



Πολυτεχνείο Κρήτης

Σχολή Χημικών Μηχανικών και Μηχανικών
Περιβάλλοντος

Κατεύθυνση: Μηχανικού Περιβάλλοντος

ΘΕΜΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ανάπτυξη δεικτών για την αξιολόγηση προϊόντων μέσω του
ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος για βιομηχανικές εφαρμογές

ΞΕΝΑΚΗ ΕΛΕΝΗ

(201350072)

Εξεταστική επιτροπή

ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΔΙΟΝΥΣΙΑ ΚΟΛΟΚΟΤΣΑ (ΕΠΙΒΛΕΠΟΥΣΑ)

ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΡΥΦΩΝ ΔΑΡΑΣ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΡΑΜΠΑΤΖΗΣ

ΧΑΝΙΑ, 2025

“Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για μη κερδοσκοπικό σκοπό, εκπαιδευτικού ή ερευνητικού χαρακτήρα, με την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για άλλη χρήση θα πρέπει να απευθύνονται προς τη συγγραφέα. Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τη συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Πολυτεχνείου Κρήτης”.

Ευχαριστίες

Οφείλω να ευχαριστήσω πρώτη απ' όλους την επιβλέπουσα της διπλωματικής μου εργασίας, την Καθηγήτρια Διονυσία Κολοκοτσά, κοσμήτορα της σχολής ΧΗΜΗΠΕΡ και υπεύθυνη του Εργαστηρίου Δομημένου Περιβάλλοντος και Διαχείριση Ενέργειας, στον τομέα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Ενέργειας, Βιώσιμης Ανάπτυξης και Κλιματικής αλλαγής.

Έπειτα, ευχαριστώ τον αναπληρωτή Καθηγητή Τρύφων Δάρα, υπεύθυνο του Εργαστηρίου Στοχαστικών Μοντέλων ανάπτυξης καρκινικών όγκων στον τομέα Ανάπτυξης, Ανάλυσης & Σχεδιασμού Διεργασιών, ο οποίος διετέλεσε μέλος της τριμελούς μου επιτροπής.

Ακόμα, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Επίκουρο Καθηγητή της σχολής Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Γεώργιο Αραμπατζή, ο οποίος διετέλεσε μέλος της τριμελούς μου επιτροπής. Η βοήθεια και η καθοδήγησή του ήταν πολύτιμη.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες προς τον Διδάκτορα Νικόλαο Σηφάκη για την άριστη συνεργασία, καθώς μου προσέφερε συμβουλές και υποδείξεις, βοηθώντας σε μεγάλο και με καθοριστικό τρόπο την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Πολλές ευχαριστίες και στην Υποψήφια Διδάκτορα, Μαρία Αρυμπλιά, για την πολύτιμη βοήθειά της. Γνωρίζοντας άριστα το θέμα της παρούσας εργασίας, η βοήθειά της ήταν καθοριστική και καταλυτικής σημασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και να εκφράσω την αγάπη μου, στην οικογένεια μου και στους φίλους μου, για την υποστήριξή τους

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	1
Abstract	2
Πίνακας συντομογραφιών	3
Κατάλογος πινάκων.....	4
Κατάλογος εξισώσεων.....	6
Κατάλογος διαγραμμάτων	8
Κατάλογος εικόνων	9
Εισαγωγή.....	1
1.1 Κλιματική αλλαγή.....	1
1.1.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	1
1.1.2 Συστατικά αερίων θερμοκηπίου	2
1.2 Συνέπειες κλιματικής αλλαγής.....	3
1.2.1 Περιβαλλοντικές συνέπειες	3
1.2.2 Οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες.....	5
1.3 Κλιματική δικαιοσύνη	6
1.4 Κυκλική οικονομία.....	7
1.4.1 Διαφορές γραμμικής και κυκλικής οικονομίας.....	7
1.4.2 Βασικές αρχές της κυκλικής οικονομίας	8
1.5 Βιώσιμη ανάπτυξη.....	10
1.5.1 Στόχοι βιώσιμη ανάπτυξης.....	11
1.6 Ανάλυση κύκλου ζωής.....	14
1.7 Δράσεις μείωσης εκπομπών CO ₂	15
1.7.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	15

1.7.2	Χρήση ΑΠΕ σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.....	17
1.7.3	Μείωση εκπομπών εναέριων μέσων	18
1.7.4	Ηλεκτρικά οχήματα	19
1.7.5	Ανακύκλωση υλικών.....	20
1.8	Ανάλυση συστημάτων πληροφοριών και μεγάλα δεδομένα (Big Data)	21
1.8.1	Δεδομένα.....	21
1.8.2	Εργαλεία εξαγωγής δεδομένων	23
1.8.3	Πλεονεκτήματα στην χρήση δεδομένων.....	23
1.8.4	Σύνδεση δεδομένων και κυκλικής οικονομίας	24
1.9	Ψηφιοποίηση δεδομένων	25
1.9.1	Cloud computing ή ψηφιακό νέφος.....	26
1.9.2	Artificial Intelligence (AI) ή τεχνητή νοημοσύνη	26
1.9.3	Blockchain.....	27
1.9.4	Digital twins (DT) - Ψηφιακά δίδυμα	27
1.9.5	Internet of Things (IoT).....	28
1.10	Ευρωπαϊκή Περιβαλλοντική νομοθεσία	29
1.11	Εργαλεία για την επίτευξη των στόχων της ΕΕ	30
1.11.1	Ενεργειακές ετικέτες	30
1.11.2	Επισήμανση οχημάτων.....	31
1.11.3	Οικολογικό σήμα ΕΕ	31
1.11.4	Ψηφιακό Διαβατήριο Προϊόντος	32
2	Ψηφιακό Διαβατήριο Προϊόντος	33
2.1	Υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων	33

2.2	Δεδομένα και πληροφορίες που περιέχονται σε ένα ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος	34
2.2.1	Κατηγορίες δεδομένων	35
2.3	Σημασία ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων στην κυκλική οικονομία	37
2.4	Βήματα και απαιτήσεις δημιουργίας των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων	38
2.4.1	Ανάλυση των απαιτήσεων.....	38
2.4.2	Σχεδιασμός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος	39
2.4.3	Ψηφιακές τεχνολογίες στον σχεδιασμό των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων.....	39
2.4.4	Αρχή εφαρμογής ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων	39
2.4.5	Αξιολόγηση των επιπτώσεων	40
2.4.6	Αρχή διακυβέρνησης των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων	40
2.4.7	Ρυθμίσεις υλοποίησης ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων.....	40
2.4.8	Αρχή βελτίωσης των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων	41
2.5	Τρόποι απεικόνισης ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος	41
2.5.1	Barcodes	41
2.5.2	Quick Response Codes ή QR codes.....	42
2.5.3	Συστήματα NFC.....	43
2.5.4	Σύστημα RFID	44
2.6	Πλεονεκτήματα της χρήσης ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος	44
2.6.1	Για το περιβάλλον	45
2.6.2	Για τους καταναλωτές	45
2.6.3	Για τους κατασκευαστές.....	46
2.6.4	Για τους προμηθευτές	47
2.6.5	Για τη διαχείριση απορριμμάτων και για την ανακύκλωση	48

2.6.6	Για κρατικούς φορείς.....	48
2.7	Προκλήσεις ή δυσκολίες στην δημιουργία ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος 49	
2.7.1	Κοινωνικές προκλήσεις	49
2.7.2	Προκλήσεις για τις εταιρείες.....	49
2.7.3	Ανησυχία των βιομηχανιών σχετικά με την δημοσίευση στοιχείων	51
2.7.4	Διαφορετικές πολιτικές χωρών σχετικά με την κυκλική οικονομία	51
2.8	Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος.....	52
2.8.1	Χρήση Blockchain στα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων	53
2.8.2	Χρήση Digital Twins στα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων	53
2.8.3	Κρυπτογράφηση δεδομένων.....	53
2.9	Σύγκριση εργαλείων πιστοποίησης με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων	54
2.9.1	Σήμανση προϊόντων με το οικολογικό σήμα της ΕΕ	54
2.9.2	Πιστοποίηση ISO.....	54
2.9.3	Οργανική πιστοποίηση.....	55
2.10	Παραδείγματα εφαρμογής ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων.....	55
2.10.1	Παραδείγματα εφαρμογής σε μπαταρίες.....	55
2.10.2	Παράδειγμα εφαρμογής σε προϊόντα ένδυσης.....	57
2.10.3	Παραδείγματα εφαρμογής σε υπηρεσίες.....	59
2.10.4	Παράδειγμα εφαρμογής σε κτίρια.....	59
2.10.5	Παράδειγμα εφαρμογής σε τρόφιμα.....	61
3	Μεθοδολογία	62
3.1	Δείκτες βιωσιμότητας.....	62
3.2	Βασικά χαρακτηριστικά των δεικτών.....	63

3.3	Χρησιμότητα των δεικτών	64
3.4	Προσδιορισμός δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας	64
3.4.1	Δείκτης χρήσης γης (<i>Land Use Index</i>)	64
3.4.2	Δείκτης βιοποικιλότητας (<i>Biodiversity Index</i>)ή Δείκτης υγείας των ειδών (<i>Species Health Index</i>).....	65
3.4.3	Δείκτης Κατανάλωσης Νερού (<i>Water Consumption Index</i>)	66
3.4.4	Δείκτης αποτύπωμα άνθρακα (<i>Carbon footprint</i>).....	67
3.4.5	Δείκτης έντασης άνθρακα (<i>Carbon Intensity</i>)	68
3.4.6	Δείκτης ενεργειακής απόδοσης (<i>Energy Performance Indicator</i>)	69
3.4.7	Δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (<i>Energy Consumption</i>).....	69
3.4.8	Δείκτης χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (<i>Renewable Energy Use</i>)	70
3.4.9	Δείκτης Δυναμικού οξίνισης (<i>Acidification Potential</i>)	70
3.4.10	Δείκτης Δυναμικού ευτροφισμού (<i>Eutrophication Potential</i>)	71
3.4.11	Δείκτης Δυναμικού Εξάντλησης Όζοντος (<i>Ozone Depletion Potential</i>)	72
3.5	Προσδιορισμός δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας.....	72
3.5.1	Δείκτης ανθρωπίνων δικαιωμάτων (<i>Human Rights Index</i>)	73
3.5.2	Υγεία και ασφάλεια εργαζομένων (<i>Health and Safety at work Index</i>).....	73
3.5.3	Εκπαίδευση και ανάπτυξη δεξιοτήτων (<i>Education and Skills Development Index</i>)	74
3.5.4	Κοινωνική αξία (<i>Social Value Index</i>)	75
3.5.5	Συμμετοχή των κοινοτήτων (<i>Community Engagement Index</i>)	76
3.6	Προσδιορισμός δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας.....	77
3.6.1	Δείκτης <i>Total Cost of Ownership (TCO)</i>	77
3.6.2	Δείκτης <i>Return on Investment (ROI)</i>	78
3.6.3	Δείκτης <i>Payback Period</i>	79

3.6.4	Δείκτης <i>Net Present Value (NPV)</i>	80
3.6.5	Δείκτης εσωτερικού ποσοστού απόδοσης ή <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	81
3.6.6	Δείκτης <i>Economic Value Added (EVA)</i>	82
3.6.7	Δείκτης <i>Market Share</i>	82
4	Ερευνητικά Αποτελέσματα.....	88
4.1	Παρουσίαση αρχικής κατάστασης	88
4.1.1	Υπολογισμός δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας	91
	Δείκτης έντασης άνθρακα (<i>Carbon Intesity</i>)	93
4.1.2	Υπολογισμός δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας.....	95
4.1.3	Υπολογισμός δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης.....	97
4.1.4	Υπολογισμός ενιαίων δεικτών βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	98
4.1.5	Υπολογισμός δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης...	99
4.1.6	Υπολογισμός δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	102
4.1.7	Υπολογισμός δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	105
4.1.8	Υπολογισμός ενιαίου δείκτη βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης.....	107
4.2	Πρώτο σενάριο – χρήση ΑΠΕ 10%.....	108
4.2.1	Υπολογισμός δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου ..	111
4.2.2	Υπολογισμός δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	112
4.2.3	Υπολογισμός δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	113
4.2.4	Υπολογισμός δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	116
4.2.5	Υπολογισμός δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	118
4.2.6	Υπολογισμός δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	120
4.2.7	Υπολογισμός ενιαίου δείκτη βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	122
4.3	Δεύτερο σενάριο – χρήση ΑΠΕ 40%.....	123

4.3.1	Υπολογισμός δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	126
4.3.2	Υπολογισμός δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	127
4.3.3	Υπολογισμός δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	128
4.3.4	Υπολογισμός δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου ..	129
4.3.5	Υπολογισμός δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	131
4.3.6	Υπολογισμός δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	133
4.3.7	Υπολογισμός ενιαίου δείκτη βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	135
4.4	Τρίτο σενάριο – χρήση ΑΠΕ 70%	136
4.4.1	Υπολογισμός δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	139
4.4.2	Υπολογισμός δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	140
4.4.3	Υπολογισμός δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	141
4.4.4	Υπολογισμός δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	142
4.4.5	Υπολογισμός δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	144
4.4.6	Υπολογισμός δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	146
4.4.7	Υπολογισμός ενιαίου δείκτη βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	148
4.5	Σύγκριση αποτελεσμάτων	149
5	Συμπεράσματα	150
	Βιβλιογραφία	153

Περίληψη

Η συνεχώς μεταβαλλόμενη κατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος και οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής γίνονται ολοένα και πιο αισθητές τις τελευταίες δεκαετίες. Για να περιοριστούν, και ιδανικά να μηδενιστούν, αυτές, πρέπει να υιοθετηθεί ένας βιώσιμος τρόπος παραγωγής αγαθών.

Για να ενισχυθεί η προσπάθεια αυτή, έχει εισαχθεί μία νέα οδηγία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, αυτή των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων, Digital Product Passports (DPP). Σε αυτό περιέχονται λεπτομέρειες που συλλέγονται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής ενός προϊόντος ή υπηρεσίας.

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στη μελέτη των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων. Αναλύεται ο τρόπος δημιουργίας τους, τα στοιχεία που πρέπει να περιέχονται σε αυτά και οι τρόποι απεικόνισής τους. Επιπροσθέτως, παρουσιάζονται τα πλεονεκτήματά τους αλλά και οι προκλήσεις που εμφανίζονται κατά τη δημιουργία τους. Σημειώνεται πως, αν και δεν είναι ακόμα υποχρεωτική η εφαρμογή τους, ήδη εφαρμόζονται σε αρκετά προϊόντα και υπηρεσίες. Μέρος αυτών παρουσιάζεται στη συγκεκριμένη εργασία.

Για να αποδειχθεί η χρησιμότητά τους, αναζητήθηκαν και συγκεντρώθηκαν δείκτες βιωσιμότητας, περιβαλλοντικοί, κοινωνικοί και οικονομικοί. Σκοπός των δεικτών είναι η ποσοτικοποίηση της ολικής βιωσιμότητας ενός προϊόντος. Αυτοί υπολογίστηκαν με βάση τα δεδομένα μιας βιομηχανίας παραγωγής χυμού πορτοκαλιών, η οποία εξασφαλίζει το σύνολο της απαιτούμενης ηλεκτρικής της ενέργειας από ορυκτά καύσιμα. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν ακόμα τρεις φορές, αυξάνοντας το ποσοστό ΑΠΕ σε 10, 40 και 70%. Συγκεντρώνοντας τα αποτελέσματα των δεικτών αυτών, αναλύθηκε η αύξηση της βιωσιμότητας του συστήματος.

Abstract

The constantly changing state of the natural environment and the impacts of climate change have become increasingly noticeable in recent decades. To limit, and ideally eliminate, these impacts, a sustainable way of producing goods must be adopted.

To enhance this effort, a new directive from the European Union has been introduced, that of Digital Product Passports (DPP). This Digital Product Passport contains details collected throughout the life cycle of a product or service.

This thesis focuses on the study of DPPs. It analyzes how they are created, the elements that must be included in them, and the ways they are represented. Additionally, their advantages and the challenges that arise during their creation are presented. It is noted that, although their implementation is not yet mandatory, they are already applied to several products and services. Part of these is presented in this work.

To demonstrate their usefulness, sustainability indicators—environmental, social, and economic—were sought and gathered. The purpose of the indicators is to quantify the overall sustainability of a product. These were calculated based on the data of an orange juice production industry, which secures all of its required electrical energy from fossil fuels. Subsequently, they were calculated three more times, increasing the percentage of renewable energy sources to 10%, 40%, and 70%. By gathering the results of these indicators, the increase in the sustainability of the system was analyzed.

Πίνακας συντομογραφιών

UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change	ΣΑΓ, Συνολική Αέρια Ρύπανση
ΕΕ, Ευρωπαϊκή Ένωση	LUI, Land Use Index
ΑΠΕ, Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	BI, Biodiversity Index
ΟΗΕ, Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών	UEI, Urban Expansion Index
ΜΚΟ, Μη Κυβερνητική Οργάνωση	CI, Carbon Intensity
ΑΚΖ, Ανάλυση κύκλου Ζωής	EPI, Energy Performance Indicator
LCA, Life Cycle Assessment	EE, Energy Consumption
AI, Artificial Intelligence	REU, Renewable Energy Use
DT, Digital Twins	AP, Acidification Potential
IoT, Internet of Things	EP, Eutrophication Potential
COP, Conference of Parties	ODP, Ozone Depletion Potential
ESPR, Ecodesign for Sustainable Products Regulation	HRI, Human Rights Index
DDP, Digital Product Passport	HS, Health and Safety
DBP, Digital Battery Passport	TD, Training and Development
DFP, Digital Food Passport	SV, Social Value
QR codes, Quick Response Codes	CP, Community Participations
NFC, Near Field Communication	PH, Public Health
RFID, Radio Frequency Identification	TCO, Total Cost of Ownership
CER, Circular Economy Rebounds	ROI, Return On Investment
ΧΥΤΑ, Χώροι Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων	NPV, Net Present Value
EF, Environmental Footprint	IRR, Internal Rate of Return
GWP, Global Warming Potential	EVA, Economic Value Added
WCI, Water Consumption Index	NOPAT, Net Operating Profit After Taxes
	WACC, Weighted Average Cost of Capital

--	--

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 3.5.1 Εξισώσεις υπολογισμού δεικτών και απαιτούμενα δεδομένα	87
Πίνακας 4.1.1 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	90
Πίνακας 4.1.2 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	91
Πίνακας 4.1.3 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	99
Πίνακας 4.1.4 Επιλεγμένοι δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών αρχικής κατάστασης	101
Πίνακας 4.1.5 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	103
Πίνακας 4.1.6 Επιλεγμένοι δείκτες κοινωνικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών αρχικής κατάστασης	104
Πίνακας 4.2.1 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 1 ^{ου} σεναρίου	110
Πίνακας 4.2.2 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας 1 ^{ου} σεναρίου .	110
Πίνακας 4.2.3 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας 1 ^{ου} σεναρίου	110
Πίνακας 4.2.4 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 1 ^{ου} σεναρίου	116
Πίνακας 4.2.5 Επιλεγμένοι δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 1 ^{ου} σεναρίου	117
Πίνακας 4.2.6 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου κοινωνικής βιωσιμότητας 1 ^{ου} σεναρίου	118
Πίνακας 4.2.7 Επιλεγμένοι δείκτες κοινωνικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 1 ^{ου} σεναρίου	119
Πίνακας 4.2.8 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου οικονομικής βιωσιμότητας 1 ^{ου} σεναρίου ...	120
Πίνακας 4.2.9 Επιλεγμένοι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 1 ^{ου} σεναρίου	121

Πίνακας 4.3.1 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 2 ^{ου} σεναρίου	125
Πίνακας 4.3.2 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας 2 ^{ου} σεναρίου	125
Πίνακας 4.3.3 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας 2 ^{ου} σεναρίου	126
Πίνακας 4.3.4 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 2 ^{ου} σεναρίου	130
Πίνακας 4.3.5 Επιλεγμένοι δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 2 ^{ου} σεναρίου	130
Πίνακας 4.3.6 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου κοινωνικής βιωσιμότητας 2 ^{ου} σεναρίου	131
Πίνακας 4.3.7 Επιλεγμένοι δείκτες κοινωνικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 2 ^{ου} σεναρίου	132
Πίνακας 4.3.8 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου οικονομικής βιωσιμότητας 2 ^{ου} σεναρίου	133
Πίνακας 4.3.9 Επιλεγμένοι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 2 ^{ου} σεναρίου	134
Πίνακας 4.4.1 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 3 ^{ου} σεναρίου	138
Πίνακας 4.4.2 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας 3 ^{ου} σεναρίου	138
Πίνακας 4.4.3 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας 3 ^{ου} σεναρίου	139
Πίνακας 4.4.4 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 3 ^{ου} σεναρίου	143
Πίνακας 4.4.5 Επιλεγμένοι δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 3 ^{ου} σεναρίου	143
Πίνακας 4.4.6 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου κοινωνικής βιωσιμότητας 3 ^{ου} σεναρίου	144
Πίνακας 4.4.7 Επιλεγμένοι δείκτες κοινωνικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 3 ^{ου} σεναρίου	145
Πίνακας 4.4.8 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου οικονομικής βιωσιμότητας 3 ^{ου} σεναρίου	146
Πίνακας 4.4.9 Επιλεγμένοι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 3 ^{ου} σεναρίου	147
Πίνακας 4.5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας δεικτών αρχικής κατάστασης και σεναρίων	149

Κατάλογος εξισώσεων

Εξίσωση 3.4.1 Εξίσωση Δείκτη χρήσης γης	65
Εξίσωση 3.4.2 Εξίσωση Δείκτη βιοποικιλότητας	66
Εξίσωση 3.4.3 Εξίσωση Δείκτη Βιοποικιλότητας (με δεδομένα)	66
Εξίσωση 3.4.4 Εξίσωση Δείκτη Κατανάλωσης Νερού	67
Εξίσωση 3.4.5 Εξίσωση Δείκτη Αποτύπωμα άνθρακα	67
Εξίσωση 3.4.6 Εξίσωση Δείκτη έντασης άνθρακα	68
Εξίσωση 3.4.7 Εξίσωση Δείκτη ενεργειακής απόδοσης	69
Εξίσωση 3.4.8 Εξίσωση Δείκτη κατανάλωση ενέργειας	69
Εξίσωση 3.4.9 Εξίσωση Δείκτη χρήσης Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας	70
Εξίσωση 3.4.10 Εξίσωση Δείκτη δυναμικού οξίνισης	71
Εξίσωση 3.4.11 Εξίσωση Δείκτη δυναμικού ευτροφισμού	71
Εξίσωση 3.4.12 Εξίσωση Δείκτη δυναμικού εξάντλησης όζοντος	72
Εξίσωση 3.5.1 Εξίσωση Δείκτη ανθρωπίνων δικαιωμάτων	73
Εξίσωση 3.5.2 Εξίσωση Δείκτη υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων	74
Εξίσωση 3.5.3 Εξίσωση Δείκτη εκπαίδευσης και ανάπτυξης δεξιοτήτων	74
Εξίσωση 3.5.4 Εξίσωση Δείκτη κοινωνικής αξίας	75
Εξίσωση 3.5.5 Εξίσωση Δείκτη συμμετοχής των κοινοτήτων	76
Εξίσωση 3.5.6 Εξίσωση Δείκτη επιπτώσεων στη δημόσια υγεία	77
Εξίσωση 3.6.1 Εξίσωση Δείκτη TCO	78
Εξίσωση 3.6.2 Εξίσωση Δείκτη ROI	78
Εξίσωση 3.6.3 Εξίσωση Δείκτη Payback Period	79
Εξίσωση 3.6.4 Εξίσωση Δείκτη NPV	80
Εξίσωση 3.6.5 Εξίσωση Δείκτη IRR	81
Εξίσωση 3.6.6 Εξίσωση Δείκτη EVA	82

Εξίσωση 4.1.1 Εξίσωση κανονικοποίησης δεικτών με θετική επιρροή.....	98
Εξίσωση 4.1.2 Εξίσωση κανονικοποίησης δεικτών με αρνητική επιρροή.....	99
Εξίσωση 4.1.3 Ολικός δείκτης βιωσιμότητας	107

Κατάλογος διαγραμμάτων

Διάγραμμα 4.1.1 Τιμές επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	101
Διάγραμμα 4.1.2 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	102
Διάγραμμα 4.1.3 Τιμές επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης ...	105
Διάγραμμα 4.1.4 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	105
Διάγραμμα 4.1.5 Δείκτες βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	108
Διάγραμμα 4.2.1 Τιμές επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 1 ^{ου} σεναρίου	117
Διάγραμμα 4.2.2 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	118
Διάγραμμα 4.2.3 Τιμές επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	119
Διάγραμμα 4.2.4 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	120
Διάγραμμα 4.2.5 Τιμές επιλεγμένων δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	121
Διάγραμμα 4.2.6 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	122
Διάγραμμα 4.2.7 Δείκτες βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου	123
Διάγραμμα 4.3.1 Τιμές επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	131
Διάγραμμα 4.3.2 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	131
Διάγραμμα 4.3.3 Τιμές επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου ...	132
Διάγραμμα 4.3.4 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	133
Διάγραμμα 4.3.5 Τιμές επιλεγμένων δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου ..	134
Διάγραμμα 4.3.6 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	135
Διάγραμμα 4.3.7 Δείκτες βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου	136

Διάγραμμα 4.4.1 Τιμές επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας τέταρτου σεναρίου	144
Διάγραμμα 4.4.2 Ποσοστιαία συνεισφορά δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	144
Διάγραμμα 4.4.3 Τιμές επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	145
Διάγραμμα 4.4.4 Ποσοστιαία συνεισφορά δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	146
Διάγραμμα 4.4.5 Τιμές επιλεγμένων δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	147
Διάγραμμα 4.4.6 Ποσοστιαία συνεισφορά δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	148
Διάγραμμα 4.4.7 Δείκτες βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου	149
Διάγραμμα 4.5.1 Δείκτες ολικής βιωσιμότητας	150

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.4.1 Γραμμική Οικονομία - Κυκλική οικονομία (Akshata Parate,2021)	8
Εικόνα 1.4.2 Βασικοί πυλώνες της κυκλικής οικονομίας (Mehrab Nodehi et.al. 2022)	10
Εικόνα 1.5.1 Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης (Un.org, n.d.).....	14
Εικόνα 1.7.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Angham Hadi, et.al. 2023)	15
Εικόνα 1.11.1 Οικολογικό σήμα της ΕΕ (Colin Fitzpatrick,2006)	32
Εικόνα 2.5.1 Παράδειγμα απεικόνισης Barcode (Mushfika Rahman, et.al. 2019).....	42
Εικόνα 2.5.2 Παράδειγμα απεικόνισης QR Code (Hafiza Abas, et.al. 2015)	42
Εικόνα 2.5.3 Συστήματα NFC (Alak Majumder, et. al. 2017)	43
Ετικέτα 2.5.4 Σύστημα RFID (Samir Lamin, et. al, 2024).....	44

Εισαγωγή

1.1 Κλιματική αλλαγή

Η ελλιπής γνώση σχετικά με το περιβάλλον και την προστασία του όλες τις προηγούμενες δεκαετίες, μέχρι και τα μέσα του 1980, έχει οδηγήσει την σημερινή κοινωνία σε έναν συνεχή αγώνα σχετικά με την προστασία του. Η προσπάθεια των κρατών, σε παγκόσμια κλίμακα, για δημιουργία διάφορων γραμμών παραγωγής, εργοστασίων κτλ., αλλά και η συνεχόμενη εκμετάλλευση των φυσικών πόρων του πλανήτη, των οποίων η κατανάλωση γινόταν με μεγαλύτερο ρυθμό από την παραγωγή τους, είχαν ως αποτέλεσμα την εμφάνιση κλιματικών αλλαγών.

Σύμφωνα με τον ορισμό που δόθηκε από τα Ηνωμένα έθνη (UNFCCC) (UNITED NATIONS, 1992), ως κλιματική αλλαγή έχει οριστεί η αλλαγή που έχει υποστεί το κλίμα, η οποία οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες και όχι σε φυσικά αίτια, που αυτή θεσπίστηκε ως κλιματική μεταβλητότητα. Αυτές οι αλλαγές στο κλίμα παρουσιάζονται σε οποιαδήποτε μορφή: αέρια, υγρή ή στερεή. Πρωταγωνιστικό ρόλο στην αναφορά των ηνωμένων εθνών ήταν οι εκπομπές του CO₂ και η πρόκληση του φαινομένου του θερμοκηπίου καθώς και η “πρόβλεψη” επηρεασμού όλων των οικοσυστημάτων του πλανήτη από αυτό. Το βασικότερο αποτέλεσμα των κλιματικών αλλαγών είναι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική επιτροπή για την κλιματική αλλαγή (IPCC), εκτιμάται πως η μέση θερμοκρασία του πλανήτη θα αυξηθεί 1-3,7°C μέχρι τα τέλη του 21^{ου} αιώνα, αύξηση που επηρεάζεται άμεσα από τις εκπομπές των αέριων του θερμοκηπίου (Anderson, et al., 2016).

1.1.1 Φαινόμενο του θερμοκηπίου

Μία από τις σημαντικότερες, εάν όχι η σημαντικότερη, περιβαλλοντική επίπτωση που καλείται να αντιμετωπίσει η παγκόσμια κοινότητα είναι αυτή του φαινομένου του θερμοκηπίου. Φαντάζει αναγκαία η μείωση των εκπομπών των αέριων που το προκαλεί, καθώς σύμφωνα με μετρήσεις της NASA, (Jarosova, et al., 2022), το ποσοστό των ανθρώπινων εκπομπών σε CO₂ συνεχώς αυξάνεται και είναι περισσότερο από 250 φορές πιο “γρήγορες” από αυτές που παράγονται από φυσικές πηγές. Άξια αναφοράς είναι η “δήλωση” της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την αλλαγή του κλίματος (IPCC) (Jarosova, et al., 2022), . Σύμφωνα με αυτή, κατά 95%, τα αέρια του θερμοκηπίου που έχουν προκληθεί από ανθρώπινη δραστηριότητα, οφείλονται για την αύξηση της θερμοκρασίας των τελευταίων 50 χρόνων.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο που λαμβάνει χώρα στην ατμόσφαιρα της γης. Είναι “αναγκαίο” αφού μέσω αυτού, η ηλιακή ενέργεια

που περνάει στην ατμόσφαιρα έχει ως αποτέλεσμα την θέρμανση του πλανήτη (Anderson, et al., 2016). Τα αέρια του θερμοκηπίου παγιδεύουν την θερμότητα που παράγεται στην επιφάνεια της γης και έτσι ο πλανήτης μας είναι θερμός και όχι ψυχρός. Μετρήσεις έχουν δείξει πως με την μη ύπαρξη του φαινομένου αυτού, η μέση τιμή θερμοκρασίας θα ήταν -21°C αντί $+14^{\circ}\text{C}$ που είναι σήμερα (Anderson, et al., 2016), (Jarosova, et al., 2022). Ουσιαστικά, χάρη σε αυτό μπορεί να επιβιώσει κάθε μορφή ζωής στον πλανήτη, αφού η ηλιακή ενέργεια είναι απαραίτητη για αυτές.

Παρά τη φυσικότητα και την αναγκαιότητα του φαινομένου αυτού, σήμερα θεωρείται ως το βασικότερο περιβαλλοντικό “πρόβλημα” που πρέπει να λυθεί. Αυτό γιατί, τα ποσοστά των αερίων θερμοκηπίου έχουν αυξηθεί σε τέτοιο βαθμό τις τελευταίες δεκαετίες, που παγιδεύεται περισσότερη θερμότητα κοντά στον φλοιό της γης και έτσι η θερμοκρασία του πλανήτη αυξάνεται συνεχώς. Κύριες πηγές αύξησης των αερίων θερμοκηπίου είναι η χρήση αυτοκινήτων και οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

1.1.2 Συστατικά αερίων θερμοκηπίου

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτελείται από μία ομάδα αερίων. Τα βασικότερα αυτών είναι οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο και το υποξείδιο του αζώτου. Το αέριο που κυριαρχεί ποσοτικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι οι υδρατμοί, που συμβάλλουν στην δημιουργία νεφών και κατακρημνίσεων.

Έπειτα, το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), που και αυτό είναι αναγκαίο για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη, παράγεται φυσικά από της εκρήξεις ηφαιστειών και από την αποσύνθεση της οργανικής ύλης. Όμως, μέσω της ανθρώπινης δραστηριότητας γίνεται υπέρ παραγωγή αυτού, δραστηριότητας που συμπεριλαμβάνει την καύση ορυκτών καυσίμων, στερεών αποβλήτων, την χρήση πετρελαιοκίνητων οχημάτων κτλ. Σημειώνεται, πως τα εναέρια μέσα εκπέμπουν το 2-3 % των συνολικών ετήσιων εκπομπών CO_2 (Jarosova, et al., 2022).

Ο μόνος φυσικός τρόπος απορρόφησης του διοξειδίου του άνθρακα είναι αυτός μέσω της φωτοσύνθεσης των φυτών. Τα φυτά έχουν την ικανότητα να απορροφούν περισσότερα επίπεδα CO_2 από το περιβάλλον από αυτά που παράγουν κατά την αναπνοή τους. Όμως η τεράστια παραγωγή CO_2 από ανθρωπογενείς πηγές και με την συνεχόμενη μείωση των πράσινων πνευμόνων του πλανήτη (καύση ή αποξήλωση δασικών περιοχών), έχουν ως αποτέλεσμα την συσσώρευση του και κατά συνέπεια την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης (Kumar, 2022).

Το μεθάνιο (CH_4), είναι αέριος υδρογονάνθρακας και ανήκει και αυτό στην ομάδα των στοιχείων του θερμοκηπίου. Φυσική πηγή μεθανίου μπορεί να θεωρηθεί η παραγωγή από τα ζώα μέσω της πέψης. Μέσω της ανθρώπινης δραστηριότητας, απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, από την παραγωγή και μεταφορά άνθρακα, φυσικού αερίου και πετρελαίου αλλά και από την αποσύνθεση οργανικών αποβλήτων καθώς και από την χρήση φυτοφαρμάκων και αζωτούχων λιπασμάτων.

Το τέταρτο βασικό αέριο που ανήκει στην ομάδα αερίων του θερμοκηπίου είναι το υποξείδιο του αζώτου (N_2O) και εκπέμπεται κυρίως από τη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, την καύση ορυκτών καυσίμων και από την βιομηχανία.

1.2 Συνέπειες κλιματικής αλλαγής

Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής παρουσιάζονται σε περισσότερους τομείς, πέρα αυτόν του περιβάλλοντος, δυσχεραίνοντας περισσότερους παράγοντες ασφάλειας, όπως το νερό, την τροφή και την ενέργεια (Jarosona, et al., 2022). Αυτό σημαίνει πως δεν αποτελεί μόνο περιβαλλοντική κρίση, αλλά και οικονομική, γεωπολιτική και κοινωνική.

1.2.1 Περιβαλλοντικές συνέπειες

Περιβαλλοντικά, λόγω της αλλαγής της θερμοκρασίας επηρεάζονται τα οικοσυστήματα και ο ρυθμός αναπαραγωγής πολλών ειδών ζώων, και ιδιαίτερα αυτών που ζουν σε ευαίσθητα οικοσυστήματα, μειώνεται δραματικά (Kumar, 2022). Ακόμα, η αλλαγή της θερμοκρασίας οδηγεί στην μετακίνηση ζώων από τα πιο προς τα λιγότερα θερμά κλίματα για να επιβιώσουν. Έτσι παρουσιάζονται περισσότερες δυσκολίες στην επιβίωσή τους.

Εξαιτίας αυτής, αυξάνεται και η στάθμη της θάλασσας λόγω της τήξης των πάγων. Αναφέρεται πως, ο ρυθμός αύξησης της στάθμης από 2,6-2,9mm ανά έτος τη δεκαετία του 1990, έχει αυξηθεί σε 3,4 mm σήμερα (Kumar, 2022). Έτσι βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο είδη ζώων και ανθρώπων που ζουν παράκτια.

Όπως επηρεάζεται το ζωικό βασίλειο από τις κλιματικές αλλαγές, το ίδιο συμβαίνει και με το ανθρώπινο (Prof Berrang-Ford, et al., 2021). Όπως αναφέρει η πλειοψηφία των ερευνών, η ποιότητα του αέρα και η έκθεση του ανθρώπου σε υψηλές θερμοκρασίες έχουν άμεσες επιπτώσεις στον οργανισμό του. Πιο συγκεκριμένα, οφείλονται κυρίως στα σωματίδια NO_x , στις εκπομπές οχημάτων και στις εκπομπές των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα, η έντονη εναλλαγή του καιρού και οι ακραία υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες, ανάλογα την εποχή, αποτελούν κίνδυνο.

Άλλο ένα σημαντικό φυσικό καιρικό φαινόμενό που μπορεί να προκληθεί πλέον από την κλιματική αλλαγή είναι οι καύσωνες. Ως καύσωνας ορίζονται οι πολύ ζεστές καιρικές συνθήκες για μεγάλο χρονικό διάστημα. Οπότε, η αύξηση της μέσης θερμοκρασία του πλανήτη θα οδηγήσει αναπόφευκτα στην εμφάνιση καυσώνων σε όλο και περισσότερες περιοχές του πλανήτη. Οι συνεχόμενοι καύσωνες σε μία περιοχή, μπορεί να οδηγήσει την ξηρασία του, αφού εξατμίστουν όλα τα αποθέματα υδάτινων στοιχείων.

Μία άλλη ομάδα καιρικών φαινομένων είναι αυτό των καταιγίδων, που συχνά συνοδεύονται από έντονες βροχοπτώσεις. Έχοντας συνεχώς υψηλές θερμοκρασίες, εξατμίζεται όλο και περισσότερο νερό από τους ωκεανούς και τις θάλασσες. Λόγω αυτών, προκαλούνται πλημμύρες και αυξάνεται ο κίνδυνος κατολισθήσεων λόγω της συνεχούς διάβρωσης του εδάφους από τις βροχοπτώσεις.

Πρέπει να αναφερθεί και η οξίνιση των ωκεανών. Με φυσικό τρόπο, το διοξείδιο του άνθρακα απορροφάται από τα φυτά και από τους ωκεανούς. Όμως τα αυξημένα επίπεδα αυτού, κάνουν τους ωκεανούς πιο όξινους αλλάζοντας το pH τους. Φυσικά, αυτό έχει ως αποτέλεσμα την μη ισορροπία όλων των υδάτινων οικοσυστημάτων και την επιρροή των θαλάσσιων πληθυσμών.

Εν συνεχεία, με την αύξηση της θερμοκρασίας προκαλούνται όλο και πιο συχνά πυρκαγιές. Αυτές, δυστυχώς, καταστρέφουν ετήσια τεράστιες εκτάσεις δασών και κατοικημένων περιοχών. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η καύση των πράσινων περιοχών του πλανήτη μειώνουν το συνολικό αριθμό των δέντρων και των φυτών που μέσω της φωτοσύνθεσης του απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα.

Η θερμοκρασία επηρεάζει και τις κινήσεις και τα κύματα των αέριων. Τυφώνες και ανεμοθύελλες συμπεριλαμβάνονται και αυτοί στα καιρικά φαινόμενα λόγω της κλιματικής αλλαγής. Τέλος, επηρεάζεται και η δραστηριότητα των ηφαιστείων και η συχνότητα εκρήξεων τους (Anderson, et al., 2016).

Στην έρευνα των (Prof Berrang-Ford, et al., 2021), μας δίνονται επιγραμματικά ποια καιρικά φαινόμενα, που οφείλονται στην κλιματική αλλαγή, παρουσιάζονται κυρίως σε κάθε ήπειρο. Αναλυτικά, στην Αφρική είναι έντονα αισθητή η αύξηση της θερμοκρασίας, η έντονη αλλαγή καιρού ανάμεσα στις εποχές και η εμφάνιση καταιγίδων. Στο βόρειο κομμάτι της Αμερικής είναι πιο πιθανό να προκληθούν τυφώνες, ακραίες εναλλαγές θερμοκρασιών και λόγω της αυξημένης βιομηχανικής δραστηριότητας υπάρχει αυξημένος αριθμός σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Λόγω της αντίστοιχης βιομηχανικής ανάπτυξης, ο ίδιος

περιβαλλοντικός κίνδυνος συναντάται και στην Ασία και, μαζί με τις έντονες εναλλαγές τις θερμοκρασίας, αποτελούν τα κυριότερα περιβαλλοντικά φαινόμενα.

Στην Ωκεανία, όπως και στην Ευρώπη, παρουσιάζεται ο κίνδυνος της άμεσης αύξησης μέσης θερμοκρασίας, οι έντονες θερμοκρασιακές μεταβολές καθώς και η εμφάνιση συχνών καυσώνων. Από την άλλη, στο νότιο μέρος της Αμερικής (Λατινική Αμερική) η αλλαγή του κλίματος παρουσιάζεται κυρίως μέσω καταιγίδων.

1.2.2 Οικονομικές και κοινωνικές συνέπειες

Η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει οικονομικά κάθε χώρα του πλανήτη, αναπτυσσόμενη και μη, με ποικίλους τρόπους (Kumar, 2022).

Αρχικά, σε χώρες που βασίζονται οικονομικά στην κτηνοτροφία και στις καλλιέργειες αγαθών, το φαινόμενο της λειψυδρίας είναι ικανό να τις επηρεάσει σημαντικά (Prof Berrang-Ford, et al., 2021). Έπειτα, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η μετακίνηση των λαών προς τις ενδοχώρες, δημιουργούν πολλά οικονομικά προβλήματα. Οι πληθυσμοί που μετακινούνται απαιτούν περισσότερους πόρους για την επιβίωση τους καθώς και περισσότερες ανάγκες ηλεκτρικής ενέργειας (Arias, et al., 2023).

Ακόμα, τα ακραία καιρικά φαινόμενα, που αναφέρθηκαν προηγουμένως, προκαλούν σημαντικότερες ζημιές. Έτσι η οικονομία βάλλεται σε τοπικό, εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο στην προσπάθεια αντιμετώπισης αυτών και στα μέτρα – έργα πρόβλεψής τους.

Παράλληλα με τα παραπάνω, επιβάλλεται να γίνει αναφορά και στην λεγόμενη **ενεργειακή φτώχεια ή energy poverty**. Βάση ορισμού, είναι η έλλειψη πρόσβαση σε πηγές ενέργειας (Arias, et al., 2023). Πλήττει κυρίως πληθυσμούς που ζουν στα όρια οικονομικής φτώχειας, πληθυσμούς με πολύ χαμηλό εισόδημα και πληθυσμού που εξαναγκάζονται για μετακίνηση λόγω πολέμων (Prof Berrang-Ford, et al., 2021). Σύμφωνα με την έρευνα των (Arias, et al., 2023), γύρω στο ένα δισεκατομμύριο του παγκόσμιου πληθυσμού πλήττεται από ενεργειακή φτώχεια. Η έλλειψη πρόσβασης σε πηγές ενέργειας οδηγεί το κομμάτι αυτό του πληθυσμού σε μη ασφαλείς τεχνικές παραγωγής ενέργειας για την επιβίωση τους (θέρμανση ή/και μαγείρεμα), όπως η καύση άνθρακα σε μη ειδικά δοχεία που οδηγούν σε δηλητηρίαση από την εισπνοή διοξειδίου του άνθρακα. Κατά συνέπεια, επηρεάζεται η κατάσταση υγείας των πληθυσμών αυτών και αναπτύσσεται και το κοινωνικό πρόβλημα της εγκληματικότητας, στην οποία μπορεί οδηγηθεί κάποιος για να επιβιώσει (Prof Berrang-Ford, et al., 2021).

1.3 Κλιματική δικαιοσύνη

Στην προσπάθεια να αντιμετωπιστούν τα παραπάνω περιβαλλοντικά προβλήματα, αλλά σε απόλυτη συσχέτιση με τα αντίστοιχα κοινωνικοοικονομικά, έχει θεσπιστεί ο όρος **κλιματική δικαιοσύνη**. Σε αυτόν, εκτός από τα περιβαλλοντικά θέματα, γίνεται νύξη και σε κοινωνικά, όπως την ισότητα μεταξύ των χωρών και των φυλών. Επικεντρώνεται στα ανθρώπινα δικαιώματα και τα “συνδέει” με την κλιματική αλλαγή (Rowe, et al., 2023). Σκοπός της είναι η εξάλειψη των άνισων επιπτώσεων του κλίματος μεταξύ χωρών που έχουν διαφορετικές κοινωνικές, οικονομικές και φυλετικές συνθήκες και που παρουσιάζονται κυρίως μεταξύ του βόρειου και νότιου μέρους του πλανήτη. Η κλιματική δικαιοσύνη υποστηρίζει πως η παρακολούθηση των κλιματικών αλλαγών πρέπει να συνδέεται με τα ιστορικά και κοινωνικοοικονομικά κριτήρια της κάθε χώρας (Rowe, et al., 2023),.

Όπως αναφέρεται, η ανάπτυξη της τεχνολογίας γενικότερα και της παραγωγής πράσινης ενέργειας ειδικότερα, προϋποθέτουν τεχνολογικό και πολιτικό υπόβαθρο (Rowe, et al., 2023). Πιο συγκεκριμένα, η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής “επιβάλλει” την εφαρμογή νέων τεχνικών παραγωγής ενέργειας με την χρήση νέων τεχνολογιών και μηχανισμών ακόμα και σε κοινωνίες όπου η φτώχεια και ο ρατσισμός κυριαρχεί. Οι κοινωνικά ευάλωτες ομάδες είναι αυτές που πλήττονται περισσότερο από την κλιματική αλλαγή καθώς έχουν λιγότερους πόρους για διαθέσουν στις νέες αυτές τεχνολογίες καθώς και σε τυχόν περιβαλλοντικές καταστροφές, όπως ξηρασία (Rowe, et al., 2023).

Στην έρευνα των (Ridder, et al., 2023) γίνεται αναφορά σε κράτη μη δημοκρατικά στα οποία υπάρχει κρατική βία, όπως υπάρχουν στην ήπειρο της Αφρικής και στην Λατινική Αμερική. Εκεί, πρωταρχικός στόχος είναι η βελτίωση των ανθρώπινων δικαιωμάτων και η εξάλειψη της βίας και έπειτα να δοθούν χρόνος και χρήμα για την βελτίωση της περιβαλλοντικής κατάστασης. Σημειώνεται ακόμα, πως η έλλειψη γνώσεων και το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο δυσχεραίνει ακόμα περισσότερο την βελτίωση του βιοτικού επιπέδου.

Άξιο αναφοράς είναι ότι, λόγω της παγκόσμιας περιβαλλοντικής κρίσης, αλλά και των κανόνων που επιβάλλονται συνεχώς στα κράτη, ο αριθμός των κρατών που οδηγούνται στην χρήση ΑΠΕ είναι συνεχώς αυξανόμενος. Όμως, η διαφοροποίηση στις οικονομίες και κατά συνέπεια στις τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται, έχει ως αποτέλεσμα, πολλές φορές να μην γίνεται επιτυχημένη χρήση των ΑΠΕ. Έτσι, αντί να συμβάλουν θετικά στην μείωση της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής, προκαλούνται μεγαλύτερες περιβαλλοντικές βλάβες (Chien, et al., 2023).

1.4 Κυκλική οικονομία

Μία βασική “έννοια” που πρέπει να εφαρμοστεί παγκοσμίως, ώστε ο πλανήτης να γίνει περισσότερο βιώσιμος, είναι αυτή της κυκλικής οικονομίας. Η έννοια αυτή θεωρείται ως η σημαντικότερη για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, και για επιτευχθεί, για την ύπαρξη οικονομικής και περιβαλλοντικής ευημερίας, επείγει η δημιουργία κλειστών βρόχου συστημάτων (Tiwari, et al., 2024). Συστήματα, μέσω των οποίων, τίποτα δεν θα απορρίπτεται στο περιβάλλον. Με άλλα λόγια, σκοπός της είναι να παραμένει όσο το περισσότερο γίνεται, ιδανικά επ’ αόριστον, κάποιο υλικό σε γραμμή παραγωγής ή σε κάποια διεργασία, να μην απορρίπτεται αμέσως στο περιβάλλον και η πρακτικότητα του να μην έχει τέλος (Langley, et al., 2023).

1.4.1 Διαφορές γραμμικής και κυκλικής οικονομίας

Η έννοια της κυκλικής οικονομίας ορίζεται ως το ακριβώς αντίθετο αυτής της γραμμικής οικονομίας. Σε μία γραμμική ή κλασική οικονομία γίνεται χρήση πρώτων υλών, οι οποίες δεν ανακτώνται ή δεν ανανεώνονται. Όταν τελικά παραχθεί το ζητούμενο προϊόν, οποιαδήποτε πρώτη ύλη που έχει χρησιμοποιηθεί απορρίπτεται στο περιβάλλον.

Αυτό το μοντέλο οικονομίας αναπτύχθηκε με την γέννηση της βιομηχανίας. Τότε, οι γεμάτες πηγές φυσικών πόρων και οι φαινομενικά ανεξάντλητες πηγές ενέργειας δεν ανησυχούσαν τους χρήστες τους. Πρωταρχικός στόχος τους ήταν η παραγωγή αγαθών και η κερδοφορία των βιομηχανιών. Η ελλιπής γνώση για το περιβαλλοντικό αντίκτυπο που έχει η χρήση των φυσικών ορυκτών πόρων και η όχι τόσο ανεπτυγμένη τεχνολογία είχαν ως αποτέλεσμα τις τεράστιες περιβαλλοντικές συνέπειες της σημερινής κοινωνίας.

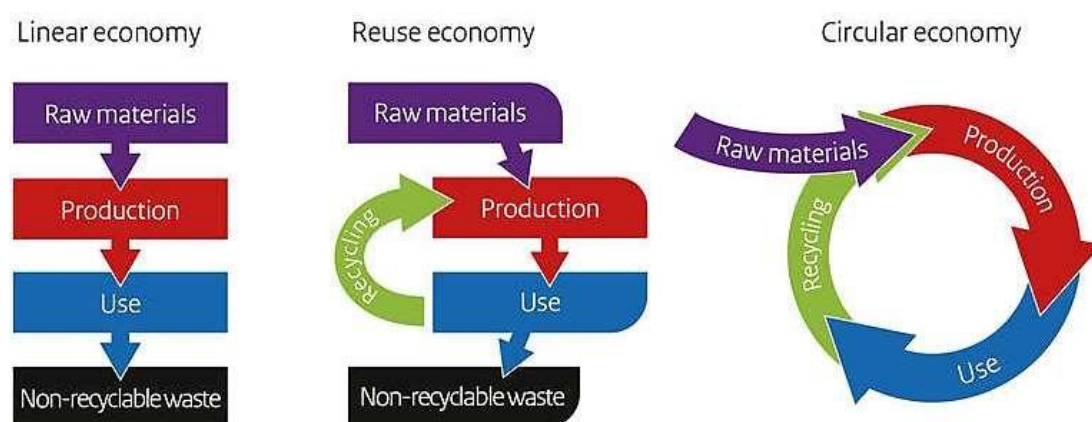
Αρνητικό αποτέλεσμα της γραμμικής οικονομίας είναι η αύξηση των εκπομπών των αέριων του θερμοκηπίου, μέσω της καύσης των ορυκτών πόρων για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα, αφού δεν ανακυκλώνεται κανένα μέρος των χρησιμοποιημένων μερών, αυτά καταλήγουν στο περιβάλλον, όπως στις χωματερές. Εκεί, για να μειωθεί ο όγκος τους, λαμβάνει χώρα καύση, μέσω της οποίας αυξάνονται οι εκπομπές των βλαβερών αερίων του θερμοκηπίου.

Με την πάροδο των χρόνων και με την γνώση, πλέον, της ανθρωπότητας σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκλήθηκαν όλα τα προηγούμενα χρόνια, γίνεται προσπάθεια βελτίωσης των περιβαλλοντικών συνθηκών σε παγκόσμιο επίπεδο. Στην προσπάθεια αυτή, έγινε εισαγωγή της έννοιας της κυκλικής οικονομίας.

Βάση ορισμού, η κυκλική οικονομία είναι ένα οικονομικό μοντέλο που έχει ως απώτερο σκοπό την ευημερία του περιβάλλοντος και των ανθρώπων. Αυτό το καταφέρνει μέσω της αποδοτικής διαχείρισης των απορριμμάτων, της ενεργειακής απόδοσης και την χρήση πράσινης ενέργειας (Tiwari, et al., 2024).

Με πιο απλά λόγια, στο μοντέλο της γραμμικής οικονομίας ο προμηθευτής παράγει από την αρχή τα εξαρτήματα ή τις πρώτες ύλες που θα παραλάβει ο κατασκευαστής. Αυτός με τη σειρά του θα παράγει το ζητούμενο προϊόν ή υπηρεσία και θα το διαθέσει στον καταναλωτή. Ο καταναλωτής θα το χρησιμοποιείσει μέχρι το τέλος της ζωής του και τελικά θα το απορρίψει στο περιβάλλον. Από εκεί, η εταιρεία ανακύκλωσης που θα το παραλάβει, θα προσπαθήσει να διατηρήσει την αξία του.

Στο αντίστοιχο μοντέλο κυκλικής οικονομίας, ο προμηθευτής θα ανακατασκευάσει κάποιο υπάρχον εξάρτημα και θα το διαθέσει στον κατασκευαστή. Στη συνέχεια, ο κατασκευαστής θα εφαρμόσει κατάλληλες τεχνικές, ώστε να διατηρηθεί η αξία του προϊόντος. Από τον κατασκευαστή ο καταναλωτής θα παραλάβει το παραγόμενο προϊόν, το οποίο χαρακτηρίζεται από βιώσιμες τεχνικές παραγωγής. Όταν τελικά το προϊόν φτάσει στην εταιρεία ανακύκλωσης, εκεί θα διατηρηθεί κατά μεγάλο ποσοστό η υλική του αξία (Jensen, et al., 2020).



Εικόνα 1.4.1 Γραμμική Οικονομία - Κυκλική οικονομία (Akshata Parate, 2021)

1.4.2 Βασικές αρχές της κυκλικής οικονομίας

Βασικές αρχές της κυκλικής οικονομίας ή circular economy είναι η ελαχιστοποίηση των απορρίψεων απορριμμάτων, η μείωση των χημικών απορρίψεων στο περιβάλλον και η μείωση των εκπομπών CO₂ από την καύση καυσίμων. Ποσοτικά, εκτιμάται, πως το 2050 ο ετήσιος όγκος αποβλήτων θα είναι γύρω στους 3,4 δισεκατομμύρια τόνους. Ακόμα, το 2018 το 54% των αποβλήτων κατάφερε να αξιοποιηθεί με το 38% να ανακυκλώνεται, το 10% να

επαναχρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη και το 6% να χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας (Tiwari, et al., 2024). Ακόμα, εάν η παγκόσμια οικονομία διπλασίαζε το επίπεδο της υπάρχουσας κυκλικής της οικονομίας, αυτό θα συνέβαλε στην διατήρηση της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας στους 2°C (Langley, et al., 2023) .

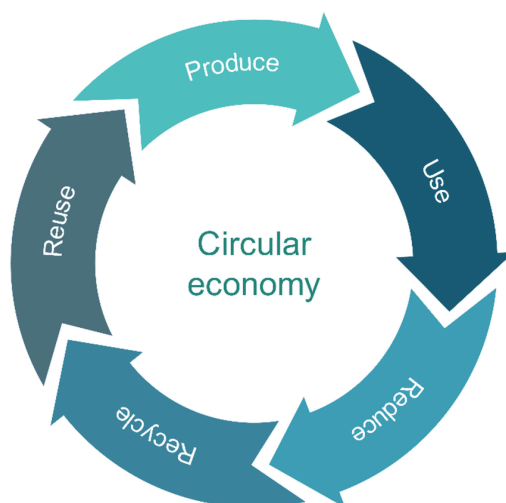
Οι **κυρίαρχες έννοιες** της είναι η επιδιόρθωση (repair), η επαναχρησιμοποίηση (reuse) και η ανακύκλωση (recycle) (Hedberg, et al., 2021), (Langley, et al., 2023). Η κυκλική οικονομία θεωρείται ο βασικός πυλώνας της μετάβασης της ενέργειας από την καύση ορυκτών πόρων σε αυτή που παράγεται μέσω πράσινων τεχνικών (Tiwari, et al., 2024) και μέσω αυτής, επιδιώκεται η αξιοποίηση των πρώτων υλών μέσω του σχεδιασμού τους, ώστε να είναι εύκολα ανακυκλώσιμες και επαναχρησιμοποιήσιμες (Tiwari, et al., 2024). Απώτερος σκοπός της κυκλικής οικονομίας είναι η δημιουργία κλειστού βρόγχου διεργασιών. Αυτό επιτυγχάνεται με την αντίστροφη ροή προϊόντων και υλικών διατηρώντας όσο γίνεται την τιμή και την αξία τους (Jensen, et al., 2020).

Για την μείωση των απορρίψεων και την εφαρμογή κυκλικής οικονομίας θα πρέπει να θεσπιστούν διάφορες κυβερνητικές ρυθμίσεις που να βασίζονται σε περιβαλλοντικές δεσμεύσεις που έχουν ορίσει διάφοροι οργανισμοί, όπως η Ευρωπαϊκή ένωση (Tiwari, et al., 2024). Ακόμα, μία επιχείρηση, εφαρμόζοντας το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, εκτός από την συμβολή της στο περιβαλλοντικό, εξοικονομεί χρήματα και μειώνει την εξάρτηση της για πόρους που μπορεί να πρέπει να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις ή να είναι σπάνιοι (Tiwari, et al., 2024). Αυτό μπορεί, για παράδειγμα, να επιτευχθεί με την επιδιόρθωση αγαθών ή/και προϊόντων από την ίδια μονάδα παραγωγής με σκοπό την εκ νέου εισαγωγή τους ως πρώτη ύλη (Langley, et al., 2023). Εάν αυτά τα αγαθά δεν της είναι πλέον χρήσιμα, μία δεύτερη μονάδα παραγωγής θα μπορεί να τα αξιοποιήσει, αφού τα επιδιορθώσει, εάν αυτό είναι αναγκαίο, και να τα επαναχρησιμοποιήσει στην δικιά της γραμμή παραγωγής (Langley, et al., 2023). Με την εκ νέου αυτή εισαγωγή των προϊόντων ως πρώτες ύλες σε γραμμές παραγωγής, μειώνεται ο όγκος των απορρίψεων, αφού δεν πετάγονται ως απορρίμματα. Δεν αυξάνονται τα ποσοστά του διοξειδίου του άνθρακα, αφού από τη μία δεν γίνεται καύση των απορρίψεων και από την άλλη δεν γίνονται διεργασίες για τη δημιουργία νέας πρώτης ύλης, έτσι μειώνεται το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του.

Άλλο ένα πλεονέκτημα των συστημάτων κυκλικής οικονομίας παρουσιάζεται στο κοινωνικό τομέα. Δημιουργούνται περισσότερες θέσεις απασχόλησης στους τομείς της ανακύκλωσης και της επιδιόρθωσης. Ακόμα, ενισχύονται οι σχέσεις στις εφοδιαστικές αλυσίδες, αφού αλληλεξαρτώνται προϊόντα και επιχειρήσεις. Στον οικονομικό τομέα, παρουσιάζεται μείωση των ασταθειών των τιμών, καθώς

η παραγωγή προϊόντων δεν εξαρτώνται συνεχώς από νέες ύλες (Tiwari, et al., 2024).

Τέλος, διαβάζοντας κάποιος όλα τα παραπάνω, καταλαβαίνει πως το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας μπορεί να χαρακτηριστεί και ως μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης (Paraschiv, et al., 2023).



Εικόνα 1.4.2 Βασικοί πυλώνες της κυκλικής οικονομίας (Mehrab Nodehi et.al. 2022)

1.5 Βιώσιμη ανάπτυξη

Ως βιώσιμη ανάπτυξη ορίζεται η ανάπτυξη, μέσω της οποίας δεν εξαντλούνται τα αποθέματα των φυσικών πόρων του πλανήτη, προστατεύεται το περιβάλλον και βελτιώνεται η ποιότητα ζωής των κατοίκων της γης. Επικεντρώνεται δηλαδή στον κοινωνικό, στον οικονομικό και στον περιβαλλοντικό τομέα εξίσου. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, μαζί με την ανακύκλωση και τον βιοκλιματικό σχεδιασμό, αποτελούν θεμέλιους όρους στην βιώσιμη ανάπτυξη.

Σκοπός της είναι η βελτίωση του φυσικού περιβάλλοντος και η εξασφάλιση φυσικών πόρων για τις μελλοντικές γενιές. Στον οικονομικό τομέα, πρέπει πέρα από την κερδοφορία των επιχειρήσεων, να υπάρχει αντίστοιχη και για το περιβάλλον (οικονομική βιωσιμότητα). Διάφορα επιδοτούμενα προγράμματα όπως επιδοτήσεις για πράσινη ανάπτυξη στοχεύουν σε αυτήν. Τέλος, στην κοινωνική βιωσιμότητα συμπεριλαμβάνονται οι ενέργειες αυτές που εξασφαλίζουν ίδια δικαιώματα και συνθήκες ζωής ανάμεσα στον τωρινό και στους μελλοντικούς πληθυσμούς του πλανήτη.

Ο άνθρωπος μπορεί και παράγει ενέργεια με πηγή το περιβάλλον και χωρίς να το βλάπτει και να ελαχιστοποιεί την κατανάλωση μη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Στόχος είναι, με βάση αυτήν, η βελτιστοποίηση της ποιότητας ζωής των κατοίκων

της γης και με την ταυτόχρονα διατήρηση της οικονομικής ανάπτυξης (Chien, et al., 2023). Ακόμα, απώτερος σκοπός της βιώσιμης ανάπτυξης είναι η εξοικονόμηση ενέργειας, η αποτροπή ρύπανσης, η ανακύκλωση των απορριμμάτων και η σχεδίαση πράσινων προϊόντων. Με άλλα λόγια, να επιτευχθεί περισσότερη ενέργεια με την μικρότερη δαπάνη πρώτης ύλης.

Όπως καταλαβαίνει κανείς διαβάζοντας τα παραπάνω, η εφαρμογή βιώσιμων μοντέλων στις παραγωγικές διαδικασίες προϊόντων και υπηρεσιών είναι αναγκαία. Ολοένα και περισσότεροι τομείς στρέφονται σε αυτή, όπως για παράδειγμα οι βιοτεχνίες παραγωγής ηλεκτρονικών ειδών ευρείας κατανάλωσης (Jansen, et al., 2022).

1.5.1 Στόχοι βιώσιμη ανάπτυξης

Για να επιτευχθούν όλα τα παραπάνω, τα Ηνωμένα Έθνη το 2015 θέσπισαν τους 17 στόχους για την βιώσιμη ανάπτυξη (**Sustainable Development Goals, SDGs**) (ΟΗΕ).

Οι στόχοι αυτοί έχουν να κάνουν με την ποιότητα ζωής των κατοίκων του πλανήτη όπως το επίπεδο ζωής και με τις συνθήκες στις οποίες ζουν και στην εκπαίδευση. Ακόμα επικεντρώνονται στο φυσικό περιβάλλον (θαλάσσιο και χερσαίο, στην προστασία του και στην παραγωγή ενέργειας και στην κατανάλωση αυτής.

Πιο συγκεκριμένα, οι στόχοι αυτοί είναι οι εξής:

1. Μηδενική φτώχεια: Βάση στοιχείων, ένας στους πέντε ανθρώπους ζει στα όρια της φτώχειας. Αυτή εκφράζεται κυρίως από την έλλειψη εισοδήματος και εκδηλώνεται μέσω της πείνας, του υποσιτισμού και της ελλιπούς εκπαίδευσης. Με βάση τα ηνωμένα έθνη, τα ποσοστά πείνας έχουν μειωθεί σε ποσοστό μεγαλύτερου του 50% του παγκόσμιου πληθυσμού από το 1990, όμως παρόλα αυτά, αποτελεί το βασικότερο πρόβλημα και πρωταρχικός στόχος η επίλυσή του.
2. Μηδενική πείνα: Λόγω της συνεχόμενης εκμετάλλευσης των δασικών και γεωργικών εκτάσεων με τρόπους μη βιώσιμους, αυτά υποβαθμίζονται σχεδόν αμέσως και αργεί ο χρόνος αποκατάστασης τους. Ταυτόχρονα με την κλιματική αλλαγή το πρόβλημα αυτό γιγαντώνεται. Έτσι, για να μηδενιστεί το φαινόμενο της πείνας σε παγκόσμια κλίμακα, θα πρέπει η αξιοποίηση της γης να γίνεται με βιώσιμους τρόπους ώστε να μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται και ταυτόχρονα να μειωθεί η πίεση των πόρων.
3. Καλή υγεία και ευημερία: Μέχρι σήμερα παρατηρείται αύξηση του προσδόκιμου χρόνου ζωής σε παγκόσμιο επίπεδο. Αυτό έχει επιτευχθεί με

την μείωση ή/ και εξάλειψη θανατηφόρων ιών όπως η φυματίωση, η ελονοσία κτλ. Ακόμα, η αυξημένη πρόσβαση σε καθαρό νερό αλλά και σε εγκαταστάσεις υγιεινής, έχουν συμβάλει θετικά στην επίτευξη του συγκεκριμένου στόχου.

4. Ποιοτική εκπαίδευση: Στους βασικούς στόχους βιώσιμης ανάπτυξης συμπεριλαμβάνεται και η ποιοτική εκπαίδευση. Παρατηρείται ότι τα ποσοστά των ανθρώπων που δεν γνωρίζουν γραφή και ανάγνωση συνεχώς μειώνεται. Ακόμα, όλο και περισσότερες γυναίκες και κορίτσια παρακολουθούν όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης συγκριτικά με παλαιότερες δεκαετίες. Μέσω της εκπαίδευσης αυτής βελτιώνεται το επίπεδο ζωής και η βιώσιμη ανάπτυξη.
5. Ισότητα μεταξύ φύλων: Αν και ανθρώπινο θεμελιώδες δικαίωμα, η ισότητα μεταξύ των δύο φύλων δεν είναι δεδομένη σε κάθε μέρος του πλανήτη. Υπάρχουν γεωγραφικές περιοχές όπου οι γυναίκες δεν έχουν το δικαίωμα της εκπαίδευσης, της εργασίας, της υγειονομικής κάλυψης ή/και το δικαίωμα συμμετοχής στα κοινά.
6. Καθαρό νερό και αποχέτευση: Υπάρχει μεγάλο κομμάτι του παγκόσμιου πληθυσμού το οποίο δεν έχει πρόσβαση σε καθαρό νερό ή/και σε συστήματα αποχέτευσης. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται κυρίως σε υποανάπτυκτες χώρες, όπου το επίπεδο της οικονομίας είναι κακό και οι εγκαταστάσεις αυτές ανύπαρκτες. Αποτέλεσμα αυτού, εκατομμύρια άνθρωποι πεθαίνουν λόγω αυτών των συνθηκών.
7. Φθηνή και καθαρή ενέργεια: Μέσα στα επόμενα χρόνια ένας άλλος βασικός στόχος που επιδιώκεται να επιτευχθεί είναι αυτός της παραγωγής καθαρής ενέργειας. Ενέργεια δηλαδή, που να παράγεται κυρίως έως απόλυτα από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ακόμα, προβλέπεται η ανάπτυξη τεχνολογικών μονάδων και εγκαταστάσεων και στις αναπτυσσόμενες χώρες, έτσι ώστε όλοι να έχουν το προνόμιο της χρήσης πράσινης-καθαρής ενέργειας.
8. Αξιοπρεπής εργασία και οικονομική ανάπτυξη: Η επιτυχία του συγκεκριμένου στόχου θα έχει ως αποτέλεσμα την εξάλειψη της φτώχειας και την δημιουργία ποιοτικών θέσεων εργασίας. Πρέπει να δημιουργηθούν εργασιακές ευκαιρίες για κάθε μορφωτικό επίπεδο και για κάθε ηλικιακή ομάδα, για το σύνολο δηλαδή του πληθυσμού.
9. Βιομηχανία, καινοτομία και υποδομές: Αποτέλεσμα της ανάπτυξης της βιομηχανίας είναι η δημιουργία θέσεων εργασίας που, κατά συνέπεια, αυξάνεται μέσω αυτής το βιοτικό επίπεδο του πληθυσμού. Ακόμα, η βιώσιμη ανάπτυξη βασίζεται στις υποδομές και στην βελτίωση αυτών ώστε να αυξηθεί η παραγωγικότητά τους. Τέλος, σημαντικό ρόλο έχουν και οι καινοτομίες, μέσω των οποίων εξελίσσεται το τεχνολογικό υπόβαθρο

και κατά συνέπεια η απόδοση της ενέργειας (βασικό στοιχείο της βιώσιμης ανάπτυξης).

10. Λιγότερες ανισότητες: Στους βασικούς στόχους για βιώσιμη ανάπτυξη είναι και αυτός του περιορισμού ανισοτήτων μεταξύ των κρατών, αλλά και μεταξύ των κοινωνικών ομάδων κάθε κράτους. Οι ανισότητες αυτές παρουσιάζονται στο οικονομικό τομέα, όπως φτώχεια, στο μορφωτικό επίπεδο και σε άλλους βασικούς τομείς.
11. Βιώσιμες πόλεις και κοινότητες: Ως βιώσιμη πόλη θα μπορούσε να οριστεί η πόλη στην οποία υπάρχει οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική ανάπτυξη. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει να δημιουργούνται συνεχώς θέσεις εργασίας αλλά χωρίς να επιβαρύνεται το περιβάλλον με ρύπους κτλ. Ακόμα, θα πρέπει σε αυτές να υπάρξει επαρκής στέγαση και υποδομές. Με αυτές τις προϋποθέσεις δημιουργούνται βιώσιμες πόλεις όπου περιορίζεται η φτώχεια και η περιβαλλοντική επιβάρυνση.
12. Υπεύθυνη κατανάλωση και παραγωγή: Ο συγκεκριμένος στόχος που έχει τεθεί, επικεντρώνεται στην βιώσιμη κατανάλωση και βιώσιμη παραγωγή προϊόντων. Μακροπρόθεσμα, ως βιώσιμη σχεδίαση, θα αποφέρει θετικό πρόσημο στο οικονομικό, κοινωνικό και περιβαλλοντικό τομέα. Θα βελτιωθεί η εικόνα της παγκόσμιας οικονομίας, αφού θα μειωθούν οι ποσότητες των υλικών που θα απορρίπτονται στο περιβάλλον. Κοινωνικά, θα μειωθεί η φτώχεια αφού θα επιτευχθούν στόχοι ανάπτυξης και θα δημιουργηθούν περισσότερες θέσεις εργασίας. Περιβαλλοντικά, μέσω της μείωσης χρήσης ορυκτών πόρων, θα υπάρξει βελτίωση και μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Για την επίτευξη του στόχου αυτού απαιτείται ένα μεγάλο και συνεχές δίκτυο επικοινωνίας μεταξύ των εμπλεκόμενων φορέων, παραγωγών, καταναλωτών κτλ. Ακόμα, θεωρείται αναγκαία η εκπαίδευση και η ενημέρωση όλων σχετικά με την βιώσιμη κατανάλωση και τον βιώσιμο τρόπο ζωής.
13. Δράση για το κλίμα: Η ελλιπής γνώση των προηγούμενων δεκαετιών σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, έχει φέρει τη σημερινή κοινωνία σε θέση να τις αντιμετωπίσει. Κάθε χώρα του πλανήτη επηρεάζεται και καλείται να πάρει μέτρα μόνης αλλά πολλές φορές και συλλογικά, για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής.
14. Ζωή στο νερό: Στόχος είναι η προστασία των υδάτινων περιοχών του πλανήτη καθώς και των πληθυσμών που ζουν σε αυτές. Όταν γίνεται χρήση - αξιοποίηση αυτών να γίνεται με βιώσιμες τεχνικές ώστε να προστατεύονται από περαιτέρω ρύπανση.
15. Ζωή στη στεριά: Σε αυτόν τον στόχο δίνεται έμφαση στο χερσαίο μέρος του πλανήτη. Η συνεχής υποβάθμιση του περιβάλλοντος μέσω της ανθρώπινης δραστηριότητας σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή έχουν συμβάλει αρνητικά στον τρόπο ζωής μεγάλης μερίδας του παγκόσμιου πληθυσμού.

Άνθρωποι αναζητούν πρόσφορο έδαφος για καλλιέργειες κτλ. Με τον τρόπο αυτό ερημοποιούνται μεγάλες εκτάσεις. Το θέμα αυτό, μαζί με την αποψίλωση των δασών είναι δύο από τα βασικότερα προβλήματα που καλείται να λύσει το σύνολο του πληθυσμού μέχρι το 2030 και να εφαρμόσει βιώσιμες τεχνικές αξιοποίησης των χερσαίων περιοχών.

16. Ειρήνη, δικαιοσύνη και ισχυροί θεσμοί: Κυριότερος στόχος όλων είναι η ειρήνη σε κάθε χώρα του πλανήτη. Έτσι, παρέχεται πρόσβαση στη δικαιοσύνη σε όλους ώστε αυτή να επιτευχθεί.
17. Συνεργασία για τους στόχους: Εννοείται πως για την επίτευξη κάθε έναν από τους 17 στόχους πρέπει να συνεργαστεί κάθε κράτος του πλανήτη. Συνεργασία μεταξύ των κυβερνήσεων, των πολιτών και παραγόντων του ιδιωτικού τομέα. Έτσι θα επιτευχθεί η ζητούμενη βιώσιμη ανάπτυξη, όπως αυτή ορίστηκε στην Ατζέντα 2030.



Εικόνα 1.5.1 Στόχοι βιώσιμης ανάπτυξης (Un.org, n.d.)

1.6 Ανάλυση κύκλου ζωής

Μία χρήσιμη περιβαλλοντική έννοια που πρέπει να υιοθετηθεί στην καθημερινή μας ζωή, είναι και αυτή της ανάλυσης κύκλου ζωής (AKZ) ή Life Cycle Assessment (LCA). Σε αυτή, περιλαμβάνονται πληροφορίες από την αρχή της δημιουργίας ενός προϊόντος μέχρι και το τέλος της ζωής του. Ξεκινάει την παρακολούθηση από την δημιουργία των πρώτων υλών που χρησιμοποιούνται, την παραγωγή του προϊόντος και τελικά την διάθεσή του.

Έτσι, υπάρχει μία λεπτομερέστατη ανάλυση σε κάθε διεργασία που έχει λάβει χώρα. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να καταγραφούν τυχόν περιβαλλοντικές

επιπτώσεις και παραβάσεις που προκαλούνται από την χρήση ή/και την παραγωγή βλαβερών αερίων, υγρών ή/ και στερεών απορριμμάτων.

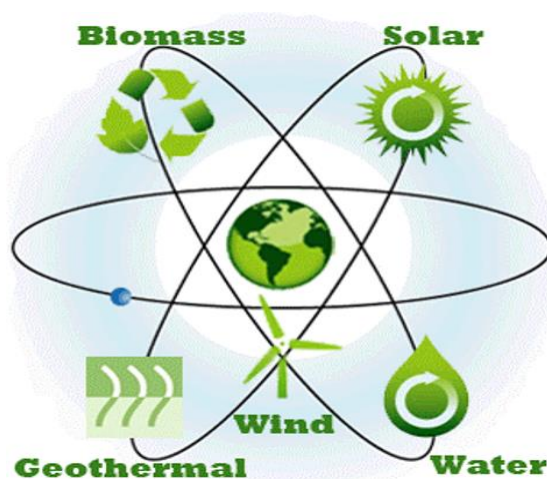
Σκοπός της σημερινής κοινωνίας είναι ο σχεδιασμός και η δημιουργία προϊόντων που να διατηρούν την αξία τους όσον το περισσότερο γίνεται. Να δημιουργούνται δηλαδή προϊόντα κατάλληλα για την κυκλική οικονομία. Έτσι, μακροπρόθεσμα, θα επιτευχθεί περιβαλλοντική αειφορία. Με αυτό τον τρόπο, θα επέλθει και κοινωνική βιωσιμότητα, αφού θα έχει εξασφαλιστεί ευημερία των ανθρώπων, με μία καλύτερη ποιότητα ζωής (Paraschiv, et al., 2023).

1.7 Δράσεις μείωσης εκπομπών CO₂

Μελετώντας κάποιος όλα τα παραπάνω, για να σταματήσει η συνεχής αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη, θα πρέπει να μειωθούν τα επίπεδα CO₂ που εκπέμπονται σε αυτόν. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι η χρήση Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας (ΑΠΕ) αντί της καύσης ορυκτών καυσίμων. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι ουσιαστικά μοντέλο βιώσιμης ανάπτυξης (Paraschiv, et al., 2023).

1.7.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Αυτές έχουν ως πηγές φυσικές διαδικασίες και χαρακτηρίζονται ως ήπιες, αφού για την εκμετάλλευσή τους δεν γίνεται κάποια ενεργητική παρέμβαση αλλά γίνεται εκμετάλλευση στη φυσική τους ροή. Το κυριότερο, δεν παράγουν αέρια θερμοκηπίου και για αυτό αναφέρονται και ως καθαρές πηγές ενέργειας. Οι κυριότερες μορφές ενέργειας που ανήκουν σε αυτές είναι ηλιακή, η υδροηλεκτρική, η αιολική, η γεωθερμική και η βιομάζα (Paraschiv, et al., 2023).



Εικόνα 1.7.1 Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Angham Hadi, et.al. 2023)

1.7.1.1 Αιολική ενέργεια

Στην αιολική ενέργεια αξιοποιείται η ταχύτητα του ανέμου και θεωρείται από τις πιο ωφέλιμες. Το μέσο με το οποίο αξιοποιείται η συγκεκριμένη μορφή ενέργειας είναι οι ανεμογεννήτριες. Αυτές τοποθετούνται σε μεγάλα υψόμετρα, όπου οι ταχύτητες του ανέμου είναι μεγαλύτερες. Το κύριο μέρος μιας ανεμογεννήτριας, τα πτερύγια, περιστρέφονται μέσω του ανέμου. Έτσι, περιστρέφεται και το μέρος όπου ενώνονται τα πτερύγια, ο ρότορας. Αυτός είναι συνδεδεμένος με μία γεννήτρια, που και αυτή εξαναγκάζεται σε περιστροφή. Έτσι, η κινητική ενέργεια του ανέμου μετατρέπεται σε ηλεκτρική (Chien, et al., 2023).

Με την εγκατάσταση, την λειτουργία και την συντήρηση των ανεμογεννητριών, εκτός από το περιβαλλοντικό όφελος, δημιουργούνται πολλές θέσεις εργασίας που συμβάλουν θετικά στην οικονομία των χωρών. Ακόμα, η συνεχή μελέτη γύρω από τις ανεμογεννήτριες και τον σχεδιασμό των στροβίλων έχει ως αποτέλεσμα την βελτίωση αποθήκευσης της ενέργειας που παράγεται (Paraschiv, et al., 2023) (Chien, et al., 2023).

1.7.1.2 Ηλιακή ενέργεια

Αντίστοιχα κοινωνικά και περιβαλλοντικά οφέλη συναντώνται και στην εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας μέσω των **φωτοβολταϊκών κατασκευών** (πάνελ). Αυτά είναι επίπεδες κατασκευές που περιέχουν πλάκες ημιαγωγών, που λόγω της διάταξης του αρνητικού και του θετικού φορτίου, δημιουργούν ηλεκτρικό πεδίο. Όταν αυτό λάβει ηλιακή ενέργεια, ο ημιαγωγός αυτός την απορροφά και την μεταφέρει σε μορφή ηλεκτρονίων. Με αυτό τον τρόπο, η ηλιακή ενέργεια μετατρέπεται σε αντίστοιχη ηλεκτρική. Αυτή η ΑΠΕ θεωρείται πως θα επικρατήσει στο μέλλον (Chien, et al., 2023).

Μαζί με την αιολική ενέργεια, θεωρούνται οι πιο υποσχόμενες λύσεις στον στόχο μείωσης των αέριων του θερμοκηπίου (Paraschiv, et al., 2023). Και σε αυτή, κατά την αξιοποίηση της δεν εκπέμπονται αέρια του θερμοκηπίου, δικαιολογώντας την βιώσιμη ταυτότητά της.

1.7.1.3 Υδροηλεκτρική ενέργεια

Μέσω φραγμάτων μπορεί να δημιουργηθεί η **υδροηλεκτρική ενέργεια**. Πιο συγκεκριμένα, ένας υδάτινος όγκος μπορεί να κατευθυνθεί προς μία συγκεκριμένη περιοχή, μέσω ενός φράγματος. Συνήθως, ο “τελικός” προορισμός βρίσκεται σε υψόμετρο μικρότερο από αυτό του φράγματος. Έτσι, μέσω της βαρύτητας και της πίεσης, το νερό αναπτύσσει μεγαλύτερη ταχύτητα από αυτή που είχε αρχικά. Το νερό αυτό προσκρούει σε υδροηλεκτρικούς σταθμούς και έτσι παράγεται

ηλεκτρική ενέργεια. Λόγω της ύπαρξης πολλών υδάτινων πόρων, αξιοποιείται από πολλές χώρες του πλανήτη, κάνοντας τον στόχο της βιώσιμης ανάπτυξης περισσότερο εφικτό (Paraschiv, et al., 2023) (Chien, et al., 2023).

1.7.1.4 Καύση βιομάζας

Ως βιομάζα ορίζεται μία μάζα που αποτελείται από οργανικό υλικό, αποτελούμενη κυρίως από υπολείμματα που μπορεί να προέρχονται από γεωργικές δραστηριότητες, από δάση κτλ. Η μάζα αυτή καίγεται σε ειδικά κατασκευασμένα δοχεία. Εκεί ο ατμός που παράγεται από την καύση, ενεργοποιεί την κίνηση ενός στροβίλου. Αυτός με τη σειρά του συνδέεται με κάποια γεννήτρια. Έτσι, παράγεται αξιοποιήσιμη ηλεκτρική ενέργεια (Paraschiv, et al., 2023).

Αν και λαμβάνει χώρα καύση, αυτή θεωρείται ουδέτερη από άνθρακα. Αυτό γιατί, κατά την καύση της παράγεται ισοδύναμο ποσοστό διοξειδίου του άνθρακα με αυτό που είχε απορροφηθεί κατά την ανάπτυξη της (Paraschiv, et al., 2023). Συμπερασματικά, συμφωνεί και ο ερευνητής (Tiwari, et al., 2024), ο οποίος αναφέρει πως παράγοντας ενέργεια μέσω αστικών απορριμμάτων και όχι από την εξόρυξη φυσικών πόρων, μπορεί να μειωθούν περισσότερο οι εκπομπές άνθρακα στο περιβάλλον.

1.7.1.5 Γεωθερμία

Τέλος, την ομάδα των βασικών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, ολοκληρώνει η **γεωθερμία**. Σε αυτή, αξιοποιείται η θερμότητα που παράγεται από τον πυρήνα της γης και ο βρασμός που προκαλείται στις γεωθερμικές πηγές.

Ο ατμός που παράγεται από τον βρασμό αυτόν, μέσω αντλήσεων ή πηγαδιών, εξαναγκάζει σε κίνηση κάποια γεννήτρια. Έτσι η γεωθερμία μετατρέπεται τελικά σε ηλεκτρική ενέργεια. Σημειώνεται πως η γεωθερμική ενέργεια, θεωρείται ανανεώσιμη, εάν δεν γίνεται υπέρ άντληση αυτής.

1.7.2 Χρήση ΑΠΕ σε μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας

Σε κάθε περίπτωση, ο συνδυασμός μερικών ή όλων των παραπάνω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μπορεί να δώσει αποδοτικότερα αποτελέσματα στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό είναι λογικό, καθώς θα υπάρξει ευελιξία και δυνατότητα προσαρμογής σχετικά με τις καιρικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά του γεωγραφικού μήκους και πλάτους κάθε περιοχής (Paraschiv, et al., 2023). Ακόμα, με τη χρήση των ΑΠΕ, θεωρείται ότι θα βελτιωθεί εξίσου η βιομηχανική απόδοση (Chien, et al., 2023).

Παράδειγμα ευρωπαϊκής χώρας που παράγει σχετικά μεγάλο ποσοστό των αναγκών της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω ΑΠΕ, είναι η Ρουμανία. Στην έρευνα των (Paraschiv, et al., 2023), αναφέρεται πως το 2019 το κράτος της Ρουμανίας κάλυπτε κατά 25,61% των ηλεκτρικών της αναγκών μέσω της υδροηλεκτρικής ενέργειας και αντίστοιχα 11,3 % μέσω της αιολικής. Μέσω της βιομάζας παράγαγε μονάχα 0,69% της συνολικής απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Αθροιστικά, κάλυψε λίγο λιγότερο του 40% μέσω ΑΠΕ, ποσοστό που συμφωνεί με τον ισχυρισμό, πως με την παρούσα τεχνολογική εξέλιξη, οι ΑΠΕ έχουν μέγιστο συντελεστή απόδοσης στα 45%. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιούνται ως συμπληρωματικές πηγές ενέργειας, με βασική αυτή που παράγεται από την καύση ορυκτών καυσίμων.

Αντίστοιχη μελέτη λαμβάνει χώρα στην έρευνα των (Chien, και συν., 2023). Σε αυτήν, έχουν επιλεγεί 7 διαφορετικές χώρες με συνεχή αναπτυσσόμενο πληθυσμό και με τεράστιο ρυθμό ανάπτυξης στις βιομηχανίες τους, που συνεπάγεται και τεράστιες εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Οι χώρες αυτές είναι η Βραζιλία, η Ινδία, η Κίνα, η Τουρκία, η Ρωσία, το Μεξικό και η Ινδονησία. Το σύνολο αυτών των χωρών εκτιμάται ότι ελέγχει το 25% της παγκόσμιας οικονομίας και το 40% των παγκόσμιων εκπομπών αερίων. Τεράστια ποσοστά, αλλά άμα σκεφτεί κανείς, δικαιολογείται καθώς, με μετρήσεις του 2018, σε αυτές συνολικά κατοικεί το 47% του παγκόσμιου πληθυσμού. Για αυτούς τους λόγους, έχουν δεσμευτεί να είναι ουδέτερες σε εκπομπές άνθρακα μέχρι το 2030.

Για να περιοριστούν οι παραγόμενες εκπομπές αερίων και να επιτευχθεί ο προαναφερθείσας στόχος, οι χώρες αυτές κάνουν και χρήση ΑΠΕ για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Έχει υπολογιστεί ότι η Κίνα, η Ινδία και η Βραζιλία, καλύπτουν το 16% της απαιτούμενης ενέργειας με χρήση πράσινων πηγών.

Αξίζει να σημειωθεί πως σχεδόν 13 εκατομμύρια ανθρώπων παγκοσμίως εργάζονται σε μονάδες εξόρυξης και αξιοποίησης των φυσικών πόρων. Όπως υποστηρίζεται, θα πρέπει ο αριθμός αυτός των εργαζομένων να απορροφηθεί στις θέσεις εργασίας που δημιουργούνται στην μελέτη και στην δημιουργία των μονάδων παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (Arias, et al., 2023).

1.7.3 Μείωση εκπομπών εναέριων μέσων

Άλλη πηγή μεγάλων ποσοστών αερίων θερμοκηπίου είναι και αυτή των **εναέριων μέσων**. Έχει μελετηθεί το “πρόβλημα” αυτό και δόθηκαν τυχόν λύσεις για την μείωση των βλαβερών αυτών εκπομπών για το περιβάλλον (Jarosova, et al., 2022).

Ως ρύποι της αεροπορικής βιομηχανίας θεωρούνται τα καύσιμα που χρησιμοποιούν τα εναέρια μέσα αλλά και αυτοί που παράγονται από τυχόν εξοπλισμό της επίγειας εξυπηρέτησης ή ακόμα και τα ιδιωτικά αμάξια (ή τα μέσα μαζικής μεταφοράς) που χρησιμοποιεί το προσωπικό από και προς το αεροδρόμιο. Ακόμα, σε αυτούς συμπεριλαμβάνεται και η ηλεκτρική ενέργεια που καταναλώνεται στις εγκαταστάσεις του αεροδρομίου.

Προσπαθώντας να μειωθούν οι εκπομπές αυτές, τα επόμενα χρόνια, προβλέπεται να αντικατασταθούν τα καύσιμα με αντίστοιχα βιώσιμα, όπως την καύση υδρογόνου (Jarosova, et al., 2022). Ακόμα, θα μειωθούν οι εκπομπές αέριων ρύπων με την εξέλιξη και τη βελτίωση της τεχνολογίας. Τέλος, σημαντικά αποτελέσματα βελτίωσης θα μπορούσαν να φανούν και με την χρήση ηλεκτροκινητήρων, οι οποίοι είναι πιο αποδοτικοί από τους κινητήρες εσωτερικής καύσης και χρειάζονται λιγότερη συντήρηση.

1.7.4 Ηλεκτρικά οχήματα

Όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω, η χρήση οχημάτων έχει συμβάλει και αυτή σε σημαντικό βαθμό στην αύξηση των επιπέδων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με τη διεθνή ενεργειακή ένωση και τη διακυβερνητική επιτροπή για το κλίμα, το σύνολο των οχημάτων ευθύνεται για το 22% των παγκόσμιων εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου (Safarian, 2023). Η πλειοψηφία αυτών κάνει χρήση βενζίνης και πετρελαίου.

Η χρήση ηλεκτρικών και υβριδικών οχημάτων, ιδιωτικών και δημόσιων, συμβάλλει θετικά στην μείωση των εκπομπών των αέριων του θερμοκηπίου. Σημειώνεται πως οι παγκόσμιες πωλήσεις ηλεκτρικών οχημάτων αγγίζουν τα 3,3 εκατομμύρια το 2021, σε ποσοστό μεγαλύτερο κατά 120% συγκριτικά με το 2020 (Safarian, 2023). Στην αγορά της Κίνας καταλαμβάνουν το 50% και στην αντίστοιχη της Ευρώπης το 40% των συνολικών πωλήσεων.

Άξιο αναφοράς είναι το παράδειγμα της Σουηδίας, η οποία κατέχει την τρίτη θέση παγκοσμίως σε χρήση ηλεκτρικών οχημάτων, με 28,8 ηλεκτρικά οχήματα ανά 1000 κατοίκους. Σε αυτό, συνέβαλαν κίνητρα, φορολογικά και οικονομικά, που θέσπισε το σουηδικό κράτος με απώτερο σκοπό το σύνολο των οχημάτων της χώρας μέχρι το 2045 να είναι αποκλειστικά ηλεκτροκίνητα. Αντίστοιχα, όσον αφορά τα μέσα μαζικής μετακίνησης, στην Ευρώπη το 10.6% των λεωφορείων είναι ηλεκτρικά, ποσοστό αυξανόμενο κατά 78,7% από το 2021 (Grazieschi, et al., 2023).

Στην έρευνα του (Safarian, 2023), δίνονται στοιχεία σχετικά με την πηγή ηλεκτρικής ενέργειας που φορτίζεται κάθε ηλεκτρικό όχημα. Μελετώντας την, τα

μη ηλεκτρικά οχήματα εκπέμπουν υψηλά ποσοστά CO₂ κατά την λειτουργία τους, δηλαδή κατά την καύση της βενζίνης ή του πετρελαίου στον κινητήρα τους. Ένα ηλεκτροκίνητο αμάξι, που φορτίζει την μπαταρία του με ρεύμα προερχόμενο από καύση άνθρακα, έχει τις υψηλότερες εκπομπές άνθρακα. Για αυτό το λόγο πρέπει να εξετάζεται η προέλευση της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται.

Εννοείται πως το βέλτιστο σενάριο είναι η φόρτιση των ηλεκτρικών οχημάτων να γίνεται από ενέργεια που έχει παραχθεί σε ποσοστό τουλάχιστον 50% από ΑΠΕ. Σε αυτή την περίπτωση η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα προσεγγίζουν το 50% (83 gCO₂/km) (Safarian, 2023).

Αντίστοιχα αποτελέσματα έδωσε και η έρευνα των (Grazieschi, et al., 2023), στην οποία μελετήθηκαν ηλεκτρικά λεωφορεία και λεωφορεία τα οποία λαμβάνουν κινητική ενέργεια μέσω καύσης βενζίνης. Σημειώθηκε πως τα ηλεκτρικά λεωφορεία είναι 3 φορές πιο αποδοτικά από τα βενζινοκίνητα και πως έχουν πιο χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Τέλος, όπως και στα ηλεκτρικά αμάξια, αφού τα ηλεκτρικά οχήματα έχουν μηδενικές εκπομπές αερίων, το στάδιο κατασκευής τους είναι πιο επιβλαβές από το στάδιο χρήσης του.

1.7.5 Ανακύκλωση υλικών

Για τη μείωση των βλαβερών αερίων στο περιβάλλον, θα πρέπει να μειωθεί ο όγκος των απορριμμάτων που παράγονται και να αυξηθούν αυτοί που ανακυκλώνονται. Μέσω της ανακύκλωσης, από τη μία, μειώνεται η ανάγκη παραγωγής πρώτων υλών και από την άλλη, ο όγκος των απορριμμάτων που οδηγούνται σε χωματερές είναι μειωμένος και δεν λαμβάνει χώρα περισσότερη έκταση καύσης (Ene).

Σημειώνεται πως κάθε χρόνο καταλήγουν στις χωματερές παραπάνω από 2,01 δισεκατομμύρια τόνοι σκουπιδιών, από τα οποία μόνο ένα μέρος τους ανακυκλώνεται (Kaza, et al., 2018). Από αυτά, περίπου τα 400 εκατομμύρια είναι πλαστικά απόβλητα, από τα οποία ανακυκλώνεται μονάχα το 16%. Η διαδικασία ανακύκλωσης του χαρτιού επιτυγχάνεται κατά 68% περίπου ενώ του αλουμινίου μπορεί να γίνεται απ' αόριστόν, κάνοντας αυτό και το γυαλί τα πιο αποδοτικά ανακυκλώσιμα υλικά (Hobley, 2020).

Όσον αφορά την μείωση των εκπομπών CO₂ που επιτυγχάνεται από την ανακύκλωση του αλουμινίου είναι εντυπωσιακή. Μέσω αυτής εξοικονομείται το 95% της ενέργειας που απαιτείται για τη δημιουργία νέου πρωτογενές αλουμινίου, ποσοστό που μεταφράζεται σε 250 περίπου εκατομμύρια τόνους ετησίως (Cousins, 2021). Τα προς ανακύκλωση υλικά πλαστικού και χαρτιού, μειώνουν τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα αφού η παραγωγή υλικών από

ανακυκλώσιμα υλικά απαιτεί λιγότερη ενέργεια από αυτή που απαιτείται από την παραγωγή νέων (Stephen, 2016).

Τέλος, πέρα από το χαρτί, το αλουμίνιο και το πλαστικό, εξετάζεται η ανακύκλωση μερών, συμπεριλαμβανομένης και της μπαταρίας, ενός ηλεκτρικού αμαξιού (Safarian, 2023). Η ανακύκλωση αυτή, που σύμφωνα με έρευνες είναι αποδοτική κατά 80-90%, μειώνει τις εκπομπές του άνθρακα και προλαμβάνει περαιτέρω ρύπανση, αφού εξοικονομείται ενέργεια από την μη παραγωγή καινούργιων τμημάτων. Σημειώνεται βέβαια, πως η ανακύκλωση αυτών των μερών δεν εφαρμόζεται σε νέα αμάξια αλλά τα υλικά αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε άλλες κατασκευές ή παραγωγικές διαδικασίες.

Εν κατακλείδι, προβλέπεται πως μέχρι το 2050 ο όγκος των απορριμμάτων θα προσεγγίσει τα 3,80 δισεκατομμύρια (Kaza, et al., 2018) και φαντάζει επιτακτική η ανάγκη για σωστότερη και πιο αποτελεσματική ανακύκλωση (UNEP, 2021). Εάν επιτευχθεί αυτό, αναμένεται μία μείωση των εκπομπών CO₂ κατά 5,5-6 GT μεταξύ 2020-2050 (Robinson, et al., 2023)

1.8 Ανάλυση συστημάτων πληροφοριών και μεγάλα δεδομένα (Big Data)

Εκτιμάται πως η ψηφιοποίηση και ο συνεχής αυξανόμενος αριθμός των δεδομένων θα συμβάλλει θετικά στην αποτελεσματικότερη εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας (Jarvenpaa, 2022), (Jarvenpaa, et al., 2022). Αφού, μέσω της ανάλυσης αυτών, παρέχεται δυνατότητα βελτιστοποίησης της επεξεργασίας, της ροής των υλικών και της εφοδιαστικής αλυσίδας. Η μορφή αυτή των δεδομένων είναι αποτέλεσμα της συνεχούς εξέλιξης της τεχνολογίας των τελευταίων δεκαετιών και μέσω αυτής, όλα τα δεδομένα μεταφράζονται στην μητρική γλώσσα των υπολογιστών, την δυαδική, παίρνουν δηλαδή μορφή 0 και 1 (Zawistowska, 2015).

1.8.1 Δεδομένα

Ο όγκος των δεδομένων που μπορεί να αποθηκευτεί καθημερινά σε ψηφιακές πλατφόρμες είναι τεράστιος. Αυτά ενδέχεται να προέρχονται από διαφορετικές εσωτερικές ή εξωτερικές πηγές (Jarvenpaa, 2022).

Μπορούν να προέρχονται από κάποια μηχανή, όπως αισθητήρες κάποιου οργάνου, εφαρμογές κινητών τηλεφώνων ή από δίκτυα υπολογιστών. Άλλη πηγή δεδομένων είναι ανθρωπογενής. Τέτοια δεδομένα μπορούν να θεωρηθούν προσωπικές πληροφορίες ή αποτελέσματα κάποιας έρευνας – ερωτηματολογίου. Ανθρωπογενής δεδομένα ακόμα θεωρούνται αυτά που προέρχονται από

έγγραφα, μηνύματα ή από ηλεκτρονική αλληλογραφία. Τέλος, δεδομένα παράγονται και στα σημεία πώλησης κάθε επιχείρησης (Jarvenpaa, et al., 2023). Κατά πλειοψηφία, ο όγκος αυτός οφείλεται στην ύπαρξη του διαδικτύου και στην αυξανόμενη χρήση φορητών ψηφιακών μέσων (Jarvenpaa, 2022).

Χαρακτηριστικά των δεδομένων αυτών είναι ο μεγάλος τους όγκος και οι υψηλές ταχύτητες τους. Ακόμα, επειδή μπορούν να αποθηκευτούν δεδομένα διαφορετικών φύσεων, χαρακτηρίζονται από μεγάλη ποικιλία, ανομοιογένεια και υψηλή πολυπλοκότητα. Τέλος, εννοείται ότι δίνεται μία ακριβής τιμή (Jarvenpaa, 2022) και η πρόσβαση σε αυτά γίνεται σε πραγματικό χρόνο (Zawistowska, 2015).

Τα δεδομένα αυτά, από μόνα τους, δεν μπορούν να δώσουν πληροφορίες (Zawistowska, 2015). Για να αξιοποιηθούν είναι αναγκαία η εκπαίδευση του προσωπικού, ώστε αυτό να μπορεί να κατανοήσει τις όποιες πληροφορίες δίνονται μέσω της ερμηνείας τους (Jarvenpaa, 2022). Η ανάλυση δεδομένων απαιτεί πλήθος ενεργειών, όπως η συλλογή, η αποθήκευση, η επεξεργασία, η ανάλυση και η οπτικοποίηση των δεδομένων για να δημιουργηθούν πληροφορίες και συμπεράσματα (Jarvenpaa, 2022). Για τον λόγο αυτόν, το προσωπικό κάθε εταιρίας θα πρέπει να κατέχει τεχνική εκπαίδευση ώστε να γνωρίζει από συστήματα προγραμματισμού και στατιστική, να κατέχει γνώσεις σχετικά με την τεχνολογία που διατίθεται στην επιχείρηση του, γνώσεις σχετικά με τις επιχειρησιακές λειτουργίες και τέλος γνώσεις σχετικά με την συνεργασία μεταξύ του προσωπικού ή των συναδέλφων.

Ακόμα, απαιτούνται και τα κατάλληλα εργαλεία για την επεξεργασία, την ψηφιοποίηση και την ανάγνωση των δεδομένων αυτών από τις εταιρίες. Η πιο απλή μέθοδος ανάγνωσης και ερμηνείας δεδομένων είναι αυτές των απλών στατιστικών μεθόδων και των υπολογιστικών φύλλων λογιστικού. Τα πιο εξελιγμένα εργαλεία, και τα πιο δαπανηρά, είναι αυτά της οπτικοποιημένης ανάλυσης δεδομένων μέσω περιγραφικών και προγνωστικών μεθόδων (Jarvenpaa, και συν., 2023). Στην έρευνα των (Jarvenpaa, et al., 2022), υπάλληλοι εταιρίας παραδέχονται πως η οπτικοποίηση των δεδομένων τους βοήθησε να καταλάβουν καλύτερα τα εξαγόμενα συμπεράσματα από την ανάλυση δεδομένων.

Η χρήση των εξελιγμένων εργαλείων, αποτελεί πρόκληση για κάθε εταιρία που επιλέγει να κάνει χρήση των Big Data. Τα συστήματα αυτά και η εκπαίδευση των υπαλλήλων απαιτούν μεγάλο οικονομικό κεφάλαιο. Για τον λόγο αυτόν, προς το παρόν, κάνουν χρήση των δεδομένων αυτών κυρίως εταιρίες κολοσσοί ή/και πολυεθνικές.

Από την άλλη, πέρα του οικονομικού κεφαλαίου που απαιτείται, υπάρχουν και άλλοι λόγοι που μία μικρή επιχείρηση μπορεί να επιλέξει να μην “συμμετέχει” στο δίκτυο των Big Data. Μπορεί να μην ενδιαφέρεται ή να μην μπορεί να διαθέσει τους πόρους για να κατασκευάσει καινοτόμα προϊόντα ή οι υπεύθυνοι ενδέχεται να διστάζουν στην κοινοποίηση και ανταλλαγή δεδομένων, ώστε να αποφύγουν την διαρροή γνώσης από τις εταιρίες τους (Jarvenpaa, 2022).

Ένα ακόμα βασικό τους μειονέκτημα είναι ότι, προς το παρόν, δεν υπάρχουν κάποια πρότυπα δεδομένων που πρέπει να καταχωρούνται στις βάσεις δεδομένων (Jarvenpaa, 2022). Έτσι, μπορεί μερικές φορές να μην θεωρούνται αξιόπιστα και ποιοτικά. Αυτά είναι δεδομένα που μπορεί να είναι ελλιπή ή/ και λανθασμένα και μέσω των στοιχείων αυτών, μπορεί να παρθούν λανθασμένες αποφάσεις (Jarvenpaa, και συν., 2023).

1.8.2 Εργαλεία εξαγωγής δεδομένων

Στην έρευνα των (Langley, et al., 2023), γίνεται αναφορά σε ειδικές ετικέτες και αισθητήρες, εργαλεία χρήσιμα για την εξαγωγή δεδομένων. Τα εργαλεία αυτά μπορούν να “στείλουν” δεδομένα σχετικά με τις αλλαγές που λαμβάνουν χώρα στις φυσικές διαδικασίες κάπου προϊόντος. Σημειώνεται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν αισθητήρες που μετράνε πληθώρα δεδομένων, όπως την πίεση, τα επίπεδα φωτός, θερμοκρασία, υγρασία κτλ.

Σημαντικό πλεονέκτημα αυτών είναι η δυνατότητα τοποθέτησης σε εύκαμπτα ή λεπτά μέρη των υπό εξέταση προϊόντων. Ακόμα, το κόστος αυτών είναι πολύ χαμηλό και η χρήση τους μπορεί να επιτρέψει την αυτοματοποιημένη, τη συνεχή μέτρηση και την καταχώρηση δεδομένων

1.8.3 Πλεονεκτήματα στην χρήση δεδομένων

Πέρα από την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας και κατ’ επέκταση της δημιουργίας βιώσιμης ανάπτυξης, η χρήση δεδομένων βοηθά άμεσα και τις επιχειρήσεις. Αρχικά, μέσω των Big Data, μπορεί να πραγματοποιηθεί συλλογή και επεξεργασία δεδομένων ανεξαρτήτως μεγέθους σε συγκεκριμένο αποθηκευτικό χώρο, διαδικασίες που προηγουμένως ήταν απίστευτα περίπλοκες και χρονοβόρες (Zawistowska, 2015).

Πρακτικά, παρέχουν πλεονέκτημα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την βελτίωση των τεχνολογιών που χρησιμοποιούν και για την βελτίωση των προϊόντων που παράγουν (Jarvenpaa, 2022) (Jarvenpaa, et al., 2020). Έτσι, ο ανταγωνισμός αυξάνεται, μπορούν να προβλεφθούν αστοχίες και να δημιουργηθούν τάσεις στα προς πώληση προϊόντα (Jarvenpaa, et al., 2020),

(Zawistowska, 2015) αφού μέσω των δεδομένων, θα μπορούν να μάθουν τις ανάγκες των πελατών (Jarvenpaa, 2022) ή να προβλέψουν πιθανές μελλοντικές εξελίξεις (Jarvenpaa, et al., 2020).

Όπως σημειώνουν οι (Jarvenpaa, και συν., 2020), τα δεδομένα φαντάζουν αναγκαία και σε επιχειρήσεις που δραστηριοποιούνται με “αντικείμενο” συνεχώς μεταβαλλόμενο, δηλαδή με προϊόντα που καθορίζονται από εποχικές τάσεις, και σε δίκτυα στα οποία απαιτούνται συνεχώς καινοτόμα και εξελιγμένα προϊόντα.

Με την σωστή επεξεργασία και ερμηνεία αυτών, μπορούν να παρθούν σωστές αποφάσεις, αφού λαμβάνεται ποιοτικά, έγκαιρα και ακριβή δεδομένα (Jarvenpaa, 2022). Έτσι οι επιχειρήσεις ή οι μονάδες παραγωγής, μπορούν να βελτιώσουν την αποτελεσματικότητα των λειτουργιών τους (Jarvenpaa, και συν., 2023), μπορούν να οδηγηθούν σε μείωση κόστους της παραγωγής τους και κατά συνέπεια, σε αύξηση των εσόδων και των κερδών της. Τέλος, η χρήση δεδομένων θα βοηθήσει τις μονάδες παραγωγής να δημιουργήσουν, πιο εύκολα, οικολογικά και φιλικά προς το περιβάλλον προϊόντα (Zawistowska, 2015).

1.8.4 Σύνδεση δεδομένων και κυκλικής οικονομίας

Όπως έγινε λεπτομερής αναφορά στο κεφάλαιο 1.4 της παρούσας εργασίας, οι κυρίαρχες αρχές της κυκλικής οικονομίας είναι η ανακύκλωση (recycle), η επαναχρησιμοποίηση (reuse) και η επιδιόρθωση (repair).

Για να επιτευχθούν αυτές, θα πρέπει αρχικά, οι εταιρίες να έχουν πλήρη ενημέρωση σχετικά με τις ροές αποβλήτων τους, ώστε να μειώσουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις αλλά και να αποκαταστήσουν ζημιές (Jarvenpaa, 2022). Η ενημέρωση αυτή γίνεται μέσω της εξαγωγής των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα, στην έρευνα των (Jarvenpaa, και συν., 2023) επισημαίνεται πως μπορούν να παρθούν σημαντικά δεδομένα για τα απόβλητα από εξωτερικές πηγές. Πηγές όπως χάρτες, οδικά δεδομένα, περιουσιακά- αστικά δεδομένα και δεδομένα που σχετίζονται με τον καιρό.

Από την άλλη, η συνεχόμενα μεταβαλλόμενη κατάσταση του περιβάλλοντος έχει ως αποτέλεσμα την όλο και μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση του πληθυσμού του πλανήτη μας. Έτσι, πολλοί επιλέγουν προϊόντα που, αποδεδειγμένα, έχουν κατασκευαστεί με βιώσιμο τρόπο ή/και στα πλαίσια της κυκλικής οικονομίας. Κάθε εταιρία μπορεί να αποδείξει τον τρόπο παρασκευής των προϊόντων της μόνο με την συλλογή και τις αναλύσεις δεδομένων.

Ακόμα, η καταγραφή και η ανάλυση δεδομένων φαίνεται χρήσιμη και στο κομμάτι της ανακύκλωσης των χρησιμοποιούμενων αγαθών. Θα μπορεί μέσω αυτών, να

εξεταστεί η ποιότητα του ανακυκλωμένου υλικού, η οικονομική τους αξία και θα κοινοποιούνται τα χαρακτηριστικά του, έτσι ώστε να μπορεί να ξανά εισαχθεί σε κάποια παραγωγική διαδικασία.

Ενδιαφέρουσα πληροφορία μας δίνεται στην έρευνα των (Jarvenpaa, 2022), κατά την οποία, εταιρίες με καλύτερες επιδόσεις κάνουν χρήση Big Data κατά πενταπλάσιο ρυθμό συγκριτικά με τις υπόλοιπες. Παράδειγμα τέτοιας εταιρίας μπορεί να θεωρηθεί η Microsoft. Στο πλαίσιο της Εταιρικής βιωσιμότητας της, σε συνδυασμό της χρήσης των Big Data, έχει παρατηρηθεί εξοικονόμηση ενέργειας και πιο “έξυπνη” κατανάλωση αυτής. Το έχει πετύχει αυτό μέσω της παρακολούθησης, τον έλεγχο των δεδομένων που της δίνεται από τα συστήματα θέρμανσης και ενέργειας των εγκαταστάσεων της εταιρίας (Zawistowska, 2015).

Μεγάλες εταιρίες όπως η παραπάνω, εκμεταλλευόμενες τα μεγάλα δεδομένα που αποθηκεύει, δημιουργούν αναφορές βιωσιμότητας στα πλαίσια της εταιρικής βιωσιμότητας (Zawistowska, 2015). Σκοπός αυτής της αναφοράς είναι η απόδειξη της διαφάνειας της κάθε εταιρίας σχετικά με τις επιπτώσεις του στο περιβάλλον, όπως την κατανάλωση ενέργειας, τις εκπομπές βλαβερών αερίων, τα απόβλητα της, και, σε περίπτωση που θελήσει ο πελάτης, να μπορεί να συγκριθεί με άλλες ανάλογες εταιρίες.

1.9 Ψηφιοποίηση δεδομένων

Ο στόχος της κυκλικής οικονομίας προϋποθέτει την αλληλεπίδραση μεταξύ ατόμων, επιχειρήσεων, διεθνών οργανισμών, καταναλωτών και κυβερνήσεων (Hedberg, et al., 2021), (Langley, et al., 2023). Αυτό μπορεί να επιτευχθεί, με την **ψηφιοποίηση των δεδομένων** που είναι απαραίτητα για την επικοινωνία αυτών. Η ψηφιοποίηση αυτή θα έχει θετικό αντίκτυπο στους ανθρώπους, στις επιχειρήσεις και στο περιβάλλον (Hedberg, et al., 2021), (Jarvenpaa, 2022).

Οι πληροφορίες που κοινοποιούνται έχουν να κάνουν με τα υλικά, τα εξαρτήματα που χρησιμοποιούνται σε κάθε στάδιο καθώς και οι χημικές ουσίες που εμπλέκονται σε κάθε διεργασία. Ακόμα, μέρος αυτών είναι οι απαραίτητες οδηγίες για την επαναχρησιμοποίηση, την επιδιόρθωση και την ανακύκλωση των υλών αυτών (βασικές έννοιες της κυκλικής οικονομίας). Έτσι, κάθε εμπλεκόμενος στις γραμμές παραγωγής θα έχει πρόσβαση σε καλύτερες και πιο αντιπροσωπευτικές λεπτομέρειες. Με τον τρόπο αυτόν βελτιώνονται οι διαδικασίες σύνδεσης μεταξύ των εμπλεκόμενων μελών – ενδιαφερόμενων και κατ’ επέκταση όλη η αλυσίδα αξίας των προϊόντων (Hedberg, et al., 2021), (Jarvenpaa, 2022). Έτσι, μπορεί να εφαρμοστεί και το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας (Langley, et al., 2023), αφού μέσω της αξιοποίησης των ψηφιακών τεχνολογιών, γίνεται καλύτερη λήψη

δεδομένων και κατά συνέπεια, λαμβάνουν χώρα πιο αποδοτικές τεχνικές και παίρνονται πιο σωστές αποφάσεις.

Άλλα πλεονεκτήματα της ψηφιοποίησης - κοινοποίησης των δεδομένων όλων των στοιχείων μιας γραμμής παραγωγής είναι η βελτιστοποίηση στον σχεδιασμό των προϊόντων, των παραγωγικών διαδικασιών και, τελικά, της διαχείρισης των αποβλήτων.

Η κοινοποίηση αυτών των στοιχείων μπορεί να γίνει με αρκετούς τρόπους. Όπως αναφέρεται στην μελέτη των (Hedberg, et al., 2021), βάσεις δεδομένων, κωδικοί QR, barcodes και υδατογραφήματα χρησιμοποιούνται ήδη. Ακόμα, αναπτύσσονται καινοτόμες ψηφιακές λύσεις όπως τα λεγόμενα **blockchain**.

Από την άλλη, μερικά προβλήματα θα πρέπει να λυθούν, ώστε η ψηφιοποίηση αυτή να “τελειοποιηθεί”. Αυτό γιατί, τα ψηφιακά εργαλεία δεν αναπτύχθηκαν με στόχο την κυκλική οικονομία. Έτσι, πολλές επιχειρήσεις λόγω των νέων τεχνολογιών και της καινούργιας για αυτούς γνώση, αργούν να προσαρμοστούν στα μοντέλα ψηφιοποίησης δεδομένων και κατ’ επέκταση στα οφέλη που αυτά της παρέχουν. Υπάρχει ακόμα ο φόβος της διέρρευσης προσωπικών δεδομένων και της πνευματικής ιδιοκτησίας. Για τον λόγο αυτόν, θα πρέπει να υπάρξουν κίνητρα και οικονομικές ελαφρύνσεις προς τις εταιρίες.

Ακόμα, και από την πλευρά των καταναλωτών ενδέχεται να παρουσιαστούν προβλήματα στην χρήση ψηφιακών δεδομένων. Υπάρχει μερίδα ανθρώπων που δεν έχει πλήρη επίγνωση σχετικά με τα περιβαλλοντικά προβλήματα όπως και άγνοια στον χειρισμό ψηφιακών συστημάτων. Έτσι, ένα ψηφιακό μέσο για την εφαρμογή κυκλικής οικονομίας του είναι σχεδόν “άχρηστο”.

1.9.1 Cloud computing ή ψηφιακό νέφος

Το πιο απλό εργαλείο ψηφιοποίησης και αποθήκευσης των δεδομένων είναι αυτό του Cloud Computing (Langley, et al., 2023). Αυτό παρέχει ηλεκτρονικό “χώρο” για την καταχώρηση και την αποθήκευση δεδομένων. Παρουσιάζεται σημαντικό πλεονέκτημα του χρήστη, κατά το οποίο όπου και να βρίσκεται, η πρόσβαση και η επεξεργασία αυτού είναι εφικτή.

1.9.2 Artificial Intelligence (AI) ή τεχνητή νοημοσύνη

Σημαντική εξέλιξη στην συλλογή και ψηφιοποίηση των δεδομένων αποτελεί η artificial intelligence (AI) (Langley, et al., 2023). Αφού συλλέγονται τα δεδομένα, η AI πετυχαίνει την αποτελεσματικότερη επεξεργασία δεδομένων, αφού μπορεί και εντοπίζει συγκεκριμένα δεδομένα και να αντλήσει πληροφορίες και

συμπεράσματα από αυτά. Σημαντικότερο πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός πως το συγκεκριμένο μοντέλο μπορεί να εφαρμοστεί σε συσκευές και μηχανήματα στα οποία η σύνδεση στο διαδίκτυο μπορεί και να μην είναι συνεχής.

1.9.3 Blockchain

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ένας τρόπος ψηφιοποίησης δεδομένων είναι μέσω blockchain. Μέσω αυτών γίνεται κοινή χρήση δεδομένων, με απόλυτη ισορροπία και λόγω της εξελιγμένης τεχνικής τους διασφαλίζονται τα πνευματικά δικαιώματα ιδιοκτησίας. Μέσω αυτού, τα δεδομένα διατηρούνται σε απόλυτα καταναμημένες και δομημένες συλλογές (Langley, et al., 2023).

Έτσι, κάθε χρήστης (πχ μία εταιρία) έχει εξασφαλισμένες, προστατευμένες και ακριβείς τις πληροφορίες της μέσω των κρυπτογραφικών μεθόδων που εφαρμόζονται στην μέθοδο των blockchain (Langley, et al., 2023). Με τον τρόπο αυτό υπάρχει η ζητούμενη διαφάνεια σε κάθε αλυσίδα αξίας (Hedberg, et al., 2021).

Ενδιαφέρουσα είναι και η δυνατότητα που δίνεται στους καταναλωτές και σε άλλους φορείς, να καταθέσουν ερωτήματα μέσω ασφαλούς επικοινωνία σχετικά με τις διαδικασίες ανακύκλωσης ή χρήσης των προϊόντων (Langley, et al., 2023). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω τεχνικών μέσων που δεν απαιτούν κάποια κεντρική διαχειριστική μονάδα και που διατηρούν το λογισμικό αυτό πλήρως συγχρονισμένο σε πολλαπλούς ιστότοπους, φορείς και ιδρύματα (Langley, et al., 2023).

1.9.4 Digital twins (DT) - Ψηφιακά δίδυμα

Ένα ακόμα χρήσιμο εργαλείο αξιοποίησης μεγάλου όγκου δεδομένων είναι αυτό των digital twins. Για να δημιουργηθεί ένα ψηφιακό δίδυμο, ψηφιοποιείται η ακριβής φυσική κατάσταση ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας (Jarvenpää, 2022). Είναι μία εικονική αναπαράσταση φυσικών αντικειμένων, προϊόντων ή συστημάτων και έχουν κατασκευαστεί με ψηφιακές τεχνολογίες (Langley, et al., 2023).

Όπως γίνεται αναφορά στην έρευνα των (Langley, et al., 2023), τα DT μπορούν να παρουσιάζουν διαφοροποιήσεις ως την πολυπλοκότητά τους. Στην πιο απλή του μορφή, ένα DT απλά χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση των ιδιοτήτων του. Αυτό, εν συνεχεία, μπορεί να αξιοποιηθεί ώστε να αξιολογηθούν διάφορες τροποποιήσεις που επιδιώκουν την βελτιστοποίηση του κανονικού προϊόντος. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των ψηφιακών του προσομοιώσεων.

Στην πιο σύνθετη μορφή του, ένα DT χρησιμοποιείται ως την ψηφιακή σκιά του μελετώμενου φυσικού προϊόντος. Εδώ, μέσω διάφορων αισθητήρων και ετικετών, παρακολουθούνται οι συνθήκες του περιβάλλοντος του προϊόντος και αυτές προσαρμόζονται στο εικονικό μοντέλο (Langley, et al., 2023).

Τέλος, στην πιο σύνθετη του μορφή, ένα DT χρησιμοποιείται ως συμπληρωματικό ψηφιακό στοιχείο του μελετώμενου προϊόντος. Με τον τρόπο αυτό, πέρα από την παρακολούθηση και την “αναπαράσταση” της φυσικής κατάστασης του προϊόντος, είναι δυνατή και η επεξεργασία των δεδομένων που δίνονται αλλά και να ενεργούν βάσει αυτών (Langley, et al., 2023).

Το τεράστιο πλεονέκτημα που παρουσιάζεται στην χρήση τους είναι η δοκιμή διάφορων αλλαγών που μπορεί να θέλει να προσαρμόσει κάποια επιχείρηση σε πραγματικό χρόνο και συνθήκες. Ψηφιακά, μπορεί να πραγματοποιηθεί οποιαδήποτε αλλαγή σε δεδομένα ή καταστάσεις και να εξαχθούν ακριβείς αποτελέσματα. Με τον τρόπο αυτό, μπορεί να μελετηθεί η απόδοση του συστήματος, τυχόν αστοχίες ή και να προσαρμοστούν ενέργειες για την βελτιστοποίηση του (Jarvenpää, 2022) και έτσι μειώνεται αισθητά η όποια τρέχουσα έλλειψη δεδομένων (Berger, et al., 2022).

Συνοπτικά, ως ψηφιακό δίδυμο ορίζεται αυτό που δημιουργείται στον ψηφιακό κόσμο, όπου μπορεί να δοκιμαστεί πριν την παραγωγή του (Jansen, et al., 2022).

1.9.5 Internet of Things (IoT)

Τέλος, το σημαντικότερο εργαλείο για την συλλογή δεδομένων και της ψηφιοποίησης αυτών, σύμφωνα με την επίσημη ιστοσελίδα της ΕΕ, είναι το λεγόμενο Internet of Things (IoT). Αποτελείται από ένα τεράστιο σύνολο συνδεδεμένων συσκευών που ανταλλάσσουν πληροφορίες μεταξύ τους μέσω των ψηφιακών βιβλιοθηκών (cloud) (Langley, et al., 2023). Οι συσκευές αυτές αποτελούνται από κινητά τηλέφωνα, υπολογιστές, αμάξια και γενικότερα οποιαδήποτε συσκευή συλλέγει δεδομένα και είναι συνδεδεμένη στο διαδίκτυο. Έτσι, σε πραγματικό χρόνο, γίνεται συλλογή μεγάλων δεδομένων (Langley, et al., 2023).

Τεράστια πλεονεκτήματα συναντώνται στην χρήση IoT τόσο για τις εταιρίες, όσο και για τους δημόσιους φορείς και τους καταναλωτές. Αυτά συναντώνται αρχικά στην καινοτομία που μπορεί να αναπτυχθεί μέσω την λεπτομερών και αναλυτικών δεδομένων. Ακόμα, ενισχύουν την ασφάλεια μειώνοντας τους κινδύνους μέσω της συνεχόμενης παρακολούθησης μιας εγκατάστασης. Τέλος, αφού είναι διαθέσιμος μεγάλο πλήθος πληροφοριών, μπορούν να προβλεφθούν διάφορα αποτελέσματα - σενάρια.

Έχοντας υπόψιν όλα τα παραπάνω, η ΕΕ έχει προβεί σε χρηματοδότηση της τεχνολογίας αυτής για να γίνει αποτελεσματικότερη.

1.10 Ευρωπαϊκή Περιβαλλοντική νομοθεσία

(Σημειώνεται πως όλα τα στοιχεία σχετικά με την Ευρωπαϊκή Περιβαλλοντική Νομοθεσία έχουν παρθεί από την επίσημη ιστοσελίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Union))

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) ιδρύθηκε επίσημα στη 1η Νοεμβρίου 1993 με τη συνθήκη του Μάαστριχτ και σήμερα αποτελείται από 27 χώρες, έχοντας εισχωρήσει και αποχωρήσει διάφορες χώρες σε αυτήν από την πρώτη μέρας της ίδρυσής της. Εκπρόσωποι από τα μέλη – χώρες συνεδριάζουν και παίρνουν αποφάσεις για σημαντικά θέματα, όπως αυτό της αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής.

Μέρος των μέτρων αυτών αποτελεί και η λεγόμενη Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία ή **The European Green Deal** που έχει ως στόχο τις **μηδενικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου έως το 2050.**

Για να θεωρηθεί αυτός ο στόχος επιτυχής, αρχικά επέβαλλε τη μη χρήση των φυσικών μη ανανεώσιμων πόρων για την παραγωγή ενέργειας και απώτερος σκοπός της συμφωνίας αυτής είναι η Ευρώπη να γίνει η πρώτη ουδέτερη ήπειρος (όσον αφορά τις εκπομπές των βλαβερών εκπομπών).

Δυστυχώς, ο στόχος αυτός δεν μπορεί να επιτευχθεί εύκολα. Έτσι, τον Ιούλιο του 2021 ορίστηκαν περιβαλλοντικοί στόχοι με καταλυτικό έτος επίτευξης το 2030. Οι στόχοι αυτοί είναι οι εξής:

- Μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου κατά 40-55% (συγκριτικά με τα επίπεδα των αντίστοιχων αερίων το 1990)
- Παραγωγή ενέργειας από ΑΠΕ σε ποσοστό τουλάχιστον 42,5%, με προοπτική να οριστεί εκ νέου ποσοστό τουλάχιστον 45%, της συνολικής απαιτούμενης ενέργειας
- Στόχος ενεργειακής απόδοσης για την τελική κατανάλωση ενέργειας από 32,5% σε 36%
- Στόχος ενεργειακής απόδοσης για την κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας στο 39%
- Βελτιστοποίηση της ποιότητας των υδάτων μέσω της μείωσης των αποβλήτων κατά 50% και των μικροπλαστικών που απελευθερώνονται στο περιβάλλον κατά 30%

- Βελτίωση της ποιότητας του εδάφους μέσω της μείωσης των φυτοφαρμάκων κατά 50%
- Μείωση της παραγωγής αστικών αποβλήτων κατά 50%

Πέρα από τους παραπάνω βασικούς στόχους, η ΕΕ όρισε ως έναν από τους βασικούς στόχους και την προστασία – ανάκαμψη της βιοποικιλότητας της. Αναλυτικότερα, τα μέτρα αυτά έχουν ως απώτερο σκοπό την ανθεκτικότητα των οικοσυστημάτων και των ανθρώπων της ηπείρους σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, των δασικών πυρκαγιών, την επισιτιστική ανασφάλεια και σχετικά με τις εξάρσεις νόσων, όπως ο COVID- 19. Η βελτιστοποίηση των υδάτων και της ποιότητας του εδάφους θα συμβάλουν θετικά στον σκοπό αυτόν.

Για κάθε κανόνα που θεσπίζεται από την ΕΕ, όλα τα μέλη της δεσμεύονται για την τήρησή τους. Κάθε κράτος- μέλος πρέπει να ορίσει νόμους, κανόνες ή/ και κίνητρα ώστε, σταδιακά και μακροπρόθεσμα, να συμβάλουν θετικά στους βασικούς στόχους. Θα πρέπει να αποσκοπεί στην μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος από την κατανάλωση αγαθών και να ενισχύει την βιώσιμη οικονομία, χρηματοδοτώντας την ή/ και ορίζοντας οικονομικά – φορολογικά κίνητρα για την χρήση αυτής. Για παράδειγμα, όπως αναφέρεται στην έρευνα των (Paraschiv, et al., 2023), για να επιτύχει ο στόχος αυτής της συμφωνίας, μπορούν οι χώρες να έχουν οικονομικά και φορολογικά κίνητρα για ιδιωτικές επενδύσεις φωτοβολταϊκού / ηλιακής ενέργειας.

Όμως, για να αποτραπούν ή τουλάχιστον να ελαχιστοποιηθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις δεν αρκούν μόνο τα μέτρα που παίρνει η Ευρωπαϊκή Ένωση. Αντίστοιχες συνεδριάσεις με θέματα σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος γίνονται και από τα Ηνωμένα Έθνη (ΟΗΕ). Τα Ηνωμένα Έθνη αποτελούνται από 197 μέλη – κράτη, στα οποία συμμετέχει το σύνολο των χωρών της ΕΕ.

1.11 Εργαλεία για την επίτευξη των στόχων της ΕΕ

Για να επιτευχθούν οι περιβαλλοντικοί στόχοι που έχουν οριστεί μέχρι το 2050, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει προτείνει και έχει θεσπίσει διάφορα εργαλεία. Μέσω αυτών, ο καταναλωτής πληροφορείται για τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που συνεπάγονται της χρήσης ενός προϊόντος ή τις αντίστοιχες επιπτώσεις που προκλήθηκαν κατά την παραγωγή του.

1.11.1 Ενεργειακές ετικέτες

Το 1994 τοποθετήθηκαν οι πρώτες ενεργειακές ετικέτες σε συγκεκριμένες οικιακές συσκευές και σήμερα είναι υποχρεωτικό να συνοδεύουν κάθε λευκή συσκευή του εμπορίου. Μέσω αυτών, δίνονται πληροφορίες στον χρήστη σχετικά

με την κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτεί η χρήση της συσκευής αλλά και άλλων χαρακτηριστικών, όπως τα επίπεδα θορύβου.

Γνωρίζοντας ο καταναλωτής τα επίπεδα ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτούνται για λειτουργία μιας συσκευής, μπορεί να εξοικονομήσει χρήματα είτε διαλέγοντας μία συσκευή με μεγαλύτερη ενεργειακή κλάση, είτε περιορίζοντας, συνειδητά, την χρήση της. Περιβαλλοντικά, αφού καταναλώνεται λιγότερη ηλεκτρική ενέργεια, μειώνονται οι βλαβερές εκπομπές αερίων. Τέλος, παρουσιάζεται σημαντικό κίνητρο στις επιχειρήσεις να παράγουν συσκευές πιο φιλικές προς το περιβάλλον, ώστε τα προϊόντα τους να έχουν ετικέτα υψηλής ενεργειακής κλάσης. Ουσιαστικός σκοπός της ΕΕ είναι η απόσυρση των ηλεκτρικών συσκευών από την αγορά που έχουν την μεγαλύτερη ηλεκτρική κατανάλωση και τις μικρότερες επιδόσεις.

Πρέπει να αναφερθεί πως, από το 2021, οι ετικέτες αυτές περιλαμβάνουν περισσότερα στοιχεία - πληροφορίες. Αυτά αναφέρονται στην επαναχρησιμοποίηση, επισκευή ή την ανακύκλωση της συσκευής. Με βάση την πιο πρόσφατη οδηγία, στις 30 Μάρτιο του 2022, οι ετικέτες αυτές θα συμπεριλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τον κύκλο ζωής κάθε εμπλεκόμενου μέρους. Σκοπός των οδηγιών αυτών είναι η επίτευξη του οικολογικού σχεδιασμού όλων και περισσότερων προϊόντων.

1.11.2 Επισήμανση οχημάτων

Όπως έγινε αναφορά σε παραπάνω παράγραφο, η χρήση οχημάτων, των οποίων η κίνηση πραγματοποιείται με την καύση βενζίνης ή πετρελαίου, είναι από τις βασικότερες πηγές βλαβερών αερίων. Για τον λόγο αυτόν, η ΕΕ έχει θεσπίσει οδηγία που απευθύνεται στους πωλητές οχημάτων αλλά στα γραφεία ενοικίασης μηχανοκίνητων. Στους χώρους διάθεσης των οχημάτων θα πρέπει να υπάρχουν ετικέτες, αφίσες ή οθόνες στις οποίες θα συμπεριλαμβάνεται σχετική επισήμανση όπου θα αναγράφονται λεπτομερώς οι ανάγκες καυσίμων και οι εκπομπές CO₂ που απελευθερώνονται στο περιβάλλον κατά την χρήση τους.

1.11.3 Οικολογικό σήμα ΕΕ

Ένα άλλο χρήσιμο εργαλείο που έχει θεσπιστεί από την ΕΕ, είναι αυτό του οικολογικού της σήμα.



Εικόνα 1.11.1 Οικολογικό σήμα της ΕΕ (Colin Fitzpatrick, 2006)

Η χρήση του συγκεκριμένου σήματος ξεκίνησε το 1992 και χρησιμοποιείται από εταιρίες, ώστε να αποδείξουν την πράσινη “ταυτότητα” προϊόντων και υπηρεσιών. Έτσι, κάθε μονάδα παραγωγής, στην οποία γίνεται χρήση βιώσιμων πρακτικών, μέσω του σήματος αυτού, αποδεικνύει στους καταναλωτές πως κάθε προϊόν ή υπηρεσία τους είναι φιλική προς το περιβάλλον, πως σε αυτά μπορούν να γίνουν επιδιορθώσεις και είναι ανακυκλώσιμα, πως έχει γίνει η ελάχιστη δυνατή χρήση χημικών ουσιών και νερού και πως οι εκπομπές των βλαβερών αερίων προς το περιβάλλον είναι ελάχιστες ή / και μηδαμινές.

Το σήμα αυτό μπορεί να βρεθεί, όπως προαναφέρθηκε, σε προϊόντα όπως ρούχα, καθαριστικά, καλλυντικά κτλ. Ακόμα, το “διαθέτουν” και πολλά ξενοδοχεία, αποδεικνύοντας την πράσινη ταυτότητα των υπηρεσιών τους. Για να τους δοθεί το οικολογικό σήμα, μελετάται ο τρόπος διαχείρισης των αποβλήτων, η κατανάλωση νερού και ο όγκος της σπατάλης των τροφίμων που λαμβάνουν χώρα σε αυτά.

Όπως σημειώνεται στην επίσημη σελίδα της ΕΕ, για να δοθεί το οικολογικό αυτό σήμα, θα πρέπει να πληρούνται αυστηρά κριτήρια, που όπως είναι αυτονόητο, επικεντρώνονται στην χρήση των πρώτων υλών και στην περιβαλλοντική επίπτωση που έχουν.

1.11.4 Ψηφιακό Διαβατήριο Προϊόντος

Πολύτιμο εργαλείο του νέου κανονισμού για τον οικολογικό σχεδιασμό βιώσιμων προϊόντων, **Ecodesign for Sustainable Products Regulation–ESPR**, που θεσπίστηκε στις 20 Μαρτίου 2022, αποτελεί το Ψηφιακό διαβατήριο προϊόντων. Αυτός ο κανονισμός αντικατέστησε την παλαιότερη οδηγία (2009/125) και επικεντρώνεται στον βιώσιμο χαρακτήρα των παραγόμενων προϊόντων, στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας και στην ενεργειακή απόδοση του κάθε προϊόντος, και τέλος, χρησιμεύει ως ειδική νομική βάση των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων (Szaller, et al., 2023).

Αρχικά, βασιζόμενη στην αρχή της κυκλικής οικονομίας, απαιτεί οι μονάδες παραγωγής ενός προϊόντος να έχουν ως επίκεντρο τις έννοιες της ανθεκτικότητας, της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης όλων των εμπλεκόμενων μερών μιας γραμμής παραγωγής (**Ecodesign Requirements**). Στη συνέχεια, έγινε ποσοτικοποίηση των προδιαγραφών προϊόντων και τεχνολογιών, ώστε να έχουν την καλύτερη δυνατή επίδοση, επικεντρωμένη πάντα στο περιβάλλον και στην αρχή της κυκλικής οικονομίας (**Performance Requirements**).

Τέλος, για να επιτευχθούν ευκολότερα και πιο αποτελεσματικά οι τρεις στόχοι της πράσινης πολιτικής της ΕΕ και γενικότερα η αρχή της κυκλικής οικονομίας, όσον αφορά τα προϊόντα και τις διεργασίες που εμπλέκονται στις γραμμές παραγωγής (repair, reuse, recycle), φάνηκε αναγκαία η πληροφόρηση μεταξύ των εμπλεκόμενων μελών. Η πληροφόρηση αυτή, **Information Requirements**, επιτυγχάνεται με την θέσπιση της χρήσης των **Ψηφιακών Διαβατηρίων Προϊόντων**.

Η παρούσα εργασία θα επικεντρωθεί στην ανάλυση των χαρακτηριστικών αυτών, στα πεδία εφαρμογών τους καθώς και στα οφέλη χρήσης τους.

2 Ψηφιακό Διαβατήριο Προϊόντος

Το ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος, ορίζεται ως “ το σύνολο δεδομένων που αναφέρονται στα συστατικά ενός προϊόντος, τα υλικά, τις χημικές ουσίες και στις πληροφορίες για την επισκευασιμότητα, την αντικατάσταση ανταλλακτικών του και την σωστή απόρριψη αυτού στο περιβάλλον Αυτά τα δεδομένα αντλούνται από όλες τις φάσεις του κύκλου ζωής του” (Jensen, et al., 2020).

Είναι, πρακτικά, ψηφιακά εργαλεία και αποτελούν ένα νέο τρόπο απεικόνισης της ταυτότητας ενός προϊόντος και αποτελείται από μία δομημένη συλλογή πληροφοριών (Szaller, και συν., 2023). Αυτό το εργαλείο θα μπορεί να εφαρμοστεί για τα περισσότερα αγαθά που διατίθενται προς πώληση στα όρια της ΕΕ αλλά και σε αυτά που παράγονται σε αυτή. Στόχος της ΕΕ είναι η υποχρεωτική δημιουργία ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος για κάθε προϊόν ή υπηρεσία και η εισαγωγή του στην αγορά της ΕΕ, όπως και η πώληση τους, δεν θα επιτρέπεται χωρίς αυτό (Langley, et al., 2023).

2.1 Υπάρχον νομοθετικό πλαίσιο των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων

Με την θέσπιση του εργαλείου αυτού από την ΕΕ, ορίστηκαν και ορισμένοι, αρχικοί, στόχοι εφαρμογής αυτού. Αναλυτικότερα, από τις 01/01/2026 η ύπαρξη ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος θα είναι υποχρεωτική σε όλες τις

μπαταρίες που διατίθενται στην αγορά. Στο σύνολό τους, οι μπαταρίες θεωρούνται προϊόντα με πολύ υψηλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Szaller, και συν., 2023), (Jansen, et al., 2022).

Όπως έχει γίνει ήδη αναφορά, κάθε προϊόν που πωλείται στην ΕΕ θα πρέπει να συνοδεύεται από το αντίστοιχο ψηφιακό του διαβατήριο. Από αυτά τα προϊόντα εξαιρούνται αυτά των ιατροτεχνικών και του φαγητού (Berger, et al., 2023).

2.2 Δεδομένα και πληροφορίες που περιέχονται σε ένα ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος

Απαιτείται πληθώρα δεδομένων. Σημαντικό είναι ότι σε αυτό θα πρέπει σύμφωνα κάθε πληροφορία από αυτές είναι επαληθεύσιμη και εξακριβωμένη (Langley, et al., 2023). Απώτερος σκοπός του συνδυασμού αυτών των πληροφοριών, είναι η δημιουργία αποτελεσματικότερων παραγωγικών συστημάτων (Szaller, και συν., 2023).

Αρχικά, οι πληροφορίες αυτές αφορούν την σύνθεση του κάθε προϊόντος. Δεδομένα, που έχουν να κάνουν με τις φυσικές, τις χημικές και γενικά με κάθε ιδιότητα του προϊόντος (Langley, et al., 2023). Συμπεριλαμβάνονται δεδομένα που αφορούν τους αρχικούς πόρους αλλά και διάφορα χημικά στοιχεία που ενδέχεται να χρησιμοποιηθούν όπως ουσίες και μείγματα (King, et al., 2023). Τα δεδομένα αυτά αφορούν την χρήση πρώτων υλών ή υποπροϊόντων και μετρήσεις που ενδεχομένως είναι αναγκαίες να γίνουν σε κάποια από τα στάδια αυτά μέχρι την παραγωγή του τελικού προϊόντος. Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, απαιτούνται διαφορετικά υλικά για την παραγωγή προϊόντων από κλάδο σε κλάδο. Έτσι, οι απαιτήσεις δεδομένων, η δομή και ο σχεδιασμός κάθε ψηφιακό διαβατήριο διαφέρουν (Jansen, et al., 2022).

Πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό τους είναι πως τα δεδομένα αυτά συλλέγονται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του προϊόντος. Έτσι, με κάθε αλλαγή που μπορεί να λάβει χώρα λόγω της χρήσης ή της αλλαγής του περιβάλλοντος του, μπορεί να αλλάξουν και τα χαρακτηριστικά ή οι ιδιότητες του προϊόντος. Αυτές οι αλλαγές καταγράφονται και συμπεριλαμβάνονται κανονικά στο ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος.

Τα δεδομένα και οι πληροφορίες που δίνονται είναι αναλυτικές και αναφέρονται στην περιγραφή κάθε μεμονωμένου στοιχείου στην παραγωγική διαδικασία, αλλά και στο ρόλο του στο σύνολο, δίνεται ουσιαστικά το περιβαλλοντικό αποτύπωμα του κάθε προϊόντος (Langley, et al., 2023). Σε κάθε περίπτωση, τα τρία βασικά στάδια που ακολουθούνται είναι η συλλογή των διάφορων δεδομένων, η

επεξεργασία αυτών και η κοινοποίηση, η κοινή χρήση δεδομένων ή αλλιώς, η εκμετάλλευση τους (Langley, et al., 2023).

Ως εργαλείο επικεντρωμένο στην βιώσιμη παραγωγή, παρέχονται και πληροφορίες που σχετίζονται με τις βασικές αρχές της βιωσιμότητας, την επαναχρησιμοποίηση, την επισκευή και την ανακύκλωση του προϊόντος (Langley, et al., 2023). Ακόμα, μέσω του ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος, ένα προϊόν μπορεί να “δείξει” κατά πόσο αποτελείται από επαναχρησιμοποιημένα μέλη ή εξαρτήματα (King, et al., 2023).

Αυτό είναι διαθέσιμο προς ανάγνωση και επεξεργασία από κάθε επιχείρηση ή μονάδα παραγωγής. Έτσι, επιτρέπεται η αλληλεπίδραση μεταξύ τους και η “συνεργασία” αυτών (Langley, et al., 2023). Το γεγονός αυτό, κάνει την χρήση των ψηφιακών διαβατηρίων ευέλικτη (Langley, et al., 2023), καθώς παραπάνω από μία μονάδα παραγωγής μπορεί να καταχωρεί δεδομένα σε αυτό (Szaller, et al., 2023).

Τέλος, ένας μικρός προβληματισμός παρουσιάζεται στην έρευνα των (Jansen, et al., 2022). Επειδή απαιτούνται πολλά δεδομένα από διαφορετικές παραγωγές, δεν έχει γίνει ακόμα σαφές εάν θα δημιουργείται ένα ή περισσότερα ψηφιακά διαβατήρια για κάθε παραγόμενο προϊόν.

2.2.1 Κατηγορίες δεδομένων

Ένα ψηφιακό διαβατήριο μπορεί να κατασκευαστεί για πληθώρα προϊόντων και υπηρεσιών πολλών διαφορετικών κατηγοριών. Όμως, υπάρχουν κάποια δεδομένα που πρέπει να αναφέρονται σε καθένα από αυτά (Jensen, et al., 2020).

2.2.1.1 Στοιχεία για τα υλικά του παραγόμενου προϊόντος

Όπως έχει προαναφερθεί, για να αποτυπωθεί το οικολογικό αποτύπωμα του παραγόμενου προϊόντος, θα πρέπει στο ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος να συμπεριληφθούν λεπτομερώς δεδομένα για κάθε υλικό και για κάθε πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του.

Τα δεδομένα αυτά αναφέρονται λεπτομερώς στη σύσταση του και στις διαδικασίες επεξεργασίας του. Παίρνονται δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση ενέργειας, την κατανάλωση νερού και τις εκπομπές αερίων που αποβάλλονται στο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του. Ακόμα, εάν γίνεται χρήση χημικών στοιχείων αναφέρονται και αυτά (Jensen, et al., 2020).

Καθ' όλη τη διάρκεια όλων των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα, όποιο στοιχείο ή όποια παράμετρος μεταβάλλεται, θα πρέπει να δοθεί εκ νέου μέτρηση και να καταχωρηθεί στο ψηφιακό διαβατήριο. Τέλος, εάν γίνεται χρήση μερών που έχουν επιδιορθωθεί και γίνεται επαναχρησιμοποίηση αυτών, αναφέρεται και αυτά.

2.2.1.2 Στοιχεία αναγνώρισης του παραγόμενου προϊόντος

Αφού τελειώσει η παραγωγική διαδικασία και κατασκευαστεί το τελικό προϊόν, θα πρέπει να καταχωρηθούν τα απαιτούμενα στοιχεία αναγνώρισής του. Πρέπει να καταχωρηθούν λεπτομερώς οι διαστάσεις, το βάρος και η σύστασή του. Σημαντική είναι και η αναφορά του αριθμού παρτίδας του (ID number), η ημερομηνία κατασκευής του, η χώρα προέλευσής του καθώς και η καταχώρηση της κατοχής του από τον αγοραστή (King, et al., 2023).

2.2.1.3 Στοιχεία της εφοδιαστικής αλυσίδας του παραγόμενου προϊόντος

Μία εταιρεία που παράγει προϊόντα φιλικά προς το περιβάλλον, θα πρέπει μέσω της εφοδιαστικής της αλυσίδας να το αποδεικνύει. Κοινοποιώντας την στο ψηφιακό διαβατήριο του προϊόντος, φαίνεται με διαφάνεια οι βιώσιμες προμήθειες της (Jensen, et al., 2020) .

2.2.1.4 Οδηγίες χρήσης του παραγόμενου προϊόντος

Ο κατασκευαστής μπορεί να συμπεριλάβει στο ψηφιακό διαβατήριο του προϊόντος του και χρήσιμα έγγραφα σχετικά με το προϊόν, όπως τις οδηγίες χρήσης του και τις εγγυήσεις του κατασκευαστή. Σε αυτό αναφέρονται οι σωστές ενέργειες χρήσης και συντήρησης του προϊόντος. Με βάση των οδηγιών αυτών, εξασφαλίζεται ο μέγιστος χρόνος ζωής του προϊόντος.

Ακόμα, με την μη τύπωση του εγγράφου, μπορεί να μειωθεί περισσότερο το συνολικό οικολογικό αποτύπωμα, αφού δεν θα χρειαστεί περισσότερη ύλη για το έγγραφο αυτό, όπως χαρτί (Jensen, et al., 2020).

2.2.1.5 Οδηγίες επισκευής του παραγόμενου προϊόντος

Το ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος, ως εργαλείο της βιώσιμης ανάπτυξης, πρέπει να περιέχει και οδηγίες σχετικά με την επισκευή του, ώστε να αποτραπεί η διάθεσή του στο φυσικό περιβάλλον. Θα μπορούσε σε αυτό να περιέχεται, για παράδειγμα, και λίστα με τα προτεινόμενα ανταλλακτικά, σε περίπτωση κάποιας μηχανικής βλάβης (Jensen, et al., 2020).

2.2.1.6 Οδηγίες επαναχρησιμοποίησης του παραγόμενου προϊόντος

Άλλη κατηγορία στοιχείων που θα μπορούσαν να προστεθούν, είναι οι οδηγίες για τυχόν επαναχρησιμοποίηση του προϊόντος. Με τον τρόπο αυτό, ο καταναλωτής θα μπορεί, εάν η επισκευή δεν είναι εφικτή, να παρατείνει τη ζωή του προϊόντος μέσω κάποιας άλλης χρήσης (Jensen, et al., 2020).

2.2.1.7 Οδηγίες ανακύκλωσης του παραγόμενου προϊόντος

Η τρίτη παράμετρος της βιώσιμης ανάπτυξης που πρέπει να “καλυφθεί” είναι αυτή της ανακύκλωσης. Στο ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος θα πρέπει οπωσδήποτε, εκτός από τα παραπάνω, να συμπεριληφθούν οδηγίες σχετικά με την διαδικασία ανακύκλωσης του προϊόντος μετά το πέρας της ζωής του (Jensen, et al., 2020). Έτσι θα είναι εξασφαλισμένο πως ο καταναλωτής θα γνωρίζει τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθήσει για μία ασφαλή απόρριψη του εκτός λειτουργίας πλέον προϊόντος στο περιβάλλον.

2.2.1.8 Κανονιστική συμμόρφωση της εταιρείας

Τέλος, ένα ακόμα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιήσει μία παραγωγική μονάδα για να αποδείξει την βιώσιμη παραγωγή της, είναι να κοινοποιήσει στοιχεία σχετικά την κανονιστική της συμμόρφωση (Jensen, et al., 2020). Σε αυτή συμπεριλαμβάνονται οδηγίες και νόμοι σχετικά με το περιβάλλον αλλά και εργασιακοί νόμοι.

2.3 Σημασία ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων στην κυκλική οικονομία

Όπως έγινε αναφορά και παραπάνω, κύριος σκοπός της δημιουργίας, και κατά συνέπεια, της χρήσης ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος είναι η δημιουργία βιώσιμων μοντέλων παραγωγής. Ουσιαστικά, μέσω αυτού, γίνεται ευκολότερη επίβλεψη και παρακολούθηση της επιθυμητής κυκλικότητας των υλικών, ώστε να εφαρμοστεί το μοντέλο της βιώσιμης ανάπτυξης (King, et al., 2023) και να μετρηθεί, εν τέλει, σωστότερα, ο αντίκτυπος των βιώσιμων επιχειρηματικών μοντέλων (King, et al., 2023).

Μέσω του ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντων είναι εφικτό να υποστηριχτεί ένα σύνολο πληροφοριών σχετικά με τον σχεδιασμό και την βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής των προϊόντων καθώς και η λήψη αποφάσεων για την αύξηση της αποτελεσματικότητας που στηρίζονται σε αυτές (Langley, et al., 2023). Ακόμα, για να είναι εφικτή η μετάβαση στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, πρέπει να υπάρξει συνεργασία και να γίνουν προσπάθειες

επικεντρωμένες στον κοινό σχεδιασμό και να παρουσιαστεί συντονισμός στις ροές των υλικών (Langley, et al., 2023).

Για την επίτευξη των παραπάνω, απαιτείται συνεχής επικοινωνία μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων μελών και η συνεχή ανταλλαγή δεδομένων (Langley, et al., 2023). Μέλη, που είναι για παράδειγμα ένα εργοστάσιο που παράγει ένα προϊόν, άλλες μονάδες που παράγουν άλλα προϊόντα που χρησιμοποιούνται από το εργοστάσιο ως πρώτη ύλη και, εννοείται, ο καταναλωτής, ο τελικός χρήστης του παραγόμενου προϊόντος. Η επικοινωνία αυτή γίνεται με την κοινή χρήση δεδομένων, τα οποία μπορούν να συλλεχθούν και να επεξεργαστούν σε πραγματικό χρόνο (Langley, et al., 2023).

Η επικοινωνία αυτή ωφελεί και στην ανταλλαγή υλικών, ενέργειας, νερού ή / και αποβλήτων, υλικών που μία βιομηχανία δεν τα χρειάζεται αλλά είναι χρήσιμα σε μία άλλη (Langley, et al., 2023). Έτσι, ωφελούνται από την ανακύκλωση των πόρων τους και ταυτόχρονα επιτυγχάνεται μείωση του οικολογικού τους αποτυπώματος.

Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός, πως ολοένα και περισσότερες βιομηχανίες επικεντρώνονται στο μοντέλο της κυκλικής οικονομίας και προσπαθούν να παράγουν προϊόντα φιλικά προς το περιβάλλον (Jansen, et al., 2022).

Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται και στα προϊόντα πλαστικού (Langley, et al., 2023). Τονίζεται πως υπάρχει μεγάλο χάσμα μεταξύ της παραγωγής αυτών και της ανακύκλωσής τους. Η δημιουργία ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος θεωρείται, σύμφωνα με τους συντάκτες της έρευνας, πως θα λύσει το πρόβλημα των ελλιπών πληροφοριών και θα καταστεί εφικτό το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας στην ομάδα αυτών των προϊόντων που αποτελούν πολύ μεγάλο ποσοστό των παγκόσμιων απορριμμάτων.

2.4 Βήματα και απαιτήσεις δημιουργίας των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων

Η δημιουργία αυτών από μία παραγωγική μονάδα, προϋποθέτει τα εξής οκτώ βήματα (Langley, et al., 2023) που αναλύονται παρακάτω.

2.4.1 Ανάλυση των απαιτήσεων

Για να δημιουργηθεί ένα σωστό και χρήσιμο ψηφιακό διαβατήριο, θα πρέπει να αναλυθούν λεπτομερώς όλες οι απαιτήσεις, τα δεδομένα που πρέπει να συμπεριληφθούν σε αυτό και όλες οι διαδικασίες που πρέπει να

παρακολουθούνται. Αυτά ορίζονται με βάση των κανόνων και των προϋποθέσεων που έχουν θεσπιστεί από την ΕΕ.

Η ανάλυση αυτή πρέπει να γίνει γνωστή σε όλα τα εμπλεκόμενα μέλη και μέρη της παραγωγικής διαδικασίας και σκοπό έχει την κατανόηση της κάθε εταιρίας σχετικά με τα δεδομένα που της ζητούνται. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να διακρίνονται από ακρίβεια και σαφήνεια.

2.4.2 Σχεδιασμός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος

Αρχικά για να επιτευχθεί ο σχεδιασμός αυτός, θα πρέπει να διασφαλιστεί ο απαιτούμενος ψηφιακός χώρος αποθήκευσης των δεδομένων. Θα πρέπει να είναι κατασκευασμένος με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται η καταχώρηση των δεδομένων από πολλαπλούς χρήστες με αυτόνομη πρόσβαση. Ακόμα, η πρόσβαση πρέπει να είναι συνεχώς ανοιχτή ώστε τα δεδομένα να “ανεβαίνουν” σε πραγματικό χρόνο. Τα δεδομένα αυτά πρέπει να διακατέχεται από σωστή σύνταξη, από διαφάνεια, να είναι αξιόπιστα και ακριβή.

2.4.3 Ψηφιακές τεχνολογίες στον σχεδιασμό των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων

Για να είναι εφικτός ο σχεδιασμός τους, θα πρέπει να επιλεγεί ο κατάλληλος συνδυασμός τεχνολογιών. Αρχικά, οι εμπλεκόμενες μονάδες παραγωγής θα πρέπει να αποφασίσουν από κοινού ποια ψηφιακά εργαλεία θα επιλεγούν για την καταχώρηση των δεδομένων και, τελικά, για τη δημιουργία του ψηφιακού διαβατηρίου κάθε προϊόντος. Σε αυτό το στάδιο είναι σημαντική η εκπαίδευση του προσωπικού και η παρουσία κατάλληλων τεχνολογικών εργαλείων.

Τα εργαλεία αυτά μπορεί να αποτελούνται από αισθητήρες που εξάγουν συνεχόμενα δεδομένα, από μεγάλο, ασφαλή και επαρκή χώρο αποθήκευσης. Ακόμα, καθορίζονται οι τύποι δεδομένων που πρέπει να συμπεριληφθούν. Τέλος, μηχανισμοί όπως AI και blockchain επιτυγχάνουν την σωστή και ασφαλή αποθήκευση των στοιχείων.

2.4.4 Αρχή εφαρμογής ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων

Στο στάδιο αυτό, για να αποτελούν οι ροές υλικών εμπορικό πλεονέκτημα μιας βιομηχανίας, θα πρέπει να καθοριστεί το επιχειρηματικό της μοντέλο.

Για να καθοριστεί αυτό, η κάθε μονάδα παραγωγής θα πρέπει να λάβει υπόψιν της τις απαιτήσεις των καταναλωτών αλλά και τις ανάγκες των προμηθευτών της, δηλαδή κάθε εμπλεκόμενου μέλους του συστήματος της. Για να καλυφθεί το

μεγαλύτερο κομμάτι των συνολικών απαιτήσεων, μία μονάδα παραγωγής ενδέχεται να προβεί σε αναγκαίες αλλαγές στο επιχειρηματικό της μοντέλο. Για το λόγο αυτό, γίνεται ανάλυση κινήτρων και ενδέχεται να προβεί σε συμφωνίες για να καλύψει κάποιες απαιτήσεις.

2.4.5 Αξιολόγηση των επιπτώσεων

Για να εξαχθεί ένα σωστό συμπέρασμα σχετικά με τις επιπτώσεις ενός παραγόμενου προϊόντος, στο ψηφιακό του διαβατήριο θα πρέπει, εκτός των βασικών πληροφοριών που παρέχονται, να συμπεριλαμβάνονται και πληροφορίες σχετικά με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα που ενδέχεται να έχει μία ενέργεια ανάκτησης ή ανακύκλωσης μερών της παραγωγικής διαδικασίας.

Για να καθοριστεί το άθροισμα των επιπτώσεων, θα πρέπει να συνυπολογίζονται όλα τα εμπλεκόμενα μέρη, οι πολίτες, οι επιχειρήσεις και κάθε οργανισμός που ανήκει στο δίκτυο συνεργατών της παραγωγικής μονάδας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την χρήση της τεχνολογίας, κατάλληλων αλγορίθμων και της τεχνητής νοημοσύνης.

2.4.6 Αρχή διακυβέρνησης των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων

Η δημιουργία ενός ψηφιακού διαβατηρίων προϊόντος προϋποθέτει την κοινοποίηση δεδομένων παραπάνω από μίας μονάδας παραγωγής. Για το λόγο αυτό, θα πρέπει να υπάρχει απόλυτη εμπιστοσύνη μεταξύ τους και να τηρούνται οι συμβατικές τους συμφωνίες. Ακόμα, θα πρέπει εξ αρχής να καθοριστεί ποιοι χρήστες έχουν πρόσβαση σε αυτά και υπό ποιες προϋποθέσεις.

Σκοπός είναι, να μην νιώθει κίνδυνο καμία παραγωγική μονάδα κοινοποιώντας λεπτομερώς κάθε παραγωγική της διαδικασία, τις πρώτες ύλες της κτλ. Θα πρέπει, στα πλαίσια της αμοιβαίας εμπιστοσύνης, κάθε καινοτομία ή κάθε ανταγωνιστικό πλεονέκτημα να είναι ασφαλές.

2.4.7 Ρυθμίσεις υλοποίησης ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων

Όπως έχει προαναφερθεί, το εργαλείο των ψηφιακών διαβατηρίων των προϊόντων προτείνεται από την ΕΕ. Όμως, πολλά προϊόντα που κατασκευάζονται εκτός των συνόρων της ΕΕ διατίθενται προς πώληση σε αυτή. Το ίδιο συμβαίνει και σε πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται από παραγωγικές μονάδες της ΕΕ.

Θα πρέπει να υπάρξει κατάλληλη νομοθεσία στις χώρες εκτός του δικτύου της ΕΕ, η οποία θα επικεντρώνεται στο βιώσιμο μοντέλο ανάπτυξης. Εκτός των κατάλληλων νόμων, διάφορα κίνητρα όπως επιδοτήσεις ή φορολογικές

απαλλαγές θα βοηθούσαν. Με τους τρόπους αυτούς, θα μπορέσει αυτό το εργαλείο να εφαρμοστεί σε παγκόσμιο επίπεδο.

2.4.8 Αρχή βελτίωσης των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων

Τέλος, σημαντική είναι η συνεχής εξέλιξη του εργαλείου αυτού. Αυτή θα επιτευχθεί μέσω της συνεργασίας των εμπλεκόμενων μερών με τους καταναλωτές, τις δημόσιες αρχές, τις τοπικές αρχές, ΜΚΟ, πανεπιστημίων κτλ. Ο εμπλουτισμός των γνώσεων και οι απαιτήσεις των καταναλωτών, ενδέχεται να αλλάζουν συνεχώς την δομή και τα δεδομένα που συμπεριλαμβάνονται σε ένα ψηφιακό διαβατήριο. Έτσι, τυχόν κοινωνικές, περιβαλλοντικές επιπτώσεις θα μπορέσουν, μέσω της χρήσης τους, να μειωθούν σημαντικά.

2.5 Τρόποι απεικόνισης ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος

Τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων δημιουργούνται με σκοπό όλοι οι εμπλεκόμενοι στην παραγωγική διαδικασία αλλά και αυτοί που κάνουν χρήση του προϊόντος, να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες που περιλαμβάνονται και αναφέρονται σε αυτά.

Αυτά αποτελούν ένα μοναδικό αναγνωριστικό του κάθε προϊόντος και με βάση την επίσημη ιστοσελίδα της ΕΕ, κάθε ψηφιακό διαβατήριο πρέπει να έχει εύκολη πρόσβαση, με μία απλή σάρωση (Berger, et al., 2023). Για αυτό τον λόγο, έχουν προταθεί συστήματα απεικόνισης, που είναι ευρέως γνωστά, εύκολα στη χρήση τους, και κυρίως, η ανάγνωσή τους γίνεται με τρόπους και μέσα που ο σύγχρονος άνθρωπος χρησιμοποιεί καθημερινά.

Τα συστήματα αυτά μπορούν να τοποθετηθούν στην ετικέτα είτε στην εξωτερική συσκευασία των παραγόμενων προϊόντων. Σε μερικές περιπτώσεις είναι εφικτή η τοποθέτησή τους και στο εσωτερικό αυτών. Τέλος, στην περίπτωση ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος που αναφέρεται σε κάποια υπηρεσία, αυτό μπορεί να τοποθετηθεί σε κάποιο συνοδευτικό φυλλάδιο, σε κάποιο app ή να δημοσιευτεί σε κάποια σελίδα του διαδικτύου (SUS).

2.5.1 Barcodes

Η πιο απλή μορφής σαρώσιμης ετικέτας είναι αυτή των Barcode. Ως barcode, ονομάζεται ένα σύνολο ακέραιων ψηφίων και κάθε συνδυασμός αυτών αντιστοιχεί σε μόνο μία “ταυτότητα”. Οπτικά χαρακτηρίζονται από τις απλές κάθετες γραμμές και η σάρωση αυτού μπορεί να γίνει με μεγάλη ευκολία μέσω της χρήσης καμερών, που διατίθενται σε κάθε σύγχρονη smart συσκευή, όπως κινητά τηλέφωνα, φορητοί υπολογιστές, tablets κτλ.



Εικόνα 2.5.1 Παράδειγμα απεικόνισης Barcode (Mushfika Rahman, et.al. 2019)

2.5.2 Quick Response Codes ή QR codes

Μία άλλη εύκολα προσβάσιμη μορφή ετικέτας, και πλέον η πιο διαδεδομένη, είναι αυτών των Quick Response Codes ή QR codes (Jansen, et al., 2022). Οπτικά, αυτά χαρακτηρίζονται από ένα δισδιάστατο πλέγμα. Όπως και τα Barcode, η σάρωση αυτών γίνεται μέσω κάμερας “έξυπνων” συσκευών.

Ένας κωδικός QR δεν αποτελείται από ψηφία. Οπότε για να αποκρυπτογραφηθεί, και εν τέλει να διαβαστεί, θα πρέπει να σαρωθεί από κάμερα μέσω κάποιας κατάλληλης εφαρμογής, οπότε δεν μπορεί να διαβαστεί πέρα από την αντίστοιχη έξυπνη συσκευή.



Εικόνα 2.5.2 Παράδειγμα απεικόνισης QR Code (Hafiza Abas, et.al. 2015)

Οι δύο αυτοί τρόποι απεικόνισης, των Barcode και των QR Code, είναι οι πλέον πιο διαδεδομένοι, λόγω του εύκολου τρόπου ανάγνωσής τους καθώς και του μειωμένου κόστους τοποθέτησης τους πάνω σε συσκευασίες προϊόντων. Παρακάτω, απαριθμούνται οι λόγοι για τους οποίους, η τεχνολογία των QR Codes επικρατούν αυτών των Barcodes.

Σύγκριση κωδικών Barcode και QR codes

1. Η πιο βασική διαφορά ανάμεσα σε αυτές τις δύο τεχνικές αποθήκευσης πληροφοριών, είναι η χωρητικότητα των δεδομένων. Στα Barcode η δυνατότητα

αποθήκευσης περιορίζεται στον όγκο δεδομένων ενώ σε έναν κώδικα QR μπορεί να συγκεντρωθούν πολλά περισσότερα.

2. Ένα barcode αποτελείται από κάθετες γραμμές και το μήκος αυτού είναι σχετικά μεγάλο, η σμίκρυνση του επιτρέπεται μέχρι ενός σημείου (εάν σμικρυνθεί πάρα πολύ οι αποστάσεις ανάμεσα στις γραμμές δεν είναι διακριτές από κάμερα ή κάποιο σκάνερ). Αντίθετα, ένα QR Code, λόγω του τετράγωνου μεγέθους του, μπορεί να σμικρυνθεί σε μεγάλο βαθμό, χωρίς να επηρεαστεί η δυνατότητα σάρωσής του. Έτσι σε μία ετικέτα ή συσκευασία προϊόντος, όπου ο χώρος είναι περιορισμένος, ο κωδικός QR Code προτείνεται.

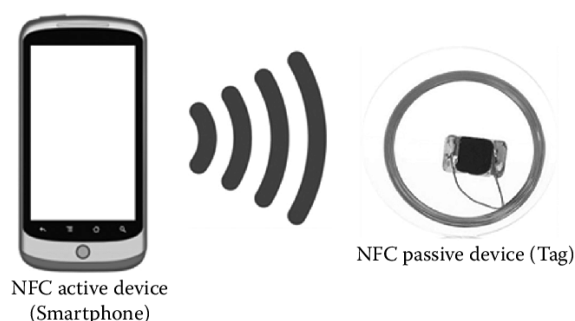
2. Ένας κωδικός QR υπερτερεί και στον τρόπο “ανάγνωσης” του. Μπορεί να διαβαστεί από μία κάμερα υπό οποιαδήποτε γωνία, σε αντίθεση με κάποιο barcode.

3. Ένα ακόμα σημείο στο οποίο πλεονεκτεί ένα QR Code σε αντίθεση με ένα Barcode, είναι αυτό της ανάγνωσής του ακόμα και εάν έχει υποστεί ζημιά. Σημειώνεται πως, εάν έχει φθαρεί, ή έχει καλυφθεί μέχρι και το 30% της επιφάνειάς του, αυτό μπορεί να μας δώσει, μέσω της σάρωσής του, όλες τις πληροφορίες που περιέχει. Αυτό αποτελεί σημαντικός λόγος επιλογής του, καθώς, εάν επιλεγεί να απεικονιστεί ένα DPP σε εξωτερικό μέρος κάποιας συσκευασίας, διασφαλίζεται, κατά κάποιο τρόπο, μεγαλύτερη “διάρκεια ζωής του”.

2.5.3 Συστήματα NFC

Μία άλλη μορφή απεικόνισης είναι η Near Field Communication ή NFC (Jansen, et al., 2022). Σε αυτή, γίνεται χρήση του συστήματος NFC, σύστημα, που διαθέτει η πλειοψηφία των εξελεγμένων “έξυπνων” συσκευών.

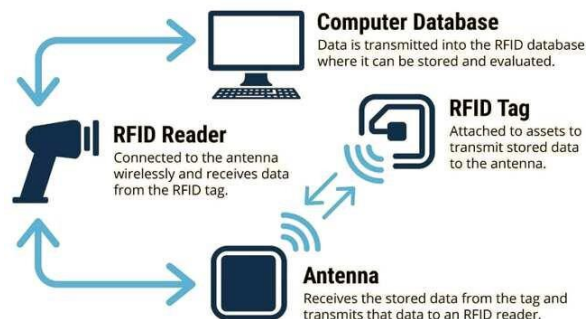
Επειδή το σύστημα αυτό γίνεται με την χρήση chip, αποτελεί και από τα ακριβότερα συστήματα. Από την άλλη, επειδή αυτό μπορεί να τοποθετηθεί στο εσωτερικό μέρος του προϊόντος θεωρείται πως εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ασφάλεια των δεδομένων.



Εικόνα 2.5.3 Συστήματα NFC (Alak Majumder, et. al. 2017)

2.5.4 Σύστημα RFID

Μία άλλη τεχνολογία απεικόνισης των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων είναι αυτή των RFID (Radio Frequency Identification), η οποία βασίζεται στην τεχνολογία των ραδιοσυχνοτήτων (Sanchez, et al., 2019). Τα συστήματα αυτά αποτελούνται από δύο μέρη. Από την ειδικά διαμορφωμένη ετικέτα, που τοποθετείται πάνω στο προϊόν, και στον αναγνώστη της ετικέτας αυτής. Όταν η ετικέτα αυτή βρεθεί κοντά ή πάνω στον αναγνώστη, δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο, μέσω του οποίου, μεταδίδονται οι πληροφορίες που είναι αποθηκευμένες στην ετικέτα στην οθόνη του αναγνωστικού μέσου. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω του διαδικτύου ή των δεδομένων τηλεπικοινωνιών, ώστε να εμφανιστούν στον χρήστη όλα τα δεδομένα.



Ετικέτα 2.5.4 Σύστημα RFID (Samir Lamin, et. al, 2024)

Με τη συγκεκριμένη τεχνολογία λειτουργούν τα κλειδιά – “κάρτες” στα δωμάτια των ξενοδοχείων και τα απλά αντικλεπτικά συστήματα σε προϊόντα λιανικής πώλησης.

2.6 Πλεονεκτήματα της χρήσης ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος

Αρχικά, πριν παρουσιαστούν τα πολλαπλά πλεονεκτήματα της χρήσης τους, θα πρέπει να δοθούν κίνητρα, σε παγκόσμιο επίπεδο, στις επιχειρήσεις να εφαρμόσουν το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας και να υποστηρίξουν την χρήση των ψηφιακών διαβατηρίων, ώστε να επιτευχθεί αυτό το μοντέλο (Langley, et al., 2023).

Τα κίνητρα αυτά είναι, στην πλειοψηφία τους αναγκαία, καθώς παλαιότερες προσπάθειες για πιο βιώσιμες τεχνικές παραγωγής έχουν πέσει στο κενό και πολλές εταιρίες δεν υιοθετούν βιώσιμες τεχνικές εύκολα. Παράδειγμα αποτυχημένης νομοθεσίας ήταν αυτή της μη σωστής τιμολόγησης κάποιας εταιρείας σε σχέση με τις ρυπογόνες της τεχνικές.

2.6.1 Για το περιβάλλον

Κύριος στόχος των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων, είναι η καθολική εφαρμογή κλειστών βρόχων παραγωγικών διαδικασιών, ώστε οι απορρίψεις στο περιβάλλον να ελαχιστοποιηθούν ή, ιδανικά, να μηδενιστούν (King, et al., 2023).

Με αυτόν τον τρόπο, οι βιομηχανίες θα προσπαθήσουν να κατασκευάζουν ή/ και παράγουν αγαθά και υπηρεσίες με μικρότερες ενεργειακές επιπτώσεις και αφού, με βάση το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, χρησιμοποιούν υπάρχοντα προϊόντα ως πρώτες ύλες, τα ποσοστά τοξικών αερίων μειώνονται (King, et al., 2023). Ακόμα, θα παρουσιαστεί μείωση στην χρήση ενέργειας και νερού καθώς και στην απόρριψη μικροπλαστικών (King, et al., 2023). Μειώνεται και ο όγκος των απορριμμάτων (Langley, et al., 2023), αφού τα απόβλητα μιας μονάδας παραγωγής, ή μέρος αυτών, μπορεί να γίνει εισροή μιας άλλης.

Εν κατακλείδι, θα μειωθούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που επηρεάζουν την ποιότητα ζωής κάθε έμβιου οργανισμού της γης (King, et al., 2023) και θα οδηγήσει, μακροπρόθεσμα, στην κατάργηση χρήσης επιβλαβών υλικών και ουσιών.

2.6.2 Για τους καταναλωτές

Ζώντας στην εποχή της εύκολης πληροφόρησης, πολλοί καταναλωτές επιλέγουν για τις αγορές τους προϊόντα που έχουν παραχθεί με βιώσιμο τρόπο (Langley, et al., 2023) και προσπαθούν να ενισχύσουν την περιβαλλοντική τους συνείδηση (Szaller, και συν., 2023). Έτσι, ένα ψηφιακό διαβατήριο αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για αυτούς, αφού μελετώντας το, έχουν πλήρη ενημέρωση σχετικά με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα κάθε προϊόντος, γνώση σχετικά με την επιδιόρθωση και την ανακύκλωση του. Με αυτό τον τρόπο, κάθε καταναλωτής, που επιθυμεί την αγορά πράσινων και βιώσιμων προϊόντων, μπορεί να το επιτύχει ευκολότερα.

Πρακτικά, πολύ σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί και η αποθήκευση διάφορων εγγράφων στο ψηφιακό διαβατήριο κάθε προϊόντος. Έγγραφα όπως οι οδηγίες χρήσης, διασφαλίζοντας ότι οι σωστές πληροφορίες- οδηγίες είναι εύκολα διαθέσιμες στον πελάτη. Υποδεικνύοντας τον σωστό τρόπο λειτουργίας του προϊόντος αυτό μπορεί να έχει τη μεγίστη δυνατή χρονικά χρήση (King, et al., 2023). Με τον τρόπο αυτό, περιορίζονται σημαντικά οι αγορές ίδιων ή παρόμοιων αντικειμένων από τον κάθε καταναλωτή, μειώνοντας την υπερκατανάλωση αγαθών (King, et al., 2023). Ακόμα, σε αυτό μπορεί να συμπεριληφθεί και η απόδειξη αγορά τους, διασφαλίζοντας στους πελάτες την ύπαρξη γραπτής εγγύησης χωρίς τον κίνδυνο απώλειάς της.

Σε περίπτωση αγοράς ενός μεταχειρισμένου προϊόντος, μέσω του ψηφιακού διαβατηρίου, διασφαλίζεται στον αγοραστή, πλήρη ενημέρωση σχετικά με τυχόν επιδιόρθωση ή τροποποίηση. Έτσι, ο πελάτης μπορεί να αισθανθεί πλήρη εμπιστοσύνη με αυτή του την αγορά (Szaller, και συν., 2023).

Ακόμα, οι καταναλωτές γνωρίζοντας ακριβώς τις σωστές διαδικασίες επιδιόρθωσης ενός προϊόντος, θα έχουν την δυνατότητα να παρατείνουν τη διάρκεια ζωής του (Jensen, et al., 2020). Και όταν παρέλθει ο χρόνος ζωής του, μέσω των οδηγιών ανακύκλωσης, ο καταναλωτής θα είναι πλήρως ενήμερος με τη σωστή διαδικασία ανακύκλωσής του.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει και η ιδέα των συγγραφέων (Jensen, et al., 2020), στην οποία προτείνει την επιστροφή των μη λειτουργικών πλέον συσκευών σε ειδικούς χώρους απόθεσης, απ' όπου θα τις παραλάβει εταιρεία ανακύκλωσης. Εκεί ο καταναλωτής μπορεί να επιβραβεύεται με ένα μικρό χρηματικό ποσό, για να ενισχυθεί το κίνητρο του.

2.6.3 Για τους κατασκευαστές

Με την χρήση ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος, οι εταιρίες μπορούν να αποδείξουν τον πράσινο τρόπο παραγωγής του κάθε προϊόντος ή της υπηρεσίας του. Διασφαλίζεται η διαφάνεια και η αυθεντικότητα των προϊόντων της (Langley, et al., 2023) και μειώνεται ο κίνδυνος να διατίθενται στην αγορά πλαστά προϊόντα (King, et al., 2023).

Έτσι, η κάθε εταιρεία, αποκτά σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα (Jansen, et al., 2022) και μπορεί να οδηγηθεί σε νέα επιχειρηματικά μοντέλα και επενδύσεις (Szaller, και συν., 2023). Ουσιαστικά, λόγω της ανταγωνιστικής πλέον βιώσιμης αγοράς, μέσω του ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος, κάθε εταιρεία αποκτά σημαντικό κίνητρο απόδειξης των δράσεων της και επίδειξη της συμμόρφωσης της στις εθνικές νομοθεσίες και κανονισμούς (King, et al., 2023).

Πολύ χρήσιμη αποτελεί και η δυνατότητα να στέλνονται στον πελάτη ενημερώσεις σχετικά με τρέχουσες προσφορές, ελαττωματικές παρτίδες προϊόντων κτλ. Μία άλλη δυνατότητα που μπορεί να αναπτυχθεί σε αυτά είναι η καταχώρηση ερωτηματολογίων ή και κριτικών από τους πελάτες, ώστε αυτά τα στοιχεία να αξιοποιηθούν για τυχόν βελτίωση των παραγόμενων προϊόντων (King, et al., 2023).

Σε παραδείγματα ψηφιακών διαβατηρίων υπηρεσιών, όπως επισκευών, υπάρχει η δυνατότητα αποθήκευσης οδηγιών σχετικά με την δεύτερη αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης, αυτή της επιδιόρθωσης (Jensen, et al., 2020). Οδηγίες που θα

αναφέρουν την σωστή επεξεργασία του προϊόντος, διάφορες χημικές ουσίες που μπορεί να περιέχει ώστε να αποφευχθεί κάποιο ατύχημα κτλ.

Ακόμα, μέσω αυτών, κάθε εταιρεία μπορεί να βρει δεδομένα σχετικά με την ταυτότητα της συσκευής, να κάνει αναζήτηση ανταλλακτικών, στην περίπτωση που έχει αναπτυχθεί τέτοιο, και να ανατρέξει ιστορικό παλαιότερων επιδιορθώσεων – επισκευών (Jensen, et al., 2020).

Με κάθε τρόπο, μειώνεται αισθητά ο χρόνος παραγωγής, μέσω της μείωσης παραγωγής περιττών ή ελαττωματικών μερών, που μπορούν να “προβλεφθούν” μέσω των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων (Szaller, και συν., 2023). Σημαντική συνέπεια αυτού, αποτελεί και η βελτίωση των συνθηκών εργασίας του προσωπικού κάθε παραγωγικής διαδικασίας (King, et al., 2023).

Επίσης, παρατηρείται αύξηση της παραγωγής καθώς και αύξηση της αναλογίας των ανακατασκευασμένων εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται, γεγονός που οδηγεί σε μείωση του συνολικού κόστους παραγωγής (Szaller, και συν., 2023). Τέλος, με την αύξηση της παραγωγικότητας, μπορεί να δοθεί δυνατότητα στις εταιρίες να έχουν πρόσβαση και σε νέες αγορές, να αποκτήσει φήμη και ανταγωνιστικό πλεονέκτημα (Berger, et al., 2023).

2.6.4 Για τους προμηθευτές

Ρόλος των προμηθευτών είναι η επισκευή των μη χρήσιμων πλέον εξαρτημάτων και η διάθεσή τους ξανά σε παραγωγικές μονάδες ως πρώτη, “καινούρια” ύλη (Szaller, et al., 2023). Η προμήθεια αυτών είναι σε πλήρη εξάρτηση των αντίστροφων ροών προϊόντων και υλών και βασίζονται στα κυκλώματα κλειστών βρόχων παραγωγής (Jensen, et al., 2020).

Αναλυτικότερα, στους προμηθευτές μπορεί να οδηγηθούν διάφορα εξαρτήματα που, είτε η παραγωγή τους ήταν εξ αρχής ελαττωματική, είτε στην πορεία του κύκλου ζωής τους εμφάνισαν κάποιο λειτουργικό πρόβλημα. Και στις δύο περιπτώσεις, το ψηφιακό διαβτήριο κάθε προϊόντος, απ’ όπου προέρχονται τα εξαρτήματα αυτά, παρέχει χρήσιμες πληροφορίες για την επεξεργασία τους που έχουν ως σκοπό την ανάκτηση και την επισκευή τους. Οι πληροφορίες αυτές, χωρίς την ύπαρξη κάποιου ψηφιακού διαβατηρίου, είναι ελάχιστες και καθιστούσε τον ρόλο του προμηθευτή αβέβαιη (Szaller, et al., 2023).

Η αβεβαιότητα αυτή ενδέχεται να επηρεάσει σημαντικά την ποιότητα και το κόστος του επιστρεφόμενου προϊόντος και κατά συνέπεια, να θέσουν σε αμφισβήτηση εάν η επαναχρησιμοποίηση μιας ύλης είναι ουσιαστική και πρακτική (Szaller, et al., 2023). Έτσι, η κερδοφορία των υλικών αυτών μειώνεται σημαντικά

εάν οι απαιτούμενες πληροφορίες επαναχρησιμοποίησης τους είναι ελάχιστες. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν κυρίως την σύνθεση τους και την ταυτότητα διάφορων επικίνδυνων ουσιών που ενδέχεται να περιέχονται (Jensen, et al., 2020). Έτσι, με τις παραπάνω πληροφορίες διαθέσιμες, μειώνεται το κόστος επεξεργασία των υλικών, αυξάνεται η τελική αξία διάθεσή τους (Szaller, et al., 2023) και διασφαλίζεται εγγυημένα η ποιότητα των μεταχειρισμένων προϊόντων (King, et al., 2023).

Τέλος, με την αυξανόμενη κοινοποίηση των δεδομένων, αυξάνεται και η αναλογία των εξαρτημάτων προς επιδιόρθωση (Szaller, et al., 2023). Σημαντικότερο πλεονέκτημα αποτελεί το γεγονός πως οι προμηθευτές, γνωρίζοντας κάθε πληροφορία σχετικά με τα διαθέσιμα, σε αυτούς, προϊόντα, μπορούν να επιλέξουν αυτά που θα μπορούν να επιδιορθώσουν σε βέλτιστο βαθμό και, τελικά, αυτά που θα τους αποφέρουν τη μέγιστη δυνατή κερδοφορία. Έτσι, θα μπορούν να εγγυηθούν την ποιότητα του κάθε μεταχειρισμένου προϊόντος που εισάγουν στην αγορά (King, et al., 2023) και να οδηγήσουν τον καταναλωτή να επιλέξουν το επαναχρησιμοποιούμενο προϊόν, έναντι κάποιου καινούργιου.

2.6.5 Για τη διαχείριση απορριμμάτων και για την ανακύκλωση

Η πληθώρα δεδομένων που συναντώνται στα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων αποφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα και στη διαχείριση των απορριμμάτων καθώς και στις διαδικασίες ανακύκλωσης των υλικών. Προσδοκάται ότι η κοινή χρήση δεδομένων θα βοηθήσει στην αύξηση των ποσοστών ανακύκλωσης (Szaller, et al., 2023), τα οποία, παγκοσμίως, είναι πολύ μικρά.

Τα δεδομένα, που είναι προς αξιοποίηση από τις εταιρείες ανακύκλωσης, είναι κυρίως αυτά που αναφέρονται στην σύνθεση του κάθε υλικού και στις επικίνδυνες ουσίες που ενδέχεται να περιέχονται σε αυτά.

Όπως και στους προμηθευτές, τεράστιο πλεονέκτημα παρέχεται με την κοινοποίηση οδηγιών αποσυναρμολόγησης (Jensen, et al., 2020). Με βάση αυτών, η λήψη αποφάσεων είναι η βέλτιστη δυνατή και η ανακύκλωση γίνεται με την υψηλότερη δυνατή απόδοση. Παράδειγμα τέτοιων υλικών είναι τα πολλά είδη πλαστικών, στα οποία ποικίλλουν οι χημικοί τους τύποι και η διαδικασία ανακύκλωσής τους είναι δύσκολη.

2.6.6 Για κρατικούς φορείς

Σημαντικά πλεονεκτήματα της εφαρμογής και χρήσης των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων μπορούν να παρουσιαστούν και σε διάφορους κρατικούς φορείς. Αυτά θα μπορέσουν να αποτελέσουν ένα χρήσιμο εργαλείο, αφού θα μπορούν, μέσω

αυτών, να πραγματοποιηθούν πιο γρήγοροι, καλύτεροι και ακριβής έλεγχοι (Langley, et al., 2023). Έτσι, θα μπορεί κάθε κρατική αρχή να διαπιστώσει εάν οι ενέργειες παραγωγής κάθε εταιρίας γίνεται υπό των νομικών απαιτήσεων και προτύπων (Berger, et al., 2023). Ακόμα, θα παρέχεται πιο εύκολη και αξιόπιστη σύγκριση των πληροφοριών που αφορούν την βιωσιμότητα των παραγόμενων προϊόντων (Jarvenpää, et al., 2022).

2.7 Προκλήσεις ή δυσκολίες στην δημιουργία ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος

Μία επιχείρηση ή μία γραμμή παραγωγής, για να φτάσει στο τελικό στάδιο δημιουργίας ενός ψηφιακού διαβατηρίου, έρχεται αντιμέτωπη με αρκετές προκλήσεις.

2.7.1 Κοινωνικές προκλήσεις

Η σημαντικότερη πρόκληση που συναντάται αποτελεί κοινωνική. Με βάση την έρευνα των (Langley, et al., 2023), πολλές ανεπτυγμένες χώρες αναθέτουν σε αναπτυσσόμενες, εκμεταλλευόμενοι την κοινωνική και οικονομική τους θέση και ισχύ, να εξορύξουν πρώτες ύλες. Έτσι, οι όχι τόσο προνομιούχες χώρες “φορτώνονται” τις περιβαλλοντικές ζημιές που προκαλούνται. Από τη μία, η εφαρμογή των ψηφιακών διαβατηρίων θα συμβάλει θετικά στο φαινόμενο αυτό, αφού κάθε χώρα ή εταιρεία θα πρέπει να αποδεικνύει την προέλευση των πόρων της. Από την άλλη, οι αναπτυσσόμενες χώρες θα δεχτούν πίεση για να αποκτήσουν δαπανηρές ψηφιακές υποδομές ώστε να παρέχουν τα δεδομένα που απαιτούνται για την λειτουργία των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων. Ουσιαστικά, η οικονομική ανισότητα μεταξύ των χωρών ενδέχεται να φανεί εμπόδιο στην μετάβαση και στην εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας.

Φαίνεται ότι η ψηφιοποίηση των δεδομένων, και κατά συνέπεια η δημιουργία ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος, εξαρτάται από μεγάλο βαθμό από την γεωγραφική τοποθεσία (Langley, et al., 2023). Έτσι, η επιθυμητή εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας θα επικεντρωθεί σε συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές. Οι προμηθευτές από τις αναπτυσσόμενες χώρες ενδέχεται να αποκλειστούν αφού με βάση των προτύπων που θεσπίζει η ΕΕ, δεν θα πληρούν τα απαραίτητα κριτήρια.

2.7.2 Προκλήσεις για τις εταιρείες

Πρωταρχική πρόκληση αποτελεί το γεγονός πως, πέρα από τον ορισμό του εργαλείου των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων, δεν έχουν δοθεί λεπτομερώς ποια δεδομένα και ποια μέσα υλοποίησης χρειάζονται για να δημιουργηθούν αυτά

(Berger, et al., 2023). Αντίστοιχα, δεν έχουν καθοριστεί οι νομικές απαιτήσεις, βάση των οποίων θα πρέπει να δημιουργηθεί το ζητούμενο ψηφιακό διαβατήριο (Berger, et al., 2023). Λόγω των ελλείπων οδηγιών ενδέχεται να δημιουργηθούν σημαντικές ασάφειες και αντιφάσεις μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών (King, et al., 2023).

Ακόμα, είναι σχεδόν αδύνατον μία παραγωγική μονάδα από μόνη της να μπορέσει να φτιάξει ένα ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος, αφού κάθε παραγωγική διαδικασία χρειάζεται πολλαπλές πρώτες ύλες. Η συνεργασία των μονάδων αυτών δημιουργεί μία σημαντική πρόκληση (Langley, et al., 2023). Πρόκληση αποτελεί το γεγονός πως κάθε βιομηχανία αποτελείται στην ουσία από πολλαπλές αλυσίδες αξίας, αλυσίδες που μπορεί να διαφέρουν γεωγραφικά και που ενδέχεται να εκτείνονται και σε άλλα βιομηχανικά συστήματα (Langley, et al., 2023).

Κάθε βιομηχανικό σύστημα θα πρέπει να έχει εκπαιδευμένο προσωπικό, σχετικά με την διαχείριση του τεράστιου όγκου των δεδομένων και θα πρέπει να έχει την ικανότητα να ξεχωρίζει ποια είναι τα χρήσιμα δεδομένα από τον τεράστιο όγκο αυτών, ώστε τα συμπεράσματα που θα εξάγονται να είναι τα βέλτιστα δυνατά (Jensen, et al., 2020). Έτσι, με τη σωστή αντίληψη του προσωπικού, θα μπορούν να παρθούν σωστές αποφάσεις μελετώντας τα (Jensen, et al., 2020). Απαραίτητη είναι και η ύπαρξη κατάλληλου εξοπλισμού και ψηφιακών μέσων καθώς, μέσω αυτών, θα πρέπει να υποστηρίζεται η αποθήκευση τεράστιου όγκου δεδομένων (Berger, et al., 2023).

Ακόμα, τα δεδομένα που μοιράζονται θα πρέπει να χαρακτηρίζονται από διαφάνεια, να είναι αληθή και ποιοτικά (Langley, et al., 2023). Σημαντικός φραγμός της εφαρμογής του μοντέλου της κυκλικής οικονομίας αποτελεί η μη ολοκληρωμένη ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των βιομηχανιών (Langley, et al., 2023). Παρατηρείται πως, παρά την ανάγκη των εταιριών για ολόένα και παραπάνω δεδομένα, οι ίδιες δεν έχουν εντάξει στις καθημερινές τους αρμοδιότητες την κοινή χρήση των δεδομένων τους (Jansen, et al., 2022).

Μία άλλη πρόκληση είναι η διατήρηση της υψηλής αξίας των υλικών ενός προϊόντος (Langley, et al., 2023). Γενικά, κάθε μονάδα παραγωγής που χρησιμοποιεί ως πρώτη ύλη επαναχρησιμοποιούμενο υλικό, το επιχειρηματικό της μοντέλο έχει χαμηλότερη αξία από αυτό που χρησιμοποιεί μη ανακυκλωμένο υλικό.

2.7.3 Ανησυχία των βιομηχανιών σχετικά με την δημοσίευση στοιχείων

Όπως έχει γίνει ήδη αναφορά, για την δημιουργία ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος, απαιτείται η δημοσίευση λεπτομερών δεδομένων από τις επιχειρήσεις σχετικά με τα υλικά που χρησιμοποιούνται.

Η κοινοποίηση αυτή φοβίζει τις επιχειρήσεις και πολλές φορές θεωρούν ότι κινδυνεύουν από αυτή (Langley, et al., 2023). Υπάρχουν ενδοιασμοί, αφού κοινοποιώντας τα δεδομένα τους, θέτουν σε κίνδυνο την πνευματική τους ιδιοκτησία (Jansen, et al., 2022). Διάφορα πλεονεκτήματα ή καινοτόμες ιδέες που ενδέχεται να έχουν, μπορεί να κινδυνεύουν με την “ύπαρξη” τους σε δίκτυα όπου οι ανταγωνιστές τους μπορεί να έχουν πρόσβαση. Θα πρέπει ουσιαστικά, για να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό, να προσδιοριστεί λεπτομερώς ο ρόλος κάθε χρήστη και η δυνατότητα που έχει ο καθένας από αυτούς στην πρόσβαση του συνολικού όγκου των δεδομένων (Berger, et al., 2023).

Όπως είναι κατανοητό, οι παραπάνω κίνδυνοι πιθανό να μειώσουν το ενδιαφέρον των μονάδων παραγωγής σχετικά με την κοινοποίηση των στοιχείων τους (Jensen, et al., 2020) για να διατηρήσουν το ανταγωνιστικό τους πλεονέκτημα και να αποφύγουν πιθανές παραβιάσεις αυτών (Berger, et al., 2023).

Όμως, ένα σωστά δομημένο κρυπτογραφημένο δίκτυο αποθήκευσης των δεδομένων, όπου θα παρέχεται πλήρης εμπιστευτικότητα, θα μπορέσει να λύσει το πρόβλημα αυτό και να αυξηθεί η προθυμία ανταλλαγή πληροφοριών και δεδομένων (Berger, et al., 2023).

2.7.4 Διαφορετικές πολιτικές χωρών σχετικά με την κυκλική οικονομία

Στόχος της ΕΕ είναι η χρήση των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων να αποκτήσει εφαρμογή παγκοσμίως. Όμως, παρουσιάζονται διαφορετικές προσεγγίσεις της βιωσιμότητας και της κυκλικής οικονομίας σε διαφορετικά μέρη του πλανήτη (Langley, et al., 2023).

Πιο αναλυτικά, η ΕΕ έχει εισάγει διάφορες νομοθεσίες επικεντρωμένες στο περιβάλλον και στην προστασία του, αναφέρθηκαν λεπτομερώς σε παραπάνω κεφάλαιο. Μέσω αυτών, οι διαδικασίες παραγωγής των επιχειρήσεων είναι, υποχρεωτικά, επικεντρωμένες στο μοντέλο της βιώσιμης ανάπτυξης που έχει ως απώτερο στόχο τον μηδενισμό των εκπομπών βλαβερών αερίων στο περιβάλλον. Πέρα από τις νομοθεσίες, η ΕΕ έχει εισάγει και διάφορα εργαλεία για την επίτευξη του βασικού της στόχου (Langley, et al., 2023).

Στις ΗΠΑ τα τελευταία χρόνια πολλοί ηγέτες έρχονται σε έντονη διαφωνία σχετικά με την περιβαλλοντική κρίση και τις συνέπειες αυτής (Langley, et al., 2023). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μη ύπαρξη ξεκάθαρης περιβαλλοντικής πολιτικής. Αυτή εξαρτάται κυρίως από τις επιλογές των καταναλωτών που κατευθύνονται κυρίως από τις τιμές των προϊόντων και όχι από τον τρόπο παρασκευής αυτών.

Τέλος, στην έρευνα των (Langley, et al., 2023), γίνεται αναφορά και στην περιβαλλοντική πολιτική της Κίνας, η οποία σύμφωνα με το σύνολο των ερευνών, είναι η μεγαλύτερη πηγή ρυπογόνων αερίων παγκοσμίως. Η πολιτική της χαρακτηρίζεται από μία διαιρεμένη προσέγγιση. Από τη μία έχουν επενδυθεί τεράστια κεφάλαια για τη δημιουργία εγκαταστάσεων αξιοποίησης της ηλιακής και αιολικής ενέργειας. Ακόμα, υποστηρίζει και προωθεί πλήρως την αγορά και τη χρήση ηλεκτροκίνητων οχημάτων. Από την άλλη όμως, η χώρα της Κίνας επενδύει πολλούς περισσότερους πόρους στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω φυσικών μη ανανεώσιμων πόρων, όπως τον άνθρακα.

Με βάση όλα τα παραπάνω, φαίνεται πως, για να είναι εφικτή μία καθολική χρήση των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων, θα πρέπει όλες οι μεγάλες δυνάμεις του πλανήτη να έρθουν σε διαπραγματεύσεις ώστε να μπορέσει να ακολουθηθεί μία κοινή πολιτική σχετικά με την περιβαλλοντική κρίση.

2.8 Τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος

Σε προηγούμενα κεφάλαια της εισαγωγής, δόθηκε η τεράστια σημασία των δεδομένων και πως η σωστή επεξεργασία αυτών αποφέρει σημαντικά αποτελέσματα στη μείωση του περιβαλλοντικού και κοινωνικού αντίκτυπου των παραγωγών κάθε είδους (King, et al., 2023).

Λόγω του τεράστιου όγκου δεδομένων που συλλέγονται, καθώς και η διεθνής προοπτική εφαρμογής των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων, θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα αποκεντρωμένο και κατανομημένο σύστημα αποθήκευσης των δεδομένων (King, et al., 2023). Ακόμα, η δημιουργία τους θα πρέπει να βασίζεται σε ανοιχτό κώδικα, ώστε κάθε ενδιαφερόμενο μέλος που θέλει να καταχωρήσει ή να αντλήσει πληροφορίες από τα δεδομένα, να έχει πρόσβαση σε αυτό (King, et al., 2023).

Η μέχρι στιγμής τεχνολογία που χρησιμοποιείται είναι αυτή των ψηφιακών διδύμων (digital twins), του Blockchain, το Big Data Analytics και το Internet of Things (Langley, et al., 2023). Έχει γίνει λεπτομερής περιγραφή όλων αυτών σε παραπάνω κεφάλαιο.

2.8.1 Χρήση Blockchain στα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Σημαντικό εργαλείο στην δημιουργία ενός ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος αποτελεί η τεχνική των blockchain. Λόγω των κατανεμημένων και δομημένων δεδομένων που παρέχονται μέσω αυτού, καθώς και των πλήρως κρυπτογραφικών μεθόδων που χρησιμοποιούνται σε αυτή την μέθοδο, τα δεδομένα που αποθηκεύονται σε ένα ψηφιακό διαβατήριο είναι πλήρως προστατευμένα και διατηρούν την αυθεντικότητά τους (Langley, et al., 2023).

2.8.2 Χρήση Digital Twins στα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, η χρήση των DT αποτελεί σημαντικό εργαλείο στον στόχο της πραγματοποίησης της κυκλικής οικονομίας και κατά συνέπεια της βιώσιμης ανάπτυξης (Zawistowska, 2015). Θα μπορούν, για παράδειγμα, να εξαχθούν πληροφορίες σχετικά με τα απορρίμματα κάποιας επιχείρησης. Έτσι οι οδηγίες αποσυναρμολόγησης ή/και επιδιόρθωσης θα μπορούν να δίνονται πιο εύκολα και πιο εύστοχα. Ακόμα, με την ψηφιοποίηση των δεδομένων σχετικά με την παραγωγή των προϊόντων και γενικά όλου του κύκλου ζωής τους, θα είναι πιο εύκολη η εφαρμογή κλειστών βρόγχων παραγωγής (Langley, et al., 2023).

2.8.3 Κρυπτογράφηση δεδομένων

Όπως έγινε εκτενής αναφορά στο προηγούμενο κεφάλαιο, παρουσιάζεται ανησυχία από τις εταιρίες και τις μονάδες παραγωγής, στην κοινοποίηση των δεδομένων τους. Για τον λόγο αυτό, θα πρέπει τα δίκτυα αποθήκευσης των δεδομένων να παρέχουν απόλυτη ασφάλεια στους χρήστες τους. Έτσι, θα ανεβαίνουν περισσότερα δεδομένα, αφού θα υπάρχει πλήρης εμπιστοσύνη.

Πέρα από την ψηφιοποίηση των δεδομένων, θα πρέπει αυτά να κρυπτογραφηθούν, ώστε κάθε ανησυχία περί πνευματικής ιδιοκτησίας, υποκλοπής κτλ., να αποτραπεί (Berger, et al., 2023). Εξασφαλίζεται ουσιαστικά, η ελεγχόμενη προσβασιμότητα στα δεδομένα και στις ευαίσθητες πληροφορίες των εταιρειών με όποιον τρόπο αυτές ορίζουν κάθε φορά. Σημαντικό ενδιαφέρον παρουσιάζεται στην έρευνα των (Berger, et al., 2023), στην οποία δόθηκαν κάποιες κατηγορίες κρυπτογράφησης των δεδομένων.

Πιο συγκεκριμένα, αναφέρεται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί η ομομορφική κρυπτογράφηση. Ο συγκεκριμένος τύπος κρυπτογράφησης επιτρέπει την κοινοποίηση των δεδομένων για μία και μόνο συγκεκριμένη ανάλυση ή υπολογισμό πάνω σε αυτά. Ακόμα, η επεξεργασία τους μπορεί να γίνει χωρίς να αποκαλυφθούν οι τιμές των δεδομένων. Έτσι, εξασφαλίζεται στην κάθε εταιρία

που κοινοποιεί τα δεδομένα της, πως αυτά θα επεξεργαστούν με όποιον τρόπο αυτή επιτρέψει διασφαλίζοντας την ασφάλεια τους.

Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στην κρυπτογράφηση πολλών μερών, κατά την οποία, επιτρέπονται υπολογισμοί και επεξεργασία αντίστοιχων ομάδων δεδομένων μεταξύ των εταιριών ταυτόχρονα, αλλά αυτά τα δεδομένα δεν τα μοιράζονται οι εταιρίες μεταξύ τους.

Κατά αυτή την κρυπτογράφηση, τα δεδομένα αποθηκεύονται σε x “μυστικά” ψηφιακά μέρη και σε x κομμάτια. Όταν μία εταιρία θέλει να επεξεργαστεί συγκεκριμένο τύπου δεδομένων, τότε τα υπόλοιπα δεδομένα, που δεν θα λαμβάνουν μέρος στην επεξεργασία, αλλάζουν σε $x-1$ κομμάτια. Έτσι, εξασφαλίζεται απόρρητο στα δεδομένα, στα οποία δεν έχει επιτραπεί πρόσβαση από την άλλη εταιρία. Με την κρυπτογράφηση των δεδομένων αποδεικνύεται πως οι διαθέσιμες πληροφορίες είναι αληθής και αποφεύγεται η περιττή κοινοποίηση στοιχείων.

2.9 Σύγκριση εργαλείων πιστοποίησης με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Η αναπτυσσόμενη τεχνολογία των ψηφιακών διαβατηρίων για τα προϊόντα έρχεται να εξελίξει τις υπάρχουσες πιστοποιήσεις προϊόντων (Langley, et al., 2023). Παρακάτω παρουσιάζονται μερικές ομάδες πιστοποιήσεων.

2.9.1 Σήμανση προϊόντων με το οικολογικό σήμα της ΕΕ

Σε προηγούμενο κεφάλαιο, παράγραφος 1.11.3, έγινε λεπτομερής αναφορά για το οικολογικό σήμα της ΕΕ. Όπως αναφέρθηκε, αυτό τοποθετείται σε προϊόντα που παράγονται και που, αποδεδειγμένα, έχουν κατασκευαστεί με τρόπο φιλικό προς το περιβάλλον.

Το σήμα αυτό καθιερώθηκε, μέσω νομοθεσίας και “αναγνωρίζεται” παγκοσμίως. Όμως, σημαντικό μειονέκτημά του είναι πως τοποθετείται πάνω στο προϊόν από τον παραγωγό του και υπάρχει η δυνατότητα να τοποθετηθεί, παρανόμως, σε προϊόν μη πιστοποιημένο.

2.9.2 Πιστοποίηση ISO

Η συγκεκριμένη ομάδα πιστοποιήσεων μπορεί να δοθεί σε πληθώρα προϊόντων και υπηρεσιών και δίνεται από διεθνή οργανισμό πιστοποιήσεων. Μειονέκτημα αυτής της ομάδας πιστοποιήσεων είναι πως εάν ένα προϊόν εγκριθεί με τη συγκεκριμένη πιστοποίηση, ο κατασκευαστής του μπορεί να μην ενημερώνει τα

δεδομένα του μέχρι και την επόμενη φορά που θα κληθεί να ξανά ελεγχθεί. Ουσιαστικά, είναι ένα εργαλείο που εστιάζει στις διάφορες διαδικασίες ελέγχου του μελετώμενου προϊόντος και όχι στη συνεχή βελτίωση του, όπως επιτυγχάνεται με το εργαλείο του DPP.

2.9.3 Οργανική πιστοποίηση

Η συγκεκριμένη πιστοποίηση δίνεται σε τρόφιμα και υφάσματα που πληρούν συγκεκριμένα κριτήρια σχετικά με την καλλιέργεια τους, την αποθήκευση και την συσκευασία τους. Τα κριτήρια αυτά ορίζονται από κάθε κράτος και διαφοροποιούνται με βάση την νομοθεσία του και αποδίδεται σε καλλιεργητές ή αγρότες για τα προϊόντα τους.

2.10 Παραδείγματα εφαρμογής ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων

Όπως γίνεται κατανοητό, ένα ψηφιακό διαβατήριο μπορεί να δημιουργηθεί για πληθώρα προϊόντων και υπηρεσιών.

2.10.1 Παραδείγματα εφαρμογής σε μπαταρίες

Μία από τις σημαντικότερες ομάδες υλικών για την οποία γίνεται χρήση των ψηφιακών διαβατηρίων είναι αυτή των μπαταριών. Σημειώνεται πως το ψηφιακό διαβατήριο που αναφέρεται στις μπαταρίες μπορεί να οριστεί και ως DBP, Digital Battery Passport (Berger, et al., 2022). Φαντάζει αναγκαία η επαναχρησιμοποίηση και η σωστή ανάκτηση τους, λόγω των επικίνδυνων συστατικών που περιέχουν, όπως το λίθιο και τον φυσικό γραφίτη (Berger, et al., 2022). Όταν μία μπαταρία φθάσει σε σημείο που δεν μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί, σκοπός είναι η ανάκτηση όσο είναι εφικτό του μεγαλύτερου μέρους ενεργού υλικού από τις χρησιμοποιημένες μπαταρίες, ώστε να μειωθεί το μεγάλο αποτύπωμα άνθρακα που έχουν ως υλικό (Berger, et al., 2022).

Στην έρευνα των (Berger, et al., 2023) μελετήθηκαν σε θεωρητικό επίπεδο, ψηφιακά διαβατήρια που δημιουργήθηκαν για μπαταρίες ηλεκτρικών αμαξιών. Δόθηκε έμφαση στα συμπεράσματα που μπορούν να αντληθούν από αυτά, ώστε ο κύκλος ζωής των μπαταριών να είναι όσο το δυνατόν λιγότερο επιβλαβής για το περιβάλλον.

Πιο συγκεκριμένα, σε αυτά τα ψηφιακά διαβατήρια, αρχικά, συμπεριλαμβάνονται στοιχεία σχετικά με την προέλευση της μπαταρίας, ο κατασκευαστής της, καθώς και τα επίπεδα αποδοτικότητάς της ζωής της (Berger, et al., 2023), (Berger, et al., 2022). Σημαντικότερα δεδομένα που πρέπει να συμπεριληφθούν είναι αυτά που αναφέρουν τους χημικούς τύπους που περιλαμβάνονται στην μπαταρία (Berger, et

al., 2022) καθώς και το αναγνωριστικό της – τον αριθμό παρτίδας τη, τον σειριακό της αριθμό και τον προμηθευτή της, σε περίπτωση εισαγωγής (Berger, et al., 2022). Εν συνεχεία, πρέπει να συμπεριληφθούν πληροφορίες σχετικά με τη δομή της, την ισχύ της και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της. Τέλος, πληροφορίες σχετικές με την απόδοση της μπαταρίας πρέπει να συμπεριληφθούν, ώστε μέσω αυτού, να προσδιορίζεται η αυτονομία της, η διάρκεια ζωής της ή/ και ο χρόνος φόρτισής της.

Πέρα από τα βασικά στοιχεία προέλευσης και σύστασης πρέπει να εισαχθούν πληροφορίες που σχετίζονται με το περιβαλλοντικό αποτύπωμά τους (Berger, et al., 2022). Πρέπει να παρέχονται δεδομένα σχετικά με τις εκπομπές CO₂ της μπαταρίας, τα επίπεδα τοξικότητάς της, καθώς και την κατανάλωσή τους σε ενέργεια. Τέλος, μέσω δεδομένων, πρέπει να “αποδειχτεί” πως η κατασκευή της έγινε με βάση των ισχύων νομικών πλαισίων.

Στην ίδια ομάδα αντικειμένων επικεντρώθηκε και η έρευνα των (Berger, et al., 2023). Σε αυτήν έγινε πιο λεπτομερής ανάλυση καθ’ όλο τον κύκλο ζωής των μπαταριών που χρησιμοποιούνται σε ηλεκτρικά οχήματα. Πάρθηκαν στοιχεία από όλες τις φάσεις ζωής της, από την αρχή της κατασκευής της, από το μέσο στάδιο λειτουργίας της, από την επαναχρησιμοποίηση της καθώς και από το τέλος της ζωής της, την αποσυναρμολόγηση και την απόρριψη της στο περιβάλλον.

Στην αρχή της χρήσης της, οι λεπτομέρειες και τα δεδομένα που υπάρχουν, προέρχονται από τον κατασκευαστή της καθώς και από την παραγωγική μονάδα που την τοποθετεί στο ηλεκτροκίνητο όχημα. Τονίζεται το γεγονός, πως λόγω του κινδύνου της διαρροής των δεδομένων σε τρίτους και σε ανταγωνιστές, παρατηρείται πως οι εταιρίες δεν κοινοποιούν πλήρη δεδομένα στο στάδιο αυτό (Berger, et al., 2023).

Στο μέσο στάδιο της χρήσης της, υπάρχουν δεδομένα σχετικά δραστηριότητες συντήρησης, επισκευής ή/ και επιδιόρθωσης, δεδομένα δηλαδή που έχουν να κάνουν με το ιστορικό χρήσης της στο όχημα που είχε τοποθετηθεί. Ο όγκος των δεδομένων που δημιουργούνται στο στάδιο αυτό είναι τεράστιος και απαιτεί κατάλληλα μέσα αποθήκευσης. Για τον λόγο αυτό, το εκπαιδευμένο προσωπικό θα πρέπει να αναγνωρίζει ποια από αυτά είναι χρήσιμα για επεξεργασία για τη λήψη αποφάσεων (Berger, et al., 2023), ώστε τα συμπεράσματα που θα παρθούν να είναι όσο το δυνατό πιο εύστοχα και σωστά.

Στο τελευταίο στάδιο, όταν ο κύκλος ζωής της έχει φτάσει το τέλος του, λαμβάνει χώρα η ανακύκλωση της μπαταρίας. Τα απαιτούμενα στοιχεία που πρέπει να συμπεριληφθούν στο ψηφιακό διαβατήριο τους είναι αυτά που αφορούν την χημεία της καθώς και οι οδηγίες για την αποσυναρμολόγησης της. Τα στοιχεία αυτά

φαίνονται χρήσιμα και στις περιπτώσεις που οι υπεύθυνοι ανακύκλωσης επιλέξουν να “χορηγήσουν” τις μη χρήσιμες μπαταρίες στον τομέα της πυρομεταλλουργικής ή της υδρομεταλλουργικής (Berger, et al., 2022).

Όμως, σημαντικά δεδομένα που ενδέχεται να μην έχουν κοινοποιηθεί στα προηγούμενα στάδια λόγω έλλειψης εμπιστοσύνης των εταιρειών, μπορεί να μην αποφέρει το βέλτιστο αποτέλεσμα. Λόγω της ολοένα και συνεχόμενης αύξησης ηλεκτρικών οχημάτων, που θα φέρουν όλο και περισσότερες μπαταρίες σε χρήση, η σωστή απόρριψη τους στο περιβάλλον είναι μονόδρομος (Berger, et al., 2022). Για το λόγο αυτό, η σωστή και ειλικρινής κοινοποίηση των δεδομένων πρέπει να εφαρμοστεί.

2.10.2 Παράδειγμα εφαρμογής σε προϊόντα ένδυσης

Έρευνες έχουν δείξει πως οι βιομηχανίες κλωστοϋφαντουργίας αποτελούν την δεύτερη μεγαλύτερη ομάδα ρυπογόνων βιομηχανιών παγκοσμίως (Jaeger, 2023), (Blok, 2024). Εκτιμάται πως γίνεται χρήση τουλάχιστον 98 εκατομμυρίων τόνων φυσικών μη ανανεώσιμων πόρων για την παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα, χρησιμοποιείται πετρέλαιο για την σύνθεση ινών, λίπασμα και χρήση νερού για τις καλλιέργειες φυτειών βαμβακιού (Blok, 2024), καθώς γίνεται και χρήση χημικών για τον χρωματισμό των υφασμάτων.

Σύμφωνα με την ΕΕ, εκτιμάται ότι κάθε δευτερόλεπτο καταλήγει ένα φορτηγό προϊόντων από τις συγκεκριμένες βιομηχανίες σε ΧΥΤΑ ή αποτεφρώνεται και πως μονάχα το 1% αυτών επαναχρησιμοποιείται σε νέους κύκλους παραγωγής (Jaeger, 2023). Τέλος, σπαταλούνται δισεκατομμύρια κυβικά τόνοι νερού ετησίως σε αυτές τις μονάδες παραγωγής.

Τα βασικά ζητήματα που καλείται να αντιμετωπίσει στο σύνολό της η συγκεκριμένη ομάδα βιομηχανίας, είναι κυρίως οι εκπομπές αερίων που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα, τα απορρίμματα της, η ποιότητα και η προέλευση των υφασμάτων, ο όγκος των απούλητων υφασμάτων καθώς και οι συνθήκες εργασίας των εργαζομένων της (Jaeger, 2023). Σημειώνεται πως, η πλειοψηφία των βιομηχανιών αυτών, βρίσκονται σε χώρες με χαμηλό εργασιακό κόστος, όπου καταπατούνται τα δικαιώματα των εργαζομένων και συνάπτονται ακόμα και φαινόμενα παιδικής εργασίας. Τέλος, στους ρύπους συμπεριλαμβάνονται και αυτοί που απελευθερώνονται από τα οχήματα για την μεταφορά των παραγόμενων ειδών ένδυσης (Blok, 2024).

Από τη μία, οι συνεχής αλλαγές της μόδας, καθώς και το φαινόμενο του υπέρ-καταναλωτισμού, “δικαιολογούν” τη θέση αυτή. Οι εταιρίες- κολοσσοί που δραστηριοποιούνται στον τομέα αυτόν, έχουν συμβάλει στην λεγόμενη fast

fashion, κατά την οποία, διατίθενται ρούχα στην αγορά σε χαμηλό κόστος, προσπαθώντας πάντα να μιμηθούν και να ακολουθήσουν τις τάσεις της μόδας που ορίζονται κυρίως από μόδα πολυτελείας.

Η παγκόσμια βιομηχανία ενδυμάτων, καλείται να περιορίσει, και ιδανικά, να εξαλείψει όλα τα παραπάνω, εφαρμόζοντας βιώσιμες πρακτικές και την κυκλική οικονομία, ακολουθώντας τις οδηγίες της ΕΕ, ώστε να μειωθεί το οικολογικό τους αποτύπωμα. Σκοπός της ΕΕ είναι τα κλωστοϋφαντουργικά αγαθά να κατασκευάζονται πιο ανθεκτικά, να μην περιέχουν επικίνδυνες χημικές ενώσεις, να επαναχρησιμοποιούνται και τελικά, να ανακυκλώνονται σε μεγαλύτερο βαθμό (Jaeger, 2023). Σημειώνεται, πως μέχρι το 2030 η εφαρμογή των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων στα κλωστοϋφαντουργικά αγαθά θα είναι υποχρεωτική.

Στο συγκεκριμένο τομέα, πρέπει να λάβει χώρα, αρχικά, μία λεπτομερής καταγραφή όλων των διαδικασιών που ακολουθούνται, ώστε να παραχθεί το κάθε ύφασμα (Jaeger, 2023). Έπειτα, να συλλεχθούν δεδομένα από την παραγωγή ινών, την παραγωγή των υφασμάτων, την κατασκευή των ρούχων, από τους πωλητές αυτών και τέλος, από τους αγοραστές (Blok, 2024).

Στο πρώτο στάδιο, πρέπει να προσδιοριστούν τα είδη των ινών, όπως φυτικές (βαμβάκι, λινό, μαλλί κτλ) και συνθετικές ίνες (νάιλον, πολυεστέρας κτλ). Σημαντικότερα δεδομένα είναι η τοποθεσία ακόμα το έτος κατασκευής τους καθώς και η ποιότητά τους, ώστε σε ενδεχόμενη μελλοντική τους ανακύκλωση, να γίνει σωστή ανάκτηση αυτών (Blok, 2024). Εν συνεχεία, προσδιορίζεται ο τρόπος κατασκευής των υφασμάτων (πλέξη, χημική ή θερμική συμπίεση ινών).

Στο επόμενο βήμα της παραγωγικής διαδικασίας, στην κατασκευή των ενδυμάτων από σχεδιαστές ή εργαζόμενους εργοστασίων, λαμβάνονται πληροφορίες σχετικά με τον όγκο των υφασμάτων, των κομματιών που κόβονται και δεν χρησιμοποιούνται. Με τον τρόπο αυτό, γίνεται ευκολότερα κατανοητό στους σχεδιαστές να κατανοήσουν τον τρόπο επαναχρησιμοποίησης των περισσευούμενων κομματιών (Blok, 2024). Στο συγκεκριμένο στάδιο καθορίζεται κατά μεγάλο ποσοστό, ο βαθμός του οικολογικού αποτυπώματος της κάθε βιομηχανίας (Blok, 2024).

Μετά από το παραπάνω στάδιο, το τελικό προϊόν οδηγείται στον πωλητή. Αυτός μπορεί να προσθέσει δεδομένα σχετικά με την αξιολόγηση, τον αριθμό των κομματιών που έχουν πωληθεί ή και τις πιθανές επιστροφές των πελατών. Τα δεδομένα αυτά βοηθούν τις βιομηχανίες να προσδιορίσουν ακριβώς την ποσότητα των ρούχων που τελικά πωλήθηκαν και αυτών που τελικά θα επιστρέψουν πίσω σε αυτές, μελετώντας στην συνέχεια τους λόγους επιστροφής τους (ποιότητα υφασμάτων, ελαττωματικά σημεία κτλ.).

Σημειώνεται ότι προτείνεται η δημιουργία δύο ξεχωριστών ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων για κάθε παραγόμενο προϊόν. Ένα για τους εμπλεκόμενους στην παραγωγική διαδικασία και έναν για τους καταναλωτές (Blok, 2024). Αυτό τον καταναλωτή περιέχει όλες τις πληροφορίες που αναφέρθηκαν παραπάνω, εκτός αυτών που προστίθενται από τους πωλητές.

2.10.3 Παραδείγματα εφαρμογής σε υπηρεσίες

Δίνεται ένα παράδειγμα εφαρμογής ψηφιακού διαβατηρίου σε μία υπηρεσία service κινητών τηλεφώνων (Jensen, et al., 2020).

Αρχικά, η κατασκευαστική εταιρεία του προϊόντος, μέσω του εγχειρίδιου επισκευής της συσκευής που μπορεί να συμπεριλαμβάνεται στο ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος, διευκολύνει τον υπάλληλο service στο να προβεί στις κατάλληλες και σωστές ενέργειες ώστε να διαθέσει την βέλτιστη δυνατή υπηρεσία εξυπηρέτησης.

Σημαντικό πλεονέκτημα αποδίδεται και στο γεγονός της συνεχούς αποθήκευσης δεδομένων καθ' όλη τη ζωή του προϊόντος. Έτσι, ο εργαζόμενος μπορεί να αντλήσει τα δεδομένα αυτά, ώστε να διαπιστωθούν τυχόν λανθασμένες συνθήκες χρήσης. Να σημειωθεί εδώ πως μέσω του ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος, ο εργαζόμενος βρίσκει εύκολα τα δεδομένα που αφορούν τον αριθμό παρτίδας, την χώρα προέλευσης και την ημερομηνία κατασκευής του προϊόντος, πληροφορίες που πρέπει να γνωρίζει πριν προβεί σε οποιαδήποτε επιδιόρθωση.

Στην ίδια έρευνα υποστηρίζεται θα μπορούσε να αναπτυχθεί και ένα δίκτυο πληροφοριών σχετικά με τη διαθεσιμότητα ανταλλακτικών. Τέλος, μέσω των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντος οι εταιρίες μπορούν να ενημερώνουν συνεχώς τους πελάτες τους σχετικά με νέες προσφορές και προϊόντα καθώς και με την πορεία των επισκευών.

2.10.4 Παράδειγμα εφαρμογής σε κτίρια

Στην μελέτη των (Cetin, et al., 2023) συναντάται ένας ακόμη ρόλος των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων, στην βιομηχανία κατασκευής κτιρίων. Όπως αναφέρεται, φαντάζει αναγκαία η ανακύκλωση των υλικών που χρησιμοποιούνται σε αυτές, καθώς κατά την κατασκευή των κτιρίων εκπέμπονται τεράστια ποσοστά διοξείδιο του άνθρακα όπως και απορρίμματα.

Υπάρχουν εκατομμύρια κτιρίων που είναι υπό κατάρρευση, και ακόμα περισσότερα που κατασκευάζονται εκ νέου. Οι ερευνητές της συγκεκριμένης έρευνας, υποστηρίζουν πως τα παλαιότερα κτίρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν

ως πρώτες πηγές υλικών στην κατασκευή των νέων ή να ανακαινιστούν καταλλήλως ώστε να είναι κατοικήσιμα.

Αυτό είναι εφικτό με την χρήση των ψηφιακών διαβατηρίων, που θα περιλαμβάνει πληροφορίες κυρίως από τα στάδια της κατασκευής, μέχρι και την κατεδάφιση του κτιρίου. Αναφέρεται πως αυτά μπορούν να δημιουργηθούν είτε σε κάθε υλικό που χρησιμοποιείται ή / και στο σύνολο του κτιρίου και οι πληροφορίες θα δίνονται από κάθε εμπλεκόμενο στην κατασκευαστική διαδικασία, όπως αρχιτέκτονες, κατασκευαστικές εταιρίες, μηχανικοί και προμηθευτές πρώτων υλών. Ακόμα παρέχονται πληροφορίες από τους ιδιοκτήτες και τους ένοικους τους.

Οι κυριότερες πληροφορίες που πρέπει να περιέχεται είναι, αρχικά, η ακριβής τοποθεσία του κτιρίου, το έτος κατασκευής του, οι διαστάσεις του καθώς και το είδος στο οποίο ανήκει. Πληροφορίες όπως της σύστασης της επιφάνειας και του αριθμού ορόφων μπορούν να προστεθούν. Απαραίτητα θεωρούνται και τα δεδομένα που έχουν να κάνουν με την σύνθεση των χρησιμοποιούμενων υλικών και τυχόν τοξικές ουσίες που έχουν χρησιμοποιηθεί. Όπως και στα ψηφιακά διαβατήρια που αναφέρονται σε προϊόντα, έτσι και σε αυτά των κτιρίων, μέσω αυτών των πληροφοριών, μπορούν να δοθούν διαφορετικές λύσεις σχετικά την αποσυναρμολόγηση, την ανάκτηση υλικών, την συντήρηση αλλά και την ανακαίνιση. Ακόμα, μπορεί να περιέχουν διάφορα δεδομένα σχετικά με την ενεργειακή απόδοση του κάθε κτιρίου ή με τις οδηγίες καθαρισμού του κτλ.

Για τους παραπάνω λόγους προτείνεται οι κατασκευές νέων κτιρίων να συνοδεύονται με ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων, ώστε αυτά να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν ως μελλοντική πρώτη πηγή σε άλλα καινούργια κτίρια ή όποια ανακαίνιση και συντήρηση λαμβάνει χώρα, να γίνονται σε βέλτιστο βαθμό.

Από την άλλη όμως, σε κτίρια που είναι κατασκευασμένα πριν από κάποιες δεκαετίες, όπου η έννοια της κυκλικής οικονομίας καθώς και αυτός των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων ήταν ανύπαρκτος, θα είναι σχεδόν αδύνατον να αξιοποιηθούν πλήρως και σωστά, καθώς δεν υπάρχουν στοιχεία σχετικά με τα υλικά και τα προϊόντα που έχουν χρησιμοποιηθεί (Cetin, et al., 2023).

Το κενό αυτών των πληροφοριών μπορεί να καλυφθεί με την χρήση της τεχνολογίας, όπως των δορυφορικών εικόνων, μέσω των οποίων μπορούν να εντοπιστούν μερικά στοιχεία ενός μελετώμενου κτιρίου. Μπορεί να εντοπιστεί η ακριβής του διεύθυνση, το εμβαδόν του και ο αριθμός ορόφων και διαμερισμάτων, καθώς και λεπτομέρειες που αφορούν την πρόσοψη αυτού, όπως τα κουφώματα ή η ύπαρξη κεραιών.

Μερικοί εργολάβοι χρησιμοποιούν ειδικούς σαρωτές με λέιζερ, ώστε να συλλεχθούν πληροφορίες για την σύσταση των δομικών υλικών, την αναγνώριση της γεωμετρίας αυτών και την κατάστασή τους (Cetin, et al., 2023). Με την μέθοδο αυτή μπορούν ακόμα να εντοπιστούν τυχόν τοξικές και επικίνδυνες ουσίες στα δομικά υλικά ενός υφιστάμενου κτιρίου. Στις περιπτώσεις αυτές, τα στοιχεία αυτά μπορούν να φανούν χρήσιμα σε περίπτωση συντήρησης, ανακαίνισης ή και κατεδάφισης του κτιρίου.

2.10.5 Παράδειγμα εφαρμογής σε τρόφιμα

Η μέχρι τώρα οδηγία, που αφορά τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων, εξαιρεί τα τρόφιμα και τα φαρμακευτικά είδη. Παρόλα αυτά, υπάρχουν μελέτες που αναλύουν τη δομή και τα πλεονεκτήματα αυτών στην κατηγορία των τροφίμων. Φαντάζει αναγκαία η προσθήκη των συγκεκριμένων προϊόντων στον “κόσμο” των ψηφιακών διαβατηρίων, ή όπως αναφέρεται, Digital Food Passport, καθώς αποτελούν τα πιο σημαντικά εμπορεύσιμα προϊόντα παγκοσμίως.

Αρχικά, όπως αναφέρεται στην έρευνα των (Sanchez, et al., 2019), στα είδη τροφής, λόγω των αυστηρότατων ελέγχων υγειονομικού χαρακτήρα και ποιότητας, υπάρχει πληθώρα δεδομένων όσον αφορά τις παραγωγικές τους διαδικασίες. Ακόμα, επειδή το ηλεκτρονικό εμπόριο αναπτύσσεται ραγδαία και στον τομέα των τροφίμων, όπου οι φυσικές ετικέτες είναι αδύνατον να διαβαστούν από τους αγοραστές, πρέπει να δημιουργηθούν οι αντίστοιχες σε ηλεκτρονική μορφή (Fuchs, et al., 2022). Έχοντας μία ηλεκτρονική ετικέτα σε κάθε τρόφιμο, ο καταναλωτής μπορεί, αρχικά, να διαβάσει λεπτομερώς και ευκρινώς την διατροφική του αξία, πληροφορίες που σε μία κλασική τυπωμένη ετικέτα βρίσκονται με μικρά γράμματα και με συντομογραφίες (Fuchs, et al., 2022).

Πληροφορίες που πρέπει να περιέχονται σε ένα ψηφιακό διαβατήριο τροφίμων, είναι, αρχικά τα βασικά χαρακτηριστικά του. Το βάρος του, η διατροφική του αξία, η ημερομηνία και ο τόπος παραγωγής του, καθώς και η λεπτομερής αναφορά όλων των συστατικών που περιέχει. Σε περίπτωση εισαγωγής του, πρέπει να αναφέρεται ο προμηθευτής του. Στοιχεία που πρέπει να συμπεριλαμβάνονται σε αυτό, είναι διάφορα χημικά που μπορεί να περιέχει καθώς και μετρήσεις από διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας (Fuchs, et al., 2022).

Αφού το παραγόμενο τρόφιμο είναι έτοιμο, θα πρέπει να υπάρξουν πληροφορίες σχετικά με το είδος συσκευασίας του (χάρτινη, πλαστική), ο τρόπος παραγωγής της καθώς και στοιχεία σχετικά με τις συνθήκες διατήρησης του προϊόντος μέσα σε αυτή, όπως θερμοκρασία ή υγρασία. Τέλος, υποχρεωτικά, πρέπει να αναφερθούν και οι οδηγίες επεξεργασίας των τροφίμων πριν την κατανάλωσή τους (Fuchs, και συν., 2022).

Οι καταναλωτές, μέσω των ψηφιακών διαβατηρίων τροφίμων, μπορούν πιο εύκολα να επιλέξουν τρόφιμα με υψηλότερη διατροφική αξία και κατ' επέκταση, να οδηγούνται σε πιο υγιεινές επιλογές. Απεικονίζοντας σε κάποιο γράφημα τα συστατικά του, ακόμα και οι καταναλωτές που δεν γνωρίζουν για τις κατηγορίες συστατικών, καταλήγουν να στρέφονται σε πιο υγιεινές τροφές διαβάζοντας το (Fuchs, και συν., 2022).

Προς το παρόν, ελάχιστες εταιρίες διαθέτουν ψηφιακά διαβατήρια τροφίμων εθελοντικά, αφού δεν είναι υποχρεωμένοι από κάποιο νόμο (Sanchez, et al., 2019). Άξιο αναφοράς, είναι πως, όταν θεσπιστούν η απεικόνιση αυτών θα πρέπει να γίνεται με τεχνολογία που θα μπορεί να δίνει δεδομένα σε πραγματικό χρόνο (Mondal, et al., 2019). Όπως εξηγούν, θα πρέπει να δίνονται στοιχεία σχετικά με την κατάσταση του τροφίμου, ώστε να αποφευχθεί κάποια ανάκληση παρτίδων, η οποία ζημιώνει σε τεράστιο βαθμό κάποια μονάδα παραγωγής. Τέτοια τεχνολογία, όπως περιγράφηκε παραπάνω είναι αυτή των RFID, η οποία όμως έχει απαγορευτικό κόστος.

3 Μεθοδολογία

Για να διαπιστωθεί η χρησιμότητα των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων, και πως σε αυτά θα περιέχονται σωστά δεδομένα, συλλεχτήκαν και μελετήθηκαν διάφοροι δείκτες βιωσιμότητας. Ουσιαστικά, μέσω των δεικτών αυτών ποσοτικοποιούνται όλα τα δεδομένα, όλων των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα. Εν συνεχεία, επεξεργάζονται και υπολογίζεται ο τελικός ολικός δείκτης βιωσιμότητας. Σημειώνεται ότι, οι υπολογισμοί αυτοί μπορούν να επεξεργάζονται στα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων, είτε σε διαφορετικά στάδια της παραγωγής ή στο τέλος.

Ο τελικός αυτός δείκτης αξιολογεί περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά το τελικό παραγόμενο προϊόν. Αξιολόγηση, που αντικατοπτρίζει όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας και απεικονίζεται σαν “ταμπέλα” δίνοντας την εικόνα βιωσιμότητας του τελικού προϊόντος.

Σημειώνεται πως στην παρουσίαση των δεικτών, αναλύθηκε η σύνδεση του καθ' ένα από αυτούς με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων.

3.1 Δείκτες βιωσιμότητας

Οι δείκτες βιωσιμότητας μας δείχνουν κατά πόσο ένα μοντέλο ανάπτυξης είναι βιώσιμο ή όχι. Μας παρέχουν ποσοτικά αποτελέσματα, μέσω των οποίων φαίνεται η αποτελεσματικότητα των εξεταζόμενων συστημάτων (προϊόν, δραστηριότητα, υπηρεσία, πολιτική κτλ) (Longo, et al., 2023).

Αυτοί κατηγοριοποιούνται σε τρεις βασικές ομάδες δεικτών, μία ομάδα για κάθε βασική αρχή της βιώσιμης ανάπτυξης. Χωρίζονται δηλαδή σε περιβαλλοντικούς, σε κοινωνικούς και σε οικονομικά βιώσιμους δείκτες.

Στην πρώτη κατηγορία δεικτών, στους περιβαλλοντικούς βιώσιμους, οι δείκτες επικεντρώνονται σε αυτούς που μετρούν την επίδραση της κάθε δραστηριότητας ή του παραγόμενου αγαθού στο φυσικό περιβάλλον. Έπειτα, στους κοινωνικούς βιώσιμους δείκτες έχουν οριστεί αυτοί που ως κέντρο “μελέτης” είναι ο άνθρωπος και η κοινωνία. Τέλος, για να ολοκληρωθεί το τρίπτυχο της ζητούμενης βιώσιμης ανάπτυξης, υπάρχουν οι οικονομικοί βιώσιμοι δείκτες, στόχος των οποίων είναι η δημιουργία όσο το δυνατόν πιο κερδοφόρων συστημάτων, σεβόμενη πάντα τις άλλες δύο προϋποθέσεις της βιώσιμης ανάπτυξης (Longo, et al., 2023).

3.2 Βασικά χαρακτηριστικά των δεικτών

Όπως αναφέρεται στην έρευνα (Longo, et al., 2023), όλοι οι δείκτες έχουν κοινά χαρακτηριστικά. Αρχικά, το αποτέλεσμα κάθε δείκτη πρέπει να είναι αριθμητικό, ώστε να είναι απολύτως ακριβές. Αυτό τους κάνει και εξαιρετικά εύκολα συγκρίσιμους, εξυπηρετώντας την γρήγορη αξιολόγηση και σύγκριση διαφορετικών τιμών. Όμως, όπως και σε κάθε σύγκριση, πρέπει να εισάγονται στα δεδομένα ίδιοι τύποι παραμέτρων, ώστε να έχουμε σωστό αποτέλεσμα σύγκρισης.

Άλλο ένα χαρακτηριστικό τους, που φαίνεται και παρακάτω, είναι ότι πολλοί δείκτες δεν έχουν “αυστηρή” δομή ή συγκεκριμένη εξίσωση υπολογισμού. Χαρακτηρίζονται ως σχετικοί και ευέλικτοι, δηλαδή, ανάλογα των τύπων των δεδομένων και των μελετώμενων κριτηρίων, οι εξισώσεις υπολογισμού μερικών δεικτών, μπορεί να αλλάξει μορφή. Ακόμα, πρέπει να είναι πλήρως κατανοητοί, ώστε όσοι επιθυμούν να μπορούν να τους υπολογίσουν, χωρίς κάποια ιδιαίτερη δυσκολία.

Ένα ενδιαφέρον χαρακτηριστικό τους είναι πως οι δείκτες πρέπει κάθε φορά να δίνονται με τις αντίστοιχες επιστημονικές πηγές, ώστε το αποτέλεσμα τους να θεωρείται αξιόπιστο (Longo, et al., 2023). Τέλος, λόγω της ραγδαίας εξέλιξης, και αυτοί συνεχώς μπορεί να αναθεωρούνται, συμβαδίζοντας με τα πιο πρόσφατα βιώσιμα δεδομένα, ώστε να συνεχίσουν να θεωρούνται ακριβής και αντιπροσωπευτικοί.

Σημαντικό πλεονέκτημα στην μελέτη των διάφορων δεικτών, είναι ότι, μέσω αυτών, μπορούν να εντοπιστούν τρωτά σημεία, που δεν πληρούν την βιώσιμη ανάπτυξη, και μέσω διάφορων τεχνικών και ενεργειών, να διορθωθούν. Στη

συνέχεια, μπορούν να παρθούν κρίσιμες αποφάσεις, σε ιδιωτικό όσο και δημόσιο επίπεδο, για την εφαρμογή νέων τεχνολογιών ή και κυβερνητικών πρακτικών, προωθώντας την ζητούμενη βιώσιμη ανάπτυξη.

3.3 Χρησιμότητα των δεικτών

Για να υπάρξει ένα βιώσιμο μοντέλο ανάπτυξης, οι δείκτες αυτοί, είναι αναγκαίο, να υπολογίζονται, καθώς μέσω αυτών, είναι εύκολο να εντοπιστούν τυχόν προβλήματα σε κάποια παραγωγική διαδικασία κτλ., να μετρηθεί η πρόοδος ή μη μιας κατάστασης και μπορούν να οριστούν εύκολα στόχοι βασιζόμενοι σε αυτούς.

Αφού δίνεται ακριβές αριθμητικό αποτέλεσμα και η σύγκριση είναι εύκολη, μπορούν γρήγορα να εντοπιστούν οι πιο αποτελεσματικές πρακτικές για κάθε κατάσταση, στοχεύοντας πάντα στον στόχο αυτής της βιώσιμης. Αντίστοιχα, μέσω αυτών, γίνεται εύκολος εντοπισμός των τρωτών σημείων, τα οποία και μπορούν να μπουν σε προτεραιότητα για βελτίωση (Longo, et al., 2023).

Ακόμα, μέσω των δεικτών, μπορούν να οριστούν οι στόχοι, με βάση τους οποίους θα χαρακτηρίζεται ένα μοντέλο ανάπτυξης βιώσιμο ή μη. Έτσι, για παράδειγμα, εάν μία μονάδα παραγωγής υπολογίσει τους δείκτες της και αυτοί χαρακτηριστούν ως βιώσιμοι, μπορεί να κοινοποιήσει τα αποτελέσματα σε καταναλωτές, κυβερνήσεις κτλ., ώστε να αποδείξει τον χαρακτήρα της παραγωγής της. Με τον τρόπο αυτόν, χρησιμοποιώντας διαφανή και αξιόπιστα στοιχεία, μπορεί να επικοινωνήσει εύστοχα το βιώσιμο μοντέλο ανάπτυξής της, ενισχύοντας τον ανταγωνισμό της και επιτυγχάνοντας καλύτερα αποτελέσματα.

Τέλος, άλλο ένα χρήσιμο χαρακτηριστικό τους είναι το αίσθημα ευθύνης που αναπτύσσεται γύρω από αυτούς. Στη σημερινή εποχή, όπου ολοένα και περισσότεροι άνθρωποι επιδιώκουν να χρησιμοποιούν όσο γίνεται περισσότερα βιώσιμα προϊόντα, οι εταιρίες γίνονται πιο πρόθυμες να υιοθετήσουν το συγκεκριμένο μοντέλο.

Στο κεφάλαιο αυτό θα μελετηθούν διάφοροι δείκτες, μέσω των οποίων μπορεί να κατανοηθεί κατά πόσο τα DPP πληρούν και τις τρεις πτυχές της βιωσιμότητας (Sarkar, et al., 2024).

3.4 Προσδιορισμός δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας

3.4.1 Δείκτης χρήσης γης (Land Use Index)

Στο συγκεκριμένο δείκτη, λαμβάνεται υπόψιν η έκταση της επιφάνειας της γης που χρησιμοποιείται από τον άνθρωπο για κάποια δραστηριότητα (γεωργία, αστικές

περιοχές κτλ) σε συνάρτηση με τη συνολική επιφάνεια της γης (Lambin, et al., 2014). Μέσω αυτού, εξετάζεται η επιρροή του περιβάλλοντος, περιβαλλοντικές συνθήκες, βιοποικιλότητα κτλ), σε σχέση της χρήσης που γίνεται στην μελετώμενη έκταση της γης (Lambin, et al., 2014) .

Ο συγκεκριμένος δείκτης δεν έχει μία εξίσωση υπολογισμού, αυτός εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι συντελεστών βαρύτητας που ορίζονται με βάση την χρήση γης και τον αντίκτυπο που έχει στο περιβάλλον, είτε μπορεί να υπολογιστεί ποσοστιαία η χρήση γης σε μία συνολική έκταση.

$$LUI = f (\text{συνολικής επιφάνειας γης, αστικές περιοχές κτλ})$$

Εξίσωση 3.4.1 Εξίσωση Δείκτη χρήσης γης

Όπου:

f: η συνάρτηση που συνδέει την συνολική επιφάνεια γης και τις διάφορες χρήσης της από τους ανθρώπους

3.4.1.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Στον συγκεκριμένο δείκτη απαιτούνται δεδομένα που σχετίζονται με τα εδάφη που συνδέονται με κάθε μονάδας παραγωγής. Στο ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων μπορούν να αποθηκευτούν δεδομένα που σχετικά με την έκταση που χρησιμοποιήθηκε για καλλιέργεια πρώτων υλών, όπως βαμβάκι, για την φροντίδα ζώων, για τις εγκαταστάσεις μιας μονάδας παραγωγής κτλ. (Lambin, et al., 2014), (Wandana, et al., 2021). Εν ολίγοις, ο καταναλωτής μπορεί, μέσω του DPP, να διατυπώσει πως κάποιο παραγόμενο προϊόν έχει επηρεάσει και σε τι βαθμό τη χρήση γης μιας τοπικής κοινότητας.

3.4.2 Δείκτης βιοποικιλότητας (Biodiversity Index)ή Δείκτης υγείας των ειδών (Species Health Index)

Για να υπολογιστεί ο δείκτης βιοποικιλότητας, λαμβάνονται υπόψιν το σύνολο των ειδών των ζωντανών οργανισμών και ζώων που ζουν σε μία περιοχή και το σύνολο των οικοσυστημάτων που έχουν αναπτυχθεί εκεί, σε συνάρτηση κάθε φορά της γενετικής ποικιλομορφίας, δηλαδή την ποικιλία των γονιδίων, της μελετώμενης περιοχής (Green, et al., 2019).

Η γενική εξίσωση του δείκτη ο δείκτης δεν έχει συγκεκριμένη μορφή υπολογισμού, καθώς εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, και ανάλογα με τον τρόπο που επιθυμούμε να υπολογιστεί ο δείκτης, οι παράγοντες υπολογίζονται με διαφορετικό τρόπο και βαρύτητα.

BI

$= f(\text{αριθμού τω ειδών, της ποικιλίας των οικοσυστημάτων και της γενετικής ποικιλομορφίας})$

Εξίσωση 3.4.2 Εξίσωση Δείκτη βιοποικιλότητας

Όπου:

f: η συνάρτηση που συνδέει των αριθμό των ειδών, την ποικιλία των οικοσυστημάτων και τη γενετική ποικιλομορφία.

Σε περιπτώσεις που υπάρχουν δεδομένα σχετικά με τον συνολικό αριθμό των ειδών χλωρίδας και πανίδας καθώς και αυτών που επηρεάζονται από την ρύπανση, ο δείκτης βιοποικιλότητας μπορεί να υπολογιστεί από τον εξής τύπο:

$$SHI = 1 - \frac{\text{Συνολικός αριθμός ειδών σε κίνδυνο}}{\text{Συνολικός αριθμός ειδών}}$$

Εξίσωση 3.4.3 Εξίσωση Δείκτη Βιοποικιλότητας (με δεδομένα)

Όπου:

Συνολικός αριθμός ειδών= αριθμός ειδών ζώων + αριθμός ειδών φυτών

Συνολικός αριθμός ειδών σε κίνδυνο = αριθμός επηρεαζόμενων ειδών ζώων+ αριθμός επηρεαζόμενων ειδών φυτών

3.4.2.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Όσον αφορά τον δείκτη της βιοποικιλότητας, αυτός μπορεί να συνδεθεί με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντος, μέσω των αποθηκευμένων πληροφοριών που σχετίζονται με τις χημικές ουσίες, τα βλαβερά υλικά κτλ. που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή του κάθε προϊόντος. Δυνατή είναι και η αποθήκευση στοιχείων που αναφέρονται με τα είδη της τοπικής πανίδας και χλωρίδας καθώς και το πλήθος αυτών που επηρεάζονται αρνητικά από τη λειτουργία της μελετώμενης μονάδας παραγωγής. Έτσι, μπορεί να προσδιοριστεί ποσοτικά η αρνητική επιρροή στο φυσικό περιβάλλον και την τοπική βιοποικιλότητα.

3.4.3 Δείκτης Κατανάλωσης Νερού (Water Consumption Index)

Ως δείκτης κατανάλωσης νερού, ορίζεται η συνολική κατανάλωση υδάτινων πόρων σε ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως στην γεωργία, στην κτηνοτροφία, στις βιομηχανίες, στην παραγωγή ενέργειας καθώς και στην οικιακή χρήση προς την ποσότητα νερού που παράγεται (Gleick, 2013).

Το αποτέλεσμα του δείκτη αυτού δείχνει την επιρροή της χρήσης νερού στο φυσικό περιβάλλον, δηλαδή, στο υδάτινο διαθέσιμο απόθεμα και στις υδάτινες πηγές, κατά την παραγωγή ενός προϊόντος.

Εάν πρέπει να υπολογιστεί για μία μονάδα παραγωγής, ως δείκτης κατανάλωσης νερού ορίζεται το πηλίκο του νερού που χρησιμοποιήθηκε σε κάθε στάδιο της γραμμής παραγωγής του προϊόντος προς την ποσότητα του παραγόμενου προϊόντος.

$$WCI = \frac{\text{Total Water Withdrawn}}{\text{Total Output}}$$

Εξίσωση 3.4.4 Εξίσωση Δείκτη Κατανάλωσης Νερού

Όπου:

Total Water Withdrawn: η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται

Total Output: συνολική ποσότητα νερού που παράγεται

3.4.3.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Σε αυτά μπορούν να αποθηκευτούν δεδομένα σχετικά με την κατανάλωση υδάτινων πόρων κατά τη διάρκεια όλων των σταδίων παραγωγής, επεξεργασίας και χρήσης των προϊόντων. Αναγκαία είναι ακόμη, και η καταχώριση της συγκεκριμένης ποσότητας όγκου και στα στάδια καλλιέργειας πρώτων υλών, όπως βαμβάκι ή φρούτα, και αυτά που χρησιμοποιούνται στους τομείς της κτηνοτροφίας και της γεωργίας. Έτσι, ο καταναλωτής και σε αυτή την περίπτωση, έχει τη δυνατότητα να επιλέξει προϊόντα, που αποδεδειγμένα, έχουν χαμηλό δείκτη κατανάλωσης νερού.

3.4.4 Δείκτης αποτύπωμα άνθρακα (Carbon footprint)

Από τους βασικότερους δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, είναι αυτός που αναφέρεται στο αποτύπωμα άνθρακα. Σε αυτόν, μετρούνται οι εκπομπές του άνθρακα που παράγονται από μη φυσικές δραστηριότητες, από αυτές δηλαδή των ανθρώπων. Η εξίσωση που δίνει τον δείκτη του αποτυπώματος άνθρακα, φαίνεται στην παρακάτω εξίσωση:

$$GWP = \sum_{i=1}^n (E_i \times GWP_i)$$

Εξίσωση 3.4.5 Εξίσωση Δείκτη Αποτύπωμα άνθρακα

Όπου:

E_i = οι εκπομπές άνθρακα

$GW P_i$ = το δυναμικό θέρμανσης άνθρακα

3.4.4.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Στο ψηφιακό διαβατήριο ενός προϊόντος, μπορούν να αποθηκευτούν δεδομένα – μετρήσεις, όπως οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, που ελευθερώνονται καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του. Τα δεδομένα αυτά που χρειάζονται για τον υπολογισμό του, είναι οι εκπομπές των αερίων που απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα κατά τη διάρκεια της παραγωγής, της επεξεργασίας, της μεταφοράς, της χρήσης καθώς και της απόρριψης του μελετώμενου προϊόντος στο περιβάλλον (Skea, et al., 2008).

3.4.5 Δείκτης έντασης άνθρακα (Carbon Intensity)

Ιδιαίτερη χρησιμότητα παρουσιάζεται και στην ανάπτυξη του συγκεκριμένου δείκτη. Το αποτέλεσμα του δείκτη έντασης άνθρακα μας δείχνει τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μονάδα ενέργειας που παράγεται από τις αντίστοιχες μονάδες (Bayraktar, et al., 2023). Με βάση τα παραπάνω, η εξίσωση του συγκεκριμένου δείκτη είναι η εξής:

$$CI = \frac{Total\ CO_2\ Emissions}{Total\ Output}$$

Εξίσωση 3.4.6 Εξίσωση Δείκτη έντασης άνθρακα

Όπου:

Total CO₂ Emissions: εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα

Total Output: Συνολική ενέργεια που παράγεται

3.4.5.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Όπως και στον προηγούμενο δείκτη, που υπολογίζεται μέσω των εκπομπών αερίων, έτσι και σε αυτόν, τα στοιχεία που αποθηκεύονται στα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων είναι χρήσιμα. Τα απαιτούμενα στοιχεία είναι αυτά των εκπομπών άνθρακα και της συνολικής παραγωγής ενέργειας.

3.4.6 Δείκτης ενεργειακής απόδοσης (Energy Performance Indicator)

Για να παραχθεί οποιοδήποτε αγαθό ή υπηρεσία, απαιτούνται πολλών μορφών ενέργειας, με την βασικότερη όλων, αυτής της ηλεκτρικής. Ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης μετρά την ενέργεια από συμβατικά καύσιμα που απαιτείται κατά την παραγωγική διαδικασία για την παραγωγή μιας μονάδας προϊόντος (Rachman, et al., 2024).

Ουσιαστικά μας παρουσιάζει την αποδοτικότητα της χρήσης της ενέργειας, και υπολογίζεται ως εξής:

$$EPI = \frac{\text{Energy Output}}{\text{ποσότητα προϊόντος}}$$

Εξίσωση 3.4.7 Εξίσωση Δείκτη ενεργειακής απόδοσης

Όπου:

Energy Output: η συνολική ενέργεια προερχόμενη από συμβατικά καύσιμα

Ποσότητα προϊόντος: το βάρος του παραγόμενου προϊόντος

3.4.6.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Κατά την κατασκευή κάποιου προϊόντος, μπορούν να αποθηκευτούν πληροφορίες σχετικά με την ενέργεια που απαιτείται για την χρήση του. Ακόμα, στις βασικές πληροφορίες που προστίθεται σε ένα ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος είναι οι διαστάσεις και το βάρος του αγαθού που δημιουργείται. Έτσι, ο δείκτης ενεργειακής απόδοσης μπορεί να δώσει ακριβέστατα αποτελέσματα σχετικά με την ενεργειακή απόδοση του προϊόντος κατά τη χρήση του.

3.4.7 Δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (Energy Consumption)

Για να μελετηθεί ο βιώσιμος χαρακτήρας ενός παραγόμενου αγαθού, είναι χρήσιμο να υπολογιστεί και η κατανάλωση ενέργειας που απαιτήθηκε από συμβατικά καύσιμα, στο σύνολο των φάσεων ζωής του αγαθού (Hasanov, et al., 2024). Ο υπολογισμός αυτός γίνεται ως εξής:

$$EE = \sum_{i=1}^n Ei$$

Εξίσωση 3.4.8 Εξίσωση Δείκτη κατανάλωση ενέργειας

Όπου, E_i : η κατανάλωση ενέργειας προερχόμενη από πηγή i συμβατικού καυσίμου

3.4.7.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Σημαντικές είναι οι μετρήσεις ενέργειας που απαιτούνται σε κάθε στάδιο παραγωγής ενός προϊόντος. Αυτές οι μετρήσεις μπορούν να αποθηκευτούν στο ψηφιακό διαβατήριο του προϊόντος. Έτσι, ο καταναλωτής έχει τη δυνατότητα να μάθει τη συνολική κατανάλωση ενέργειας που έλαβε χώρα κατά την παραγωγή του προϊόντος.

3.4.8 Δείκτης χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Renewable Energy Use)

Στις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, πέρα από την καύση ορυκτών πόρων, ολοένα και περισσότερες κάνουν χρήση ΑΠΕ. Το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου δείκτη είναι το ποσοστό ενέργειας που προέρχεται από την χρήση ΑΠΕ (Hasanov, et al., 2024).

$$REU = \frac{\text{Renewable Energy Consumption}}{\text{Total Energy Consumption}} \times 100$$

Εξίσωση 3.4.9 Εξίσωση Δείκτη χρήσης Ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

Όπου:

Renewable Energy Consumption: κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ

Total Energy Consumption: συνολική κατανάλωση ενέργειας

3.4.8.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Τα ψηφιακά διαβατήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ισχυρό εργαλείο, αφού μέσω αυτών, κοινοποιώντας τον δείκτη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, μπορούν, αποδεδειγμένα, να δείξουν την πηγή της ηλεκτρικής ενέργειας που έγινε χρήση κατά την παραγωγική διαδικασία.

3.4.9 Δείκτης Δυναμικού οξίνισης (Acidification Potential)

Ο συγκεκριμένος δείκτης επικεντρώνεται στις εκπομπές του διοξειδίου του θείου (SO_2) και της ομάδας των οξειδίων του αζώτου (NO_x), αέρια που προκαλούν το σημαντικότερο πρόβλημα της οξίνισης, δηλαδή της αύξησης των επιπέδων

οξύτητας στις υδάτινες μάζες του πλανήτη (Liu, et al., 2024). Ο συγκεκριμένος περιβαλλοντικός δείκτης προσδιορίζεται από την εξής εξίσωση:

$$AP = \sum_{i=1}^n (E_i \times AP_i)$$

Εξίσωση 3.4.10 Εξίσωση Δείκτη δυναμικού οξίνισης

Όπου:

E_i : εκπομπές ουσίας i (κυρίως SO_2 και NO_x)

AP_i : δυναμικό οξίνισης των ουσιών

3.4.9.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Αντίστοιχα, έχοντας ο καταναλωτής τον δείκτη οξίνισης του προϊόντος που επιθυμεί να αγοράσει, μπορεί να διαπιστώσει κατά πόσο έχει αυτό συμβάλει στο φαινόμενο της οξίνισης κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας του, της παραγωγής του ακόμα και κατά τη χρήση του.

3.4.10 Δείκτης Δυναμικού ευτροφισμού (Eutrophication Potential)

Στην έρευνα των (Yang, et al., 2024), αναπτύσσεται και ένας ακόμη δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, αυτός του δυναμικού ευτροφισμού. Εν συντομία, διάφορα θρεπτικά συστατικά (κυρίως νιτρικά και φωσφορικά ιόντα) που περιέχονται σε λιπάσματα, απορρυπαντικά κτλ, καταλήγουν σε λίμνες ή κλειστούς κόλπους. Εκεί, η αυξημένη συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων προκαλεί την ανάπτυξη των φυκών, τα οποία με τη σειρά τους εμποδίζουν το διαλυμένο οξυγόνο να περάσει στο υδάτινο μέρος. Η μαθηματική εξίσωση που προσδιορίζει την ικανότητα μιας ουσίας να προκαλέσει το παραπάνω φαινόμενο είναι η εξής:

$$EP = \sum_{i=1}^n (E_i \times EP_i)$$

Εξίσωση 3.4.11 Εξίσωση Δείκτη δυναμικού ευτροφισμού

Όπου:

E_i : συγκέντρωση ουσιών που ευθύνονται για το φαινόμενο του ευτροφισμού

EP_i : Δυναμικό ευτροφισμού κάθε ουσίας

3.4.10.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Και εδώ, στο ψηφιακό διαβατήριο κάθε προϊόντος, ο καταναλωτής μπορεί να δει τις χημικές ουσίες που έχουν χρησιμοποιηθεί κατά την επεξεργασία και παραγωγή του, και να διαπιστώσει, μέσω του δείκτη δυναμικού ευτροφισμού, εάν το συγκεκριμένο αγαθό ευθύνεται για την ανάπτυξη του συγκεκριμένου φαινομένου.

3.4.11 Δείκτης Δυναμικού Εξάντλησης Όζοντος (Ozone Depletion Potential)

Το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου δείκτη παρουσιάζει την ικανότητα κάποιας ουσίας, κυρίως των φθοροχλωροανθράκων, να εξουδετερώνει μέρος του στρώματος του όζοντος που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα (Liu, et al., 2024). Η δυναμική αυτή των ουσιών υπολογίζεται ως εξής:

$$ODP = \sum_{i=1}^n (E_i \times ODP_i)$$

Εξίσωση 3.4.12 Εξίσωση Δείκτη δυναμικού εξάντλησης όζοντος

Όπου:

E_i : συγκέντρωση ή μάζα της ουσίας που εξετάζεται

ODP_i : το δυναμικό εξάντλησης όζοντος της ουσίας που εξετάζεται

3.4.11.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Τέλος, και εδώ, μπορεί ο καταναλωτής μπορεί να διαπιστώσει μέσω του ψηφιακού διαβατηρίου προϊόντος, εάν το προϊόν που επιθυμεί να αγοράσει περιέχει διάφορες βλαβερές ουσίες, όπως χλωροφθοράνθρακες, που ευθύνονται για την καταστροφή της στρώσης όζοντος.

3.5 Προσδιορισμός δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας

Πέρα από την μελέτη δεικτών που επικεντρώνονται στην περιβαλλοντική αειφορία, θα πρέπει να μελετηθούν και οι αντίστοιχοι κοινωνικοί. Και εδώ, περιγράφεται η σύνδεση των δεικτών αυτών με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων. Μέσω αυτών, θα μελετηθεί η συνεισφορά των ψηφιακών διαβατηρίων σε κοινωνικό επίπεδο και με τη χρήση αυτού του εργαλείου, ενδεχομένως, μπορεί να βελτιωθούν πολιτικές πρακτικές που να επικεντρώνονται σε μία βιώσιμη κοινωνία, για όσους ανθρώπους είναι δυνατόν.

3.5.1 Δείκτης ανθρώπινων δικαιωμάτων (Human Rights Index)

Μέσω του συγκεκριμένου δείκτη, μπορεί να δειχθεί κατά πόσο τηρούνται τα ανθρώπινα δικαιώματα στον τομέα της εργασίας. Συμβάντα παιδικής εργασίας, κακών συνθηκών, διακρίσεις ανάμεσα στα φύλα, παραβιάζουν τους παγκόσμια θεσπισμένους νόμους των ανθρώπινων δικαιωμάτων (Rogerson, et al., 2024). Μία γενική εξίσωση, μέσω της οποίας μπορεί να υπολογιστεί ο δείκτης αυτός είναι η παρακάτω.

$$HRI = \frac{Total\ Violations}{Total\ workers}$$

Εξίσωση 3.5.1 Εξίσωση Δείκτη ανθρωπίνων δικαιωμάτων

Όπου:

Total violations: παραβιάσεις των ανθρώπινων δικαιωμάτων στο σύνολο των εργαζομένων

Total workers: αριθμός εργαζομένων

3.5.1.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Στα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων μπορούν να αποθηκευτούν πληθώρα πληροφοριών και δεδομένων. Όσον αφορά τα ανθρώπινα δικαιώματα, τα δεδομένα αυτά μπορεί σχετίζονται με τις συνθήκες εργασίας που επικρατούν σε μία παραγωγική μονάδα, όπως μισθοδοσίες, ώρες εργασίας, ασφαλιστικά συμβόλαια, κτλ. Μέσω αυτών των στοιχείων μπορεί να αποδειχθεί η τήρηση όλων των υποχρεωτικών κανόνων εργασίας. Εκτός αυτών, μπορούν να υπάρχουν δεδομένα διάφορων ελέγχων ή επιθεωρήσεων στους συγκεκριμένους χώρους εργασίας.

Έχοντας ο καταναλωτής διαθέσιμες τις παραπάνω πληροφορίες, μπορεί να επιλέξει να αγοράσει προϊόντα που, αποδεδειγμένα, τηρούν και σέβονται τα ανθρώπινα δικαιώματα των εργαζομένων που απασχολούνται στις παραγωγικές μονάδες, σε αυτές που κατασκευάζουν το παραγόμενο προϊόν, αλλά και σε όλες τις μονάδες πρώτων της εφοδιαστικής της αλυσίδας.

3.5.2 Υγεία και ασφάλεια εργαζομένων (Health and Safety at work Index)

Οι ασφαλείς συνθήκες εργασίας, η ιατρική περίθαλψη των εργαζομένων και το κατάλληλο εργασιακό περιβάλλον, είναι απόλυτα συνδεδεμένα με τα εργασιακά ατυχήματα και διάφορες ασθένειες που προκαλούνται λόγω μιας συγκεκριμένης

εργασίας (Singh, et al., 2018). Η ποσοτικοποίηση του δείκτη αυτού γίνεται με την παρακάτω εξίσωση:

$$HS = \frac{Total\ Accidents}{Total\ Workers}$$

Εξίσωση 3.5.2 Εξίσωση Δείκτη υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων

Όπου:

Total Accidents: το σύνολο των ατυχημάτων όλων των εργαζομένων

Total Workers: το σύνολο των εργαζομένων

3.5.2.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Όπως έγινε αναφορά και στον δείκτη ανθρωπίνων δικαιωμάτων, σε ένα ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος μπορούν να αποθηκευτούν δεδομένα που σχετίζονται με τις συνθήκες εργασίας και γενικά την ασφάλεια των εργαζομένων σε μία παραγωγική μονάδα. Δεδομένα σχετικά με ασφαλιστήρια συμβόλαια ή κοινωνικής ασφάλισης, παροχή ειδικού εξοπλισμού (όπως πυροσβεστήρες, ειδικά προστατευτικά μέσα, κτλ.), αλλά και σχετικά με την εκπαίδευση πρώτων βοηθειών και καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, μπορούν να προστεθούν. Η μονάδα παραγωγής μπορεί να δημοσιεύσει και πληροφορίες με τα μέτρα που λαμβάνει καθώς και αποδεικτικά υγειονομικών πρωτοκόλλων.

Σημαντική, είναι η δυνατότητα ενημέρωσης δεδομένων σχετικά με την ύπαρξη εργατικών ατυχημάτων, ώστε η κάθε εταιρεία να τα εξετάζει και να λαμβάνει διορθωτικά μέτρα.

3.5.3 Εκπαίδευση και ανάπτυξη δεξιοτήτων (Education and Skills Development Index)

Σε αυτόν τον δείκτη, λαμβάνεται υπόψιν κατά πόσο έχουν πρόσβαση οι εργαζόμενοι σε κατάλληλη εκπαίδευση ώστε να αναπτύξουν τις δεξιότητές τους στον χώρο εργασίας τους (Villar, 2013).

$$TD = \frac{Trainig\ Hours}{Total\ Workers}$$

Εξίσωση 3.5.3 Εξίσωση Δείκτη εκπαίδευσης και ανάπτυξης δεξιοτήτων

Όπου:

Training Hours: ώρες εκπαίδευσης

Total Workers: οι εργαζόμενοι στο σύνολό τους

3.5.3.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Κάθε εταιρεία μπορεί να προσθέσει στα ψηφιακά διαβατήρια των προϊόντων της, εκτός των άλλων, λεπτομερή περιγραφή διάφορων εκπαιδευτικών προγραμμάτων που προσφέρει στους εργαζομένους της. Προγράμματα όπως ανάπτυξη δεξιοτήτων, σεμινάρια πρώτων βοηθειών κτλ. Και σε αυτή την περίπτωση, αντίστοιχες πιστοποιήσεις παρακολούθησης από δημόσιους ή ιδιωτικούς φορείς επιβάλλεται να προστεθούν, ώστε να διασφαλιστεί η διαφάνεια της εταιρείας και σε αυτό τον τομέα καθώς και οι αντίστοιχες πιστοποιήσεις παρακολούθησης των εργαζομένων.

Με τον παραπάνω τρόπο, κάθε εταιρεία αποδεικνύει την ύπαρξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων για το ανθρώπινο δυναμικό της. Ακόμα, μπορεί να αξιολογήσει την απόδοση κάθε εργαζομένου, συνδέοντας τον με το πλήθος των εκπαιδευτικών προγραμμάτων. Τέλος, ωφελείται με την αποδεδειγμένη βελτίωση της παραγωγικότητας της και την βελτίωση της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων της.

3.5.4 Κοινωνική αξία (Social Value Index)

Ο συγκεκριμένος δείκτης προσδιορίζει την αξία ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας, δημιουργώντας θέσεις εργασίας και κατ' επέκταση συμβάλλοντας στην τοπική ή και εθνική οικονομία (Ryan, et al., 2008). Ο υπολογισμός αυτού του δείκτη γίνεται ως εξής:

$$SV = \frac{Total\ Jobs\ Created}{Total\ Community\ Members}$$

Εξίσωση 3.5.4 Εξίσωση Δείκτη κοινωνικής αξίας

Όπου:

Total Jobs created: οι θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν

Total Community Members: το σύνολο του πληθυσμού της κάθε κοινότητας

3.5.4.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Ο δείκτης κοινωνικής αξίας συνδέεται άμεσα με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων, καθώς μέσω αυτών ποσοτικοποιείται η κοινωνική αξία που προκύπτει από την παραγωγή κάθε προϊόντος. Η εταιρεία μπορεί να επικοινωνήσει στον καταναλωτή τις νέες θέσεις εργασίας που δημιουργούνται. Τέλος, μέσω αυτού του δείκτη, η εταιρεία μπορεί να αποδείξει την κοινωνικά της απόδοση, η οποία αντικατοπτρίζεται μέσω της επαγγελματικής απασχόλησης που προσφέρει στην τοπική κοινότητα.

3.5.5 Συμμετοχή των κοινοτήτων (Community Engagement Index)

Στον συγκεκριμένο δείκτη μελετάται κατά πόσο τα μέλη μιας κοινότητας μπορούν και συμμετέχουν στην λήψη αποφάσεων ή / και στις παραγωγικές διαδικασίες αγαθών που λαμβάνουν χώρο στον τόπο δραστηριότητας τους (Ahmed, et al., 2024).

$$CP = \frac{Total\ Participations}{Total\ Community\ Members}$$

Εξίσωση 3.5.5 Εξίσωση Δείκτη συμμετοχής των κοινοτήτων

Όπου:

Total Participations: ο αριθμός των μελών της κοινότητας που συμμετέχουν στην λήψη αποφάσεων

Total Community Members: ο συνολικός πληθυσμός της κοινότητας

3.5.5.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Στον δείκτη αυτόν περιγράφεται η συμμετοχή των κοινοτήτων στον τρόπο που παρασκευάζονται και διατίθενται τα παραγόμενα αγαθά στην αγορά. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με συναντήσεις της επιχείρησης με σωματεία ή ομάδες της κοινότητας. Ακόμα, συνυπολογίζονται και οι τυχόν συνεργασίες που μπορεί να πραγματοποιηθούν μεταξύ τους.

Σε τέτοιες περιπτώσεις συνεργασίας, στο ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος αποθηκεύονται πληροφορίες με προτάσεις της κοινωνίας και τον τρόπο που αυτές αφομοιώθηκαν στην πολιτική της εταιρείας. Έτσι, μπορεί να φανεί η ικανοποίηση της συμμετοχής της κοινότητας στην εταιρική πολιτική της κάθε επιχείρησης.

3.5.5.2 Επιπτώσεις στη δημόσια υγεία (*Public Health Impact Index*)

Μέσω του συγκεκριμένου δείκτη υπολογίζονται τα περιστατικά υγείας των κατοίκων της κοινότητας, τα οποία ευθύνονται στην ρύπανση που προκαλείται από την εξεταζόμενη βιομηχανία (Kassaw, et al., 2024). Η γενική εξίσωση του δείκτη αυτού είναι η παρακάτω:

$$PH = \frac{Total\ Health\ Incidents}{Total\ Population}$$

Εξίσωση 3.5.6 Εξίσωση Δείκτη επιπτώσεων στη δημόσια υγεία

Όπου:

Total Health Incidents: συνολικός αριθμός περιστατικών υγείας λόγω ρύπανσης

Total Population: συνολικός πληθυσμός μελετώμενης περιοχής

3.5.5.3 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Για τον υπολογισμό του δείκτη επιπτώσεων δημόσιας υγείας, λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις που έχουν η παραγωγική διαδικασία, η χρήση και η απόρριψη των προϊόντων στη δημόσια υγεία της κοινότητας. Στο ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος πρέπει να περιέχονται λεπτομερώς όλα τα συστατικά των προϊόντων και η ύπαρξη βλαβερών χημικών ουσιών για τον άνθρωπο ή/ και το περιβάλλον, καθώς και οδηγίες σωστής χρήσης του.

Σημειώνεται πως, εάν γίνεται χρήση επικίνδυνων χημικών συστατικών θα πρέπει να υπάρχουν συνεχώς ανανεωμένες μετρήσεις και υπολογισμός των επιπτώσεων στη δημόσια υγεία.

3.6 Προσδιορισμός δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας

Όπως έχει προαναφερθεί, για να χαρακτηριστεί ένα μοντέλο βιώσιμο, πρέπει να είναι ευνοϊκό για το περιβάλλον, την κοινωνία και την οικονομία. Έτσι, η ομάδα των μελετώμενων δεικτών κλείνει με αυτούς της οικονομικής βιωσιμότητας.

3.6.1 Δείκτης *Total Cost of Ownership (TCO)*

Μέσω του συγκριμένου δείκτη υπολογίζεται το συνολικό κόστος ενός προϊόντος καθ' όλα τα στάδια ζωής του, από την παραγωγή του, την κατασκευή του, τη χρήση και την απόρριψή του (Ellram, 1995). Σκοπός αυτού του υπολογισμού είναι

να διαπιστωθεί το πλήρες κόστος της επένδυσης. Η εξίσωση που περιγράφει τα παραπάνω είναι η εξής:

$$TCO = I + O + M + D$$

Εξίσωση 3.6.1 Εξίσωση Δείκτη TCO

Όπου:

I: Κόστος Επένδυσης ή κόστος κατασκευής του προϊόντος

O: Το λειτουργικό κόστος κατά τη χρήση του προϊόντος

M: Κόστος συντήρησης ή επισκευών του κάθε χρησιμοποιούμενου προϊόντος

D: Κόστος απόσβεσης του προϊόντος στο τέλος του κύκλου ζωής του

3.6.1.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Ένα ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος, μπορεί να συνδεθεί άμεσα με τον δείκτη TCO και να παρέχονται μέσω αυτού όλα τα απαραίτητα δεδομένα για τον υπολογισμό του. Είναι δυνατή η αποθήκευση δεδομένων καθ' όλη τη διάρκεια ζωής του κάθε προϊόντος. Δεδομένα που αναφέρονται στο αρχικό κόστος, στο λειτουργικό κόστος, στα κόστη συντήρησης και απόσβεσης.

3.6.2 Δείκτης Return on Investment (ROI)

Το αποτέλεσμα του συγκεκριμένου δείκτη είναι ένα ποσοστό που μετρά την απόδοση μιας επένδυσης για την ανάπτυξη και την παραγωγή του προϊόντος, συγκριτικά με το αρχικό κόστος (Botchkarev, 2011).

$$ROI = \frac{Net\ Gain}{Investment} \times 100$$

Εξίσωση 3.6.2 Εξίσωση Δείκτη ROI

Όπου:

Net Gain: Τα καθαρά κέρδη από την κάθε επένδυση

Investment: Αρχική επένδυση

3.6.2.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων, μέσω των αποθηκευμένων δεδομένων τους, μπορούν να συμβάλουν σημαντικά στην βελτίωση του δείκτη ανάπτυξης των προϊόντων. Από τη μία, δεδομένα σχετικά με τα χρησιμοποιούμενα υλικά, μπορούν να προβούν σε καλύτερες ποιοτικές επιλογές ή σε επιλογές με μικρότερα κόστη συντήρησης και επισκευών, αυξάνοντας έτσι τα καθαρά τους κέρδη.

Οι άμεσα εμπλεκόμενοι έχουν την δυνατότητα να παρακολουθούν κάθε βήμα της εφοδιαστικής τους αλυσίδας. Μπορούν να εντοπιστούν τρωτά σημεία και να τα διορθώνουν. Ακόμα, εφαρμόζοντας το μοντέλο της κυκλικής οικονομίας, ανακυκλώνοντας ή / και επαναχρησιμοποιώντας υπάρχουσα ύλη, κάθε επιχείρηση μπορεί να μειώσει τα κόστη απόρριψης των απορριμμάτων και αυτών των πρώτων υλών. Με τους τρόπους αυτούς, μπορούν να μειωθούν τα περιττά κόστη επένδυσης, αυξάνοντας την τιμή του δείκτη ROI.

3.6.3 Δείκτης Payback Period

Αποτέλεσμα αυτού του δείκτη είναι χρόνος, που εκφράζει το χρονικό διάστημα που χρειάζεται μία επιχείρηση να ανακτήσει τα χρήματα της επένδυσης της μέσω των εσόδων από τις πωλήσεις των προϊόντων της. Μέσω αυτού μελετάται, ουσιαστικά, η ταχύτητα ροής της επένδυσης που έγινε αρχικά. Η εξίσωση του Δείκτη Payback Period υπολογίζεται ως εξής (Boardman, et al., 2006):

$$Payback\ Period = \frac{Investment}{Annual\ Cash\ Flow}$$

Εξίσωση 3.6.3 Εξίσωση Δείκτη Payback Period

Όπου:

Investment: Αρχική επένδυση

Annual Cash Flow: Ετήσια ταμειακή ροή ή ετήσια έσοδα

3.6.3.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Όπως έγινε λεπτομερής αναφορά και στην ανάλυση του δείκτη ROI, μέσω των δεδομένων που αποθηκεύονται σε ένα ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος, η κάθε παραγωγική μονάδα μπορεί να μειώσει τα κόστη συντήρησης και επισκευής εάν επιλέξει κατάλληλες και ποιοτικές πρώτες ύλες. Έτσι, μειώνεται το κόστος λειτουργίας των παραγωγικών μονάδων και κατά συνέπεια μειώνεται και ο δείκτης Payback Period. Ο δείκτης αυτός μπορεί να μειωθεί και μέσω της

βελτιστοποίησης των παραγωγικών διαδικασιών, μειώνοντας το κεφάλαιο επένδυσης. Ακόμα, και η επαναχρησιμοποίηση πρώτων υλών και η μείωση απορρήτων συμβάλει στην μείωση της αρχικής επένδυσης.

Τέλος εξασφαλίζεται διαφάνεια των επιχειρήσεων σχετικά με την εφαρμογή βιώσιμων μοντέλων παραγωγής. Έτσι, ένας ευσυνειδητος καταναλωτής μπορεί να επιλέξει τα προϊόντα που τηρούν το παραπάνω μοντέλο. Με τον τρόπο αυτό, αυξάνονται οι πωλήσεις και οι ταμειακές ροές, μειώνοντας τον δείκτη Payback Period.

3.6.4 Δείκτης Net Present Value (NPV)

Στους δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας ανήκει και ο δείκτης Net Present Value. Μέσω του συγκεκριμένου δείκτη, αξιολογείται η κερδοφορία της κάθε επένδυσης (Zizlavsky, 2014). Μελετάται εάν η μελετώμενη επένδυση θα είναι κερδοφόρα ή όχι. Για να διαπιστωθεί αυτό, ως δεδομένο λαμβάνεται η αξία των μελλοντικών ταμειακών εισφορών σε σχέση με την παρούσα αξία τους (Zizlavsky, 2014).

Η εξίσωση υπολογισμού του είναι η εξής:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - Investment$$

Εξίσωση 3.6.4 Εξίσωση Δείκτη NPV

Όπου:

C_t: οι ταμειακές ροές στο χρόνο t

r: προεξοφλητικός συντελεστής (Discount Rate)

Investment: Αρχική επένδυση

Μέρος της παραπάνω εξίσωσης είναι και ο προεξοφλητικός συντελεστής. Αυτός ουσιαστικά είναι το επιτόκιο που χρησιμοποιείται για την προεξόφληση των ταμειακών ροών που θα γίνουν στο μέλλον, στην παρούσα αξία τους (Zizlavsky, 2014).

3.6.4.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Όπως σε κάθε δείκτη, έτσι και σε αυτόν, τα δεδομένα που είναι διαθέσιμα σε ένα ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος, παίζουν καθοριστικό ρόλο για τον υπολογισμό του. Πιο συγκεκριμένα, για να υπάρξει αυξημένη κερδοφορία, όπως φαίνεται στην

εξίσωση, λαμβάνεται υπόψιν το άθροισμα των ταμειακών ροών στα χρόνια μελέτης, η αρχική επένδυση και ο προεξοφλητικό συντελεστή.

Όπως έγινε αναφορά και σε προηγούμενους δείκτες, μπορεί να μειωθεί η αρχική επένδυση και τα λειτουργικά έξοδα, μέσω της παρακολούθησης όλων των σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας. Ακόμα, όπως και στον παραπάνω δείκτη, με την αύξηση των πωλήσεων, η τιμή του δείκτη NPV αυξάνεται και αυτός.

3.6.5 Δείκτης εσωτερικού ποσοστού απόδοσης ή Internal Rate of Return (IRR)

Στον συγκεκριμένο δείκτη υπολογίζεται η αναμενόμενη ετήσια απόδοση της επένδυσης (Focacci, 2009), έτσι ώστε η καθαρή παρούσα αξία να ισούται με μηδέν. Σημειώνεται ότι η εξίσωση αυτή δεν μπορεί να λυθεί άμεσα και η χρήση αριθμητικών μεθόδων είναι αναγκαία.

Η εξίσωση μέσω της οποίας μπορεί να υπολογιστεί ο δείκτης IRR φαίνεται παρακάτω:

$$\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + IRR)^t} - Invest = 0$$

Εξίσωση 3.6.5 Εξίσωση Δείκτη IRR

Όπου:

C_t: ταμειακές ροές στο χρόνο t

t: μελετώμενος χρόνος

Investment: Αρχική επένδυση

3.6.5.1 Σύνδεση με ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Όπως και στους υπόλοιπους οικονομικούς δείκτες βιωσιμότητας, έτσι και σε αυτόν, οι πληροφορίες που περιλαμβάνονται σε ένα ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος φαίνονται χρήσιμες για τον υπολογισμό του. Οι πληροφορίες είναι αρχικά αυτές που σχετίζονται με τις ταμειακές ροές της επιχείρησης. Σκοπός είναι η αύξηση των ροών αυτών, μέσω της μείωσης του λειτουργικού κόστους, της μείωσης του κόστους επένδυσης και της προτίμησης των καταναλωτών (έχει γίνει λεπτομερής αναφορά στους προηγούμενους δείκτες).

3.6.6 Δείκτης Economic Value Added (EVA)

Ο συγκεκριμένος δείκτης, EVA, μετρά την πραγματική απόδοση της κάθε επιχείρησης, δηλαδή το καθαρό της κέρδος (Tortella, et al., 2003). Ο υπολογισμός αυτός γίνεται μέσω της εξής εξίσωσης:

$$EVA = NOPAT - (WACC \times Capital\ Invested)$$

Εξίσωση 3.6.6 Εξίσωση Δείκτη EVA

Όπου:

NOPAT: Καθαρά κέρδη μετά από φόρους (Net Operating Profit After Taxes)

WACC: Μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου (Weighted Average Cost of Capital)

Capital invested: το επενδυμένο κεφάλαιο

3.6.6.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Οι πληροφορίες που παρέχονται στα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων είναι σημαντικές για την ανάλυση και αυτού του δείκτη. Μέσω των δεδομένων για την κάθε παραγωγική διαδικασία, μπορεί να βελτιωθεί η διαχείριση των πρώτων υλών και να μειωθούν τα έξοδα λειτουργίας. Αποδεικνύοντας η επιχείρηση τον βιώσιμο τρόπο λειτουργίας της, βελτιώνει την εικόνα της προς τους καταναλωτές, αυξάνοντας έτσι τις πωλήσεις και τα κέρδη της (και τον συντελεστή NOPAT). Με τον τρόπο αυτόν, απαιτούνται όλο και λιγότερα καινούργια κεφάλαια για την λειτουργία της και αυξάνει από τη μία τα καθαρά της κέρδη και μειώνει από την άλλη τον συντελεστή WACC.

3.6.7 Δείκτης Market Share

Ο τελευταίος μελετώμενος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας είναι αυτός του Market Share ή μεριδίου αγοράς που αποδίδει το ποσοστό των συνολικών πωλήσεων μιας επιχείρησης στο σύνολο της αγοράς (Qusay, et al., 2021). Ο υπολογισμός του δείκτη αυτού γίνεται με βάση την παρακάτω εξίσωση:

$$Market\ Share = \frac{Sales}{Total\ Market\ Sales} \times 100$$

Εξίσωση 3.6.7 Εξίσωση Δείκτη Market Share

Όπου:

Sales: Συνολικές πωλήσεις της εταιρείας

Total Market Sales: Συνολικές πωλήσεις της αγοράς

3.6.7.1 Σύνδεση με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων

Ο υπολογισμός αυτού του δείκτη είναι εξίσου σημαντικός με όλους τους προηγούμενους καθώς δείχνει την θέση που έχει κάθε εταιρεία στην αγορά. Τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα σε κάθε ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος συμβάλουν σε καθοριστικό επίπεδο στις πωλήσεις και κατ' επέκταση στην αύξηση του δείκτη αυτού.

Αρχικά, μία εταιρεία μέσω των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων, μπορεί να αποδείξει τον βιώσιμο τρόπο παραγωγής που ακολουθεί. Έτσι, όσοι καταναλωτές θέλουν να προβούν σε αγορά αγαθών με την μικρότερη δυνατή περιβαλλοντική επίπτωση, μπορούν να τα εντοπίσουν και να τα αγοράσουν. Ακόμα, μέσω των οδηγιών χρήσης και συντήρησης που υπάρχουν αποθηκευμένα σε ένα ψηφιακό διαβατήριο προϊόντος, οι αγοραστές έχουν τη δυνατότητα να εντοπίζουν προϊόντα που, με βάση των οδηγιών που τα συνοδεύουν, έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Για τους λόγους αυτούς, μία παραγωγική μονάδα πλεονεκτεί όταν επιλέγει να συνοδεύει το προϊόν της με το αντίστοιχο ψηφιακό διαβατήριο. Καινοτομεί συγκριτικά με τις υπόλοιπες και αποκτά σημαντικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα αυξάνοντας έτσι τις πωλήσεις της και εν συνεχεία τον δείκτη Market Share.

Συνοπτικά, στον παρακάτω πίνακα, Πίνακας 1, φαίνεται ο τύπος υπολογισμού του κάθε δείκτη, καθώς και τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό του.

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΕΞΙΣΩΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ	ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ
Χρήσης γης	$LUI = f$ (συνολικής επιφάνειας γης, αστικές περιοχές κτλ)	f: η συνάρτηση που συνδέει την συνολική επιφάνεια γης και τις διάφορες χρήσεις της από τους ανθρώπους
Βιοποικιλότητας	$SHI = 1 - \frac{\text{Συνολικός αριθμός ειδών σε κίνδυνο}}{\text{Συνολικός αριθμός ειδών}}$	Συνολικός αριθμός ειδών = αριθμός ειδών ζώων + αριθμός ειδών φυτών Συνολικός αριθμός ειδών σε κίνδυνο = αριθμός επηρεαζόμενων ειδών ζώων + αριθμός επηρεαζόμενων ειδών φυτών
Κατανάλωσης νερού	$WCI = \frac{\text{Total Water Withdrawn}}{\text{Total Output}}$	Total Water Withdrawn: η ποσότητα του νερού που καταναλώνεται Total Output: συνολική ποσότητα νερού που παράγεται
Αποτύπωμα άνθρακα	$GWP = \sum_{i=1}^n (E_i \times GWP_i)$	E_i = οι εκπομπές κάθε αερίου i GWP_i = το δυναμικό θέρμανσης κάθε αερίου i
Έντασης άνθρακα	$CI = \frac{\text{Total CO}_2 \text{ Emissions}}{\text{Total Output}}$	Total CO ₂ Emissions: εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα Total Output: Συνολική ενέργεια που παράγεται
Ενεργειακής απόδοσης	$EPI = \frac{\text{Energy Output}}{\text{ποσότητα προϊόντος}}$	Energy Output: η συνολική ενέργεια που απαιτήθηκε Ποσότητα προϊόντος: το βάρος του παραγόμενου προϊόντος
Κατανάλωσης ενέργειας	$EE = \sum_{i=1}^n E_i$	E_i : η κατανάλωση ενέργειας προερχόμενη από πηγή i

Χρήσης ΑΠΕ	$REU = \frac{\text{Renewable Energy Consumption}}{\text{Total Energy Consumption}} \times 100$	<p>Renewable Energy Consumption: κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ</p> <p>Total Energy Consumption: συνολική κατανάλωση ενέργειας</p>
Δυναμικού οξίνισης	$AP = \sum_{i=1}^n (E_i \times AP_i)$	<p>E_i: εκπομπές ουσίας i (κυρίως SO₂ και NO_x)</p> <p>AP_i: δυναμικό οξίνισης των ουσιών</p>
Δυναμικού ευτροφισμού	$EP = \sum_{i=1}^n (E_i \times EP_i)$	<p>E_i: συγκέντρωση ουσιών που ευθύνονται για το φαινόμενο του ευτροφισμού</p> <p>EP_i: Δυναμικό ευτροφισμού κάθε ουσίας</p>
Δυναμικού εξάντλησης όζοντος	$ODP = \sum_{i=1}^n (E_i \times ODP_i)$	<p>E_i: συγκέντρωση ή μάζα της ουσίας που εξετάζεται</p> <p>ODP_i: το δυναμικό εξάντλησης όζοντος της ουσίας που εξετάζεται</p>
Ανθρωπίνων δικαιωμάτων	$HRI = \frac{\text{Total Violations}}{\text{Total workers}}$	<p>Total violations: παραβιάσεις των ανθρωπίνων δικαιωμάτων στο σύνολο των εργαζομένων</p> <p>Total workers: αριθμός εργαζομένων</p>
Υγείας και ασφάλειας εργαζομένων	$HS = \frac{\text{Total Accidents}}{\text{Total Workers}}$	<p>Total Accidents: το σύνολο των ατυχημάτων όλων των εργαζομένων</p> <p>Total Workers: το σύνολο των εργαζομένων</p>
Εκπαίδευσης και ανάπτυξης δεξιοτήτων	$TD = \frac{\text{Trainig Hours}}{\text{Total Workers}}$	<p>Training Hours: ώρες εκπαίδευσης</p> <p>Total Workers: οι εργαζόμενοι στο σύνολό τους</p>

Κοινωνικής αξίας	$SV = \frac{Total\ Jobs\ Created}{Total\ Community\ Members}$	<p>Total Jobs created: οι θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν</p> <p>Total Community Members: το σύνολο του πληθυσμού της κάθε κοινότητας</p>
Συμμετοχή των κοινοτήτων	$CP = \frac{Total\ Participations}{Total\ Community\ Members}$	<p>Total Participations: ο αριθμός των μελών της κοινότητας που συμμετέχουν στην λήψη αποφάσεων</p> <p>Total Community Members: ο συνολικός πληθυσμός της κοινότητας</p>
Επιπτώσεις στη δημόσια υγεία	$PH = \frac{Total\ Health\ Incidents}{Total\ Population}$	<p>Total Health Incidents: συνολικός αριθμός περιστατικών υγείας λόγω ρύπανσης</p> <p>Total Population: συνολικός πληθυσμός μελετώμενης περιοχής</p>
Total cost of ownership	$TCO = I + O + M + D$	<p>I: Κόστος Επένδυσης ή κόστος κατασκευής του προϊόντος</p> <p>O: Το λειτουργικό κόστος κατά τη χρήση του προϊόντος</p> <p>M: Κόστος συντήρησης ή επισκευών του κάθε χρησιμοποιούμενου προϊόντος</p> <p>D: Κόστος απόσβεσης του προϊόντος στο τέλος του κύκλου ζωής του</p>
Return on investment	$ROI = \frac{Net\ Gain}{Investment} \times 100$	<p>Net Gain: Τα καθαρά κέρδη από την κάθε επένδυση</p> <p>Investment: Αρχική επένδυση</p>
Payback period	$Payback\ Period = \frac{Investment}{Annual\ Cash\ Flow}$	<p>Investment: Αρχική επένδυση</p> <p>Annual Cash Flow: Ετήσια ταμειακή ροή ή ετήσια έσοδα</p>
Net present value	$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - Investment$	<p>C_t: οι ταμειακές ροές στο χρόνο t</p> <p>r: προεξοφλητικός συντελεστής (Discount Rate)</p>

		Investment: Αρχική επένδυση
Internal rate of return	$\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + IRR)^t} - Investment = 0$	Ct: ταμειακές ροές στο χρόνο t t: μελετώμενος χρόνος Investment: Αρχική επένδυση
Economic value Added	$EVA = NOPAT - (WACC \times Capital\ Invested)$	NOPAT: Καθαρά κέρδη μετά από φόρους (Net Operating Profit After Taxes) WACC: Μέσο σταθμικό κόστος κεφαλαίου (Weighted Average Cost of Capital) Capital invested: το επενδυμένο κεφάλαιο
Market share	$Market\ Share = \frac{Sales}{Total\ Market\ Sales} \times 100$	Sales: Συνολικές πωλήσεις της εταιρείας Total Market Sales: Συνολικές πωλήσεις της αγοράς

Πίνακας 3.6.1 Εξισώσεις υπολογισμού δεικτών και απαιτούμενα δεδομένα

4 Ερευνητικά Αποτελέσματα

Για να μελετηθεί πόσο χρήσιμη είναι η χρήση και η εφαρμογή των Ψηφιακών Διαβατηρίων Προϊόντων, στο συγκεκριμένο κεφάλαιο της εργασίας, θα υπολογιστούν οι δείκτες βιωσιμότητας μιας βιομηχανίας. Η μελέτη αυτή θα επικεντρωθεί στις ΑΠΕ και θα διαπιστωθεί πως μεταβάλλεται η συνολική βιωσιμότητα του συστήματος, μέσω της μεταβολής των ποσοστών χρήσης της ενέργειας προερχόμενης από ανανεώσιμες πηγές.

Παρατίθεται η αρχική κατάσταση μιας βιομηχανίας, η οποία εξασφαλίζει το 100% των ενεργειακών της απαιτήσεων από συμβατικά καύσιμα. Στη συνέχεια, θα υπάρξουν τρία εναλλακτικά σενάρια. Ένα ρεαλιστικό, όπου θα εξασφαλίζεται 10% ΑΠΕ. Στο δεύτερο, το ποσοστό αυτό θα αυξηθεί στο 40% και το τρίτο και τελευταίο, το ποσοστό ΑΠΕ θα είναι 70%.

Σημειώνεται πως παρά την εκτεταμένη αναζήτηση σε τοπικές βιομηχανίες, δεν εξασφαλίστηκαν οι ζητούμενες πληροφορίες. Έτσι, αναζητώντας στο διαδίκτυο δεδομένα αντίστοιχων βιομηχανιών, καταλήξαμε στο εξής **υποθετικό αρχικό σενάριο**:

4.1 Παρουσίαση αρχικής κατάστασης

Η μελετώμενη επιχείρηση είναι μία βιομηχανία παραγωγής φρουτοχυμού πορτοκαλιών 20 ετών. Είναι μεσαίου μεγέθους, με συνολική έκταση 160 εκταρίων (ha), τα 150 ha των οποίων καλύπτονται από την καλλιέργεια των πορτοκαλιών και τα υπόλοιπα 10 ha από την παραγωγική μονάδα.

Αρχικά απασχολούσε 180 εργαζόμενους αλλά στην πορεία, βλέποντας τις μεγάλες απαιτήσεις της παραγωγής, προσλήφθηκαν άλλα 20 άτομα. Με τους 200 πλέον εργαζομένους, η βιομηχανία έχει καταφέρει να παράγει 2.500.000 λίτρα χυμού πορτοκαλιών ετησίως.

Αυτή η μεγάλη παραγωγή, έχει οδηγήσει σε πολλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις κατά τη διάρκεια όλων των σταδίων της παραγωγικής διαδικασίας, όπως στο στάδιο της καλλιέργειας των φρούτων, της επεξεργασίας, της συσκευασίας τους και στην μεταφοράς των παραγόμενων χυμών στην αγορά. Αναλυτικότερα, στο στάδιο της καλλιέργειας των φρούτων, λαμβάνονται υπόψιν τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται, η χρήση των αγροτικών μηχανημάτων για την φροντίδα και την συγκομιδή των πορτοκαλιών, καθώς το νερό και η ενέργεια (χρήση αντλιών) που καταναλώνεται για την άρδευση της χρησιμοποιούμενης έκτασης γης. Στο στάδιο της παραγωγικής διαδικασίας, λαμβάνεται υπόψιν η ενέργεια και το νερό που απαιτούνται από τα μηχανήματα για την επεξεργασία των πορτοκαλιών και της

συσκευασίας των χυμών. Τέλος, στις συνολικές εκπομπές CO₂ , συμπεριλαμβάνονται και αυτές που εκπέμπονται από τα οχήματα για την μεταφορά στην αγορά.

Οι εκπομπές των ρύπων της βιομηχανίας είναι εξαιρετικά υψηλές, αφού η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια, που είναι ίση με 10.000.000kWh, γίνεται εξ ολοκλήρου από συμβατικά καύσιμα. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ισούνται με 1.000.000 kg CO₂ ετησίως. Ακόμα, παρατηρούνται και οι εξής εκπομπές: SO₂ = 3.000kg, NO_x=700kg και NH₃=1.500kg. Τέλος, η κατανάλωση νερού φθάνει στα 150.000 m³.

Όλοι αυτοί οι ρύποι, επηρέασαν αρνητικά την τοπική βιοποικιλότητα, με τα επηρεαζόμενα είδη να φτάνουν στα 8 είδη ζώων και στα 4 είδη φυτών. Τα περιστατικά υγείας λόγω της ρύπανσης της μελετώμενης βιομηχανίας μετρώνται στα 25.

Όσον αφορά το ανθρώπινο της δυναμικό, καταγράφηκαν 6 παραβιάσεις ανθρωπίνων δικαιωμάτων καθώς και 13 εργατικά ατυχήματα. Στην προσπάθεια περιορισμού τους, η διοίκηση της βιομηχανίας είχε οργανώσει σεμινάρια εκπαίδευσης και ανάπτυξης δεξιοτήτων συνολικής διάρκειας 2.500 ωρών για το σύνολο των εργαζομένων της.

Σχετικά με τα οικονομικά της στοιχεία, η επιχείρηση καταφέρνει ετησίως να έχει κέρδη ίσα με 3.500.000€. Οι συνολικές της πωλήσεις φτάνουν στα 6.000.000€, καταλαμβάνοντας το 12% της αγοράς, αφού οι συνολικές πωλήσεις χυμού πορτοκαλιών αγγίζουν τα 60.000.000€ ετησίως. Όσον αφορά τα στοιχεία επενδύσεων, αυτά είναι μηδενικά, αφού αρχικά δεν γίνεται επένδυση σε ΑΠΕ (στις οποίες και επικεντρώνεται η επεξεργασία των δεδομένων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω).

Συνοπτικά, τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό όλων των δεικτών βιωσιμότητας φαίνονται στους παρακάτω πίνακες. Σημειώνεται ότι στους πίνακες αυτούς περιλαμβάνονται όλα τα παραπάνω καθώς και περισσότερα στοιχεία, ώστε να υπολογιστούν οι ζητούμενοι δείκτες στο σύνολο τους.

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	
Συνολικό αποτύπωμα άνθρακα – εκπομπές άνθρακα (GWP)	1.000.000 kg CO ₂
Συνολικό αποτύπωμα νερού (WCI)	150.000 m ³
Συνολική χρήση γης (LUI)	160 ha

Συνολικό αποτύπωμα βιοποικιλότητας (BI)	Επηρεάζονται αρνητικά 8 είδη ζώων και 4 φυτικά είδη στην περιοχή
Συνολική βιοποικιλότητα περιοχής	20 είδη ζώων και 10 φυτικά είδη
Ποσότητα νερού που καταναλώθηκε (total water withdrawn)	150.000 m ³
Ποσότητα χυμού που παράγεται (total output)	2.500.000 lt
Δυναμικό θέρμανσης (GWP _i)	1 για το CO ₂ 25 για το CH ₄ 298 για το N ₂ O
Συνολική ενέργεια που απαιτείται (Energy Output)	10.000.000 kWh
Κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ (Renewable energy consumption)	0%
Εκπομπές άλλων ουσιών πέρα του διοξειδίου του άνθρακα	3.000 kg SO ₂ 700 kg NO _x 1.500 kg NH ₃ 100 kg CFC-11
Δυναμικό οξίνισης (AP _i)	1 για το SO ₂ 0,7 για τα NO _x
Δυναμικό ευτροφισμού (EP _i)	2 για το NH ₃
Δυναμικό εξάντλησης όζοντος	1 για CFC-11

Πίνακας 4.1.1 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης	
Παραβιάσεις ανθρωπίνων δικαιωμάτων (Total Violations)	6 αναφορές
Συνολικός αριθμός εργαζομένων (Total workers)	200 εργαζόμενοι
Αριθμός ατυχημάτων (Total accidents)	13 ατυχήματα
Ώρες εκπαίδευσης (Training hours)	2.500 ώρες εκπαίδευσεων
Θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν (Total jobs created)	20 θέσεις

Συνολικός πληθυσμός κοινότητας (Community members)	10.000 άτομα
Αριθμός μελών κοινότητας που συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων (Total Participations)	800 άτομα
Αριθμός περιστατικών υγείας λόγω ρύπανσης (Total health incidents)	25 περιστατικά

Πίνακας 4.1.2 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

4.1.1 Υπολογισμός δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας

Με βάση τον παραπάνω πίνακα, Πίνακα 4.1.1, θα υπολογιστούν οι δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας.

Δείκτης χρήσης γης (Land use index)

Η τιμή του συγκεκριμένου δείκτη, όπως έχει αναλυθεί προηγουμένως δίνεται από τον εξής τύπο:

$$LUI = f(\text{συνολικής επιφάνειας γης, αστικές περιοχές κτλ})$$

Συγκεκριμένα, στα δεδομένα μας δίνεται ότι η βιομηχανία παραγωγής χυμού καταλαμβάνει την εξής έκταση:

$$\begin{aligned} LUI &= \text{έκταση πορτοκαλεώνων} + \text{έκταση παραγωγικής μονάδας} \\ &= (10 + 150)ha = 160ha \end{aligned}$$

Παρατηρώντας την συνολική έκταση της βιομηχανίας, εύκολα διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της καταλαμβάνεται από τους πορτοκαλεώνες. Θα πρέπει να υπάρξει σωστή διαχείριση της καλλιεργήσιμης γης, ώστε να ελαχιστοποιηθούν ή να μηδενιστούν οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις που υπάρχουν στην τοπική βιοποικιλότητα.

Δείκτης βιοποικιλότητας (Biodiversity Index)

Αξιοποιώντας τα δοθείσα δεδομένα, η εξίσωση για πού θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του δείκτη βιοποικιλότητας είναι ο εξής:

$$\begin{aligned} SHI &= 1 - \frac{\text{Συνολικός αριθμός ειδών σε κίνδυνο}}{\text{Συνολικός αριθμός ειδών}} \\ &= 1 - \frac{\text{επηρεαζόμενα ζώα} + \text{επηρεαζόμενα φυτά}}{\text{συνολικός αριθμός ειδών}} = 1 - \frac{8 + 4}{20 + 10} \\ &= 0,6 \end{aligned}$$

Ο παραπάνω υπολογισμός, μας δείχνει ότι το 60% της χλωρίδας και της πανίδας της περιοχής παραμένει υγιές παρά την κάθε μορφή ρύπανσης της βιομηχανίας και πως το ποσοστό της βιοποικιλότητας που βρίσκεται σε κίνδυνο ισούται με 0,4. Για να μειωθεί, ακόμα και να μηδενιστεί, η αρνητική επιρροή της βιομηχανίας στην τοπική βιοποικιλότητα, και να πάψουν να κινδυνεύουν 8 είδη ζώων και 4 είδη φυτών, απαιτείται η ανάπτυξη καταλληλότερων μέτρων προστασίας και μείωση των ρυπογόνων της διεργασιών.

Δείκτης κατανάλωσης νερού (Water Consumption Index)

Με βάση τα δεδομένα που έχουμε, ορίζεται ως:

Total Water Withdrawn = το νερό που καταναλώθηκε = 150.000 m³

Total output = ποσότητα παραγόμενου προϊόντος= 2.500.000 m³

Άρα, ο υπολογισμός του δείκτη γίνεται ως εξής:

$$WCI = \frac{\text{Total Water Withdrawn}}{\text{Total Output}} = \frac{150.000 \text{ m}^3}{2.500.000 \text{ l}} = 0,06 \frac{\text{m}^3}{\text{l}} = 60 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$$

Δηλαδή, για ένα κυβικό μέτρο παραγωγής χυμού πορτοκαλιών, απαιτούνται αντίστοιχα 60 κυβικά μέτρα νερού. Διαπιστώνεται ότι η κατανάλωση νερού είναι πολύ υψηλή. Θα πρέπει να διερευνηθούν τρόπου για να μειωθεί η απαιτούμενη χρήση νερού, μέσω ανακύκλωσης ή επαναχρησιμοποίησης των υδάτων.

Δείκτης αποτύπωμα άνθρακα (Carbon Footprint)

Από τα δεδομένα, μας δίνεται ότι το συνολικό αποτύπωμα άνθρακα της βιομηχανίας, καθ' όλα τα στάδια παραγωγής, από την συλλογή των πορτοκαλιών, την επεξεργασία τους, την συσκευασία του χυμού μέχρι και την μεταφορά των παραγόμενων αγαθών στην αγορά είναι:

$$GWP = 1.000.000 \text{ kg CO}_2 = 1000 \text{ tn CO}_2$$

Οι εκπομπές άνθρακα που ισούται με 1.000.000kg ετησίως μας δείχνουν ότι η μελετώμενη βιομηχανία, που είναι μεσαίου μεγέθους, έχει πολύ μεγάλο αποτύπωμα άνθρακα. Θα πρέπει να εφαρμοστούν καταλληλότερες, βιώσιμες και πιο σύγχρονες τεχνολογίες στην παραγωγική τους διαδικασία, ώστε να μειωθούν και να αντισταθμιστούν οι εκπομπές των βλαβερών αερίων.

Δείκτης έντασης άνθρακα (Carbon Intesity)

Ο τύπος που μας δίνει την ένταση άνθρακα, ο οποίος εκφράζει τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα για κάθε μονάδα ενέργειας που παράγεται, είναι ο παρακάτω, και με βάση τα δεδομένα του πίνακα 4.1.1 υπολογίζεται ως:

$$CI = \frac{\text{Total CO}_2 \text{ Emissions}}{\text{Total Output}} = \frac{1.000.000 \text{ kg CO}_2}{2.500.000 \text{ l χυμού}} = 0,4 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{l χυμού}}$$

Βρέθηκε πως για κάθε λίτρο παραγόμενου χυμού, εκπέμπονται 0,4 kg CO₂ στην ατμόσφαιρα. Το αποτύπωμα άνθρακα είναι υψηλό και θα πρέπει να παρθούν μέτρα για την μείωση της ηλεκτρικής ενέργειας που απαιτείται ή η προέλευσης της, καθώς και μέτρα για την σωστότερη επεξεργασία των αέριων ρύπων πριν αυτοί απελευθερωθούν στο περιβάλλον.

Δείκτης δυναμικού οξίνισης (Acidification Potential)

Στον δείκτη δυναμικού οξίνισης λαμβάνονται υπόψιν οι συγκεντρώσεις των διοξειδίου του θείου (SO₂) και της ομάδας των οξειδίων του αζώτου (NO_x). Έχοντας τα δεδομένα των συγκεντρώσεων αυτών, καθώς και το δυναμικό οξίνισης τους, ο υπολογισμός γίνεται ως εξής:

$$AP = \sum_{i=1}^n (E_i \times AP_i) = (3.000 \text{ kg SO}_2 \times 1) + (700 \text{ kg NO}_x \times 0,7) = 3.490 \text{ kg SO}_{2\text{eq}}$$

Φαίνεται μέσω του υπολογισμού του δείκτη οξίνισης, πως οι εκπομπές των αερίων SO₂ και NO_x είναι και αυτές πολύ υψηλές. Φαίνεται ότι είναι επιτακτική η ανάγκη αναβάθμισης των τεχνολογιών φιλτραρίσματος και έλεγχοι των αέριων ρύπων, ώστε να μειωθούν στο σύνολό τους όλοι οι αέριοι ρύποι και να μειωθούν με τη σειρά τους και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις, μέρος των οποίων είναι και το φαινόμενο της οξίνισης.

Δείκτης δυναμικού ευτροφισμού (Eutrophication Potential)

Για τον υπολογισμό του συγκεκριμένου δείκτη, μας δίνεται στα δεδομένα το δυναμικό ευτροφισμού της αμμωνίας (NH₃) καθώς και η συγκέντρωσή της. Οπότε, ο υπολογισμός του δείκτη δυναμικού ευτροφισμού έχει ως εξής:

$$EP = \sum_{i=1}^n (E_i \times EP_i) = 1.500 \text{ kg NH}_3 \times 2 = 3.000 \text{ kg PO}_{4\text{eq}}$$

Φαίνεται ότι η μη κατάλληλες τεχνολογίες επεξεργασίας των αποβλήτων της βιομηχανίας, επηρεάζει έντονα και τον δείκτη δυναμικού ευτροφισμού. Η αναβάθμιση των χρησιμοποιούμενων τεχνολογιών θα συμβάλει στην μείωση των εκπομπών αυτών και θα βελτιωθεί η ποιότητα του υδάτινου κύκλου της περιοχής.

Δείκτης δυναμικού Εξάντλησης Όζοντος (Ozone Depletion Potential)

Αντίστοιχα και για τον συγκεκριμένο τύπο, έχουμε την συγκέντρωση των φθοροχλωρανθράκων, που επηρεάζουν αρνητικά το στρώμα όζοντος της ατμόσφαιρας, καθώς και το δυναμικό εξάντλησης του όζοντος από τη συγκεκριμένη ουσία. Οπότε, ο δείκτης δυναμικού εξάντλησης του όζοντος υπολογίζεται ως εξής:

$$ODP = \sum_{i=1}^n (E_i \times ODP_i) = 100 \text{ kg CFC}_{-11} \times 1 = 100 \text{ kg CFC}_{-11eq}$$

Κάνοντας τον παραπάνω υπολογισμό, φαίνεται πως και οι εκπομπές των ουσιών που συμβάλουν στην μείωση της στιβάδας όζοντος είναι υψηλές. Αντίστοιχα, θα πρέπει να εφαρμοστούν καταλληλότερες τεχνικές και μέτρα, ώστε οι νέες τεχνολογίες να μειώσουν τις εκπομπές αυτές των φθοροχλωρανθράκων στην ατμόσφαιρα.

Δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (Energy Consumption)

Η κατανάλωση ενέργειας εκφράζει την ποσότητα της ενέργειας που απαιτείται για την παραγωγή του προϊόντος, η οποία προέρχεται από συμβατικά καύσιμα. Από τα υπάρχοντα δεδομένα, ο δείκτης κατανάλωσης ενέργειας ισούται με:

$$EE = \sum_{i=1}^n E_i = 10.000.000 \text{ kWh} \times 100\% = 10 \text{ GWh}$$

Η τιμή της ετήσιας κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας είναι και αυτή σημαντικά υψηλή, ικανή να χαρακτηρίσει την βιομηχανία εξαιρετικά ενεργοβόρα για το μεσαίο μέγεθός της. Θα πρέπει να μειωθεί η υψηλή απαίτηση ενέργειας μέσω αποδοτικότερων συστημάτων και να υπάρξει καλύτερη ενεργειακή διαχείριση της βιομηχανίας σε όλα τα στάδια παραγωγής της.

Δείκτης χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Renewable Energy Use)

Στα δεδομένα που έχουμε από την βιομηχανία παραγωγής χυμού πορτοκαλιού, φαίνεται ότι δεν γίνεται χρήση ΑΠΕ. Οπότε η τιμή του δείχνει αυτού είναι μηδενική:

$$REU = \frac{\text{Renewable Energy Consumption}}{\text{Total Energy Consumption}} \times 100 = 0\%$$

Η λειτουργία της βιομηχανίας στηρίζεται, κατ' εξολοκλήρου, σε ενέργεια που παράγεται από ορυκτούς πόρους. Θα μπορούσαν, μέσω διάφορων μέτρων, να αυξήσουν αυτό το ποσοστό τους, είτε εγκαθιστώντας μονάδες ΑΠΕ στις εγκαταστάσεις τους είτε διαλέγοντας προμηθευτές ηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποιούν ΑΠΕ.

Δείκτης ενεργειακής απόδοσης (Energy Performance Indicator)

Για να υπολογιστεί η ενεργειακή απόδοση της βιομηχανίας, δηλαδή πόση ενέργεια από συμβατικά καύσιμα χρειάζεται για την παραγωγή κάθε λίτρου χυμού, εφαρμόζεται ο εξής τύπος:

$$EPI = \frac{\text{Energy Output}}{\text{ποσότητα προϊόντος}} = \frac{10.000.000 \text{ kWh}}{2.500.000 \text{ l}} = 4 \frac{\text{kWh}}{\text{l}}$$

Η εξασφάλιση μεγαλύτερου ποσοστού ηλεκτρικής ενέργειας παραγόμενης από ΑΠΕ μπορεί να διαπιστωθεί και από την τιμή του δείκτη ενεργειακής απόδοσης. Υπολογίστηκε πως για κάθε λίτρο χυμού απαιτούνται 4 kWh από συμβατικές πηγές ενέργειας, ποσότητα που είναι εξαιρετικά υψηλή.

4.1.2 Υπολογισμός δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας

Εν συνεχεία, υπολογίζονται οι δείκτες κοινωνικής βιωσιμότητας, με βάση τα δεδομένα που φαίνονται στον Πίνακα 4.1.2.

Δείκτης ανθρωπίνων δικαιωμάτων (Human Rights Index)

Ο τύπος που υπολογίζει τον συγκεκριμένο δείκτη είναι ο εξής:

$$RI = \frac{\text{Total Violations}}{\text{Total workers}}$$

Όπου, με βάση τα δεδομένα, υπολογίζεται ως εξής:

$$RI = \frac{\text{Total Violations}}{\text{Total workers}} = \frac{6}{200} = 0,03 \text{ παραβιάσεις ανά εργαζόμενο}$$

Όπως φαίνεται από το αποτέλεσμα του δείκτη των ανθρωπίνων δικαιωμάτων, υπάρχει 0,03 παραβίαση ανά εργαζόμενο. Θα πρέπει η διοίκηση της βιομηχανίας να είναι πάντα προσεκτική ώστε να διασφαλίζει ένα ασφαλές και αξιοκρατικό εργασιακό περιβάλλον για κάθε εργαζόμενο της.

Δείκτης υγείας και ασφάλειας εργαζομένων (Health and Safety at work Index)

Ο συγκεκριμένος δείκτης, όπως περιγράφηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, και με βάση τα δεδομένα, υπολογίζεται ως εξής:

$$HS = \frac{Total\ Accidents}{Total\ Workers} = \frac{13}{200} = 0,065 \text{ ατυχήματα ανά εργαζόμενο}$$

Η τιμή του δείκτη υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων έχει, σχετικά, χαμηλή τιμή. Για να μηδενιστεί, θα πρέπει η διοίκηση της βιομηχανίας να βελτιώσει και να αυστηροποιήσει τα μέτρα ασφαλείας στον εργασιακό χώρο, με βάση τα πρωτοκόλλα ασφαλείας της χώρας. Ακόμα, η εκπαίδευση των εργαζομένων μπορεί να μειώσει τα ποσοστά κάποιου εργατικού ατυχήματος.

Δείκτης εκπαίδευσης και ανάπτυξης δεξιοτήτων (Education and Skills Development Index)

Ο υπολογισμός του δείκτη εκπαίδευσης και ανάπτυξης δεξιοτήτων, με βάση τα δεδομένα της εταιρείας, φαίνεται παρακάτω:

$$TD = \frac{Trainig\ Hours}{Total\ Workers} = \frac{2.500}{200} = 12,5 \text{ ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζομένων}$$

Με βάση τον παραπάνω υπολογισμό, φαίνεται ότι η μελετώμενη βιομηχανία δεν επενδύει επαρκώς στην εκπαίδευση των εργαζομένων της. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, η συνεχής εκπαίδευση του προσωπικού οδηγεί σε βελτίωση των δεξιοτήτων του και κατ' επέκταση, ωφελείται η επιχείρηση μέσω της αύξησης της παραγωγικότητας. Εάν υπάρχει περιθώριο, η αύξηση των εκπαιδευτικών προγραμμάτων θα είναι ωφέλιμη για κάθε μέλος της.

Δείκτης κοινωνικής αξίας (Social Value Index)

Για να διαπιστωθεί κατά πόσο συμβάλλει η μελετώμενη βιομηχανία στη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας στην κοινότητα, υπολογίζεται ο εξής δείκτης:

$$SV = \frac{Total\ Jobs\ Created}{Total\ Community\ Members} = \frac{20}{10000} = 0,002 \text{ νέες θέσεις εργασίας ανά κάτοικο}$$

Υπολογίστηκε πως η εταιρεία διαθέτει 0,005 θέσεις εργασίας για κάθε κάτοικο της περιοχής, συμβάλλοντας ελάχιστα στη δημιουργία νέων θέσεων για την κοινότητα. Εάν δεν υπάρξει επέκταση της εγκατάστασης ή τοποθέτηση ΑΠΕ, για να δημιουργηθούν νέες θέσεις εργασίας, ο δείκτης της κοινωνικής αξίας της βιομηχανίας θα παραμένει εξαιρετικά χαμηλός.

Δείκτης συμμετοχής των κοινοτήτων (Community Engagement Index)

Έχοντας ως δεδομένο πως 800 άτομα μπορούν να συμμετέχουν στη λήψη διάφορων αποφάσεων της βιομηχανίας, είτε από θέση ισχύος, όπως δημοτικοί σύμβουλοι, εκπρόσωποι της κυβέρνησης κτλ, είτε απλοί πολίτες, ο συγκεκριμένος δείκτης παίρνει την παρακάτω τιμή:

$$CP = \frac{\text{Total Participations}}{\text{Total Community Members}} = \frac{800}{10.000} = 0,08 \text{ συμμετοχή ανά κάτοικο}$$

Η 0,008 συμμετοχή ανά κάτοικο στη λήψη αποφάσεων της βιομηχανίας είναι πολύ χαμηλή. Η διοίκηση θα μπορούσε να επιτρέψει στην κοινότητα να έχει περισσότερο ενεργό ρόλο, μέσω διάφορων προγραμμάτων συνεργασίας και ανοιχτών ημερίδων, όπου όποιος ενδιαφέρεται θα μπορεί να παραθέσει προτάσεις για την εξέλιξη της βιομηχανίας.

Δείκτης επιπτώσεων στη δημόσια υγεία

Ο τελευταίος δείκτης στην ομάδα της κοινωνικής βιωσιμότητας είναι αυτός που μας “δείχνει” τα περιστατικά υγείας λόγω διάφορων μορφών ρύπανσης από τη μελετώμενη βιομηχανία ανά κάτοικο της περιοχής. Πιο συγκεκριμένα:

$$PH = \frac{\text{Total Health Incidents}}{\text{Total Population}} = \frac{25}{10000} = 0,0025 \text{ περιστατικά ανά κάτοικο}$$

Η τιμή του δείκτη επιπτώσεων στη δημόσια υγεία λόγω της ρύπανσης για την οποία ευθύνεται η εταιρεία είναι 0,0025 περιστατικά ανά κάτοικο. Αν και είναι σχετικά χαμηλή τιμή, φαίνεται ότι ευθύνεται ως έναν βαθμό για την τοπική ρύπανση του περιβάλλοντος. Η βιομηχανία θα πρέπει, στην προσπάθεια της να τη μηδενίσει, να κάνει συνεχώς εντατικούς ελέγχους, ώστε να ελέγχει και να μειώσει τις ρυπογόνες της πρακτικές που ευθύνονται για την υγεία του πληθυσμού της κοινότητας.

4.1.3 Υπολογισμός δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

Για να συμπληρωθεί ο υπολογισμός όλων των δεικτών, μένει η ομάδα αυτών της οικονομικής βιωσιμότητας. Όμως, όπως αναφέρθηκε και στην αρχή του κεφαλαίου, η μελέτη της οικονομικής βιωσιμότητας επικεντρώνεται στις ΑΠΕ. Στην αρχική κατάσταση της βιομηχανίας, δεν έχουν επενδυθεί χρήματα σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Ο μόνος δείκτης που μπορεί να υπολογιστεί είναι αυτός του μεριδίου που κατέχει η μελετώμενη βιομηχανία στην αγορά.

Δείκτης Market Share

Τέλος, μένει ο υπολογισμός του δείκτη Market Share, αποτέλεσμα του οποίου είναι το ποσοστό των πωλήσεων της μελετώμενης βιομηχανίας στο σύνολο της αγοράς.

$$Market\ Share = \frac{Sales}{Total\ Market\ Sales} \times 100 = \frac{6.000.000\text{€}}{50.000.000\text{€}} \times 100 = 12\%$$

Όπως φαίνεται η βιομηχανία χυμού πορτοκαλιού κατέχει μέτρια θέση στην αγορά, αφού κατέχει το 12% αυτής. Μέσω καινοτομιών μπορεί να αυξήσει το ποσοστό της και να ξεχωρίσει από τις αντίστοιχες επιχειρήσεις, αυξάνοντας παράλληλα τον δείκτη Market share.

4.1.4 Υπολογισμός ενιαίων δεικτών βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

Αφού υπολογίστηκαν οι παραπάνω δείκτες, θα προσδιοριστεί ένας ενιαίος δείκτης για κάθε ομάδα δεικτών βιωσιμότητας. Ο δείκτης περιβαλλοντικής, ο δείκτης κοινωνικής και ο δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας.

Μελετώντας διάφορες μεθόδους υπολογισμού, και σκεφτόμενοι πως στα διαθέσιμα στοιχεία υπάρχουν μόνο ετήσιες καταγραφές, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε είναι η ακόλουθη.

Αρχικά, ορίστηκαν τιμές στόχου για κάθε μελετώμενο δείκτη. Ως τιμή στόχου, θεωρείται το ελάχιστο “επιτρεπτό” όριο για κάθε δείκτη, ώστε αυτός να θεωρείται βιώσιμος. Στη συνέχεια, όλοι οι δείκτης κατηγοριοποιήθηκαν σε δύο βασικές ομάδες, ανάλογα την επίδραση τους, θετική ή αρνητική, στη συνολική βιωσιμότητα του συστήματος.

Η εξίσωση που δίνει την κανονικοποιημένη τιμή ενός δείκτη με θετική επιρροή, είναι η ακόλουθη:

$$I_{normalized} = \frac{I_{original}}{I_{target}}$$

Εξίσωση 4.1.1 Εξίσωση κανονικοποίησης δεικτών με θετική επιρροή

Όπου:

$I_{normalized}$: η κανονικοποιημένη τιμή του κάθε δείκτη

$I_{original}$: η τιμή του δείκτη που έχει υπολογιστεί

I_{target} : η τιμή στόχος του δείκτη που έχει οριστεί

Η εξίσωση που δίνει την κανονικοποιημένη τιμή ενός δείκτη με αρνητική επιρροή διαμορφώνεται ως εξής:

$$I_{normalized} = \frac{I_{target}}{I_{original}}$$

Εξίσωση 4.1.2 Εξίσωση κανονικοποίησης δεικτών με αρνητική επιρροή

Η “ανάποδη” διαίρεση εκφράζει την αρνητική επιρροή του δείκτη.

4.1.5 Υπολογισμός δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι υπολογισμένες τιμές των δεικτών που αφορούν την περιβαλλοντική βιωσιμότητα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές στόχου.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ			
ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I_{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
LUI	160	140	ha
BI	0,6	1	Επηρεασμένα είδη
WCI	60	25	$\frac{m^3 \text{ νερού}}{m^3 \text{ χυμού}}$
GWP	1000	250	tn CO ₂
CI	0,4	0,1	$\frac{kg \text{ CO}_2}{l \text{ χυμού}}$
AP	3490	1000	Kg SO _{2eq}
EP	3000	1000	kg PO _{4eq}
ODP	100	50	kg CFC _{-11eq}
EE	10	5	GWh
REU	0	80	%
EPI	4	1	$\frac{kWh}{l}$

Πίνακας 4.1.3 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

Εν συνεχεία, προσδιορίζεται η επίδραση του κάθε δείκτη, στη συνολική περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Άρα, οι δείκτες που έχουν υπολογιστεί σε προηγούμενη παράγραφο, ανάλογα με την επιρροή τους στο σύστημα, χωρίζονται ως εξής:

- LUI: Αρνητική επίδραση, αφού όσο αυξάνεται η χρήση γης, τόσο μειώνεται η έκταση των οικοσυστημάτων της περιοχής
- BI: Θετική επίδραση, αφού όσο αυξάνεται η βιοποικιλότητα της περιοχής, τόσο ενισχύεται η βιωσιμότητα του συστήματος
- WCI: Αρνητική επίδραση, αφού με την αύξηση του όγκου νερού που χρησιμοποιείται, τόσο μειώνεται το υδάτινο συνολικό απόθεμα της περιοχής
- GWP: Αρνητική επίδραση, αφού οι εκπομπές άνθρακα συμβάλουν στην αύξηση της κλιματικής αλλαγής
- CI: Αρνητική επίδραση, αφού οι εκπομπές όλων των βλαβερών αερίων συμβάλουν αρνητικά στο περιβάλλον και στην δημόσια υγεία
- AP: Αρνητική επίδραση, αφού το φαινόμενο της οξίνισης είναι επιζήμιο στο φυσικό περιβάλλον
- EP: Αρνητική επίδραση, αφού το φαινόμενο του ευτροφισμού συμβάλει αρνητικά στα θαλάσσια οικοσυστήματα
- ODP: Αρνητική επίδραση, αφού όσο αυξάνεται το δυναμικό εξάντλησης του στρώματος του όζοντος, τόσο αυξάνεται η μέση θερμοκρασία του πλανήτη
- EE: Αρνητική επίδραση, αφού όσο μεγαλύτερα ποσότητας ενέργειας καταναλώνονται, τόσο μεγαλύτερη επιβάρυνση προκαλείται για το περιβάλλον
- REU: Θετική επίδραση, αφού η χρήση ΑΠΕ μειώνει τη χρήση πόρων για καύση και κατά συνέπεια και τις εκπομπές βλαβερών αερίων και σωματιδίων στο περιβάλλον
- EPI: Αρνητική επίδραση, αφού εκφράζει την απαιτούμενη ενέργεια ανά μονάδα παραγωγής, και όσο αυξάνεται η τιμή του δείκτη, τόση περισσότερη ενέργεια απαιτείται για την παραγωγή μιας μονάδας προϊόντος

Για να υπολογιστεί ο ζητούμενος ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, θα πρέπει να διαχωριστούν ποιοι από τους παραπάνω δείκτες (11) έχουν άμεση επιρροή από τη χρήση ΑΠΕ.

Οι επιλεγέντες δείκτες, οι βαρύτητες τους καθώς και η τελική τιμή κάθε δείκτη (που είναι το γινόμενο της κανονικοποιημένης τιμής και της αντίστοιχης βαρύτητας), φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
BI	0,60	0,250	0,150
CI	0,25	0,167	0,042
REU	0	0,250	0
EPI	0,25	0,333	0,083

Πίνακας 4.1.4 Επιλεγμένοι δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών αρχικής κατάστασης

Τελικά, ο ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται ως το άθροισμα των τελικών τιμών των επιλεγμένων δεικτών. Οπότε:

$$\text{Ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας} = 0,150 + 0,042 + 0 + 0,083 = 0,275$$

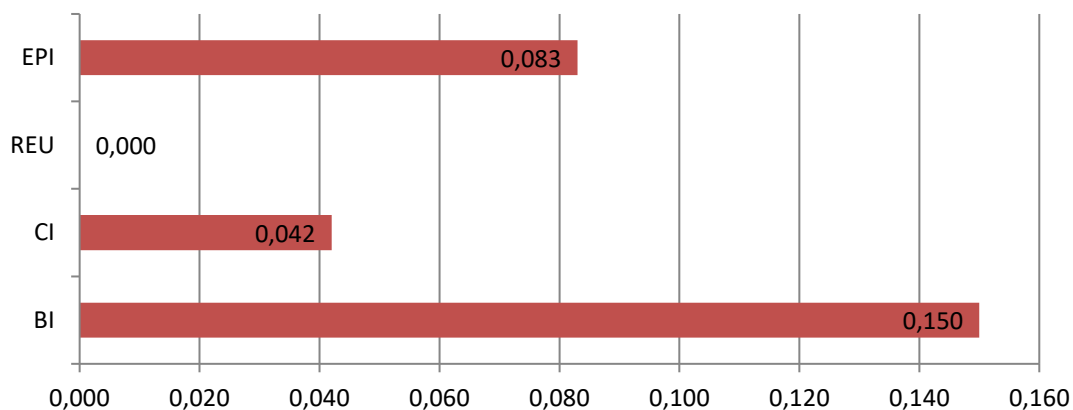
Άρα, **ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας της αρχικής κατάστασης ισούται με 0,275.**

Η τιμή αυτή του δείκτη δείχνει ότι η λειτουργία της μελετώμενης επιχείρησης χαρακτηρίζεται από κακή περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ενέργεια που καταναλώνει και στη μη ύπαρξη ΑΠΕ στο σύστημα.

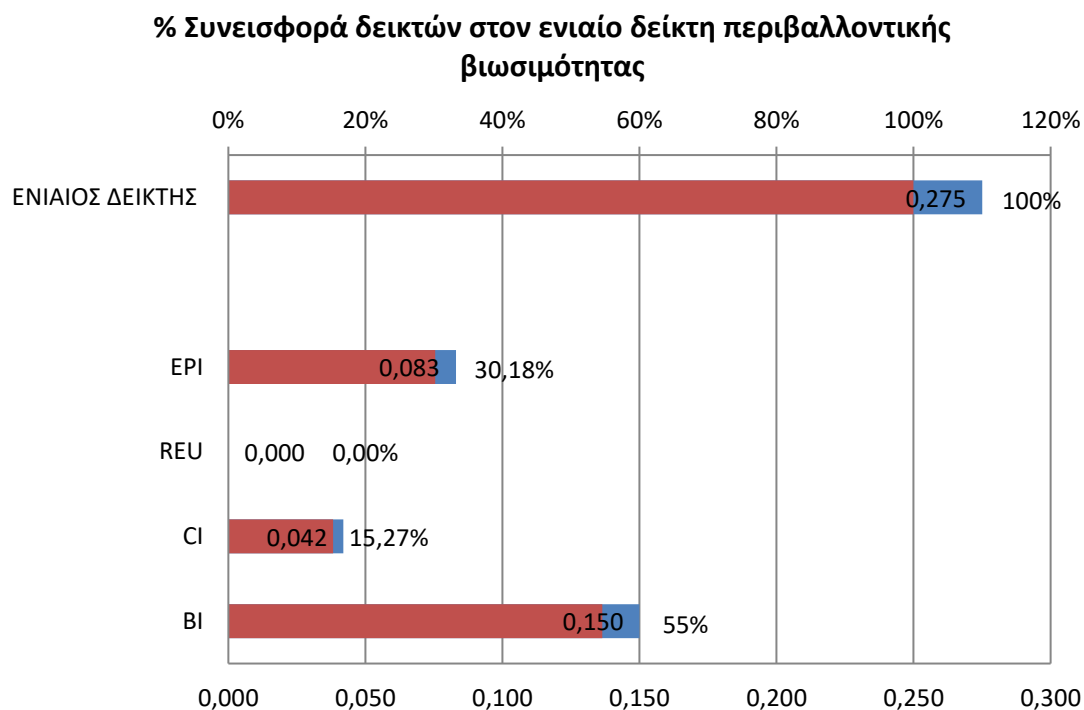
(Σημειώνεται ότι η ιδανική κατάσταση βιωσιμότητας προσεγγίζεται με την τιμή αυτού του δείκτη στη μονάδα.)

Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται οι τελικές τιμές των δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, όπως και η ποσοστιαία τους συνεισφορά σε αυτόν.

Συνεισφορά δεικτών στον ενιαίο δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας



Διάγραμμα 4.1.1 Τιμές επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης



Διάγραμμα 4.1.2 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

4.1.6 Υπολογισμός δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

Για τον υπολογισμό του ενιαίου δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας θα γίνει χρήση των δεικτών που αναφέρονται σε αυτή, όπως υπολογίστηκαν σε προηγούμενη παράγραφο. Οι δείκτες αυτοί, καθώς και οι αντίστοιχες τιμές δεικτών στόχου, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι υπολογισμένες τιμές των δεικτών που αφορούν την κοινωνική βιωσιμότητα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές στόχου.

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I_{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
RI	0,03	0,008	Παραβιάσεις ανά εργαζόμενο
HS	0,065	0,04	Ατυχήματα ανά εργαζόμενο
TD	12,5	30	Ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζόμενο
SV	0,002	0,008	Νέες θέσεις εργασίας ανά κάτοικο

CP	0,08	0,12	Συμμετοχή ανά κάτοικο
PH	0,0025	0,0012	Περιστατικά ανά κάτοικο

Πίνακας 4.1.5 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

Οι δείκτες που έχουν υπολογιστεί και αναφέρονται στην κοινωνική βιωσιμότητα, ανάλογα με την επιρροή τους στο σύστημα, χωρίζονται ως εξής:

- RI: Αρνητική επίδραση, αφού με τυχόν αύξηση περιστατικών παραβιάσεων των ανθρώπινων δικαιωμάτων, τόσο θα μειώνεται η δίκαιη αντιμετώπιση των εργαζομένων στο εργασιακό τους περιβάλλον, ενισχύοντας φαινόμενα ανισότητας και αδικιών
- HS: Αρνητική επίδραση, αφού η αύξηση του δείκτη αυτού θα σήμαινε περισσότερα περιστατικά ατυχημάτων στον χώρο εργασίας
- TD: Θετική επίδραση, αφού η αύξηση της τιμής του συγκεκριμένου δείκτη υποδηλώνει τις περισσότερες ώρες εκπαίδευσεων που διασφαλίζει η μελετώμενη επιχείρηση για τους εργαζομένους της, ώστε αυτοί να αναπτύξουν τις γνώσεις και τις δεξιότητές τους
- SV: Θετική επίδραση, αφού με την αύξηση των θέσεων εργασίας που μπορεί να δημιουργήσει η εταιρία, συμβάλει θετικά στην τοπική κοινωνία
- CP: Θετική επίδραση, αφού με την αύξηση των ατόμων της κοινότητας που συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων, αυξάνεται και η τιμή του δείκτη, υποδηλώνοντας από τη μία τη θέληση ατόμων να συμμετάσχουν στην εταιρία αυτή και από την άλλη τη σημαντική θέση που κατέχει στην τοπική κοινωνία
- PH: Αρνητική επίδραση, αφού, όσο αυξάνεται η τιμή του συγκεκριμένου δείκτη, τόσο αυξάνονται τα περιστατικά υγείας που συνδέονται με τη ρύπανση της εταιρείας.

Με βάση της παραπάνω κατάταξης, οι κανονικοποιημένες τιμές των δεικτών, στο σύνολό τους, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Για να υπολογιστεί ο ζητούμενος ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας, θα πρέπει να διαχωριστούν ποιοι από τους παραπάνω δείκτες (6) έχουν άμεση επιρροή από τη χρήση ΑΠΕ.

Οι επιλεγέντες δείκτες, οι βαρύτητες τους καθώς και η τελική τιμή κάθε δείκτη (που είναι το γινόμενο της κανονικοποιημένης τιμής και της αντίστοιχης βαρύτητας), φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
TD	0,42	0,333	0,139
SV	0,25	0,333	0,083
PH	0,48	0,333	0,160

Πίνακας 4.1.6 Επιλεγμένοι δείκτες κοινωνικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών αρχικής κατάστασης

Τελικά, ο ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται ως το άθροισμα των τελικών τιμών των επιλεγμένων δεικτών. Άρα:

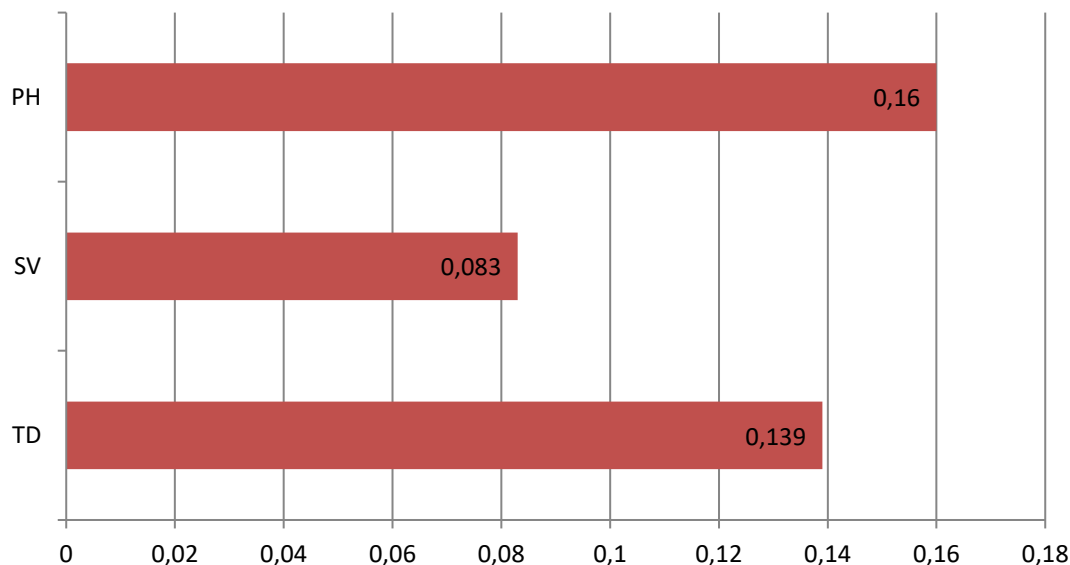
$$\text{Ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας} = 0,139 + 0,083 + 0,160 = 0,382$$

Άρα, **ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας της αρχικής κατάστασης ισούται με 0,382.**

Φαίνεται ότι και ο δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας που χαρακτηρίζει την αρχική κατάσταση είναι και αυτός εξαιρετικά χαμηλός. Για να μπορέσει η μελετώμενη βιομηχανία να θεωρηθεί κοινωνικά βιώσιμη θα πρέπει να αυξηθούν οι εργαζόμενοι της, οι ώρες εκπαίδευσεως τους και να ελαχιστοποιηθούν τα περιστατικά υγείας που οφείλονται στην λειτουργία της βιομηχανίας.

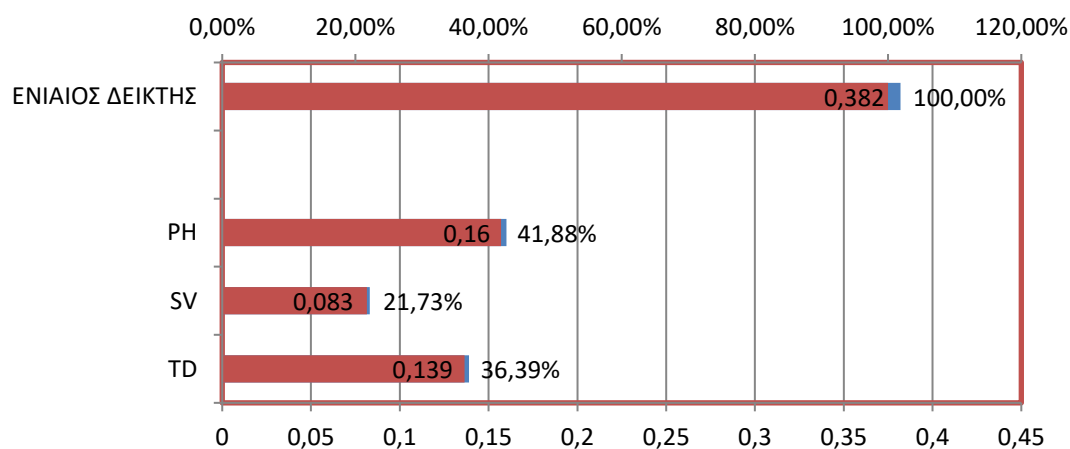
Στα παρακάτω διαγράμματα φαίνονται οι τελικές τιμές των δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας, όπως και η ποσοστιαία τους συνεισφορά σε αυτόν.

Συνεισφορά δεικτών στον ενιαίο δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας



Διάγραμμα 4.1.3 Τιμές επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

% Συνεισφορά δεικτών στον ενιαίο δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας



Διάγραμμα 4.1.4 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

4.1.7 Υπολογισμός δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

Τέλος, όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, στην αρχική κατάσταση της βιομηχανίας δεν έχει γίνει καμία επένδυση για χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Επομένως, ο ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας της αρχικής κατάστασης ισούται με 0.

Όπως είναι εμφανές, αυτή η κατάσταση έχει την χειρότερα δυνατή οικονομική βιωσιμότητα. Για να αυξηθεί, θα πρέπει η διοίκηση της επιχείρησης να αποφασίσουν να επενδύσουν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Όσον αφορά την επιρροή των δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας χωρίζονται ως εξής:

- TCO: Αρνητική επίδραση. Όσο αυξάνονται τα κόστη ίδρυσης, συντήρησης και λειτουργίας επηρεάζεται η οικονομική σταθερότητα της βιομηχανίας.

- ROI: Θετική επίδραση. Το αποτέλεσμα αυτού του δείκτη είναι ένα ποσοστό, που αποδίδει την απόδοση της αρχικής επένδυσης. Με την αύξηση αυτού, αυξάνεται και η αποδοτικότητα της βιομηχανίας. Άρα ο δείκτης αυτός έχει θετική επίδραση στον ενιαίο δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας.

- Payback Period: Αρνητική επίδραση. Η τιμή αυτού του δείκτη μας αποδίδει τα χρόνια που χρειάζεται η μελετώμενη βιομηχανία ώστε να εισπράξει έσοδα ίσα με το αρχικό κόστος της επένδυσής της. Άρα, εάν αυξηθεί ο χρόνος απόσβεσης του κεφαλαίου, θα μειωθεί η οικονομική αποδοτικότητά της.

- NPV: Θετική επίδραση. Η καθαρή παρούσα αξία, όσο αυξάνεται, φαίνεται η επικερδής λειτουργία της βιομηχανίας.

- IRR: Θετική επίδραση. Από τα δεδομένα του σεναρίου, γνωρίζουμε πως το προεξοφλητικό επιτόκιο ισούται με 5%. Έχοντας υπολογίσει τον δείκτη $IRR = 28\%$, μία υψηλότερη τιμή θα δείχνει περισσότερο επιτυχημένη οικονομική προσέγγιση της βιομηχανίας.

- EVA: Θετική επίδραση. Αποτέλεσμα του δείκτη EVA αποτελεί το καθαρό κέρδος της επιχείρησης. Κάθε αυξημένη τιμή του δείκτη αυτό συμβάλλει θετικά στην οικονομική ανάπτυξή της.

- Market Share: Θετική επίδραση. Για να αυξηθεί η τιμή του συγκεκριμένου δείκτη, αυξάνονται οι πωλήσεις του παραγόμενου προϊόντος. Άρα, μεγαλύτερη τιμή του δείκτη αυτού συμβάλλει θετικά στα οικονομικά της επιχείρησης.

Από αυτούς (7 στο σύνολο), άμεση επιρροή από την επένδυση για χρήση ΑΠΕ έχουν οι ROI, Payback Period, IRR και EVA.

4.1.8 Υπολογισμός ενιαίου δείκτη βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

Στις προηγούμενες παραγράφους υπολογίστηκαν λεπτομερώς οι ενιαίοι δείκτες περιβαλλοντικής, κοινωνικής και οικονομικής βιωσιμότητας. Συνοψίζοντας, οι τιμές αυτών είναι οι εξής:

$$\text{Δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας} = 0,275$$

$$\text{Δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας} = 0,382$$

$$\text{Δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας} = 0$$

Ένας μέσος όρος των παραπάνω δεικτών, μπορεί να αποδώσει τη συνολική βιωσιμότητα του συστήματος. Σε ένα βιώσιμο και αειφόρο σύστημα, είναι ισάριθμα σημαντικοί οι περιβαλλοντικές, κοινωνικές και οικονομικές συνθήκες. Άρα, η περιγραφόμενη παραπάνω εξίσωση διαμορφώνεται ως εξής:

$$\begin{aligned} & \text{Ολικός δείκτης βιωσιμότητας} \\ &= \frac{\text{Δείκτης (περιβαλλοντικής + οικονομικής + κοινωνικής) βιωσιμότητας}}{3} \end{aligned}$$

Εξίσωση 4.1.3 Ολικός δείκτης βιωσιμότητας

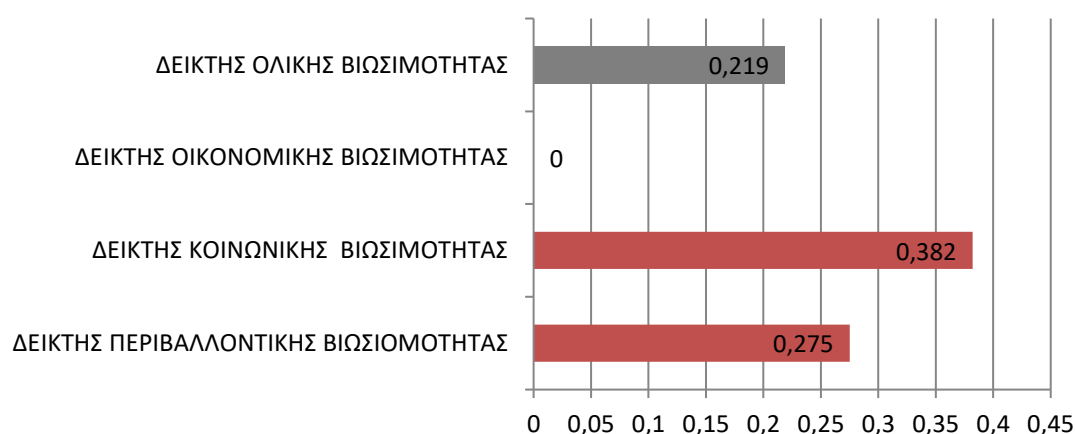
Επομένως,

$$\begin{aligned} & \text{Ολικός δείκτης βιωσιμότητας} \\ &= \frac{\text{Δείκτης (περιβαλλοντικής + οικονομικής + κοινωνικής) βιωσιμότητας}}{3} \\ &= \frac{0,275 + 0,382 + 0}{3} = 0,219 \end{aligned}$$

Το μελετώμενο σύστημα παραγωγής έχει **ολικό δείκτη βιωσιμότητας = 0,219**. Όπως φαίνεται, η αρχική κατάσταση της βιομηχανίας χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά χαμηλή βιωσιμότητα. Με την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, και κατ' επέκταση, του περιορισμού ενέργειας από συμβατά καύσιμα, ο δείκτης αυτός αναμένεται να αυξηθεί.

Διαγραμματικά, οι υπολογισμένοι ενιαίοι δείκτες της αρχικής κατάστασης, φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:

Δείκτες βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης



Διάγραμμα 4.1.5 Δείκτες βιωσιμότητας αρχικής κατάστασης

4.2 Πρώτο σενάριο – χρήση ΑΠΕ 10%

Η εταιρία παραγωγής φρουτοχυμού, διακρίνοντας την κακή της βιώσιμη εικόνα, αποφασίζει να εγκαταστήσει δοκιμαστικά σε επιπλέον έκταση 2 εκταρίων μερικά φωτοβολταϊκά πάνελ, ώστε να καλύψει το 10% της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από αυτά.

Για να εξασφαλιστεί η σωστή τους λειτουργία, προσλαμβάνονται ακόμα 30 νέοι εργαζόμενοι. Ακόμα αυξάνονται οι ώρες εκπαίδευσεων στις 3.000. Λόγω της αύξησης των εργαζομένων, παρατηρήθηκε μία μικρή αύξηση στα εργατικά ατυχήματα, με αυτά να φθάνουν στα 15.

Όσον αφορά τους παραγόμενους ρύπους, οι εκπομπές του άνθρακα μειώνονται ελάχιστα στις 800.000 kg CO₂. Ακόμα, παρατηρείται ότι μειώθηκαν ελάχιστα και οι εξής εκπομπές: SO₂ = 2.500kg, NO_x=650kg και NH₃=1.300kg.

Λόγω των μειωμένων τιμών ρύπων, παρατηρείται μείωση στα επηρεαζόμενα είδη ζώων, στα 7, καθώς και στα περιστατικά υγείας λόγω της προκαλούμενης ρύπανσης στα 24.

Τέλος, σχετικά με τα οικονομικά στοιχεία της επιχείρησης, τα κέρδη παραμένουν σταθερά στα 3.500.000€. Τα εγκαταστημένα πάνελ κόστισαν στην επιχείρηση 705.882,35€ και το κόστος λειτουργίας, το απαιτούμενο ρεύμα από συμβατικά καύσιμα, γνωρίζοντας ότι η τωρινή τιμή κιλοβατώρας είναι 0,35€, ανέρχεται στα 3.150.000€. Με αυτά τα δεδομένα, υπολογίζονται τα καθαρά κέρδη ή ετήσια ταμειακή ροή στα 350.000€ (μειώνοντας το κόστος ρεύματος από τα κέρδη).

Συνοπτικά, τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό όλων των δεικτών βιωσιμότητας φαίνονται στους παρακάτω πίνακες. Σημειώνεται ότι στους πίνακες αυτούς περιλαμβάνονται όλα τα παραπάνω καθώς και περισσότερα στοιχεία, ώστε να υπολογιστούν στο σύνολό τους οι ζητούμενοι δείκτες.

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 1^{ου} σεναρίου	
Συνολικό αποτύπωμα άνθρακα – εκπομπές άνθρακα (GWP)	800.000 kg CO₂
Συνολικό αποτύπωμα νερού (WCI)	150.000 m ³
Συνολική χρήση γης (LUI)	162 ha
Συνολικό αποτύπωμα βιοποικιλότητας (BI)	Επηρεάζονται αρνητικά 7 είδη ζώων και 4 φυτικά είδη στην περιοχή
Συνολική βιοποικιλότητα περιοχής	20 είδη ζώων και 10 φυτικά είδη
Ποσότητα νερού που καταναλώθηκε (total water withdrawn)	150.000 m ³
Ποσότητα χυμού που παράγεται (total output)	2.500.000 lt
Δυναμικό θέρμανσης (GWP _i)	1 για το CO ₂
	25 για το CH ₄
	298 για το N ₂ O
Συνολική ενέργεια που απαιτείται (Energy Output)	10.000.000 kWh
Κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ (Renewable energy consumption)	1.000.000 kWh
Εκπομπές άλλων ουσιών πέρα του διοξειδίου του άνθρακα	2.500 kg SO₂
	650 kg NO_x
	1.300 kg NH₃
	100 kg CFC-11
Δυναμικό οξίνισης (AP _i)	1 για το SO ₂
	0,7 για τα NO _x
Δυναμικό ευτροφισμού (EP _i)	2 για το NH ₃
Δυναμικό εξάντλησης όζοντος	1 για CFC-11

Πίνακας 4.2.1 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 1^{ου} σεναρίου

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας 1^{ου} σεναρίου	
Παραβιάσεις ανθρωπίνων δικαιωμάτων (Total Violations)	6 αναφορές
Συνολικός αριθμός εργαζομένων (Total workers)	230 εργαζόμενοι
Αριθμός ατυχημάτων (Total accidents)	15 ατυχήματα
Ώρες εκπαίδευσης (Training hours)	3.000 ώρες εκπαιδεύσεων
Θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν (Total jobs created)	30 θέσεις
Συνολικός πληθυσμός κοινότητας (Community members)	10.000 άτομα
Αριθμός μελών κοινότητας που συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων (Total Participations)	800 άτομα
Αριθμός περιστατικών υγείας λόγω ρύπανσης (Total health incidents)	24 περιστατικά

Πίνακας 4.2.2 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας 1^{ου} σεναρίου

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας 1^{ου} σεναρίου	
Κόστος επένδυσης ή αρχική επένδυση (I)	705.882,35€
Λειτουργικό κόστος (O)	3.150.000€
Κέρδη επιχείρησης	3.500.000€
Καθαρά κέρδη – ταμειακή ροή	350.000€
Προεξοφλητικός συντελεστής (r)	8%
Μελετώμενος Χρόνος (t)	25 έτη (μέσος χρόνος ζωής φωτοβολταϊκών)
Μέσος σταθμικός κόστος κεφαλαίου (WACC)	9%
Συνολικές πωλήσεις εταιρείας (sales)	6.000.000€
Συνολικές πωλήσεις αγοράς (total market sales)	50.000.000€

Πίνακας 4.2.3 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας 1^{ου} σεναρίου

4.2.1 Υπολογισμός δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

Ακολουθούν επιγραμματικά οι υπολογισμοί των δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας του πρώτου σεναρίου.

Δείκτης χρήσης γης (Land use index)

$$LUI = \text{έκταση πορτοκαλεώνων} + \text{έκταση παραγωγικής μονάδας} + \text{επέκταση} \\ = (10 + 150 + 2)ha = 162ha$$

Δείκτης βιοποικιλότητας (Biodiversity Index)

$$SHI = 1 - \frac{\text{Συνολικός αριθμός ειδών σε κίνδυνο}}{\text{Συνολικός αριθμός ειδών}} \\ = 1 - \frac{\text{επηρεαζόμενα ζώα} + \text{επηρεαζόμενα φυτά}}{\text{συνολικός αριθμός ειδών}} = 1 - \frac{7 + 4}{20 + 10} \\ = 0,63$$

Δείκτης κατανάλωσης νερού (Water Consumption Index)

$$WCI = \frac{\text{Total Water Withdrawn}}{\text{Total Output}} = \frac{150.000 \text{ m}^3}{2.500.000 \text{ l}} = 0,06 \frac{\text{m}^3}{\text{l}} = 60 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$$

Δείκτης αποτύπωμα άνθρακα (Carbon Footprint)

$$GWP = 800.000 \text{ kg CO}_2 = 800 \text{ tn CO}_2$$

Δείκτης έντασης άνθρακα (Carbon Intesity)

$$CI = \frac{\text{Total CO}_2 \text{ Emissions}}{\text{Total Output}} = \frac{800.000 \text{ kg CO}_2}{2.500.000 \text{ l χυμού}} = 0,32 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{l χυμού}}$$

Δείκτης δυναμικού οξίνισης (Acidification Potential)

$$AP = \sum_{i=1}^n (E_i \times AP_i) = (2.500 \text{ kg SO}_2 \times 1) + (650 \text{ kg NO}_x \times 0,7) \\ = 2.955 \text{ kg SO}_{2eq}$$

Δείκτης δυναμικού ευτροφισμού (Eutrophication Potential)

$$EP = \sum_{i=1}^n (E_i \times EP_i) = 1.300 \text{ kg NH}_3 \times 2 = 2.600 \text{ kg PO}_{4eq}$$

Δείκτης δυναμικού Εξάντλησης Όζοντος (Ozone Depletion Potential)

$$ODP = \sum_{i=1}^n (E_i \times ODP_i) = 100 \text{ kg CFC}_{-11} \times 1 = 100 \text{ kg CFC}_{-11eq}$$

Δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (Energy Consumption)

$$EE = \sum_{i=1}^n E_i = 10.000.000 \text{ kWh} \times 90\% = 9 \text{ GWh}$$

Δείκτης χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Renewable Energy Use)

$$REU = \frac{1.000.000 \text{ kWh}}{10.000.000 \text{ kWh}} \times 100 = 10\%$$

Δείκτης ενεργειακής απόδοσης (Energy Performance Indicator)

$$EPI = \frac{\text{Energy Output}}{\text{ποσότητα προϊόντος}} = \frac{9.000.000 \text{ kWh}}{2.500.000 \text{ l}} = 3,6 \frac{\text{kWh}}{\text{l}}$$

4.2.2 Υπολογισμός δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

Δείκτης ανθρωπίνων δικαιωμάτων (Human Rights Index)

$$RI = \frac{\text{Total Violations}}{\text{Total workers}} = \frac{6}{230} = 0,026 \text{ παραβιάσεις ανά εργαζόμενο}$$

Δείκτης υγείας και ασφάλειας εργαζομένων (Health and Safety at work Index)

$$HS = \frac{\text{Total Accidents}}{\text{Total Workers}} = \frac{15}{230} = 0,065 \text{ ατυχήματα ανά εργαζόμενο}$$

Δείκτης εκπαίδευσης και ανάπτυξης δεξιοτήτων (Education and Skills Development Index)

$$TD = \frac{\text{Trainig Hours}}{\text{Total Workers}} = \frac{3.000}{230} = 13,04 \text{ ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζομένων}$$

Δείκτης κοινωνικής αξίας (Social Value Index)

$$SV = \frac{\text{Total Jobs Created}}{\text{Total Community Members}} = \frac{30}{10000} = 0,003 \text{ νέες θέσεις εργασίας ανά κάτοικο}$$

Δείκτης συμμετοχής των κοινοτήτων (Community Engagement Index)

$$CP = \frac{\text{Total Participations}}{\text{Total Community Members}} = \frac{800}{10.000} = 0,08 \text{ συμμετοχή ανά κάτοικο}$$

Δείκτης επιπτώσεων στη δημόσια υγεία

$$PH = \frac{\text{Total Health Incidents}}{\text{Total Population}} = \frac{24}{10000} = 0,0024 \text{ περιστατικά ανά κάτοικο}$$

4.2.3 Υπολογισμός δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

Τέλος, μένει να υπολογιστούν οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας.

Δείκτης Total Cost of Ownership (TCO)

Ως επένδυση ορίζεται το ποσόν που δόθηκε για την εγκατάσταση των φωτοβολταϊκών στοιχείων. Γνωρίζουμε ότι η ηλεκτρική ενέργεια που παράγει 1kW φωτοβολταϊκών είναι ίση με 1.200kWh. Ακόμα, το κόστος για κάθε kWh φωτοβολταϊκού κοστίζουν 1.200€. Οπότε, με βάση τα παραπάνω, η εταιρία χρεώθηκε 705.882,35€ για πάνελ φωτοβολταϊκών για να παράγουν 10% ενέργεια.

Έχοντας υπολογίσει και το κόστος που απαιτείται κάθε χρόνο για την συμβατική ηλεκτρική ενέργεια, που ισούται με 3.150.000€, μπορεί να υπολογιστεί ο δείκτης TCO:

$$TCO = I + O = (705.882,35 + 3.150.000)€ = 3.855.882,35€$$

Το κόστος ιδιοκτησίας, για μία μεσαία επιχείρηση, όπως αυτή που μελετάται, θα μπορούσε να θεωρηθεί υψηλό. Η διοίκηση της βιομηχανίας που είναι αρμόδιο για τα οικονομικά θέματα, θα πρέπει να είναι ιδιαίτερα προσεκτικό ώστε να το μειώσει και να διασφαλιστεί η οικονομική της βιωσιμότητα.

Δείκτης Return on Investment (ROI)

Έχοντας υπολογίσει στην περιγραφή του σεναρίου τις ετήσιες καθαρές ροές της επιχείρησης, όταν διασφαλίζει το 10% της ηλεκτρικής της ενέργειας από ΑΠΕ μπορεί να υπολογιστεί ο δείκτης ROI.

$$ROI = \frac{\text{Net Gain}}{\text{Investment}} \times 100 = \frac{350.000€}{705.882,35€} \times 100 = 49,58\%$$

Η απόδοση της επένδυσης ισούται με 49,58%. Δείχνει ότι οι διοικητικές αποφάσεις οδηγούν σε κερδοφορία και πως κάθε επένδυση που κάνει είναι επιτυχής. Από την άλλη, το ποσοστό αυτό μπορεί να αυξηθεί και να αποφέρει περισσότερη αξία στην επιχείρηση

Δείκτης Payback Period

Με τον δείκτη Payback Period, φαίνεται ο απαιτούμενος χρόνος που χρειάζεται η βιομηχανία, ώστε να εισπράξει έσοδα ίσα με το αρχικό ποσό της επένδυσης της.

$$Payback\ Period = \frac{Investment}{Annual\ Cash\ Flow} = \frac{705.882,35\text{€}}{350.000\text{€}} = 2,02\text{χρόνια}$$

Υπολογίζοντας, μέσα στα πρώτα 2,02 χρόνια της λειτουργίας της, η επιχείρηση θα αποσβέσει το αρχικό ποσό επένδυσης των φωτοβολταϊκών της πάνελ. Το χρονικό αυτό διάστημα θεωρείται πάρα πολύ καλό και δηλώνει πως η βιομηχανία θα ανακτήσει το αρχικό κεφάλαιο σύντομα, εάν σκεφτεί κανείς πως ο μέσος χρόνος ζωής των πάνελ είναι περίπου 25 έτη.

Δείκτης Net Present Value (NPV)

Όπως έχει περιγραφεί και στο παραπάνω κεφάλαιο, μέσω του συγκεκριμένου δείκτη, αξιολογείται η κερδοφορία της βιομηχανίας. Έχοντας τα δεδομένα του σεναρίου, ορίζεται ο χρόνος τα 25 έτη, οι ταμειακές ροές της επιχείρησης στα 350.000€ για κάθε χρόνο, ο προεξοφλητικός συντελεστής $r=8\%$ και αρχική επένδυση 705.882,35€. Εφαρμόζοντας τα δεδομένα αυτά, και χρησιμοποιώντας ένα λογιστικό φύλλο excel, υπολογίστηκε ο δείκτης NPV για κάθε ένα από τα 25 χρόνια.

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - Investment$$

Οπότε, αθροιστικά έχουμε:

$$\begin{aligned} NPV &= (324.074,07 + 300.068,59 + 227.841,28 + 257.260,45 + 238.204,12 \\ &\quad + 220.559,37 + 204.221,64 + 184.094,11 + 175.087,14 \\ &\quad + 162.117,72 + 150.109 + 138.989,82 + 128.694,27 + 119.161,36 \\ &\quad + 110.334,6 + 102.161,66 + 94.594,13 + 87.587,16 + 81.099,22 \\ &\quad + 75.091,87 + 69.529,51 + 64.379,18 + 59.610,35 + 55.194,77 \\ &\quad + 51.106,24)\text{€} - 705.882,35\text{€} = (3.736.171,67 - 705.882,35)\text{€} \\ &= 3.030.289,31\text{€} \end{aligned}$$

Μέσω της υπολογισμένης καθαρής αξίας, αφού έχει θετική τιμή, φαίνεται ότι η βιομηχανία είναι επικερδής και θα έχει περισσότερα οφέλη από το κόστος της αρχικής επένδυσης. Έτσι φαίνεται πως, οι αποφάσεις που παίρνονται από τα διοικητικά στελέχη είναι εύστοχα και πως προβλέπεται κερδοφορία.

Δείκτης εσωτερικού ποσοστού απόδοσης ή Internal Rate of Return (IRR)

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η εξίσωση μέσω της οποίας μπορεί να υπολογιστεί η τιμή του δείκτη IRR δεν μπορεί να υπολογιστεί άμεσα. Είναι αναγκαία η χρήση κάποιας αριθμητικής μεθόδου ή του εργαλείου του Excel.

$$\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + IRR)^t} - Investmt = 0$$

Σε μία στήλη στο υπολογιστικό φύλλο Excel, αρχικά σε θέση μηδέν τοποθετήθηκε το ποσό της αρχικής επένδυσης με αρνητικό πρόσημο. Έπειτα, τοποθετώντας την ετήσια ταμειακή ροή τόσες φορές όσα και τα χρόνια μελέτης, εφαρμόζοντας την IRR εξίσωση του Excel, δόθηκε ότι **IRR=39%**.

Η τιμή του εσωτερικού συντελεστή απόδοσης, δηλαδή η ετήσια απόδοση της επένδυσης, είναι ίση με 39%, μεγαλύτερο από τον προεξοφλητικό επιτόκιο που είναι 8%. Αυτό σημαίνει, ότι η συγκεκριμένη επένδυση είναι επιτυχής και αποδοτική. Ακόμα, το διοικητικό της προσωπικό μπορεί να επιτύχει σημαντική απόδοση στις επενδύσεις, αφού μέσω του υψηλού δείκτη IRR, μπορεί να επιτευχθούν νέες συνεργασίες με μετόχους και επενδυτές.

Δείκτης Economic Value Added (EVA)

Με τον υπολογισμό του συγκεκριμένου δείκτη μετράται το καθαρό κέρδος της επιχείρησης. Ο τύπος υπολογισμού του είναι ο εξής:

$$\begin{aligned} EVA &= NOPAT - (WACC \times Capital Invested) = 350.000\text{€} - (0,09 \times 705.882,35\text{€}) \\ &= 286.470,59\text{€} \end{aligned}$$

Ο υπολογισμός της προστιθέμενης οικονομικής αξίας είναι ίση με 286.470,59€. Αυτό σημαίνει πως, αφού καλυφθεί το αρχικό κόστος του κεφαλαίου, η εταιρεία θα έχει θετική αξία. Με τον τρόπο αυτό, φαίνεται ότι η διοίκηση παίρνει αποδοτικές και σωστές αποφάσεις και κατ' επέκταση αυξάνεται η αξία της επιχείρησης

Δείκτης Market Share

Τέλος, μένει ο υπολογισμός του δείκτη Market Share, αποτέλεσμα του οποίου είναι το ποσοστό των πωλήσεων της μελετώμενης βιομηχανίας στο σύνολο της αγοράς.

$$\text{Market Share} = \frac{\text{Sales}}{\text{Total Market Sales}} \times 100 = \frac{6.000.000\text{€}}{50.000.000\text{€}} \times 100 = 12\%$$

Όπως φαίνεται η βιομηχανία χυμού πορτοκαλιού κατέχει μέτρια θέση στην αγορά, αφού κατέχει το 12% αυτής. Μέσω καινοτομιών μπορεί να αυξήσει το ποσοστό της και να ξεχωρίσει από τις αντίστοιχες επιχειρήσεις, αυξάνοντας παράλληλα τον δείκτη Market share.

4.2.4 Υπολογισμός δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι υπολογισμένες τιμές των δεικτών που αφορούν την περιβαλλοντική βιωσιμότητα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές στόχου.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ			
ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I _{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
LUI	162	140	ha
BI	0,63	1	Επηρεασμένα είδη
WCI	60	25	$\frac{m^3 \text{ νερού}}{m^3 \text{ χυμού}}$
GWP	800	250	tn CO ₂
CI	0,32	0,1	$\frac{kg \text{ CO}_2}{l \text{ χυμού}}$
AP	2955	1000	Kg SO _{2eq}
EP	2600	1000	kg PO _{4eq}
ODP	150	50	kg CFC _{-11eq}
EE	9	5	GWh
REU	10	80	%
EPI	3,6	1	$\frac{kWh}{l}$

Πίνακας 4.2.4 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 1^{ου} σεναρίου

Οι επιλεγέντες δείκτες, οι βαρύτητες τους καθώς και η τελική τιμή κάθε δείκτη (που είναι το γινόμενο της κανονικοποιημένης τιμής και της αντίστοιχης βαρύτητας), φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
BI	0,63	0,250	0,158
CI	0,31	0,167	0,052
REU	0,13	0,250	0,031
EPI	0,28	0,333	0,093

Πίνακας 4.2.5 Επιλεγμένοι δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 1^{ου} σεναρίου

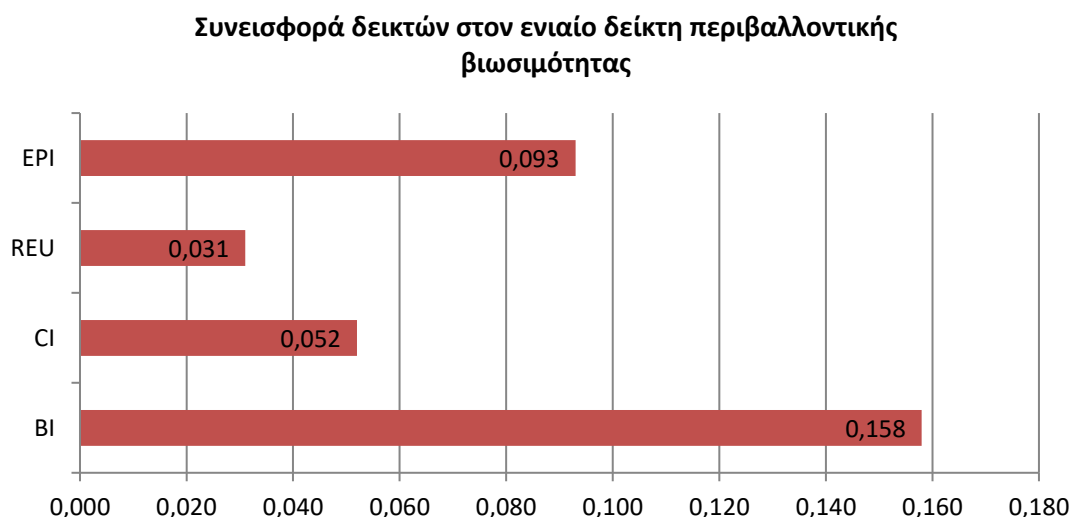
Τελικά, ο ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται ως το άθροισμα των τελικών τιμών των επιλεγμένων δεικτών. Άρα:

$$\text{Ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας} = 0,158 + 0,052 + 0,031 + 0,093 = 0,334$$

Άρα, **ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας του πρώτου σεναρίου ισούται με 0,334.**

Η τιμή αυτή του δείκτη δείχνει ότι η λειτουργία της μελετώμενης επιχείρησης χαρακτηρίζεται περιβαλλοντική βιωσιμότητα κάτω του μετρίου. Για να βελτιωθεί η τιμή του, θα πρέπει να αυξηθούν τα ποσοστά ΑΠΕ. Η αύξηση αυτή θα μειώσει τις τιμές των δεικτών CI και EPI, και ταυτόχρονα θα αυξήσει τον δείκτη της BI.

Διαγραμματικά, οι τιμές των επιλεγμένων δεικτών και η ποσοστιαία συνεισφορά αυτών στον υπολογισμό του ενιαίου δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας του πρώτου σεναρίου φαίνονται παρακάτω.



Διάγραμμα 4.2.1 Τιμές επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 1^{ου} σεναρίου



Διάγραμμα 4.2.2 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

4.2.5 Υπολογισμός δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι υπολογισμένες τιμές των δεικτών που αφορούν την κοινωνική βιωσιμότητα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές στόχου.

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I_{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
RI	0,026	0,008	Παραβιάσεις ανά εργαζόμενο
HS	0,065	0,04	Ατυχήματα ανά εργαζόμενο
TD	13,04	30	Ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζόμενο
SV	0,003	0,008	Νέες θέσεις εργασίας ανά κάτοικο
CP	0,08	0,12	Συμμετοχή ανά κάτοικο
PH	0,0024	0,0012	Περιστατικά ανά κάτοικο

Πίνακας 4.2.6 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου κοινωνικής βιωσιμότητας 1^{ου} σεναρίου

Οι επιλεγέντες δείκτες, οι βαρύτητες τους καθώς και η τελική τιμή κάθε δείκτη (που είναι το γινόμενο της κανονικοποιημένης τιμής και της αντίστοιχης βαρύτητας), φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
TD	0,43	0,333	0,145
SV	0,38	0,333	0,125
PH	0,50	0,333	0,167

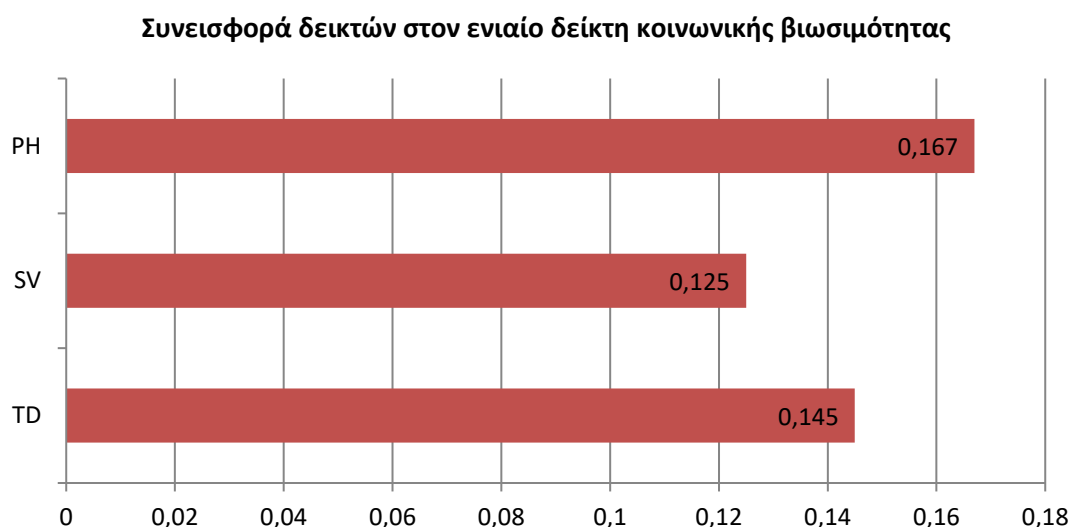
Πίνακας 4.2.7 Επιλεγμένοι δείκτες κοινωνικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 1^{ου} σεναρίου

Τελικά, ο ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται ως το άθροισμα των τελικών τιμών των επιλεγμένων δεικτών. Άρα:

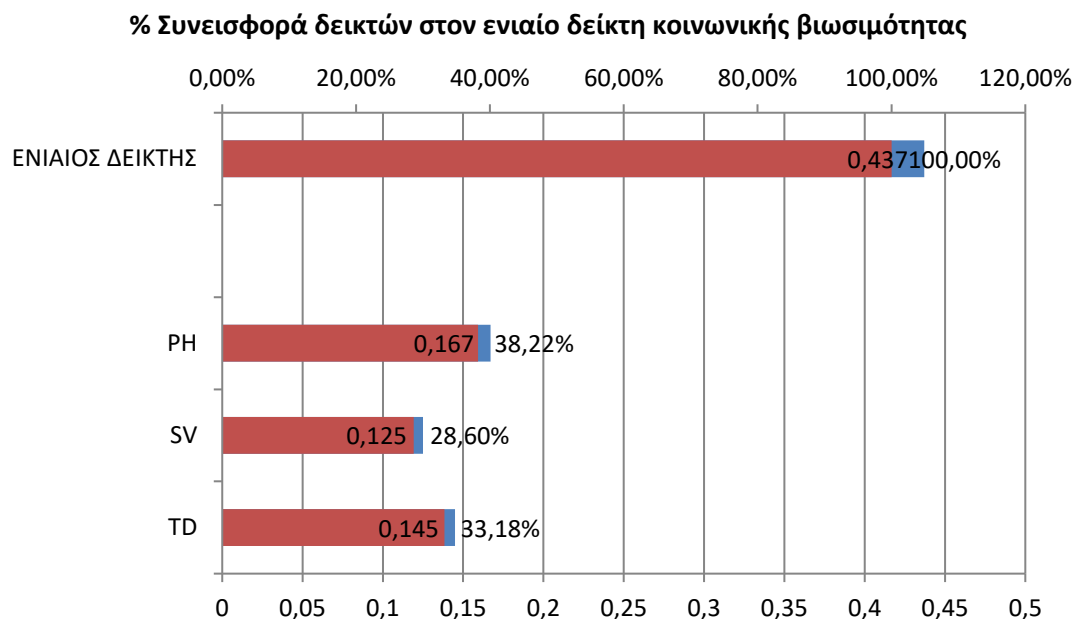
$$\text{Ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας} = 0,145 + 0,125 + 0,167 = 0,437$$

Άρα, **ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας του πρώτου σεναρίου ισούται με 0,437**. Φαίνεται ότι και ο δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας που χαρακτηρίζει το δεύτερο σενάριο είναι ελάχιστα αυξημένος με αυτός του αρχικού σεναρίου.

Διαγραμματικά, οι τιμές των επιλεγμένων δεικτών και η ποσοστιαία συνεισφορά αυτών στον υπολογισμό του ενιαίου δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας του πρώτου σεναρίου φαίνονται παρακάτω.



Διάγραμμα 4.2.3 Τιμές επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου



Διάγραμμα 4.2.4 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

4.2.6 Υπολογισμός δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

Τέλος, για τον υπολογισμό του ενιαίου δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας, οι υπολογισμένοι δείκτες που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς και οι τιμές στόχων τους, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I_{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
TCO	3.855.882,35	6500000	€
ROI	49,58	50	%
Payback Period	2,02	2	Χρόνια
NPV	3.030.289,31	15000000	€
IRR	39	50	%
EVA	286.470,59	2.000.000,00	€
Market Share	12,00	21	%

Πίνακας 4.2.8 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου οικονομικής βιωσιμότητας 1^{ου} σεναρίου

Οι επιλεγέντες δείκτες, καθώς και οι βαρύτητες τους, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
ROI	0,99	0,25	0,25
PAYBACK PERIOD	0,99	0,25	0,25
IRR	0,77	0,25	0,19
EVA	0,14	0,25	0,04

Πίνακας 4.2.9 Επιλεγμένοι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 1^{ου} σεναρίου

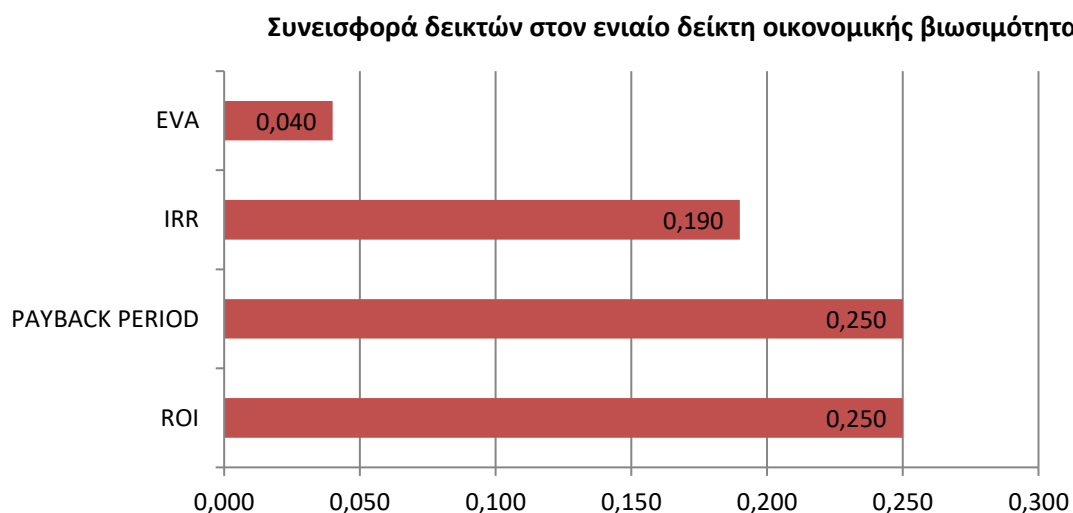
Τελικά, ο ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται εξής:

$$\text{Ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας} = 0,25 + 0,25 + 0,19 + 0,04 = 0,73$$

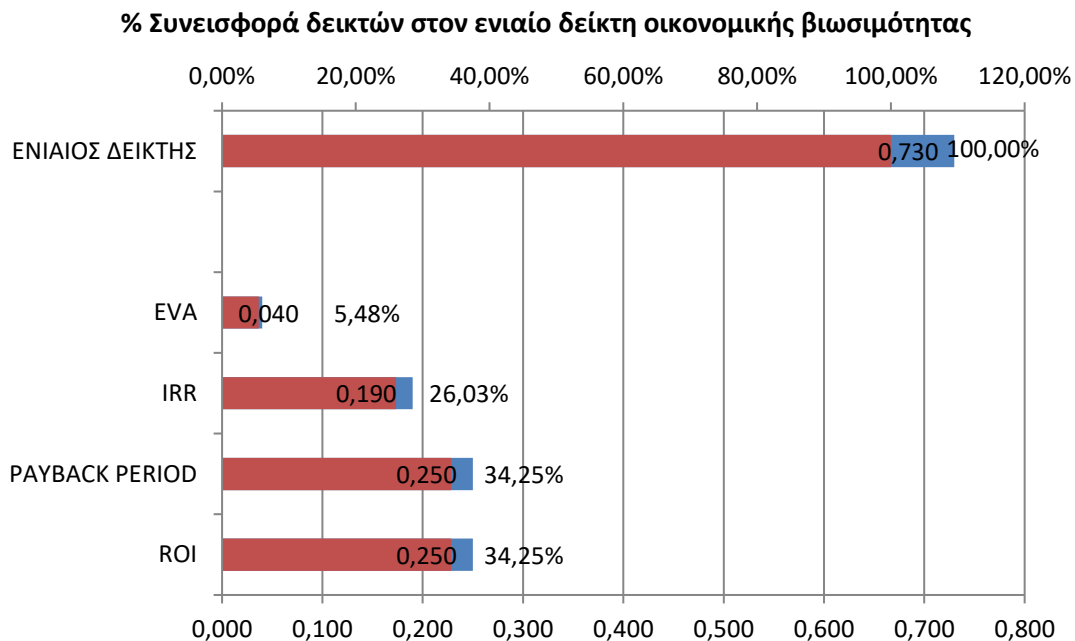
Άρα, **ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας του πρώτου σεναρίου ισούται με 0,73**

Η τιμή του δείκτη δεν ισούται με τη μονάδα, δηλαδή δεν υπάρχει ιδανική οικονομική βιωσιμότητα. Όμως θεωρείται ικανοποιητική, αφού οι θετικές επιρροές των δεικτών είναι μεγαλύτερη από αυτές των αρνητικών. Για να υπάρξει βελτίωση θα πρέπει οι ετήσιες ροές να αυξηθούν ή/και να μειωθεί ο χρόνος απόσβεσης του αρχικού κεφαλαίου.

Διαγραμματικά, οι τιμές των επιλεγμένων δεικτών και η ποσοστιαία συνεισφορά αυτών στον υπολογισμό του ενιαίου δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας του πρώτου σεναρίου φαίνονται παρακάτω.



Διάγραμμα 4.2.5 Τιμές επιλεγμένων δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου



Διάγραμμα 4.2.6 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

4.2.7 Υπολογισμός ενιαίου δείκτη βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

Στις προηγούμενες παραγράφους υπολογίστηκαν λεπτομερώς οι ενιαίοι δείκτες περιβαλλοντικής, κοινωνικής και οικονομικής βιωσιμότητας. Συνοψίζοντας, οι τιμές αυτών είναι οι εξής:

Δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας = 0,334

Δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας = 0,437

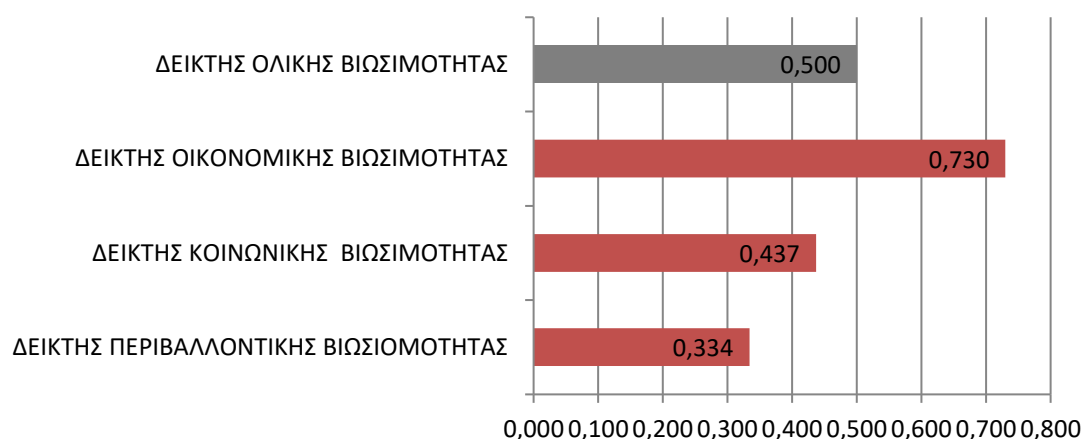
Δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας = 0,73

Επομένως,

$$\begin{aligned}
 & \text{Ολικός δείκτης βιωσιμότητας} \\
 &= \frac{\text{Δείκτης (περιβαλλοντικής + οικονομικής + κοινωνικής) βιωσιμότητας}}{3} \\
 &= \frac{0,334 + 0,437 + 0,73}{3} = 0,50
 \end{aligned}$$

Στο πρώτο σενάριο, δηλαδή εξασφαλίζοντας 10% ΑΠΕ, ο **ολικός δείκτης βιωσιμότητας ισούται με 0,50**. Στο παρακάτω γράφημα, εμφανίζονται οι τιμές όλων των δεικτών του σεναρίου.

Δείκτες βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου



Διάγραμμα 4.2.7 Δείκτες βιωσιμότητας πρώτου σεναρίου

4.3 Δεύτερο σενάριο – χρήση ΑΠΕ 40%

Η διοίκηση της βιομηχανίας παραγωγής φρουτοχυμού πορτοκαλιών, διαπιστώνοντας τις υψηλές απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται για τη λειτουργία της, αποφασίζει να εγκαταστήσει δοκιμαστικά σε επιπλέον έκταση 2 εκταρίων, πέρα της παραγωγικής μονάδας και των πορτοκαλεώνων, μερικά φωτοβολταϊκά πάνελ, ώστε να καλύψει το 40% της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από αυτά.

Η εγκατάσταση αυτή, ανάγκασε την εταιρία στην πρόσληψη ακόμα 40 εργαζομένων και στην αύξηση των ωρών εκπαίδευσης από 3.000 σε 5.500, ώστε να διασφαλιστεί η σωστή συντήρηση και η άρτια λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων και της παραγωγικής διαδικασίας στο σύνολό της. Με την αύξηση των εργαζομένων, παρατηρήθηκε και αύξηση των εργατικών ατυχημάτων στα 18.

Αφού αυξήθηκε η χρήση ΑΠΕ, παρατηρήθηκαν μειώσεις των εκπομπών CO₂ με αυτές να φθάνουν στις 500.000kg. Ταυτόχρονα, οι εκπομπές των ρύπων SO₂, NO_x και NH₃ ελαττώθηκαν και καταμετρήθηκαν σε 1.800kg, σε 400 kg και σε 900kg αντίστοιχα. Τέλος, η μείωση της προκαλούμενης μόλυνσης συνέβαλε θετικά στην μείωση των επηρεαζόμενων ζώων (4 είδη) και φυτών(3 είδη).

Η ελάττωση των παλαιότερων ρυπογόνων συνηθειών της βιομηχανίας, ευθύνεται και στην μείωση των περιστατικών υγείας μελών της κοινότητας, που τώρα φτάνουν τα 18.

Τέλος, σχετικά με τα οικονομικά στοιχεία της επιχείρησης, τα κέρδη παραμένουν σταθερά στα 3.500.000€. Τα πάνελ της κόστισαν 2.823.529,41€, το κόστος ενέργειας - λειτουργίας ανέρχεται στα 2.100.000€. Τα καθαρά της κέρδη είναι

1.400.000€, ποσό που προέκυψε από τη μείωση του κόστους ρεύματος από τα κέρδη της επιχείρησης.

Συνοπτικά, τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό όλων των δεικτών βιωσιμότητας φαίνονται στους παρακάτω πίνακες. Σημειώνεται ότι στους πίνακες αυτούς περιλαμβάνονται όλα τα παραπάνω καθώς και περισσότερα στοιχεία, ώστε να υπολογιστούν στο σύνολό τους οι ζητούμενοι δείκτες.

Συνοπτικά, τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό όλων των δεικτών βιωσιμότητας φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 2^{ου} σεναρίου	
Συνολικό αποτύπωμα άνθρακα – εκπομπές άνθρακα (GWP)	500.000 kg CO₂
Συνολικό αποτύπωμα νερού (WCI)	150.000 m ³
Συνολική χρήση γης (LUI)	162 ha
Συνολικό αποτύπωμα βιοποικιλότητας (BI)	Επηρεάζονται αρνητικά 4 είδη ζώων και 3 φυτικά είδη στην περιοχή
Συνολική βιοποικιλότητα περιοχής	20 είδη ζώων και 10 φυτικά είδη
Ποσότητα νερού που καταναλώθηκε (total water withdrawn)	150.000 m ³
Ποσότητα χυμού που παράγεται (total output)	2.500.000 lt
Δυναμικό θέρμανσης (GWP _i)	1 για το CO ₂
	25 για το CH ₄
	298 για το N ₂ O
Συνολική ενέργεια που απαιτείται (Energy Output)	10.000.000 kWh
Κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ (Renewable energy consumption)	40% / 4.000.000 kWh
Εκπομπές άλλων ουσιών πέρα του διοξειδίου του άνθρακα	1.800 kg SO₂
	400 kg NO_x
	900kg NH₃
	100 kg CFC-11

Δυναμικό οξίνισης (AP _i)	1 για το SO ₂ 0,7 για τα NO _x
Δυναμικό ευτροφισμού (EP _i)	2 για το NH ₃
Δυναμικό εξάντλησης όζοντος	1 για CFC-11

Πίνακας 4.3.1 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 2^{ου} σεναρίου

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας 2^{ου} σεναρίου	
Παραβιάσεις ανθρωπίνων δικαιωμάτων (Total Violations)	6
Συνολικός αριθμός εργαζομένων (Total workers)	240
Αριθμός ατυχημάτων (Total accidents)	18
Ώρες εκπαίδευσης (Training hours)	5.500
Θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν (Total jobs created)	40
Συνολικός πληθυσμός κοινότητας (Community members)	10.000
Αριθμός μελών κοινότητας που συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων (Total Participations)	800
Αριθμός περιστατικών υγείας λόγω ρύπανσης (Total health incidents)	18

Πίνακας 4.3.2 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας 2^{ου} σεναρίου

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας 2^{ου} σεναρίου	
Κόστος επένδυσης ή αρχική επένδυση (I)	2.823.529,41€
Λειτουργικό κόστος (O)	2.100.000€
Κέρδη επιχείρησης	3.500.000€
Καθαρά κέρδη-ταμειακή ροή	1.400.000€
Προεξοφλητικός συντελεστής (r)	8%
Μελετώμενος Χρόνος (t)	25 χρόνια (μέσος χρόνος ζωής φωτοβολταϊκών)
Μέσος σταθμικός κόστος κεφαλαίου (WACC)	9%

Συνολικές πωλήσεις εταιρείας (sales)	6.000.000€
Συνολικές πωλήσεις αγοράς (total market sales)	50.000.000€

Πίνακας 4.3.3 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας 2^{ου} σεναρίου

4.3.1 Υπολογισμός δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου

Δείκτης χρήσης γης (Land use index)

$$LUI = \text{έκταση πορτοκαλεώνων} + \text{έκταση παραγωγικής μονάδας} + \text{επέκταση} \\ = (10 + 150 + 2)ha = 162ha$$

Δείκτης βιοποικιλότητας (Biodiversity Index)

$$SHI = 1 - \frac{\text{Συνολικός αριθμός ειδών σε κίνδυνο}}{\text{Συνολικός αριθμός ειδών}} \\ = 1 - \frac{\text{επηρεαζόμενα ζώα} + \text{επηρεαζόμενα φυτά}}{\text{συνολικός αριθμός ειδών}} = 1 - \frac{4 + 3}{20 + 10} \\ = 0,77$$

Δείκτης κατανάλωσης νερού (Water Consumption Index)

$$WCI = \frac{\text{Total Water Withdrawn}}{\text{Total Output}} = \frac{150.000 \text{ m}^3}{2.500.000 \text{ l}} = 0,06 \frac{\text{m}^3}{\text{l}} = 60 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$$

Δείκτης αποτύπωμα άνθρακα (Carbon Footprint)

$$GWP = 500.000 \text{ kg CO}_2 = 500 \text{ tn CO}_2$$

Δείκτης έντασης άνθρακα (Carbon Intesity)

$$CI = \frac{\text{Total CO}_2 \text{ Emissions}}{\text{Total Output}} = \frac{500.000 \text{ kg CO}_2}{2.500.000 \text{ l χυμού}} = 0,2 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{l χυμού}}$$

Δείκτης δυναμικού οξίνισης (Acidification Potential)

$$AP = \sum_{i=1}^n (E_i \times AP_i) = (1.800 \text{ kg SO}_2 \times 1) + (400 \text{ kg NO}_x \times 0,7) \\ = 2.080 \text{ kg SO}_{2eq}$$

Δείκτης δυναμικού ευτροφισμού (Eutrophication Potential)

$$EP = \sum_{i=1}^n (E_i \times EP_i) = 900 \text{ kg } NH_3 \times 2 = 1.800 \text{ kg } PO_{4eq}$$

Δείκτης δυναμικού Εξάντλησης Όζοντος (Ozone Depletion Potential)

$$ODP = \sum_{i=1}^n (E_i \times ODP_i) = 100 \text{ kg } CFC_{-11} \times 1 = 100 \text{ kg } CFC_{-11eq}$$

Δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (Energy Consumption)

$$EE = \sum_{i=1}^n E_i = 10.000.000 \text{ kWh} \times 60\% = 6 \text{ GWh}$$

Δείκτης χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Renewable Energy Use)

$$REU = \frac{4.000.000 \text{ kWh}}{10.000.000 \text{ kWh}} \times 100 = 40\%$$

Δείκτης ενεργειακής απόδοσης (Energy Performance Indicator)

$$EPI = \frac{\text{Energy Output}}{\text{ποσότητα προϊόντος}} = \frac{6.000.000 \text{ kWh}}{2.500.000 \text{ l}} = 2,4 \frac{\text{kWh}}{\text{l}}$$

4.3.2 Υπολογισμός δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου

Δείκτης ανθρωπίνων δικαιωμάτων (Human Rights Index)

$$RI = \frac{\text{Total Violations}}{\text{Total workers}} = \frac{6}{240} = 0,025 \text{ παραβιάσεις ανά εργαζόμενο}$$

Δείκτης υγείας και ασφάλειας εργαζομένων (Health and Safety at work Index)

$$HS = \frac{\text{Total Accidents}}{\text{Total Workers}} = \frac{18}{240} = 0,075 \text{ ατυχήματα ανά εργαζόμενο}$$

Δείκτης εκπαίδευσης και ανάπτυξης δεξιοτήτων (Education and Skills Development Index)

$$TD = \frac{\text{Trainig Hours}}{\text{Total Workers}} = \frac{5.500}{240} = 22,92 \text{ ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζομένων}$$

Δείκτης κοινωνικής αξίας (Social Value Index)

$$SV = \frac{\text{Total Jobs Created}}{\text{Total Community Members}} = \frac{40}{10000} = 0,004 \text{ νέες θέσεις εργασίας ανά κάτοικο}$$

Δείκτης συμμετοχής των κοινοτήτων (Community Engagement Index)

$$CP = \frac{\text{Total Participations}}{\text{Total Community Members}} = \frac{800}{10.000} = 0,08 \text{ συμμετοχή ανά κάτοικο}$$

Δείκτης στη δημόσια υγεία

$$PH = \frac{\text{Total Health Incidents}}{\text{Total Population}} = \frac{18}{10000} = 0,0018 \text{ περιστατικά ανά κάτοικο}$$

4.3.3 Υπολογισμός δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου

Τέλος μένει να υπολογιστούν οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας

Δείκτης Total Cost of Ownership (TCO)

$$TCO = I + O = (2.823.529,41 + 2.100.000)€ = 4.923.529,41€$$

Δείκτης Return on Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Net Gain}}{\text{Investment}} \times 100 = \frac{1.400.000€}{2.823.529,41€} \times 100 = 49,58\%$$

Δείκτης Payback Period

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Investment}}{\text{Annual Cash Flow}} = \frac{2.823.529,41€}{1.400.000€} = 2,02 \text{ χρόνια}$$

Δείκτης Net Present Value (NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - \text{Investment}$$

Οπότε, αθροιστικά έχουμε:

$$\begin{aligned}
 NPV &= (1.296.296,30 + 1.200.274,35 + 1.111.365,14 + 1.029.041,79 \\
 &\quad + 952.816,48 + 882.237,48 + 816.886,55 + 756.376,44 \\
 &\quad + 700.348,55 + 648.470,88 + 600.436 + 555.959,26 + 514.777,09 \\
 &\quad + 476.645,46 + 441.338,39 + 408.646,65 + 378.376,53 \\
 &\quad + 350.348,64 + 324.396,89 + 300.367,49 + 278.118,05 \\
 &\quad + 257.516,71 + 238.441,40 + 220.776,07 + 204.425,07)€ \\
 &\quad - 2.823.529,41€ = (14.944.686,66 - 2.823.529,41)€ \\
 &= 12.121.157,25€
 \end{aligned}$$

Δείκτης εσωτερικού ποσοστού απόδοσης ή Internal Rate of Return (IRR)

$$\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+IRR)^t} - Invenstemt = 0 \Rightarrow IRR = 54\%$$

Δείκτης Economic Value Added (EVA)

$$\begin{aligned}
 EVA &= NOPAT - (WACC \times Capital Invested) \\
 &= 1.400.000€ - (0,09 \times 2.823.529,41€) = 1.145.882,35€
 \end{aligned}$$

Δείκτης Market Share

$$Market\ Share = \frac{Sales}{Total\ Market\ Sales} \times 100 = \frac{6.000.000€}{50.000.000€} \times 100 = 12\%$$

4.3.4 Υπολογισμός δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι υπολογισμένες τιμές των δεικτών που αφορούν την περιβαλλοντική βιωσιμότητα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές στόχου.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ			
ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I_{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
LUI	162	140	ha
BI	0,77	1	Επηρεασμένα είδη
WCI	60	25	$\frac{m^3 \text{ νερού}}{m^3 \text{ χυμού}}$
GWP	500	250	tn CO ₂
CI	0,2	0,1	$\frac{kg \text{ CO}_2}{l \text{ χυμού}}$
AP	2080	1000	Kg SO _{2eq}
EP	1800	1000	kg PO _{4eq}
ODP	100	50	kg CFC _{-11eq}
EE	6	5	GWh

REU	40	80	%
EPI	2,4	1	$\frac{\text{kWh}}{\text{l}}$

Πίνακας 4.3.4 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 2^{ου} σεναρίου

Οι επιλεγέντες δείκτες, οι βαρύτητες τους καθώς και η τελική τιμή κάθε δείκτη (που είναι το γινόμενο της κανονικοποιημένης τιμής και της αντίστοιχης βαρύτητας), φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
BI	0,77	0,250	0,193
CI	0,50	0,167	0,084
REU	0,50	0,250	0,125
EPI	0,42	0,333	0,139

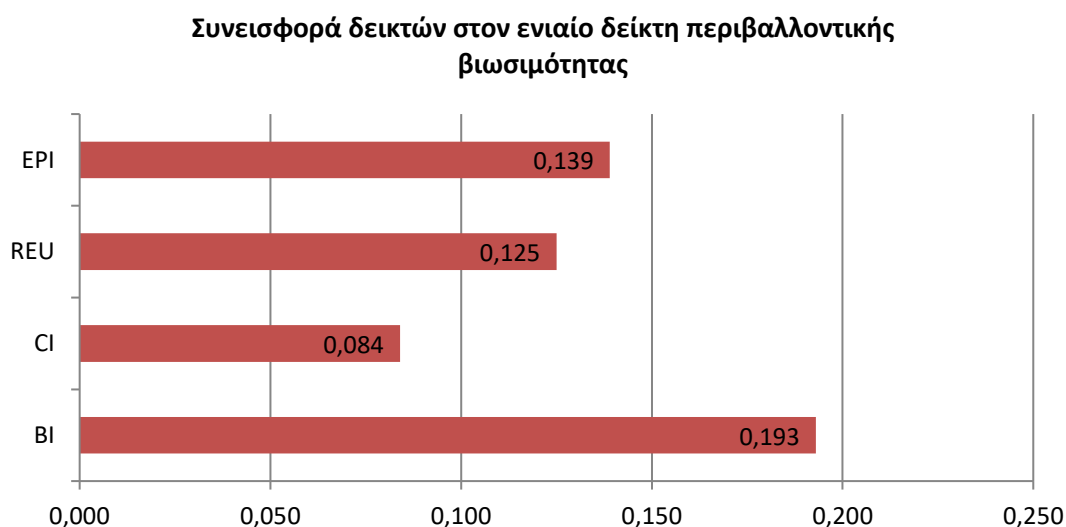
Πίνακας 4.3.5 Επιλεγμένοι δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 2^{ου} σεναρίου

Τελικά, ο ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται ως το άθροισμα των τελικών τιμών των επιλεγμένων δεικτών. Άρα:

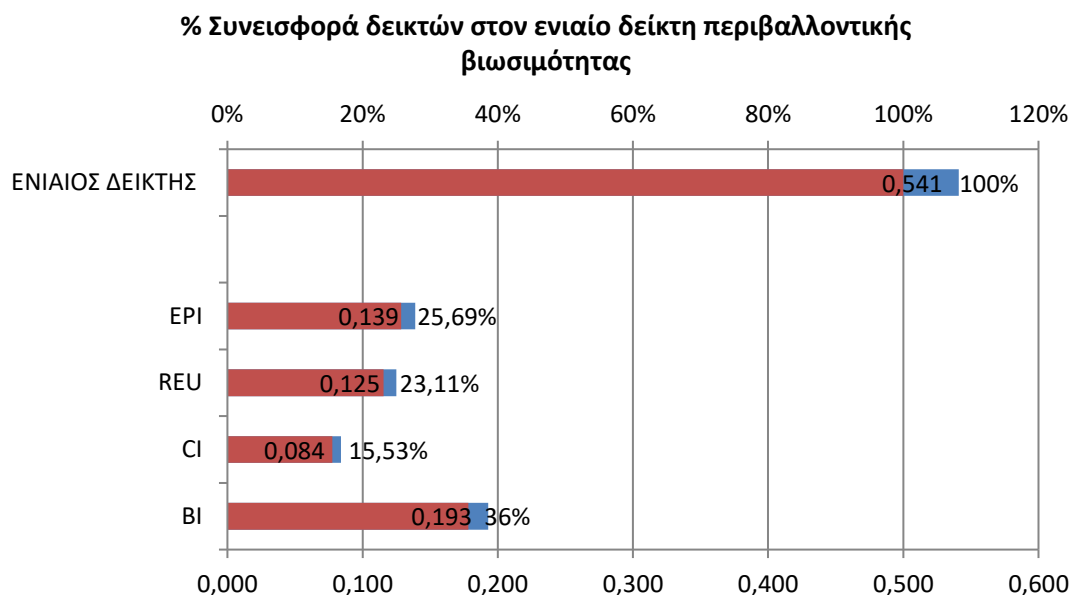
$$\text{Ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας} = 0,193 + 0,084 + 0,125 + 0,139 = 0,541$$

Άρα, **ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας του δεύτερου σεναρίου ισούται με 0,541.**

Τα αντίστοιχα διαγράμματα του σεναρίου, στα οποία φαίνεται η συνεισφορά, αριθμητική και ποσοστιαία, των επιλεγμένων δεικτών στον ολικό δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας φαίνονται παρακάτω.



Διάγραμμα 4.3.1 Τιμές επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου



Διάγραμμα 4.3.2 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου

4.3.5 Υπολογισμός δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι υπολογισμένες τιμές των δεικτών που αφορούν την κοινωνική βιωσιμότητα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές στόχου.

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I_{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
RI	0,025	0,008	Παραβιάσεις ανά εργαζόμενο
HS	0,075	0,04	Ατυχήματα ανά εργαζόμενο
TD	22,92	30	Ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζόμενο
SV	0,004	0,008	Νέες θέσεις εργασίας ανά κάτοικο
CP	0,08	0,12	Συμμετοχή ανά κάτοικο
PH	0,0018	0,0012	Περιστατικά ανά κάτοικο

Πίνακας 4.3.6 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου κοινωνικής βιωσιμότητας 2^{ου} σεναρίου

Οι επιλεγέντες δείκτες, οι βαρύτητες τους καθώς και η τελική τιμή κάθε δείκτη (που είναι το γινόμενο της κανονικοποιημένης τιμής και της αντίστοιχης βαρύτητας), φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
TD	0,76	0,333	0,255
SV	0,50	0,333	0,167
PH	0,67	0,333	0,222

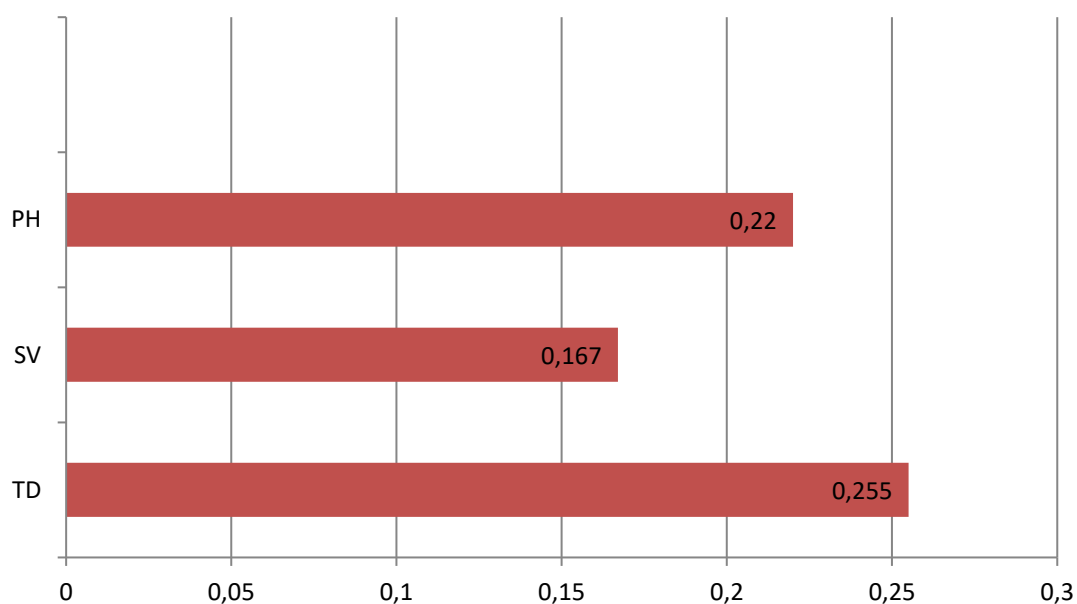
Πίνακας 4.3.7 Επιλεγμένοι δείκτες κοινωνικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 2^{ου} σεναρίου

Τελικά, ο ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται ως το άθροισμα των τελικών τιμών των επιλεγμένων δεικτών. Άρα:

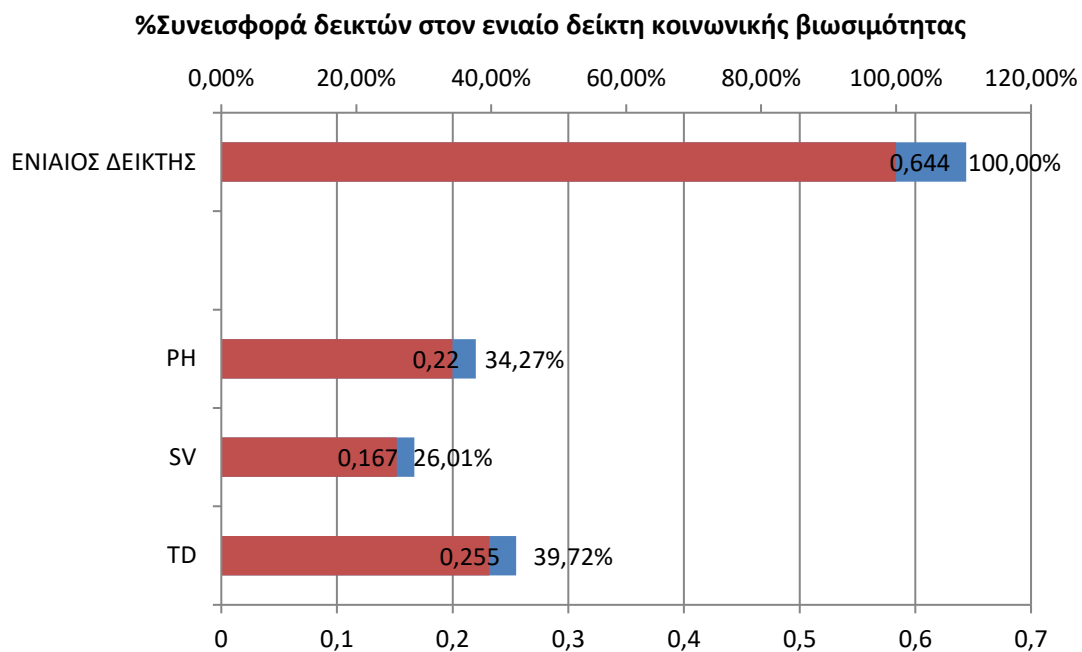
$$\text{Ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας} = 0,255 + 0,167 + 0,222 = 0,644$$

Άρα, **ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας του δεύτερου σεναρίου ισούται με 0,64**. Τα διαγράμματα των δεικτών της συγκεκριμένης κατηγορίας δεικτών φαίνονται παρακάτω.

Συνεισφορά δεικτών στον ενιαίο δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας



Διάγραμμα 4.3.3 Τιμές επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου



Διάγραμμα 4.3.4 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου

4.3.6 Υπολογισμός δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου

Τέλος, για τον υπολογισμό του ενιαίου δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας, οι υπολογισμένοι δείκτες που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς και οι τιμές στόχων τους, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I_{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
TCO	4.923.529,41	6500000	€
ROI	49,58	50	%
Payback Period	2,02	2	Χρόνια
NPV	12.121.157,25	15000000	€
IRR	54	50	%
EVA	1.145.882,35	2.000.000,00	€
Market Share	12,00	21	%

Πίνακας 4.3.8 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου οικονομικής βιωσιμότητας 2^{ου} σεναρίου

Για να υπολογιστεί ο ζητούμενος ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας, θα πρέπει να διαχωριστούν ποιοι από τους παραπάνω δείκτες (7) έχουν άμεση επιρροή από τη χρήση ΑΠΕ.

Οι επιλεγέντες δείκτες, καθώς και οι βαρύτητες τους, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

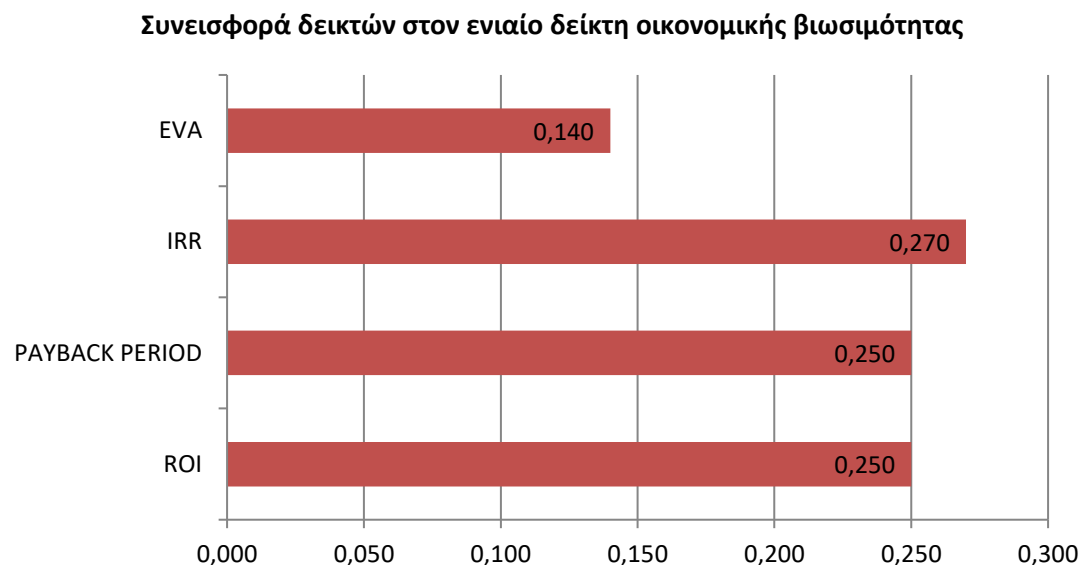
ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
ROI	0,99	0,25	0,25
PAYBACK PERIOD	0,99	0,25	0,25
IRR	1,08	0,25	0,27
EVA	0,57	0,25	0,14

Πίνακας 4.3.9 Επιλεγμένοι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 2^{ου} σεναρίου

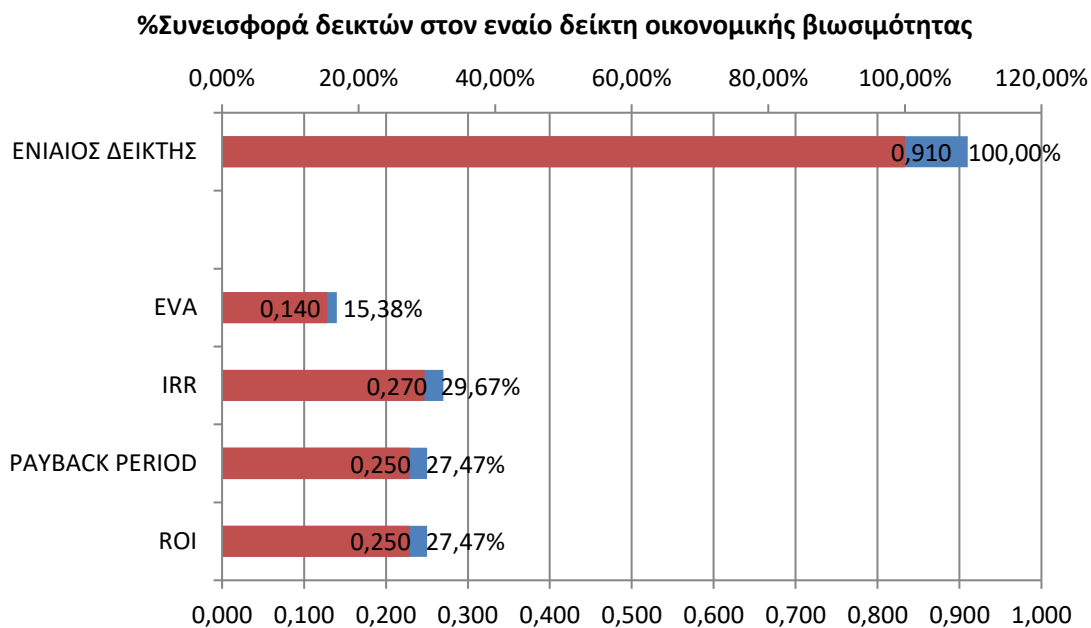
Τελικά, ο ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται εξής:

$$\text{Ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας} = 0,25 + 0,25 + 0,27 + 0,14 = 0,91$$

Άρα, **ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας του δεύτερου σεναρίου ισούται με 0,91**. Η αριθμητική καθώς και η ποσοστιαία συνεισφορά των δεικτών φαίνεται στα διαγράμματα που ακολουθούνται.



Διάγραμμα 4.3.5 Τιμές επιλεγμένων δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου



Διάγραμμα 4.3.6 Ποσοστιαία συνεισφορά επιλεγμένων δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου

4.3.7 Υπολογισμός ενιαίου δείκτη βιωσιμότητας δεύτερου σεναρίου

Στις προηγούμενες παραγράφους υπολογίστηκαν λεπτομερώς οι ενιαίοι δείκτες περιβαλλοντικής, κοινωνικής και οικονομικής βιωσιμότητας. Συνοψίζοντας, οι τιμές αυτών είναι οι εξής:

Δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας = 0,541

Δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας = 0,644

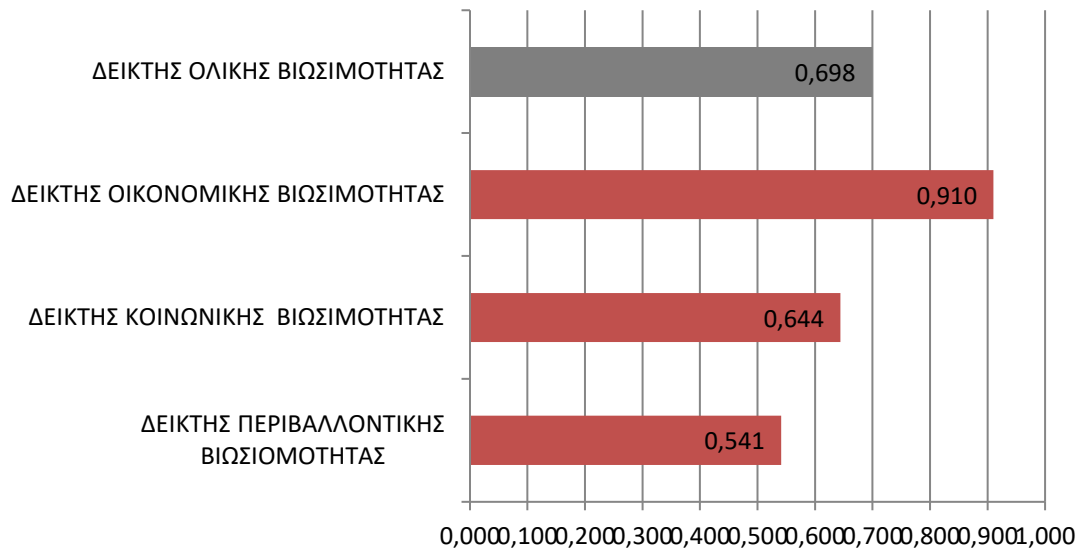
Δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας = 0,91

Επομένως,

$$\begin{aligned}
 & \text{Ολικός δείκτης βιωσιμότητας} \\
 &= \frac{\text{Δείκτης (περιβαλλοντικής + οικονομικής + κοινωνικής) βιωσιμότητας}}{3} \\
 &= \frac{0,541 + 0,644 + 0,91}{3} = 0,698
 \end{aligned}$$

Στο δεύτερο σενάριο, δηλαδή εξασφαλίζοντας 40% ΑΠΕ, ο **ολικός δείκτης βιωσιμότητας ισούται με 0,698**. Το σύνολο των δεικτών του συγκεκριμένου σεναρίου φαίνεται στο παρακάτω γράφημα.

Δείκτες βιωσιμότητας δευτέρου σεναρίου



Διάγραμμα 4.3.7 Δείκτες βιωσιμότητας δευτέρου σεναρίου

4.4 Τρίτο σενάριο – χρήση ΑΠΕ 70%

Η διοίκηση της βιομηχανίας παραγωγής φρουτοχυμού πορτοκαλιών, διαπιστώνοντας τις υψηλές απαιτήσεις ηλεκτρικής ενέργειας που χρειάζεται για τη λειτουργία της, αποφασίζει να εγκαταστήσει σε επιπλέον έκταση 2 εκταρίων, πέρα της παραγωγικής μονάδας και των πορτοκαλεώνων, φωτοβολταϊκά πάνελ, ώστε να καλύψει το 70% της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από αυτά.

Η εγκατάσταση αυτή, ανάγκασε την εταιρία στην πρόσληψη ακόμα 80 εργαζομένων και στην αύξηση των ωρών εκπαίδευσης από 3.000 σε 8.000, ώστε να διασφαλιστεί η σωστή συντήρηση και η άρτια λειτουργία των φωτοβολταϊκών συστημάτων και της παραγωγικής διαδικασίας στο σύνολό της. Με την αύξηση των εργαζομένων, παρατηρήθηκε και αύξηση των εργατικών ατυχημάτων στα 22.

Αφού αυξήθηκε η χρήση ΑΠΕ, παρατηρήθηκαν μειώσεις των εκπομπών CO₂ με αυτές να φθάνουν στις 300.000kg. Ταυτόχρονα, οι εκπομπές των ρύπων SO₂, NO_x και NH₃ ελαττώθηκαν και καταμετρήθηκαν σε 1.400kg, σε 200 kg και σε 600kg αντίστοιχα. Τέλος, η μείωση της προκαλούμενης μόλυνσης συνέβαλε θετικά στην μείωση των επηρεαζόμενων ζώων (2 είδη) και φυτών(2 είδη).

Η ελάττωση των παλαιότερων ρυπογόνων συνηθειών της βιομηχανίας, ευθύνεται και στην μείωση των περιστατικών υγείας μελών της κοινότητας, που τώρα φτάνουν τα 15.

Τέλος, σχετικά με τα οικονομικά στοιχεία της επιχείρησης, τα κέρδη παραμένουν σταθερά στα 3.500.000€. Τα πάνελ της κόστισαν 4.941.176,47€, το κόστος

ενέργειας - λειτουργίας ανέρχεται στο 1.050.000€. Τα καθαρά της κέρδη είναι 2.450.000€, ποσό που προέκυψε από τη μείωση του κόστους ρεύματος από τα κέρδη της επιχείρησης.

Συνοπτικά, τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό όλων των δεικτών βιωσιμότητας φαίνονται στους παρακάτω πίνακες. Σημειώνεται ότι στους πίνακες αυτούς περιλαμβάνονται όλα τα παραπάνω καθώς και περισσότερα στοιχεία, ώστε να υπολογιστούν στο σύνολό τους οι ζητούμενοι δείκτες.

Συνοπτικά, τα δεδομένα που απαιτούνται για τον υπολογισμό όλων των δεικτών βιωσιμότητας φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 3^{ου} σεναρίου	
Συνολικό αποτύπωμα άνθρακα – εκπομπές άνθρακα (GWP)	300.000 kg CO₂
Συνολικό αποτύπωμα νερού (WCI)	150.000 m ³
Συνολική χρήση γης (LUI)	162 ha
Συνολικό αποτύπωμα βιοποικιλότητας (BI)	Επηρεάζονται αρνητικά 2 είδη ζώων και 2 φυτικά είδη στην περιοχή
Συνολική βιοποικιλότητα περιοχής	20 είδη ζώων και 10 φυτικά είδη
Ποσότητα νερού που καταναλώθηκε (total water withdrawn)	150.000 m ³
Ποσότητα χυμού που παράγεται (total output)	2.500.000 lt
Δυναμικό θέρμανσης (GWP _i)	1 για το CO ₂
	25 για το CH ₄
	298 για το N ₂ O
Συνολική ενέργεια που απαιτείται (Energy Output)	10.000.000 kWh
Κατανάλωση ενέργειας που προέρχεται από ΑΠΕ (Renewable energy consumption)	70% / 7.000.000 kWh
Εκπομπές άλλων ουσιών πέρα του διοξειδίου του άνθρακα	1.400 kg SO₂
	200 kg NO_x
	600kg NH₃
	100 kg CFC-11

Δυναμικό οξίνισης (AP _i)	1 για το SO ₂ 0,7 για τα NO _x
Δυναμικό ευτροφισμού (EP _i)	2 για το NH ₃
Δυναμικό εξάντλησης όζοντος	1 για CFC-11

Πίνακας 4.4.1 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 3^{ου} σεναρίου

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας 3^{ου} σεναρίου	
Παραβιάσεις ανθρωπίνων δικαιωμάτων (Total Violations)	6
Συνολικός αριθμός εργαζομένων (Total workers)	280
Αριθμός ατυχημάτων (Total accidents)	22
Ώρες εκπαίδευσης (Training hours)	8.000
Θέσεις εργασίας που δημιουργήθηκαν (Total jobs created)	80
Συνολικός πληθυσμός κοινότητας (Community members)	10.000
Αριθμός μελών κοινότητας που συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων (Total Participations)	800
Αριθμός περιστατικών υγείας λόγω ρύπανσης (Total health incidents)	15

Πίνακας 4.4.2 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας 3^{ου} σεναρίου

Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας 3^{ου} σεναρίου	
Κόστος επένδυσης ή αρχική επένδυση (I)	4.941.176,47€
Λειτουργικό κόστος (O)	1.050.000€
Κέρδη επιχείρησης	3.500.000€
Καθαρά κέρδη-ταμειακή ροή	2.450.000€
Προεξοφλητικός συντελεστής (r)	8%
Μελετώμενος Χρόνος (t)	25 χρόνια (μέσος χρόνος ζωής φωτοβολταϊκών)
Μέσος σταθμικός κόστος κεφαλαίου (WACC)	9%

Συνολικές πωλήσεις εταιρείας (sales)	6.000.000€
Συνολικές πωλήσεις αγοράς (total market sales)	50.000.000€

Πίνακας 4.4.3 Δεδομένα για τον υπολογισμό δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας 3^{ου} σεναρίου

4.4.1 Υπολογισμός δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

Ακολουθούν επιγραμματικά οι υπολογισμοί των δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας του πρώτου σεναρίου.

Δείκτης χρήσης γης (Land use index)

$$LUI = \text{έκταση πορτοκαλεώνων} + \text{έκταση παραγωγικής μονάδας} + \text{επέκταση} \\ = (10 + 150 + 2)ha = 162ha$$

Δείκτης βιοποικιλότητας (Biodiversity Index)

$$SHI = 1 - \frac{\text{Συνολικός αριθμός ειδών σε κίνδυνο}}{\text{Συνολικός αριθμός ειδών}} \\ = 1 - \frac{\text{επηρεαζόμενα ζώα} + \text{επηρεαζόμενα φυτά}}{\text{συνολικός αριθμός ειδών}} = 1 - \frac{2 + 2}{20 + 10} \\ = 0,87$$

Δείκτης κατανάλωσης νερού (Water Consumption Index)

$$WCI = \frac{\text{Total Water Withdrawn}}{\text{Total Output}} = \frac{150.000 \text{ m}^3}{2.500.000 \text{ l}} = 0,06 \frac{\text{m}^3}{\text{l}} = 60 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^3}$$

Δείκτης αποτύπωμα άνθρακα (Carbon Footprint)

$$GWP = 300.000 \text{ kg CO}_2 = 300 \text{ tn CO}_2$$

Δείκτης έντασης άνθρακα (Carbon Intesity)

$$CI = \frac{\text{Total CO}_2 \text{ Emissions}}{\text{Total Output}} = \frac{300.000 \text{ kg CO}_2}{2.500.000 \text{ l χυμού}} = 0,12 \frac{\text{kgCO}_2}{\text{l χυμού}}$$

Δείκτης δυναμικού οξίνισης (Acidification Potential)

$$AP = \sum_{i=1}^n (E_i \times AP_i) = (1.400 \text{ kg } SO_2 \times 1) + (200 \text{ kg } NO_x \times 0,7) \\ = 1.540 \text{ kg } SO_{2eq}$$

Δείκτης δυναμικού ευτροφισμού (Eutrophication Potential)

$$EP = \sum_{i=1}^n (E_i \times EP_i) = 600 \text{ kg } NH_3 \times 2 = 1.200 \text{ kg } PO_{4eq}$$

Δείκτης δυναμικού Εξάντλησης Όζοντος (Ozone Depletion Potential)

$$ODP = \sum_{i=1}^n (E_i \times ODP_i) = 100 \text{ kg } CFC_{-11} \times 1 = 100 \text{ kg } CFC_{-11eq}$$

Δείκτης κατανάλωσης ενέργειας (Energy Consumption)

$$EE = \sum_{i=1}^n E_i = 10.000.000 \text{ kWh} \times 30\% = 3 \text{ GWh}$$

Δείκτης χρήσης ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (Renewable Energy Use)

$$REU = \frac{7.000.000 \text{ kWh}}{10.000.000 \text{ kWh}} \times 100 = 70\%$$

Δείκτης ενεργειακής απόδοσης (Energy Performance Indicator)

$$EPI = \frac{\text{Energy Output}}{\text{ποσότητα προϊόντος}} = \frac{3.000.000 \text{ kWh}}{2.500.000 \text{ l}} = 1,2 \frac{\text{kWh}}{\text{l}}$$

4.4.2 Υπολογισμός δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

Δείκτης ανθρωπίνων δικαιωμάτων (Human Rights Index)

$$RI = \frac{\text{Total Violations}}{\text{Total workers}} = \frac{6}{280} = 0,021 \text{ παραβιάσεις ανά εργαζόμενο}$$

Δείκτης υγείας και ασφάλειας εργαζομένων (Health and Safety at work Index)

$$HS = \frac{\text{Total Accidents}}{\text{Total Workers}} = \frac{22}{280} = 0,079 \text{ ατυχήματα ανά εργαζόμενο}$$

Δείκτης εκπαίδευσης και ανάπτυξης δεξιοτήτων (Education and Skills Development Index)

$$TD = \frac{\text{Trainig Hours}}{\text{Total Workers}} = \frac{8.000}{280} = 28,57 \text{ ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζομένων}$$

Δείκτης κοινωνικής αξίας (Social Value Index)

$$SV = \frac{\text{Total Jobs Created}}{\text{Total Community Members}} = \frac{80}{10000} = 0,008 \text{ νέες θέσεις εργασίας ανά κάτοικο}$$

Δείκτης συμμετοχής των κοινοτήτων (Community Engagement Index)

$$CP = \frac{\text{Total Participations}}{\text{Total Community Members}} = \frac{800}{10.000} = 0,08 \text{ συμμετοχή ανά κάτοικο}$$

Δείκτης επιπτώσεων στη δημόσια υγεία

$$PH = \frac{\text{Total Health Incidents}}{\text{Total Population}} = \frac{15}{10000} = 0,0015 \text{ περιστατικά ανά κάτοικο}$$

4.4.3 Υπολογισμός δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

Τέλος μένει να υπολογιστούν οι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας.

Δείκτης Total Cost of Ownership (TCO)

$$TCO = I + O = (4.941.176,47 + 1.050.000)€ = 5.991.176,47 €$$

Δείκτης Return on Investment (ROI)

$$ROI = \frac{\text{Net Gain}}{\text{Investment}} \times 100 = \frac{2.450.000€}{4.941.176,47€} \times 100 = 49,58\%$$

Δείκτης Payback Period

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Investment}}{\text{Annual Cash Flow}} = \frac{4.941.176,47€}{2.450.000€} = 2,02 \text{ χρόνια}$$

Δείκτης Net Present Value (NPV)

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+r)^t} - \text{Investment}$$

Οπότε, αθροιστικά έχουμε:

$$NPV = (2.268.518,52 + 2.100.480,11 + 1.944.888,99 + 1.800.823,14 + 1.667.428,83 + 1.543.915,59 + 1.429.551,47 + 1.323.658,77 + 1.225.609,97 + 1.134.824,05 + 1.050.763,01 + 972.928,71 + 900.859,92 + 834.129,55 + 772.342,18 + 715.131,65 + 662.158,93 + 613.110,12 + 567.694,56 + 525.643,11 + 486.706,58 + 450.654,24 + 417.272,45 + 386.363,88 + 357.743,87)€ - 4.941.176,47€ = 21.212.025,19€$$

Δείκτης εσωτερικού ποσοστού απόδοσης ή Internal Rate of Return (IRR)

$$\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1 + IRR)^t} - Invenstemt = 0 \Rightarrow IRR = 38,50\%$$

Δείκτης Economic Value Added (EVA)

$$EVA = NOPAT - (WACC \times Capital Invested) \\ = 2.450.000€ - (0,09 \times 4.941.176,47€) = 2.005.294,12€$$

Δείκτης Market Share

$$Market Share = \frac{Sales}{Total Market Sales} \times 100 = \frac{6.000.000€}{50.000.000€} \times 100 = 12\%$$

4.4.4 Υπολογισμός δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι υπολογισμένες τιμές των δεικτών που αφορούν την περιβαλλοντική βιωσιμότητα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές στόχου.

ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΒΙΩΣΙΜΟΤΗΤΑΣ			
ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I_{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
LUI	162,00	140	ha
BI	0,87	1	Επηρεασμένα είδη
WCI	60,00	25	$\frac{m^3 \text{ νερού}}{m^3 \text{ χυμού}}$
GWP	300,00	250	tn CO ₂
CI	0,12	0,1	$\frac{kg \text{ CO}_2}{l \text{ χυμού}}$
AP	1.540,00	1000	kg SO _{2eq}
EP	1.200,00	1000	kg PO _{4eq}
ODP	100,00	50	kg CFC _{-11eq}
EE	3,00	5	GWh

REU	70	80	%
EPI	1,20	1	$\frac{\text{kWh}}{\text{I}}$

Πίνακας 4.4.4 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου περιβαλλοντικής βιωσιμότητας 3^{ου} σεναρίου

Οι επιλεγέντες δείκτες, οι βαρύτητες τους καθώς και η τελική τιμή κάθε δείκτη (που είναι το γινόμενο της κανονικοποιημένης τιμής και της αντίστοιχης βαρύτητας), φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
BI	0,87	0,250	0,217
CI	0,83	0,167	0,139
REU	0,88	0,250	0,219
EPI	0,83	0,333	0,278

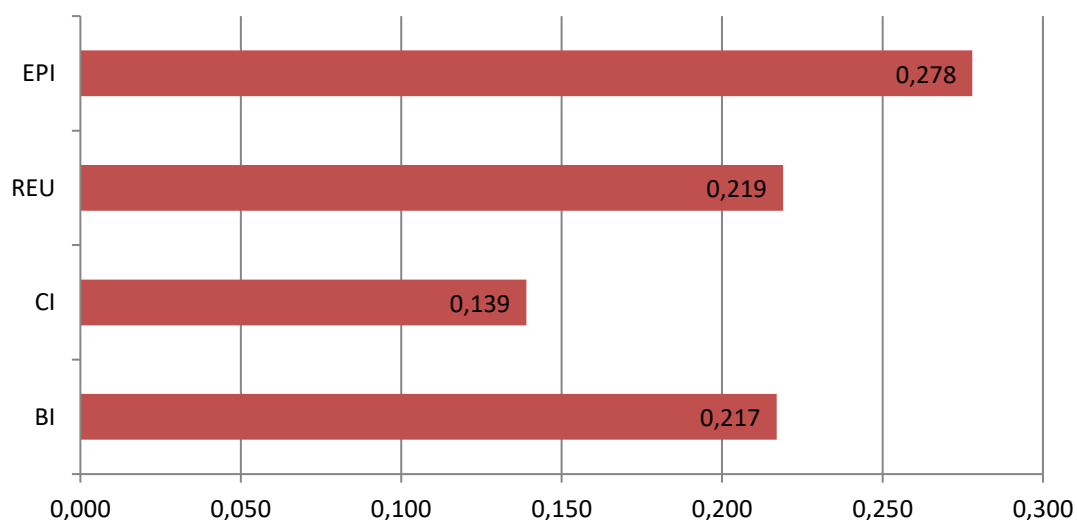
Πίνακας 4.4.5 Επιλεγμένοι δείκτες περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 3^{ου} σεναρίου

Τελικά, ο ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται ως το άθροισμα των τελικών τιμών των επιλεγμένων δεικτών. Άρα:

$$\begin{aligned} & \text{Ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας} \\ & = 0,217 + 0,139 + 0,219 + 0,278 = 0,853 \end{aligned}$$

Άρα, **ενιαίος δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας του τρίτου σεναρίου ισούται με 0,852** και τα γραφήματα που δείχνουν την συνεισφορά των δεικτών ακολουθούν.

Συνεισφορά δεικτών στον ενιαίο δείκτη περιβαλλοντικής βιωσιμότητας



Διάγραμμα 4.4.1 Τιμές επιλεγμένων δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας τέταρτου σεναρίου



Διάγραμμα 4.4.2 Ποσοστιαία συνεισφορά δεικτών περιβαλλοντικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

4.4.5 Υπολογισμός δείκτη κοινωνικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι υπολογισμένες τιμές των δεικτών που αφορούν την κοινωνική βιωσιμότητα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές στόχου.

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I_{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
RI	0,021	0,008	Παραβιάσεις ανά εργαζόμενο
HS	0,0785	0,04	Ατυχήματα ανά εργαζόμενο
TD	28,57	30	Ώρες εκπαίδευσης ανά εργαζόμενο
SV	0,008	0,008	Νέες θέσεις εργασίας ανά κάτοικο
CP	0,08	0,12	Συμμετοχή ανά κάτοικο
PH	0,0015	0,0012	Περιστατικά ανά κάτοικο

Πίνακας 4.4.6 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου κοινωνικής βιωσιμότητας 3^{ου} σεναρίου

Οι επιλεγέντες δείκτες, οι βαρύτητες τους καθώς και η τελική τιμή κάθε δείκτη (που είναι το γινόμενο της κανονικοποιημένης τιμής και της αντίστοιχης βαρύτητας), φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

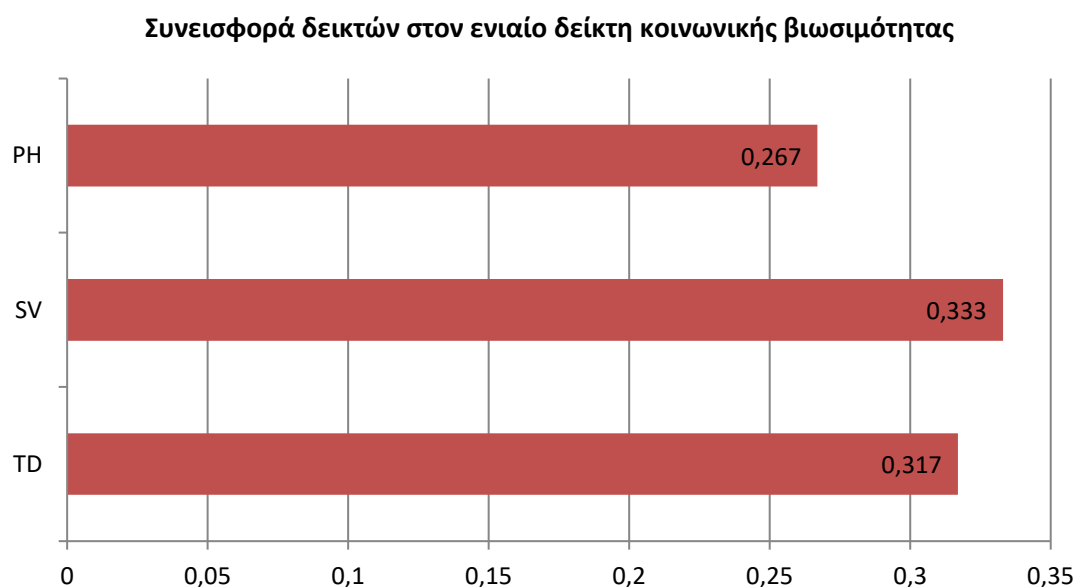
ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
TD	0,95	0,333	0,317
SV	1	0,333	0,333
PH	0,80	0,333	0,267

Πίνακας 4.4.7 Επιλεγμένοι δείκτες κοινωνικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 3^{ου} σεναρίου

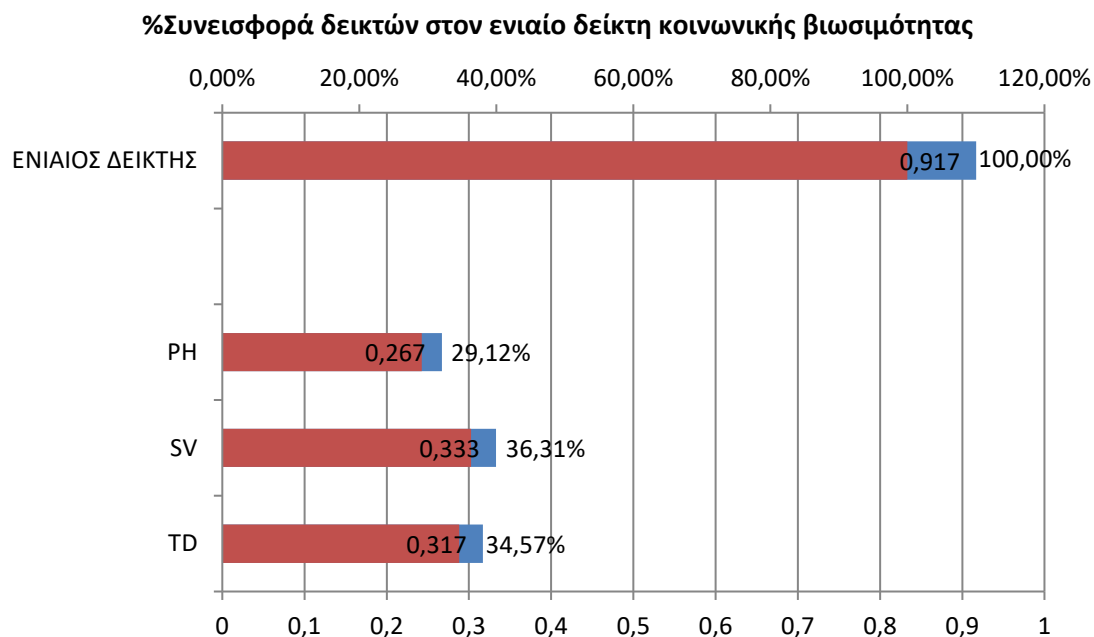
Τελικά, ο ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται ως το άθροισμα των τελικών τιμών των επιλεγμένων δεικτών. Άρα:

$$\text{Ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας} = 0,317 + 0,333 + 0,267 = 0,917$$

Άρα, **ενιαίος δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας του τρίτου σεναρίου ισούται με 0,917** και τα γραφήματα που δείχνουν την συνεισφορά των δεικτών ακολουθούν.



Διάγραμμα 4.4.3 Τιμές επιλεγμένων δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου



Διάγραμμα 4.4.4 Ποσοστιαία συνεισφορά δεικτών κοινωνικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

4.4.6 Υπολογισμός δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

Τέλος, για τον υπολογισμό του ενιαίου δείκτη οικονομικής βιωσιμότητας, οι υπολογισμένοι δείκτες που θα χρησιμοποιηθούν, καθώς και οι τιμές στόχων τους, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΔΕΙΚΤΗΣ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ – ΣΤΟΧΟΥ (I_{target})	ΜΟΝΑΔΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ
TCO	5.991.176,47	6.500.000	€
ROI	49,583	50	%
Payback Period	2,02	2	Χρόνια
NPV	21.212.025,19	15.000.000	€
IRR	38,50	50	%
EVA	2.005.294,12	2.000.000	€
Market Share	12	21	%

Πίνακας 4.4.8 Πίνακας δεικτών και δεικτών στόχου οικονομικής βιωσιμότητας 3^{ου} σεναρίου

Για να υπολογιστεί ο ζητούμενος ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας, θα πρέπει να διαχωριστούν ποιοι από τους παραπάνω δείκτες (7) έχουν άμεση επιρροή από τη χρήση ΑΠΕ.

Οι επιλεγέντες δείκτες, καθώς και οι βαρύτητες τους, φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

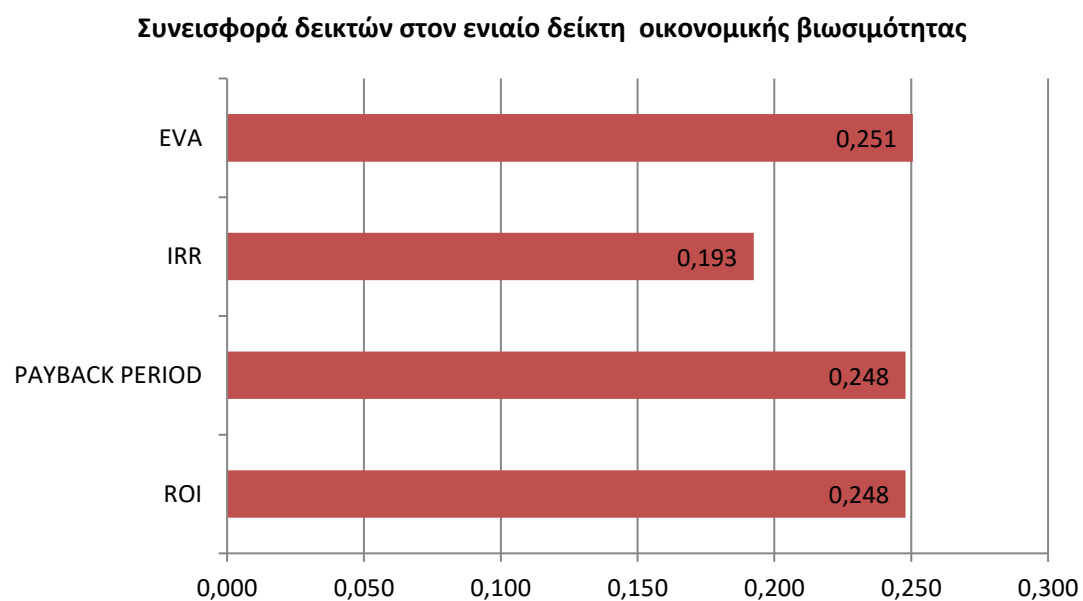
ΔΕΙΚΤΕΣ	ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΤΙΜΗ	ΒΑΡΥΤΗΤΑ ΔΕΙΚΤΗ	ΤΙΜΗ ΔΕΙΚΤΗ
ROI	0,991	0,25	0,248
PAYBACK PERIOD	0,991	0,25	0,248
IRR	0,77	0,25	0,193
EVA	1,00	0,25	0,25

Πίνακας 4.4.9 Επιλεγμένοι δείκτες οικονομικής βιωσιμότητας, βαρύτητα δεικτών και τελική τιμή δεικτών 3^{ου} σεναρίου

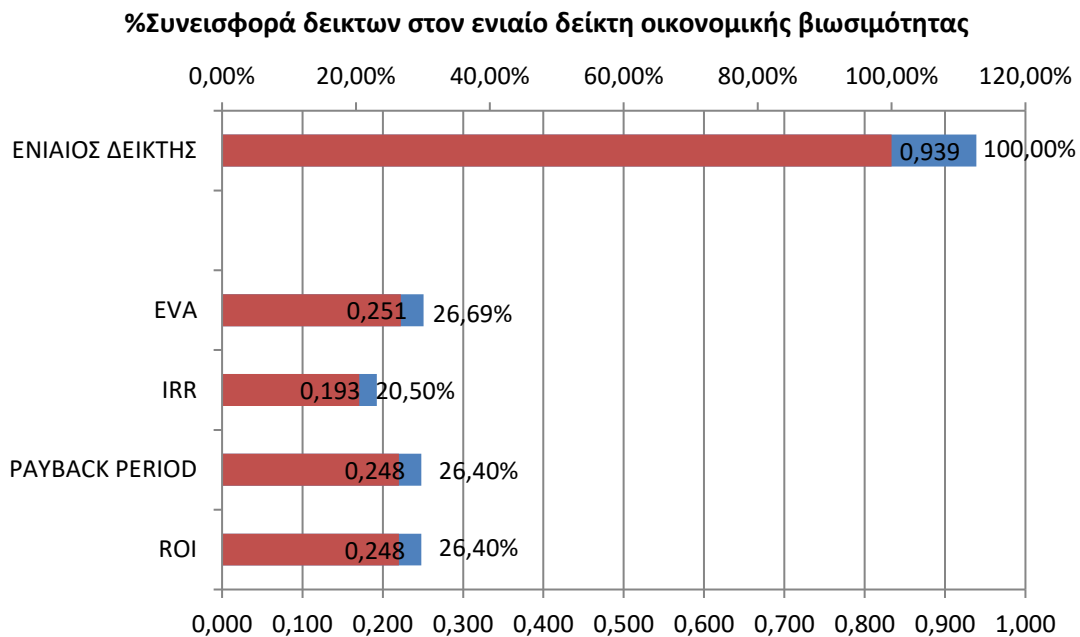
Τελικά, ο ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας, υπολογίζεται εξής:

$$\begin{aligned} \text{Ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας} &= 0,248 + 0,248 + 0,193 + 0,25 \\ &= 0,939 \end{aligned}$$

Άρα, **ενιαίος δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας του τρίτου σεναρίου ισούται με 0,939** και τα γραφήματα που δείχνουν την συνεισφορά των δεικτών ακολουθούν.



Διάγραμμα 4.4.5 Τιμές επιλεγμένων δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου



Διάγραμμα 4.4.6 Ποσοστιαία συνεισφορά δεικτών οικονομικής βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

4.4.7 Υπολογισμός ενιαίου δείκτη βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

Στις προηγούμενες παραγράφους υπολογίστηκαν λεπτομερώς οι ενιαίοι δείκτες περιβαλλοντικής, κοινωνικής και οικονομικής βιωσιμότητας. Συνοψίζοντας, οι τιμές αυτών είναι οι εξής:

Δείκτης περιβαλλοντικής βιωσιμότητας = 0,853

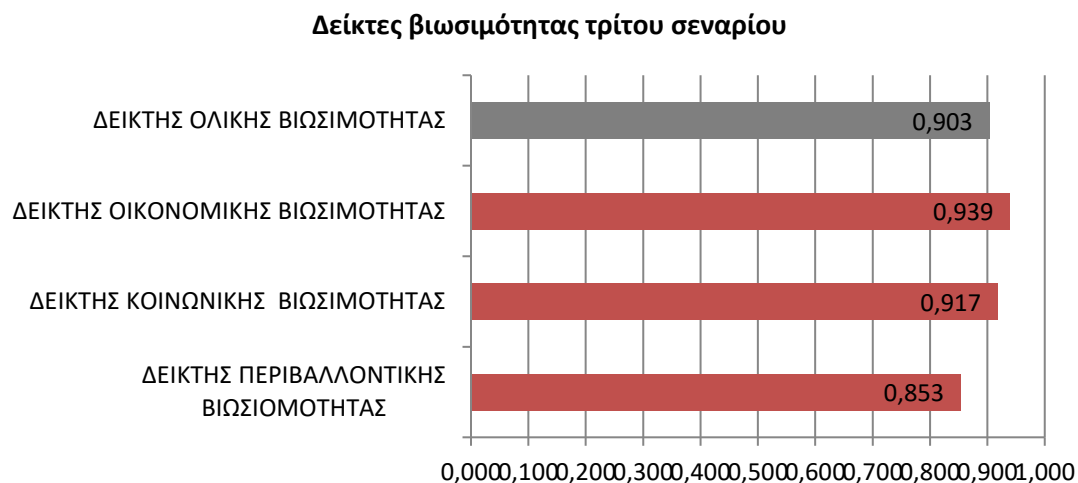
Δείκτης κοινωνικής βιωσιμότητας = 0,917

Δείκτης οικονομικής βιωσιμότητας = 0,939

Επομένως,

$$\begin{aligned}
 &\text{Ολικός δείκτης βιωσιμότητας} \\
 &= \frac{\text{Δείκτης (περιβαλλοντικής + οικονομικής + κοινωνικής) βιωσιμότητας}}{3} \\
 &= \frac{0,853 + 0,917 + 0,939}{3} = 0,903
 \end{aligned}$$

Στο τρίτο σενάριο, δηλαδή εξασφαλίζοντας 70% ΑΠΕ, ο **ολικός δείκτης βιωσιμότητας** ισούται με **0,903**. Ακολουθεί γράφημα με συγκεντρωμένους όλους τους δείκτες βιωσιμότητας του τρίτου σεναρίου.



Διάγραμμα 4.4.7 Δείκτες βιωσιμότητας τρίτου σεναρίου

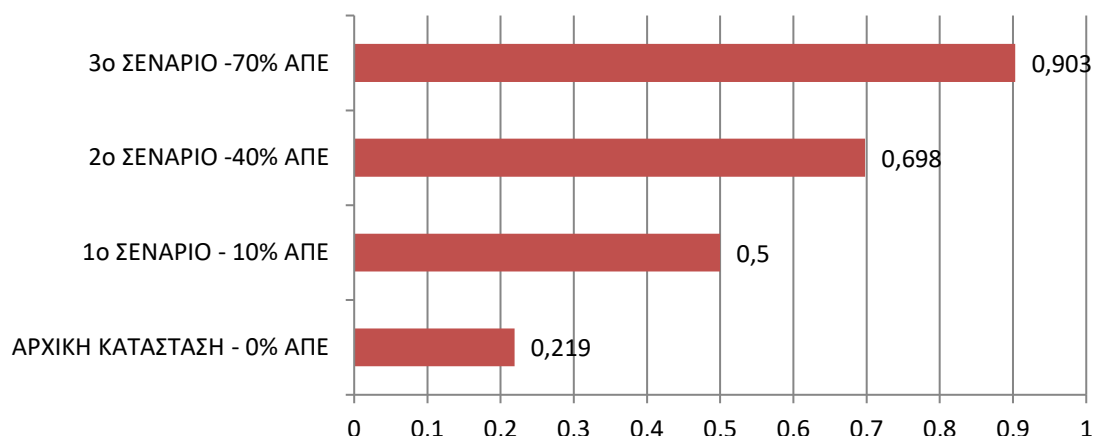
4.5 Σύγκριση αποτελεσμάτων

Ακολουθεί ένας συγκεντρωτικός πίνακας όπου περιέχονται στο σύνολό τους οι ολικοί δείκτες βιωσιμότητας της αρχικής κατάστασης της βιομηχανίας, όπως και των τριών σεναρίων που μελετήθηκαν. Ακόμα, οι μεταβολές αυτές του ολικού δείκτη βιωσιμότητας φαίνονται και διαγραμματικά.

	Δείκτες βιωσιμότητας			
	Περιβαλλοντικής	Κοινωνικής	Οικονομικής	Ολική βιωσιμότητα
Αρχική κατάσταση	0,275	0,382	0	0,219
Σενάριο 1°	0,334	0,437	0,73	0,50
Σενάριο 2°	0,541	0,644	0,91	0,698
Σενάριο 3°	0,852	0,917	0,939	0,903

Πίνακας 4.5.1 Συγκεντρωτικός πίνακας δεικτών αρχικής κατάστασης και σεναρίων

Δείκτες ολικής βιωσιμότητας



Διάγραμμα 4.5.1 Δείκτες ολικής βιωσιμότητας

Όπως είναι εμφανές, η αρχική κατάσταση της βιομηχανίας χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλή βιωσιμότητα. Για αυτό ευθύνονται, κυρίως, οι πολύ υψηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνονται κατά τη λειτουργία της βιομηχανίας.

Κατά το πρώτο σενάριο, εξασφαλίζοντας το 10% της απαιτούμενης ηλεκτρικής ενέργειας από ΑΠΕ, ο δείκτης της ολικής βιωσιμότητας αυξάνεται κατά **128,31%**. Παρατηρείται πως με αυτή την μικρή μεν εφαρμογή ΑΠΕ, η ολική βιωσιμότητα, φτάνει στο ήμισυ των επιθυμητών επιπέδων.

Συγκρίνοντας το πρώτο με το δεύτερο σενάριο, δηλαδή αυξάνοντας το ποσοστό χρήσης ΑΠΕ από 10 σε 40, υπολογίζεται μία αύξηση του μελετώμενου ολικού δείκτη κατά 39,6%. Τέλος, φθάνοντας το ποσοστό αυτό από 40% σε 70%, σε ένα αισιόδοξο σενάριο, ο ολικός δείκτης βιωσιμότητας υπολογίζεται ίσος με 0,903, έχοντας μία αύξηση ίση με 29,37%.

5 Συμπεράσματα

Σκοπός της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας ήταν η ανάλυση δεικτών βιωσιμότητας και η μελέτη της εφαρμογής τους στο πλαίσιο των ψηφιακών διαβατηρίων προϊόντων.

Αναφέρονται τα δεδομένα που πρέπει να περιέχονται σε αυτά, οι τρόποι απεικόνισή τους μέχρι να φθάσουμε στην ποσοτικοποίηση της βιωσιμότητας σε ένα προϊόν. Για όλα τα παραπάνω συλλέχθηκαν βιβλιογραφικά στοιχεία.

Για να επιτευχθεί η ζητούμενη ποσοτικοποίηση της συνολικής βιωσιμότητας ενός προϊόντος, συλλέχθηκαν διάφοροι δείκτες και κατηγοριοποιήθηκαν ανάλογα με την ομάδα τους, σε περιβαλλοντικούς, κοινωνικούς και οικονομικούς δείκτες. Εν συνεχεία, για κάθε έναν από αυτούς περιεγράφηκε η σύνδεσή τους με τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων.

Με βάση των δεδομένων της αρχικής κατάστασης μιας βιομηχανίας, υπολογίστηκαν στο σύνολό τους οι δείκτες. Σημειώνεται ότι λόγω της έλλειψης πραγματικών στοιχείων, διαμορφώθηκε ένα υποθετικό σενάριο βιομηχανίας. Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν οι δείκτες και των τριών κατηγοριών και τελικά ο ολικός δείκτης βιωσιμότητας. Στην επεξεργασία αυτή συμπεριλήφθηκαν μόνο οι δείκτες που συνδέονται με την εφαρμογή ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η επεξεργασία αυτή, μπορεί να λάβει χώρα είτε τμηματικά σε διαφορετικά στάδια της παραγωγικής διαδικασίας, είτε στο τέλος σε ένα Digital Product Passport.

Εν συνεχεία, οι υπολογισμοί των επιλεγμένων δεικτών έγινε για τρία υποθετικά σενάρια. Σε αυτά, από 0% χρήση ΑΠΕ στην αρχική κατάσταση, αυξήθηκε σε 10% (πρώτο σενάριο), σε 40% (δεύτερο σενάριο) και σε 70% (τρίτο σενάριο). Η υπολογισμένη ολική βιωσιμότητα της αρχικής κατάστασης υπολογίστηκε στο 0,219. Στην αύξηση των ΑΠΕ σε 10% έφτασε στο 0,50 ενώ στην αντίστοιχη αύξηση σε 40% υπολογίστηκε 0,698. Η ολική βιωσιμότητα έφθασε στο 0,903, φθάνοντας πολύ κοντά την απόλυτη τιμή βιωσιμότητας όταν η χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανέβηκε σε ποσοστό 70%.

Αυξάνοντας κάθε φορά το ποσοστό των ΑΠΕ που αξιοποιεί η επιχείρηση, ελαττώνονται οι ρύποι της βιομηχανίας. Τα απειλούμενα είδη, ζώων και φυτών, μειώνονται, όπως και τα περιστατικά υγείας της κοινότητας. Ταυτόχρονα, για τη σωστή λειτουργία των φωτοβολταϊκών στοιχείων, δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας. Αυξάνοντας το εργατικό δυναμικό, αυξάνονται και οι ώρες εκπαίδευσης του, ώστε να διασφαλιστεί η άρτια και σωστή χρήση τους. Τέλος, όσον αφορά τα οικονομικά στοιχεία της βιομηχανίας αλλάζουν και αυτά. Από τη μία το ποσό επένδυσης αυξάνεται σε κάθε σενάριο, αφού πρέπει να εξασφαλιστεί ο κατάλληλος αριθμός φωτοβολταϊκών πάνελ. Από την άλλη, το λειτουργικό κόστος της μειώνεται κάθε φορά, αφού οι απαιτήσεις για συμβατικό ρεύμα μικραίνουν. Μέσω των υπολογισμών αυτών, παρατηρήθηκε πως αυξάνοντας κάθε φορά τα ποσοστά χρήσης ΑΠΕ, αυξάνεται αντιστοίχως και η συνολική βιωσιμότητα του προϊόντος.

Όσον αφορά το σύνολο των δεικτών που ερευνήθηκαν, δεν συμπεριλήφθηκαν όλοι στον υπολογισμό της ολικής βιωσιμότητας κάθε σεναρίου. Αυτό κυρίως, επειδή αρκετοί δείκτες απαιτούν κοινά δεδομένα για τον υπολογισμό τους (όπως

ο Δείκτης αποτύπωμα άνθρακα με τον Δείκτη έντασης άνθρακα). Για την απλούστευση του τελικού υπολογισμού, συμπεριλήφθηκαν οι δείκτες που έχουν μεγαλύτερη συμβολή από άλλους, επικεντρώνοντας πάντα τους υπολογισμούς σε αυτούς που είναι άμεσα συνδεδεμένοι με την χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ακόμα, προσπαθώντας να δοθεί ένα ακριβές και ορθό τελικό αποτελέσματα δεν συμπεριλήφθηκαν δείκτες, ο υπολογισμός των οποίων δεν είχαν ακριβείς τύπους και ήταν αυθαίρετοι.

Έτσι, από τους 11 περιβαλλοντικούς δείκτες που παρουσιάστηκαν, συμπεριλήφθηκαν 4, ο Δείκτης Βιωσιμότητας, ο Δείκτης έντασης άνθρακα, ο Δείκτης χρήσης ΑΠΕ και ο Δείκτης της ενεργειακής απόδοσης. Από τους αντίστοιχους κοινωνικούς δείκτες, 6 στο σύνολό τους, συμπεριλήφθηκαν 3. Ο Δείκτης εκπαίδευσης και ανάπτυξης δεξιοτήτων, ο Δείκτης Κοινωνικής αξίας και ο Δείκτης επιπτώσεων στη δημόσια υγεία. Τέλος, οι οικονομικοί δείκτες που συλλέχθηκαν ήταν 7, με 4 από αυτούς να συμπεριλαμβάνονται στον υπολογισμό της οικονομικής βιωσιμότητας κάθε σεναρίου. Αυτοί είναι ο Δείκτης Return on investment, ο Δείκτης Payback Period, ο Δείκτης εσωτερικού ποσοστού απόδοσης και, τέλος, ο Δείκτης Economic value added.

Εν κατακλείδι, όπως προαναφέρθηκε, η μελέτη των δεικτών βιωσιμότητας δεν έγινε με βάση δεδομένων μιας πραγματικής βιομηχανίας. Μελλοντικά, μέσω της εξασφάλισης πραγματικών στοιχείων, θα μπορεί να διαπιστωθεί εάν η ομάδα δεικτών είναι αντιπροσωπευτική και σε μη υποθετικό επίπεδο. Επιπροσθέτως, οι δείκτες αυτοί θα μπορούσαν να εμπλουτιστούν με περισσότερες ομάδες, όπως τεχνολογικοί δείκτες. Ακόμα, στην παρούσα εργασία, θα είχε ενδιαφέρον να προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε την απόλυτη βιωσιμότητα σε κάθε τομέα, περιβαλλοντικό, κοινωνικό και οικονομικό, πράγμα που είναι πολύ δύσκολο και σχεδόν αδύνατο. Τέλος, θα πρέπει να δοθούν περισσότερες λεπτομέρειες και να αναπτυχθεί πλήρως το πλαίσιο στο οποίο αναπτύσσονται τα ψηφιακά διαβατήρια προϊόντων. Η πρώτη υποχρεωτική τους εφαρμογή θα είναι σύντομη και θα πρέπει να καλυφθούν όλα τα κενά που υπάρχουν γύρω από αυτά.

Βιβλιογραφία

Ahmed, Imtiaz, και συν. 2024. Assessing vulnerability of fishermen communities in coastal Bangladesh: A “climate vulnerability index”- based study in Assasuni Upazila, Satkhira, Bangladesh. *Science Direct*. [Ηλεκτρονικό] 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666592123001415>.

Anderson, Thomas R., Hawkins, Ed and Jones, D. Philip. 2016. CO₂, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. *Science Direct*. [Online] 2016. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160932716300308?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=81d27b71a95dee98.

Arias, Ana, Feijoo, Gumersindo and Moreira, Maria Teresa. 2023. Advancing the European energy transition based on environmental, economic and social justice. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550923002439>.

Bayraktar, Murat and Yuksel, Onur. 2023. A scenario-based assessment of the energy efficiency existing ship index (EEXI) and carbon intensity indicator (CII) regulations. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029801823006790>.

Berger, Katharina, et al. 2023. Confidentiality-preserving data exchange to enable sustainable product management via digital product passports - a conceptualization. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827123000410>.

Berger, Katharina, et al. 2023. Factors of digital product passport adoption to enable circular information flows along the battery value chain. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827123000896>.

Berger, Katharina, Schoggl, Josef-Peter and Baumgartner, Rupert J. 2022. Digital battery passports to enable circular and sustainable value chains: Conceptualization and use cases. *Science Direct*. [Online] 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622011131>.

Blok, Julia. 2024. Digital Product Passports: Increasing Transparency in the Fashion. [Ηλεκτρονικό] 2024. https://essay.utwente.nl/98164/1/Blok_BA_EEMCS.pdf.

Boardman, Calvin, Reinhart, Walter J. and Celec, Stephen E. 2006. The Role of the Payback Period in the Theory and Application of Duration to Capital Budgeting. *ResearchGate*. [Online] 2006. https://www.researchgate.net/publication/229584069_The_Role_of_the_Payback_Period_in_the_Theory_and_Application_of_Duration_to_Capital_Budgeting.

Botchkarev, Alexei. 2011. The Use of Return on Investment (ROI) in the Performance Measurement and Evaluation of Information Systems. *ResearchGate*. [Ηλεκτρονικό] 2011. https://www.researchgate.net/publication/251422412_The_Use_of_Return_on_Investment_ROI_in_the_Performance_Measurement_and_Evaluation_of_Information_Systems.

Cetin, Sultan, et al. 2023. Data requirements and availabilities for material passports: A digitally enabled framework for improving the circularity of existing buildings. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550923001665>.

Chien, FengSheng, και συν. 2023. What role renewable energy consumption, renewable electricity, energy use and import play in environmental quality? *Science Direct*. [Ηλεκτρονικό] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723014555>.

Climate Change 2021: The Physical Science Basis. [Online] <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-i/>.

Ellram, Lisa M. 1995. Total Cost of Ownership: An Analysis Approach for Purchasing. *ResearchGate*. [Online] 1995. https://www.researchgate.net/publication/235292888_Total_Cost_of_Ownership_An_Analysis_Approach_for_Purchasing.

Focacci, Antonio. 2009. Residential plants investment appraisal subsequent to the new supporting photovoltaic economic mechanism in Italy. *ScienceDirect*. [Online] 2009. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032109000859>.

Fuchs, Klaus L, και συν. 2022. Effects of Digital Food Labels on Healthy Food Choices in Online Grocery Shopping. *Nation Library of Medicine*. [Ηλεκτρονικό] 2022. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35631185/>.

Gleick, Peter H. 2013. The World's Water 2004-2005. [Online] 2013. <https://islandpress.org/books/worlds-water-2004-2005#desc>.

Grazieschi, Gianluca, Zubaryeva, Alyona and Sparber, Wolfram. 2023. Energy and greenhouse gases life cycle assessment of electric and hydrogen buses: A real-world case study in Bolzano Italy. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723009770>.

Green, Elizabeth J., et al. 2019. Relating characteristics of global biodiversity targets to reported progress. [Online] 2019. <https://conbio.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cobi.13322>.

Hasanov, Fakhri J., και συν. 2024. The role of renewable energy and total factor productivity in reducing carbon emissions: A case of top-ranked nations in the renewable energy country attractiveness index. *Science Direct*. [Ηλεκτρονικό] 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479724012064>.

Hedberg, Annika and Sipka, Stefan. 2021. Toward a circular economy: The role of digitalization. *Science Direct*. [Online] 2021. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590332221003018?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=81ee97232b4eeeb8.

Jaeger, Bjorn. 2023. Textile Industry Circular Supply Chains and Digital Product Passports. Two Case Studies. *ResearchGate*. [Online] 2023. https://www.researchgate.net/publication/373916682_Textile_Industry_Circular_Supply_Chains_and_Digital_Product_Passports_Two_Case_Studies.

Jansen, Maike, et al. 2022. Current Approaches to the Digital Product Passport for a Circular Economy. *Wupperinst*. [Online] 2022. <https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/8042/file/WP198.pdf>.

Jarosova, Miriam and Pajdlhauser, Matej. 2022. Aviation and Climate Change. *Science Direct*. [Online] 2022.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146522006925?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=81c4df52a9936f5b.

Jarvenpaa, Anne-Mari. 2022. Developing data analytics capabilities of circular economy SMEs. [Online] 2022.

<https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/14686/978-952-395-044-3.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.

Jarvenpaa, Anne-Mari, Jari, Jussila and Livari, Kunttu. 2022. Developing data analytics capabilities for circular economy SMEs by Design Factory student projects. *ProQuest*. [Online] 2022.

<https://www.proquest.com/openview/d2a57d7196a1a33ef52a83e3171a5eb8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1796422>.

Jarvenpaa, Anne-Mari, Jussila, Jari και Kunttu, Livari. 2023. Barriers and Practical Challenges for Data-driven Decision-making in Circular Economy SMEs. *emerald insight*. [Ηλεκτρονικό] 2023.

<https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/978-1-80382-551-920231011/full/html?skipTracking=true>.

Jarvenpaa, Anne-Mari, Kunttu, Livari και Mantyneva, Mikko. 2020. Using Foresight to Shape Future Expectations in Circular Economy SMEs. [Ηλεκτρονικό] 2020.

https://timreview.ca/sites/default/files/article_PDF/TIMReview_2020_July%20-%204_0.pdf.

Jensen, Steffen Foldager, et al. 2020. Digital product passports for a circular economy: Data needs for product life cycle decision-making. *Science Direct*. [Online] 2020.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550923000441>.

Kassaw, Genanew Mulugeta, Malede, Asmamaw and Gebrehiwot, Mesfin. 2024. Livelihood vulnerability to climate change health impacts among Amhara Sayint district community, northeastern Ethiopia: A composite index approach. *Science Direct*. [Online] 2024.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024141977>.

King, Melanie R.N, Timms, Paul D. and Mountney, Sara. 2023. A proposed universal definition of a Digital Product Passport Ecosystem (DPPE): Worldviews, discrete capabilities, stakeholder requirements and concerns. *Science Direct*. [Online] 2023.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652622051125>.

Kumar, Arvind. 2022. Challenge of climate change. *Science Direct*. [Online] 2022.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128150252000022>.

Lambin, Eric F. and Geist, Helmut. 2014. Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts. [Online] 2014.

[https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=XgVbsIMm8j8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=%5B3%5D+Lambin,+E.+F.,+Meyfroidt,+P.,+%26+Verchot,+L.,+\(2014\).+Land-use+and+land-cover+change:+Local+processes+and+global+impacts.+In+Global+land+use+and+cover+change+\(pp.+1-20\).+Spri](https://books.google.gr/books?hl=el&lr=&id=XgVbsIMm8j8C&oi=fnd&pg=PA1&dq=%5B3%5D+Lambin,+E.+F.,+Meyfroidt,+P.,+%26+Verchot,+L.,+(2014).+Land-use+and+land-cover+change:+Local+processes+and+global+impacts.+In+Global+land+use+and+cover+change+(pp.+1-20).+Spri).

Langley, David J., et al. 2023. Orchestrating a smart circular economy: Guiding principles for digital product passports. *Science Direct*. [Online] 2023.

https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296323006185?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=81ab3d60fad9ee6f.

Liu, Qinyu, et al. 2024. Mechanisms controlling acidification resilience in the Yangtze River estuary: An index from buffering capacity. *Science Direct*. [Online] 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304420324000513>.

Longo, Francesco, et al. 2023. An overview of approaches and methodologies for supporting smallholders: ICT tools, blockchain, business models, sustainability indicators, simulation models. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050922024784>.

Lun Lee, Amos Wei, Shee Tan, Yee and Choong Low, Jonathan Sze. Enhancing life cycle assessment framework to support product ecodesign through index decomposition analysis. *Science Direct*. [Online] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827124000362>.

Mondal, Saikat and Wijewardena, Kanishka P. 2019. Blockchain Inspired RFID-Based Information Architecture for Food Supply Chain. *IEEE Xplore*. [Online] 2019. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8674550/authors#authors>.

Nations, United. UN Climate Change. *United Nations / Climate Change*. [Ηλεκτρονικό] <https://unfccc.int/>.

OHE. *In action for a better world*. [Ηλεκτρονικό] <https://inactionforabetterworld.com/17-pagkosmioi-stoxoi/>.

Paraschiv, Lizina Simona and Parachiv, Spiru. 2023. Contribution of renewable energy (hydro, wind, solar and biomass) to decarbonization and transformation of the electricity generation sector for sustainable development. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484723011022>.

Prof Berrang-Ford, Lea, et al. 2021. Systematic mapping of global research on climate and health: a machine learning review. *Science Direct*. [Online] 2021. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542519621001790?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=8c9cc34add846f3d.

Qusay, Hussein, και συν. 2021. The Role of Market-Share Management Strategies in Explaining the Stocks Performance Variance of a Number of Industrial Companies-An Analytical Research. *ResearchGate*. [Ηλεκτρονικό] 2021. https://www.researchgate.net/publication/356267196_The_Role_of_Market-Share_Management_Strategies_in_Explaining_the_Stocks_Performance_Variance_of_a_Number_of_Industrial_Companies-An_Analytical_Research.

Rachman, Aulia, et al. 2024. Enhancing Hamburg Wheel Tracking Test Analysis: A Novel Energy-Based Performance Index. *Science Direct*. [Online] 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061824028083>.

Ridder, Kilian de, Schultz, Felix Carl and Pies, Ingo. 2023. Procedural climate justice: Conceptualizing a polycentric solution to a global problem. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800923002616>.

Rogerson, Michael, Scarpa, Francesco and Snelson-Powell, Annie. 2024. Accounting for human rights: Evidence of due diligence in EU-listed firms' reporting. *Science Direct*. [Online] 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1045235424000157>.

Rowe, Tom and Ormond, Meghann. 2023. Holding space for climate justice? Urgency and 'Regenerative Cultures' in Extinction Rebellion Netherlands. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001671852300194X>.

Ryan, Patrick W. and Lyne, Isaac. 2008. Social enterprise and the measurement of social value: Methodological issues with the calculation and application of the social return on investment. *ResearchGate*. [Online] 2008. https://www.researchgate.net/publication/240241725_Social_enterprise_and_the_measurement_of_social_value_Methodological_issues_with_the_calculation_and_application_of_the_social_return_on_investment.

Safarian, Sahar. 2023. Environmental and energy impacts of battery electric and conventional vehicles: A study in Sweden under recycling scenarios. *Science Direct*. [Online] 2023. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666052022000334>.

Sanchez, Borja Bordel, et al. 2019. Digital Food Product Traceability: Using Blockchain in the International Commerce. *ResearchGate*. [Online] 2019. https://www.researchgate.net/publication/328390290_Digital_Food_Product_Traceability_Using_Blockchain_in_the_International_Commerce.

Sarkar, Sujahangir Kabir, και συν. 2024. Comparative analysis of environmental sustainability indicators: Insights from Japan, Bangladesh, and Thailand. *Science Direct*. [Ηλεκτρονικό] 2024. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024093939>.

Seto, K., Fragkias, M. and Reilly, Michael K. 2011. A Meta-Analysis of Global Urban Land Expansion. *SEMANTIC SCHOLAR*. [Online] 2011. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Meta-Analysis-of-Global-Urban-Land-Expansion-Seto-Fragkias/bd07ea470b45af1da577898d3d0e95193dadbb82>.

Singh, Lakhwinder Pal and Singh, Satnam. 2018. Safety index: A systematic approach to measure the level of occupational safety in manufacturing industry. *ResearchGate*. [Online] 2018. https://www.researchgate.net/publication/328467624_Safety_index_A_systematic_approach_to_measure_the_level_of_occupational_safety_in_manufacturing_industry.

Skea, Jim, et al. 2008. PAS 2050 – Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. [Online] 2008. https://www.zemo.org.uk/assets/workingdocuments/PAS%202050%20Second%20Draft%20V%203.1%20_18_02_08_%20FINAL%20-%20RP%20circulation.pdf.

SUSTCHEM CONSULTING. *SUSTCHEM CONSULTING*. [Ηλεκτρονικό] <https://sustchem.gr/>.

Szaller, Adam, και συν. 2023. Quantitative benefits of the digital product passport and data sharing in remanufacturing. *Science Direct*. [Ηλεκτρονικό] 2023.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282712300834X>.

Tiwari, Sunil, et al. 2024. Role of circular economy, energy transition, environmental policy stringency, and supply chain pressure on CO2 emissions in emerging economies. *Science Direct*. [Online] 2024.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1674987123001494>.

Tortella, Bartolome Deya and Brusco, Sandro. 2003. THE ECONOMIC VALUE ADDED (EVA): AN ANALYSIS OF MARKET REACTION. *ScienceDirect*. [Online] 2003.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0882611003200122>.

Union, European. European Union. *European Union*. [Ηλεκτρονικό]
https://commission.europa.eu/index_en.

UNITED NATIONS. 1992. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION. [Online] 1992.
<https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>.

Villar, Antonio. 2013. The Educational Development Index: A Multidimensional Approach to Educational Achievements through PISA. *ResearchGate*. [Ηλεκτρονικό] 2013.
https://www.researchgate.net/publication/260056169_The_Educational_Development_Index_A_Multidimensional_Approach_to_Educational_Achievements_through_PISA.

Villar, Juan Cagiao, et al. 2014. Carbonfeel Project: Calculation, Verification, Certification and Labeling of the Carbon Footprint. *Scientific Research*. [Online] 2014.
<https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers?ReferenceID=1223505>.

Wandana, L.S., et al. 2021. Carbon Footprint Analysis: Promoting. [Online] 2021.
<https://www.jrte.org/wp-content/uploads/2021/01/Carbon-Footprint-Analysis-Promoting.pdf>.

Yang, Yanqun, et al. 2024. A simulation-optimization approach based on the compound eutrophication index to identify multi-nutrient allocated load. *Science Direct*. [Online] 2024.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969723062538>.

Zawistowska, Sylwia. 2015. BIG DATA AND CORPORATE SUSTAINABILITY. [Ηλεκτρονικό] 2015.
https://research-api.cbs.dk/ws/portalfiles/portal/58432342/sylwia_zawistowska.pdf.

Zizlavsky, Ondrej. 2014. Net Present Value Approach: Method for Economic Assessment of Innovation Projects. *ResearchGate*. [Ηλεκτρονικό] 2014.
https://www.researchgate.net/publication/275544840_Net_Present_Value_Approach_Method_for_Economic_Assessment_of_Innovation_Projects.

