρεάσει την παγκόσμια κλιματική πολιτική. Οι τράπεζες μπορούν να βοηθήσουν τη μετρίαση του προβλήματος μέσω της προσφοράς άτοκων δανείων για την διατήρηση της ανάπτυξης έργων ΑΠΕ, κάτι το οποίο θα αποτρέψει την ενεργειακή αγορά από το να διαφύγει σε παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. [Hosseini et al, 2022]

Πριν από το ξέσπασμα της πανδημίας, ο τομέας των ΑΠΕ είχε καταφέρει να σημειώσει εξαιρετική πρόοδο σε πολλές χώρες με ταχύ ρυθμό. Το κόστος των ΑΠΕ έγινε πιο οικονομικό εξαιτίας των σαρωτικών ερευνών, τεχνολογικών επιτευγμάτων και υποστηρικτικών πολιτικών στον τομέα. Σχετικά με τις πολιτικές, οι περισσότερες χώρες σχημάτισαν στρατηγικές για να εξασφαλίσουν την ταχεία ανάπτυξη του τομέα παγκοσμίως. Για παράδειγμα, η ηλιακή και η αιολική ενέργεια πριν την πανδημία, βρισκόταν σε καλό επίπεδο ανταγωνισμού ενάντια στα ορυκτά καύσιμα, όσον αφορά το κόστος. [Olabi et al, 2022]

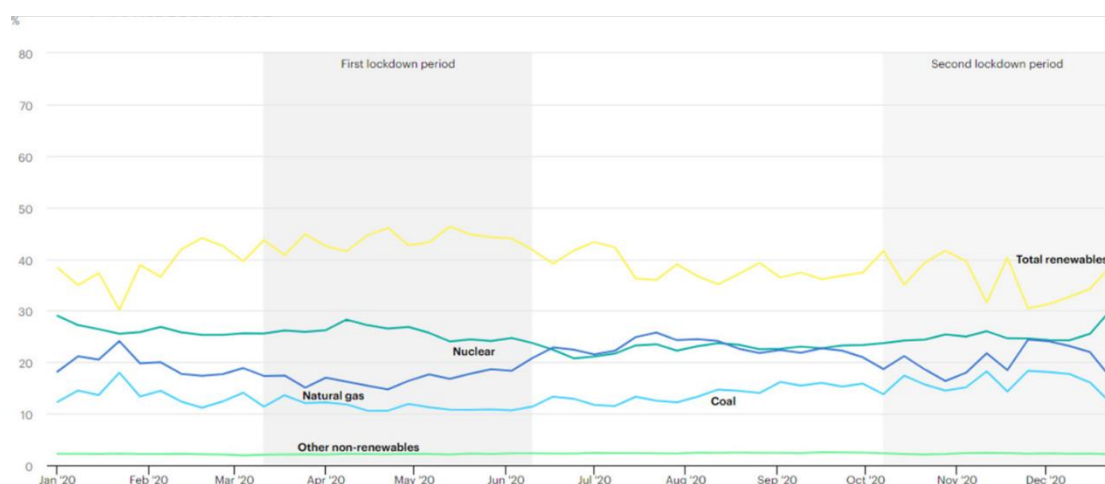
Στα τέλη του 2020, η παγκόσμια χρήση ΑΠΕ ήταν σχεδόν 2800 GW, δηλαδή 1200 GW αύξηση σε σχέση με τις τιμές που καταγράφηκαν το 2015. Ωστόσο, έχει αποδειχθεί πως πάνω από το 70% της αύξησης της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας το 2019 συνέβη εξαιτίας της ανάπτυξης των ΑΠΕ. Η ανάπτυξη της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας σημειώθηκε στα 60 και 90 GW αντίστοιχα. Οι δύο αυτές ΑΠΕ είναι υπεύθυνες για το 90% των επιπρόσθετων ΑΠΕ που σημειώθηκαν το 2019. Οι χώρες με τις μεγαλύτερες εγκαταστάσεις ΑΠΕ το 2019 ήταν το Ηνωμένο Βασίλειο, η Ισπανία, η Κίνα, η Ινδία αλλά και οι ΗΠΑ. Σήμερα, οι περισσότερες από αυτές έχουν

εξαναγκαστεί να κόψουν τις χρηματοδοτήσεις στις ΑΠΕ και να τις ανακατευθύνουν σε άλλους τομείς όπως η ιατρική και κοινωνική υποστήριξη, που χρήζουν ανάγκης. [Olabi et al, 2022]

Τον Φεβρουάριο του 2020, τα έργα της Ευρώπης που αφορούν αιολική ενέργεια υπέστησαν δυσκολίες, καθώς τα υλικά για τέτοια έργα διακόπηκαν λόγω της πανδημίας. Η βιομηχανία της αιολικής ενέργειας επανέρχεται σταδιακά μετά την κρίση και σήμερα οι περισσότερες επιχειρήσεις που κατασκευάζουν υλικά για έργα αιολικής ενέργειας παραμένουν ενεργά. Το μερίδιο των ΑΠΕ αυξήθηκε 41% από τον Ιανουάριο μέχρι τον Μάρτιο, ποσοστό μεγαλύτερο από αυτό του 2019. Η Γερμανία, η Δανία και η Ιρλανδία κατάφεραν να παράξουν το 50% της συνολικής τους ενέργειας από αιολικές πηγές ενέργειας. Για τις περισσότερες χώρες παγκοσμίως, ισχύει πως το ενεργειακό μίγμα μετακίνησε προς τις ΑΠΕ λόγω της χαμηλής ζήτησης ηλεκτρικής ενέργειας, του χαμηλότερου κόστους λειτουργίας και της πρόσβασης στο δίκτυο με προτεραιότητα μέσω νομοθεσιών. Στην πλειοψηφία των χωρών, η ζήτηση ηλεκτρισμού επανήλθε στα αρχικά επίπεδα πριν το lockdown του 2020. [Olabi et al, 2022]

Όσον αφορά την Ευρωπαϊκή Ένωση, η μείωση της ενεργειακής ζήτησης, αλλά και η αύξηση στη ζήτηση ενέργειας συγκεκριμένα από ΑΠΕ, προκάλεσαν κατακόρυφη πτώση της ενέργειας που χρησιμοποιήθηκε από μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Από τον Φεβρουάριο έως τον Ιούλιο του 2020, η παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ ανέβηκε σε σύγκριση με την παραγωγή ενέργειας από ορυκτά. Το σενάριο αυτό άλλαξε εξαιτίας της χαμηλής παραγωγής αιολικής ενέργειας. Η ενέργεια που συγκεντρώθηκε από φυσικό αέριο, γνώρισε επίσης απότομη αύξηση εξαιτίας των χαμηλών τιμών. Στο διάστημα από Ιανουάριο έως Αύγουστο του 2020, η παραγωγή πυρηνικής ενέργειας μειώθηκε, ενώ μετά τον Σεπτέμβριο σημείωσε οριακή αύξηση. Η παραγωγή από άνθρακα έπεσε παρομοίως κατά το ίδιο χρονικό διάστημα αλλά αυξήθηκε συναρτήσει της ζήτησης. Παρ' όλα αυτά, όπως φαίνεται στο σχήμα 10, κατά το τρίτο τέταρτο του 2020 υπήρξαν σποραδικές αυξήσεις στην παραγωγή ΑΠΕ. [Olabi et al, 2022]

Σχήμα 10. Ενεργειακό μίγμα στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2020.



### 3.6 Εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας

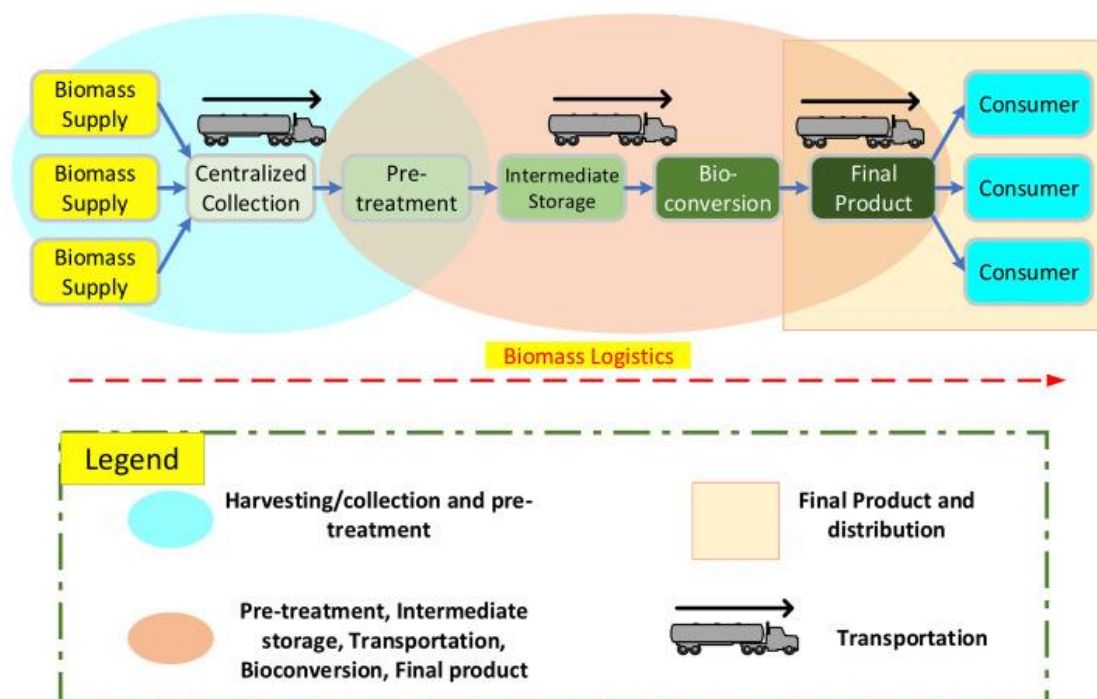
Τυπικά, μία αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας αποτελείται από:

- Το δίκτυο εφοδιαστικής αλυσίδας που περιλαμβάνει τον χειρισμό της βιομάζας, τις προδιεργασίες και την μετακίνηση των υλικών από τις πηγές της βιομάζας στα βιοδιυλιστήρια
- Την παραγωγή βιοκαυσίμων στα βιοδιυλιστήρια
- Τη διανομή των προϊόντων στους καταναλωτές

Επομένως, η διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας παίζει σπουδαίο ρόλο στη διαχείριση βιοενέργειας και των παραγωγικών διαδικασιών βιολογικών προϊόντων. Πολλοί κίνδυνοι που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη αλυσίδα δεν συναντώνται στα προϊόντα των παραδοσιακών αλυσίδων εφοδιασμού, όπως για παράδειγμα η αβεβαιότητα της διαθεσιμότητας, οι διακυμάνσεις στη φυσική και χημική σύνθεση, η περιορισμένη διάθεση λόγω καιρού και εποχής, η γεωγραφική διανομή των πρώτων υλών και τα τοπικά συστήματα μεταφοράς. [Sajid, 2021]

Όλα τα στάδια της εφοδιαστικής αλυσίδας της βιομάζας είναι αλληλένδετα και αλληλεξαρτώμενα. Επομένως, δεν υπάρχουν διακριτά όρια μεταξύ τους. Η προμήθεια βιομάζας είναι το πρώτο και κύριο σημείο για την παραγωγή βιοκαυσίμων. [Sajid, 2021]

Σχήμα 11. Η εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας.



Οι αλυσίδες εφοδιασμού και η παραγωγή στον ενεργειακό τομέα δέχτηκαν διακοπές ως απόρροια των μέτρων κατά της πανδημίας, όπως η μείωση στη ζήτηση ορισμένων αγαθών και υπηρεσιών και η μείωση τιμών τους.

Οι παγκόσμιες εφοδιαστικές αλυσίδες επιβίωσαν από ιστορικά γεγονότα και γενικά έχουν δείξει μεγάλο βαθμό ανθεκτικότητας [Kulisic et al, 2021]. Πριν οριστεί όμως ο Covid-19 ως πανδημία από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας τον Μάρτιο του 2020, ένα άρθρο δημοσιευμένο στο περιοδικό Fortune τον Φεβρουάριο του 2020 ανέφερε πως η πανδημία προκάλεσε στο 94% των 1000 εταιριών της Fortune, διακοπές στις εφοδιαστικές τους αλυσίδες. Επιπλέον, η πανδημία επηρέασε την εφοδιαστική αλυσίδα σε όλο το μήκος της ταυτόχρονα. Για παράδειγμα, οδήγησε σε αύξηση ζήτησης βασικών αγαθών όπως είναι οι κονσέρβες και τα είδη υγιεινής και προστασίας κατά του κορωνοϊού, ενώ την ίδια στιγμή η χωρητικότητα ζωτικών κλάδων όπως η παραγωγή, οι μεταφορές και ο εφοδιασμός, έπεσε δραματικά. Αυτό οφείλεται στο κλείσιμο των συνόρων, στη μείωση των εργαζομένων, στις διακοπές στην κίνηση των οχημάτων σε διεθνές επίπεδο, στο social distancing στις



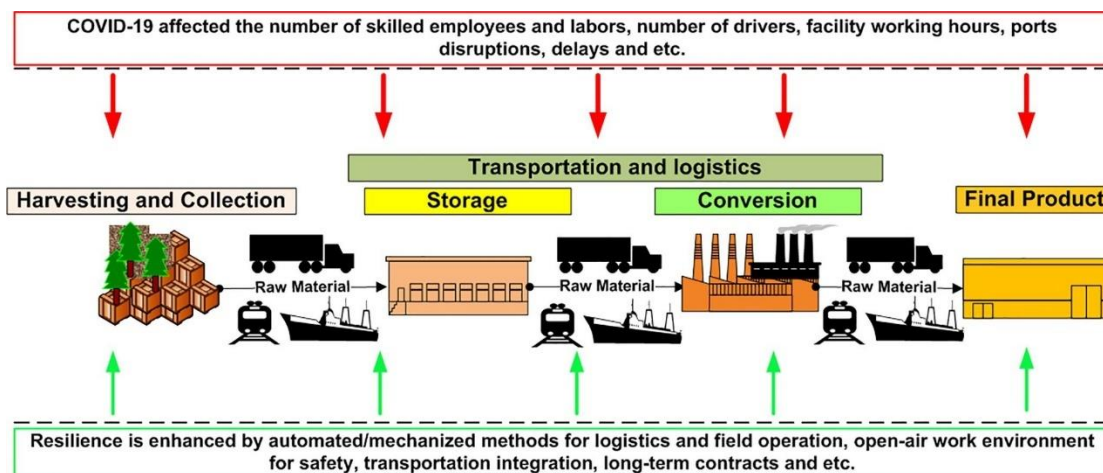
εργοστασιακές υποδομές κ.α. Δεδομένων των παραπάνω, Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου κατέγραψε μείωση 13-32% μείωση στο διεθνές εμπόριο του 2020 εξαιτίας της πανδημίας. [Sajid, 2021]

Η εφοδιαστική αλυσίδα της βιομάζας θα επηρεαστεί αναπόφευκτα με τη συνέχιση του lockdown, εξαιτίας των επιπτώσεων στην ομαλή ροή της κατεργασίας πρώτων υλών βιομάζας. Για παράδειγμα, στην περίπτωση του φοινικέλαιου, λόγω της μεγάλης εξάρτησης της εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας φοινικέλαιου στις ακατέργαστες πρώτες ύλες μικρότερης αξίας (π.χ. δασικά υπολείμματα), οι εφοδιαστικές αλυσίδες βιοκαυσίμων θα “δουν” πως τα προϊόντα υψηλής αξίας ρέουν συνεχώς και κυρίως προς τα εργοστάσια ξυλείας και άλλες κατεργασίες. Από τη στιγμή που έκλεισαν ή μειώθηκαν οι πιο σημαντικές υποδομές παραγωγής, επιπτώσεις γίνονται αντιληπτές στην διαδικασία εφοδιασμού. Οι μέτοχοι της βιομηχανίας της βιομάζας επικεντρώνονται στην αύξηση της ευελιξίας και της αποδοτικότητας της αλυσίδας εφοδιασμού τους. Επομένως, πειραματίζονται με απρόσμενες συνεργασίες πελατών, προμηθευτών, ακόμα και ανταγωνιστών σε διαφορετικές περιοχές και τομείς, ώστε να βελτιωθεί η βιωσιμότητα στις αλυσίδες εφοδιασμού. [Zahraee et al, 2022]

Η εμφάνιση του κορονοϊού, επηρέασε τις οικονομικές, περιβαλλοντολογικές και κοινωνικές συνθήκες που αφορούν την εφοδιαστική αλυσίδα της βιομάζας. Επιπρόσθετα, επηρέασε την παραγωγή, μεταφορά και χρήση της αγροτικής βιοενέργειας, αφού παρατηρήθηκε μείωση των εργαζομένων και διακοπές στις βιομηχανικές διαδικασίες βιομάζας ξύλου. Προκειμένου να αντιμετωπιστούν μελλοντικές δοκιμασίες, οι βιομηχανίες που σχετίζονται με τη βιομάζα, θα πρέπει να σφυρηλατήσουν τις εφοδιαστικές τους αλυσίδες. Τα μεγάλα ονόματα στον τομέα της βιομάζας θα πρέπει να απαντούν άμεσα και αποφασιστικά στην κρίση και να διατηρούν μικρά τακτικά και βραχυπρόθεσμα πλάνα για τη μείωση του ρίσκου της ανθρώπινης υγείας αλλά και τη διατήρησης της παγκόσμιας εφοδιαστικής αλυσίδας σε λειτουργικό επίπεδο. Για το σκοπό αυτό, μπορούν να αξιοποιηθούν τα οφέλη των data analytics για την κατανόηση της συνθήκης, την πρόβλεψη πιθανών δοκιμασιών και την ανάπτυξη άμεσων και αποδοτικών λύσεων. Στο σχήμα 12 συνοψίζονται οι

επιπτώσεις του κορονοϊού, οι δραστηριότητες της εφοδιαστικής αλυσίδας εφοδιασμού και τα σχέδια δράσης. [Zahraee et al, 2022]

Σχήμα 12. Εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας vs. επιπτώσεις κορονοϊού και σχέδια ανθεκτικότητας.



### 3.8.1 Εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας ξύλου

Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε για το διάστημα 29 Απριλίου 2020 - 14 Μαΐου 2020, ερευνητές συγκέντρωσαν δεδομένα για τις επιπτώσεις του κορονοϊού σε τρέχον και μακροπρόθεσμο επίπεδο, σχετικά με την παγκόσμια αλυσίδα εφοδιασμού βιομάζας ξύλου. Κατά τη διάρκεια του κορονοϊού, σημειώθηκαν αρνητικές επιπτώσεις από το 58% των παραγωγών ξύλου πέλετ, και εν τέλει το 33% κατέληξε όντως σε μειωμένη παραγωγή. Οι περισσότεροι παραγωγοί ήρθαν αντιμέτωποι με μειωμένη διαθεσιμότητα υπολειμμάτων κατεργασίας ξυλείας. Σύμφωνα με στοιχεία που αφορούν τον εφοδιασμό πρώτων υλών στην Ευρώπη, το 33% των επιχειρήσεων επηρεάστηκαν αρνητικά από τον κορονοϊό, αλλά όχι από την μειωμένη διαθεσιμότητα υπολειμμάτων ξυλείας. Όσον αφορά στην βόρεια Αμερική και την Ασία, δεν επλήγησαν όλοι οι συμμετέχοντες στην έρευνα. Κάποιες χώρες όπως η Μαλαισία και η Ινδονησία στην Ασία, και οι ΗΠΑ στην Βόρεια Αμερική επηρεάστηκαν σημαντικά. Μέσα από την έρευνα, διαπιστώθηκε επίσης μείωση της ζήτησης του τελικού καταναλωτή, μη επηρεασμένη από την εποχιακή διακύμανση. Η μειωμένη ζήτηση έπληξε το 73% όσων επηρεάστηκαν αρνητικά από την πανδημία. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα, αναμένουν αύξηση στις πρώτες ύλες, ιδίως σε συνθήκες

δύσκολης προμήθειας υπολειμμάτων ξύλου. Ωστόσο, το 68% των παραγωγών περιμένει η αύξηση αυτή να μην υπερβαίνει το 10%. Έτσι, πολλοί παραγωγοί χρησιμοποίησαν τσιπς ξύλου και άλλες ίνες, ώστε να διαφυλάξουν τα υπολείμματα ξύλου από μηχανήματα κοπής μέσα στο 2020. [Wright, 2020]

Σε πολλές χώρες, ορίστηκαν μέτρα ώστε να διατηρήσουν τη βιομηχανία βιομάζας ξύλου λειτουργική κατά την πανδημία. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, για παράδειγμα, οι βιομηχανίες βιομάζας ξύλου ζήτησαν από την κυβέρνηση να ανοίξει πλήρως την εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας. Έτσι, θα διασφαλιστεί πως οι προμηθευτές θα μπορούν να παραδώσουν την απαιτούμενη ποσότητα ώστε οι τελικοί καταναλωτές και οι μεγάλες επιχειρήσεις, οι οποίες ήδη έχουν πληγεί από την πανδημία, να έχουν θέρμανση. Πολλές κοινωνικές εγκαταστάσεις, εργοστάσια φαγητού και νοσοκομεία, βασίζονται κυρίως στα καύσιμα βιομάζας ξύλου για ζεστό νερό και θέρμανση. Λαμβάνοντας υπόψιν αυτό, ζητήθηκε στους δημάρχους του Ηνωμένου Βασιλείου πως οι εισαγωγές πέλετ και οι μεταφορές με καύσιμα βιομάζας θα παραμείνουν ανοιχτά. Έτσι, η καμπάνια με όνομα Biomass Heat Works, εξέδωσε ένα επείγον αίτημα στο «Department for Trade, Energy and Industrial Strategy» (BEIS), στο «Department for International Trade» (DIT) και στο «Department for Transport» (DfT) ώστε να εξασφαλίσει πως οι πηγές καυσίμου θα παραμείνουν ανοιχτές. [Biomass Heat Works, 2020]

### 3.7 Επιπτώσεις της πανδημίας του κορονοϊού στον τομέα της βιοενέργειας

Ο κορονοϊός (Covid-19) ευθύνεται για μία από τις μεγαλύτερες παγκόσμιες κρίσεις των τελευταίων γενεών, επιδρώντας αρνητικά σε συστήματα υγείας, οικονομίες και κοινωνίες σε όλο τον κόσμο. Μέσα σε διάστημα λίγων μηνών, 10 εκατομμύρια άνθρωποι νόσησαν, ενώ σημειώθηκαν πάνω από 500.000 θάνατοι παγκοσμίως. Προκειμένου να ταχθεί υπό έλεγχο η πανδημία, οι κυβερνήσεις επέβαλαν αυστηρά μέτρα, όπως lockdown, περιορισμούς σε τοπικά ή διεθνή ταξίδια και social distancing. [International Energy Agency, 2022]

Από την κρίση της πανδημίας αυτής, έχει επηρεαστεί σημαντικά και ο ενεργειακός τομέας, με τις μετακινήσεις, το εμπόριο και την οικονομική δραστηριότητα να παρουσιάζουν βραδύτερους ρυθμούς. Η τελευταία ανάλυση του International Energy Agency (Διεθνής Οργανισμός Ενέργειας), που δημοσιεύτηκε στο Global Energy Review 2020, δείχνει πως οι χώρες με ολικό lockdown σημειώνουν μία μέση μείωση 25% στην ενεργειακή ζήτηση ανά εβδομάδα και οι χώρες με μερικό lockdown μία μέση μείωση 18%. [International Energy Agency, 2022]

Οι ενδείξεις της πανδημίας για τα ενεργειακά συστήματα και τη μετάβαση σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ακόμα εξελίσσονται. Παρ' όλα αυτά, τρεις τομείς είναι αυτοί που ξεχωρίζουν: η ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού, η ανθεκτικότητα των ενεργειακών συστημάτων και η μετάβαση σε καθαρή ενέργεια ως επίκεντρο της οικονομικής ανάρρωσης από την πανδημία.

Ο τομέας της βιοενέργειας δεν αποτελεί εξαίρεση. Η πανδημία έχει προκαλέσει σημαντικές επιπτώσεις και εκεί. [International Energy Agency, 2022]

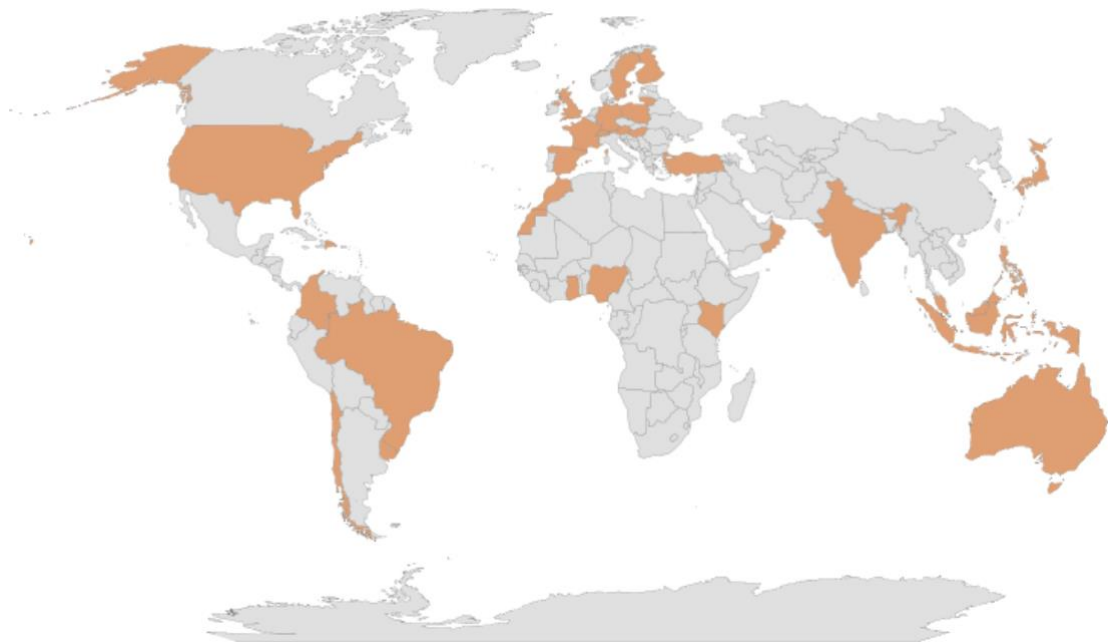
Η Παγκόσμια Ένωση Βιοενέργειας (World Energy Association – WBA) πραγματοποίησε μία έρευνα τον Μάιο του 2020 με τίτλο 'COVID-19 and impact on the global bioenergy sector', στην οποία κάποια ενδιαφερόμενα μέρη του τομέα της βιοενέργειας κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις σχετικά με τις επιπτώσεις της πανδημίας στις επενδύσεις, την παραγωγή, τις θέσεις εργασίας και τα κέρδη στον τομέα αυτόν. Οι απαντήσεις δόθηκαν σε ένα χρονικό πλαίσιο τριών εβδομάδων (05/05/2020 – 26/05/2020).

Σκοπός της έρευνας ήταν η κατανόηση των επιπτώσεων της πανδημίας και του lockdown στην κοινότητα της βιοενέργειας, καθώς και η ανάπτυξη συμβουλών και προτάσεων από την κοινότητα προς τους υπεύθυνους για την υιοθέτηση πολιτικών μέτρων. Η πλειοψηφία των συμμετεχόντων ήταν παραγωγοί κατεργασμένης στερεής βιομάζας (pellets, wood chips κλπ), ενέργειας (ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα), υγρής βιοαιθανόλης, βιοντίζελ, βιοαερίου και εξοπλισμού βιοενέργειας (boilers, pellet mills κλπ). [World Bioenergy Association, 2020]

#### **Γεωγραφική απεικόνιση:**

Το μεγάλο γεωγραφικό φάσμα των συμμετεχόντων υποδηλώνει το μέγεθος των επιπτώσεων της πανδημίας. Απαντήσεις δόθηκαν από έξι ηπείρους και πάνω από 30 χώρες: Ινδία, Κένυα, Αυστρία, Σουηδία, Ουρουγουάη, Μαλαισία, Ινδονησία, Αυστραλία, Γαλλία, Λιθουανία, Βραζιλία, Πολωνία, ΗΠΑ, Μαρόκο, Γερμανία, Ομάν, Φιλιππίνες, Ιαπωνία, Γκάνα, Τουρκία, Ηνωμένο Βασίλειο, Ουγγαρία, Νιγηρία, Κολομβία, Φινλανδία, Χιλή, Ελβετία, Ισπανία, Δομινικανή Δημοκρατία και Σιέρα Λεόνε. [World Bioenergy Association, 2020]

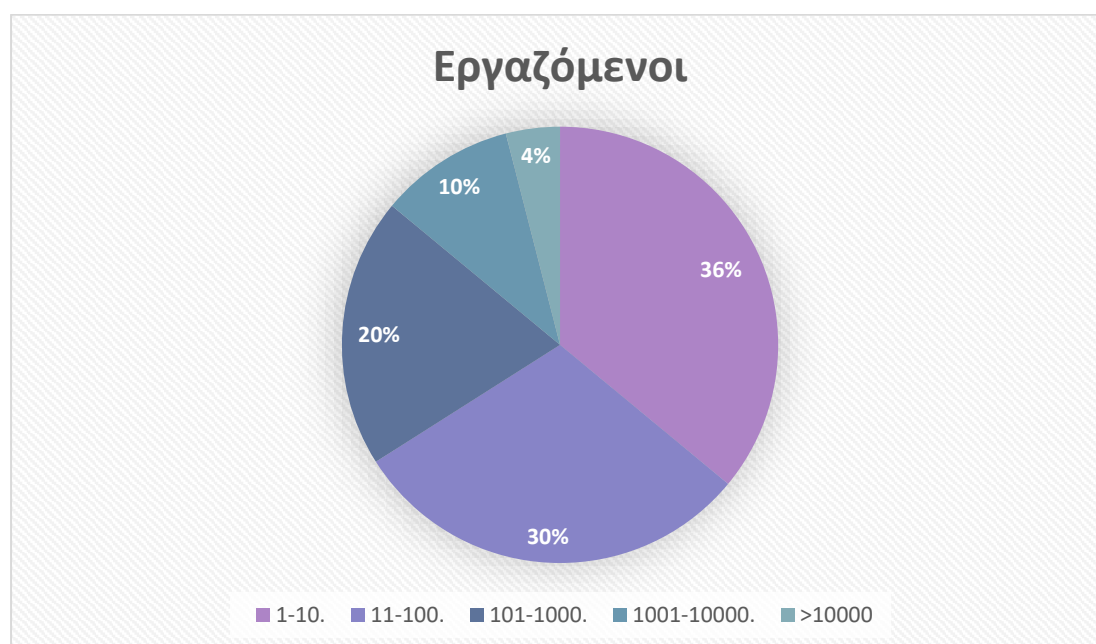
Σχήμα 13. Γεωγραφική αναπαράσταση κάλυψης των συμμετεχόντων.



#### **Αριθμός εργαζομένων των επιχειρήσεων:**

Ο τομέας της βιοενέργειας αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους εργοδότες παγκοσμίως με πάνω από τρία εκατομμύρια ανθρώπους να εργάζονται σε αυτόν σε όλο το μήκος της εφοδιαστικής αλυσίδας. Το 65% της έρευνας αφορά μικρές έως μεσαίες επιχειρήσεις (με 1-100 εργαζόμενους), ενώ λιγότερο από το 15% επρόκειτο για επιχειρήσεις με περισσότερους από 1000 εργαζομένους. [World Bioenergy Association, 2020]

Σχήμα 14. Αριθμός εργαζομένων των επιχειρήσεων των συμμετεχόντων.



### 3.6.1 Επιπτώσεις στις επιχειρήσεις:

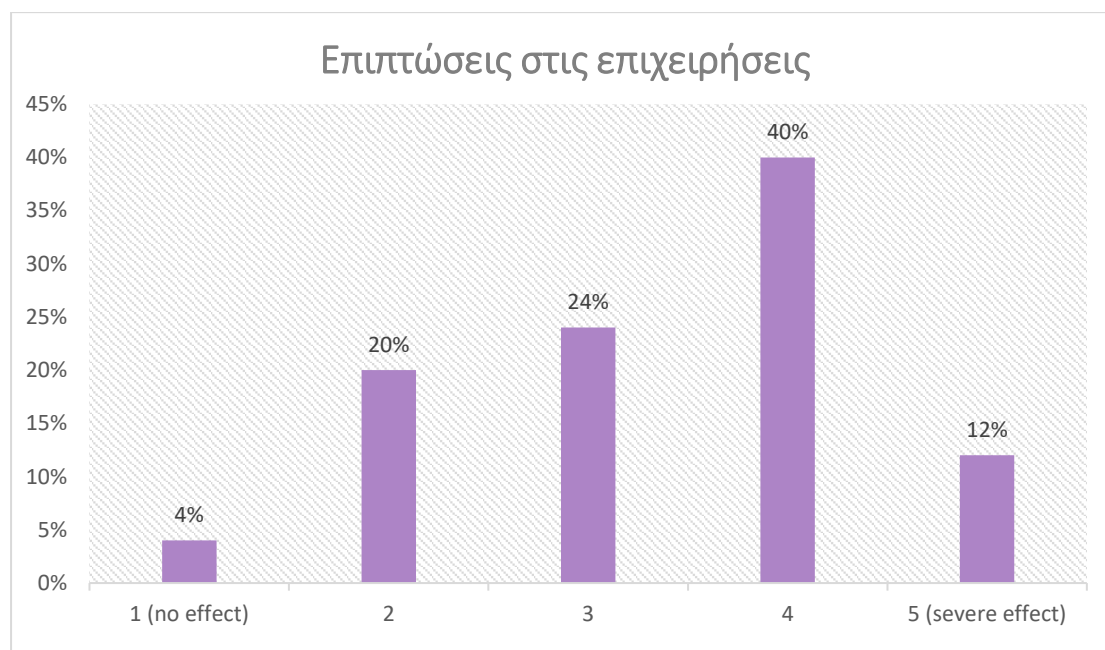
Γενικά, το 52% των συμμετεχόντων ανέφεραν μέτριες έως σημαντικές επιπτώσεις της πανδημίας στον τομέα των επιχειρήσεων βιοενέργειας, ενώ το 12% κατέδειξε σημαντικές επιπτώσεις.

Τα μεγαλύτερα προβλήματα που αντιμετώπισαν οι συμμετέχοντες ήταν απόρροια των μέτρων αντιμετώπισης της εξάπλωσης του ιού Covid – 19, όπως τα lockdown και το social distancing που περιόρισε σημαντικά τις κινήσεις τόσο των ανθρώπων, όσο και των αγαθών σε όλο τον κόσμο. [World Bioenergy Association, 2020]

Σημαντική επίπτωση δημιούργησαν και οι χαμηλές τιμές πετρελαίου, καθώς οι παραγωγοί βιοκαυσίμων σε περιοχές χωρίς πολιτικές αναγκαστικής χρήσης βιοκαυσίμων δυσκολεύτηκαν να ανταγωνιστούν τη βενζίνη και το ντίζελ. Οι συμμετέχοντες στην έρευνα τόνισαν επίσης και την απουσία στήριξης στον τομέα της βιοενέργειας σε ορισμένες χώρες, πράγμα το οποίο προκάλεσε ζημίες στις επιχειρήσεις τους σε περιόδους κρίσης.

Από την άλλη μεριά, λίγοι ήταν εκείνοι (<5%) που ανέφεραν μηδενική επίδραση στις επιχειρήσεις τους. Εκτός αυτού, επισήμαναν πως παρόλο που η πανδημία περιόρισε σημαντικά την κυκλοφορία και πάγωσαν οι επενδύσεις, αναμένουν βελτίωση των συνθηκών για την κοινότητα της βιοενέργειας σύντομα. [World Bioenergy Association, 2020]

Σχήμα 15. Επιπτώσεις της πανδημίας στις επιχειρήσεις (συνολικά).



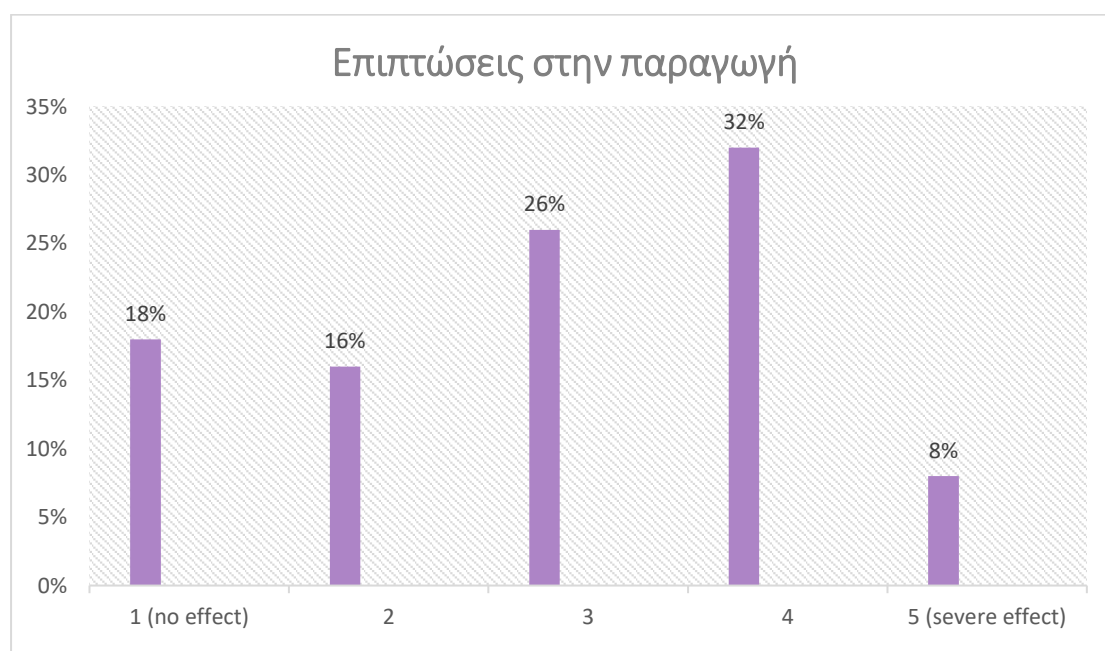
### 3.6.2 Παραγωγή βιοκαυσίμων και εξοπλισμού:

Σχετικά με τους παραγωγούς βιοκαυσίμων και εξοπλισμού βιοενέργειας, η έρευνα έδειξε πως πάνω από το 40% που συμμετείχαν υπέδειξαν μεσαία προς μεγάλη μείωση στην παραγωγή τους. Η χαμηλή τιμή πετρελαίου και η μείωση στα καύσιμα μεταφοράς επιδείνωσε τη θέση των παραγωγών υγρών βιοκαυσίμων όσον αφορά τον ανταγωνισμό με τη βενζίνη και το ντίζελ. Για τους παραγωγούς εξοπλισμού βιοενέργειας από την άλλη, το πρόβλημα εντοπίστηκε στην διακοπή της ανάπτυξης των τεχνολογιών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας λόγω μέτρων lockdown, αλλά και σε

δυσκολίες στη μεταφορά και εγκατάσταση εξοπλισμού. [World Bioenergy Association, 2020]

Μεγάλη ανησυχία προκαλεί και η έλλειψη διαθεσιμότητας ανθρώπινων πόρων εξαιτίας των μέτρων περιορισμού μετακίνησης ανθρώπων και αγαθών. Για παράδειγμα, οι παραγωγοί βιοαερίου αντιμετωπίζουν μεγάλο πρόβλημα με το γεγονός ότι δεν είναι δυνατή η εργασία στις μονάδες βιοαερίου λόγω των αυστηρών μέτρων social distancing. Η αναβολή των νέων έργων επηρεάζει αρνητικά τους παραγωγούς βιοαερίου και εξοπλισμού βιοενέργειας σε όλο τον κόσμο. Το 16% των συμμετεχόντων ωστόσο, δήλωσε πως δεν έχει σημειωθεί κάποια αλλαγή ή ακόμα έχει υπάρξει και αύξηση στην παραγωγή εξαιτίας των μακροπρόθεσμων συμφωνιών μεταξύ παραγωγού και αγοραστών (π.χ. παραγωγοί βιομηχανικού pellet) και των ισχυρών εφοδιαστικών αλυσίδων που μπορούν να διαχειριστούν μία τέτοια παγκόσμια κρίση στο ενεργειακό σύστημα. Παρ' όλα αυτά, αν η κατάσταση επιδεινωθεί, θα υποστούν κρίση και οι υπόλοιποι τομείς. [World Bioenergy Association, 2020]

Σχήμα 16. Επιπτώσεις της πανδημίας στην παραγωγή βιοκαυσίμων και εξοπλισμού βιοενέργειας.

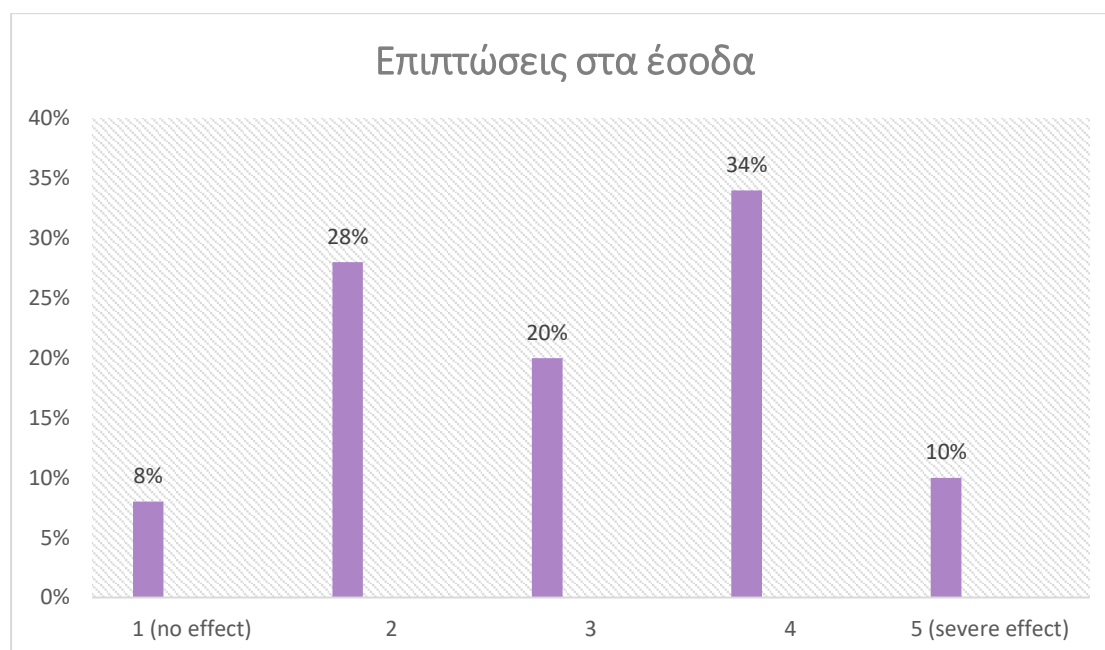




### 3.6.3 Χρηματοροές/έσοδα:

Στον τομέα των οικονομικών, το 44% των συμμετεχόντων επισήμαναν πως είχαν ή θα έχουν σημαντική μείωση στα έσοδά τους ή κάποια δυσμενή κατάσταση όσον αφορά τις χρηματοροές της επιχείρησής τους. Για αυτό ευθύνεται κυρίως ο δύσκολος ανταγωνισμός με τις χαμηλές τιμές πετρελαίου και η μειωμένη ζήτηση στα καύσιμα μεταφοράς. Παράλληλα, οι πληρωμές από πελάτες έχουν παγώσει και εγείρονται ανησυχίες σχετικά με τη χρηματοοικονομική μόχλευση για μελλοντικά έργα. Τέλος, το ποσοστό το οποίο δεν ανέφερε αλλαγές στις χρηματοροές της επιχείρησής του ανήλθε σε 8%, τονίζοντας μάλιστα ακόμα και αύξηση εσόδων. Υπογράμμισαν πως τυχόν δυσκολίες στο άμεσο μέλλον θα μειωθούν αργότερα μέσα στο ίδιο έτος, καθώς οι κυβερνήσεις κάνουν το καλύτερο που μπορούν για την προώθηση ισχυρών εφοδιαστικών αλυσίδων όπως είναι ο τομέας της βιοενέργειας. [World Bioenergy Association, 2020]

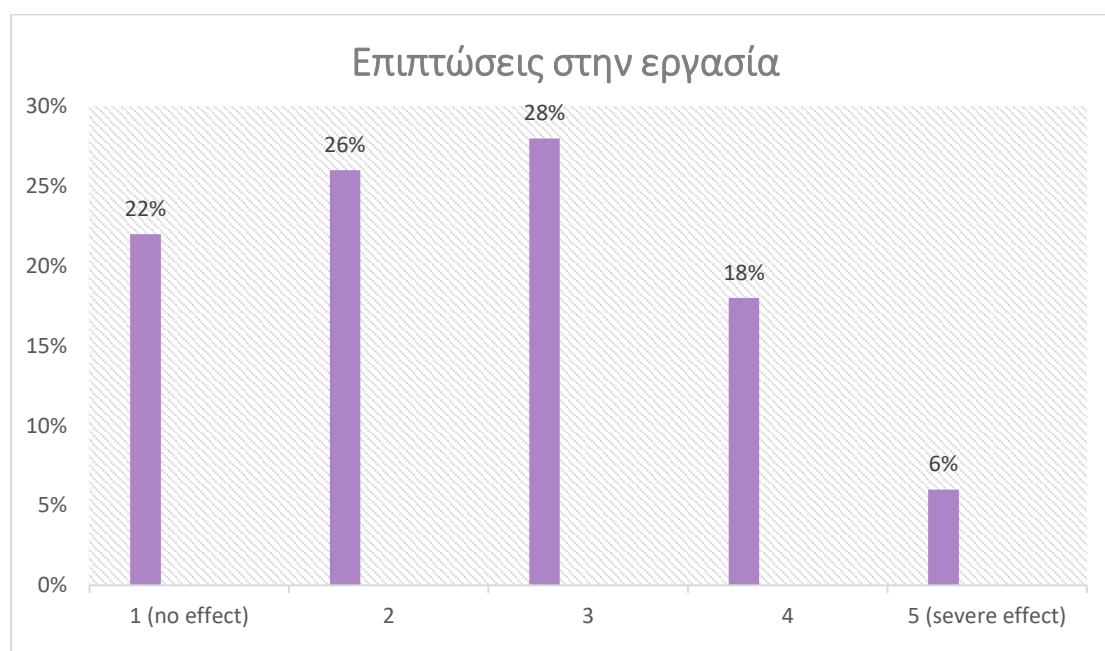
Σχήμα 17. Επιπτώσεις της πανδημίας στις χρηματοροές/έσοδα.



### 3.6.4 Θέσεις εργασίας:

Σε σύγκριση με τους τομείς των επενδύσεων/χρηματοροών και της παραγωγής βιοκαυσίμων, ο τομέας της εργασίας επηρεάστηκε λιγότερο από την πανδημία. Το 22% δήλωσε πως δεν θα υπάρξουν απολύσεις ή πιθανότητες πρόσληψης σε νέες θέσεις, θεωρώντας πως η κατάσταση θα καλυτερεύσει σύντομα. Το 6% αντιθέτως, δήλωσε πως θα υπάρξει σημαντικός κίνδυνος απολύσεων στον τομέα. [World Bioenergy Association, 2020]

Σχήμα 18. Επιπτώσεις της πανδημίας στην εργασία.

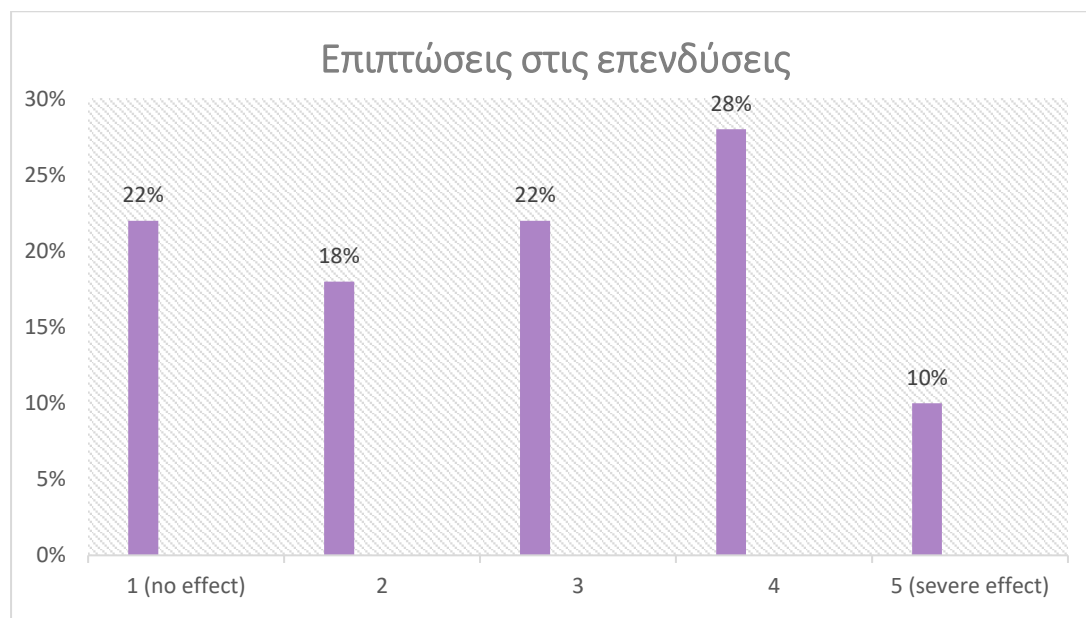


### 3.6.5 Επενδύσεις:

Στο κομμάτι των επενδύσεων στη βιοενέργεια, πάνω από το 38% των συμμετεχόντων υπέδειξαν μείωση ή ακόμα και διακοπή των νέων επενδύσεων. Η λήψη αποφάσεων επίσης, σχετικά με τις νέες επενδύσεις καθυστερεί εξαιτίας της αβεβαιότητας. Το 22% πιστεύει πως ίσως δεν υπάρξουν αλλαγές ή καινούριες επενδύσεις, καθώς οι

κυβερνήσεις αυξάνουν και ισχυροποιούν τις πολιτικές με αφορμή τον κορονοϊό.  
[World Bioenergy Association, 2020]

Σχήμα 19. Επιπτώσεις της πανδημίας στις επενδύσεις βιοενέργειας.

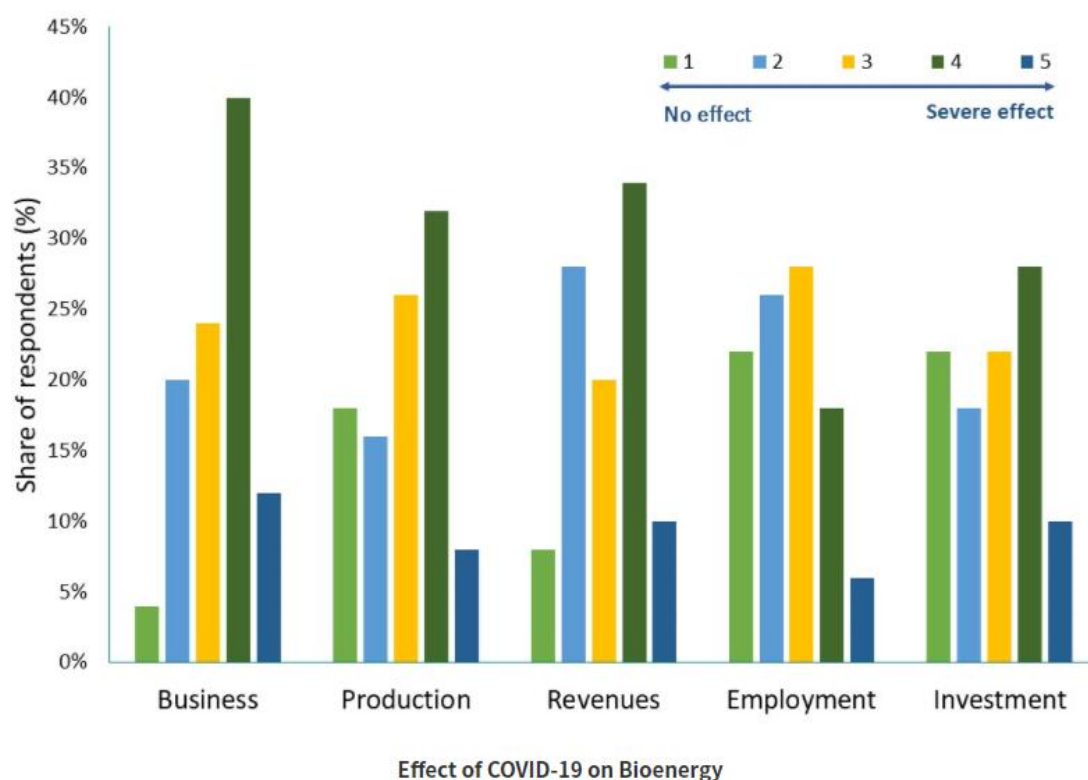


**Περίληπτικά**, ο τομέας που έχει πληγεί περισσότερο είναι αυτός των υγρών βιοκαυσίμων. Γενικά τα βιοκαύσιμα δυσκολεύονται σημαντικά να ανταγωνιστούν τα συμβατικά ορυκτά καύσιμα, εξαιτίας της χαμηλής τιμής πετρελαίου. Παρόλο που κάποιοι από τους παραγωγούς έχουν προσαρμοστεί με την παραγωγή να ανακατευθύνεται σε απαραίτητα αγαθά (π.χ. αντισηπτικά), η κατακόρυφη πτώση στη ζήτηση των καυσίμων μεταφορών παγκοσμίως δυσχεραίνει του παραγωγούς οδηγώντας σε κλείσιμο μονάδων και μειωμένο όγκο παραγωγής. [Kumthamruu and Rakos, 2020]

Από την άλλη πλευρά, ο τομέας της στερεάς βιομάζας έχει παρουσιάσει ανθεκτικότητα. Οι περισσότεροι παραγωγοί στερεών βιοκαυσίμων (π.χ. pellets), δεν έχουν δει σημαντική αλλαγή στην παραγωγή, καθώς δεν υπήρξαν σημαντικοί περιορισμοί στην παροχή των απαραίτητων ενεργειακών αγαθών. Επίσης, επωφελήθηκαν από τις μακροχρόνιες συμφωνίες με αγοραστές. Μία μεγάλη δοκιμασία για τον τομέα αυτόν, αποτελεί η προμήθεια πρώτων υλών καθώς το μεγαλύτερο μέρος της βιομηχανίας βασίζεται στη συγκομιδή δασών και τη διεργασία

υπολειμμάτων, που έχουν πληγεί από τοπικές και διεθνείς περιορισμούς. Οι παραγωγοί θερμότητας και ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα και βιοαέριο έχουν επιδείξει επίσης ανθεκτικότητα και ομαλή συνέχιση παραγωγής εξαιτίας του πλεονεκτήματος της βιοενέργειας να παρέχει on demand ενέργεια από ΑΠΕ στους τελικούς καταναλωτές. [Kumramuru and Rakos, 2020]

Σχήμα 20. Επιπτώσεις της πανδημίας ανά τομέα.



### 3.8 Βραχυπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις

Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω, η πανδημία μαζί με τα μέτρα καταπολέμησής της, πυροδότησαν τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην κοινότητα της βιοενέργειας.

Οι συμμετέχοντες δήλωσαν πως δεν υπάρχουν νέα στρατηγικά μέτρα σχετικά με τις επενδύσεις καθώς, οι επενδυτές έχουν υιοθετήσει μία «wait and see» προσέγγιση. Η αβεβαιότητα όσον αφορά την εξάπλωση του κορονοϊού και την παράταση των μέτρων αντιμετώπισης επηρεάζουν επομένως, τις επενδυτικές αποφάσεις βραχυπρόθεσμα. [Kumnamuru and Rakos, 2020]

Οι αλυσίδες εφοδιασμού στερεής βιομάζας έχουν παραμείνει ανεπηρέαστες από την πανδημία σε μεγάλο βαθμό, εξαιτίας των μακροπρόθεσμων συμφωνιών παραγωγών – καταναλωτών προϊόντων βιομάζας. Παρ' όλα αυτά, κάποιες περιοχές έχουν σημειώσει διακοπή στις εφοδιαστικές αλυσίδες καθώς και προβλήματα στις εμπορικές διαδικασίες, αφού κάποιες επιχειρήσεις ανήγγειλαν ανωτέρα βία στα συμφωνητικά του εφοδιασμού οδηγώντας σε έλλειψη καυσίμων. [Kumnamuru and Rakos, 2020]

Στις βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις ανήκει και η αδυναμία της βιομάζας να ανταγωνιστεί τόσο τη βενζίνη και το ντίζελ, όσο και το πετρέλαιο θέρμανσης σε κάποιες περιοχές.

Άμεσα επηρεάστηκε τέλος, και η χρηματοροή των συμμετεχόντων με μείωση των εσόδων, καθώς οι πληρωμές πάγωσαν εξαιτίας των καθυστερήσεων εκτέλεσης έργων. Τα τοπικά έργα βιοενέργειας επίσης, μένουν πίσω καθώς δεν θεωρούνται απαραίτητα από τις τοπικές αρχές κατά τη διάρκεια της πανδημίας. [Kumnamuru and Rakos, 2020]

Από την άλλη μεριά, στο μη άμεσο μέλλον, οι επενδύσεις σύμφωνα με τους συμμετέχοντες θα ξαναγυρίσουν στα προ Covid-19 επίπεδα με την χαλάρωση των μέτρων και των περιορισμών. Η ανθεκτικότητα των βιομηχανιών βιοενέργειας και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας άλλωστε, δείχνει πως ο τομέας αυτός μπορεί να αντέξει τεράστιες διακοπές στο παγκόσμιο σύστημα ενέργειας. Οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες αναμένουν δυνατή ανάπτυξη της αγοράς της βιομάζας στο μέλλον. Ωστόσο, κάποιοι δήλωσαν πως μακροπρόθεσμα, οι επενδυτές ίσως είναι πιο συντηρητικοί στις επενδύσεις τους και στρέψουν την προσοχή τους στα απαραίτητα CapEx (Capital Expenditures). [Kumnamuru and Rakos, 2020]

Οι δυσκολίες στον οικονομικό τομέα νέων έργων βιομάζας μπορούν επίσης να ταχθούν στις μακροπρόθεσμες επιπτώσεις. Αν δεν βελτιωθεί η κατάσταση, η απώλεια θέσεων εργασιών θα αποτελέσει σίγουρη επίπτωση.

Τέλος, οι τεράστιες αλλαγές στον τρόπο που αναπτύσσονται και χρησιμοποιούνται τα έργα βιοενέργειας σε όλο τον κόσμο αποτελεί μία ακόμη μακροπρόθεσμη επίπτωση. Υπάρχει πιθανότητα αυξημένης ζήτησης για on-site παραγωγή ενέργειας (π.χ. αποκεντροποιημένη), όπως τα project βιοαερίου.

Αξίζει να σημειωθεί πως, η κυριότερη κοινή επιθυμία ανάμεσα στους συμμετέχοντες ήταν να αναγνωρίσουν οι αρμόδιες αρχές την βιοενέργεια ως απαραίτητο τομέα, να δώσουν κίνητρα για ανάπτυξη του τομέα και να ιδρύσουν δυνατές και σταθερές πολιτικές παγκοσμίως. [Kumtamaru and Rakos, 2020]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΤΑ COVID ΕΠΟΧΗ

### 4.1 Εισαγωγή

Μέχρι τον Ιανουάριο του 2021, η μετάβαση των οικονομιών στην μετα-covid 19 εποχή παραμένει αβέβαιη καθώς η πανδημία παραμένει ακόμη μη ελεγχόμενη. Το λεγόμενο δεύτερο κύμα της πανδημίας έπληξε τις περισσότερες χώρες έως το τέλος του φθινοπώρου του 2020, προκαλώντας έναν νέο κύκλο από lockdown. Δεδομένων των τωρινών αβεβαιοτήτων σχετικά με την αποδοχή και την αποδοτικότητα των προγραμμάτων εμβολιασμού, η πανδημία ενδέχεται να συνεχίσει με νέα κύματα. Κατά συνέπεια, η ανθεκτικότητα των συστημάτων εφοδιασμού ενέργειας, τροφίμων και υλικών βρίσκεται σε μεγάλο ρίσκο και μέτρα μετριασμού των επιπτώσεων συζητούνται ευρέως. Η εμπειρία του κόσμου σε παγκόσμιες κρίσεις (ισπανική γρίπη 1918-1920 και β' παγκόσμιος πόλεμος) υποδεικνύει πως οι κοινωνίες αντιμετωπίζουν αντίστοιχες επιπτώσεις με αξιοσημείωτη δημιουργικότητα, ανάπτυξη καινοτομιών και τεράστιες αλλαγές προς αποφυγή της λιτότητας. Τα μέτρα που επιβάλλονται σήμερα για την επαναφορά των οικονομιών μπορούν να μετατραπούν σε ευκαιρίες ακόμα καλύτερης δόμησης των οικονομικών συστημάτων. Η πανδημία έχει αποκαλύψει κατά κάποιον τρόπο την ανάγκη ανασχεδιασμού των παγκόσμιων συστημάτων με σκοπό την μείωση της ευαλωτότητας και τη δόμηση τοπικών αυτοδυναμιών. Πρόκειται για ζωτικής σημασίας αλλαγή προκειμένου να προετοιμαστεί ο πλανήτης για επερχόμενες κρίσεις στις ροές φαγητού, ενέργειας και άλλων αγαθών, με ταυτόχρονη τοποθέτηση της ευημερίας των πολιτών και του πλανήτη στο επίκεντρο προσοχής. [Galanakis et al, 2022]

Η κυκλική βιο-οικονομία θα αποτελέσει αδιαμφισβήτητα σημαντικό δομικό στοιχείο σε αυτή τη μετάβαση, δεδομένου πως βασίζεται σε μία μίξη τεχνολογικών και κοινωνικών καινοτομιών.

## 4.2 Ο ρόλος της βιομάζας στη πράσινη ανάκαμψη στη μετά-covid 19 εποχή μέσα από την κυκλικής βιο-οικονομίας

Όσο οι χώρες οργανώνουν προγράμματα εμβολιασμού κατά της πανδημίας και μέτρα επανάκαμψης της οικονομίας, οι κοινωνίες πρέπει να σφυρηλατούν την εδραίωση φιλοδοξίας για ένα μέλλον με μηδενικές εκπομπές άνθρακα. Η κατεύθυνση αυτή αναζωπυρώνει την κυκλική βιο-οικονομία και τα αγαθά και υπηρεσίες βιολογικής προέλευσης και τα τοποθετεί στο επίκεντρο των σχετικών στρατηγικών αποφάσεων. Λίγους μήνες προτού ξεσπάσει η πανδημία, η Ευρωπαϊκή Ένωση ανακοίνωσε την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία για μία κλιματικά ουδέτερη οικονομία έως το 2050, κάτι το οποίο προϋποθέτει την αλλαγή του γραμμικού μοντέλου βιο-οικονομίας σε μία κυκλική. Μέσα στο 2020 η Νότια Κορέα, η Ιαπωνία και η Κίνα ανακοίνωσαν παρόμοια πλάνα. [Galanakis et al, 2022]

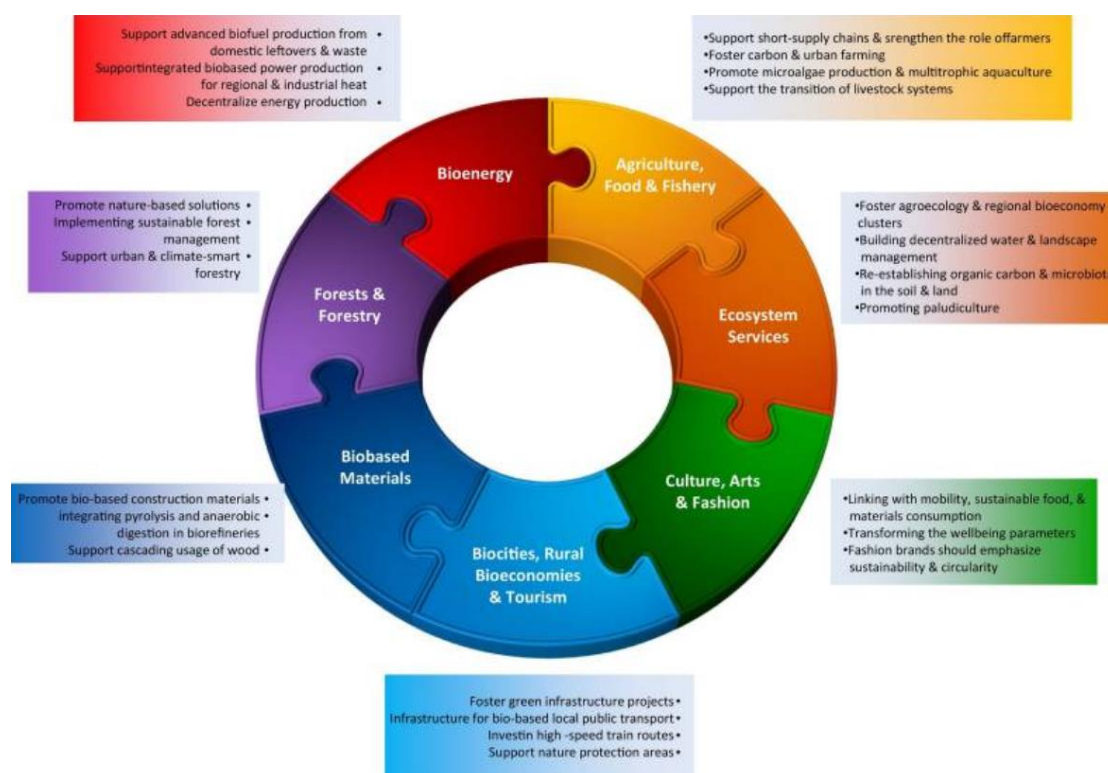
Για την εξασφάλιση μίας γρήγορης και αποδοτικής μετάβασης, οι τρέχουσες δημόσιες και ιδιωτικές επιδοτήσεις θα πρέπει να ενισχυθούν από αυξημένες χρηματοδοτικές πηγές, συνεργασία πολλαπλών ενδιαφερόμενων μερών και συνδυασμό δράσεων. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να πλαισιωθεί στήριξη τοπικών βιο-διυλιστηρίων μικρής κλίμακας ως προτεραιότητα, καθώς συνάδουν με την αγροτική ανάπτυξη και αξιοποιούν ευκαιρίες αποδοτικών αλυσίδων αποπληρωμής. [Fritsche et al, 2021]

Για την επίτευξη μιας αποδοτικής οικονομικής πράσινης ανάκαμψης, τα πλάνα αυτά πρέπει να ευθυγραμμιστούν και με άλλες λύσεις που σέβονται το περιβάλλον, όπως είναι η αγρο-οικολογία, η αναδάσωση και παρεμβάσεις για ανάπτυξη μεθοδολογιών χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Επιπρόσθετα κίνητρα μπορούν να ενισχύσουν τις αγροτικές αλυσίδες αξίας που προωθούν την βιοποικιλότητα και τα βιώσιμα διατροφικά συστήματα. Σε αυτά περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, η ενσωμάτωση της Τεχνητής Νοημοσύνης και της Τεχνολογίας Πληροφοριών και Επικοινωνίας στην παραγωγή, τις κατασκευές και την εκτός δικτύου αγροτική ηλεκτροδότηση. Είναι δυνατό έτσι, να προκύψουν νέες μέθοδοι παραγωγής και κατανάλωσης, νέα



επιχειρηματικά μοντέλα, νέες κοινωνικές νόρμες αλλά και νέα σχήματα κυβέρνησης. Οι νέες καινοτομίες μπορούν επίσης να υποστηρίξουν τις βιομηχανίες τροφίμων και κατασκευών στο στάδιο των διαδικασιών (π.χ. αυτοματισμός της τροφικής παραγωγής με ρομπότ) και της παραγωγής (π.χ. καλλιέργεια άνθρακα, κλιματικά έξυπνη δασοκομία). Εκτός των άλλων, η αποκεντροποίηση των βιο-διυλιστηρίων και των συστημάτων τροφίμων μπορεί να διασφαλίσει τους ιδιοκτήτες μικρής έκτασης γης, αγρότες, επιχειρήσεις και πελάτες. Στο σχήμα 21, αποτυπώνονται οι ευκαιρίες για τη μετάβαση της βιο-οικονομίας στην μετα-covid 19 εποχή. [Galanakis et al, 2022]

Σχήμα 21. Ευκαιρίες βιοοικονομίας για στήριξη της πράσινης ανάκαμψης και βελτίωση της ανθεκτικότητας των συστημάτων στη μετά-covid-19 εποχή.



#### 4.2.1 Γεωργία, τρόφιμα και αλιεία

Αφού πρωτίστως ελεγχθούν τα κύματα της πανδημίας, το να αντιστοιχιστεί η τοπική ζήτηση και οι απαιτήσεις των καταναλωτών με μικρότερες εφοδιαστικές αλυσίδες τροφίμων και ενεργές πολιτικές στήριξης, θα αποτελέσει θεμελιώδη δοκιμασία για τον περιορισμό των αβεβαιοτήτων εξαιτίας της έκθεσης σε συστημικά ρίσκα και της αύξησης του αστικού πληθυσμού. Η ενδυνάμωση της θέσης των αγροτών στην

αλυσίδα αξίας θα πρέπει να γίνει προτεραιότητα, ενώ παράλληλα θα πρέπει να εφαρμοστούν και πολιτικές που τους συμπεριλαμβάνουν. [Agriculture and Agri-Food Canada, 2019] Η βιο-οικονομία ξεκινάει από τους αγρότες. Κατά την ευρύτερη έννοιά της προέρχεται σε μεγάλο βαθμό από αγροτικές πηγές. Επομένως, οι αγρότες είναι κρίσιμοι και απαραίτητοι για την βιο-οικονομία. [Lange et al, 2020]

Οι αγρο-οικολογικές πρακτικές είναι καλό να υιοθετηθούν από τους αγρότες, καθώς θα αποτελέσει το κλειδί για τη μετάβαση σε βιώσιμα συστήματα τροφίμων. Από τη γεωργία σε στέγες μέχρι την κοινοτική κηπουρική και την κάθετη γεωργία, η αστική γεωργία είναι ικανή να βελτιώσει τις ζωές των ανθρώπων και να συνεισφέρει στην πράσινη ανάκαμψη μειώνοντας την εξάρτηση των αστικών περιοχών από τις εφοδιαστικές αλυσίδες μεγάλης απόστασης και βελτιώνοντας την εκπαίδευση των καταναλωτών. Η διαφοροποίηση των συστημάτων διανομής και η υποστήριξη των υποδομών logistics για τη συντήρηση προστιθέμενης αξίας στον αγρό, θα οδηγήσει σε μία μερικώς επανεδαφικοποίηση των συστημάτων τροφίμων, παρέχοντας έτσι στις τοπικές κοινότητες μεγαλύτερο επίπεδο ελέγχου των συστημάτων διανομής. Άλλες πτυχές που μπορούν να κινητοποιηθούν για την υποστήριξη της παραγωγής των τοπικών τροφίμων και την εξασφάλιση βιώσιμων και υγιεινών διατροφών, είναι η εκπαίδευση, οι δημόσιες συμβάσεις και οι οδηγίες θρεπτικών συστατικών. [Lange et al, 2020]

Τα συστήματα κτηνοτροφίας χρησιμοποιούν περίπου το 40% της αγροτικής γης. Η μετατροπή τους σε ενοποιημένα συστήματα ζώων και καλλιεργειών μπορεί να αποτελέσει κλειδί για την κυκλικότητα των αγροτικών συστημάτων, δεδομένου πως τα ζώα τρέφονται με γρασίδι (βιομάζα) το οποίο δεν μπορεί να αξιοποιηθεί με εναλλακτικούς τρόπους. Επίσης, έτσι θα βελτιωθεί η γονιμότητα του εδάφους από την κοπριά. Η αναμόρφωση των αγροτικών εφοδιαστικών αλυσίδων θα πρέπει να προωθήσει πολιτικές One Health, προκειμένου να περιοριστούν τα ρίσκα που σχετίζονται με την αντίσταση των αντιβιοτικών, να διαχειριστούν κατάλληλα οι ασθένειες που μεταδίδονται ανάμεσα στα ζώα και τους ανθρώπους, να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και να εγχυθεί η ασφάλεια των τροφίμων. Πέραν αυτού, οι επιχειρήσεις start-up και οι υπάρχουσες επιχειρήσεις οι οποίες

αναπτύσσουν καινοτόμα προϊόντα που επανακαθορίζουν τους κανόνες κατανάλωσης (π.χ. εναλλακτικές για το κρέας και πρωτεΐνες φυτικής προέλευσης), αναμένεται να αυξήσουν το μερίδιο αγοράς τους τα επόμενα χρόνια. Η ενίσχυση των τροφίμων με βιοενεργά συστατικά στο ανοσοποιητικό σύστημα των καταναλωτών θα μπορούσε επίσης να αποτελέσει σπουδαία ευκαιρία, και η ανάκτηση αυτών των συστατικών διεξάγεται πλέον στα πλαίσια της βιο-οικονομίας, δίνοντας αξία σε πηγές όπως παραπροϊόντα που κατεργάζονται τρόφιμα και μύκητες. Η «μπλε βιο-οικονομία» θα μπορούσε να αποτελέσει μία κρίσιμη εναλλακτική στις ζωοτροφές χερσαίας προέλευσης και τρόφιμα. Καθώς η πιθανότητα επέκτασης των τωρινών προμηθειών αλιείας παραμένει μικρή, μία βιώσιμη εντατικοποίηση θα μπορούσε να επέλθει από την υδροκαλλιέργεια (για παράδειγμα ανάπτυξη πολυτροφικών συστημάτων και καλλιέργεια για μικροάλη). [Galanakis et al, 2022]

#### 4.2.2 Βιοενέργεια

Με τις ευρωπαϊκές χώρες να είναι εξαιρετικά εξαρτημένες από τις ενεργειακές εισαγωγές (κυρίως πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακα), η ανάγκη για ενεργειακή ασφάλεια και τοπική κυριαρχία μέσω λύσεων χαμηλού άνθρακα είναι εμφανής. Το 2018 η Ε.Ε – 28 εισήγαγε το 58% της ενέργειάς της, ενώ το 2000 το 47%. Οι ανανεώσιμες πηγές από τον ήλιο και τον άνεμο είναι εγγενώς διαθέσιμες και μεταβλητές αναφορικά με τον χρόνο. Η βιοενέργεια, αν και δεν μπορεί μόνη της να αντικαταστήσει πλήρως τα συμβατικά καύσιμα, μπορεί να παρέχει την ενέργεια που χρειάζεται για να μειώσει την υψηλή ζήτηση στις ώρες αιχμής σε άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Αποτελεί πλέον, μία ιδανική εναλλακτική για τις αερομεταφορές, τις θαλάσσιες μεταφορές και τους τομείς με λιγότερες επιλογές για μηδενισμό εκπομπών άνθρακα, και προσφέρει υπηρεσίες ενεργειακής ισορροπίας, όπως στην τηλεθέρμανση και τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Εκτός αυτού, η ενίσχυση της ενεργειακής ασφάλειας στα πλαίσια της κυκλικής βιο-οικονομίας μπορεί να επιτευχθεί μέσω επενδύσεων που θέτουν ως προτεραιότητα τις τοπικές αλυσίδες αξίας βιολογικής προέλευσης (π.χ. διαδικασίες παραγωγής βιοκαυσίμων) και προωθούν εφοδιασμό από εγχώριες περιοχές. [Galanakis et al, 2022]

Η κυκλική βιο-οικονομία παρέχει σημαντικές πιθανότητες ενσωμάτωσης των θερμοχημικών και βιοχημικών διαδικασιών στα τοπικά βιο-διυλιστήρια, κάτι το οποίο θα προσδώσει αξία στα υπολείμματα και τα παραπροϊόντα, θα βοηθήσει να παραχθούν πολλαπλά προϊόντα βιολογικής προέλευσης, ενέργεια και καύσιμα, και επομένως θα ενισχύσει την κυκλικότητα. [Galanakis et al, 2022]

Η στρατηγική αυτή θα περιορίζει την κλιματική αλλαγή και θα συνεισέφερε στην τοπική σφυρηλάτηση και την αγροτική κοινωνικο-οικονομική ανάπτυξη μέσω του μεγαλύτερου μεριδίου βιομάζας στους τομείς-στόχους, του περιορισμού ανταγωνιστικότητας των πρώτων υλών και την δημιουργία νέων μόνιμων θέσεων εργασίας. Ο ρόλος των βιοκαυσίμων άλλωστε στην αγορά, μπορεί να γίνει σημαντικότερος εάν επιτευχθεί μεγαλύτερη διείσδυση της ηλεκτρικής ενέργειας στον τομέα των μεταφορών στο μέλλον. Η οδηγία II της Ε.Ε για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας (REDII) θίγει πολλά από αυτά τα ζητήματα, με λιγότερη έμφαση όμως στη σύνδεση των στρατηγικών αποθήκευσης και τις εφοδιαστικές αλυσίδες, με αποτέλεσμα να μην προωθείται όσο χρειάζεται η απαραίτητη οικονομική ανάκαμψη της Ε.Ε. [Galanakis et al, 2022]

#### 4.2.3 Ανακυκλώσιμα υλικά βιολογικής βάσης

Η βιομηχανική παραγωγή παραμένει γραμμική και στηρίζεται σε μεγάλο βαθμό σε μη Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, παρά τις προσπάθειες για προώθηση της κυκλικής οικονομίας τα τελευταία χρόνια. Στην πραγματικότητα, μόνο ένα μικρό ποσοστό των υλικών παγκοσμίως, της τάξης του 12%, προέρχεται από τη διαδικασία της ανακύκλωσης. Από την άλλη μεριά, τα μη μεταλλικά ορυκτά (π.χ. άμμος, χαλίκι) καταλαμβάνουν τους μισούς από τους εξαγόμενους πόρους. Οι ανερχόμενες καινοτομίες και τεχνολογίες αποτελούν το μέσο για κυκλικές και χαμηλού άνθρακα λύσεις, βασισμένες σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και υλικά βιολογικής βάσης. Για παράδειγμα, στην Ιαπωνία κατασκευάστηκε το 2019 το πρώτο αυτοκίνητο από νανοκυτταρίνη, ένα υλικό πέντε φορές πιο δυνατό και ελαφρύ από το ατσάλι. Νέα βιοϋλικά, όπως είναι τα βιοπλαστικά, έχουν πολλές δυνατότητες εξαιτίας του

χαμηλότερου ανθρακικού αποτυπώματός τους σε σύγκριση με τα πετροχημικά προϊόντα. [Galanakis et al, 2022]

Τα προϊόντα που βασίζονται στην ξυλεία (π.χ. νανοκυτταρίνη, βιοπλαστικά και διάφορα υφάσματα) αποτελούν μία πηγή από δεσμευμένο άνθρακα, ο οποίος θα μπορούσε να αξιοποιηθεί στον τομέα των κατασκευών, υφασμάτων, επίπλων και ινών. Η πρόσδοση αξίας στην βιομάζα ξύλου για την παραγωγή υλικών βιολογικής βάσης, αποτελεί μία προσέγγιση προς την πράσινη ανάκαμψη και του περιορισμού της κλιματικής αλλαγής στην μετά covid εποχή. Μία μεταστροφή προς τα βιοϋλικά, θα μπορούσε να μειώσει σημαντικά τον αριθμό των χρησιμοποιούμενων υλικών, καθώς και το ανθρακικό αποτύπωμα στις πόλεις. Η χρήση ξύλου στις κατασκευές έχει ως κλιματικό αντίκτυπο τη μείωση 2.4 – 2.9 kg CO<sub>2</sub> ανά κιλό ξύλου που περιέχεται στα προϊόντα σε σύγκριση με το τσιμέντο, ενώ παράλληλα αποθηκεύει έναν τόνο διοξειδίου του άνθρακα ανά κυβικό μέτρο προϊόντων. Το κτίσιμο κτιρίων με χρήση ξύλου αποτελεί επίσης αποδοτική λύση αναφορικά με τους πόρους: Μπορεί να μειώσει την συνολική ποσότητα υλικών στις κατασκευές κατά 50%. Η αύξηση της ζήτησης βιοϋλικών ωστόσο, δεν θα πρέπει να δημιουργεί πρόσθετη πίεση στις φυσικές πηγές. Η αξιοποίηση της βιομάζας, η οποία είναι ζωτικής σημασίας για την κυκλική βιοοικονομία, θα συνεισφέρει σημαντικά στον περιορισμό αυτής της πίεσης. [Galanakis et al, 2022]

Είναι γεγονός, πως η πανδημία παρουσίασε μία ευκαιρία για επιτάχυνση καινοτομιών στο 3D printing τροφίμων και άλλων σχετικών αναλώσιμων αντικειμένων και στις συσκευασίες βιολογικής βάσης. Ένας άλλος τρόπος παραγωγής υλικών βιολογικής προέλευσης, είναι μέσω της διατίμησης των οργανικών κλασμάτων αποβλήτων με διαφορετικές προσεγγίσεις βιοδιυλιστηρίων. Αυτές περιλαμβάνουν δύλιση βιομάζας σε έλαιο πυρόλυσης και αιθανόλη μέσω υδροθερμικών ή χημικών μορίων πλούσια σε λιγνοκυτταρικά συστατικά, και ενσωμάτωση πυρόλυσης και αναερόβιας χώνευσης σε μονάδες για παραγωγή άνυδρου ξυλάνθρακα (biochar) και βιομεθανίου αντίστοιχα. [Galanakis et al, 2022]

Ο στόχος των βιοδιυλιστηρίων έχει μετατοπιστεί, από ενεργειακά βιοδιυλιστήρια σε ευέλικτες μονάδες συμπαραγωγής ενέργειας και χημικών. Οι Karaosmanoğlu και Borand (2018) ερεύνησαν την οργανολυτική προεπεξεργασία της λιγνοκυτταρικής βιομάζας (Lignocellulosic Biomass – LCB) στα πλαίσια των βιοδιυλιστηρίων οργανολυτικής βάσης (Organosolv-based Biorefineries – OBB). Η λιγνοκυτταρική βιομάζα προέρχεται από αγροτικά και δασικά υπολείμματα, οργανικά στερεά απόβλητα από σταθμούς ανακύκλωσης, χαρτί, ξύλο και πολτό [Mujtaba et al, 2023]. Τα OBB απαιτούν προεπεξεργασία της πρώτης ύλης, προς βελτίωση των πρόσθετων διαδικασιών όπως είναι η διύλιση βιοαιθανόλης, η ενζυματική υδρόλυση και η ζύμωση σακχάρων. Πρόκειται για μία ελκυστική μέθοδο, καθώς η πρώτη ύλη της λιγνοκυτταρικής βιομάζας είναι ευρέως διαθέσιμη σε χαμηλές τιμές. Τα κλάσματα της λιγνοκυτταρικής βιομάζας μπορούν να μετατραπούν σε προϊόντα προστιθέμενης αξίας με ταυτόχρονη βελτιστοποίηση της ενεργειακής απόδοσης των βιοδιυλιστηρίων. [Sidiras et al, 2022]

Καλές πρακτικές αποτελούν επίσης η προτίμηση του ξύλου για παραγωγή ανθεκτικών προϊόντων με μεγαλύτερη διάρκεια ζωής, παραγωγή ενέργειας με καύση και χρήση πριονιδίων και απορριμμάτων βιομηχανιών ξύλου σε προτεραιότητα για προώθηση της ανακύκλωσης. Η προσέγγιση αυτή, απαιτεί βέλτιστη διαχείριση των διαδικασιών ξυλείας, διατίμηση των απορριμμάτων και χρήση προϊόντων ξυλείας εν ενεργεία. [Mujtaba et al, 2023]

#### 4.2.4 Δάση και δασοκομία

Τα συστήματα χερσαίας βλάστησης, κυρίως δασών, παίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στις τρεις κρίσιμες οδούς προς τη βιοοικονομία (χρήση περισσότερων βιοϋλικών, βέλτιστη αξιοποίηση βιοενέργειας και ασφάλεια των υπηρεσιών οικοσυστήματος, συμπεριλαμβανομένης της χερσαίας δέσμευσης άνθρακα). Αυτό κρύβει κινδύνους, αλλά και ευκαιρίες. Αδιαμφισβήτητα, ο θερισμός στα δάση προκειμένου να έχει ανταπόκριση ο κλάδος της βιομάζας, δεν θα πρέπει να αποτελεί κίνητρο για αποψίλωση και ούτε θα πρέπει να ξεπερνιέται η χωρητικότητα των δασών για να παραχθεί περισσότερη βιομάζα. Επίσης, η διαχείριση βιώσιμων δασών (SFM)

αναγνωρίζει τις απαιτήσεις που χρειάζονται για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, τη συντήρηση της ποιότητας του νερού και του εδάφους, την προστασία των οικοτόπων και τον σεβασμό προς τις τοπικές κοινότητες. Ακόμα και αν επιτευχθούν τα standards της SFM, δεν είναι βέβαιη επιτυχής ανάπτυξη στόχων της βιοοικονομίας. Μία αυξημένη συγκομιδή στα δάση μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τα αποθέματα και τη δέσμευση άνθρακα, κάτι το οποίο μπορεί να αφορά προσωρινό φαινόμενο ή και να διαρκέσει για αιώνες. Στα πλαίσια της βελτίωσης της δασικής διαχείρισης, τέτοιες επιπτώσεις θα πρέπει να αποφεύγονται ή να περιορίζονται σημαντικά. Η κλιματικά έξυπνη δασοκομία (CSF), θέτει ως στόχο εκτός από την υιοθέτηση δασικών οικοσυστημάτων και την προσπάθεια για μείωση εκπομπών GHG, και την αύξηση των προμηθειών ξυλείας. Οι δυνατότητες του CSF, έχουν μελετηθεί σε κάποιες περιοχές της Ευρώπης, ωστόσο υπάρχει ακόμη μακρύς δρόμος μέχρι την ενσωμάτωσή του στις καθημερινές διαδικασίες δασοκομίας σε τοπικό και διεθνές επίπεδο. [Galanakis et al, 2022]

Η αναγκαιότητα για λύσεις βασισμένες στη φύση (Nature-Based Solutions – NBS), βρίσκουν εφαρμογή σε όλα τα χερσαία εδάφη, σε αντίθεση με το CSF, και τονίζει τη σημαντικότητα όλων των υπηρεσιών των οικοσυστημάτων, και πέρα από την προμήθεια βιομάζας. Το NBS δίνει έμφαση στην επέκταση, επαναφορά και προστασία των δασών και των δασωδών τοπίων γενικά. Σχετικά με το CSF, θα πρέπει να αναπτυχθούν περαιτέρω πρακτικές προσεγγίσεις, προκειμένου να γίνει δυνατή η υιοθέτησή του. [Galanakis et al, 2022]

Στα πλαίσια ανάκαμψης στη μετά-covid-19 εποχή, η επαναφορά και αύξηση των δασών θα αποτελέσουν σημαντικό ρόλο. Στις αγροτικές περιοχές, αυτό θα μπορούσε να δημιουργήσει προσβάσιμες πηγές βιομάζας και να συνεισφέρει στην αγροτική ανάπλαση και τη διαφοροποίηση των αγροτικών συστημάτων. Στις αστικές περι-αστικές περιοχές, τα δέντρα και τα δάση θα μπορούσαν να συνεισφέρουν με παρόμοιο τρόπο και να προσδώσουν περισσότερες ευκαιρίες για ανάπλαση και ενασχόληση με τη φύση. Γενικά, η παραγωγή βιολογικής προέλευσης θα μπορούσε να συνδυαστεί με τις λύσεις βασισμένες στη φύση (NBS) στον δασικό τομέα, συνεισφέροντας στο να γίνουν οι πόλεις πιο πράσινες και να αναζωογονηθούν οι

αγροτικές περιοχές, καθώς και στο να αναπτυχθούν υποδομές για χρήση τοπικά παραγόμενης βιομάζας.

Τα δάση θα μπορούσαν να παίξουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξης της βιοοικονομίας, με ισχυρά οφέλη κατά της κλιματικής αλλαγής, αλλά και στην ανάκαμψη από την πανδημία. Ωστόσο, υπάρχουν κάποιοι περιορισμοί στη χωρητικότητα των δασών αναφορικά με τη βιομάζα. Η αύξησή της θέτει σε κίνδυνο τα γενικότερα οφέλη των δασών. Επομένως, απαιτείται μία πιο σύνθετη πολιτική για την προστασία, την επέκταση και την ανάπλαση των δασών. [Galanakis et al, 2022]

#### 4.2.5 Υπηρεσίες των οικοσυστημάτων

Οι υπηρεσίες των οικοσυστημάτων μπορούν να καταστούν ωφέλιμες για τους τομείς της δασοκομίας, της υγείας, του τουρισμού, της γεωργίας και γενικά της ευημερίας. Κατά ορισμό, οι υπηρεσίες των οικοσυστημάτων παρέχουν το κατάλληλο πλαίσιο για την ένταξη των πηγών βιομάζας προς επίτευξη πολλών στόχων, δεδομένου πως η χρήση γίνεται πάντα με γνώμονα την βιωσιμότητα. Η κυκλική βιο-οικονομία αναγνωρίζει την προστιθέμενη αξία των οικοσυστημικών υπηρεσιών ως προς την κοινωνία, την οικονομία και το περιβάλλον, και επομένως διασφαλίζει τη συνεχή βελτίωσή τους. Ως προς την αποκεντροποιημένη παραγωγή ενέργειας και τη διαχείριση γης και ύδατος, η κυκλική βιο-οικονομία μπορεί να παρέχει μοναδικές ευκαιρίες. Διατηρεί το φυσικό κεφάλαιο και τη βιοποικιλότητα μέσω της ανακύκλωσης θρεπτικών συστατικών, της προώθησης οικολογικής γεωργίας, της επαναφοράς οργανικού άνθρακα στο έδαφος και της συνεισφοράς στην βελτίωση της κλιματικής αλλαγής. Για παράδειγμα, κρίνεται απαραίτητη η προώθηση του βιοάνθρακα, καθώς είναι ικανός να απομακρύνει μόνιμα το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα και να καταπολεμήσει εγκατάλειψη γης εξαιτίας της ερημοποίησης. Για εκτάσεις όπως οι τυρφώνες, η πρόωση υγρών καλλιεργειών ίσως αποτελεί μία κατάλληλη επιλογή, καθώς παίζουν σημαντικό ρόλο στην αντιστάθμιση διοξειδίου του άνθρακα μέσω της δέσμευσής του. Οι τυρφώνες καταλαμβάνουν περίπου το 3% της επιφάνειας της γης και αποθηκεύουν 1.4



τρισεκατομμύρια τόνους άνθρακα, που ισοδυναμεί με το 75% του άνθρακα ολόκληρης της ατμόσφαιρας. [Galanakis et al, 2022]

#### 4.2.6 Βιολογικές πόλεις, αγροτικές βιο-οικονομίες και τουρισμός

Εξαιτίας της αυξημένης κατανάλωσης αγαθών, των έντονων οικονομικών δραστηριοτήτων και του μεγάλου πληθυσμού, οι πόλεις κατέχουν κρίσιμο ρόλο στην ανάπτυξη και εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας. Είναι γεγονός, πως η αστική ζωή επηρεάζεται από διάφορες επιλογές που αφορούν την εκπαίδευση, την υγεία, τις υποδομές και το εμπόριο. Για παράδειγμα, η πανδημία περιόρισε σημαντικά την κινητικότητα στις πόλεις, με εφαρμογή οριζόντιου lockdown αντί για κάποια λύση αναδόμησης του αστικού περιβάλλοντος μέσω έξυπνης κινητικότητας. Με την είσοδο στην εποχή της πανδημίας, η αστική ζωή έχει υιοθετήσει μικρότερη κινητικότητα αμαξιών και συνεπώς χαμηλότερες εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, οδηγώντας σε καλύτερη ποιότητα αέρα και πιο καθαρές πόλεις. Σε αυτό το πλαίσιο, η Σαουδική Αραβία στις αρχές του 2021 ανακοίνωσε την επαναστατική πόλη “The Line”, η οποία επρόκειτο να χτιστεί σε περιβάλλον χωρίς αυτοκίνητα, δρόμους και εκπομπές άνθρακα. Από την άλλη μεριά όμως, οι ήδη υπάρχουσες πόλεις θα πρέπει να επεκτείνουν τα οδικά δίκτυά τους και τις υποδομές μαζικών μέσων μεταφοράς, προκειμένου να εξασφαλιστεί προσβασιμότητα για όλους. Στην ημιαστική, αστική και μη αστική κινητικότητα, το rebound effect μπορεί να θεωρηθεί αναμενόμενο, καθώς παρατηρείται αποθάρρυνση της κοινωνίας στη χρήση δημόσιας συγκοινωνίας για λόγους ασφάλειας και υγείας. Αυτή η στάση είναι πιθανό να αλλάξει τη συμπεριφορά της κοινωνίας ακόμα και μετά το τέλος της πανδημίας. [Galanakis et al, 2022]

Στον τομέα του τουρισμού επίσης, μπορεί να βρει πρόσφορο έδαφος η αλλαγή των τωρινών πρακτικών που προωθούν τη συνεχή κατανάλωση καυσίμων σε ένα μοντέλο από-ανθρακοποίησης των μέσων συγκοινωνίας και οικοτουρισμού. Προβάλλοντας περισσότερο τις πράσινες εκτάσεις και προωθώντας υγιείς δραστηριότητες όπως το περπάτημα και η ποδηλασία, αντί για μία απλή ενθάρρυνσή τους ως μέτρα

περιορισμού της κλιματικής αλλαγής, μπορεί να αυξήσει τη συμμετοχή της κοινωνίας στην πράσινη μετάβαση.

Τέλος, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη αστικής γεωργίας και δασοκομίας, ώστε να παρέχονται στις πόλεις τοπικά κρέατα και φρέσκα λαχανικά, πράσινες υποδομές, αυξημένη βιοποικιλότητα και φυσικές λύσεις για την αναδόμηση πόλεων και την ανατροφοδότηση της εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας. Η προώθηση τοπικής ανάπτυξης στις αγροτικές περιοχές προϋποθέτει την εκπαίδευση των πολιτών σε επιχειρηματικά μοντέλα και τεχνικές προδιαγραφές. Με αυτόν τον τρόπο, θα παρουσιαστούν ευκαιρίες πράσινης ανάπτυξης που θα ενισχύσουν την ανάκαμψη της μετά Covid-19 εποχής, ενώ ταυτόχρονα θα διευκολυνθεί η μετατροπή της οικονομίας σε μία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. [Galanakis et al, 2022]

#### 4.2.7 Πολιτισμός, τέχνη & μόδα και ανακύκλωση υλικών

Η επίτευξη μίας κυκλικής βιο-οικονομίας στα πλαίσια της βιωσιμότητας, απαιτεί την επέκταση της κοινωνικής της διάστασης μέσω σύνδεσης της κατανάλωσης υλικών, της κινητικότητας και των βιώσιμων τροφίμων, με τις τέχνες, τον πολιτισμό και τη μόδα. Μία ανθεκτική και με χαμηλές εκπομπές άνθρακα, οικονομική ανάπτυξη, απαιτεί την σφυρηλάτηση όχι μόνο των εθνικών οικονομιών, αλλά και την ομαλή μετάβαση λαμβάνοντας υπόψιν και άλλους τομείς. [Sharma et al, 2021] Είναι γεγονός, πως η πολιτιστική διάσταση δεν έχει λάβει την απαιτούμενη προσοχή στις πολιτικές συζητήσεις οικονομικών πακέτων αναφορικά με την ανάκαμψη ζητημάτων σχετικών με την πανδημία. Οι ηλεκτρονικές συσκευές δεν ήταν ποτέ άλλοτε πιο σχετικές στην καθημερινότητα από ότι στην περίοδο της καραντίνας, στην οποία κρίθηκε απαραίτητη η μείωση ή αποφυγή της ανθρώπινης αλληλεπίδρασης. Ως αποτέλεσμα της προώθησης της τηλεργασίας, της τηλεεκπαίδευσης και γενικότερα των ψηφιακών πλατφορμών, μουσεία, εστιατόρια και καλλιτεχνικές παραστάσεις έκλεισαν, ενώ δεν έμεινε ανεπηρέαστη και η ψυχαγωγία μέσω social media. Σχετικά με την τελευταία, το δυσμενές γεγονός που προκύπτει αφορά την μεγαλειώδη αύξηση σπατάλης του ελεύθερου χρόνου σε πλατφόρμες κοινωνικής δικτύωσης, που

από τη μία μείωσε την εξάπλωση της πανδημίας, από την άλλη όμως έχει δημιουργήσει ένα σημαντικό κενό στην δια ζώσης αλληλεπίδραση και επέτρεψε τη χειραγώγηση της κοινής γνώμης μέσω fake news. Το κοινωνικό αυτό πρόβλημα θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη και να συμπεριληφθεί στο πλάνο για βιώσιμη βιο-οικονομία. Η τέχνη, ο πολιτισμός και κάποιες σχετικές κοινωνικές πρακτικές, όπως είναι η μεταπώληση και η ενοικίαση, μπορούν να συμβάλουν στη μετάβαση προς τη βιο-οικονομία μέσω της αντικατάστασης κατανάλωσης υλικών, της μείωσης έκθεσης σε fake news και της δημιουργικής προώθησής της. Πολλοί οίκοι μόδας έχουν δώσει το παράδειγμα δίνοντας έμφαση στη βιωσιμότητα μέσω της χρήσης ανακυκλωμένων βιολογικών υφασμάτων. [Zanoletti et al, 2021]

*Πίνακας 4. Λύσεις βιοοικονομίας ανά κλάδο για στήριξη της πράσινης ανάκαμψης και βελτίωση της ανθεκτικότητας των συστημάτων στην μετά-covid-19 εποχή.*

ΤΟΜΕΑΣ	ΛΥΣΕΙΣ
Γεωργία	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ψηφιοποίηση των γεωργικών διαδικασιών</li> <li>• Δημιουργία πλατφορμών μεγάλων δεδομένων και Συστημάτων Αγροτικής Γνώσης και Καινοτομίας (ARKIS)</li> <li>• Προώθηση των δυνατοτήτων της καλλιέργειας άνθρακα και της αγροοικολογίας</li> <li>• Ανάπτυξη βιώσιμης αλιείας και κτηνοτροφίας</li> <li>• Μάθηση από επιτυχείς πολιτικές που εφαρμόστηκαν σε άλλες χώρες</li> <li>• Ανάπτυξη πλάνων διαχείρισης κρίσεων που προλαμβάνουν πιθανές απειλές.</li> </ul>
Τρόφιμα	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Προώθηση κοινοτικών καναλιών μάρκετινγκ για τοπικά προϊόντα, ώστε να εξασφαλιστεί η διανομή τους σε κύριες και δευτερεύουσες αγορές</li> <li>• Εντατικές προσπάθειες διατίμησης και μείωσης απορριμμάτων φαγητού μέσω βιοδιυλιστηρίων</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Εδραίωση επιτροπών στον τομέα φαγητού, σε δημοτικό ή επαρχιακό επίπεδο</li> </ul>
<b>Ενέργεια</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Παρακίνηση τοπικών εφοδιαστικών αλυσίδων και ασφάλεια επενδύσεων στα καύσιμα ΑΠΕ μέσω σταθερών οικονομικών πολιτικών</li> <li>• Βελτίωση ενεργειακής ανθεκτικότητας μέσα από σταθεροποίηση του δικτύου, ανάπτυξη έξυπνων υποδομών και επαναϋπολογισμός των δυνατοτήτων του κλάδου της βιοενέργειας στην μετά Covid-19 εποχή</li> <li>• Αλλαγές στο αστικό περιβάλλον (π.χ. καταναλωτική συμπεριφορά, τηλεργασία) για απορρόφηση αγοράς των βιοενεργειακών φορέων στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας</li> </ul>
<b>Δασοκομία</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ανάπτυξη εργαλείων και υποστήριξη δασολόγων στην εφαρμογή έξυπνων λύσεων δασοκομίας</li> <li>• Επίδειξη σχετικών εκτάσεων δάσους που εφαρμόζουν έξυπνες λύσεις δασοκομίας</li> </ul>
<b>Οικονομία</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αύξηση των χρηματοδοτήσεων στην κυκλική οικονομία μέσω ιδιωτικών επενδύσεων</li> <li>• Προώθηση προϊόντων βιολογικής βάσης και υπηρεσιών μέσω εκπτώσεων στους φόρους</li> </ul>
<b>Cross-cutting</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υποστήριξη τεχνολογικών καινοτομιών</li> <li>• Προώθηση αποκεντροποιημένων βιοδιυλιστηρίων</li> <li>• Εδραίωση βιώσιμων κριτηρίων στον τομέα παραγωγής</li> <li>• Υποστήριξη της βέλτιστης αξιοποίησης της βιομάζας</li> <li>• Περιορισμός των επιπτώσεων στα αποθέματα άνθρακα και δέσμευση στα δασικά και αγροτικά συστήματα</li> </ul>

### 4.3 Νέες Τεχνολογίες Μετατροπής Βιομάζας σε Ενέργεια

Για την επίτευξη μιας μεγάλης, οικονομικά και τεχνολογικά βιώσιμης βιοοικονομίας, θα χρειαστούν νέες τεχνολογίες μετατροπής, προκειμένου να παραχθεί περισσότερη βιομάζα για τον πλανήτη. Για τον λόγο αυτό, δίνεται βάση στην έρευνα για την βελτίωση της διαχείρισης της γης και τις μεθόδους καλλιέργειας. Σημαντική πρόοδο έχει σημειώσει η επιστημονική κοινότητα παγκοσμίως στη βελτίωση της φωτοσύνθεσης στα φυτά, ώστε να χρησιμοποιούν το φως πιο αποδοτικά και ακολούθως να μεγαλώνουν γρηγορότερα οδηγώντας σε μεγαλύτερες σοδειές. Επιπλέον, οι τεχνολογίες που επεξεργάζονται και μετατρέπουν τη βιομάζα σε προϊόντα, χρειάζονται σημαντική βελτίωση. [Van Groenestijn et al, 2019]

Η οικονομική βιωσιμότητα των τεχνολογιών που παρουσιάστηκαν στο υποκεφάλαιο 1.4 παραμένει ακόμα φτωχή, εξαιτίας εν μέρει, της χαμηλής τιμής των ορυκτών καυσίμων. Συνεπώς, αξιολογικά μεγάλες έρευνες έχουν αρχίσει να δίνουν βαρύτητα στην περαιτέρω ανάπτυξη και βελτίωσή τους. Μάλιστα, νέες εκδοχές των τεχνολογιών αυτών αναπτύσσονται που οδηγούν σε εξ ολοκλήρου καινούριους κλάδους. Ένα παράδειγμα καινούριου κλάδου, είναι ο εξηλεκτρισμός της χημικής βιομηχανίας. Επιπλέον, συνεχώς αναπτύσσονται καινούρια προϊόντα από βιομάζα, τα οποία πολλές φορές έχουν παρόμοιες ιδιότητες με τα προϊόντα από ορυκτή πρώτη ύλη, αλλά μπορεί να έχουν και απολύτως καινούριες ιδιότητες. Ένας άλλος κλάδος, ο οποίος μελετάται σθεναρά, είναι αυτός της παραγωγής χημικών από βιομάζα, τα οποία είναι ακριβώς ίδια με τα χημικά από ορυκτή πρώτη ύλη, διαδεδομένα ως χημικά «drop-in» όπως είναι η βιοαιθανόλη και το βιοαιθυλένιο που παράγεται από αυτήν. Το πλεονέκτημα αυτού του κλάδου, είναι πως η αγορά για τα προϊόντα αυτά υπάρχει ήδη. [Van Groenestijn et al, 2019]

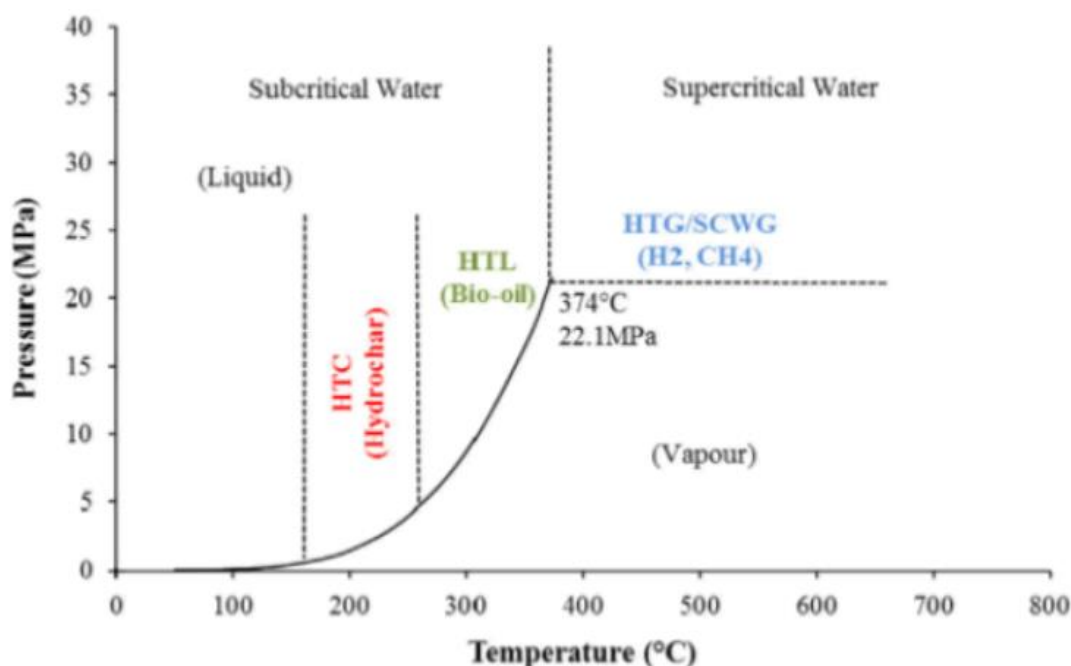
#### 4.3.1 Νέες θερμοχημικές διαδικασίες.

Μία από τις καινοτομίες που απασχολούν πολλές επιχειρήσεις και ερευνητικά ινστιτούτα είναι η αεριοποίηση της βιομάζας με υπερκρίσιμο νερό. Στη συμβατική διαδικασία αεριοποίησης, η βιομάζα επιβάλλεται να είναι αρκετά ξηρή, κάτι που περιορίζει σημαντικά το πεδίο εφαρμογής της διαδικασίας. Κάτι τέτοιο, δεν συμβαίνει στην περίπτωση που η διαδικασία διεξάγεται σε επίπεδο πάνω από το κρίσιμο σημείο του νερού. [Van Groenestijn et al, 2019]

Το «κρίσιμο σημείο» είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται στον κλάδο της θερμοδυναμικής. Πρόκειται για έναν συνδυασμό συγκεκριμένων τιμών πίεσης, θερμοκρασιών, σύστασης και προαιρετικά άλλων μεταβλητών της θερμοδυναμικής, που οδηγεί μία ουσία ή μίγμα σε συγκεκριμένη συμπεριφορά. Συγκεκριμένα, το κρίσιμο σημείο του νερού είναι 218 bar και 374 C. Σε επίπεδα μεγαλύτερα των τιμών αυτών (πίεση ή/και θερμοκρασία), η διαδικασία διεξάγεται σε υπερκρίσιμη περιοχή. Οι ιδιότητες του νερού αλλάζουν στο κρίσιμο σημείο, οπότε ακόμα και η βιομάζα με περιεκτικότητα σε νερό μεταξύ 70-90% μπορεί να επεξεργαστεί. Υπό αυτές τις συνθήκες, δεν υπάρχουν πλέον διαφορές μεταξύ υγρού και αερίου. [Van Groenestijn et al, 2019]

Συνεπώς, δεν χρειάζεται να επέλθει εξάτμιση στο νερό. Εδώ, σχεδόν στο σύνολό της η βιομάζα μπορεί να μετατραπεί σε υδρογόνο, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο, ενώ δεν παράγεται και η πίσσα ως παραπροϊόν. Εκ πρώτης όψεως μπορεί η υψηλή πίεση να φαίνεται κοστοβόρα, παρ' όλα αυτά δεν είναι απαραίτητος πλέον κάποιος συμπιεστής. [Van Groenestijn et al, 2019]

Σχήμα 22. Υπερκρίσιμο νερό



Η αεριοποίηση με υπερκρίσιμο νερό κυρίως περιλαμβάνει 3 αντιδράσεις: αναμόρφωση με ατμό, μετατροπή νερού σε αέριο και αντιδράσεις μεθανίωσης. Στην αναμόρφωση με ατμό, το υπερκρίσιμο νερό αντιδρά με οργανικές ουσίες και παράγεται υδρογόνο και μονοξείδιο του άνθρακα. Με τη σειρά του, το μονοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με νερό παράγοντας υδρογόνο και διοξείδιο του άνθρακα. Στην αντίδραση μεθανίωσης, μονοξείδιο του άνθρακα από την αναμόρφωση με ατμό και υδρογόνο από τη μετατροπή νερού σε αέριο αντιδρούν και παράγουν μεθάνιο και νερό. [Kladisios and Sagia, 2022]

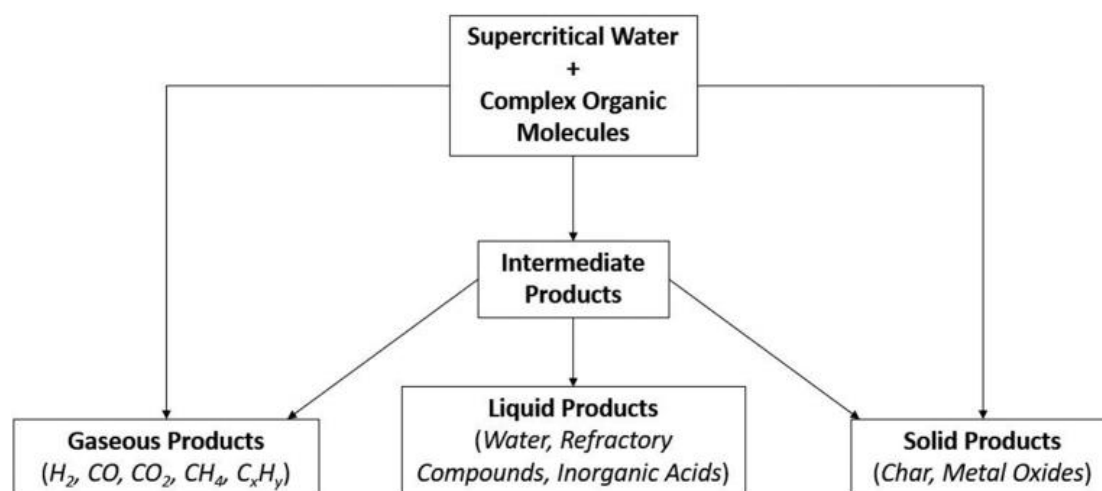
Η αεριοποίηση με υπερκρίσιμο νερό πραγματοποιείται υπό υψηλή θερμοκρασία και πίεση. Έχει διερευνηθεί η χρήση καταλυτών όπως αλκάλιο, στοιχεία μετάπτωσης και ενεργός άνθρακας. Η παρουσία κάποιου καταλύτη βελτιώνει την απόδοση της διαδικασίας.

Αυτού του είδους η αεριοποίηση, θεωρείται διαδικασία μετατροπής βιομάζας με πολλές προοπτικές. Ωστόσο, η εμπορική εφαρμογή της αντιμετωπίζει διάφορα προβλήματα. Πρόκειται για μία ακριβή εφαρμογή και επομένως η μετατροπή της βιομάζας έρχεται με υψηλό κόστος διάθεσης. Εξαιτίας του υψηλού κόστους εγκατάστασης και λειτουργίας, η ενσωμάτωση της αεριοποίησης με υπερκρίσιμο νερό μαζί με άλλες διαδικασίες παραγωγής ενέργειας και δέσμευσης διοξειδίου του

άνθρακα έχει ληφθεί σοβαρά υπόψη. Συγκριτικά με άλλες συμβατικές μεθόδους για παραγωγή υδρογόνου, η αεριοποίηση με υπερκρίσιμο νερό αποτελεί την πιο ακριβή διαδικασία. [Kladisios and Sagia, 2022]

Ένα άλλο μειονέκτημα στην διαδικασία αποτελεί η καθίζηση των ανόργανων στοιχείων, η οποία μπορεί να δημιουργήσει εμπόδια. Προς το παρόν, η διαδικασία δοκιμάζεται μόνο σε εργαστήρια και πιλοτικές μονάδες. Η δημόσια υπηρεσία Aa and Maas Water κατέχει μία τέτοια πιλοτική μονάδα για την αεριοποίηση υλός καθαρισμού λυμάτων (λυματολάσπη). [Van Groenestijn et al, 2019]

Σχήμα 23. Δίκτυο υπερκρίσιμου νερού



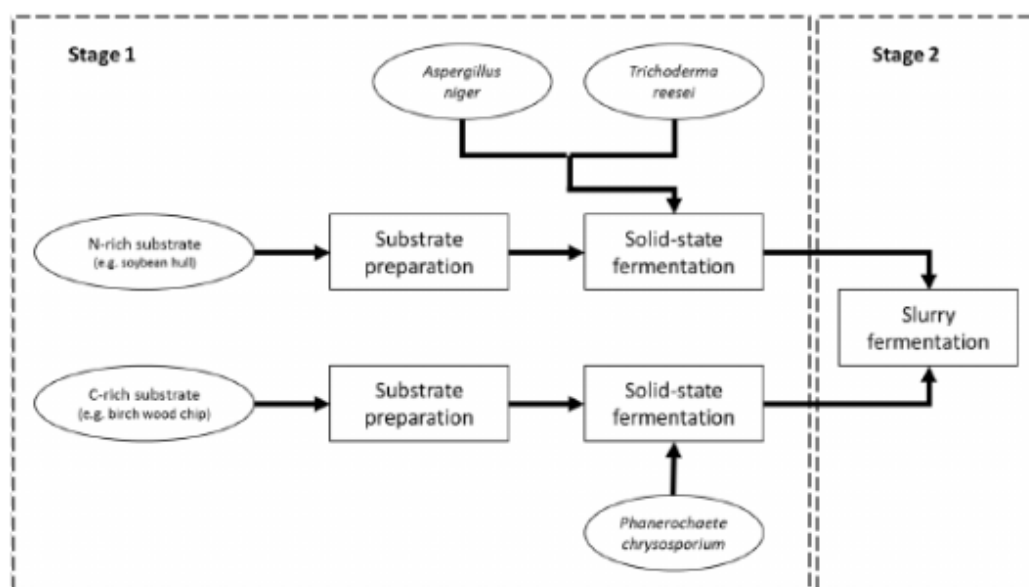
#### 4.3.2 Νέες βιολογικές διαδικασίες μετατροπής.

Κάποιες αξιοσημείωτες ολλανδικές έρευνες, εντάσσουν την παραγωγή τριγλυκεριδίων μέσης αλυσίδας (π.χ. εξανικό ή καπρονικό οξύ) από αιθανικό οξύ. Σε μία μέθοδο που αναπτύχθηκε από το “Wageningen University and Research (WUR)”, τα οργανικά υπολείμματα πρώτα μετατρέπονται βιολογικά σε οργανικά οξέα και έπειτα με τη σειρά τους τα οργανικά οξέα αντιδρούν με αιθανόλη για να παραχθεί καπρονικό οξύ στα πλαίσια μίας δεύτερης βιολογικής μετατροπής. Το καπρονικό οξύ μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως προστατευτικό για τις σοδειές, προσθετικό τροφίμων κ.α. [Verbraeken, 2017]



Ο οργανισμός Reverdia έχει αναπτύξει μία μέθοδο ζύμωσης με μύκητες για την παραγωγή σουκινικού οξέος. Το θετικό στοιχείο της χρήσης μυκήτων, είναι πως η διαδικασία μπορεί να διεξαχθεί με χαμηλή τιμή pH, ώστε να απαιτείται καθόλου ή ελάχιστο αλκάλιο ως πρόσθετο. Παρά το γεγονός πως πρόκειται για μία νέα ανάπτυξη, λειτουργεί σε μεγάλη κλίμακα. Μία ιταλική μονάδα παράγει 10.000 τόνους σουκινικού οξέος ετησίως. [Verbraeken, 2017]

Σχήμα 24. Ζύμωση για παραγωγή σουκινικού οξέος από βιομάζα



Το σουκινικό οξύ είναι ένα 4-ανθρακικό 1,4-δικαρβοξυλικό οξύ το οποίο βρίσκεται στη λίστα του υπουργείου ενέργειας των ΗΠΑ με τα κορυφαία 12 μόρια βιολογικής βάσης. Είναι ένα χημικό «πλατφόρμας» με πολλές εφαρμογές στον τομέα των τροφίμων, των φαρμακευτικών, και των βιοδιασπόμενων πλαστικών. Παραδοσιακά, το σουκινικό οξύ δημιουργείται από προκατόχους πετρελαίου, συγκεκριμένα από υδρογόνωση μηλεϊνικού οξέος, οξείδωση 1,4-βουτανοδιόλης ή καρβονυλίωση αιθυλενογλυκόλης. Μία εναλλακτική λύση για παραγωγή σουκινικού οξέος βιολογικής βάσης αποτελεί η αναερόβια βακτηριακή χώνευση από καθαρά σάκχαρα υπό συνθήκες πλούσιες σε διοξείδιο του άνθρακα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης λιγνοκυτταρική βιομάζα, αλλά απαιτεί προεπεξεργασία και υδρόλυση για να απελευθερωθούν σάκχαρα που μπορούν να αξιοποιηθούν απευθείας από βακτήρια που παράγουν σουκινικό οξύ, κάτι που θα αύξανε το κόστος σημαντικά. [Alcantara et al, 2017]

Η χρήση αερίων, όπως το μονοξείδιο και το διοξείδιο του άνθρακα, και το υδρογόνο (που μπορούν κυρίως να παραχθούν από βιομάζα), αποτελεί αναπόφευκτη τάση. Σημαντική είναι η πρόοδος που έχει σημειωθεί με τα μίγματα διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου για την βιολογική παραγωγή αιθανόλης. Ο οργανισμός Lanzatech διαχειρίζεται πολυάριθμες πιλοτικές μονάδες στην Κίνα, οι οποίες είναι ικανές να παράγουν 300 τόνους αιθανόλης ετησίως. Οι μονάδες αυτές χρησιμοποιούν αέριο από υψικαμίλους, αλλά αέριο από την διαδικασία της αεριοποίησης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί επίσης. [Van Groenestijn et al, 2019]

Μέσω του υδρογόνου και του μονοξειδίου του άνθρακα, μπορούν να παραχθούν και άλλες αλκοόλες και οργανικά οξέα. Η βιομάζα μπορεί να παράξει βιοαέριο που περιέχει μεθάνιο. Ενώ το βιοαέριο χρησιμοποιείται κατά κόρον ως ενεργειακή πηγή, μπορεί να χρησιμεύσει και ως υπόστρωμα για την μικροβιολογική διαδικασία ποικίλων χημικών. Ο τομέας αυτός, βρίσκεται υπό διαρκή ανάπτυξη και απόκτηση εμπειρίας. Για παράδειγμα, πριν δεκάδες χρόνια, το μεθάνιο χρησιμοποιούταν για την παραγωγή μονοκυτταρικής πρωτεΐνης σε βιομηχανικό επίπεδο. Οι έρευνες όμως πλέον, έχουν επικεντρωθεί στα χημικά, όπως το γαλακτικό οξύ, το οποίο αποτελεί το θεμέλιο για το πολυγαλακτικό οξύ. Βρίσκεται ακόμη σε επίπεδο εργαστηρίου, όπως η βακτηριακή μετατροπή του διοξειδίου του άνθρακα σε γαλακτικό οξύ. Αυτό που θα αποτελέσει δοκιμασία, είναι σίγουρα η οικονομική αντικατάσταση της συμβατικής παραγωγής γαλακτικού οξέος, με την μέθοδο της ζύμωσης. [Van Groenestijn et al, 2019]

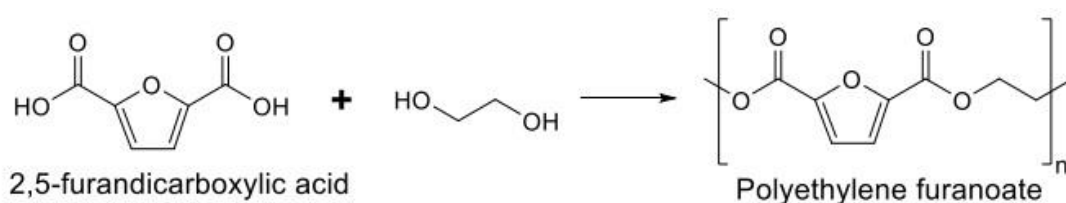
Η παραγωγή του πολυυδροξυαλκανοϊκού (PHA) παραμένει κοστοβόρα. Για την επίλυση αυτού του ζητήματος, διεξάγονται έρευνες για την εύρεση πιο οικονομικά-αποδοτικών μεθόδων, μορφών PHA μεγαλύτερης αξίας (για παράδειγμα με μεγαλύτερη αλυσίδα αλκανοϊκών) και φθηνότερων υποστρωμάτων. Διερευνάται επίσης, η παραγωγή PHA από μεθάνιο.

Μία από τις μεγαλύτερες επιθυμίες στον κλάδο της βιοοικονομίας, είναι η αντικατάσταση του πλαστικού τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET), γνωστό από τα μπουκάλια αναψυκτικών και τις υφαντικές ίνες, το οποίο προς το παρόν παράγεται

από ορυκτές πρώτες ύλες. Η κυρίαρχη υποψήφια αντικατάσταση του PET, είναι το φουρανδικαρβοξυλικό πολυαιθυλένιο (PEF). Η εταιρεία Corbion (τρόφιμα και βιοχημικά με έδρα το Άμστερνταμ της Ολλανδίας), εφαρμόζει μία μέθοδο βιολογικής μετατροπής για την παραγωγή φουρανδικαρβοξυλικού από φουράνιο, ένα προϊόν αποδόμησης της ζάχαρης. [SpecialChem, 2021]

Το φουρανδικαρβοξυλικό πολυαιθυλένιο είναι 100% ανακυκλώσιμο και αποτελείται από ανανεώσιμα φυτικά σάκχαρα. Η παραγωγή PEF πολυμερίζει φουρανικό δικαρβοξυλικό οξύ και αιθυλενογλυκόλη. Η διαδικασία μοιάζει με αυτή της παραγωγής PET. Το PEF όμως αντικαθιστά το τereφθαλικό οξύ με 2,5 φουρανικό δικαρβοξυλικό οξύ (FDCA). [SpecialChem, 2021]

Σχήμα 25. Σύνθεση PEF με FDCA



Συγκριτικά με το PET, το PEF έχει οφέλη:

- Βιοδιασπασιμότητα – Το PEF διασπάται πιο γρήγορα από τα πλαστικά όπως είναι το PET
- Ιδιότητες φραγής αέρα – Το PEF είναι πιο κατάλληλο για συσκευασία ανθρακούχων ποτών
- Μηχανικές ιδιότητες – Το PEF έχει άριστες ιδιότητες φραγής οξυγόνου και καλές μηχανικές ιδιότητες. Η ένταση τεντώματος ξεπερνάει αυτή του PET και συνεπώς επιτρέπει λεπτότερα υλικά στα μπουκάλια PEF
- Θερμικές ιδιότητες – Το PEF μπορεί να αντέξει μεγαλύτερες θερμοκρασίες
- Ανανεώσιμο – Το PEF χρησιμοποιεί ανανεώσιμα φυτικά σάκχαρα, ενώ το PET ορυκτά καύσιμα
- Ανακυκλώσιμο – Το PEF θεωρητικά είναι ανακυκλώσιμο, αλλά οι υποδομές χρειάζονται ανάπτυξη. Στόχος είναι να ενσωματωθεί η διαδικασία ανακύκλωσης PEF σε αυτή του PET. [SpecialChem, 2021]

Πίνακας 5. PET Vs. PEF

Ιδιότητα		PEF vs. PET		Οφέλη
Φραγής	O <sub>2</sub>	6 - 10 x	1 x	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αυξημένη «ζωή ραφίου»</li> <li>• Αποφυγή στρωμάτων φραγής</li> </ul>
	CO <sub>2</sub>	4 - 6 x	1 x	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αυξημένη «ζωή ραφίου»</li> <li>• Αποφυγή στρωμάτων φραγής</li> </ul>
	H <sub>2</sub> O	2 x	1 x	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Καλύτερη απόδοση σε περιβάλλον υγρασίας</li> </ul>
Μηχανική	Συντελεστής εφελκυσμού	~ 1.6 x	1 x	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Για άκαμπτα μπουκάλια</li> </ul>
Θερμική	Tg (°C)	86 - 87	74 - 79	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Για καυτό σφράγισμα θρεπτικών ποτών</li> </ul>
	Tm (°C)	213 - 235	234 - 265	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πιθανότητες συνεξώθησης</li> </ul>

Επιπλέον, πραγματοποιούνται καινοτομίες που αφορούν στη γενετική τροποποίηση των σχετικών μικρο-οργανισμών. Σκοπός της γενετικής τροποποίησης είναι να κάνει ο εκάστοτε οργανισμός αυτό που επιθυμεί η έρευνα. Με τη μέθοδο CRISPR-CAS, το αποτέλεσμα μπορεί να είναι ακόμα πιο ακριβές. [Van Groenestijn et al, 2019]

### 4.3.3 Νέες χημικές διαδικασίες μετατροπής

#### Υδατάνθρακες ως πρώτη ύλη.

Προκειμένου να παραχθεί το πλαστικό PEF που αναφέρθηκε παραπάνω, η εταιρεία Avantium έχει αναπτύξει μία μέθοδο, κατά την οποία, παράγεται φουρανδικαρβοξυλικό από γλυκόζη μέσα από μία σειρά χημικών σταδίων. Η μέθοδος αυτή, πρόκειται να πραγματοποιηθεί σε μεγάλη κλίμακα μέσα στα επόμενα χρόνια. [Van Groenestijn et al, 2019]

Προσπάθειες γίνονται και για την εύρεση εναλλακτικών στον τομέα των αρωματικών, τα οποία προς το παρόν παράγονται από πετρέλαιο, συνήθως ως παραπροϊόν της διεργασίας διύλισης πετρελαίου. Καθώς, η διύλιση πετρελαίου ολοένα και μειώνεται εξαιτίας της αλλαγής σε φυσικό αέριο (από το Κατάρ, αλλά και άλλες χώρες) και σε σχιστολιθικό φυσικό αέριο, αναμένεται έλλειψη στα αρωματικά. Ταυτόχρονα, παραμένει η επιθυμία να παράγονται αρωματικά με βιώσιμο τρόπο (βιοαρωματικά). Για τον σκοπό αυτό, βρίσκονται υπό ανάπτυξη τεχνολογίες για τη μετατροπή υδατανθράκων και λιγνίνης από βιομάζα σε βιοαρωματικά. Η λιγνίνη αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες πηγές αρωματικών στοιχείων στον πλανήτη. [Van Groenestijn et al, 2019]

#### Αέρια ως πρώτη ύλη

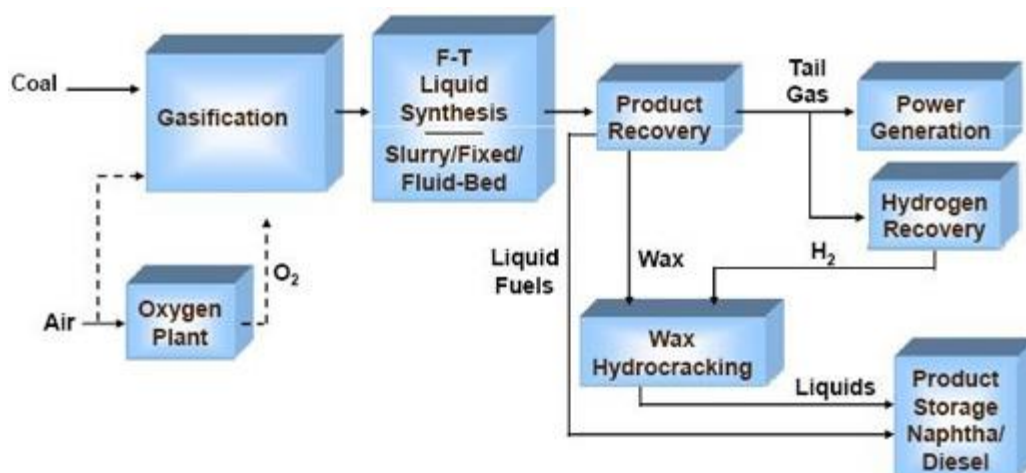
Μία ακόμη, πολλά υποσχόμενη ανάπτυξη αποτελεί η μέθοδος Fischer-Tropsch, η οποία εκμεταλλεύεται πρώτες ύλες με βάση βιολογικά υλικά. Μία μίξη υδρογόνου και διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να μετατραπεί, παρουσία ενός καταλύτη, σε υγρό καύσιμο αποτελούμενο από υδρογονάνθρακες. Το αέριο μίγμα (syngas), στην πράξη, συνήθως εξάγεται από άνθρακα (CTL: coal to liquids) ή φυσικό αέριο (GTL: gas to liquids). Οι μεγάλης κλίμακας εγκαταστάσεις Fischer-Tropsch βρίσκονται σε Μαλαισία, Κατάρ και Νότια Αφρική. Η εναλλακτική, βασισμένη σε βιολογικά υλικά, είναι η BTL (biomass to liquids) κατά την οποία εφαρμόζεται η μέθοδος Fischer-

Tropsch ή κάποια άλλη μέθοδος που παράγει μεθανόλη ή αιθανόλη. Μέχρι στιγμής, δεν υπάρχουν λειτουργικές εγκαταστάσεις BTL, αλλά μόνο πιλοτικές. Αξίζει να αναφερθεί παρ' όλα αυτά, το σχετικά μεγάλο πρότζεκτ επίδειξης που πραγματοποιήθηκε στη Γερμανία, και κατά το οποίο λειτούργησε μία μονάδα με χωρητικότητα 15.000 τόνων καυσίμου / έτος. [Van Groenestijn et al, 2019]

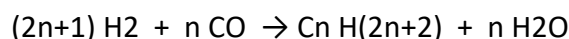
Η μέθοδος Fischer Tropsch (FT), πήρε το όνομά της από τους εφευρέτες της Franz Fischer και Hans Tropsch το 1920. Βάσει της πηγής του συνθετικού αερίου, η τεχνολογία αυτή μπορεί συχνά να αναφερθεί ως coal-to-liquids (CTL) ή gas-to-liquids (GTL). [National Energy Technology Laboratory]

Το σχήμα 24, δείχνει ένα απλοποιημένο διάγραμμα ροής της διαδικασίας ενσωμάτωσης Fischer Tropsch. Η αεριοποίηση περιλαμβάνει όλες τις υποστηρικτικές διαδικαστικές τεχνολογίες διαχείρισης άνθρακα, ανάκτηση θερμότητας, καθαρισμός και συντήρηση συνθετικού αερίου κλπ. Το καθαρό συνθετικό αέριο φεύγοντας από τον κόμβο της αεριοποίησης, καταλήγει στη σύνθεση FT, όπου εκεί μετατρέπεται σε πρωτογενή προϊόντα κεριού, υδρογονανθρακικό κλάσμα, ουραίο αέριο και νερό. Το κεριό στέλνεται σε μία μονάδα αναβάθμισης για υδροπυρόλυση παρουσία υδρογόνου, όπου διασπάται χημικά σε υγρό υδρογονανθράκων μικρότερου μοριακού βάρους. Χρησιμοποιείται μία μονάδα ανάκτησης υδρογόνου για την εξαγωγή της απαιτούμενης ποσότητας υδρογόνου από ουραίο αέριο, ή εναλλακτικά από τη ροή συνθετικού αερίου. Τα προϊόντα αντίδρασης διαχωρίζονται σε τελικά προϊόντα ντίζελ, νάφθα και άλλα, ανάλογα με το επιθυμητό μίγμα προϊόντων. Οι υποδομές υποστηρίζονται από πολλές μονάδες, συμπεριλαμβανομένου του συστήματος μετάδοσης κίνησης. [National Energy Technology Laboratory]

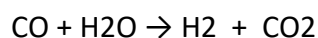
Σχήμα 26. Απλοποιημένο διάγραμμα ροής Fischer Tropsch



Η διαδικασία FT είναι μία καταλυτική χημική αντίδραση κατά την οποία μονοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο μετατρέπονται σε υδρογονάνθρακες διαφόρων μοριακών βαρών:



Το  $n$  είναι ακέραιος αριθμός. Επομένως, για  $n=1$ , η αντίδραση αναπαριστά τον σχηματισμό μεθανίου, ο οποίος στις περισσότερες εφαρμογές CTL ή GTL θεωρείται μη επιθυμητό παραπροϊόν. Οι συνθήκες για τη διαδικασία FT επιλέγονται συνήθως για την μεγιστοποίηση σχηματισμού υγρών καυσίμων υδρογονάνθρακα υψηλού μοριακού βάρους, που αποτελούν προϊόντα υψηλότερης αξίας. Υπάρχουν και άλλες αντιδράσεις που λαμβάνουν μέρος στη διαδικασία, εκ των οποίων η μετατροπή νερού σε αέριο:



Βάσει του καταλύτη και της θερμοκρασίας, μπορούν να αποκτηθούν υδρογονάνθρακες από μεθάνιο μέχρι παραφίνη και ολεφίνη. Θεωρητικά, η μέθοδος FT είναι μία αντίδραση πολυμερισμού μονοξειδίου του άνθρακα. [National Energy Technology Laboratory]

Οι καταλύτες που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση FT βασίζονται σε στοιχεία μετάπτωσης (σίδηρος, κοβάλτιο, νικέλιο και ρουθίνιο). Η ανάπτυξη των καταλυτών έχει αφοσιωθεί στην προτίμηση για γραμμικά αλκάνια υψηλού μοριακού βάρους και ντίζελ. Ανάμεσα σε αυτούς τους καταλύτες είναι γνωστό πως:

- Το νικέλιο (Ni) τείνει να προωθεί τον σχηματισμό μεθανίου, όπως στη διαδικασία μεθανίωσης, κάτι το οποίο γενικά δεν είναι επιθυμητό
- Ο σίδηρος (Fe) έχει γενικά χαμηλό κόστος και μεγαλύτερη δραστηριότητα μετατροπής νερού σε αέριο, και επομένως είναι πιο κατάλληλος για χαμηλότερης αναλογίας H<sub>2</sub>/CO συνθετικό αέριο
- Το κοβάλτιο (Co) είναι πιο ενεργό και γενικά προτιμάται από το ρουθίνιο (Ru) εξαιτίας του ακριβού κόστους του τελευταίου
- Σε σύγκριση με τον σίδηρο, το κοβάλτιο έχει πολύ μικρότερη δραστηριότητα μετατροπής νερού σε αέριο και είναι αρκετά κοστοβόρο

Δεδομένων αυτών των περιορισμών, οι εμπορικά διαθέσιμοι καταλύτες για τη μέθοδο FT είναι είτε βασισμένοι στο κοβάλτιο είτε στον σίδηρο.

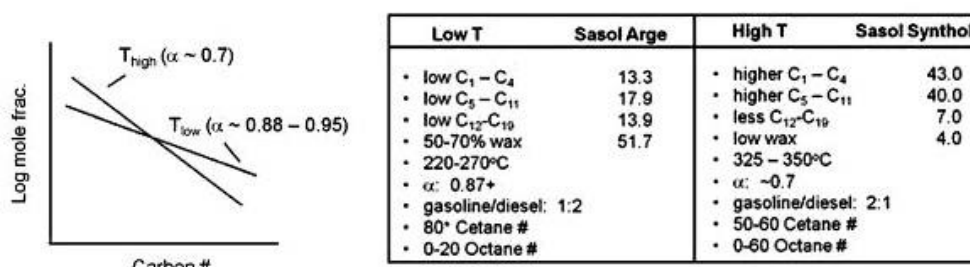
Οι καταλύτες σιδήρου μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε υψηλές θερμοκρασίες (300-350°C) αλλά και σε χαμηλές (220-270°C), ενώ οι καταλύτες κοβαλτίου μόνο σε χαμηλές. Αυτό αποτελεί συνέπεια των υψηλών θερμοκρασιών που προκαλούν περισσότερους σχηματισμούς μεθανίου, που είναι χειρότεροι για το κοβάλτιο από ότι για τον σίδηρο. [National Energy Technology Laboratory]

Οι καταλύτες κοβαλτίου είναι 230 φορές πιο ακριβοί από αυτούς του σιδήρου, αλλά αποτελούν χρήσιμη εναλλακτική για τη σύνθεση FT καθώς επιδεικνύουν δραστηριότητα σε χαμηλότερες πιέσεις, και συνεπώς το ακριβότερο κόστος καταλύτη μπορεί να αντισταθμιστεί από το χαμηλό λειτουργικό κόστος.

Παρόλο που υπάρχουν διαφορές στην κατανομή προϊόντος των καταλυτών σιδήρου και κοβαλτίου σε παρόμοιες θερμοκρασίες και πιέσεις, η κατανομή του προϊόντος καθοδηγείται κυρίως από την επιλογή της λειτουργικής θερμοκρασίας: η υψηλή θερμοκρασία οδηγεί σε αναλογία βενζίνης/ντίζελ 2:1, η χαμηλή θερμοκρασία οδηγεί σε αναλογία βενζίνης/ντίζελ 1:2, ανεξαρτήτως αν ο καταλύτης είναι σίδηρος ή κοβάλτιο. Υψηλότερες θερμοκρασίες μετατοπίζει την επιλεκτικότητα σε προϊόντα χαμηλότερου αριθμού άνθρακα και περισσότερα υδρογονωμένα προϊόντα, ενώ δευτερεύοντα προϊόντα όπως κετόνες και αρωματικά επίσης αυξάνονται. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 25. [National Energy Technology Laboratory]



Σχήμα 27. FT σύνθεση βάσει θερμοκρασίας.



Σχετικά με τη λειτουργία της βιομάζας στη βιομηχανία των χημικών, μία νέα τάση αποτελεί η ηλεκτροδότηση. Ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές (ήλιος, βιομάζα, αέρας) μπορούν να αξιοποιηθούν για τη διεξαγωγή ηλεκτροχημικών μετατροπών. Δηλαδή, μετατροπή μιας ουσίας σε μία άλλη μέσω χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας. Οι πρώτες ύλες μπορεί να προέρχονται είτε από βιομάζα είτε από κάποια άλλη ανανεώσιμη πηγή. Είναι γεγονός, πως βασικά στοιχεία όπως είναι το μεθάνιο, το νερό, το διοξείδιο του άνθρακα, το άζωτο και το νερό, βρίσκονται σήμερα στο επίκεντρο. Για παράδειγμα, μία ηλεκτροχημική μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί για την παραγωγή μεθανόλης από μεθάνιο. Σχετικά με την παραγωγή μεθανικού οξέος, για την οποία χρησιμοποιούνται ορυκτές πηγές, έχει αναπτυχθεί μία εναλλακτική, κατά την οποία, διοξείδιο του άνθρακα μετατρέπεται σε μεθανικό οξύ με ηλεκτρική ενέργεια από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μέχρι στιγμής, οι μέθοδοι αυτοί εφαρμόζονται σε εργαστηριακή κλίμακα. Τέλος, διάφορα προγράμματα συμμετέχουν στην έρευνα και ανάπτυξη της τεχνητής φωτοσύνθεσης. [Van Groenestijn et al, 2019]

### Λιγνίνη ως πρώτη ύλη

Κατά η διαδικασία πολτοποίησης χαρτιού, απελευθερώνεται αρκετά μεγάλη ποσότητα λιγνίνης, η οποία αναμένεται να αυξηθεί κατακόρυφα μόλις τα βιοδιωλιστήρια λιγνοκυτταρίνης γίνουν πιο ενεργά. Μέχρι και σήμερα, η λιγνίνη χρησιμοποιείται ως καύσιμο, ενώ τα λιγνοσουλφονικά ως συγκολλητική ουσία ή πλαστικοποιητές στο σκυρόδεμα. Όσον αφορά τις μικρές ποσότητες λιγνίνης που απελευθερώνονται κατά τη διαδικασία πολτοποίησης σόδας, αυτές

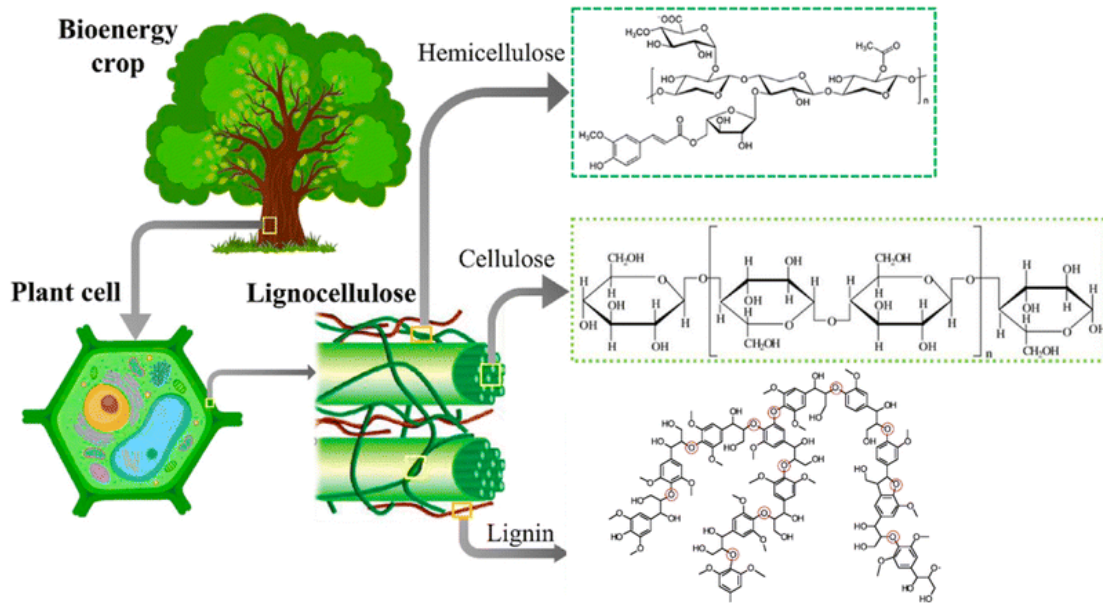
χρησιμοποιούνται σε κόλλες. Στο πλαίσιο έρευνας και ανάπτυξης (R&D), οι δραστηριότητες που επικεντρώνονται στην ανάπτυξη μεθόδων που χρησιμοποιούν τη λιγνίνη ως πρώτη ύλη για την παραγωγή υλικών και χημικών, επεκτείνονται ταχέως. Στις καινούριες διαδικασίες, η λιγνίνη διασπάται σε μονομερή ή τροποποιείται, αξιοποιώντας έτσι τη δομή του πολυμερούς. [Wang et al, 2019]

Για παράδειγμα, η λιγνίνη μπορεί να αντικαταστήσει την πίσσα στην ασφάλτο, καθώς έχει συγκολλητικές ιδιότητες παρόμοιες με αυτές της ορυκτής πίσσας (η κολλώδης ουσία που βρίσκεται στην ασφάλτο). Οι έρευνες έχουν φτάσει σε τέτοιο επίπεδο, που μίγματα λιγνίνης και ασφάλτου έχουν χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή δοκιμαστικών τμημάτων δρόμων και ποδηλατοδρόμων. Ένα παράδειγμα τροποποίησης, όπου αξιοποιείται η δομή του πολυμερούς, είναι ο κλάδος κατασκευής ανθρακονημάτων (ινών άνθρακα) με βάση τη λιγνίνη (lignin based). Το ανθρακόνημα, είναι κατάλληλο για σύνθετα υλικά υψηλής προστιθέμενης αξίας. Ακόμη, από τη λιγνίνη μπορεί να παραχθεί και ενεργός άνθρακας. [Wang et al, 2019]

Μεγάλη βαρύτητα δίνεται στον αποπολυμερισμό λιγνίνης, δηλαδή στην παραγωγή μικρότερων μορίων (μονομερών), συχνά με κάποιο αρωματικό χαρακτηριστικό. Για παράδειγμα, η πυρόλυση μπορεί να αξιοποιηθεί για το σπάσιμο πολυμερών αλυσίδων. Τα μόρια λιγνίνης μπορούν επίσης να σπάσουν με τη χρήση οξέος ή αλισίβας σε υψηλές θερμοκρασίες και υπό πίεση. Με τον τρόπο αυτό, παράγονται μόρια τα οποία περιέχουν ακόμα οξυγόνο, κάτι το οποίο είναι μη επιθυμητό για ορισμένες εφαρμογές, όπως είναι οι εφαρμογές που απαιτούν μικρότερο σημείο βρασμού και τα σταθερά υγρά καύσιμα μεγάλης προστιθέμενης αξίας. Το οξυγόνο αυτό, έχει διαπιστωθεί πως μπορεί να απομακρυνθεί αφήνοντας τα προϊόντα να αντιδράσουν με υδρογόνο παρουσία μεταλλικού καταλύτη. Σε άλλες περιπτώσεις, απαιτείται μεγάλη ποσότητα οξυγόνου, όπως στην παραγωγή οργανικών οξέων. Η λιγνίνη μπορεί μετά να πολυμεριστεί και να οξειδωθεί με όζον ή υπεροξείδιο του υδρογόνου παρουσία μεταλλικού οξειδίου. Όλες αυτές οι διαδικασίες έχουν δοκιμαστεί σε επίπεδο εργαστηρίου. Το μεγαλύτερο πρόβλημα αυτής της ανάπτυξης είναι πως πάντα δημιουργείται ένα μίγμα μονομερών, για το οποίο ευθύνεται η ετερογενής σύνθεση της λιγνίνης. Πολλές μελέτες έχουν επικεντρωθεί στην αναζήτηση καταλυτών που επιτρέπουν σε συγκεκριμένα προϊόντα στο μίγμα να

υπερισχύσουν. Οι ευκαιρίες εδώ, κρύβονται στην παραγωγή καυσίμων αεροσκαφών και την αντικατάσταση της φαινόλης. [Van Groenestijn et al, 2019]

Σχήμα 28. Συστατικά λιγνοκυτταρίνης



#### 4.4 Εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας

Οι επιπτώσεις της πανδημίας έχουν διδάξει πολλά μαθήματα. Ένα σημαντικό μάθημα είναι πως ο παγκόσμιος ενεργειακός τομέας θα πρέπει να αντιμετωπίσει τις ευαισθησίες που αφορούν σε υποδομές και να υιοθετήσει νέους τρόπους διαχείρισης μετά την πανδημία. Τις προηγούμενες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί μεγάλη εξάρτηση στα ορυκτά καύσιμα ως πρωταρχική πηγή ενέργειας. Ωστόσο, οι πρόσφατες μη σταθερές τιμές των ορυκτών καυσίμων μπορεί να πείσουν τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων να επιταχύνουν την μετατόπιση σε κλιματική ουδετερότητα παγκοσμίως. Επομένως, είναι απαραίτητο να μείνουν πίσω οι βιομηχανίες που μολύνουν και να μειωθούν οι ευαισθησίες των υποδομών επενδύοντας σε εφοδιαστικές αλυσίδες που βασίζονται σε ανανεώσιμη ενέργεια. Σε αυτό το πλαίσιο, η Παγκόσμια Ένωση Βιοενέργειας (IEA Bioenergy) έχει υποστηρίξει θερμά τη βιομάζα ως προς την εξάλειψη των ενεργειακών ανησυχιών κατά την πανδημία. Συγκεκριμένα, έχει επισημάνει την ευελιξία και τη μακροζωία των πηγών

βιομάζας, που είναι απαραίτητα για την ανάκαμψη του ενεργειακού τομέα. [Andiappan et al, 2021]

#### 4.4.1 Συνεργασία στην εφοδιαστική αλυσίδα βιομάζας

Η πανδημία αποδεδειγμένα, είχε δημιουργήσει εμπόδια στην ομαλή λειτουργία των εφοδιαστικών αλυσίδων παγκοσμίως, συμπεριλαμβανομένης και της εφοδιαστικής αλυσίδας της βιομάζας. Καθώς πολλά εργοστάσια και πολλές αποθήκες κλείσανε, η αποτελεσματικότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας μειώθηκε. Εκείνη την περίοδο υπήρχε έντονη αβεβαιότητα σχετικά με το εάν υπάρχει αρκετή προσφορά για να διατηρηθούν οι αλυσίδες προμήθειας σε μακροπρόθεσμο χρονικό διάστημα (Dragon et al. 2020) για να υποστηρίξουν τη βιοοικονομία. Αυτή η αβεβαιότητα ανάγκασε τους περισσότερους χρήστες βιομάζας, πολλές φορές να προμηθεύονται βιομάζα από διάφορες πηγές χωρίς να καταγράφουν την προέλευσή της ή την ποιότητά της. Αυτό, στη συνέχεια, δημιουργούσε επιπλέον δυσκολίες στον προσδιορισμό τάσεων και έκανε τον σχεδιασμό πιο περίπλοκο. Έτσι, η ιχνηλασιμότητα και η συνεργασία είναι δύο κρίσιμα σημεία όπου οι αλυσίδες εφοδιασμού βιομάζας πρέπει να δίνουν επιπλέον βαρύτητα (Dragon et al. 2020).

Η τεχνολογία blockchain η οποία συνδέει όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη της εφοδιαστικής αλυσίδας της βιομάζας έχει την ικανότητα να καλύψει τις ανάγκες για την απαιτούμενη διαφάνεια. Στο παρελθόν η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει χρησιμοποιηθεί σε βιομηχανικές εφαρμογές καθώς επίσης και σε εφαρμογές της εφοδιαστικής αλυσίδας. Για την εφοδιαστική αλυσίδα της βιομάζας αυτή η εφαρμογή μπορεί να παρέχει πληροφορίες για την προέλευση της βιομάζας από τους προμηθευτές. Επιπλέον, παρέχει πληροφορία σε πραγματικό χρόνο αναφορικά με την διαθεσιμότητα αποθεμάτων βιομάζας. Εν ολίγοις, το blockchain έχει τη δυνατότητα να βελτιστοποιήσει τις διαδικασίες της αλυσίδας εφοδιασμού της βιομάζας. [Andiappan et al, 2021]

Αυτό που απαιτείται όμως για την εφαρμογή του blockchain στις διαδικασίες της εφοδιαστικής αλυσίδας είναι η εμπιστοσύνη μεταξύ των ενδιαφερόμενων μελών. Η αγορά της εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας αποτελείται κυρίως από ανεξάρτητες

μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις (SMEs) όπου ανταγωνίζονται μεταξύ τους. Αυτό μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο στην διαφανή συνεργασία που απαιτείται. Η ενημέρωση των ενδιαφερόμενων μερών για τα πιθανά οφέλη όπου μπορούν να προσκομίσουν από την μεταξύ τους συνεργασία ενδέχεται να τους ενθαρρύνει στο να υπάρχει συνεχώς ανοιχτή διάυλος επικοινωνίας και διαφάνειας μεταξύ τους. [Andiappan et al, 2021]

#### 4.4.2 Ψηφιοποίηση και αυτοματοποίηση

Υπό την υπάρχουσα παγκόσμια κρίση υγείας, η ανθρώπινη επαφή μέσα στην εφοδιαστική αλυσίδα μειώθηκε. Οι τομείς που αποτελούνται από εργάτες χειρωνακτικής εργασίας έδειξαν φτωχή ανθεκτικότητα στην πανδημία. Επομένως, τα ενδιαφερόμενα μέρη θα πρέπει να εκμεταλλευτούν αυτή την ευκαιρία για να αναθεωρήσουν και να ανακατασκευάσουν την σημερινή εφοδιαστική αλυσίδα, ώστε να γίνει πιο ανθεκτική σε τέτοιες διακοπές. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την ψηφιοποίηση και την αυτοματοποίηση. [Andiappan et al, 2021]

Οι γεωργικές δραστηριότητες είναι συνήθως χειρωνακτικές. Για παράδειγμα, η χρήση αυτοματοποιημένων ρομπότ για δραστηριότητες φύτευσης σε καλλιέργειες μπορεί να χαλαρώσει τις απαιτήσεις εργατών. Εκτός αυτών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν drones για συλλογή πληροφοριών μέσα από την ανίχνευσή τους. Επομένως, τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί με αυτό τον τρόπο μπορούν να καθορίσουν τις επόμενες δράσεις που αφορούν στα αυτοματοποιημένα ρομπότ. Από την άλλη μεριά, τα συλλεγμένα δεδομένα μπορεί να φανούν χρήσιμα στη λίπανση με ακρίβεια και άλλες διαδικασίες. Για να βελτιωθεί η ευρωστία στα analytics δεδομένων στον αγροτικό τομέα, εργαλεία τεχνητής νοημοσύνης μπορούν να ληφθούν υπόψη. [Andiappan et al, 2021]

Εκτός αυτών, η αυτοματοποίηση διαδικασιών παίζει σπουδαίο ρόλο στη μείωση της ανθρώπινης εξάρτησης. Από την άλλη μεριά, η πιθανότητα χρήσης μεγάλων δεδομένων, cloud και IoT στις υποδομές μετατροπής βιομάζας έχει ήδη αρχίσει να ερευνάται. Για παράδειγμα, IoT σημαίνει πως οι αισθητήρες του εξοπλισμού είναι

απομακρυσμένα συνδεδεμένοι, και επομένως ενεργοποιείται η απομακρυσμένη συλλογή δεδομένων και ανάλυσή τους. Με άλλα λόγια, ο έλεγχος των υποδομών μετατροπής βιομάζας μπορεί πλέον να πραγματοποιείται απομακρυσμένα. Αυτό είναι αρκετά ελκυστικό για μία αποδοτική διαχείριση, ειδικά σε μία κατάσταση πανδημίας που απαιτεί την ελάχιστη δυνατή ανθρώπινη επαφή. Πέρα από τον έλεγχο, τα συλλεγμένα δεδομένα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως αναφορά για τη διαχείριση πόρων αποθήκευσης και τον προγραμματισμό. Τέλος, και άλλες τεχνικές με δεδομένα μπορούν να φανούν χρήσιμες για την ισχυροποίηση της εφοδιαστικής αλυσίδας βιομάζας. Για παράδειγμα, η τεχνολογία ψηφιακού διδύμου μπορεί να εφαρμοστεί για την ανάπτυξη ενός ψηφιακού κλώνου της φυσικής εφοδιαστικής αλυσίδας. Τα δεδομένα από την φυσική αλυσίδα βιομάζας θα εισάγονται στο ψηφιακό μοντέλο σε πραγματικό χρόνο, ενώ ο έξυπνος κλώνος μπορεί να αποφασίζει για διάφορες διορθωτικές δράσεις χωρίς τη χρήση ανθρώπινου χεριού. [Andiappan et al, 2021]

#### 4.4.3 Ενεργειακή παραγωγή από βιομάζα με έμφαση στις κοινότητες

Σε περιόδους κρίσης, η ενεργειακή ασφάλεια είναι απαραίτητο κομμάτι στη διατήρηση της οικονομίας. Η πρόσφατη πανδημία έχει αναγκάσει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων του ενεργειακού τομέα να επανεξετάσουν την ατζέντα ενεργειακής παραγωγής. Η ενεργειακή παραγωγή στα περισσότερα μέρη του κόσμου εξαρτάται ακόμα αρκετά από τα ορυκτά καύσιμα και τα κεντροποιημένα ενεργειακά συστήματα. Τα κεντροποιημένα ενεργειακά συστήματα προσφέρουν οφέλη όσον αφορά στην αποδοτική διαχείριση. Ωστόσο, δεν κατέχουν τα επίπεδα ετοιμότητας ώστε να απορροφήσουν διακοπές κατά την πανδημία. Στα πλαίσια του covid-19, ορισμένες μονάδες ενέργειας χρειάστηκε να μπουν σε καραντίνα. Τέτοιοι περιορισμοί εργασίας οδηγούν σε μείωση παραγωγικότητας. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια ενεργειακών διακοπών, η έλλειψη τεχνικής υποστήριξης εξαιτίας των περιορισμών οδηγεί σε καθυστερημένη αποκατάσταση. Αυτό με τη σειρά του οδηγεί σε ενεργειακή έλλειψη. [Andiappan et al, 2021]

Υπάρχει η ανάγκη για πιο δυνατές λύσεις στην ενεργειακή ασφάλεια. Ωστόσο, υπάρχει μία πιθανή λύση σε αυτό, η αποκεντροποιημένη παραγωγή ενέργειας, η

οποία αναφέρεται στα συστήματα που παράγουν και αποθηκεύουν ενέργεια στην περιοχή (ή κοντά σε αυτή) που θα καταναλωθεί. Με αυτή την τακτική, τα συστήματα μπορούν να προσφέρουν αποδοτικές λύσεις μέσα στην κρίση αλλά και μετά, σε σύγκριση με τα κεντροποιημένα συστήματα. Επιπλέον, τα συστήματα αποκεντροποιημένης ενεργειακής παραγωγής συχνά βασίζονται σε εγχώριες ενεργειακές πηγές. Σε αυτό το πλαίσιο, η βιομάζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρώτη ύλη για την παραγωγή ενέργειας σε τοπικές κοινότητες. Η βιομάζα μπορεί να συλλεχθεί από πηγές όπως απορρίμματα φαγητού, αστικά και αγροτικά απορρίμματα. Επομένως, οι εφοδιαστικές αλυσίδες βιομάζας θα πρέπει να έχουν ισχυρό ρόλο στην εξασφάλιση μίας σταθερής προμήθειας βιομάζας. Ωστόσο, οι δοκιμασίες που σχετίζονται με τα συστήματα αποκεντροποιημένης ενεργειακής παραγωγής είναι οι οικονομίες κλίμακας. Τα συστήματα αποκεντροποιημένης ενεργειακής παραγωγής που τροφοδοτούνται από βιομάζα είναι συχνά κοστοβόρο να αυξηθούν. Αυτό συμβαίνει επειδή υπάρχουν ακόμα πολλές επιδοτήσεις που εστιάζουν σε κεντροποιημένα συστήματα ορυκτών καυσίμων. Όπως γίνεται αντιληπτό, περισσότερες επιδοτήσεις θα πρέπει εστιάσουν στα συστήματα παραγωγής ενέργειας από βιομάζα ώστε να γίνουν πιο ανταγωνιστικά. [Andiappan et al, 2021]

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Είναι γεγονός, πως η βιομάζα διαθέτει μία μεγάλη σειρά από ιδιότητες, πράγμα που σημαίνει πως μπορεί να αξιοποιηθεί με πολλούς τρόπους και σε πολλούς τομείς. Πρόκειται λοιπόν, για υψίστης σημασίας πρώτη ύλη που δραστηριοποιείται σε πολλούς τομείς και μπορεί να παρέχει ευρύ φάσμα προϊόντων αλλά και ενέργεια. Η αποδοτική και βιώσιμη χρήση της βέβαια, εξαρτάται από τον κατάλληλο συνδυασμό ιδιοτήτων βιομάζας, τεχνολογίας μετατροπής της, καθώς και εφαρμογής.

Στα πλαίσια της κλιματικής αλλαγής, η βιομάζα γίνεται ολοένα και πιο σημαντική ως πρώτη ύλη που αντικαθιστά τους ορυκτούς πόρους, τα οποία εγείρουν κρίσιμα προβλήματα. Στο ίδιο πλαίσιο κυμαίνεται και η κυκλική οικονομία, η οποία προωθεί την παύση εξάντλησης των φυσικών πόρων, την επαναχρησιμοποίηση, την ανακατασκευή και την ανακύκλωση. Συμπεραίνεται λοιπόν, πως η βιομάζα αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της Κυκλικής Οικονομίας και της πορείας προς μία βιώσιμη ανάπτυξη και διαχείριση πόρων.

Αναμφίβολα, η ανθρωπότητα βρίσκεται σε μία εποχή άκρως κατάλληλη για την αξιοποίηση ευκαιριών με στόχο την ανάπτυξη μίας μετασχηματιστικής, συμπεριληπτικής, βιώσιμης και κυκλικής βιο-οικονομίας. Είναι ζωτικής σημασίας, το οικονομικό αυτό μοντέλο, να συμπεριλαμβάνει όλους τους πολίτες, να προωθεί την καινοτομία και να προτείνει λύσεις για τουλάχιστον μερική οικονομική επαναφορά στην μετα-Covid-19 εποχή. Κρίνεται σκόπιμο, να μετατρέψουμε το γνωστό σλόγκαν “no one left behind” σε “leaving no one out”. Αυτό θα επιτευχθεί πρακτικά, μέσω της προώθησης βραχυπρόθεσμων και μακροπρόθεσμων στρατηγικών πολιτικών και στήριξης σχετικών κοινοτήτων. Οι δράσεις αυτές είναι σημαντικό να ευθυγραμμιστούν με το νέο Πλάνο Δράσης για την Κυκλική Οικονομία (CEAP) της Ευρωπαϊκής Ένωσης, συμπεριλαμβανομένων των δράσεων για παγκόσμια επιρροή.

Οι κυβερνήσεις οφείλουν να αξιοποιήσουν αυτή τη δύσκολη περίοδο της πανδημίας και να μάθουν μέσα από αυτή, ώστε να μην υπάρχει οπισθοδρόμηση στα περιβαλλοντολογικά στάνταρντ. Επομένως, είναι απαραίτητη η διεξαγωγή αναλυτικών ερευνών για την πλήρη κατανόηση και σύνδεση μεταξύ της κυκλικής



οικονομίας από τη μία και της αντιμετώπισης των επιπτώσεων της πανδημίας και της βελτίωσης της αγροτικής και αστικής βιωσιμότητας από την άλλη. Παράλληλα με την ανάκαμψη της οικονομίας και των βιομηχανικών κλάδων, είναι ζωτικής σημασίας να επανέλθουν και άλλοι τομείς όπως ο τουρισμός. Τέλος, είναι σημαντικό να αρχίσουν να ενσωματώνονται όλο και περισσότερο οι τομείς της κοινωνίας και της κουλτούρας στις συζητήσεις αλλά και στα μέτρα σχετικών δράσεων. Οι τέχνες, αλλά ακόμα και η μόδα, αποτελούν κρίσιμα στοιχεία της κοινωνίας και επομένως και των κοινωνικών αλλαγών και στόχων. Επομένως, θα πρέπει και αυτά να λαμβάνουν σχετική στήριξη στα πλαίσια μίας βιώσιμης και πράσινης κοινωνίας.

## Βιβλιογραφία

Alcantara J, Mondala A, Hughey L, Shields S. Direct Succinic Acid Production from Minimally Pretreated Biomass Using Sequential Solid-State and Slurry Fermentation with Mixed Fungal Cultures. 2017. [DOI:10.3390/fermentation3030030](https://doi.org/10.3390/fermentation3030030)

Agriculture and Agri-Food Canada. Government Invests in Canada's First National Bioeconomy Strategy to Help Grow a Clean Economy. 2019. <https://www.canada.ca/en/agriculture-agri-food/news/2019/05/government-invests-in-canadas-first-national-bioeconomy-strategy-to-help-grow-a-clean-economy.html>

Biomass Heat Works. BHW Urges UK Government To Keep Biomass Supply Chains Open. Biomass Magazine. 2020. <https://biomassmagazine.com/articles/bhw-urges-uk-government-to-keep-biomass-supply-chains-open-16919>

Ekins P, Domenech T, Drummond P, Bleischwitz R, Hughes N, Lotti L. The Circular Economy: What, Why, How and Where. Managing environmental and energy transitions for regions and cities. 2020. <https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Ekins-2019-Circular-Economy-What-Why-How-Where.pdf>

Energy Information Administration. Biomass Explained. 2021. <https://www.eia.gov/energyexplained/biomass/>

European Biomass Industry Association. Biomass resources. <https://www.eubia.org/cms/wiki-biomass/biomass-resources/>

European Commission. Circular economy action plan. 2020. [https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy-action-plan_en)

European Commission. Environmental cooperation with other countries. [https://environment.ec.europa.eu/international-cooperation/environmental-cooperation-other-countries\\_en](https://environment.ec.europa.eu/international-cooperation/environmental-cooperation-other-countries_en)

Fekete BM. Biomass. Climate Vulnerability. 2013, 3. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384703-4.00312-9>

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Bioenergy: biofuel production chains, biomass feedstock and conversion technologies. 2010. <https://www.fao.org/3/i1968e/i1968e02.pdf>

Fritsche U, Brunori G, Chiaramonti D, Galanakis C, Matthews R, Panoutsou C. Future transitions for the Bioeconomy towards Sustainable Development and a Climate-

Neutral Economy - Bioeconomy opportunities for a green recovery and enhanced system resilience. European Commission. 2021. <https://doi.org/10.2760/831176>

Galanakis CM, Brunori G, Chiamonti D, Matthews R, Panoutsou C, Fritscheg UR. Bioeconomy and green recovery in a post-COVID-19 era. *Science of The Total Environment* 2022. 808: 152180. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152180>

González-Sánchez R, Alonso-Muñoz S, Medina-Salgado MS. Circularity in waste management: a research proposal to achieve the 2030 Agenda. *Oper Manag Res*. 2023 Apr 21:1–21. <https://doi.org/10.1007/s12063-023-00373-0>

Groenestijn J, Harmsen P, Bos H. Everything you wanted to know about biomass but were afraid to ask. *Biomass for the Circular Economy*. 2019. <https://groenkennisnet.nl/portlet/biobased-economy/resultaat/biomass-for-the-circular-economy--everything-you-wanted-to-know-about-biomass-but-were-afraid-to-ask?id=984692>

Hawkins W. (2020). Survey: COVID-19 Impacts Raw Material Availability For Pellets. Ανάκτηση από: <https://biomassmagazine.com/articles/survey-covid-19-impacts-raw-material-availability-for-pellets-17056>

International Energy Agency. Exploring the impacts of the Covid-19 pandemic on global energy markets, energy resilience, and climate change. 2022. <https://www.iea.org/topics/covid-19>

Jørgensen SE. Biomass. *Encyclopedia of Ecology*. 2008. 448-453. <https://doi.org/10.1016/B978-008045405-4.00689-3>

Kladisios P, Sagia A. A Review on Supercritical Water Gasification of Biomass. 2022. <https://www.iomcworld.org/articles/a-review-on-supercritical-water-gasification-of-biomass-94265.html>

Kumar S, Darshna A, Ranjan D, A review of literature on the integration of green energy and circular economy, *Heliyon*, 9, 2023, e21091. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21091>

Kummamuru B, Rakos C. COVID-19: Impacts and Future Outlook for Bioenergy Sector. 2020. <https://www.renewable-ei.org/en/activities/column/REupdate/20200728.php>

Kulisic B, Gagnon B, Schweinle J, Van Holsbeeck S, Brown, M.; Simurina J, Dimitriou I, McDonald H. The Contributions of Biomass Supply for Bioenergy in the Post-COVID-19 Recovery. *Energies* 2021, 14, 8415. <https://doi.org/10.3390/en14248415>

Lange L, Connor KO, Arason S, Bundgård-Jørgensen U, Canalis A, Carrez D, Gallagher J, Gøtke N, Huyghe C, Jarry B, Llorente P, Marinova M, Martins LO, Mengal P, Paiano P, Panoutsou C, Rodrigues L, Stengel DB, van der Meer Y and Vieira H (2021) Developing a Sustainable and Circular Bio-Based Economy in EU: By Partnering Across Sectors, Upscaling and Using New Knowledge Faster, and For the Benefit of Climate,

Environment & Biodiversity, and People & Business. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 8:619066. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.619066>

Mujtaba M, Fraceto LF, Fazeli M, Mukherjee S, Savassa SM, de Medeiros GA, do Espírito Santo Pereira A, Mancini SD, Lipponen J, Vilaplana F, Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: a review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics, *Journal of Cleaner Production*, 402, 2023, 136815, ISSN 0959-6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136815>

Olabi V, Wilberforce T, Elsaid K, Sayed ET, Abdelkareem AM. Impact of COVID-19 on the Renewable Energy Sector and Mitigation Strategies. *Chemical Engineering & Technology*. 2022, 45, 0930-7516. <https://doi.org/10.1002/ceat.202100504>

Rejeb A, Rejeb K, Appolloni A. Circular Economy Research in the COVID-19 Era: a Review and the Road Ahead. *Circ.Econ.Sust.* 2023. <https://doi.org/10.1007/s43615-023-00265-2>

Rezania S, Oryani B, Nasrollahi VR, Darajeh N, Lotfi GM, Mehrazamir K. Review on Waste-to-Energy Approaches toward a Circular Economy in Developed and Developing Countries. *Processes* 2023, 11, 2566. <https://doi.org/10.3390/pr11092566>

Sajid Z. A dynamic risk assessment model to assess the impact of the coronavirus (COVID-19) on the sustainability of the biomass supply chain: A case study of a U.S. biofuel industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2021, 151:111574. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111574>

Sharma HB, Vanapalli KR, Samal B, Cheela VRS, Dubey BK, Bhattacharya J. Circular economy approach in solid waste management system to achieve UN-SDGs: Solutions for post-COVID recovery. *Sci Total Environ*. 2021, 800:149605. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149605>

Sidiras D, Politi D, Giakoumakis G, Salapa I. Simulation and optimization of organosolv based lignocellulosic biomass refinery: A review. *Bioresource Technology*. 2022. 343:126158. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.126158>

Singh J. The Way Of Recruiting Carbon Atom To Support Life. 2021. <https://www.knowex.com/blog/the-way-of-recruiting-carbon-atom-to-support-life>

Tanveer M, Khan S.A.R, Umar M. Waste management and green technology: future trends in circular economy leading towards environmental sustainability. *Environ Sci Pollut Res* 29, 80161–80178. 2022. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23238-8>

United Nations Industrial Development Organization. (2020) Circular economy. Ανάκτηση από: <https://www.unido.org/our-focus-cross-cutting-services/circular-economy>

U.S Department of Energy. Biomass Resources. Ανάκτηση από:  
<https://www.energy.gov/eere/bioenergy/biomass-resources>

Viaggi, D., Zavalloni, M. Bioeconomy and Circular Economy: Implications for Economic Evaluation in the Post-COVID Era. *Circ.Econ.Sust.* 1, 2021, 1257–1269. <https://doi.org/10.1007/s43615-021-00113-1>

World Bioenergy Association. (2020). COVID19 and Bioenergy: Impacts and future outlook. Ανάκτηση από:  
<https://www.worldbioenergy.org/uploads/200612%20WBA%20COVID%20Survey%20Report%20Final.pdf>

World Bioenergy Association (2020). Global Bioenergy Statistics 2020. Ανάκτηση από:  
<http://www.worldbioenergy.org/uploads/201210%20WBA%20GBS%202020.pdf>

Zahraee SM, Shiwakoti N, Stasinopoulos P. Agricultural biomass supply chain resilience: COVID-19 outbreak vs. sustainability compliance, technological change, uncertainties, and policies. *Cleaner Logistics and Supply Chain.* 2022, 4:100049.  
<https://doi.org/10.1016/j.clscn.2022.100049>

Zanoletti A, Cornelio A, Bontempi E. A post-pandemic sustainable scenario: What actions can be pursued to increase the raw materials availability? *Environ Res.* 2021;202:111681. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111681>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας. Το νέο σχέδιο δράσης της Ελλάδας. 2021.  
[https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2021/03/NEO\\_SXEDIO\\_DRASIS\\_KUKLIKH\\_OIKONOMIA.pdf](https://ypen.gov.gr/wp-content/uploads/2021/03/NEO_SXEDIO_DRASIS_KUKLIKH_OIKONOMIA.pdf)