



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Η ανάπτυξη του τομέα ηλεκτροπαραγωγής της Κίνας: Ανάλυση Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων

Διπλωματική Εργασία

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΛΟΜΟΙΡΗΣ

Επιβλέπων : Χρυσόστομος Δούκας,
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΔΙΑΤΑΞΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ
ΑΠΟΦΑΣΕΩΝ

Η ανάπτυξη του τομέα ηλεκτροπαραγωγής της Κίνας: Ανάλυση Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων

Διπλωματική Εργασία

ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΚΑΛΟΜΟΙΡΗΣ

Επιβλέπων: Χρυσόστομος Δούκας,
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 24^η Φεβρουαρίου 2025.

.....
Χρυσόστομος Δούκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ιωάννης Ψαρράς
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

.....
Ευάγγελος Μαρινάκης
Επικ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Φεβρουάριος 2025

.....

ΚΑΛΟΜΟΙΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών,

Ε.Μ.Π.

Copyright © ΚΑΛΟΜΟΙΡΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, 2025 . Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

All rights reserved.

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

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

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αναφέρεται στην Ανάλυση Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων (Multi-level Perspective Analysis – MLP) για τον ενεργειακό τομέα της Κίνας. Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον κλάδο της ηλεκτρικής ενέργειας και στη συνεισφορά του στην ανάπτυξη της οικονομίας της Κίνας. Η αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας ευθύνεται σε μεγάλο βαθμό για την κλιματική αλλαγή. Η Κίνα κατέχει ηγετικό ρόλο στην αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής αφού έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για τον περιορισμό των ρύπων, καθώς η ίδια έχει μεγάλο μερίδιο ευθύνης για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Επιπρόσθετα, παρουσιάζονται κάποια στατιστικά στοιχεία για τον ενεργειακό κλάδο της Κίνας. Μετέπειτα, γίνεται αναφορά στην Ανάλυση Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων (MLP). Η μέθοδος MLP προτείνει ότι οι ριζικές μεταβολές στα κοινωνικοτεχνικά συστήματα συμβαίνουν μέσω διαδικασιών αλληλεπίδρασης σε τρία επίπεδα: τις καινοτόμες τεχνολογίες (niches), το καθεστώς (κυρίαρχες δομές και πρακτικές - regime) και τις εξωγενείς, ευρύτερες εξελίξεις (ορίζοντας - landscape). Η MLP αποτελεί μία μέθοδο ανάλυσης που εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο η αλληλεπίδραση μεταξύ πολλαπλών αναλυτικών επιπέδων επηρεάζει μία διαδικασία ανάπτυξης. Πιο συγκεκριμένα, εξετάζεται το καθεστώς - «regime» της ηλεκτροπαραγωγής στην Κίνα. Παρουσιάζονται εκτενώς στοιχεία για τον ενεργειακό τομέα, το ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας και τη βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στο ευρύτερο πεδίο των εξελίξεων - το «landscape». Το «landscape» αποτελεί ένα υπόβαθρο που δεν μεταβάλλεται βραχυπρόθεσμα και επηρεάζει άμεσα το «regime». Οι εξελίξεις στο «landscape» διαμορφώνουν το πλαίσιο εντός του οποίου λειτουργεί το «regime» και αυτή η σχέση αλληλεπίδρασης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξέλιξη και τη σταθερότητα της κοινωνίας. Κλείνοντας, αναλύονται οι καινοτόμες τεχνολογίες - «niches» του ενεργειακού κλάδου της Κίνας, δηλαδή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, που επεξηγούν την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας – «niches» στον ενεργειακό τομέα της Κίνας, ο οποίος κυριαρχείται από τον άνθρακα – «regime». Οι αλλαγές στο ευρύτερο πεδίο των εξελίξεων - «landscape», όπως είναι η κλιματική αλλαγή και η παγκόσμια ανησυχία για τη μόλυνση του περιβάλλοντος, συνέβαλαν σημαντικά στην ανάπτυξη και την εδραίωση αυτών των πηγών ενέργειας.

Abstract

This thesis explores the Multi-level Perspective Analysis (MLP) of China's energy sector, focusing on the electricity generation industry and its economic contributions. Initially, the study highlights energy's essential role in societal and economic development. It addresses global concerns about climate change, primarily driven by greenhouse gas emissions, and recognises China's leadership in reducing these emissions through ambitious targets. This thesis provides energy-related data on China, emphasising on MLP's three levels of interaction—innovative niches, dominant regime, and external landscape influences. It examines the structure and function of China's electricity regime, its energy infrastructure, and the steady landscape shaping these systems. The renewable energy sector, positioned as a niche within China's energy landscape, emerges as part of a "green economy" model, blending economic growth with sustainability. Conclusively, it underscores how China's coal-dominated energy regime is transitioning through niche innovations (renewables) supported by landscape factors like climate change and environmental awareness, driving a cleaner, sustainable energy future.

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε κατά το ακαδημαϊκό έτος 2024-2025 στα πλαίσια των δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Συστημάτων Αποφάσεων και Διοίκησης του τομέα Ηλεκτρικών Βιομηχανικών Διατάξεων και Συστημάτων Αποφάσεων της Σχολής Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, υπό την επίβλεψη του κ. Χρυσόστομου Δούκα, Καθηγητή Ε.Μ.Π, στον οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τον κ. Καραμανέα Αναστάσιο Υποψήφιο Διδάκτορα Ε.Μ.Π, για την συνεχή υποστήριξη και καθοδήγησή του, καθώς και για τις πολύτιμες συμβουλές του που συνετέλεσαν καθοριστικά στην επιτυχή διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου, ιδιαιτέρως τους γονείς μου Ευάγγελο και Ιακωβίνα, για την αγάπη και την ανιδιοτελή υποστήριξή τους στην πραγματοποίηση όλων μου των στόχων ένας εκ των οποίων είναι οι σπουδές μου στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, καθώς και τους αγαπημένους μου φίλους που είναι δίπλα μου σε κάθε βήμα της ζωής μου.

Δημήτρης Καλομοίρης

Περιεχόμενα

1.	Εισαγωγή	12
2.	Η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της	15
2.1.	Η συμφωνία του Παρισιού	16
2.2.	Η θέση της Κίνας για την κλιματική αλλαγή	17
3.	Ο ρόλος της Κίνας	19
3.1.	Επισκόπηση των προκλήσεων ενεργειακής πολιτικής που αντιμετωπίζει η Κίνα	20
3.2.	Κατανάλωση ενέργειας	22
3.3.	Πρόσφατες τάσεις στην παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας	26
3.3.1.	Ενεργειακοί πόροι	26
4.	Η Ανάλυση Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων	29
5.	Το καθεστώς – Regime	32
5.1.	Παραγωγή ενέργειας	32
5.1.1.	Παραγωγή άνθρακα	35
5.1.2.	Παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου	38
5.1.3.	Υδροηλεκτρική ενέργεια	41
5.1.4.	Εγκατεστημένη ισχύς των θερμοηλεκτρικών σταθμών	44
5.2.	Παραγωγή και κατανάλωση	45
5.3.	Συμβατική ενέργεια	46
5.3.1.	Ηλεκτρική ενέργεια	46
5.3.2.	Άνθρακας	47
5.3.3.	Φυσικό αέριο	48
5.3.4.	Πυρηνική ενέργεια	49
5.4.	Το ηλεκτρικό δίκτυο της Κίνας	50
5.4.1.	Η δομή του δικτύου της ηλεκτρικής ενέργειας	51
5.5.	Η βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας	56
6.	Το ευρύτερο πεδίο των εξελίξεων – Landscape	62
6.1.	Η ιστορία της εξέλιξης των ρυθμιστικών θεσμών	62
6.2.	Ρυθμιστικά ιδρύματα	64
6.3.	Το νομοθετικό πλαίσιο	68
6.3.1.	Ο Νόμος για την Ηλεκτρική Ενέργεια	68
6.3.2.	Ο Νόμος για την Εξοικονόμηση Ενέργειας	69
6.3.3.	Ο Νόμος για την Πρόληψη και τον Έλεγχο της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	69

6.3.4. Ο Νόμος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας	70
6.4. Τιμολογιακές πρακτικές και μεταρρυθμίσεις	71
6.5. Πολιτική περιβάλλοντος και ενέργειας	73
6.6. Παγκόσμια μάχη κατά της κλιματικής αλλαγής	74
7. Οι εξειδικευμένες καινοτομίες – «niches»	76
7.1. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας	77
7.2. Τα είδη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας	78
7.2.1. Αιολική Ενέργεια	78
7.2.2. Ηλιακή Ενέργεια	83
7.2.3. Βιοενέργεια	86
7.2.4. Γεωθερμική ενέργεια	89
7.3. Νέες πειραματικές τεχνολογίες	93
7.3.1. Παλιρροιακή ενέργεια	93
7.3.2. Ενέργεια παλιρροιακών ρευμάτων	93
7.3.3. Κυματική ενέργεια	94
7.3.4. Τεχνολογία δέσμευσης, χρήσης και αποθήκευσης του διοξειδίου του άνθρακα	95
8. Συζήτηση	96
8.1. Συμπεράσματα	97
Βιβλιογραφία	99

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Οι 10 χώρες με την μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας	23
Εικόνα 2: Η ενεργειακή δομή της Κίνας το 2023	24
Εικόνα 3: Η κατανάλωση άνθρακα ως ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης της Κίνας	25
Εικόνα 4: Η χωρική κατανομή της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα. Το σχήμα δείχνει τη μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το 2007 έως το 2016 στην Κίνα.	25
Εικόνα 5: Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας	27
Εικόνα 6: Η ποσοστιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τον οικιακό τομέα	27
Εικόνα 7: Η εξέλιξη της ενεργειακής δομής της Κίνας, 2000-2023	33
Εικόνα 8: Το ενεργειακό μείγμα της Κίνας κατά την περίοδο	34
Εικόνα 9: Το μερίδιο του εφοδιασμού της πρωτογενούς ενέργειας της Κίνας κατά την περίοδο 2000–2023	36
Εικόνα 10: Οι 10 χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή άνθρακα το 2015 (αναλογία παραγωγής)	37
Εικόνα 11: Η διαίρεση της Κίνας σε πολλές περιοχές	37
Εικόνα 12: Η κατανομή της κατανάλωσης άνθρακα στην Κίνα	38
Εικόνα 13: Η παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση πετρελαίου από το 1965 έως το 2021	40
Εικόνα 14: Οι εισαγωγές πετρελαίου της Κίνας από το 1993 έως το 2021	40
Εικόνα 15: Η ενεργειακή δομή του φυσικού αερίου της Κίνας	41
Εικόνα 16: Η ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας στις αγροτικές περιοχές της Κίνας την περίοδο 1978 - 2016	43
Εικόνα 17: Τα στάδια ανάπτυξης της υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα	44
Εικόνα 18: Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στην Κίνα και το ποσοστό αυτής που παράχθηκε από θερμοηλεκτρικές μονάδες από το 2010 έως το 2019	46
Εικόνα 19: Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας, 2010-2023	48
Εικόνα 20: Ο αριθμός των ανθρακωρυχείων που έκλεισαν στην Κίνα την περίοδο 2005-2019	49
Εικόνα 21: Η κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας της Κίνας και ο ρυθμός ανάπτυξής της, 2000-2018	51
Εικόνα 22: Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας	52
Εικόνα 23: Το υβριδικό δίκτυο γραμμών μεταφοράς υπερυψηλής τάσης (UHV) AC-DC της Κίνας	54
Εικόνα 24: Σύγκριση της ενεργειακής δομής της επαρχίας Shandong και της Κίνας για το 2019	54
Εικόνα 25: Η κατανομή των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα	56
Εικόνα 26: Η εγκατεστημένη ισχύς και η ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας (2018)	56
Εικόνα 27: Η ανάπτυξη του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας	58
Εικόνα 28: Οι συναλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας από το 2015 έως το 2019	60
Εικόνα 29: Οι ρυθμιστικοί φορείς του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας	66
Εικόνα 30: Η αναμενόμενη δομή της αγοράς ενέργειας μετά τη μεταρρύθμιση του 2015	69
Εικόνα 31: Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα, την πυρηνική ενέργεια και τις ΑΠΕ	80
Εικόνα 32: Το αιολικό δυναμικό στην επικράτεια της Κίνας	81
Εικόνα 33: Η εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας της Κίνας	81
Εικόνα 34: Κατανομή οχτώ μεγάλων αιολικών πάρκων και η εγκατεστημένη ισχύς τους	82
Εικόνα 35: Η επαρχιακή κατανομή της εγκατεστημένης διεσπαρμένης αιολικής ισχύος	84
Εικόνα 36: Τα διάφορα στάδια του κυβερνητικού μηχανισμού καθοδήγησης για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας της Κίνας	85

Εικόνα 37: Το ηλιακό δυναμικό της Κίνας	86
Εικόνα 38: Το σύνολο της εγκατεστημένης φωτοβολταϊκής ισχύος της Κίνας κατά την περίοδο 2000-2023	87
Εικόνα 39: Η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων ανά τον κόσμο (2000-2023)	88
Εικόνα 40: Η παραγωγή βιοενέργειας στην Κίνα, 2000-2023	90
Εικόνα 41: Η ανάπτυξη της βιοενέργειας στις αγροτικές περιοχές της Κίνας την περίοδο 2000 – 2016	90
Εικόνα 42: Η εγκατεστημένη ισχύς της γεωθερμικής ενέργειας ανά τον κόσμο	94

Συντομογραφίες

ΑΕΠ	Ακαθάριστο Εγχώριο Προϊόν
ΑΠΕ	Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας
ΕΕ	Ευρωπαϊκή Ένωση
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής
CBAM	Carbon Border Adjustment Mechanism
CCIA	China Coal Industry Association
DEP	Department of Electric Power
ESPD	Energy Saving Power Dispatch
FIT	feed-in tariff
GPG	Geothermal Power Generation
IGCC	Integrated Gasification Combined-Cycle
INDCs	Intended Nationally Determined Contributions
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MEP	Ministry of Environmental Protection
MLNR	Ministry of Land and Natural Resources
MLP	Multi-level Perspective Analysis
NDRC	National Development and Reform Commission
NEA	National Energy Administration
SACI	State Administration of Coal Industry
SASAC	State Owned Assets Supervision and Administration Commission
SDPC	State Development Planning Commission
SERC	State Electricity Regulatory Commission
SETC	State Economic and Trade Commission
SPC	State Power Corporation
UCC	Ultra-Clean Coal
UHV	Ultra High Voltage
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change

1. Εισαγωγή

Οι σύγχρονες κοινωνίες καταναλώνουν τεράστιες ποσότητες ενέργειας για την κάλυψη των αναγκών τους. Η κατανάλωση ενέργειας είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της οικονομικής ανάπτυξης, καθώς επηρεάζει άμεσα ή έμμεσα την οικονομία και την εργασία. Η πρόοδος της οικονομίας και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, έχουν οδηγήσει την ενεργειακή ζήτηση σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα. Η κατανάλωση ενέργειας και η οικονομική ανάπτυξη συνδέονται άρρηκτα μεταξύ τους. Στις σύγχρονες κοινωνίες η ενέργεια, εκτός από καθοριστικό παράγοντα στον προσδιορισμό της ποιότητας ζωής, αποτελεί και σημαντικό συντελεστή παραγωγής για το σύνολο των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, δεδομένου ότι τεράστια ποσά ενέργειας καταναλώνονται στη βιομηχανία, τον αγροτικό και κτηνοτροφικό τομέα, τους τομείς παροχής υπηρεσιών και διαχείρισης υδάτινων πόρων αλλά και στις μεταφορές. Η κάλυψη των ενεργειακών αναγκών γίνεται από δύο διαφορετικούς τύπους πηγών ενέργειας, τις ανανεώσιμες και μη πηγές ενέργειας. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας απαρτίζονται από ορυκτά καύσιμα όπως ο άνθρακας, το φυσικό αέριο και το πετρέλαιο. Αντίθετα, οι πηγές ανανεώσιμης ενέργειας αποτελούνται από την ηλιακή, την αιολική, την υδροηλεκτρική, τη γεωθερμική ενέργεια καθώς και τη βιομάζα. Οι μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δεν μπορούν να χρησιμοποιούνται αενάως καθώς δεν αντικαθίστανται άμεσα με ταχύ ρυθμό έτσι ώστε να συμβαδίζουν με την κατανάλωση. Αυτές οι μορφές ενέργειας δεν δημιουργούνται και δεν αναπληρώνονται σε σύντομο χρονικό διάστημα. Οι συγκεκριμένες πηγές ενέργειας κυριαρχούν στο ενεργειακό μείγμα των χωρών παγκοσμίως. Ο ρόλος τους είναι μείζονος σημασίας καθώς καλύπτουν τα 3/4 της ενεργειακής ζήτησης. Είναι γεγονός ότι το 80% της ενέργειας παγκοσμίως προέρχεται από ορυκτά καύσιμα και πιο συγκεκριμένα 28,9% από άνθρακα, 21,4% από φυσικό αέριο και 31,1% από πετρέλαιο. [1] Οι χώρες ανά την υφήλιο βασίζονται στα ορυκτά καύσιμα για την εκτέλεση οικιακών, εμπορικών και βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Επομένως, παρατηρείται ότι με την εστίαση στην ανάπτυξη και την επέκταση της οικονομίας, η ποιότητα του περιβάλλοντος έχει επιδεινωθεί σημαντικά επηρεάζοντας τα οικοσυστήματα, τη βιοποικιλότητα και την ανθρώπινη υγεία. Αυτή η συνεχής διαδικασία υπερεκμετάλλευσης αυτών των φυσικών πόρων έχει οδηγήσει όχι μόνο σε μόλυνση και ρύπανση, αλλά συμβάλλει επίσης στην κλιματική αλλαγή. Εξαιτίας της τεράστιας χρήσης ορυκτών καυσίμων παγκοσμίως, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) αυξάνονται ραγδαία, συμβάλλοντας σημαντικά στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου. Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες που παρατηρούνται σε όλη την υφήλιο αποτελούν άμεση απειλή για την ανθρώπινη υγεία και τα οικοσυστήματα του πλανήτη. Πιο συγκεκριμένα, η κλιματική αλλαγή ενέχει σοβαρούς κινδύνους, όπως ακραία καιρικά φαινόμενα (καύσωνες, πλημμύρες, ξηρασίες), άνοδο της στάθμης της θάλασσας και απώλεια βιοποικιλότητας. Ακόμα, επηρεάζει την παραγωγή τροφίμων και την πρόσβαση σε νερό, αυξάνοντας τον κίνδυνο επισιτιστικών κρίσεων και μαζικών μετακινήσεων πληθυσμών. Τα τελευταία χρόνια, δόθηκε μεγαλύτερη έμφαση στις παγκόσμιες περιβαλλοντικές ανησυχίες για την αυξανόμενη πρόκληση της κλιματικής αλλαγής και την υπερθέρμανση του πλανήτη. [1]

Η αξιοποίηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όπως η γεωθερμική, η ηλιακή, η υδροηλεκτρική, και η αιολική ενέργεια καθώς και η βιομάζα είναι γενικά αποδεκτή ως μία αποτελεσματική λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν γίνει σημαντική πηγή ενέργειας για πολλές χώρες όπως η Κίνα, οι Ηνωμένες Πολιτείες (ΗΠΑ), η Βραζιλία, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Ιαπωνία, καθώς και για

την Ευρωπαϊκή Ένωση. Με τη μετάβαση σε αυτές, θα μειωθεί η εξάρτησή μας από τα ορυκτά καύσιμα και θα περιοριστούν οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, μετριάζοντας έτσι την κλιματική αλλαγή. Τα βασικά χαρακτηριστικά των πηγών αυτών είναι τα εξής: είναι καθαρές μορφές ενέργειας, φυσικές και φιλικές προς το περιβάλλον. Επιπλέον, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν σημαντικά μικρότερο αντίκτυπο στο περιβάλλον από τις συμβατικές εγκαταστάσεις ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό θα μπορούσε να βοηθήσει στη διατήρηση της οικολογίας και της βιοποικιλότητας. Η συμβολή τους είναι μεγάλη για την κοινοτική ευημερία και για την αειφόρο ανάπτυξη στο μέλλον. [1]

Η ηλεκτρική ενέργεια είναι η κύρια μορφή ενέργειας που μπορεί να παραχθεί και από τις δύο πηγές ενέργειας, τις ανανεώσιμες και τις μη ανανεώσιμες. Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει μεγάλη επίδραση στο περιβάλλον και ανάλογα με την πηγή θα πρέπει να αντιμετωπίζεται και να προγραμματίζεται προσεκτικά για αποτελεσματική και καθαρή χρήση των περιορισμένων πηγών. Η ηλεκτρική ενέργεια χρησιμοποιείται σε όλους τους οικονομικούς και κοινωνικούς τομείς. Δεδομένου ότι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι ο θεμελιώδης πυλώνας της βιώσιμης ανάπτυξης, η ζήτησή της έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Μερικοί από τους παράγοντες που την επηρεάζουν είναι η αστικοποίηση, η εκβιομηχάνιση, η τεράστια αύξηση του πληθυσμού, το καλύτερο βιοτικό επίπεδο και ο εκσυγχρονισμός στον γεωργικό τομέα. Η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί βασικό αγαθό και η έλλειψη της μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα. [1] Η οικονομική ανάπτυξη, που βασίζεται στην εκμετάλλευση των ορυκτών καυσίμων και τη ρύπανση του περιβάλλοντος, έχει επικριθεί ευρέως. Η μόλυνση του περιβάλλοντος συγκαταλέγεται στις κύριες απειλές για τη βιωσιμότητα του πλανήτη. Οι άνθρωποι εκμεταλλεύονται τις ορυκτές πηγές ενέργειας για να καλύψουν τις αυξανόμενες ενεργειακές τους ανάγκες. Η μείωση της κατανάλωσης ορυκτών καυσίμων είναι απαραίτητη για τον έλεγχο και τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Τα ορυκτά καύσιμα συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, στην όξινη βροχή και στη ρύπανση του περιβάλλοντος.

Η οικονομική ανάπτυξη στην Κίνα έχει ωφελήσει δισεκατομμύρια ανθρώπους, μετατρέποντας τη χώρα σε παγκόσμια βιομηχανική δύναμη τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες. Η Κίνα έχει εξελιχθεί σε έναν από τους μεγαλύτερους βιομηχανικούς παραγωγούς παγκοσμίως. Ωστόσο, η μεγάλη εθνική οικονομική ανάπτυξη έχει σημαντικό κόστος καθώς η χώρα κατέχει την πρώτη θέση στην κατανάλωση ενέργειας και στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). [2] Η καταναλισκόμενη ενέργεια της Κίνας κυριαρχείται από τον άνθρακα, ο οποίος έχει σημαντικό αντίκτυπο στην ανάπτυξη, την ενεργειακή ασφάλεια, την ενεργειακή ανεξαρτησία καθώς και την περιβαλλοντική υποβάθμιση. Ο ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης της οικονομίας της Κίνας διαμορφώθηκε στο 6,66% κατά την περίοδο 2015-2019, ενώ η κατανάλωση ενέργειας αυξανόταν ετησίως κατά 2,92% την ίδια περίοδο. [2] Μία από τις προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει η κινεζική κυβέρνηση είναι ο έλεγχος και ο περιορισμός των ατμοσφαιρικών ρύπων. Προκειμένου να μετριαστεί η κλιματική αλλαγή και να διασφαλιστεί η βιώσιμη ανθρώπινη ανάπτυξη, θα πρέπει να μειωθούν οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου μέσω της μετάβασης σε μορφές ενέργειας χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Βέβαια, δεν θα πρέπει να επηρεαστεί αρνητικά η οικονομική ανάπτυξη της χώρας. Ως εκ τούτου, είναι υψίστης σημασίας να μελετηθούν εκτενώς οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ οικονομίας, ενέργειας και περιβάλλοντος στην Κίνα. Η ανάπτυξη της οικονομίας της χώρας δεν θα πρέπει να συμβαδίζει με την υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος. Ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα είναι καθοριστικός για τη βιώσιμη ανάπτυξη της Κίνας μακροπρόθεσμα. [2]

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τις κοινωνικοτεχνικές μεταβάσεις στον ενεργειακό τομέα της Κίνας μέσω της Ανάλυσης Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων (Multi-level Perspective Analysis – MLP). Δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στον κλάδο της ηλεκτρικής ενέργειας και στη συνεισφορά του στην ανάπτυξη της οικονομίας της Κίνας. Η μέθοδος MLP προτείνει ότι οι ριζικές μεταβολές στα κοινωνικοτεχνικά συστήματα συμβαίνουν μέσω διαδικασιών αλληλεπίδρασης σε τρία επίπεδα – το καθεστώς (κυρίαρχες δομές και πρακτικές - regime), τις εξωγενείς ευρύτερες εξελίξεις (ορίζοντας - landscape) και τις καινοτόμες τεχνολογίες (niches) - αναπτύχθηκε αρχικά μέσω μιας σειράς περιπτωσιολογικών μελετών για τις μεταφορές, τη διαχείριση αποβλήτων και την παραγωγή των εργοστασίων. [3] Το «landscape» αποτελεί ένα υπόβαθρο που δεν μεταβάλλεται βραχυπρόθεσμα και επηρεάζει άμεσα το «regime». Οι εξελίξεις στο «landscape» διαμορφώνουν το πλαίσιο εντός του οποίου λειτουργεί το «regime» και αυτή η σχέση αλληλεπίδρασης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξέλιξη και τη σταθερότητα της κοινωνίας. Η MLP μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μοντέλο συστήματος για το πώς η αλληλεπίδραση μεταξύ πολλαπλών αναλυτικών επιπέδων μπορεί να επηρεάσει μια διαδικασία ανάπτυξης. [4] Πιο συγκεκριμένα, στο 1^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στη σημασία της ενέργειας για την ανάπτυξη και την εξέλιξη της κοινωνίας και του ανθρώπινου είδους, δεδομένου ότι η κατανάλωση ενέργειας είναι ο ακρογωνιαίος λίθος της οικονομικής ανάπτυξης, καθώς επηρεάζει άμεσα ή έμμεσα την οικονομία και την εργασία. Στο 2^ο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στην κλιματική αλλαγή και στην παγκόσμια ανησυχία για αυτό το φαινόμενο. Στο 3^ο κεφάλαιο, παρουσιάζονται κάποια γενικά στοιχεία για την Κίνα και τον ενεργειακό της τομέα, ο οποίος έχει μεγάλο μερίδιο ευθύνης για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου. Στο 4^ο κεφάλαιο, παρουσιάζεται η μέθοδος Ανάλυσης Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων (MLP), η οποία έχει καθιερωθεί ως ένα επιδραστικό πλαίσιο χρησιμοποιούμενο σε παγκόσμιο επίπεδο. Στο 5^ο κεφάλαιο, εξετάζεται το καθεστώς - «regime» της ηλεκτροπαραγωγής στην Κίνα. Παρουσιάζονται εκτενώς κάποια στοιχεία για τον ενεργειακό τομέα, το ηλεκτρικό δίκτυο της χώρας και κάποια στοιχεία για τη βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας. Στο 6^ο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στο ευρύτερο πεδίο των εξελίξεων - το «landscape». Στο 7^ο κεφάλαιο, αναλύονται οι καινοτόμες τεχνολογίες - «niches» του ενεργειακού κλάδου της Κίνας, δηλαδή οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Τέλος, στο 8^ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

2. Η κλιματική αλλαγή και οι επιπτώσεις της

Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι εμφανής παγκοσμίως. Η μέση θερμοκρασία του επιφανειακού αέρα έχει αυξηθεί κατά $1,1^{\circ}\text{C}$ την περίοδο 2011-2020 σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα (1850-1880). [5] Η κλιματική αλλαγή έχει προκαλέσει μια σειρά καταστροφών που απειλούν την κοινωνικοοικονομική βιωσιμότητα και την ανθρώπινη επιβίωση. Η επίτευξη της βιωσιμότητας απαιτεί μια ισορροπία μεταξύ της ευημερίας της οικονομίας και της κοινωνίας, της υγείας του οικοσυστήματος, καθώς και της διατήρησης της βιοποικιλότητας. Οι απόρροιες της κλιματικής αλλαγής είναι εμφανείς σε όλο τον πλανήτη. Μερικές από αυτές είναι η μείωση της παραγωγής τροφίμων, η οικολογική υποβάθμιση και η ρύπανση του περιβάλλοντος. Η κλιματική αλλαγή είναι ένας από τους μεγαλύτερους κινδύνους που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα στον 21ο αιώνα και σταδιακά θέτει σε κίνδυνο το παγκόσμιο περιβάλλον. Κατά κύριο λόγο, οφείλεται στις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, ιδίως στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2). Το 2022, η κατανάλωση ορυκτών καυσίμων είχε ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση περίπου 37,15 δισεκατομμυρίων τόνων CO_2 σε παγκόσμια κλίμακα. [6] Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που συνεισφέρουν στις εκπομπές CO_2 και σε άλλα αέρια του θερμοκηπίου. Η γεωργία, η κτηνοτροφία και η αποψίλωση των δασών είναι τρεις τομείς που συνδέονται στενά με τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και την κλιματική αλλαγή. Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Διεθνούς Οργανισμού Ενέργειας, αναμένεται ότι τα ορυκτά καύσιμα θα διατηρήσουν την πρωταγωνιστική τους θέση στον ενεργειακό τομέα για ακόμη αρκετές δεκαετίες, λόγω της ταχείας εκβιομηχάνισης και της αύξησης της αστικής ανάπτυξης. [7] Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που παράγονται από το ενεργειακό σύστημα αναμένεται να αυξηθούν στο μέλλον, δημιουργώντας μια επιπλέον επιδείνωση του φαινομένου της κλιματικής αλλαγής.

Ωστόσο, αρκετές χώρες έχουν αναλάβει δράση για να αντιμετωπίσουν την πρόκληση της κλιματικής αλλαγής και να ελαχιστοποιήσουν τις επιπτώσεις της. Έχουν τεθεί αρκετοί φιλόδοξοι στόχοι και ο βασικότερος αυτών είναι ο περιορισμός της αύξησης της θερμοκρασίας του επιφανειακού αέρα εντός των 2°C μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα. Ενδεικτικά, η Συμφωνία των Παρισίων, που υιοθετήθηκε το 2015, είναι μια παγκόσμια συνθήκη για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Κύριος στόχος αυτής είναι ο περιορισμός της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας κάτω από τους 2°C . Γίνονται εντατικές προσπάθειες ώστε η παγκόσμια θερμοκρασία να περιοριστεί στον $1,5^{\circ}\text{C}$ σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Τα κράτη δεσμεύονται να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, να προωθήσουν την κλιματική ανθεκτικότητα και να υποστηρίξουν τις αναπτυσσόμενες χώρες μέσω χρηματοδότησης και τεχνολογίας. [8]

Συνεπώς, για να πραγματοποιηθεί αυτός ο σκοπός είναι αναγκαίο να μειωθούν αποτελεσματικά οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Είναι σαφές ότι το ενεργειακό σύστημα διαδραματίζει έναν καθοριστικό ρόλο σε αυτήν την προσπάθεια. Οι εκπομπές CO_2 που προκύπτουν από την παραγωγή ενέργειας μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στο κλιματικό σύστημα, επηρεάζοντας ακόμα το ίδιο το ενεργειακό σύστημα. Υπάρχει μια άμεση σύνδεση μεταξύ της ζήτησης ενέργειας και της κλιματικής αλλαγής. Η αλλαγή του κλίματος επηρεάζει τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας, καθώς οι μεταβολές στις θερμοκρασίες μπορούν να οδηγήσουν σε αλλαγές στις ανάγκες θέρμανσης και ψύξης. Η ενέργεια παίζει ένα κρίσιμο ρόλο στην ενίσχυση της οικονομίας και την προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης της κοινωνίας. Η οικονομική ανάπτυξη συνδέεται στενά με την κατανάλωση ενέργειας, και επομένως, η ανάγκη για ενέργεια αυξάνεται όσο η οικονομία αναπτύσσεται. Αυτό προκαλεί μια πολύπλοκη πρόκληση για τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής, καθώς πρέπει να βρουν

τρόπους να προωθήσουν την οικονομική ανάπτυξη, να καλύψουν την αυξανόμενη ζήτηση για ενέργεια και να περιορίσουν τις εκπομπές CO₂. Συνολικά, η πρόκληση αυτή αναδεικνύει την ανάγκη για συνεκτικές και καινοτόμες πολιτικές που θα ενθαρρύνουν την αειφόρο ανάπτυξη, θα περιορίζουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και θα αντιμετωπίζουν την κλιματική αλλαγή με αποτελεσματικότητα. [7]

2.1. Η συμφωνία του Παρισιού

Η συμφωνία του Παρισιού του 2015 βάσει της Σύμβασης-Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC) αναγνώρισε ότι η κλιματική αλλαγή αποτελεί επιβλαβή πρόκληση για τον πλανήτη μας. Ήδη έχουν προκληθεί σοβαρές ανεπιθύμητες συνέπειες και υπάρχουν πιθανοί κίνδυνοι μελλοντικών ζημιών τις επόμενες δεκαετίες, ανάλογα με τα μέτρα που θα ληφθούν για την αναχαίτιση και την προσαρμογή αυτών των επιπτώσεων. Από την 21^η Διάσκεψη για την Κλιματική Αλλαγή (COP-21) που πραγματοποιήθηκε στο Παρίσι, παρουσιάστηκε η ειδική έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC) σχετικά με την υπερθέρμανση των 1,5°C. Το συμπέρασμα της έκθεσης είναι ότι κάθε αύξηση της θερμοκρασίας της γης πάνω από 1°C από την προ-βιομηχανική εποχή έχει σοβαρές επιπτώσεις, προκαλώντας επιπλέον κινδύνους τόσο για την ανθρώπινη υγεία όσο και για τα φυσικά οικοσυστήματα. [8] Οι στόχοι προσαρμογής και μετριασμού που συμφωνήθηκαν στο Παρίσι είναι φιλόδοξοι. Για την επίτευξη αυτών, απαιτείται συνεκτική δράση και συνεργασία σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι κυβερνήσεις δεσμεύτηκαν να περιορίσουν τη μέση παγκόσμια υπερθέρμανση σε επαρκώς χαμηλά επίπεδα, δηλαδή κάτω από τους 2°C πάνω από τη θερμοκρασία της προ-βιομηχανικής περιόδου. Επιπλέον, δεσμεύτηκαν να εντείνουν τις προσπάθειές τους για τη διατήρηση της αύξησης της παγκόσμιας θερμοκρασίας σε λιγότερο από 1,5°C. Για την επίτευξη αυτών των φιλόδοξων στόχων, είναι απαραίτητο το παγκόσμιο ενεργειακό σύστημα να υποστεί σημαντικές μεταρρυθμίσεις. Είναι απαραίτητο να επιτευχθεί σημαντική μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου προκειμένου να αντιμετωπιστεί η κλιματική αλλαγή. Οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) πρέπει να μειωθούν περίπου 45% έως το 2030 και να φθάσουν στο μηδέν περίπου το 2050. Οι κυβερνήσεις αναγνώρισαν ότι οι προβλεπόμενες εθνικά καθορισμένες συνεισφορές (Intended Nationally Determined Contributions - INDCs), που εισήχθησαν κατά τη διάρκεια της διάσκεψης στο Παρίσι, αποτελούν το πρώτο αναγκαίο βήμα, προς την κατεύθυνση της αειφόρου ανάπτυξης. Παρόλα αυτά, αυτές από μόνες τους δεν επαρκούν προκειμένου να ανταποκριθούμε στην πρόκληση της κλιματικής αλλαγής. Γι' αυτό τον λόγο, η ίδια η συμφωνία του Παρισιού περιλαμβάνει μια σειρά από μηχανισμούς αναθεώρησης και αναφοράς, που σχεδιάστηκαν ώστε να λειτουργούν ως "μηχανισμός κασάνιας". Αυτοί οι μηχανισμοί έχουν στόχο την ενίσχυση και τη διεύρυνση των εθνικών προσπαθειών για τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Πρόκειται για ένα εργαλείο που βοηθά στην επίτευξη αποτελεσμάτων πέρα από τις αρχικές δεσμεύσεις. Η κλίμακα και η ταχύτητα των αλλαγών που τίθενται σε εφαρμογή από τη συμφωνία του Παρισιού θα είναι αποδιοργανωτικές ως προς τις συνήθεις πρακτικές. Αναμφίβολα, θα υπάρξουν «κίνδυνοι μετάβασης» που σχετίζονται με τη γρήγορη μετάβαση σε μια οικονομία χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Οι τεχνολογικές, οικονομικές και κοινωνικές αλλαγές που απαιτούνται ενδέχεται να δημιουργήσουν προκλήσεις σε ορισμένους τομείς και κοινότητες. Παρόλα αυτά, θα παρουσιαστούν επίσης πολλές ευκαιρίες, καθώς η προσαρμογή σε αυτές τις αλλαγές μπορεί να οδηγήσει σε ριζικές βελτιώσεις στον τρόπο ζωής των ανθρώπων και στην αειφορία του πλανήτη. Συνοψίζοντας, η συμφωνία του Παρισιού αποτελεί ένα ισχυρό και φιλόδοξο βήμα προς την

αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής, ανοίγοντας το δρόμο για αλλαγές που απαιτούν συνεκτική δράση, καινοτομία και συνεργασία σε παγκόσμιο επίπεδο. [8]

2.2. Η θέση της Κίνας για την κλιματική αλλαγή

Η κλιματική αλλαγή έχει αναδειχθεί ως ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα που αντιμετωπίζει ο πλανήτης αυτή τη στιγμή. Η προσέγγιση της Κίνας στο θέμα της κλιματικής αλλαγής είναι μείζονος σημασίας για την παγκόσμια προσπάθεια προστασίας του περιβάλλοντος. Η Κίνα έχει καταθέσει επίσημα τη μακροπρόθεσμη στρατηγική της για την επίτευξη χαμηλών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέχρι τα μέσα του αιώνα, καθώς και μία επικαιροποιημένη Εθνικά Καθορισμένη Συνεισφορά (Nationally Determined Contribution - NDC) τον Οκτώβριο του 2021, πριν από τη Διάσκεψη COP26. Στη στρατηγική αυτή, η Κίνα δεσμεύεται να επιτύχει κλιματική ουδετερότητα πριν από το 2060 και να φτάσει στην κορύφωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) πριν από το 2030. Οι κύριες φιλοδοξίες της κεντρικής κυβέρνησης της Κίνας είναι η αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και η μετάβαση προς την ανάπτυξη πόλεων με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Κατά συνέπεια, καταβάλλει προσπάθειες για τον έλεγχο και τον μετριασμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου καθώς και για την ανάπτυξη ικανοτήτων προσαρμογής. Η κινεζική κυβέρνηση δίνει ύψιστη προτεραιότητα στο φιλόδοξο αυτό σχέδιο που αποσκοπεί στην προώθηση της ενσωμάτωσης εθνικών πολιτικών χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα σε όλους τους τομείς πολιτικής. Αυτό περιλαμβάνει την οικονομία, τις μεταφορές, το περιβάλλον και τη βιομηχανία. Επιπλέον, η ενσωμάτωση αυτών των πολιτικών σε όλους τους τομείς θα έχει θετικές επιδράσεις όχι μόνο στο περιβάλλον αλλά και στην οικονομία, προάγοντας τη βιώσιμη ανάπτυξη και δημιουργώντας νέες ευκαιρίες απασχόλησης. Μια τέτοια ενσωμάτωση πολιτικής κατοχυρώθηκε στα πρόσφατα «Πενταετή Προγράμματα», πιο συγκεκριμένα στο 12^ο (2011) και το 13^ο (2016), με σαφείς νομικές υποχρεώσεις, και ενισχύθηκε περαιτέρω από το «Νέο Σχέδιο Αστικοποίησης» (2014–2020). [9]

Οι διεθνείς ανησυχίες σχετικά με την κλιματική αλλαγή και τα υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Κίνα ανέβασαν την ενεργειακή μετάβαση σε καθαρές μορφές ενέργειας ψηλά στην ατζέντα της κινεζικής κυβέρνησης. Η Κίνα έχει θέσει ως άμεσο στόχο να επιτύχει μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα μέσω καινοτόμων πρακτικών σε όλους τους τομείς πολιτικής. Αυτό απαιτεί συνεργασία και συντονισμό μεταξύ διαφόρων κλάδων της κινεζικής κοινωνίας και της βιομηχανίας, με στόχο τη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στη χώρα. Η Κίνα έχει αναγνωρίσει ότι είναι ευάλωτη σε καταστροφές που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή. Τα υψηλά επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης οφείλονται κατά κύριο λόγο στη χρησιμοποίηση ορυκτών καυσίμων. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Κίνα επιδιώκει να αυξήσει σημαντικά το ποσοστό της στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μέχρι το 2020 και να μειώσει τις εκπομπές CO₂ ανά μονάδα ΑΕΠ κατά 18% σε σχέση με τα επίπεδα του 2015. [9]

Οι Κινέζοι ηγέτες αποδέχτηκαν πολλούς τύπους εθνικών και διεθνών ερευνητικών πρωτοβουλιών που σχετίζονται με τον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής και την προσαρμογή της Κίνας. [10] Η Κίνα καταβάλλει προσπάθειες διμερούς συνεργασίας με άλλες χώρες σχετικά με το θέμα της κλιματικής αλλαγής. Αυτές οι συνεργασίες θεωρούνται ως συμπληρωματικές και επικουρικές του πλαισίου UNFCCC, το οποίο θεωρείται ως το κύριο καθεστώς των διαπραγματεύσεων για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. [10] Αυτή η προσέγγιση αντικατοπτρίζει την προθυμία της Κίνας να συνεργαστεί με τη διεθνή κοινότητα για την προστασία του πλανήτη. Στις 22 Σεπτεμβρίου του 2020, ο Κινέζος πρόεδρος Xi Jinping ανακοίνωσε ότι η Κίνα στοχεύει να φτάσει τη μέγιστη τιμή των

εκπομπών CO₂ πριν από το 2030 και να επιτύχει ουδετερότητα άνθρακα πριν από το 2060. [11]
Συνολικά, αυτές οι κινήσεις αποδεικνύουν τη δέσμευση της Κίνας να αναλάβει ηγετικό ρόλο στην παγκόσμια προσπάθεια αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής προσφέροντας βιώσιμες λύσεις για το μέλλον.

3. Ο ρόλος της Κίνας

Η Κίνα αποτελεί τη μεγαλύτερη αναπτυσσόμενη οικονομία στον κόσμο και έναν από τους μεγαλύτερους καταναλωτές ενέργειας. Η ραγδαία οικονομική ανάπτυξη της Κίνας έχει δημιουργήσει μία αυξημένη ζήτηση ενέργειας για την υποστήριξη της βιομηχανίας και της καταναλωτικής αγοράς. Για αυτό το λόγο, έχει να αντιμετωπίσει τεράστιες προκλήσεις όσον αφορά την κατανάλωση ενέργειας και τη βιώσιμη ανάπτυξη. [12] Η έκταση της Κίνας είναι περίπου 9,6 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα. Αυτό την καθιστά τη μεγαλύτερη χώρα στην Ασία και μια από τις μεγαλύτερες στον κόσμο. Συγκριτικά, η εδαφική έκταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι περίπου 4,4 τετραγωνικά χιλιόμετρα δηλαδή το 45% της κινεζικής επικράτειας. Η Κίνα εκτείνεται σε περίπου 5.500 χιλιόμετρα από το βορρά προς το νότο και εκτείνεται για περίπου 5.000 χιλιόμετρα από τα ανατολικά προς τα δυτικά. Τα χερσαία σύνορα της Κίνας εκτείνονται σε 22.800 χιλιόμετρα. [10] Οι γεωγραφικές ιδιομορφίες και οι διάφορες κλιματικές ζώνες στην Κίνα την καθιστούν μια χώρα με μεγάλη ποικιλία τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και στον πολιτισμό της. Λόγω της έκτασής της, η Κίνα περιλαμβάνει αρκετές κλιματικές ζώνες, στις οποίες παρατηρούνται θερμοκρασιακές αποκλίσεις που κυμαίνονται από τροπικές έως ψυχρές. Η περιοχή Mohe της επαρχίας Heilongjiang, η οποία βρίσκεται βόρεια του γεωγραφικού πλάτους 53°, έχει ψυχρό εύκρατο κλίμα. Στο ίδιο γεωγραφικό πλάτος βρίσκονται διάφορες χώρες από το βόρειο ημισφαίριο του πλανήτη όπως η Ιρλανδία, η Πολωνία, η Ολλανδία και πολλές άλλες. Αντίθετα, η επαρχία Hainan η οποία βρίσκεται νοτιότερα από τον τροπικό του Καρκίνου, στο νότιο άκρο της χώρας, κυριαρχείται από το τροπικό κλίμα. Ο τροπικός του Καρκίνου διασχίζει διάφορες χώρες της Αφρικής και της Ασίας όπως είναι η Αίγυπτος, τα Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα και η Σαουδική Αραβία. Στην επαρχία Hainan οι θερμοκρασίες παραμένουν υψηλές καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Επομένως, παρατηρούνται σημαντικές θερμοκρασιακές διαφορές ανάμεσα στο βόρειο και το νότιο τμήμα της Κίνας. Κατά τους χειμερινούς μήνες, στις περισσότερες περιοχές της Κίνας επικρατούν χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά αυτές ποικίλουν ανάλογα με τη γεωγραφική θέση. Παραδείγματος χάρη, στο Mohe η θερμοκρασία τον Ιανουάριο κατά μέσο όρο είναι στους -30°C, ενώ στην περιοχή Sanya, της επαρχίας Hainan, οι χειμερινές θερμοκρασίες είναι συνήθως πάνω από 20°C. [10]

Ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού της Κίνας αποτελούσε σημείο προβληματισμού για την κινεζική κυβέρνηση για αρκετές δεκαετίες. Επομένως, ο έλεγχος της αύξησης αυτού αποτελεί θεμελιώδη εθνική πολιτική από τη δεκαετία του 1980. Σύμφωνα με τις απαιτήσεις του «Περιγράμματος της Εθνικής Οικονομικής και Κοινωνικής Ανάπτυξης», στο «Ενδέκατο Πενταετές Πρόγραμμα» (2006-2010) ο στόχος είναι η μέση ετήσια φυσική αύξηση του πληθυσμού της Κίνας να μην υπερβεί το 8‰ (0,8% ετησίως) και ο πληθυσμός έως το 2010 να είναι μικρότερος από 1,36 δισεκατομμύρια. Η Κίνα είχε συνολικό πληθυσμό 1,32 δισεκατομμύρια τα τέλη του 2008. [10] Ο πληθυσμός της Κίνας αυξήθηκε από 1,15 δισεκατομμύρια το 1990 σε 1,40 δισεκατομμύρια το 2018, με μέσο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης περίπου 0,4%. [12] Αυτή η προσέγγιση βοήθησε την Κίνα να διαχειριστεί τις δημογραφικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει και να επιτύχει το στόχο της, δηλαδή να διατηρήσει την μέση ετήσια αύξηση του πληθυσμού κάτω από 0,8%.

Τα τελευταία χρόνια είναι αξιοσημείωτη η οικονομική πρόοδος της Κίνας. Το βιοτικό επίπεδο και η αγοραστική δύναμη των πολιτών έχει βελτιωθεί σημαντικά. Η Κίνα κατάφερε να διατηρήσει ταχεία οικονομική ανάπτυξη για τρεις δεκαετίες. Αυτή η εξέλιξη στον κλάδο της οικονομίας οφείλεται κατά κύριο λόγο στην ταχεία πρόοδο της εκβιομηχάνισης και της αστικοποίησης. Το ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) της Κίνας αυξήθηκε από 1,54 τρισεκατομμύρια € (11,79 τρισεκατομμύρια γιουάν) το

1990 σε 24,44 τρισεκατομμύρια € (187,14 τρισεκατομμύρια γιουάν) το 2023. [13] Βέβαια, για να υποστηριχθεί αυτή η ταχεία ανάπτυξη, απαιτούνται σημαντικές και διαρκώς αυξανόμενες ποσότητες ενέργειας. [10]

3.1. Επισκόπηση των προκλήσεων ενεργειακής πολιτικής που αντιμετωπίζει η Κίνα

Οι ενεργειακές πολιτικές της Κίνας έχουν έρθει αντιμέτωπες με πολλές προκλήσεις. Η Κίνα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο στη μείωση της εξάρτησής της από τον άνθρακα ακολουθώντας ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μοντέλο, βασισμένο στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Το κινεζικό κράτος επικεντρώθηκε για πολλά χρόνια στην οικονομική ανάπτυξη, την αύξηση της απασχόλησης και την ενίσχυση της παραγωγής, θέτοντας αυτούς τους στόχους ως προτεραιότητες. Ωστόσο, αυτή η οικονομική ανάπτυξη επέφερε ορισμένες συνέπειες, όπως είναι η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και η ανεπαρκής διαχείριση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Η Κίνα έχει βρεθεί αντιμέτωπη με σοβαρά προβλήματα, όπως είναι η περιβαλλοντική ρύπανση, η υπερκατανάλωση φυσικών πόρων και οι αρνητικές επιπτώσεις αυτών στην υγεία των πολιτών. Για αυτό το λόγο, η κινεζική κυβέρνηση έχει αναγνωρίσει τη σημασία της αειφόρου ανάπτυξης και της διατήρησης του περιβάλλοντος. Ακόμα, μία από τις προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει είναι η διατήρηση της ταχείας οικονομικής ανάπτυξης σε συνδυασμό με τη μείωση της καταναλισκόμενης ενέργειας και των εκπομπών ρύπων που οφείλονται στην ενεργειακή κατανάλωση. Παράλληλα, θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην ανάπτυξη τεχνολογιών καθαρής ενέργειας [10].

Η κινεζική κυβέρνηση επιδιώκει εντατικά να διατηρήσει την ταχεία οικονομική ανάπτυξη, με στόχο τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου των πολιτών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω των συνεχών επενδύσεων στις υποδομές της χώρας, με σημαντικά κεφάλαια να διατίθενται για την ενίσχυση ορισμένων κλάδων κάθε χρόνο. Παραδείγματος χάρη, μεγάλη άνθηση έχει γνωρίσει ο κατασκευαστικός τομέας και πιο συγκεκριμένα η παραγωγή τσιμέντου και χάλυβα. Ωστόσο, η ανάπτυξη των συγκεκριμένων κλάδων επιφέρει σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Οι χημικές διεργασίες που συνδέονται με την παραγωγή του χάλυβα και του τσιμέντου προκαλούν υψηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, συνεισφέροντας στο πρόβλημα της κλιματικής αλλαγής. Επιπλέον, η υψηλή ενεργειακή κατανάλωση σε αυτούς τους κλάδους επιβαρύνει την ενεργειακή παραγωγή της χώρας. Η ανάπτυξη αυτών των ενεργοβόρων τομέων προκάλεσε μία σημαντική αύξηση στην καταναλισκόμενη ενέργεια της Κίνας. Αυτή η τάση ήταν ιδιαίτερα εμφανής από το 2002, όταν η έλλειψη εφοδιασμού σε πετρέλαιο, ηλεκτρικό ρεύμα και άνθρακα έπληξε ολόκληρη τη χώρα με συνεχείς διακοπές ρεύματος και κατ' επέκταση οικονομικές απώλειες. [10] Η εξάρτηση της Κίνας από αυτούς τους ενεργειακά απαιτητικούς τομείς έθεσε μία βασική πρόκληση στην ενεργειακή ασφάλεια της και υπογράμμισε τη σημασία της διαφοροποίησης των πηγών ενέργειας και της ενίσχυσης της ενεργειακής αποδοτικότητας. Για την αποφυγή παρόμοιων μελλοντικών κρίσεων, καθορίστηκε από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής ένας φιλόδοξος στόχος εξοικονόμησης ενέργειας για το «11ο Πενταετές Πρόγραμμα» (2006-2010). Με αυτό το πενταετές πρόγραμμα, η κινεζική κυβέρνηση προσπάθησε να ενισχύσει τους μη ενεργοβόρους τομείς. Παραδείγματος χάρη, τον τριτογενή τομέα. Η κινητήρια δύναμη της οικονομικής ανάπτυξης της Κίνας έχει μετατοπιστεί στον τριτογενή τομέα, μακριά τόσο από τον πρωτογενή όσο και από το δευτερογενή τομέα. [14] Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, η προστιθέμενη αξία του τριτογενούς τομέα αντιπροσώπευε περίπου το 41,5% του ΑΕΠ το 2002 και το 40% του ΑΕΠ το 2005. [10] Η ενίσχυση της κινεζικής

κυβέρνησης στον τριτογενή τομέα ήταν ιδιαίτερα εμφανής καθώς το μερίδιο του στο ΑΕΠ ήταν 48,3% το 2014 και 54,6% το 2023. Αντίθετα, το ποσοστό του δευτερογενή τομέα στο ΑΕΠ μειώθηκε, από 43,1% το 2014 σε 38,3% το 2023. Εν τω μεταξύ, το μερίδιο του πρωτογενούς τομέα στο συνολικό ΑΕΠ μειώθηκε κατά 1,5% από 8,6% το 2014 σε 7,1% το 2023. [15] Η κινεζική οικονομική μεταρρύθμιση ξεκίνησε για πρώτη φορά το 1978 στον αγροτικό τομέα. Από το 1978, η Κίνα έχει υποβληθεί σε τεράστιες μεταρρυθμίσεις σε διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των δικαιωμάτων ιδιοκτησίας και γης, των κρατικών επιχειρήσεων, της αγοράς εργασίας, των δημοσίων οικονομικών, του παγκόσμιου ανοίγματος κλπ. Μέσω αυτών, η Κίνα επωφελήθηκε σημαντικά στον οικονομικό και κοινωνικό τομέα.

Το ενεργειακό μείγμα της Κίνας δεν γνώρισε μεγάλες μεταβολές. Ο άνθρακας παρέμεινε η κυρίαρχη πηγή πρωτογενούς ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, η Κίνα αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα ρύπανσης από τη χρήση άνθρακα με περιβαλλοντικά επιβλαβείς και αναποτελεσματικούς τρόπους. Η ανάγκη για έλεγχο και διαχείριση των εκπομπών CO₂ έχει αναγνωριστεί ως υψίστης σημασίας για την ενεργειακή πολιτική της Κίνας. Η χώρα έχει επικεντρωθεί στην ανάπτυξη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, της πυρηνικής ενέργειας και άλλων πηγών χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Βέβαια, η ανάπτυξη και η προώθηση τέτοιων τεχνολογιών έρχονται συχνά αντιμέτωπες με αρκετές προκλήσεις. Κατά κύριο λόγο, αυτές οι δυσκολίες σχετίζονται με την τεχνολογική καινοτομία και την κοινωνική αποδοχή. Η τεχνολογική καινοτομία αποτελεί σημαντικό στοιχείο, καθώς απαιτεί επενδύσεις σε έρευνα και ανάπτυξη. Επιπλέον, η κοινωνική αποδοχή των νέων ενεργειακών τεχνολογιών παίζει κρίσιμο ρόλο, καθώς η κοινότητα και οι πολίτες πρέπει να συμβάλουν στην επιτυχή υλοποίησή τους. Όμως, ορισμένες από αυτές τις δυσκολίες σχετίζονται και με εμπόδια που υπάρχουν στην αγορά. [10] Η παραγόμενη ενέργεια των ανανεώσιμων πηγών θα πρέπει να γίνει πιο ανταγωνιστική σε σχέση με αυτή των συμβατικών μορφών ενέργειας. Υπό τις τρέχουσες συνθήκες της αγοράς, το κόστος της ενέργειας που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές, λαμβάνοντας υπόψη και τις κρατικές επιδοτήσεις, είναι υψηλό αλλά υπάρχει μεγάλο περιθώριο βελτίωσης. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και οι οικονομίες κλίμακας θα συμβάλλουν σημαντικά σε αυτό. [10] Η χαμηλή αξιοπιστία, η μικρή κλίμακα και το υψηλό κόστος επένδυσης είναι οι κύριοι παράγοντες που καθιστούν την ανανεώσιμη ενέργεια δαπανηρή. Ωστόσο, η Κίνα έχει αναδειχθεί σε ηγέτη σε ορισμένες τεχνολογικές καινοτομίες που σχετίζονται με την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, κάνοντας τον κλάδο αυτό πιο ανταγωνιστικό και βιώσιμο. Τέτοιου είδους τεχνολογικές καινοτομίες είναι οι ανεμογεννήτριες μεγάλης κλίμακας και τα έξυπνα δίκτυα. Η Κίνα έχει επενδύσει αρκετά στην κλιμακούμενη παραγωγή των ανεμογεννητριών μεγάλης κλίμακας. Με αυτό τον τρόπο, έχει μειωθεί δραστικά το κόστος παραγωγής τους. Η ανάπτυξη αυτών των εγκαταστάσεων σε μεγάλη κλίμακα βελτιώνει την αποδοτικότητα και μειώνει το κόστος της παραγόμενης ενέργειας. Επιπλέον, τα έξυπνα δίκτυα αποτελούν βασικό μέρος της εξέλιξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς επιτρέπουν την αποτελεσματικότερη διανομή και χρήση της ενέργειας, συμβάλλοντας στη μείωση των απωλειών και στην αύξηση της συνολικής αποδοτικότητας.

Ο κλάδος της αιολικής ενέργειας έχει γνωρίσει μεγάλη άνθιση στην Κίνα. Σύμφωνα με τα πρόσφατα κέρδη της εγκατεστημένης αιολικής ενέργειας, το κόστος της κιλοβατώρας για τις εισαγόμενες ανεμογεννήτριες είναι 30% υψηλότερο από τις μονάδες που κατασκευάζονται στην Κίνα. Όμως, αξίζει να σημειωθεί ότι παρόλο που τομέας της αιολικής ενέργειας έχει αναπτυχθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια υπάρχουν ορισμένα προβλήματα που πρέπει να επιλυθούν. Οι τεχνικοί περιορισμοί στο ηλεκτρικό δίκτυο μπορούν να αποτελέσουν μείζον εμπόδιο για την αποδοτική ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η παραγωγή αυτών των πηγών ενέργειας είναι

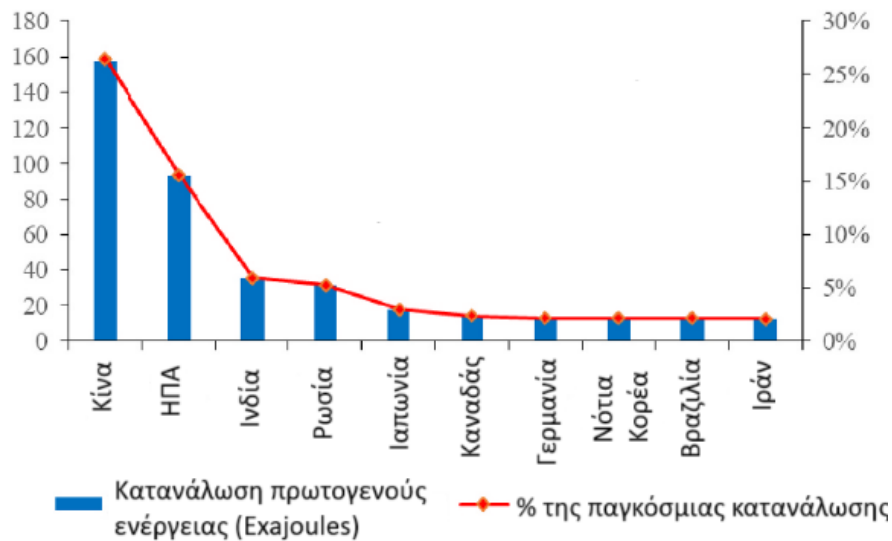
διαλείπουσα και εμφανίζει διακυμάνσεις, δημιουργώντας προκλήσεις για τη συνεχή παροχή ενέργειας στο δίκτυο. Ακόμα, η ανανεώσιμη ενέργεια συχνά παράγεται σε απομακρυσμένες περιοχές, όπου το δίκτυο είναι ανεπαρκές για να μεταφέρει την ενέργεια στα κέντρα κατανάλωσης. Παραδείγματος χάρη, το ηλεκτρικό δίκτυο της Κίνας δεν μπορεί να διαχειριστεί σημαντικές ποσότητες αξιόπιστων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (κυρίως αιολικής) σε ορισμένες περιοχές λόγω τεχνικών περιορισμών. [10] Η ασφάλεια και η σταθερότητα του ηλεκτρικού δικτύου είναι ζωτικής σημασίας. Η διασύνδεση των αιολικών πάρκων μεγάλης κλίμακας απαιτεί συμμόρφωση με κάποιες τεχνικές προδιαγραφές και πιστοποίηση δοκιμών. Η έλλειψη αυτών αποτελεί σοβαρό πρόβλημα, καθώς εγκυμονεί ο κίνδυνος της αποσταθεροποίησης του ηλεκτρικού δικτύου. Ωστόσο, η πλειοψηφία των ανεμογεννητριών που λειτουργούν και συνδέονται με το ηλεκτρικό δίκτυο της Κίνας δεν διαθέτουν πιστοποίηση δοκιμών και δεν πληρούν τις τεχνικές προδιαγραφές για να συνδεθούν με το δίκτυο. [16]

Η ανάπτυξη της φωτοβολταϊκής ενέργειας στην Κίνα έχει σημειώσει εντυπωσιακή ανάπτυξη. Η βιομηχανία των φωτοβολταϊκών πάνελ έχει γνωρίσει σπουδαία άνθιση τα τελευταία χρόνια. Το μεγαλύτερο μέρος αυτών που κατασκευάζονται στην Κίνα εξάγονται στις διεθνείς αγορές εξαιτίας του υψηλού κόστους εγκατάστασης στην Κίνα. Αυτό προκύπτει κυρίως από τον ηλεκτρολογικό εξοπλισμό (π.χ. τον αντιστροφέα – inverter, τις βάσεις στήριξης, τα καλώδια, τους ηλεκτρολογικούς σωλήνες, τα στηρίγματα, τους πίνακες και τις ασφαλιστικές διατάξεις), το κόστος της εγκατάστασης και τις κατασκευαστικές ιδιαιτερότητες των σπιτιών που ανεβάζουν την πολυπλοκότητα του συστήματος. Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που παράγεται από ένα φωτοβολταϊκό σύστημα είναι περίπου 0,268€/kWh (2 γιουάν/kWh), ενώ από τις συμβατικές πηγές παραγωγής το κόστος είναι 0,067€/kWh (0,5 γιουάν/kWh). [10] Η Κίνα έχει εντείνει τις προσπάθειες της στην ανάπτυξη τεχνολογιών προκειμένου να αξιοποιηθούν οι συμβατικές πηγές ενέργειας με καθαρό και αποτελεσματικό τρόπο. Παραδείγματος χάρη, τέτοιες καινοτομίες περιλαμβάνουν την ανάπτυξη της τεχνολογίας του συνδυασμένου κύκλου αεριοποίησης (Integrated Gasification Combined-Cycle (IGCC)), του εξαιρετικά καθαρού άνθρακα (Ultra-Clean Coal - UCC) και της επόμενης γενιάς πυρηνικών αντιδραστήρων. Όμως, εξακολουθεί να υπάρχει ένα μεγάλο χάσμα μεταξύ της κυριαρχίας των τεχνολογιών αυτών και της οικονομικής βιωσιμότητάς τους. [10] Για να γίνουν αυτές οι τεχνολογίες οικονομικά βιώσιμες, η Κίνα θα πρέπει να επικεντρωθεί στην έρευνα και ανάπτυξη, στη μείωση του κόστους παραγωγής και στην ενθάρρυνση της καινοτομίας. Επιπρόσθετα, η συνεργασία με διεθνείς εταίρους θα συνεισφέρει αρκετά στην ανταλλαγή γνώσεων και βέλτιστων πρακτικών στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας.

3.2. Κατανάλωση ενέργειας

Η Κίνα έχει γνωρίσει μεγάλη οικονομική άνθιση τις τελευταίες δεκαετίες και αυτή η ανάπτυξη της οικονομίας απαιτεί υψηλές ποσότητες ενέργειας. Η αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι ένα φυσικό αποτέλεσμα της αστικοποίησης και της βιομηχανικής ανάπτυξης. Μεγάλο μέρος του πληθυσμού έχει μετατοπιστεί προς τα αστικά κέντρα και ο κλάδος της οικονομίας αναπτύσσεται με ταχείς ρυθμούς. Ωστόσο, η εξάρτηση της Κίνας από τον άνθρακα ως πηγή πρωτογενούς ενέργειας αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για τη βιώσιμη ανάπτυξη της Κίνας. [17] Η Κίνα αντιμετωπίζει ορισμένες προκλήσεις όσον αφορά την αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας. Αυτές οι προκλήσεις περιλαμβάνουν την αύξηση της παραγόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης των κτιρίων, την εφαρμογή πιο καθαρών τεχνολογιών και τη μείωση της

εξάρτησης της από τον άνθρακα. Η Κίνα κατέχει την πρώτη θέση στην κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας, αντιπροσωπεύοντας το 27% της παγκόσμιας κατανάλωσης. [18]

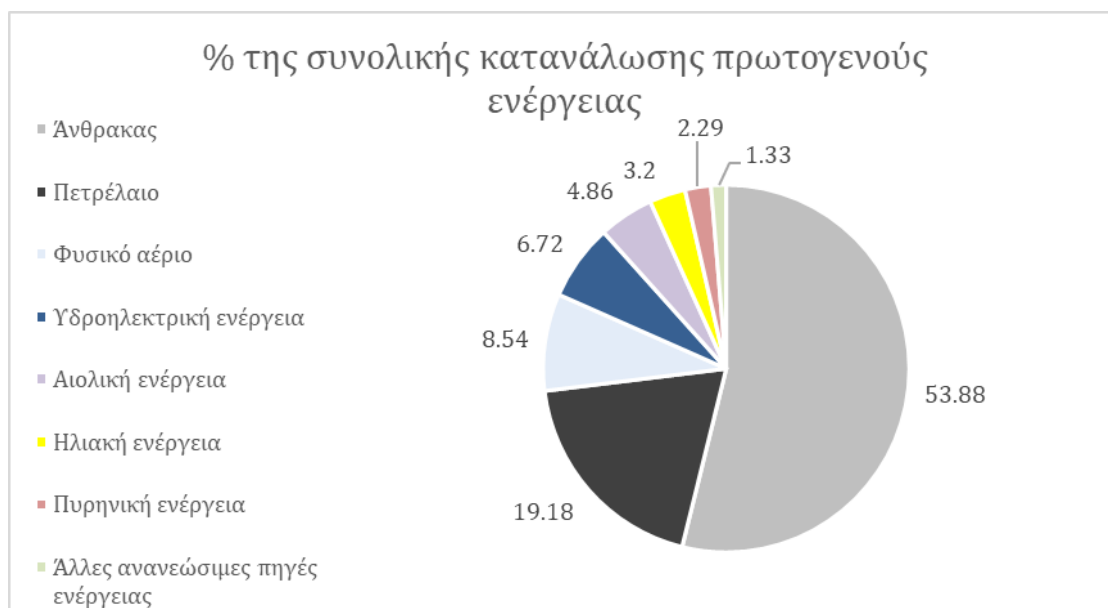


Πηγή: [18]

Εικόνα 1: Οι 10 χώρες με την μεγαλύτερη κατανάλωση πρωτογενούς ενέργειας

Η Κίνα διαθέτει διαφορετικά είδη πηγών ενέργειας προκειμένου να καλύψει τις αυξανόμενες ενεργειακές της ανάγκες. Η κύρια πηγή ενέργειας της Κίνας είναι ο άνθρακας. Οι κύριοι λόγοι προτίμησής του είναι το χαμηλό του κόστος, η ευκολία στην παραγωγή του και το ανταγωνιστικό του πλεονέκτημα συγκριτικά με τις υπόλοιπες πηγές ενέργειας, ανανεώσιμες και μη. Χρησιμοποιείται πρωτίστως για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος και για την παραγωγή θερμότητας στον βιομηχανικό τομέα. Ακόμα, το πετρέλαιο, η υδροηλεκτρική ενέργεια, το φυσικό αέριο και η πυρηνική ενέργεια αποτελούν σημαντικό μέρος της ενεργειακής δομής της Κίνας. Η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί μια σημαντική πηγή ενέργειας για την Κίνα, καθώς εκείνη διαθέτει αρκετούς υδάτινους πόρους. Όσον αφορά το φυσικό αέριο, είτε εισαγόμενο είτε εγχώριας παραγωγής, αποτελεί μία πιο καθαρή πηγή ενέργειας σε σχέση με τον άνθρακα και κατά κύριο λόγο χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος. Ακόμα, η πυρηνική ενέργεια αναπτύσσεται αργά αλλά σταθερά και αναμένεται να συμβάλει σημαντικά στη μείωση της εξάρτησης της Κίνας από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας.

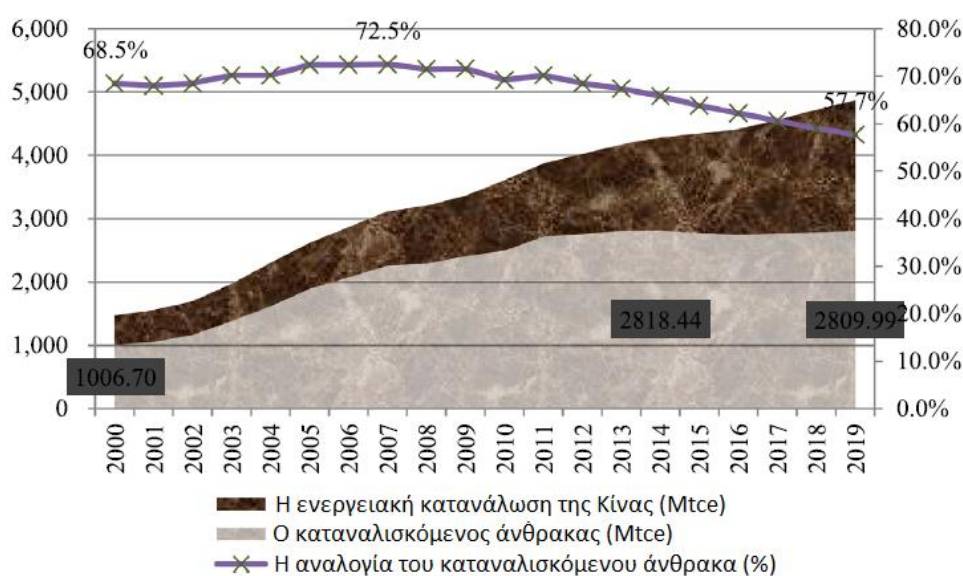
Η ενεργειακή δομή της Κίνας σε επίπεδο τελικής χρήσης έχει μεταβληθεί αρκετά τα τελευταία χρόνια. Η αυξανόμενη κυκλοφορία των οχημάτων στους δρόμους αποτελεί μία σημαντική πρόκληση για τον ενεργειακό τομέα της Κίνας. Εξαιτίας αυτής χρησιμοποιούνται περισσότερα υγρά καύσιμα, παραδείγματος χάρη αργό πετρέλαιο, βενζίνη, κηροζίνη, ντίζελ, μαζούτ, υγραέριο διωλιστηρίου και άλλα πετρελαιοειδή. Το μερίδιο των στερεών καυσίμων που καταναλώνεται απευθείας σε τομείς τελικής χρήσης – (συμπεριλαμβανομένου του ακατέργαστου άνθρακα, του καθαρού άνθρακα, των μπρικετών, του οπτάνθρακα και άλλων προϊόντων του) - μειώθηκε, ενώ η χρήση θέρμανσης και ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκαν σημαντικά. Παρόλο που το μερίδιο χρήσης των αέριων καυσίμων – (συμπεριλαμβανομένου του φυσικού αερίου, του αερίου φούρνου οπτάνθρακα και άλλων αερίων) - έχει αυξηθεί σημαντικά, εξακολουθούν να παίζουν μικρό ρόλο στο τελικό ενεργειακό ισοζύγιο της Κίνας. [10]



Πηγή: [19]

Εικόνα 2: Η ενεργειακή δομή της Κίνας το 2023

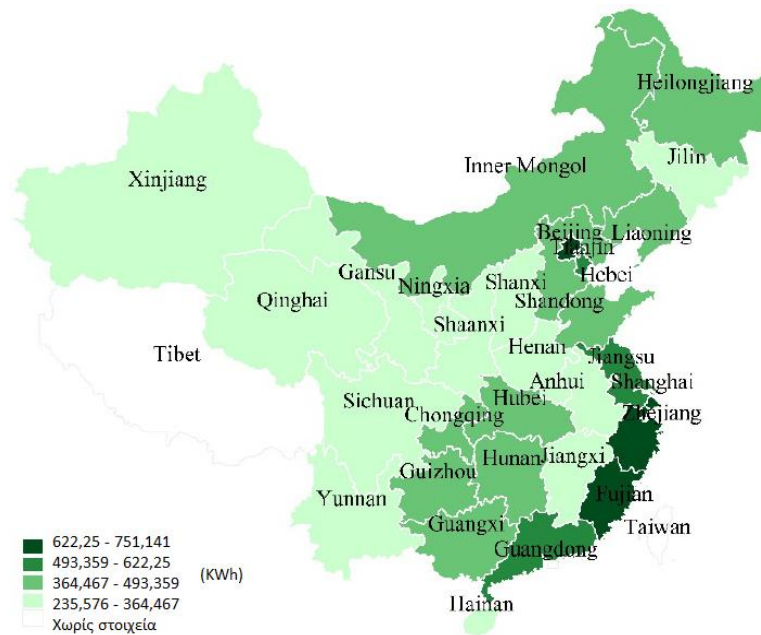
Η Κίνα είναι ένας από τους λίγους παραγωγούς και καταναλωτές ενέργειας στον κόσμο που κυριαρχείται από τον άνθρακα. Η ενεργειακή δομή της Κίνας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από αυτόν. Η αναλογία του καταναλισκόμενου άνθρακα στη συνολική κατανάλωση ενέργειας παρέμεινε σε υψηλά επίπεδα, άνω του 50%. [17] Η κινεζική κυβέρνηση έχει θέσει ως στόχο να μειώσει την εξάρτησή της από τον άνθρακα και να αλλάξει ριζικά τον ενεργειακό τομέα χρησιμοποιώντας πιο καθαρές και βιώσιμες πηγές ενέργειας. Η μέγιστη τιμή του καταναλισκόμενου άνθρακα εμφανίστηκε το 2014, φτάνοντας τα 2.818 Mtce (εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου άνθρακα), και στη συνέχεια ακολούθησε μια σχετικά σταθερή τάση (βλ. Εικόνα 3). [17]



Πηγή: [17]

Εικόνα 3: Η κατανάλωση άνθρακα ως ποσοστό της ενεργειακής κατανάλωσης της Κίνας

Η κατά κεφαλήν οικιακή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα είναι άμεσα συνδεδεμένη με την ταχεία οικονομική ανάπτυξη και την αύξηση της ευημερίας του πληθυσμού. Καθώς το βιοτικό επίπεδο των πολιτών βελτιώνεται και εκείνοι αποκτούν μεγαλύτερη πρόσβαση σε ηλεκτρικές συσκευές, αυξάνεται η ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια. Η αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την ανάπτυξη των αστικών περιοχών διότι οι κάτοικοι αυτών χρησιμοποιούν περισσότερη ενέργεια για να καλύψουν τις ανάγκες τους. Το 2010, η κατά κεφαλήν οικιακή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας ήταν 379,56 kWh. Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας των οικιακών καταναλωτών αυξήθηκε στις 694 kWh έως το 2018, με ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης περίπου 7,83%. [12]



Πηγή: [12]

Εικόνα 4: Η χωρική κατανομή της κατά κεφαλήν κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα. Το σχήμα δείχνει τη μέση κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από το 2007 έως το 2016 στην Κίνα.

Η κατά κεφαλήν οικιακή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στις λιγότερο ανεπτυγμένες κεντρικές και δυτικές περιοχές είναι σχετικά χαμηλή. Η οικονομική ανάπτυξη συνοδεύεται από αύξηση της καταναλισκόμενης ενέργειας, καθώς οι άνθρωποι και οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν περισσότερη ενέργεια για την κάλυψη των αυξημένων αναγκών τους. Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας θα συνεχίσει να αυξάνεται λόγω της θετικής σχέσης μεταξύ της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας και της οικονομικής ανάπτυξης. Η Κίνα έχει πληθυσμό 1,4 δισεκατομμυρίων κατοίκων, και υπάρχει μεγάλη δυνατότητα αύξησης της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. [12] Η πρόσφατη οικονομική άνθηση στην Κίνα συνδυάστηκε με οικολογική και περιβαλλοντική υποβάθμιση. Η μείωση του μεγέθους των νοικοκυριών έχει σημαντικές επιπτώσεις στη βιωσιμότητα στην Κίνα, η οποία είναι ο μεγαλύτερος εκπομπός διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) παγκοσμίως. [20] Επιπλέον, αντιμετωπίζει σοβαρή ατμοσφαιρική ρύπανση και ελλείψεις νερού. [20] Ο τομέας της ενέργειας, ο οποίος είναι η κυρίαρχη πηγή εκπομπής και ρύπανσης στην Κίνα, αναμένεται να διαδραματίσει ζωτικό ρόλο στη βιώσιμη ανάπτυξη. [20] Η ενεργειακή δομή της Κίνας έχει μεγάλη δυναμική για αλλαγή και βελτίωση.

3.3. Πρόσφατες τάσεις στην παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας

Αφού διατήρησε χαμηλή ενεργειακή ελαστικότητα κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών του εικοστού αιώνα, με το ρυθμό ανάπτυξης της οικονομίας να ξεπερνά τον ρυθμό αύξησης της χρήσης ενέργειας, η Κίνα εισήλθε σε μια φάση αύξησης της παραγωγής ενέργειας, των εισαγωγών και της κατανάλωσης στο τέλος του αιώνα. Η ενεργειακή κατανάλωση της χώρας έχει αυξηθεί παράλληλα με την αναπτυσσόμενη οικονομία και την ταχεία αστικοποίηση. Η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας αυξήθηκαν έως και σε διψήφια ποσοστά από το 2003. [10] Αυτή η αυξημένη ενεργειακή κατανάλωση έχει εγείρει προβληματισμούς στην κινεζική κυβέρνηση όσον αφορά τα ενεργειακά αποθέματα της χώρας, τη διαχείριση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου και την ανάγκη για βιώσιμες ενεργειακές λύσεις.

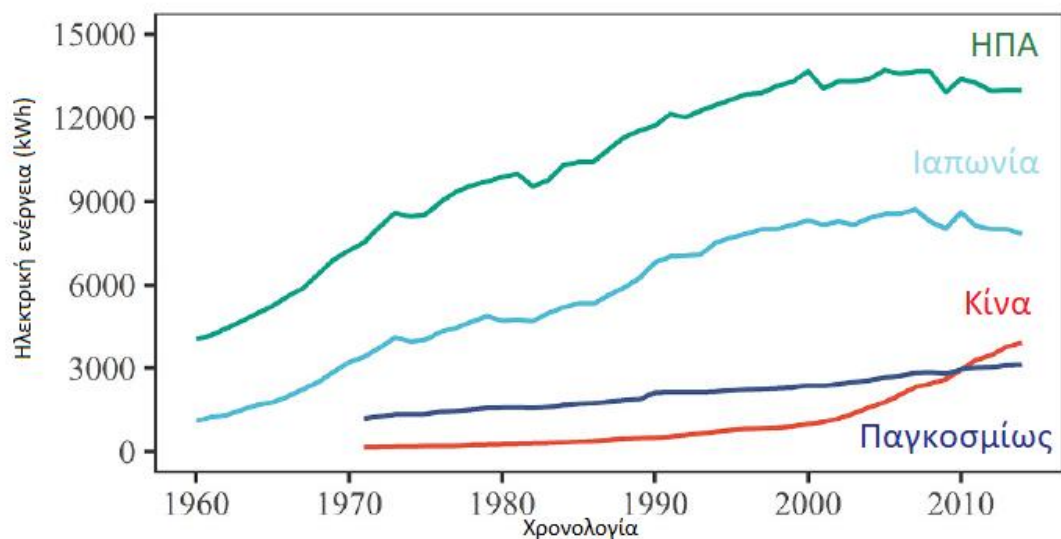
3.3.1. Ενεργειακοί πόροι

Η Κίνα έχει αναγνωρίσει τον σημαντικό ρόλο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας για το μέλλον της ενεργειακής της ανάπτυξης. Ειδικά, η αιολική ενέργεια έχει σημαντικό δυναμικό στη χώρα, και η Κίνα έχει επενδύσει αρκετά στην ανάπτυξη των αιολικών πάρκων και των ανεμογεννητριών. Ωστόσο, η αποτελεσματική χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας απαιτεί την ανάπτυξη υποδομών για τη μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας από τους τόπους παραγωγής στους τελικούς χρήστες. Αυτές οι πηγές θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό μέλλον της Κίνας. [10]

Το ηλεκτρικό δίκτυο της Κίνας εξακολουθεί να βασίζεται κυρίως στον άνθρακα, με σημαντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την υγεία. Οι υψηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) που σχετίζονται με την παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας ανέρχονταν στα 582 γραμμάρια ανά κιλοβατώρα (g/kWh) το 2023. Τα συγκεκριμένα επίπεδα εκπομπής ήταν σχεδόν 20% υψηλότερα από τον παγκόσμιο μέσο όρο ο οποίος ήταν 481 γραμμάρια ανά κιλοβατώρα ώρα (g/kWh). [21] Οι υψηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) από την ηλεκτροπαραγωγή συμβάλλουν σημαντικά στη ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα και επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα ζωής των πολιτών. Επιπλέον, η εξόρυξη και η χρήση άνθρακα έχουν αντίκτυπο στη βιώσιμη διαχείριση των φυσικών πόρων. Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα, λόγω των υψηλών εκπομπών και της υψηλής ενεργειακής κατανάλωσης, αποτελεί την κύρια πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στη χώρα. Ακόμα, ο τομέας της παραγωγής της θερμοηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα είναι ο μεγαλύτερος καταναλωτής βιομηχανικού νερού στη χώρα. Αυτό έχει σοβαρές επιπτώσεις στη διαχείριση των υδάτινων πόρων και αυξάνει την πίεση στον τομέα της ύδρευσης και της αποχέτευσης. Εκτός αυτού, η παραγωγή θερμοηλεκτρικής ενέργειας εκπέμπει σημαντικές ποσότητες επιβλαβών ρύπων, όπως διοξείδιο του θείου (SO_2), οξείδια του αζώτου (NO_x) και τέφρα καπνού, οι οποίοι επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα.

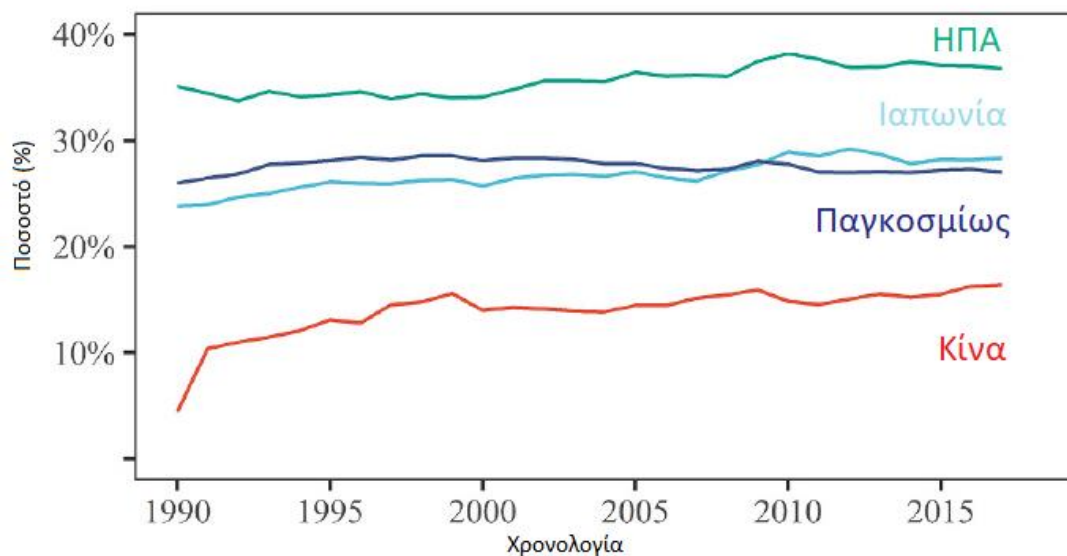
Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα είναι χαμηλότερη σε σχέση με πολλές ανεπτυγμένες χώρες, όπως τις Ηνωμένες Πολιτείες και τις χώρες της Ευρώπης. Ωστόσο, αυτό οφείλεται σε μεγάλο βαθμό στο γεγονός ότι μεγάλο μέρος του πληθυσμού εξακολουθεί να ζει σε αγροτικές περιοχές όπου οι ενεργειακές ανάγκες των πολιτών είναι χαμηλές σε σχέση με τις αστικές περιοχές. Η αυξανόμενη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια στην Κίνα προκύπτει από την αύξηση της οικιακής κατανάλωσης, την αστικοποίηση και την ανάπτυξη της βιομηχανίας. Καθώς οι υποδομές και ο τρόπος ζωής στην Κίνα συνεχίζουν να εξελίσσονται και να αναπτύσσονται, η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξάνεται, ιδίως στις αστικές περιοχές. Από την πλευρά της ζήτησης, το

μεγαλύτερο μέρος των ενεργειακών απαιτήσεων των κινεζικών νοικοκυριών καλύπτεται από την ηλεκτρική ενέργεια. Ωστόσο, η συνολική κατά κεφαλήν κατανάλωση (βλ. Εικόνα 5) και η οικιακή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας (βλ. Εικόνα 6) στην Κίνα είναι σημαντικά χαμηλότερες από ό,τι στις ανεπτυγμένες χώρες, αλλά εξακολουθούν να έχουν αυξητική πορεία. [20] Από το 2002 έως το 2021, η κατανάλωση ενέργειας των νοικοκυριών παρουσίασε ανοδική τάση, από 0,174 τόνους ισοδύναμου άνθρακα (tce) κατά κεφαλήν το 2002 σε 0,834 tce κατά κεφαλήν το 2021, με μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 8,148%. [22]



Πηγή: [20]

Εικόνα 5: Η κατά κεφαλήν κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας



Πηγή: [20]

Εικόνα 6: Η ποσοστιαία κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από τον οικιακό τομέα

Η ηλεκτρική ενέργεια παίζει ουσιαστικό ρόλο στην Κίνα, όχι μόνο ως η κύρια πηγή ενέργειας για τους οικιακούς καταναλωτές, αλλά και ως ένας παράγοντας μεγάλης σημασίας για την ανάπτυξη του ηλεκτρικού δικτύου. Η αυξημένη ζήτηση για ηλεκτρική ενέργεια, κυρίως λόγω της αύξησης της

οικιακής κατανάλωσης, δημιουργεί προκλήσεις για την αναβάθμιση και τον εκσυγχρονισμό του ηλεκτρικού δικτύου. Τα νοικοκυριά καταλαμβάνουν ένα σημαντικό τμήμα της καταναλισκόμενης ηλεκτρικής ενέργειας, και η αυξανόμενη ζήτηση από αυτά απαιτεί αναπτυξιακά και βελτιωτικά μέτρα για την κάλυψη των αναγκών τους. Ταυτόχρονα, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας έχει άμεση επίδραση στο περιβάλλον και την κοινωνία. Ο τρόπος παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας επηρεάζει το περιβάλλον μέσω των εκπεμπόμενων ρύπων, της εκμετάλλευσης των φυσικών πόρων και της διαχείρισης των αποβλήτων. Για αυτό το λόγο, η Κίνα επιδιώκει να μειώσει τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και να υιοθετήσει πιο βιώσιμες πρακτικές στον τομέα της ενέργειας. [20]

4. Η Ανάλυση Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων

Η αυξανόμενη πρόκληση της κλιματικής αλλαγής επιτάσσει επείγουσες και ριζοσπαστικές μεταρρυθμίσεις σε ένα ευρύ φάσμα κοινωνικοτεχνικών συστημάτων που υποστηρίζουν τις βιομηχανικές κοινωνίες. Λόγω των σημαντικών κοινωνικών και περιβαλλοντικών επιπτώσεών τους, τα ενεργειακά συστήματα θεωρούνται κρίσιμα για την πορεία προς τη βιωσιμότητα. Είναι επιτακτική η ανάγκη για συστηματικές αλλαγές στην παραγωγή και χρήση ενέργειας, καθώς και στις πρακτικές που εφαρμόζονται στους τομείς των μεταφορών, της γεωργίας και της οικιακής κατανάλωσης. Η υιοθέτηση βιώσιμων τεχνολογιών, η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και η ενθάρρυνση της αειφόρου ανάπτυξης αποτελούν καίρια βήματα για την πορεία προς τη βιωσιμότητα. Απαντώντας σε αυτήν την πρόκληση το πεδίο των μεταβατικών μελετών εξελίσσεται ολοένα και περισσότερο. Ειδικότερα, η Ανάλυση Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων (Multi-Level Perspective analysis - MLP) για τις κοινωνικοτεχνικές μεταβάσεις έχει καθιερωθεί ως ένα επιδραστικό πλαίσιο. Η MLP αποτελεί μια εξαιρετικά αποτελεσματική μεθοδολογία για την ανάλυση της καινοτομίας του συστήματος, της αειφόρου ανάπτυξης και των μεταβάσεων χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Για αυτό το λόγο, εφαρμόζεται εκτενώς στους τομείς της ενέργειας και της κινητικότητας. Η «παγκόσμια» μέθοδος MLP αναπτύχθηκε μέσω μιας σειράς περιπτωσιολογικών μελετών που εστίασαν στους κλάδους των μεταφορών, της διαχείρισης αποβλήτων και της παραγωγής των εργοστασίων. Από αυτές τις μελέτες, η συγκεκριμένη μέθοδος ανάλυσης αναπτύχθηκε και διαμορφώθηκε περαιτέρω, επιτρέποντας την εφαρμογή της σε ένα ευρύτερο φάσμα πεδίων και τομέων. Η μέθοδος MLP προτείνει ότι οι ριζικές μεταβολές στα κοινωνικοτεχνικά συστήματα συμβαίνουν μέσω διαδικασιών αλληλεπίδρασης σε τρία επίπεδα: τις καινοτόμες τεχνολογίες (niches), το καθεστώς (κυρίαρχες δομές και πρακτικές - regime) και τις εξωγενείς, ευρύτερες εξελίξεις (ορίζοντας-landscape). [3] Η MLP αποτελεί μία μέθοδο ανάλυσης που εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο η αλληλεπίδραση μεταξύ πολλαπλών αναλυτικών επιπέδων επηρεάζει μία διαδικασία ανάπτυξης.

Η MLP συχνά εστιάζει σε ένα ειδικό θέμα ή σε ένα συγκεκριμένο ιστορικό πλαίσιο δράσης, αναδεικνύοντας τα στοιχεία και τις αλληλεπιδράσεις που συνδέονται με αυτό. Η ανάγκη να συμπεριληφθούν οι σχέσεις εξουσίας και η πολιτική στο πλαίσιο αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο. Η MLP στοχεύει στη σύλληψη και την εξήγηση των διαδικασιών όπου πολλαπλές διαμορφώσεις παραγόντων, πόροι, θεσμοί και κανόνες σε διαφορετικά περιβάλλοντα δημιουργούν σταθερότητα, καθώς και παράθυρα ευκαιριών για αλλαγή. Η συγκεκριμένη μέθοδος ανάλυσης εστιάζει στην ανίχνευση αυτών των παραγόντων και στην κατανόηση των διεργασιών που διαμορφώνουν τη συμπεριφορά ενός συστήματος σε διάφορα επίπεδα. Ένας από τους βασικούς πυλώνες της MLP είναι η κατανόηση και ο επηρεασμός της ανάπτυξης προς πιο βιώσιμα συστήματα. Αυτό σημαίνει ότι οι μεταβάσεις αειφορίας εμφανίζουν ισχυρό προσανατολισμό στο μέλλον. [4]

Η MLP περιγράφει τις μεταβάσεις που εκτυλίσσονται από μια αλληλεπίδραση παραγόντων μεταξύ των τριών επιπέδων: Niche, Regime και Landscape. Το «landscape» αντιπροσωπεύει το ευρύτερο κοινωνικοτεχνικό πλαίσιο και περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα στοιχείων από διάφορους τομείς, όπως την πολιτική, την οικονομία, τον πολιτισμό και τις τεχνολογικές εξελίξεις. Το «landscape» αποτελεί ένα υπόβαθρο που δεν μεταβάλλεται βραχυπρόθεσμα και επηρεάζει άμεσα το «regime». Οι εξελίξεις στο «landscape» διαμορφώνουν το πλαίσιο εντός του οποίου λειτουργεί το «regime» και αυτή η σχέση αλληλεπίδρασης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξέλιξη και τη σταθερότητα της κοινωνίας. Διαφοροποιήσεις στο εξωγενές περιβάλλον μπορούν να αξιολογηθούν με την αντιμετώπιση διαφορετικών παραγόντων. Ωστόσο, μεγάλες αναταράξεις, όπως κοινωνικές εξεγέρσεις ή

τεχνολογικές εξελίξεις, μπορούν να διαταράξουν θεμελιωδώς το «landscape», δημιουργώντας νέα παράθυρα ευκαιριών για τις εξειδικευμένες καινοτομίες, γνωστές ως «niches». Τα φαινόμενα και οι διαδικασίες στο επίπεδο του «landscape» συχνά εξελίσσονται με αργούς ρυθμούς. Αυτές οι εξελίξεις μπορεί να περιλαμβάνουν παγκόσμια φαινόμενα όπως η κλιματική αλλαγή, όπου οι αλλαγές στο περιβάλλον εκτυλίσσονται με βραδύ ρυθμό, ενώ επιδρούν δραστικά στα οικοσυστήματα και την κοινωνία. Αντίστοιχα, η βιομηχανοποίηση και οι δημογραφικές αλλαγές ανήκουν στις διαδικασίες που εξελίσσονται σε μεγάλο χρονικό διάστημα. Για παράδειγμα, η εκβιομηχάνιση αναφέρεται στη μετατροπή μίας κοινωνίας, που βασίζεται στη γεωργία, σε μια πιο βιομηχανική και τεχνολογική κοινωνία. Αυτές οι διαδικασίες είναι συχνά πολύπλοκες και επηρεάζουν την κοινωνία βαθύτατα, ενώ οι αλλαγές συνήθως συμβαίνουν σταδιακά με μικρά βήματα αντί για άμεσες και ορατές μεταβολές. Ωστόσο, ορισμένες αλλαγές στο επίπεδο του «landscape» είναι ριζικές και συμβαίνουν με ταχείς ρυθμούς. Συνήθως, πρόκειται για ταχύτερες τάσεις ή για απότομες αναταράξεις όπως είναι η ψηφιοποίηση, οι πόλεμοι, οι πανδημίες και οι πετρελαϊκές κρίσεις. Από τη μία μεριά, η ψηφιοποίηση έχει επιφέρει μεγάλες αλλαγές σε όλους τους τομείς της κοινωνίας και της οικονομίας, επιταχύνοντας την ψηφιακή μετάβαση και διαμορφώνοντας νέους τρόπους εργασίας, επικοινωνίας και διακίνησης πληροφοριών. Από την άλλη πλευρά, μια πανδημία ή μια πετρελαϊκή κρίση μπορούν να έχουν ανείπωτες επιπτώσεις σε οικονομικό, κοινωνικό και πολιτικό επίπεδο, με αναδιαμόρφωση των προτεραιοτήτων, των συστημάτων υγείας και των οικονομικών δομών. Για αυτό το λόγο, η κατηγοριοποίηση των περιβαλλοντικών αλλαγών στο επίπεδο του «landscape» γίνεται με βάση τέσσερις διαστάσεις: τη συχνότητα, την ένταση, την ταχύτητα και το εύρος. Συνδυασμοί αυτών των τεσσάρων χαρακτηριστικών παράγουν πολλούς τύπους αλλαγών στο λειτουργικό περιβάλλον. Αυτή η κατηγοριοποίηση αναπτύχθηκε αρχικά για να βοηθήσει τις εταιρείες που λειτουργούν σε περιορισμένο οργανωτικό περιβάλλον. Ωστόσο, η εφαρμογή αυτής της προσέγγισης στις ευρύτερες κοινωνικές αλλαγές μπορεί να μην είναι άμεσα εφαρμόσιμη. Οι κοινωνικές αλλαγές είναι πολυδιάστατες, περίπλοκες και επηρεάζουν διαφορετικούς τομείς της ανθρώπινης ζωής. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις κοινωνικές αλλαγές ποικίλουν, και η δυναμική τους είναι πολύπλοκη. [4]

Το κοινωνικοτεχνικό καθεστώς αντιπροσωπεύει το δεύτερο επίπεδο της MLP, το «Regime». Αυτό το επίπεδο εξετάζει τις κοινωνικές και πολιτικές θεσμικές δομές, τις πολιτιστικές αξίες, τις τεχνολογικές εξελίξεις, την ιστορική εξέλιξη και τις πολιτικές διαδικασίες που διαμορφώνουν τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί μια κοινωνία. Το «Regime» αντιπροσωπεύει τις βαθύτερες δομές και τις συστημικές συνθήκες που επηρεάζουν την κοινωνία. Αυτό περιλαμβάνει τις κυρίαρχες τεχνολογίες, τις δομές παραγωγής και τους εγκεκριμένους κανόνες. Αναγνωρίζονται τρεις κατηγορίες κανόνων: γνωστική, ρυθμιστική και κανονιστική. Αυτοί οι κανόνες, μαζί με τις φυσικές υποδομές και τις δομές του οικοσυστήματος, δημιουργούν ένα πλαίσιο σταθερότητας. Αυτή η σταθερότητα είναι σημαντική για την κατανόηση των μεταβάσεων και των αλλαγών που λαμβάνουν χώρα σε μια κοινωνία, καθώς καθορίζει τα πλαίσια εντός των οποίων εκδηλώνονται οι διαδικασίες μεταβολής και ανανέωσης των κοινωνικών δομών. Το «Regime» ενσωματώνει την κοινωνικοτεχνική δομή μιας κοινωνίας. Τα δίκτυα στο επίπεδο του «Regime» περιλαμβάνουν διαφορετικούς παράγοντες - χρήστες, παραγωγούς καθώς και διαμεσολαβητές τεχνολογίας και υπηρεσιών, φορείς χάραξης πολιτικής, επιχειρήσεις, πολίτες και κοινότητες πρακτικής. Αυτά τα δίκτυα σχηματίζουν τις σχέσεις, τις δομές και τις αλληλεπιδράσεις που καθορίζουν το πώς λειτουργεί ένα κοινωνικοτεχνικό σύστημα. Οι αλλαγές στο επίπεδο του «Regime» είναι συνήθως μικρές και συλλογικά συμφωνημένες. Αυτές οι αλλαγές μπορεί

να περιλαμβάνουν την τροποποίηση κανόνων, πρακτικών ή δομών που επηρεάζουν τον τρόπο λειτουργίας του κοινωνικού συστήματος. [4]

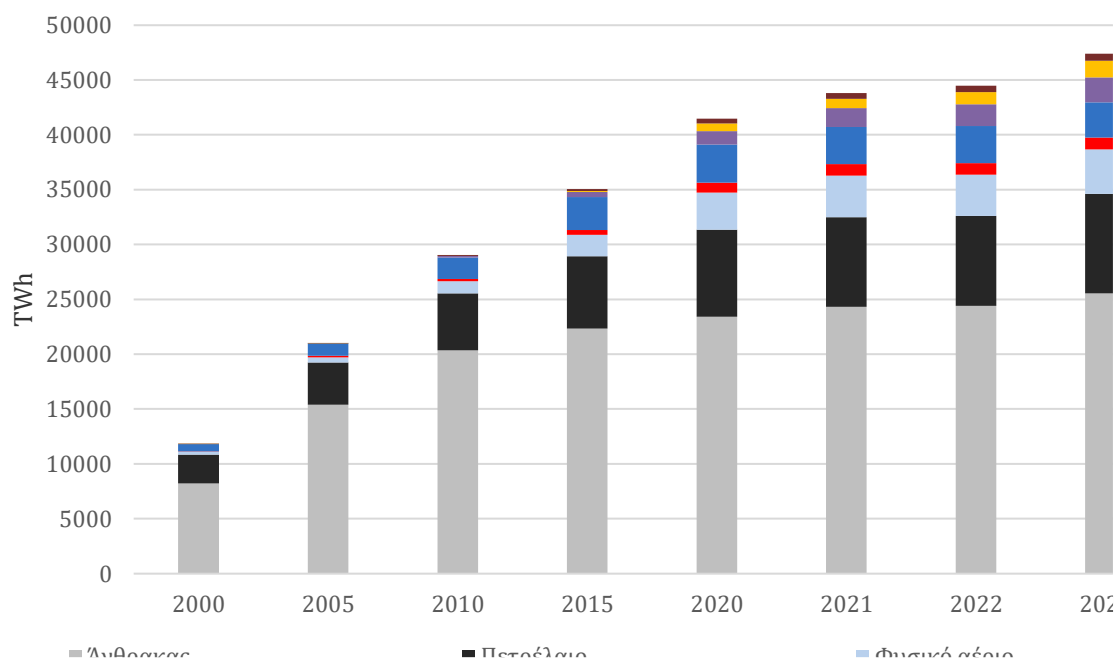
Οι «Niches» αντιπροσωπεύουν το τρίτο αναλυτικό επίπεδο στη θεωρία της MLP. Σε αυτό το επίπεδο, πραγματοποιούνται πειραματισμοί και δημιουργούνται καινοτόμες πρακτικές χωρίς να υπάρχει άμεση επίδραση από το «Regime». Τα δίκτυα στο επίπεδο των «Niches» είναι προστατευμένα από τον άμεσο αντίκτυπο των κυρίαρχων κοινωνικών και τεχνολογικών δομών του «Regime». Συνήθως, δημιουργούνται μέσα από ερευνητικά έργα και πειραματικές πρωτοβουλίες. Ακόμα, μπορούν να αναπτύσσονται και να εξελίσσονται σε μη ανταγωνιστικούς και μη ρυθμιζόμενους τομείς, παρέχοντας έτσι ένα χώρο για καινοτομία και πειραματισμό. Σε αντίθεση με το «Regime», τα δίκτυα στο επίπεδο των «Niches» είναι λιγότερο σταθερά και λιγότερο προβλέψιμα, αφού είναι πιο ευαίσθητα στις αλλαγές και μπορούν να εξελιχθούν με πιο απρόβλεπτους τρόπους. Αυτό το επίπεδο αντιπροσωπεύει έναν χώρο δημιουργικότητας και πρωτοπορίας όπου είναι δυνατόν να προκύψουν νέες ιδέες και πρακτικές που στη συνέχεια μπορούν να επηρεάσουν το ευρύτερο κοινωνικοτεχνικό πλαίσιο.

Τα δίκτυα στο επίπεδο «niches» είναι συνήθως μικρά και απαιτούν συνεχή δραστηριότητα από τα μέλη τους για να διατηρήσουν τη θέση τους. Συχνά, αυτά τα δίκτυα φιλοξενούν καινοτόμους και επιχειρηματίες, οι οποίοι συμμετέχουν σε δραστηριότητες όπως είναι η δημιουργία δικτύων για την ανταλλαγή ιδεών και την ανάπτυξη καινοτομιών. Στο πλαίσιο αυτών των δικτύων, αναπτύσσονται ορισμένες διαδικασίες μάθησης που ενισχύουν τις καινοτομίες και συμβάλλουν στην ανάπτυξη των κοινωνικοτεχνικών δομών. Επιπλέον, δίνεται έμφαση στην άρθρωση και την εναρμόνιση των οραμάτων και των προσδοκιών των εν λόγω καινοτομιών. Με την πάροδο του χρόνου, οι εξειδικευμένες καινοτομίες είτε παραμένουν και ευδοκιμούν είτε αντιμετωπίζουν προκλήσεις και καταρρέουν. Η αξιολόγηση της ωριμότητάς τους, καθώς και οι προϋποθέσεις για την είσοδό τους στις αγορές, διαφέρουν ανάλογα με το πλαίσιο. Σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την αναγνώριση των καινοτομιών περιλαμβάνουν τη σταθεροποίηση των δικτύων παραγόντων, την αυξημένη εστίαση σε μία κυρίαρχη καινοτομία, τη βελτίωση της σχέσης τιμής-απόδοσης, και τη δημοτικότητα της καινοτομίας σε ένα συγκεκριμένο τμήμα της αγοράς με τουλάχιστον 5% κάλυψη αυτής. [4] Ως δίκτυο παραγόντων εννοείται ένα σύνολο αλληλοεπιδρώντων ανθρώπων, οργανισμών και τεχνολογιών που συνεργάζονται για την επίτευξη ενός κοινού στόχου.

5. Το καθεστώς – Regime

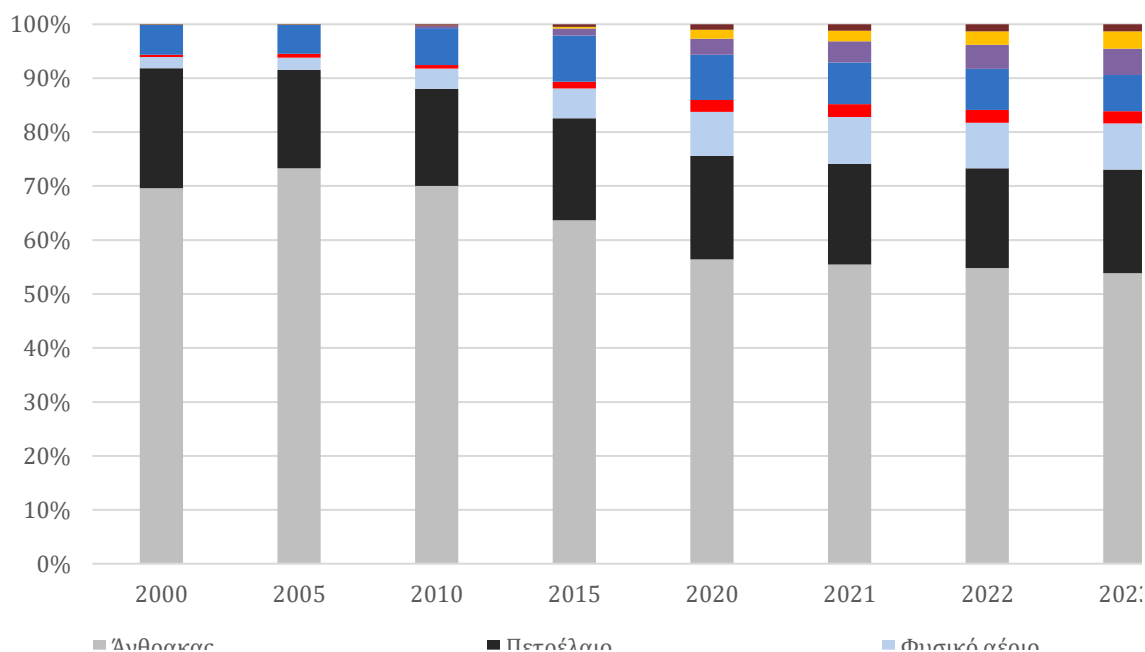
5.1. Παραγωγή ενέργειας

Η παραγωγή της πρωτογενούς ενέργειας στην Κίνα έχει εμφανίσει δύο κύρια χαρακτηριστικά τα τελευταία χρόνια: μια σημαντική αύξηση στην παραγόμενη ποσότητα ενέργειας και μόνο μικρές μεταβολές στο ενεργειακό μείγμα. Το 2023, η κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας της Κίνας ανήλθε στις 47.397 TWh. Πρόκειται για μία αύξηση κατά περίπου 6,54% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. [19] Είναι σημαντικό να σημειώσουμε ότι η μεταβολή αυτή είναι αντιπροσωπευτική της συνεχούς αυξανόμενης ζήτησης ενέργειας λόγω της οικονομικής ανάπτυξης της Κίνας. Παρά την προσπάθεια της Κίνας να αξιοποιήσει και να εκμεταλλευτεί πιο βιώσιμες πηγές ενέργειας, η χρήση άνθρακα εξακολουθεί να παραμένει υψηλή λόγω των εκτεταμένων αναγκών της κινεζικής οικονομίας.



Πηγή: [19]

Εικόνα 7: Η εξέλιξη της ενεργειακής δομής της Κίνας, 2000-2023



Πηγή: [19]

Εικόνα 8: Το ενεργειακό μείγμα της Κίνας κατά την περίοδο 2000-2023

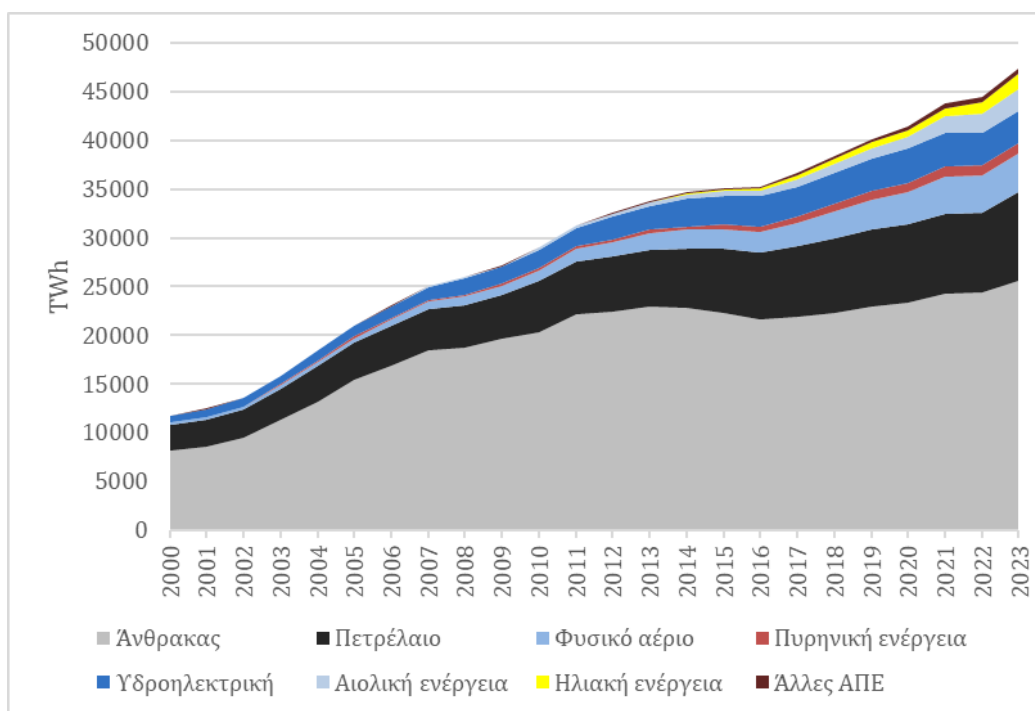
Η Κίνα, ως μία από τις μεγαλύτερες οικονομίες του κόσμου, έχει ένα ποικίλο ενεργειακό μείγμα που αντανακλά τις διάφορες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται για να καλυφθούν οι ενεργειακές της ανάγκες. Αξίζει να σημειωθεί ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μια σημαντική μεταβολή στον ενεργειακό τομέα της χώρας, με εκείνη να εστιάζει ολοένα και περισσότερο στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παράλληλα, παρατηρείται μία σημαντική αύξηση στην κατανάλωση ενέργειας λόγω της γρήγορης ανάπτυξης της κινεζικής οικονομίας και της βελτίωσης του επιπέδου ζωής του πληθυσμού. Οι εισαγωγές αποτελούν σημαντικό μέρος του ενεργειακού τοπίου της Κίνας, καθώς εκείνη εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από αυτές για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών. Κατά κύριο λόγο, εισέρχονται στη χώρα μεγάλες ποσότητες πετρελαίου και φυσικού αερίου. Οι εισαγωγές ενέργειας αποτελούν έναν σημαντικό παράγοντα στην οικονομία και την ενεργειακή πολιτική της Κίνας. Βέβαια, εκείνη συνεχίζει να αναζητά τρόπους για τη διαφοροποίηση των πηγών της και την ενίσχυση της ενεργειακής της ασφάλειας.

Μετά τη μεταρρύθμιση του κινεζικού οικονομικού συστήματος γύρω στο 2000, η κυβέρνηση ενέτεινε τις προσπάθειές της για τον ανασχεδιασμό του βιομηχανικού τομέα στη βορειοανατολική περιοχή. Αυτή η προσπάθεια περιλάμβανε το κλείσιμο πολλών αναποτελεσματικών και ξεπερασμένων επιχειρήσεων στην περιοχή αυτή. Τα μέτρα αυτά, σε συνδυασμό με την έλλειψη ακριβών δεδομένων σχετικά με την παραγωγή στα μικρά ανθρακωρυχεία, επέφεραν την πτώση της καταγεγραμμένης παραγωγής πρωτογενούς ενέργειας το 2000 σε σύγκριση με το 1997. [10] Η διαδικασία εκβιομηχάνισης και αστικοποίησης της Κίνας ξεκίνησε το 1978, σηματοδοτώντας ένα σημαντικό ορόσημο στην οικονομική ιστορία της χώρας. Ειδικότερα, η περίοδος από το 2002 έως το 2012 χαρακτηρίζεται ως η "χρυσή εποχή" της εκβιομηχάνισης στην Κίνα. Κατά τη διάρκεια αυτής της δεκαετίας, ο μέσος ρυθμός αύξησης του Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (ΑΕΠ) της Κίνας ήταν 9,54%. Κατά την περίοδο αυτή, ο δευτερογενής τομέας συνέβαλε σημαντικά στην οικονομική ανάπτυξη, καταλαμβάνοντας το 51,80% του συνολικού ποσοστού καθορίζοντας τον σταθερό προσανατολισμό της οικονομίας. Η εκβιομηχάνιση και η αστικοποίηση απαιτούν σημαντικές

ποσότητες χάλυβα και τσιμέντου, τα οποία αποτελούν βασικά στοιχεία για τη δημιουργία υποδομών και την κατασκευή κτηρίων. Αυτά τα υλικά έχουν υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις για την παραγωγή τους, δυσκολεύοντας την προσπάθεια της Κίνας να επιτύχει τους στόχους της σε ό,τι αφορά τη βιώσιμη ενέργεια. Παρά τις προκλήσεις αυτές, η Κίνα έχει κάνει σημαντικές προσπάθειες για να αυξήσει την παραγωγή των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Παρ' όλα αυτά, το μερίδιο παραγωγής των ορυκτών καυσίμων παραμένει υψηλό το 2023, καταλαμβάνοντας περίπου το 64,7% του συνολικού ενεργειακού μείγματος της χώρας. [21] Η Κίνα συνεχίζει να επενδύει στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, αλλά παράλληλα αντιμετωπίζει την πρόκληση της εξάρτησής της από τα ορυκτά καύσιμα. [23]

Από την άλλη πλευρά, η αστικοποίηση και η εκβιομηχάνιση της Κίνας έχουν συνοδευτεί από μια εκτεταμένη αύξηση της ζήτησης του πετρελαίου. Αυτή η αύξηση οφείλεται στην εντατική χρήση του στις μεταφορές και την παραγωγή χημικών προϊόντων, που αποτελούν ζωτικούς τομείς της εκβιομηχανισμένης οικονομίας. Ο αυξημένος ρυθμός των μετακινήσεων του αστικού πληθυσμού λόγω της αστικοποίησης έχει προκαλέσει αύξηση της χρήσης των οχημάτων, ενώ η αύξηση της βιομηχανικής παραγωγής απαιτεί περισσότερη ενέργεια. Ως εκ τούτου, η ανοδική πορεία της ζήτησης του πετρελαίου είναι αναπόφευκτη κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας μετατροπής της Κίνας σε μια υψηλά ανεπτυγμένη και εκβιομηχανισμένη οικονομία. Από το 2014 και μετά, το ποσοστό συνεισφοράς του τριτογενούς τομέα στην οικονομική ανάπτυξη της Κίνας έχει αρχίσει να υπερσχύει εκείνου του δευτερογενούς τομέα, ιδιαίτερα της βαριάς βιομηχανίας, η οποία έχει υψηλή ζήτηση για άνθρακα. Ο τριτογενής τομέας, ειδικά ο κλάδος των μεταφορών, έχει υψηλότερη ζήτηση για πετρέλαιο. Αυτή η μετάβαση από το δευτερογενή στον τριτογενή τομέα επισημαίνει τη μετατόπιση της οικονομίας της Κίνας προς μία πιο υπηρεσιακή και καταναλωτική κατεύθυνση. Η μετάβαση από μία βιομηχανική οικονομία σε μία πιο υπηρεσιακή έχει επιπτώσεις στην ενεργειακή κατανάλωση και στο μείγμα των ενεργειακών πόρων της χώρας. Ωστόσο, παρά την αυξημένη ζήτηση πετρελαίου, τα αποδεδειγμένα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου στην Κίνα είναι σημαντικά λιγότερα σε σύγκριση με τα αποδεδειγμένα αποθέματα άνθρακα. Αυτή η αναντιστοιχία μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης έχει οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές στη δομή της προσφοράς και της κατανάλωσης ενέργειας στην Κίνα τα τελευταία χρόνια. Ως αποτέλεσμα, η Κίνα επιδιώκει να διαφοροποιήσει το ενεργειακό της μείγμα και να μειώσει την εξάρτησή της από το πετρέλαιο. Για την επίτευξη αυτού του στόχου, θα πρέπει να στηριχτεί η προώθηση των εναλλακτικών και βιώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς και η υιοθέτηση πιο αποδοτικών και καθαρών τεχνολογιών. Επιπλέον, η Κίνα έχει εντείνει τις προσπάθειές της για την αύξηση της ενεργειακής απόδοσης και της εξοικονόμησης ενέργειας, με στόχο τη βελτίωση της βιωσιμότητας και της ασφάλειας του ενεργειακού της συστήματος. [23] Αν και η Κίνα διαθέτει σημαντικούς πόρους σε άνθρακα, τα αποδεδειγμένα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου είναι περιορισμένα σε σύγκριση με αυτά του άνθρακα. [23] Αυτή η αναντιστοιχία μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης έχει οδηγήσει σε αλλαγές στην ενεργειακή δομή της Κίνας τα τελευταία χρόνια. Σαν αποτέλεσμα, υπάρχει η ανάγκη διαφοροποίησης του ενεργειακού μείγματος της χώρας και της εξεύρεσης νέων πηγών ενέργειας. Η Κίνα επιδιώκει να μειώσει την εξάρτησή της από τις παραδοσιακές πηγές ενέργειας και να ενισχύσει τη βιωσιμότητα του ενεργειακού της συστήματος. Η Εικόνα 9 δείχνει το μερίδιο του εφοδιασμού της πρωτογενούς ενέργειας στην Κίνα κατά την περίοδο 2000–2023. [19] Από το 2000 έως το 2012, η παραγωγή και η κατανάλωση άνθρακα της Κίνας αντιπροσώπευαν ένα σχετικά υψηλό ποσοστό. Επιπλέον, από το 2002, η προσφορά πετρελαίου και η ζήτησή του δεν ταιριάζουν πλήρως. Αυτή η αναντιστοιχία μεταξύ προσφοράς και ζήτησης προκάλεσε δυσκολίες στη

δομή της ενεργειακής αγοράς της χώρας και ενθάρρυνε την αναζήτηση εναλλακτικών ενεργειακών πηγών. Επίσης, αυτή η περίοδος επισημαίνει τη στροφή της Κίνας προς την αναζήτηση νέων και βιώσιμων λύσεων, προκειμένου να αντιμετωπίσει τις προκλήσεις που προκύπτουν στον τομέα της ενέργειας. [23] Παρότι ο άνθρακας αποτελεί ένα σημαντικό κομμάτι της ενεργειακής δομής της Κίνας, ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Η Κίνα κινείται δυναμικά προς μία πιο "πράσινη" οικονομία, παρά τις προκλήσεις που καλείται να αντιμετωπίσει. Η συνεχής αύξηση του ρόλου των ανανεώσιμων πηγών αποτελεί θετικό δείγμα των δυνατοτήτων της για μία πιο βιώσιμη ανάπτυξη στο μέλλον.



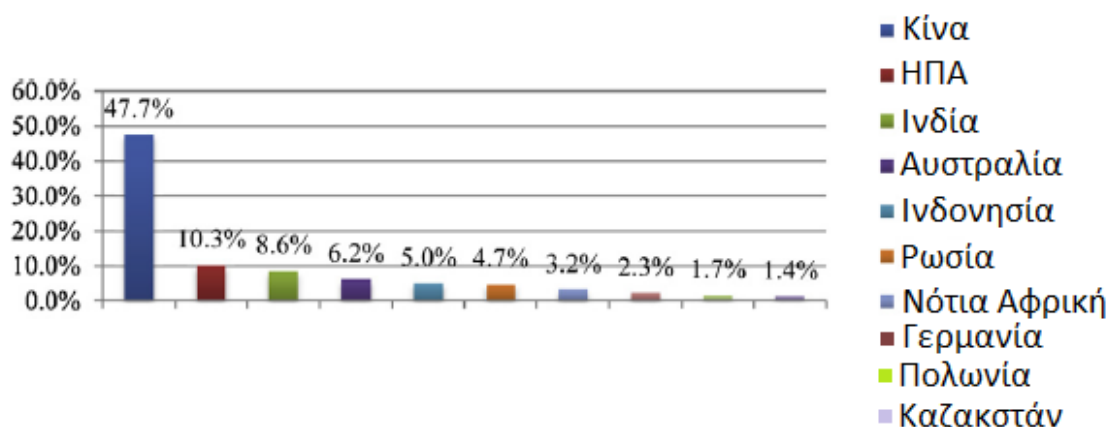
Πηγή: [19]

Εικόνα 9: Το μερίδιο του εφοδιασμού της πρωτογενούς ενέργειας της Κίνας κατά την περίοδο 2000–2023

5.1.1. Παραγωγή άνθρακα

Στην ηπειρωτική Κίνα, 27 από τις 32 επαρχίες, συμπεριλαμβανομένων των αυτόνομων περιοχών και των δήμων, παράγουν ακατέργαστο άνθρακα. Το 2023, η παραγωγή άνθρακα της Κίνας έφτασε τους 4,71 δισεκατομμύρια τόνους, σημειώνοντας αύξηση 3,3% σε σύγκριση με τους 4,56 δισεκατομμύρια τόνους που παρήχθησαν το 2022. [24] Κυρίως, ο άνθρακας παράγεται στο βόρειο τμήμα των κεντρικών και δυτικών περιοχών της Κίνας. Παράλληλα, οι ανατολικές και βόρειες περιοχές καταναλώνουν περισσότερο άνθρακα από ό,τι παράγουν. Η παραγωγή και η κατανάλωσή του άνθρακα στην Κίνα διαφοροποιούνται ανά περιοχή, με τις περισσότερες από αυτές να εξαρτώνται από τις εισαγωγές για την κάλυψη των αναγκών τους σε άνθρακα. Αυτή η κατανομή αντικατοπτρίζει την ανάγκη μεταφοράς άνθρακα από τις περιοχές παραγωγής στις περιοχές κατανάλωσης προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες των πιο ανεπτυγμένων περιοχών της Κίνας. [10]

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα (βλ. Εικόνα 10), η Κίνα ήταν ο μεγαλύτερος παραγωγός άνθρακα παγκοσμίως, με την παραγωγή της να φτάνει τους 3.747 εκατομμύρια τόνους άνθρακα το 2015, αντιπροσωπεύοντας το 47,7% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής. Οι Ηνωμένες Πολιτείες ακολουθούν στη δεύτερη θέση με παραγωγή 812,8 εκατομμυρίων τόνων, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 10,3% της παγκόσμιας παραγωγής. Η Ινδία αναδείχθηκε ως ο τρίτος μεγαλύτερος παραγωγός άνθρακα, με την Αυστραλία και την Ινδονησία να ακολουθούν. Η συγκεκριμένη σύνθεση των μεγαλύτερων παραγωγών καθιστά εμφανή τη σημαντική συμβολή της Ασίας στην παγκόσμια παραγωγή άνθρακα. [25]



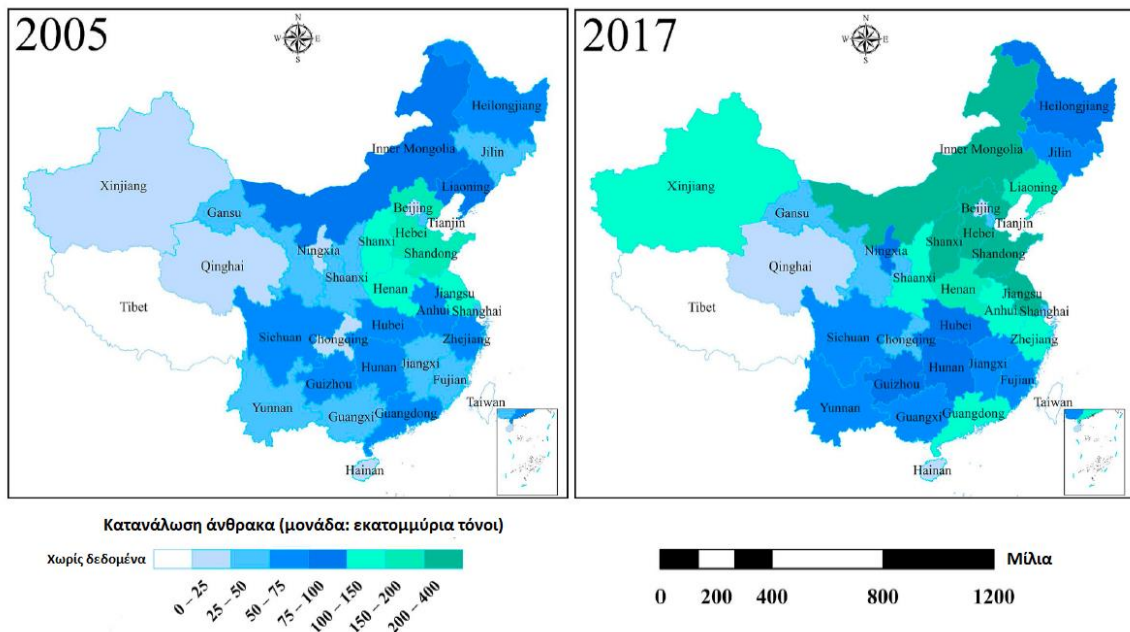
Πηγή: [25]

Εικόνα 10: Οι 10 χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή άνθρακα το 2015 (αναλογία παραγωγής)



Πηγή: [26]

Εικόνα 11: Η διαίρεση της Κίνας σε πολλές περιοχές



Πηγή: [27]

Εικόνα 12: Η κατανομή της κατανάλωσης άνθρακα στην Κίνα

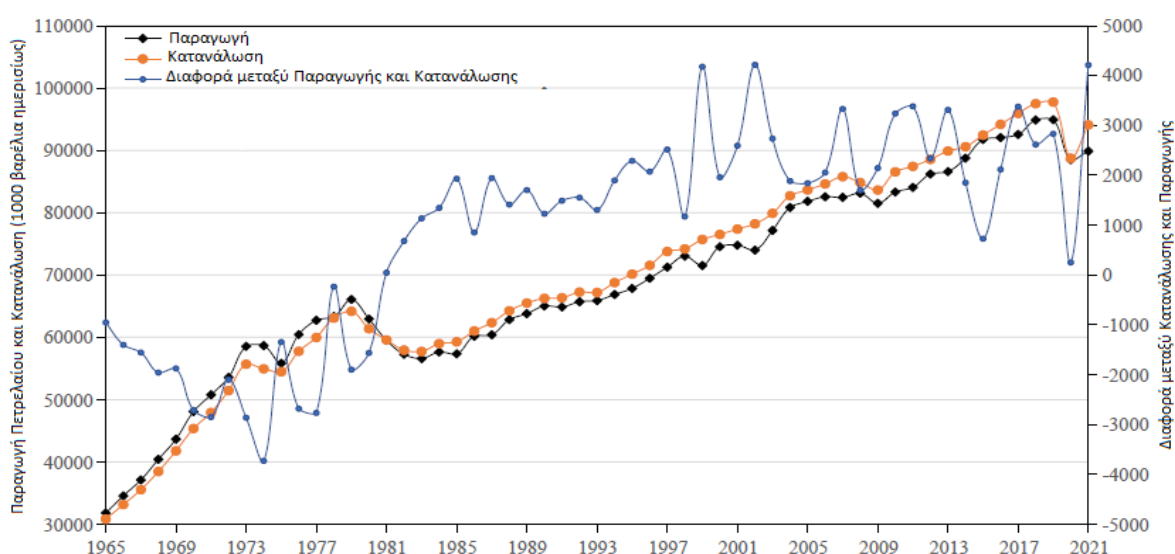
Το σχήμα που παρουσιάζεται παραπάνω (βλ. Εικόνα 12) συγκρίνει την κατανομή της κατανάλωσης άνθρακα στην Κίνα το 2005 και το 2017. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η κατανάλωση άνθρακα σημείωσε ανοδική τάση σε όλες τις επαρχίες, εκτός από κάποιες μικρές μειώσεις που παρατηρήθηκαν στο Πεκίνο και τη Σαγκάη. Γενικά, η μέση αύξηση στην κατανάλωση άνθρακα σε όλες τις επαρχίες ήταν 108%. Εξάιρεση αποτελεί η επαρχία Xinjiang, στην οποία η αύξηση της κατανάλωσης άνθρακα ήταν της τάξεως του 405,6% κατά την περίοδο 2005-2017. Αυτή η σημαντική αύξηση αποδίδεται εν μέρει στις εθνικές πολιτικές που προώθησαν τη βιομηχανική ανάπτυξη στις κεντρικές και δυτικές περιοχές της Κίνας, καθώς και στη μεταφορά αρκετών βιομηχανιών από την ανατολική Κίνα στην αυτόνομη περιοχή του Xinjiang. Αυτές οι τάσεις αντικατοπτρίζουν τις στρατηγικές αναπτυξιακές αποφάσεις της Κίνας, που στοχεύουν στην εξισορρόπηση της οικονομικής δραστηριότητας σε ολόκληρη τη χώρα. Επιπλέον, σημαντική κατανάλωση άνθρακα σημειώνεται στις εξής επαρχίες: Inner Mongolia, Hebei, Shandong, Shanxi και Jiangsu. Αυτές οι επαρχίες διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη συνολική κατανάλωση άνθρακα της χώρας λόγω της έντονης βιομηχανικής δραστηριότητας που φιλοξενούν. Η συγκέντρωση της βιομηχανικής δραστηριότητας στις κεντρικές και δυτικές περιοχές είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας σε αυτές τις περιοχές. Αυτό συνέβαλε στην οικονομική ανάπτυξη και στη μείωση των περιφερειακών ανισοτήτων, αν και ταυτόχρονα δημιούργησε προκλήσεις όσον αφορά την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. [27]

Τα τελευταία χρόνια, η στρατηγική της Κίνας για τη βιομηχανία του άνθρακα έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές. Έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στην υποστήριξη της ανάπτυξης των μεγάλων ανθρακωρυχείων και την εξάλειψη των μικρότερων και μη ασφαλών. Αυτή η αλλαγή πολιτικής ξεκίνησε τη δεκαετία του 1990, όταν η Κίνα προώθησε την ιδιωτική ανάπτυξη του άνθρακα για να αντιμετωπίσει τα ενεργειακά ελλείμματα. [10] Στα τέλη του 2018, η Κίνα διέθετε 3.373 πλήρως αδειοδοτημένα ανθρακωρυχεία με συνολική παραγωγή 3,53 Gt/a (δισεκατομμύρια τόνοι ανά έτος), με μέση παραγωγική ικανότητα 1,045 Mt/a (εκατομμύρια τόνοι ανά έτος) ανά ορυχείο. Επί του

παρόντος, σε πολλά ορυχεία συνυπάρχει η προηγμένη τεχνολογία με τις απαρχαιωμένες μεθόδους εξόρυξης. Υπάρχουν 41 ορυχεία με ετήσια παραγωγή 10 Mt/a (εκατομμύρια τόνοι ανά έτος), εκ των οποίων τα 25 είναι υπόγεια ενώ τα υπόλοιπα είναι ανοιχτού τύπου (επιφανειακής εκμετάλλευσης). Ωστόσο, υπάρχουν επίσης 1.181 ορυχεία με ετήσια παραγωγή μικρότερη από 0,3 Mt/a (εκ των οποίων τα 1.176 είναι υπόγεια και τα υπόλοιπα ανοιχτού τύπου), τα οποία αποτελούν το 35% του συνολικού αριθμού των ανθρακωρυχείων, αλλά παράγουν μόλις το 4,51% της συνολικής παραγωγής. Αυτό υποδεικνύει μια σοβαρή ανισορροπία μεταξύ του αριθμού των ορυχείων και της συνολικής παραγωγής τους. [28] Επιπρόσθετα, ένα σημαντικό πρόβλημα που συνοδεύει τη δομή της παραγωγής άνθρακα στην Κίνα είναι οι θάνατοι από ατυχήματα εξόρυξης. Παρόλα αυτά, τα περιστατικά αυτά έχουν μειωθεί σημαντικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, χάρη στα αυστηρότερα μέτρα ασφαλείας και σε βελτιώσεις στην τεχνολογία εξόρυξης. [10] Η αλλαγή πολιτικής έχει οδηγήσει στην ενίσχυση των μεγάλων, ασφαλέστερων και πιο αποδοτικών ανθρακωρυχείων, ενώ παράλληλα μειώνει τον αριθμό των μικρών, ανεπαρκώς ελεγχόμενων επιχειρήσεων. Αυτό έχει συμβάλει στη βελτίωση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας της βιομηχανίας του άνθρακα στην Κίνα, ενώ υποστηρίζει την προσπάθεια της χώρας να μειώσει τις ενεργειακές ανεπάρκειες και να ενισχύσει την ενεργειακή της αυτάρκεια.

5.1.2. Παραγωγή πετρελαίου και φυσικού αερίου

Το πετρέλαιο αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά καύσιμα στη βιομηχανική παραγωγή και παίζει σπουδαίο ρόλο στην προώθηση της βιομηχανικής ανάπτυξης. Ωστόσο, πρόκειται για έναν μη ανανεώσιμο πόρο, και με την αδιάκοπη εξόρυξη και εκμετάλλευσή του, τα αποθέματα πετρελαίου μειώνονται συνεχώς. Αυτή η μείωση δημιουργεί σημαντικές προκλήσεις στη διατήρηση μιας σταθερής παραγωγής πετρελαίου, ασκώντας μεγάλες πιέσεις στις βιομηχανίες που εξαρτώνται από αυτό. Όπως φαίνεται από την παρακάτω εικόνα (βλ. Εικόνα 13), η παγκόσμια παραγωγή πετρελαίου αυξήθηκε από 31,792 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως το 1965 σε 89,877 εκατομμύρια το 2021. Παράλληλα, η παγκόσμια κατανάλωση πετρελαίου αυξήθηκε από 30,839 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως το 1965 σε 94,088 εκατομμύρια το 2021. [29]

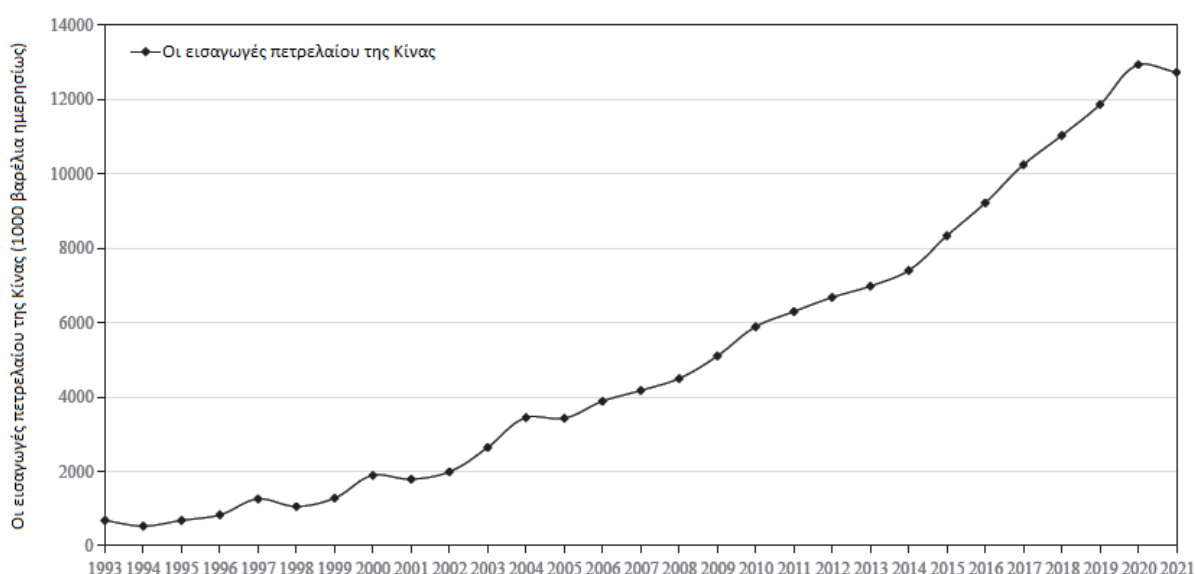


Πηγή: [29]

Εικόνα 13: Η παγκόσμια παραγωγή και κατανάλωση πετρελαίου από το 1965 έως το 2021

Αξίζει να σημειωθεί ότι πριν από το 1978, η παγκόσμια κατανάλωση πετρελαίου ήταν μικρότερη από την παραγωγή. Μετά το 1978, η κατανάλωση άρχισε να υπερβαίνει την παραγωγή, και αυτή η διαφορά ακολούθησε μία αυξητική πορεία τα επόμενα χρόνια με κάποιες διακυμάνσεις. Με βάση τα δεδομένα των προηγούμενων ετών, παρατηρείται ότι η συνεχής ανάπτυξη της ανθρώπινης κοινωνίας και της οικονομίας είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τη ζήτηση και την κατανάλωση του πετρελαίου. [29]

Από το 1993, με την έναρξη της οικονομικής της ανάπτυξης, η Κίνα μετατράπηκε από καθαρό εξαγωγέα πετρελαίου σε καθαρό εισαγωγέα. Έκτοτε, οι εισαγωγές πετρελαίου της χώρας έχουν παρουσιάσει σημαντική άνοδο.



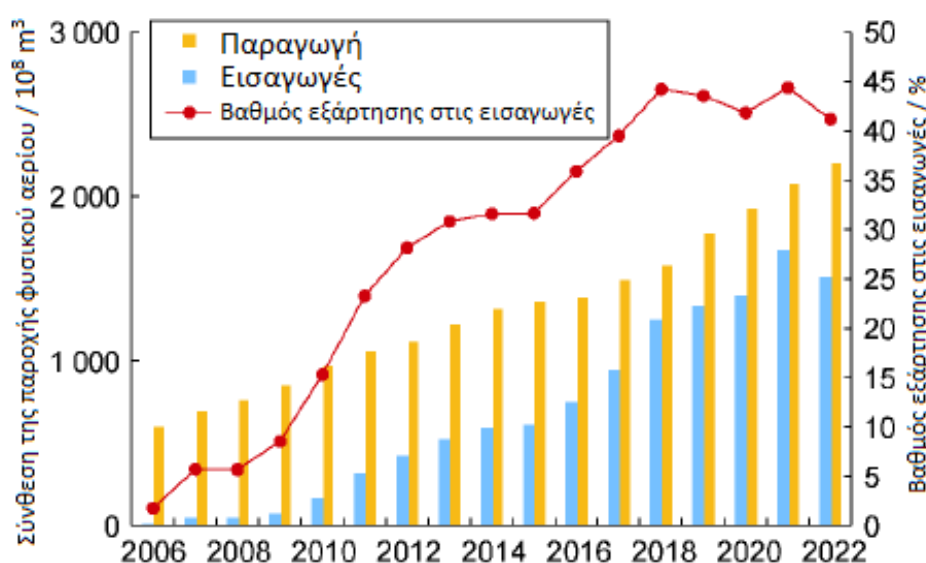
Πηγή: [29]

Εικόνα 14: Οι εισαγωγές πετρελαίου της Κίνας από το 1993 έως το 2021

Το 1993 οι εισαγωγές πετρελαίου της Κίνας ήταν 678 χιλιάδες βαρέλια ημερησίως. Έκτοτε, με λίγες μόνο εξαιρέσεις, οι εισαγωγές συνέχισαν να αυξάνονται σταθερά. Το 2020 οι εισαγωγές πετρελαίου έφτασαν το υψηλότερο επίπεδο των τελευταίων ετών, με 12,932 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως. Το 2021, παρατηρήθηκε μία μείωση στις εισαγωγές αλλά γενικά παρέμειναν σε υψηλά επίπεδα, αγγίζοντας τα 12,724 εκατομμύρια βαρέλια ημερησίως. [29] Το 2020, η Κίνα κατείχε τη δεύτερη θέση στη διαχείριση και την επεξεργασία πετρελαίου παγκοσμίως. Το 2023, κάλυπτε περίπου το 19,8% της παγκόσμιας διύλισης πετρελαίου. [30] Ωστόσο, η ταχεία αύξηση των δυνατοτήτων διύλισης της Κίνας είχε ως αποτέλεσμα τη σημαντική αύξηση του κόστους κατανάλωσης ενέργειας και των εκπομπών CO₂. [31] Ως μία από τις μεγαλύτερες αναπτυσσόμενες χώρες στον κόσμο, η Κίνα αντιμετωπίζει την πρόκληση της ισορροπίας μεταξύ των χαμηλών εκπομπών άνθρακα και της διαρκούς ανάπτυξης. Η επιτυχής ενεργειακή μετάβαση της χώρας πρέπει να βασίζεται σε έναν επαρκή και σταθερό ενεργειακό εφοδιασμό.

Σε αυτό το πλαίσιο, η διεθνής ενεργειακή αγορά διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο. Η Κίνα έχει εξελιχθεί σε έναν από τους σημαντικότερους παίκτες στην παγκόσμια αγορά φυσικού αερίου, κατακτώντας τη θέση του τέταρτου μεγαλύτερου παραγωγού και του τρίτου μεγαλύτερου καταναλωτή παγκοσμίως. Το 2022, η παραγωγή φυσικού αερίου της χώρας ανήλθε σε περίπου 2.200 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα, με την ετήσια αύξηση της παραγωγής να υπερβαίνει τα 10

δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα για έξι συνεχόμενα έτη. Παράλληλα, η κατανάλωση του φυσικού αερίου έφτασε τα 3.663 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα, που είναι 13 φορές μεγαλύτερη από αυτή του 2000. [32] Με την ταχεία πρόοδο της προσαρμογής της ενεργειακής δομής της Κίνας, το ποσοστό του φυσικού αερίου στην κατανάλωση της πρωτογενούς ενέργειας αυξήθηκε από 5,55% το 2015 σε 8,54% το 2023. [19] Για να υποστηρίξει αυτήν την αυξημένη παραγωγή και κατανάλωση, η Κίνα έχει αναπτύξει τις εξής μεγάλες περιοχές παραγωγής φυσικού αερίου: Ordos, Tarim και Sichuan. Αυτές οι περιοχές αποτελούν τους βασικούς πυλώνες στην ενεργειακή στρατηγική της χώρας, συμβάλλοντας σημαντικά στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών και στη διασφάλιση της ενεργειακής της ασφάλειας. Η στρατηγική αυτή δεν αποσκοπεί μόνο στην κάλυψη των εγχώριων αναγκών, αλλά και στη μείωση της εξάρτησης από τις εισαγωγές ενέργειας, προωθώντας παράλληλα τα λιγότερο ρυπογόνα ορυκτά καύσιμα και την ενεργειακή αυτάρκεια.



Πηγή: [32]

Εικόνα 15: Η ενεργειακή δομή του φυσικού αερίου της Κίνας

Ο ρυθμός αύξησης της παραγωγής του φυσικού αερίου της Κίνας είναι χαμηλότερος από εκείνον της κατανάλωσης. Η διαφορά μεταξύ της προσφοράς και της ζήτησης έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια. Λόγω της ταχείας αύξησης της κατανάλωσης φυσικού αερίου, η εγχώρια παραγωγή της Κίνας δεν μπορεί να καλύψει πλήρως τη ζήτηση. Το 2006, η Κίνα έγινε καθαρός εισαγωγέας φυσικού αερίου. Οι εισαγωγές φυσικού αερίου αυξήθηκαν με ταχύτερο ρυθμό από την εγχώρια παραγωγή από το 2007. Λόγω της ανισότητας μεταξύ της εγχώριας ζήτησης και των ρυθμών αύξησης της εγχώριας παραγωγής, η Κίνα αύξησε σταθερά την εξάρτηση της από τις εξωτερικές πηγές φυσικού αερίου τα τελευταία δέκα χρόνια. Ο βαθμός εξάρτησης της Κίνας από τις εισαγωγές φυσικού αερίου έχει αυξηθεί από 14,2% το 2010 σε 40,5% το 2022 (βλ. Εικόνα 15). Αυτό το υψηλό ποσοστό επηρεάζει άμεσα την ενεργειακή ασφάλεια της Κίνας και μπορεί να δημιουργήσει κινδύνους. Τέτοιοι κίνδυνοι συνήθως είναι η αύξηση των τιμών εισαγωγής του φυσικού αερίου, η μείωση ή η διακοπή των εισαγωγών, καθώς και η εμπλοκή της Κίνας στον ανταγωνισμό για τις πηγές υδροποιημένου φυσικού αερίου (LNG). [32] Η Κίνα θα πρέπει να αναπτύξει στρατηγικές που θα μειώσουν την εξάρτησή της από τις εισαγωγές. Τέλος, η Κίνα θα πρέπει να αναζητήσει εναλλακτικές

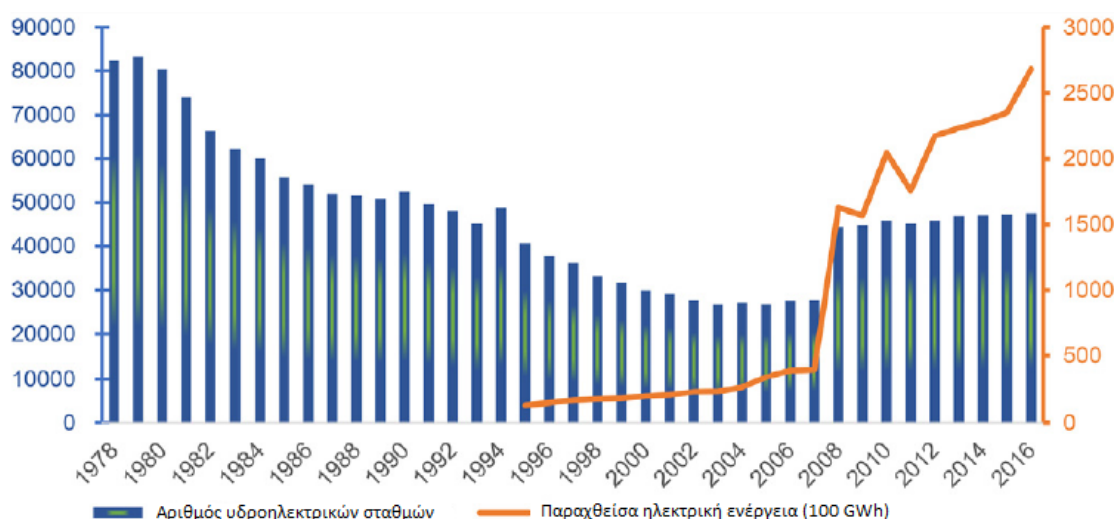
πηγές ενέργειας και να επενδύσει σε ανανεώσιμες μορφές ενέργειας για να εξασφαλίσει ένα βιώσιμο και ασφαλές ενεργειακό μέλλον.

5.1.3. Υδροηλεκτρική ενέργεια

Παρά το γεγονός ότι η Κίνα διαθέτει άφθονους υδροηλεκτρικούς πόρους, η ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησε με αργούς ρυθμούς λόγω οικονομικών, κοινωνικών και πολιτικών παραγόντων. Ο πρώτος υδροηλεκτρικός σταθμός που κατασκευάστηκε από τον κινεζικό λαό το 1910, δηλαδή ο υδροηλεκτρικός σταθμός «Yunnan Kunming Shilong», τέθηκε σε λειτουργία το 1912. Μετά την ίδρυση της Νέας Κίνας το 1949, η Κίνα άρχισε να εξερευνά και να αναπτύσσει ανεξάρτητα τις δυνατότητές της στον τομέα της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η περίοδος σηματοδότησε την αρχή μιας μακράς και σταθερής πορείας προς την εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων της χώρας, οδηγώντας στη δημιουργία σημαντικών υδροηλεκτρικών έργων που συμβάλλουν στη σημερινή ενεργειακή υποδομή της Κίνας. Στο διερευνητικό στάδιο, η τεχνική κατασκευής φραγμάτων και η τεχνολογία κατασκευής υδροηλεκτρικών μονάδων σημείωσαν σημαντική πρόοδο. Το Φράγμα των Τριών Φαραγγιών (Three Gorges Dam) είναι ένα φράγμα στον ποταμό Yangtze, δυτικά της πόλης Yichang, στην επαρχία Hubei της Κίνας. Όταν ξεκίνησε επίσημα η κατασκευή του το 1994, ήταν το μεγαλύτερο έργο μηχανικής στην Κίνα. Κατά την ολοκλήρωσή του το 2006, ήταν το μεγαλύτερο φράγμα στον κόσμο. Το φράγμα και ο υδροηλεκτρικός σταθμός κατασκευάστηκαν σε φάσεις και σε διάστημα πολλών ετών. Ο σταθμός έφτασε στη μέγιστη παραγωγική του ικανότητα το 2012 και η εγκατεστημένη ισχύς του είναι 22,5 GW. [33] Με την οικονομική μεταρρύθμιση που ξεκίνησε το 1978, η οικονομική ανάπτυξη και η αυξανόμενη ζήτηση ενέργειας παρείχαν νέες ευκαιρίες για την ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας. Η μεταρρύθμιση αυτή έθεσε τις βάσεις για την επιτάχυνση της κατασκευής υδροηλεκτρικών έργων και την υιοθέτηση νέων τεχνολογιών. Η Κίνα άρχισε να επενδύει σημαντικά στην υδροηλεκτρική ενέργεια, με αποτέλεσμα την κατασκευή μεγάλων και τεχνολογικά προηγμένων υδροηλεκτρικών σταθμών. Αυτό δεν συνέβαλε μόνο στην αύξηση της ενεργειακής παραγωγής, αλλά και στη βελτίωση της ενεργειακής ασφάλειας της χώρας. Μέσω της εισαγωγής ξένου κεφαλαίου και τεχνολογίας, σε συνδυασμό με την εγχώρια καινοτομία, η υδροηλεκτρική ενέργεια γνώρισε σταθερή ανάπτυξη από το 1980 έως το 1999. Ο υδροηλεκτρικός σταθμός «Lubuge» είναι το πρώτο έργο υδροηλεκτρικής ενέργειας που χρησιμοποίησε δάνεια της Παγκόσμιας Τράπεζας καθώς και ξένη τεχνολογία και εξοπλισμό μέσω διεθνούς ανταγωνιστικού διαγωνισμού. Η πρόοδος αυτή επέτρεψε στην Κίνα να αξιοποιήσει τις πλούσιες υδάτινες πηγές της πιο αποτελεσματικά, προωθώντας τη βιώσιμη ανάπτυξη και την περιβαλλοντική προστασία. Η υδροηλεκτρική ενέργεια πλέον διαδραματίζει κρίσιμο ρόλο στο ενεργειακό μείγμα της χώρας, υποστηρίζοντας την οικονομική της ανάπτυξη και συμβάλλοντας στην επίτευξη των στόχων της για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. [34]

Η υδροηλεκτρική ενέργεια έχει αναπτυχθεί σημαντικά εδώ και δεκάδες χρόνια και πλέον έχει εδραιωθεί στις αγροτικές περιοχές της Κίνας. Αυτή τη στιγμή, αποτελεί μία από τις πιο σημαντικές πηγές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, ιδιαίτερα σε απομακρυσμένες και ορεινές περιοχές. Η ικανότητά της να παρέχει σχετικά σταθερή παροχή ενέργειας την καθιστά ιδιαίτερα πολύτιμη, σε αντίθεση με την ηλιακή και την αιολική ενέργεια, των οποίων η παροχή είναι διαλείπουσα και κυμαινόμενη. Η σταθερή παροχή ενέργειας από τις υδροηλεκτρικές πηγές έχει συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των κατοίκων στις αγροτικές περιοχές, όπου οι παραδοσιακές πηγές ενέργειας είναι συχνά ανεπαρκείς ή ασταθείς. Επιπλέον, η αξιοποίηση των τοπικών υδάτινων πόρων έχει ενισχύσει την οικονομική ανάπτυξη αυτών των κοινοτήτων και έχει δημιουργήσει νέες

θέσεις εργασίας. Η χρήση της υδροηλεκτρικής ενέργειας στην αγροτική Κίνα είναι ευρεία και ποικίλη. Η ανάπτυξη μικρών και μεσαίων υδροηλεκτρικών σταθμών έχει επιτρέψει την ενεργειακή αυτάρκεια πολλών αγροτικών περιοχών, μειώνοντας την εξάρτησή τους από τα ορυκτά καύσιμα και ενισχύοντας την περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Αν και ο αριθμός των υδροηλεκτρικών σταθμών μειώθηκε μετά το 1980, η ικανότητα παραγωγής ενέργειας ακολούθησε αυξητική πορεία. Υπήρχαν 47.529 αγροτικές υδροηλεκτρικές μονάδες, οι οποίες παρήγαγαν περίπου 268 TWh (βλ. Εικόνα 16). [35] Με την υδροηλεκτρική ενέργεια να παίζει έναν τόσο κρίσιμο ρόλο στις απομακρυσμένες περιοχές, η Κίνα συνεχίζει να επενδύει στην τεχνολογία και τις υποδομές της, εξασφαλίζοντας μια σταθερή και αξιόπιστη πηγή ενέργειας για τις αγροτικές κοινότητες. Ωστόσο, η κατασκευή μιας υδροηλεκτρικής μονάδας δεν είναι μία εύκολη διαδικασία και το αρχικό επενδυτικό κόστος τείνει να είναι αρκετά υψηλό. Η κατασκευή φραγμάτων κατά μήκος των ποταμών μπορεί να διαταράξει απότομα τη φυσική ροή του νερού, επηρεάζοντας την άγρια φύση και οδηγώντας σε μια σειρά από οικολογικές επιπτώσεις. Πιο συγκεκριμένα, η κατασκευή φραγμάτων μπορεί να επηρεάσει τη μετανάστευση των ψαριών και να αλλάξει τα οικοσυστήματα των ποταμών. Επιπλέον, η αλλαγή στη ροή του νερού μπορεί να επηρεάσει την ποιότητα του νερού, τη διάβρωση των ακτών και την κατανομή των ιζημάτων, επηρεάζοντας τόσο τα υδάτινα όσο και τα χερσαία οικοσυστήματα. Επιπλέον, οι υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις μπορεί να επηρεάσουν τις τοπικές κοινότητες, προκαλώντας αναγκαστικές μετακινήσεις και αλλάζοντας τη χρήση γης. Παρά τις προκλήσεις αυτές, η Κίνα έχει επιτύχει σημαντική πρόοδο στην ανάπτυξη βιώσιμων υδροηλεκτρικών έργων, λαμβάνοντας υπόψη τόσο τις ενεργειακές της ανάγκες όσο και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Μέσω της χρήσης προηγμένων τεχνολογιών και προσεκτικού σχεδιασμού, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι που μειώνουν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και προωθούν την αειφόρο ανάπτυξη.



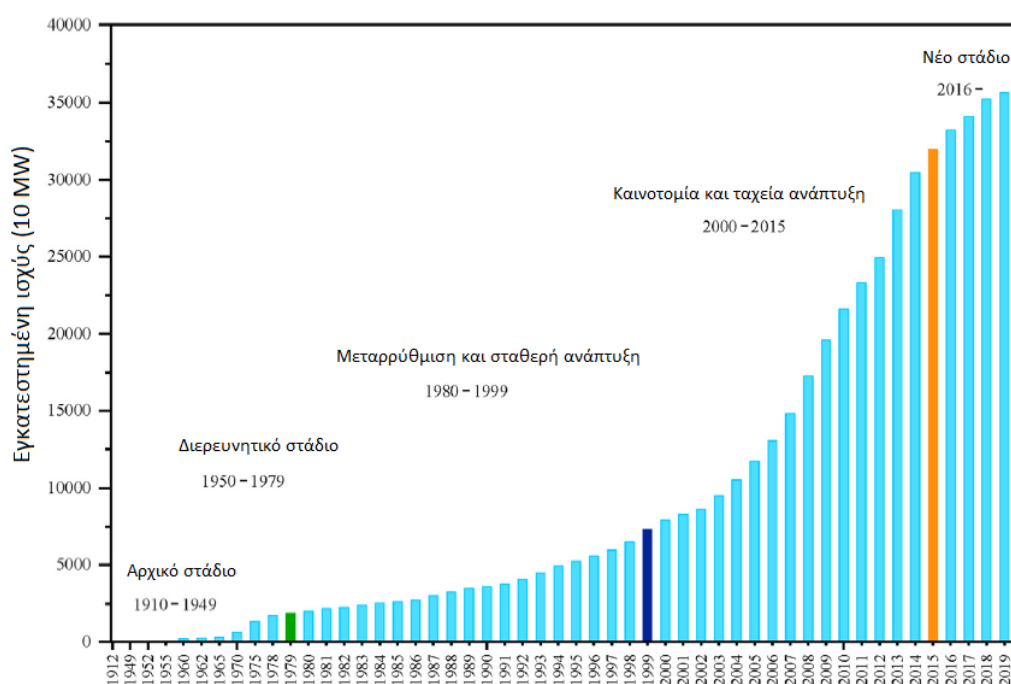
Πηγή: [35]

Εικόνα 16: Η ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας στις αγροτικές περιοχές της Κίνας την περίοδο 1978 - 2016

Με τα πλεονεκτήματα της καθαρής, χαμηλών εκπομπών άνθρακα, χαμηλού κόστους, αξιόπιστης και ευέλικτης λειτουργίας, η υδροηλεκτρική ενέργεια αποτελεί μια αποτελεσματική προσέγγιση για τη μείωση της εξάρτησης από τις ορυκτές πηγές ενέργειας και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Η υδροηλεκτρική ενέργεια εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια του νερού για την

παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, χωρίς να παράγει ατμοσφαιρικούς ρύπους ή αέρια του θερμοκηπίου. Αυτό το χαρακτηριστικό την καθιστά έναν βασικό παράγοντα στη μετάβαση προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και στη μείωση των συνολικών εκπομπών άνθρακα. Επιπλέον, τα λειτουργικά έξοδα των υδροηλεκτρικών μονάδων είναι σχετικά χαμηλά, ενώ η διάρκεια ζωής τους είναι μακροχρόνια, καθιστώντας την υδροηλεκτρική ενέργεια μια οικονομικά βιώσιμη επιλογή. Η ικανότητα των υδροηλεκτρικών σταθμών να προσαρμόζονται γρήγορα την παραγωγή τους σε μεταβαλλόμενες ανάγκες κατανάλωσης προσθέτει ένα επίπεδο ευελιξίας που δεν συναντάται σε πολλές άλλες πηγές ενέργειας. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς υδροηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως ήταν 1.292 GW το 2018, με την Κίνα να κατατάσσεται πρώτη και να αντιπροσωπεύει το 27,24% της εγκατεστημένης ισχύος.

Οι άφθονες υδάτινες πηγές που παρέχονται από τη φύση έχουν προσφέρει απaráμιλλες ευκαιρίες για την ανάπτυξη της υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα. Ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας με ώριμη τεχνολογία, η υδροηλεκτρική ενέργεια στην Κίνα γνώρισε σημαντική ανάπτυξη τα τελευταία 40 χρόνια. Η εγκατεστημένη ισχύς έφτασε τα 356,4 GW το 2019, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 17,73% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος στην Κίνα. Αυτή η ραγδαία ανάπτυξη υπογραμμίζει την προσπάθεια της Κίνας να αξιοποιήσει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας για την επίτευξη των ενεργειακών της στόχων και τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Η εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων της χώρας όχι μόνο καλύπτει τις αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες αλλά και υποστηρίζει τη μετάβαση προς μία πιο βιώσιμη και περιβαλλοντικά φιλική ενεργειακή πολιτική. [34]

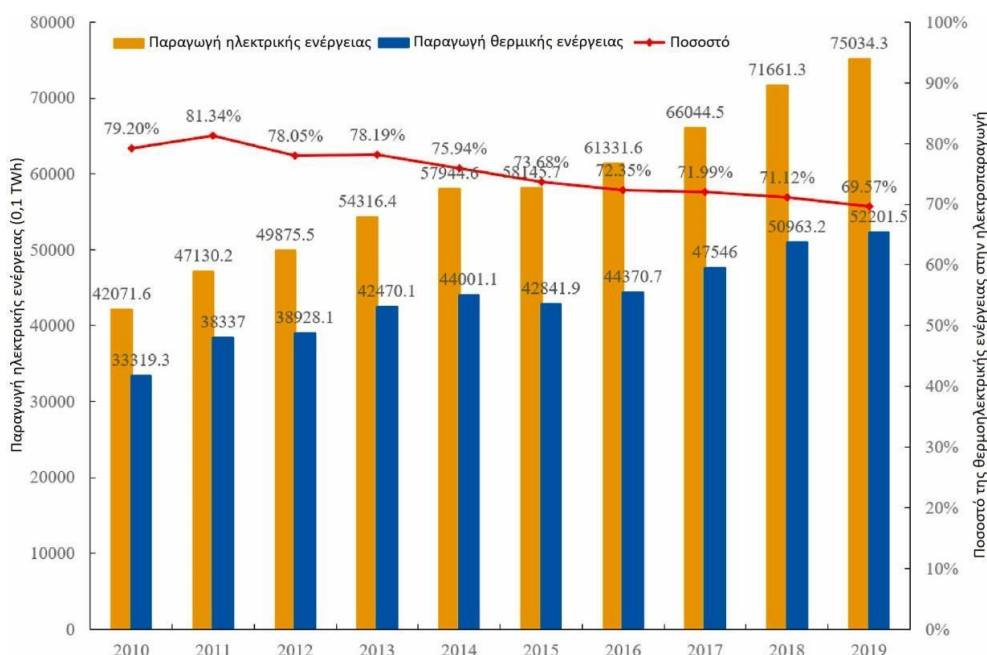


Πηγή: [34]

Εικόνα 17: Τα στάδια ανάπτυξης της υδροηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα

5.1.4. Εγκατεστημένη ισχύς των θερμοηλεκτρικών σταθμών

Η ηλεκτρική ενέργεια έχει διαδραματίσει έναν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη της κοινωνίας και την αδιάλειπτη οικονομική πρόοδο από τα πρώτα χρόνια της βιομηχανικής επανάστασης. Η ευρεία διαθεσιμότητά της και οι πολλαπλές εφαρμογές της έχουν συμβάλει ουσιαστικά στην εξέλιξη των τεχνολογιών, τη βελτίωση της ποιότητας ζωής και την οικονομική ανάπτυξη. Πλέον, η ηλεκτρική ενέργεια αποτελεί αναντικατάστατη πηγή ενέργειας παγκοσμίως. Ως εκ τούτου, η βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας έχει αποκτήσει πρωταρχική σημασία για τις επενδύσεις και την ανάπτυξη, δεδομένου του κρίσιμου ρόλου της τόσο για την οικονομία όσο και για την ανθρώπινη ευημερία. Η Κίνα, μία από τις χώρες με τα μεγαλύτερα αποθέματα άνθρακα παγκοσμίως, έχει βασιστεί κυρίως στην παραγωγή θερμικής ενέργειας για την ανάπτυξη του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας από την αρχή της ίδρυσής της. Η πλούσια σε άνθρακα γεωγραφική της θέση της έχει επιτρέψει τη δημιουργία ενός ισχυρού δικτύου θερμοηλεκτρικών σταθμών, το οποίο υπήρξε ο ακρογωνιαίος λίθος της βιομηχανικής της ανάπτυξης για πολλές δεκαετίες. Η ακαθάριστη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα έφτασε τις 4.207,16 TWh το 2010 και τις 9.459,59 TWh το 2023. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγόμενης ενέργειας της χώρας καλύφθηκε από τους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Πιο συγκεκριμένα, η παραγωγή των θερμικών μονάδων ήταν 3.346,04 TWh το 2010 και 6.157,34 TWh το 2023. [36] Αν και η Κίνα καταβάλλει μεγάλες προσπάθειες για την ανάπτυξη νέων πηγών ενέργειας, η βιομηχανία της θερμικής ενέργειας εξακολουθεί να παίζει σημαντικό ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών. Η εξάρτηση της από αυτή, η οποία βασίζεται κυρίως στην καύση άνθρακα, παρέχει μια σταθερή και αξιόπιστη πηγή ηλεκτρικής ενέργειας, που είναι κρίσιμη για τη στήριξη της ταχείας βιομηχανικής και αστικής ανάπτυξης. Το 2023, η εγκατεστημένη ισχύς των θερμοηλεκτρικών μονάδων, που χρησιμοποιούν ως πρώτη ύλη τον άνθρακα, ήταν 1.160 GW. Επιπλέον, υπάρχουν και άλλοι θερμοηλεκτρικοί σταθμοί των οποίων η εγκατεστημένη ισχύς ήταν 230 GW. [37] Ωστόσο, η εξάρτηση της Κίνας από τις θερμοηλεκτρικές μονάδες συνοδεύεται με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις, όπως είναι η εκπομπή μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρύπων.



Πηγή: [38]

Εικόνα 18: Η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια στην Κίνα και το ποσοστό αυτής που παράχθηκε από θερμοηλεκτρικές μονάδες από το 2010 έως το 2019

Ένας σημαντικός παράγοντας στην αποδοτική λειτουργία των ενεργειακών μονάδων είναι οι μέσες ετήσιες ώρες λειτουργίας τους. Αυτές χρησιμοποιούνται προκειμένου να ελέγχεται εάν οι μονάδες παραγωγής λειτουργούν σε ένα εύλογο εύρος φορτίου για να αποφεύγεται η σπατάλη πόρων παραγωγής ενέργειας. Το 2018, οι μέσες ετήσιες ώρες λειτουργίας των μονάδων παραγωγής θερμικής ενέργειας ήταν 4.361 ώρες, δηλαδή μειωμένες κατά 19,4% σε σχέση με αυτές του 1990. [39] Η Κίνα προσπαθεί να ισορροπήσει την ανάγκη για συνεχή οικονομική ανάπτυξη με τις απαιτήσεις της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας. Έχει επενδύσει σε μεγάλο βαθμό στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η αιολική, η ηλιακή και η υδροηλεκτρική ενέργεια, καθώς και στην ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας, για να μειώσει την εξάρτησή της από τον άνθρακα και να περιορίσει τις εκπομπές ρύπων. Παρά τις προσπάθειες αυτές, η βιομηχανία της θερμικής ενέργειας παραμένει αναγκαία για την Κίνα, κυρίως λόγω της υπάρχουσας υποδομής και της οικονομικής αποδοτικότητας του άνθρακα. Η μετάβαση σε πιο καθαρές μορφές ενέργειας είναι μια μακροπρόθεσμη διαδικασία που απαιτεί σταδιακή προσαρμογή της ενεργειακής πολιτικής, τεχνολογικές καινοτομίες, καθώς και τη διαχείριση των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων.

Τις τελευταίες τέσσερις δεκαετίες, η Κίνα έχει βιώσει μια σημαντική αλλαγή στον τομέα της ενέργειας, μεταβαίνοντας από μια κατάσταση ανεπαρκούς ικανότητας παραγωγής ενέργειας σε μια κατάσταση πλεονάζουσας παραγωγικής ικανότητας. Αυτή η μετάβαση είχε σημαντικές επιπτώσεις τόσο στην περιβαλλοντική ρύπανση όσο και στη βιώσιμη ανάπτυξη της χώρας, η οποία αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα βιομηχανικά κέντρα παγκοσμίως. Η εξάρτηση της Κίνας από τη θερμική ενέργεια έχει συμβάλει σημαντικά στις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρύπων, που αποτελούν σοβαρή απειλή για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Το 2018, η εγκατεστημένη ισχύς των θερμικών σταθμών είχε φτάσει τα 1.143,7 GW, αντιπροσωπεύοντας το 60,2% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της χώρας. [39] Παρά τις προσπάθειες της Κίνας για την ενίσχυση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η θερμική εξακολουθεί να κατέχει το μεγαλύτερο ποσοστό στην ενεργειακή παραγωγή. Ωστόσο, η μετάβαση σε μια πιο βιώσιμη ενεργειακή υποδομή απαιτεί χρόνο και συνεχή προσπάθεια. Η Κίνα θα πρέπει να συνεχίσει να προωθεί την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και να μειώνει την εξάρτησή της από τον άνθρακα, προκειμένου να αντιμετωπίσει τις περιβαλλοντικές προκλήσεις που αντιμετωπίζει και να επιτύχει τους στόχους της για μία βιώσιμη ανάπτυξη.

5.2. Παραγωγή και κατανάλωση

Ο ενεργειακός τομέας της Κίνας έχει θεωρηθεί ως μία από τις στρατηγικές βιομηχανίες που επηρεάζουν άμεσα τόσο την οικονομία όσο και τη διαβίωση των πολιτών. Λόγω αυτού, η παραγωγή και η κατανάλωση ενέργειας ελέγχονται σε μεγάλο βαθμό από την κυβέρνηση. Παρά τις σημαντικές θεσμικές μεταρρυθμίσεις που έχουν εφαρμοστεί τις τελευταίες δύο δεκαετίες, όπως είναι η απορρύθμιση της ενεργειακής αγοράς και οι προσπάθειες ενίσχυσης του ανταγωνισμού, η κρατική παρέμβαση παραμένει έντονη. Η κρατική ιδιοκτησία κυριαρχεί γενικά στον ενεργειακό τομέα της Κίνας, αλλά υπάρχει διαφοροποίηση σε συγκεκριμένους τομείς. Ο τομέας του άνθρακα παρουσιάζει την υψηλότερη συμμετοχή από μη κρατικούς παραγωγούς. Οι δήμοι, τα χωριά και τα ιδιωτικά ορυχεία έχουν αποκτήσει σημαντικό μερίδιο της αγοράς. Ωστόσο, τη δεκαετία του 1990, το μερίδιο παραγωγής του κρατικού τομέα αυξήθηκε σημαντικά με το κλείσιμο πολλών μικρών ορυχείων. Στον

τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, ενώ η κυριαρχία των κρατικών εταιρειών παραμένει, υπάρχουν πλέον ανεξάρτητοι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας. Αν και το μερίδιο τους στην αγορά είναι ακόμη σχετικά μικρό, έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, με την κυβέρνηση να προωθεί την απορρύθμιση της αγοράς και την αύξηση του ανταγωνισμού μέσω θεσμικών αλλαγών. Ωστόσο, οι μη κρατικοί επενδυτές διαδραματίζουν δευτερεύοντα ρόλο στους τομείς του πετρελαίου και του φυσικού αερίου, γεγονός που αντικατοπτρίζει εν μέρει την κεφαλαιακή και τη δεξιοτεχνική φύση αυτών των βιομηχανιών. [40]

5.3. Συμβατική ενέργεια

5.3.1. Ηλεκτρική ενέργεια

Το 1999, η Κίνα παρήγαγε 1.239 TWh ηλεκτρικής ενέργειας, με τους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς να κυριαρχούν στην παραγωγή. Μέχρι το 2001, η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε στις 1.478 TWh, αντανakλώντας τη συνεχή ανάπτυξη της ενεργειακής βιομηχανίας της χώρας. Η βιομηχανική κατανάλωση συνέχισε να έχει το μεγαλύτερο μερίδιο στην κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας, αλλά παρατηρήθηκε σταδιακή μείωσή της, καθώς η οικιακή κατανάλωση αυξανόταν ραγδαία. Το μερίδιο της οικιακής κατανάλωσης στη συνολική κατανάλωση διπλασιάστηκε κατά την περίοδο 1987-1997, αντικατοπτρίζοντας την οικονομική ανάπτυξη και την αύξηση του βιοτικού επιπέδου των πολιτών της Κίνας. [40]



Πηγή: [41]

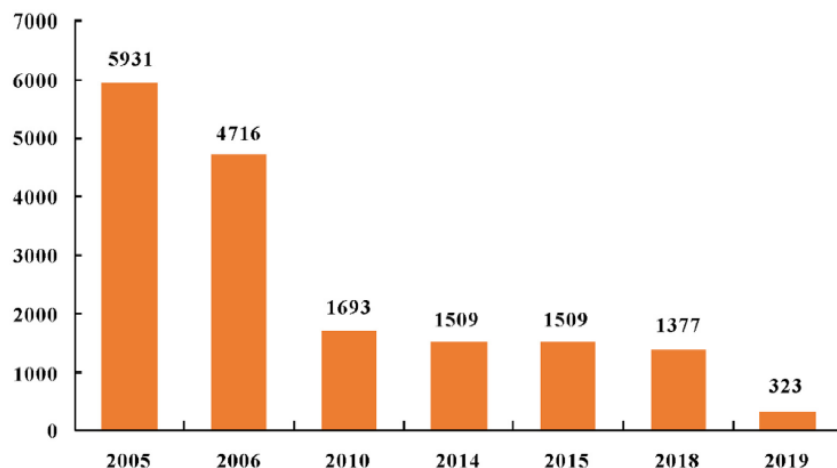
Εικόνα 19: Η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας, 2010-2023

Το παραπάνω σχήμα (βλ. Εικόνα 19) απεικονίζει τη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας και μεταξύ 2010 και 2023. Από το 2010 έως το 2023, η συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα ακολούθησε μία αυξητική πορεία. Πιο συγκεκριμένα, η κατανάλωση αυξήθηκε από τις 4.199,9 TWh το 2010 και έφτασε τις 9.220 TWh το 2023. [41] Αυτός ο ρυθμός ανάπτυξης οφείλεται στην ταχεία οικονομική ανάπτυξη της Κίνας κατά τη συγκεκριμένη περίοδο, καθώς και την αυξημένη βιομηχανική και οικιακή κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Από το 2014 έως το 2019, ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης μειώθηκε στο 5,55% σε σύγκριση με τα υψηλότερα ποσοστά των προηγούμενων ετών. Το 2015 ήταν ο χαμηλότερος που έχει καταγραφεί από το 2000, στο 2,90%. Ο ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης αυξήθηκε μετά το 2015 και αυτή η αύξηση οφείλεται σε μεγάλο βαθμό

από την πτώση των γενικών βιομηχανικών και εμπορικών δασμών. Κατά την περίοδο 2013-2019, ο ρυθμός ανάπτυξης της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα ήταν σταθερά κάτω του 9%, με την κατανάλωση να φτάνει τις 7.486,6 TWh το 2019. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός αύξησης της κατανάλωσης της ηλεκτρικής ενέργειας κατά αυτή την περίοδο ήταν χαμηλότερος σε σύγκριση με το διάστημα 2000-2013. [14] Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που σχετίζεται με το δευτερογενή τομέα κατείχε το μεγαλύτερο μερίδιο της συνολικής κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας, αυξανόμενη καθ' όλη την περίοδο αλλά με βραδύτερο ρυθμό ανάπτυξης από το 2011 περίπου και μετά. Η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας που σχετίζεται με τον οικιακό τομέα συνέχισε να αυξάνεται μέχρι το 2013. Η ανάπτυξη πέραν του 2013, αν και θετική, δείχνει σημάδια επιβράδυνσης γενικά αλλά με ορισμένες διακυμάνσεις. Η αναπτυξιακή τροχιά του τριτογενούς τομέα είναι παρόμοια με αυτή του οικιακού τομέα. [14]

5.3.2. Άνθρακας

Μέχρι τον Αύγουστο του 1998, ο τομέας του άνθρακα στην Κίνα είχε αναπτυχθεί σημαντικά, με 94 μεγάλες κρατικές εταιρείες άνθρακα, 2.500 ορυχεία τοπικής αυτοδιοίκησης και περίπου 75.000 μικρά ορυχεία δήμων και χωριών να δραστηριοποιούνται στη χώρα. Η παραγωγή του άνθρακα από μη κρατικούς φορείς αυξήθηκε ιδιαίτερα τη δεκαετία του 1980 και στις αρχές της δεκαετίας του 1990. Αυτή η αύξηση αναδεικνύει τη σταθερή ανάπτυξη των μη κρατικών επιχειρήσεων. Σαν αποτέλεσμα, το μερίδιο παραγωγής του κρατικού τομέα μειώθηκε στο χαμηλότερο επίπεδο στα μέσα της δεκαετίας του 1990. Η Κίνα ανέπτυξε πολιτικές που ενθάρρυναν την ανάπτυξη μικρότερων, μη κρατικών επιχειρήσεων, ιδίως σε τοπικό και κοινοτικό επίπεδο, δίνοντας ώθηση στην αποκέντρωση της παραγωγής του άνθρακα. Παράλληλα, η κυβέρνηση συνέχισε να ελέγχει τις μεγάλες κρατικές εταιρείες, ενώ οι μικρότερες επιχειρήσεις είχαν μεγαλύτερη ευελιξία. Ωστόσο, αργότερα πολλές από αυτές τις μικρές επιχειρήσεις τέθηκαν υπό πίεση για να συμμορφωθούν με αυστηρότερους κανονισμούς ασφαλείας και περιβαλλοντικής διαχείρισης. Μέχρι τον Σεπτέμβριο του 2000, ωστόσο, περίπου 30.000 μικρά ορυχεία αναγκάστηκαν να κλείσουν τις επιχειρήσεις τους λόγω περιβαλλοντικών προβλημάτων και ζητημάτων ασφάλειας. Μέχρι το τέλος του 2000, παρατηρήθηκαν σημαντικές αλλαγές στη διαχείριση και τον έλεγχο των κρατικών εταιρειών άνθρακα στην Κίνα. Οι 94 μεγάλες κρατικές εταιρείες που αρχικά ελέγχονταν από την κεντρική κυβέρνηση μεταφέρθηκαν στην αρμοδιότητα των επαρχιακών αρχών, δίνοντας μεγαλύτερη εξουσία στις τοπικές κυβερνήσεις για τη διαχείριση των πόρων τους. Ως αποτέλεσμα αυτής της αλλαγής, μέχρι το τέλος του 2000, ο τομέας του άνθρακα αποτελούνταν από 2.098 κρατικά ορυχεία και 20.237 μη κρατικά ορυχεία. Αυτή η αλλαγή ανέδειξε τον σημαντικό ρόλο των μη κρατικών παραγωγών στον τομέα, επιβεβαιώνοντας την τάση για αυξημένη συμμετοχή μικρότερων, ιδιωτικών και τοπικών επιχειρήσεων στην παραγωγή του άνθρακα. [40] Σύμφωνα με εκτιμήσεις ο αριθμός των ανθρακωρυχείων στην Κίνα, κυμαινόταν στις 100.000 τη δεκαετία του 1990, και μειώθηκε σε λιγότερο από 6.500 μέχρι το τέλος του 2019. Αρκετά ανθρακωρυχεία έκλεισαν σε διάφορες επαρχίες, π.χ. Shanxi, Anhui, Heilongjiang και Yunguichuan. [42]



Πηγή: [42]

Εικόνα 20: Ο αριθμός των ανθρακωρυχείων που έκλεισαν στην Κίνα την περίοδο 2005-2019

5.3.3. Φυσικό αέριο

Δεδομένου ότι το φυσικό αέριο είναι καθαρότερο από άλλα ορυκτά καύσιμα, έχει γίνει ευρέως αποδεκτό ως υποκατάστατο των ορυκτών καυσίμων με απώτερο σκοπό τον περιορισμό των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Η Κίνα έχει ήδη λάβει μια σειρά μέτρων (π.χ. μεταρρύθμιση προσανατολισμένη στην αγορά, κατασκευή υποδομών και μεταρρύθμιση των τιμών του φυσικού αερίου) για την προώθηση της ανάπτυξης της βιομηχανίας του φυσικού αερίου τις τελευταίες δεκαετίες. Αυτές οι ενέργειες έχουν συμβάλει σημαντικά στην ανάπτυξη της βιομηχανίας του φυσικού αερίου στην Κίνα, καθιστώντας το σημαντικό παράγοντα στον ενεργειακό μετασχηματισμό της χώρας. [43] Το 2001, το φυσικό αέριο ανήλθε στο 3,4% του συνολικού ενεργειακού εφοδιασμού της Κίνας, παίζοντας ακόμη μικρό ρόλο στο ενεργειακό μείγμα της χώρας. Το 1999, η παραγωγή του φυσικού αερίου της Κίνας έφτασε τα 25,2 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (bcm - billion cubic meters), με το 40% αυτής να προέρχεται από την επαρχία Sichuan. Ο βιομηχανικός τομέας ήταν ο κυρίαρχος χρήστης φυσικού αερίου και ακολουθούσε ο οικιακός τομέας. Τόσο η παραγωγή όσο και η κατανάλωση ελέγχονταν σε μεγάλο βαθμό από την κυβέρνηση. Επιπλέον, ο έλεγχος από την κινεζική κυβέρνηση παρέμενε αυστηρός, ειδικά όσον αφορά την κατανομή και τις τιμές, ώστε να διασφαλιστεί η σταθερότητα στην ενεργειακή αγορά. Αυτή η κατάσταση, ωστόσο, άλλαξε τα επόμενα χρόνια. Στα τέλη του 1999, η Κίνα έκανε ένα σημαντικό βήμα προς την απελευθέρωση της αγοράς του φυσικού αερίου, καταργώντας την απαγόρευση των ξένων επενδύσεων στην κατασκευή αστικών αγωγών φυσικού αερίου. Αυτή η απόφαση είχε ως στόχο να προσελκύσει ξένους επενδυτές για την ανάπτυξη του τομέα του φυσικού αερίου, ειδικά σε υποδομές, οι οποίες αποτελούν κρίσιμο στοιχείο για την επέκταση της χρήσης του στην Κίνα. Με την άρση αυτών των περιορισμών, αναμένεται ότι οι ξένοι επενδυτές θα διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην επιτάχυνση της ανάπτυξης του τομέα, προσφέροντας κεφάλαια, τεχνογνωσία και εμπειρία, που θα βοηθήσουν στην κατασκευή υποδομών και θα ενισχύσουν την ενεργειακή ασφάλεια της χώρας. Η κίνηση αυτή ευθυγραμμίστηκε με τη γενικότερη στρατηγική της Κίνας για την αύξηση της συμμετοχής του φυσικού αερίου στο ενεργειακό μείγμα της χώρας. Ένας από τους βασικούς στόχους της Κίνας είναι η μείωση των ρύπων και η βελτίωση της ποιότητας του αέρα. [40]

Το μερίδιο της κατανάλωσης του φυσικού αερίου στην πρωτογενή ενέργεια έχει αυξηθεί σημαντικά στην Κίνα, από 3,75% το 2010 σε 8,54% το 2023. [19] Αντίστοιχα, το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας στην πρωτογενή ενέργεια αυξήθηκε από 15,29% το 2010 σε 22,50% το 2023. [44] Επιπλέον, η συνολική ζήτηση φυσικού αερίου στην Κίνα αναμένεται να φτάσει τα 600 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (bcm) το 2040, σύμφωνα με τον Διεθνή Οργανισμό Ενέργειας. [43]

5.3.4. Πυρηνική ενέργεια

Η ραγδαία ανάπτυξη της παγκόσμιας οικονομίας τις τελευταίες δεκαετίες είχε ως αποτέλεσμα τη δραματική αύξηση της ενεργειακής ζήτησης. Παράλληλα, η εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα, όπως το πετρέλαιο και ο άνθρακας, έχει δημιουργήσει δύο σοβαρές προκλήσεις: πρώτον, τη σταδιακή εξάντληση των αποθεμάτων αυτών των καυσίμων και, δεύτερον, τις επιβλαβείς επιπτώσεις στο περιβάλλον, όπως είναι η κλιματική αλλαγή και η ρύπανση λόγω των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Η αναζήτηση εναλλακτικών ενεργειακών λύσεων έχει οδηγήσει την πυρηνική ενέργεια στο προσκήνιο, καθώς προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά πλεονεκτήματα. Αντίθετα με τα ορυκτά καύσιμα, η παραγωγή της πυρηνικής ενέργειας προκαλεί ελάχιστες έως μηδενικές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), συμβάλλοντας στην προσπάθεια της Κίνας για την επίτευξη της μείωσης των αερίων του θερμοκηπίου. Επιπλέον, τα αποθέματα ουρανίου που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή της πυρηνικής ενέργειας είναι περισσότερα συγκριτικά με τα ορυκτά καύσιμα, καθιστώντας την πυρηνική ενέργεια μία πιο σταθερή και βιώσιμη επιλογή για την αντιμετώπιση της ενεργειακής κρίσης. Ωστόσο, η ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας συνοδεύεται και από κάποιες προκλήσεις. Μερικές από αυτές είναι η διαχείριση των πυρηνικών αποβλήτων και οι ανησυχίες των πολιτών για την ασφάλεια αυτών των συστημάτων. [45] Το 2004, τα συνολικά αποδεδειγμένα αποθέματα ουρανίου στην Κίνα ανέρχονταν σε 8.500 τόνους. Βραχυπρόθεσμα, αυτοί οι εγχώριοι πόροι ουρανίου εκτιμάται ότι μπορούν να καλύψουν την εγχώρια ζήτηση. Ωστόσο, μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα, η κατάσταση θα αλλάξει σημαντικά. Καθώς η Κίνα συνεχίζει να επεκτείνει το πυρηνικό της πρόγραμμα, η εγχώρια παραγωγή ουρανίου δεν θα είναι αρκετή για να καλύψει πλήρως τις ενεργειακές της ανάγκες. [10] Η κατανάλωση της πυρηνικής ενέργειας στην Κίνα έχει διατηρήσει μία ανοδική τάση, με σχετικά ψηλό ρυθμό ανάπτυξης περίπου 20% τα τελευταία χρόνια. Αυτό υποδηλώνει τη δέσμευση της χώρας να επεκτείνει τον πυρηνικό της τομέα, ο οποίος θεωρείται κρίσιμος για την ενεργειακή της ασφάλεια. Η ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας συνδέεται στενά με τη στρατηγική της Κίνας για τη μετάβαση σε μια πιο καθαρή ενεργειακή δομή, μειώνοντας την εξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα. [45]



Πηγή: [45]

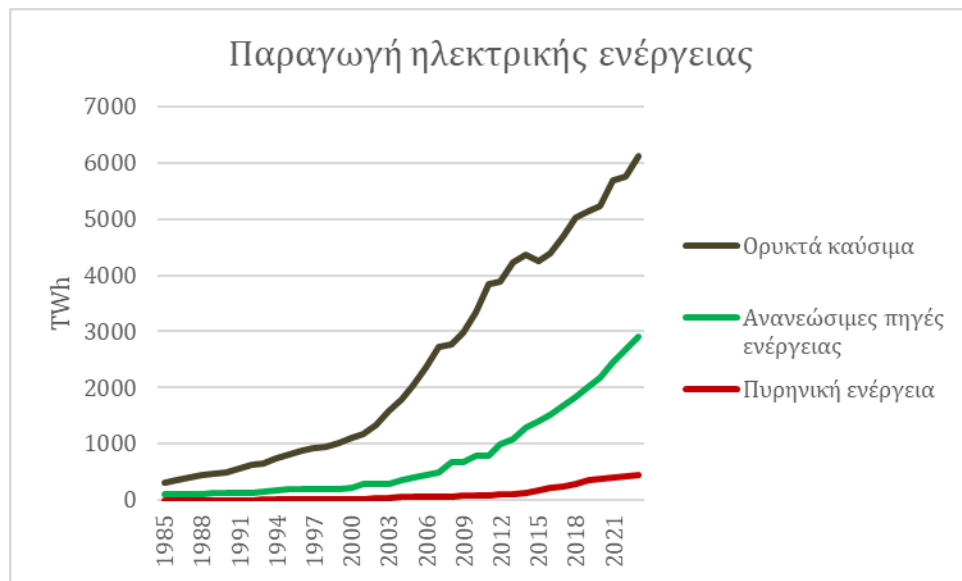
Εικόνα 21: Η κατανάλωση πυρηνικής ενέργειας της Κίνας και ο ρυθμός ανάπτυξής της, 2000-2018

Παρά την παγκόσμια πυρηνική παρακμή και τις αυξημένες ανησυχίες μετά την καταστροφή της Φουκουσίμα το 2011, η Κίνα έχει επιδείξει μια σταθερή και ισχυρή δέσμευση στην πυρηνική ενέργεια ως μέρος της στρατηγικής της. Μετά το περιστατικό στη Φουκουσίμα, η κινεζική κυβέρνηση επιβράδυνε τον ρυθμό της πυρηνικής της ανάπτυξης για να επανεξετάσει και να ενισχύσει τους κανονισμούς ασφαλείας. Ωστόσο, αυτή η οπισθοδρόμηση ήταν προσωρινή. Η Κίνα, υποστηριζόμενη από ισχυρή πολιτική βούληση και επαρκείς οικονομικούς πόρους, έχει αναδειχθεί μία από τις ηγέτιδες δυνάμεις στην παγκόσμια πυρηνική βιομηχανία. Τα τελευταία χρόνια, η χώρα διαθέτει τον τρίτο μεγαλύτερο αριθμό λειτουργικών πυρηνικών αντιδραστήρων παγκοσμίως, ενώ κατέχει και την πρώτη θέση όσον αφορά τον αριθμό των πυρηνικών σταθμών που βρίσκονται υπό κατασκευή. Η εγκατεστημένη ισχύς των πυρηνικών σταθμών παραγωγής ενέργειας έφτασε τα 53,2 GW το 2023. [46] Ακόμα, το μερίδιο της πυρηνικής ενέργειας στην ηλεκτροπαραγωγή ήταν 4,6% το 2023 [47]. Η πρόσφατη δήλωση της «Επιτροπής Εθνικής Ανάπτυξης και Μεταρρυθμίσεων» για την επίτευξη δυναμικότητας 200 GW πυρηνικής παραγωγής έως το 2035 επιβεβαιώνει περαιτέρω την αφοσίωση της Κίνας στην πυρηνική επέκταση. [48]

5.4. Το ηλεκτρικό δίκτυο της Κίνας

Η ραγδαία οικονομική ανάπτυξη της Κίνας τις τελευταίες δεκαετίες έχει οδηγήσει σε μια δραματική αύξηση της παραγωγής και της κατανάλωσης ενέργειας. Η αυξημένη βιομηχανική δραστηριότητα, η αστικοποίηση και η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου έχουν συμβάλει στην εκτόξευση της ζήτησης για ηλεκτρική ενέργεια. Η καταναλισκόμενη ηλεκτρική ενέργεια της Κίνας συνεχίζει να αυξάνεται, φτάνοντας τις 9.220 TWh το 2023. [41] Ο άνθρακας αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του ενεργειακού τομέα της Κίνας. Το 2013, η κατανάλωση άνθρακα έφτασε στο απόγειο της, δηλαδή στα 2,81 εκατομμύρια τόνους ισοδυνάμου άνθρακα, αντιπροσωπεύοντας το 80,4% της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας. [49] Η Κίνα λόγω της γεωγραφικής της θέσης είναι πλούσια σε άνθρακα αλλά όχι τόσο σε πετρέλαιο και φυσικό αέριο. Για αυτό το λόγο, βασίζεται έντονα στη χρήση του άνθρακα για την κάλυψη των ενεργειακών της αναγκών. Ο άνθρακας μπορεί να ενισχύσει την ενεργειακή ασφάλεια της Κίνας βραχυπρόθεσμα. Ωστόσο, η μαζική κατανάλωση του καθιστά δύσκολη τη μείωση της εξάρτησης της χώρας από την ορυκτή ενέργεια. Επομένως, θα πρέπει να αυξηθεί περαιτέρω το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην ενεργειακή δομή της Κίνας.

Οι ανανεώσιμες πηγές, όπως η ηλιακή, η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια, προσφέρουν μια καθαρή και βιώσιμη εναλλακτική λύση που μπορεί να μειώσει την εξάρτηση από τον άνθρακα και να συμβάλει στον περιορισμό των ρύπων, βοηθώντας την Κίνα να επιτύχει τους περιβαλλοντικούς της στόχους και να βελτιώσει την ενεργειακή της ασφάλεια μακροπρόθεσμα. Τα τελευταία χρόνια, η Κίνα έχει σημειώσει εντυπωσιακή ανάπτυξη στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ΑΠΕ) και έχει εξελιχθεί σε παγκόσμιο ηγέτη σε αυτόν τον κλάδο. Αυτές οι εξελίξεις των τελευταίων ετών, αντικατοπτρίζουν τη στρατηγική και την επιθυμία της Κίνας να μειώσει την εξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα, προωθώντας παράλληλα πιο βιώσιμες μορφές ενέργειας, συμβάλλοντας στην παγκόσμια προσπάθεια καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής.



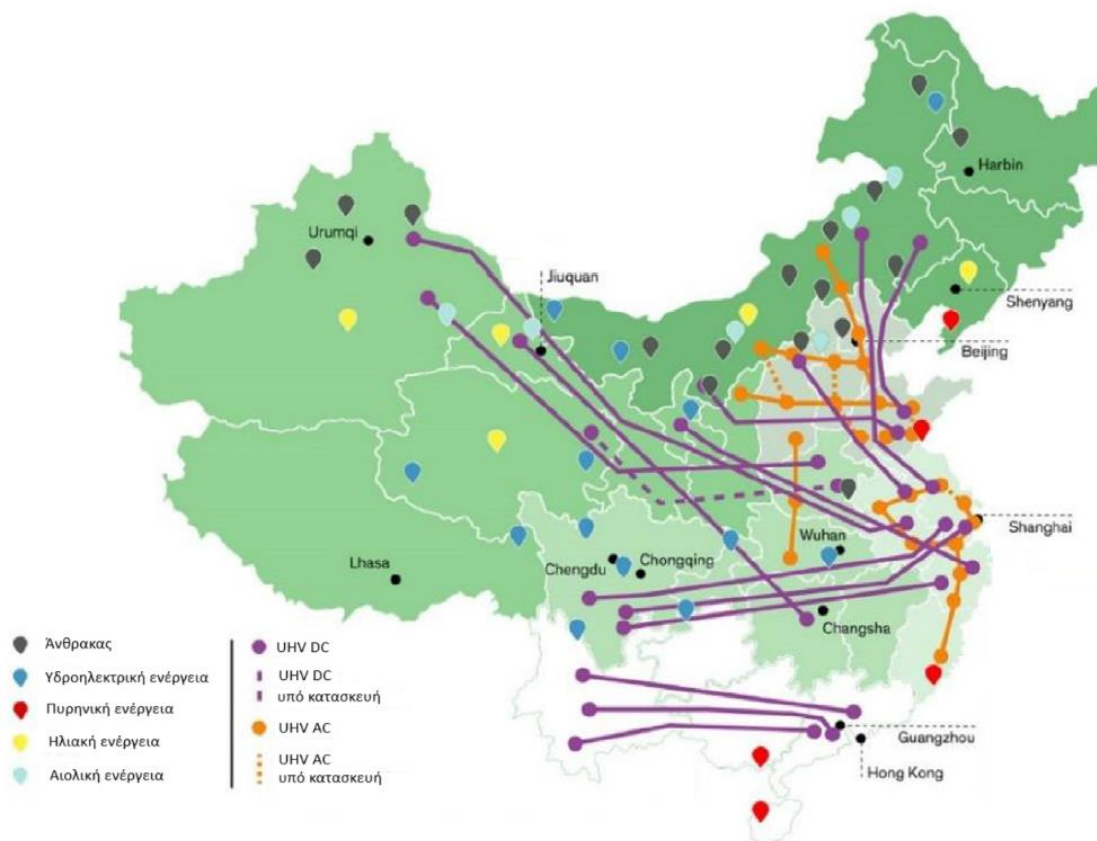
Πηγή: [47]

Εικόνα 22: Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας

5.4.1. Η δομή του δικτύου της ηλεκτρικής ενέργειας

Το ηλεκτρικό δίκτυο της Κίνας κυριαρχείται από τη χρήση ορυκτών καυσίμων, κυρίως άνθρακα, ενώ οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας καταλαμβάνουν ένα μικρό μερίδιο της συνολικής παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, σημειώνονται σημαντικές αλλαγές στην ηλεκτροπαραγωγή. Παρά το υψηλό κόστος παραγωγής, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι πιο φιλικές προς το περιβάλλον και αποφέρουν μεγαλύτερα κοινωνικά οφέλη, σε σχέση με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω άνθρακα. Η διαπεριφερειακή μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας είναι το κλειδί για την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο για τη διασφάλιση της παροχής ενέργειας, την ενίσχυση της προστασίας του περιβάλλοντος και την ενίσχυση της ασφάλειας των δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας. Η υπερυψηλή τάση (UHV) αναφέρεται σε γραμμές μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας που λειτουργούν σε τάσεις μεγαλύτερες από 800 κίλο-βολτ (kV). Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις με ελάχιστη απώλεια ισχύος. Η ανάπτυξη τέτοιων συστημάτων μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας ενίσχυσε σημαντικά το ηλεκτρικό δίκτυο της Κίνας και βοήθησε να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες των μεγάλων αστικών κέντρων της ανατολικής Κίνας από μονάδες παραγωγής που βρίσκονται στο δυτικό μέρος της χώρας. Επιπρόσθετα, τα συστήματα μεταφοράς υπερυψηλής τάσης βοηθούν την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συνήθως, το

μεγαλύτερο ποσοστό των μονάδων παραγωγής ΑΠΕ βρίσκεται σε απομακρυσμένες περιοχές, μακριά από τα αστικά κέντρα. Η συνεχής ανάπτυξη και βελτίωση του ηλεκτρικού δικτύου επιτρέπει την προσθήκη περισσότερων μονάδων παραγωγής ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα της χώρας. Έως τον Ιούνιο του 2019, υλοποιήθηκαν 22 έργα για την ενίσχυση του ηλεκτρικού δικτύου της Κίνας. Συγκεκριμένα, ενισχύθηκε το δίκτυο των γραμμών μεταφοράς της υπερυψηλής τάσης κατά 311,2 γίγα βολτ-αμπέρ (GVA). [50] Αυτά τα έργα αποτελούν ένα εθνικό υβριδικό δίκτυο AC-DC που θα διασυνδέσει τα έξι περιφερειακά δίκτυα της Κίνας και θα παρέχει ηλεκτρική ενέργεια στους μεγάλους αστικούς ιστούς στην ανατολική Κίνα. Η Κίνα έχει αναπτύξει συστήματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας υπερυψηλής τάσης για τη βελτιστοποίηση της διανομής της ενέργειας και είναι η πρώτη χώρα που χρησιμοποιεί γραμμές μεταφοράς 1.000 kV. Πιο συγκεκριμένα, η Κίνα έχει κατασκευάσει γραμμές μεταφοράς UHV εναλλασσόμενης (AC) και συνεχούς τάσης (DC) για την αναβάθμιση του ηλεκτρικού δικτύου της. Το αποτέλεσμα της κατασκευής αυτών των υποδομών είναι ένα ενισχυμένο εθνικό δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας (βλ. Εικόνα 23). [50]

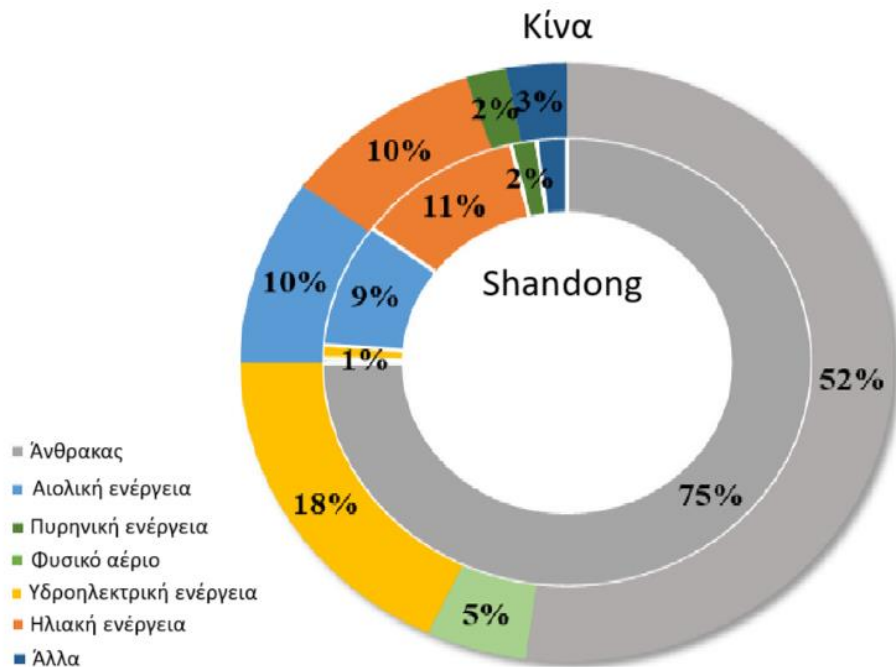


Πηγή: [50]

Εικόνα 23: Το υβριδικό δίκτυο γραμμών μεταφοράς υπερυψηλής τάσης (UHV) AC-DC της Κίνας

Οι γραμμές UHV συνεχούς τάσης (DC) μεταφέρουν την ηλεκτρική ενέργεια από τις μονάδες παραγωγής στα μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας. Στη συνέχεια, οι γραμμές UHV εναλλασσόμενης τάσης (AC) διανέμουν την ηλεκτρική ενέργεια κυρίως στο ανατολικό τμήμα της χώρας. Ορισμένες από τις επαρχίες της Κίνας ασκούν μεγαλύτερη επιρροή στην ανάπτυξη και την αναβάθμιση του ηλεκτρικού δικτύου της χώρας. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η επαρχία Shandong. Από το 2000, εκείνη γνώρισε ραγδαία ανάπτυξη στον ενεργειακό της τομέα κατασκευάζοντας αρκετές μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, με στόχο την εξάλειψη των παρατεταμένων διακοπών ρεύματος.

[50] Μέχρι το 2019, η εγκατεστημένη ισχύς της επαρχίας Shandong έφτασε τα 143 GW, καθιστώντας την επαρχία με την υψηλότερη εγκατεστημένη ισχύ σε ολόκληρη την Κίνα. [50] Αυτή η εξέλιξη αποδεικνύει την αποφασιστικότητα της επαρχίας Shandong να αντιμετωπίσει τις ενεργειακές προκλήσεις και να υποστηρίξει τη βιομηχανική της ανάπτυξη, καταλαμβάνοντας έτσι μία πρωτοποριακή θέση στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα.



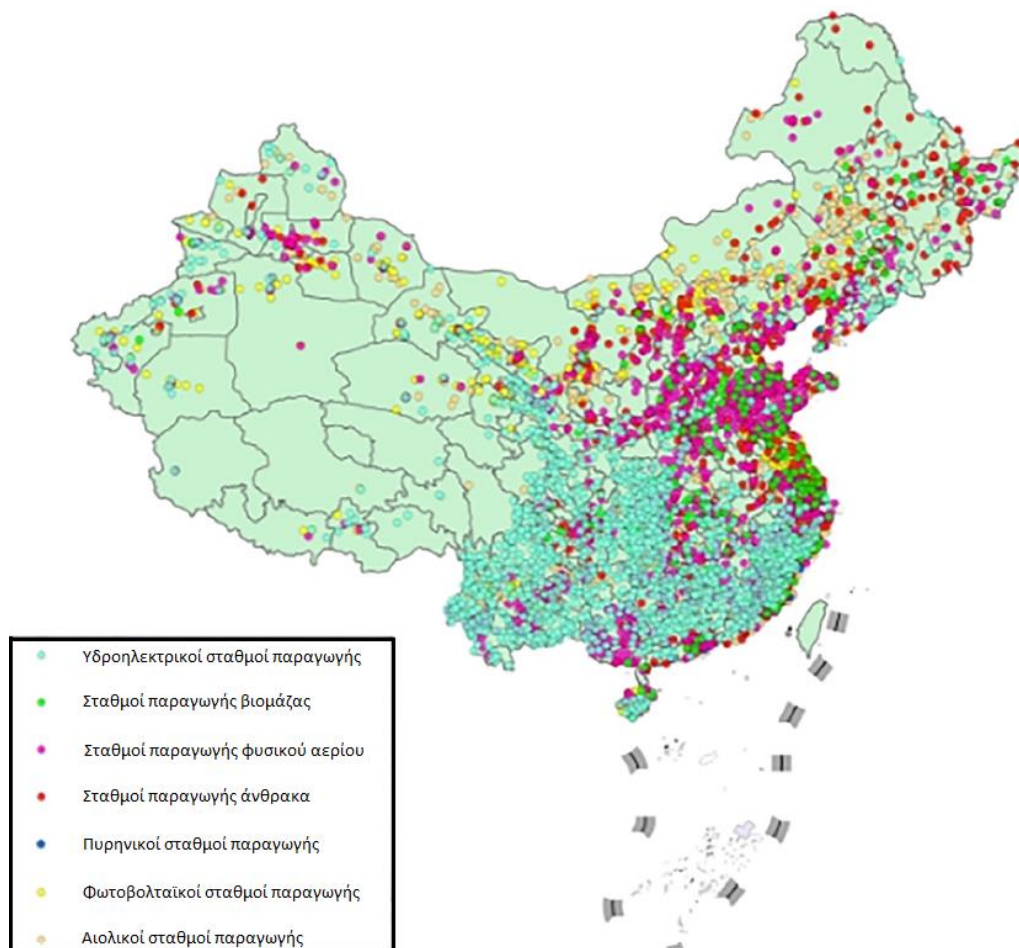
Πηγή: [50]

Εικόνα 24: Σύγκριση της ενεργειακής δομής της επαρχίας Shandong και της Κίνας για το 2019

Η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής ενέργειας που χρησιμοποιούν άνθρακα στη Shandong έφτασε τα 106 GW το 2023. [51] Εκείνη αποτελεί τη μόνη επαρχία της Κίνας, της οποίας η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από άνθρακα είναι μεγαλύτερη από 100 GW. Όσον αφορά την ανάπτυξη του συγκεκριμένου κλάδου στην επαρχία Shandong, καθοριστικό ρόλο διαδραμάτισε η ύπαρξη τοπικών κοιτασμάτων. Η ισχύς των θερμοηλεκτρικών μονάδων κυμαίνεται μεταξύ 1,5 και 1.050 MW, ενώ περίπου το 80% των μονάδων έχουν ισχύ μικρότερη από 300 MW. Η επαρχία Shandong διαθέτει τον μεγαλύτερο αριθμό μικρών θερμικών μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στην Κίνα. Υπάρχουν 646 μονάδες κάτω από 300 MW, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 23.476 MW, συμπεριλαμβανομένων 431 μονάδων κάτω από 30 MW, με συνολική ισχύ 6.373 MW. Ακόμα, υπάρχουν 124 μονάδες μεταξύ 300 και 600 MW, με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 41.105 MW, 38 μονάδες μεταξύ 600 και 1000 MW με συνολική ισχύ 24.960 MW και 16 μονάδες μεγαλύτερες ή ίσες των 1000 MW με συνολική εγκατεστημένη ισχύ 16.210 MW. [51] Παρά την αύξηση της παραγωγής των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, η επαρχία Shandong εξακολουθεί να παράγει το μεγαλύτερο μέρος της ηλεκτρικής της ενέργειας από άνθρακα. [50]

Η Κίνα έχει θέσει ως στρατηγικό στόχο τη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου μέσω της εντατικής προώθησης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Η εφαρμογή του «Νομοσχεδίου για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας της Κίνας» έχει οδηγήσει σε μια σημαντική επέκταση αυτών των πηγών την τελευταία δεκαετία. Ιδιαίτερα η ηλιακή ενέργεια έχει γνωρίσει εντυπωσιακή ανάπτυξη,

με την παραγωγική της ικανότητα να αυξάνεται συνεχώς και το κόστος παραγωγής να μειώνεται δραστικά. Αυτό την καθιστά πιο προσιτή και ευρέως χρησιμοποιούμενη σε όλη τη χώρα. Παράλληλα, η Κίνα έχει επενδύσει σημαντικά και στην ανάπτυξη της πυρηνικής ενέργειας, αναγνωρίζοντάς την ως μια κρίσιμη πηγή ενέργειας για την κάλυψη των μελλοντικών ενεργειακών αναγκών της χώρας. Αυτές οι πρωτοβουλίες ενισχύουν τη δέσμευση της Κίνας να περιορίσει τις εκπομπές ρύπων και να αντιμετωπίσει την κλιματική αλλαγή. Μέχρι το 2013, η εγκατεστημένη ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας ξεπέρασε αυτή των Ηνωμένων Πολιτειών, φτάνοντας τα 12,5 TW. Στα τέλη του 2015, η εγκατεστημένη ισχύς είχε ξεπεράσει τα 14,6 TW, σημειώνοντας ετήσια αύξηση 7,5%.

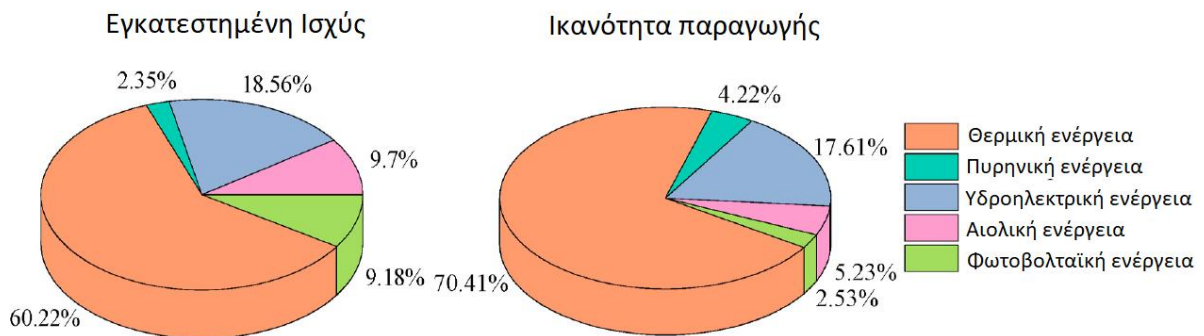


Πηγή: [52]

Εικόνα 25: Η κατανομή των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα

Ως η χώρα με τον μεγαλύτερο ρυθμό παραγωγής και ανάπτυξης της ηλεκτρικής ενέργειας στον κόσμο, η Κίνα έχει καθοριστική επιρροή στον παγκόσμιο οικονομικό μετασχηματισμό προς την αειφόρο ανάπτυξη και την πράσινη οικονομία. Η ενεργειακή πολιτική της Κίνας, οι επενδύσεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η στρόφη προς καθαρότερες τεχνολογίες έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν όχι μόνο την εσωτερική της οικονομία, αλλά και τη διεθνή κοινότητα, θέτοντας πρότυπα για την επίτευξη των παγκόσμιων κλιματικών στόχων και την προώθηση της περιβαλλοντικής βιωσιμότητας σε παγκόσμιο επίπεδο. Σύμφωνα με την έκθεση ανάπτυξης της βιομηχανίας της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας 2019 (China Electric Power Industry Development Report 2019), η βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα εξακολουθεί να εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής ορυκτών καυσίμων. Συγκεκριμένα, οι σταθμοί αυτοί

αντιπροσωπεύουν πάνω από το 60% της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος της χώρας. Επιπλέον, η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από αυτές τις μονάδες αντιπροσωπεύει πάνω από το 70% της συνολικής παραγωγής ενέργειας στην Κίνα. [53] Αυτό υπογραμμίζει την κυριαρχία της θερμικής ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της χώρας και τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Κίνα στην προσπάθεια μετάβασης σε καθαρότερες μορφές ενέργειας.



Πηγή: [53]

Εικόνα 26: Η εγκατεστημένη ισχύς και η ικανότητα παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας (2018)

Η εξάρτηση της Κίνας από τις πηγές ορυκτών καυσίμων για την ηλεκτροπαραγωγή είναι σημαντική, και αυτή η εξάρτηση αποτελεί πρόκληση για τη μετάβαση σε ένα πιο βιώσιμο ενεργειακό μέλλον. Οι πηγές καθαρής ενέργειας, όπως η ηλιακή, η αιολική και η υδροηλεκτρική ενέργεια, παρόλο που έχουν σημειώσει σημαντική ανάπτυξη, αντιμετωπίζουν φυσικούς περιορισμούς. Αυτοί περιλαμβάνουν την έλλειψη νερού, ανέμου και φωτός σε διάφορες χρονικές περιόδους, γεγονός που περιορίζει την αξιοπιστία και την απόδοση αυτών των πηγών. Για να αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις, η βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα θα πρέπει να εντείνει τις προσπάθειες της για τη βελτιστοποίηση της δομής της παραγωγής ενέργειας. Αυτό περιλαμβάνει τη μείωση της εξάρτησης από τις μη ανανεώσιμες πηγές και την ενίσχυση της ανάπτυξης και ενσωμάτωσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο ενεργειακό μείγμα της χώρας. Μέσα από την υιοθέτηση προηγμένων τεχνολογιών και στρατηγικών, η Κίνα μπορεί να αξιοποιήσει πλήρως τις δυνατότητες αυτών των πηγών ενέργειας, συμβάλλοντας στην ορθολογική αξιοποίηση των ενεργειακών πόρων και στην προστασία του περιβάλλοντος. [53]

Η βελτιστοποίηση της ενεργειακής δομής μιας περιοχής απαιτεί την επιλογή και την ανάπτυξη ενεργειακών πηγών που είναι πιο βιώσιμες και κατάλληλες για τις τοπικές συνθήκες. Η αειφόρος ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα είναι καθοριστική για την κάλυψη της τοπικής ενεργειακής ζήτησης και την προστασία του περιβάλλοντος και των φυσικών πόρων, που είναι απαραίτητοι για τον βιοπορισμό των κατοίκων της περιοχής. Στην Κίνα, η προσέγγιση αυτή περιλαμβάνει την ενσωμάτωση και την ισορροπία μεταξύ διάφορων μορφών ενέργειας, όπως η θερμική, η πυρηνική, η υδροηλεκτρική, η αιολική και η ηλιακή. Ο βαθμός στον οποίο κάθε μορφή ενέργειας συνεισφέρει στην ενεργειακή δομή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες:

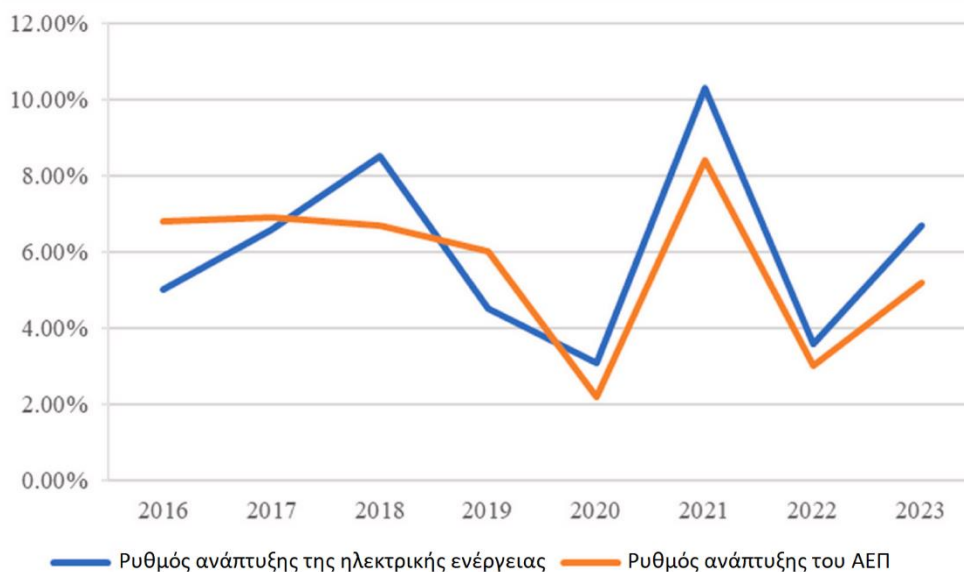
- **Αξιοπιστία:** Η ικανότητα της πηγής να παρέχει σταθερή και συνεχή παροχή. Παραδείγματος χάρη, η θερμική και η πυρηνική ενέργεια προσφέρουν υψηλή αξιοπιστία, ενώ η ηλιακή και η αιολική ενέργεια μπορεί να είναι πιο διαλείπουσες.

- **Οικονομία:** Το κόστος παραγωγής και συντήρησης θα πρέπει να είναι βιώσιμο τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, αν και με υψηλό αρχικό κόστος, μπορούν να αποδειχθούν πιο οικονομικές με την πάροδο του χρόνου.
- **Περιβαλλοντικός αντίκτυπος:** Η επίδραση που έχει στο τοπικό περιβάλλον και στους φυσικούς πόρους. Παραδείγματος χάρη, η υδροηλεκτρική ενέργεια μπορεί να επηρεάσει το οικοσύστημα των ποταμών, ενώ η πυρηνική ενέργεια μπορεί να έχει σοβαρές επιπτώσεις σε περίπτωση ατυχήματος.

Ο πιο άμεσος τρόπος βελτιστοποίησης της δομής της παραγωγής ενέργειας μιας περιοχής και της επίτευξης της βιώσιμης ανάπτυξης της βιομηχανίας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, είναι η επιλογή ενός πιο βιώσιμου τρόπου παραγωγής ενέργειας ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες της περιοχής. Οι προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Κίνα στην αναδιαμόρφωση της ενεργειακής της δομής καθιστούν αναγκαία την εξέταση των τοπικών συνθηκών και την προσαρμογή της στρατηγικής της ανά περιοχή. Επί του παρόντος, η Κίνα αντιμετωπίζει ένα μοναδικό δίλημμα σχετικά με την ανάπτυξη της βιομηχανίας της ηλεκτρικής ενέργειας. Τώρα που η βιομηχανία των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας της Κίνας ακμάζει, η επίλυση των εμποδίων που αφορούν τη σύνδεση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας με το ηλεκτρικό δίκτυο γίνεται ολοένα και πιο κρίσιμη, εξαιτίας των διακυμάνσεων αυτών καθώς και του ανεξέλεγκτου χρόνου που συμβαίνουν. Ακόμα, οι ετήσιες ώρες λειτουργίας των γεννητριών θερμικής ενέργειας συνεχίζουν να μειώνονται, λόγω της ταχείας αύξησης της εγκατεστημένης ισχύος. Τέλος, παρατηρούνται αυξομειώσεις στην τάση τροφοδοσίας, λόγω των ακραίων καιρικών συνθηκών, και απαιτείται συχνή συντήρηση των μηχανημάτων. [54]

5.5. Η βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας

Η βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας έχει γνωρίσει ταχύτερη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, ανταποκρινόμενη στις αυξημένες ενεργειακές απαιτήσεις που συνοδεύουν την έντονη εκβιομηχάνιση και τις οικονομικές μεταρρυθμίσεις της χώρας. Οι μεταρρυθμίσεις που έγιναν στη βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας, οδήγησαν στη διάλυση της μονοπωλιακής της δομής και στη δημιουργία ενός πιο ανταγωνιστικού περιβάλλοντος. Ακόμα, συνέβαλαν στη βελτίωση της αποδοτικότητας και της ποιότητας του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Η αυξανόμενη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας και η διαρκής επέκταση του δικτύου διανομής, για την κάλυψη των αναγκών τόσο των αστικών όσο και των αγροτικών περιοχών, έχουν οδηγήσει σε ορισμένες προκλήσεις, όπως είναι η διαχείριση της ποιότητας, της αποδοτικότητας και της βιωσιμότητας της ενεργειακής δομής. Παράλληλα, η ενίσχυση των δυνατοτήτων και της εμβέλειας του δικτύου διανομής καταδεικνύει τη σταθερή πρόοδο της χώρας προς την κατεύθυνση της ενεργειακής αυτάρκειας και της οικονομικής ανάπτυξης. Στην παρακάτω Εικόνα (βλ. Εικόνα 27) αποτυπώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης της ηλεκτρικής ενέργειας και του ΑΕΠ από το 2016 έως το 2023. [55]



Πηγή: [56]

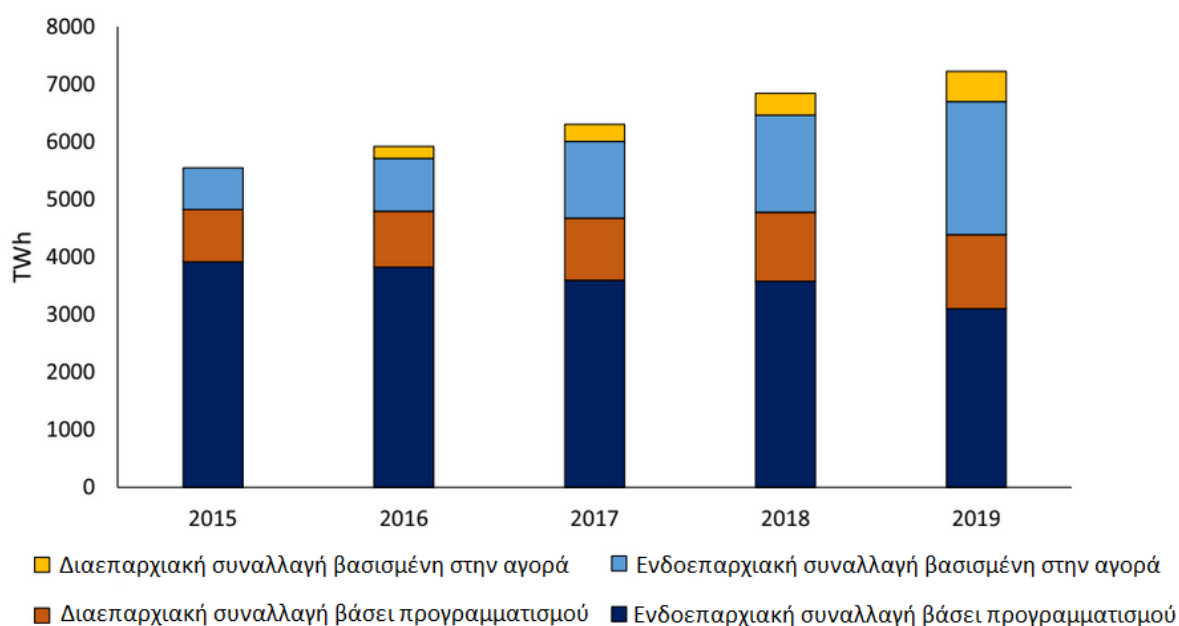
Εικόνα 27: Η ανάπτυξη του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας

Από το 2014, οι ετήσιες επενδύσεις στον τομέα της μεταφοράς και της διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα έχουν ξεπεράσει αυτές του κλάδου της παραγωγής. Αυτή η τάση αντανακλά την ανάγκη της Κίνας να αναβαθμίσει και να εκσυγχρονίσει το δίκτυο της, προκειμένου να μπορέσει να ανταποκριθεί στην αυξανόμενη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας, την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της αξιοπιστίας. Οι μεταρρυθμίσεις στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας που ξεκίνησαν το 1997 είχαν καθοριστικό ρόλο σε αυτήν την εξέλιξη. Ξεκινώντας το 1997, στην Κίνα εφαρμόστηκαν ορισμένες μεταρρυθμίσεις στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας, με την ίδρυση της κρατικής εταιρείας ηλεκτρικής ενέργειας, για την επίβλεψη των επιχειρηματικών λειτουργιών του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας. Με την κατάργηση του Υπουργείου Ηλεκτρικής Ενέργειας, η διαχείριση του ηλεκτρικού δικτύου πέρασε υπό την εποπτεία μιας κρατικής επιτροπής που είναι υπεύθυνη για τον οικονομικό και τον εμπορικό τομέα, ενισχύοντας έτσι την αποτελεσματικότητα και τον έλεγχο του συστήματος. Αυτές οι αλλαγές σηματοδότησαν την έναρξη μιας πιο οργανωμένης και αποτελεσματικής προσέγγισης στη διαχείριση του ηλεκτρικού δικτύου, με έμφαση τη βελτίωση των υποδομών και τη διασφάλιση της ενεργειακής ασφάλειας. [55] Το Υπουργείο Ηλεκτρικής Ενέργειας έπαψε να υφίσταται το 1998 και αντικαταστάθηκε από την εταιρεία «State Power Corporation» (SPC), στόχος της οποίας είναι η αναθεώρηση και απλοποίηση των δικτύων ισχύος. [54] Τον Δεκέμβριο του 2012, το πρώην SPC χωρίζεται σε πέντε εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και δύο εταιρείες, οι οποίες είναι υπεύθυνες για τη διαχείριση του δικτύου («State Power Grid» και «China Southern Power Grid»), χωρίζοντας με αυτόν τον τρόπο τους παραγωγούς ηλεκτρικής ισχύος από τους διαχειριστές του δικτύου. [54]

Πριν το 2002, το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας λειτουργούσε υπό καθεστώς πλήρους κυβερνητικού ελέγχου. Αυτό σημαίνει ότι ο έλεγχος της παραγωγής, της μεταφοράς και της διανομής της ηλεκτρικής ενέργειας ήταν στα χέρια του κράτους, με το ρόλο της αγοράς να είναι περιορισμένος. Το 2002, ξεκίνησε μια προσπάθεια μεταρρύθμισης προσανατολισμένη στην αγορά. Αυτή η μεταρρύθμιση αναδιάρθρωσε τον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας διαχωρίζοντας το τμήμα της παραγωγής από τη μεταφορά και τη διανομή. Ο νέος μηχανισμός τιμολόγησης, που εισήχθη εντός

του δικτύου, καθοριζόταν πλέον από την αγορά, επιτρέποντας στις τιμές να διαμορφώνονται σύμφωνα με την προσφορά και τη ζήτηση. Παρά τις μεταρρυθμιστικές προσπάθειες του 2002 για την απελευθέρωση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα, ο τομέας συνέχισε να κυριαρχείται από τον κρατικό σχεδιασμό. Οι επενδύσεις στην ηλεκτροπαραγωγή εξακολουθούσαν να εξαρτώνται από τις εγκρίσεις της τοπικής αυτοδιοίκησης. Με αυτό τον τρόπο, κάθε νέα ενεργειακή επένδυση έπρεπε να περάσει από τη γραφειοκρατική διαδικασία για να εξασφαλίσει τη στήριξη της τοπικής κυβέρνησης. Επιπλέον, η παραγόμενη ηλεκτρική ενέργεια κατανεμόταν από την τοπική αυτοδιοίκηση, καθιστώντας δύσκολο για τους παραγωγούς να λειτουργήσουν σε ένα περιβάλλον που βασίζεται στις δυνάμεις της αγοράς. Οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας (γνωστές και ως τιμολόγιο αναφοράς) προκαθορίζονταν σε επίπεδο επαρχίας. Με αυτό τον τρόπο, δεν υπήρχε ευελιξία προκειμένου να ανταποκρίνονται στις διακυμάνσεις της αγοράς ή του κόστους παραγωγής. [57] Ο ρυθμιστικός κατακερματισμός που υπήρχε στο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας ανά επαρχία, αποτελούσε ένα από τα σημαντικά χαρακτηριστικά του ενεργειακού τομέα της χώρας. Λόγω των συχνών ελλείψεων ηλεκτρικής ενέργειας κατά το παρελθόν, οι επαρχίες είχαν αναπτύξει τα δικά τους ενεργειακά συστήματα για να είναι αυτόαρκεις. Αυτή η στρατηγική είχε ως στόχο να εξισορροπήσει την προσφορά και τη ζήτηση ηλεκτρικής ενέργειας εντός των τοπικών ορίων. Επιπλέον, η συγκεκριμένη πρακτική οδήγησε στην απροθυμία των επαρχιών να εισάγουν ηλεκτρική ενέργεια από τις γειτονικές περιοχές, εκτός και αν υπήρχαν σοβαρές ελλείψεις. Η προστασία των τοπικών παραγωγών και η διασφάλιση ότι οι επενδύσεις σε επαρχιακό επίπεδο θα παρέμεναν βιώσιμες ήταν προτεραιότητα για τις τοπικές αρχές, γεγονός που περιόρισε τη δημιουργία ενός ενιαίου και ενοποιημένου εθνικού δικτύου. Σαν αποτέλεσμα, δημιουργήθηκε ένας κατακερματισμένος ενεργειακός τομέας, όπου η συνεργασία μεταξύ των επαρχιών ήταν περιορισμένη, και οι τοπικές πολιτικές έπαιζαν κρίσιμο ρόλο στη διαμόρφωση της ενεργειακής αγοράς. [57]

Υπάρχουν τεράστιες ανισότητες μεταξύ των κινεζικών επαρχιών όσον αφορά την οικονομική ανάπτυξη, τη διανομή των ενεργειακών πόρων και τη ζήτηση φορτίου. Οι λιγότερο ανεπτυγμένες περιοχές, όπως είναι οι νοτιοδυτικές και βόρειες επαρχίες, διαθέτουν άφθονους καθαρούς ενεργειακούς πόρους. Αντίθετα, οι παράκτιες επαρχίες είναι πιο πλούσιες και ανεπτυγμένες αλλά εξαρτώνται περισσότερο από τις πιο ρυπογόνες μορφές ενέργειας, όπως είναι η θερμική που παράγεται μέσω του λιγνίτη. Σε αυτό το πλαίσιο, οι ενδοεπαρχιακές συναλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας υιοθετήθηκαν ως μία στρατηγική που εξυπηρετεί πολλούς σκοπούς. Από τη μία πλευρά, βοηθούν στην κάλυψη της αυξανόμενης ενεργειακής ζήτησης στις πιο ανεπτυγμένες περιοχές της χώρας, προσφέροντας ασφαλή και αξιόπιστη παροχή ενέργειας. Από την άλλη, προωθούν την ανάπτυξη των καθαρών πηγών ενέργειας στις λιγότερο ανεπτυγμένες επαρχίες, ενισχύοντας παράλληλα τις τοπικές οικονομίες τους. Με αυτό τον τρόπο, ενισχύεται η ενεργειακή ασφάλεια, μειώνονται οι εκπομπές ρύπων και εξομαλύνονται οι οικονομικές ανισότητες μεταξύ των επαρχιών. [57] Το 2015, η Κίνα εγκαινίασε έναν νέο γύρο μεταρρυθμίσεων, με στόχο να αυξήσει το ρόλο του μηχανισμού κατανομής βάσει της αγοράς στους τομείς της παραγωγής, της λιανικής πώλησης και τη βελτίωση της ρύθμισης της διανομής και της μεταφοράς στον κλάδο της ηλεκτρικής ενέργειας. Από την έναρξη αυτών των μεταρρυθμίσεων, σημειώθηκε σημαντική πρόοδος προς τον στόχο της εμπορευματοποίησης. Το μερίδιο των συναλλαγών ηλεκτρικής ενέργειας που βασίζονται στην αγορά στη συνολική κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας αυξήθηκε από 13% το 2015 σε 39% το 2019, δείχνοντας τη σταδιακή μετάβαση από ένα κεντρικά ελεγχόμενο σύστημα σε ένα πιο ανταγωνιστικό και δυναμικό περιβάλλον. [57]



Πηγή: [57]

Εικόνα 28: Οι συναλλαγές ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας από το 2015 έως το 2019

Παρά την πρόοδο των μεταρρυθμίσεων στην αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας, η διαδικασία εξακολουθεί να αντιμετωπίζει σημαντικά εμπόδια, τα οποία πηγάζουν κυρίως από τις ιδιαιτερότητες του θεσμικού πλαισίου της χώρας. Ένα από τα κύρια προβλήματα είναι η δυσκολία ενοποίησης της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας μεταξύ των διαφόρων επαρχιών. Η αποτυχία της μεταρρύθμισης του 2002, η οποία δεν κατάφερε να προωθήσει την ουσιαστική απελευθέρωση της αγοράς, παρείχε σημαντικά διδάγματα για τις τρέχουσες προσπάθειες. Μια σημαντική στρατηγική αυτού του γύρου των μεταρρυθμίσεων είναι η παροχή κινήτρων στις τοπικές κυβερνήσεις για να συμμετάσχουν πιο ενεργά στις αλλαγές. Ενώ η κεντρική κυβέρνηση ορίζει τις γενικές κατευθύνσεις, η ευθύνη για την εφαρμογή των μεταρρυθμίσεων μεταφέρθηκε στις επαρχιακές αρχές. Όμως, αυτό οδήγησε σε διαφορετικές προσεγγίσεις και πολιτικές ανάλογα με την επαρχία, δημιουργώντας μεγάλη ποικιλία στην υλοποίηση των μεταρρυθμίσεων. Η αποκεντρωμένη αυτή προσέγγιση περιπλέκει την ενοποίηση της αγοράς σε εθνικό επίπεδο, καθώς κάθε επαρχία επιλέγει διαφορετικά σχέδια και στρατηγικές, καθιστώντας δύσκολη τη δημιουργία ενός ενιαίου και αποτελεσματικού εθνικού δικτύου. Η ενοποίηση της αγοράς είναι κρίσιμη για την αύξηση του ανταγωνισμού, τη βελτίωση της αποδοτικότητας και την ενίσχυση της διασυννοριακής συνεργασίας μεταξύ των επαρχιών. Ωστόσο, οι τοπικές προτεραιότητες, η προστασία των συμφερόντων των τοπικών παραγωγών ενέργειας και η έλλειψη συντονισμού με τις κεντρικές κατευθύνσεις καθιστούν την ενοποίηση αυτή μια δύσκολη και μακροχρόνια διαδικασία. Μέχρι το 2019, η ηλεκτρική ενέργεια που βασιζόταν στον προγραμματισμό μεταξύ των επαρχιών αντιπροσώπευε περισσότερο από το 70% των ενδοεπαρχιακών ροών, γεγονός που καταδεικνύει τον υψηλό βαθμό του κυβερνητικού ελέγχου στο ενεργειακό εμπόριο μεταξύ των επαρχιών. [57] Τόσο οι ποσότητες όσο και οι τιμές της ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζονται μέσω του κεντρικού διοικητικού σχεδιασμού και των διαπραγματεύσεων μεταξύ των επαρχιακών κυβερνήσεων, αντί να αντανακλούν ρεαλιστικά τις συνθήκες προσφοράς και ζήτησης της αγοράς. Αυτό το σύστημα καθιστά δύσκολη την προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες ενεργειακές ανάγκες και παρεμποδίζει την αποτελεσματική διανομή των πόρων. Επιπλέον, η αδυναμία της αγοράς να

ανταποκρίνεται στις πραγματικές δυνάμεις της προσφοράς και της ζήτησης αποτελεί σημαντικό εμπόδιο για την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο εθνικό ενεργειακό σύστημα της Κίνας. Η μεταρρύθμιση αυτού του άκαμπτου και κατακερματισμένου συστήματος κρίνεται απαραίτητη για να μπορέσει η χώρα να αυξήσει την αξιοποίηση της καθαρής ενέργειας και να επιτύχει τους στόχους της για βιώσιμη ανάπτυξη. [57]

Το σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις όσον αφορά τη λειτουργία του. Παρά τις προσπάθειες μεταρρύθμισης, η αγορά της ηλεκτρικής ενέργειας εξακολουθεί να είναι κυρίως μονοπωλιακή. Οι 5 εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες δημιουργήθηκαν από τη διάσπαση του SPC, ανταγωνίζονται για να παρέχουν προϊόντα ισχύος μέσω προσφορών στο ηλεκτρικό δίκτυο, όμως η σχέση προσφοράς και ζήτησης δεν επηρεάζει άμεσα την τιμή, λόγω της κυριαρχίας του δικτύου ως μοναδικού αγοραστή και πωλητή. Για τους παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας, αυτό σημαίνει ότι το δίκτυο είναι ο μόνος αγοραστής, ενώ για τους τελικούς καταναλωτές, οι 2 διαχειρίστριες εταιρείες του δικτύου είναι οι μοναδικοί προμηθευτές. Έτσι, οι παραγωγοί ηλεκτρικής ενέργειας βρίσκονται αντιμέτωποι με την αβεβαιότητα της ζήτησης, ενώ δεν υπάρχει πραγματική ανταγωνιστική αγορά που να επιτρέπει τη διαμόρφωση τιμών με βάση την προσφορά και τη ζήτηση. Το 2015, το Κρατικό Συμβούλιο εξέδωσε διάφορες γνωμοδοτήσεις σχετικά με την περαιτέρω εμβάθυνση της μεταρρύθμισης του συστήματος ισχύος και σημείωσε ορισμένα βασικά προβλήματα, όπως η έλλειψη μηχανισμού αγοράς και συστήματος τιμολόγησης. [54]

Η Κίνα αποτελεί μια ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα περίπτωση για τη μελέτη της επίδρασης της παρατηρούμενης και μη, ετερογένειας. Ως μία από τις μεγαλύτερες και πολυπληθέστερες χώρες του κόσμου, αντιμετωπίζει σημαντικές ανισότητες στην οικονομική της ανάπτυξη, οι οποίες έχουν άμεσο και έμμεσο αντίκτυπο στη βιομηχανία της ηλεκτρικής ενέργειας. Οι ανισότητες μπορεί να επηρεάσουν τις επενδύσεις για την ανάπτυξη του δικτύου, την κατασκευή εγκαταστάσεων υποδομής και τη συμπεριφορά των καταναλωτών, η οποία έχει έμμεση επίδραση στην αποδοτικότητα του ηλεκτρικού δικτύου. Η μακροοικονομική πολιτική διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στο σύστημα του ηλεκτρικού δικτύου, ειδικά σε μια μεγάλη και πολυδιάστατη χώρα όπως είναι η Κίνα. Η επιθυμία της κινεζικής κυβέρνησης να ενισχύσει το επαρχιακό ακαθάριστο εγχώριο προϊόν (ΑΕΠ) μέσω επενδύσεων στον ενεργειακό τομέα μπορεί να οδηγήσει σε ορισμένες αποφάσεις, οι οποίες θα επηρεάσουν την αποδοτικότητα του συστήματος. Συγκεκριμένα, οι τοπικές κυβερνήσεις συχνά δίνουν προτεραιότητα σε έργα που αυξάνουν το ΑΕΠ και τις τοπικές θέσεις εργασίας, αντί να εστιάζουν στην αποδοτικότητα ή τη βιωσιμότητα των ενεργειακών επενδύσεων. Το ηλεκτρικό δίκτυο της Κίνας καλύπτει μια τεράστια γεωγραφική έκταση και αντιμετωπίζει σημαντικές προκλήσεις λόγω των μεγάλων αποστάσεων και των ποικίλων κλιματολογικών και τοπογραφικών συνθηκών. Οι καιρικές συνθήκες αποτελούν κρίσιμο παράγοντα στην αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του ηλεκτρικού δικτύου. Για παράδειγμα, το 2008, μια έντονη χιονοθύελλα στη νότια Κίνα προκάλεσε εκτεταμένες ζημιές στο δίκτυο ηλεκτροδότησης, με αποτέλεσμα να συμβούν αρκετές διακοπές ρεύματος και να υπάρχουν δυσκολίες στην αποκατάσταση του δικτύου. Η ανάπτυξη του ηλεκτρικού δικτύου της Κίνας έχει επικεντρωθεί στην αντιμετώπιση της ετερογένειας και στην επέκταση της πρόσβασης στην ηλεκτρική ενέργεια, μέσω προγραμμάτων όπως το «κάλυψη της ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε χωριό». Αυτό το πρόγραμμα αποσκοπεί στην ηλεκτροδότηση απομακρυσμένων αγροτικών περιοχών που δεν είχαν προηγουμένως πρόσβαση σε ηλεκτρική ενέργεια. Οι περιοχές αυτές συχνά παρουσιάζουν δύσκολες φυσικές συνθήκες, όπως δυσπρόσιτα γεωγραφικά σημεία και ακραία καιρικά φαινόμενα, που μειώνουν την παραγωγική απόδοση του δικτύου και καθιστούν πιο

δύσκολη τη συντήρηση και τη λειτουργία του. Παράλληλα, η Κίνα έχει καταβάλει σημαντικές προσπάθειες για την αύξηση του τεχνολογικού επιπέδου του δικτύου ηλεκτρικής ενέργειας. Ένα από τα πιο φιλόδοξα έργα είναι το δίκτυο υπερυψηλής τάσης (UHV), το οποίο επιτρέπει τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις με υψηλή αποδοτικότητα και ελάχιστες απώλειες. Τα δίκτυα ισχύος υπερυψηλής τάσης, μεταδίδοντας την ηλεκτρική ενέργεια, από τις περιοχές παραγωγής στα δυτικά της Κίνας, στις ανατολικές και νότιες περιοχές, όχι μόνο μπορούν να καλύψουν την ανάγκη της μεταφοράς σε μεγάλες αποστάσεις, αλλά μπορούν επίσης να βελτιώσουν σημαντικά την αξιοπιστία και την αποδοτικότητα του δικτύου. [55]

6. Το ευρύτερο πεδίο των εξελίξεων – Landscape

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, ο ενεργειακός τομέας της Κίνας έχει υποστεί σημαντικές αλλαγές, με κεντρικό σημείο την προσπάθεια εξισορρόπησης της ταχείας οικονομικής ανάπτυξης με τη διαθεσιμότητα και την κατανομή των ενεργειακών πόρων. Κατά τη δεκαετία του 1980, μετά την εφαρμογή των μεταρρυθμιστικών πρωτοβουλιών, ο ενεργειακός τομέας της Κίνας υπέστη σοβαρές ελλείψεις εφοδιασμού. [40] Αυτές προκλήθηκαν κυρίως λόγω της αδυναμίας του ενεργειακού τομέα να καλύψει τη ζήτηση της βιομηχανίας και του πληθυσμού. Η ενεργειακή πολιτική εκείνης της περιόδου επικεντρώθηκε στην προώθηση της ανάπτυξης της παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας με πρώτη ύλη τον άνθρακα. Η επιλογή αυτή οφειλόταν στο γεγονός ότι τα αποθέματα άνθρακα στην Κίνα είναι πολύ μεγαλύτερα από αυτά του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. [23] Έτσι, ο άνθρακας αποτέλεσε τη ραχοκοκαλιά της ηλεκτροπαραγωγής προκειμένου να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες της χώρας. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, οι συνολικοί διαθέσιμοι πόροι άνθρακα της Κίνας ανέρχονται σε 5.570 δισεκατομμύρια τόνους. Από αυτά, τα αποδεδειγμένα αποθέματα είναι 1.018 δισεκατομμύρια τόνοι, ενώ τα εκτιμώμενα είναι 4.552 δισεκατομμύρια τόνοι. Το 2005, τα αποδεδειγμένα ανακτήσιμα αποθέματα άνθρακα της Κίνας ήταν 114,5 δισεκατομμύρια τόνοι ή 82 δισεκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου άνθρακα (tce), αντιπροσωπεύοντας το 12,6% των παγκόσμιων αποθεμάτων. Αντίθετα, τα αποδεδειγμένα ανακτήσιμα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου της Κίνας ήταν πολύ μικρότερα, με τα αποθέματα πετρελαίου να ανέρχονται σε 2.200 εκατομμύρια τόνους (3,14 Btce) και του φυσικού αερίου σε 2.350 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (3,13 Btce), αντιπροσωπεύοντας μόλις το 1,3% και 1,2% των παγκόσμιων αποθεμάτων αντίστοιχα. [58] Ως αποτέλεσμα, η βιομηχανία του άνθρακα επεκτάθηκε γρήγορα. Τα ορυχεία των δήμων και των χωριών έπαιξαν καθοριστικό ρόλο στην κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της χώρας, αναδεικνύοντάς τα ως την κύρια δύναμη παραγωγής άνθρακα. Ωστόσο, στα τέλη της δεκαετίας του 1980, το επίκεντρο της πολιτικής άρχισε να μετατοπίζεται, δίνοντας έμφαση στην ανάπτυξη και την μεταρρύθμιση του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Μία από τις πιο σημαντικές αλλαγές ήταν το άνοιγμα της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας στον μη κρατικό τομέα. Αυτή η κίνηση αποσκοπούσε στη διαφοροποίηση των πηγών ενέργειας, στην ενίσχυση του ανταγωνισμού και στην αύξηση της αποδοτικότητας του ενεργειακού συστήματος. Έως το 1999, περίπου 15 δισεκατομμύρια δολάρια ιδιωτικών κεφαλαίων είχαν επενδυθεί στον ενεργειακό τομέα της Κίνας. Αυτές οι επενδύσεις συνέβαλαν στην αύξηση της παραγωγικής ικανότητας ηλεκτρικού ρεύματος της χώρας, συμβάλλοντας στη βελτίωση των ενεργειακών υποδομών και στη μείωση των ενεργειακών ελλείψεων των προηγούμενων δεκαετιών. Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1990, η Κίνα είχε επιτύχει να ισορροπήσει την προσφορά και τη ζήτηση της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η εξέλιξη σηματοδότησε ένα σημαντικό ορόσημο για την κινεζική οικονομία, καθώς η διαθεσιμότητα αξιόπιστης και επαρκούς ηλεκτρικής ενέργειας ήταν καίριας σημασίας για τη βιομηχανική και οικονομική ανάπτυξη της χώρας. [40]

6.1. Η ιστορία της εξέλιξης των ρυθμιστικών θεσμών

Τον Μάρτιο του 1998, η κεντρική διοίκηση της Κίνας υπέστη μια σημαντική αναδιάρθρωση με σκοπό την αύξηση της διοικητικής αποτελεσματικότητας και την ενίσχυση του ρόλου της κυβέρνησης στον ρυθμιστικό τομέα. Αυτή η μεταρρύθμιση στόχευε να διαχωρίσει τις κυβερνητικές αρμοδιότητες από τις επιχειρηματικές δραστηριότητες, ώστε η κυβέρνηση να επικεντρωθεί περισσότερο στη ρύθμιση και τον έλεγχο αντί στη διαχείριση αυτών. Στον τομέα της ενέργειας, αρκετά υπουργεία που ασχολούνταν με την παραγωγή και τη διαχείριση της ενέργειας αναδιαρθρώθηκαν ή καταργήθηκαν.

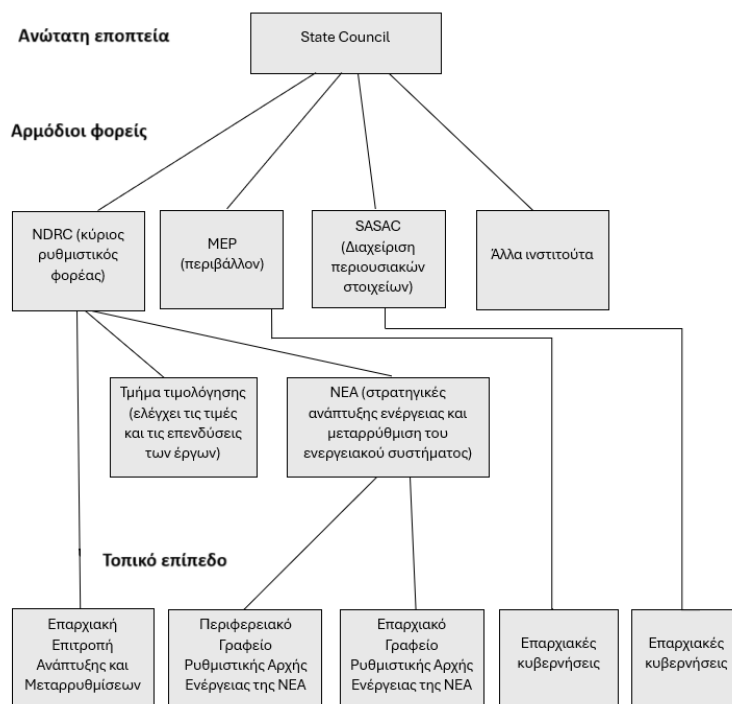
Αυτή η κίνηση δημιούργησε ένα πλαίσιο στο οποίο η αγορά ενέργειας θα μπορούσε να αναπτυχθεί με μεγαλύτερη διαφάνεια και αποτελεσματικότητα. Οι ρυθμιστικές αρμοδιότητες των πρώην υπουργείων ανατίθενται τώρα στην Επιτροπή Ανάπτυξης του Κράτους (State Development Planning Commission - SDPC), στην Κρατική Επιτροπή Οικονομικής και Εμπορίου (State Economic and Trade Commission - SETC) και στο Υπουργείο Γης και Φυσικών Πόρων (Ministry of Land and Natural Resources - MLNR). Η Επιτροπή Ανάπτυξης του Κράτους (SDPC) βασίστηκε στην παλιά ισχυρή επιτροπή του κρατικού προγραμματισμού. Όμως, η δύναμη της μειώθηκε και ο έλεγχός της στον ενεργειακό τομέα εξασθένησε σημαντικά. [40] Οι βασικές αρμοδιότητες της Επιτροπής Ανάπτυξης του Κράτους (SDPC) περιλάμβαναν τον μακροπρόθεσμο σχεδιασμό της οικονομίας, την έγκριση μεγάλων έργων υποδομής και επενδύσεων, καθώς και την τιμολόγηση. Η Κρατική Επιτροπή Οικονομικής και Εμπορίου (SETC) δημιουργήθηκε μέσω της συγχώνευσης έξι πρώην υπουργείων, τα οποία ήταν υπεύθυνα για τους βασικούς βιομηχανικούς τομείς της χώρας. Αυτά τα υπουργεία ήταν του άνθρακα, της ηλεκτρικής ενέργειας, των πετρελαιοειδών και χημικών βιομηχανιών, της μεταλλουργικής βιομηχανίας, της βιομηχανίας μηχανημάτων και του εσωτερικού εμπορίου. Μετά την αναδιάρθρωση, η δύναμη και η εξουσία της Κρατικής Επιτροπής Οικονομικής και Εμπορίου (SETC) αυξήθηκε σημαντικά. Η SETC ανέλαβε τον κύριο ρυθμιστικό ρόλο στον ενεργειακό τομέα μέσω ορισμένων τμημάτων, όπως είναι η Κρατική Διοίκηση της Βιομηχανίας του Άνθρακα (State Administration of Coal Industry - SACI), η Κρατική Διοίκηση του Πετρελαίου και των Χημικών Βιομηχανιών, και το Τμήμα Ηλεκτρικής Ενέργειας (Department of Electric Power - DEP). Αυτά τα τμήματα συνέβαλαν στον κεντρικό έλεγχο και τη διαχείριση των ενεργειακών πολιτικών της Κίνας, ενισχύοντας τον ρόλο της SETC. Το Υπουργείο Γης και Φυσικών Πόρων (MLNR), ανέλαβε την ευθύνη για το σχεδιασμό, τη διαχείριση και τη βιώσιμη χρήση όλων των φυσικών πόρων της χώρας, όπως είναι ο άνθρακας, το πετρέλαιο και το φυσικό αέριο. Το MLNR χειριζόταν την αδειοδότηση για την εξερεύνηση και την παραγωγή αυτών των πόρων, εξασφαλίζοντας ότι οι δραστηριότητες αυτές συμβαδίζουν με τους μακροπρόθεσμους στόχους της χώρας για την προστασία του περιβάλλοντος και την αποδοτική χρήση των πόρων. [40]

Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα βρισκόταν υπό την ευθύνη του Τμήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας (DEP). Η «China State Power Corporation» λειτουργούσε ως η κύρια εταιρεία χαρτοφυλακίου για τα κρατικά περιουσιακά στοιχεία στον τομέα της ενέργειας. Ο ρόλος της ήταν να διαχειρίζεται τις κρατικές επιχειρήσεις ηλεκτρικής ενέργειας και να εποπτεύει τον ενεργειακό τομέα. Η «China State Power Corporation» επεξεργαζόταν ένα σύνολο προτάσεων για την αναδιάρθρωση του κλάδου της ηλεκτρικής ενέργειας. Η προτιμώμενη στρατηγική για τη μεταρρύθμιση του τομέα είναι ο κάθετος διαχωρισμός των λειτουργιών παραγωγής, μεταφοράς και διανομής. Ο διαχωρισμός αυτός θεωρείται σημαντικό βήμα για τη μετάβαση από ένα κεντρικά ελεγχόμενο σύστημα σε μια αγορά με μεγαλύτερο βαθμό ανταγωνισμού. [40] Η Κρατική Διοίκηση της Βιομηχανίας του Άνθρακα (SACI) ιδρύθηκε το 1998 για να αντικαταστήσει το παλιό Υπουργείο Βιομηχανίας Άνθρακα και είχε στον έλεγχο του περίπου το 40% της παραγωγής του άνθρακα της Κίνας. Το υπόλοιπο 60% της παραγωγής του άνθρακα βρισκόταν υπό τον έλεγχο των τοπικών αρχών και των δήμων, κυρίως μέσω μικρότερων ορυχείων που διοικούνταν σε τοπικό επίπεδο. Από το 1999, τα ορυχεία που ανήκαν στην SACI μεταφέρθηκαν στις επαρχιακές αρχές, καθιστώντας την SACI έναν καθαρά ρυθμιστικό φορέα στην κυβέρνηση. Αυτή η μετατόπιση αντανάκλα μια ευρύτερη προσπάθεια απορρύθμισης του τομέα του άνθρακα στην Κίνα, ώστε να επιτραπεί μεγαλύτερη εμπλοκή των τοπικών αρχών και των ιδιωτικών εταιρειών. Η ίδρυση της Ένωσης Βιομηχανίας Άνθρακα της Κίνας (China Coal Industry Association - CCIA) τον Μάρτιο του 1999 αποτέλεσε κρίσιμο βήμα στην ανάπτυξη του τομέα. Η CCIA

λειτουργούσε ως σύνδεσμος μεταξύ της κυβέρνησης και των εταιρειών άνθρακα, προωθώντας τις μεταρρυθμίσεις της αγοράς και τη σύνταξη βιομηχανικών κανονισμών. Αυτές οι κανονιστικές αλλαγές είχαν σημαντικές επιπτώσεις στην παραγωγή και την κατανάλωση ενέργειας της Κίνας. [40]

6.2. Ρυθμιστικά ιδρύματα

Το Τμήμα Ηλεκτρικής Ενέργειας (DEP) ήταν αρμόδιο για τη διαχείριση του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα. Ωστόσο, το Κρατικό Συμβούλιο, η κεντρική κυβέρνηση της Κίνας, δημοσίευσε το «Σχέδιο για τη Μεταρρύθμιση της Βιομηχανίας της Ηλεκτρικής Ενέργειας» το 2002 εφαρμόζοντας ορισμένες νέες μεταρρυθμίσεις. [59] Έκτοτε, ο κινεζικός τομέας ηλεκτρικής ενέργειας διέπεται από ένα περίπλοκο σύστημα θεσμών σε διαφορετικά κυβερνητικά επίπεδα, και ορισμένες φορές με αλληλεπικαλυπτόμενες αρμοδιότητες. Στην κεντρική κυβέρνηση, οι κύριοι θεσμοί που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαχείριση και τη ρύθμιση της ηλεκτρικής ενέργειας περιλαμβάνουν το Κρατικό Συμβούλιο (State Council), την Εθνική Επιτροπή Ανάπτυξης και Μεταρρυθμίσεων (National Development and Reform Commission - NDRC) και την Εθνική Διοίκηση Ενέργειας (National Energy Administration - NEA). Το Κρατικό Συμβούλιο αποτελεί τον ανώτατο διοικητικό οργανισμό της Κίνας και παρέχει τη γενική καθοδήγηση για τον ενεργειακό τομέα. Το Κρατικό Συμβούλιο, η ανώτατη διοικητική αρχή για την κινεζική οικονομία, αναθέτει ευθύνες και καθήκοντα σε κεντρικές και επαρχιακές ρυθμιστικές αρχές. Η Εθνική Επιτροπή Ανάπτυξης και Μεταρρυθμίσεων (NDRC) είναι υπεύθυνη για το στρατηγικό σχεδιασμό και τον έλεγχο των τιμών της ηλεκτρικής ενέργειας. Η NDRC είναι ο κορυφαίος ρυθμιστικός φορέας που ελέγχει τις τιμές και τις επενδύσεις στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Επίσης, έχει τη δύναμη να λαμβάνει αποφάσεις για την κατασκευή μεγάλων μονάδων παραγωγής. Η κατασκευή μικρών εγκαταστάσεων ελέγχεται από το αντίστοιχο τμήμα της NDRC σε επαρχιακό επίπεδο (δηλαδή, την Επαρχιακή Επιτροπή Ανάπτυξης και Μεταρρυθμίσεων). [60] Η Εθνική Διοίκηση Ενέργειας (NEA) είναι ένα τμήμα υπό τη δικαιοδοσία της NDRC. Εκείνη συντάσσει και εφαρμόζει στρατηγικές, σχέδια και πολιτικές ενεργειακής ανάπτυξης. Παράλληλα, συμβουλεύει για τη μεταρρύθμιση του ενεργειακού συστήματος και ρυθμίζει τον τομέα. Η NEA ιδρύθηκε το 2008 και αναδιαρθρώθηκε το 2013 ενσωματώνοντας τις λειτουργίες της Κρατικής Ρυθμιστικής Επιτροπής Ηλεκτρικής Ενέργειας (State Electricity Regulatory Commission – SERC), η οποία περιελάμβανε το σχεδιασμό και την εποπτεία των αγορών παραγωγής και την εφαρμογή μεταρρυθμίσεων στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. [60] Το Υπουργείο Προστασίας του Περιβάλλοντος (Ministry of Environmental Protection - MEP) είναι υπεύθυνο για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του ενεργειακού τομέα. Σε αυτές εντάσσονται οι εκπομπές ρύπων που συνδέονται με την ηλεκτροπαραγωγή. Επιπλέον, το Υπουργείο Προστασίας του Περιβάλλοντος (MEP) εκδίδει περιβαλλοντικές πολιτικές και διεξάγει περιβαλλοντική εφαρμογή και εποπτεία. Η Επιτροπή Εποπτείας και Διαχείρισης Κρατικών Περιουσιακών Στοιχείων (State Owned Assets Supervision and Administration Commission - SASAC) είναι υπεύθυνη για την εποπτεία των κρατικών περιουσιακών στοιχείων που δραστηριοποιούνται στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, συμπεριλαμβανομένων των μεγάλων εταιρειών παραγωγής και διανομής ενέργειας. Η SASAC είναι μια ειδική επιτροπή που λειτουργεί άμεσα υπό την εποπτεία του Κρατικού Συμβουλίου. Εκείνη εποπτεύει και διαχειρίζεται τα κρατικά περιουσιακά στοιχεία των εταιρειών που ελέγχονται από την κεντρική κυβέρνηση. Εκ μέρους του Συμβουλίου της Επικρατείας, η SASAC διορίζει τα ανώτατα στελέχη και αποστέλλει εποπτικές επιτροπές στις εποπτευόμενες εταιρείες. [60]



Πηγή: [60]

Εικόνα 29: Οι ρυθμιστικοί φορείς του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας

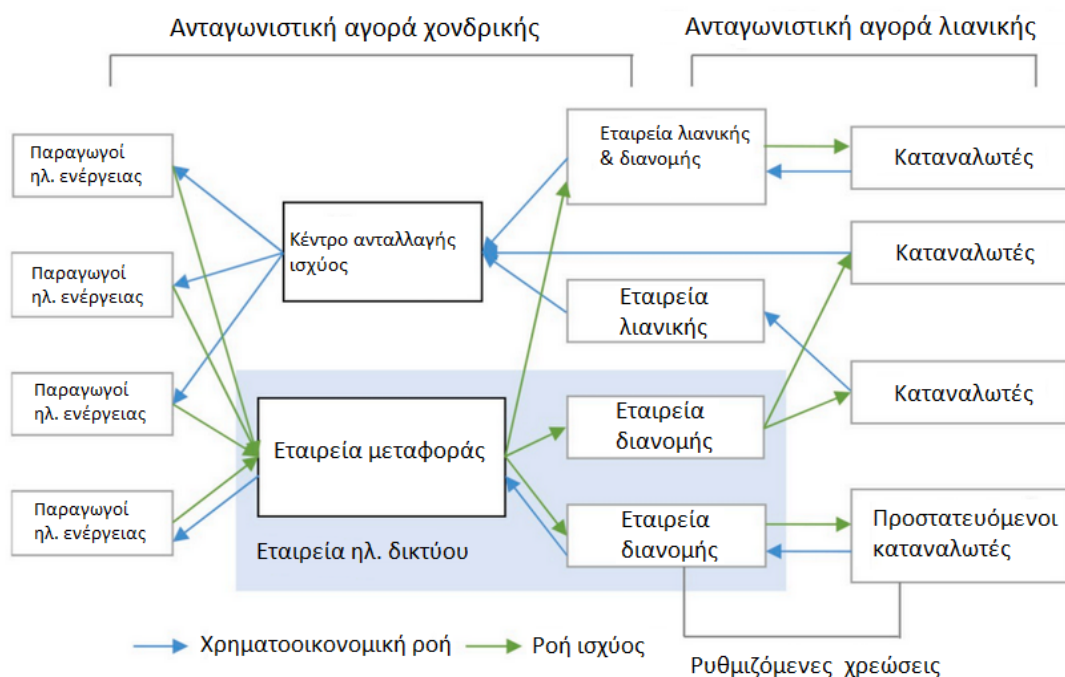
Αυτός ο πολυεπίπεδος μηχανισμός διαχείρισης και ρύθμισης του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας δημιουργεί συχνά προβλήματα συντονισμού μεταξύ των θεσμικών οργάνων επηρεάζοντας την αποτελεσματικότητα των ενεργειακών πολιτικών. [60] Ένα κρίσιμο χαρακτηριστικό είναι η ύπαρξη αντικρουόμενων στόχων μεταξύ διαφορετικών εθνικών ιδρυμάτων αλλά και μεταξύ εθνικών και τοπικών θεσμών. Αυτό συχνά οδηγεί σε συγκρούσεις συμφερόντων, δυσκολίες συντονισμού και αναποτελεσματική εφαρμογή πολιτικών. Παραδείγματος χάρη, η NDRC έχει ως κύριο στόχο την οικονομική ανάπτυξη και την ενίσχυση των επενδύσεων στον ενεργειακό τομέα, ενώ το MEP επικεντρώνεται στον περιορισμό των ρύπων και στην εφαρμογή πολιτικών για την προστασία του περιβάλλοντος, οι οποίες συχνά περιορίζουν τις ενεργειακές βιομηχανίες και τις ρυπογόνες πηγές ενέργειας. Σε τοπικό επίπεδο, οι κυβερνήσεις συχνά δίνουν προτεραιότητα στη βραχυπρόθεσμη οικονομική ανάπτυξη και στην αύξηση των φορολογικών εσόδων μέσω της παραγωγής ενέργειας, που βασίζεται σε φθηνές αλλά ρυπογόνες πηγές, όπως ο άνθρακας. Επομένως, αυτό μπορεί να έρχεται σε σύγκρουση με τους εθνικούς στόχους της αειφορίας και της περιβαλλοντικής προστασίας. Παραδείγματος χάρη, στις περισσότερες επαρχίες οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας μεγάλου μεγέθους είναι κρατικοί, ενώ οι μικρομεσαίοι ανήκουν σε εταιρείες επαρχιακού επιπέδου. Οι περισσότερες επαρχιακές εταιρείες είναι κρατικές. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένες ιδιωτικές εταιρείες που διαθέτουν μονάδες παραγωγής ΑΠΕ (κυρίως φωτοβολταϊκά και αιολικά πάρκα). Όταν εφαρμόζεται ένας μηχανισμός εξοικονόμησης ενέργειας, η κυβέρνηση δίνει περισσότερες ώρες λειτουργίας στις μεγάλες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι μεγαλύτερες μονάδες είναι πιο αποδοτικές και παράγουν περισσότερη ενέργεια με λιγότερη κατανάλωση καυσίμου, συμβάλλοντας στην εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών ρύπων. Ωστόσο, αυτή η πολιτική έχει ως αποτέλεσμα τη μετατόπιση της παραγωγής από τις μικρές και μεσαίες μονάδες παραγωγής, που συνήθως ανήκουν σε τοπικές επαρχιακές εταιρείες, προς τις μεγάλες κρατικές εταιρείες. Αυτό δημιουργεί απώλεια εσόδων για τις τοπικές επιχειρήσεις και

ενισχύει τις κρατικές εταιρείες. Οι τοπικές αρχές, που βασίζονται σε μεγάλο βαθμό στα έσοδα από αυτές τις μονάδες παραγωγής, ενδέχεται να αντιστέκονται στην εφαρμογή τέτοιων πολιτικών, καθώς πλήττουν την οικονομική βάση της επαρχίας. Αυτή η κατάσταση δημιουργεί εντάσεις μεταξύ των τοπικών και κεντρικών αρχών στην Κίνα, ειδικά όταν οι τοπικές κυβερνήσεις προσπαθούν να αναστρέψουν τις αλλαγές που ευνοούν τις μεγάλες κρατικές εταιρείες παραγωγής ενέργειας. Οι τοπικές κυβερνήσεις, οι οποίες χάνουν έσοδα λόγω της μετατόπισης της παραγωγής από τις μικρές και μεσαίες μονάδες προς τις μεγαλύτερες, ενδέχεται να χρησιμοποιούν διοικητικά μέτρα για να περιορίσουν τις δραστηριότητες των κρατικών εταιρειών στην περιοχή τους. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την επιβολή κανονιστικών φραγμών, τη δημιουργία γραφειοκρατικών καθυστερήσεων ή ακόμα και την προώθηση τοπικών επιχειρήσεων έναντι των κρατικών. [60]

Το σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας, όπως καθορίστηκε από την αρχή της μέσης διανομής που εφαρμόστηκε τη δεκαετία του 1980, δημιούργησε αρκετές προκλήσεις τόσο σε οικονομικό όσο και σε περιβαλλοντικό επίπεδο. Σύμφωνα με αυτήν την αρχή, όλες οι μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ίδιου τύπου, ανεξάρτητα από το μέγεθος, την ενεργειακή τους απόδοση και τα επίπεδα εκπομπών τους, λάμβαναν ίση κατανομή ωρών λειτουργίας. Δηλαδή, αυτό το μοντέλο επιτρέπει στις αναποτελεσματικές μονάδες παραγωγής να λειτουργούν τόσες ώρες όσες και οι αποδοτικές, διατηρώντας το ίδιο επίπεδο δραστηριότητας και εσόδων. Αν και αυτό το σύστημα αρχικά ενθάρρυνε τις επενδύσεις στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, διασφαλίζοντας σταθερά έσοδα για τους επενδυτές, παρουσίασε σοβαρές αδυναμίες. Από οικονομική σκοπιά, η διατήρηση αναποτελεσματικών μονάδων στην παραγωγή οδηγούσε σε υψηλότερο κόστος και μειωμένη αποδοτικότητα. Η αδυναμία διάκρισης μεταξύ των αποδοτικών και μη αποδοτικών μονάδων καθιστούσε δύσκολη την εξοικονόμηση πόρων και τη βελτίωση της απόδοσης του συστήματος συνολικά. Επιπλέον, από περιβαλλοντική σκοπιά, αυτή η αρχή διευκόλυνε τη λειτουργία μονάδων με υψηλά επίπεδα εκπομπών, γεγονός που επιδείνωσε τα περιβαλλοντικά προβλήματα της χώρας, όπως είναι η ρύπανση του αέρα και η αύξηση των εκπομπών CO₂. Η πολιτική ESPD (Energy Saving Power Dispatch), που εισήχθη το 2007, αποτέλεσε σημαντική μεταρρύθμιση στο κινεζικό σύστημα διανομής ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτή η πολιτική δίνει προτεραιότητα στη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μονάδων παραγωγής ορυκτών καυσίμων με υψηλότερη ενεργειακή απόδοση και λιγότερες εκπομπές ρύπων. Οι μονάδες παραγωγής θερμικής ενέργειας κατατάσσονται σύμφωνα με την ενεργειακή τους απόδοση, με προτεραιότητα τις πιο ενεργειακά αποδοτικές. Όταν οι μονάδες παραγωγής ανήκουν στην ίδια κατηγορία ενεργειακής απόδοσης, η σειρά αξιοποίησής τους καθορίζεται από το επίπεδο εκπομπών ρύπων. Επομένως, επιλέγονται οι μονάδες με τις χαμηλότερες εκπομπές ρύπων. Μόνο όταν οι μονάδες υψηλότερης κατάταξης (δηλαδή αυτές με την υψηλότερη αποδοτικότητα και τους χαμηλότερους ρύπους) λειτουργούν με πλήρη δυναμικότητα, οι μονάδες με χαμηλότερη κατάταξη μπορούν να ενεργοποιηθούν για να καλύψουν τις πρόσθετες ενεργειακές ανάγκες. [60] Σε αρκετές επαρχίες της Κίνας έχουν πραγματοποιηθεί πιλοτικά προγράμματα ESPD. Η πολιτική ESPD έχει επιτύχει αξιοσημείωτη εξοικονόμηση ενέργειας και μετριασμό των εκπομπών των ρύπων. Για παράδειγμα, από το 2008 έως το 2011, η συσσωρευμένη εξοικονόμηση άνθρακα έφτασε τους 341 εκατομμύρια τόνους στο Guizhou, γεγονός που είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κατά 10,48 εκατομμύρια τόνους. Το 2009, μέσω της ESPD, το Guangdong εξοικονόμησε 0,9 εκατομμύρια τόνους άνθρακα, γεγονός που μείωσε τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα κατά 1,98 εκατομμύρια τόνους. Ωστόσο, με το αυξανόμενο μερίδιο των μεγάλων μονάδων που έχουν χαμηλούς ρυθμούς θερμότητας στη συνολική θερμική παραγωγή, ο αντίκτυπος της ESPD μειώνεται. [60] Αν και η μεταρρύθμιση του 2015, η οποία αναλύεται παρακάτω,

σηματοδότησε την επιθυμία για έναν μηχανισμό που ευνοεί τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον και αποδοτικές μονάδες, η πανεθνική εφαρμογή της πολιτικής ESPD συναντά σημαντικά εμπόδια σε διάφορα επίπεδα. Η θεσμική αντίσταση προκύπτει κυρίως από το γεγονός ότι το ESPD είναι ένας κεντρικός μηχανισμός, ο οποίος έρχεται σε σύγκρουση με τους μηχανισμούς της αγοράς που προωθούν την ελεύθερη διαπραγμάτευση της ενέργειας. Η ενσωμάτωση του ESPD σε ένα ανταγωνιστικό περιβάλλον δυσχεραίνεται, καθώς το σύστημα δίνει προτεραιότητα στη χρήση φιλικών προς το περιβάλλον μονάδων, παρακάμπτοντας την οικονομική λογική της ελεύθερης αγοράς. Επιπρόσθετα, υπάρχουν σημαντικές τεχνικές προκλήσεις για τις εταιρείες που διαχειρίζονται το ηλεκτρικό δίκτυο. Η μετάβαση σε ένα σύστημα που προτιμά τις μονάδες παραγωγής με υψηλή ενεργειακή απόδοση και χαμηλούς ρύπους απαιτεί ορισμένες προσαρμογές στις υποδομές και στη διαχείριση της παραγωγής και της μεταφοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτές οι αλλαγές, εάν δεν υλοποιηθούν σωστά, μπορεί να προκληθούν ζητήματα αξιοπιστίας και σταθερότητας στο συνολικό σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, ειδικά όταν η ζήτηση ενέργειας είναι υψηλή. [60]

Τον Μάρτιο του 2015, η Κίνα ξεκίνησε έναν νέο γύρο μεταρρυθμίσεων στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, με στόχο τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου και αποτελεσματικού συστήματος αγοράς ενέργειας. Αυτές οι μεταρρυθμίσεις είχαν ως βασικό σκοπό την απελευθέρωση της αγοράς ηλεκτρικής ενέργειας από το κεντρικό κράτος και τη δημιουργία ενός ανταγωνιστικού περιβάλλοντος που θα βελτιώσει την αποδοτικότητα και την αξιοπιστία του τομέα. Μόλις ολοκληρωθεί αυτός ο γύρος μεταρρυθμίσεων, η δομή της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας αναμένεται να έχει μετατραπεί σε αυτήν που εμφανίζεται παρακάτω (βλ. Εικόνα 30). [61] Αξίζει να σημειωθεί πως αυτός ο γύρος μεταρρυθμίσεων βρίσκεται ακόμα υπό εξέλιξη και δεν έχει ολοκληρωθεί πλήρως. Το επερχόμενο «15^ο Πενταετές Πρόγραμμα» (2026–2030) αναμένεται να επικεντρωθεί στην ολοκλήρωση αυτών των αλλαγών. [62]



Πηγή: [61]

Εικόνα 30: Η αναμενόμενη δομή της αγοράς ενέργειας μετά τη μεταρρύθμιση του 2015

Οι συναλλαγές στην αγορά ενέργειας διεξάγονται κυρίως μέσω του κέντρου ανταλλαγής ισχύος και η διανομή και η μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας παραμένουν στην αρμοδιότητα των εταιρειών του ηλεκτρικού δικτύου. Από την πλευρά της προσφοράς, οι εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ανταγωνίζονται για την πώληση ηλεκτρικής ενέργειας απευθείας σε εταιρείες λιανικής και μεγάλους καταναλωτές. Από την πλευρά της ζήτησης, τα δίκτυα μεταφοράς και διανομής είναι ανοιχτά σε όλους τους συμμετέχοντες στην αγορά χωρίς διάκριση. Έτσι, οι εταιρείες λιανικής θα μπορούν να συμμετέχουν στην αγορά για λογαριασμό των καταναλωτών χωρίς να διαθέτουν δίκτυο διανομής. Ακόμα, θα μπορούν να δημιουργήσουν ένα σύστημα διανομής για να εξυπηρετήσουν συγκεκριμένους καταναλωτές και να αποφύγουν τις υψηλές τιμές μεταφοράς και διανομής. Τέλος, οι εταιρείες του ηλεκτρικού δικτύου παρέχουν ελεγχόμενες υπηρεσίες τροφοδοσίας για τους προστατευμένους καταναλωτές, όπως είναι οι οικιακοί καταναλωτές, οι αγρότες, οι δημόσιες επιχειρήσεις κοινής ωφέλειας και οι δημόσιες υπηρεσίες. [61]

6.3. Το νομοθετικό πλαίσιο

Οι βασικοί νόμοι της Κίνας που σχετίζονται με την προώθηση της ανάπτυξης του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας, την εξοικονόμηση ενέργειας και τη μείωση των εκπομπών περιλαμβάνουν (1) τον νόμο περί ηλεκτρικής ενέργειας, (2) τον νόμο για την εξοικονόμηση ενέργειας, (3) τον νόμο για την πρόληψη και τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και (4) τον νόμο για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας. Αυτοί οι νόμοι αποτελούν το θεσμικό πλαίσιο που διέπει τις ενέργειες για την προώθηση μιας πιο αποδοτικής και βιώσιμης ενεργειακής βιομηχανίας στην Κίνα. [60]

6.3.1. Ο Νόμος για την Ηλεκτρική Ενέργεια

Ο νόμος για την ηλεκτρική ενέργεια της Κίνας, που θεσπίστηκε το 1996 και τροποποιήθηκε το 2015, αποτελεί τη νομική βάση για την ανάπτυξη και τη ρύθμιση του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας. Η τροποποίηση του 2015 είχε στόχο να ενισχύσει τη διαφάνεια, την ανταγωνιστικότητα και την αποδοτικότητα της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Με την τροποποίηση του 2015, ορίστηκε το πλαίσιο για τον καθορισμό των τιμολογίων εντός του δικτύου, των τιμών λιανικής και των τιμών διαπραγμάτευσης μεταξύ των δικτύων. [60] Σύμφωνα με το νομικό πλαίσιο της Κίνας για την ηλεκτρική ενέργεια, οι τιμές οφείλουν να αντανακλούν το πραγματικό κόστος παραγωγής, συμπεριλαμβανομένης της απόδοσης κεφαλαίου και των φόρων, καθώς και να υποστηρίζουν την επέκταση του τομέα. Αυτό σημαίνει ότι οι τιμές δεν καθορίζονται αυθαίρετα, αλλά βασίζονται στα οικονομικά δεδομένα της παραγωγής και της διανομής, εξασφαλίζοντας τη βιωσιμότητα του συστήματος και την ενθάρρυνση νέων επενδύσεων. Η τιμή παραγωγής είναι ενιαία για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται με την ίδια τεχνολογία και συνδέεται στο ίδιο δίκτυο. Αυτό διασφαλίζει ότι οι μονάδες παραγωγής με παρόμοια χαρακτηριστικά υπόκεινται στις ίδιες τιμές, προάγοντας τον θεμιτό ανταγωνισμό. Παράλληλα, οι τιμές λιανικής είναι ενιαίες για την ίδια κατηγορία καταναλωτών που έχουν το ίδιο επίπεδο τάσης. Ωστόσο, οι τιμές μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την χρονική περίοδο χρήσης, προσαρμοζόμενες σε περιόδους υψηλής ή χαμηλής ζήτησης, προωθώντας έτσι την ορθολογική χρήση ενέργειας και τη διαχείριση της ζήτησης. [60] Η διανομή ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα είναι συγκεντρωτικά ελεγχόμενη τόσο σε κεντρικό όσο και σε τοπικό επίπεδο, διασφαλίζοντας τον συντονισμό και την εποπτεία του συστήματος. Η διασύνδεση των ηλεκτρικών δικτύων ενθαρρύνεται, προκειμένου να αυξηθεί η αποδοτικότητα και η αξιοπιστία του ενεργειακού συστήματος, ενώ οι συμφωνίες για τη διασύνδεση πρέπει να συνάπτονται με βάση τις αρχές της δικαιοσύνης και των αμοιβαίων οφελών. Οι ηλεκτροπαραγωγοί, που επιθυμούν να συνδεθούν στο

δίκτυο, έχουν το δικαίωμα να το ζητήσουν, και οι εταιρείες διαχείρισης του δικτύου οφείλουν να αποδεχθούν αυτά τα αιτήματα, εφόσον πληρούνται οι απαιτούμενες προϋποθέσεις. Αυτή η ρύθμιση στοχεύει στη διευκόλυνση της ένταξης νέων παραγωγών στο σύστημα, ενισχύοντας την ανταγωνιστικότητα και την αποδοτικότητα στον τομέα της ενέργειας. [60]

6.3.2. Ο Νόμος για την Εξοικονόμηση Ενέργειας

Ο νόμος για την εξοικονόμηση ενέργειας της Κίνας, που εγκρίθηκε το 1997 και τροποποιήθηκε το 2007, στοχεύει στην προώθηση της εξοικονόμησης ενέργειας και τη βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης. Σύμφωνα με την τροποποιημένη έκδοση, η επίτευξη των στόχων εξοικονόμησης ενέργειας ενσωματώνεται στην αξιολόγηση των τοπικών κυβερνήσεων και των κορυφαίων αξιωματούχων, καθιστώντας την εξοικονόμηση ενέργειας έναν από τους βασικούς δείκτες της απόδοσής τους. Επιπλέον, ο νόμος θέτει περιορισμούς στην κατασκευή νέων σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας από πετρέλαιο ή άνθρακα. Οι νέοι σταθμοί αυτοί επιτρέπεται να κατασκευαστούν μόνο αν πληρούν τα αυστηρά πρότυπα εξοικονόμησης ενέργειας. Αυτός ο περιορισμός έχει ως στόχο την αποφυγή της ενεργειακής σπατάλης και την ενίσχυση της βιωσιμότητας των νέων επενδύσεων στον τομέα της ενέργειας, εναρμονίζοντας τον ενεργειακό τομέα με τους περιβαλλοντικούς στόχους της χώρας. Ο νόμος για την εξοικονόμηση ενέργειας της Κίνας ενθαρρύνει την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όπως είναι η βιομάζα, η ηλιακή ενέργεια, η αιολική ενέργεια και η υδροηλεκτρική ενέργεια μικρής κλίμακας. Για την προώθηση αυτών των πηγών, το κράτος εφαρμόζει μια σειρά από υποστηρικτικά μέτρα, τα οποία περιλαμβάνουν οικονομικές επιδοτήσεις, φορολογικές εκπτώσεις και προνομιακά δάνεια. Ο νόμος για την εξοικονόμηση ενέργειας καθορίζει την υιοθέτηση τιμών φορτίου αιχμής, εποχιακών τιμών και τιμών διακοπτόμενου φορτίου για την προσαρμογή των φορτίων. Οι τιμές αυτές διαφέρουν ανάλογα με τις ανάγκες κατανάλωσης των εταιρειών, ιδίως για τις εταιρείες υψηλών ενεργειακών απαιτήσεων. Επιπλέον, οι εταιρείες δικτύου υποχρεούνται να συνδέσουν νέους σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής, εφόσον αυτοί συμμορφώνονται με τις διατάξεις του νόμου, προκειμένου να διασφαλίζεται η αποδοτικότητα και η βιωσιμότητα του ενεργειακού συστήματος. Αυτές οι ρυθμίσεις στοχεύουν στη βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας και στη μείωση των εκπομπών ρύπων, προωθώντας παράλληλα τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. [60] Συμπερασματικά, ο νόμος για την εξοικονόμηση ενέργειας είναι κρίσιμος για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς παρέχει τη νομοθετική βάση για τη σύνδεσή τους στο δίκτυο και την προτεραιότητα αξιοποίησής τους. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα της εφαρμογής του νόμου επηρεάζεται από ένα ρυθμιστικό σύστημα που βρίσκεται σε διαδικασία μεταρρύθμισης και από έναν μηχανισμό αγοράς που απαιτεί περαιτέρω βελτιώσεις. Αυτό καθιστά αναγκαία τη συνεχή ανάπτυξη και προσαρμογή των πολιτικών, προκειμένου να διασφαλιστεί η βιωσιμότητα και η αποδοτικότητα του ενεργειακού τομέα στην Κίνα. [60]

6.3.3. Ο Νόμος για την Πρόληψη και τον Έλεγχο της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Ο νόμος για την πρόληψη και τον έλεγχο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που αρχικά σχεδιάστηκε το 1977 και έχει αναθεωρηθεί πολλές φορές, θεσπίστηκε τελικά το 2016. Ο νόμος απαιτεί από όλες τις εταιρείες, συμπεριλαμβανομένων των παραγωγών ηλεκτρικής ενέργειας, να αποκτούν άδεια για τις εκπομπές ατμοσφαιρικών ρύπων και καθορίζει όρια για αυτές τις εκπομπές. Στον κατάλογο των ρύπων προστέθηκαν και άλλες επικίνδυνες ουσίες, όπως άλλα αέρια του θερμοκηπίου και οι

πτητικές οργανικές ενώσεις. Επιπλέον, οι κυρώσεις για τις επιχειρήσεις που υπερβαίνουν τα επιτρεπόμενα όρια έχουν ενισχυθεί, υποδεικνύοντας τη δέσμευση της Κίνας για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και την προώθηση ενός πιο βιώσιμου περιβαλλοντικού μοντέλου. Όσον αφορά τις κυρώσεις, είναι με τη μορφή προστίμων τα οποία κυμαίνονται μεταξύ 10.000 – 100.000 ¥ (περίπου 1.300 – 13.000 €). [60]

6.3.4. Ο Νόμος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Ο νόμος για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, που διαμορφώθηκε το 2005 και τροποποιήθηκε το 2009, καθορίζει τους βασικούς μηχανισμούς για την ανάπτυξη και τη χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Κίνα. Βάσει αυτού του νόμου, η κεντρική κυβέρνηση είναι υπεύθυνη για τη διαμόρφωση ενός εθνικού σχεδίου ανάπτυξης. Δεδομένου αυτού του εθνικού σχεδίου, τα τμήματα σε επίπεδο επαρχίας καθορίζουν τα σχέδια τους για τις αντίστοιχες περιφέρειες. Η τροποποίηση του 2009 απαιτεί από τις εταιρείες δικτύου να αγοράζουν ένα ποσοστό της συνολικής τους ζήτησης από παραγωγούς ανανεώσιμων πηγών, ενισχύοντας έτσι την αγορά και τη χρηματοδότηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Αυτός ο νόμος προωθεί τη μετάβαση σε πιο βιώσιμες ενεργειακές πρακτικές και συμβάλλει στην επίτευξη των στόχων περιβαλλοντικής βιωσιμότητας της Κίνας. [60] Οι εταιρείες δικτύου υποχρεούνται να επενδύσουν στην επέκταση των υποδομών τους για να καλύψουν τη ζήτηση, να αναπτύξουν έξυπνα δίκτυα και να εξερευνήσουν ευκαιρίες για αποθήκευση ενέργειας. Αυτές οι ενέργειες είναι κρίσιμες για την ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στον ενεργειακό τομέα. Αν υπάρχει διαφορά στο κόστος αγοράς ανανεώσιμης και συμβατικής ηλεκτρικής ενέργειας, αυτή θα ανακτηθεί μέσω πρόσθετων χρεώσεων που θα επιβάλλονται στις εθνικές πωλήσεις ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτό το μέτρο έχει στόχο να εξασφαλίσει τη χρηματοδότηση της ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και των σχετικών υποδομών, προωθώντας τη βιωσιμότητα του ενεργειακού τομέα της Κίνας. [60] Το πρόσθετο κόστος που σχετίζεται με τη σύνδεση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας περιλαμβάνεται στο κόστος μεταφοράς και μετακυλίεται στις τιμές πώλησης της ηλεκτρικής ενέργειας. Ακόμα, ο νόμος παρέχει κατευθύνσεις για τον καθορισμό των τιμών. Εκείνες διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. αιολική έναντι ηλιακής ενέργειας) και τις τοπικές συνθήκες (π.χ. η διαθεσιμότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας). Αυτή η διαφοροποίηση είναι κρίσιμη για την ομαλή λειτουργία του δικτύου και για την προσέλκυση επενδύσεων στον τομέα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, διευκολύνοντας τη μετάβαση σε μια πιο βιώσιμη ενεργειακή υποδομή. [60] Παρά τις νομικές απαιτήσεις για τη σύνδεση των σταθμών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι εταιρείες δικτύου αντιμετωπίζουν σημαντικές προκλήσεις. Ένας κύριος λόγος είναι η έλλειψη ευελιξίας και έξυπνης τεχνολογίας στα υπάρχοντα δίκτυα. Αυτά τα δίκτυα συχνά δεν είναι σχεδιασμένα να διαχειρίζονται την ακανόνιστη και μεταβαλλόμενη παραγωγή από τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Επιπρόσθετα, η γεωγραφική αναντιστοιχία μεταξύ των περιοχών υψηλής ζήτησης και των περιοχών όπου είναι διαθέσιμες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας επιδεινώνει το πρόβλημα. Πολλές φορές, οι περιοχές αυξημένης ζήτησης δεν βρίσκονται κοντά στις περιοχές όπου παράγεται η ανανεώσιμη ενέργεια, καθιστώντας τη μεταφορά της ενέργειας δύσκολη και κοστοβόρα. Αυτές οι προκλήσεις αναδεικνύουν την επιτακτική ανάγκη για αναβάθμιση και επένδυση σε σύγχρονες υποδομές ηλεκτρικής ενέργειας, ώστε να διευκολυνθεί η αποτελεσματική ενσωμάτωση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο δίκτυο. [60]

6.4. Τιμολογιακές πρακτικές και μεταρρυθμίσεις

Η ενεργειακή πολιτική της Κίνας επηρεάζεται από την οικονομική κατάσταση και τις συνήθειες των πολιτών, ιδίως όσον αφορά τις πρακτικές τιμολόγησης και τα επίπεδα εισοδήματος. Παρόλο που τα τέλη για το νερό και τα καύσιμα έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, αυτά εξακολουθούν να αποτελούν ένα μικρό μέρος των συνολικών δαπανών των καταναλωτών. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει περιθώριο για την αύξηση του κόστους των ενεργειακών πηγών, γεγονός που δημιουργεί ευκαιρίες για τη σταδιακή αντικατάσταση του άνθρακα με πιο καθαρές μορφές ενέργειας, όπως είναι το υδροποιημένο αέριο πετρελαίου (LPG), το υδροποιημένο φυσικό αέριο (LNG), το φυσικό αέριο (NG) και οι ανανεώσιμες πηγές. [40] Στην Κίνα, οι τιμές της ενέργειας ελέγχονται από το κράτος, ωστόσο έχουν σημειωθεί σημαντικές αλλαγές στις πρακτικές τιμολόγησης κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Οι πρώτες μεταρρυθμίσεις ξεκίνησαν με την εισαγωγή της τιμής της «διπλής τροχιάς» τη δεκαετία του 1980. Σύμφωνα με αυτό το σύστημα, ένα ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας θα μπορούσε να πωληθεί στην ελεύθερη αγορά σε υψηλότερες (μη προγραμματισμένες) τιμές. Αυτό επέτρεψε τη σταδιακή εισαγωγή κάποιων μηχανισμών της αγοράς χωρίς την άμεση άρση του κρατικού ελέγχου. Τη δεκαετία του 1990, τα μέτρα για την απελευθέρωση των τιμών έγιναν πιο έντονα, καθώς η κυβέρνηση προχώρησε σε πρωτοβουλίες απορρύθμισης σε όλους τους ενεργειακούς τομείς. Αυτές οι μεταρρυθμίσεις στόχευαν στην αύξηση της αποδοτικότητας και της ανταγωνιστικότητας στην αγορά, επιτρέποντας μεγαλύτερη ευελιξία και δίνοντας κίνητρα στους παραγωγούς ενέργειας. [40]

Ο μηχανισμός τιμολόγησης για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας που τροφοδοτούν το ηλεκτρικό δίκτυο της Κίνας μπορεί να χωριστεί σε τρεις κατηγορίες: 1) μηχανισμός σταθερής τιμολόγησης, 2) μηχανισμός τιμολόγησης πριμοδότησης και 3) μηχανισμός ανταγωνιστικής τιμολόγησης, ο οποίος εφαρμόζεται πλέον στην Κίνα. Ο μηχανισμός σταθερής τιμολόγησης («feed-in tariff» - FIT) είναι ένας από τους βασικούς τρόπους ενίσχυσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Κίνα. Βάσει αυτού του μηχανισμού, η κυβέρνηση καθορίζει σταθερές τιμές για την ενέργεια που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές. Συνήθως, αυτές οι τιμές είναι υψηλότερες από εκείνες που προκύπτουν από τις συμβατικές πηγές, επιτρέποντας στους παραγωγούς να λαμβάνουν ένα σταθερό και προβλέψιμο εισόδημα για την ηλεκτρική ενέργεια που τροφοδοτούν στο δίκτυο. [63] Αποδεικνύεται ότι ένας σταθερός μηχανισμός τιμολόγησης βοηθά στη διασφάλιση της απόδοσης της επένδυσης στο πρώιμο στάδιο ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και είναι ένα σημαντικό μέσο για την προώθησή τους. Ωστόσο, καθώς η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας κλιμακώνεται, οι αδυναμίες του μηχανισμού σταθερής τιμολόγησης γίνονται όλο και πιο εμφανείς. Ο μηχανισμός αυτός δεν αντικατοπτρίζει το ανταγωνιστικό πλεονέκτημα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίες έχουν χαμηλό οριακό κόστος παραγωγής. Αυτό σημαίνει ότι οι σταθερές τιμές δεν ενθαρρύνουν πλήρως τον ανταγωνισμό με βάση το κόστος, κάτι που είναι αναγκαίο καθώς η τεχνολογία των ανανεώσιμων γίνεται πιο αποδοτική. Επιπλέον, ορισμένες από τις αδυναμίες του μηχανισμού σταθερής τιμολόγησης είναι η έλλειψη κινήτρων για την ενίσχυση της τεχνολογικής προόδου, η αδυναμία αποτελεσματικής μείωσης του κόστους και επίλυσης του προβλήματος σύνδεσης με το δίκτυο, η αποθάρρυνση της ανάπτυξης και χρήσης πόρων υψηλής ποιότητας και το υψηλό κόστος επίβλεψης. [63]

Ο μηχανισμός τιμολόγησης πριμοδότησης («feed in premium» - FIP) είναι ένας συνδυαστικός μηχανισμός, βάσει του οποίου η τιμή της παραγόμενης ενέργειας από τις ανανεώσιμες πηγές καθορίζεται τόσο από την αγορά όσο και από κρατικές επιδοτήσεις. Σε αυτό το σύστημα, οι παραγωγοί ανανεώσιμης ενέργειας λαμβάνουν όχι μόνο την τιμή που καθορίζεται από τον

ανταγωνισμό της αγοράς, αλλά και μια πριμοδότηση, που είναι συνήθως ένα ποσοστό της μέσης τιμής αγοράς. Το κύριο πλεονέκτημα αυτού του μηχανισμού είναι ότι διασφαλίζει ότι οι επενδύσεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι κερδοφόρες, αυξάνοντας τις αποδόσεις τους μέσω των επιδοτήσεων. Παράλληλα, επιτρέπει στην αγορά να καθορίσει τον ηγετικό ρόλο, καθώς οι τιμές επηρεάζονται από τη ζήτηση και τον ανταγωνισμό. Με αυτό τον τρόπο, προωθούνται πιο αποδοτικές επενδύσεις και ενισχύεται η καινοτομία, καθώς οι παραγωγοί ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ανταγωνίζονται για να μειώσουν το κόστος και να βελτιώσουν την αποδοτικότητά τους. Επιπλέον, ο μηχανισμός πριμοδότησης μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη των εθνικών ενεργειακών στόχων, ενθαρρύνοντας τους επενδυτές να στραφούν στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. [63] Ωστόσο, αυτός ο μηχανισμός τιμολόγησης είναι πιο χρήσιμος στα πρώιμα στάδια ανάπτυξης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, όταν το κόστος της παραγωγής είναι σχετικά υψηλό και αυτές οι πηγές δεν μπορούν να ανταγωνιστούν τα ορυκτά καύσιμα.

Βέβαια, καθώς οι τεχνολογίες των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας εξελίσσονται και το κόστος παραγωγής μειώνεται, ο ανταγωνιστικός μηχανισμός τιμολόγησης γίνεται πιο προτιμητέος. Αυτός ο μηχανισμός επιτρέπει στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να ανταγωνίζονται πιο άμεσα στην ελεύθερη αγορά, αξιοποιώντας τα πλεονεκτήματα του χαμηλού οριακού κόστους παραγωγής τους. Αυτό συμβαίνει γιατί πρόκειται για ένα μηχανισμό βάσει του οποίου η τιμή της ανανεώσιμης ενέργειας καθορίζεται πλήρως από την προσφορά και τη ζήτηση της αγοράς και δεν υπάρχει επιδότηση στον παραγωγό ανανεώσιμης ενέργειας. Η κατανόηση της σχέσης μεταξύ του ανταγωνιστικού μηχανισμού τιμολόγησης και των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας δεν είναι μόνο σημαντική για την εμβάθυνση της μεταρρύθμισης της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα, αλλά είναι χρήσιμη και για την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. [63]

Η μεταρρύθμιση του μηχανισμού τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας συμβαδίζει με τη μεταρρύθμιση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας. Ο μηχανισμός της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας έχει εδραιωθεί από το 1997 όταν η «State Power Corporation» αντικατέστησε το Υπουργείο Ηλεκτρικής Ενέργειας. Το 2002, ξεκίνησε η δεύτερη μεταρρύθμιση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας, που αντιπροσωπεύεται από τη διάλυση της «State Power Corporation» και την ίδρυση δύο εταιρειών δικτύων ηλεκτρικής ενέργειας (State Grid και China Southern Power Grid) και πέντε μεγάλων ηλεκτροπαραγωγών (Huaneng, Datang, Huadian, Guodian και State Power Investment Corporations). [63] Η μεταρρύθμιση του τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα, η οποία διέλυσε το κάθετο μονοπώλιο, είχε σημαντικό αντίκτυπο στις επενδύσεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας με δύο βασικούς τρόπους:

1. Αύξηση των επενδύσεων λόγω του ανταγωνισμού: Οι πέντε μεγάλες εταιρείες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (δημόσιες) άρχισαν να ανταγωνίζονται έντονα για τους πόρους και για το μερίδιο της αγοράς. Αυτός ο ανταγωνισμός οδήγησε σε αύξηση των επενδύσεων σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, περιλαμβάνοντας τόσο τις συμβατικές όσο και τις ανανεώσιμες πηγές. Η επιθυμία να κυριαρχήσουν στην αγορά και να επωφεληθούν από τις νέες τεχνολογίες ώθησε τις εταιρείες να επενδύσουν μαζικά στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.
2. Αύξηση της αποδοτικότητας και μείωση του κόστους: Η εισαγωγή του ανταγωνισμού στην αγορά οδήγησε τις επιχειρήσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας να επικεντρωθούν περισσότερο στην κερδοφορία. Αυτό τις ώθησε να αναζητήσουν τρόπους για να αυξήσουν την απόδοση, να βελτιώσουν την τεχνολογία και να μειώσουν το κόστος παραγωγής. Καθώς οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας αναπτύσσονται, οι επιχειρήσεις προσπαθούν να βρουν λύσεις για

τη μείωση του κόστους παραγωγής αυτών των πηγών, γεγονός που βοηθάει στην περαιτέρω ανάπτυξη και εδραίωσή τους στην αγορά.

Η τρίτη μεταρρύθμιση της αγοράς της ηλεκτρικής ενέργειας στην Κίνα, η οποία ξεκίνησε το 2015, σηματοδότησε μια σημαντική καμπή στην πολιτική της χώρας για τον ενεργειακό τομέα. Αυτή η μεταρρύθμιση ήρθε σε μια περίοδο που η πολιτική σταθερής τιμολόγησης αντιμετώπιζε δυσκολίες. Η νέα στρατηγική επικεντρώθηκε στην αναδιάρθρωση του μηχανισμού τιμολόγησης της ηλεκτρικής ενέργειας, δίνοντας έμφαση στη δημιουργία μιας πιο ανταγωνιστικής αγοράς. Σε αυτή, δύο βασικά στοιχεία διαδραμάτισαν κρίσιμο ρόλο στην προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το πρώτο είναι η απορρύθμιση των τιμών του ρεύματος. Η απορρύθμιση αυτή κατέστησε δυνατή τη διαμόρφωση τόσο της χονδρικής όσο και της λιανικής τιμής της ηλεκτρικής ενέργειας μέσω της αγοράς. Η συγκεκριμένη αλλαγή ευνόησε την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς αυτές έχουν χαμηλό οριακό κόστος παραγωγής σε σύγκριση με τα ορυκτά καύσιμα, όπως είναι ο άνθρακας και το φυσικό αέριο. Η δεύτερη κρίσιμη αλλαγή αφορούσε την ανανέωση του σχεδιασμού της παραγωγής και της κατανάλωσης. Η διανομή της ηλεκτρικής ενέργειας (τουλάχιστον ένα μέρος αυτής που διανέμεται) θα καθορίζεται από έναν ανταγωνιστικό μηχανισμό τιμολόγησης και όχι από μία διοικητική προσέγγιση σύμφωνα με την οποία οι λιγνιτικές μονάδες παραγωγής εξασφαλίζουν τις ώρες παραγωγής. [63] Συνοψίζοντας, οι μεταρρυθμίσεις στον τομέα της ενέργειας στην Κίνα έχουν συμβάλει σημαντικά στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Ωστόσο, δημιουργούνται ορισμένες στρεβλώσεις εάν η τιμή εντός του δικτύου καθορίζεται πλήρως από τον ανταγωνισμό της αγοράς. Ο λόγος είναι ότι παρόλο που το οριακό κόστος παραγωγής ενέργειας των ανανεώσιμων πηγών είναι χαμηλό, το μέσο κόστος αυτής μπορεί να είναι υψηλότερο από αυτό της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με καύση άνθρακα. Με άλλα λόγια, ένας ανταγωνιστικός μηχανισμός τιμολόγησης δεν ευνοεί την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας όταν το μέσο κόστος παραγωγής ενέργειας από αυτές είναι υψηλότερο από αυτό της θερμικής ενέργειας. Με βάση αυτά, όταν το κόστος της παραγόμενης ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές δεν είναι τόσο χαμηλό όσο το κόστος της θερμικής ενέργειας, ο μηχανισμός τιμολόγησης προμηδοποίησης μεταξύ ανταγωνιστικού μηχανισμού τιμολόγησης υπό συνθήκες πλήρους αγοράς και μηχανισμού σταθερής τιμολόγησης υπό συνθήκες πλήρους μη αγοραπωλησίας (διοικητική συνθήκη) είναι πιθανώς ο καταλληλότερος. [63]

6.5. Πολιτική περιβάλλοντος και ενέργειας

Η περιβαλλοντική ευαισθητοποίηση στην Κίνα έχει εξελιχθεί σε καθοριστικό παράγοντα στη διαμόρφωση των ενεργειακών πολιτικών της χώρας. Καθώς το βιοτικό επίπεδο των πολιτών βελτιώνεται, εκείνοι απαιτούν καλύτερη ποιότητα ζωής και εκφράζουν την ανησυχία τους για τα περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση. Ιδιαίτερα στα αστικά κέντρα, όπου η ρύπανση είναι έντονη, η ποιότητα του αέρα παρακολουθείται και καταγράφεται συστηματικά. Ως αποτέλεσμα, η περιβαλλοντική ανησυχία έχει καταστεί βασική παράμετρος στη χάραξη της ενεργειακής πολιτικής της Κίνας. [40] Το διοξείδιο του θείου (SO_2) αποτελεί έναν από τους κύριους ρύπους στην Κίνα, με τις εκπομπές του να αυξάνονται σημαντικά κατά τη δεκαετία του 1990. Το 1997, οι συνολικές εκπομπές SO_2 ανήλθαν σε 23 εκατομμύρια τόνους, καθιστώντας την Κίνα τη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών διοξειδίου του θείου παγκοσμίως. Οι υψηλές εκπομπές SO_2 συνδέονται άμεσα με την εμφάνιση της όξινης βροχής, η οποία επηρεάζει περίπου το 40% της κινεζικής επικράτειας. Η όξινη βροχή, που προκύπτει από την αλληλεπίδραση των ρύπων με την ατμόσφαιρα, έχει σοβαρές επιπτώσεις στο περιβάλλον και τη γεωργία. Ακόμα, υποστηρίζεται ότι οι εκπομπές SO_2 της Κίνας ευθύνονται για την όξινη βροχή στη γειτονική Ιαπωνία και τη Νότια Κορέα, προκαλώντας

περιβαλλοντικές ανησυχίες σε διεθνές επίπεδο. [40] Η δραματική αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του θείου (SO₂) στην Κίνα οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Η ταχεία οικονομική ανάπτυξη και η αστικοποίηση είναι βασικοί παράγοντες που οδήγησαν σε αυξημένη κατανάλωση ενέργειας και σε έντονη βιομηχανική δραστηριότητα. Περίπου το 75% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην Κίνα προέρχεται από την καύση των ορυκτών καυσίμων, κυρίως του άνθρακα, ο οποίος παραμένει η κυρίαρχη πηγή ενέργειας της χώρας. Έτσι, μια αλλαγή στην ενεργειακή δομή είναι ζωτικής σημασίας για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ως εκ τούτου τη βελτίωση της ποιότητας του περιβάλλοντος. Για τον εξορθολογισμό της ενεργειακής δομής και την προστασία του περιβάλλοντος, η κεντρική κυβέρνηση και οι τοπικές αρχές στην Κίνα έχουν εφαρμόσει διάφορα μέτρα πολιτικής. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι το πρόγραμμα «καθαρό νερό, γαλάζιος ουρανός», το οποίο αποσκοπεί στη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και του νερού. Ωστόσο, το επίπεδο ποιότητας του περιβάλλοντος ποικίλλει μεταξύ των περιφερειών. Οι παράκτιες περιοχές, ιδίως οι παράκτιες πόλεις, έχουν επιβάλει υψηλότερα πρότυπα από τους εθνικούς μέσους όρους. Επιπλέον, ο στόχος της προστασίας του περιβάλλοντος και της εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να επιτευχθεί μέσω της ανάπτυξης βιομηχανιών με χαμηλότερες ενεργειακές απαιτήσεις. [40]

Δεδομένου ότι η κατανάλωση του άνθρακα ευθύνεται για περίπου το 90% των εκπομπών SO₂, η κινεζική κυβέρνηση προωθεί ενεργά τη μετάβαση σε καθαρότερες πηγές ενέργειας. Ως αποτέλεσμα, μέσα σε λίγα χρόνια, η ενεργειακή δομή της Κίνας θα είναι πιο ορθολογική με το φυσικό αέριο και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας να γίνονται όλο και πιο σημαντικές πηγές ενέργειας. Παράλληλα, θα υποστηρίξουν την επιδίωξη της Κίνας για ένα πιο πράσινο μέλλον με χαμηλότερες εκπομπές ρύπων. [40]

6.6. Παγκόσμια μάχη κατά της κλιματικής αλλαγής

Αρκετές χώρες και διεθνείς συμμαχίες έχουν ασκήσει ενεργά πίεση στην Κίνα, ενθαρρύνοντας εκείνη να λάβει ισχυρότερα μέτρα κατά της κλιματικής αλλαγής. Αυτές οι προσπάθειες προέρχονται από το γεγονός ότι η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος εκπομπός διοξειδίου του άνθρακα στον κόσμο και έχει κρίσιμο ρόλο στις παγκόσμιες πρωτοβουλίες για την κλιματική αλλαγή. [20] Ως δύο από τους μεγαλύτερους εκπομπούς αερίων του θερμοκηπίου, οι Ηνωμένες Πολιτείες και η Κίνα, έχουν σημαντικό αντίκτυπο στις παγκόσμιες δράσεις για την κλιματική αλλαγή. Παρά τον ανταγωνισμό που έχουν οι δύο χώρες μεταξύ τους, υπάρχουν και παραδείγματα συνεργασίας. Το 2021, οι ΗΠΑ και η Κίνα υπέγραψαν κοινή δήλωση στη διάσκεψη COP26 για την ενίσχυση των δράσεων τους κατά της κλιματικής αλλαγής. [64] Σε αυτές περιλαμβάνεται η μείωση των εκπομπών μεθανίου και η σταδιακή κατάργηση του άνθρακα. Οι Ηνωμένες Πολιτείες ασκούν διαρκώς πίεση στην Κίνα να υιοθετήσει πιο φιλόδοξους στόχους για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Οι δύο χώρες σκοπεύουν να συνεργαστούν σε αρκετούς τομείς. Πιο συγκεκριμένα, από τη συνεργασία των δύο χωρών θα προκύψουν:

- Ρυθμιστικά πλαίσια και περιβαλλοντικά πρότυπα που σχετίζονται με τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά τη δεκαετία του 2020.
- Μέγιστη αξιοποίηση των κοινωνικών οφελών από τη μετάβαση σε καθαρές πηγές ενέργειας.
- Πολιτικές για την ενθάρρυνση της μείωσης της χρήσης άνθρακα και του εξηλεκτρισμού στους τελικούς τομείς κατανάλωσης.

- Ανάπτυξη και εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών όπως η Δέσμευση, η Αξιοποίηση και η Αποθήκευση του Διοξειδίου του Άνθρακα (CCUS) καθώς και η άμεση δέσμευση CO₂ από τον αέρα.

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) εφάρμοσε επίσημα τον Μηχανισμό Συνοριακής Προσαρμογής Άνθρακα (Carbon Border Adjustment Mechanism - CBAM) από την 1η Οκτωβρίου 2023. [65] Ο ρόλος της Κίνας, ως ένας από τους μεγαλύτερους παραγωγούς και εξαγωγείς πρώτων υλών, είναι κρίσιμος στις διεθνείς αγορές. Οι εξαγωγές των προϊόντων της αναμένεται να επηρεαστούν άμεσα. Ταυτόχρονα, ανεπτυγμένες οικονομίες όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, το Ηνωμένο Βασίλειο και η Αυστραλία, έχουν προτείνει αντίστοιχα μέτρα τα οποία αναμένεται να έχουν εκτεταμένες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στο διεθνές εμπορικό τοπίο. Ο Μηχανισμός Συνοριακής Προσαρμογής Άνθρακα (CBAM) προβλέπει την επιβολή καθορισμένων χρεώσεων σε ορισμένα προϊόντα υψηλής ενεργειακής έντασης που εισάγονται στην ΕΕ και υπερβαίνουν τα πρότυπα εκπομπών που έχει θέσει. Τα προϊόντα που καλύπτονται είναι τα εξής:

- Τσιμέντο,
- Ηλεκτρική ενέργεια,
- Λιπάσματα,
- Χάλυβας,
- Αλουμίνιο,
- Προϊόντα που σχετίζονται με τη βιομηχανία του υδρογόνου.

Ο υπολογισμός των εκπομπών άνθρακα περιλαμβάνει τις άμεσες εκπομπές από τις παραπάνω κατηγορίες προϊόντων και τις έμμεσες που σχετίζονται με την παραγωγή του τσιμέντου και των λιπασμάτων. Η Κίνα, ως μία από τις μεγαλύτερες εξαγωγικές χώρες στον κόσμο, αποτελεί βασικό εμπορικό εταίρο της ΕΕ. Η εφαρμογή του μηχανισμού CBAM αναμένεται να έχει άμεσο αντίκτυπο στις εμπορικές σχέσεις της Κίνας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Επομένως, είναι επιτακτική ανάγκη για την Κίνα να εστιάσει στο μέλλον, με στόχο την προώθηση της συνεργασίας με τις ανεπτυγμένες οικονομίες ανά τον κόσμο για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Αυτό απαιτεί την ολοκληρωμένη ενίσχυση των πολιτικών, των κανονισμών και των προτύπων για τη μετάβαση σε μία οικονομία με χαμηλές εκπομπές άνθρακα. Επιπλέον, θα απαιτηθεί η βελτίωση του βιομηχανικού σχεδιασμού και η δημιουργία πολιτικών βελτιστοποίησης της δομής των βιομηχανιών για τη δημιουργία μίας αμοιβαίας επωφελούς κατάστασης που θα συνδυάζει την εγχώρια εξοικονόμηση ενέργειας, θα εντείνει τις προσπάθειες μείωσης των ρύπων και θα ενισχύει την ανάπτυξη της οικονομίας της χώρας.

7. Οι εξειδικευμένες καινοτομίες – «niches»

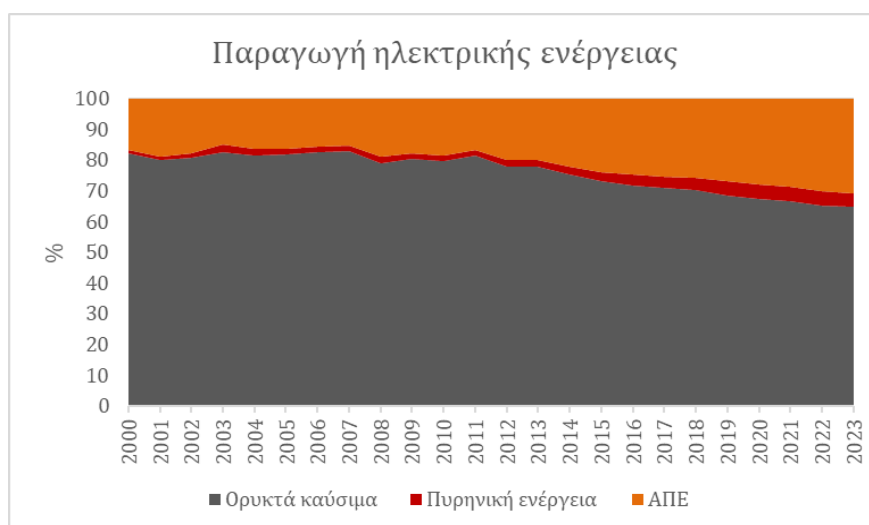
Στο πλαίσιο της MLP, οι εξειδικευμένες καινοτομίες, ή αλλιώς οι «niches», αποτελούν το τρίτο επίπεδο ανάλυσης. Σε εξειδικευμένο επίπεδο, μπορούν να αναπτυχθούν πειραματικές τεχνολογίες και ριζικές καινοτομίες μακριά από τις πιέσεις και τους περιορισμούς που επιβάλλει το υπάρχον καθεστώς, δηλαδή η κυρίαρχη τεχνολογία ή οι κοινωνικοί και πολιτικοί κανόνες. Οι «niches» λειτουργούν ως προστατευμένα περιβάλλοντα, τα οποία επιτρέπουν την εξέλιξη νέων τεχνολογιών ή καινοτομιών. Αυτά τα προστατευμένα περιβάλλοντα μπορούν να προκύψουν από έργα έρευνας και ανάπτυξης ή από δραστηριότητες που εκτυλίσσονται σε μη ανταγωνιστικούς ή μη ρυθμιζόμενους τομείς. Σε αυτά τα πλαίσια, οι νέες τεχνολογίες έχουν την ευκαιρία να δοκιμαστούν και να βελτιωθούν, χωρίς να έρχονται αντιμέτωπες με τις ισχυρές πιέσεις της αγοράς ή των υφιστάμενων θεσμικών πλαισίων. Σε σύγκριση με το επίπεδο του καθεστώτος, οι λειτουργίες στο εξειδικευμένο επίπεδο είναι λιγότερο σταθεροποιημένες και προβλέψιμες. Οι ριζικές καινοτομίες που δοκιμάζονται είναι ακόμα σε πρώιμα στάδια ανάπτυξης, με αβέβαιη πορεία και επιτυχία. Τα δίκτυα στο εξειδικευμένο επίπεδο είναι συνήθως πιο μικρά και απαιτείται συνεχής δραστηριότητα από τους παράγοντες για να διατηρήσουν τη θέση τους. Οι παράγοντες αποτελούνται συνήθως από επιχειρηματίες και καινοτόμους ανθρώπους. Οι τυπικές δραστηριότητες στο επίπεδο των «niches» επικεντρώνονται στη δημιουργία ενός ευνοϊκού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και υιοθέτηση νέων καινοτομιών. Οι κύριες δραστηριότητες περιλαμβάνουν:

- Κατασκευή δικτύων παραγόντων: Σε αυτό το στάδιο, δημιουργούνται δίκτυα ατόμων και οργανισμών που εμπλέκονται στην ανάπτυξη και προώθηση καινοτομιών. Τα δίκτυα αυτά μπορεί να περιλαμβάνουν ερευνητές, επιχειρήσεις, φορείς χάραξης πολιτικής, χρηματοδότες και άλλους ενδιαφερόμενους. Μέσα από την ανταλλαγή γνώσεων και εμπειριών, ενθαρρύνεται η συνεργασία και η διάδοση των νέων τεχνολογιών ή πρακτικών.
- Διαδικασίες εκμάθησης: Κατά τη διάρκεια αυτών των διαδικασιών, οι καινοτομίες βελτιώνονται και προσαρμόζονται μέσω συνεχούς ανατροφοδότησης και πειραματισμών. Αυτές οι διαδικασίες εκμάθησης δεν περιορίζονται μόνο σε τεχνολογικά θέματα αλλά επεκτείνονται και σε κοινωνικοτεχνικές δομές, όπως είναι η κατανόηση των ρυθμιστικών πλαισίων, η ανταπόκριση της αγοράς και η συμπεριφορά των καταναλωτών. Σκοπός είναι η βελτίωση των καινοτομιών και η αύξηση της πιθανότητας επιτυχούς υιοθέτησής τους.
- Άρθρωση και εναρμόνιση οραμάτων και προσδοκιών: Η διαδικασία αυτή αφορά την ανάπτυξη κοινών οραμάτων και την ευθυγράμμιση των προσδοκιών των εμπλεκόμενων σχετικά με τις καινοτομίες. Είναι σημαντικό οι εμπλεκόμενοι να έχουν μια κοινή κατανόηση των προοπτικών και των δυνατοτήτων των νέων τεχνολογιών, καθώς αυτό μπορεί να αυξήσει την υποστήριξη και τη δέσμευσή τους προς αυτές, δημιουργώντας ένα ενιαίο μέτωπο για την προώθηση των καινοτομιών.

Με την πάροδο του χρόνου, οι καινοτομίες στο επίπεδο «Niches» είτε ανθίζουν, είτε καταρρέουν. Οι αντιλήψεις για το πότε και υπό ποιες προϋποθέσεις είναι έτοιμες να εισέλθουν ορισμένες καινοτομίες στις αγορές διαφέρουν ανάλογα με το πλαίσιο. Μερικοί παράγοντες βάσει των οποίων μπορεί να εντοπιστεί μια πιθανή ανακάλυψη: σταθεροποίηση δικτύων παραγόντων, αυξημένη εστίαση σε μία κυρίαρχη καινοτομία, βελτίωση της σχέσης τιμής-απόδοσης και η δημοτικότητα της καινοτομίας σε μια συγκεκριμένη αγορά (κάλυψη τουλάχιστον 5% της αγοράς). [4]

7.1. Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας

Η έννοια της «πράσινης οικονομίας» έχει αναδειχθεί ως ένα μοντέλο ανάπτυξης που συνδυάζει την οικονομική πρόοδο με την περιβαλλοντική βιωσιμότητα και την κοινωνική ευημερία. Σε αυτό το πλαίσιο, οι χώρες παγκοσμίως επιδιώκουν να ενσωματώσουν πιο οικολογικά βιώσιμες πρακτικές στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, τη χρήση των πόρων και την κατανάλωση, ώστε να μειώσουν τις αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον. Η μετάβαση σε μια «πράσινη οικονομία» σημαίνει ότι, πέρα από τους παραδοσιακούς οικονομικούς δείκτες όπως το ΑΕΠ και την απασχόληση, η ποιότητα του περιβάλλοντος γίνεται ένας βασικός παράγοντας για την αξιολόγηση της συνολικής οικονομικής και κοινωνικής ευημερίας. Ο τομέας της ηλεκτρικής ενέργειας αποτελεί το θεμέλιο της σύγχρονης κοινωνίας, προσφέροντας την απαραίτητη ενέργεια για τη λειτουργία των βιομηχανιών, των υποδομών και των καθημερινών δραστηριοτήτων. Ωστόσο, ταυτόχρονα είναι και ο μεγαλύτερος συντελεστής των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), των οξειδίων του αζώτου (NO_x) και του μεθανίου (CH₄) στην Κίνα, με ποσοστά για το 2023 74,89%, 5,57% και 19,54% αντίστοιχα. [66] Οι εκπομπές CO₂ ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για την κλιματική αλλαγή και οι εκπομπές NO_x και SO₂ είναι οι κύριοι λόγοι για την οξίνιση και τον ευτροφισμό. [52] Αυτές οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις συνδέονται άμεσα με τον ενεργειακό τομέα, καθώς η Κίνα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον άνθρακα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, γεγονός που επιτείνει τις πιέσεις για την μετάβαση σε πιο καθαρές και βιώσιμες μορφές ενέργειας, όπως οι ανανεώσιμες πηγές και το φυσικό αέριο. Η ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από τις ανανεώσιμες πηγές παίζει ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στο μείγμα της ηλεκτρικής ενέργειας της Κίνας. Το ποσοστό των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο μείγμα της ηλεκτροπαραγωγής αυξήθηκε από 1,78% το 2010 σε 17,52% το 2023. [67] Σε αυτά τα ποσοστά δεν συμπεριλαμβάνεται η υδροηλεκτρική ενέργεια. Ταυτόχρονα, η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος επενδυτής παγκοσμίως στον τομέα των ΑΠΕ. Ως αποτέλεσμα, η χώρα έχει πολλαπλασιάσει κατά 5 φορές το μερίδιο των ΑΠΕ στον τομέα της ηλεκτρικής ενέργειας κατά την περίοδο 2005–2017 και τώρα φιλοξενεί το 30% της παγκόσμιας δυναμικότητας ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το 2023, η Κίνα εγκατέστησε τόσους φωτοβολταϊκούς σταθμούς, όσους ολόκληρος ο πλανήτης το 2022. Επιπλέον, οι προσθήκες της αιολικής ενέργειας αυξήθηκαν κατά 66% σε σχέση με το 2022. [68]



Πηγή: [47]

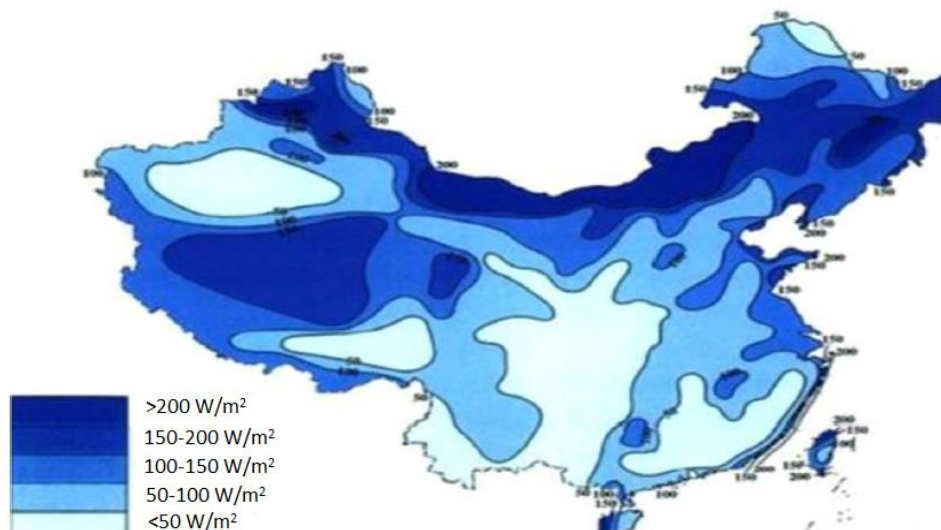
Εικόνα 31: Η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από τα ορυκτά καύσιμα, την πυρηνική ενέργεια και τις ΑΠΕ

Η αειφόρος ανάπτυξη αποτελεί βασικό στόχο για την Κίνα, καθώς προσπαθεί να συνδυάσει την οικονομική ανάπτυξη με τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχει καταστεί μία από τις κύριες προτεραιότητες της χώρας για να πετύχει αυτόν τον στόχο. [69] Υπάρχουν διάφορα είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας π.χ. η ηλιακή, η αιολική, η υδροηλεκτρική, η παλιρροιακή ενέργεια, η βιοενέργεια και άλλες. Η Κίνα έχει κάνει μεγάλα βήματα και σημαντικές επενδύσεις στον τομέα των ΑΠΕ. Τα τελευταία χρόνια, η παραγωγή και η κατανάλωση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας έχουν αυξηθεί αρκετά και θα συνεχίσουν να αυξάνονται στο μέλλον. Πρόκειται για μια χώρα που εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις εισαγωγές πετρελαίου και φυσικού αερίου. Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ενισχύει την ενεργειακή της αυτονομία, μειώνοντας την ανάγκη για εισαγωγές και την εξάρτηση από άλλες χώρες. Αυτό είναι σημαντικό για την αποφυγή εξωτερικών οικονομικών κρίσεων που μπορεί να προκύψουν από διακυμάνσεις στις τιμές του πετρελαίου και του φυσικού αερίου ή από γεωπολιτικές αναταραχές.

7.2. Τα είδη των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας

7.2.1. Αιολική Ενέργεια

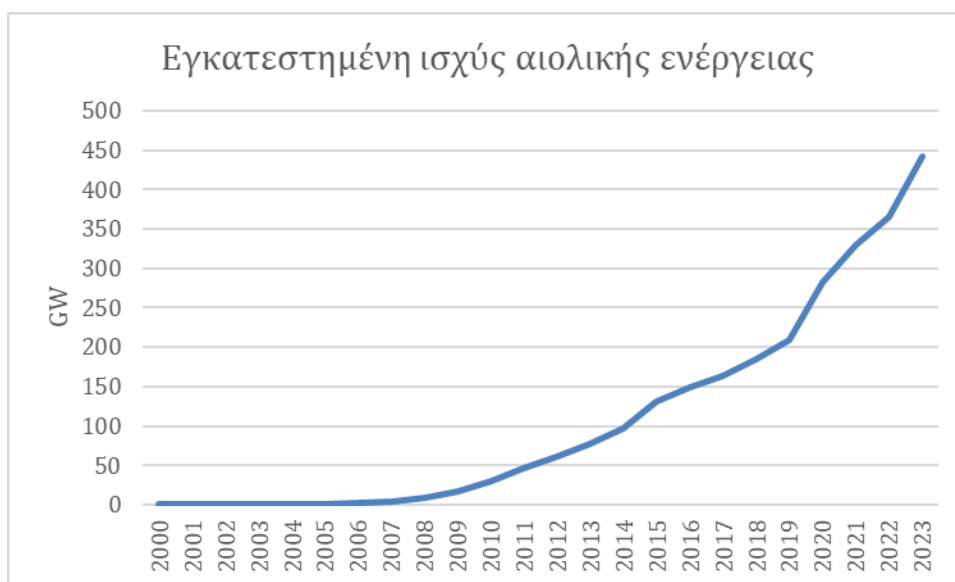
Τα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκαλούνται από τη χρήση των ορυκτών καυσίμων, όπως η ατμοσφαιρική ρύπανση και η υπερθέρμανση του πλανήτη, έχουν περιορίσει σημαντικά τη βιώσιμη ανάπτυξη της κοινωνίας. Η καύση των ορυκτών καυσίμων απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και άλλων ρύπων, συμβάλλοντας στην κλιματική αλλαγή και προκαλώντας προβλήματα υγείας στους ανθρώπους. Για την αντιμετώπιση αυτών των σοβαρών προκλήσεων, η προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θεωρείται η πιο αποτελεσματική λύση. Σε σύγκριση με άλλες μορφές καθαρής ενέργειας, η αιολική έχει αρκετά πλεονεκτήματα. Παραδείγματος χάρη, υπάρχει αφθονία πόρων, ευρεία γεωγραφική κατανομή, ώριμες τεχνολογίες και χαμηλές τιμές. Το αιολικό δυναμικό που εντοπίζεται σε ύψος 10 μέτρα πάνω από το επίπεδο της γης αγγίζει τα 4,35 TW ισχύος. Από αυτήν την ποσότητα, περίπου 2 TW μπορούν να αξιοποιηθούν αποτελεσματικά. Για την εγκατάσταση των αιολικών πάρκων απαιτείται η δέσμευση περίπου 0,2 εκατομμυρίων τετραγωνικών χιλιομέτρων, που αντιστοιχεί στο 2,08% της συνολικής έκτασης της Κίνας. [70]



Πηγή: [70]

Εικόνα 32: Το αιολικό δυναμικό στην επικράτεια της Κίνας

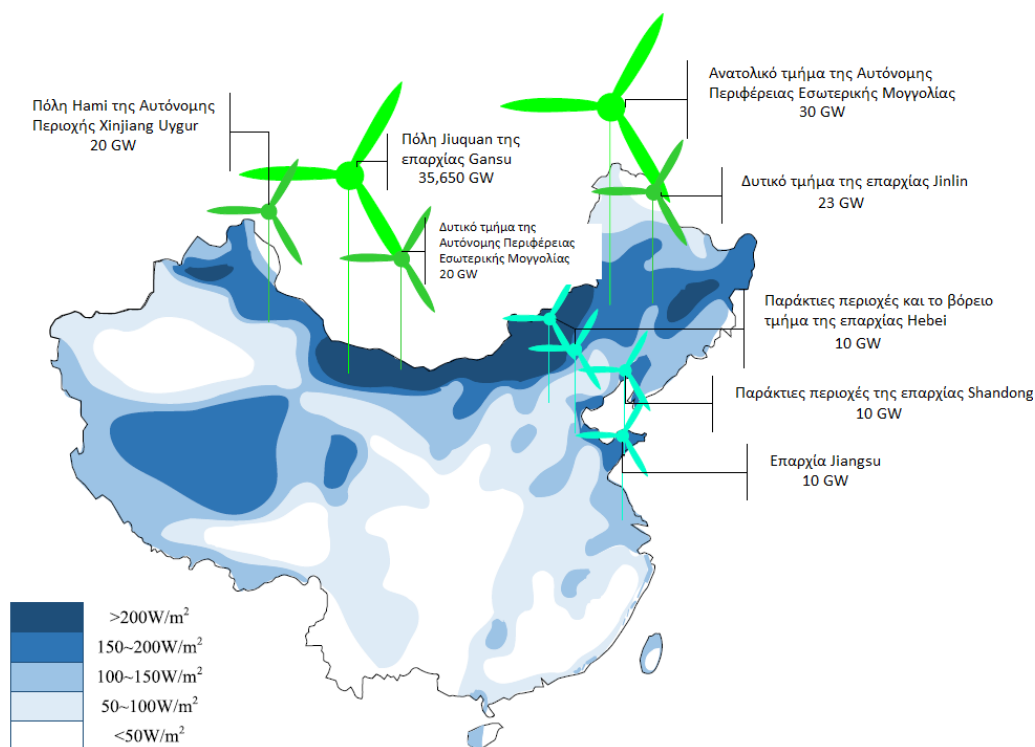
Η αιολική ενέργεια στην Κίνα έχει σημειώσει ταχεία ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια και συνεχίζει να αναπτύσσεται σταθερά. Η αγορά της αιολικής ενέργειας και ο κατασκευαστικός τομέας αναπτύχθηκαν σημαντικά υπό την καθοδήγηση της κεντρικής κυβέρνησης. Η αιολική ενέργεια άρχισε να αναπτύσσεται στη χώρα τη δεκαετία του 1980, όταν ξεκίνησαν οι πρώτες προσπάθειες για την ενσωμάτωσή της στο ενεργειακό μείγμα, με την κυβέρνηση να θέτει φιλόδοξους στόχους για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μέχρι το τέλος του 2000, η εγκατεστημένη ισχύς είχε φτάσει τα 0,38 GW. Ωστόσο, μέχρι το 2023, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας ήταν 441,89 GW. [71]



Πηγή: [71]

Εικόνα 33: Η εγκατεστημένη ισχύς αιολικής ενέργειας της Κίνας

Το πιο χαρακτηριστικό σχέδιο ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας στην Κίνα είναι το φιλόδοξο πρόγραμμα που αποκαλείται «Τα Τρία Φαράγγια της Αιολικής Ενέργειας», το οποίο προτάθηκε το 2008. Αυτό το σχέδιο πήρε το όνομά του από το τεράστιο έργο του υδροηλεκτρικού φράγματος των «Τριών Φαραγγιών», καθώς αντιπροσωπεύει μια εξίσου μεγάλης κλίμακας πρωτοβουλία στον τομέα της αιολικής ενέργειας. Το σχέδιο θεωρήθηκε κατάλληλο για τις συνθήκες της Κίνας, λαμβάνοντας υπόψη την αυξανόμενη ενεργειακή ζήτηση και τους πλούσιους αιολικούς πόρους της χώρας. Ο στόχος αυτού του σχεδίου είναι να εκμεταλλευτεί τις περιοχές με υψηλό αιολικό δυναμικό και να προωθήσει τη χρήση της αιολικής ενέργειας σε μεγάλη κλίμακα, ενισχύοντας την ενεργειακή ασφάλεια της Κίνας. Σύμφωνα με αυτό το σχέδιο ανάπτυξης, επτά βάσεις αιολικής ενέργειας με 10GW εγκατεστημένης ισχύος η καθεμία, θα κατασκευαστούν στο Jiuquan της επαρχίας Gansu, στο Hami, το οποίο ανήκει στην αυτόνομη περιφέρεια του Xinjiang Uyghur, στη δυτική αυτόνομη περιφέρεια της Εσωτερικής Μογγολίας, στην ανατολική αυτόνομη περιφέρεια της εσωτερικής Μογγολίας, στην επαρχία Jilin, στην επαρχία Hebei και στην παράκτια περιοχή της επαρχίας Jiangsu. [72] Ακόμα, το Δεκέμβριο του 2010, σχεδιάστηκε ένα υπεράκτιο αιολικό πάρκο για την επαρχία του Shandong της ίδιας κλίμακας με τις επτά βάσεις. [72] Τα συγκεκριμένα έργα είναι υπό κατασκευή και το μεγαλύτερος μέρος αυτών έχει ολοκληρωθεί. [73]



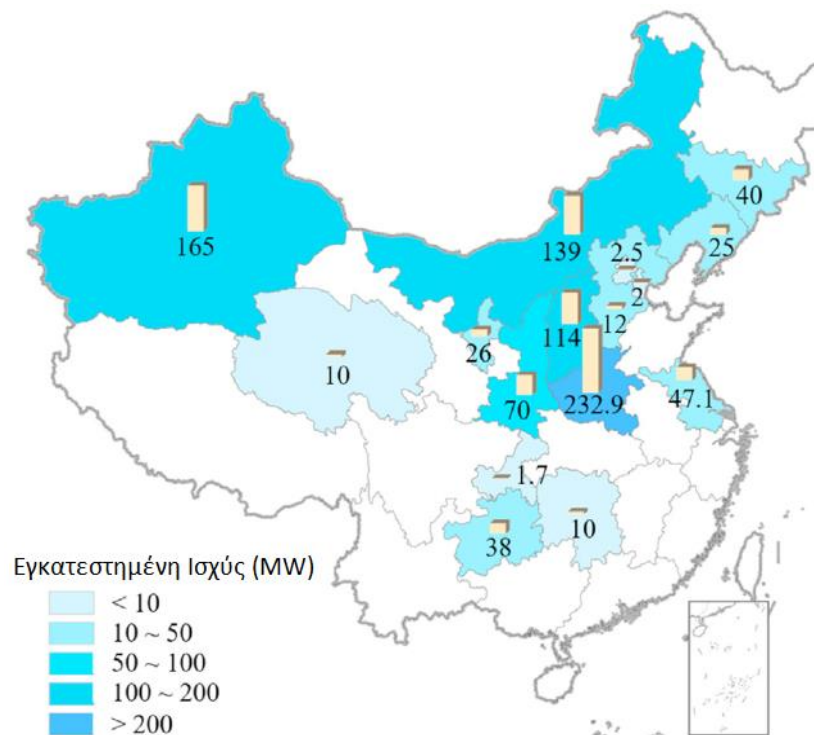
Πηγή: [16]

Εικόνα 34: Κατανομή οχτώ μεγάλων αιολικών πάρκων και η εγκατεστημένη ισχύς τους

Μέχρι το τέλος του 2011, η ικανότητα παραγωγής των αιολικών πάρκων είχε φτάσει τα 56,38 GW και η εγκατεστημένη που συνδέεται με το δίκτυο έφτασε τα 46,23 GW. Ο μέσος ετήσιος ρυθμός ανάπτυξης της αιολικής ενέργειας ήταν 85,8%, ο οποίος αυξήθηκε κατά 56,2%, από αυτόν του 2010 και είναι 22,1 φορές υψηλότερος από αυτόν του 2006. [74] Η ανάπτυξη των υπεράκτιων αιολικών πάρκων στην Κίνα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο από το 2008, με γρήγορο ρυθμό επέκτασης σε πολλές επαρχίες και περιοχές της χώρας. Οι επαρχίες Shanghai, Jiangsu, Shandong, Hebei, Zhejiang και Guangzhou είναι πρωτοπόροι σε αυτόν τον κλάδο, καθώς έχουν ήδη κατασκευάσει αρκετά έργα

υπεράκτιας αιολικής ενέργειας. Συνολικά, η εγκαταστημένη ισχύς από αυτά τα υπεράκτια πάρκα αντιστοιχεί σε 43 GW. Επιπλέον, προπαρασκευαστικές εργασίες βρίσκονται σε εξέλιξη για 38 νέα έργα, τα οποία θα προσθέσουν επιπλέον 16,5 GW υπεράκτιας αιολικής ισχύος. Παράλληλα, νέες περιοχές όπως οι επαρχίες Liaoning, Fujian, Hainan και η αυτόνομη περιφέρεια Guangxi Zhuang προγραμματίζουν την ανάπτυξη υπεράκτιων αιολικών πάρκων, ενισχύοντας περαιτέρω το όραμα της Κίνας για την επέκταση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. [16] Η παραγωγή αιολικής ενέργειας στην Κίνα έχει σημειώσει ραγδαία άνοδο, με το ποσοστό της στην ηλεκτροπαραγωγή να αυξάνεται από 0,08% το 2005 σε 9,36% το 2023. [67] Η αιολική ενέργεια της Κίνας επωφελήθηκε σημαντικά από την εφαρμογή της πολιτικής για τα τιμολόγια αιολικής ενέργειας το 2009. Αυτή η πολιτική στήριξης περιελάμβανε σταθερές τιμές για την ηλεκτρική ενέργεια που παράγεται από αιολικά πάρκα, ενισχύοντας τις επενδύσεις και την ταχεία ανάπτυξη του τομέα. Ως αποτέλεσμα, η αιολική ενέργεια έχει πλέον καθιερωθεί ως σημαντική συνιστώσα στο ενεργειακό μείγμα της Κίνας, βοηθώντας τη χώρα να μειώσει τις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και να επιταχύνει τη μετάβαση προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Συγκεκριμένα, το 2008 παρήχθησαν 13,1 TWh, ενώ το 2023 παρήχθησαν 885,87 TWh. [36]

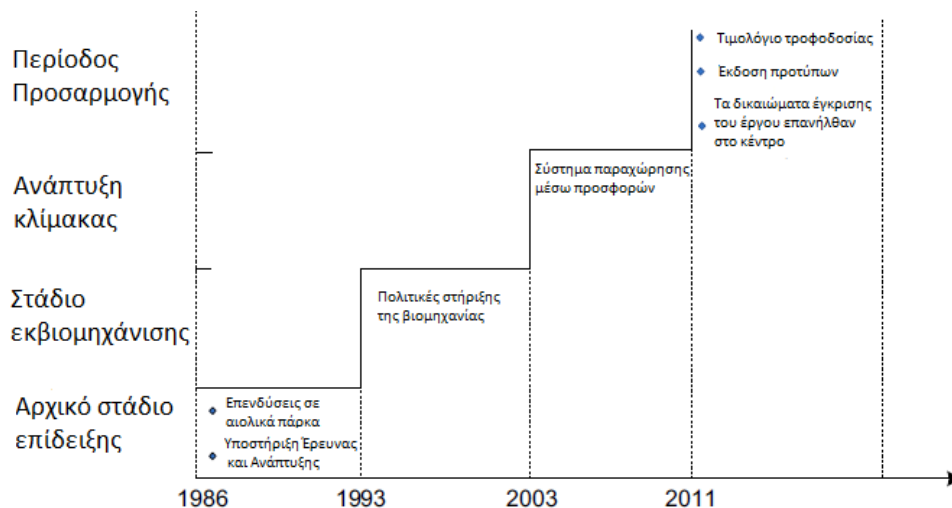
Η αιολική ενέργεια που παράχθηκε στην Κίνα έφτασε τις 405,7 TWh το 2019, αντιπροσωπεύοντας το 28,4% της συνολικής παγκόσμιας παραγωγής αιολικής ενέργειας. [75] Οι αχανείς εκτάσεις και οι ποικίλες γεωλογικές συνθήκες την ωθούν να αναπτύξει πολλαπλούς τύπους αιολικής ενέργειας. Η αιολική ενέργεια στην Κίνα διακρίνεται σε δύο κύριες κατηγορίες: τη διεσπαρμένη και τη μη. Στη διεσπαρμένη παραγωγή εντάσσονται οι μικρές ανεμογεννήτριες (με εγκατεστημένη ισχύ μικρότερη των 100 kW), οι οποίες εγκαθίστανται σε τοπικές κοινότητες ή απομονωμένες περιοχές, καλύπτοντας μικρότερες ενεργειακές ανάγκες. Αντίθετα, ως μη διεσπαρμένη παραγωγή ορίζονται τα μεγάλα αιολικά πάρκα, τα οποία συνδέονται με το εθνικό δίκτυο της Κίνας και τροφοδοτούν ευρύτερες περιοχές με αιολική ενέργεια, αποτελώντας βασικό κομμάτι του ενεργειακού μείγματος της χώρας. [75] Την τελευταία δεκαετία, οι κινεζικές αρχές προώθησαν ενεργά την ανάπτυξη της διεσπαρμένης παραγωγής αιολικής ενέργειας μέσω μιας σειράς κατευθυντήριων εγγράφων και πολιτικών. Στις 17 Μαΐου του 2017, η «Εθνική Διοίκηση Ενέργειας» εξέδωσε ανακοίνωση για την επιτάχυνση της κατασκευής έργων διεσπαρμένης αιολικής ενέργειας, αναγνωρίζοντας την ως κρίσιμο παράγοντα για την αιολική ανάπτυξη της χώρας κατά την περίοδο του «13ου Πενταετούς Προγράμματος» (2016-2020). Τον Απρίλιο του 2018, εκδόθηκαν προσωρινά μέτρα από την ίδια αρχή, για την ανάπτυξη και την κατασκευή έργων διεσπαρμένης αιολικής ενέργειας. Τα μέτρα αυτά ενθάρρυναν τις επενδύσεις σε αυτό τον τομέα τόσο από ιδιώτες όσο και από επιχειρήσεις, διευκολύνοντας τη συμμετοχή περισσότερων παραγόντων στον κλάδο και συμβάλλοντας στη διαμόρφωση ενός πιο αποκεντρωμένου ενεργειακού συστήματος. Επιπλέον, αυτές οι πολιτικές συνέβαλαν στην αύξηση της επενδυτικής δραστηριότητας και της παραγωγικής ικανότητας της αιολικής ενέργειας στην Κίνα. [75]



Πηγή: [75]

Εικόνα 35: Η επαρχιακή κατανομή της εγκατεστημένης διεσπαρμένης αιολικής ισχύος

Οι εθνικές πολιτικές που εισήγαγαν οι κινεζικές αρχές συνέβαλαν αρκετά στην προώθηση της διεσπαρμένης αιολικής παραγωγής, ωστόσο ο ρυθμός ανάπτυξης παραμένει σχετικά χαμηλότερος από τον αναμενόμενο. Παρά τις κατευθυντήριες γραμμές και την υποστήριξη, η επέκταση αυτών των συστημάτων δεν είναι τόσο ταχεία όσο θα ήθελαν οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής. Ένας από τους βασικούς περιορισμούς είναι η γεωγραφική συγκέντρωση των έργων διεσπαρμένης παραγωγής στη βόρεια Κίνα, όπου οι κλιματικές συνθήκες είναι ευνοϊκές για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας. Επαρχίες με σημαντικές αναπτυξιακές δυνατότητες, κυρίως στα κεντρικά και τα νότια της χώρας, υστερούν στην ανάπτυξη τέτοιων έργων. Αυτό μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες, όπως είναι οι τεχνικές προκλήσεις, η έλλειψη υποδομών και οι περιφερειακές πολιτικές, που επηρεάζουν την επέκταση αυτών των συστημάτων. [75] Συνοψίζοντας, η ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας έχει περάσει από τέσσερα στάδια: την αρχική φάση επίδειξης (εμφάνισης) (1986–1993), τη φάση ανάπτυξης αυτής της βιομηχανίας (1994–2003), τη φάση ανάπτυξης μεγάλης κλίμακας (2004–2010) και τη φάση προσαρμογής (μετά το έτος 2011). [74]

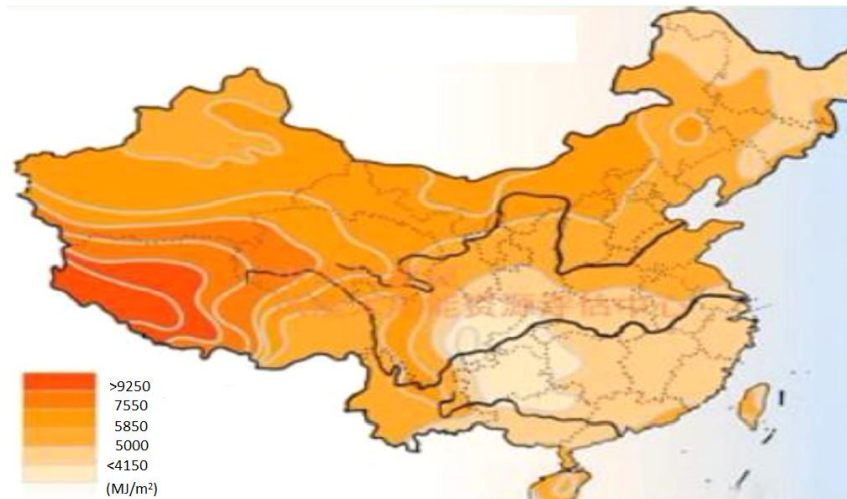


Πηγή: [74]

Εικόνα 36: Τα διάφορα στάδια του κυβερνητικού μηχανισμού καθοδήγησης για την ανάπτυξη της αιολικής ενέργειας της Κίνας

7.2.2. Ηλιακή Ενέργεια

Τα φωτοβολταϊκά συστήματα διαδραματίζουν ολοένα και σημαντικότερο ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο της Κίνας, καθώς εκείνη επιδιώκει τη μετάβαση σε πιο καθαρές μορφές ενέργειας και τον περιορισμό των ορυκτών καυσίμων. Μέχρι το τέλος του 2023, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων παγκοσμίως έφτασε τα 609,92 GW, αντιπροσωπεύοντας το 6,18% της εγχώριας ηλεκτροπαραγωγής. [76,77] Η Κίνα ήταν η ηγέτιδα δύναμη σε αυτόν τον τομέα, εγκαθιστώντας 30,1 GW νέας ισχύος μόνο το 2019, ανεβάζοντας τη συνολική εγκατεστημένη φωτοβολταϊκή ισχύ της χώρας στα 204,3 GW. Ο εθνικός στόχος της Κίνας για την εγκατεστημένη ισχύ των φωτοβολταϊκών συστημάτων είχε τεθεί στα 105 GW το 2016 και έπρεπε να επιτευχθεί έως το 2020. Όπως είναι προφανές ο στόχος ξεπεράστηκε κατά πολύ. Η Κίνα αναμένεται να συνεχίσει να οδηγεί τις εξελίξεις στην ηλιακή ενέργεια, καθώς η κυβέρνηση έχει θέσει φιλόδοξους στόχους για περαιτέρω αύξηση της εγκατεστημένης ισχύος των φωτοβολταϊκών συστημάτων τα επόμενα χρόνια. [11] Η Κίνα, με την εκτενή γεωγραφική της περιοχή, διαθέτει άφθονους πόρους ηλιακής ενέργειας που μπορεί να αξιοποιήσει αποτελεσματικά. Η καλή γεωγραφική της θέση προσφέρει υψηλά επίπεδα ηλιακής ακτινοβολίας σε πολλές περιοχές, ιδίως στα βόρεια και δυτικά τμήματα της χώρας. Η ετήσια απορροφούμενη ακτινοβολία σε όλη την Κίνα φτάνει τα 335-837 kJ/cm² (93,05-232,5kWh/cm²) και ο μέσος όρος είναι 586 kJ/cm² (162,778 kWh/cm²). [70] Όσον αφορά την κατανομή της ηλιακής ενέργειας στην Κίνα, η δυτική περιοχή διαθέτει τη μεγαλύτερη ακτινοβολούμενη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας, κυρίως λόγω των γεωγραφικών και κλιματικών παραγόντων. Ο ετήσιος μέσος όρος ακτινοβολίας είναι 5.519,46 MJ/m² (1,533 GWh/m²) στις δυτικές 9 επαρχίες, ενώ είναι 4.836,23 MJ/m² (1,343 GWh/m²) στις 17 ανατολικές επαρχίες. [70]



Πηγή: [70]

Εικόνα 37: Το ηλιακό δυναμικό της Κίνας

Τα τελευταία χρόνια, η αγορά της ηλιακής ενέργειας στην Κίνα έχει διαφοροποιηθεί σημαντικά, χάρη στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και στα ισχυρά πολιτικά κίνητρα που προσφέρονται. Αυτή η διαφοροποίηση περιλαμβάνει:

- Φωτοβολταϊκούς σταθμούς μεγάλης κλίμακας: Μεγάλα φωτοβολταϊκά συστήματα κατασκευάζονται σε περιοχές με άφθονους ηλιακούς πόρους, ιδιαίτερα στη δυτική Κίνα. Αυτοί οι σταθμοί παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ενίσχυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και συγκεκριμένα της ηλιακής.
- Ηλιακούς θερμοηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας: Χρησιμοποιούν θερμική ενέργεια από τον ήλιο για την παραγωγή ηλεκτρισμού μέσω ατμοστροβίλων. Παρόλο που είναι λιγότερο ανεπτυγμένοι από τα φωτοβολταϊκά συστήματα, συνεχίζουν να αναπτύσσονται σταδιακά.
- Διεσπαρμένη παραγωγή φωτοβολταϊκών συστημάτων: Αυτοί οι φωτοβολταϊκοί σταθμοί κατασκευάζονται σε δημόσια κτήρια, κατοικίες και βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Αυτή η προσέγγιση ενθαρρύνει τις μικρές επιχειρήσεις και τους ιδιώτες να παράγουν ένα μέρος της ενέργειας που καταναλώνουν, μειώνοντας την εξάρτησή τους από το κεντρικό δίκτυο και εξοικονομώντας κάποια χρήματα.
- Φωτοβολταϊκά συστήματα εκτός του δικτύου: Αυτές οι εγκαταστάσεις προορίζονται για απομακρυσμένες ή αγροτικές περιοχές που δεν συνδέονται με το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Αυτά τα συστήματα βοηθούν στην ηλεκτροδότηση ορισμένων απομονωμένων περιοχών. [74]

Η Κίνα έχει πραγματοποιήσει σημαντικές επενδύσεις στην ηλιακή ενέργεια τα τελευταία χρόνια. Ως αποτέλεσμα, ο τομέας των φωτοβολταϊκών συστημάτων έχει σημειώσει ραγδαία ανάπτυξη. Το 2011, η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων ήταν τρεις φορές μεγαλύτερη από εκείνη του 2010. Η Κίνα έχει αξιοποιήσει αρκετές περιοχές με άφθονους ηλιακούς πόρους, όπως είναι η δυτική Κίνα, όπου έχουν δημιουργηθεί φωτοβολταϊκά πάρκα μεγάλης κλίμακας. Παραδείγματος χάρι, στις 23 Ιανουαρίου του 2013, ένας από τους μεγαλύτερους φωτοβολταϊκούς σταθμούς στον κόσμο ολοκληρώθηκε στην επαρχία Gansu. [70] Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς αυτού του φωτοβολταϊκού συστήματος ήταν 19,42 GW. [16]



Πηγή: [77]

Εικόνα 38: Το σύνολο της εγκατεστημένης φωτοβολταϊκής ισχύος της Κίνας κατά την περίοδο 2000-2023

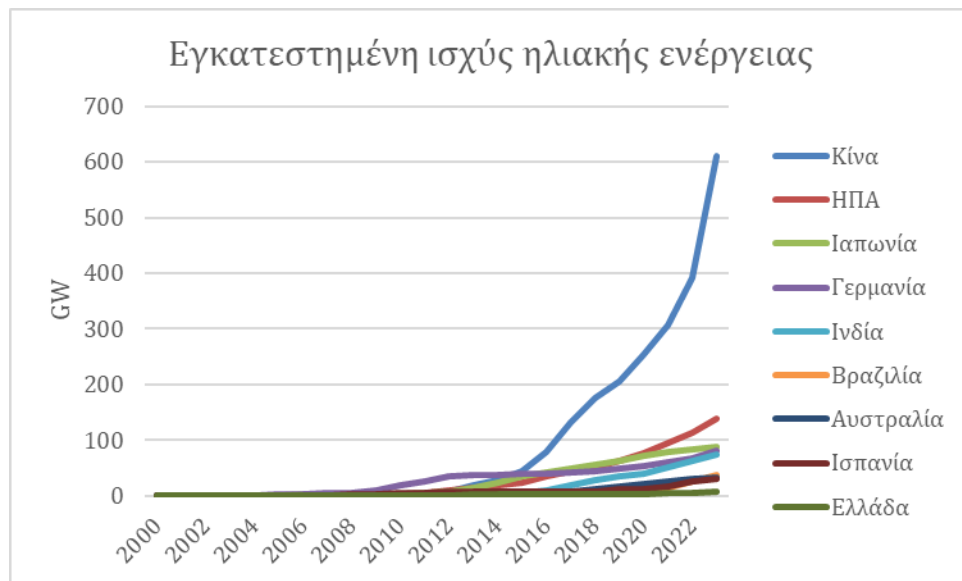
Μέχρι το 2015, η ανάπτυξη της διεσπαρμένης παραγωγής των φωτοβολταϊκών συστημάτων αποτέλεσε ένα παράγοντα κλειδί για την ενίσχυση της ηλιακής ενέργειας στην Κίνα. Σε συνδυασμό με τα έργα που αναπτύχθηκαν στην κεντροανατολική Κίνα, η χώρα κατάφερε να αυξήσει σημαντικά τη συνολική εγκατεστημένη ισχύ της, φτάνοντας τα 10 GW. Επιπλέον, θα κατασκευαστούν φωτοβολταϊκά πάρκα ισχύος 10 GW στην επαρχία Qinghai, στην αυτόνομη περιφέρεια Xinjiang Uyghur, στην επαρχία Gansu, στην αυτόνομη περιφέρεια της εσωτερικής Μογγολίας και σε άλλες επαρχίες με άφθονους ηλιακούς και χερσαίους πόρους. Ο κύριος στόχος της κατασκευής αυτών των πάρκων είναι η κάλυψη των αναγκών σε ηλεκτρική ενέργεια των κατοίκων αυτών των περιοχών. [16]

Η Κίνα έχει σημειώσει εντυπωσιακή πρόοδο όχι μόνο στην ανάπτυξη της διεσπαρμένης παραγωγής των φωτοβολταϊκών συστημάτων, αλλά και στη δημιουργία φωτοβολταϊκών πάρκων μεγάλης κλίμακας. Οι φωτοβολταϊκές εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας διαδραματίζουν καίριο ρόλο στην επέκταση της ηλιακής ενέργειας στη χώρα. Το 2023, η συνολική εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων της Κίνας έφτασε τα 609,92 GW. [77]

Πριν από το 2000, η βιομηχανία των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Κίνα βρισκόταν σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης, με την τιμή των ηλιακών κυττάρων να είναι αρκετά υψηλή, καθιστώντας τη χρήση τους οικονομικά δύσκολη. Ωστόσο, μετά το 2000, η κινεζική κυβέρνηση άρχισε να αξιοποιεί την ενέργεια που παράγεται από τα φωτοβολταϊκά συστήματα για να καλύψει τις ανάγκες των κατοίκων απομακρυσμένων και μη διασυνδεδεμένων περιοχών. Αυτό ήταν ένα σημείο καμπής για την ανάπτυξη της βιομηχανίας των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Κίνα, καθώς με αυτό τον τρόπο η κυβέρνηση ενθάρρυνε περαιτέρω την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τη μείωση του κόστους παραγωγής. Αυτή η στρατηγική βοήθησε στην ευρύτερη υιοθέτηση της ηλιακής ενέργειας και στην επέκταση της βιομηχανίας. [74]

Τα προγράμματα «Bright Project» (2000) και «μεταφορά ηλεκτρικής ενέργειας στην εξοχή» (2002-2003) συνέβαλαν σημαντικά στην άνθιση της εγχώριας κατασκευής φωτοβολταϊκών. Μετά το 2004, η βιομηχανία της κατασκευής των φωτοβολταϊκών πάνελ της Κίνας γνώρισε ραγδαία ανάπτυξη, κυρίως λόγω της ζήτησης από την ευρωπαϊκή αγορά. Το 2007, η Κίνα έγινε ο μεγαλύτερος παραγωγός φωτοβολταϊκών πλαισίων παγκοσμίως, με τη συνολική παραγωγική ισχύ αυτών να είναι 1.088 MW. Με αυτό τον τρόπο, η Κίνα αναδείχθηκε μία ηγέτιδα δύναμη στη διεθνή αγορά της ηλιακής ενέργειας. [74]

Η ανάπτυξη των φωτοβολταϊκών συστημάτων στην Κίνα έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο, με την ηλεκτροπαραγωγή από αυτά να φτάνει τις 584,15 TWh το 2023, αντιπροσωπεύοντας το 6,18% της συνολικής παραχθείσας ενέργειας. [76,78] Τα τελευταία χρόνια, έχει δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα διεσπαρμένα φωτοβολταϊκά συστήματα (π.χ. οικιακά) έναντι των φωτοβολταϊκών εγκαταστάσεων μεγάλης κλίμακας. Αυτά τα συστήματα προσφέρουν αρκετά πλεονεκτήματα, όπως είναι το μεγάλο εύρος τοποθεσιών για την εγκατάστασή τους και η μικρή απόσταση από τους τελικούς χρήστες. Με αυτό τον τρόπο μειώνονται σημαντικά τα κόστη μεταφοράς και διανομής της ενέργειας καθώς και οι απώλειες ισχύος. Το ποσοστό των συστημάτων διεσπαρμένης παραγωγής σε σχέση με τη συνολική ικανότητα παραγωγής αυξήθηκε από 13% το 2016 σε 31% το 2019. [11]



Πηγή: [77]

Εικόνα 39: Η εγκατεστημένη ισχύς των φωτοβολταϊκών συστημάτων ανά τον κόσμο (2000-2023)

Η ανακοίνωση του Κινέζου προέδρου Xi Jinping, στις 22 Σεπτεμβρίου 2020, σηματοδότησε μια ιστορική δέσμευση της Κίνας για την επίτευξη της κλιματικής ουδετερότητας με μηδενικές εκπομπές άνθρακα πριν από το 2060 και της μέγιστης τιμής των εκπομπών CO₂ πριν από το 2030. Για να επιτευχθούν αυτοί οι φιλόδοξοι στόχοι, η εγκατεστημένη ισχύς της αιολικής και της ηλιακής ενέργειας θα πρέπει να ξεπεράσουν τα 1.200 GW μέχρι το 2030. [11] Το ενεργειακό μείγμα της Κίνας αναμένεται να μεταβληθεί ριζικά έως το 2060, με τα φωτοβολταϊκά συστήματα να παίζουν κρίσιμο ρόλο σε αυτή τη μετάβαση. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η παραγωγική ικανότητα των φωτοβολταϊκών συστημάτων θα φτάσει τουλάχιστον τα 600 GW έως το 2030, τα 1.000 GW έως το 2040, και τα 1.500 GW έως το 2060, υποδεικνύοντας ότι η ηλιακή ενέργεια θα συνεισφέρει σχεδόν το ένα τέταρτο της συνολικής καταναλισκόμενης ενέργειας στην Κίνα. Αυτό την καθιστά έναν από τους κύριους πυλώνες της κινεζικής ενεργειακής πολιτικής. [11]

7.2.3. Βιοενέργεια

Η βιομάζα αναδεικνύεται ως μια από τις πιο υποσχόμενες λύσεις για την αντιμετώπιση της παγκόσμιας ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του φαινομένου του θερμοκηπίου που προκαλείται από τα ορυκτά καύσιμα. Η ενέργεια της βιομάζας έχει μεγάλη σημασία για την καταπολέμηση της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής και της οικολογικής ρύπανσης του περιβάλλοντος. Πρόκειται για μία

καθαρή πηγή ενέργειας, με χαρακτηριστικά που την καθιστούν ελκυστική για τον ενεργειακό τομέα της Κίνας. Ως η τέταρτη μεγαλύτερη πηγή ενέργειας, έχει γίνει σημαντική δύναμη στον ενεργειακό μετασχηματισμό σε όλο τον κόσμο. [35] Η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας από βιομάζα προήλθε από την πετρελαϊκή κρίση τη δεκαετία του 1970 και έχει αναπτυχθεί ραγδαία από το 1990 σε πάρα πολλές χώρες παγκοσμίως. Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα στην Κίνα αναπτύχθηκε με αργούς ρυθμούς σε σύγκριση με άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Σαν αποτέλεσμα, το ποσοστό της παραγόμενης ενέργειας από βιομάζα είναι σχετικά μικρό. [35] Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα περιλαμβάνει κυρίως γεωργική και δασική βιομάζα, αποτέφρωση αποβλήτων και παραγωγή ενέργειας από βιοαέριο. Η βιομάζα αναγνωρίζεται ως μία σημαντική πηγή ενέργειας, η οποία μπορεί να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών της Κίνας, ιδιαίτερα στις αγροτικές περιοχές της χώρας. Από το 2003, η κινεζική κυβέρνηση ενέκρινε αρκετά έργα παραγωγής βιομάζας. Πριν από το 2005, οι εγκαταστάσεις μεγάλης κλίμακας βιομάζας βρίσκονταν σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης στην Κίνα. Ο «Νόμος για τις Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας» το 2006 ήταν ένα ορόσημο για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, ο οποίος βοήθησε την ανάπτυξη των τιμολογίων τροφοδοσίας και άλλων συναφών πολιτικών υποστήριξης. [35]

Στην αγροτική Κίνα, η βιομάζα, με τη μορφή υπολειμμάτων καλλιέργειας, καυσόξυλων και ζωικών αποβλήτων, αποτελούσε για πολλά χρόνια την κύρια πηγή καυσίμου στα παραδοσιακά αγροκτήματα. Οι αγρότες βασίζονταν σε αυτά τα υλικά για να καλύψουν τις καθημερινές τους ανάγκες. Αυτή η πρακτική ήταν κοινή σε πολλές περιοχές της Κίνας, ιδίως στις πιο απομακρυσμένες και πιο φτωχές αγροτικές κοινότητες, όπου η πρόσβαση σε άλλες μορφές ενέργειας ήταν περιορισμένη. Παρά το γεγονός ότι η βιομάζα ήταν φθηνή και άμεσα διαθέσιμη, η χρήση της με αυτόν τον τρόπο, όπως είναι η καύση καυσόξυλων και γεωργικών υπολειμμάτων, έχει αρνητικές επιπτώσεις. Η καύση αυτών των υλικών ήταν συχνά αναποτελεσματική, προκαλώντας υψηλές εκπομπές αερίων και σωματιδίων που επιβαρύνουν την ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Παράλληλα, αυτή η διαδικασία συνέβαλε στην αποψίλωση των δασών. Ωστόσο, από το 2000, η κινεζική κυβέρνηση άρχισε να εφαρμόζει αυστηρούς περιβαλλοντικούς κανονισμούς όσον αφορά την καύση της βιομάζας σε αγροτικές περιοχές με σκοπό την επίτευξη των στόχων της όσον αφορά τη βιωσιμότητα. Η Κίνα έχει αναπτύξει πολλά έργα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και έχει επενδύσει αρκετά στη βιοενέργεια. Συγκεκριμένα, έχουν κατασκευαστεί πάνω από 2,5 km³ μεγάλης και μεσαίας κλίμακας έργα βιοαερίου, τα οποία έχουν ενσωματωθεί στο ενεργειακό σύστημα της χώρας. Η βιοενέργεια προσφέρει μεγάλη ευελιξία στον ενεργειακό τομέα της Κίνας και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς, όπως είναι η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θερμότητας και καυσίμου. Ωστόσο, η ανάπτυξη του αγροτικού βιοαερίου, ειδικά στα μικρής κλίμακας έργα που εφαρμόζονται κυρίως στις αγροτικές περιοχές, έχει σημειώσει επιβράδυνση από το 2011. Η στασιμότητα αυτή μπορεί να αποδοθεί σε διάφορους παράγοντες, όπως είναι η αλλαγή των πολιτικών προτεραιοτήτων, η ανάγκη για περαιτέρω τεχνολογική βελτίωση, καθώς και οι οικονομικές και διοικητικές προκλήσεις που αντιμετωπίζουν τα αγροτικά έργα. [35]



Πηγή: [78]

Εικόνα 40: Η παραγωγή βιοενέργειας στην Κίνα, 2000-2023

Η παραγωγή ενέργειας από βιομάζα στην Κίνα έχει σημειώσει σταθερή ανάπτυξη, αντιπροσωπεύοντας περίπου το 2% της ηλεκτρικής ενέργειας της χώρας. [79] Παρατηρείται ταχεία αύξηση της συνολικής εγκατεστημένης ισχύος η οποία προκαλείται από την ταχεία ανάπτυξη της παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος από απόβλητα και άχυρα. Η συνολική εγκατεστημένη ισχύς παραγωγής βιομάζας έχει αυξηθεί γρήγορα, καθώς όλο και περισσότερες περιοχές υιοθετούν αυτή τη μορφή ενέργειας για να καλύψουν τις ενεργειακές τους ανάγκες. Μέχρι το τέλος του 2017, η εγκατεστημένη ισχύς για την παραγωγή ενέργειας από βιομάζα ήταν 14,76 GW, συμπεριλαμβανομένων 7,01 GW παραγωγής με καύση αχύρου και 7,25 GW παραγωγής με καύση αποβλήτων, αντιπροσωπεύοντας το 96,61%. Το υπόλοιπο 3,39% προερχόταν από την παραγωγή ενέργειας μέσω βιοαερίου και ιλύος. [79]



Πηγή: [35]

Εικόνα 41: Η ανάπτυξη της βιοενέργειας στις αγροτικές περιοχές της Κίνας την περίοδο 2000 – 2016

Η κατανάλωση βιοενέργειας στην Κίνα μειώθηκε ελαφρώς με την αύξηση του εισοδήματος. Ο τομέας της βιοενέργειας στην Κίνα έχει έρθει αντιμέτωπος με διάφορα εμπόδια, τα οποία περιορίζουν σημαντικά την ανάπτυξή του.

- Αστικοποίηση και μείωση του αγροτικού πληθυσμού: Η ταχεία αστικοποίηση στην Κίνα έχει επηρεάσει άμεσα τον αγροτικό πληθυσμό. Σαν αποτέλεσμα, υπάρχει αναλογικά λιγότερος

αγροτικός πληθυσμός και λιγότερο διαθέσιμο εργατικό δυναμικό για τη συλλογή της βιομάζας, η οποία αποτελεί βασικό υλικό για την παραγωγή του βιοαερίου. Αυτή η τάση δυσχεραίνει τη συνεχή προμήθεια βιομάζας σε μεγάλες ποσότητες.

- Υψηλό κόστος μεταφοράς: Η βιοενέργεια απαιτεί σημαντική υποστήριξη στις μεταφορές, και το κόστος μεταφοράς παραμένει υψηλό, λόγω της διάσπαρτης διάταξης των αγροτικών χωνευτηρίων βιοαερίου. Οι περιοχές συλλογής της βιομάζας είναι απομακρυσμένες και αυτό καθιστά δύσκολη τη συγκέντρωση και τη μεταφορά της πρώτης ύλης προς τις μονάδες παραγωγής ενέργειας.
- Χαμηλή απόδοση του βιοαερίου: Η χαμηλή απόδοση του βιοαερίου περιορίζει σε μεγάλο βαθμό την εφαρμογή του. Επιπλέον, οι σταθμοί παραγωγής βιοαερίου τείνουν να παρουσιάζουν διάφορες τεχνικές δυσκολίες, παραδείγματος χάρη διαρροές, που μειώνουν τη συνολική απόδοση. Αυτά τα τεχνικά ζητήματα εμποδίζουν την ευρύτερη εφαρμογή της βιοενέργειας.
- Προβλήματα διαχείρισης αποθεμάτων και πρώτων υλών: Η διαχείριση των αποθεμάτων του βιοαερίου, των πρώτων υλών και των παραπροϊόντων (παραδείγματος χάρη τα λιπάσματα) είναι περίπλοκη. Απαιτούνται εξειδικευμένα συστήματα αποθήκευσης και μεταφοράς, δυσχεραίνοντας με αυτό τον τρόπο την αποτελεσματική εφαρμογή της βιοενέργειας σε μεγάλη κλίμακα.

Τα παραπάνω προβλήματα εμποδίσαν την ανάπτυξη της αγροτικής βιοενέργειας στην Κίνα. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί, κατά κύριο λόγο, η ανοιχτή καύση βιομάζας, η οποία επιδρά αρνητικά στο περιβάλλον. Για να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες που αντιμετωπίζει η ανάπτυξη της βιοενέργειας στις αγροτικές περιοχές θα πρέπει να βελτιωθεί σημαντικά η τεχνολογία και θα πρέπει να εφαρμοστούν πιο αποτελεσματικές πολιτικές, προκειμένου να αυξηθεί η οικονομική αξία της βιοενέργειας, διασφαλίζοντας ότι μπορεί να γίνει αποδεκτή ως μία καθαρή και χαμηλού κόστους λύση για θέρμανση και ρεύμα. [35]

7.2.4. Γεωθερμική ενέργεια

Η χρήση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αποτελεί σημαντική στρατηγική για την προσαρμογή της ενεργειακής δομής σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς συμβάλλει στη μείωση των αερίων του θερμοκηπίου και στη βιώσιμη ανάπτυξη. Επομένως, η υλοποίηση και η εφαρμογή τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές υψηλής απόδοσης και χαμηλού κόστους έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην αειφόρο ανάπτυξη παγκοσμίως. Η γεωθερμική ενέργεια αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του κλάδου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, καθώς αναπτύχθηκε και χρησιμοποιήθηκε στις αρχές της ιστορίας των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Συγκριτικά με τις άλλες μορφές ενέργειας, η γεωθερμική παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα. Παραδείγματος χάρη, υπάρχουν μεγάλα αποθέματα, ευρεία κατανομή, καλή σταθερότητα και υψηλή απόδοση χρήσης. Οι γεωθερμικές πηγές θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για μεγάλο χρονικό διάστημα όταν καθιερωθούν. Οι γεωθερμικές εγκαταστάσεις μπορούν να προσφέρουν μακροπρόθεσμα αξιόπιστη και σταθερή ενέργεια, με ελάχιστη συντήρηση και χαμηλά λειτουργικά κόστη. Αυτό καθιστά τη γεωθερμική ενέργεια σημαντική για τον μελλοντικό ενεργειακό εφοδιασμό, καθώς οι χώρες επιδιώκουν να μειώσουν την εξάρτησή τους από τα ορυκτά καύσιμα και να στραφούν σε πιο καθαρές πηγές ενέργειας. [80] Ως ανανεώσιμη πηγή που προσφέρει σταθερή και αδιάλειπτη παροχή

ενέργειας, η γεωθερμική μπορεί να διαδραματίσει καθοριστικό ρόλο στο μέλλον του παγκόσμιου ενεργειακού τομέα. Σύμφωνα με θεωρητικούς υπολογισμούς, τα ενεργειακά αποθέματα στα ανώτερα 10 χιλιόμετρα του φλοιού της γης ανέρχονται σε περίπου $3,6 \times 10^{14}$ GWh. Πρόκειται για μία ποσότητα που ξεπερνά κατά πολύ τις παγκόσμιες ενεργειακές ανάγκες. [81] Χρησιμοποιώντας τον παγκόσμιο ρυθμό κατανάλωσης ενέργειας του 2012, περίπου $1,7 \times 10^8$ GWh/έτος ως σημείο αναφοράς, αυτά τα γεωθερμικά αποθέματα θα μπορούσαν θεωρητικά να παρέχουν την παγκόσμια χρήση ενέργειας για περίπου 2,11 εκατομμύρια χρόνια. [81] Σε σύγκριση με την αιολική και την ηλιακή ενέργεια, η γεωθερμική παρουσιάζει σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς δεν επηρεάζεται από τις αλλαγές του καιρού και των εποχών. Η αιολική και η ηλιακή ενέργεια εξαρτώνται από τις καιρικές συνθήκες και τον ημερήσιο κύκλο. Σαν αποτέλεσμα, υπάρχουν διακυμάνσεις στην παραγωγή τους. Αντίθετα, η γεωθερμική ενέργεια είναι διαθέσιμη συνεχώς, παρέχοντας σταθερή και αξιόπιστη παροχή ενέργειας χωρίς να επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες. [81]

Χώρες με άφθονους γεωθερμικούς πόρους στρέφονται όλο και περισσότερο προς τις τεχνολογίες γεωθερμικής χρήσης, αναγνωρίζοντας τη μεγάλη αξία αυτής της καθαρής και σταθερής μορφής ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια, λόγω των πλεονεκτημάτων της, αποτελεί μια εξαιρετικά αξιόπιστη λύση για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Σε σύγκριση με τις τεχνολογίες παραγωγής αιολικής και ηλιακής ενέργειας, η γεωθερμική ενέργεια διαθέτει υψηλότερο συντελεστή χωρητικότητας και χαμηλότερες τιμές περιβαλλοντικών επιπτώσεων, καθώς εκείνη αποθηκεύεται υπόγεια. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, ο συντελεστής αξιοποίησης της γεωθερμικής ενέργειας είναι μεγαλύτερος από 0,70, ο οποίος είναι αρκετά μεγαλύτερος συγκριτικά με τις τεχνολογίες παραγωγής ενέργειας των φωτοβολταϊκών, των αιολικών ή της βιομάζας. Επομένως, οι γεωθερμικές πηγές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας βασικού φορτίου. Με αυτό τον τρόπο, θα αντισταθμίζονται οι διακυμάνσεις της ηλιακής και της αιολικής ενέργειας. Η γεωθερμική ενέργεια είναι η θερμική ενέργεια που βρίσκεται αποθηκευμένη στο εσωτερικό της γης, η οποία προέρχεται από την αρχική δημιουργία του πλανήτη, τη διάσπαση ραδιενεργών στοιχείων και άλλες γεωλογικές διαδικασίες. Αυτή η θερμότητα τελικά αποστέλλεται στην επιφάνεια μέσω ηφαιστειακών εκρήξεων, θερμικής αγωγιμότητας μέσω πετρωμάτων, θερμών πηγών και της ροής των υπόγειων υδάτων που φέρουν θερμότητα. [80] Η θερμότητα που αναδύεται στην επιφάνεια της γης μπορεί να διαχωριστεί σε δύο κύριες κατηγορίες εφαρμογών:

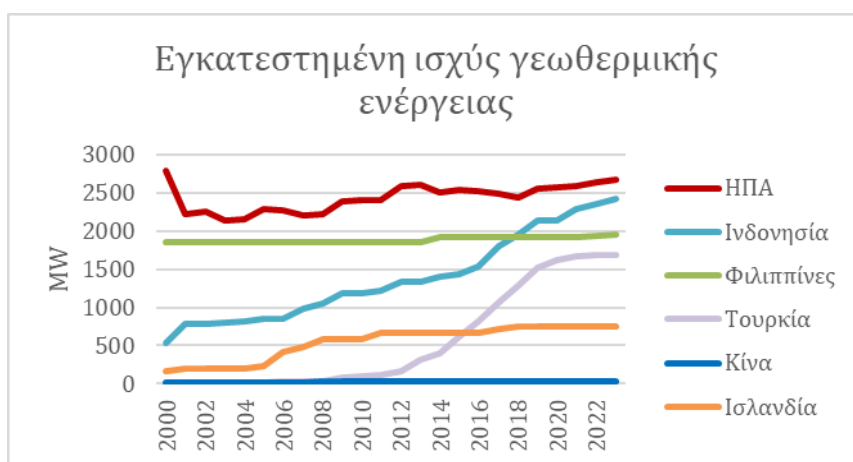
1. Άμεση χρήση: Σε αυτήν την περίπτωση, η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται απευθείας χωρίς να μετατρέπεται σε ηλεκτρική ενέργεια. Παραδείγματος χάρη:
 - Κολύμβηση σε ιαματικές πηγές, όπου το ζεστό νερό χρησιμοποιείται για θεραπευτικούς και ψυχαγωγικούς σκοπούς.
 - Γεωθερμική υδατοκαλλιέργεια, όπου το ζεστό νερό από τις γεωθερμικές πηγές χρησιμοποιείται για την εκτροφή ψαριών και άλλων θαλάσσιων ειδών.
 - Γεωθερμική θέρμανση, που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση κτηρίων.
2. Έμμεση χρήση: Σε αυτήν την περίπτωση, η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Το ζεστό νερό ή ο ατμός από τις γεωθερμικές πηγές οδηγείται σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Μεταξύ όλων των μεθόδων ανάπτυξης και χρήσης των γεωθερμικών πόρων, η παραγωγή ενέργειας είναι αναμφίβολα η πιο αποτελεσματική με βάση τα χαρακτηριστικά της γεωθερμικής ενέργειας.

Σύμφωνα με έρευνες, η σύγχρονη γεωθερμική παραγωγή ενέργειας (Geothermal Power Generation - GPG) παρουσιάζει αρκετά υψηλό ποσοστό χρησιμοποίησης, που αγγίζει περίπου το 90% υπό ιδανικές συνθήκες. Αυτό το ποσοστό είναι σημαντικά μεγαλύτερο από το ποσοστό της άμεσης χρήσης, το οποίο κυμαίνεται γύρω στο 30%. Η διαφορά αυτή οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι η παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας από τους γεωθερμικούς πόρους αξιοποιεί τις θερμικές δυνατότητες των γεωθερμικών ρευστών με πιο αποδοτικό τρόπο, επιτρέποντας τη συνεχή λειτουργία των σταθμών παραγωγής. Αντίθετα, οι εφαρμογές άμεσης χρήσης επηρεάζονται από διάφορους εξωτερικούς παράγοντες, όπως είναι οι εποχιακές ανάγκες. Επομένως, το επίπεδο ανάπτυξης και αξιοποίησης των γεωθερμικών πόρων μιας χώρας μετριέται συχνά από την κλίμακα της γεωθερμικής παραγωγής της (GPG). Η γεωθερμική παραγωγή ενέργειας (GPG) είναι άνισα ανεπτυγμένη σε παγκόσμιο επίπεδο. Ορισμένες χώρες, όπως οι Ηνωμένες Πολιτείες, οι Φιλιππίνες, η Ινδονησία, η Νέα Ζηλανδία και το Μεξικό, έχουν σημειώσει σημαντική πρόοδο. Η γεωθερμική ενέργεια κατέχει σημαντική θέση στον ενεργειακό τους τομέα. Αυτές οι χώρες διαθέτουν άφθονους γεωθερμικούς πόρους, τους οποίους έχουν αξιοποιήσει σε μεγαλύτερη κλίμακα, αναπτύσσοντας μεγάλες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Αξιοσημείωτο είναι το παράδειγμα της Ισλανδίας όσον αφορά το επίπεδο ανάπτυξης και αξιοποίησης των γεωθερμικών πόρων. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, μόνο το 11% της συνολικής κατανάλωσης της πρωτογενούς ενέργειας της Ισλανδίας προέρχεται από εισαγωγές, υποδεικνύοντας ότι η χώρα είναι ανεξάρτητη από εξωτερικές πηγές ενέργειας. Περίπου το 60,7% της πρωτογενούς ενέργειας της Ισλανδίας προέρχεται από γεωθερμικούς πόρους και η εγκατεστημένη ισχύς της γεωθερμικής ενέργειας αντιπροσωπεύει το 26,9% του συνόλου της χώρας. Ταυτόχρονα, η ανάπτυξη και αξιοποίηση της γεωθερμικής ενέργειας κατέστησε την τουριστική βιομηχανία της Ισλανδίας πιο ζωντανή. Παρά τους τεράστιους γεωθερμικούς πόρους που διαθέτει η Κίνα, η εκμετάλλευσή τους παραμένει σε πολύ χαμηλό επίπεδο. Σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία, τα γεωθερμικά αποθέματα της χώρας σε βάθος 3 χιλιομέτρων εκτιμώνται ότι είναι περίπου 2.000 φορές η ενεργειακή οικιακή κατανάλωση για το 2019. Ωστόσο, ο τρέχων λόγος εκμετάλλευσης της γεωθερμικής ενέργειας είναι μικρότερος από 1%. [82] Αυτό το χάσμα μεταξύ του δυναμικού και της εκμετάλλευσης δείχνει ότι η Κίνα δεν έχει ακόμη αξιοποιήσει πλήρως τα τεράστια γεωθερμικά της αποθέματα. Από τη δεκαετία του 1970, η Κίνα ανέπτυξε και χρησιμοποίησε τους γεωθερμικούς πόρους κατασκευάζοντας αρκετούς γεωθερμικούς σταθμούς. Εκτός από το Yangbajain, αυτοί οι σταθμοί παραγωγής ενέργειας χρησιμοποιούν τεχνολογία δυαδικού κύκλου για «GPG» χαμηλής χωρητικότητας και μέσης έως χαμηλής θερμοκρασίας. Οι περισσότεροι από αυτούς τους σταθμούς έκλεισαν ένα μικρό χρονικό διάστημα μετά τη λειτουργία τους λόγω οικονομικών προβλημάτων και χαμηλής αποδοτικότητας. [80]

Από το 2010, η παραγωγή γεωθερμικής ενέργειας στην Κίνα έχει σημειώσει κάποια πρόοδο, αλλά δεν είναι ακόμη συγκρίσιμη με την ανάπτυξη των άλλων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. [80] Κατά την περίοδο του «12ου Πενταετούς Προγράμματος» (2011-2015), το Γραφείο Γεωλογικής Έρευνας της Κίνας του Υπουργείου Γης και Πόρων οργάνωσε μια σειρά ερευνών για να αξιολογήσει τα αποθέματα γεωθερμικών πόρων της χώρας. Μεταξύ αυτών, έχουν ολοκληρωθεί έρευνες για τη ρηχή γεωθερμική ενέργεια 336 πόλεων και τους υπόγειους ιαματικούς υδάτινους πόρους 31 επαρχιών (περιοχές, πόλεις). Αυτές οι έρευνες παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες σχετικά με τις υπάρχουσες συνθήκες, τα χαρακτηριστικά διανομής και την ανάπτυξη και χρήση της γεωθερμικής ενέργειας στην Κίνα. Τα αποτελέσματα των ερευνών δείχνουν ότι η Κίνα διαθέτει τεράστιο ανεκμετάλλευτο δυναμικό γεωθερμικής ενέργειας. Συγκεκριμένα, η ετήσια εκμεταλλεύσιμη ποσότητα γεωθερμικών πόρων εκτιμάται ότι ισοδυναμεί με 2,6 δισεκατομμύρια τόνους τυπικού άνθρακα. Ωστόσο, η

τρέχουσα εκμετάλλευση της γεωθερμικής ενέργειας είναι πολύ χαμηλή, με ετήσια απόδοση που ισοδυναμεί με 21 εκατομμύρια τόνους τυπικού άνθρακα. Η γεωθερμική ενέργεια έχει επομένως μεγάλες δυνατότητες. [83] Οι γεωθερμικοί πόροι μπορούν, είτε να χρησιμοποιηθούν άμεσα, είτε έμμεσα για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Η άμεση χρήση περιλαμβάνει κυρίως θέρμανση, ψύξη, καλλιέργεια θερμοκηπίου (υδατοκαλλιέργεια), λουτρά θερμών πηγών (τουρισμός και υγειονομική περίθαλψη) και η χρήση της στην Κίνα κατέχει την πρώτη θέση στον κόσμο εδώ και πολλά χρόνια. Η Κίνα αντιπροσώπευε σχεδόν το 30% της άμεσης χρήσης της παγκόσμιας γεωθερμικής ενέργειας το 2017. Από το 2010, η άμεση χρήση ρηχής γεωθερμικής ενέργειας και υπόγειου ζεστού νερού στην Κίνα έχει αυξηθεί με μέσο ετήσιο ρυθμό 28% και 10% αντίστοιχα, με ταχεία ανάπτυξη στις περιοχές Beijing, Tianjin, Hebei, και Shandong. [83] Ωστόσο, υπάρχει περιθώριο ανάπτυξης για τη γεωθερμική ενέργεια στον κλάδο της ηλεκτροπαραγωγής.



Πηγή: [84]

Εικόνα 42: Η εγκατεστημένη ισχύς της γεωθερμικής ενέργειας ανά τον κόσμο

Για να αντιμετωπίσει την ατμοσφαιρική ρύπανση, η Κίνα έχει δώσει έμφαση στην προώθηση των καθαρών μορφών θέρμανσης και έχει ξεκινήσει μια σειρά από έργα γεωθερμικής θέρμανσης. Αυτά τα έργα έχουν στόχο να μειώσουν τη χρήση των ορυκτών καυσίμων για θέρμανση, που συμβάλλουν σημαντικά στη ρύπανση του αέρα, ειδικά κατά τη χειμερινή περίοδο. Επιπλέον, η γεωθερμική ενέργεια χρησιμοποιείται για φύτευση και υδατοκαλλιέργεια στην πεδιάδα της Βόρειας Κίνας. Ακόμα, η ταχεία ανάπτυξη του τουρισμού κατά μήκος της νοτιοανατολικής ακτής έχει οδηγήσει στην άμεση χρήση της γεωθερμικής ενέργειας στην περιοχή αυτή. Η Κίνα έχει ξεκινήσει τις προσπάθειες αξιοποίησης των γεωθερμικών πόρων για την παραγωγή ενέργειας από τη δεκαετία του 1970. Ωστόσο, η ανάπτυξη της γεωθερμικής ενέργειας στη χώρα εξελίσσεται με αργούς ρυθμούς, κυρίως λόγω των υψηλών επενδυτικών απαιτήσεων. Στα τέλη του 2023, η εγκατεστημένη ισχύς παραγωγής γεωθερμικής ενέργειας της Κίνας ήταν μόλις 25,75 MW. [84]

7.3. Νέες πειραματικές τεχνολογίες

7.3.1. Παλιρροιακή ενέργεια

Η παλιρροϊκή ενέργεια, μια μορφή ανανεώσιμης θαλάσσιας ενέργειας, η οποία προέρχεται από τις βαρυτικές δυνάμεις της σελήνης και του ήλιου, καθώς και από την περιστροφή της γης. Εκμεταλλεύεται την δυναμική ενέργεια που δημιουργείται από τη διαφορά της στάθμης του νερού μεταξύ παλίρροιας και άμπωτης, κυρίως μέσω της κατασκευής φραγμάτων. Αυτά τα φράγματα τοποθετούνται σε εκβολές ποταμών ή στις εισόδους κόλπων σε παράκτιες περιοχές, ώστε να σχηματίζουν δεξαμενές. Η διαφορά στη στάθμη του νερού στις δύο πλευρές του φράγματος κινεί τουρμπίνες, οι οποίες είναι ενσωματωμένες στον τοίχο του φράγματος, παράγοντας ηλεκτρική ενέργεια. Στα παράκτια ύδατα της Κίνας, που περιλαμβάνουν τη θάλασσα Bohai, την Κίτρινη θάλασσα, τη θάλασσα της Ανατολικής Κίνας και τη θάλασσα της Νότιας Κίνας, υπολογίζεται ότι θα μπορούσαν να εγκατασταθούν περίπου 110 GW παλιρροϊκής ισχύος. Επιπλέον, έχουν εντοπιστεί 426 πιθανοί χώροι για την κατασκευή φραγμάτων παλιρροϊκής ενέργειας κατά μήκος των ακτών της Κίνας. Οι χώροι αυτοί θα είχαν συνολική εγκατεστημένη ισχύ 21,8 GW και εκτιμώμενη ετήσια παραγωγή ενέργειας 62.400 GWh. [85]

Η Κίνα είναι μία από τις πρωτοπόρες χώρες στην αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας. Η χρήση των πόρων παλιρροϊκής ενέργειας και η κατασκευή παλιρροϊκών μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ξεκίνησαν από τη δεκαετία του 1950, όταν κατασκευάστηκαν 42 παλιρροϊκά εργοστάσια. Κατά τη δεκαετία του 1970 κατασκευάστηκαν περισσότερα από 10 επιπλέον εργοστάσια. Ωστόσο, τα περισσότερα από αυτά εγκαταλείφθηκαν λίγο μετά την έναρξη λειτουργίας τους. Αυτό αποδίδεται κυρίως στους εξής παράγοντες: μη ανεπτυγμένη τεχνολογία, ανεπαρκής συντήρηση των γεννητριών, χαμηλή αναλογία κόστους - οφέλους καθώς και δυσκολία στη λειτουργία των μονάδων παραγωγής. [85] Έκτοτε, δεν έχουν γίνει μεγάλα βήματα ανάπτυξης σε αυτόν τον κλάδο. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, η εγκατεστημένη ισχύς των μονάδων παραγωγής παλιρροιακής ενέργειας ήταν 6-7 MW το 2023.

7.3.2. Ενέργεια παλιρροιακών ρευμάτων

Η ενέργεια των παλιρροϊκών ρευμάτων μπορεί να αξιοποιηθεί αποτελεσματικά και να εμπλουτίσει το ενεργειακό μείγμα της Κίνας. Η κινητική ενέργεια των ρευμάτων μπορεί να μετατραπεί σε ηλεκτρική ενέργεια με τη χρήση μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι οποίες τοποθετούνται απευθείας μέσα στα ρεύματα. Η ισχύς των ρευμάτων εξαρτάται από την ταχύτητα και τη ροή αυτών. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, θα μπορούσαν να κατασκευαστούν μονάδες ισχύος 13,95 GW σε όλη την επικράτεια της Κίνας. [85] Η αξιοποίηση της ενέργειας των παλιρροϊκών ρευμάτων στην Κίνα χρονολογείται από τη δεκαετία του 1980. Ωστόσο, η ανάπτυξη της έχει προχωρήσει με αργούς ρυθμούς. Μέχρι σήμερα, έχουν κατασκευαστεί τέσσερις σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που εκμεταλλεύονται τα παλιρροϊκά ρεύματα. Αυτοί είναι οι εξής: ο Wanxiang I ισχύος 70 kW, ο Wanxiang II ισχύος 40 kW, ο Haiming I ισχύος 10 kW και ο Haineng I με ισχύ 300 kW. Ο τελευταίος από αυτούς, ο Haineng I, χρησιμοποιεί τουρμπίνα παλιρροϊκών ρευμάτων κάθετου άξονα και είναι από τους μεγαλύτερους σταθμούς αυτού του είδους παγκοσμίως. [85]

Αυτό υποδηλώνει ότι η Κίνα έχει αρχίσει να κάνει σημαντικά βήματα στην αξιοποίηση της ενέργειας των παλιρροϊκών ρευμάτων. Η περαιτέρω προώθηση αυτής της καινοτόμου μορφής ανανεώσιμης

ενέργειας και η μεγάλης κλίμακας εμπορική της χρήση θα έχει πολλαπλά οφέλη. Αυτά περιλαμβάνουν την ενίσχυση της βιομηχανίας μηχανημάτων και επεξεργασίας υλικών, την ενίσχυση της τοπικής και περιφερειακής οικονομικής ανάπτυξης και τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Παράλληλα, η επιτυχία στην εμπορική αξιοποίηση της παλιρροϊκής ενέργειας θα ενισχύσει την ενεργειακή μετάβαση της Κίνας προς πιο καθαρές και βιώσιμες λύσεις, περιορίζοντας την εξάρτηση από τα ορυκτά καύσιμα και μειώνοντας τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα. Τέλος, τέτοιου είδους επενδύσεις σε τεχνολογίες ανανεώσιμης ενέργειας ενισχύουν τη διεθνή θέση της Κίνας ως ηγέτη στην ανάπτυξη καινοτόμων λύσεων στον ενεργειακό τομέα.

7.3.3. Κυματική ενέργεια

Η ενέργεια από κύματα χαρακτηρίζεται από τη μεγαλύτερη δυσκολία να προβλεφθεί μεταξύ των θαλάσσιων ενεργειακών πόρων, καθώς τα κύματα προκαλούνται από τους ανέμους που πνέουν στην επιφάνεια των ωκεανών, οι οποίοι μεταβάλλονται συνεχώς. Η ενέργεια στα κύματα είναι ανάλογη του τετραγώνου του ύψους τους και της περιόδου κίνησης. Επομένως, σε ωκεάνια κύματα με περιόδους 4 έως 6 δευτερόλεπτα και πλάτη 1 έως 1,6 μέτρα, υπάρχουν αξιοσημείωτες ροές ενέργειας που κατά μέσο όρο κυμαίνονται μεταξύ 2 και 8 kW ανά μονάδα πλάτους των επερχόμενων κυμάτων. [85] Εκτιμάται ότι υπάρχουν περίπου 12,85 GW δυναμικού κυματικής ισχύος στα παράκτια ύδατα της Κίνας και πιο συγκεκριμένα στη θάλασσα Bohai, στην Κίτρινη Θάλασσα, στην Ανατολική Κινεζική Θάλασσα και στη Νότια Κινεζική Θάλασσα. [85] Η ταλαντευόμενη υδάτινη στήλη (oscillating water column - OWC), το εκκρεμές, ο ταλαντευόμενος πλωτήρας και η πάπια του Salter (Salter's duck) είναι οι τέσσερις τύποι μετατροπών κυματικής ενέργειας (wave energy converters - WEC) που έχουν αναπτυχθεί και δοκιμαστεί σε θαλάσσιες εφαρμογές στην Κίνα. Σε σύγκριση με άλλους τύπους WEC, η μελέτη των OWC στην Κίνα διήρκεσε αρκετό χρόνο. Μέχρι στιγμής, το Ινστιτούτο Μετατροπής Ενέργειας της Guangzhou έχει κατασκευάσει τρεις πειραματικές παράκτιες εγκαταστάσεις OWC ισχύος 3 kW, 20 kW και 100 kW, αντίστοιχα, καθώς και έναν πλωτήρα με κυρτό αγωγό OWC ισχύος 5 kW. Ακόμα, στην Κίνα υπάρχουν δύο παράκτια εκκρεμή WEC εγκατεστημένης ισχύος 8 kW και 30 kW, αντίστοιχα. Το δεύτερο εκκρεμές των 30 kW κατασκευάστηκε μαζί με φωτοβολταϊκά συστήματα και ανεμογεννήτριες για να καλυφθούν οι ενεργειακές ανάγκες του νησιού Daguan, στην επαρχία Shandong. Επιπλέον, μια πλωτή συσκευή τύπου "πάπιας" (Salter's duck) εγκατεστημένης ισχύος 10 kW αναπτύχθηκε στα τέλη του 2009, μετά από τρία χρόνια έρευνας και δοκιμών. Προς το παρόν, το κόστος των WEC στην Κίνα παραμένει υψηλότερο σε σύγκριση με άλλες μορφές ενέργειας, όπως τα ορυκτά καύσιμα και τις άλλες ανανεώσιμες πηγές. Ωστόσο, η συγκεκριμένη τεχνολογία έχει μεγάλες προοπτικές, ιδίως σε νησιωτικές περιοχές, όπου η προμήθεια ορυκτών καυσίμων είναι δαπανηρή και αναμένεται να γίνει ακόμα πιο δύσκολη και ασύμφορη στο μέλλον. Η ανάπτυξη των WEC σε τέτοιες περιοχές αποτελεί μία βιώσιμη λύση για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των πολιτών, μειώνοντας την εξάρτηση τους από τις εισαγωγές καυσίμων. Επιπλέον, η χρήση αυτής της τεχνολογίας μπορεί να προωθήσει τη δημιουργία «πράσινων» υποδομών στα νησιά, βελτιώνοντας την ενεργειακή τους ασφάλεια και συμβάλλοντας στη μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Παρά τις τρέχουσες προκλήσεις, όσον αφορά το κόστος και την αποτελεσματικότητα αυτής της τεχνολογίας, η περαιτέρω έρευνα και ανάπτυξη θα μπορούσαν να μειώσουν το κόστος παραγωγής, καθιστώντας την μία πιο ανταγωνιστική και ελκυστική επιλογή για βιώσιμη ενέργεια στο μέλλον.

7.3.4. Τεχνολογία δέσμευσης, χρήσης και αποθήκευσης του διοξειδίου του άνθρακα

Η υπερθέρμανση του πλανήτη έχει αναδειχθεί ως ένα κρίσιμο περιβαλλοντικό ζήτημα σε όλο τον κόσμο, οδηγώντας στη συχνή εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων. Πολλές χώρες έχουν λάβει προληπτικά μέτρα για τη μείωση των εκπομπών άνθρακα. Η κινεζική κυβέρνηση έχει δεσμευθεί αποφασιστικά να επιτύχει ουδετερότητα άνθρακα έως το 2060. Μέχρι το τέλος του 2022, περισσότερα από 70 επίσημα έγγραφα πολιτικής σχετικά με τη δέσμευση, την αξιοποίηση και την αποθήκευση CO₂ (carbon capture, utilization, and storage - CCUS) έχουν ανακοινωθεί στην Κίνα. Αναφορές δείχνουν ότι ο στόχος μείωσης των εκπομπών της Κίνας ανέρχεται σε 20 έως 408 εκατομμύρια τόνους έως το 2030, 0,6 έως 1,45 δισεκατομμύρια τόνους έως το 2050, και 1 έως 1,82 δισεκατομμύρια τόνους έως το 2060. [86] Ο κλάδος του CCUS αποτελείται από τα στάδια της δέσμευσης, της μεταφοράς, της αξιοποίησης και της αποθήκευσης του διοξειδίου του άνθρακα, καλύπτοντας διάφορους βιομηχανικούς τομείς, όπως της ηλεκτρικής ενέργειας, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου. Τα τελευταία χρόνια, τα έργα επίδειξης CCUS στην Κίνα αναπτύσσονται ραγδαία, σημειώνοντας σημαντική αύξηση τόσο στον αριθμό όσο και στην κλίμακα τους. Η Κίνα έχει ξεκινήσει να επενδύει σε πιλοτικά έργα CCUS και να αναπτύσσει στρατηγικές για τη βελτιστοποίηση της χρήσης αυτής της τεχνολογίας. Μέχρι το τέλος του 2022, υπήρχαν σχεδόν εκατό έργα επίδειξης CCUS στην Κίνα σε λειτουργία ή σε φάσεις σχεδιασμού και κατασκευής, εκ των οποίων περισσότερα από τα μισά βρίσκονται ήδη σε λειτουργία. Αυτά τα έργα διαθέτουν δυνατότητα δέσμευσης περίπου 4 εκατομμυρίων τόνων CO₂ ετησίως και δυνατότητα έγχυσης περίπου 2 εκατομμυρίων τόνων CO₂ ετησίως. [86] Αν και η Κίνα είναι ο μεγαλύτερος εκπομπός CO₂ παγκοσμίως, η τεχνολογία CCUS παρουσιάζει μεγάλες δυνατότητες για την αντιμετώπιση των ρύπων. Η Κίνα διαθέτει τεράστια θεωρητική χωρητικότητα αποθήκευσης για την τεχνολογία CCUS, που υπολογίζεται ότι κυμαίνεται μεταξύ 1,21 και 4,13 τρισεκατομμυρίων τόνων. [86] Αυτό την καθιστά μία από τις πιο πρόσφορες χώρες στον κόσμο για την ανάπτυξη και την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας. Η τεχνολογία CCUS μπορεί να συμβάλει σημαντικά στη μείωση των ρύπων, ιδιαίτερα σε βιομηχανίες με υψηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, όπως η παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, η τσιμεντοβιομηχανία και η χαλυβουργία. Η επιτυχής εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας θα μπορούσε να αποτελέσει βασικό στοιχείο για την επίτευξη των στόχων της Κίνας, παρέχοντας ταυτόχρονα λύσεις για την παγκόσμια μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα. Παρά τις υποσχόμενες προοπτικές, η ανάπτυξη της τεχνολογίας CCUS εξαρτάται από αρκετούς παράγοντες όπως το υψηλό κόστος, την κοινωνική αποδοχή, την ανάγκη για πολιτική υποστήριξη, καθώς και την προσαρμογή των υφιστάμενων υποδομών για τη χρήση και την αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα.

8. Συζήτηση

Η Ανάλυση Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων (Multi-Level Perspective analysis - MLP) αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για την κατανόηση της ενεργειακής μετάβασης στην Κίνα. Η αλληλεπίδραση μεταξύ του «landscape», του «regime» και των καινοτόμων τεχνολογιών, τις «niches», έχει προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στον ενεργειακό τομέα της Κίνας τις τελευταίες δεκαετίες. Το ενεργειακό καθεστώς της Κίνας, το «regime», βασίζεται στα ορυκτά καύσιμα και κυρίως στον άνθρακα. Ο άνθρακας, ως η κύρια πηγή ενέργειας, έχει κυριαρχήσει για πάρα πολλά χρόνια στην ενεργειακή δομή της χώρας. Ωστόσο, οι ευρύτερες εξελίξεις στο «landscape» έχουν ασκήσει μεγάλη επιρροή στο ενεργειακό τοπίο. Η παγκόσμια μάχη κατά της κλιματικής αλλαγής και οι δεσμεύσεις της Κίνας για την μείωση των εκπομπών άνθρακα έχουν ασκήσει έντονη πίεση στο παραδοσιακό ενεργειακό καθεστώς. Επιπλέον, η οικονομική ανάπτυξη της χώρας και η ανάγκη για μεγαλύτερη ενεργειακή ασφάλεια την έχουν αναγκάσει να επανεξετάσει την εξάρτησή της από τον άνθρακα. Επιπρόσθετα, η αυξανόμενη αστικοποίηση και η επιδείνωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης έχουν δημιουργήσει μεγάλη κοινωνική πίεση για πιο καθαρές μορφές ενέργειας. Όλες αυτές οι εξελίξεις έχουν δημιουργήσει μεγάλες αναταράξεις στο «regime». Χάρη σε αυτές, εμφανίστηκαν και αναπτύχθηκαν οι καινοτόμες τεχνολογίες, τις «niches». Πρόκειται για τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας οι οποίες έχουν αποκτήσει ηγετικό ρόλο στο ενεργειακό μείγμα της χώρας. Οι επενδύσεις στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας έχουν εκτοξευθεί και η συμμετοχή τους στο ενεργειακό μείγμα έχει αυξηθεί σημαντικά. Η Κίνα έχει εξελιχθεί σε παγκόσμιο ηγέτη στις ανανεώσιμες τεχνολογίες. Στον ενεργειακό τομέα της Κίνας, οι πιέσεις του «landscape» έχουν οδηγήσει σταδιακά στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την ανάπτυξη και την εξάπλωση των «niches». Παρότι στο «regime» ο άνθρακας εξακολουθεί να κυριαρχεί, η ταχεία πρόοδος στις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας δείχνει ότι η χώρα βρίσκεται στα πρώτα βήματα μιας ευρύτερης ενεργειακής μετάβασης. Οι καινοτόμες τεχνολογίες που αναδύονται σήμερα θα αποτελέσουν τη βάση για την επόμενη γενιά του ενεργειακού συστήματος της Κίνας.

Η αυξανόμενη κατανάλωση ενέργειας στην Κίνα θα οδηγήσει σε αύξηση της εγχώριας ζήτησης για βασικές πηγές ενέργειας όπως είναι ο άνθρακας, τα προϊόντα πετρελαίου, η ηλεκτρική ενέργεια και το φυσικό αέριο. Ωστόσο, λόγω των μετασχηματισμών στην ενεργειακή δομή της χώρας, η ανάπτυξη της ζήτησης θα επηρεάζεται όλο και περισσότερο από πιο καθαρές και βιώσιμες μορφές ενέργειας, όπως είναι το φυσικό αέριο (αρχικά, σε ένα μεταβατικό στάδιο) και οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Η ζήτηση για άνθρακα θα παραμείνει υψηλή, δεδομένου ότι ο άνθρακας συνεχίζει να καταλαμβάνει σημαντικό μερίδιο στο ενεργειακό μείγμα της Κίνας. Όσον αφορά την πρωτογενή ενέργεια, η ζήτηση για φυσικό αέριο και άνθρακα αναμένεται να αυξηθεί αρχικά και στη συνέχεια να μειωθεί καθώς η χώρα θα επενδύει περισσότερο σε καθαρές μορφές ενέργειας. Η ζήτηση για πετρέλαιο θα αρχίσει να μειώνεται νωρίτερα και θα συνεχίσει να υποχωρεί έως το 2060. [87] Συνολικά, η ενεργειακή δομή της Κίνας θα βελτιστοποιηθεί σταδιακά. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, για την πλευρά του ενεργειακού εφοδιασμού, η παραγωγή άνθρακα στην Κίνα θα μειωθεί σημαντικά τις επόμενες δεκαετίες, καθώς η χώρα επιδιώκει να μειώσει την εξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα και να στραφεί σε καθαρότερες μορφές ενέργειας. Η παραγωγή άνθρακα θα συρρικνωθεί, και η ικανότητα παραγωγής θα γίνει πιο συγκεντρωτική. Αυτό σημαίνει ότι η εξόρυξη του άνθρακα θα περιοριστεί σε μερικές μεγάλες βάσεις, που θα εστιάζουν στην αποδοτικότερη παραγωγή και στην εφαρμογή τεχνολογιών μείωσης των ρύπων. Οι επενδύσεις σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας θα οδηγήσουν σε εντυπωσιακή αύξηση της δυναμικότητας παραγωγής της αιολικής και ηλιακής ενέργειας, καθώς η Κίνα επιδιώκει

να μειώσει την εξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα και να προωθήσει τη χρήση καθαρών και βιώσιμων μορφών ενέργειας. Προβλέπεται ότι η εξωτερική εξάρτηση του πετρελαίου και του φυσικού αερίου θα είναι σχετικά υψηλή στο μέλλον. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, οι συνολικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου από την κατανάλωση ενέργειας στην Κίνα μεταξύ 2017 και 2060 θα είναι περίπου 262.783 εκατομμύρια τόνοι ισοδύναμου CO₂. [87]

8.1. Συμπεράσματα

Ο ρόλος της Κίνας, της δεύτερης μεγαλύτερης οικονομίας στον κόσμο, είναι καθοριστικός σε παγκόσμιο επίπεδο. Οι ενέργειες και οι πολιτικές της έχουν ευρύτατες και μακροχρόνιες επιπτώσεις στον πλανήτη, επηρεάζοντας την οικονομία, το περιβάλλον και την τεχνολογική πρόοδο. [88] Αυτό οφείλεται όχι τόσο στο μέγεθος της χώρας αλλά κυρίως στην επιρροή της που προέρχεται από τις τεχνολογίες της και τις στρατηγικές της. Για πάρα πολλά χρόνια, η οικονομική ανάπτυξης της Κίνας στηρίχθηκε στα ορυκτά καύσιμα. Προκειμένου να στηρίξει την οικονομία της, η κινεζική κυβέρνηση παραμέλησε την προστασία του περιβάλλοντος και βοήθησε πολλές ρυπογόνες βιομηχανίες να αναπτυχθούν. Η λειτουργία αυτών των βιομηχανιών έχει προκαλέσει εκτεταμένες ζημιές, μολύνοντας τον ατμοσφαιρικό αέρα και τις υδάτινες πηγές. [89] Ωστόσο, αυτό το μοντέλο ανάπτυξης δεν είναι πλέον βιώσιμο καθώς έχει καταστεί εξαιρετικά καταστροφικό για το περιβάλλον και την κοινωνία. Η μείωση του καταναλισκόμενου άνθρακα και η αντικατάστασή του με πιο καθαρές πηγές ενέργειας αποτελούν σημαντικές προτεραιότητες για την Κίνα. Τον Σεπτέμβριο του 2020, ο Πρόεδρος Χί Jīnpíng ανακοίνωσε στη Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών ότι η Κίνα θα επιδιώξει την ουδετερότητα των εκπομπών άνθρακα έως το 2060. Αυτή η σημαντική δέσμευση δείχνει τις μακροπρόθεσμες φιλοδοξίες και προτεραιότητες της Κίνας. Εκείνη είναι πρόθυμη να εντείνει τις προσπάθειες στον παγκόσμιο αγώνα κατά της κλιματικής αλλαγής. Ο ρόλος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας θα είναι καθοριστικός σε αυτόν τον αγώνα. Η αυξανόμενη δυναμικότητα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Κίνα έχει μειώσει το μερίδιο παραγωγής του άνθρακα σε νέα χαμηλά επίπεδα.

Στο πλαίσιο αυτής της διπλωματικής εργασίας, το πεδίο των μεταβατικών μελετών εξετάζει την ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Κίνα και τους παράγοντες που συνέβαλαν σε αυτό. Συγκεκριμένα, η Ανάλυση Προοπτικής Πολλαπλών Επιπέδων (MLP) αποτελεί μια εξαιρετικά αποτελεσματική μεθοδολογία για την ανάλυση της καινοτομίας του συστήματος, της αειφόρου ανάπτυξης και των μεταβάσεων χαμηλών εκπομπών άνθρακα. Η MLP περιγράφει τις μεταβάσεις που εκτυλίσσονται από μια αλληλεπίδραση παραγόντων μεταξύ των τριών επιπέδων: Niche, Regime και Landscape. Το «landscape» αντιπροσωπεύει το ευρύτερο κοινωνικοτεχνικό πλαίσιο και περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα στοιχείων από διάφορους τομείς, όπως την πολιτική, την οικονομία, τον πολιτισμό και τις τεχνολογικές εξελίξεις. Το «landscape» αποτελεί ένα υπόβαθρο που δεν μεταβάλλεται βραχυπρόθεσμα και επηρεάζει άμεσα το «regime» - το καθεστώς. Οι εξελίξεις στο «landscape» διαμορφώνουν το πλαίσιο εντός του οποίου λειτουργεί το «regime» και αυτή η σχέση αλληλεπίδρασης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την εξέλιξη και τη σταθερότητα της κοινωνίας. Διαφοροποιήσεις στο εξωγενές περιβάλλον μπορούν να αξιολογηθούν με την αντιμετώπιση διαφορετικών παραγόντων. Ωστόσο, μεγάλες αναταράξεις, όπως κοινωνικές εξεγέρσεις ή τεχνολογικές εξελίξεις, μπορούν να διαταράξουν θεμελιωδώς το «landscape», δημιουργώντας νέα παράθυρα ευκαιριών για τις εξειδικευμένες καινοτομίες, γνωστές ως «niches».

Σε αυτή τη διπλωματική εργασία, η συγκεκριμένη μέθοδος ανάλυσης εξετάζει τον ενεργειακό κλάδο της Κίνας δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στην παραγωγή της ηλεκτρικής ενέργειας. Για πάρα πολλές δεκαετίες, η Κίνα βασίζεται στον άνθρακα για να καλύψει τις ενεργειακές της ανάγκες. Η ενεργειακή δομή της, που στηρίζεται κυρίως στον άνθρακα, αποτελεί το καθεστώς - το «regime». Αξίζει να σημειωθεί πως το ποσοστό του άνθρακα στο μείγμα της καταναλισκόμενης πρωτογενούς ενέργειας ήταν 69,59 % το 2000 και 53,88 % το 2023. [80] Ωστόσο, το «regime» επηρεάζεται άμεσα από τις εξελίξεις στο «landscape» - το ευρύτερο κοινωνικοτεχνικό πλαίσιο. Επομένως, οι εξελίξεις που λαμβάνουν χώρα στο «landscape» έχουν σημαντική επίδραση στο καθεστώς. Η μόλυνση του περιβάλλοντος και η παγκόσμια ανησυχία για την κλιματική αλλαγή παίζουν καθοριστικό ρόλο στην ανάπτυξη του ενεργειακού τομέα της Κίνας. Από την πλευρά της Κίνας, γίνονται εντατικές προσπάθειες για να μειωθεί το ποσοστό των ορυκτών καυσίμων στο ενεργειακό μείγμα. Το ποσοστό των ορυκτών καυσίμων στο μείγμα της ηλεκτροπαραγωγής ήταν 82,13 % το 2000 και 64,72 % το 2023. [47] Είναι εμφανές πως η Κίνα προσπαθεί να μειώσει την εξάρτησή της από τα ορυκτά καύσιμα. Σε αυτό το πλαίσιο, προσπαθεί να υποστηρίξει τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας (ΑΠΕ), ενισχύοντας το ρόλο τους στον ενεργειακό τομέα της χώρας. Το ποσοστό της ηλεκτρικής ενέργειας που παράχθηκε από ΑΠΕ ήταν 16,64% το 2000 και 30,68% το 2023. [47] Αυτές οι εξελίξεις στο «landscape» συνέβαλαν σημαντικά στην ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, δηλαδή των «niches». Οι «niches» είναι το τρίτο αναλυτικό επίπεδο της MLP. Στο επίπεδο αυτό, αναπτύσσονται πειραματισμοί και ριζικές καινοτομίες χωρίς να επηρεάζονται άμεσα από το «regime». Τέτοια προστατευμένα περιβάλλοντα μπορούν να προκύψουν από έργα έρευνας και ανάπτυξης, ή από δραστηριότητες σε έναν μη ανταγωνιστικό και μη ρυθμιζόμενο τομέα. Με τις κατάλληλες πολιτικές και τις τεχνολογικές επενδύσεις, η Κίνα έχει τη δυνατότητα να επιτύχει σημαντική μείωση των ρύπων της, συμβάλλοντας στην παγκόσμια προσπάθεια για τον περιορισμό της κλιματικής αλλαγής. Η ανάπτυξη των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στην Κίνα τα τελευταία χρόνια υπήρξε εντυπωσιακή, καθιστώντας τη χώρα παγκόσμιο ηγέτη στην παραγωγή και στην εγκατάσταση τέτοιων τεχνολογιών. Οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, όπως η ηλιακή και η αιολική, έχουν αναπτυχθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια και συνεχίζουν να εξελίσσονται και να εδραιώνονται, καταλαμβάνοντας μεγαλύτερο ποσοστό κάθε χρόνο στο ενεργειακό μείγμα της Κίνας. Αυτές οι «niches», υπό τις κατάλληλες συνθήκες και προϋποθέσεις, αναπτύχθηκαν, εξελίχθηκαν και πλέον ευδοκimούν στον ενεργειακό τομέα της Κίνας. Ωστόσο, δεν ισχύει το ίδιο για όλες τις «niches». Παραδείγματος χάρη, η παλιρροιακή και η κυματική ενέργεια παρότι εφαρμόστηκαν πειραματικά στην Κίνα πριν δεκάδες χρόνια δεν ακολούθησαν την ίδια πορεία. Η στρατηγική στροφή προς τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας είναι αποτέλεσμα μιας συνδυασμένης προσπάθειας να αντιμετωπιστούν οι ανάγκες ενεργειακής ασφάλειας, η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και οι διεθνείς δεσμεύσεις για την κλιματική αλλαγή.

Βιβλιογραφία

1. Azam, A., Rafiq, M., Shafique, M., Zhang, H., Ateeq, M., & Yuan, J. (2021). Analyzing the relationship between economic growth and electricity consumption from renewable and non-renewable sources: Fresh evidence from newly industrialized countries. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 44, 100991.
2. Chen, Y., & Zhang, X. (2021). Investigating the interactions between Chinese economic growth, energy consumption and its air environmental cost during 1989–2016 and forecasting their future trends. *Ecological Modelling*, 461, 109765.
3. Kanger, L. (2021). Rethinking the Multi-level Perspective for energy transitions: From regime life-cycle to explanatory typology of transition pathways. *Energy Research & Social Science*, 71, 101829.
4. Vähäkari, N., Lauttamäki, V., Tapio, P., Ahvenainen, M., Assmuth, T., Lyytimäki, J., & Vehmas, J. (2020). The future in sustainability transitions-Interlinkages between the multi-level perspective and futures studies. *Futures*, 123, 102597.
5. Cao, L., Jin, X. Y., & Jiang, J. (2023). Simulated carbon cycle and Earth system response to atmospheric CO2 removal. *Advances in Climate Change Research*, 14(2), 313-321.
6. El Hana, N., Kondrateva, G., & Martin, S. (2024). Emission-smart advertising: Balancing performance with CO2 emissions in digital advertising. *Technological Forecasting and Social Change*, 209, 123818.
7. Mei, H., Li, Y. P., Suo, C., Ma, Y., & Lv, J. (2020). Analyzing the impact of climate change on energy-economy-carbon nexus system in China. *Applied Energy*, 262, 114568.
8. Woodward, A., Baumgartner, J., Ebi, K. L., Gao, J., Kinney, P. L., & Liu, Q. (2019). Population health impacts of China's climate change policies. *Environmental research*, 175, 178-185.
9. Wu, J., Zuidema, C., & de Roo, G. (2022). Climate policy integration on energy transition: An analysis on Chinese cases at the local scale. *Cities*, 120, 103469.
10. Wang, Y., Gu, A., & Zhang, A. (2011). Recent development of energy supply and demand in China, and energy sector prospects through 2030. *Energy policy*, 39(11), 6745-6759.
11. Wang, Y., He, J., & Chen, W. (2021). Distributed solar photovoltaic development potential and a roadmap at the city level in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110772.
12. Wang, B., Yuan, Z., Liu, X., Sun, Y., Zhang, B., & Wang, Z. (2021). Electricity price and habits: Which would affect household electricity consumption?. *Energy and Buildings*, 240, 110888.
13. Gross domestic product (GDP). (2025, January 15). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/gdp-worldbank?tab=chart&country=~CHN>
14. Guang, F., Wen, L., & Sharp, B. (2022). Energy efficiency improvements and industry transition: An analysis of China's electricity consumption. *Energy*, 244, 122625.

15. Statista. (2025, January 17). GDP distribution across economic sectors in China 2014-2024. <https://www.statista.com/statistics/270325/distribution-of-gross-domestic-product-gdp-across-economic-sectors-in-china/>
16. Zeng, M., Duan, J., Wang, L., Zhang, Y., & Xue, S. (2015). Orderly grid connection of renewable energy generation in China: Management mode, existing problems and solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, 14-28.
17. Liu, H., Ren, Y., & Wang, N. (2021). Energy efficiency rebound effect research of China's coal industry. *Energy Reports*, 7, 5475-5482.
18. Ge, T., Ding, Z., Lu, X., & Yang, K. (2023). Spillover effect of energy intensity targets on renewable energy consumption in China: a spatial econometric approach. *Renewable Energy*, 217, 119174.
19. Primary energy consumption by source. (n.d.). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/primary-energy-source-bar?time=2023&country=~CHN>
20. Wu, W., Kanamori, Y., Zhang, R., Zhou, Q., Takahashi, K., & Masui, T. (2021). Implications of declining household economies of scale on electricity consumption and sustainability in China. *Ecological Economics*, 184, 106981.
21. Carbon intensity of electricity generation. (2024, May 8). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/carbon-intensity-electricity?tab=chart>
22. Zheng, J., Dang, Y., & Assad, U. (2024). Household energy consumption, energy efficiency, and household income—Evidence from China. *Applied Energy*, 353, 122074.
23. Jia, Z., Wen, S., & Sun, Z. (2022). Current relationship between coal consumption and the economic development and China's future carbon mitigation policies. *Energy Policy*, 162, 112812.
24. CEICdata.com. (2018, June 1). China Coal production. <https://www.ceicdata.com/en/indicator/china/coal-production>
25. Xiang, H., & Kuang, Y. (2020). Who benefits from China's coal subsidy policies? A computable partial equilibrium analysis. *Resource and Energy Economics*, 59, 101124.
26. Meng, G., Liu, H., Li, J., & Sun, C. (2022). Determination of driving forces for China's energy consumption and regional disparities using a hybrid structural decomposition analysis. *Energy*, 239, 122191.
27. Chen, J., Li, Z., Song, M., Wang, Y., Wu, Y., & Li, K. (2022). Economic and intensity effects of coal consumption in China. *Journal of Environmental Management*, 301, 113912.
28. Liu, X., Li, L., & Yang, Y. (2023). Development status of coal mining in China. *Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy*, 123(1), 19-28.

29. Zheng, W., Li, Z., Huang, H., Cao, X., Wu, G., Wang, J., & Kang, H. (2023). Evaluation and improvement of CO₂ assisted gravity drainage for enhanced oil production in China. *Energy Reports*, 10, 4465-4473.
30. Refined oil Products Production | World Refined Oil Statistics | Enerdata. (n.d.). <https://yearbook.enerdata.net/oil-products/world-refined-production-statistics.html>
31. Jia, F. R., Jing, W. T., Liu, G. X., Yue, Q., Wang, H. M., & Shi, L. (2020). Paraffin-based crude oil refining process unit-level energy consumption and CO₂ emissions in China. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120347.
32. Caineng, Z. O. U., Minjie, L. I. N., Feng, M. A., Hanlin, L. I. U., Zhi, Y. A. N. G., Zhang, G., ... & Ping, Y. U. (2024). Development, challenges and strategies of natural gas industry under carbon neutral target in China. *Petroleum Exploration and Development*, 51(2), 476-497.
33. The Editors of Encyclopaedia Britannica. (2025, February 3). Three Gorges Dam | Facts, construction, Benefits, & problems. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/topic/Three-Gorges-Dam>
34. Menezes, F. M., & Zheng, X. (2018). Regulatory incentives for a low-carbon electricity sector in China. *Journal of Cleaner Production*, 195, 919-931.
35. Huang, J., Li, W., Guo, L., Hu, X., & Hall, J. W. (2020). Renewable energy and household economy in rural China. *Renewable Energy*, 155, 669-676.
36. Electricity production by source. (n.d.). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked?time=latest&country=~CHN>
37. Coal still accounted for nearly 60% of China's electricity supply in 2023: CEC. (2024, November 15). S&P Global Commodity Insights. <https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/news-research/latest-news/energy-transition/013124-coal-still-accounted-for-nearly-60-of-chinas-electricity-supply-in-2023-cec>
38. Li, F., Zhang, D., Zhang, J., & Kou, G. (2022). Measuring the energy production and utilization efficiency of Chinese thermal power industry with the fixed-sum carbon emission constraint. *International Journal of Production Economics*, 252, 108571.
39. Wang, Y., Yan, W., & Komonpipat, S. (2019). How does the capacity utilization of thermal power generation affect pollutant emissions? Evidence from the panel data of China's provinces. *Energy Policy*, 132, 440-451.
40. Wu, Y. (2003). Deregulation and growth in China's energy sector: a review of recent development. *Energy Policy*, 31(13), 1417-1425.
41. Statista. (2024, February 6). Power consumption in China 2010-2023. <https://www.statista.com/statistics/302203/china-electricity-consumption/>
42. Jiang, C., Gao, X., Hou, B., Zhang, S., Zhang, J., Li, C., & Wang, W. (2020). Occurrence and environmental impact of coal mine goaf water in karst areas in China. *Journal of Cleaner Production*, 275, 123813.

43. Li, J. M., Dong, X. C., Jiang, Q. Z., & Dong, K. Y. (2022). Urban natural gas demand and factors analysis in China: Perspectives of price and income elasticities. *Petroleum Science*, 19(1), 429-440.
44. Electricity as a share of primary energy. (2024b, May 8). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-as-a-share-of-primary-energy?tab=chart&country=~CHN>
45. Ding, S., Tao, Z., Zhang, H., & Li, Y. (2022). Forecasting nuclear energy consumption in China and America: An optimized structure-adaptative grey model. *Energy*, 239, 121928.
46. Electricity as a share of primary energy. (2024b, May 8). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-as-a-share-of-primary-energy?tab=chart&country=~CHN>
47. Electricity production from fossil fuels, nuclear and renewables. (n.d.). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/elec-fossil-nuclear-renewables?tab=chart&country=~CHN>
48. Lin, B., Bae, N., & Bega, F. (2020). China's Belt & Road Initiative nuclear export: implications for energy cooperation. *Energy Policy*, 142, 111519.
49. Lin, X., Pan, H., Qi, L., Ren, Y. S., Sharp, B., & Ma, C. (2022). An input–output structural decomposition analysis of changes in China's renewable energy consumption. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
50. Zhang, J., Liu, H., Wang, Y., Zhu, Y., & Yuan, J. (2023). Effect of flexible ultra-high-voltage power transmission on receiving power systems in China. *Energy Reports*, 9, 70-79.
51. Wu, D., Zhang, Y., Liu, B., Wang, K., Wang, Z., & Kang, J. (2024). Optimization of coal power phaseout pathways ensuring energy security: Evidence from Shandong, China's largest coal power province. *Energy Policy*, 192, 114180.
52. Wang, M., Yao, M., Wang, S., Qian, H., Zhang, P., Wang, Y., ... & Wei, W. (2021). Study of the emissions and spatial distributions of various power-generation technologies in China. *Journal of Environmental Management*, 278, 111401.
53. Wang, Y., Yang, J., Zhou, M., Zhang, D., Song, F., Dong, F., ... & Liu, L. (2021). Evaluating the sustainability of China's power generation industry based on a matter-element extension model. *Utilities Policy*, 69, 101166.
54. Li, W., Xu, P., Lu, X., Wang, H., & Pang, Z. (2016). Electricity demand response in China: Status, feasible market schemes and pilots. *Energy*, 114, 981-994.
55. Liu, X. Y., Pollitt, M. G., Xie, B. C., & Liu, L. Q. (2019). Does environmental heterogeneity affect the productive efficiency of grid utilities in China?. *Energy Economics*, 83, 333-344.
56. Lin, B., & Shi, F. (2024). Coal price, economic growth and electricity consumption in China under the background of energy transition. *Energy Policy*, 195, 114400.

57. Chen, H., Cui, J., Song, F., & Jiang, Z. (2022). Evaluating the impacts of reforming and integrating China's electricity sector. *Energy Economics*, 108, 105912.
58. Chen, W., & Xu, R. (2010). Clean coal technology development in China. *Energy policy*, 38(5), 2123-2130.
59. Xu, J., & Cao, X. (2022). Regulatory institutional reform of the power sector in China. *Energy and Climate Change*, 3, 100082.
60. Menezes, F. M., & Zheng, X. (2018). Regulatory incentives for a low-carbon electricity sector in China. *Journal of Cleaner Production*, 195, 919-931.
61. Guo, H., Davidson, M. R., Chen, Q., Zhang, D., Jiang, N., Xia, Q., ... & Zhang, X. (2020). Power market reform in China: Motivations, progress, and recommendations. *Energy Policy*, 145, 111717.
62. Executive summary – Meeting Power System Flexibility Needs in China by 2030 – Analysis - IEA. (n.d.). IEA. <https://www.iea.org/reports/meeting-power-system-flexibility-needs-in-china-by-2030/executive-summary>
63. Zhao, X., Zhong, Z., Gan, C., Yan, F., & Zhang, S. (2022). What is the appropriate pricing mechanism for China's renewable energy in a new era?. *Computers & Industrial Engineering*, 163, 107830.
64. Technical difficulties. (n.d.). <https://www.state.gov/u-s-china-joint-glasgow-declaration-on-enhancing-climate-action-in-the-2020s/>
65. Chang, J. (2025). Implementation of the EU carbon border adjustment mechanism and China's policy and legal responses. *Environmental Impact Assessment Review*, 110, 107683.
66. Greenhouse gas emissions by gas. (n.d.). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/ghg-emissions-by-gas>
Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2020, June 10). Greenhouse gas emissions. Our World in Data. <https://ourworldindata.org/greenhouse-gas-emissions>
67. Share of electricity production by source. (n.d.). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/share-elec-by-source?tab=chart&country=~CHN>
68. Executive summary – Renewables 2023 – Analysis - IEA. (n.d.). IEA. <https://www.iea.org/reports/renewables-2023/executive-summary>
69. Wang, J., Zhang, S., & Zhang, Q. (2021). The relationship of renewable energy consumption to financial development and economic growth in China. *Renewable Energy*, 170, 897-904.
70. Zhu, X., Han, X. Q., Qin, W. P., & Wang, P. (2015). Past, today and future development of micro-grids in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 1453-1463.
71. Installed wind energy capacity. (2024, March 1). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/cumulative-installed-wind-energy-capacity-gigawatts?tab=chart&country=~CHN>

72. Wu, Y. (2003). Deregulation and growth in China's energy sector: a review of recent development. *Energy Policy*, 31(13), 1417-1425.
73. Global Energy Monitor. (2023, June 14). Race to the top China 2023 Methodology - Global Energy Monitor. https://www.gem.wiki/Race_to_the_Top_China_2023_Methodology
74. Ming, Z., Ximei, L., Yulong, L., & Lilin, P. (2014). Review of renewable energy investment and financing in China: Status, mode, issues and countermeasures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 23-37.
75. Wu, Y., Liu, F., Deng, Z., He, J., Xu, C., Tao, Y., & Ke, Y. (2021). A comprehensive obstacle analysis framework on dispersed wind power: a case of China. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126684.
76. Share of electricity production by source. (n.d.-b). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/share-elec-by-source?tab=chart&country=~CHN>
77. Installed solar energy capacity. (2024, March 1). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/installed-solar-pv-capacity?tab=chart&country=~CHN>
Solar energy generation vs. capacity. (n.d.). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/solar-pv-energy-consumption-vs-solar-pv-capacity?xScale=linear&zoomToSelection=true&time=2023&country=~CHN>
78. Electricity production by source. (n.d.-b). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked?tab=chart&country=~CHN>
79. Liu, D., Liu, M., Xiao, B., Guo, X., Niu, D., Qin, G., & Jia, H. (2020). Exploring biomass power generation's development under encouraged policies in China. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120786.
80. Xia, L., & Zhang, Y. (2019). An overview of world geothermal power generation and a case study on China—The resource and market perspective. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 411-423.
81. Hou, J., Cao, M., & Liu, P. (2018). Development and utilization of geothermal energy in China: Current practices and future strategies. *Renewable energy*, 125, 401-412.
82. Wang, Y., Li, C., Zhao, J., Wu, B., Du, Y., Zhang, J., & Zhu, Y. (2021). The above-ground strategies to approach the goal of geothermal power generation in China: State of art and future researches. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 138, 110557.
83. Wang, Y., Liu, Y., Dou, J., Li, M., & Zeng, M. (2020). Geothermal energy in China: Status, challenges, and policy recommendations. *Utilities Policy*, 64, 101020.
84. Installed geothermal energy capacity. (2024, March 1). Our World in Data. <https://ourworldindata.org/grapher/installed-geothermal-capacity?tab=chart&country=~CHN>
85. Zhang, Y. L., Lin, Z., & Liu, Q. L. (2014). Marine renewable energy in China: Current status and perspectives. *Water Science and Engineering*, 7(3), 288-305.

86. Liang, B., Chen, C., Jia, C., Wang, C., Wang, X., Zha, Y., ... & Wang, H. (2024). Carbon capture, utilization and storage (CCUS) in oil and gas reservoirs in China: Status, opportunities and challenges. *Fuel*, 375, 132353.
87. Qiu, S., Lei, T., Wu, J., & Bi, S. (2021). Energy demand and supply planning of China through 2060. *Energy*, 234, 121193.
88. Hepburn, C., Qi, Y., Stern, N., Ward, B., Xie, C., & Zenghelis, D. (2021). Towards carbon neutrality and China's 14th Five-Year Plan: Clean energy transition, sustainable urban development, and investment priorities. *Environmental Science and Ecotechnology*, 8, 100130.
89. Liu, X., Zhao, T., Chang, C. T., & Fu, C. J. (2021). China's renewable energy strategy and industrial adjustment policy. *Renewable Energy*, 170, 1382-1395.