



جامعة الموصل
كلية التربية للعلوم الإنسانية
قسم الجغرافية

الجغرافية السياسية للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة (دول مختارة)

مضر طاهر عيدان عيسى

رسالة ماجستير

الجغرافية / الجغرافية البشرية

بإشراف

الأستاذ الدكتور

أحمد حامد علي

الجغرافية السياسية للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة (دول مختارة)

رسالة تقدم بها الطالب

مضر طاهر عيدان عيسى

الى مجلس كلية التربية للعلوم الإنسانية في جامعة الموصل وهي جزء من
متطلبات نيل شهادة الماجستير في الجغرافية / الجغرافية البشرية

بإشراف

الأستاذ الدكتور

أحمد حامد علي

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ءَاتُونِي زُبَرَ الْحَدِيدِ حَتَّىٰ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ الصَّدَفَيْنِ قَالَ أَنْفُخُوا
حَتَّىٰ إِذَا جَعَلَهُ نَارًا قَالَ ءَاتُونِي أُفْرِغْ عَلَيْهِ قِطْرًا﴾

صدق الله العظيم

سورة الكهف: الآية 96

الإهداء

إلى من كللني بالوقار، إلى من علمني العطاء بدون انتظار، إلى من أحمل اسمه بكل افتخار....

أبي رحمه الله واسكنه فسيح جناته....

إلى من أبصرتُ بها طريق حياتي، واستمديتُ منها قوتي واعتزالي بذاتي، إلى الكفاح الذي لا يتوقف....

والدتي الغالية أمد الله في عمرها وجزاها الله خير الجزاء....

إلى اخوتي الأعزاء حفظهم الله جميعاً....

إلى كل من علمني حرفاً (أساتذتي الاعزاء).....

إلى كل الأهل ولأقرباء والأصدقاء.....

أهدي لكم جهدي العلمي.

✍️ الباحث: مضر طاهر عيضان

شكرو عرفان

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين شفيعنا ومولانا وقائدنا محمد وعلى آله وصحبه الطيبين الطاهرين.

في البدء أتوجه بالحمد والشكر إلى من يقول للشيء كن فيكون، إلى من أنعم علينا بنعمه وإلى من أفاض السماء والسحاب فأسقطها مطراً مباركاً من بعد ما قنطوا فأسألك وأنت الرحمن أن تجعل عملي هذا خالصاً لوجهك الكريم، فأنت نعم المولى ونعم النصير.

ويقضي العرفان بالجميل أن يرد الفضل لأهله، فبعد الله سبحانه وتعالى أتقدم بوافر الشكر وعظيم الامتنان إلى أستاذي الدكتور (احمد حامد علي العبيدي) الذي تفضل بقبول الإشراف على رسالتي، ولما بذله من جهد كبير في قراءتها وتصويبها، فله من الله تعالى الأجر، ومنى كل التقدير والاحترام متعه الله تعالى بموفور الصحة والعافية.

كما أقدم شكري وتقديري الى عمادة كلية التربية للعلوم الانسانية واتني بالشكر الجزيل الى اسرة قسم الجغرافية ممثلة برئاسة القسم وأعضاء هيئة التدريس واساتذتي الأجلاء الذين تتلمذت على أيديهم في السنة التحضيرية، داعياً الله تعالى أن يحفظهم ويسدد خطاهم، فجزاهم الله خير الجزاء. وعرفانا بالجميل، أقدم شكري وتقديري الى السادة أعضاء لجنة المناقشة الكرام.

ويسعدني أن أقدم الشكر والامتنان إلى عائلتي التي طال صبرها معي وتحملها العناء والحرص الشديد داعياً لهم بالصحة والأمان، وبأقة ورد عطرة فواحة مكللة بأريج الوفاء إلى زملائي في الدراسات العليا لما قدموه لي من عون ومشورة وجميع الأخوة والأخوات والأصدقاء ممن حفظهم القلب ونسيهم القلم، أسأل الله تعالى أن يجزي الجميع عني خير الجزاء.

ومن الله التوفيق....

✍️الباحث: مضر طاهر محيدان

المستخلص:

شهد العالم في أواخر القرن العشرين تحولاً كبيراً نحو الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة التي أدت إلى زيادة الضغوطات الدولية للحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري والانتقال إلى مصادر طاقة نظيفة ومستدامة ، أذ يعد هذا التحول جزءاً لا يتجزأ من الجهود العالمية لمواجهة آثار التغير المناخي وتحقيق التنمية المستدامة ، لذلك تلعب المعادن المستخدمة في صناعة تقنيات الطاقة المتجددة دوراً حاسماً في دعم هذه التقنيات، أصبحت هذه المعادن موارد استراتيجية جديدة للنزاعات الجيوسياسية والتنافس الدولي، أذ تسعى الدول إلى ضمان احتياطياتها من هذه الموارد الطبيعية لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة المتجددة، أذ لم يعد التحول الطاقوي مجرد استجابة للتحديات البيئية فحسب، بل تحول إلى قوة دافعة لتعديل موازين القوى، وتحديد أولويات الأمن القومي للدول.

وتهدف هذه الدراسة إلى تحليل الجغرافية السياسية للمعادن المستخدمة في صناعات الطاقة المتجددة، بتحليل التفاعل بين التوزيع الجغرافي غير المتوازن لهذه الموارد والتحوّلات الجيوسياسية الناجمة عن التحول العالمي نحو الطاقة المتجددة، من خلال اختيار 26 معدن مستخدم في الطاقة المتجددة اذ أنها تجاوزت دورها كمواد خام تقليدية لتصبح أدوات فاعلة في تشكيل التحالفات الدولية، لا سيما مع تركّز احتياطياتها وإنتاجها في دول محددة الذي يفرض اعتماديات استراتيجية ويُعيد رسم خريطة النفوذ العالمي مع تحليل أنماط الاستهلاك والإنتاج والاحتياط والكشف عن التبعيات الاستراتيجية الناتجة عن التركيز الجغرافي لهذه المعادن وتأثير توافر هذه المعادن على الانتقال إلى الطاقة المتجددة في دول مختارة.

تخلص الدراسة إلى أن التحول نحو الطاقة المتجددة ليس تحولاً تقنياً فحسب، بل هو عملية جيوسياسية معقدة تتداخل فيها الاعتبارات الاقتصادية مع الصراعات الدولية، حيث أن هنالك دول تمتلك معادن لكن تفتقر إلى التكنولوجيا ، ودول تمتلك التكنولوجيا لكن تفتقر إلى معادن الطاقة المتجددة ، فضلاً عن دول تفتقر إلى معادن الطاقة المتجددة و التكنولوجيا ، والذي تبين من خلال أن التوزيع الجغرافي لهذه المعادن غير متكافئ بين الدول، حيث أن الدول النامية ذات الاحتياط الكبير لمعادن الطاقة المتجددة هي أقل الدول في استهلاك هذه المعادن والجزء الأكبر من انتاجها يصدر إلى الدول الكبرى بسبب التبعية وسيطرتها على عمليات المعالجة والاستخراج والتكرير في الدول النامية، تبين أن إقليم آسيا يستهلك 71% من المعادن بقيادة الصين، بينما تستورد أوروبا 90% من احتياجاتها الذي جعل تفاوت في القوة الصناعية أما أمريكا

الشمالية تُركز على تقليل التبعية للصين عبر تعزيز التصنيع المحلي وتنويع مصادر الإمداد كالشراكات مع كندا وأستراليا وإقليم أفريقيا وأمريكا اللاتينية تصدر 95% من انتاجها للدول الكبرى.

وكشفت الدراسة هيمنة الصين على العناصر الأرضية النادرة بنسبة 80% من الإنتاج العالمي التي تعزز نفوذها في صناعات التكنولوجيا والطاقة المتجددة مما يخلق تبعية عالمية لمصادرها، وتركز احتياطات الليثيوم في دول مثلث الليثيوم تشيلي، الأرجنتين، بوليفيا وهيمنة الكونغو الديمقراطية على إنتاج الكوبالت وأستراليا تُسيطر على من إنتاج الليثيوم العالمي ، كما تحتل الصين موقعاً مهيماً في إنتاج وتصدير المعادن الحيوية، مدعومةً بسياسات توسعية تعزز سيطرتها على سلاسل التجارة العالمية من خلال مبادرات أهمها مبادرة الحزام والطريق، أذ تعتمد هذه الاستراتيجية على استثمارات مكثفة في دول أمريكا اللاتينية وأفريقيا وأستراليا ، رغم الانتقادات المتعلقة بالتأثيرات البيئية والاجتماعية السلبية.

فضلا عن تبني الولايات المتحدة سياسات تركّز على الاكتفاء الذاتي عبر تشريعات محلية مثل قانون خفض التضخم لعام 2022 لتعزيز الإنتاج المحلي وإعادة تدوير المعادن، إلى جانب تحالفات دولية مع دول مثل أستراليا وكندا وبعض دول أفريقيا لتنويع مصادر الإمداد وتواجه تحديات بنوية كارتفاع تكاليف الإنتاج ونقص العمالة الماهرة الذي يحد من قدرتها على منافسة النموذج الصيني ، أدى التوتر التجاري بين الصين والولايات المتحدة إلى اضطرابات في سلاسل التجارة العالمية ،وعلى ضوء هذا التوتر الحاد اقترحت الدراسة تكوين سيناريو للتعاون الدولي كمسار لاستدامة الموارد المعدنية المستخدمة في الطاقة المتجددة.

فهرست المحتويات

الصفحة	الموضوع	ت
أ	الآية القرآنية	
ب	الاهداء	
ت	الشكر والتقدير	
ث-ج	المستخلص	
ح	فهرست المحتويات	
خ-د	فهرست الجداول	
ذر	فهرست الخرائط والاشكال البيانية	
7-1	المقدمة	
76-8	التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية	1
34-9	علاقة الجغرافية السياسية بمعادن الطاقة المتجددة	1-1
48-35	الطاقة المتجددة انواعها واهميتها الاقتصادية	2-1
76-49	الابعاد الجيوسياسية لمعادن الطاقة المتجددة (تجارب دولية)	3-1
142-77	التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة	2
100-80	الاحتياطي العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة	1-2
120-101	الانتاج العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة	2-2
142-121	الاستهلاك العالمي وحركة تجارة معادن الطاقة المتجددة والمتطلبات المعدنية لكل تقنية	3-2
189-143	التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة (دول مختارة)	3

164-145	الابعاد الاستراتيجية والجيوسياسية للصين الشعبية في مجال معادن الطاقة المتجددة	1-3
182-164	الابعاد الاستراتيجية والجيوسياسية للولايات المتحدة الامريكية في مجال معادن الطاقة المتجددة	2-3
189-183	ابعاد التنافس الصيني- الامريكي على معادن الطاقة المتجددة	3-3
194-190	الاستنتاجات والمقترحات	4
211-195	قائمة المصادر	5

فهرست الجداول

الصفحة	العنوان	رقم الجدول
26	الاستهلاك العالمي للطاقة المتجددة للسنوات 1965-2023(مليون طن مكافئ)	1
42	طرق تحويل الكتلة الحيوية الى وقود	2
47	إجمالي تكلفة التركيب وعامل القدرة واتجاهات تكلفة الطاقة المولدة حسب نوع التكنولوجيا للسنوات 2010 - 2023	3
81	نسبة احتياطي معادن الطاقة المتجددة حسب الأقاليم العالمية لعام 2024(طن متري)	4
84	الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم اسيا لعام 2024 (طن متري)	5
87	الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم افريقيا جنوب الصحراء لعام 2024 (طن متري)	6
90	الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم استراليا ودول المحيط الهادي لعام 2024 (طن متري)	7
92	الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم أمريكا اللاتينية لعام 2024 (طن متري)	8

94	الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم أوروبا لعام 2024 (طن متري)	9
97	الاحتياطي المؤكد لمعادن لطاقة المتجددة في دول إقليم أمريكا الشمالية لعام 2024 (طن متري)	10
100	العمر المنتظر للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة على المستوى العالمي لعام 2024 (طن متري\ السنة)	11
103	نسبة انتاج معادن الطاقة المتجددة حسب الأقاليم العالمية لعام 2024(طن متري)	12
107	انتاج معادن الطاقة المتجددة في دول إقليم اسيا لعام 2024 (طن متري)	13
111	انتاج معادن الطاقة المتجددة في دول إقليم أمريكا اللاتينية لعام 2024 (طن متري)	14
113	انتاج معادن الطاقة المتجددة في دول إقليم افريقيا جنوب الصحراء لعام 2024 (طن متري)	15
116	انتاج معادن الطاقة المتجددة في دول إقليم استراليا والباسفيك لعام 2024 (طن متري)	16
118	انتاج معادن الطاقة المتجددة في دول إقليم أمريكا الشمالية لعام 2024 (طن متري)	17
120	انتاج معادن الطاقة المتجددة في دول إقليم أوروبا بدون روسيا لعام 2024 (طن متري)	18
122	الاستهلاك العالمي لمعادن الطاقة المتجددة لعام 2024 (طن متري)	19
135	المتطلبات المعدنية في الطاقة الشمسية الكهروضوئية والمركزة	20
137	المتطلبات المعدنية في طاقة الرياح	21
138	المتطلبات المعدنية في طاقة الحرارية الارضية	22
139	المتطلبات المعدنية في الطاقة الكتلة الحيوية	23
140	المتطلبات المعدنية في تصنيع المركبات(السيارات) الكهربائية	24
141	المتطلبات المعدنية في بطاريات تخزين الطاقة	25
148	حجم احتياط وإنتاج المعادن في الصين لعام 2024 (طن متري)	26

157	حجم الاستثمارات الصينية لمناجم معادن الطاقة المتجددة في العالم لعام 2024	27
163	الأهمية النسبية لصادرات الدول الأفريقية الى الصين من المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة لعامي 2019-2023	28
167	حجم احتياط وإنتاج المعادن الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة لعام 2024 (طن متري)	29
176	حجم الاستثمارات الأمريكية لمناجم معادن الطاقة المتجددة في العالم لعام 2023	30
181	الإجراءات الاستثمارية الأمريكية في دول افريقيا لعام 2023-2024	31

فهرست الخرائط

الصفحة	العنوان	رقم الخريطة
49	المثلث الجيواستراتيجي والجيوبولتيكي العالمي	1
82	حجم احتياطي المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة حسب الأقاليم لسنة 2024	2
105	حجم انتاج المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة حسب الأقاليم لسنة 2024	3
125	الأهمية النسبية لاستهلاك المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة من الاستهلاك العالمي 2024	4
146	الموقع الجغرافي والفلكي لجمهورية الصين الشعبية	5
158	تمثيل حراري لتوزيع الاستثمارات الصينية في قطاع التعدين عالميا	6
165	الموقع الجغرافي والفلكي للولايات المتحدة الأمريكية	7
177	تمثيل حراري لتوزيع الاستثمارات الأمريكية في قطاع التعدين عالميا لسنة 2023	8

فهرست الاشكال

الصفحة	العنوان	رقم الشكل
25	نسبة مساهمة أنواع مصادر الطاقة من الاستهلاك العالمي للطاقة لسنة 2023	1
27	نمو الاستهلاك العالمي للطاقة المتجددة للسنوات 1965-2023	2
27	نسبة استهلاك أقاليم العالم من الطاقة المتجددة لسنوات 1965- 2023	3
81	نسبة احتياطي معادن الطاقة المتجددة حسب الأقاليم العالمية لسنة 2024	4
104	نسبة مساهمة الأقاليم في الإنتاج العالمي لمعادن الطاقة المتجددة لعام 2024	5
124	نسبة مساهمة الأقاليم في الاستهلاك العالمي لمعادن الطاقة المتجددة لسنة 2024	6

المقدمة

❖ المقدمة

شهد العالم في أواخر القرن العشرين تحولاً كبيراً نحو الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة التي أدت إلى زيادة الضغوطات الدولية للحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري والانتقال إلى مصادر طاقة نظيفة ومستدامة ، أذ يعد هذا التحول جزءاً لا يتجزأ من الجهود العالمية لمواجهة آثار التغير المناخي وتحقيق التنمية المستدامة ، لذلك تلعب المعادن المستخدمة في صناعة تقنيات الطاقة المتجددة دوراً حاسماً في دعم هذه التقنيات، لا سيما في مجالات تصنيع البطاريات القابلة للتخزين، وتكنولوجيا الطاقة الشمسية وتوربينات الرياح ، والطاقة الكهرومائية ، وطاقة الأمواج وطاقة المد والجزر .

أصبحت هذه المعادن موارد استراتيجية جديدة للنزاعات الجيوسياسية والتنافس الدولي، أذ تسعى الدول إلى ضمان احتياجاتها من هذه الموارد الطبيعية لتلبية الطلب المتزايد على الطاقة المتجددة، أذ لم يعد التحول الطاقوي مجرد استجابة للتحديات البيئية فحسب، بل تحول إلى قوة دافعة لتعديل موازين القوى، وتحديد أولويات الأمن القومي للدول، ومن هنا يبدأ التفكير باختيار موضوع دراسة الجغرافية السياسية للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة لدول مختارة لاعتبارات الاتية:

أولاً: ايجاد ارتباط نظري للعلاقة بين الجغرافية السياسية مع معادن الطاقة المتجددة، عبر تحليل ثلاثية الأبعاد للتفاعل بين الموارد المعدنية والاستراتيجيات الوطنية، والأهمية الاقتصادية للطاقة المتجددة، ثانياً: تحليل التجارب الدولية في إدارة التحديات الجيوسياسية المرتبطة بهذه المعادن.

ثالثاً: تحليل التوزيع الجغرافي للاحتياطي والإنتاج والاستهلاك والتنافس الجيوسياسي بين الصين والولايات المتحدة الأمريكية من خلال دراستهم كدول مختارة.

❖ مشكلة الدراسة:

ان التوزيع الجغرافي غير المتكافئ لمعادن الطاقة المتجددة يسهم في حدة التنافس الدولي بين القوى الكبرى من حيث السيطرة على الاحتياطيات أو الإنتاج كما سوف يكون له انعكاس على تحقيق تنمية الطاقة المتجددة على المستوى العالمي.

❖ فرضية الدراسة:

تساهم المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة بشكل كبير في إعادة تشكيل الجغرافية السياسية العالمية أذ تساهم في تعزيز نفوذ الدول المنتجة لهذه المعادن، وتؤثر على استراتيجيات الدول لمستهلكة التي تعتمد عليها في سلاسل التجارة.

❖ اهداف الدراسة:

أولاً: تحليل التفاعل بين الجغرافية السياسية لمعادن الطاقة المتجددة والتحولات في هيكل القوة العالمية ثانياً: دراسة أنماط الاستهلاك والإنتاج، والكشف عن التبعيات الاستراتيجية الناتجة عن التركيز الجغرافي لهذه المعادن.

ثالثاً: تقييم التحديات البيئية والاجتماعية المرتبطة باستخراج المعادن ودورها في تعقيد التنافس الجيوسياسي. رابعاً: دراسة تأثير توافر هذه المعادن على الانتقال إلى الطاقة المتجددة في دول مختارة.

❖ منهجية الدراسة:

تعتمد هذه الدراسة على المنهج التاريخي الذي يركز على التغير والتطور الذي حدث في تقنيات الطاقة المتجددة ومنهج تحليل القوة، للكشف عن النقاط القوي والضعف التي تشكلها المعادن المستخدمة في إنتاج الطاقات المتجددة، والتكنولوجيا المعتمدة في هذا المجال لدول مختاره، والمنهج المقارن الذي يركز على دراسة العلاقات والتفاعلات بين الدول المنتجة والمستهلكة للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة، وكذلك الدول الرائدة في مجال التكنولوجيا والدول الفقيرة لهذه التكنولوجيا

❖ الحدود المكانية والزمانية للدراسة:

الحدود المكانية: تتناول هذه الدراسة دولاً مختارة تلعب دوراً رئيسياً في إنتاج او استهلاك المعادن والتكنولوجيا المستخدمة في الطاقة المتجددة.

الحدود الزمانية: تركز الدراسة على الفترة الزمنية الممتدة من عام 1994 إلى عام 2024 أذ شهدت هذه الفترة طفرة كبيرة في الطلب على الطاقة المتجددة والمعادن المرتبطة بها.

❖ هيكلية الدراسة:

من اجل الوصول الى أهداف الدراسة والتحقق من فرضيتها، اقتضت الضرورة الى تنظيم الدراسة بثلاثة فصول: اذ تفرغ الفصل الأول الى التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية والذي قسم الى ثلاثة مباحث، حيث ناقش المبحث الأول علاقة الجغرافية السياسية بمعادن الطاقة المتجددة، والمبحث الثاني الطاقة المتجددة انواعها وأهميتها الاقتصادية، وكشف المبحث الثالث الابعاد الجيوسياسية للطاقة المتجددة (تجارب دولية).

وكشف الفصل الثاني التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة من خلال ثلاثة مباحث، حيث تناول المبحث الأول الاحتياطي العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة، والمبحث الثاني الانتاج العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة، وناقش المبحث الثالث الاستهلاك العالمي وحركة تجارة المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة والمتطلبات المعدنية لكل تقنية من تقنيات الطاقة المتجددة.

وقد اختتم الفصل الثالث بدراسة التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة (دول مختارة) من خلال ثلاثة مباحث، اذ تناول المبحث الأول الابعاد الاستراتيجية والجيوسياسية للصين الشعبية في مجال معادن الطاقة المتجددة، وناقش المبحث الثاني الابعاد الاستراتيجية والجيوسياسية للولايات المتحدة الامريكية في مجال معادن الطاقة المتجددة، والذي جسدت في المبحث الثالث من خلال ابعاد التنافس الصيني - الأمريكي على معادن الطاقة المتجددة.

❖ دراسات سابقة:

1- ألتيارماك، سليمان أورخون: الصين والجغرافية السياسية لليثيوم في سوق عالمية متغيرة، لخصت الدراسة إن سوق الطاقة يتحول من الوقود الأحفوري إلى مصادر الطاقة المتجددة. وهذا التحول يخلق ديناميكيات جيوسياسية جديدة. في الماضي، ركزت الجغرافية السياسية للطاقة التقليدية على التوزيع المركز لموارد الوقود الأحفوري والصراعات والتبعيات التي خلقتها. وعلى النقيض من ذلك، تؤكد الجغرافية السياسية للطاقة المتجددة "الجديدة" على التوزيع المشتت أو اللامركزية لقدرة الإنتاج واستقلال الدول التي يولدها ذلك. ومع ذلك، فإن سوق الليثيوم، الذي يعد ضروريًا لتخزين الطاقة المتجددة من خلال كونه مكونًا رئيسيًا لبطاريات الليثيوم أيون (Li-ion)، لا يتناسب تمامًا مع المفاهيم النظرية لديناميكيات سوق الطاقة المتجددة.

من خلال التركيز على الصين كحالة حرجية، تُظهر هذه الدراسة أن الجغرافية السياسية لليثيوم قد خلقت بشكل محتمل تبعيات وفرصًا جديدة للصراعات، في حين عززت أيضًا بشكل متناقض الترابط بين الدول في إنتاج الطاقة باستخدام التكنولوجيا المتجددة. وبالتالي، فإن هذا الشكل الهجين من الجغرافية السياسية للطاقة يتطلب مراجعة تفسيرات أمن الطاقة التقليدية لتناسب مع ظروف السوق الجديدة هذه⁽¹⁾.

2- مانبرغر، أندريه، وبينغت يوهانسون: الجغرافية السياسية للمعادن وأشباه الفلزات المستخدمة في التحول إلى الطاقة المتجددة، تدرس هذه الدراسة الدور الجيوسياسي لـ 14 معدنًا وشبه فلز مطلوبة لتقنيات الطاقة المتجددة. ويركز التحليل على ثلاثة عوامل ذات أهمية جيوسياسية محتملة: التركيز الجغرافي للموارد، والإيرادات المحتملة للدول الغنية بالموارد، وحجم الأسواق العالمية الإجمالية. إن التركيز الجغرافي لمعظم المعادن الأربعة عشر وشبه الفلزات التي تمت دراستها سيكون أعلى من التركيز الجغرافي للنفط. والاستثناءات الوحيدة هي التيلوريوم والنحاس والسيليكون. وسوف تكون العائدات الاقتصادية كنسبة من الناتج الاقتصادي الإجمالي منخفضة إلى حد ما بالنسبة لمعظم البلدان التي تمت دراستها. وهذا من شأنه أن يقلل من خطر ظهور لعنة الموارد. والاستثناءات هي جمهورية الكونغو الديمقراطية وتشيلي وكوبا ومدغشقر وزامبيا. كما أن القيمة الاقتصادية الإجمالية للمعادن وشبه الفلزات التي تمت دراستها ستكون أصغر كثيرًا من سوق النفط الحالية⁽²⁾.

3- بافلينا بولشارتوفا: الآثار الجيوسياسية لانتقال الطاقة، رسالة ماجستير، تتناول الدراسة التأثيرات الجيوسياسية لانتقال الطاقة إلى مستقبل طاقة منخفض الكربون، ومن المتوقع أن يجلب الفائزين والخاسرين بسبب التغيرات في مشهد الطاقة، ونظام الطاقة الحالي، والقوة الجيوسياسية المرتبطة به. من خلال التركيز على الاتحاد الروسي بوصفه الخاسر المحتمل، تبحث الأطروحة في استراتيجية القوة العظمى للوقود الأحفوري وسط عملية تحول الطاقة الأولية والعوامل الكامنة وراء المسار المختار⁽³⁾.

4- ريا بوزيبيل: مخاطر توريد المواد للتحول في مجال الطاقة، تحليل الكمي للموارد - التركيز والمخاطر الجيوسياسية، رسالة ماجستير، تتناول هذه الدراسة المعادن الكوبالت والليثيوم والأثرية النادرة التي تعد

(1) Altiparmak, Suleyman Orhun. "China and lithium geopolitics in a changing global market." Chinese Political Science Review 8.3, 2023.

(2) Månberger, André, and Bengt Johansson. "The geopolitics of metals and metalloids used for the renewable energy transition." Energy Strategy Reviews 26, 2019.

(3) PULCHARTOVÁ, Pavlína. Geopolitical Implications of energy transition. Online. Master's thesis. Brno: Masaryk University, Faculty of Social Studies. 2022.

مكونات رئيسية لبطاريات الليثيوم أيون أو المغناطيس الدائم المستخدم في العديد من تطبيقات التكنولوجيا الخضراء. يدرك المجتمع الأكاديمي أن هذه المواد الحيوية توجد إلى حد كبير في الدول الهشة وغير الديمقراطية والسؤال هو كيف يمكن أن يتأثر انتقال الطاقة بالحالة الهشة للدول المنتجة للمعادن الحيوية. لذلك، تهدف هذه الرسالة إلى التحقيق في مخاطر العرض والجيوسياسية في سوق المواد الحيوية في الأمد القريب والمتوسط. وقد تم إجراء تحليل للأسواق وتوقع تطورها المستقبلي من خلال نمذجة معدل الاستنفاد الأقصى، وحساب مؤشرات هير فيندال هيرشمان ، ودرجات مؤشر ترجيح المخاطر في البلدان وأظهرت النتائج أن أسواق المعادي من المتوقع أن تظل شديدة التركيز، وهو ما يشير إلى استمرار التعرض للمخاطر الناجمة عن بلدان الإنتاج الفردية ووجدت الدراسة أن أنواع فئات المخاطر التي تؤثر على السوق تعتمد على توزيع حصص السوق بين البلدان ، ومع ظهور قيود الإنتاج في البلدان الفردية، تتغير محفظة المخاطر في السوق (1).

5- ايلينا جيجليو: مستقبل التحول في مجال الطاقة بين المواد الحرجة والجغرافية السياسية- الليثيوم وسياق أمريكا الجنوبية، أطروحة دكتوراه، تهدف الأطروحة إلى تحليل التحول العالمي نحو أنظمة طاقة مستدامة منخفضة الكربون، مع التركيز على دور قطاع البطاريات كعامل محوري في دعم هذا التحول، لاسيما في قطاعات النقل والمدن الذكية، تعتمد تقنيات البطاريات الحديثة على مواد خام نادرة مثل الليثيوم، الذي تتركز احتياطياته في دول محددة تشيلي، الأرجنتين، بوليفيا، الذي يخلق اعتمادًا جيوسياسيًا على دول غنية بالموارد مثل روسيا ، وجمهورية الكونغو الديمقراطية، ويعمق الفوارق بين الدول التكنولوجية والنامية. تواجه هذه العملية تحديات بيئية واجتماعية، كالنزاعات على الموارد وتأثير الاستخراج على المجتمعات المحلية، إلى جانب نقص البنية التحتية التكنولوجية في المناطق المنتجة، تستجيب استراتيجيات مثل خطة الاتحاد الأوروبي لهذه التحديات عبر تحسين تصميم البطاريات لتعزيز إعادة التدوير، وتقليل الاعتماد على الموارد الخارجية، وتبني نهج الاقتصاد الدائري. تؤكد الدراسة أن نجاح التحول الطاقوي يتطلب توازنًا بين الابتكار التكنولوجي، والتعاون الدولي، وضمان العدالة الاجتماعية. تخلص الأطروحة إلى أن تحقيق الاستدامة العالمية مرهون بدمج الأبعاد الجيوسياسية والاجتماعية في خطط التحول، وتبني حلول شاملة تعالج تحديات المناخ وندرة الموارد بشكل متكامل (2).

(1) Pozybill, Ria. "Material Supply Risks for the Energy Transition: A Quantitative Analysis of Resources, Production Concentration and Geopolitical Risks.2022.

(2) Giglio, Elena. "The future of energy transition between critical materials and geopolitics. Lithium and the South American context.2022.

ولابد من التأكيد بأن الدراسة الحالية وأن اتفقت مع الدراسات سابقة الذكر في عدد من الجوانب هي تحليل المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة وتأثيرها على السياسة والاثار المترتبة على الطاقة التقليدية العالمية ، الا أنها انفردت عن سابقتها في كونها تعد الدراسة الأولى على مستوى العالمي والاقليمي في دراسة المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة لدول مختارة بمنظور الجغرافية السياسية ، كما أن الاختلاف في استعمال الأساليب التحليلية من خلال عدد المعادن المستخدمة وكذلك عدد الدول التي تحتوي على هذه المعادن في العالم أظهرت نتائج قيمة تختلف عن سابقتها من الدراسات.

توصلت الدراسة الى العديد من الاستنتاجات كان من أبرزها:

1- تظهر الدراسة أن التحول العالمي نحو الطاقة المتجددة ليس مجرد تحول تقني أو بيئي، بل يُعد تحولاً جيوسياسي عميقاً يعيد تشكيل موازين القوى الدولية. فامتلاك التي تُعد أساسية لتقنيات الطاقة النظيفة، أصبح عنصراً محورياً في الاستراتيجيات الوطنية للدول.

2- كشف التحليل أن التركيز الجغرافي لاحتياجات معادن الطاقة المتجددة في دول محددة، يُولّد نقاط ضعف استراتيجية، فاضطرابات الإمداد الناتجة عن الكوارث الطبيعية أو الاضطرابات السياسية أو الاحتكار قد تؤدي إلى أزمات في سلاسل التجارة العالمية، مما يهدد الأمن الطاقوي والاقتصادي للدول المستوردة.

3- هيمنة صينية واضحة على العناصر الأرضية النادرة بنسبة 80% من الإنتاج العالمي تعزز نفوذها في صناعات التكنولوجيا الفائقة والطاقة المتجددة مما يخلق تبعية عالمية لمصادرها، وتركز احتياطات الليثيوم في دول مثلث الليثيوم تشيلي، الأرجنتين.

4- إقليم آسيا يستهلك 71% من المعادن العالمية بقيادة الصين، بينما تستورد أوروبا 90% من احتياجاتها، يعكس تفاوتاً في القوة الصناعية اما أمريكا الشمالية تُركز على تقليل التبعية للصين عبر تعزيز التصنيع المحلي وتنويع مصادر الإمداد كالشراكات مع كندا وأستراليا وإقليم افريقيا وأمريكا اللاتينية تصدر 95% من انتاجها للدول الكبرى.

5- أن التحول نحو الطاقة المتجددة سيعيد تشكيل النظام العالمي من خلال تحول مراكز القوة الاقتصادية، صعود لاعبين جدد دول تمتلك موارد معدنية كأستراليا، تحالفات جديدة من خلال تعاون بين دول منتجة للمعادن ودول مصنعة للتكنولوجيا، تقلص دور النفط إذ تراجع النفوذ الجيوسياسي للدول المعتمدة على تصدير الوقود الأحفوري كروسيا والمملكة العربية السعودية

-1-

التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

1-1 علاقة الجغرافية السياسية بمعادن الطاقة المتجددة

2-1 الطاقة المتجددة انواعها واهميتها الاقتصادية

3-1 الأبعاد الجيوسياسية لمعادن الطاقة المتجددة (تجارب دولية)

تمهيد:

يهدف هذا الفصل الى تحليل الارتباط بين الجغرافية السياسية ومعادن الطاقة المتجددة من خلال بعد تاريخي وجيوسياسي حيث يبدأ من مصادر الطاقة التقليدية متتبعا اثارها التي دفعت العالم للبحث عن مصادر طاقة اقل تلوثاً واحتكاًراً وغير ناضبة وقابلة للتجدة، فضلا عن تتبع اهم الإنجازات في مجال تكنولوجيا الطاقة المتجددة ومراحل اكتشاف واستخدام المعادن في هذه التقنية المتجددة والنظيفة، فضلا عن تكاليف توليد الطاقة الكهربائية منها.

ويركز الفصل على ثلاثة محاور رئيسية هي التأسيس النظري للعلاقة بين الجغرافية السياسية ومعادن الطاقة المتجددة مع تحليل الأدبيات التي تربط الموارد الطبيعية بسلطة الدول واستراتيجياتها، والأهمية الاقتصادية لأنواع الطاقة المتجددة مدعومةً ببيانات إحصائية حول الإنتاج والاستهلاك العالميين ، وتحليل التكاليف التنافسية لهذه المصادر مقارنة بالوقود الأحفوري، والأبعاد الجيوسياسية لمعادن الطاقة المتجددة عبر دراسة حالات دولية (الولايات المتحدة، الصين، روسيا)، والتي تُبرز كيفية توظيف الدول معادن وأنواع الطاقة المتجددة كأدوات للنفوذ أو كدعوى للأمن القومي .

1-1 علاقة الجغرافية السياسية بمعادن الطاقة المتجددة

1-1-1 الجغرافية السياسية للطاقة

تعمل الجغرافية السياسية كحلقة وصل بين الجغرافية وموارد الطاقة وتأثير استخدامها على القوة والسياسة الدولية والأمن. أذ ترتبط المفاهيم المعاصرة للجغرافية السياسية بالنطاق العالمي، بما في ذلك أبعاد متعددة مثل الاقتصاد والتي تضم موارد الطاقة، أذ تشكل الموارد الطبيعية مثل النفط أو الفحم أو الغاز الطبيعي متغيراً مهماً للاستراتيجية على الصعيدين الوطني والدولي، ومن ثم فإن موارد الطاقة ركيزة أساسية للتنمية الاجتماعية والاقتصادية للدول وللاأمن الوطني، والعالمي ونظراً لأهميتها، تعد الموارد في نفس الوقت أدوات محتملة للسياسة الخارجية وعاملاً يمكن أن يؤثر على نتائج السياسة الخارجية للدول، وأن التغيرات في سوق الطاقة تغير العلاقات بين الدول المنتجة والمستهلك، وأن مصالح الطاقة، لاسيما في ظل ظروف السوق الدولية الضيقة، تؤثر على رسم خرائط المصالح الجيوستراتيجية، أذ من المحتمل أن يؤثر استخدام موارد الطاقة على السياسة، كما يمكن للسياسة أن تؤثر على استخدامها أيضاً⁽¹⁾.

العلاقة بين موارد الطاقة والقوة الجيوسياسية تركز على تفكير واقعي، ومن الممكن ربط الجغرافية السياسية للطاقة بكل من النهج الواقعي والليبرالي. يعتمد النهج الجيوسياسي المستوحى من الواقعية على النفوذ والقوة، ويسلط الضوء على الصراع والمنافسة والتنافس على موارد الطاقة ومن ناحية أخرى⁽²⁾، ينظر المنظور الليبرالي إلى الجغرافية السياسية للطاقة من خلال عدسة حوكمة الطاقة العالمية، مما يؤكد على ديناميكيات التعاون والترابط الإيجابي والتعاون في مجال الطاقة، والذي يتحقق من خلال الأسواق الدولية وبناء المؤسسات. في حين أن الجغرافية السياسية لا يتعين عليها أن تتبنى وجهة نظر واقعية بشأن العلاقات الدولية، لأن جميع العناصر المهمة، مثل التنافس الدولي وموازنة القوى والتبعيات، تمثل جانباً مهماً من التفكير الجيوسياسي⁽³⁾.

ويمكن عد الطاقة عنصر أساسي في الجغرافية، وإذ يحدد الموقع الجغرافي مستوى الموارد وتوزيع احتياطات الطاقة. كما يتجلى ذلك في عمليات الطاقة اللاحقة للاستكشاف والتطوير والاستخراج والتكرير والمعالجة والإنتاج والنقل وأسواق الطاقة وخطوط الإمداد جميعها لها بعد جغرافي. ثم هناك الموقع الجغرافي

(1) FERnandes, C. P., & Rodrigues, T. F. Geopolitics of energy and energy security. IDN Cadernos.

2017.p35

(2) Colgan, J. D. Petro-aggression: When oil causes war. Cambridge University Press. 2013.p12

(3) Wilson, D. J. "A securitisation approach to international energy politics." In: Energy Research & Social Science, Vol. 49, March 2019, pp118

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

للدول المصدرة والمستوردة، ومراكز المنتجين الرئيسة، وممرات الطاقة الحيوية، وموارد الطاقة أيضاً متجذرة في البيئة الطبيعية للدولة التي تتأثر بالموقع، ومع ذلك، فإن الجغرافية في حد ذاتها ليست كافية، أي أن مجرد امتلاك موارد الطاقة داخل أراضيها لا يترجم بالضرورة إلى وجود القوة. يجب أن تتمتع الدولة بالقدرات التكنولوجية والاقتصادية اللازمة، والأهم من ذلك، النية والإرادة السياسية والقدرة على تحويل موارد الطاقة لديها بنجاح إلى قوة جيوسياسية أو جيواقتصادية (1)

1-1-1-1 الجغرافية السياسية للطاقة التقليدية

إن مجال الجغرافية السياسية كان دائماً مهتماً جداً بقضايا الطاقة لأن مصادر الطاقة التقليدية مثل النفط والغاز الطبيعي والفحم تشكل متغيرات جغرافية طبيعية ذات أهمية استراتيجية. ومن المعترف به في الجغرافية السياسية أن نظام الطاقة في النظام العالمي، والعلاقات المتعلقة بالطاقة بين الدول المنتجة، ودول العبور والدول المستهلكة هي متغيرات مهمة يمكن أن تؤثر على العلاقات الدولية، لذلك يشكل عامل الموقع حيث تتواجد موارد الطاقة، والطرق التي يمكن من خلالها الوصول إلى الدول المستهلكة المنافسة المحتملة مجالاً مهماً للدراسة في مجال الجغرافية السياسية (2).

شكلت الجغرافية السياسية للطاقة وتحديداً النفط والغاز، العلاقات الدولية والصراعات الجيوسياسية في القرن العشرين أذ رسم النفط السياسات الدولية، إذ سعت الدول لتأمين إمداداته عبر التحالفات أو القوة العسكرية خلال القرن العشرين، فارتبطت الجغرافية السياسية ارتباطاً وثيقاً بالوقود الأحفوري، أذ لم تكن الموارد الطبيعية كالنفط والغاز مجرد مصادر للطاقة، بل أدوات لتعزيز القوة بين الدول، وكذلك أصبحت المناطق الغنية بالطاقة، مثل الخليج العربي وبحر قزوين وشمال إفريقيا ودول أمريكا اللاتينية، مراكز استراتيجية محورية، والذي أدى إلى توترات وحروب وصراعات حول موارد الطاقة

وأيضاً لعب النفط دوراً أساسياً في صعود القوى العظمى في القرن العشرين، أذ استخدمته الولايات المتحدة لتوسيع نفوذها. أما الغاز الطبيعي، فقد أصبح أداة فعالة في السياسة الدولية، لاسيما في العلاقات الأوروبية الروسية، وذلك من خلال اعتماد دول أوروبية كثيرة على الغاز الروسي، مما يعزز نفوذ روسيا

(1) PULCHARTOVÁ, Pavlína. Geopolitical Implications of energy transition. Online. Master's thesis.

Brno: Masaryk University, Faculty of Social Studies. 2022. p.21

(2) Crikemans, D. The geopolitics of renewable energy: different or similar to the geopolitics of conventional energy. In ISA annual convention. Canada. Montreal 2011. pp 16-19.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

في تلك القارة والتي تشير بدورها إلى ان حدوث نزاعات حول أسعار الغاز أو توقف إمداداته تؤدي لتوترات جيوسياسية.

اما في العقدين الأخيرين من القرن العشرين، فقد شهدت جغرافية الطاقة تحولات جذرية، أبرزها ثورة النفط الصخري الأمريكية أذ غيّرت هذه الثورة خريطة الطاقة العالمية، إذ أصبحت الولايات المتحدة من كبار منتجي النفط والغاز، مكتسبة نفوذاً دولياً جديداً، كما ساهمت صناعة الغاز الطبيعي المسال في تغييرات جيوسياسية، أذ منحت الدول المصدرة مرونة أكبر في التفاوض مع المستوردين، أن جغرافية الطاقة في العقود القادمة ستكون مزيجاً من الوقود الأحفوري والطاقات المتجددة، فرغم نمو الأخيرة سيظل الوقود الأحفوري جزءاً أساسياً من مزيج الطاقة العالمي لعقود قادمة، ولن يكون التحول إلى الطاقات المتجددة فوراً، إذ ستبقى الهيدروكربونات جزءاً حيوياً من النظام الطاقى لفترة طويلة ليس في أوروبا فحسب بل دول شرق وجنوب شرق اسيا وافريقيا وامريكا اللاتينية

ولا تزال جغرافية السياسة للطاقة معقدة ومتراطة بعمق مع المصالح الاستراتيجية للدول، فبينما قد تكون الطاقات المتجددة مستقبل الطاقة، سيواصل الوقود الأحفوري دور في العلاقات الجيوسياسية في الوقت الحاضر⁽¹⁾ لانه يشكل 82% من الانتاج العالمي للطاقة لعام 2023 ، فضلا عن أن النفط والغاز الطبيعي والفحم تسهم في 38.5% و 29% و 29% من الاستهلاك العالمي للطاقة التقليدية على التوالي ،اما بالنسبة للطاقة المتجددة فهمي لا تمثل سوى 14% من الانتاج والاستهلاك العالمي للطاقة ، فضلا عن حصة الطاقة النووية والتي تساهم 4% من اجمالي الطاقة العالمي ، ناهيك عن صفة الاحتكار التي تتميز بها مصادر الطاقة التقليدية وتأثيرها في العلاقات الجيوسياسية بين الدول المنتجة والمستهلكة ، واعتمادها من قبل الولايات المتحدة الأمريكية كاداة فعالة في السياسة الدولية ، وتشكيل النظام العالمي الجديد⁽²⁾.

1-1-1-2 اثار وتحديات الطاقة التقليدية

أ - الآثار المتعلقة بأمن الطاقة

أمن الطاقة هو مفهوم متعدد الأبعاد يعكس توازناً معقداً بين ثلاثة أهداف رئيساً أذ تعرف معضلة الطاقة الثلاثية أمن الإمدادات، الكفاءة الاقتصادية والقدرة على تحمل التكاليف، والاستدامة البيئية. ويختلف تطبيق

(1) PULCHARTOVÁ, Pavlína. 2022."Op. Cit". p25-29

(2) BP Statistical Review of World Energy .2022.71st edition. p9.10

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

هذا التوازن بين الدول حسب موقعها الجغرافي، مواردها الطبيعية، وضعها الاقتصادي، ودورها كمنتج أو مستورد للطاقة (1)

غالبًا ما يُركز أمن الطاقة على توفر موارد الطاقة بشكل موثوق وبأسعار معقولة، وهو ما يعكس النهج التقليدي لأمن الطاقة في القرن العشرين. ومع مرور الوقت، توسع مفهوم أمن الطاقة ليشمل عناصر أخرى مثل الاستدامة البيئية، إمكانية الوصول، والمقبولية في ضوء المخاوف المتعلقة بتغير المناخ والقضايا الاجتماعية والسياسية.

تشكل عملية تحول الطاقة تحديًا مستمرًا، إذ يتطلب تنفيذ الأهداف الثلاثة للمعضلة الثلاثية بشكل متزامن للحفاظ على توازن هيكل الطاقة. في الوقت الحاضر، يعتمد أمن الطاقة بشكل رئيسي على الوقود الأحفوري كالنفط والغاز، إلا أن التحول نحو مصادر الطاقة المتجددة يمثل فرصة لتحسين أمن الطاقة عن طريق تقليل الاعتماد على الواردات، وتقليل العلاقة غير المتكافئة بين المنتجين والمستهلكين (2)

تختلف الأولويات المتعلقة بأمن الطاقة بين الدول؛ إذ قد تركز الدول الأوروبية على كفاءة الطاقة واستدامتها، بينما تولي دول أخرى اهتمامًا أكبر لقضايا مثل فقر الطاقة وعدالة الطاقة. ومع ذلك، يظل أمن الإمدادات، أي توافر الطاقة، هو البعد الأكثر أهمية ويعد أحيانًا مرادفًا لأمن الطاقة بشكل عام.

فضلا عن ذلك، يمكن أن يشكل الاحتكار في قطاع الطاقة تهديدًا كبيرًا لأمن الطاقة، لاسيما فيما يتعلق بأمن الإمدادات. عندما تحتكر دولة أو مجموعة شركات موارد رئيسية للطاقة مثل النفط أو الغاز، فإن هذا يمكن أن يؤدي إلى عدم استقرار الأسعار، ويؤثر على القدرة على تحمل التكاليف ويعرض الدول المستوردة لمخاطر انقطاع الإمدادات أو التلاعب السياسي والاقتصادي (3) كما يمكن أن يضعف الاحتكار الابتكار والتنافسية، مما يعرقل التحول نحو مصادر طاقة أكثر استدامة، ويزيد من الاعتماد على الموارد الأحفورية

(1) Chester, L. "Conceptualising energy security and making explicit its polysemic nature. Energy Policy". Elsevier, Vol. 38, No. 2, 2010. pp 890.

(2) European Commission. A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. 2018.p11

(3) Paravantis, A. J. and N. Kontoulis. "Energy Security and Renewable Energy: A Geopolitical Perspective." in: Mansour Al Qubeissi & Ahmad El-Kharouf & Hakan Serhad Soyhan (ed.): Renewable Energy – Resources, Challenges and Applications. 2020.p6

ب - الآثار المتعلقة بالأمن البيئي وتغير المناخ

إن الأمن البيئي قوة دافعة رئيسية وراء التحول الحالي للطاقة، ويُشكل تغير المناخ تحديًا أمنيًا يتجاوز البعد البيئي، إذ يؤثر على الأمن القومي، الأمن الغذائي، وإدارة الموارد مثل المياه، ويزيد من مخاطر النزاعات والكوارث البيئية. إذ يعكس المخاوف المرتبطة بالكربون، والانبعاثات، والتدهور البيئي الناتج عن حرق الوقود الأحفوري، وإن الاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري تسبب في ارتفاع درجات الحرارة، مما يؤدي إلى آثار تتجاوز القطاع البيئي، وتؤثر على الأمن البشري، إذ يعد التلوث وجودة الهواء والصحة العالمية محفزات قوية لدفع عملية التحول الطاقوي، إذ أن التأثيرات الفورية والواضحة لسوء نوعية الهواء تجعل التحرك البيئي أكثر إلحاحًا⁽¹⁾، ويُعد قطاع الطاقة المسؤول الرئيسي عن تغير المناخ، إذ يُنتج 70% من الانبعاثات العالمية، وتشمل التأثيرات الملموسة للأزمة البيئية، الأحداث المناخية المتطرفة مثل موجات الحرارة، وحرائق الغابات، والفيضانات، والجفاف، والتي ترتبط بالإنتاج والاستهلاك غير المستدام للطاقة المعتمدة على الوقود الأحفوري. هذه التأثيرات تؤثر بشكل مباشر على البيئة، الزراعة، وإدارة المياه، وكذلك على صحة الإنسان، مما يعزز الحاجة إلى تغيير الممارسات الحالية بشكل عاجل.

تعد هذه المخاوف المتعلقة بالبيئة والمياه والغذاء والصحة البشرية من أبرز الدوافع للتحول نحو الطاقة النظيفة، وقد أصبحت القضايا البيئية، وتحديدًا تغير المناخ جزءًا لا يتجزأ من مناقشات الطاقة العالمية. في حالة الاتحاد الأوروبي، تُهيمن اعتبارات تغير المناخ على سياسات الطاقة، وعلى الرغم من أن هذه العلاقة بين تغير المناخ والطاقة تُدرج عادة ضمن إطار الاستدامة، إلا أنها تؤدي إلى اقتراحات لتوسيع نموذج معضلة الطاقة الثلاثية إلى رباعي الطاقة الاستراتيجي، والذي يأخذ في الاعتبار التخفيف من تغير المناخ والتكيف معه، والمرونة في مواجهة التغيرات المناخية⁽²⁾

وهناك ارتباط وثيق بين أمن المناخ وأمن الطاقة إذ يعد تحول الطاقة بعيدًا عن الوقود الأحفوري جزءًا أساسيًا من الاستراتيجية العالمية للتخفيف من آثار تغير المناخ، وسياسات إزالة الكربون تشكل المحرك الرئيسي لهذا التحول، ويُنظر إليها كاستجابة ضرورية لمخاطر المناخ. على عكس التحولات السابقة في قطاع الطاقة، إذ أصبح مكافحة تغير المناخ على المستوى العالمي محركًا رئيسيًا يفرض أهدافًا إلزامية لإزالة الكربون.

(1) Stevens, Paul. The Geopolitical Implications of Future Oil Demand. Chatham House, August 14, 2019

(2) Pastukhova, M. and K. Westphal. "Governing the Global Energy Transformation." In: M. Hafner and S. Tagliapietra (eds.): The Geopolitics of the Global Energy Transition, Lecture Notes in Energy 73.2020.p10

اصبح تغير المناخ أصبح الآن قضية أمنية معترف بها على نطاق واسع، أذ تجري المؤسسات العسكرية، مثل حلف الشمال الأطلسي ، تقييمات لتأثيره على البنية التحتية والعمليات الأمنية ، حتى أجهزة الاستخبارات تم تكليفها بتقييم الآثار الاستراتيجية لتغير المناخ ، وقد أشارت تقديرات الاستخبارات الوطنية الأمريكية الى وجود منافسة متزايدة ومخاطر انتقالية مرتبطة بجهود إزالة الكربون، لاسيما من الدول التي تعتمد على صادرات الوقود الأحفوري ، والتي تتبنى التحول السريع إلى الطاقة النظيفة ، خوفاً من التكاليف الاقتصادية والجيوستراتيجية المترتبة على ذلك (1)

1-1-2 المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

1-1-2-1 البعد الجيوستراتيجي لاستخدام معادن الطاقة المتجددة

تلعب المعادن الحيوية دوراً أساسياً في إعادة تشكيل العلاقات الدولية في سياق التحول نحو الطاقة المتجددة ، أذ يمكن وضع المعادن الحرجة عند تقاطع الطاقة المتجددة والجغرافية السياسية ، ويمكن القول ان الجغرافية السياسية للطاقة المتجددة بدورها ان تؤثر على زيادة مصادر الطاقة المستدامة ، والتي بدورها ستشكل العلاقات الجيوستراتيجية وتؤثر على الأمن من ناحية أخرى، و أن المستويات الأعلى من الاعتماد على الذات في مجال الطاقة ستؤدي إلى عدد أقل من النزاعات الجيوستراتيجية والصراعات بين الدول ومن ناحية أخرى، يمكن القول إن سياسات الطاقة ستظل متضاربة بسبب التبعيات الجديدة وبغض النظر عن ذلك نؤكد على أن المعادن الحيوية اللازمة للتحول في مجال الطاقة سوف تخلق ديناميكيات جديدة من شأنها تشكيل العلاقات الدولية، والقدرة التنافسية الاقتصادية، والمصالح الاستراتيجية بين الدول في حين أن الجغرافية السياسية للتحول في مجال الطاقة موضوع بحثي واسع النطاق، أذ إن الدراسات الأخرى تدور حول الجغرافية السياسية للمعادن الحيوية على وجه التحديد أقل تطوراً أذ تركز الأبحاث المتاحة في الغالب على إعادة التنظيم الجيوستراتيجي نتيجة للطلب المتزايد على المعادن الحيوية وأهميتها في تكنولوجيا الطاقة المتجددة، ونقاط الضعف في سلاسل توريد المعادن الحيوية وإن المصدر الأكثر شيوعاً للضعف هو التركيز الجغرافي للاحتياجات المعدنية الحيوية ، والتي تقع في الغالب في الدول النامية أيضاً كما هو الحال بالنسبة لمصادر الطاقة التقليدية. وتم تصنيف العديد من الدول التي تمتلك هذه الاحتياطيات على أنها بلدان نامية أو متخلفة وعرضة للفساد والعنف والصراع مع زيادة مخاطر اضطراب العرض.

(1) PULCHARTOVÁ, Pavlína. 2022 : 'Op.Cit'.pp.16

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

بصرف النظر عن الاحتياطات، يتركز إنتاج المعادن الحرجة بشكل كبير في الصين ، ويعد الاعتماد العالمي على الصين وتخوف دول الغرب من احتمال استخدامها لموقعها الاستراتيجي كسلاح ضدها مصدرًا للتوتر ، أذ تخلق هذه التركزات الجغرافية نقاط ضعف، أذ يمكن أن تؤدي الاضطرابات غير المقصودة إلى الكوارث الطبيعية، فشل النظام، الاضطرابات السياسية والتمتعمة ، استخدام التصدير والتسعين كأداة سياسية إلى ارتفاع الأسعار وزيادة التبعيات ، في حين يمكن وصف الندرة المحتملة والاحتكار للمعادن الحرجة المحدودة كمصدر قلق متزايد أيضا (1)

1-1-2-2 البعد الزمني لاستخدام معادن الطاقة المتجددة

أ- العصر القديم وما قبل الثورة الصناعية

في العصور القديمة كان استخدام المعادن مثل النحاس والبرونز والحديد يقتصر على الأدوات والأسلحة، ولم يكن هناك اهتمام كبير بالطاقة المتجددة كما نعرفها اليوم، أذ أن طواحين الرياح والمياه التي ظهرت في عدد من الحضارات كانت أول التطبيقات التي يمكن عدها ضمن الطاقة المتجددة باستخدام معادن مثل الحديد ولم تكن لهذه الاستخدامات أبعاد جيوسياسية كبيرة أذ كانت المعادن تُستخرج محليًا ولم تكن جزءًا من التنافس الدولي (2).

ب - الثورة الصناعية القرن الـ19 بداية التحول الصناعي

مع دخول الثورة الصناعية في القرن التاسع عشر تغير دور المعادن بشكل جذري، أذ أصبح النحاس أساسًا لشبكات الكهرباء، بينما اعتمدت البنية التحتية الصناعية على الحديد والصلب، وكذلك على الصعيد الجيوسياسي أدى هذا الاعتماد المتزايد على المعادن إلى بروز قوى استعمارية تسعى للسيطرة على مصادر المواد الخام لاسيما في إفريقيا وآسيا (3).

(1) ZUTT, Megan Nicole. The Growing Demand for 'White Gold' to Accommodate the 'Green' Transition: The Role of Discourse in Shaping the Cooperation Between the European Union and Chile on Lithium. Diplomová práce, vedoucí Casaglia, Anna. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta sociálních věd, Katedra bezpečnostních studií, 2023.p10-12

(2) RADIVOJEVIĆ, Miljana, et al. Tainted ores and the rise of tin bronzes in Eurasia, c. 6500 years ago. Antiquity, 2013, p1040.

(3) Gordon, R. B., Bertram, M., & Graedel, T. E. Metal stocks and sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences, en 103(5). 2006. p 1210.

ت - الفترة 1900 - 1970

بدأ استخدام النحاس بشكل واضح في تقنيات الطاقة المتجددة في أواخر القرن التاسع عشر وأوائل القرن العشرين مع تطوير أنظمة الطاقة الكهربائية ، أذ كان يُستخدم النحاس بشكل رئيسي في الأسلاك والكابلات الكهربائية ، وهو معدن أساسي في توربينات الرياح ، ولألواح الشمسية ، وأنظمة البطاريات ، ودوره في نقل الكهرباء بكفاءة عالية جعله معدناً لا غنى عنه في جميع تقنيات الطاقة المتجددة تقريباً⁽¹⁾، في خمسينيات القرن العشرين اكتُشف السيليكون كعنصر أساسي في تصنيع الخلايا الشمسية أذ صنع أول خلية شمسية عام 1954 م ، لذلك يعد المادة الأساسية في الخلايا الكهروضوئية التي تحول ضوء الشمس إلى كهرباء وبدا الإنتاج التجاري للخلايا الشمسية في سبعينيات القرن العشرين بشكل فعلي⁽²⁾.

في منتصف القرن العشرين بدأ استخدام الزركونيوم في الطاقة النووية عندما أصبح مكوناً رئيساً في مفاعلات الماء المضغوط PWR بسبب مقاومته العالية للتآكل، وخصائصه الفريدة التي تسمح له بالعمل في بيئات إشعاعية عالية، وبدأت السيطرة على المعادن تأخذ بعداً جيوسياسياً أعمق أذ تنافست القوى الكبرى المتمثلة بالولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي سابقاً على تأمين الموارد المعدنية الضرورية لتطوير تقنيات الطاقة والأسلحة⁽³⁾.

ث - الفترة 1971 - 1990

أدت أزمة النفط في عام 1973 إلى دفع العالم نحو البحث عن بدائل للطاقة الأحفورية مما زاد من الاهتمام بالطاقة المتجددة ، في هذه الفترة بدأ الاعتماد على معادن متنوعة كان اولها الألومنيوم أذ استخدم في هياكل الألواح الشمسية ، والإطارات الخفيفة لتوربينات الرياح ، نظراً لخفة وزنه وقوته ومقاومته للتآكل كما أنه يُستخدم في مكونات بطاريات الليثيوم-أيون⁽⁴⁾ ، وكذلك استخدمت الفضة في الخلايا الكهروضوئية بسبب قدرتها على توصيل الكهرباء بكفاءة عالية ، و بدأ استخدام الكاديوم و التيلوريوم في الخلايا الشمسية الرقيقة في عام 1972م أذ تم تطوير أولى الخلايا الشمسية الرقيقة باستخدام كاديوم تيلورايد CdTe وهي في الوقت الحاضر من بين أكثر تقنيات الطاقة الشمسية الرقيقة ، شيوعاً نظراً لتكلفتها

(1) MacMahon, A. D. Copper: a materials survey .US Department of the Interior, Bureau of Mines. Vol. 8225.1965. p1-37

(2) Green, M. A. "Silicon solar cells: advanced. principles and practice." UNSW Press. ausirilai. 2001.

(3) Forsberg, C. W., Peterson, P. F., & Zhao, H. High-temperature liquid-fluoride-salt closed-Brayton-cycle solar power towers. vol1 129 ,2007.p1-3

(4) Schatzberg, E. Symbolic culture and technological change: The cultural history of aluminum as an industrial material. Enterprise & Society, en 4(2),2003. p 245.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

المنخفضة وكفاءتها العالية⁽¹⁾، و في عام 1974م استخدم السيلينيوم في تطوير خلايا شمسية رقيقة عالية الكفاءة تعتمد على تقنية CIGS (Copper Indium Gallium Selenide) النحاس الإنديوم الغاليوم السيلينيد ، وبدأ استخدام الجرمانيوم و الغاليوم لأول مرة في تطوير الخلايا الشمسية في عام 1976م لاسيما في الخلايا الكهروضوئية متعددة الوصلات المستخدمة في التطبيقات الفضائية وأبحاث الطاقة الشمسية المتقدمة، أما في ثمانينيات القرن العشرين بدأ استخدام الإنديوم في تقنيات الخلايا الشمسية الرقيقة و في عام 1980م تم إنتاج أولى الخلايا الشمسية الرقيقة باستخدام الإنديوم مما أدى إلى تحسين كفاءة تحويل الطاقة الشمسية بتكلفة أقل مقارنة بالخلايا الشمسية المبنية على السيليكون، وكذلك بدأ استخدام الفاناديوم بشكل رئيسي في بطاريات الفاناديوم للتدفق Vanadium Redox Flow Batteries ففي عام 1985م تم تطوير أول بطارية تدفق تعتمد على الفاناديوم والتي تعد تقنية جيدة لتخزين الطاقة على نطاق واسع لاسيما في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح ، وهذه البطاريات تتميز بقدرتها على تخزين كميات كبيرة من الطاقة لفترات طويلة مع دورة حياة طويلة⁽²⁾

د - الفترة 1991-2010

في هذه الفترة شهدت تقنيات الطاقة المتجددة تطوراً هائلاً مما زاد الطلب على معادن كثيرة ، تمثلت ببداية استخدام البلاتين في خلايا الوقود الهيدروجيني التي دخلت منذ الستينيات ، لكن انتشاره الواسع في التطبيقات الصناعية في عام 1990 م ، ومع زيادة التركيز على الطاقة النظيفة ، بدأ استخدام خلايا الوقود الهيدروجيني المُحفزة بالبلاتين يتوسع في تطبيقات متنوعة في النقل وتخزين الطاقة⁽³⁾، وكذلك ظهر الاهتمام بالعناصر الأرضية النادرة تمثلت تحديداً النيوديميوم الذي استخدم في تصنيع مغناطيسيات توربينات طاقة الرياح ، كما ظهر الاهتمام بالمولبيديوم في الخلايا الشمسية الرقيقة وتقنيات CIGS النحاس الإنديوم الغاليوم السيلينيد⁽⁴⁾، بدأ استخدام الروثينيوم في عام 1991 م أذ تم تطوير أولى الخلايا الشمسية الصبغية التي تحتوي على مركبات الروثينيوم ، التي تساعد على تحسين امتصاص الضوء

⁽¹⁾ Bosio, Alessio, Stefano Pasini, and Nicola Romeo. "The History of Photovoltaics with Emphasis on CdTe Solar Cells and Modules" Coatings 10, no. 4 . 2020.p 344.

⁽²⁾ Parasuraman, A., Lim, T. M., Menictas, C., & Skyllas-Kazacos, M. Review of material research and development for vanadium redox flow battery applications. Electrochimica Acta, no 101, 2013. p 27-40.

⁽³⁾ Perry, M. L., & Fuller, T. F, A historical perspective of fuel cell technology in the 20th century. Journal- Electrochemical Society, e149, no (7), 2002. pS566-S67.

⁽⁴⁾ Du, X., & Graedel, T. E. Global rare earth in-use stocks in NdFeB permanent magnets. Journal of Industrial Ecology, e15, no(6), 2011. p 839-843.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

وزيادة كفاءة تحويل الطاقة الشمسية ، وفي نفس العام 1991 م استخدم التيتانيوم أذ تم تطوير أولى الخلايا الشمسية الصبغية باستخدام ثاني أكسيد التيتانيوم TiO_2 وهي تقنية جديدة تعتمد على استخدام صبغات عضوية لتحسين امتصاص الضوء هذه التقنية تتيح إنتاج طاقة شمسية بكفاءة جيدة وتكلفة منخفضة⁽¹⁾، وفي نفس الفترة استخدمت عدد من العناصر النادرة تمثلت بمعدن الإيتريوم في المغناطيسات ذات الأداء العالي التي تُستخدم في توربينات الرياح ، مما ساهم في تحسين كفاءة التوربينات ، وتقليل اعتمادها على العناصر الأرضية النادرة الأخرى مثل النيوديميوم⁽²⁾ ، وكذلك اللانثانوم في بطاريات نيكل-لانثانوم في السيارات الهجينة ، مما ساهم في تحسين تخزين الطاقة الكهربائية في المركبات وزيادة كفاءتها⁽³⁾، وفي هذه الفترة أيضا بدأ الاستخدام الفعلي للليثيوم هو المعدن الرئيسي في بطاريات الليثيوم-أيون التي تُستخدم لتخزين الطاقة من مصادر الطاقة المتجددة مثل الألواح الشمسية ، وتوربينات الرياح ، كما أنه يُستخدم في السيارات الكهربائية ، والذي جعله أساسياً للتحويل نحو الطاقة النظيفة.

وفي العقد الأول من القرن الحادي والعشرين استخدمت معادن كثيرة وكان أهمها الكوبالت الذي استخدم كمكون رئيسي في بطاريات الليثيوم-أيون التي تُستخدم لتخزين الطاقة في الهواتف المحمولة و أجهزة الكمبيوتر المحمولة و في أنظمة تخزين الطاقة المتجددة والمركبات الكهربائية⁽⁴⁾، وكذلك ظهور استخدام النيكل في تقنيات الطاقة المتجددة مع بداية تطوير بطاريات الليثيوم-أيون ، وفي العقد الأول من القرن الحادي والعشرين استخدم بشكل رئيسي في صناعة بطاريات الليثيوم-أيون أذ يساعد في تحسين كثافة الطاقة والقدرة على تخزين الطاقة لفترات أطول ، وبعد فترة قليلة بدأ استخدام احد العناصر الأرضية النادرة المتمثل بعنصر الديسبروسيوم ، الذي استخدم في تصنيع المغناطيسات الدائمة في مولدات توربينات الرياح ، هذا

(1) O'Regan, B., Grätzel, M. A low-cost, high-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO_2 films. Nature, voll 353, 1991.p 737-740,

(2) Alves Dias, P., Bobba, S., Carrara, S., & Plazzotta, B. The role of rare earth elements in wind energy and electric mobility. European Commission: Luxembourg. 2020.p15

(3) Guarnieri, M. Secondary Batteries for Mobile Applications: From Lead to Lithium [Historical]. IEEE Industrial Electronics Magazine, e16, no (4), 2022. p 60-68.

(4) C. S. Johnson, J. T. Vaughey, M. M. Thackeray, T. E. Bofinger, and S. A. Hackney "Layered Lithium Manganese Oxide Electrodes Derived from Rock-Salt $LiMnO_2$ Precursors" 194th Meeting of the Electrochemical Society, Boston, MA, Nov.1-6,1998.p20

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

المعدن ساهم في تحسين مقاومة المغناطيسات لدرجات الحرارة العالية مما يعزز كفاءة التوربينات التي تعمل في ظروف مناخية قاسية⁽¹⁾.

في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين و تحديداً في عام 2008 بدأ الاهتمام بشكل كبير في تطوير بطاريات التخزين أذ بدأ استخدام المنغنيز في تقنيات بطاريات الليثيوم-أيون التي ادت الى استخدام بطاريات ليثيوم-منغنيز أو أكسيد LMO كخيار أكثر أماناً وأقل تكلفة مقارنة ببطاريات الليثيوم-أيون التقليدية فضلاً عن لذلك وفي مجال بطاريات التخزين استخدم المغنيسيوم في مجال البطاريات أيضاً أذ يُستخدم في تطوير بطاريات المغنيسيوم-أيون ، ففي عام 2010 بدأت الأبحاث في تطوير بطاريات المغنيسيوم-أيون كبديل لبطاريات الليثيوم-أيون، نظراً لتكلفة المغنيسيوم المنخفضة وسلامته البيئية⁽²⁾.

هـ - الفترة 2010-2024

في العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين ظهر استخدام معادن أخرى في تقنيات الطاقة المتجددة أذ بدأ استخدام التنغستن في تطوير مواد جديدة لتحسين كفاءة الخلايا الشمسية وتقنيات البطاريات وكذلك في تحسين أداء البطاريات والمكونات الإلكترونية في أنظمة الطاقة المتجددة⁽³⁾، فضلاً عن استخدام الإربيوم لتحسين كفاءة الخلايا الشمسية من خلال تحويل الضوء غير المرئي الأشعة تحت الحمراء إلى ضوء مرئي يمكن تحويله إلى طاقة كهربائية⁽⁴⁾، وفي الوقت نفسه بدأ استخدام القصدير في الخلايا الشمسية تحديداً، ففي عام 2012 م تحديداً قام العلماء باستبدال الرصاص في خلايا البيروفسكايت بالقصدير الذي أدى بدوره إلى تطوير خلايا شمسية أكثر أماناً وكفاءة⁽⁵⁾ ، وفي العام نفسه بدأ استخدام الزنك في تطبيقات الطاقة المتجددة لاسيما في تطوير بطاريات الزنك-الهواء التي استخدمت في العقود السابقة أذ استخدم الزنك في أنواع جديدة من بطاريات تخزين الطاقة التي تُعد بدائل أقل تكلفة وأكثر أماناً مقارنة ببطاريات

(1) Disna Eheliyagoda, Devarajan Ramanujan, Badrinath Veluri, Qiance Liu, Gang Liu, Tracing the multiregional evolution of the global dysprosium demand-supply chain Resources, Conservation and Recycling, Volume 199, 2023.

(2) Abbott, T. B. Magnesium: industrial and research developments over the last 15 years. Corrosion, 71(2), (2015). p 125.

(3) The Tungsten Market | SFA (Oxford) <https://www.sfa-oxford.com/rare-earths-and-minor-metals/minor-metals-and-minerals/tungsten-market-and-tungsten-price-drivers>

(4) Wang, H. Q., Batentschuk, M., Osvet, A., Pinna, L., & Brabec, C. J. Rare-earth ion doped up-conversion materials for photovoltaic applications. Advanced Materials, e23, no22-23, 2011. p 2675-2680.

(5) Wali, Q., Iqbal, Y., Pal, B., Lowe, A., & Jose, R. Tin oxide as an emerging electron transport medium in perovskite solar cells. Solar Energy Materials and Solar Cells, vull 179, 2018. p 102-117.

الليثيوم-أيون⁽¹⁾ ، فضلا عن استخدام البزموت عام 2018 م في تطوير البطاريات ذات كفاءة عالية وقابلة لإعادة التدوير والتي تعد تقنية مستدامة لتخزين الطاقة المتجددة على نطاق واسع⁽²⁾ .

1-1-3 الجغرافية السياسية للتحول إلى الطاقة المتجددة

1-3-1-1 البعد الجيوسياسي للطاقة المتجددة

يشكل البعد الجيوسياسي لتكنولوجيا الطاقة المتجددة ركيزة أساسية في تحولات النظام الدولي المعاصر إذ تعيد هذه التكنولوجيا تشكيل توازنات القوة الاقتصادية والسياسية عبر تقليص الاعتماد على الموارد الأحفورية التقليدية التي هيمنت على التفاعلات الجيوسياسية لعقود ، إذ تتيح الطاقة المتجددة فرصاً للدول لتعزيز استقلاليتها الطاقوية من خلال الاستثمار في مصادر محلية كالطاقة الشمسية ، وطاقة الرياح ، مما يقلص تأثير الصدمات الجيوسياسية المرتبطة بتقلبات أسعار النفط والغاز أو اضطرابات سلاسل الإمداد كما تسهم هذه التحولات في إعادة تعريف التحالفات الاستراتيجية إذ تبرز دول تمتلك مقومات جغرافية أو تكنولوجية تمكنها من توليد طاقة متجددة بكميات كبيرة كفاعلين جدد في المشهد الجيوسياسي ، بينما تواجه اقتصادات أخرى تعتمد بشكل مكثف على تصدير النفط تحديات وجودية تتطلب إعادة هيكلة اقتصاداتها لتجنب التهميش في ظل التحول العالمي نحو خفض الانبعاثات الكربونية

من ناحية أخرى تخلق تكنولوجيا الطاقة المتجددة أشكالاً جديدة من المنافسة الدولية لاسيما في مجال الابتكار التكنولوجي ، وتصنيع المعدات ، إذ تسعى دول مثل الصين والولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي إلى تعزيز نفوذها عبر الهيمنة على سلاسل القيمة العالمية للألواح الشمسية ، وتوربينات الرياح ، وبطاريات التخزين ، والذي يعزز قدراتها الاقتصادية ، ويوفر أدوات للضغط السياسي ، في الوقت نفسه تبرز أهمية التعاون الإقليمي في مشاريع الربط الكهربائي ومشاركة موارد الطاقة المتجددة كعامل لتعزيز الاستقرار الإقليمي إذ تعتمد الدول على جيرانها لتحقيق التكامل في شبكات الطاقة الذي يقلل من حدة التوترات التاريخية ويشجع على بناء ثقة متبادلة عبر الاعتماد المتبادل في القطاع الاستراتيجي⁽³⁾

(1) Wang, H. Q., Batentschuk, M., Osvet, A., Pinna, L., & Brabec, C. J. Rare-earth ion doped up conversion materials for photovoltaic applications. Advanced Materials, e23, no 22-23, 2011. p2677

(2) Cheng, X., Li, D., Jiang, Y., Huang, F., & Li, S. Advances in Electrochemical Energy Storage over Metallic Bismuth-Based Materials. Materials, e17, no (1), 2023. p 21.

(3) O'Sullivan, Megan, et al. The Geopolitics of Renewable Energy. International Renewable Energy Agency (IRENA), Norwegian Ministry of Foreign Affairs, and German Federal Foreign Office, June 2017

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

إلى جانب ذلك تتفاعل الطاقة المتجددة مع قضايا الأمن القومي ، أذ تقلل من نقاط الضعف المرتبطة بتمركز البنى التحتية للطاقة التقليدية في مناطق جغرافية مضطربة أو عرضة للصراعات كما أن توزيع مصادر الطاقة المتجددة على نطاق واسع جغرافية يجعلها أقل عرضة للهجمات الإرهابية أو التخريب مقارنة بالمنشآت النووية أو خطوط الأنابيب ، علاوة على ذلك ، تدفع متطلبات مكافحة تغير المناخ للدول إلى تبني سياسات خارجية تعزز التعاون متعدد الأطراف في مجال نقل التكنولوجيا وتمويل المشاريع الخضراء مما يعيد تشكيل أولويات الدبلوماسية العالمية ، ويدمج البعد البيئي بشكل أعمق في حسابات القوة الدولية مع ذلك لا تخلو هذه التحولات من تحديات جيوسياسية جديدة أذ يؤدي الاعتماد على معادن ضرورية لتكنولوجيا البطاريات ، وتوربينات الرياح ، إلى إعادة تركيز الاهتمام الاستراتيجي على الدول المنتجة لهذه الذي يخلق مخاطر مرتبطة بتركيز سلاسل الإمداد واندلاع صراعات جديدة حول الموارد الطبيعية ، فضلا عن ذلك تثير اختلالات انتقال الطاقة مخاوف من تفاوت بين دول تملك القدرة على تمويل التحول إلى الطاقة النظيفة ، وأخرى تعاني من محدودية الموارد المالية أو التكنولوجيا مما قد يعمق الفجوة بين الدول المتقدمة والدول النامية على المستوى الجيوسياسي

في هذا الإطار تصبح السياسات المناخية والاستثمارات في الطاقة المتجددة أدوات للتأثير الدولي أذ تستخدمها القوى الكبرى لتعزيز نفوذها عبر مبادرات واتفاقيات دولية وعالمية مثل الصفقات الطاقة المتجددة أو شراكات نقل التكنولوجيا التي تربط بين المساعدات التنموية ومصالح جيوسياسية محددة ، كما أن قدرة الدول على تحقيق حماية البيئة تعزز مكانتها كقادة أخلاقيين في النظام الدولي ، مما يوفر رأس مال سياسياً يمكن توظيفه في المفاوضات الدولية وفي النهاية فإن البعد الجيوسياسي للطاقة المتجددة لا يعكس فقط تحولاً في مصادر الطاقة بل يشير إلى إعادة تشكيل جذرية لأسس القوة والتفاعلات الاستراتيجية في القرن الحادي والعشرين أذ تتداخل الاعتبارات البيئية والاقتصادية والتكنولوجية في صياغة مستقبل النظام العالمي في مجال التحول نحو الطاقة المتجددة⁽¹⁾.

⁽¹⁾CRIEKEMANS, David. The geopolitics of renewable energy: different or similar to the geopolitics of conventional energy. In: ISA annual convention. Canada Montreal, 2011. p. 16-19.)

1-1-3-2 البعد الزمني للطاقة المتجددة

شهدت الطاقة المتجددة تطورات عديدة خلال فترات زمنية تتعلق بشكل كبير بالأحداث المختلفة، سواء كانت سياسية أو تقنية أو اقتصادية، يمكن تقسيم مراحل استخدام الطاقة المتجددة في العالم إلى خمس مراحل هي:

أ - المرحلة الأولى: بداية الاهتمام بالطاقة المتجددة 1965-1975

كانت الاقتصادات العالمية في هذه الفترة تعتمد بشكل شبه كامل على الوقود الأحفوري النفط، الغاز، الفحم لتلبية احتياجات الطاقة ، إذ لم تكن الطاقة المتجددة مصدرًا رئيسيًا للطاقة، ولكن الأبحاث الأولية حول مصادر الطاقة البديلة كانت، لاسيما في الجامعات والمراكز البحثية ،أذ كانت أزمة النفط في عام 1973م نقطة تحول كبيرة بالنسبة للعالم الصناعي ، والتي تمثلت بحظر النفط الذي فرضته الدول العربية المصدرة للنفط أعضاء منظمة أوبك أدى إلى ارتفاع كبير في أسعار النفط عالميًا، مما دفع الدول إلى البحث عن مصادر بديلة للطاقة لتقليل الاعتماد على النفط ، كانت هذه الأزمة بمثابة محفز رئيسي لبدء التفكير بجدية في الطاقة المتجددة (1).أذ بعد أزمة النفط بدأت الدول الصناعية الكبرى مثل الولايات المتحدة وألمانيا ، واليابان في البحث عن مصادر طاقة بديلة ، وبدأت استثمارات أولية في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، كما بدأت الأبحاث في الطاقة النووية كحل طويل الأمد ، وتم إنشاء أول محطة للطاقة الشمسية الحرارية في الولايات المتحدة في هذه الفترة 1973-1975 ، وهو مشروع صغير نسبيًا لكنه كان خطوة مهمة نحو تطوير الطاقة الشمسية ادى إلى إدراك أهمية تنويع مصادر الطاقة (2)

ب - المرحلة الثانية: الفترة 1975-1990

بدأ الوعي البيئي يتزايد بحلول منتصف السبعينيات ولاسيما مع ظهور حركة حماية البيئة في الولايات المتحدة ، وأوروبا ، وفي نفس الفترة استمرت أسعار النفط في التقلب مما زاد من الحاجة إلى تطوير مصادر طاقة بديلة ، في عام 1978م (3) تم تمرير قانون سياسة الطاقة الوطنية في الولايات المتحدة الذي وضع السياسات الأولى لدعم الطاقة المتجددة ، بما في ذلك التحفيزات المالية لتطوير الطاقة الشمسية

(1) مقدم عبد الحسن الفياض، شيماء مسج بكة الزيايدي. سياسة الولايات المتحدة الأمريكية تجاه تحديات الأزمة النفطية العالمية الأولى ودور النفط العربي الخليجي فيها (1973-1974). مجلة الكلية الاسلامية الجامعة،العراق،النجف الاشرف،المجلد13،العدد (53)ج1، 2019. ص331.

(2) Vant-Hull, L. L. Development of solar tower program in the United States. Optical Engineering, vull 16(6), 1977. p 577.

(3) Nordhaus, R. R. National Energy Act of 1978. In Encyclopedia of Energy Engineering and Technology- Four Volume Set (Print).2014. pp1270.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

وطاقة الرياح كما شجع القانون على مزيد من الأبحاث في مجالات الطاقة الحرارية الأرضية والطاقة الحيوية ، في أواخر السبعينيات تم تركيب أول توربينات رياح تجارية في كاليفورنيا، مما مهد الطريق لصناعة طاقة الرياح الحديثة ، اما في عام 1977م فقد تم إنشاء وزارة الطاقة الأمريكية DOE لتنسيق سياسة الطاقة في الولايات المتحدة بما في ذلك الأبحاث حول الطاقة المتجددة.

ففي خلال الثمانينيات ازداد الضغط العام على الدول لاتخاذ إجراءات بشأن قضايا التلوث والتغير المناخي أدى ذلك إلى زيادة الاستثمار في الأبحاث المتعلقة بالطاقة النظيفة، فكانت هذه الفترة مرحلة تأسيسية لتطوير الطاقة المتجددة، وظهرت خلالها أولى السياسات الداعمة للطاقة المتجددة، وبدأت المشاريع التجريبية في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح⁽¹⁾

ت - المرحلة الثالثة: زيادة الاهتمام العالمي بالطاقة المتجددة بعد اتفاقية كيوتو 1990-2000

شهدت هذه الفترة اهتمامًا عالميًا متزايدًا بأزمات التغير المناخي، أذ بدأت الدول في إدراك أن الاعتماد على الوقود الأحفوري يؤدي إلى تفاقم ظاهرة الاحتباس الحراري، كما شهدت هذه الفترة تقدمًا كبيرًا في تكنولوجيا الطاقة المتجددة، في عام 1992م تم توقيع اتفاقية الأمم المتحدة الإطارية بشأن تغير المناخ (United Nations Framework Convention on Climate Change) UNFCCC خلال قمة ريو دي جانيرو عاصمة البرازيل التي مثلت نقطة تحول في الجهود الدولية لمكافحة الاحتباس الحراري، وقد وضعت هذه الاتفاقية الأساس للتعاون الدولي بشأن الحد من انبعاثات الكربون.

وفي عام 1997م جاءت اتفاقية كيوتو كأول اتفاقية دولية ملزمة قانونيًا تهدف إلى تقليل انبعاث غازات ضارة، وشجعت الدول الصناعية على زيادة استثماراتها في الطاقة المتجددة كوسيلة للحد من الاعتماد على الوقود الأحفوري، وخلال هذه الفترة شهدت تكنولوجيا الخلايا الشمسية تقدمًا كبيرًا، أذ انخفضت تكاليف إنتاجها وزادت كفاءتها ، وبدأت الطاقة الشمسية تصبح خيارًا أكثر واقعية للاستخدام التجاري ، كما بدأت أولى المزارع الريحية الكبيرة في الظهور في أوروبا، ولاسيما في الدنمارك وألمانيا ، أذ تم تطوير شبكات كهرباء قادرة على استيعاب الطاقة المتقطعة من الرياح⁽²⁾

(1) Alstadt, L. J. The 1980 Patent Rights Statute: A Key to Alternative Energy Sources. U. Pitt. L. Rev., 1981. pp 43, 73.

(2) سنان سامية، ناصري ليلي، اتفاقية تغير المناخ 1992 وبروتوكول كيوتو الملحق بها، رسالة ماجستير منشورة ، جامعة مولود معمري، كلية الحقوق والعلوم السياسية ،قسم القانون ،الجزائر، 2015.ص2

ث - المرحلة الرابعة: تسارع في التحول للطاقة المتجددة مع ظهور تقنيات جديدة 2000-2010

مع دخول الألفية بدأت أسعار تقنيات الطاقة المتجددة في الانخفاض بشكل ملحوظ، أذ شهدت هذه الفترة أيضًا زيادة في الدعم الحكومي للطاقة النظيفة، لاسيما في أوروبا وأمريكا الشمالية، مما أدى إلى تسارع في الاستثمار في هذا المجال ، ففي عام 2001م قامت ألمانيا بتطبيق سياسة تعرفه التغذية* Feed-in Tariff التي شجعت بشدة على الاستثمار في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح⁽¹⁾ ، هذه السياسة ساهمت في جعل ألمانيا واحدة من قادة العالم في إنتاج الطاقة المتجددة ، وفي عام 2005 م تم تمرير قانون سياسة الطاقة في الولايات المتحدة، الذي قدم إعفاءات ضريبية ، وحوافز للاستثمار في الطاقة المتجددة، ولاسيما الطاقة الشمسية وطاقة الرياح⁽²⁾

في عام 2007 م بدأت الصين في الاستثمار بشكل كبير في الطاقة الشمسية، وأصبحت في غضون سنوات قليلة أكبر منتج للألواح الشمسية في العالم، خلال هذا العقد شهدت تقنيات تخزين الطاقة تقدمًا كبيرًا، مما جعل دمج الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في شبكات الكهرباء أكثر جدوى، كما شهد هذا العقد بداية التحول الجاد نحو الطاقة المتجددة على نطاق واسع بفضل انخفاض التكاليف وزيادة الدعم الحكومي⁽³⁾

د - مرحلة انتشار واسع للطاقة المتجددة كجزء من التحول العالمي للطاقة النظيفة 2010-2024

بحلول العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين أصبح التحول إلى الطاقة المتجددة هدفًا عالميًا، أذ ازداد وعي الحكومات والشركات بأهمية التحول إلى مصادر طاقة نظيفة للحد من تغير المناخ، ففي عام 2015 م جاءت اتفاقية باريس للمناخ كخطوة كبيرة نحو تعزيز الالتزامات الدولية بشأن تخفيض الانبعاثات الكربونية ، فوضعت أهدافًا طموحة للحد من الاحتباس الحراري، مما جعل الطاقة المتجددة محورية في استراتيجيات الدول ، وتحقيق هذه الأهداف بحلول منتصف العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين أصبحت الطاقة الشمسية وطاقة الرياح أرخص من الوقود الأحفوري في العديد من المناطق⁽⁴⁾ ، مما أدى ذلك إلى زيادة كبيرة في الاستثمارات في هذه المصادر ، كما شهدت هذه الفترة أيضًا ثورة في تقنيات تخزين الطاقة ولاسيما في مجال البطاريات، والتي تعرف بطاريات الليثيوم مما ساهم في تحسين استقرار شبكات الكهرباء

(1) Held, A., Ragwitz, M., Huber, C., Resch, G., Faber, T., & Vertin, K. Feed-in systems in Germany, Spain and Slovenia: A comparison. International Feed-in Cooperation, 2007. p 121.

(2) Act, E. P. Energy policy act of 2005. In US Congress. 2005. pp. 1-27.

(3) Wang, F., Yin, H., & Li, S. China's renewable energy policy: Commitments and challenges. Energy Policy, e38,no(4), 2010. p1875.

* هي الية دعم الطاقة المتجددة التي تهدف الى تشجيع انتاج الطاقة من مصادر متجددة عبر ضمان شراء المنتج للكهرباء بأسعار ثابتة ومجزية لفترة طويلة.

(4) عبد الرحمن واصل، د. سامي جاد. التعاون الدولي في مواجهة ظاهرة التغير المناخي. المجلة القانونية، السودان، المجلد 14 العدد (3)، 2022،

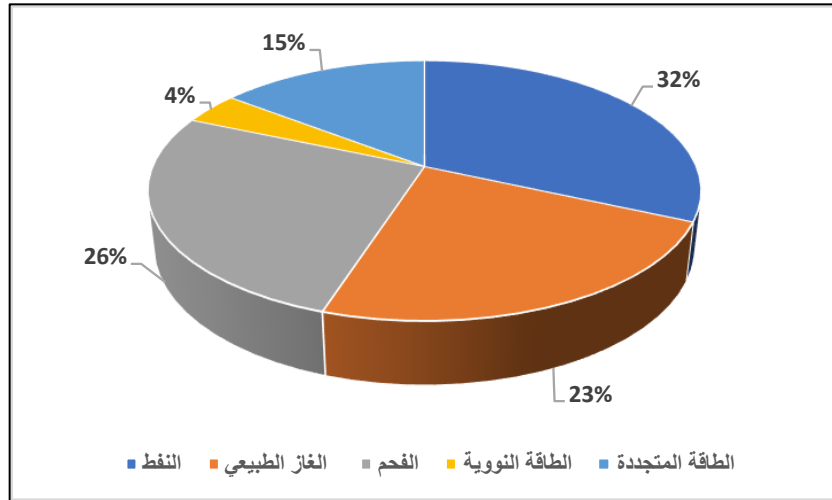
الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

التي تعتمد على مصادر الطاقة المتجددة ، و زادت استثمارات الدول والشركات الكبرى من في الطاقة المتجددة على سبيل المثال، أعلنت العديد من الدول الأوروبية عن خطط لإيقاف استخدام الفحم بحلول منتصف القرن الحادي والعشرين، مما دفع نحو زيادة الاعتماد على الطاقة الشمسية والرياح ،اذ بدأت العديد من الدول والشركات العالمية بدأت في وضع خطط مستقبلية للوصول إلى صفر انبعاث بحلول عام 2050م مما أثر بشكل مباشر على زيادة استخدام الطاقة المتجددة ، وكما شهدت هذه الفترة انتشاراً واسعاً للطاقة المتجددة على مستوى العالم، مع التزام دولي بالتحول نحو الطاقة النظيفة كجزء من استراتيجيات مكافحة تغير المناخ (1)

1-2-1-2 استهلاك الطاقة المتجددة

هنالك زيادة واضحة في استهلاك وانتاج الطاقة العالمي أذ لوحظ بصورة تصاعدية ثابتة تقريباً من عام 1990 إلى عام 2023 كان إجمالي استهلاك الطاقة عام (1990) يقدر بحوالي 8480 مليون طن مكافئ للنفط، بينما في عام 2023 تجاوز الاستهلاك العالمي للطاقة 15,000 مليون طن مكافئ للنفط².

الشكل (1) نسبة مساهمة أنواع مصادر الطاقة من الاستهلاك العالمي للطاقة لعام 2023



المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

Enerdata, "Total Energy Consumption: Year 2023," Global Statistical Energy Yearbook

ويبين الشكل (1) ان حصة الطاقة المتجددة من الاستهلاك العالمي شكلت 15% في عام 2023 بينما ساهمت مصادر الطاقة العالمية التقليدية 85% من استهلاك الطاقة العالمي، أذ ساهم النفط بنسبة 32%

(1) Diouf, B., & Pode, R. Potential of lithium-ion batteries in renewable energy. Renewable Energy, 76, 2015 pp. 377

² Enerdata, "Total Energy Consumption: Year 2023," Global Statistical Energy Yearbook. 2023.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

والغاز الطبيعي 23% والفحم 26% فضلا عن الطاقة النووية التي ساهمت بنسبة 4% من الاستهلاك العالمي للطاقة.

ويبين الجدول (1) والشكل (2) نمو استهلاك الطاقة المتجددة حسب البعد الزمني لكل فترة، وكذلك استهلاك الطاقة المتجددة في أقاليم العالم. أذ أن المناطق الأكثر استهلاكاً للطاقة المتجددة هو إقليم اسيا والمحيط الهادي بنسبة 34.03% من إجمالي استهلاك الطاقة المتجددة ، تليها قارة أوروبا بنسبة 22.37% من استهلاك الطاقة المتجددة ، اما في اقليم امريكا الشمالية تمثلت بنسبة 21.53% من إجمالي الاستهلاك ، وفي المرتبة الرابعة من الاستهلاك جاءت قارة أمريكا اللاتينية بنسبة 14.10% ، كما جاء إقليم رابطة الدول المستقلة بالمرتبة الخامسة وبنسبة استهلاك 5.07% من الطاقة المتجددة، أما إقليم قارة أفريقيا فكان نسبة استهلاك الطاقة المتجددة 2.51% ، وقل أقاليم العالم استهلاكاً للطاقة المتجددة هو اقليم الشرق الأوسط بنسبة 0.38% وعلى الرغم من هذا التطور في استهلاك الطاقة المتجددة لا زالت مساهمتها ضئيلة من استهلاك العالم من الطاقة والتي ذكرت سابقا أذ انها لا تشكل سوى 15% في عام 2023 وهذا التطور في الاستهلاك لا يناسب التطور في الاستهلاك العالمي لمصادر الطاقة التقليدية النفط والغاز الطبيعي والفحم ، فضلا عن الطاقة النووية .

الجدول (1) الاستهلاك العالمي للطاقة المتجددة للسنوات 1965-2023 (مليون طن مكافئ)

السنة												أقاليم العالم
نسبة % المساهمة من الاستهلاك لسنة 2023	2023	2020	2017	2014	2010	2005	2000	1990	1985	1975	1965	الإقليم
0.46%	0.39	0.44	0.25	0.21	0.18	0.25	0.11	0.16	0.11	0.06	.....	الشرق الأوسط
2.42%	2.06	1.8	1.47	1.33	1.14	0.96	0.83	0.62	0.53	0.40	0.15	افريقيا
46.28%	39.45	30.67	23.94	19.16	12.92	8.31	6.07	4.5	3.64	2.51	1.68	اسيا ودول المحيط الهادي
11.71%	9.98	8.62	8.21	7.6	7.5	6.64	6.03	3.94	3.09	1.27	0.44	أمريكا اللاتينية
16.28%	13.88	12.77	11.7	10.01	8.57	7.97	8.04	7.29	7.03	5.80	3.62	امريكا الشمالية
2.96%	2.52	2.55	2.32	2.17	2.17	2.31	2.22	2.25	2.07	1.34	0.87	رابطة الدول المستقلة
19.90%	16.96	15.38	12.84	11.91	9.83	7.55	7.28	5.57	5.48	4.43	3.25	أوروبا
100.00%	85.24	71.79	60.73	52.39	42.31	33.99	30.58	24.33	21.95	15.81	10.01	المجموع

المصدر/ من عمل الباحث اعتمادا على بيانات

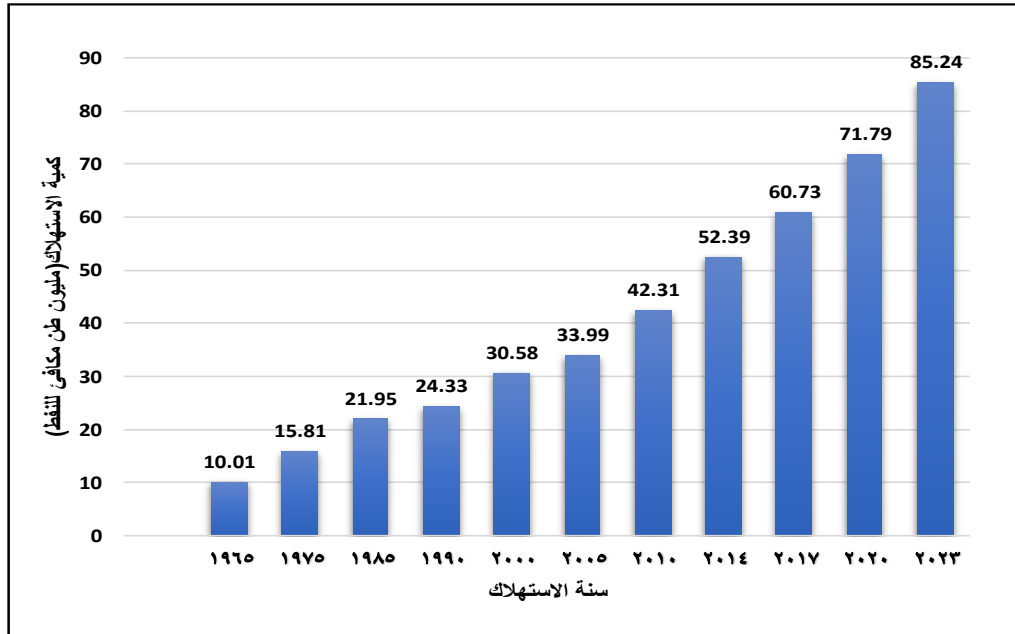
-bp Statistical Review of World Energy .2022.71st edition.p.9.10

-energy institute. Statistical Review of World Energy 2024, 73rd edition

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

يعود التباين في مستويات استهلاك الطاقة حسب الأقاليم العالمية الى دور التنمية الاقتصادية والتصنيع والهيكل الصناعي ودخل الفرد والظروف المناخية والجغرافية وهذا هو محرك الأساسي للطلب على الطاقة والذي يبين ان الدول المتقدمة هي الأكثر استهلاكاً والدول النامية اقل استهلاكاً من الطاقة.

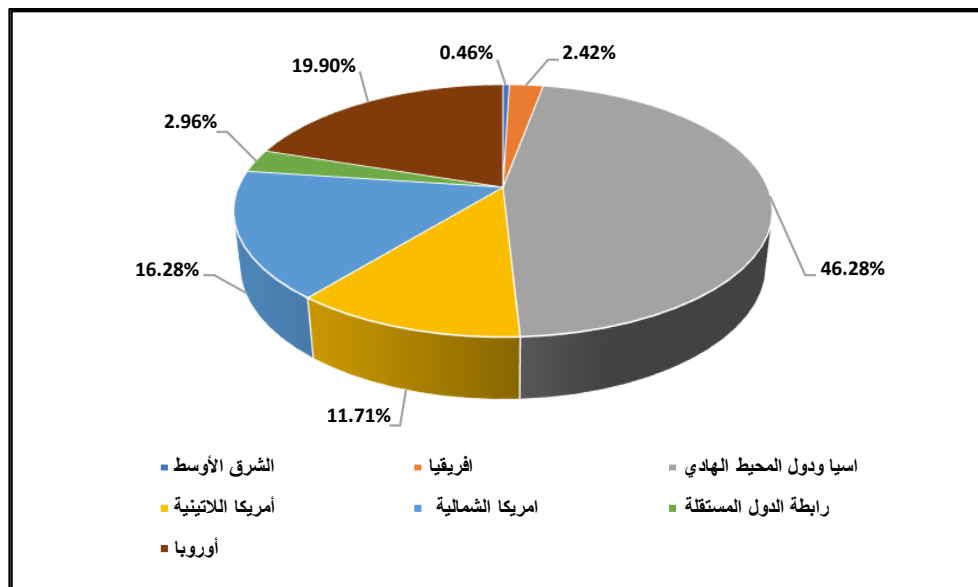
الشكل (2) نمو الاستهلاك العالمي للطاقة المتجددة للسنوات 1965-2023



المصدر/ من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

1- energy institute, Statistical Review of World Energy 2024, 73rd edition

الشكل (3) نسبة استهلاك أقاليم العالم من الطاقة المتجددة لسنوات 1965-2023



المصدر/ من عمل الباحث اعتماداً على بيانات الجدول (1)

1-1-4 تكنولوجيا الطاقة المتجددة

1-4-1-1 البعد الجيوسياسي لتكنولوجيا الطاقة المتجددة

في سياق الابعاد الجيوسياسية ارتبطت البدايات المبكرة للاهتمام بالطاقة المتجددة بالسيطرة الاستعمارية على الموارد الطبيعية، إذ استخدمت القوى الأوروبية في القرن التاسع عشر موارد الفحم والنفط كأدلة للهيمنة على المستعمرات وتأمين طرق التجارة العالمية، وهو ما عزز تحالفات القوى العظمى حول السيطرة على الممرات البحرية والمناطق الغنية بالوقود الأحفوري، ومع اكتشاف التأثير الكهروضوئي عام 1839 ظهرت إمكانات الطاقة الشمسية لكنها بقيت خارج الحسابات السياسية بسبب هيمنة النموذج الصناعي القائم على الفحم .

وخلال القرن العشرين تغيرت المعادلات السياسية مع صعود النفط كعامل جيوسياسي مركزي أذ تحالفت الدول الصناعية مع منتجي النفط في الشرق الأوسط لضمان إمدادات الطاقة لكن أزمته النفط في سبعينيات القرن الماضي (1973 و 1979) كسرت هذه الثقة ، وأجبرت الحكومات الغربية على اعتماد سياسات طاقة بديلة كجزء من الأمن القومي مما دفع الولايات المتحدة إلى إطلاق برامج بحثية سرية لتعزيز الطاقة المتجددة كسلاح ضد تقلبات أسواق النفط وفي المقابل استخدمت دول الشرق الأوسط النفط كأداة ضغط سياسي خلال الحروب العربية الإسرائيلية مما عمق الارتباط بين الطاقة والصراعات الإقليمية، مع انتهاء الحرب الباردة ، وفي تسعينيات القرن الماضي برزت القضايا البيئية كمنصة للدبلوماسية الدولية ، أذ أدت مفاوضات قمة الأرض في ريودي جانيرو (1992) وبروتوكول كيوتو (1997) إلى إضفاء طابع سياسي على انتقال الطاقة عبر إلزام الدول بخفض الانبعاثات التي خلقت تحالفات جديدة مثل تحالف الدول الجزرية التي طالبت بدور أكبر في صنع السياسات المناخية ، مقابل دول تعتمد على تصدير النفط مثل روسيا والمملكة العربية السعودية⁽¹⁾

في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين تحولت الطاقة المتجددة إلى ورقة تفاوضية في الصراع بين القوى العظمى ، أذ استثمرت الصين بشكل مكثف في صناعة الألواح الشمسية وتوربينات الرياح كجزء من استراتيجية "القوة الناعمة" لتعزيز نفوذها في أفريقيا وأمريكا اللاتينية عبر مشاريع البنية التحتية الخضراء في المقابل تبنت الولايات المتحدة سياسات مثل فرض رسوم جمركية على الألواح الشمسية الصينية عام 2012 لحماية صناعاتها المحلية وهو ما أشعل حرباً تجارية مستترة في قطاع الطاقة النظيفة وفي خلال العقد الثاني من القرن الحادي والعشرين أصبحت المنافسة على المعادن محوراً للاستراتيجيات الجيوبوليتيكية

(1) A, DESA, U. A new world: The geopolitics of the energy transformation. IRENA, Abu Dhabi, 2019. p15

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

أذ سعت الصين إلى الهيمنة على سلاسل إمداد هذه المعادن عبر استثمارات مباشرة في مناجم الكونغو الديمقراطية وتشيلي بينما حاول الاتحاد الأوروبي تعزيز تحالفات مع دول أفريقية لضمان إمدادات بديلة عبر مبادرات مثل "الصفقة الخضراء الأوروبية" عام 2019، والتي ربطت بين التمويل المناخي والتعاون السياسي، وبحلول عام 2024 تحولت الطاقة المتجددة إلى أداة للضغط الجيوسياسي في الصراعات الدولية أذ استخدمها الاتحاد الأوروبي كشرط للتعاون الاقتصادي مع دول البلقان وشمال أفريقيا ، فيما اعتمدت الولايات المتحدة على "قانون خفض التضخم" عام 2022 لجذب الاستثمارات في الصناعات الخضراء كرد على النفوذ الصيني ، كما أدت الحرب الأوكرانية عام 2022 إلى تسريع سياسات الاستقلال الطاقوي في أوروبا عبر تعزيز مشاريع الهيدروجين الأخضر والطاقة الريحية البحرية كبديل للغاز الروسي ، وبالتالي شهدت السياسة الدولية تحول من نموذج القوة القائم على السيطرة على الموارد الأحفورية إلى نموذج يعتمد على التحالفات التكنولوجية والسيطرة على سلاسل القيمة الخضراء ، أذ أعادت الطاقة المتجددة تعريف مفاهيم الأمن القومي والهيمنة العالمية في القرن الحادي والعشرين⁽¹⁾.

1-4-2 اهم انجازات تطوير الطاقة المتجددة

استخدمت الحضارات القديمة الطاقة الشمسية أذ استخدم البشر الشمس كمصدر للطاقة منذ القرن السابع قبل الميلاد ، وقد كان الاستخدام القديم الشائع للشمس هو عكس ضوء الشمس بشكل فعال والسماح للشمس بالعمل كمصدر سلبي للحرارة ، وفي عام 1839م اكتشف الفيزيائي الفرنسي ألكسندر إدموند بيكريل التأثير الكهروضوئي، مما أدى إلى تطوير الخلايا الكهروضوئية للخلايا الشمسية والتي تعد أساس الطاقة الشمسية الحديثة⁽²⁾، اما طاقة الرياح فقد استخدم البشر الرياح كمصدر للطاقة منذ عام 5000 قبل الميلاد عندما استخدمت لدفع السفن الشراعية في نهر النيل في مصر، وفي عام 1000 بعد الميلاد وصلت تكنولوجيا الرياح إلى أوروبا ، أذ استخدمت طواحين الهواء لإنتاج الغذاء، وضخ المياه، وطحن القمح والحبوب، وقطع الأخشاب⁽³⁾، اما الطاقة الكهرومائية فقد استخدمت المياه كمصدر للطاقة منذ عام 300 قبل الميلاد عندما استخدمت الطواحين التي تعمل بالطاقة المائية في الإمبراطورية الرومانية وشرق

(1) YERGIN, Daniel. The new map: Energy, climate, and the clash of nations. Penguin Uk, 2020. p22

(2) Richardson, L. History of solar energy: Timeline & invention of solar panels: Energysage. EnergySage Blog. 2022.p12

(3) Singh, M. B., Jain, P., & Singh, P. Wind Energy: From Past to Present Technology. Wind Energy Storage and Conversion: From Basics to Utilities, 2024. p 1-16

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

البحر الأبيض المتوسط لطحن الحبوب وتحويلها إلى دقيق ، وبين عامي 500 و 1500 بعد الميلاد، ظهرت الطاقة الكهرومائية في أوروبا وآسيا، أذ تم تحسين تصميمات السواقي القديمة وتحسينها. وبعد فترة وجيزة، بدأت توربينات المد والجزر التي تعمل بالمد والجزر في الظهور على السواحل⁽¹⁾ ، استخدمت الطاقة الحرارية الأرضية في شكل حمامات طبيعية وينابيع مياه ساخنة لعدة قرون. فقد استخدم الإغريق والرومان الينابيع الساخنة، كما تم العثور على أدلة تثبت أن الأمريكيين الأصليين استخدموا طاقة الحرارة الأرضية في الطهي منذ حوالي 10,000 عام⁽²⁾، وبالنسبة لطاقة المد والجزر يعود تاريخ طاقة المد والجزر المبكر إلى القرن السابع مع استخدام طواحين المد والجزر ، وهي عبارة عن طواحين مائية تعمل بارتفاع وانخفاض المد والجزر أذ اكتسبت هذه طواحين شعبية كبيرة في العصور الوسطى، وبحلول القرن التاسع عشر كانت هناك المئات من الطواحين التي تعمل على ساحل المحيط الأطلسي⁽³⁾، أما طاقة الأمواج فيعود التاريخ المبكر لطاقة الأمواج إلى أواخر القرن الثامن عشر، عندما حصل المخترع الفرنسي جيرارد وابنه على براءة اختراع أول تقنية لطاقة الأمواج بين عامي 1856م و 1973م وسجلت مئات براءات الاختراع في جميع أنحاء العالم، اذ ظهر أكثر من 300 براءة اختراع في المملكة المتحدة وحدها⁽⁴⁾، طاقة الكتلة الحيوية استخدمت الكتلة الحيوية التقليدية لقرون عديدة، منذ أن اكتشف الإنسان النار منذ مئات الآلاف من السنين وانخفض استخدامه بشكل حاد في القرن العشرين 1900م وانخفض أكثر في القرن الحادي والعشرين سنة 2000م عندما زاد الاهتمام بالكتلة الحيوية الحديثة الغاز الحيوي ، والوقود الحيوي وقد استفاد الناس من إمكانات الغاز الحيوي منذ عام 900 قبل الميلاد، عندما استخدمه الآشوريون في تسخين مياه الاستحمام ويرجع أول استخدام للوقود الحيوي السائل إلى عام 4000 قبل الميلاد، عندما استخدم الناس الزيت النباتي لتزويد المصابيح بالوقود⁽⁵⁾.

أما في التاريخ الحديث شهد القرنان الثامن عشر والتاسع عشر انطلاقة واضحة في تطوير تقنيات الطاقة المتجددة، أذ شكلت هذه الفترة الأساس للعديد من الابتكارات التي ساهمت في استغلال الموارد

(1) Gatte, M. T., & Kadhim, R. A. Hydro power. Energy Conservation, vol 9(51), 2012. p 97.

(2) Stober, I., Bucher, K., Stober, I., & Bucher, K. History of geothermal energy use. Geothermal Energy: From Theoretical Models to Exploration and Development, 2013. p 17.

(3) Cartwright, D. E. Tides: a scientific history. Cambridge University Press. 2000.p7

(4) Tyshchenko, V. Analytical Modeling of a Heaving Wave Energy Converter (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology). 2023.p13

(5) Guo, M., Song, W., & Buhain, J. Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective. Renewable and sustainable energy reviews, vol 42, 2015. p715.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

الطبيعية لتوليد الطاقة النظيفة، وقد انبثقت خلال هذه الفترة مجموعة من الاختراعات التي مهدت الطريق نحو استخدام الطاقة المتجددة بشكل موسع في مجالات متعددة بما في ذلك الصناعة والنقل والكهرباء. في القرن الثامن عشر وتحديداً في عام 1771 م اخترع صانع المنسوجات الإنجليزي ريتشارد أركرايت أول إطار مائي، وهي آلة تعمل بالطاقة المائية تستخدم لغزل القطن وتحويله إلى خيوط⁽¹⁾، كان هذا الاختراع من أوائل الأمثلة التي توضح إمكانية استخدام الطاقة المائية في الصناعة، مما ساهم في تعزيز استغلال الموارد الطبيعية في هذا المجال.

ومع بداية القرن التاسع عشر ظهرت ابتكارات أخرى مهمة، ففي عام 1808م أثبت السير همفري ديفي أن روث الأبقار يمكن أن ينتج غاز الميثان، ما فتح الباب لإمكانية استخدام النفايات العضوية كمصدر للطاقة من خلال إنتاج الغاز الحيوي، وفي عام 1818م نجح فرانسوا جاك دي لارديريل في تسخير الطاقة الحرارية من الينابيع الساخنة لاستخدامها في الصناعة وهو ما شكل أول استخدام للطاقة الحرارية الجوفية في التطبيقات الصناعية⁽²⁾.

استمر التطور حتى عام 1826م أذ اخترع صامويل موري محرك الاحتراق الداخلي الذي يعمل بالإيثانول والترينتين، مما ساعد في تطوير المحركات التي تعتمد على الوقود المتجدد⁽³⁾، وفي العام التالي 1827م اخترع بنوا فورنيرون أول توربين مائي مما ساهم في تحسين كفاءة استخدام الطاقة المائية لتوليد الكهرباء. أما في النصف الثاني من القرن التاسع عشر، وقد برزت اكتشافات واختراعات إضافية، ففي عام 1849م اخترع جيمس فرانسيس توربين فرانسيس الذي لا يزال الأكثر استخداماً حتى يومنا هذا في محطات الطاقة الكهرومائية⁽⁴⁾، وفي عام 1857م اكتشف الكيميائي الفرنسي لويس باستور عملية التخمير: وهي الطريقة التي أصبحت أساسية لإنتاج الإيثانول أحد أبرز أنواع الوقود الحيوي⁽⁵⁾.

(1) Nasmith, F. THE BICENTENARY OF THE BIRTH OF RICHARD ARKWRIGHT. Journal of the Textile Institute Proceedings, vol 24(1), 1933. P1-P8.

(2) Clegg, J., & Krase, S. New-generation geothermal wells-how the upstream oil and gas industry can bring its experience to bear. In SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition .2022. p5

(3) Dixit, U. S., Hazarika, M., Davim, J. P., Dixit, U. S., Hazarika, M., & Davim, J. P. Landmark Revolutionary Inventions in Mechanical Engineering. A Brief History of Mechanical Engineering. 2017, p 15-46.

(4) Lewis, B. J., Cimbala, J. M., & Wouden, A. M. Major historical developments in the design of water wheels and Francis hydroturbines. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science IOP Publishing.Vol. 22, No. 1,2020. p10

(5) El-Mansi, M. Fermentation microbiology and biotechnology: An historical perspective. In Fermentation Microbiology and Biotechnology, Fourth Edition. CRC Press .2018. pp. 3-8.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

بحلول عام 1859م تم إنشاء أول محطة للهضم اللاهوائي في بومباي الهند، مما ساعد في تحويل النفايات العضوية إلى غاز حيوي ، وفي العقود الأخيرة من القرن التاسع عشر، شهدت تقنيات الطاقة المتجددة تقدماً ملحوظاً ففي عام 1860م قام المخترع الألماني نيكولاس أوتو بتطوير محرك احتراق داخلي أكثر كفاءة، يُعرف بمحرك دورة أوتو، الذي استخدم الكحول الإيثيلي كوقود، وفي عام 1878م تم إنشاء أول مشروع للطاقة الكهرومائية في العالم في إنجلترا⁽¹⁾، وفي عام 1883م تم اختراع أول خلية كهروضوئية شمسية مما وضع الأساس لتطوير الطاقة الشمسية.

ومع نهاية القرن التاسع عشر ظهر أول توربين رياح لتوليد الكهرباء في عام 1887م⁽²⁾ ، كما اخترع رودولف ديزل في عام 1890م أول محرك ديزل، والذي كان يمكنه العمل بالزيت النباتية، وفي عام 1896م تم استخراج الغاز الحيوي من نظام الصرف الصحي في إكستر المملكة المتحدة، واستخدامه لإضاءة مصابيح الشوارع، مما شكل خطوة هامة في استخدام الطاقة المتجددة في الحياة اليومية⁽³⁾.

اما في القرن العشرين فقد استمر الابتكار في مجال الطاقة المتجددة بوتيرة متزايدة، ففي عام 1904م تم استخدام الطاقة الحرارية الأرضية لأول مرة لتشغيل مولد كهربائي صغير⁽⁴⁾، وفي عام 1908م اخترع هنري فورد سيارة موديل تي التي كانت تعمل بالإيثانول كوقود، مما عزز استخدام الوقود الحيوي في قطاع النقل، وبحلول عام 1913م تم إنشاء أول محطة طاقة تجارية تعمل بالبخر الجاف في إيطاليا، مما شكل علامة فارقة في استخدام الطاقة الحرارية الجوفية بشكل تجاري. شهدت العقود التالية تطورات أخرى مثل تطوير أول توربين رياح ذو محور عمودي في عام 1920م ، مما ساهم في تحسين كفاءة توليد الطاقة من الرياح⁽⁵⁾ .

(1)Guarnieri, M. The Emergence of Hydropower in the 19th Century [Historical]. IEEE Industrial Electronics Magazine, vol 17(3), 2023. p 54-63.

(2) Price, T. J. James Blyth—Britain's first modern wind power pioneer. Wind engineering, vol 29(3), 2005. p191-200.

(3) Demirbas, A., Taylan, O., & Kaya, D. Biogas production from municipal sewage sludge (MSS). Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, vol 38(20), 2016. p 3027-3033.

(4) Budd, C. F. Geothermal energy for electrical generation. Journal of petroleum technology, vol 36(02), 1984. p 189-195.

(5) Tjiu, W., Marnoto, T., Mat, S., Ruslan, M. H., & Sopian, K. Darrieus vertical axis wind turbine for power generation II: Challenges in HAWT and the opportunity of multi-megawatt Darrieus VAWT development. Renewable Energy, vol 75, 2015. p560-571.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

وفي عام 1937م حصل شافان جي على براءة اختراع لأول تقرير علمي حول الديزل الحيوي باستخدام إستير زيت النخيل، كما تم اختبار وقود الديزل الحيوي لأول مرة في المركبات في عام 1938م أذ قامت حافلة تعمل بوقود إيثيل إستير زيت النخيل برحلة بين بروكسل ولوفين في بلجيكا⁽¹⁾.

خلال منتصف القرن العشرين تم إنشاء أول توربين رياح بقوة ميغاواط MW في الولايات المتحدة في عام 1941م، وتم تشغيل أول مضخة حرارية أرضية تجارية في عام 1948م مما مهد الطريق لتطبيق هذه التقنية على نطاق واسع، كما شهد عام 1954م اختراع أول خلية شمسية من السيليكون، وهو تطور أساسي في مجال الطاقة الشمسية⁽²⁾.

في النصف الثاني من القرن العشرين استمر النمو في استخدام الطاقة المتجددة، أذ تم افتتاح مجمع جيسيرز للطاقة الحرارية الأرضية في كاليفورنيا في عام 1960م وهي أكبر محطة للطاقة الحرارية الأرضية في العالم، وفي عام 1966م تم افتتاح محطة لارانس للطاقة المديّة في فرنسا وهي أول محطة للطاقة المديّة في العالم، كما شهد عام 1967م بداية تشغيل أول محطة للطاقة الحرارية الأرضية باستخدام تصميم الدورة الثنائية في روسيا⁽³⁾.

مع اقتراب نهاية القرن العشرين تم إنشاء أول مزرعة رياح برية في الولايات المتحدة عام 1980م، وفي عام 1985م تم إنشاء أول مصنع لإنتاج الديزل الحيوي في النمسا⁽⁴⁾، وفي عام 1991م أصبحت ألمانيا أول دولة تطبق تعريفات التغذية لدعم توسع تكنولوجيا الكتلة الحيوية، وفي نفس العام تم إنشاء أول مزرعة رياح بحرية في الدنمارك⁽⁵⁾.

مع دخول القرن الحادي والعشرين استمرت الابتكارات في تقنيات الطاقة المتجددة ففي عام 2003م تم إنشاء المركز الأوروبي للطاقة البحرية EMEC لاختبار تقنيات طاقة الأمواج والمد والجزر، وفي عام 2006م تم تركيب أول محطة للطاقة الحرارية الأرضية عند درجات حرارة أقل من نقطة غليان الماء في

⁽¹⁾ Mofijur, M., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Atabani, A. E., Shahabuddin, M., Palash, S. M., & Hazrat, M. A. Effect of biodiesel from various feedstocks on combustion characteristics, engine durability and materials compatibility: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol 28, 2013. pp 441–455.

⁽²⁾ Green, M. A. Crystalline silicon solar cells. Clean Electricity from Photovoltaics, 2014. p 87–137.

⁽³⁾ Tomarov, G. V., Nikolsky, A. A., Semenov, V. N., & Shipkov, A. A. Recent geothermal power projects in Russia. In World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, Apr 2010. pp. 25–29.

⁽⁴⁾ Mittelbach, M. Diesel fuel derived from vegetable oils, VI: Specifications and quality control of biodiesel. Bioresource technology, vol 56(1), 1996. p 7–11.

⁽⁵⁾ Held, A., Ragwitz, M., Huber, C., Resch, G., Faber, T., & Vertin, K. Feed-in systems in Germany, Spain and Slovenia: A comparison. International Feed-in Cooperation, 2007.

الفصل الأول: التأسيس النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

منتجع تشينا هوت سبرينغز ، مما وسّع نطاق استخدام الطاقة الحرارية الأرضية ، وفي عام 2007م أصبحت الطاقة الشمسية التكنولوجية الرائدة في مجال الطاقة المتجددة⁽¹⁾، كما شهد العالم افتتاح أول نظام تشغيلي للطاقة في البرتغال في عام 2008م .

وفي السنوات الأخيرة استمرت الإنجازات في مجال الطاقة المتجددة ففي عام 2011 م تم افتتاح محطة طاقة للمد والجزر في بحيرة سيوا في كوريا الجنوبية وهي أكبر محطة مد وجزر عاملة في العالم⁽²⁾، كما بدأ في عام 2018م بناء مشروع MeyGen Tidal Energy الذي سيصبح أكبر منشأة للطاقة المدية في العالم، وفي عام 2023م قامت شركة CorPower Ocean بتنشيت أول محول لطاقة الأمواج على نطاق تجاري ، مما يمثل خطوة هامة في استغلال طاقة الأمواج⁽³⁾.

⁽¹⁾ Vieira, M., da Fonseca, F. X. C., Cardoso, F., & Henriques, E. Onshore wind in Portugal: History, supporting policies, economic viability and future perspectives. Energy Reports, vol 11, (2024).

⁽²⁾ Park, E. S., & Lee, T. S. The rebirth and eco-friendly energy production of an artificial lake: A case study on the tidal power in South Korea. Energy Reports, vol 7, (2021).

⁽³⁾ De Marinis, F. Advancements in wave energy conversion: a numerical analysis of the C4 CorPower WEC's dynamic response in various wave scenarios (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino) (2024)..

2-1 الطاقة المتجددة انواعها واهميتها الاقتصادية والتركيب المعدني

1-2-1 الأهمية والجدوى الاقتصادية للطاقة المتجددة

تُعد الطاقة المتجددة مصادر طبيعية متجددة، إلا أنها تتدفق بكميات محدودة على مدار فترات زمنية محددة ، تُمثل الطاقة المتجددة فرصًا اقتصادية رئيسية ، أذ يُسهم استبدال الاستثمارات في مصادر الطاقة التقليدية باستثمارات من الطاقة النظيفة المتجددة في تحسين الكفاءة ، فعلى الرغم من أن العديد من فرص تحسين كفاءة الطاقة تتكبد تكاليف إضافية، إلا أنه عند احتساب التكاليف البيئية، والتي أصبحت واقعًا من خلال اتفاقية كيوتو التي وقعتها 192 دولة ، ودخلت حيز التنفيذ في عام 2005 أصبح لانبعاثات ثاني أكسيد الكربون وغيرها من الغازات اثرا ، وبالتالي أصبح من الممكن قياس الأثر البيئي للطاقة التقليدية بشكل اقتصادي ، وإدراجه في ميزان الربح والخسارة عند وضع الخطط الاقتصادية ودراسات الجدوى (1)

ففي عام 2016 اعتمدت أكثر من 100 دولة استراتيجيات محلية تفرض الاعتماد على خيار الطاقة المتجددة، مقارنةً بـ 55 دولة فقط في عام 2005 ، أذ قد قُدرت القدرة الإنتاجية لمصادر الطاقة المتجددة بحوالي 6,190,885 طن مكافئ للنفط* ، بناءً على دراسة تقديرية جمعت البيانات الفعلية لسرعة الرياح على ارتفاع 80 مترًا من 7753 محطة سطحية ، ويمكن لـ 20% من هذه القدرة الإنتاجية أن تلبى الطلب العالمي على الطاقة ، وعند حساب الموارد للطاقة الشمسية والرياح والطاقة الجيوحرارية والكهرومائية، يتبين أن العالم يمتلك ما يقارب 295 مليار طن مكافئ للنفط من القدرة الإنتاجية باستثناء الكتلة الحيوية لعام 2023 ، وتعادل هذه القدرة الإنتاجية حوالي 201 ضعف كمية الكهرباء المستهلكة سنويًا ، ومع ذلك لم يتم التحكم إلا بأقل من 0.09% من هذه الإمكانيات الإنتاجية للطاقة حتى الآن لأنها تكلفتها عالية (2)

فضلا عن عدم إشاعة التكنولوجيا المستخدمة فيها ناهيك عن المعادن المستخدمة في صناعة الطاقة المتجددة التي تتميز بخصائص طبيعية غير متجددة والتي تشكل مفارقة جوهرية إذ تعتمد تقنيات الطاقة النظيفة على مواد خام محدودة الكمية وقابلة للنضوب أذ تعد هذه المعادن عناصر حاسمة في صناعة الطاقة المتجددة لكنها تواجه تحديات تتعلق بندرتها الجغرافية واحتكارها ، وتركيز إنتاجها في عدد قليل من الدول التي تعرض سلاسل الإمداد العالمية لخطر الاضطرابات الجيوسياسية أو القيود التجارية ، فضلا

(1) وكالة الأنباء الإماراتية، أفاق مستقبلية، مجلة إماراتية سياسية اقتصادية، الطاقة المتجددة في العالم العربي، العدد 11 أغسطس 2016، ص 14

(2) ادوار وسكا سيدي، مدخل إلى الطاقة المصادر والتكنولوجيا والمجتمع، ترجمة صباح صديق الديمولوجي المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى،

بيروت، 2011، ص 549

* طن مكافئ للنفط هي وحدة قياس تستخدم لتوحيد ومقارنة مختلف أنواع مصادر الطاقة التقليدية والمتجددة.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

عن ذلك تتطلب عمليات استخراج هذه المعادن طاقة مكثفة فتسبب في أضرار بيئية كتلوث التربة والمياه وانبعاثات غازات الدفيئة الناتجة عن أنشطة التعدين ، وهو ما يناقض المبدأ الأساسي للاستدامة الذي تقوم عليه الطاقة المتجددة

ومقارنة بالطاقة التقليدية التي تعتمد على موارد أحفورية ناضبة أيضاً يمكن ملاحظة أن التقدم التكنولوجي وزيادة حجم الإنتاج العالمي قد أديا إلى انخفاض كبير في تكاليف الطاقة المتجددة خلال العقدین الماضیین أذ تشير بيانات الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) إلى أن تكلفة الكهرباء المولدة من الطاقة الشمسية الكهروضوئية انخفضت بنسبة 82% بين عامي 2010 و 2020 ، بينما انخفضت تكلفة طاقة الرياح البرية بنسبة 39% في نفس الفترة ، والذي جعلها قادرة على منافسة مصادر الطاقة التقليدية في العديد من الأسواق العالمية، فعلى سبيل المثال بلغت التكلفة المتوسطة للكهرباء من الطاقة الشمسية في مشاريع واسعة النطاق أقل من 0.04 دولار لكل كيلوواط / ساعة في مناطق مثل الشرق الأوسط ، وأمريكا الجنوبية مقارنة بتكلفة تتراوح بين 0.05 إلى 0.14 دولار للكيلوواط/ساعة لمحطات الفحم أو الغاز الطبيعي مع ذلك تظل تكاليف الطاقة المتجددة مرتبطة بعوامل جغرافية، وظروف مناخية، أذ تتطلب مشاريع الرياح البحرية استثمارات أولية أعلى بسبب تعقيدات البنى التحتية تحت الماء، وصعوبة الصيانة مقارنة بمحطات الغاز التقليدية، من ناحية أخرى تتضمن تكاليف الطاقة التقليدية تكاليف خارجية غير مباشرة مثل الأضرار البيئية والصحية الناتجة عن انبعاثات الكربون والملوثات، والتي تقدرها منظمة الصحة العالمية بنحو 2.9 تريليون دولار سنوياً على مستوى العالم، في حين أن مشاريع الطاقة المتجددة تتمتع بتكاليف خارجية أقل بشكل واضح على المدى الطويل ومع ذلك لا تزال عدد من الدول تعتمد على الدعم الحكومي للوقود الأحفوري الذي يشوه المقارنة الحقيقية للتكاليف، أذ تشير تقديرات صندوق النقد الدولي إلى أن الدعم العالمي المباشر وغير المباشر للوقود الأحفوري بلغ 5.9 تريليون دولار في عام 2020 أي ما يعادل 6.8% من الناتج المحلي الإجمالي العالمي (1) .

وفيما يتعلق بالطاقة النووية والتي تصنف أحياناً كطاقة منخفضة الكربون، فإن تكاليف إنشاء المحطات الجديدة مرتفعة جداً تصل تكلفة الكيلوواط / ساعة من المحطات النووية الحديثة إلى 0.15 دولار مقارنة بتكلفة تصل إلى 0.03 دولار للطاقة الشمسية في المناطق المشمسة مع ذلك تواجه الطاقة المتجددة تحديات في الإدارة القطعية مما يزيد من تكاليف أنظمة التخزين مثل البطاريات التي تضيف نحو 0.05 إلى 0.10 دولار لكل كيلوواط ساعة في حين تعتمد محطات الغاز على توليد مستقر دون الحاجة للتخزين.

(1) صبحي احمد الدليمي، جغرافية الطاقة، دار امجد للنشر والتوزيع، عمان، الطبعة الأولى، 5080 / 9، 2017، ص

1-2-2-1 أنواع الطاقة المتجددة وتركيبها المعدني

تشتمل مصادر الطاقة المتجددة على أنواع تم تقسيمها بما يأتي:

1-2-2-1 الطاقة الشمسية

تعد الشمس ثروة مهمة لجميع نواحي الحياة سواءً الصحية أو الاقتصادية، إذ أن معظم جوانب الحياة لا يمكن أن توجد بدون الشمس، وبطريقة مباشرة أو غير مباشرة فإنها مسؤولة بشكل كبير عن كل مصادر الطاقة الموجودة على سطح الأرض، والطاقة الشمسية هي طاقة التي يتم الحصول عليها من ضوء الشمس، وهي الطاقة الأم فوق كوكبنا، لأنها تسيير كل عمليات وآليات الأرض التي تقوم بتسخين الغلاف الجوي واليابسة، و تتميز الطاقة الشمسية بمواصفات تجعلها الأفضل مقارنة بجميع أنواع الطاقات الأخرى، إذ تعد طاقة هائلة يمكن استغلالها في أي مكان، وتشكل مصدرا مجانيا للوقود الذي لا ينضب ، كما تعد طاقة نظيفة لا تنتج أي نوع من أنواع التلوث البيئي، وتأتي أهميتها بالنظر إلى محدودية مصادر الطاقة الأحفورية⁽¹⁾.

يمكن تقسيم الطاقة الشمسية إلى نوعين هما ⁽²⁾:

أ- **الطاقة الشمسية الكهروضوئية:** وهي الطاقة المستردة والمحولة مباشرة إلى كهرباء انطلاقا من ضوء الشمس عن طريق الألواح الكهروضوئية.

ب- **الطاقة الشمسية الحرارية:** هي تحويل أشعة الشمس إلى طاقة حرارية، ويُمكن استعمال هذا التحول بصفة مباشرة للتدفئة مثلا أو بصفة غير مباشرة مثل إنتاج بخار الماء لتدوير المولدات التوربينية وبالتالي الحصول على الطاقة الكهربائية.

ويشمل التركيب المعدني للطاقة الشمسية تقنيات السيليكون البلوري التي تسيطر على القطاع بحصة سوقية 80%، مستندةً إلى السيليكون الذي يشكل (54.2%) لفعاليته في تحويل الضوء، والنحاس (30.2%) من التركيب للبنى التحتية الكهربائية ، في المقابل تعتمد التقنيات الناشئة مثل خلايا CdTe و CIGS على معادن نادرة كالتيلوريوم والإنديوم وهما يشكلان (18%) من التركيب المعدني ، الذي يعرض سلاسل الإمداد لمخاطر الندرة والتكلفة، لاسيما مع التوسع العالمي التي تظهر تحديات إضافية مع الفضة التي

⁽¹⁾ ميهوبي عبد الحكيم، التغيرات المناخية، الأسباب، المخاطر، ومستقبل البيئة العالمي، الطبعة الأولى دار الخلدونية للنشر والتوزيع، الجزائر،

2011، ص220

⁽²⁾ knar khachatryan, le Role des Energies Renouvelables dans la Politique Energétique de l'Union Européenne, mémoire d'ifin de etude, Institut des hautes etude internationales, Centre internationales de formation Européenne, 2006/2007.p11

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

يشكل نسبة (4.7%) في التوصيلات، والقصدير بنسبة (9.6%) في الطبقات الشفافة، بينما يُستخدم الكاديوم بنسبة (1.15%) والرصاص بنسبة (3.7%) رغم مخاطرها البيئية. وتساهم معادن مثل السيليونيوم بنسبة (1.16%) في تحسين الكفاءة في التركيب المعدني للطاقة الشمسية .

اما فيما يخص اقتصاديات الطاقة الشمسية من أذ حجم الإنتاج والاستهلاك العالمي للطاقة الشمسية من خلال فترة زمنية من عام 1994 إلى عام 2023 كان الإنتاج العالمي من الطاقة الشمسية المتجددة ضئيل جدا يقدر بحوالي 50,558 طن مكافئ للنفط عام 1994 وارتفع في عام 2023 الإنتاج العالمي من الطاقة الشمسية الى زهاء 141,148,753 طن مكافئ للنفط، أما الاستهلاك العالمي من الطاقة الشمسية فقد كانت لا تتجاوز 119,422 طن مكافئ للنفط في عام 1994 بالمقارنة مع عام 2023 التي بلغت 366,700,105 طن مكافئ للنفط ⁽¹⁾.

1-2-2-2 طاقة الرياح

تمثل طاقة الرياح مصدر من مصادر الطاقة المتجددة والصديقة للبيئة من خلال الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وتعد طاقة الرياح في الوقت الراهن تقنية ناضجة، ففي المواقع والأماكن ذات السرعات العالية بالنسبة للرياح تكون تكلفتها الاقتصادية تنافس تكنولوجيا توليد الطاقة التقليدية الاحفورية ⁽²⁾.

أن طاقة الرياح تعتمد على القدرة التي تمتلكها الرياح في تحريك الأشياء، أي الطاقة الحركية الميكانيكية التي يمتلكها الهواء نتيجة حركته، وتُعد طاقة الرياح إحدى أنواع الطاقات المتجددة الناتجة عن حرارة الشمس، أذ تنشأ الرياح بسبب اختلاف الضغط الجوي المرتبط بدرجات تسخين في مختلف مناطق سطح الأرض من قبل الشمس. وقد قدر الخبراء أن نحو 2% من الطاقة الشمسية الساقطة على سطح الأرض تتحول إلى طاقة رياح ⁽³⁾. كذلك تتولد طاقة الرياح من خلال تحريك ألواح كبيرة مثبتة في أماكن مرتفعة بفعل الهواء المتحرك، أذ يتم إنتاج الطاقة الكهربائية من الرياح بواسطة محركات أو توربينات ذات ثلاثة أذرع دوارة تحمل على عمود يعمل على تحويل الطاقة الحركية للرياح إلى طاقة كهربائية، فعندما تمر الرياح على الأذرع تخلق دفعة هواء ديناميكية تتسبب في دورانها، وهذا الدوران يشغل التوربينات فتنتج طاقة كهربائية ⁽⁴⁾.

(1) energy institute, Statistical Review of World Energy 2024, 73rd edition. p15

(2) علاء حسين كاظم، التحول إلى الطاقة المتجددة وتأثيره على التنمية المستدامة في بلدان مختارة، رسالة ماجستير منشورة، مكتبة العتبة العباسية، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة كربلاء، 2018، ص 20

(3) السريتي أحمد وآخرون، اقتصاديات الموارد والبيئة، الدار الجامعية، الإسكندرية، مصر، 2000، ص 35

(4) سناء حم عيد، استراتيجية الطاقة المتجددة في الجزائر ودورها في تحقيق التنمية المستدامة، رسالة ماجستير منشورة، كلية العلوم الاقتصادية، جامعة الجزائر، 2012/2013، ص 72

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

ويضم التركيب المعدني لطاقة الرياح عدد من المعادن أذ يُشكل الرصاص المكون الأساسي في قطاع طاقة الرياح بنسبة 71% لارتباطه بأنظمة تخزين الطاقة، إلا أن سميته العالية تدفع نحو البحث عن بدائل مستدامة ، بينما يحتل النحاس المرتبة الثانية بنسبة 19.5% لدوره الاساسي في المولدات والكابلات مع تأثره بتقلبات الأسواق العالمية، وتأتي معادن مثل الكروم 3% والمنغنيز 2.8% والنيكل 2.2% في مراتب تالية لدورها في تعزيز متانة الهياكل الفولاذية ومقاومة التآكل، في حين تُستهلك العناصر الأرضية النادرة بنسبة 0.6%، مع تركيز خاص على النيوديميوم 0.33% والديسبروسيوم 0.05% اللذين يُعدان حجر الأساس في تصنيع المغناطيسات الدائمة عالية الكفاءة، رغم تحديات ندرة مواردهما وتركيز إنتاجهما جيوسياسيًا ، أما الموليبدنوم (0.4%) فيُستخدم في سبائك متخصصة لتحمل الإجهادات الميكانيكية⁽¹⁾. وفيما يخص إنتاج واستهلاك طاقة الرياح العالمي خلال السنوات من عام 1994 إلى عام 2023 قد كان الإنتاج العالمي من طاقة الرياح 614,617 طن مكافئ للنفط في عام 1994 وبلغ في عام 2023 الإنتاج العالمي من طاقة الرياح 199,939,810 طن مكافئ للنفط ، أما فيما يخص الاستهلاك العالمي من طاقة الرياح فقد كانت 1,934,551 طن مكافئ للنفط في عام 1994 بالمقارنة مع النمو المستمر للاستهلاك ليصل في عام 2023 الى 519,370,402 طن مكافئ للنفط⁽²⁾.

1-2-3 الطاقة الكهرومائية

يمتد تاريخ استخدام الإنسان لمياه الأنهار كمصدر للطاقة إلى ما قبل اكتشاف الطاقة البخارية في القرن الثامن عشر، أذ استُغلت في تشغيل النواير التي كانت تُستخدم في إنارة مطاحن الدقيق، وآلات النسيج، ونشر الأخشاب، والطاقة المائية هي الطاقة المستمدة من قوة حركة المياه المستمرة أي الاستفادة من حركة المياه لأغراض مفيدة⁽³⁾.

تُستخدم المياه في توليد الطاقة الكهربائية، ولهذا الغرض تُقام محطات توليد الطاقة على مساقط الأنهار، كما تُبنى السدود الاصطناعية لتوفير كميات كبيرة من المياه تضمن تشغيل هذه المحطات بصورة دائمة، وتعتمد الطاقة المائية على استغلال طاقة حركة المياه الجارية وقوة ثقلها، أذ تدفع المياه توربينات مائية تُحول الطاقة الحركية للمياه إلى طاقة كهربائية، وتتميز الطاقة المائية بكونها طاقة متجددة ونظيفة لا تنتج

¹Teske, S., Florin, N., & Dominish, E. Responsible Energy and Mineral Sources. Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Australia, New South Wales, 2007. p19

⁽²⁾ energy institute ,2024, "Op.Cit".p30

⁽³⁾ إبراهيم الغيطاني، أماني عبد الغني، آفاق الطاقة المتجددة في مصر: فرص الخروج من شبح نضوب الطاقة، المركز المصري للدراسات والمعلومات، القاهرة، مصر، 2012.ص50

أي انبعاثات ملوثة للبيئة، كما أنها مستدامة وغير قابلة للنضوب، إلا أن بناء السدود والمحطات يتطلب استثمارات كبيرة ، وقد يؤدي إلى تغييرات في البيئة المحيطة ، لذلك يجب دراسة الجدوى والآثار البيئية بعناية قبل تنفيذ مشاريع الطاقة المائية⁽¹⁾.

يمكن تصنيف الطاقة المائية إلى نوعين رئيسيين:

أ- **طاقة حركة الأمواج:** تنشأ هذه الطاقة من حركة الأمواج الناتجة عن اضطراب المياه بسبب سرعة الرياح في البحار والمحيطات، هذا الاضطراب يؤدي إلى ارتفاع وانخفاض جزيئات الماء في حركة موجية منتظمة تنتشر حتى تصطدم بصخور الشاطئ، وتُعد حركة الأمواج في الحقيقة تحركاً للقوة الدافعة للمياه الناتجة عن طاقة الرياح⁽²⁾.

ب- **طاقة المد والجزر:** تنشأ هذه الطاقة من حركتي المد والجزر اللتين تحدثهما جاذبية القمر والشمس، إذ يُعرف المد بارتفاع مياه البحر واندفاعها نحو الشاطئ، بينما الجزر هو العكس، وقد سعى الإنسان إلى استغلال هذه الظاهرة في توليد الطاقة الكهربائية، والتي تُصنف على أنها طاقة متجددة تستمد من استغلال مد وجزر المحيطات⁽³⁾.

وتستخدم طاقة المد في توليد الكهرباء عن طريق بناء سد عند مدخل الخليج الذي يتمتع بفرق كبير في منسوب الماء بين المد والجزر، وتوضع توربينات توليد الكهرباء عند بوابة هذا السد، ففي فترة المد يرتفع منسوب الماء في المحيط أمام بوابات السد، فتفتح البوابات شيئاً فشيئاً، ويدخل الماء من المنسوب المرتفع خارج الخليج إلى المنسوب المنخفض داخله، فتدير توربينات توليد الكهرباء وتغلق البوابات بعد ذلك، و عندما ينحصر المد، وينخفض منسوب المياه في المحيط أمام السد، تفتح البوابات شيئاً فشيئاً، فيندفع الماء من المنسوب المرتفع داخل الخليج، إلى المنسوب المنخفض في المحيط فيدير توربينات الكهرباء بما فيه من طاقة وضع فتتحول إلى طاقة حركية تغلق البوابات بعد ذلك حتى يبدأ المد مرة أخرى بعد 12 ساعة فتعود الدورة من جديد. لذلك هناك أربع دورات لتوليد الكهرباء في اليوم الواحد. اثنتان أثناء المد ودخول الماء من المحيط إلى داخل الخليج، واثنتان أثناء الجزر وخروج الماء من الخليج إلى المحيط. تجدر الإشارة إلى أن عدد من الدول أنشأت محطات كهربائية تعمل بطاقة المد والجزر مثل فرنسا والولايات المتحدة الأمريكية، إن الميزة الرئيسية لجميع أشكال الطاقة المائية هي توليدها للطاقة دون احتراق الوقود

(1) سناء حم عيد، مصدر سابق، ص73

(2) شحاتة حسن أحمد، التلوث البيئي ومخاطر الطاقة، الدار العربية للكتاب، القاهرة، مصر، 2003، ص123

(3) knar Khachatryan, "Op.Cit",p12.

الأحفوري، أذ يمكن استغلال هذه الطاقة لاحتياجات البشر دون الحاجة إلى تشويه الأرض عبر التنقيب عن الفحم أو عرقلة الأنظمة البيئية لحفر آبار النفط، تُعد الطاقة المائية مصدراً نظيفاً للطاقة لا ينتج مواد جزيئية ملوثة مثل ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت ويطلقها في الهواء (1).

وبالنسبة لحجم النمو والتطور في إنتاج واستهلاك الطاقة الكهرومائية العالمي من عام 1994 إلى عام 2023 أذ كان الاستهلاك العالمي من الطاقة الكهرومائية 197,412,725 طن مكافئ للنفط عام 1994 وبلغ في عام 2023 الاستهلاك العالمي من الطاقة الكهرومائية 318,635,425 الطاقة الكهرومائية، أما فيما يخص الإنتاج العالمي من الطاقة الكهرومائية فقد كانت 576,812,840 طن مكافئ للنفط في عام 1994 بالمقارنة مع النمو المستمر ليصل في عام 2023 إلى 811,837,202 طن مكافئ للنفط (2).

1-2-2-4 طاقة الكتلة الحيوية

يشمل مصطلح الكتلة الحيوية جميع المواد ذات الأصل النباتي، مثل الأشجار والنباتات والمخلفات الزراعية وذات الأصل الحيواني مثل المخلفات الحيوانية، فضلاً عن المخلفات الصلبة والصناعية والبشرية التي يمكن أن تطلق الطاقة الكامنة من خلال الاحتراق المباشر أو التخمر أو التحويل الحيوي... إلخ. طاقة الكتلة الحيوية هي كمية كبيرة من المواد العضوية غير الأحفورية ذات الأصل البيولوجي، وهي الطاقة المنتجة من المواد العضوية القابلة للتحلل والحيوانات والنباتات والنفايات البشرية. سواء كانت المخلفات مواد صلبة، أو مياه صناعية زائدة، أو مخلفات زراعية، يتم إنتاج مصدر الطاقة هذا أثناء عملية التمثيل الضوئي، وهي العملية التي تستخدم بها الخلايا النباتية الماء وثاني أكسيد الكربون وأشعة الشمس لإنتاج الكربوهيدرات (3)، فضلاً عن أن الكتلة الحيوية هي مورد متعدد الأوجه، هناك ثلاث طرق ممكنة لتحويلها إلى وقود صلب أو سائل أو غازي قبل الاستخدام، إما عن طريق حرقها لإنتاج طاقة كهربائية أو حرارية، عن طريق حرقها وتحويلها إلى غاز بواسطة عمليات الهضم دون عنصر الأوكسجين، مثل غاز الميثان والهيدروجين وأول أكسيد الكربون، أو التحويل إلى سوائل، مثل الإيثانول الحيوي، والميثانول الحيوي، والديزل الحيوي (4)، وهي موضحة في الجدول (2).

(1) سناء حم عيد، مصدر سابق، ص74

(2) energy institute, 2024, "Op.Cit".p11

(3) سناء حم عيد، مصدر سابق، ص75

(4) مريم سعدي، الديزل الحيوي، مجلة الطاقات المتجددة، العدد الأول، مركز تطوير الطاقات المتجددة، بوزريعة الجزائر، جوان 2012، ص30

الجدول (2) طرق تحويل الكتلة الحيوية الى وقود

المادة الاولية	طريقة التحويل	الوقود المنتج
البذور الزيتية	الاستخلاص	وقود زيتي
السكر والنشا	التخمير	الكحول الايثيلي
الخشب والسليلوز	التغويز والتميع	الكحول الميثيلي
الخشب	الكرينة	فحم الخشب
البقايا الحيوانية والزراعية	الهضم اللاهوائي	غاز الميثان
بقايا الوسط الحضري والخشب والمخلفات الزراعية	التكسير الحراري	زيت، فحم، غاز
المخلفات الزراعية والخشب	التغويز	غاز المولدات

المصدر: طبوش لطيفة، الكتلة الحيوية مصدر متجدد للطاقة، مجلة الطاقات المتجددة، العدد الأول، مركز تطوير

الطاقات المتجددة، بوزريعة، الجزائر، 2012، ص27

يُهيمن النيكل على التركيب المعدني لهذا القطاع بنسبة 50% لارتباطه بمكونات تتحمل الضغوط العالية (التوربينات البخارية/الأنابيب الجوفية)، يليه الفولاذ المقاوم للصدأ بنسبة 10% المُدعم بالكروم 5% لمقاومة التآكل الكيميائي، والنحاس 10% في التوصيلات الكهربائية والمبادلات الحرارية. كما يُستخدم الألمنيوم تعدد 5% في أنظمة التبريد خفيفة الوزن، بينما يُستهلك التيتانيوم 4% في الأجزاء المعرضة لظروف تشغيل متطرفة لقدرته على تحمل الإجهادات، ويُشكل الفولاذ التقليدي 10% العمود الفقري للهياكل الأساسية (1).

1-2-2-5 الطاقة الحرارية الجوفية الأرضية

الطاقة الحرارية الأرضية هي الحرارة الطبيعية للأرض الناتجة عن وجود العناصر المشعة داخل باطن الأرض أي أنها طاقات دفينة في أعماق الأرض، وقد وصفت الطاقة الحرارية الأرضية بأنها واحدة من أهم مصادر الطاقة والبديل النظيف المتجددة، وهي طاقة حرارية مرتفعة ذات نشأة طبيعية مخزنة في باطن الأرض، إذ تشير التقديرات إلى أن أكثر من 99% من كتلة الأرض عبارة عن صخور تزيد درجات حرارتها عن 1500 درجة مئوية (2).

¹ Teske, S., Florin, N., & Dominish, E., 2007, Op.Cit", p18

(2) علي عبد الله العرادي، الطاقة المستدامة، دراسات وقوانين، قسم البحوث والدراسات، إدارة شؤون اللجان والبحوث، مجلس الشورى، الأردن،

2012، ص40

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

ويعتقد العلماء أنها ستكون كافية لتوليد كميات كبيرة من الكهرباء في المستقبل، وقد استمد الإنسان منها الحرارة منذ آلاف السنوات، ومن ثم انتاج الكهرباء على مدى التسعين سنة الماضية⁽¹⁾. أُجريت أول تجربة لاستخدام بخار جوف الأرض لتوليد الكهرباء في إيطاليا عام 1904، بقدرة توليد طاقة تبلغ 280 ألف كيلووات، وتوجد أيضًا محطات للطاقة الحرارية الأرضية في المكسيك، وأيسلندا، ونيوزيلندا واليابان، وروسيا، والولايات المتحدة. وعلى مستوى الدول العربية نجد مثل هذه المصادر في دول مثل جيبوتي والجزائر واليمن والمغرب والمملكة العربية السعودية، وبدرجة أقل الأردن ومصر والسودان وتونس⁽²⁾. ان التركيب المعدني للطاقة الحرارية الأرضية يُشكّل النيكل منها النسبة الأكبر في التركيب المعدني لهذا القطاع بنحو 58% يليه الكروم بنسبة 15% ضمن مكونات الفولاذ المقاوم للصدأ، والنحاس بنسبة 10%، بينما تُساهم معادن مثل الألمنيوم والتيتانيوم بنسبة 5% لكل منهما، في حين يُشكل الفولاذ التقليدي (الحديد) 7% من التركيبة، وتظهر هذه النسب الهيمنة الواضحة لمعادن التحمل الحراري والميكانيكي (كالنيكل والكروم) مع حاجة ملحة لتعزيز كفاءة استخدام الموارد النادرة (كالتيتانيوم) ، وتطوير بدائل مستدامة لمواجهة التحديات التشغيلية والبيئية المرتبطة بعمليات الاستخراج والتصنيع.

اما حجم إنتاج واستهلاك الطاقة الحرارية الأرضية الباطنية، وطاقة الكتلة الحيوية العالمية من عام 1994 إلى عام 2023 أذ كان الاستهلاك العالمي يقدر بحوالي 11,923,473 طن مكافئ للنفط عام 1994 وارتفع في عام 2023 الى زهاء 67,196,904 طن مكافئ للنفط. أما الانتاج العالمي فقد كان لا يتجاوز 37 مليون طن مكافئ للنفط في عام 1994 بالمقارنة مع عام 2023 الذي بلغ 208,751,313 طن مكافئ للنفط⁽³⁾.

1-2-2-6 طاقة الهيدروجين

يمثل غاز الهيدروجين نوعا مهما من أنواع الوقود، وهو المصدر المرشح لأن يكون له دور كبير في تأمين الطاقة في المستقبل، وذلك لحوزته على كل المقومات التي تجعله وقودا ناجحا، فهو الأخف والأنظف، أذ يمكن تحويله إلى أشكال أخرى من الطاقة بكفاءة عالية⁽⁴⁾

(1) راتول محمد مداحي محمد صناعة الطاقات المتجددة والمشاريع الاستثمارية المتعلقة بها في الجزائر كمرحلة لما بعد البترول، مداخل في ملتقى الدولي الأول حول البدائل التنموية في الاقتصاديات العربية وترشيد إستغلال الموارد في ظل التغيرات الإقليمية والدولية، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة الجلفة، يومي 21-22 نوفمبر 2012، ص 06
(2) أمينة مخلفي، النفط والطاقة البديلة المتجددة والغير متجددة، مجلة الباحث، العدد التاسع، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، 2011، ص 227

(3) energy institute, 2024, "Op.Cit", p15

(4) رحيمة جحموم، آفاق إحلال الطاقات المتجددة في الوطن العربي، مذكرة ماجستير في العلوم الاقتصادية، تخصص تحليل إقتصادي، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة الجزائر، ص 32

ويعد الهيدروجين من أكثر العناصر توافراً في الكون، فالشمس والنجوم تتكون من الهيدروجين والفضاء بينهم يحتوي على نسبة عالية منه، ولكن على كوكب الأرض لا يوجد الهيدروجين كعنصر لوحده مستقل فهو يوجد في الهواء بنسبة صغيرة بينما يوجد بوفرة كبيرة متحدًا مع الأوكسجين في صورة مياه المحيطات البحار والأنهار ، ويمكن توفير الهيدروجين من خلال التحليل الكهربائي للماء، أو تحلل الماء حرارياً بالتسخين المباشر⁽¹⁾ ، كما يمكن إستخراج الهيدروجين ايضاً بطرق أخرى، أذ أكثر من نصف الهيدروجين ينتج اليوم من الغاز الطبيعي بخضوعه لإعادة التشكل بوساطة البخار الساخن النفخ، لذلك يتفاعل الغاز عند ملامسة البخار ضمن محوّل، محرراً بذلك ذرات هيدروجين، ويمكن ايضاً إنتاج الهيدروجين عن طريق تغويز الفحم واستخراج الغاز من الفحم الحجري، ولكن هذه الطريقة مكلفة ، اما الطريقة الاخرى يمكن استخراج الهيدروجين من النفط أو من الكتلة الحيوية كمشتقات الوقود من النبات والكائنات الحية عن طريق تحويلها إلى حالتها الغازية⁽²⁾.

ان الإنتاج العالمي لطاقة الهيدروجين العالمي خلال فترة تمتد من عام 2000 إلى عام 2024، يقدر بحوالي 808.166 ألف طن تحديداً عام 2000، وارتفع الإنتاج في عام 2024 الى 4,834.90 ألف طن على المستوى العالمي⁽³⁾.

1-2-2-7 تكنولوجيا السيارات الكهربائية

هي السيارة التي تعمل باستخدام الطاقة الكهربائية في تشغيلها وفيها يتم تزويد المحرك الكهربائي بالطاقة اللازمة عن طريق بطاريات تخزين الطاقة الكهربائية فضلاً عن نظام تحكم، ولا تصدر هذه السيارات اي انبعاثات ضارة بالبيئة أذ أنها فعالة للغاية وتستهلك طاقة أقل في صنع الطاقة من الوقود المعتاد والتي تجعلها صديقة للبيئة، وقد ظهرت فكرة السيارات الكهربائية بسبب النقص العالمي في احتياطي الوقود على مستوى العالم. في الوقت الحاضر، تختلف أنواع وشركات تصنيع السيارات حول العالم، فهناك مركبات تقتصر على أماكن معينة لدعمها أنواع معينة من الوقود، لكن ظهرت سلالة السيارات الكهربائية الجديدة والتي قد تظهر مع محرك هجين، وأخرى بمحرك كهربائي منفرد، لكن أنظفهم التي تعمل بمحركات كهربائية فقط وهي قليلة جداً⁴.

(1) امينة مخلفي ، مصدر سابق ،ص229

(2) الميلود سحانين ، التكنولوجيا النظيفة ودورها في حماية البيئة، مذكرة ماجستير في علوم التسيير، تخصص الادارة البيئية والسياحية، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة الجزائر، 2010/2011، ص131

(3) energy institute ,2024, "Op.Cit",p17

4 عبد الله محمد واخرون ، إطار مقترح لاستخدام أسلوب التكلفة المستهدفة في صناعة السيارات الكهربائية بهدف المنافسة وتحقيق بيئة نظيفة. مجلة العلوم البيئية، جامعة عين شمس ، مصر ،المجلد 53، العدد3 ، ج3 ، 2023 ، ص 1-15.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

يشكل التركيب المعدني للسيارات الكهربائية عدد من المعادن يُهيمن الليثيوم على 25% والكوبالت 20% من التركيبة المعدنية لدورهما المحوري في بطاريات الليثيوم أيون، بينما يُشكّل الألمنيوم 15% والتيتانيوم 10% العمود الفقري للهياكل خفيفة الوزن عالية المتانة، يُستهلك النحاس 12% في المحركات والكابلات الكهربائية، في حين تُساهم المنغنيز 8% والجرافيت 7% في تحسين كفاءة البطاريات ومتانة السبائك، وتحتل العناصر الأرضية النادرة 3% المتمثلة بالنيوديميوم مكانة حيوية في تصنيع المغناطيسات الدائمة للمحركات، رغم تركيز إنتاجها في مناطق محدودة، وتُبرز هذه التركيبة تحديات مُزدوجة تشمل الاعتماد على موارد نادرة والبصمة الكربونية العالية لعمليات التعدين⁽¹⁾.

1-2-2-7 تكنولوجيا بطاريات تخزين الطاقة

تُشكل تقنيات بطاريات تخزين الطاقة حجر الزاوية في التحول العالمي نحو نظام الطاقة المستدامة، أذ تُعدّ عنصراً أساسياً في دمج مصادر الطاقة المتجددة المتقطعة التيار مع الشبكات الكهربائية، وذلك عبر توفير حلولٍ لتخزين الفائض من الطاقة، وإعادة توزيعه وفقاً للطلب، تعتمد هذه التقنيات على مجموعة متنوعة من التركيبات الكيميائية والمعدنية التي تتباين في كفاءتها وتكلفتها وتأثيراتها البيئية.

أذ تهيمن بطاريات الليثيوم أيون (NMC) على القطاع بنسبة 60% من الاعتماد على النيكل و25% على الكوبالت و15% على الليثيوم رغم تحدياتها الأخلاقية والبيئية المرتبطة بتعدين الكوبالت في الكونغو الديمقراطية، وتُقلل بطاريات LFP الاعتماد على الكوبالت إلى الصفر عبر استبداله بالحديد بنسبة ~85%، مع بقاء الليثيوم عند 15%، الذي يعزّز استدامتها رغم تحديات الكفاءة

وتحتل بطاريات الرصاص الحامضية مكانة تاريخية بتركيبة معدنية يهيمن عليها الرصاص بنسبة 95% لكنها تواجه انتقادات بسبب سمّيته العالية، وتبرز بطاريات الصوديوم أيون كبديل واعد يعتمد على الصوديوم بنسبة 60% والحديد بنسبة 40%، بينما تُخصص بطاريات تدفق الفاناديوم 98% (VRFB) من تركيبها للفاناديوم رغم ندرته، وتعتمد بطاريات النيكل هيدريد المعدني (Ni-MH) على النيكل بنسبة 55% والليثيوم بنسبة 45%⁽²⁾.

(1) Teske, S., Florin, N., & Dominish, E., 2007, Op.Cit', p8

(2) Teske, S., Florin, N., & Dominish, E., 2007, ibid, p7-10

1-2-3 تكاليف انتاج الطاقة المتجددة

منذ عام 2010 شهدت الطاقة الشمسية الكهروضوئية أسرع انخفاض في التكاليف وانخفض متوسط تكلفة الطاقة المستوية المرجحة العالمية(*) لمشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق التي تم تشغيلها حديثاً من 0.460 دولاراً لكل كيلوواط إلى 0.044 دولاراً لكل كيلوواط بين عامي 2010 و2023 بانخفاض قدره 90% كان هذا الانخفاض في تكلفة الطاقة المستوية مدفوعاً في المقام الأول بانخفاض أسعار الوحدات ، أذ انخفضت هذه الأسعار بنحو 93% بين ديسمبر 2009 وديسمبر 2023 ، بين عامي 2018 و2023 حدثت أيضاً انخفاضات مهمة في التكاليف غير المباشرة 59% والوحدات والعاكسات 46%، وأجهزة توازن النظام 39%، وتكاليف التركيب 36% ، كما انخفض متوسط تكاليف التشغيل والصيانة الشاملة للطاقة الشمسية الكهروضوئية على نطاق المرافق بنسبة 5% بين عامي 2022 و2023

بالنسبة لمشاريع طاقة الرياح البرية انخفضت التكلفة العالمية المرجحة للكهرباء بنسبة 70% بين عامي 2010 و2023، من 0.111 دولار/كيلوواط إلى 0.033 دولار/كيلوواط ، وقد نتج خفض التكلفة لمشاريع طاقة الرياح البرية عن عاملين رئيسيين: انخفاض تكلفة توربينات الرياح وزيادة عامل القدرة ونتيجة لتحسينات تكنولوجيا التوربينات في الفترة ما بين 2010 و 2023 انخفضت أسعار توربينات الرياح خارج الصين بنسبة تتراوح بين 41% و 64%، وذلك بحسب مؤشر أسعار توربينات الرياح، وفي الصين بلغ الانخفاض 73% لنفس الفترة، وفي الوقت نفسه ارتفع متوسط معامل القدرة المرجح العالمي لمشاريع الرياح البرية التي تم تشغيلها حديثاً من 27% في عام 2010 إلى 36% في عام 2023 وقد سلط هذا الضوء على كيف جعلت التحسينات التكنولوجية وخفض التكاليف من تكلفة تركيبات التوربينات تنافسية، حتى في المناطق ذات موارد الرياح الأقل ملائمة⁽¹⁾

وبالنسبة لمشاريع الرياح البحرية التي تم تشغيلها حديثاً انخفض متوسط تكلفة الطاقة المستوية العالمية المرجحة بين عامي 2010 و2023 من 0.203 دولار /كيلووات ساعة إلى 0.075 دولار/كيلوواط ساعة، بانخفاض قدره 63% ، في عام 2010 اذ شهدت الصين وأوروبا مشاريع بحرية تم تشغيلها حديثاً بمتوسط تكلفة طاقة مستوية مرجح بلغ 0.196 دولار /كيلوواط و0.205 دولار/كيلوواط على التوالي ، بعد ذلك

(1) IRENA, Renewable power generation costs in 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 2024.p5

* نقصد بالطاقة المستوية المرجحة العالمية هو مقياس اقتصادي يُستخدم لتقييم التكلفة الإجمالية لتوليد الطاقة من مشاريع الطاقة الشمسية الكهروضوئية على مدى عمرها الافتراضي.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

تباعدت متوسطات تكلفة الطاقة المستوية المرجحة لهاتين المجموعتين، ولا سيما في عام 2021، عندما سجلت المشاريع الأوروبية التي تم تشغيلها حديثاً متوسط تكلفة مرجح قدره 0.057 دولار/كيلوواط ساعة وهو أقل من 0.085 دولار/كيلوواط المسجلة في الصين في ذلك العام ، ففي عام 2023 ارتفع متوسط تكلفة الطاقة المستوية المرجح في أوروبا إلى 0.066 دولار/كيلوواط ساعة مع اكتمال مجموعة من المشاريع الأكثر تكلفة بما في ذلك عدد منها في أسواق جديدة ، لا تزال تكلفة الطاقة المستوية في أوروبا أقل بنحو 6% من المشاريع الصينية المكتملة في عام 2023 والتي شهدت متوسطاً مرجحاً قدره 0.070 دولار /كيلوواط ساعة. ويكمن الاختلاف في موارد الرياح في كل منطقة أذ تتمتع أوروبا بسرعات رياح أعلى مقارنة بتلك الموجودة في الصين.

لا يزال نشر الطاقة الشمسية المركزة راکداً مع إضافة 300 ميجاوات فقط في عام 2023 أذ بلغت القدرة التراكمية العالمية 7 جيجاوات في نهاية عام 2023، للفترة من 2010 إلى 2023 كما انخفضت التكلفة المتوسطة العالمية المرجحة لمشاريع الطاقة الشمسية المركزة التي تم تشغيلها حديثاً من 0.39 دولاراً لكل كيلوواط إلى 0.117 دولاراً لكل كيلوواط بانخفاض قدره 70% وانخفضت تكلفة الطاقة المولدة للطاقة الشمسية المركزة بسرعة بين عامي 2010 و 2023، على الرغم من التقلبات السنوية ، ومع ذلك منذ عام 2020 شهد تشغيل المشاريع التي تأخرت أو تضمنت تصميمات جديدة ركود متوسط التكلفة العالمية المرجحة للكهرباء من هذه التكنولوجيا. كما موضح في الجدول (3).

الجدول (3) إجمالي تكلفة التركيب وعامل القدرة واتجاهات تكلفة الطاقة المولدة

حسب نوع التكنولوجيا للسنوات 2010 - 2023

نوع الطاقة	اجمالي التكلفة المركبة			عامل القدرة الإنتاجية			التكلفة المستوية للكهرباء		
	دولار امريكي / كيلوواط			(%)			دولار امريكي / كيلوواط		
	نسبة التغير	2023	2010	نسبة التغير	2023	2010	نسبة التغير	2023	2010
طاقة الكتلة الحيوية	-9%	2730	3010	72	72	0%	0.072	0.084	-14%
الطاقة الحرارية الأرضية	52%	4589	3011	87	82	-6%	0.071	0.045	31%
الطاقة الكهرومائية	92%	2806	1459	44	53	20%	0.057	0.043	33%
الطاقة الشمسية الكهروضوئية	-86%	758	5310	14	16	14%	0.044	0.46	-90%
الطاقة الشمسية المركزة	-37%	6589	10453	30	55	83%	0.117	0.393	-70%
طاقة الرياح البرية	-49%	1160	2272	27	36	33%	0.033	0.111	-70%
طاقة الرياح البحرية	-48%	2800	5409	38	41	8%	0.075	0.203	-63%

1-IRENA, Renewable power generation costs in 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2024, p5-11.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

بلغ متوسط تكلفة الطاقة العالمية المرجحة لمشروعات الطاقة الحيوية 0.084 دولار /كيلوواط في عام 2023 وهو أعلى بنسبة 14% من قيمة عام 2023، وأقل بنحو الربع من قيمة 0.072 دولار /كيلوواط المسجلة في عام 2010، ويرجع هذا الارتفاع إلى التحول في حصة السوق من عام 2022 أذ تمثل الأسواق ذات التكلفة الأعلى الآن حصة أكبر، فضلاً عن ذلك بين عامي 2010 و2023 شهد متوسط تكلفة الطاقة العالمية المرجحة لمشروعات الطاقة الحيوية عدد من التقلبات دون وجود اتجاه ملحوظ نحو الصعود أو الهبوط.

بالنسبة لمشاريع الطاقة الحرارية الأرضية يوضح الجدول (3) ان متوسط تكلفة الطاقة العالمية المرجحة أعلى بنسبة 23% في عام 2023 مقارنة بعام 2010 أذ بلغ 0.071 دولار /كيلوواط وكان هذا لا يزال ضمن نطاق 0.077 دولار /كيلوواط إلى 0.074 دولار /كيلوواط في ساعة الذي شوهد بين عامي 2010 و2023⁽¹⁾. أذ شهدت مشاريع الطاقة الكهرومائية التي تم تشغيلها حديثاً ارتفاعاً في متوسط تكلفة الطاقة المستوية العالمية بنسبة 33% بين عامي 2010 و 2023 من 0.043 دولار / كيلوواط إلى 0.057 دولار / كيلوواط ، ولكن هذا لا يزال أقل من متوسط خيار توليد الكهرباء من الوقود الأحفوري في عام 2023 ، وخلال الفترة من 2022 إلى 2023 انخفضت التكاليف المتوسطة المرجحة العالمية بنسبة 7%. وكان ارتفاع التكاليف في عام 2022 مدفوعاً ببدء تشغيل عدد من المشاريع التي شهدت تجاوزات كبيرة في التكاليف، ولا سيما في كندا والولايات المتحدة⁽²⁾ وأذ شهدت تكاليف مشاريع تخزين البطاريات انخفاضاً بنسبة 89% بين عامي 2010 و 2023 في مجال تخزين الكهرباء من 2511 دولار / كيلوواط إلى 273 دولار / كيلوواط وكان خفض التكلفة مدفوعاً بتوسيع نطاق التصنيع وتحسين كفاءة المواد وتحسين عمليات التصنيع ، كما زادت الإضافات السنوية للقدرة من 0.1 جيجاوات ساعة من إجمالي القدرة في عام 2010 إلى 95.9 جيجاوات/ ساعة من إجمالي القدرة في عام 2023 أذ تمثل الصين ما يقرب من نصف إجمالي الإضافات العالمية 46.5 جيجاوات/ ساعة⁽³⁾.

(1) TAYLOR, Michael. Renewable Power Generation Cost Trends to 2022–Michael Taylor. 2023.p30

(2)Hatton, L., Johnson, N., Dixon, L., Mosongo, B., De Kock, S., Marquard, A., & Staffell, I. The global and national energy systems techno-economic GNEST database: cost and performance data for electricity generation and storage technologies. Data in Brief, 55, 110669.2024.p23

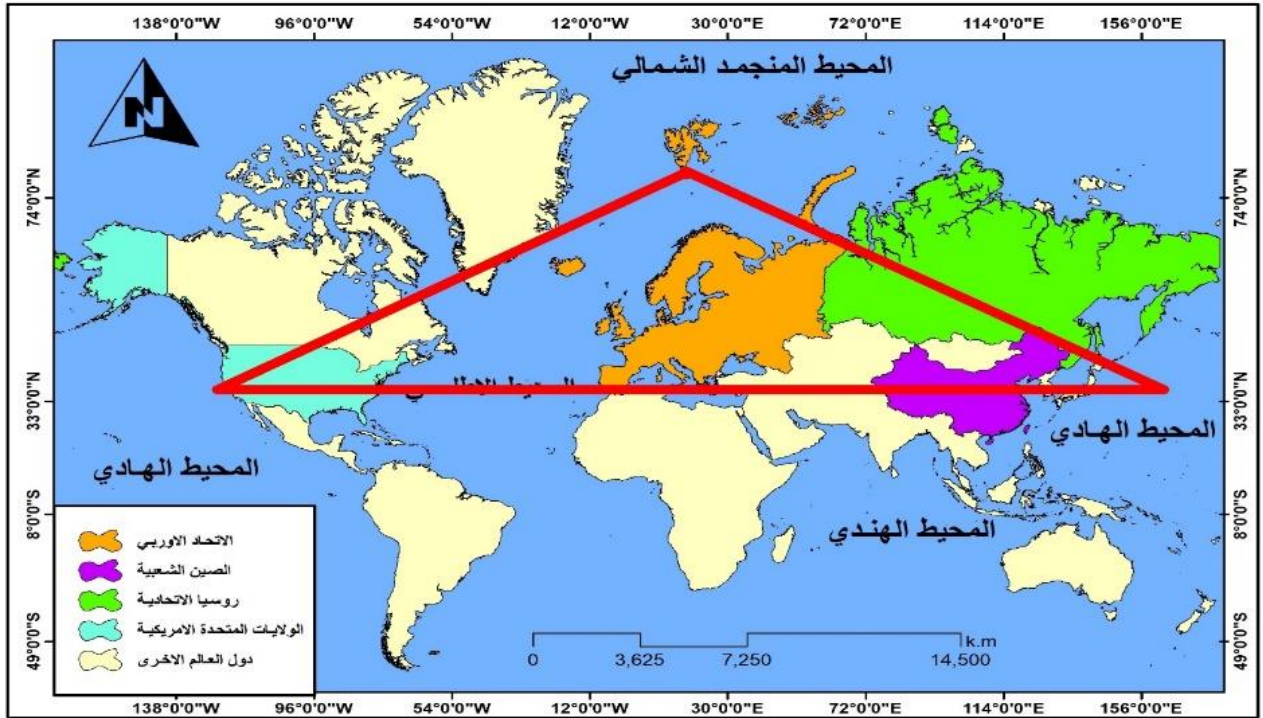
(3)IRENA .2024, "Op. Cit",p67

1-3 الأبعاد الجيوسياسية لمعادن الطاقة المتجددة (تجارب دولية)

1-3-1 الأبعاد الجيوبوليتيكية والجيواستراتيجية لمعادن الطاقة المتجددة

ترتبط تقييمات حكومات الدول لأهمية المعادن والسعي لتحقيق الأمن المعدني بمجموعة من الأهداف والأولويات المتنوعة، أذ تشمل هذه الأهداف التنمية الوطنية والسياسة الصناعية، والتحول إلى الطاقة النظيفة والمخاوف البيئية، والأمن الاقتصادي والمرونة والقدرة التنافسية، إضافة إلى القضايا العسكرية والدفاعية، و تختلف العوامل الدافعة عبر الزمن بين الدول، أذ تُظهر روسيا اهتمامًا أقل بالتحول إلى الطاقة النظيفة مقارنة بالاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة، مع تركيز أكبر على الأجندة الأمنية و الاقتصادية، في المقابل كانت أولويات الصين أكثر من غيرها موجهة نحو التنمية الاقتصادية رغم أنها تتقارب الآن مع جهود الغرب في حماية البيئة، تساعد دراسة هذه العوامل الدافعة المختلفة في فهم أهداف الأمن المعدني وما إذا كانت السياسات المعتمدة تلبي هذه الأغراض، و تتفاعل هذه العوامل بطرق معقدة أذ يمكن أن تتداخل أو تتقاطع على المستويين المحلي والدولي (1).

الخريطة (1) المثلث الجيواستراتيجي والجيوبوليتيكي العالمي



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا على برنامج Arcgis 10.8

(1) Leonelli, Giulia Claudia, Critical Raw Materials, the Net-Zero Transition and the 'Securitisation' of the Trade and Climate Change Nexus: Pinpointing Environmental Risks and Charting a New Path for Transnational Decarbonisation LSE Legal Studies Working Paper No13. 25/2023,p23

1-3-1-1 التنمية الوطنية والسياسة الصناعية

تتميز حالات الصين والولايات المتحدة والاتحاد الروسي والاتحاد الأوروبي بسياسات اقتصادية فريدة لكنها متغيرة ،و في السنوات الأخيرة تزايدت المخاوف الغربية بشأن رأسمالية الدولة، مما أدى إلى توافق متزايد حول الحاجة إلى سياسات صناعية متماسكة وتدخلات في السوق، سواء للحفاظ على القدرة التنافسية العالمية أو لدعم الرفاهية الاجتماعية ،أذ تشير جهود الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة لعكس نقل الصناعات إلى الخارج بما في ذلك في القطاعات المرتبطة بالمعادن إلى أهمية تشغيل العمالة المحلية وتعزيز الرفاهية ، يتضح ذلك من خلال النصوص والإجراءات المتعلقة باتفاقية الشراكة الصناعية بين الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي، التي تهدف إلى توفير بنية تحتية وفرص عمل مرتبطة بالطاقة النظيفة⁽¹⁾، كما تعكس خطة الصفقة الخضراء الصناعية للاتحاد الأوروبي تحولاً نحو تمويل عام أكبر ودعم أهداف الطاقة النظيفة مع الحفاظ على الرفاهية الاجتماعية في القطاعات التقليدية كثيفة الكربون مما يجعلها أكثر توافقاً مع السياسات الصينية ، وعلى مدى أربعة عقود كان التركيز في السياسة العامة على التنمية الاقتصادية المحلية ، أذ يرتبط استهلاك المعادن عادةً بمراحل التطور الوطني⁽²⁾، أذ يتطلب التقدم في بناء البنية التحتية والتصنيع، والاستهلاك المحلي أنواعاً مختلفة من المدخلات المعدنية ، ومع ذلك لا يكون التقدم عبر هذه المراحل خطياً دائماً إذ تسعى الولايات المتحدة حالياً لتعزيز الإنتاج المحلي في قطاع التعدين الذي كان يعد سابقاً متدهوراً ، وبعد انهيار الاتحاد السوفييتي تأثرت البنية التحتية للتعدين والنقل في روسيا بشكل كبير مما أدى إلى تدهور هذا القطاع، في الوقت نفسه ركز الجهد ال على الريادة في التقنيات المتقدمة والناشئة مما يتطلب أيضاً تحسينات في البنية التحتية الأساسية⁽³⁾

كان مسار التنمية في الصين أكثر وضوحاً، أذ كانت صادراتها قبل عقد من الزمن تتكون بشكل رئيسي من السلع المنخفضة الجودة وشبه المصنعة مع اعتماد كبير على الواردات من المواد الخام ورأس المال الأجنبي، ويعكس هذا الاعتماد التركيز الاستراتيجي للصين على المعادن الأساسية مثل الحديد والنيحاس والألمنيوم، مما يبرز تأخر عملية التصنيع في الصين مقارنةً بالغرب، وقد ساهم دعم التصنيع المحلي وتكامل سلاسل التوريد في تعزيز مكانة الصين في سلاسل القيمة العالمية مما أسهم أيضاً في تقليل الفقر،

(1) SHEET, Fact. The Bipartisan Infrastructure Deal. The White House, 2021,p 6.

(2) WANG, Howard. 'Security is a prerequisite for development': consensus-building toward a new top priority in the Chinese Communist Party. Journal of Contemporary China, voll 32.142. 2023, p1154 525-539.

(3) WORLD BANK. Four Decades of Poverty Reduction in China: Drivers, Insights for the World, and the Way Ahead. 2022,p34

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

يقوض هذا التحديث الاقتصادي الحجج التي تدعو الصين للاحتفاظ بمكانتها كدولة نامية في المنتديات الدولية (1)

وفي الوقت نفسه تعد السياسة الاقتصادية الروسية في قطاع المعادن فريدًا من بين الحالات الأربع. فضلًا عن كونها مدخلات للاقتصاد الوطني، تساهم الموارد المعدنية ولاسيما النفط والغاز بشكل كبير في ميزانية الدولة الروسية وهو ما يفسر جزئيًا إدراجها في قائمة المعادن الاستراتيجية في روسيا، كما يتقاطع تطوير المعادن أيضًا مع دوافع أخرى بما في ذلك تلك المتعلقة بتنمية المناطق الغنية بالموارد ولكنها متخلفة بشكل كبير مثل الشرق الأقصى الروسي، إذ كانت هذه المناطق ذات أولوية اسمية للسياسة التنموية منذ أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين على الأقل، و إن التحديات الرئيسية للتنمية الروسية لقطاع المعادن غير الوقودية تشمل الافتقار ليس فقط إلى القدرة المحلية ولكن أيضًا إلى الطلب المحلي، وهذا يتناقض على سبيل المثال، مع الطلب الصناعي العالمي الكبير في الصين على المعادن غير الوقودية. وعلى الرغم من طموحات السياسة أذ تنتج روسيا القليل من المعادن ذات القيمة المضافة العالية، وقد كانت الجهود الرامية إلى ترقية الاقتصاد الروسي من نموذج تصدير السلع الأساسية منخفض القيمة المضافة غير ناجحة إلى حد كبير، وقد تفاقم هذا الوضع الآن بسبب اقتصاد الحرب والعقوبات الغربية الثقيلة (2).

تتعلق القدرة التنموية أيضًا بالإدارة البيئية وإنفاذ القوانين أذ كانت الصناعات في الدول المتقدمة تنقل تكاليفها البيئية إلى دول أخرى، ففي حالة الولايات المتحدة، أدت اللوائح البيئية إلى نقل إنتاج العناصر الأرضية النادرة إلى الصين، التي بدورها أغلقت العديد من المناجم بسبب لوائح بيئية صارمة، مما أدى إلى نقل الإمدادات إلى مصادر أجنبية مثل ميانمار (3).

1-3-2 التحول إلى الطاقة النظيفة والمخاوف البيئية

أصبحت تطبيقات الطاقة النظيفة والتقنيات الداعمة لها المحرك الرئيسي لنمو الطلب على مجموعة من المعادن مثل الليثيوم والنحاس والجرافيت والكوبالت والنيكل، و تستهدف القوى الكبرى بما في ذلك الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة والصين وروسيا إلى تحقيق انبعاثات كربونية صافية صفرية بحلول تواريخ محددة 2050 للاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة، و 2060 للصين وروسيا، أذ كانت تتجه استراتيجيات

(1) Gaida, J., Leung, J. W., Robin, S., & Cave, D. ASPI's Critical Technology Tracker: The global race for future power. 2023, p250

(2) FORTESCUE, Stephen. Territories of accelerated development: another case of policy failure in Russia. Post-communist economies, voll 34.no2, 2022.p246-266.

(3) CHEN, Wei, et al. Reshaping Heavy Rare Earth Supply Chains Amidst China's Stringent Environmental Regulations. Fundamental Research, 2024, p40

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

الأمن المعدني في هذه الدول نحو التحول الأخضر، مما يعزز الطلب على المعادن المرتبطة بتقنيات الطاقة النظيفة رغم أن إدراج النحاس في القوائم الاستراتيجية بالولايات المتحدة لا يزال قيد المناقشة (1) تحفز أهداف التحول الأخضر الاستراتيجيات الصناعية وتؤدي إلى زيادة الطلب على المعادن الحيوية و تُقدّر وكالة الطاقة الدولية أن الطلب العالمي على هذه المعادن سيتضاعف بحلول عام 2040 مع توقعات بزيادة الطلب بمقدار ستة أضعاف للوصول إلى صافي الصفر ، و تشير التوقعات إلى أن خطة الصفقة الخضراء الصناعية للاتحاد الأوروبي ستحتاج إلى زيادة كبيرة في احتياجات الليثيوم والعناصر المعدنية النادرة بحلول عام 2050 ، و في المقابل تركز روسيا على تعزيز استخراج واستهلاك الوقود الأحفوري حتى عام 2035 مع جهود إزالة الكربون أقل وضوحًا، و في الولايات المتحدة قد تتأثر سياسات دعم الطاقة النظيفة بتغيرات سياسية بعد انتخابات نوفمبر 2024 (2)

وتعد الاحتياطيات العالمية كافية لتلبية أهداف التحول ، لكن الوصول إلى هذه الموارد قد يكون مقيّدًا بسبب التركيزات الجغرافية غير المتساوية، إذ تتفاعل ديناميكيات العرض والطلب مع الابتكارات التكنولوجية مثل كثافة المعادن ومعدلات إعادة التدوير مما قد يؤثر على توفر المعادن كعائق محتمل في الانتقال إلى الطاقة الخضراء، و تواجه الحكومات تحديات بيئية متعددة أذ يعد تعدين المعادن وتكريرها من الأنشطة الصناعية الضارة بالبيئة، مما يؤدي إلى تلوث التربة والمياه والهواء وتقليل التنوع البيولوجي ،على سبيل المثال، معالجة طن واحد من العناصر الأرضية النادرة قد تُنتج 2000 طن من النفايات السامة، كما أن التعدين للمعادن الانتقالية للطاقة يعد مكثف الانبعاثات، وغالبًا ما يعتمد على الكهرباء الناتجة عن الوقود الأحفوري (3).

1-3-3 الأمن الاقتصادي والقدرة التنافسية

يُعزى الاهتمام المتزايد بالمعادن إلى القلق المتزايد لاسيما في الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة، بشأن الاضطرابات المحتملة في سلاسل التوريد، ففي التسعينيات كانت المخاوف تركز على الاضطرابات الناتجة عن عدم الاستقرار السياسي بينما لم تعد الصين كمصدر رئيسي، وأوضحت الحوادث التي حدثت في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين مثل الكوارث الطبيعية وإضرابات العمال، إمكانية حدوث صدمات عرضية في إمدادات المعادن والمواد الكيميائية (4)، وقد أسهمت جائحة كوفيد-19 في تفاقم الاضطرابات الاقتصادية

(1) International Energy Agency (IEA), Global Critical Minerals Outlook 2024 (IEA: Paris, 2024).

(2) ZHOU, Jiayi; MÅNBERGER, André. Critical Minerals and Great Power Competition: An Overview. 2024.p23

(3) ZHOU, Jiayi; MÅNBERGER, André. Ibid,p24

(4) AKCIL, Ata; SUN, Zhi; PANDA, Sandeep. COVID-19 disruptions to tech-metals supply are a wake-up call. Nature, voll 587. 2020, p365-367.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

وتأثيرها على جميع سلاسل التوريد، مما زاد من الجهود الرامية إلى تعزيز القدرة على الصمود وتقليل التبعيات، حاليًا تتجه المناقشات السياسية الغربية نحو احتمالية حدوث اضطرابات تجارية متعمدة وقد تفاقمّت هذه المخاوف بسبب الحرب بين روسيا وأوكرانيا التي أدت إلى فرض عقوبات غربية و"انفصال" عن روسيا، مما أثر على سلاسل التوريد وأسواق السلع الأساسية، وكما زادت التوترات الاستراتيجية بين الصين والولايات المتحدة منذ عام 2017 من القلق مما أدى إلى تقارب متزايد في وجهات النظر بين الجانبين حول هذه القضايا (1).

اتخذ الاتحاد الأوروبي نهجًا أكثر حذرًا وأقل انفرادية تجاه الأمن الاقتصادي مع التركيز على مفهوم "إزالة المخاطر" الذي يشدد على تخفيف المخاطر مع الحفاظ على الاعتماد المتبادل ، ففي عام 2023 نشرت المفوضية الأوروبية استراتيجية الأمن الاقتصادي التي تهدف إلى تقييم ومعالجة المخاطر المتعلقة بسلاسل التوريد والتبعيات الاقتصادية ،و يجري حاليًا تقييم تطبيقات المعادن الحرجة في مجالات التكنولوجيا الأساسية لضمان الأمن الاقتصادي للاتحاد الأوروبي، كما تم تنفيذ تدابير مثل آلية فحص الاستثمار الأجنبي المباشر، وأداة لمكافحة الإكراه لمواجهة الضغوط الاقتصادية.

بينما كانت الدول الغربية بما في ذلك الاتحاد الأوروبي والولايات المتحدة، تدافع عن التجارة العالمية المفتوحة، فإن أجندة الأمن الاقتصادي تعد جديدة نسبيًا ، وعلى الرغم من وجود قلق بشأن الاعتماد على المعادن الحيوية، فإن المخاوف بشأن الضعف كانت أقل بروزًا بالنسبة للصين وروسيا، وهما من كبار المنتجين للمعادن، في المقابل تعد روسيا منذ زمن بعيد أن الاقتصاد جزء من الأمن القومي، أذ تُعرف استراتيجية الأمن الاقتصادي الروسية لعام 2017 الأمن الاقتصادي بأنه "حماية الاقتصاد الوطني من التهديدات الخارجية والداخلية" مع التركيز على منع الأزمات في مجال الموارد ، تشمل التحديات المحددة "التقنيات الخضراء" بسبب انخفاض الطلب العالمي على الوقود الأحفوري، واستنفاد موارد المواد الخام كتهديدات، كما تسارعت سياسات استبدال الواردات في روسيا في سياق العقوبات الغربية منذ عام 2014، مما أدى إلى الحاجة لتنويع الأسواق والموردين (2).

استفادت الصين بشكل كبير من فتح اقتصادها للعالم مما أتاح لها الحصول على رأس المال الأجنبي والتكنولوجيا اللازمة في قطاع التعدين، ومع تزايد اعتمادها على الواردات، أصبحت الصين أكثر اهتمامًا بالمخاطر الجيوسياسية والسوقية، منذ بداية رئاسة شي جين بينج في عام 2013، أذ ظهرت مفاهيم جديدة

(1) GOLDBERG, Pinelopi K.; REED, Tristan. Is the global economy deglobalizing If so, why? And what is next. Brookings Papers on Economic Activity, voll 1 .2023.p 347-423.

(2) ZHOU, Jiayi; MÄNBERGER, André. Op.Cit.p25-26

حول الأمن الاقتصادي بما في ذلك "الأمن الشامل" الذي يتضمن أبعاد أمن الطاقة والموارد، مما أثر على مختلف قطاعات الاقتصاد الصيني ، أدى تنويع شركاء التجارة وطرق التوريد إلى تعزيز مبادرة الحزام والطريق ، كما أن حماية السوق والاستجابة للإجراءات الاقتصادية ضد الصين حفزت قيودًا تجارية وتكنولوجية في مجال المعادن ، ترتبط المرونة الاقتصادية بمفهوم الأمن الاقتصادي إذ يتم مناقشة الأمن والمرونة معًا في الغرب، وبينما يركز الأمن على التهديدات المحددة ويتطلب استجابات سياسية صارمة، تشير المرونة الاقتصادية إلى القدرة على التكيف مع الاضطرابات مع الحفاظ على التواصل، إذ تُقرن التدابير الدفاعية لتعزيز الأمن الاقتصادي بأشكال أكثر نشاطًا من السياسات الاقتصادية، مدفوعةً برغبة في تحقيق ميزة تنافسية أو الهيمنة على المنافسين. يظهر هذا الاقتران بوضوح في التقنيات الناشئة التي تعتمد على سلاسل توريد المعادن، إذ يتضح الاقتران بين التقدم التكنولوجي والأمن الاقتصادي من خلال مفهوم "السيادة التكنولوجية" الذي يزداد استخدامه في مجالات السياسة المختلفة، وتعطي روسيا أولوية للمشاريع الوطنية المرتبطة بالتعدين، وتطوير المواد المتقدمة لتعزيز السيادة التكنولوجية للصناعة الروسية كما يرتبط استقلال العناصر الأرضية النادرة بشكل وثيق بالسيادة التكنولوجية⁽¹⁾.

في عام 2015 كان من المفترض أن تكون روسيا أول دولة في العالم تتجه نحو خارطة طريق حكومية روسية لتطوير التكنولوجيا الفائقة ، تغطي ضوابط التصدير في الولايات المتحدة الآن "التكنولوجيات الناشئة والأساسية" والتي كانت موجهة في حالات عده نحو الصين فقط ، و إن استراتيجية الأمن القومي لإدارة بايدن لعام 2022 صريحة بشأن الحاجة إلى الحفاظ على "ميزة تنافسية دائمة" على الصين، ولاسيما في المجال العسكري التكنولوجي، وفي الاتحاد الأوروبي أيضًا اكتسب مفهوم السيادة التكنولوجية مصداقية كأولوية سياسية ، وفي الصين أصبحت الأهداف المتعلقة بالاعتماد على الذات التكنولوجية والقدرة التنافسية في الأمور المتعلقة بالتكنولوجيا متشابكة أيضًا مع الأمن القومي، فضلاً عن التحرك الشامل نحو استراتيجية النمو الاقتصادي بقيادة الابتكار⁽²⁾

1-3-1 القضايا العسكرية والدفاعية

ترتبط الاقتصادات بمخاوف الأمن القومي التقليدية المتعلقة بالدفاع والحرب، والتي قد تتحول إلى أولوية أعلى من القطاع المدني في أوقات الأزمات، إذ تشكل المعادن مدخلات حيوية للقاعدة الصناعية العسكرية بما في ذلك مواد مثل الفولاذ والنحاس والألمنيوم والتيتانيوم، التي تُستخدم في تصنيع المنصات العسكرية

(1) Farooki, M., 'China's mineral sector and the Belt & Road Initiative', Strategic Dialogue on Sustainable RawMaterials for Europe (STRADE) Policy Brief no. 2, Mar. 2018,p30

(2) ZHOU, Jiayi; MÅNBERGER, André. Op.Cit.p27

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

والمكونات الخاصة بالطائرات والمركبات والسفن وتشمل أيضًا معادن متخصصة تعد ضرورية لأنظمة الأسلحة وأجهزة الملاحة وأجهزة الاستشعار ، وعلى الرغم من أن الطلب العسكري على المعادن غير المستخدمة في الوقود أقل أهمية مقارنة بالصناعات المدنية، إلا أن هناك نقصًا في التحليل المنهجي لمتطلبات المعادن الإجمالية ، بينما تتوفر عدد من المعلومات حول احتياجات المعادن لأنظمة دفاعية معينة و تبقى سلاسل التوريد العسكرية معقدة وغالبًا ما تفتقر إلى الشفافية ، لم تتمكن التقييمات الأمريكية في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين من تحديد استهلاك القطاع العسكري من العناصر الأرضية النادرة بدقة، أذ قُدر أن وزارة الدفاع استخدمت أقل من 5% من إجمالي الاستهلاك في الولايات المتحدة ، اذ تشير عدد من التحليلات إلى وجود منافسة بين الصناعات المدنية والعسكرية على المعادن، وتظهر دراسة للاتحاد الأوروبي أن الطلب الدفاعي طويل الأمد قد يكون "ضارًا" للقطاعات التجارية لاسيما في مجالات الطيران والفضاء، ويصعب تقييم مدى هذا الضرر بدقة بسبب تنوع الموردين الذين يخدمون المجمع الصناعي العسكري. تقدر وزارة الدفاع الأمريكية أن الطلب طويل الأمد على المعادن قد يكون "ضارًا" للقطاعات التجارية نظرًا لمتطلبات الكميات الأصغر للجيش وسياسات التخزين الخاصة به (1).

يتحمل القطاع المدني العبء الأكبر من الاضطرابات في إمدادات المواد والمعادن الاستراتيجية والحيوية ، قد تكون المدخلات المعدنية للقطاع العسكري أكثر عرضة للخطر نظرًا لاحتياجاتها من نقاء أعلى مقارنة بالتطبيقات المدنية مما يزيد من مخاطر الاختناقات والتحديات في الاستبدال ، و يتزايد القلق بشأن الاعتماد على الذات في المشتريات العسكرية أذ يتطلب قانون الدفاع الوطني الأمريكي لعام 2024 من وزارة الدفاع وضع استراتيجية لضمان عدم الاعتماد على الدول المعادية في سلاسل توريد المعادن الحيوية بحلول عام 2035. تختلف القدرات العسكرية والطموحات والأدوات السياسية للدول المعنية في معالجة مخاوف إمدادات المعادن العسكرية رغم أن الإنفاق العسكري للدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي يتجاوز إنفاق روسيا، فإن الاتحاد ليس جهة فاعلة موحدة مما يجعله أقل فعالية من الدول الأخرى ، و تمثل استراتيجية الدفاع الصناعية الأوروبية التي أُعلنت في مارس 2024 محاولة لتحسين التنسيق ، كم يُظهر تحليل المخاطر في الاتحاد الأوروبي وجود اختناقات في سلاسل التوريد مما يعكس المخاوف المتعلقة بالاعتماد على الموردين، لاسيما من الصين ، اذ تمتلك الولايات المتحدة أكبر جيش عالمي من أذ الإنفاق ولديها أدوات سياسية مهمة مثل قانون الإنتاج الدفاعي الذي يُستخدم لشراء المعادن ، و يُظهر تقييم مخزون الدفاع الوطني أن هذا المخزون يغطي فقط 40% من الطلب العسكري على المعادن الاستراتيجية ، كما تُوجه

(1) Bailey Grasso, V., Rare Earth Elements in National Defense: Background, Oversight Issues, and Options for Congress, Congressional Research Service (CRS) Report for Congress R41744 (US Congress, CRS: Washington, DC, 23 Dec. 2013, p. 10

أموال وزارة الدفاع نحو التعدين والصناعة لتخفيف مخاطر العرض. بينما تعد الصين وروسيا من بين أكبر الدول من أذ الإنفاق العسكري، فإنهما أقل شفافية من الولايات المتحدة، ويُعزز مفهوم الاندماج المدني العسكري في الصين الجهود لتعزيز القوة العسكرية عبر الابتكارات في القطاع المدني ولكن المعلومات حول تأثير ذلك على سلاسل توريد المعادن تظل محدودة. أما في روسيا فإن الطلب العسكري على المعادن يعد محور اهتمام صانعي السياسات أذ وصف الرئيس بوتين العناصر الأرضية النادرة بأنها "حاسمة" لروسيا⁽¹⁾.

1-3-2 تجربة الولايات المتحدة الأمريكية

1-2-3-1 الاتجاهات الرئيسية في تحول الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية

وفي الوقت الحاضر، تعد الولايات المتحدة ثاني أكبر مصدر لانبعاث الغازات الدفيئة بعد الصين في العالم، ويمثل قطاع الطاقة في الولايات المتحدة أكثر من 80% من إجمالي انبعاثات الغازات الدفيئة التي تؤدي إلى الاحتباس الحراري في الولايات المتحدة، وبالتالي فإن نجاح البلاد في تنفيذ التحول إلى الطاقة النظيفة له آثار هائلة على نجاح الاستجابة العالمية لتغير المناخ⁽²⁾.

في العقد الماضي سجلت الولايات المتحدة نتائج متباينة فيما يتعلق بالانتقال إلى الطاقة النظيفة أذ كان التقدم الذي حدث إلى حد كبير في صناعة الطاقة الكهربائية، ويرجع الفضل في ذلك إلى حد كبير إلى تطورات سوق الطاقة والتقدم التكنولوجي ، وقد لعبت كل من السياسات على المستوى الوطني والاقتصاد الكلي أدواراً متناقضة خلال هذا الإطار الزمني نفسه، أذ ساهمت في عدد من السنوات في التقدم في مجال الطاقة النظيفة وفي أحيان أخرى عندما أدت إلى الانخفاض، ومع ذلك لعبت السياسات على مستوى الدولة والبلديات دوراً تقدماً ومهماً ، حقق قطاع الطاقة الكهربائية أكبر النتائج في مجال الطاقة النظيفة ، ويمثل هذا القطاع ما يقرب من 80% من إجمالي التخفيض في انبعاثات الغازات الدفيئة في الولايات المتحدة من عام 2008 حتى عام 2017 مع ثاني أكسيد الكربون الناتج عنه ،وقد انخفضت الانبعاثات بأكثر من 25% من 2.4 إلى 1.8 جيجا طن ، بعد عقود من كونه المصدر القطاعي الرائد لانبعاثات غازات الدفيئة، أذ انخفض قطاع الطاقة إلى المركز الثاني مع انبعاثات أقل من تلك الصادرة عن قطاع النقل، وكانت أكبر العوامل المساهمة في هذا التغيير هي التحول من الفحم إلى الغاز الطبيعي ، ومؤخراً نمو

(1) ZHOU, Jiayi; MÄNBERGER, André. Op. Cit.p28-29

(2) Energy Information Administration. Annual energy outlook 2023.p70

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

الاستثمارات في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، والتي يمكن رؤية نتائجها في الانخفاض الحاد في استهلاك الفحم وكذلك الانخفاض في توليد الطاقة من الفحم (1)

شهد القطاع الصناعي، الذي يمثل ما يزيد قليلا على خمس إجمالي انبعاثات الغازات الدفيئة في الولايات المتحدة تحسينات مستدامة في السنوات الأخيرة في التحول إلى الطاقة النظيفة، ولكن يبدو أن هذا الاتجاه قد توقف الآن ، أذ انخفضت الانبعاثات الصناعية لثاني أكسيد الكربون بنسبة 22% خلال العقدين من 1997 إلى 2018، من 1.8 إلى 1.4 جيجا طن، وتعكس التغيرات في الانبعاثات الصناعية المرتبطة بالطاقة خلال تلك الفترة من بين عوامل أخرى في النشاط الاقتصادي العام، والسمات الهيكلية في الصناعة الأمريكية على سبيل المثال، الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة مثل الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة ، و اعتماد المستخدمة في الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة مثل الصناعات كثيفة الاستهلاك للطاقة ، و اعتماد تقنيات ذات كفاءة أعلى لمستهلكي الطاقة الثقيلة مثل صناعة الصلب، فقد ظل القطاعان السكني والتجاري، اللذان يمثلان معاً أقل من 30% من إجمالي انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري العالمي حوالي 15% من القطاع السكني، و 14% من القطاع التجاري، ثابتين إلى حد معقول على مدى العقد الماضي ، وكانت العوامل الرئيسية في استهلاك الطاقة في هذه القطاعات ومستويات انبعاثات غازات الدفيئة هي البارامترات المتعلقة بالطقس، والتي تترجم إلى عدد أيام درجة التدفئة والتبريد، وكفاءة المعدات والأجهزة المنزلية التي تحسنت بشكل مطرد (2) .

إن القطاع الذي كان يتراجع بشكل واضح فيما يتعلق بانبعاثات الغازات الدفيئة هو قطاع النقل، ويعد هذا القطاع رائداً ذا أهمية لاسيما بالنسبة للتقدم المحرز في التحول إلى الطاقة النظيفة في الولايات المتحدة، أذ يمثل النقل أكثر من 70% من استهلاك النفط في الولايات المتحدة وما يقرب من 29% من إجمالي استخدام الطاقة في كل عام منذ عام 2012.

ان استمرار نمو الطلب على النقل والانبعاثات يشكل عنصراً حاسماً في التحول المستقبلي للطاقة النظيفة في الولايات المتحدة ، فمنذ عام 2004 زادت كفاءة أسطول المركبات على الطرق في الولايات المتحدة بشكل مطرد، مع تحسن كفاءة المركبات الخفيفة بنسبة 29% خلال تلك الفترة، وانخفاض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون لكل ميل بنسبة 23% ، ومع ذلك فقد تم تقويض التحسن منذ عام 2004 بسبب الزيادة في الطلب على الوقود لمركبات الطيران والشحن والزيادات في كمية الأميال المقطوعة بالمركبات VMTs للمركبات الخفيفة، والتي نمت بنسبة 49% خلال الفترة من 1990 إلى 2017 ، وتعكس زيادات

(1) Energy Information Administration. 2023. Op.Cit.p1-20

(2) Energy Information Administration .Today in energy in 2018, the United States consumed more energy than ever before, 16 April 2019.p57

الأميال المقطوعة بالمركبات بدورها مجموعة متنوعة من العوامل، بما في ذلك النمو السكاني، والنمو الاقتصادي الإجمالي، وأنماط استخدام الأراضي ولاسيما التوسع الحضري، واستجابات المستهلكين لانخفاض أسعار الوقود⁽¹⁾.

أحد اتجاهات النقل التي تحمل وعداً بتقليل انبعاثات الغازات الدفيئة هو كهربة أسطول المركبات الخفيفة ، بعد سنوات من النمو التدريجي للمبيعات، وأعداد إجمالية تصل إلى أقل من واحد بالمائة من إجمالي أسطول المركبات على الطريق، فقد ازدهرت مشتريات السيارات الكهربائية في عام 2018 وتمت المبيعات بأكثر من 80% ليصل إجمالي الأسطول إلى أكثر من 360.000 مركبة كهربائية، أذ لم تصل المركبات الكهربائية حتى الآن إلى المستوى الكافي لإحداث تغيير جوهري في ملف الانبعاثات في قطاع النقل على المدى القريب، لكنها ربما تكتسب الآن زخماً لدى مشتري السيارات⁽²⁾

1-3-2 الأبعاد الجيوسياسية لتحول الطاقة النظيفة في الولايات المتحدة الأمريكية

هناك علاقة ذات اتجاهين تربط التحول إلى الطاقة النظيفة في الولايات المتحدة وعالم الجغرافية السياسية أذ إن توقيت ومدى وطبيعة التحول في الولايات المتحدة يسبب تأثيرات في العديد من الأبعاد الجيوسياسية بما في ذلك ثقة الشركاء الدوليين في قيادة الولايات المتحدة وعلاقاتها مع الشركاء الرئيسيين في جميع أنحاء العالم. ولاتقل أهمية عن الروابط التي تسير في الاتجاه المعاكس، وهي الطرق التي تمارس بها الجغرافية السياسية تأثيرها على تحول الطاقة النظيفة في الولايات المتحدة.

إن مراجعة الروابط بين التحول إلى الطاقة النظيفة في الولايات المتحدة وعالم الجغرافية السياسية تظهر عدة أبعاد رئيسية، أحدها هو أن الإجراءات الأميركية بشأن الطاقة النظيفة والمناخ من المرجح أن تخلق انطباعات قوية في جميع أنحاء العالم حول ما إذا كانت الولايات المتحدة مساهماً متهوراً في مشكلة ضخمة أو قوة رائدة في إيجاد الحلول. لقد عانى الشركاء الدوليون في بيئات ثرية عادة مثل الأمم المتحدة ووكالاتها ومجموعة الدول السبع ومجموعة العشرين وحتى مجلس القطب الشمالي مراراً وتكراراً من سلوكيات عنيفة من إدارة ترامب، وأصر ممثلو الولايات المتحدة على إعطاء المناخ أهمية أقل إن وجدت.

وبالنسبة للقادة في أماكن أخرى من العالم، فإن مثل هذا الرفض للاعتراف بما هو مسألة إجماع علمي واسع النطاق، وقضية ذات آثار تتعلق بالحياة أو الموت بالنسبة للعديد من، يتعارض تماماً مع تصرفات دولة ترغب في أن تكون مؤثرة على الساحة العالمية ، وبالتالي فمن المعقول أن نتوقع أن يتسبب استمرار تردد الولايات المتحدة في التعامل مع قضية المناخ إذا تحقق هذا السيناريو في إلحاق الضرر بهيبة الولايات

(1) Houser T. Marsters P, Rhodium Group 2018 Final U.S. emissions numbers for 2017.

(2) Pyper J. US electric vehicle sales increased by 81% in 2018. GreenTech Media. 2019

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

المتحدة وقوتها الناعمة ونفوذها ، ولكن الأمر الأقل وضوحا هو ما إذا كان أي ضرر من هذا القبيل لهيبة الولايات المتحدة سوف يتلاشى في الذاكرة إذا حدث السيناريو الأكثر ملاءمة، وعادت الولايات المتحدة إلى التصرف بإحساس متجدد بالهدف فيما يتصل بقضية المناخ⁽¹⁾.

إن البعد الجيوسياسي الثاني هو أن موقف الولايات المتحدة بشأن التحول إلى الطاقة النظيفة له آثار كبرى على مصداقية وفعالية المؤسسات الدولية مثل الأمم المتحدة، والتعاون الدولي بشكل عام، فقد كان اتفاق باريس للمناخ، الذي أعلن الرئيس ترامب رغبته في الانسحاب منه في أقرب وقت ممكن انتصارا للدبلوماسية الدولية وتكمن قوته في مرونته، وتأكيد على التفاوت بين البلدان، وقدرته على التكيف مع التغيرات المناخية إن إعلان باريس يشكل خطوة مهمة في الجهود الوطنية المبذولة، لدعوته إلى إجراء تقييمات منتظمة للتقدم المحرز، وقدرته على حشد الزخم من أجل اتخاذ إجراءات إضافية إذا فشلت البلدان في اتخاذ تدابير تخفيف قوية وفي الوقت المناسب.

لقد جسدت باريس السمات الحاسمة التي دعا إليها المفاوضون الأمريكيون لسنوات ، والواقع أن اتفاق باريس كان في عدة جوانب بمثابة انحراف واعي عن الهياكل التي تم الاتفاق عليها في بروتوكول كيوتو لعام 1997 واتفاق كوبنهاجن لعام 2009 ، وإذا لم تبتعد الحكومة الفيدرالية الأمريكية عن اتفاق باريس للمناخ فحسب⁽²⁾، بل استمرت أيضًا في عدائها لفكرة التحول إلى الطاقة النظيفة ذاتها، لان هذا السلوك من شأنه أن يخلق مبررًا كافيًا للناس في جميع أنحاء العالم لاستنتاج أن الولايات المتحدة لا يمكن الاعتماد عليها للعب دور ثابت وبناء في التعاون والدبلوماسية الدولية من ناحية أخرى، إذ عادت الحكومة الفيدرالية الأمريكية إلى العمل على توفير القيادة الوطنية والدولية للتحول إلى الطاقة النظيفة.

إن البعد الجيوسياسي الثالث الذي يستحق تسليط الضوء عليه هو أن تردد الحكومة الفيدرالية الأمريكية الحالي عن المضي قدما في التحول إلى الطاقة النظيفة يأتي في ظل خلفية جيوسياسية معينة وهي الصين الحازمة التي تشكل في الوقت نفسه تحديا جيوسياسيا كبيرا للولايات المتحدة وشريكا أساسيا في إدارة مشكلة المناخ العالمية، أذ كانت بكين في عهد الرئيس شي واثقة من نفسها واستباقية بشكل استثنائي على الساحة العالمية ، على سبيل المثال توفر مبادرة الحزام والطريق الضخمة كميات هائلة من رأس المال لا ينافسها حاليا حجم الأموال المتاحة من مؤسسات بريتون وودز، أو برامج المساعدات الثنائية، أو تدفقات رأس المال

(1) HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. The geopolitics of the global energy transition. Springer Nature, 2020. p60

(2) Stern T. The Paris agreement and its future. Brookings Institution. 2018.p70

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

الخاصة وحتى الآن، وعلى الرغم من الأهداف المعلنة لإنشاء حزام وطريق "أخضر"، فقد حشدت المبادرة بدلا من ذلك مليارات الدولارات لمحطات الطاقة التي تعمل بالفحم، والتي من شأنها أن تلوث الهواء والمياه في البلدان المتلقية وستنبعث منها عقود من ثاني أكسيد الكربون الذي يؤثر على المناخ العالمي ، وبغض النظر عن ذلك فما دامت واشنطن تميل إلى مزيد من الانعزالية، وخفض الميزانية المخصصة للمساعدات الإنمائية والدبلوماسية، والتقاعد الفيدرالي بشأن التحول إلى الطاقة النظيفة، فلن تتمكن الولايات المتحدة من تقديم بديل ذي مغزى لصناع القرار في الاقتصادات الناشئة. إن نموذج التنمية في بكين قادر على حشد رأس المال بسرعة، وحتى لو أدى ذلك إلى زيادة محطات توليد الطاقة العاملة بالفحم، فقد يكون ذلك مقبولا من وجهة نظر عدد من القادة السياسيين في عواصم العالم النامي (1).

وان العلاقة بين الولايات المتحدة والصين هي الجزء الأكثر تعقيدا في الوقت، فإن الصين ليست مجرد منافس بل هي أيضا شريك أساسي في التعامل مع مشكلة المناخ العالمية ،أذ لا يوجد بلد ينبعث منه غازات الاحتباس الحراري أكثر من الصين 26.8% من إجمالي انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في عام 2017 ، ولكن الولايات المتحدة التي تمثل حصة أكبر بكثير من الانبعاثات التاريخية، تأتي في المرتبة الثانية 13.1% في عام 2017 ، وبالتالي فإن النجاح يتطلب اتخاذ إجراءات فعالة من جانب كل من الصين والولايات المتحدة لتنفيذ انتقال الطاقة النظيفة في الداخل، ومن الناحية المثالية لخفض انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (2)

إن الولايات المتحدة والصين تتعاونان في مجال تعزيز الحلول في بلدان أخرى أيضا. وفي مواجهة النزاعات المستمرة بشأن التعريفات الجمركية، وحماية الملكية الفكرية، وسرقة التكنولوجيا، والوصول إلى الأسواق، وأسعار الصرف، وبحر الصين الجنوبي، والعقوبات الاقتصادية، والعديد من الأمور الأخرى، فإن الأجندة الثنائية بين الولايات المتحدة والصين مثقلة للغاية. ومع ذلك، فإن البلدين يحتاجان إلى عدد منهما العدد من فيما يتصل بتغير المناخ. ولا يوجد بديل.

إن العلاقة بين الولايات المتحدة والصين ليست العلاقة الوحيدة التي تؤثر على القرارات الأميركية بشأن الطاقة النظيفة وتتأثر بها ، فالولايات المتحدة تربطها علاقات طويلة الأمد عديدة صيغت جزئيا بدعم الولايات المتحدة للتجارة الدولية القائمة على القواعد وقد تعاني عدد من هذه العلاقات إلى حد ما، إذا عادت الولايات المتحدة إلى بذل جهد فيدرالي أكثر استباقية لتعزيز التحول إلى الطاقة النظيفة على سبيل المثال، قد يشعر القادة في دول الخليج العربية المنتجة للنفط بالقلق بشأن ما إذا كانت الولايات المتحدة

(1) Elkind J. Toward a real green belt and road. Center on Global Energy Policy, Columbia Univer.2019

(2) United Nations Environment Programme. Emissions gap report 2018, p69

ستظل منخرطة كشريك بناء لهم، ومستثمرة في أمن بلدانهم في الأمد البعيد ويبدو أن المخاوف من هذا النوع تشجع نمو علاقات جديدة، مثل العلاقة بين أوبك وروسيا والمشاركة الجديدة بين الرياض وبكين. وحتى في عالم يتميز بانخفاض واردات الولايات المتحدة من الوقود التقليدي سواء نتيجة للتحويل إلى الطاقة النظيفة أو ببساطة نمو إنتاج الهيدروكربون المحلي في الولايات المتحدة في العقد الماضي، ستظل الولايات المتحدة مهتمة بالتجارة الدولية في السلع والخدمات. وربما يحد هذا الواقع من مدى التغيير في علاقات الولايات المتحدة مع شركائها في الخليج العربي، ولكن عدد من التغيير قادم على أي حال⁽¹⁾.

وهناك بعد جيوسياسي أخير قد ينشأ عن سياسات الولايات المتحدة بشأن التحويل إلى الطاقة النظيفة يتعلق بالمواد المطلوبة لإنتاج أنظمة الطاقة المنخفضة الكربون، فقد أدرك المحللون وصناع السياسات منذ عدد من الوقت أن تقنيات الطاقة النظيفة تعتمد على عدد من المواد الحرجة التي لا تتسم سلاسل توريدها بالتنوع الشديد ، والواقع أن المخاوف نشأت لأن العرض السائد لعدد من هذه المواد تسيطر عليه شركات صينية، وحاولت الصين استغلال هذه الهيمنة في عام 2010 بعد نزاع على صيد الأسماك مع اليابان⁽²⁾ ، ومع تقدم الولايات المتحدة والاقتصادات الأخرى في التحويل إلى الطاقة النظيفة، فإن قدرتها على نشر الإضاءة الموفرة للطاقة، ومحطات توليد الطاقة من الرياح والطاقة الشمسية، والبطاريات، وغيرها من التقنيات التي تتسم بالفعالية من أذ التكلفة، سوف تتطلب سلاسل توريد كافية ومضمونة للمواد الحرجة وهذا لا يعني تلقائياً أن المشاكل سوف تنشأ مع توافر المواد الحرجة

1-3-3 تجربة الصين الشعبية

1-3-3-1 المشهد المتغير للطاقة في الصين

منذ الإصلاح والانفتاح في الصين عام 1978، شهدت البلاد تحولاً عميقاً في اقتصادها، أذ بلغ الناتج المحلي الإجمالي 150 مليار دولار في 1978، أي نصف حجم الاقتصاد الإيطالي، بعد ثلاثة عقود أصبحت الصين تمثل ثاني أكبر اقتصاد عالمي، مع زيادة نصيب الفرد من الناتج المحلي الإجمالي بنحو 24 مرة من 1978 إلى 2017، ورغم ارتفاع التفاوت في الدخل نجحت الصين في تقليص الفقر المدقع من 90% في 1971 إلى أقل من 2% بحلول 2013. ففي عام 1980 كانت الزراعة تشكل الجزء الأكبر من الاقتصاد، بينما الآن تمثل أقل من 10% أذ يقترب قطاع الخدمات من 40% مع هيمنة الصناعة

(1) HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. Op. Cit.p70

(2) BRADSHAW, Keith. Amid tension, China blocks vital exports to Japan. New York Times, 2010, p22.

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

على النشاط الاقتصادي، ويعد التحضر سمة بارزة لهذا التحول، إذ انخفض عدد سكان الريف من حوالي 85% إلى 40% (1)

تغذي عملية التصنيع والتحضر السريعة في الصين شهية كبيرة للطاقة، أذ زاد استهلاك الطاقة الأولية سبعة أضعاف أقل من 400 مليون طن مكافئ نفط toe في عام 1978 إلى 3.27 مليار طن في عام 2018، وشكل الفحم 70% من مزيج الطاقة في 1978، بينما ارتفعت نسبة استهلاك الصين للفحم من 17% من إجمالي الاستهلاك العالمي إلى 50% بحلول 2018، مما جعلها أكبر مصدر لثاني أكسيد الكربون عالمياً، و مسؤولاً عن 28% من الانبعاثات العالمية للغازات التي تسبب الاحتباس الحراري كما تضاعف الطلب على النفط ثلاث مرات خلال العقدين الماضيين، من 4.1 مليون برميل يومياً في 1998 إلى 13.5 مليون برميل يومياً في 2018، وكذلك أدى التوسع الحضري وزيادة الدخل إلى ارتفاع عدد المركبات من 55 مليون في 2010 إلى 199 مليون في 2018. ومع ذلك، لا تزال كثافة المركبات في الصين أقل بكثير مقارنة بدول أوروبا.

يعتمد قطاع الطاقة بشكل رئيسي على الفحم مما يعيق جهود التحول إلى المركبات الكهربائية، كما أن الطلب المتزايد على النفط مدفوعاً بالرحلات الجوية والسلع الاستهلاكية، يزيد من الاعتماد على النفط المستورد، مما يجعل الصين عرضة للاضطرابات الجيوسياسية، لاسيما من منطقة الشرق الأوسط التي تزودها بنحو نصف وارداتها منذ عام 1993، أصبحت الصين مستورداً صافياً للنفط وارتفعت وارداتها إلى 9.2 مليون برميل يومياً بحلول 2018 (2)

1-3-3-2 ثورة الطاقة الصينية وتكنولوجيا الطاقة المتجددة

على مدار العقود الأربعة الماضية ولاسيما منذ انضمام الصين إلى منظمة التجارة العالمية في 2001، كانت سياسة الطاقة في البلاد موجهة نحو ضمان إمدادات وفيرة لتلبية احتياجات المصانع والمنازل، ومع تزايد استهلاك الطاقة وتجاوز الإنتاج المحلي، بدأت المخاوف من الاعتماد المتزايد على الواردات، مما دفع الحكومة إلى الاستثمار في البنية التحتية، وتأمين مصادر الطاقة.

(1) SONG, Ligang; ZHOU, Yixiao; HURST, Luke. 1. Deepening reform and opening-up for China to grow into a high-income country. THE CHINESE ECONOMIC TRANSFORMATION, 2019, 1.

(2) BP Statistical Review of World Energy 2019

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

تفاقت هذه المخاوف بسبب التدهور البيئي أذ تمتلك الصين نسبة ضئيلة من موارد المياه والأراضي الصالحة للزراعة مقارنة بعدد سكانها، أذ أدى تلوث الهواء إلى خسائر اقتصادية كبيرة، مما جعل حماية البيئة ضرورة اجتماعية وصناعية⁽¹⁾.

تجسد هذا التغيير في الخطة الخمسية الثانية عشرة 2011-2015 التي وضعت أهدافاً ملزمة لخفض استهلاك الطاقة والانبعاثات. ونتيجة لذلك، زادت جهود مراقبة تلوث الهواء، مع سعي الحكومة لتوسيع استخدام الطاقة النظيفة، مثل الغاز الطبيعي، في عام 2013 أطلقت الصين "خطة عمل لمنع التلوث الهوائي" التي استهدفت تقليل استهلاك الفحم وزيادة استخدام الغاز الطبيعي، بينما ارتفع الطلب على الغاز مما زاد من الاعتماد على الواردات وأصبح أمن الإمدادات قضية أقل أهمية في ضوء انخفاض أسعار النفط والغاز العالمية، في السنوات الأخيرة تم تعزيز العلاقات التجارية مع الولايات المتحدة من خلال زيادة واردات النفط والغاز التي ساهمت في تخفيف عدد من الفجوات التجارية بين البلدين⁽²⁾.

شهدت الخطة الخمسية الثانية عشرة للصين تحولاً في سياسة الطاقة، أذ تم تصميمها لمعالجة "المشاكل الأربعة" التي عانى منها الاقتصاد المتمثلة في عدم الاستقرار وعدم التوازن، في عام 2014، أعلنت الحكومة عن "ثورة في مجال الطاقة"، وحددت أهدافاً واستراتيجيات حتى عام 2030، تشمل تحسين كفاءة الطاقة وتقليل الانبعاثات، فضلاً عن تطوير تقنيات الطاقة الحديثة من خلال الابتكار والتعاون الدولي⁽³⁾. وفي سياق البرنامج الصناعي الصيني أصبح التخفيف من آثار تغير المناخ فرصة لدعم التحول الاقتصادي في الصين، ووسيلة محتملة لتعزيز مساعي الصين للريادة التكنولوجية العالمية، ونظراً لحجم البلاد وقدرتها القوية على تحفيز النتائج الصناعية، فقد أثبتت قدرتها على دفع التغيير بسرعة، وسلطت الخطة الخمسية الثانية عشرة الضوء على سبع صناعات استراتيجية ناشئة من شأنها أن تتلقى دعماً تفضيلياً، بما في ذلك تكنولوجيات الطاقة المتجددة والسيارات الكهربائية، تستمر هكذا الخطة اللاحقة، الخطة الخمسية الثالثة عشرة 2016-2020، في التركيز على التكنولوجيات النظيفة⁽⁴⁾.

(1) Meidan M. The Implications of China's Energy-Import Boom. Survival 56(3) 2014.p179-200

(2) ChinaPower .Is air quality in China a social problem, February 15, 2016.p79

(3) NDRC,Energy Supply and Consumption Revolution Strategy 2016-2030. (2016),p90

(4) Joel Jaeger, Paul Joffe and Ranping Song, China is Leaving the U.S. Behind on Clean Energy Investment, 2017,43

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

ومنذ ذلك الحين أصبحت الصين رائدة العالم في مجال الطاقة المتجددة، ففي عام 2012 بلغت القدرة المركبة لطاقة الرياح والطاقة الشمسية في الصين 61 جيجاوات و3.4 جيجاوات على التوالي. في حين لم تتجاوز الكهرباء السنوية المولدة من مصادر الطاقة المتجددة 2.1% من إجمالي استهلاك الصين. وبحلول عام 2017، زادت قدرة الصين من طاقة الرياح والطاقة الشمسية إلى 168.5 جيجاوات و130.06 جيجاوات على التوالي، وكانت الطاقة المتجددة تولد 5.3% من إمدادات الكهرباء في الصين، وتجاوزت القدرة المركبة للطاقة الشمسية 110 جيجاوات المستهدفة في الخطة الخمسية الثالثة عشرة، أذ تم تركيب 186 جيجاوات في يونيو 2019. وبالمثل، تسير قدرة الرياح إلى حد كبير على الطريق الصحيح لتحقيق هدف الخطة الخمسية الثالثة عشرة المتمثل في 210 جيجاوات من القدرة المركبة، بعد أن وصلت إلى 193 جيجاوات في يونيو 2019.

وعلى خلفية زيادة قدرات التصنيع، انخفض متوسط سعر وحدات الطاقة الكهروضوئية العالمية بنسبة 79% من عام 2010 إلى عام 2017، وفي الوقت نفسه، كان برنامج الدعم يستنزف خزائن الحكومة المركزية، أذ قُدر إجمالي مبلغ دعم طاقة الرياح والطاقة الكهروضوئية في عام 2017 بنحو 170 مليار يوان، ومصدر للاحتكاك التجاري العالمي، أذ كانت وحدات الطاقة الشمسية الكهروضوئية المصنعة في الصين هدفًا لتدابير مكافحة الإغراق. ولكن في نهاية المطاف، دعمت قدرة الشركات الصينية على خفض التكاليف ودعم الاستثمارات عالميًا في الاقتصاد "المنخفض الكربون" جهودًا أوسع نطاقًا لمعالجة تغير المناخ.

استثمرت الصين منذ عام 2015 أكثر من 100 مليار دولار أميركي سنويًا في مشاريع الطاقة المتجددة المحلية، وهو ما يقرب من ضعف استثمار الولايات المتحدة البالغ 64 مليار دولار في عام 2018 ، ومن بين أكثر من 8 ملايين وظيفة في مجال الطاقة المتجددة على مستوى العالم، كان هناك 3.5 مليون وظيفة في الصين في عام 2015، وتقدر الحكومة الصينية أنه بين عامي 2016 و2020، ستخلق الاستثمارات الجديدة في الطاقة المتجددة 13 مليون وظيفة ، وكانت الصين تقود نمو استهلاك الطاقة المتجددة العالمي، سواء من خلال تركيب القدرة في الداخل أو تصدير الألواح الشمسية وطواحين الهواء. وعلى هذا النحو، فإن أهداف الصين لإزالة الكربون والتزامها بعملية المناخ التابعة للأمم المتحدة تتفق مع طموحاتها الاقتصادية والتكنولوجية الرئيسية وتدعمها، وهي إعادة التوازن الاقتصادي المحلي بعيدًا عن الصناعات الثقيلة كثيفة الطاقة نحو الابتكار والخدمات. وعلاوة على ذلك، فإن زيادة حصة الطاقة المتجددة في مزيج

الطاقة تدعم أيضاً أمن الطاقة في الصين من خلال الحد من الاعتماد على الواردات والحد من آثار الصراعات الجيوسياسية أو تقلب الأسعار على إمدادات الطاقة⁽¹⁾.

1-3-3-3 هيمنة الصين على مشهد الطاقة المتجددة والمناخ

تدل "ثورة الطاقة" في الصين على زيادة حصة مصادر الطاقة المتجددة في مزيج الطاقة الوطني، مدعومة بجهود مكثفة لتحفيز الابتكار، مما حول الشركات الصينية إلى قادة عالميين في تقنيات الطاقة. وقد أدى هذا التحول إلى تغيير ملحوظ في موقف الصين الدولي، إذ انتقلت من كونها هدفاً للانتقادات في محادثات المناخ في كوبنهاجن عام 2009 إلى لاعب نشط في دبلوماسية المناخ، لاسيما بعد انسحاب الولايات المتحدة من اتفاقية باريس.

على الرغم من التزام الصين بوعودها المناخية تبقى مسألة قيادتها العالمية في هذا المجال محل جدل. إذ تشير التغيرات التكنولوجية والاقتصادية إلى أن الصين ستلعب دوراً أكثر بروزاً، لكن كيفية إدارتها للتحول في مجال الطاقة ستؤثر على صورتها العالمية، فعلى الرغم من تقدمها في الطاقة النظيفة، قد تبقى الصين موضع استنكار بسبب استهلاكها المحلي للطاقة واستثماراتها الخارجية⁽²⁾.

أدى الارتفاع السريع في مصادر الطاقة المتجددة في الصين إلى تعزيز مكانة الشركات الصينية عالمياً، إذ تمثل الشركات المصنعة للطاقة الشمسية حوالي 60% من الإنتاج العالمي، ففي عام 2018 كانت الصين أكبر سوق لطاقة الرياح مع استحواذ الشركات الصينية على نصف السوق العالمية، رغم ذلك تواجه هذه الشركات صعوبات في الابتكار وتطوير المنتجات عالمياً إذ تركز براءات الاختراع بشكل أساسي على الأسواق المحلية⁽³⁾.

تستثمر الصين بشكل كبير في الطاقة النظيفة إذ بلغ استثمارها نحو 44 مليار دولار في 2017 ، كما تسعى شركة الكهرباء الحكومية إلى إنشاء "الربط العالمي للطاقة" لتوفير الطاقة الخضراء عالمياً ،وفي مجال كفاءة الطاقة تمثل الصين نصف السوق العالمية لشركات خدمات الطاقة إذ قامت بتركيب أكثر من 500 مليون عداد ذكي ، إذ تسعى أيضاً لتصبح رائدة في إنتاج بطاريات الليثيوم أيون، مع توقعات بزيادة سعة الإنتاج إلى 121 جيجاوات ساعة بحلول 2020 ، كما أصدرت الحكومة وثيقة سياسية لتوجيه صناعة تخزين الطاقة مع خطط لدعم الابتكار والتطوير في هذا المجال ، اما في قطاع السيارات الكهربائية فقد

(1) HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. Op. Cit.p79-80

(2) HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. Op.Cit.p80-81

(3) Yamineva Y, Liu Z Cleaning the air, protecting the climate: Policy, legal and institutional nexus to reduce black carbon emissions in China. Environ Sci Policy 95,2019.p 1-10

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

أصبحت الصين أكبر سوق عالمي، أذ تمثل حوالي نصف السيارات الكهربائية في العالم ، ويظل استهلاك أسطول السيارات الكهربائية كبيراً مما يعكس التحديات المرتبطة بتلبية الطلب الكهربائي. تسلط أحدث نقاط البيانات هذه الضوء على عدد من الجوانب الفريدة لانتشار التكنولوجيا النظيفة في الصين بغض النظر عن إذا كانت الشركات الصينية رائدة أو تابعة في مجال الابتكار، اذ يسمح الدعم الحكومي القوي لها بتسويق المنتجات الجديدة بسرعة ، نشأ الابتكار التخريبي في الصين من المنتجات ذات التكنولوجيا المنخفضة، بما في ذلك الدراجات الكهربائية ذات العجلتين والمركبات الخفيفة الكهربائية، متحدية سياسات الحكومة، والهروب من متناول الابتكار التكنولوجي العالي في الشركات الكبيرة ، اذ يمكن لشركات التكنولوجيا النظيفة الصينية تصدير مجموعة واسعة من المنتجات إلى الأسواق المتقدمة والأقل ثراء⁽¹⁾.

1-3-3-4 التنافس الجيوسياسي الصيني - الأمريكي والسعي للهيمنة التكنولوجية

أولاً: مبادرة الحزام والطريق

تعد مبادرة الحزام والطريق الصينية مثالاً بارزاً على استثمارات البنية التحتية التي تقدر بمليارات الدولارات، والتي يمكن أن تسهم في تحويل التنمية العالمية نحو بدائل منخفضة الكربون، و تؤدي إلى تأمين النمو المرتفع الكربون في البلدان النامية على سبيل المثال، ساهم فائض العرض المحلي من الألواح الشمسية في الصين في انخفاض الأسعار العالمية حتى عام 2016، لكن التوسع في بناء الطاقة الشمسية في 2017 أدى إلى ارتفاع الأسعار للعملاء الدوليين.

تشير الأبحاث إلى أن 66% من قروض قطاع الطاقة من البنوك الصينية بين عامي 2000 و 2016 ذهبت لمشاريع الفحم، أذ شاركت الصين في 240 مشروعاً للطاقة بالفحم في 25 دولة، بإجمالي قدرة مثبتة تبلغ 251 جيجاوات، كما التزمت المؤسسات المالية الصينية بتمويل أكثر من ربع محطات الطاقة قيد التطوير حالياً خارج الصين. ومع ذلك، هناك تباين متزايد بين التمويل المدعوم من الدولة والتمويل الخاص، أذ استحوذ الوقود الأحفوري على أكثر من ثلثي القروض والاستثمارات في الفترة من 2014 إلى 2017 (2)

(1) HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. Op. Cit.p82-85

(2) IRENA. A New World: The Geopolitics of the Energy Transition, 2019.

ثانياً: الصراع التجاري الصيني - الأمريكي

هنالك عامل آخر سيحدد صادرات الصين وتكون بحالة صراع مستمر مع الولايات المتحدة، ومع تصاعد الحرب التجارية بين الولايات المتحدة والصين ذات تنافس جيوسياسي وتجاري أعمق، فإن استثمارات الصين في الطاقة النظيفة، ولاسيما إلى الحد الذي يمكنها من تحقيق نمو اقتصادي قوي.

لقد سلطت الحرب التجارية بين الولايات المتحدة والصين الضوء على تحول جذري في العلاقات بين الولايات المتحدة والصين، وهو التحول الذي يؤثر بشكل متزايد على سياسات الطاقة في الصين، وبالتالي على التداعيات العالمية لتحولها في مجال الطاقة، أذ تسلط أحدث ورقة استراتيجية لوزارة الدفاع الأمريكية حول منطقة المحيطين الهندي والهادئ الضوء على "التنافس الجيوسياسي بين رؤى النظام العالمي الحر والقمعي، فقد أصدر المسؤولون في الإدارة الأمريكية بمن فيهم نائب الرئيس مايك بنس ووزير الخارجية مايك بومبيو⁽¹⁾، خطابات متزايدة التشدد بشأن الحكم الاقتصادي للصين واتهموها بأنها أصبحت أكثر عدوانية وزعزعة للاستقرار، وقد أثبت صحة أولئك الذين زعموا في الصين أن الولايات المتحدة تهدف إلى احتواء صعود الصين، وفي حين أن سرد "الانفصال" لا يحظى بتأييد المسؤولين والمستشارين والاستراتيجيين الصينيين إلا أنهم يفكرون في الشكل الذي قد تبدو عليه الحرب التجارية⁽²⁾.

حتى اندلاع الحرب التجارية أدت العلاقات الوثيقة بين الولايات المتحدة والصين إلى تكامل السلع ورأس المال والتكنولوجيا والبشر، مع الاعتقاد بأن هذا التكامل الاقتصادي من شأنه أن يخفف من حدة المنافسة الأمنية، لكن الحرب التجارية والحظر الذي فرضته الولايات المتحدة على شركة الاتصالات الصينية العملاقة هواوي في مايو/أيار 2019 يهددان بفصل سلاسل التوريد، ولاسيما تلك التي تستخدم التكنولوجيا الحساسة، والواقع أنه حتى إذا تم رفع الحظر المفروض على هواوي، فإن قدرة الولايات المتحدة على قطع شركات التكنولوجيا عن سلاسل التوريد الخاصة بها أصبحت واضحة تماماً من منظور الصين. ومن الأمثلة المماثلة على ذلك تصنيف الولايات المتحدة لشركات صينية للتجارة مع إيران، فقد دفعت العقوبات الأميركية على شركتين تابعتين لأكبر شركة شحن في الصين، وهي شركة كوسكو للشحن، في أكتوبر/تشرين الأول 2019 الشركات الغربية إلى تجنب جميع أصول شركة كوسكو، بغض النظر عن هيكل الملكية، خوفاً من الوقوع في فخ العقوبات الثانوية الأميركية، ونظراً لهذه السوابق، يتعين على

(1) US Department of Defense, Indo-Pacific Strategy Report Preparedness, Partnerships, and Promoting a Networked Region, 2019

(2) Wang O Chinese economists warn Beijing to prepare for decoupling from US. South China Morning Post, 7, 2019

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

الحكومات والشركات الآن الاستعداد لاحتفال فرض الحكومة الأميركية عقوبات على أحد الموردين أو الشركاء الصينيين الذين تعمل معهم، مما يقدم لمحة أولية عن نزاع العولمة عن تدفقات التجارة وحتى التكنولوجيا ، وكان الدرس المستفاد في الصين هو أنها لابد أن تتولى توطين أكبر قدر ممكن من التكنولوجيا. لذا، حتى لو لم يتحقق "الستار الحديدي على التكنولوجيا"، إذ إنه لم يعد مجرد خيال فقد تجاوز السباق بين الولايات المتحدة والصين بشكل متزايد المنافسة على الابتكار التكنولوجي الأفضل جودة، بل وأيضا على وضع المعايير⁽¹⁾

ثالثاً: السيطرة على معادن الطاقة المتجددة

أدى انعدام الثقة المتزايد في الولايات المتحدة إلى زيادة وعي الصين باعتمادها على الموارد العالمية وسلاسل التوريد، إذ تعد أسواق النفط والغاز تحت هيمنة الشركات الغربية، مع سيطرة الولايات المتحدة الفعلية على الممرات البحرية ، وهذا يشكل تهديداً وجودياً لبكين، التي تمكن للولايات المتحدة قطع الإمدادات الحيوية عن الصين ، تزامن ذلك مع شهية الصين المتزايدة للطاقة المستوردة، مما زاد من مخاوفها بشأن أمن إمدادات الطاقة ودفعتها للاستثمار في تحولات ضد هذه الثغرات.

ومع ذلك، فإن التحول في مجال الطاقة يجلب معه الطلب على أنواع جديدة من الموارد. فقد أدى النمو السريع في المركبات الكهربائية إلى تعزيز الطلب على المعادن المستخدمة في بطاريات الطاقة، مثل الليثيوم والنيكل والمنجنيز والكوبالت والتنجستن والمغنيسيوم والمعدن النادرة، ويتركز إنتاج هذه المعادن بشكل كبير بين عدد صغير نسبياً من الشركات وفي حفنة من البلدان، على سبيل المثال، يقع ما يقرب من نصف إمدادات الكوبالت العالمية في جمهورية الكونغو الديمقراطية المعرضة للصراعات. تعتمد الصين على جمهورية الكونغو الديمقراطية في حوالي 80% من وارداتها من الكوبالت، لكنها أنشأت أيضاً احتكاراً فعالاً للإنتاج في جمهورية الكونغو الديمقراطية وكذلك على الكوبالت الوسيط والمكرر⁽²⁾

وهناك مثال آخر على ذلك وهو المعادن النادرة، ففي حين أن معظم المعادن النادرة السبعة عشر ليست نادرة جيولوجياً، إلا أن استخراجها وإنتاجها مكلف وملوث، مما دفع الولايات المتحدة إلى الحد من الإنتاج والسماح للصين بالارتقاء إلى الهيمنة على إنتاج المعادن النادرة منذ تسعينيات القرن العشرين. كما أظهرت بكين استعدادها لاستخدام صادرات المعادن النادرة كأداة جيوسياسية عندما أصدرت في عام 2012 قيوداً

(1) Paulson Remarks by Henry M. Paulson, Jr., on the United States and China at a Crossroads, 2018,p59

(2) Andrew L.Gulley. Erin A.McCullough, Kim B.Shedd, China's domestic and foreign influence in the global cobalt supply chain, Resources Policy, 2019, pp. 317-323

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

على تصدير المعادن النادرة، ومن المؤكد أن الارتفاع اللاحق في الأسعار والمخاوف بشأن هيمنة الصين أدى إلى استثمارات في موارد إضافية على مستوى العالم. وعلاوة على ذلك، تُبذل جهود لإنشاء بطاريات خالية من الكوبالت، إذ يتم بناء أقلية صغيرة فقط من توربينات الرياح أقل من 2٪ في الولايات المتحدة بعناصر أرضية نادرة. ويمكن أيضًا إعادة تدوير عدد من المعادن وإعادة استخدامها وتخزينها، وبالتالي تقليل ندرتها المتصورة

ومع ذلك فإن تقدم الصين في مجال الطاقة المتجددة يعزز مكانتها الجيوسياسية، من خلال تقليل اعتمادها على واردات الوقود والمخاطر المرتبطة بانقطاع الطاقة. تسهم خبرتها التكنولوجية في ترسيخ مكانتها كمصدر رئيسي لتكنولوجيا الطاقة النظيفة. علاوة على ذلك يمكن أن تُشكل استثمارات الصين في شبكات الطاقة ضمن مبادرة الحزام والطريق الجغرافية السياسية للطاقة بطرق جديدة، بينما تسيطر الولايات المتحدة على طرق تجارة الوقود الأحفوري، ويمكن للصين تشكيل شبكات الطاقة المستقبلية مما يؤدي إلى صراعات جديدة على النفوذ بين القوى المتنافسة⁽¹⁾

رابعاً: القوة الاقتصادية

أدى ظهور الصين كقوة اقتصادية ومستهلك رئيسي للطاقة في أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين إلى تغيير المشهد الجيوسياسي للنفط والغاز. زاد الطلب الصيني من إنتاج الوقود الأحفوري، مما أثار مخاوف استراتيجية بشأن الاعتماد على الواردات، وتزايدت تكلفة التدهور البيئي. بينما تسعى الصين لإعادة التوازن إلى بنيتها الاقتصادية، تدعم الحكومة الابتكار لتحويل الشركات الصينية إلى قادة عالميين في تقنيات الطاقة. وتعد الصين أسرع سوق للطاقة المتجددة وأكبر سوق للسيارات الكهربائية، لكن الفحم سيظل جزءاً أساسياً من مزيج الطاقة لديها. ففي استثمارات الخارجية، لا تعتمد الصين على الوقود والتكنولوجيا، بل تمول وتبيع محطات الفحم والطاقة النظيفة. ستظل سرعة انتقال الصين في مجال الطاقة عاملاً رئيسياً في التحول العالمي. رغم التزامها بتحسين جودة الهواء ومواجهة تغير المناخ، وتظل الصين ملتزمة بالنمو المحلي، مما يعني أن الفحم سيبقى جزءاً من مزيج الطاقة مع اتساع الفجوة بين الولايات المتحدة والصين، قد تسعى بكين إلى إبطاء تحولها بعيداً عن الفحم، بينما تسرع جهودها في التكنولوجيا النظيفة، كما ستستمر الشركات الصينية في تعزيز توطين التكنولوجيا والابتكار، مما يعزز سيطرتها على سلاسل التوريد والبنية التحتية اللازمة للتحول في مجال الطاقة⁽²⁾.

(1) IRENA. 2019. Op.Cit.p23

(2) HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. Op.Cit.p88

1-3-4 تجربة روسيا الاتحادية

1-4-3-1 دور روسيا في المشهد الجيوسياسي للطاقة وتغير المناخ

على الرغم من حقيقة أن روسيا تنتج 3% فقط من الناتج المحلي الإجمالي العالمي وتمثل 2% فقط من سكان العالم، إلا أنها ثالث أكبر منتج ومستهلك لموارد الطاقة في العالم بعد الصين والولايات المتحدة، إذ توفر 10% من الإنتاج العالمي وتمثل 5% من استهلاك الطاقة العالمي، إذ تحتل روسيا المرتبة الأولى باستمرار في صادرات الغاز العالمية، والثانية في صادرات النفط، والثالثة في صادرات الفحم. مع إنتاج طاقة يبلغ حوالي 1470 مليون طن مكافئ نفطي، إذ تصدر روسيا أكثر من نصف الطاقة الأولية التي تنتجها، وتوفر 16% من تجارة الطاقة عبر الإقليمية العالمية لعام 2024، مما يجعلها الرائدة العالمية المطلقة في صادرات الطاقة، وبالتالي فإن سلوكها الاستراتيجي فيما يتعلق بالتحول في مجال الطاقة مهم ليس فقط للبلد نفسه، ولكن أيضًا لبقية العالم⁽¹⁾.

ومن منظور المناخ، تحتل روسيا المرتبة الرابعة عالمياً من أذ انبعاثات ثاني أكسيد الكربون. وتستمر روسيا في الاعتماد على الوقود الأحفوري، في حين تظل كثافة الطاقة في الناتج المحلي الإجمالي مرتفعة وسط أسعار طاقة منخفضة نسبياً وتكاليف رأسمالية مرتفعة، وحصّة الطاقة الشمسية وطاقة الرياح في مزيج الطاقة ضئيلة ولا يُتوقع رسمياً أن ترتفع إلى أكثر من 1% بحلول عام 2035.

من وجهة نظر الجغرافية السياسية للطاقة، تُعد روسيا تقليدياً دولة غنية بالموارد وتُتهم بإساءة استخدام سلطتها كمصدر للطاقة لاسيما الغاز الطبيعي. وفي استراتيجية الطاقة للاتحاد الروسي حتى عام 2030، ورد صراحةً أن "صادرات الطاقة يجب أن تساعد في تعزيز السياسة الخارجية للبلاد"، وقد زاد استخدام روسيا للقوة الجيوسياسية في مجال الطاقة خلال العقد الأول من القرن الحادي والعشرين، ويرجع ذلك أساساً إلى استخدام روسيا لصادراتها من الطاقة في علاقاتها السياسية مع دول ما بعد الاتحاد السوفيتي، فضلاً عن التأثيرات الاستراتيجية والاقتصادية لخطوط الأنابيب الروسية الجديدة للتصدير إلى وسط وشرق أوروبا. وقد تم تطبيقه بشكل أساسي للتأثير على السلوك السياسي لتلك البلدان التي تشتري الطاقة الروسية، ومع ذلك فإن استعارة "سلاح الطاقة" مضللة، ولم تستخدم روسيا وسائل قوية للتأثير ما يسمى "سلاح الطاقة

(1) ERI RAS & SKOLKOVO, Global and Russian Energy Outlook 2019, Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences & The Energy Centre. Moscow School of Management SKOLKOVO, Moscow 2019.p70

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

الصارم" في سياق أوروبا الغربية، وإن صورة الخطر لا تزال قائمة، فقد كان اللاعب غير المتوقع في لعبة الجغرافية السياسية للطاقة العالمية هو الذي حدد شخصية روسيا على مدى العقدين الماضيين⁽¹⁾.

1-3-4-2 البعد الجيوسياسي المباشر لتحول الطاقة على روسيا

هناك طريقتان مباشرتان يمكن من خلالهما للتحول في مجال الطاقة التأثير على البلدان المختلفة: أولاً، من خلال الأهداف الرسمية والمساهمات المحددة وطنياً التي تحددها الاتفاقيات الدولية بشأن تغير المناخ والتي تؤثر على الاستراتيجيات الوطنية للحد من الكربون، وثانياً، من خلال القرارات التجارية التي يتخذها المستثمرون الرئيسيون وغيرهم من أصحاب المصلحة النشطين في البلاد من أجل الاستفادة من الابتكارات والتقنيات الخضراء.

التأثير الأول يتمثل بإزالة الكربون الذي يعد المحرك الرئيسي للتحول في مجال الطاقة عالمياً، أذ تحدد الدول أهدافاً لتقليل انبعاثات الكربون، وتطبق آليات مثل ضرائب الكربون، وفقاً للبنك الدولي تم تنفيذ 51 مبادرة لتسعير الكربون في مناطق مختلفة، مما أدى إلى انخفاض محتوى الكربون في الكهرباء في عدة دول عده بين 2008 و2017، وعلى الرغم من هذا الاتجاه لم تكن أجندة المناخ مهمة في استراتيجية روسيا الاقتصادية والطاقة لسنوات، ورغم توقيع روسيا على اتفاق باريس في 2016 فإنها لم تصدق عليه رسمياً حتى 2019، وما زالت أهدافها المناخية غير واضحة، وتعارض عدد من القوى في روسيا، بما في ذلك السلطات وشركات الوقود الأحفوري، وتنظيم الكربون، مما يعيق العمل المناخي الحقيقي⁽²⁾.

تتسم سياسة روسيا تجاه إزالة الكربون بالحدز، مدفوعة بشكوك حول تغير المناخ، وخفض انبعاثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري نتيجة الركود الاقتصادي، وبصمة كربونية أقل مقارنة بدول أخرى مثل الصين والولايات المتحدة الأمريكية وألمانيا وأستراليا ودول الخليج العربي ودول جنوب أفريقيا وكازاخستان والهند، أذ تُعزى مشاركة روسيا في التعاون البيئي الدولي تاريخياً إلى أهداف سياستها الخارجية، بينما تتزايد الآن إمكانية الاستفادة من رأس المال الطبيعي مما قد يعزز مشاركتها في التعاون البيئي الدولي مستقبلاً⁽³⁾. التأثير الآخر الذي تظهر فيه الشركات الروسية حالياً اهتماماً أكبر بأجندة التحول المناخي والطاقة مقارنة بالسلطات، أذ بدأت الشركات الموجهة نحو التصدير مثل تلك في قطاعات الصلب والألمنيوم والورق والمواد

(1) Tynkkynen V. Pynnöniemi K. Höysniemi S, Global energy transitions and Russia's energy influence in Finland, Policy Brief. 19/2017.p60

(2) Staffell 1, Jansen M, Chase A, Cotton E, Lewis C, Energy Revolution: Global Outlook. Drax, 5 December 2018,80

(3) Ministry of Energy of the Russian Federation, Draft Energy Strategy Up to 2035. 2017,p90

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

الكيميائية، في إدراك التهديدات الناجمة عن تغييرات التصورات واللوائح، لذا تسارع المنتجون إلى تنفيذ تقارير ESG وتطوير "منتجات خضراء" باستخدام تقنيات جديدة للحفاظ على تنافسيتهم في الأسواق الخارجية، أذ تعد إزالة الكربون، وتوسيع مصادر الطاقة المتجددة ضروريين بالنسبة لهم. كما أن هناك اهتمامًا متزايدًا من الشركات في تطوير مصادر الطاقة المتجددة كمجال رئيسي، لاسيما شركات إنتاج معدات الطاقة الشمسية والرياح، وقد انخرط أوليغاركيون مثل أناتولي تشوبايس وفكتور فيكسلبرغ في هذا القطاع، مما يعزز دعمهم له، وتتطلع هذه الشركات إلى توسيع صادراتها مع التركيز على جمهوريات الاتحاد السوفييتي السابقة التي تسعى لتقليل اعتمادها على الصين. على الرغم من أن التجارة الحالية ضئيلة فإن هذه الديناميات قد تؤدي إلى توترات مستقبلية بين روسيا والصين⁽¹⁾.

وعلى الرغم من أن روسيا لا تعطي أهمية كبيرة لسياسة المناخ، إلا أنها تدرك حساسية تطورها التكنولوجي، وكذلك القيادة الروسية قلقه من احتمال التخلف في تطوير تقنيات الطاقة الجديدة مما يدفعها إلى فرض متطلبات صارمة لتوطين معدات الطاقة المتجددة والشبكات الذكية، ومع ذلك لا تعد تقنيات انتقال الطاقة محورًا رئيسيًا في سياسة التكنولوجيا في البلاد أذ تركز الوثائق الحكومية على تعزيز تطوير تقنيات الهيدروكربون⁽²⁾.

كما تسعى روسيا لتجاوز الفجوة التكنولوجية وتقليل الاعتماد على الواردات من خلال برامج منح ضخمة، لكنها تركز بشكل أكبر على التقنيات الرقمية بدلاً من المنخفضة الكربون وتعد الرقمنة تحديًا تكنولوجيًا رئيسيًا، وقد أنشئ برنامج حكومي لتعزيز "الاقتصاد الرقمي" مع التركيز على البنية التحتية للطاقة، أذ تتبع الدوافع الرئيسية لهذه التوجهات من القلق من التخلف التكنولوجي والاعتماد على الواردات، مما يجعل التعاون الدولي في هذا المجال غير مرجح مما يزيد من احتمالية دفاعية وفرض حواجز تجارية واقتصادية⁽³⁾.

1-3-4-3 البعد الجيوسياسي غير المباشر لتحول الطاقة على روسيا

إن العواقب غير المباشرة للتحول في مجال الطاقة أكثر وضوحًا وحساسية بالنسبة لروسيا، فأي تغييرات في الطلب على الوقود الأحفوري تؤدي إلى انخفاض صادرات الطاقة، في حين أن إدخال تعديلات الكربون

⁽¹⁾ HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. Op. Cit.p97-98

⁽²⁾ Ministry of Energy of the Russian Federation, State Strategy Energy Development, 2019.p90

⁽³⁾ Ministry of Energy of the Russian Federation, Presentation on the results of the Fuel and Energy Complex functioning in 2018 and its targets for, Moscow, in Russian, 2019,p50

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

الحدودية المحتملة، قد يشكل تهديدا لجميع الصادرات الروسية، كما تؤدي قواعد السلوك الجديدة من قبل المستثمرين إلى تقييد توافر التمويل لمشاريع الطاقة الروسية.

التأثير الأول يتمثل في التحول في مجال الطاقة الذي يحد من الطلب على الوقود الأحفوري ويقيّد صادرات الطاقة الروسية ، يؤثر التحول في مجال الطاقة على موازين الطاقة الإقليمية، ولاسيما عندما يبدأ تنفيذ مصادر الطاقة المتجددة في الحد من النمو أو تقليل الطلب الإجمالي على الوقود الأحفوري ، على سبيل المثال، يهدد الانخفاض السريع في استخدام الفحم في ميزان الطاقة في الاتحاد الأوروبي والصادرات الروسية إلى أوروبا، والتي انخفضت بالفعل بشكل كبير خلال العقد الماضي ومن المتوقع أن تنمو حصة المركبات الكهربائية في الأسواق الرئيسية الصين والولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي بسرعة ، ومن المرجح أن يقلل ذلك من الطلب على المنتجات البترولية في عام 2018، في الهند كانت الطاقة الشمسية PV أرخص بنسبة 14٪ من توليد الفحم بينما ستحقق الصين التكافؤ الصافي في عام 2020 مما سيقلل الطلب على الغاز المستورد عبر خطوط الأنابيب والغاز الطبيعي المسال، وكل ذلك سيؤثر على موازين الطاقة الإقليمية⁽¹⁾.

بالنسبة لروسيا، يمثل هذا التحول تحديًا طويل الأجل للاقتصاد الذي يعتمد على عائدات تصدير الهيدروكربونات. بعد زيادة صادرات الطاقة بشكل كبير بين عامي 2000 و 2005، توقفت هذه الزيادة مع الأزمة المالية العالمية في 2008. ومنذ ذلك الحين، شهدت روسيا ركودًا في الناتج المحلي الإجمالي بالرغم من ارتفاع أسعار النفط⁽²⁾.

من الواضح أن التحول في مجال الطاقة يؤثر على آفاق صادرات الوقود الأحفوري الروسية، ولاسيما الفحم والنفط، ولكن صادرات الغاز الطبيعي قد تتأثر أيضًا بشكل كبير بزيادة أخرى في أهداف خفض الانبعاثات ، وقد يؤدي التحول التكنولوجي لقطاع الطاقة العالمي من هيمنة الوقود الأحفوري إلى موارد الطاقة منخفضة الكربون إلى انخفاض بنسبة 16٪ في صادرات الوقود، وانخفاض بنسبة 8٪ في إنتاج الطاقة الأولية في روسيا على مدى العقدين المقبلين وبشكل عام قد يؤدي هذا بحلول عام 2040 إلى خفض القيمة المضافة لمجمع الوقود والطاقة بمقدار الربع والقيمة المضافة للمؤسسات الداعمة بنسبة 2-3٪ أخرى، وذلك بسبب انخفاض الاستثمارات الرأسمالية داخل القطاع ، ومن المتوقع أن يتباطأ متوسط نمو الناتج المحلي الإجمالي في البلاد بين عامي 2016 و 2040 من 1.7٪ إلى 0.6٪ سنويًا، وستنخفض حصة قطاع الطاقة في

(1) HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. Op. Cit.p99

(2) ERI RAS & AC RF, Global and Russian Energy Outlook Up To 2040, 2016,p45

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

النتاج المحلي الإجمالي لروسيا من 25% إلى 14% فقط. وهذا يعني نهاية هيمنة مجمع الوقود والطاقة في الاقتصاد الوطني خلال فترة التحول في مجال الطاقة.

تواجه روسيا صعوبات إضافية تشمل العقوبات الاقتصادية، ومناخ الاستثمار غير المواتي، مما يحد من قدرتها على التكيف مع هذا التحول، وبالتالي يُنظر إلى الارتفاع العالمي في أهداف مصادر الطاقة المتجددة والانتقال نحو اقتصاد الطاقة الخالي من الكربون في روسيا بوصفه تهديداً كبيراً لعائدات التصدير، وبالتالي للأمن الاقتصادي والسياسي الروسي⁽¹⁾.

التأثير الآخر الذي يواجهه روسيا أيضاً خطر فرض حواجز سوقية على صادراتها من السلع كثيفة الاستهلاك للطاقة، والتي تشكل حالياً 30% من الصادرات، وتجري حالياً مناقشة هذه القيود في أوروبا وأجزاء أخرى من العالم، وقد تتحول قريباً إلى عنصر مهم من عناصر التجارة الدولية، وفي ظل هذه الظروف قد تواجه الصناعات الروسية كثيفة الاستهلاك للطاقة والتي تعتمد على التصدير في البداية قطاعي المعادن والكيمياء ذات المشاكل الكبيرة في حماية مكانتها في أسواق التصدير ناهيك عن توسيعها.

ومن بين الآثار المهمة الأخرى التي تجعل تصور روسيا للتحول في مجال الطاقة سلبياً للغاية، زيادة صعوبة جذب التمويل الدولي لمشاريع الوقود الأحفوري المحلية، فقد أزيلت العديد من البنوك العالمية وصناديق الاستثمار بالفعل مشاريع الفحم من محافظها الاستثمارية، وبدأ عدد منها يرفض تمويل مشاريع النفط. والواقع أن العقوبات المالية المفروضة حالياً تشكل بالفعل عبئاً خطيراً على تطوير مشاريع الطاقة الروسية، وبالتالي فإن فرض المزيد من القيود بسبب الاعتبارات المناخية من شأنه أن يجعل الحياة أكثر صعوبة.

وكما هو مبين أعلاه، فإن أجندة المناخ ليست قضية سياسية رئيسية في روسيا، في حين أن القدرة التنافسية للاقتصاد الوطني، فضلاً عن أمن الطاقة، محمية بالفعل من خلال الهيدروكربونات الرخيصة الوفيرة الغاز الطبيعي في المقام الأول. ونتيجة لذلك، فإن المحرك المهم الوحيد للتحول في مجال الطاقة بالنسبة لروسيا هو التقدم التكنولوجي والرغبة في منع ظهور فجوة تكنولوجية قوية بينها وبين البلدان الأخرى. ومع ذلك، وعلى الرغم من هذا الدافع المحدود لتعزيز التحول في مجال الطاقة في روسيا، فهناك عدد من المجالات أذ الفوائد المحتملة هائلة، والتي يمكن أن تخلق قيمة كبيرة للاقتصاد الروسي، وتجذب استثمارات كبيرة

(1) Makarov L. A., Chen H. Y., Paltsev S., Finding Itself in the Post-Paris World: Russia in the New Global Energy Landscape, MIT Center for Energy and Environmental Policy Research, No. WP-2017-022. Joint Program Report Series Report 324 2017,p67

الفصل الأول: التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة بمنظور الجغرافية السياسية

إذا تم وضع التنظيم المناسب، وهذه المجالات الرئيسية بالنسبة لروسيا هي، كفاءة الطاقة، الطاقة المتجددة، اللامركزية وموارد الطاقة الموزعة، والهيدروجين والنووي⁽¹⁾

1-3-4 تحليل التداعيات الجيوسياسية على روسيا

يظهر التحليل أن التحول العالمي نحو نظام منخفض الكربون يشكل تهديدات حقيقية لروسيا، لاسيما من الناحية المالية. أذ أن انخفاض عائدات الهيدروكربونات يؤدي إلى تباطؤ النمو الاقتصادي، مما يؤثر سلباً على الإنفاق الحكومي والرفاهية العامة، هذا الوضع قد يضعف القدرة العسكرية لروسيا ويقوض استقرار النظام السياسي. علاوة على ذلك، قد تتعرض روسيا لضغوط في الأسواق المالية الدولية، مما يزيد من صعوبة الحصول على رأس المال للصناعات كثيفة الكربون.

على الرغم من هذه التحديات هناك أيضاً إمكانيات للتفاوض، أذ تتمتع روسيا بفرص كبيرة لتصبح رائدة في تصدير النفط والغاز الخاليين من الكربون، لاسيما من خلال إعادة التحريج لتعويض انبعاثات غازات الاحتباس الحراري. كما أن لديها إمكانيات هائلة في طاقة الرياح، خصوصاً في القطب الشمالي، مما يمكن أن يجعلها مصدرًا رئيسيًا للكهرباء الخضراء⁽²⁾.

تسعى روسيا أيضاً لتطوير تقنيات نووية جديدة، مما قد يوفر طاقة خالية من الكربون لدول غير الأعضاء في منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية، وبالتالي توسيع نفوذها الجيوسياسي فضلاً عن ذلك يمكن لروسيا استغلال موارد الغاز لزيادة وجودها في أسواق جديدة مثل سوق الوقود البحري، وقد يستفيد فتح طريق البحر الشمالي من ذوبان الجليد مما يوفر وسيلة نقل أقصر بين أوروبا وآسيا ويقلل من البصمة الكربونية، مع سعي الصين والولايات المتحدة إلى تعزيز قدرتهما في الطاقة المتجددة، قد تواجه روسيا صعوبات في الحفاظ على حصتها في الأسواق العالمية لاسيما في أوروبا وآسيا، أذ تتجه الدول نحو مصادر طاقة أكثر استدامة، كما تستثمر الصين والولايات المتحدة بشكل كبير في الابتكار في مجال الطاقة المتجددة، قد تحتاج روسيا إلى إعادة تقييم استراتيجياتها لتجنب التخلف التكنولوجي وتخفيف آثار التحول العالمي في مجال الطاقة⁽³⁾.

(1) HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. Op. Cit.p101

(2) The Moscow Times, Murmansk launches construction of Russia's largest wind power park, 24 ,2019

(3) HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. Op Cit.p109-110

خلص التأصيل النظري لمعادن الطاقة المتجددة عبر منظور الجغرافية السياسية، التفاعل المعقد بين الموارد المعدنية والتحول العالمي نحو الطاقة النظيفة. تُعد الجغرافية السياسية للطاقة محوراً أساسياً لفهم إعادة تشكيل موازين القوة الدولية، إذ تحل المعادن الحرجة محل الموارد الأحفورية التقليدية كعوامل جيوسياسية جديدة، يُظهر التحليل أن توزيع هذه المعادن المُركّز جغرافياً في دول محددة كالصين وجمهورية الكونغو الديمقراطية وتشيلي ويُولد اعتماديات استراتيجية ويُعيد صياغة التحالفات والتنافس الدولية، لاسيما مع سعي الدول لضمان أمن إمداداتها عبر سياسات خارجية واستثمارات في البنى التحتية الحيوية.

تُبرز الدراسة الأهمية الاقتصادية للطاقة المتجددة، إذ تُساهم انخفاضات تكاليف التقنيات كالطاقة الشمسية وطاقة الرياح في تعزيز جدواها التنافسية لكنها تُواجه تحديات مرتبطة بندرة المعادن وتكاليف استخراجها وتأثيراتها البيئية كما تُشير إلى أن الاعتماد المفرط على سلاسل توريد مُركزة كالسيطرة الصينية على إنتاج العناصر الأرضية النادرة يُعرض الأمن الطاقوي العالمي لمخاطر الاضطرابات الجيوسياسية أو القيود التجارية.

في السياق الجيوسياسي تُقدم التجارب الدولية الولايات المتحدة، الصين، روسيا والاتحاد الأوروبي دروساً حول استراتيجيات تعزيز النفوذ عبر الهيمنة التكنولوجية أو التحكم بالموارد. فالصين، عبر مبادرات مثل "الحزام والطريق"، تعزز حضورها العالمي من خلال مشاريع البنية التحتية الخضراء، بينما تسعى الولايات المتحدة لتقليل اعتمادها على المنافسين عبر سياسات صناعية وتشريعات داعمة كقانون خفض التضخم، من جهة أخرى تواجه الاقتصادات المعتمدة على تصدير الوقود الأحفوري كروسيا تحديات وجودية مع تسارع التحول العالمي نحو الطاقة المتجددة.

يُختتم الفصل بالتأكيد على أن التحول الطاقوي ليس مجرد تحول تقني، بل هو عملية مُعقدة تتداخل فيها الاعتبارات البيئية والاقتصادية والسياسية

-2-

التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

2-1 الاحتياطي العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

2-2 الإنتاج العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

2-3 الاستهلاك العالمي وحركة تجارة معادن الطاقة المتجددة

والمتطلبات المعدنية لكل تقنية

تمهيد:

في ظل التحول العالمي نحو الاعتماد على مصادر الطاقة المتجددة كبديل حيوي لمصادر الطاقة التقليدية برزت معادن استراتيجية وأساسية، وخطيرة كركائز أساسية في صناعة المستقبل خالي من الكربون، وتُعد هذه المعادن مكونات أساسية في تقنيات الطاقة النظيفة كالبطاريات عالية الكفاءة والألواح الشمسية وتوربينات الرياح، الذي يجعلها أساساً للاستراتيجيات الاقتصادية والجيوسياسية للدول، غير أن توزيع هذه الموارد وطرق إنتاجها واستهلاكها لا تقتصر على الجوانب الفنية فحسب، بل تُشكل شبكة معقدة من التفاعلات السياسية والاقتصادية التي تُعيد تشكيل خريطة القوى العالمية.

إن هذا الفصل يهدف إلى استكشاف الأبعاد المتشابكة التي تربط بين الثروات المعدنية والسلطة الدولية فمن خلال تحليل ثلاثية "الاحتياطي، الإنتاج، والاستهلاك" يُسهم الفصل في كشف الديناميكيات التي تحكم التحالفات والتنافسات بين الدول وتأثيرها على أمن الطاقة العالمي، كما يسلط الضوء على التحديات الناشئة عن التركيز الجغرافي لهذه الموارد والتي قد تقضي إلى صراعات تجارية أو اختلالات في سلاسل التوريد أو حتى إعاقة تحقيق الأهداف المناخية العالمية.

2-1 الاحتياطي العالمي المؤكد للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

يعد احتياطي المعادن الاستراتيجية ركيزة أساسية في تحديد القوة الجيوسياسية والاقتصادية للدول، إذ أن توزيع هذه الاحتياطيات قادرة على تأمين الموارد اللازمة للتطور الصناعي والتكنولوجي فقد شهدت العديد من المعادن زيادة كبيرة في احتياطياتها العالمية بين عامي 1996 و2024، إذ قفز احتياطي الليثيوم من 2.2 مليون طن ليصل إلى 25 مليون طن متري، وفيما يتعلق بالألمنيوم تشير تقديرات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية إلى زيادة من 22 مليون طن متري إلى 79 مليون طن متري يكفي لتلبية الطلب العالمي على الألمنيوم في المستقبل، بينما سجل احتياطي المنغنيز زيادة كبيرة من 680 مليون طن متري إلى 1.9 مليار طن متري في عام 2024، فضلا عن النحاس إذ نمت احتياطياته من 610 مليون طن متري إلى مليار طن متري، وفيما يتعلق بالنيكل ارتفع الاحتياطي من 43 مليون طن متري إلى 130 مليون طن متري، والذي يمثل نموًا بنسبة 202%، أما الزنك فقد كان احتياطيه 140 مليون طن متري وارتفع إلى 220 مليون طن متري، وفيما يتعلق بالبلاتين فقد ارتفع الاحتياطي من 56 ألف طن متري إلى 71 ألف طن متري، كما سجل احتياطي الكوبالت زيادة من 8 ملايين طن متري إلى 11 مليون طن متري، وارتفع احتياطي الرصاص من 68 مليون طن متري إلى 95 مليون طن متري، والذي يعكس زيادة بنسبة 40%، وفيما يتعلق بالفضة أيضا ارتفع الاحتياطي من 420 ألف طن متري إلى 610 ألف طن متري، والذي يعكس نموًا بنسبة 45.2%، وزادت احتياطيات السيليเนียม من 70 ألف طن متري إلى 95 ألف طن متري في عام 2024، بينما سجل احتياطي الموليبدنوم زيادة من 5.5 مليون طن متري إلى 15 مليون طن متري، أما احتياطي العناصر الأرضية النادرة* فقد شهد زيادة طفيفة من 100 مليون طن متري إلى 110 مليون طن متري وفيما يتعلق بالفاناديوم ارتفع الاحتياطي من 10 ملايين طن متري إلى 19 مليون طن متري في عام 2024.

أما بالنسبة للمعادن التي شهدت انخفاضًا في احتياطياتها تمثلت في تراجع احتياطي الكروم الذي انخفض من 3.5 مليار طن متري إلى 545 مليون طن متري، والجرافيت انخفض من 380 مليون طن متري إلى 280 مليون طن متري، وكذلك انخفض احتياطي القصدير من 7 مليون طن متري إلى 4.3 مليون طن متري، وايضا ما يخص التيلوريوم انخفض الاحتياطي من 38 ألف طن متري إلى 36 ألف طن متري، أما احتياطي التيتانيوم فقد انخفض من 1.3 مليار طن متري إلى 750 مليون طن متري.

وفيما يخص المعادن حديثة الاكتشاف أو المصاحبة لمعادن أخرى، فقد برزت معادن في المشهد العالمي تمثلت بالغاليوم الذي يعد معدنًا غير تقليدي إذ يتم إنتاجه كمنتج ثانوي من معالجة البوكسيت

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

وخامات الزنك ، وايضا يُقدر احتياطي الهافنيوم العالمي بنحو 450 ألف طن متري في عام 1996 بينما تشير التقديرات لعام 2024 إلى زيادة هذا الاحتياطي ليصل إلى 74 مليون طن متري، والذي يعكس الطلب المتزايد على هذا المعدن ، اما تقديرات احتياطي الكاديوم العالمي لعام 2024، فتبلغ نحو 250 ألف طن متري، أذ يستخرج بشكل رئيسي من خامات الزنك مثل السفاليريت و يحل الكاديوم محل الزنك في بنيته اما احتياطي الإنديوم يُقدر بنحو 18 ألف طن متري ويستخرج عادة من خام الزنك السفاليريت أيضا رغم وجوده بكميات ضئيلة في معادن أخرى، وبالنسبة لاحتياطي السليكون يصل إلى نحو 180 مليون طن متري، ويستخدم في العديد من الصناعات، يتطلب تطوير مصادر جديدة ، واحتياطي الديسبروسيوم يُقدر بنحو 1.1 مليون طن متري ويستخرج من خامات العناصر الأرضية النادرة، أما احتياطي النيودميوم فيبلغ نحو 1.5 مليون طن متري ويعد معدن نادر مع معدن الديسبروسيوم⁽¹⁾.

يتضح من خلال الجدول (4) والشكل (4) والخريطة (2) ان اقليم قارة آسيا يشكل النسبة الأكبر من تركيز الاحتياطي العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة بنسبة 23% ويستحوذ إقليم أفريقيا جنوب الصحراء نسبة 25% من الاحتياط العالمي للمعادن، وأما بالنسبة لإقليم استراليا ودول المحيط الهادي فكانت نسبتها 19% من الاحتياط العالمي للمعادن، يليها إقليم أمريكا اللاتينية والتي استحوذت على نسبة 18% من الاحتياط العالمي للمعادن ويليهما في اقليم قارة أوروبا بنسبة 4% اما اقل الأقاليم نسبه في تركيز الاحتياطيات فهو اقليم أمريكا الشمالية بنسبة 3%، وتظهر الخريطة (2) النسبة الأكبر لكل معدن ضمن كل اقليم.

(1) US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 1996-2024.

*العناصر الأرضية النادرة: هي مجموعة مكونة من 15 عنصر كيميائي تتركزها في القشرة الأرضية منخفض وصعوبة فصلها اقتصاديا يجعل استخراجها وتكريرها صعب الحصول عليها وهذه المعادن هي (لانثانم والسيريوم والبراسيوديميوم وبروميثيوم وساماريوم واليوروبيوم وجادولينيوم والتربيوم والهولميوم والاربيوم والثوليوم والانتيريوم واللوتيتيوم والسكانديوم والاتريوم).

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

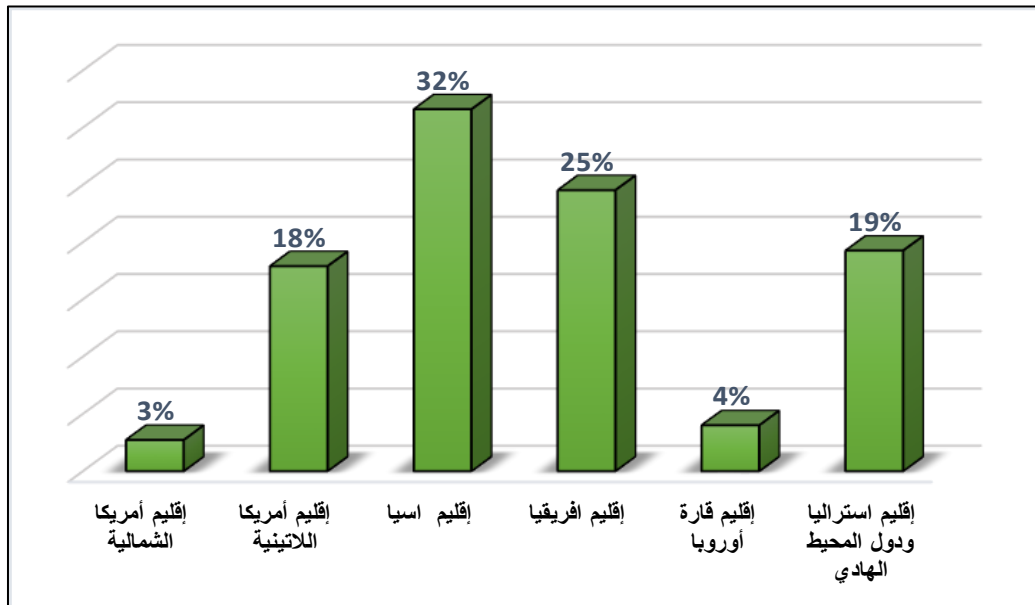
الجدول (4) نسبة احتياطي معادن الطاقة المتجددة حسب الأقاليم العالمية لعام 2024 (طن متري)

الإقليم	حجم الاحتياطي المؤكد	نسبة المساهمة %
إقليم أمريكا الشمالية	140,225,080	3%
إقليم أمريكا اللاتينية	921,803,100	18%
إقليم اسيا	1,627,676,659	32%
إقليم افريقيا	1,263,656,000	25%
إقليم قارة أوروبا	206,103,650	4%
إقليم استراليا ودول المحيط الهادي	991,773,010	19%
المجموع	5,151,237,499	100%

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

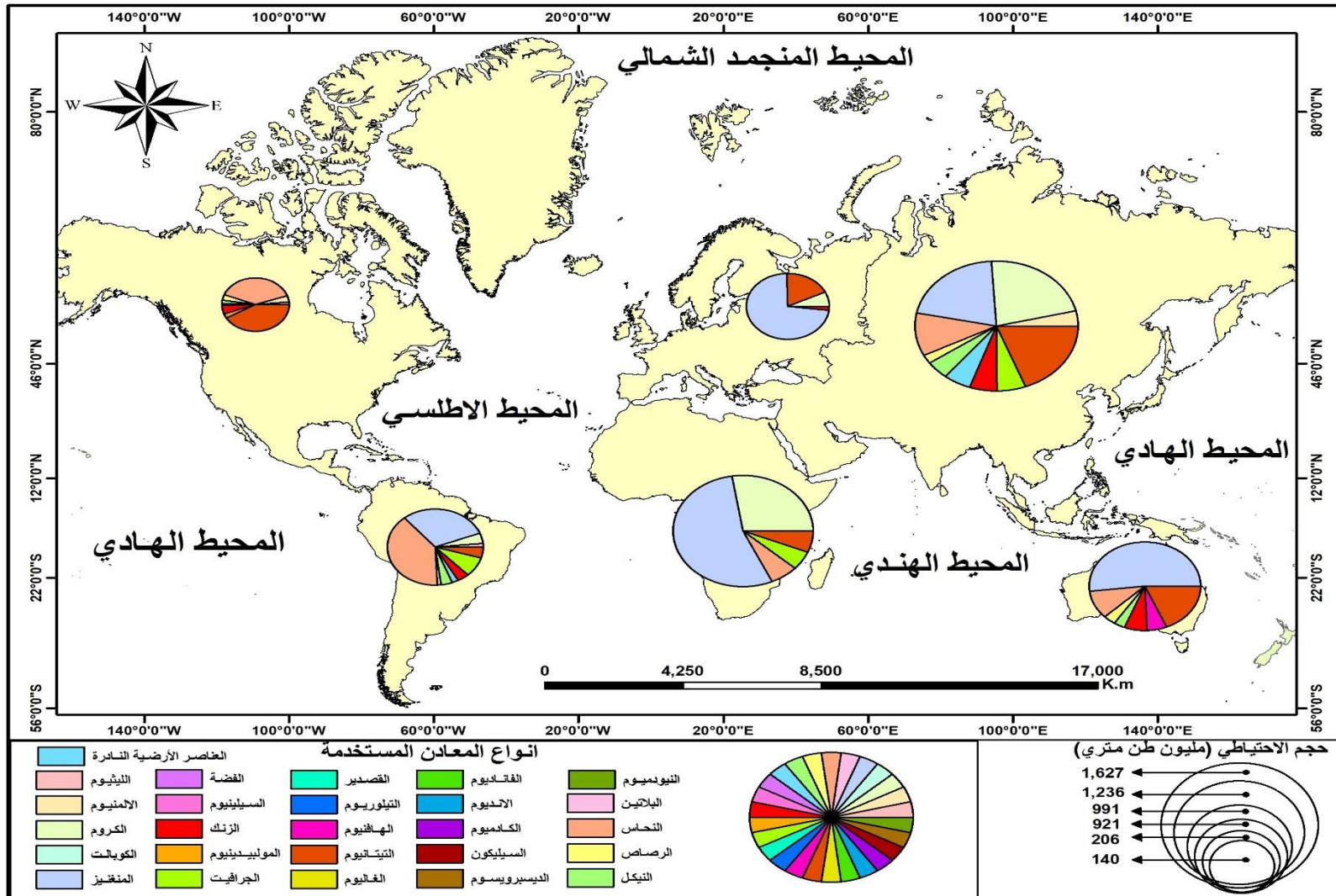
US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024.p 20-210

الشكل (4) نسبة احتياطي معادن الطاقة المتجددة حسب الأقاليم العالمية لعام 2024



المصدر/ من عمل الباحث اعتماداً على بيانات الجدول 4

الخريطة (2) حجم احتياطي المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة حسب الأقاليم لعام 2024 (طن متري)



المصدر/ من عمل الباحث اعتمادا على بيانات الجدول 4 وباستخدام برنامج Arcgis 10.8

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

وبناءً على ما تقدم فإن الاحتياطيات المعدنية يَعمس أهمية الموارد الطبيعية في مختلف الأقاليم العالمية وفي هذا السياق سوف نقسم العالم إلى أقاليم عالمية جيوسياسية وهي، أمريكا الشمالية، أمريكا اللاتينية وآسيا، وإفريقيا، وإقليم استراليا، ودول المحيط الهادي (الباسفيك) وأوروبا.

2-1-1 إقليم آسيا

يُعد إقليم آسيا الأكبر عالمياً من حيث عدد الدول ووفرة الاحتياطيات المعدنية المُستخدمة في قطاع الطاقة المتجددة، أذ يُقدَّر إجمالي احتياطياته بنحو 1,627,676,659 طن متري أي بنسبة 32% من الاحتياطي العالمي لعام 2024⁽¹⁾، ويبين الجدول (5) ان الصين تتصدر المرتبة الأولى في الإقليم من أذ تتنوع وحجم الموارد المعدنية أذ تحتوي على احتياطيات ضخمة من الليثيوم تقدر بثلاثة ملايين طن متري والألمنيوم بـ 45 مليون طن متري، والمنغنيز بـ 280 مليون طن متري والنحاس 41 مليون طن متري، والرصاص بـ 20 مليون طن متري والنيكل 2,4 مليون طن متري، والعناصر الأرضية النادرة 44 مليون طن متري والفضة 72 ألف طن متري والسيلينيوم 5 آلاف طن متري والزنك 44 مليون طن متري والموليبدنوم 5,8 مليون طن متري، والجرافيت 78 مليون طن متري والقصدير 1,1 مليون طن متري، والتيلوريوم 3,100 مليون طن متري والتيتانيوم 210 مليون طن متري، والفاناديوم 4,4 مليون طن متري والغاليوم 92 ألف طن متري والهافيوم 72 ألف طن متري والكاديوم 92 ألف طن متري والإنديوم بـ ألف طن متري، والسيليكون 3,8 مليون طن متري والديسبروسيوم 100 ألف طن متري والنيوديميوم 300 ألف طن متري.

تأتي روسيا في المرتبة الثانية من أذ تتنوع الاحتياطيات أذ تضم الألمنيوم بأربعة ملايين طن متري والكروم بأربعة ملايين طن متري، والكوبالت 250 ألف طن متري والبلاتين 5,500 طن متري والنحاس 80 مليون طن متري والرصاص 8,7 مليون طن متري والنيكل 8,3 مليون طن متري، والعناصر الأرضية النادرة 10 ملايين طن متري والفضة 92 ألف طن متري والسيلينيوم 26 ألف طن متري والزنك 25 مليون طن متري والموليبدنوم 1,1 مليون طن متري والجرافيت 30 ألف طن متري والقصدير 460 ألف طن متري والتيلوريوم 5 آلاف طن متري، والفاناديوم خمسة ملايين طن متري والغاليوم 10 أطنان متري والهافيوم 190 ألف طن متري والكاديوم 44 ألف طن متري، والإنديوم 10 أطنان متري والسيليكون 350 ألف طن متري والديسبروسيوم 3 آلاف طن متري والنيوديميوم 10 آلاف طن متري⁽²⁾.

(1) US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024

(2) علاء حسين كاظم، مصدر سابق، ص 50-56.

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (5) الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم اسيا لعام 2024 (طن متري)

الصين		روسيا		الهند		الفلبين	
نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي
الليثيوم	3,000,000	الالمنيوم	4,080,000	الالمنيوم	4,060,000	الكوبالت	260000
الالمنيوم	45,000,000	الكروم	4,000,000	الكروم	79,600,000	النيكل	4800000
المنغنيز	280,000,000	الكوبالت	250,000	المنغنيز	34,000,000	فيتنام	
النحاس	41,000,000	البلاتين	5,500	الرصاص	1,900,000	نوع المعدن	الاحتياطي
الرصاص	20,000,000	النحاس	80,000,000	العناصر النادرة	6,900,000	العناصر النادرة	22000000
النيكل	2,400,000	الرصاص	8,700,000	الفضة	8,000	القصدير	11000
العناصر النادرة	44,000,000	النيكل	8,300,000	السيلينيوم	500	كوريا الجنوبية	
الفضة	72,000	العناصر النادرة	10,000,000	الزنك	7,400,000	نوع المعدن	الاحتياطي
السيلينيوم	5,000	الفضة	92,000	الجرافيت	8,600,000	الجرافيت	1800000
الزنك	44,000,000	السيلينيوم	26,000	التيتانيوم	85,000,000	الغالسيوم	16
الموليبدنيوم	5,800,000	الزنك	25,000,000	الكاديوم	35,000	الانديوم	200
الجرافيت	78,000,000	الموليبدنيوم	1,100,000	كازاخستان		اوزباكستان	
القصدير	1,100,000	الجرافيت	30,000	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي
التيلوريوم	3,100	القصدير	460,000	الكروم	230,000,000	الموليبدنيوم	21000
التيتانيوم	210,000,000	التيلوريوم	5,000	المنغنيز	5,000,000	التيلوريوم	100
الفاناديوم	4,400,000	الفاناديوم	5,000,000	النحاس	20,000,000	اليابان	
الغالسيوم	1,000	الغالسيوم	10	الزنك	6,700,000	نوع المعدن	الاحتياطي
الهافنيوم والزيرونيوم	72,000	الهافنيوم والزيرونيوم	92,000	الكاديوم	30,000	التيلوريوم	700
الكاديوم	92,000	الكاديوم	44,000	اندونيسيا		الغالسيوم	10
الانديوم	1,000	الانديوم	10	نوع المعدن	الاحتياطي		
السيليكون	3,800,000	السيليكون	350,000	الكوبالت	500,000	بورما	
الديسبرويسوم	100,000	الديسبرويسوم	3,000	النحاس	24,000,000	نوع المعدن	الاحتياطي
النيودميوم	800,000	النيودميوم	10,000	النيكل	55,000,000	القصدير	700000
الامارات العربية		تركيا		تايلاند		كوريا الشمالية	
نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي
الالمنيوم	2,720,000	الكروم	27,000,000	العناصر النادرة	4,500	الجرافيت	2000000
ايران		الكوبالت	91,000	البحرين		اجمالي احتياطي الإقليم 1,627,676,659	
نوع المعدن	الاحتياطي	الرصاص	1,600,000	نوع المعدن	الاحتياطي		
الكروم	2,400,000	السيلينيوم	500,000	الالمنيوم	1,600,000		
الرصاص	2,000,000	الموليبدنيوم	52,000				

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government

Printing Office. 2024.p 20-210

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

وتحتل الهند المرتبة الثالثة باحتياطيات بارزة تشمل الكروم 79,6 مليون طن متري، والألمنيوم أربعة ملايين طن متري والمغنيزيوم 34 مليون طن متري، والرصاص 1,9 مليون طن متري، والعناصر الأرضية النادرة 6,9 مليون طن متري، والفضة 8 آلاف طن متري والسيليเนียม 500 طن متري، والزنك 7,4 مليون طن متري والجرافيت 8,6 مليون طن متري والتيتانيوم 85 مليون طن متري، والكادميوم 35 ألف طن متري. وتأتي كازاخستان في المرتبة الرابعة مع احتياطيات هامة من الكروم تُقدَّر 230 مليون طن متري وهو الأكبر عالمياً إلى جانب المنغنيز بخمسة ملايين طن متري، والنحاس 20 مليون طن متري والزنك 6,7 مليون طن متري، والكادميوم 30 ألف طن متري.

وتعد تركيا التي تمتد عبر الجانبين الأوراسي خامس دولة في الإقليم من أذ حجم الاحتياطيات المعدنية، أذ تضم احتياطيات كبيرة من الكروم تقدر بنحو 27 مليون طن متري، فضلاً عن الكوبالت 91 ألف طن متري والرصاص 1.6 مليون طن متري، والسيليเนียม 500 ألف طن متري، والموليبدنوم 52 ألف طن متري، والذي يجعلها مهمة في هذا الإقليم من أذ موقعها الجغرافي كونه حلقة وصل جيوسياسية واقتصادية بين الاقليمين، وتسيطر على طرق النقل البحري بين أوروبا واسيا الممتدة من البحر الأسود الى البحر المتوسط.

وتليها إندونيسيا التي تتمتع باحتياطيات من الكوبالت تقدر 500 ألف طن متري والنحاس 24 مليون طن متري والنيكل 55 مليون طن متري ، بينما تتركز في الفلبين احتياطيات الكوبالت 260 ألف طن متري والنيكل 4,8 مليون طن متري ، وتحتوي فيتنام على احتياطيات كبيرة نسبياً من العناصر الأرضية النادرة تقدر 22 مليون طن متري، فضلاً عن القصدير 11 ألف طن متري وتضم كوريا الجنوبية مواردًا مثل الجرافيت 1,8 مليون طن متري والغالسيوم 16 طن متري والإندسيوم 200 طن متري ، في حين تتمتع كوريا الشمالية باحتياطيات ضخمة من الجرافيت تقدر بمليونين طن متري .

وتقتصر أوزبكستان على احتياطيات الموليبدنوم 21 ألف طن متري، والتيلوريوم 100 طن متري، بينما تحتوي إيران على الكروم 2,4 مليون طن متري والرصاص مليونين طن متري، وتتركز في اليابان احتياطيات التيلوريوم 700 طن متري والغالسيوم 10 أطنان متريّة، وتشتهر ميانمار (بورما) باحتياطيات القصدير التي تبلغ 700 ألف طن متري، في حين تحتوي تايلاند على العناصر الأرضية النادرة 4,500 طن متري⁽¹⁾.

(1) Fong-Sam, Yolanda, et al. "The mineral industries of Asia and the Pacific. Minerals Yearbook, no2, 2008

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

وتبرز دولتان عربيتان في آسيا باحتياطيّات كبيرة من الألمنيوم أذ تمتلك الإمارات العربية المتحدة احتياطياً يقدر 2,72 مليون طن متري، بينما تحتل البحرين المرتبة التالية باحتياطي يبلغ 1,6 مليون طن متري.

تظهر تفاعلات جيوسياسية لهذا التوزيع الجغرافي للموارد المعدنية في آسيا معقدة أذ تُسيطر الصين على نحو 80% من إنتاج العناصر الأرضية النادرة عالمياً التي يُفرض سيطرتها على سلاسل توريد التكنولوجيا النظيفة، و تُحاول دول مثل الهند واليابان تنويع مصادرها وذلك لخفض الاعتماد على الصين وتُشكّل روسيا لاعباً رئيسيّ عبر مواردها الاستراتيجية كالبلاتين والفاناديوم التي تُستخدم في الصناعات العسكرية والطاقة، والذي يقوي نفوذها في المفاوضات الدولية، أذ وتُواجه إندونيسيا والفلبين ضغوطاً دولية لموازنة استغلال احتياطيّاتهما الضخمة من النيكل والكوبالت مع الحفاظ على التوازنات البيئية والمجتمعية فيما تُعاني دول مثل كوريا الشمالية وميانمار من عقوبات دولية تُقيّد استثمار مواردها كما تُثير الثروات المعدنية في دول الخليج كالإمارات والبحرين اهتماماً استثماريّ عالميّ لتعزيز تحالفات الطاقة المتجددة لكن تبقى التحديات قائمة في إدارة النزاعات الإقليمية حول حقوق التعدين وضمان الاستدامة، أذ ان هذا التوزيع الجغرافي المتنوع للموارد المعدنية في آسيا له دور واضح في دعم التحول العالمي نحو الطاقة المتجددة عبر توفير المواد الخام الأساسية لصناعات الطاقة النظيفة، مع الإشارة إلى أهمية إدارة هذه الموارد بشكل مستدام لمواجهة التحديات البيئية والجيوسياسية المرتبطة باستخراجها وتوزيعها⁽¹⁾.

2-1-2 إقليم أفريقيا جنوب الصحراء

يُعد إقليم أفريقيا جنوب الصحراء ثاني أكبر منطقة عالمية من حيث تركيز الاحتياطيّات المعدنية المُستخدمة في قطاع الطاقة المتجددة أذ يُقدّر إجمالي احتياطيّاته المؤكدة بنحو 1,263,656,000 طن متري أي بنسبة 25% من الاحتياطي العالمي لعام 2024⁽²⁾ ، وتتصدر جنوب أفريقيا المرتبة الأولى في الإقليم باحتوائها على تنوع واضح من المعادن الحرجة أذ يبين الجدول (6) ان جنوب افريقيا تضم الألمنيوم باحتياطي يقدر 923 ألف طن متري والكروم 200 مليون طن متري، والمنغنيز 600 مليون طن متري والبلاتين 63 ألف طن متري، والنيكل 2.5 مليون طن متري والعناصر الأرضية النادرة 790 ألف طن متري والزنك 6.2 مليون طن متري والتيلوريوم 800 طن متري، والتيتانيوم 28 مليون طن متري والفاناديوم 750 ألف طن متري، والهافنيوم 560 ألف طن متري

(1) GAHLAUT, Seema. Overview of aluminium industry in UAE and Bahrain. Aluminium International Today, voll 33.3, 2020, p 58-59.

(2) US Geological Survey & Orienteering S , "Op.Cit", p32-205

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (6) الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم افريقيا جنوب الصحراء لعام 2024 (طن متري)

جمهورية الكونغو(كينشاسا)		جنوب افريقيا	
الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن
6,000,000	الكوبالت	923,000	الالمنيوم
80,000,000	النحاس	200,000,000	الكروم
120,000	القصدير	600,000,000	المنغنيز
كينيا		63,000	البلاتين
الاحتياطي	نوع المعدن	2,500,000	النيكل
130,000	التيتانيوم	790,000	العناصر النادرة
18,000	الهافنيوم والزيركونيوم	6,200,000	الزنك
تنزانيا		800	التيلوريوم
الاحتياطي	نوع المعدن	28,000,000	التيتانيوم
890,000	العناصر النادرة	750,000	الفاناديوم
18,000,000	الجرافيت	560,000	الهافنيوم والزيركونيوم
زامبيا		مدغشقر	
الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن
1,200	البلاتين	100,000	الكوبالت
غانا		24,000,000	الجرافيت
الاحتياطي	نوع المعدن	27,000,000	التيتانيوم
13,000,000	المنغنيز	2,300,000	الهافنيوم والزيركونيوم
الغابون		موزمبيق	
الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن
61,000,000	المنغنيز	25,000,000	الجرافيت
السنگال		22,000,000	التيتانيوم
الاحتياطي	نوع المعدن	1,500,000	الهافنيوم والزيركونيوم
2,500,000	الهافنيوم والزيركونيوم	زيمبابوي	
اجمالي احتياطي الإقليم 1,263,656,000		الاحتياطي	نوع المعدن
		310,000	الليثيوم
		140,000,000	الكروم

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries.

Government Printing Office. 2024.p2-210

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

وتأتي مدغشقر في المرتبة الثانية باحتياطياتها من الكوبالت التي تبلغ 100 ألف طن متري إلى جانب الجرافيت 24 مليون طن متري، والتيتانيوم 27 مليون طن متري والهافنيوم 2.3 مليون طن متري ، تليها موزمبيق التي تحتوي على احتياطيات الجرافيت تقدر 25 مليون طن متري، والتيتانيوم 22 مليون طن متري والهافنيوم بـ 1.5 مليون طن متري ، وتحتل جمهورية الكونغو الديمقراطية موقعاً مهماً باحتياطيات ضخمة من الكوبالت تصل إلى 6 ملايين طن متري والنحاس 80 مليون طن متري، والقصدير 120 ألف طن متري، بينما تتمتع زيمبابوي باحتياطيات الكروم هامة تبلغ 140 مليون طن متري والليثيوم 310 ألف طن متري ، وتأتي كينيا في الباحتياطيات تيتانيوم تقدر بـ 130 ألف طن متري، والهافنيوم 18 ألف طن متري ، وتحتوي تنزانيا على احتياطيات جيدة نسبياً من العناصر الأرضية النادرة تقدر 890 ألف طن متري إلى جانب الجرافيت 18 مليون طن متري ، بينما تمتلك زامبيا احتياطيات محدودة نسبياً من البلاتين تقدر 1200 طن متري ، وتبرز غانا باحتياطيات المنغنيز الذي تصل إلى 13 مليون طن متري ، في حين يمتلك الغابون احتياطيات كبيرة من المنغنيز يقدر 61 مليون طن متري ، وتختتم السنغال القائمة باحتياطيات من الهافنيوم ضخمة تبلغ 2.5 مليون طن متري .

إن التنوع الجغرافي الكبير في توزيع الموارد المعدنية ضمن اقليم أفريقيا يعطي صورة تنافس جيوسياسي كبير بين القوى العالمية المتمثلة بالصين والولايات المتحدة الأمريكية ، فضلاً عن دول اقليم أوروبا لعدم امتلاك الإقليم تكنولوجيا والتطور العلمي الذي يساعد على استثمار هذه المعادن وهذه القوى تسعى للسيطرة على تجارة وتوريد المعادن الاستراتيجية، أذ تُسيطر الصين حالياً على استثمارات كبيرة في جمهورية الكونغو الديمقراطية (المنتج الأول عالمياً للكوبالت) وزيمبابوي وبينما تعمل الولايات المتحدة على تعزيز شراكاتها مع دول أخرى في نفس الإقليم مثل جنوب أفريقيا، وموزمبيق وذلك لضمان حصتها في السوق ، في حين يُركّز الاتحاد الأوروبي على مشاريع الاستدامة في غانا والسنغال لتحسين صورته كشريك في مبادرة الطاقة المتجددة الخضراء لكن التحديات الأبرز تتمثل في عدم استقرار الأنظمة السياسية والصراعات الداخلية في عدد من دول الكونغو ومدغشقر، وبالتالي يجعلها عرضة للاستغلال من قبل القوى الخارجية فضلاً عن انتهاكات حقوق العمال والتأثيرات البيئية السلبية لعمليات التعدين التي تُهدّد بزيادة التوترات الاجتماعية، كما تُواجه الدول الأفريقية ضغوطاً دولية لتحقيق توازن بين جذب الاستثمارات الأجنبية، والحفاظ على السيادة الوطنية، والتي خلقت سيطرة تامة من قبل الشركات متعددة الجنسيات على غالبية مشاريع التعدين مقابل حصص محدودة للدول المضيفة، والذي كان سبب في يُفاقم الفقر وعدم المساواة⁽¹⁾.

(1) Blondel, Fernand, and Samuel Grossman Lasky. "Mineral reserves and mineral resources." Economic Geology, vol. 51.7, 1956, p. 686-697

2-1-3 إقليم أستراليا ودول المحيط الهادي (الباسفيك)

يُعد إقليم أستراليا ودول المحيط الهادي الباسفيك من المناطق الرئيسة عالمياً في احتياطات المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة، أذ يحتل هذا الإقليم المرتبة الثالثة عالمياً بإجمالي احتياطي يبلغ 991,773,010 طن متري أي بنسبة 19% من الاحتياطي العالمي لعام 2024⁽¹⁾، وتُشكل أستراليا وحلفاؤها في المحيط الهادي نقطة ارتكاز استراتيجية في السباق العالمي لتأمين سلاسل إمداد المعادن الحيوية أذ تسيطر أستراليا على 60% من إنتاج الليثيوم العالمي والذي يمنحها نفوذاً سياسية في مفاوضات الاتفاقيات التجارية مع كبرى الاقتصادات مثل الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي، التي تسعى لتحقيق الاكتفاء الذاتي من معادن الطاقة المتجددة، في حين تُواجه الصين المُسيطرة على تصنيع البطاريات ضغوطاً لتعزيز شراكاتها مع دول الاقويانوس المتمثلة بدولة كاليدونيا الجديدة (التابعة لفرنسا) لتجاوز العقوبات الغربية، كما تُثير الموارد الضخمة في دولة بابوا غينيا الجديدة اهتماماً جيوسياسياً كبير بسبب التنافس بين الشركات الصينية والأسترالية على عقود التعدين، فيها والتي غالباً ما تُرافقها مخاوف من تدهور البيئة وتهديد حقوق المجتمعات الأصلية وكذلك تعمل أستراليا على تعزيز تحالفاتها عبر مبادرة "الشراكة الأمنية للمعادن" مع دول المحيط الهادي لمواجهة النفوذ الصيني لكن التحديات تظل قائمة في ظل الاعتماد الكبير على الاستثمارات الأجنبية لاستخراج هذه الموارد المعدنية مقابل مخاطر الاستغلال والتبعية الاقتصادية الواضحة ويتضح أن منطقة المحيط الهادي تمثل نقطة جيوسياسية استراتيجية في مجال المعادن أذ تساهم بشكل كبير في تلبية احتياجات الطاقة المتجددة على مستوى العالم، مع الحاجة إلى سياسات متوازنة لضمان استفادة الدول المضيفة من عوائد التعدين دون التضحية بالاستقرار البيئي أو الاجتماعي.

ويوضح الجدول (7) تركيز 99% من هذه الاحتياطات في أستراليا وحدها، أذ تتميز أستراليا باحتوائها على احتياطات كبيرة من معادن رئيسية عدة، أذ تحتل مركزاً عالمياً في احتياطات الليثيوم والتي تبلغ 6.2 مليون طن متري فضلاً عن الألومنيوم والكوبالت باحتياطي 1.7 مليون طن متري لكل منهما كما تحتوي أستراليا على احتياطي كبير من المغنيز يقدر بنحو 500 مليون طن متري والنحاس باحتياطي 100 مليون طن متري والرصاص باحتياطي 35 مليون طن متري، والنيكل باحتياطي 24 مليون طن متري والعناصر الأرضية النادرة باحتياطي 5.7 مليون طن متري، والفضة باحتياطي 94 ألف طن متري والزنك باحتياطي 64 مليون طن متري والمولبيديوم باحتياطي 690 ألف طن متري، والتيتانيوم باحتياطي

(1) US Geological Survey & Orienteering S، "Op. Cit". p32-205

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

180 مليون طن متري والهافنيوم باحتياطي 55 مليون طن متري والفاناديوم باحتياطي 8.5 مليون طن متري والسيليكون باحتياطي مليون طن متري، والديسبريسيوم باحتياطي 20 ألف طن متري والنيوديميوم باحتياطي 100 ألف طن متري بينما يعد معدن الإنديوم الأقل تركيزاً في أستراليا باحتياطي 10 أطنان متريّة ، فضلاً عن أستراليا تتمتع دول المحيط الهادئ مثل بابواغينيا الجديدة وكاليدونيا الجديدة باحتياطيات معدنية جيدة، إذ تحتوي بابواغينيا الجديدة على احتياطي من الكوبالت يبلغ 49 ألف طن متري بينما تمتلك كاليدونيا الجديدة احتياطي من الكوبالت يقدر بـ 300 ألف طن متري، واحتياطي من النيكل يصل إلى 7.1 مليون طن متري ، و يتضح أن منطقة المحيط الهادئ تمثل نقطة جيوسياسية استراتيجية (1) .

الجدول (7) الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم أستراليا ودول المحيط الهادي

لعام 2024 (طن متري)

بابوا غينيا الجديدة		استراليا	
الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن
49,000	الكوبالت	6,200,000	الليثيوم
		1,700,000	الالمنيوم
كاليدونيا الجديدة		1,700,000	الكوبالت
الاحتياطي	نوع المعدن	500,000,000	المنغنيز
		100,000,000	النحاس
300,000	الكوبالت	35,000,000	الرصاص
		24,000,000	النيكل
7,100,000	النيكل	5,700,000	العناصر النادرة
		94,000	الفضة
اجمالي احتياطي الإقليم 991,773,010		64,000,000	الزنك
		690,000	الموليبدينيوم
		620,000	القصدير
		180,000,000	التيتانيوم
		55,000,000	الهافنيوم والزيرونيوم
		8,500,000	الفاناديوم
		10	الانديوم
		1,000,000	السيليكون
		20,000	الديسبرويسوم
		100,000	النيودميوم

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024.p2-210.

(1) Britt, A. F., and K. Czarnota. "A review of critical mineral resources in Australia." Australian Journal of Earth Sciences, voll71.8 2024: 1016-1049.

2-1-4 إقليم أمريكا اللاتينية

يعد إقليم أمريكا اللاتينية من المناطق الرئيسية الغنية بالمعادن المستخدمة في صناعات الطاقة المتجددة مع تركّز الاحتياطيات الكبيرة المؤكدة في إقليم أمريكا اللاتينية عام 2024 والتي قدرت بحوالي 921,803,100 مليون طن متري في دول هي البرازيل وبيرو والمكسيك وتشيلي والأرجنتين وكوبا وبوليفيا أي بنسبة 18% من الاحتياطي العالمي ⁽¹⁾ ، أذ يوضح الجدول (8) ان البرازيل تحتل الصدارة من أذ تنوع وحجم احتياطيات المعادن الضرورية لصناعات الطاقة المتجددة والتي تحتوي على احتياطي كبير من الموارد المعدنية، التي تلعب دوراً بارزاً في دعم التحول العالمي نحو الطاقة النظيفة، ويأتي معدن الليثيوم في مقدمة هذه الموارد باحتياطي يقدر بـ 390 ألف طن متري يليه معدن الألمنيوم باحتياطي يبلغ مليون و280 ألف طن متري، فيما يُقدّر احتياطي الكروم بـ 41 مليون طن متري ويشكل المنغنيز أحد أهم الاحتياطيات المعدنية في البلاد بحجم يقارب 270 مليون طن متري، كما يصل احتياطي النيكل إلى 16 مليون طن متري وتبرز العناصر الأرضية النادرة كمجموعة أساسية باحتياطي إجمالي يصل إلى 21 مليون طن متري إلى جانب احتياطيات الجرافيت التي تبلغ 74 مليون طن متري فيما يُقدّر احتياطي القصدير بـ 420 ألف طن متري ويعد التيتانيوم من الموارد المهمة في البلاد باحتياطي يصل إلى 43 مليون طن متري كما يحتوي المخزون البرازيلي على الفاناديوم بكمية تقدر بـ 120 ألف طن متري والسليكون بـ 600 ألف طن متري، فضلا عن معادن تتميز بالنُدرة مثل الديسبروسيوم الذي يبلغ احتياطيه 4 آلاف طن متري والنيوديميوم الذي يصل احتياطيه إلى 30 ألف طن متري .

وتحتل بيرو المرتبة الثانية ضمن إقليم أمريكا اللاتينية من أذ حجم الاحتياطيات المعدنية المتنوعة التي تدعم قطاع الطاقة المتجددة، أذ تتمتع البلاد بموارد طبيعية واسعة تشمل معدن النحاس الذي يقدر احتياطيه بنحو 120 مليون طن متري، فضلا عن احتياطيات الرصاص التي تبلغ 5 ملايين طن متري والفضة التي تصل إلى 110 آلاف طن متري كما تحتوي بيرو على احتياطي من السيلينيوم يقدر بـ 19 ألف طن متري والزنك الذي يبلغ احتياطيه 21 مليون طن متري، إلى جانب احتياطيات كبيرة من الموليبدنوم تصل إلى مليون ونصف المليون طن متري فيما يُقدّر احتياطي القصدير بـ 130 ألف طن متري ويُضاف إلى ذلك وجود معادن نادرة مثل التيلوريوم بكمية تقدر بـ 3600 طن متري والكاديوم الذي تبلغ احتياطياته 55 ألف طن متري، فضلا عن احتياطيات الليثيوم التي تصل إلى 300 ألف طن متري .

(1) US Geological Survey & Orienteering S , "Op.Cit",p30-211

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (8) الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم أمريكا اللاتينية لعام 2024
(طن متري)

البرازيل		شيلي		الارجنتين	
نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي
الليثيوم	390,000	الليثيوم	9,300,000	الليثيوم	3,600,000
الالمنيوم	1,280,000	النحاس	190,000,000	الفضة	6,500
الكروم	41,000,000	الفضة	26,000	الموليبدنيوم	100,000
المنغنيز	270,000,000	الموليبدنيوم	1,400,000	كوبا	
النيكل	16,000,000	بيرو		نوع المعدن	الاحتياطي
العناصر النادرة	21,000,000	نوع المعدن	الاحتياطي	الكوبالت	500,000
	74,000,000	النحاس	120,000,000		
القصدير	420,000	الرصاص	5,000,000	النيكل	18,000,000
التيتانيوم	43,000,000	الفضة	110,000		
الفاناديوم	120,000	السيلينيوم	19,000	بوليفيا	
السيليكون	600,000	الزنك	21,000,000	نوع المعدن	الاحتياطي
الديسبرويسوم	4,000	الموليبدنيوم	1,500,000	الرصاص	1,600,000
النيودميوم	30,000	القصدير	130,000	الفضة	22,000
	المكسيك		3600		
نوع المعدن	الاحتياطي	الكادميوم	55,000	القصدير	400,000
المنغنيز	5,000,000	الليثيوم	300,000		
اجمالي احتياطي الإقليم 921,803,100				النحاس	
				53,000,000	
				الرصاص	
				5,600,000	
				الفضة	
				37000	
				الزنك	
14,000,000					
الموليبدنيوم					
103,000					
الجرافيت					
3,100,000					
الكادميوم					
47000					

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government

Printing Office. 2024.p2-210

وبالنسبة للمكسيك تأتي في المرتبة الثالثة بين دول أمريكا اللاتينية من أذ حجم وتنوع الاحتياطيات المعدنية المستخدمة في قطاع الطاقة المتجددة، أذ تتميز بامتلاكها قاعدة موارد طبيعية واسعة تسهم في دعم الصناعات الخضراء الناشئة وتشمل هذه الموارد معدن المنغنيز الذي يقدر احتياطيه بنحو 5 ملايين طن متري إلى جانب احتياطيات النحاس التي تبلغ 53 مليون طن متري فيما يصل احتياطي الرصاص

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

إلى 5.6 مليون طن متري، وتحتوي المكسيك أيضًا على احتياطيات من الفضة تقدر 37 ألف طن متري والزنك 14 مليون طن متري، كما تُقدَّر احتياطياتها من الموليبدنوم 103 ألف طن متري إلى جانب احتياطيات الجرافيت التي 3.1 مليون طن متري، وجاءت تشيلي في المرتبة الرابعة بين دول أمريكا اللاتينية من أذ احتياطيات المعادن التي تدعم قطاع الطاقة المتجددة، أذ تتمتع بمكانة عالمية بارزة في إنتاج الليثيوم الذي يُقدَّر احتياطيه بنحو 9.3 مليون طن متري وهو ما يضعها في صدارة الدول الموردة لهذا المعدن ، فضلا عن ذلك تمتلك تشيلي احتياطيات ضخمة من النحاس تبلغ 190 مليون طن متري، والذي يعزز دورها في تزويد صناعات الكابلات الكهربائية وأنظمة الطاقة المتجددة بالمواد الخام الأساسية، كما تحتوي أراضيها على احتياطيات من الفضة تقدر 26 ألف طن متري إلى جانب احتياطيات الموليبدنوم التي تصل إلى 1.4 مليون طن متري.

وفضلا عن الأرجنتين التي تحتوي على احتياطي من الليثيوم يقدر 3.6 مليون طن متري، فضلا عن احتياطيات الفضة التي تبلغ 6,500 طن متري، والموليبدنوم الذي يصل احتياطيه إلى 100 ألف طن متري، وتليها كوبا التي تتمتع باحتياطيات استراتيجية من الكوبالت تبلغ 500 ألف طن متري وهو مكون حيوي في صناعة البطاريات القابلة لإعادة الشحن، إلى جانب احتياطيات النيكل التي تصل إلى 18 مليون طن متري، والذي يدخل في تصنيع أنظمة تخزين الطاقة وتطوير المركبات الكهربائية فيما تحتل بوليفيا مكانة متميزة باحتياطياتها من الرصاص التي تقدر 1.6 مليون طن متري، والفضة التي تبلغ 22 ألف طن متري إضافة إلى القصدير الذي يصل احتياطيه إلى 400 ألف طن متري.

مع هذه الاحتياطيات تواجه المنطقة تحديات منها الاعتماد على التكنولوجيا الصينية في معالجة المعادن مثل تكرير 60% من الليثيوم العالمي في الصين والقيود البيئية لعمليات التعدين التي تثير احتجاجات محلية، كما في مشاريع الليثيوم في صحراء أتاكاما بتشيلي، والافتقار إلى بنية تحتية صناعية لتحويل المواد الخام إلى منتجات مصنعة ذات قيمة مضافة ، ولتعظيم الاستفادة من هذه الثروة تحتاج دول أمريكا اللاتينية إلى تعزيز التعاون الإقليمي لإنشاء سلاسل إمداد متكاملة مثل تحالف الليثيوم بين تشيلي والأرجنتين وبوليفيا واستقطاب استثمارات أجنبية في تقنيات التكرير المحلية، وتبني معايير تعدين مستدامة لتجنب الأضرار البيئية كما أن التفوق في معادن مثل الكوبالت الكوبي والنحاس التشيلي، قد يُعيد رسم التحالفات التجارية مع دول مثل الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي التي تسعى لتتبع مصادرها⁽¹⁾.

(1) Meinert, Lawrence D., Gilpin R. Robinson Jr, and Nedal T. Nassar. "Mineral resources: Reserves, peak production and the future." Resources, voll 5.1 2016,p14.

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

2-1-5 إقليم أوروبا بدون روسيا الاتحادية

لا يحظى إقليم أوروبا الا على نسبة قليلة أو هامشية من المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة، أذ يُقدَّر إجمالي احتياطي هذا الإقليم بنحو 206,103,650 مليون طن متري أي بنسبة 4% من الاحتياطي العالمي لعام 2024، ورغم احتواء الإقليم على عدد كبير من الدول إلا أن معادن الطاقة المتجددة ليست منتشرة بشكل واسع⁽¹⁾.

جدول (9) الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم أوروبا لعام 2024 (طن متري)

النرويج		البرتغال	
الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن
1,460,000	الالمنيوم	60,000	الليثيوم
37,000,000	التيتانيوم		
البانيا		السويد	
الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن
6,100,000	الكروم	1,700,000	الرصاص
أوكرانيا		500	السيلينيوم
الاحتياطي	نوع المعدن	4,100,000	الزنك
140,000,000	المنغنيز	700	التيلوريوم
جورجيا		بولندا	
الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن
7,000,000	المنغنيز	63,000	القضة
بلغاريا		3000	السيلينيوم
الاحتياطي	نوع المعدن	16,000	الكاديوم
50	التيلوريوم	فنلندا	
بلجيكا		الاحتياطي	نوع المعدن
الاحتياطي	نوع المعدن	8,300,000	الكروم
100	الانديوم	300	السيلينيوم
اجمالي احتياطي الإقليم 206,103,650		المانيا	
		الاحتياطي	نوع المعدن
		300,000	السيلكون

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries

. Government Printing Office. 2024.p2-210

(1) US Geological Survey & Orienteering S , "Op.Cit",p30-209

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

ومن خلال بيانات الجدول (9) تتميز النرويج باحتياطي كبير من التيتانيوم يقدر بـ 37 مليون طن متري فضلا عن الألمنيوم 1,460,000 طن متري ،وتظهر ألبانيا باحتياطيات من الكروم تقدر بـ 6,100,000 طن متري ،و السويد في المرتبة الثانية من أذ حجم الاحتياط وتنوع المعادن، أذ تحتوي على الرصاص باحتياطي الذي يبلغ 1.7 مليون طن متري، والسيلينيوم 500 طن متري والزنك 4.1 مليون طن متري والتيلوريوم 700 طن متري ،و تليها بولندا التي تحتوي على احتياطي من الفضة يقدر بـ 63 ألف طن متري، والسيليكون 3,000 طن متري، والكاديوم 16 ألف طن متري.

اما فنلندا تتميز باحتياطي متوسط من الكروم يقدر بـ 8.3 مليون طن متري والسيلينيوم 300 طن متري ،تليها ألمانيا التي تحتوي على احتياطي من السيليكون فقط يقدر بـ 300 ألف طن متري ، والبرتغال تحتوي على احتياطي من معدن واحد هو الليثيوم يقدر بـ 60 ألف طن متري ، و تتركز في أوكرانيا احتياطيات كبيرة نسبياً من المنغنيز تبلغ 140 مليون طن متري ، وجورجيا تحتوي أيضاً على احتياطي كبير من المنغنيز يصل إلى 7 ملايين طن متري ،وبالنسبة لبلجيكا لا تستحوذ إلا على احتياطي من الإنديوم بلغ 100 طن متري، والذي يعد عنصر نادر ،وأما بلغاريا فتحتوي على نسبة قليلة من احتياطي التيلوريوم تصل إلى 50 طن متري.

ويظهر أن قارة أوروبا تعاني من نقص في احتياطيات المعادن الأساسية المستخدمة في الطاقة المتجددة مقارنةً بمناطق أخرى مثل إقليم آسيا وإقليم أفريقيا، وهذا النقص قد يؤدي إلى اعتماد أوروبا على استيراد المعادن من مناطق أخرى، والذي يعكس تحديات في تأمين مصادر الطاقة المستدامة و يتطلب الوضع الحالي تعزيز التعاون بين دول الإقليم لتطوير استراتيجيات مشتركة في إدارة الموارد المعدنية وتحفيز الاستثمارات في جال الطاقة المتجددة لضمان استدامة الطاقة في المستقبل، ويظهر أن دول إقليم قارة أوروبا تعاني من نقص في احتياطيات المعادن الأساسية المستخدمة في الطاقة المتجددة مقارنةً بمناطق أخرى مثل إقليم آسيا وإقليم أفريقيا وهذا النقص يؤدي إلى اعتماد أوروبا على استيراد المعادن من مناطق أخرى لاسيما مع تصاعد التنافس الجيوسياسي بين القوى الكبرى المتمثلة بالصين، والتي تسيطر على تجارة كثير من المعادن منها الأرضية النادرة والولايات المتحدة التي تسعى لتأمين حصتها عبر شراكات مع دول إقليم أفريقيا وأمريكا الجنوبية، وبالتالي تُواجه أوروبا مخاطر انقطاع الإمدادات للموارد المعدنية بسبب الصراعات في أوكرانيا، والتي تعد مصدر رئيسي للمنغنيز، والعقوبات على روسيا التي تعد مورد سابق لليورانيوم والمعادن الأرضية النادرة والذي دفع الاتحاد الأوروبي إلى تعزيز مبادرات منها مبادرة التحالف الأوروبي للمواد الخام، وذلك لتتبع المصادر وتعظيم الاستفادة من الموارد المحلية كالليثيوم في البرتغال والتيتانيوم

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

في النرويج مع التركيز على إعادة التدوير لتقليل الاعتماد على الواردات، ولكن التحديات تبقى قائمة في ظل محدودية الاحتياطيات وارتفاع تكاليف التعدين المحلي مقارنة بالمنافسين العالميين (1).

2-1-6 إقليم أمريكا الشمالية شمال المكسيك

يعد إقليم أمريكا الشمالية من الأقاليم الغنية بالموارد المعدنية المستخدمة في الطاقة المتجددة بما يناسب الدول التي يضمها، تُمثل احتياطيات المعادن المؤكدة في إقليم أمريكا الشمالية عام 2024 مزيجًا من التفاوت والتكامل بين دولتي هذا الإقليم الولايات المتحدة وكندا، والتي قدرت زهاء 140,225,080 طن متري، والذي شكل نسبة 3% من الاحتياطي العالمي (2)،

أذ تُظهر بيانات الجدول (10) تفوقًا نسبيًا لكل دولة في معادن محددة ذات أبعاد استراتيجية، ففي الولايات المتحدة تبرز احتياطيات الليثيوم 1.1 مليون طن متري، والعناصر الأرضية النادرة 1.8 مليون طن متري كأحد أهم الركائز الداعمة لصناعات التكنولوجيا الفائقة والطاقة النظيفة فيها، بينما تُهيمن على احتياطيات النحاس 50 مليون طن متري والزنك 6.6 مليون طن متري، والموليبدنوم 3.5 مليون طن متري وهي معادن حيوية لصناعة الطاقة المتجددة، كما تمتلك الولايات المتحدة احتياطيات مهمة من الرصاص 4.6 مليون طن متري والفضة 23 ألف طن متري و النيوديميوم 10 آلاف طن متري، والالمنيوم 1.360 مليون طن متري، والكروم 63,000 و الكوبالت 69 ألف طن متري والبلاتين 820 طن متري، و النيكل 340 ألف طن متري، والسيليونيوم 11 ألف طن متري والقصدير 20 ألف طن متري و التيلوريوم 4000 طن متري، التيتانيوم مليونين طن متري والفاناديوم 45 ألف طن متري، و الغاليوم الذي يعد من المعادن النادرة 100 طن متري، والهافينيوم 500,000 طن متري والكادميوم 32,000 طن والاندنيوم 50 طن الذي يعد أندر المعادن بعد العناصر الأرضية النادرة و السيليكون 600 ألف طن متري، والديسبروسيوم 5000 طن متري والتي تُستخدم في تطبيقات تتراوح بين التخزين الطاقوي والإلكترونيات الدقيقة والتقنيات الطاقة النظيفة.

ومن جهة أخرى تتفوق كندا في احتياطيات الكوبالت 230 ألف طن متري والتيتانيوم 52 مليون طن متري، والنيكل 2.2 مليون طن متري وهي معادن تُشكّل عصب صناعات السيارات الكهربائية، كما تحتل كندا موقعًا مُتقدمًا في احتياطيات الألمنيوم 3.75 مليون طن، والموليبدنوم 72 ألف طن والذي يُعزز

(1) Bertrand, Guillaume, et al. "Map of critical raw material deposits in Europe." Energy Procedia, no97 2016,p 44-50.

(2) US Geological Survey & Orienteering S , "Op.Cit",p30-199

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

دورها كشريك صناعي رئيسي للولايات المتحدة لاسيما في مشاريع الطاقة المتجددة، ومع ذلك تُظهر كندا ضعفاً نسبياً في عدد من المعادن مثل الليثيوم 930 ألف طن متري والبلاتين 310 طن متري مقارنة مع جارتها الولايات المتحدة الأمريكية⁽¹⁾.

الجدول (10) الاحتياطي المؤكد لمعادن الطاقة المتجددة في دول إقليم أمريكا الشمالية لعام 2024 (طن متري)

كندا		الولايات المتحدة الأمريكية	
الاحتياطي	نوع المعدن	الاحتياطي	نوع المعدن
930,000	الليثيوم	1,100,000	الليثيوم
3,750,000	الالمنيوم	1,360,000	الالمنيوم
230,000	الكوبالت	63,000	الكروم
310	البلاتين	69,000	الكوبالت
7,500,000	النحاس	820	البلاتين
2,200,000	النيكل	50,000,000	النحاس
830,000	العناصر النادرة	4,600,000	الرصاص
6000	السيليเนียม	340,000	النيكل
72,000	الموليبدينيوم	1,800,000	العناصر النادرة
800	التيلوريوم	23,000	الفضة
52,000,000	التيثانيوم	11,000	السيليเนียม
23,000	الكادميوم	6,600,000	الزنك
اجمالي احتياطي الإقليم 140,225,080		3,500,000	الموليبدينيوم
		20,000	القصدير
		4,000	التيلوريوم
		2,000,000	التيثانيوم
		45,000	الفاناديوم
		100	الغاليوم
		500,000	الهافنيوم والزيركونيوم
		32,000	الكادميوم
		50	الانديوم
		600,000	السليكون
		5000	الديسبرويسوم
		10,000	النيودميوم

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024.p2-210

(1) علاء حسين كاظم، مصدر سابق، ص 56-58.

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

ويُشير هذا التوزيع غير المتكافئ لهذه الاحتياطيات إلى إمكانية تعظيم التعاون الثنائي لبناء علاقات تجارية إقليمية متكاملة، لا سيما في ظل السعي العالمي لتقليل الاعتماد على الصين في معادن حرجة مثل الكوبالت والعناصر الأرضية النادرة، فامتلاك الولايات المتحدة لـ 69% من احتياطيات الليثيوم في المنطقة مقابل تفوق كندا في 77% من احتياطيات الكوبالت، أذ يُوفّر فرصة لخلق تحالف استراتيجي يُعزز الأمن التكنولوجي و الطاقوي لإقليم أمريكا الشمالية، غير أن هذا التكامل يواجه تحديات أبرزها سيطرة الصين على مراحل معالجة وتكرير المعادن (مثل تكرير 80% من العناصر الأرضية النادرة عالمياً)، والذي يُضعف القيمة المضافة المحتملة للاحتياطيات الخام، فضلاً عن ذلك تُواجه عمليات التعدين في كندا ضغوطاً بيئية ومجتمعية كما في مشاريع استخراج الكوبالت في كيبيك، والتي قد تُعيق وتيرة استغلال هذه الموارد، وفي المُحصلة تُشكّل هذه الاحتياطيات أبعاد جيوسياسية لأمريكا الشمالية لتعزيز نفوذها في الاقتصاد العالمي في إطار سباق عالمي للسيطرة على معادن الطاقة المتجددة⁽¹⁾.

2-1-7 العمر المنتظر للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

يُشير العمر المنتظر للمعادن (Reserve Lifespan) إلى الفترة الزمنية التي يمكن خلالها استغلال الاحتياطيات المؤكدة من معدن ما عند معدل الإنتاج السنوي الحالي، ويُحسب بقسمة إجمالي الاحتياطيات على حجم الإنتاج السنوي، ويُعد هذا المؤشر مهم لتقييم استدامة الموارد المعدنية وقدرتها على تلبية الطلب المستقبلي، لا سيما في ظل التحول العالمي نحو الطاقة المتجددة التي تعتمد بشكل مكثف على المعادن تلعب عمليات إعادة التدوير دوراً متزايداً في إطالة العمر الفعلي لهذه المعادن أذ يتم استخلاصها من

(1) Poulton, Mary M., et al. "State of the world's nonfuel mineral resources: Supply, demand, and socio-institutional fundamentals." Annual Review of Environment and Resources, vol 38.1, 2013, p345-371.

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الأنظمة القديمة وإعادة توظيفها في تطبيقات جديدة، يقلل من الاعتماد على التعدين المكثف للموارد الأولية مع ذلك تبقى التحديات قائمة في تحسين كفاءة هذه العمليات وتقليل الفاقد الحراري والكيميائي خلالها⁽¹⁾. يمكن حساب العمر المنتظر للمعادن باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{العمر المنتظر} = \frac{\text{اجمالي الاحتياطي المؤكد}}{\text{حجم الانتاج السنوي}}$$

- اجمالي الاحتياطي المؤكد: كمية المعادن المتبقية ومؤكدة.
- حجم الإنتاج السنوي: كمية المعادن المستخرجة في فترة زمنية معينة (عادة ما تُقاس بالطن سنوياً).

ويوضح الجدول (11) العمر المنتظر للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة لعام 2024، أذ أهمية مؤشر العمر المنتظر للمعادن يساعد في وضع استراتيجيات لاستخراج المعادن ويعطي فكرة عن العوائد الاقتصادية المتوقعة، كما يساهم في تطوير استراتيجيات استدامة للموارد الطبيعية الذي يساعد على تقليل الفاقد وضمان الاستخدام الأمثل، ويوفر معلومات عن التأثيرات المحتملة لاستخراج المعادن على البيئة، ويساعد في اتخاذ قرارات مستنيرة ويساعد المستثمرين في اتخاذ قرارات مبنية على البيانات حول جدوى مشاريع التعدين.

ويمكن الاستفادة منه جيوسياسية من حيث تخطيط استراتيجي للأمن القومي، حيث تدفع الدول إلى تنويع مصادر توريد هذه المعادن وبناء احتياطياتها الاستراتيجية والاستثمار في البحث عن بدائل وتقنيات تدوير متطورة، لتجنب الوقوع في تبعية جديدة تشبه تبعية الوقود الأحفوري وتعيد هذه المعادلة تشكيل موازين القوى العالمية التي تمنح الاحتياطيات الكبيرة دولاً محددة نفوذاً تفاوضياً وسياسياً كبيراً، مما يؤدي إلى نشوء تحالفات اقتصادية وأمنية جديدة تتمحور حول موارد الطاقة المتجددة بدلاً من الموارد التقليدية. كما أن التوقع بحدوث ندرة مستقبلية يحفز المنافسة الدولية على الوصول إلى هذه الموارد وتأمينها.

(1) Yellishetty, M., Mudd, G. M., & Ranjith, P. G. The steel industry, abiotic resource depletion and life cycle assessment: a real or perceived issue? Journal of Cleaner Production, vol19(1),2011, p81-82

الجدول (11) العمر المنتظر للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة على المستوى العالمي لعام 2024 (سنة)

ت	نوع المعدن	الاحتياطي	الانتاج	العمر المنتظر (سنة)	ت	نوع المعدن	الاحتياطي	الانتاج	العمر المنتظر (سنة)
1	الليثيوم	25,000,000	180,000	130.9	14	الموليبدنيوم	15,000,000	260,000	57.7
2	الالمنيوم	401,000,000	70,000,000	5.7	15	الجرافيت	280,000,000	1,600,000	175
3	الكروم	545,000,000	41,000,000	13.3	16	القصدير	4,300,000	290,000	14.8
4	الكوبالت	11,000,000	230,000	47.8	17	التيلوريوم	36,000	640	56.3
5	المنغنيز	1,900,000,000	20,000,000	95	18	التيتانيوم	750,000,000	9,200,000	81.5
6	البلاتين	71,000	180	394.4	19	الفاناديوم	19,000,000	100,000	190
7	النحاس	1,000,000,000	27,000,000	37	20	الغاليوم	2,000,000	610,000	4
8	الرصاص	95,000,000	4,300,000	22.1	21	الهافنيوم والزيرونيوم	74,000,000	1,600,000	46.3
9	النيكل	130,000,000	3,600,000	36.1	22	الكاديوم	250,000	23,000	10.9
10	العناصر الأرضية النادرة	110,000,000	350,000	314.3	23	الانديوم	18,000	990	18.2
11	الفضة	610,000	26,000	23.5	24	السيليكون	180,000,000	3,800,000	47.4
12	السيلينيوم	95,000	3600	26.4	25	الديسبرويسوم	1,100,000	17,000	64
13	الزنك	220,000,000	12,000,000	18.3	26	النيودميوم	1,500,000	160,000	10

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

1-US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024.p2-210

2-2 الإنتاج العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

إن إنتاج المعادن والتي تستخدم في تقنيات الطاقة المتجددة يكتسب أهمية استراتيجية تمتد إلى أبعاد جيوسياسية واقتصادية وتكنولوجية، أذ تشكل هذه المعادن حجر الأساس في التحول العالمي نحو نظم الطاقة النظيفة، والذي يمنح الدول المنتجة لها نفوذ متزايد على المستوى العالمي فامتلاك هذه الموارد يتيح للدول تحقيق ميزة تنافسية في سلسلة القيمة العالمية للطاقة المتجددة، والتي تعد محورياً رئيسياً لتحقيق الأمن المناخي والاستقلال الطاقوي، كما أن السيطرة على هذه المعادن تخلق تحالفات اقتصادية جديدة وتعيد تشكيل التوازنات الجيوسياسية التقليدية المرتبطة بالموارد الأحفورية، إذ تتحول مراكز القوة من الدول المصدرة للنفط والغاز إلى تلك التي تمتلك مخزونات كبيرة من المعادن الحرجة خلال المستقبل المنظور، اذ شهد الإنتاج العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة تطور واضح خلال المدة من 1996 إلى 2024. كان انتاج المعادن التي تعد استراتيجية في الطاقة المتجددة، وتعد امن قومي لدول تركز انتاجها وشملت الليثيوم الذي ارتفع إنتاجه من 6300 طن متري إلى 180 ألف طن متري واتسم بالمخاطر الجيوسياسية بسبب تركيز انتاجه في استراليا وتشيلي بنسبة 70% من الإنتاج العالمي، كما نما إنتاج الكوبالت من 19500 طن متري إلى 230 ألف طن متري الذي يأتي 70% من انتاجه من جمهورية الكونغو التي تتسم باضطرابات جيوسياسية، وكذلك عمالة الأطفال في المناجم

اما العناصر الأرضية النادرة الذي ارتفع انتاجها من 72 ألف طن متري إلى 350 ألف طن متري وتسجيل إنتاج الديسبروسيوم 14 ألف طن متري والنيوديميوم 33 ألف طن متري في 2024 والتي تسيطر الصين على انتاجها بنسبة 80% من الإنتاج العالمي الذي يعرض الدول الأخرى للابتزاز السياسي بسبب صفة الاحتكار الصينية ، والفاناديوم ارتفع من 35 ألف طن متري إلى 100 ألف طن متري، أذ تتحكم الصين وروسيا في 85% من انتاج هذه المعدن عالميا ، والهافنيوم من 890 ألف طن متري إلى 1.6 مليون طن متري الذي يستخدم في مفاعلات الطاقة النووية المتقدمة، واهم مخاطره الجيوسياسية انتاجه مرتبط بمعالجة الزركونيوم الذي يحد من توافره ، كما ارتفع إنتاج البلاتين من 130 طن متري إلى 180 طن متري وتتحكم جنوب افريقيا وروسيا في 90% من امدادات الانتاج العالمي ، والنيكل من 920 ألف طن متري إلى 3.6 مليون طن متري الذي تنتج منه اندونيسيا والفلبين 50% من انتاجه العالمي.

اما المعادن الأساسية للطاقة المتجددة التي هي أساسية للبنية التحتية وامداداتها مستقرة نسبيا، فقد تمثلت في إنتاج الألومنيوم من 19.3 مليون طن متري إلى 70 مليون طن متري عام 2024 موزع عالميا لكن الصين تنتج منه 55%، والنحاس من 9.8 مليون الى 27 مليون طن متري، تشيلي وبيرو تسيطر على

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

إمدادات انتاجه بنسبة 40% مع تنافس شركات التعدين الكبرى فيها ، والزنك من 7 مليون طن متري إلى 12 مليون طن متري، الصين ينتج منه 35% عالميا ، بينما توسع إنتاج المنغنيز من 7.3 مليون طن متري إلى 20 مليون طن متري ،له مخاطر جيوسياسية بسبب تحكم استراليا وجنوب افريقيا في 60% من الإنتاج ، والسيليكون من 3.2 مليون طن متري إلى 3.8 مليون طن متري، وتنتج الصين 70% منه عالميا ، مع تسجيل معادن أخرى مثل الرصاص،الذي قفزة من 2.8 مليون طن متري إلى 4.3 مليون طن متري والسيلينيوم من 1890 طن متري إلى 3600 طن متري والموليبدينيوم من 118 ألف طن متري إلى 260 ألف طن متري .

اما المعادن التي صنفت خطيرة جيوسياسيا لانها نادرة او مركزة في دول محددة، والتي تهدد سلاسل الامداد العالمي تمثلت في الجرافيت من الذي ارتفع انتاجه من 720 ألف طن متري إلى 1.6 مليون طن متري تتحكم الصين في 65% من الإنتاج العالمي مع مخاطر حظر تصديره منها، في حين بلغ إنتاج التيلوريوم 640 طن متري في 2024 ، والإنديوم من 150 طن متري إلى 990 طن متري الذي يستخرج كمنتج ثانوي للزنك وتستحوذ الصين على 50% من الامدادات العالمية، وازداد إنتاج الكروم من 10.5 مليون طن متري إلى 41 مليون طن متري الذي تتحكم فيه جنوب افريقيا وكازاخستان بنسبة 80% من انتاجه العالمي ، ، والقصدير من 180 ألف طن متري إلى 290 ألف طن متري يتركز 60% من انتاجه في الصين واندونيسيا ، والغاليوم إلى 610 طن متري في عام 2024 الذي تسيطر الصين على 80% من الإنتاج العالمي ، والكاديوم من 18900 طن متري إلى 23 ألف طن متري والتيتانيوم ليصل إلى 9.2 مليون طن متري في 2024 ⁽¹⁾.

لقد دفعت التطورات في سوق المعادن وفي النظام الدولي الدول المنتجة إلى النظر إلى ثرواتها المعدنية على نحو متزايد بوصفها اداة لتحقيق أهدافها الجيوسياسية والاقتصادية على الصعيدين المحلي والدولي وقد أدى هذا التسييس إلى تأميم الموارد في قطاع المعادن وهو ما يشبه تأميم الموارد المعروف في قطاعي النفط والغاز ، كما تبنت دول منتجة سياسات ضريبية صارمة لتحصيل حصة أكبر من عوائد التعدين، ففي أستراليا أقرّت "ضريبة الأرباح الفائقة" على شركات الصناعات الاستخراجية، بهدف إعادة توزيع الثروة لصالح المجتمع المحلي هذه الإجراءات لا تعكس فقط سعيًا لتحقيق العدالة الاجتماعية، بل تُشكل أيضًا أداة لتعزيز الشرعية السياسية للحكومات في ظل تزايد المطالب الشعبية بتحقيق الاستفادة المثلى من الموارد

(1) US Geological Survey & Orienteering 1996-2024, "Op. Cit, p30-212

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الوطنية اذ تستخدم الدول مواردها كأداة للضغط الجيوسياسي، فالصين التي تهيمن على إنتاج العناصر الأرضية النادرة فرضت قيودًا على صادراتها عام 2010 خلال نزاعها مع اليابان، مُوضحة كيف يمكن تحويل الاحتكار إلى رافعة دبلوماسية، هذه الممارسات تُبرز تحول الموارد المعدنية إلى أوراق تفاوضية في الصراعات الدولية التي تعمق التوترات التجارية.

يُفرض تزايد التدخل الحكومي إلى إعادة تشكيل التحالفات الدولية أذ تتنافس الدول المنتجة على تعزيز مكانتها كشركاء موثوقين في سلاسل إمداد الطاقة النظيفة، بينما تسعى الدول المستوردة إلى تنويع مصادر التوريد أو تطوير بدائل تكنولوجية، ومع تصاعد الطلب على المعادن المرتبطة بالطاقة المتجددة من المتوقع تعميق اتجاهات التسييس التي قد تنذر بصراعات تجارية جديدة ويُعقد جهود التعاون الدولي، هكذا لم تعد الموارد المعدنية مجرد سلع اقتصادية بل تحولت إلى أدوات في لعبة القوى العالمية أذ تُعيد الدول تعريف أولوياتها وفقًا لمعادلة توازن بين المكاسب المحلية والمخاطر الجيوسياسية⁽¹⁾.

الجدول (12) نسبة إنتاج معادن الطاقة المتجددة حسب الأقاليم العالمية لعام 2024 (طن متري)

الإقليم	حجم الاحتياطي المؤكد	نسبة المساهمة %
إقليم أمريكا الشمالية	7,801,396	3.60%
إقليم أمريكا اللاتينية	55,018,247	25.38%
إقليم اسيا	100,705,288	46.46%
إقليم أفريقيا	40,263,444	18.58%
إقليم قارة أوروبا	4,634,794	2.14%
إقليم استراليا ودول المحيط الهادي	8,326,185	3.84%
المجموع	216,749,354	100%

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

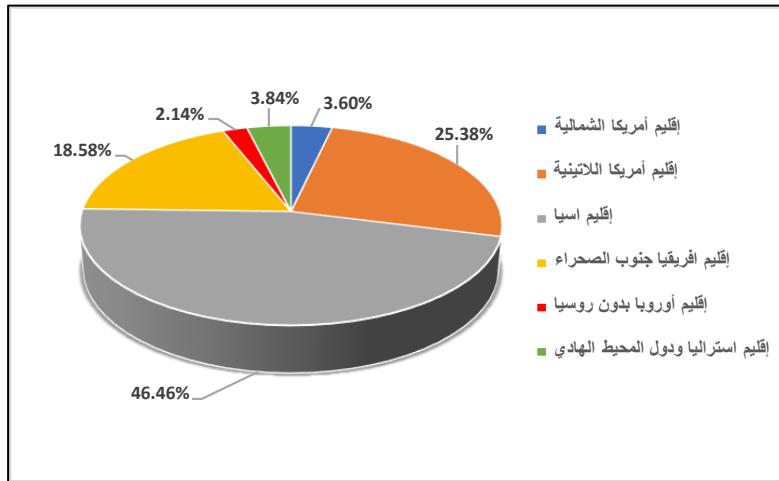
US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024.p 20–210.

⁽¹⁾ De Ridder, Marjolein. The geopolitics of mineral resources for renewable energy technologies. The Hague Centre for Strategic Studies, Jacobs University Bremen, Germany , 2013,p 16-17

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

ويبين الجدول (12) والشكل (5) والخريطة (3) نسبة اسهام كل إقليم في الإنتاج العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة لعام 2024 وكذلك نسبة استحواذ كل معدن من حجم الانتاج ضمن كل إقليم، أذ كانت حصة إقليم آسيا هي الأكبر بنسبة 46.46% ويليهما إقليم أمريكا اللاتينية بنسبة 25.38% من الإنتاج العالمي للمعادن، كما ساهم إقليم إفريقيا جنوب الصحراء بنسبة 18.58% من الإنتاج العالمي وساهم كل من إقليم استراليا ودول المحيط الهادي بنسبة 3.84% وإقليم أمريكا الشمالية بنسبة 3.60%، وإقليم أوروبا بدون روسيا بنسبة 2.14% من اجمالي الانتاج العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة.

الشكل (5) نسبة مساهمة الأقاليم في الإنتاج العالمي لمعادن الطاقة المتجددة لعام 2024



المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات الجداول 12

2-1 إقليم آسيا

يعد إقليم آسيا مركزاً لإنتاج الثروات المعدنية التي تدعم الثورة التكنولوجية والتحول نحو الطاقة المتجددة، تهيمن الصين على حوالي 80% من إنتاج العالم من العناصر الأرضية النادرة الضرورية لتصنيع توربينات الرياح والمركبات الكهربائية، وتستغل روسيا رغم اعتمادها التاريخي على الهيدروكربونات مواردها من النيكل والكوبالت المرتبة الثالثة عالمياً لدخول سوق الطاقة النظيفة، وتشارك في مشاريع نووية مع تركيا مثل مفاعل "آق قويو"، لتعزيز نفوذها التكنولوجي في آسيا، كما تسعى لربط خطوط أنابيب الغاز مع الصين الذي يضعها كشريك استراتيجي في تحول الطاقة الآسيوي، وهذه الهيمنة الآسيوية لا تقتصر على العناصر النادرة إذ تشمل أيضاً الليثيوم في إندونيسيا والكوبالت في الفلبين، الذي يحول الإقليم إلى خزان استراتيجي يؤثر اهتمام القوى الكبرى، ومع أن إقليم آسيا يُغذي العالم بمواد الطاقة النظيفة إلا أنه يشكل ساحة صراع جيوسياسية.

تعمل الصين على إعادة صياغة المشهد الجيوسياسي في قلب آسيا من خلال مبادرة الحزام والطريق التي تربط مناجم آسيا الوسطى بالصناعة الصينية وتصل إلى موانئ أفريقيا وأوروبا، أذ تلعب تركيا دوراً لوجستياً مهماً في نقل الموارد بين آسيا وأوروبا، لاسيما عبر مشروع الممر الاقتصادي "IMEC" مع الهند والشرق الأوسط رغم محدودية انتاجيتها المعدنية وتعزز تحالفها مع الصين وروسيا لتعظيم دورها الجيوسياسي، كما تحاول الولايات المتحدة تقويض هذه السيطرة عبر تشكيل تحالفات منها تحالف Quad* الرامية إلى إنشاء سلاسل توريد جديدة للمعادن مع تركيز خاص على تنويع مصادر الكوبالت والليثيوم، كما تستثمر اليابان وكوريا الجنوبية في مناجم الهند وفيتنام لتجنب الأزمات السابقة مثل أزمة 2010 عندما قطعت الصين إمدادات العناصر النادرة رداً على نزاع مع اليابان، لا يتوقف أثر الصراع الآسيوي عند حدود الإقليم، ففي أوروبا التي تعتمد بنسبة 60% على المعادن النادرة من الصين يهدد أي اضطراب في إقليم آسيا ويعكر خطط التحول إلى الطاقة النظيفة وفي أفريقيا أيضاً تصبح ساحة تنافس جيوسياسية أذ تستثمر الصين في مناجم الكوبالت بالكونغو الديمقراطية، بينما تحاول الولايات المتحدة تأمين شراكات مع دول مثل زامبيا عبر مشاريع البنية التحتية، وفي أمريكا اللاتينية تواجه دول مثلث الليثيوم ضغوطاً من الشركات الصينية الساعية للسيطرة على سلسلة الإنتاج من المنجم إلى المصنع. ويواجه إقليم آسيا تحديات كبيرة قد تهدد مكانته، أذ تعاني دول ميانمار وأفغانستان نزاعات مسلحة بشأن السيطرة على مناجم النحاس والليثيوم التي تحولها لمصادر لعدم الاستقرار، (1).

(1) Gökçe, Ali Fuat. "Transition from Hydrocarbon Geopolitics to Critical Mineral Geopolitics, Journal of Mehmet Akif Ersoy University Economics and Administrative Sciences Faculty, voll 11.4 2024, p1372-1391.

* الحوار الأمني الرباعي، المعروف أيضاً باسم (Quad)، هو حوار إستراتيجي غير رسمي بين الولايات المتحدة واليابان وأستراليا والهند يتمثل بالمحادثات بين الدول الأعضاء وتوازي الحوار مع المناورات الحربية المشتركة على نطاق غير مسبوق التي سميت مناورات مليبارو اعتُبرت الترتيبات الدبلوماسية والعسكرية واسعة النطاق رد فعل على زيادة القوة الاقتصادية والعسكرية الصينية، واستجابت الحكومة الصينية للحوار الرباعي بإصدار احتجاجات دبلوماسية رسمية على أعضائه.

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (13) انتاج معادن الطاقة المتجددة في دول إقليم اسيا لعام 2024 (طن متري)

الصين		روسيا		الهند		الفلبين	
نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	الانتاج
الليثيوم	33,000	الالمنيوم	3,800,000	الالمنيوم	4,100,000	الكوبالت	3,800
الالمنيوم	41,000,000	الكروم	4,000,000	الكروم	4,200,000	النيكل	400,000
المنغنيز	740,000	الكوبالت	8,800	المنغنيز	720,000	فيتنام	
النحاس	1,700,000	البلاتين	23	الرصاص	220,000	نوع المعدن	الانتاج
الرصاص	1,900,000	النحاس	910,000	العناصر النادرة	2,900	العناصر النادرة	600
النيكل	110,000	الرصاص	200,000	الفضة	690	القصدير	5,300
العناصر النادرة	240,000	النيكل	200,000	السيليونيوم	14	الجرافيت	500
الفضة	3,400	العناصر النادرة	2,600	الزنك	860,000	التيتانيوم	140,000
السيليونيوم	1,500	الفضة	1,200	الجرافيت	11,500	كوريا الجنوبية	
الزنك	4,000,000	السيليونيوم	360	التيتانيوم	120,000	نوع المعدن	الانتاج
الموليبيدينيوم	110,000	الزنك	310,000	الكادميوم	1,000	الجرافيت	27,000
الجرافيت	1,230,000	الموليبيدينيوم	1,700	كازاخستان		الغاليوم	2
القصدير	68,000	الجرافيت	16,000	نوع المعدن	الانتاج	الانديوم	200
التيلوريوم	430	القصدير	2,700	الكروم	6,000,000	الموليبيدينيوم	400
التيتانيوم	3,100,000	التيلوريوم	75	المنغنيز	130,000	اليابان	
الفاناديوم	68,000	الفاناديوم	20,000	النحاس	600,000	نوع المعدن	الانتاج
الغاليوم	600	الغاليوم	5	الزنك	330,000	التيلوريوم	75
الهافنيوم والزيركونيوم	140,000	الهافنيوم والزيركونيوم	5,000	الكادميوم	220	الغاليوم	3
الكادميوم	9,000	الكادميوم	1,000	اندونيسيا		السيليونيوم	780
الاتديوم	650	الاتديوم	6	نوع المعدن	الانتاج	بورما	
السيليكون	3,000,000	السيليكون	50,000	الكوبالت	17,000	نوع المعدن	الانتاج
الديسبرويسوم	14,000	الديسبرويسوم	600	النحاس	840,000	المنغنيز	210,000
النيودميوم	35,000	النيودميوم	400	النيكل	1,800,000	القصدير	54,000
الامارات العربية		البحرين		تركيا		كوريا الشمالية	
نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	الانتاج
الالمنيوم	2,700,000	الالمنيوم	1,600,000	الكروم	6,000,000	الجرافيت	8,100
ايران		اوزباكستان		كوريا الشمالية			
نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	الرصاص	70,000	نوع المعدن	الانتاج
الكروم	2,400,000	الموليبيدينيوم	1,700	السيليونيوم	50	الجرافيت	8,100
الرصاص	50,000	التيلوريوم	5	الموليبيدينيوم	1,000	الموليبيدينيوم	700
الموليبيدينيوم	3700			الجرافيت	2,000		
مجموع انتاج الإقليم						تايلاند	
						نوع المعدن	
						الانتاج	
100,705,288						7,100	
						العناصر النادرة	

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

US Geological Survey & Orienteering S, Mineral Commodity Summaries. Government Printing
Office, 2024. p2-210

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

ان الدور الرئيسي لإقليم آسيا يتجلى في الإنتاج العالمي للمعادن المستخدمة في تقنيات الطاقة المتجددة أذ سجلت حصته نحو 46.46% من الإجمالي العالمي لعام 2024 بإنتاج يتجاوز 100 مليون طن متري⁽¹⁾، ويظهر من الجدول (13) ان الصين تصدر المشهد الإقليمي بإسهامات ضخمة تشمل إنتاج 33 ألف طن من الليثيوم و41 مليون طن من الألومنيوم و740 ألف طن من المنغنيز، 1.7 مليون طن من النحاس و1.9 مليون طن من الرصاص و110 ألف طن من النيكل، و240 ألف طن من العناصر الأرضية النادرة و3,400 طن من الفضة، و1.23 مليون طن من الجرافيت و1,500 طن من السيليเนียม و4 ملايين طن من الزنك و110 ألف طن من الموليبدنوم و68 ألف طن من القصدير، فضلا عن معادن أخرى كالتيلوريوم 430 طن والتيتانيوم 3.1 مليون طن والفاناديوم 68 ألف طن والغاليوم 600 طن والهافنيوم 140 ألف طن والكاديوم 9 آلاف طن والاندسيوم 650 طن والسيليكون 3 ملايين طن والديسبريسيوم 14 ألف طن، و النيوديميوم 35 طن متري.

فيما تحتل روسيا الاتحادية المرتبة الثانية بإنتاج 3.8 مليون طن من الألومنيوم و4 ملايين طن من الكروم و8,800 طن من الكوبالت، و23 طن من البلاتين، و910 ألف طن من النحاس، و200 ألف طن من الرصاص و200 ألف طن من النيكل، و2,600 طن من العناصر الأرضية النادرة و360 طن من السيليเนียม و310 ألف طن من الزنك، و1,700 طن من الموليبدنوم و16 ألف طن من الجرافيت و2,700 طن من القصدير، و75 طن من التيلوريوم و20 ألف طن من الفاناديوم و5 أطنان من الغاليوم و5 آلاف طن من الهافنيوم و16 ألف طن من الكاديوم و6 أطنان من الإندسيوم، و50 ألف طن من السيليكون و600 طن من الديسبريسيوم و400 طن من النيوديميوم .

فيما تأتي الهند في المرتبة الثالثة بإنتاج 4.1 مليون طن من الألومنيوم، و4.2 مليون طن من الكروم و720 ألف طن من المنغنيز و220 ألف طن من الرصاص و2,900 طن من العناصر الأرضية النادرة، و690 ألف طن من الفضة و14 ألف طن من السيليเนียม، و860 ألف طن من الزنك و11,500 طن من الجرافيت و120 ألف طن من التيتانيوم ، و1 ألف طن من الكاديوم.

بينما تسجل كازاخستان إنتاجاً بارزاً من الكروم 6 ملايين طن، والمنغنيز 130 ألف طن والنحاس 600 ألف طن والزنك 330 ألف طن والكاديوم 220 ألف طن ، ان تركيا تُعد الرائدة بإنتاج 6 ملايين طن من الكروم و2,800 ألف طن من الكوبالت، و70 ألف طن من الرصاص و50 ألف طن من السيليเนียม، و1 ألف طن من الموليبدنوم والفين 17 ألف طن، والنحاس 840 ألف طن.

(1) US Geological Survey & Orienteering 2024, "Op. Cit, p30-212

الف طن والنيكل 1.8 مليون طن ، فيما تنتج إيران الكروم 2.4 مليون طن والرصاص 50 ألف طن والمولبيدينيوم 3,700 طن ، وتشارك الفلبين بإنتاج الكوبالت 3,800 طن، والنيكل 400 ألف طن، بينما تسهم فيتنام في إنتاج العناصر الأرضية النادرة 600 طن والقصدير 5,300 طن والجرافيت 500 طن والتيتانيوم 140 ألف طن .

وتنتج كوريا الجنوبية الجرافيت 27 ألف طن والغاليوم 2 طن والإندسيوم 200 طن والمولبيدينيوم 400 طن وبالنسبة لليابان في إنتاج التيلوريوم يقدر 75 طن، والغاليوم 3 أطنان والسيلينيوم 780 طن ، وتُسجل ميانمار إنتاجاً من المنغنيز 210 ألف طن والقصدير 54 ألف طن ، فيما تنتج كوريا الشمالية الجرافيت 8,100 طن والمولبيدينيوم 700 طن ، وتسهم تايلاند بإنتاج العناصر الأرضية النادرة 7,100 طن وأوزبكستان بالمولبيدينيوم 1,700 طن والتيلوريوم 5 أطنان ، كما يُسجل دور الإمارات العربية المتحدة في إنتاج الألومنيوم 2.7 مليون طن، والبحرين 1.6 مليون طن ليس على مستوى الإقليم فحسب بل على المستوى العالمي والذي يعكس تنوعاً في توزيع الموارد المعدنية الاستراتيجية ضمن الإقليم الآسيوي⁽¹⁾.

2-2-2 إقليم أمريكا اللاتينية

يتصدر إقليم أمريكا اللاتينية مشهد عدد من من المعادن، إذ يسيطر على قطاعات إنتاجية هامة ففي ميدان الليثيوم الذي يُلقب بـ النفط الأبيض لعصر البطاريات تسيطر دول "المثلث الذهبي" وهي تشيلي والأرجنتين وبوليفيا على 70% من الاحتياطيات العالمية وفقاً لبيانات البنك الدولي ، هذا المعدن المهم لصناعة السيارات الكهربائية جعل المنطقة مركزاً للاستثمارات الصينية والأمريكية، إذ تعمل شركات منها Ganfeng Lithium الصينية على استخراج الليثيوم من صحراء سالار دي أتاكاما التشيلية، وفي مجال النحاس تساهم دولة تشيلي وحدها بنسبة 28% من الإنتاج العالمي وهو أساسي لشبكات الكهرباء وتوربينات الرياح، وفي دول المكسيك وبيرو وهما تقودان إنتاج الفضة، إذ تُستخدم هذه المادة في الألواح الشمسية والرقائق الإلكترونية الذي يعزز ارتباطها بسلاسل التوريد العالمية.

يشهد إقليم أمريكا اللاتينية تنافساً جيوسياسياً بين القوى الكبرى، إذ تتنافس الصين مع الولايات المتحدة وأوروبا للسيطرة على الإقليم، كقيام الصين التي تسعى لضمان أمنها الاقتصادي بتبني استراتيجيتها على الاستثمارات طويلة الأجل منها تمويل مشاريع السكك الحديدية في بيرو مقابل حقوق استخراج النحاس ، فضلاً عن سيطرتها على 60% من عمليات معالجة الليثيوم عالمياً ومن ثم يضع دولاً منها الأرجنتين في حالة اعتماد متزايد عليها ، في المقابل تتقدم الولايات المتحدة لاستعادة نفوذها من خلال مبادرات تمثلت

(1) علي احمد هارون، جغرافية المعادن ومصادر الطاقة، ط1. القاهرة، دار الفكر العربي، 2007.

أولها مبادرة "أمريكا للازدهار" ، بينما تعتمد أوروبا على اتفاقيات الاستدامة لاستيراد الموارد المعدنية على رأسها الليثيوم.

رغم الفرص الاقتصادية تواجه دول اقليم أمريكا اللاتينية، هنالك تحديات تعيق تحولها إلى قوى صناعية في بيرو وكولومبيا التي تُهدر عوائد التعدين في شبكات الفساد، وتتزايد الاحتجاجات ضد الحكومات المتهمة بإهمال حقوق المجتمعات المحلية، كما تتحكم شركات كبرى مثل Glencore السويسرية و BHP الأسترالية في القطاع الذي يضعف سيادة دول ، وتفكر دول أمريكا اللاتينية في تشكيل مستقبلها بين الاستقلالية والتبعية قد تتجعد من الدول في تشكيل كتل إقليمي مشابه لـ "أوبك" لفرض شروط أفضل أو التصنيع محلياً بدلاً من الاكتفاء بتصدير المواد الخام من خلال تبني معايير الاستدامة وتشجيع الشركات والحكومات على دمج المجتمعات المحلية في إدارة الموارد لتحقيق توازن أفضل بين الربح وحقوق الإنسان⁽¹⁾.

يُعد إقليم أمريكا اللاتينية ثاني أكبر مُنتج للمعادن المرتبطة بتقنيات الطاقة المتجددة عالمياً بحصة بلغت 25.38% من الإنتاج العالمي لعام 2024 بإجمالي يتجاوز 55 مليون طن متري⁽²⁾ ، ويبين الجدول (14) التوزيع الجغرافي لإنتاج الاقليم، أذ تصدرت البرازيل المشهد الإقليمي بإنتاج 4,900 طن من الليثيوم و 1.1 مليون طن من الألومنيوم و 41 مليون طن من الكروم، و 89 ألف طن من النيكل و 80 طن من العناصر الأرضية النادرة، فضلاً عن معادن أخرى، كالجرافيت 73 ألف طن والقصدير 18 ألف طن والتيتانيوم 54 ألف طن والفاناديوم 6,400 طن والسيليكون 200 ألف طن، والديسبريسيوم 100 طن والنيوديميوم 200 طن.

واحتلت المكسيك المرتبة الثانية بإنتاج 220 ألف طن من المنغنيز، و 750 ألف طن من النحاس و 270 ألف طن من الرصاص و 6,400 طن من الفضة، و 690 ألف طن من الزنك و 15 ألف طن من الموليبدنيوم و 2,000 طن من الجرافيت و 1,100 طن من الكاديوم ، وجاءت بيرو في المرتبة الثالثة بإنتاج 1.6 مليون طن من النحاس و 250 ألف طن من الرصاص و 3,100 طن من الفضة و 57 طن من السيلينيوم و 1.4 مليون طن من الزنك و 37 ألف طن من الموليبدنيوم و 23 ألف طن من القصدير و 50 طن من التيلوريوم، و 550 طن من الكاديوم و 300 ألف طن من الليثيوم ، في حين سجلت الأرجنتين إنتاجاً من الليثيوم بلغ 9,600 طن والفضة 910 طن، والموليبدنيوم 10 ألف طن ، بينما أنتجت كوبا 3,200 طن من الكوبالت و 60,000 طن من النيكل ، وساهمت بوليفيا بإنتاج 90 ألف طن من الرصاص

(1) Gökçe, Ali Fuat. ,OpCit,p1383-1387

(2) US Geological Survey & Orienteering 2024,"Op. Cit, p30-200

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

و1,200 طن من الفضة و18 ألف طن من القصدير وهذا التنوع في الموارد المعدنية جعل الإقليم اللاتيني يؤدي دور جيوسياسي ا في سلسلة إمدادات الطاقة المتجددة ومعادنها⁽¹⁾.

الجدول (14) انتاج معادن الطاقة المتجددة في دول إقليم أمريكا اللاتينية لعام 2024 (طن متري)

الارجنتين		شيلي		البرازيل	
الإنتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	الإنتاج	نوع المعدن
9,600	الليثيوم	44,000	الليثيوم	4,900	الليثيوم
910	الفضة	5,000,000	النحاس	1,100,000	الالمنيوم
10,000	الموليبدينيوم	1,400	الفضة	41,000,000	الكروم
كوبا		46,000	الموليبدينيوم	620,000	المنغنيز
الانتاج	نوع المعدن	بيرو		89,000	النيكل
3,200	الكوبالت	الانتاج	نوع المعدن	80	العناصر النادرة
		2,600,000	النحاس	73,000	الجرافيت
60,000	النيكل	250,000	الرصاص	18,000	القصدير
		3,100	الفضة	54,000	التيتانيوم
بوليفيا		57	السيلينيوم	6,400	الفناديوم
الانتاج	نوع المعدن	1,400,000	الزنك	200,000	السيليكون
90,000	الرصاص	37,000	الموليبدينيوم	100	الديسبروسيوم
1,200	الفضة	23,000	القصدير	200	النيودميوم
		50	التيلوريوم	المكسيك	
18,000	القصدير	550	الكاديوم	الانتاج	نوع المعدن
		300,000	الليثيوم	220,000	المنغنيز
مجموع انتاج الإقليم 55,018,247				750,000	النحاس
				270,000	الرصاص
				6400	الفضة
				690,000	الزنك
				15,000	الموليبدينيوم
				2,000	الجرافيت
				1100	الكاديوم

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024.p2-210

(1) Torres, Ivette E., et al. "THE MINERAL INDUSTRIES OF LATIN AMERICA." Minerals Yearbook, no3 ,2005.

2-3 إقليم أفريقيا جنوب الصحراء

يعد إقليم أفريقيا بمثابة الكنز المدفون في التحول العالمي نحو الطاقة المتجددة بفضل احتياطياته الهائلة من المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة، ومع ذلك فإن هذه الثروات لا تجذب الاستثمارات فحسب بل تُحوّل الإقليم إلى ساحة لتنافس جيوسياسي بين القوى العظمى وسط تحديات داخلية تعيق تحويل الموارد إلى محركات للتنمية، تتربع جمهورية الكونغو الديمقراطية على عرش إنتاج الكوبالت العالمي بنسبة 70% وهو المعدن الأساسي في صناعة بطاريات السيارات الكهربائية لكن هذه الهيمنة تأتي بثمن باهظ، فالقوضى الأمنية، وسيطرة الميليشيات المسلحة على المناجم تجعل البلاد ساحة لصراعات دموية بينما تُهدر عوائد التعدين في شبكات الفساد، وعلى الجانب الآخر، تُخفي دول مثل موزمبيق ومدغشقر احتياطيات كبيرة من العناصر الأرضية النادرة التي تدخل في تصنيع توربينات الرياح والألواح الشمسية، لكن نقص البنية التحتية والتكنولوجيا يحول دون استغلالها بالكامل.

بدأت عدد من الدول الأفريقية في اتخاذ خطوات لتجنب فح الموارد اللعينة مستفيدةً من تجارب دول أمريكا اللاتينية، فمن خلال تعاون جنوب الصحراء الأفريقي تتبادل دول زيمبابوي وجنوب أفريقيا خبرات مع بوليفيا وتشيلي حول تفاوض عقود التعدين لضمان حصص عادلة من العوائد، كما تسعى دولة ناميبيا إلى تشريعات تلزم الشركات الأجنبية بمعالجة المواد الخام محلياً على غرار سياسة الصين مع العناصر الأرضية النادرة، لتعظيم القيمة المضافة وتقليل التبعية.

قد يتحول الإقليم إلى ساحة لحروب الموارد في العقود المقبلة لاسيما مع تصاعد المشاريع الدولية المتنافسة، فمبادرة الممر الاقتصادي الهندي-الشرق الأوسط-أوروبا (IMEC) التي أعلنت في قمة العشرين في 2023 تهدف إلى تحدي هيمنة الصين عبر طرق تجارية بديلة بالتالي تزيد من مخاطر الانقسامات الإقليمية، وفي الوقت نفسه تحذّر التقارير من تكرار سيناريو الاستعمار الجديد، إذ تسيطر الشركات الأجنبية على الموارد دون إفادة المجتمعات المحلية كما حدث سابقاً مع النفط في نيجيريا والماس في سيراليون (1).

يُحتل إقليم أفريقيا جنوب الصحراء المرتبة الثالثة عالمياً في إنتاج المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة بحصة بلغت 18.58% من الإجمالي العالمي لعام 2024 بإنتاج يتجاوز 40.3 مليون طن متري (2)، ويوضح الجدول (15) التوزيع الجغرافي لإنتاج الإقليم لذلك تتصدر جنوب أفريقيا الإقليم بإنتاج 923 ألف طن من الألومنيوم و18 مليون طن من الكروم، و7.2 مليون طن من المنغنيز و120 ألف طن من البلاتين و30 ألف طن من النيكل، و1,200 ألف طن من العناصر الأرضية النادرة و230 ألف طن من الزنك

(1) Gökçe, Ali Fuat. ,OpCit,p1385-1389

(2) US Geological Survey & Orienteering 2024, Op.Cit,p30-205

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

و5 أطنان من التيلوريوم ومليون طن من التيتانيوم و9,100 طن من الفاناديوم، و400 ألف طن من الهافنيوم .

الجدول (15) انتاج معادن الطاقة المتجددة لدول إقليم افريقيا جنوب الصحراء لعام 2024 (طن متري)

جمهورية الكونغو(كينشاسا)		جنوب افريقيا	
الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن
170,000	الكوبالت	923,000	الالمنيوم
2,500,000	النحاس	18,000,000	الكروم
19,000	القصدير	7,200,000	المنغنيز
كينيا		120	البلاتين
الانتاج	نوع المعدن	30,000	النيكل
140,000	التيتانيوم	1,200	العناصر النادرة
30,000	الهافنيوم والزيركونيوم	230,000	الزنك
تنزانيا		5	التيلوريوم
الانتاج	نوع المعدن	1,000,000	التيتانيوم
700	العناصر النادرة	9,100	الفاناديوم
6,000	الجرافيت	400,000	الهافنيوم والزيركونيوم
زامبيا		مدغشقر	
الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن
1,200	البلاتين	4,000	الكوبالت
غانا		100,000	الجرافيت
الانتاج	نوع المعدن	320,000	التيتانيوم
840,000	المنغنيز	30,000	الهافنيوم والزيركونيوم
الغابون		موزمبيق	
الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن
4,600,000	المنغنيز	96,000	الجرافيت
السنغال		1,600,000	التيتانيوم
الانتاج	نوع المعدن	90,000	الهافنيوم والزيركونيوم
50,000	الهافنيوم والزيركونيوم	زيمبابوي	
340,000	التيتانيوم	الانتاج	نوع المعدن
مجموع انتاج الأقاليم		34,000	الليثيوم
		1,500,000	الكروم
		19	البلاتين
40,263,444			

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024.p2-210

بينما تسجل مدغشقر إنتاج 4 ألف طن من الكوبالت، و100 ألف طن من الجرافيت و320 ألف طن من التيتانيوم و30 ألف طن من الهافنيوم ، تأتي موزمبيق بإنتاج 96 ألف طن من الجرافيت و1.6 مليون طن من التيتانيوم و90 ألف طن من الهافنيوم ، فيما تنتج زيمبابوي 34 ألف طن من الليثيوم ، و1.5 مليون طن من الكروم و19 ألف طن من البلاتين ، وتبرز جمهورية الكونغو الديمقراطية بإنتاج 170 ألف طن من الكوبالت و2.5 مليون طن من النحاس، و19 ألف طن من القصدير ، كما تسهم كينيا بإنتاج 140 ألف طن من التيتانيوم، و130 ألف طن من الهافنيوم ، وتنتج تنزانيا 700 ألف طن من العناصر الأرضية النادرة و6 ألف طن من الجرافيت ، فيما تُسجل زامبيا إنتاجاً من البلاتين بلغ 1,200 طن ، وتنتج غانا 840 ألف طن من المنغنيز والغابون 4.6 مليون طن من المنغنيز. بينما تساهم السنغال بإنتاج 50 ألف طن من الهافنيوم و340 ألف طن من التيتانيوم، لكن هذا الاقليم ذات الحجم الكبير نسبياً من الإنتاج، يفتقر الى استغلال هذه المعادن في صناعة الطاقة المتجددة بسبب الصراعات الداخلية، وسيطرة الدول الخارجية عليها خاصة الصين والولايات المتحدة الأمريكية وفرنسا وغيرها (1).

2-4 إقليم قارة أستراليا ودول المحيط الهادي (الباسفيك)

يتميز إقليم أستراليا بموقعٍ ريادي في إنتاج الليثيوم، إذ يعد ثاني أكبر منتج عالمي لهذا المعدن بعد تشيلي وتشارك بنسبة 18% من الاحتياطيات العالمية منه، كما تحتل المرتبة الثالثة في إنتاج الكوبالت الذي يُستخدم في صناعة بطاريات السيارات الكهربائية بنسبة 6% من الإنتاج العالمي، فضلاً عن ذلك تُعد أستراليا من الدول الرائدة في استخراج النيكل والنحاس وهي معادن مهمة لشبكات الطاقة المتجددة ، وهذه الموارد تجعل أستراليا شريك استراتيجي للدول الصناعية الكبرى وهي الولايات المتحدة الأمريكية والصين التي تحاول تأمين سلاسل إمداد مستقرة لمعادن الطاقة المتجددة.

وتعد منطقة المحيط الهادئ ساحة تنافس بين القوى العالمية للسيطرة على الموارد المعدنية، فالصين التي تهيمن على 90% من عمليات معالجة العناصر الأرضية النادرة تعتمد على استيراد المواد الخام من دول مثل أستراليا وجمهورية الكونغو الديمقراطية ، ومن جهة أخرى تعمل الولايات المتحدة على تعزيز تحالفاتها مع دول المنطقة متمثلة في أستراليا ونيوزيلندا واليابان، عبر مبادرات منها "الشراكة الرباعية" التي

(1) SHARAKY, Abbas M. Mineral resources and exploration in Africa. In: Proceedings of the Conference of 25th Revolution and the Future of the Relationships between Egypt and Nile Basin Countries. 2014. p1-20.

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

تضم الولايات المتحدة الأمريكية و أستراليا و الهند واليابان، واتفاقية "أوكوس" الأمنية بهدف موازنة النفوذ الصيني وتأمين إمدادات هذه المعادن .

وتواجه دول الإقليم ضغوطاً جيوسياسية متزايدة، ففي أستراليا أدت التوترات التجارية مع الصين عام 2020 الى فرض الصين قيوداً على واردات الفحم الأسترالي، وبالتالي إلى تسليط الضوء على هشاشة الاعتماد الاقتصادي على سوق واحدة كما أن الاضطرابات السياسية في دول غنية بالليثيوم تزيد من مخاطر تعطيل سلاسل الإمداد العالمية التي يدفع القوى الكبرى إلى البحث عن دول بديلة في منطقة المحيط الهادي و تسعى دول اقليم أستراليا إلى تعزيز مكانتها كقوة معدنية عبر زيادة الاستثمار في التعدين المستدام وتوسيع شبكة تحالفاتها (1).

يُساهم إقليم أستراليا ودول المحيط الهادي ما نسبته 3.84% من الإنتاج العالمي للمعادن المستخدمة بالطاقة المتجددة بإجمالي بلغ 8.3 مليون طن متري عام 2024، أذ تستحوذ أستراليا وحدها على 98% من إنتاج الإقليم بوصفها أحد أكبر المنتجين العالميين لهذه المعادن عبر 22 معدناً استراتيجياً، تشمل إنتاج 86 ألف طن من الليثيوم و1.5 مليون طن من الألومنيوم، و4,600 طن من الكوبالت، و3 ملايين طن من المنغنيز و810 ألف طن من النحاس و440 ألف طن من الرصاص و18 ألف طن من العناصر الأرضية النادرة و1,200 طن من الفضة، و1.1 مليون طن من الزنك و500 طن من المولبيدينيوم و9,100 طن من القصدير، و400 ألف طن من التيتانيوم و500 ألف طن من الهافنيوم، و6 ألف طن من الفاناديوم و5 أطنان من الإنديوم و50 ألف طن من السيليكون و2,000 طن من الديسبروسيوم و2,000 طن من النيوديميوم و380 طن من الكاديوم، و500 طن من الجرافيت، ، فيما تساهم دول المحيط الهادي بإنتاج محدود نسبياً، أذ تنتج بابوا غينيا الجديدة 2,900 طن من الكوبالت، وتنتج كاليدونيا الجديدة 3 الاف طن من الكوبالت و230 ألف كما موضح في الجدول (16) والذي يُبرز الدور المتنامي للإقليم في تعزيز سلاسل الإمداد العالمية للطاقة المتجددة رغم تركّز الإنتاج بشكل رئيسي في أستراليا(2).

(1) Kalantzakos, Sophia. "The race for critical minerals in an era of geopolitical realignments." The International Spectator voll 55.3, 2020, 1-16.

(2) Britt, A. F., and K. Czarnota. A review of critical mineral resources in Australia. Australian Journal of Earth Sciences ,voll 71.8 (2024), p1016-1049.

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (16) انتاج معادن الطاقة المتجددة لدول إقليم استراليا والباسفيك لعام 2024 (طن متري)

بابوا غينيا الجديدة		استراليا	
الانتاج	نوع المعدن	الإنتاج	نوع المعدن
2,900	الكوبالت	86,000	الليثيوم
		1,500,000	الالمنيوم
كاليدونيا الجديدة		4,600	الكوبالت
الانتاج	نوع المعدن	3,000,000	المنغنيز
		810,000	النحاس
3,000	الكوبالت	440,000	الرصاص
		160,000	النيكل
230,000	النيكل	18,000	العناصر النادرة
		1,200	الفضة
مجموع انتاج الإقليم 			

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024.p2-210

2-2-5 إقليم أمريكا الشمالية شمال المكسيك

يعد إقليم أمريكا الشمالية لاعباً رئيسياً في سوق معادن الطاقة المتجددة بفضل مواردها الطبيعية وقدراتها التكنولوجية والصناعية ومع التحول العالمي نحو الطاقة النظيفة، أذ تمتلك الولايات المتحدة احتياطات معتبرة من المعادن منها الليثيوم بنسبة 8% عالمياً والنحاس، فضلا عن سيطرتها على 33% من معالجة

النفط العالمي، و 28% من الغاز الطبيعي وتُعد كندا أيضاً مصدراً مهماً للكوبالت والنيكل ، لكن الهيمنة الأمريكية لا تقتصر على الموارد الخام بل تمتد إلى سلاسل التوريد والتكنولوجيا، فوفقاً لتقرير الوكالة الدولية للطاقة (2022) تسيطر الولايات المتحدة على 60% من سوق معالجة الليثيوم مدعومة بشركات Tesla و General Motors التي تستثمر مليارات الدولارات في مصانع البطاريات.

كما تسعى الولايات المتحدة الأمريكية إلى تشكيل تحالفات دولية تمثلت في مجموعة أوكوس التي تضم الولايات المتحدة والمملكة المتحدة وأستراليا، لضمان أمن إمدادات المعادن و تشدد وثيقة الأمن القومي الأمريكية 2022 على ضرورة "مواجهة النفوذ الصيني في سلاسل التوريد المعادن، كما تعتمد الولايات المتحدة على جيرانها لتعزيز مكانتها الجيوسياسية منها فنلندا التي تمتلك 5% من احتياطات الكوبالت العالمية تتعاون مع واشنطن في مشاريع منجم "رافينستو" في أونتاريو الذي يُعد مصدراً رئيسياً لليثيوم أما المكسيك فتشهد نمواً في استثمارات الطاقة الشمسية مدعومة باتفاقية التجارة الحرة لأمريكا الشمالية (USMCA) التي تُسهل نقل المعدات والتكنولوجيا عبر الحدود.

يواجه إقليم أمريكا الشمالية مشاكل موازنة الاستخراج المكثف للمعادن مع الحفاظ على البيئة، ففي الولايات المتحدة أثار مشروع Acker Pass لليثيوم في نيفادا جدلاً واسعاً بسبب تأثيره على موارد المياه والمجتمعات الأصلية، كما تواجه كندا ضغوطاً لتحسين معايير العمل في مناجم الكوبالت ، وتبذل الولايات المتحدة جهوداً لتصبح قلباً عالمياً للطاقة المتجددة من خلال قانون خفض التضخم (2022) الذي يخصص 369 مليار دولار لدعم صناعات الطاقة المتجددة، لكن النجاح يعتمد على تعزيز التعاون الإقليمي، واستثمار التكنولوجيا لرفع كفاءة الاستخراج، وإدارة التوترات مع الصين بحكمة ،و قد تصبح كندا حلقة ضعيفة إذا لم تعالج تحديات الحوكمة والبنية التحتية الذي يعرض إقليم أمريكا الشمالية لخطر فقدان موقعها التنافسي أمام تحالفات أخرى مثل الاتحاد الأوروبي أو الكتلة الآسيوية⁽¹⁾.

تمثل حصة إقليم أمريكا الشمالية نسبة 3.60% من الإنتاج العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة بإجمالي بلغ 7.8 مليون طن متري عام 2024، أذ تساهم الولايات المتحدة بنحو 45% من إنتاج الإقليم بينما تُشكل كندا النسبة الأكبر تقدر ب 55%⁽²⁾.

(1) Gökçe, Ali Fuat, OpCit, p1373-1389

(2) US Geological Survey & Orienteering 2024, "Op.Cit, p2-210

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (17) انتاج معادن دول إقليم أمريكا الشمالية لعام 2024 (طن متري)

الولايات المتحدة الأمريكية		كندا	
نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	الانتاج
الليثيوم	....	الليثيوم	3,400
الالمنيوم	750,000	الالمنيوم	3,000,000
الكروم	....	الكوبالت	2,100
الكوبالت	500	البلاتين	5.5
البلاتين	2.9	النحاس	480,000
النحاس	1,100,000	النيكل	180,000
الرصاص	270,000	العناصر النادرة	....
النيكل	17,000	السيليเนียม	1500
العناصر النادرة	43,000	الموليبدينوم	1,000
الفضة	1,000	التيلوريوم	27
السيليเนียม	....	التيتانيوم	500,000
الزنك	750,000	الكادميوم	1,800
الموليبدينوم	34,000	الجرافيت	3,500
القصدير	1,000	الانديوم	37
التيلوريوم	90	السيليكون	30,000
التيتانيوم	200,000	مجموع انتاج الأقاليم 7,801,396	
الفاناديوم	10,000		
الغاليوم	100		
الهافنيوم والزيركونيوم	100,000		
الكادميوم	220		
الانديوم	20		
السيليكون	50,000		
الديسبروسيوم	300		
النيوديميوم	400		

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

1- US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024.p2-210

ويبين الجدول (17) التوزيع الجغرافي لانتاج المعادن في إقليم أمريكا الشمالية، أذ يشمل إنتاج الولايات المتحدة 750 ألف طن من الألومنيوم، و500 طن من الكوبالت و1.1 مليون طن من النحاس، و3 طن من البلاتين و270 ألف طن من الرصاص و17 ألف طن من النيكل، و43 ألف طن من العناصر الأرضية النادرة و1,000 طن من الفضة و750 ألف طن من الزنك، و34 ألف طن من الموليبدينوم و1,000 طن من القصدير و90 طن من التيلوريوم، و200 ألف طن من التيتانيوم، و10 ألف طن من الفاناديوم و100 طن من الغاليوم و100 ألف طن من الهافنيوم و220 طن من الكادميوم و20 طن من

الإنديوم، و50 ألف طن من السيليكون و300 طن من الديسبروسيوم و400 طن من النيوديميوم في المقابل سجلت كندا إنتاج 3,400 طن من الليثيوم و3 ملايين طن من الألومنيوم، و2,100 طن من الكوبالت و5.5 طن من البلاتين، و480 ألف طن من النحاس، و180 ألف طن من النيكل و1,500 طن من السيلينيوم و1,000 طن من المولبيدينيوم و27 طن من التيلوريوم، و500 ألف طن من التيتانيوم و1,800 طن من الكاديوم و3,500 طن من الجرافيت و37 طن من الإنديوم و30 ألف طن من السيليكون، مما يُظهر توزيعاً متنوعاً للموارد بين الدولتين ضمن الإقليم رغم محدودية مساهمته العالمية مقارنةً بمناطق أخرى⁽¹⁾.

2-4 إقليم أوروبا بدون روسيا الاتحادية

لا تمتلك دول إقليم أوروبا موارد كافية من المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة محلياً الذي يدفعها إلى الاعتماد بنسبة كبيرة على الواردات من دول أخرى في مقدمتها الصين في معالجة العناصر الأرضية النادرة وجمهورية الكونغو الديمقراطية في إنتاج الكوبالت ، وفقاً لتقرير الوكالة الدولية للطاقة (2024) تستهلك دول الاتحاد الأوروبي نحو 20% من الطلب العالمي على هذه المعادن، بينما تساهم بنسبة ضئيلة في الإنتاج لمواجهة هذا الخلل، إذ أطلقت المفوضية الأوروبية مبادرة المواد الخام الحرجة عام 2020 التي تهدف إلى زيادة الاستثمار في التعدين المحلي وإعادة التدوير وتعزيز الشراكات مع دول أفريقيا وأمريكا الجنوبية الغنية بالمعادن منها ناميبيا وزامبيا.

تتنافس أوروبا مع الولايات المتحدة والصين للسيطرة على سلاسل توريد المعادن الحيوية، و تواجه أوروبا معارضة محلية بسبب الآثار البيئية والاجتماعية لعمليات التعدين، فمشاريع استخراج الليثيوم في دولتي البرتغال وألمانيا تواجه احتجاجات من المجتمعات المحلية والمجموعات البيئية التي تُطالب بمعايير صارمة للاستدامة فضلاً عن فرض التشريعات الأوروبية على قانون المناخ وتوجيهات الطاقة المتجددة قيوداً على استخدام المواد الخام غير المستدامة الذي يزيد من تعقيد تأمين الإمدادات. كما تعمل أوروبا على تطوير تحالف المعادن الحرجة مع دول حلف الشمال الأطلسي (الناتو) والشركاء الديمقراطيين لإنشاء سلاسل توريد آمنة ومتنوعة⁽²⁾.

يُمثل إقليم أوروبا ما نسبته 2.14% من الإنتاج العالمي للمعادن المستخدمة بالطاقة المتجددة بإجمالي بلغ 10.7 مليون طن متري عام 2024⁽³⁾، ويظهر الجدول (18) أن مساهمة السويد بإنتاج 70 ألف طن من الرصاص و220 ألف طن من الزنك، و8 أطنان من السيلينيوم والفين طن من التيلوريوم ، وتأتي

(1) علي احمد هارون، مصدر سابق، ص 112-205

(2) Zerniz, Amal. "The Challenge of the Transition to Renewable Energies: A Geopolitical Approach in the Light of the International Competition for Rare Earth Elements." Przegląd Politologiczny, no 3, 2024, p89-108.

(3) US Geological Survey & Orienteering 2024, "Op.Cit, 30-210

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

بولندا بإنتاج 63 ألف طن من الفضة و95 طن من السيليونيوم و230 طن من الكاديوم، وتنتج فنلندا 2 مليون طن من الكروم و100 طن من السيليونيوم ، بينما تُسجل بلغاريا إنتاجاً من السيليونيوم بلغ 200 طن و5 أطنان من التيلوريوم وتشارك ألمانيا بإنتاج 60 ألف طن من السيليكون و300 طن من السيليونيوم و150 طن من الجرافيت ، وتنتج البرتغال 380 طن من الليثيوم ، فيما تُساهم النرويج إنتاجاً من الألومنيوم يقدر 1.3 مليون طن والتيتانيوم 430 ألف طن والجرافيت 7,200 طن وتنتج أوكرانيا 320 ألف طن من المنغنيز والفين طن من الجرافيت وتُساهم جورجيا بـ 160 ألف طن من المنغنيز، وتنتج بلجيكا 100 طن من الإنديوم الذي، يعد تنوعاً في الإنتاج الأوروبي رغم محدودية الحصة العالمية لدوره في تعزيز سلاسل إمدادات الطاقة المتجددة.

الجدول (18) انتاج معادن الطاقة المتجددة لدول إقليم أوروبا بدون روسيا لعام 2024 (طن متري)

المانيا		بلجيكا		
الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	
60,000	السيليكون	100	الانديوم	
300	السيلينيوم	البرتغال		
150	الجرافيت	الانتاج	نوع المعدن	
		380	الليثيوم	
النرويج		السويد		
الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	
1,300,000	الالمنيوم	70,000	الرصاص	
430,000	التيتانيوم	8	السيلينيوم	
7,200	الجرافيت	220,000	الزنك	
أوكرانيا		25	التيلوريوم	
بولندا		بولندا		
الانتاج	نوع المعدن	الانتاج	نوع المعدن	
320,000	المنغنيز	63,000	الفضة	
2,000	الجرافيت	95	السيلينيوم	
جورجيا		230	الكادميوم	
الانتاج	نوع المعدن	فنلندا		
160,000	المنغنيز	نوع المعدن		
مجموع انتاج الإقليم	4,634,794	الانتاج	الكروم	
		2,000,000	السيلينيوم	
		100	بلغاريا	
		نوع المعدن		
		الانتاج	السيلينيوم	
		200	التيلوريوم	
		5		

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

2-3 الاستهلاك العالمي وحركة التجارة لمعادن الطاقة المتجددة والمتطلبات المعدنية

2-3-1 الاستهلاك العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

يشكل الاستهلاك العالمي للمعادن ركيزةً أساسيةً لتحقيق التحول في قطاع الطاقة، لاسيما في ظل التوجهات العالمية نحو تبني تقنيات الطاقة المتجددة وتعزيز كفاءة الأنظمة الصناعية وتُعد المعادن بمثابة عصب التطور التكنولوجي والصناعي ، فهي تُسهم بشكل مباشر في تطوير البنى التحتية للطاقة النظيفة التي تفرض فهمًا عميقًا لحجم استهلاكها وتوزيعها الجغرافي وتأثيراتها البيئية ، إذ لا يمكن فصل مستقبل الطاقة النظيفة عن واقع الاستهلاك المعدني إذ تُشكل هذه الموارد جسراً بين الحاضر والمستقبل المستدام ومع ذلك يتطلب تحقيق التوازن بين متطلبات الطاقة، والحد من الآثار الجانبية وتبني سياسات متكاملة تعزز الابتكار وتدعم العدالة في توزيع الموارد، وتحمي النظم البيئية الهشة فكما قال الخبير الاقتصادي جيريمي ريفكين الثورة الصناعية الثالثة تقوم على ثلاث ركائز هي الطاقة المتجددة والاتصالات الرقمية والاقتصاد الدائري ولا تتحقق أي منها دون إدارة حكيمة للموارد المعدنية.

يتميز الاستهلاك العالمي للمعادن بتفاوت كبير في الحجم كما هو مبين في الجدول (19) ، إذ يسجل الألومنيوم أعلى معدل استهلاك بنحو 67,5 مليون طن متري يليه المنغنيز 22 مليون طن متري ثم النحاس بنحو 14.4 مليون طن متري، والزنك بنحو 13.3 مليون طن متري والرصاص بنحو 11.9 مليون طن متري فيما يصل استهلاك السيليكون إلى 9 مليون طن متري ويحتل البلاتين مرتبة متقدمة من الاستهلاك بنحو 10 مليون طن متري بينما يستهلك النيكل 2 مليون طن متري والجرافيت بنحو 1,130,000 طن متري، ويليه القصدير بنحو 367 ألف طن متري ثم الكوبالت بنحو 300 ألف طن متري والتيتانيوم 250 ألف طن متري والموليبدنوم 160 ألف طن متري.

يشكل استهلاك العناصر الأرضية النادرة التي تشمل أيضا النيوديميوم والديسبرسيوم بنحو 150 ألف طن متري في حين يستهلك الليثيوم 97 ألف طن متري والكاديوم 7,720 طن متري، والفضة 36 ألف طن متري والفاناديوم 5,660 طن متري، والكروم 6,200 طن متري والهافنيوم 500 طن متري والغاليوم 650 طن متري والإنديوم 1,000 طن متري والتيلوريوم 500 طن متري، والسيلينيوم 2,600 طن متري وحسب تنوع الاستخدامات الصناعية وارتباطها بالقطاعات الحيوية مثل التكنولوجيا المتقدمة والطاقة النظيفة والبنية التحتية أد تسهم هذه التفاوتات في فهم أولويات الإنتاج والاستدامة في ظل التوجهات العالمية نحو تعزيز الابتكار، وتقليل البصمة البيئية للموارد المعدنية.

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (19) الاستهلاك العالمي لمعادن الطاقة المتجددة لعام 2024 (طن متري)

نوع المعدن	الاستهلاك	نوع المعدن	الاستهلاك
الليثيوم	97,000	الزنك	13,300,000
الالمنيوم	67,500,001	الموليبدنيوم	161,000
الكروم	6,200	الجرافيت	1,130,000
الكوبالت	300,000	القصدير	367,000
المنغنيز	22,000,000	التيلوريوم	500
معادن البلاتين	10,000,000	التيتانيوم	250,000
النحاس	14,400,000	الفاناديوم	5,660
الرصاص	11,900,000	الغاليوم	650
النيكل	2,040,000	الهافنيوم	500
العناصر الأرضية النادرة	150,000	الكاديوم	7,720
الفضة	36,000	الانديوم	1000
السيلينيوم	2,600	السيليكون	9,000,000

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات وزارة الداخلية الأمريكية، هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، الكتاب السنوي للمعادن 2024

لا يتم تداول العديد من المعادن الانتقالية على عكس السلع الأساسية كالنفط بشكل واسع في البورصات باستثناء النحاس المتداول في أسواق العقود الآجلة والفورية، بينما تباع معادن الكوبالت والليثيوم والعناصر الأرضية النادرة عبر عقود ثنائية بين المنتجين والمستهلكين ، وتواجه تداولات عدد من المعادن تحديات كانهض السيوولة وتباين المنتجات، مما يعيق تطوير أدوات تحوط فعالة وتعد بورصة لندن للمعادن (LME) المنصة الأهم عالمياً منذ تأسيسها عام 1877، أذ تحدد الأسعار المرجعية العالمية لمعادن كالنحاس والنيكل والكوبالت وتسهل تداولات يومية تتجاوز 60 مليار دولار ، وشهدت توسعاً في المعادن المدرجة كبدء تداول الليثيوم عام 2021 ، كما توجد بورصات أصغر كشنغهاي ودبي لكن عقود الكوبالت والليثيوم لم تحظ بقبول واسع كأدوات تحوط وتعتمد أسعار المعادن غير المتداولة في البورصات على إفصاحات طوعية قد تكون غير موثوقة الامر الذي يمنح الشركات المتداولة في البورصات ميزة الوصول إلى أسعار السوق الفعلية والمعلومات ذات الصلة

يلعب التجار المستقلون دوراً رئيساً نظراً لطبيعة تشتت عدد من أسواق المعادن و المنتجين ويصرف النظر عن الشركات التي تتاجر بالسلع المعدنية الأساسية حذيت أسواق المعادن في كثير من الأحيان اهتماماً كبيراً من المستثمرين بما في ذلك صناديق التحوط والمصارف الاستثمارية وصناديق مؤشرات السلع ، وفي أغلب الأحيان لا ينتج أو يستخدم هوات التجار والمضاربون السلع بشكل مباشر، ولكنهم يلعبون دوراً في التوفيق بين المنتجين والمستهلكين في أجزاء مختلفة من السوق، وفي السنوات الأخيرة، واجه تجار السلع إنذارات من أجل إجراء مزيد من الرقابة والتنظيم⁽¹⁾.

تتميز أسواق المواد الخام الحرجة بديناميكية دورية من الازدهار والكساد نتيجة الفجوة الزمنية الطويلة لإنشاء المناجم الجديدة 7-10 سنوات الذي يخلق اختلالات بين العرض والطلب لاسيما مع التسارع التكنولوجي، وارتفاع الطلب وتعدّد هذه الديناميكية كون معظم المعادن الحرجة منتجات ثانوية لمعادن أساسية كالكوبالت المرتبط بتعدين النيكل والنحاس ما يجعل استجابتها لارتفاع الأسعار غير مباشرة (نصار وآخرون 2015) وتتعرض الأسواق الصغيرة قليلة السيولة لمخاطر التلاعب بتشكيل التكتلات، أذ كشفت تحقيقات 2000-2010 عن 15 حالة احتكار مع أمثلة تاريخية كأزمة القصدير 1985 وفشل متداول سوميتومو في التحكم بأسعار النحاس 1996 ، وشهدت أسواق النيكل تقلبات حادة عام 2022 مع ارتفاع الأسعار 250% خلال يومين وفرض بورصة لندن قيوداً على التداول ما دفع الجهات التنظيمية لتعزيز الرقابة ووضع قواعد لتحديد كميات التسليم في العقود الآجلة رغم استمرار تحديات الاستقرار في أسواق كالنيكل

وتتعرض جميع البلدان تقريباً لانقطاعات إمدادات غير متوقعة نتيجة عدم تحقيق الاكتفاء الذاتي للمواد حتى تلك ذات القواعد التصنيعية الصغيرة التي تعتمد على الأسواق العالمية لاستيراد المكونات أو السلع المصنعة كوحدات الألواح الشمسية ، أذ يؤثر تعطل سلاسل التوريد مباشرة على الشركات التي تستخدم المعادن المستوردة في تصنيع تقنيات الطاقة المتجددة مع امتداد التأثير ليشمل قطاعات متعددة كالصناعة والبنية التحتية الرقمية والزراعة ، وتقاس مخاطر الانقطاع عبر مؤشرات متعددة وتقييمات على مستويات مختلفة تشمل الدول والشركات والقطاعات الاقتصادية⁽²⁾.

وتتعرض سلاسل تجارة المواد الخام العالمية لاضطرابات ناجمة عن عوامل طبيعية كالزلازل، أو بشرية مقصودة كالنزاعات التجارية أو غير مقصودة كانهطاع الكهرباء، أذ شهدت السنوات الأخيرة اضطرابات كبيرة بسبب جائحة كوفيد19 وحرب أوكرانيا وأزمة الطاقة العالمية ، وأدت الجائحة عام 2020 إلى إغلاق مناجم كبيرة في بيرو وجنوب إفريقيا مما عطل إمدادات النحاس والبلاتينيوم بينما تسببت أزمة الطاقة 2021-2022 في إغلاق مصانع المغنيسيوم الصينية وارتفاع أسعاره عالمياً، لاسيما في أوروبا المعتمدة

(1) الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، تقرير الجغرافية السياسية لتحول الطاقة: المواد الحرجة، الامارات العربية المتحدة، ابو ظبي،

2023، ص 34-67.

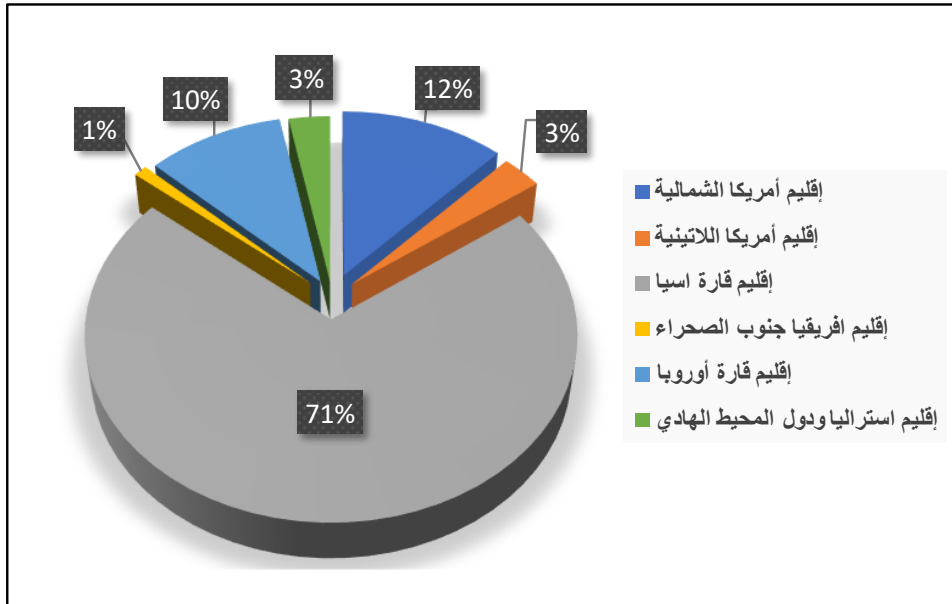
(2) الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، 2023، مصدر سابق ص 40

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

على الصين بنسبة 95% ، كما أثرت حرب أوكرانيا على توريد الحديد الخام واليورانيوم والبلاديوم رغم استثناء شركات ك نوريلسك نيكل من العقوبات ، وماتواجه سلاسل التوريد مخاطر مناخية كالفيضانات في مناطق تعدين العناصر الأرضية النادرة بالصين ، وندرة المياه في مناطق تعدين الليثيوم أذ 50% من العمليات تقع في مناطق إجهاد مائي عالي مع اعتماد القطاع على تقنيات أجنبية قد تعيقها العقوبات المستقبلية⁽¹⁾.

يبين الشكل (6) والخريطة (4) حجم الاستهلاك العالمي للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة أذ هنالك تفاوت واختلاف في حجم الطلب والاستهلاك العالمي حسب كل إقليم في العالم الجيوسياسي، أذ تتركز الغالبية العظمى من الاستهلاك في إقليم آسيا بنسبة 71%، تليها دول إقليم أمريكا الشمالية بنسبة 12%، وإقليم أوروبا بنسبة 10% بينما تبقى النسب في إقليم أمريكا اللاتينية وإقليم أستراليا ودول أوقيانوسيا (دول المحيط الهادي) عند 3% لكل منهما، وإقليم أفريقيا جنوب الصحراء عند 1%، والتي تسبب اختلالات هيكلية في توزيع القوة الاقتصادية والصناعية عالمياً وتُعزى السيطرة الآسيوية بشكل رئيسي إلى الدور المركزي للصين التي تستهلك أكثر من نصف إجمالي المعادن العالمية المرتبطة بالطاقة المتجددة مدعومةً بسياسات صناعية طموحة مثل مبادرة "صنع في الصين 2025" واستثمارات ضخمة في سلاسل تجارة متكاملة تسمح لها بتحويل المواد الخام إلى منتجات نهائية كالبطاريات والألواح الشمسية وتُسيطر على 68% من إنتاج بطاريات الليثيوم أيون عالمياً وتُعالج 80% من الليثيوم العالمي.

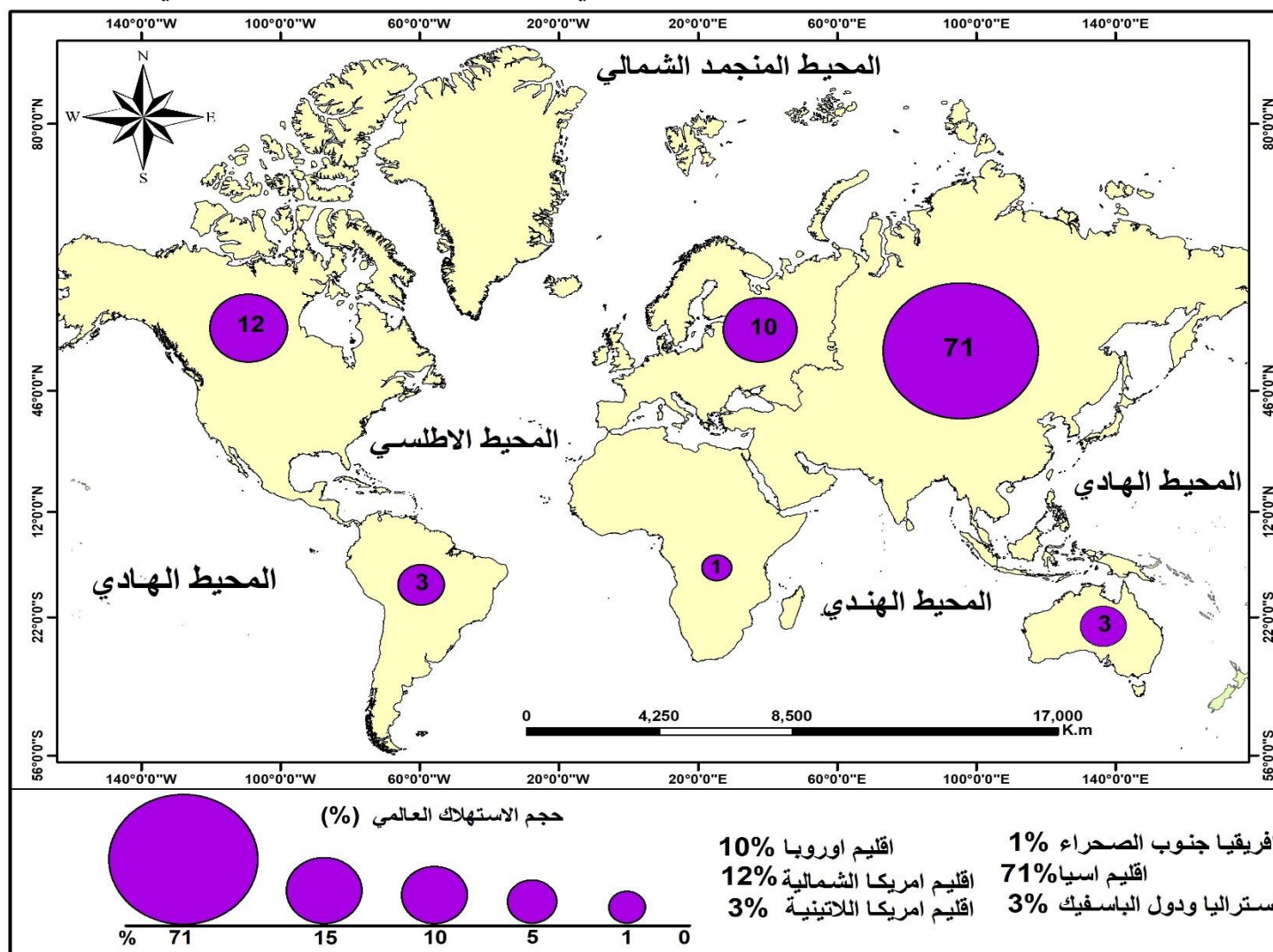
الشكل (6) نسبة مساهمة الأقاليم في الاستهلاك العالمي لمعادن الطاقة المتجددة لعام 2024



المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات وزارة الداخلية الأمريكية، هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية، الكتاب السنوي للمعادن 2024

(1) الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، 2023، مصدر سابق ص 41-50

الخريطة (4) الأهمية النسبية لاستهلاك المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة من الاستهلاك العالمي 2024



المصدر/ من عمل الباحث اعتمادا على بيانات الشكل 6 وباستخدام برنامج Arcgis10.8

2-3-1 إقليم آسيا

يعد إقليم آسيا القلب النابض للاستهلاك العالمي للمعادن وذلك بنسبة 71% من حجم الاستهلاك العالمي أذ تُشكّل تحالفاتها الإنتاجية وشبكاتهما التجارية عصب الاقتصاد الصناعي الحديث وتعد الصين المستحوذ الأكبر على حجم الاستهلاك في إقليم آسيا مستفيدةً من حجمها السكاني الهائل وبنيتها التحتية الصناعية المتقدمة بينما تنسج دول أخرى في الإقليم تمثلت في الهند واليابان وكوريا الجنوبية أنماطاً استهلاكية حسب تخصصاتها التكنولوجية وموقعها في سلاسل التجارة العالمية.

في مجال معدن الألومنيوم تستهلك الصين 58% من الإنتاج العالمي بنحو 39.15 مليون طن متري عام 2023 في مشاريع البنية التحتية الضخمة كشبكات القطارات فائقة السرعة والمدن الذكية، إلى جانب صناعة السيارات الكهربائية التي تُنتج نصف الإنتاج العالمي ، وتُظهر الهند نمواً استهلاكياً ملحوظاً في إطار سعيها لتعزيز التصنيع المحلي عبر مبادرات مثل اصنع في الهند ، أما الليثيوم فتُهيمن الصين على 47% من الطلب العالمي مستفيدةً من تحكمها في سلسلة توريد بطاريات الليثيوم أيون، أذ تستورد المواد الخام من تشيلي والأرجنتين لتحويلها إلى منتجات نهائية تُصدّر إلى الأسواق الأوروبية والأمريكية ، بالمقابل تعتمد اليابان وكوريا الجنوبية على استيراد الليثيوم المُصنّع جزئياً لسد احتياجات صناعاتهما في الإلكترونيات والمركبات الكهربائية، الذي يخلق تبعية تجارية للصين رغم محاولات التنويع ،و في معدن الكروم تنتصر الصين الاستهلاك الآسيوي 6,200 طن متري معتمدةً على واردات من دول مثل جنوب إفريقيا وكازاخستان لدعم صناعات الفولاذ المقاوم للصدأ وتوربينات الرياح، وتُظهر تركيا 2,200 طن متري وكازاخستان 1,300 طن متري حضوراً في الاستهلاك مرتبطاً بالصناعات الثقيلة، بينما تبرز عُمان 110 طن متري كدولة ناشئة تسعى لربط مواردها الطبيعية بخطط التصنيع المحلي. أما الكوبالت تستورد الصين 77% من إنتاج الكونغو الديمقراطية لتحويله إلى بطاريات تُصدّر عالمياً في حين تبدأ الهند في زيادة استهلاكها لدعم مشاريع البنية التحتية الكهربائية وإن ظلت تابعةً للأسواق الخارجية.

على صعيد المنغنيز تُنتج الصين 68% من السبائك العالمية مستخدمةً إياها في صناعات الصلب وتقنيات الطاقة المتجددة⁽¹⁾، بينما تستهلك الهند كميات متزايدة لدعم مشاريعها في الطاقة الشمسية وطاقة الرياح، معتمدةً على الواردات من جنوب إفريقيا وغانا، وفيما يتعلق بالبلاتين توجه الصين معظم استهلاكها نحو صناعة السيارات المحولات الحفازة وتطوير بطاريات الهيدروجين، بينما تُظهر الهند طلباً مرتفعاً في

(1) U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook A-Z, Op.Cit,p58

قطاع المجوهرات والمعدات الطبية، مستوردة الخام من جنوب إفريقيا، أما اليابان وكوريا الجنوبية فتركزان استخدامهما في الصناعات الإلكترونية الدقيقة عبر شبكة تجارية معقدة تربطها بمنتجاتها الخام الأفارقة. في معادن النحاس والرصاص والنيكل تُهيمن الصين على 58% و42% و55% من الاستهلاك العالمي على التوالي في قطاعات البناء والطاقة المتجددة، وتستورد كميات هائلة من النحاس من تشيلي وبيرو، بينما تعتمد على إندونيسيا والفلبين في تلبية حاجتها من النيكل، وتساهم اليابان وكوريا الجنوبية بنحو 3% لكل منهما في استهلاك النحاس مركبتين على الصناعات الكهربائية عالية التقنية مع اعتماد شبه كلي على الواردات من أمريكا اللاتينية، فيما يخص العناصر الأرضية النادرة تستهلك الصين 60% من الإنتاج العالمي مستخدمة إياها في صناعة المغناطيسات الدائمة للأجهزة الكهربائية وتوربينات الرياح، بينما تعتمد اليابان كلياً على الواردات الصينية 19,100 طن عام 2019 لصناعات سياراتها الكهربائية وهو اعتماد استراتيجي يخلق توترات تجارية في ظل التنافس الجيوسياسي ، أما الفضة فتحفظ الهند بالصدارة الآسيوية 2,380 طن عام 2023 في قطاع المجوهرات مستوردة معظمه من سويسرا ودول أفريقية، بينما تشهد الصين تراجعاً نسبياً 789 طن بسبب التباطؤ الاقتصادي وزيادة التركيز على الاستثمارات الصناعية.

في معادن الطاقة المتجددة الأخرى مثل السيليونيوم والتيلوريوم تستهلك الصين 2,600 طن و500 طن متري على التوالي لدعم صناعات الخلايا الشمسية والمغنيز الكهربائي، بينما تزداد حصة الهند في الفاناديوم لاسيما في بطاريات التخزين عبر شراكات مع منتجين مثل البرازيل، أما الجرافيت فتُهيمن الصين على 73% من الاستهلاك العالمي 825,000 طن متري في صناعة البطاريات مستخرجة معظمه محلياً، في حين تعتمد اليابان وكوريا على الواردات من موزمبيق ومدغشقر⁽¹⁾.

2-3-1-2 إقليم أمريكا الشمالية شمال المكسيك

يعد إقليم أمريكا الشمالية نموذجاً لاقتصاد صناعي متقدم يعتمد بشكل كبير على شبكات التجارة العالمية لسد الفجوة بين الإنتاج المحلي المحدود والطلب المتصاعد على المعادن بلغت نسبته من الاستهلاك العالمي 12% وعلى الرغم من التفوق التكنولوجي للولايات المتحدة، فإن هيمنتها الاستهلاكية التي تصل إلى 85% من استهلاك القارة، تُقابل بتبعية تجارية ملحوظة للموارد الخارجية لاسيما من أمريكا اللاتينية وآسيا، في حين تظهر كندا كمُنتج ومصدر رئيسي لمعادن محددة ضمن سلسلة القيمة الإقليمية.

(1) Moon, Sinechole. Facilitating trade in mineral resources: policy implications for trade between Africa, South Africa and East Asia. Thesis., University of Cape Town, Faculty of Humanities, Department of Political Studies, 2014. <http://hdl.handle.net/11427/13151>

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

تعتمد الولايات المتحدة على الواردات لتلبية 40% من استهلاكها من الألمنيوم بنحو 4.03 مليون طن متري عام 2022، مع تدفق معظمها من كندا التي تُعد ثاني أكبر مُنتج عالمي ودول مثل الإمارات وروسيا في محاولة لتجنب الاعتماد الكلي على الصين ، أما في الليثيوم فتستورد الولايات المتحدة 52% من كربونات الليثيوم من تشيلي، و45% من الأرجنتين، بينما تأتي 83% من هيدروكسيد الليثيوم من تشيلي و12% من روسيا وفقاً لبيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS) ، هذا التوزيع هو محاولة لتنويع المصادر بعيداً عن الهيمنة الصينية لكنه يظل مُعرّضاً لمخاطر الاضطرابات الجيوسياسية في أمريكا اللاتينية، لاسيما مع تصاعد نزاعات التعدين في دول مثل تشيلي، اما الكروم يبدو الاستهلاك الأمريكي متواضعاً 280 طن متري أذ اعتمادا على سلاسل التوريد الخارجية من دول جنوب إفريقيا وكازاخستان، بينما تُظهر كندا دوراً متنامياً في الكوبالت عبر إنتاجها المحلي 12% من الإنتاج العالمي وتكريره لدعم صناعات البطاريات المستدامة بالشراكة مع شركات مثل "تسلا" ،أما المنغنيز فشهد استهلاك الولايات المتحدة تراجعاً بنسبة 17% عام 2020 بسبب جائحة كوفيد-19، مع اعتماد على الواردات من غابون وجنوب إفريقيا.

تُعد الولايات المتحدة ثاني أكبر مستهلك للبلاتين عالمياً أذ تستورد 62% من احتياجاتها من جنوب إفريقيا 53% من الواردات عام 2022 وسويسرا 24% لدعم صناعة السيارات وتقنيات الهيدروجين ، وفي العناصر الأرضية النادرة تعتمد واشنطن بنسبة 80% على الصين رغم محاولات تقليل هذه التبعية عبر شراكات مع أستراليا وكندا، أذ أعلنت الأخيرة عن خطط لإنشاء سلسلة توريد إقليمية بحلول 2030 ، ورغم أن أمريكا الشمالية تُستهلك 9% من النحاس العالمي 7% للولايات المتحدة وحدها، فإنها تستورد 37% من احتياجاتها من تشيلي وبيرو، بينما تُصدّر كندا جزءاً كبيراً من إنتاجها إلى الأسواق الآسيوية. اما الزنك تستهلك الولايات المتحدة 878 ألف طن سنوياً مع الاعتماد على الواردات من المكسيك وكندا التي تُعد ثامن أكبر منتج عالمي، أما الموليبدنوم فتحل الولايات المتحدة المرتبة الثانية في الاستهلاك العالمي 15% ضمن صناعات النفط والغاز لكنها لا تزال تستورد 30% من احتياجاتها من تشيلي والصين.

كما اعتمدت الولايات المتحدة على الواردات في عدد من المعادن مثل الفاناديوم 5660 طن مستورد عام 2023 والتيتانيوم 89% من الاحتياجات مع توجهٍ لتعزيز الشراكات مع حلفائها منها اليابان لضمان تدفق هذه المواد ،اما الجرافيت زاد الاستهلاك الأمريكي 3% عام 2023 52 ألف طن مع التحول نحو مصادر من موزمبيق وكندا، بدلاً من الاعتماد الكلي على الصين، أما الكاديوم والإنديوم فتُظهر الواردات الأمريكية 385 طن و250 طن على التوالي تركيزاً على التطبيقات العسكرية والتقنيات المتقدمة مع من

شح الإمدادات بسبب القيود الصينية على تصدير المعادن الحرجة ، اما كندا تظهر كفاعل رئيسي في سلاسل القيمة الإقليمية لاسيما في الكوبالت والجرافيت أذ تستثمر في مناجم كيبك لتعزيز إنتاج البطاريات⁽¹⁾.

2-3-1 إقليم أوروبا بدون روسيا

يُمثل الاستهلاك الأوروبي المتمثل بنسبة 10% من الاستهلاك العالمي للمعادن انعكاساً مباشراً للبنية الصناعية المتفاوتة بين دول الإقليم مع الاعتماد الأكبر على الاستيراد لسد الفجوة بين الإنتاج المحلي والطلب أذ تُحدد التخصصات الإنتاجية والتركيز على قطاعات صناعية محددة حجم الطلب على كل معدن، فعلى سبيل المثال يظهر معدن الكروم كأحد الركائز الأساسية في الصناعات الثقيلة مع تفوق فنلندا كأكبر مستهلك أوروبي لهذا المعدن بحجم يصل إلى 520 ألف طن متري سنوياً، تليها ألمانيا 100 ألف طن متري والنمسا 22 ألف طن ويرتبط هذا الاستهلاك بتطبيقاته في صناعات الصلب المقاوم للصدأ وتقنيات الطاقة المتجددة مثل توربينات الرياح الذي يجعله معدن حيوياً في التحول الأخضر.

وفيما يتعلق بالكوبالت تظهر فنلندا كمركز رئيسي لتكرير هذا المعدن رغم عدم امتلاكها مصادر محلية كبيرة إذ تعتمد على استيراد المواد الخام من دول مثل الكونغو الديمقراطية وروسيا لتحويلها إلى منتجات نهائية تُستخدم في الصناعات الكيميائية والبطاريات عالية الأداء هذا التحويل يضع فنلندا في قلب سلسلة التوريد الأوروبية، لاسيما مع تزايد الطلب على البطاريات في ظل التحول نحو المركبات الكهربائية، أما البلاتين فنُظهِر ألمانيا وإيطاليا وسويسرا هيمنة واضحة في استخدامه صناعياً، لا سيما في تصنيع المحولات الحفازة لسيارات الديزل رغم التحديات المتصاعدة بسبب التوجه العالمي نحو تقليل الانبعاثات وتكشف البيانات التجارية أن سويسرا وإيطاليا تُصدران كميات كبيرة من البلاتين إلى الولايات المتحدة، مما يؤكد وجود شبكة تجارية معقدة تربط أوروبا بشركاء عالميين حتى في ظل التحولات التكنولوجية.

اما على صعيد معدن النحاس يساهم الاتحاد الأوروبي بنحو 11% من الاستهلاك العالمي مع تركيز ملحوظ في ألمانيا التي تستهلك وحدها 4% من الإنتاج العالمي ما يعادل 0.58 مليون طن سنوياً وهذا الطلب يدعم قطاعات صناعية ألمانية متنوعة مثل صناعة السيارات والآلات الكهربائية التي تعتمد على النحاس في تصنيع الكابلات والمكونات الإلكترونية، وبالنسبة للرصاص تحتل ألمانيا أيضاً مكانة بارزة باستهلاك يقدر بنحو 357 ألف طن سنوياً 3% من الاستهلاك العالمي في صناعات البطاريات والبنية

(1) Moon, Sinechole.Op.Cit.p33-41

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

التحتية الإنشائية، وفيما يخص معادن أخرى الزنك تتصدر بلجيكا وألمانيا المشهد الأوروبي أذ يشكلان معاً 23% من الاستهلاك العالمي وذلك لدورهما في صناعات الطلاء المضاد للتآكل والسبائك المعدنية، كما يُسجل الموليبدنوم حضوراً قوياً في الصناعات الثقيلة الألمانية والبلجيكية، لاسيما في تطبيقات الهندسة الميكانيكية وسبائك الفولاذ عالي القوة⁽¹⁾.

من جهة أخرى تُظهر أوكرانيا تفوقاً في إنتاج تيتانيوم الإلمينيت بحجم إنتاج يصل إلى 773 ألف طن، بينما تعتمد دول مثل فرنسا وألمانيا على استيراد الزركونيوم والهافنيوم الخام لدوره في الصناعات النووية وتقنيات القطع الدقيقة، ويشهد الفاناديوم طلباً متصاعداً لدعم تقنيات تخزين الطاقة عبر البطاريات الانسيابية، التي تعد أساسية في دمج مصادر الطاقة المتجددة بالشبكات الكهربائية ولا يقتصر الأمر على المعادن التقليدية فحسب فمعادن مثل الغاليوم والكاديوم تُظهر أنماط استهلاك متخصصة. ففي ألمانيا والمملكة المتحدة أذ يتم تركيز الجهود على عمليات تكرير الغاليوم وإعادة تدويره نظراً لأهميته في الصناعات الإلكترونية، بينما تركز السويد وبلجيكا على استخدام الكاديوم في التطبيقات الصناعية وإعادة التدوير، رغم المخاطر البيئية المرتبطة به، أما السيليكون فيُستهلك بكميات كبيرة في ألمانيا 500 ألف طن سنوياً أذ يدعم صناعات الألمنيوم والكيماويات، بينما تواجه البيانات المتعلقة بمعادن مثل المنغنيز والفضة والإنديوم تحديات في التوثيق الدقيق، إما بسبب ندرة المعلومات أو بسبب توزيع الاستهلاك على نطاق إقليمي واسع دون تركيز وطني محدد.

2-3-1-4 إقليم أمريكا اللاتينية

تُشكل دول إقليم أمريكا اللاتينية نموذجاً استثنائياً لدراسة التحديات المرتبطة بلعنة الموارد* نظراً لاعتمادها التاريخي الطويل على تصدير السلع الأولية ولاسيما المعادن كالححاس والألومنيوم والحديد، مع نمو سنوي مركب بلغ 9.4% على مدى أربعة عقود، متجاوزةً التقلبات الدورية في الأسواق العالمية كفترات الركود الأمريكي وقد ارتبطت ذروة أسعار المعادن بزيادات كبيرة في الإيرادات التصديرية مع تراجع محدود خلال فترات انخفاض الطلب، من جهة أخرى ارتفعت الحصة السوقية الإقليمية للمعادن عالمياً من 4% عام 1975 إلى 12% عام 2004 مع تزايد الاعتماد المتبادل مع الاقتصادات الكبرى أذ استحوذت الولايات المتحدة على 19% من وارداتها المعدنية من المنطقة بحلول 2014 ورغم تفاوت مساهمة المعادن

(1) Hertanti, Rachmi, and Felix Anderl. "The International Political Economy of Green Transition: Critical Minerals, Market Access, and the Search for Sovereignty in ASEAN countries. 2023, p2-7

*لعنة الموارد: هي ظاهرة اقتصادية حيث تعاني الدول الغنية بالموارد الطبيعية مثل النفط والمعادن من نمو اقتصادي وتنمية بشرية اضعف ومستويات فساد اعلى وفقر مقارنة بالدول ذات الموارد الاقل

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

في إجمالي الصادرات الإقليمية التي تراوحت بين 7% و 16% خلال 1975-2014 فإنها تعكس اتساع الاعتماد على السلع الأولية.

يكشف تحليل الأنماط الوطنية عن تباين كبير في درجة التخصص المعدني، إذ تصدر تشيلي وبيرو القائمة بنسبة 40% من صادراتهما، بينما تُظهر دول كالبرازيل وفنزويلا نموًا سريعًا في القطاع منذ الثمانينيات، مقابل تراجع في دول كالمكسيك وكولومبيا. ويعد التركيز على سبعة معادن أساسية (بما فيها النحاس والحديد) مؤشرًا أدنى لاعتماد المنطقة على السلع الأولية، إذ يُضاعف توسيع نطاق التحليل ليشمل سلعا أولية أخرى كالمعادن نصف المُصنعة، والمنتجات الزراعية والخشبية والحصة الإجمالية للصادرات السلعية إلى نحو 50% عام 2000 و تحتل المعادن المرتبة الثالثة بين هذه المجموعات بنسبة 14% الذي يؤكد الطبيعة السلعية المهيمنة على الاقتصاد الإقليمي⁽¹⁾، ان استهلاك المعادن الذي شكل نسبة 3% فقط من الاستهلاك العالمي في دول إقليم أمريكا اللاتينية تعد حالة فريدة من الاعتماد شبه الكلي على تصدير المواد الخام المعدنية والمنتجات الوسيطة مع محدودية ملحوظة في الاستهلاك المحلي للموارد المُصنعة ويُعزى هذا النمط إلى هيمنة النموذج الاقتصادي القائم على استخراج الموارد الطبيعية والذي تُعززه شبكة تجارية عالمية متجذرة تربط المنطقة بمراكز التصنيع الرئيسية في أمريكا الشمالية وآسيا.

في سياق الليثيوم تبرز تشيلي كقوة تصديرية لا تُضاهى إذ تُهيمن على 52% من صادرات كربونات الليثيوم، و 83% من هيدروكسيد الليثيوم الموجهة إلى الولايات المتحدة، و هذه الأرقام تظهر الدور الحيوي لتشيلي في سلاسل توريد بطاريات الليثيوم أيون العالمية، لاسيما مع تحوّل الدول الصناعية نحو المركبات الكهربائية، وإن ضآلة الاستهلاك المحلي لليثيوم المُصنّع في تشيلي نفسها تُظهر فجوة بين القدرة الإنتاجية والتطوير الصناعي الإقليمي الذي يجعل الاقتصاد التشيلي عرضة لتقلبات الأسواق العالمية ، أما في حالة الكروم فإن البرازيل رغم امتلاكها موارد كبيرة تستهلك نحو 65 طنًا مترًا فقط سنويًا وهو رقم يعكس ضعف القطاعات الصناعية المحلية القائمة على هذا المعدن ، وعلى النقيض تُظهر التجارة الدولية أن البرازيل تُصدّر كميات كبيرة من الفيرو فاناديوم (سبائك الفاناديوم) إلى الولايات المتحدة والتي بلغت 3,130 طنًا مترًا عام 2023 ووفقاً لمصادر الجمارك الأمريكية يُشير هذا التوجه إلى تحوّل البرازيل إلى مُورّد رئيسي

(1) Mandel, Benjamin, The Dynamics and Differentiation of Latin American Metal Exports, FRB of New York Staff Report, No508, 2011. p5-6, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1917422> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1917422>

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

للمواد الوسيطة عالية القيمة، لكن دون استثمار موازٍ في صناعات محلية متقدمة مثل تقنيات تخزين الطاقة التي تعتمد على الفاناديوم⁽¹⁾.

فيما يتعلق بالنحاس تُعد بيرو من أكبر المصدرين العالميين للمادة الخام، إلا أنها لا تُظهر وجوداً لافتاً لصناعات التكرير أو التصنيع المحلي و هذا النمط التجاري يجعل الاقتصاد البيرو في رهينة لأسعار النحاس العالمية مع محدودية القدرة على استيعاب الصدمات الاقتصادية، إذ تبدأ دول مثل تشيلي في إظهار تحوّل جزئي نحو تعزيز الاستهلاك المحلي كما في حالة السيليكون الذي بلغ استهلاكها منه 100 ألف طن متري عام 2024 في صناعات الألمنيوم والكيماويات، وهو مؤشر أولي على محاولات لربط الموارد الطبيعية بقطاعات تحويلية ذات قيمة مضافة أعلى، وعلى صعيد التصدير لا تزال الصادرات الخام تُهيمن على المشهد مع غياب سياسات صناعية واضحة لدمج هذه الموارد في سلاسل إنتاج إقليمية، فمثلاً تُصدّر دول مثل بوليفيا كميات كبيرة من القصدير إلى الأسواق الآسيوية دون وجود خطط لاستخدامه في تصنيع مكونات إلكترونية أو سبائك متخصصة داخل القارة وبالتالي تُكشف حركة التجارة المعدنية في إقليم أمريكا اللاتينية عن تناقض صارخ، ففي حين تُعد المنطقة مصدراً لا غنى عنه للمواد الخام الداعمة للتحويلات التكنولوجية العالمية فإنها تظل طرفاً هامشياً في استهلاك المنتجات المصنعة ذات القيمة العالية.

2-3-1-5 إقليم أستراليا ودول المحيط الهادي

يعد إقليم أستراليا ودول المحيط الهادي الذي يشكل ما نسبته 3% من الاستهلاك العالمي نموذج مشابهة تقريبا لإقليم أمريكا اللاتينية في الاقتصاد المعدني العالمي إذ سيطرت صادرات المواد المعدنية على المشهد التجاري، بينما يبقى الاستهلاك المحلي محدوداً أيضاً وغير موثّق بالشكل الكافي، وهذه الديناميكية الاقتصادية التي تعكس الاعتماد إلى حد كبير على الاستخراج دون تكامل صناعي قوي يجعل المنطقة مورداً رئيسياً لأسواق آسيا وأمريكا الشمالية، لكنها لا تستفيد بشكل كامل من القيمة المضافة لمواردها الطبيعية.

وتعد أستراليا واحدة من أكبر مصدري المعادن في العالم إذ تشكل صادرات الحديد والفحم والليثيوم ركائز اقتصادية أساسية، إذ تحتل أستراليا المركز الأول في إنتاج الليثيوم العالمي في عام 2023 لكنها تُصدّر معظم إنتاجها كمواد خام إلى الصين للمعالجة، في حين يبقى الاستهلاك المحلي محدوداً كما تُعد أستراليا مصدراً رئيسياً للإلمينيت المادة الأولية للبتيتانيوم المستخدم في صناعات الطلاء والفضاء باليابان والولايات المتحدة دون وجود صناعات تحويلية محلية متطورة.

(1) U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook A-Z, Op.Cit.

تسعى أستراليا لتعزيز موقعها في سلسلة قيمة العناصر الأرضية النادرة من خلال مشروع "جبل ويلد" الذي يساهم بنسبة 15% من الإمدادات العالمية، اذ يظل معظم الإنتاج موجهاً للتصدير إلى ماليزيا والولايات المتحدة لكن المشروع يمثل بداية لتحول نحو معالجة جزئية محلياً كجزء من استراتيجية تقليل الاعتماد على الصين وفي دول المحيط الهادي تساهم بابوا غينيا الجديدة في استهلاك لعدد من المعادن مثل الكروم المرتبط بصناعات البناء المتواضعة أو مشاريع البنية التحتية.

يعاني الإقليم من فجوة بين القدرة الإنتاجية والاستهلاك المحلي فمثلاً تصدّر أستراليا 90% من إنتاج النحاس إلى الصين واليابان ، بينما تستورد منتجات نحاسية مصنعة لتلبية احتياجاتها ، أما الزنك فهو مثال آخر أذ تستورد أستراليا سبائك زنك مُصنعة رغم كونها رابع أكبر منتج عالمي ، و هذا النمط التجاري يعكس التبعية لأسواق التصدير ويعيق تنويع الاقتصادات المحلية المتمثلة في الصين الشريك التجاري الأكبر للمنطقة مع استحواذها على نسبة كبيرة من صادرات أستراليا ، و في ظل التوترات السياسية بين كانبيرا وبكين تحاول أستراليا إلى تنويع أسواقها عبر تعزيز العلاقات مع الهند وكوريا الجنوبي ولاسيما في مجالات الفحم والغاز الطبيعي المسال رغم هذه الجهود يظل التكامل مع السوق الصيني قوياً لاسيما في المعادن الحيوية (1).

وبالتالي تمثل المعادن المرتبطة بالطاقة النظيفة فرصة لتعزيز الاستهلاك المحلي في الإقليم من خلال التعاون الدولي لإنشاء سلاسل توريد بديلة عن الصين، فمشروع "أورورا" لاستخراج الفاناديوم يُعد مثلاً على دمج الإنتاج المحلي بالتطبيقات التكنولوجية، ولكن نجاحه يتطلب استثمارات أجنبية وتطوير مهارات محلية، وتكشف أنماط التجارة المعدنية في أستراليا وأوقيانوسيا عن تناقض بين الثراء الطبيعي وضعف التكامل الصناعي ورغم قدرة المنطقة على المساهمة الفاعلة في التحول العالمي نحو الطاقة النظيفة فإن تحقيق الفائدة الإقليمية يستلزم سياسات طموحة لتعزيز التصنيع المحلي وبناء شراكات إقليمية وإعادة هيكلة العقود التجارية لضمان حصة أكبر من القيمة.

2-3-1-6 إقليم إفريقيا جنوب الصحراء

في ظل الاعتماد المتزايد على معادن الطاقة المتجددة عالمياً تظهر التجارة المعدنية في إقليم إفريقيا جنوب الصحراء بمفارقة ملحوظة بين وفرة الموارد المعدنية وضعف استهلاكها المحلي، والذي لا يتجاوز 1% من الاستهلاك العالمي للمعادن أذ تسيطر شبكات التجارة العالمية على تدفق الموارد من المناجم الإفريقية مثل الكوبالت والبلاتين والمنغنيز الذي يؤدي إلى سيطرة الصادرات مع القليل من الاستفادة المحلية وفقاً لمنظمة التعاون الاقتصادي والتنمية تستمر القارة في تصدير أكثر من 90% من إنتاجها كمواد خام معدنية أو شبه مُصنّعة معدنية، على سبيل المثال جمهورية الكونغو الديمقراطية التي تُعد أكبر منتج للكوبالت في

(1) Kuo, Ching S., et al. "The mineral industries of Asia and the Pacific." US Geological Survey Minerals Yearbook. Años 2019,p2-25

العالم تركز صادراتها على الصين وفنلندا، بينما يبدأ الاستهلاك المحلي من هذه المعادن في الصناعات الصغيرة ، و هذا التدفق الأحادي يعزز سلاسل توريد البطاريات والمعدات الإلكترونية عالمياً، ولكنه أيضاً يُفقد الاقتصادات الإفريقية قيمة مضافة محتملة، لاسيما في ظل الطلب المتزايد على التحول الأخضر.

من جهة أخرى تُصدر جنوب إفريقيا معظم إنتاجها من المنغنيز كمادة خام أو وسيطة نحو الأسواق الصينية والهندية لدعم صناعة الصلب رغم الحاجة إلى المنغنيز في مشروعات البنية التحتية داخل إفريقيا نفسها، يُبقي ضعف القدرة التصنيعية استهلاك القارة عند حدود 5% فقط، وبالنسبة للبلاطين تواصل جنوب إفريقيا تزويد الأسواق الأمريكية والصينية بالخام لمختلف صناعات السيارات والهيدروجين الأخضر غير أنها تواجه تحديات بسبب نقص البنية التحتية اللازمة للتحويل إلى منتجات نهائية.

والفجوة تتوسع لتشمل معادن أخرى كالتيتانيوم والفاناديوم أذ تسهم الصادرات في تعزيز تبعية الأسواق الخارجية بدلاً من تنمية صناعات تحويلية محلية قادرة على تقديم قيمة مضافة، وهناك عدد من المبادرات الفردية لمحاولة كسر هذه الحلقة منها مصفاة القصدير في أوغندا، إلا أنها تواجه عقبات كبيرة بما فيها نقص البنية التحتية اللوجستية ايضاً، واعتماد التعدين الحرفي غير المُنظم الذي يُعقد العمليات ويثير مخاوف بيئية واجتماعية ، وبدون خطط استراتيجية لربط القطاعات الناشئة بسلاسل القيمة العالمية تكشف البيانات المحدودة عن استهلاك معادن الكروم والزركونيوم أن الأنشطة الصناعية الجديدة غالباً ما ترتبط بقطاعات مثل البناء والزراعة ،و في دولة مدغشقر يمثل تصدير الثوريوم احد العناصر الأرضية النادرة الخام إلى الصين تحدياً إضافياً، لتطوير الاستثمار محلياً في البحث والتطوير بخصوص العناصر الأرضية النادرة المستخدمة في التقنيات المتقدمة.

يمكن إعادة تصور خريطة التجارة المعدنية الإفريقية للتغلب على تحديات هيمنة النموذج الاستخراجي وتطوير رؤية تحويلية إقليمية لتعزيز التنمية الصناعية المستدامة لتحقيق استفادة محلية حقيقية من الطلب العالمي على المعادن، اذ تحتاج السياسات إلى النظر في هيكلة العقود التجارية مع الشركات متعددة الجنسيات واستثمار البنى التحتية التصنيعية، وتعزيز التعاون الإقليمي لتحقيق سلاسل إنتاج متكاملة ، عبر الإدارة المستدامة للموارد الطبيعية والتنظيم الدقيق لقطاع التعدين الحرفي، واعتماد تقنيات معالجة خضراء، يمكن أن تُحول إفريقيا التحديات البيئية إلى فرص لتعزيز قدرتها التنافسية كما يمكن للقارة أن تتطور من مجرد مزود للمواد الخام إلى شريك فعال في سلاسل القيمة المعرفية منذ أن تتحرك من منطق التصدير السلعي نحو تصنيع ذكي يعتمد على المعرفة⁽¹⁾.

(1) Moon, Sinechole. Op. Cit, p68-90

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

2-3-2 المتطلبات المعدنية لكل تقنية من تقنيات الطاقة المتجددة

2-3-2-1 المتطلبات المعدنية في الطاقة الشمسية الكهروضوئية والمركزة

تتباين أنماط الاعتماد على المعادن في قطاع الطاقة الشمسية بشكل كبير تبعاً لاختلاف التكنولوجيات المستخدمة وحصصها السوقية ، وتحمل تقنيات الخلايا الشمسية القائمة على السيليكون البلوري الصدارة بنسبة سوقية تصل إلى 80% ، وهو يفسر السيطرة الواسعة لمعدن السيليكون (54.20%) نظراً لكفاءته العالية في تحويل الطاقة الضوئية إلى كهرباء فضلاً عن توافره الطبيعي الواسع ، إذ يُعد النحاس ذات النسبة (30.20%) مكوناً أساسياً في البنى التحتية الكهربائية للأنظمة الشمسية سواءً في التوصيلات أو أنظمة التوزيع ، والذي يجعله ثاني أكثر المعادن استخداماً في هذا المجال.

الجدول (20) المتطلبات المعدنية في الطاقة الشمسية الكهروضوئية والمركزة

نوع التقنية	المعادن المستخدمة في الطاقة الشمسية	كمية الاستهلاك التقريبية كيلوغرام / ميغا واط	التطبيقات الرئيسية
الالواح الضوئية Crystalline Silicon	السيليكون	3,938	الخلايا الشمسية الكهروضوئية
	الفضة	19.2-5.17	الموصلات الكهربائية في الخلايا
	النحاس	2194.1-16.97	الكابلات، المحولات، أنظمة التوصيل
الواح (thin-film) CIGS	الانديوم	83.79-4.5	طبقة الامتصاص في الخلايا الشمسية
	الغاليوم	6.16-0.12	تحسين كفاءة امتصاص الضوء
	السيلينيوم	84.41-0.4	تكوين الطبقة النشطة في الخلايا الشمسية
الواح (thin-film) CdTe	الكاديوم	83.51-0.93	طبقة الامتصاص الأساسية
	التيلوريوم	90.38-4.7	تكوين الطبقة شبه الموصلة
	الرصاص	269.3-72.38	مادة نشطة لامتصاص الضوء بكفاءة عالية
خلايا بيروفسكايت	القصدير	463.1-5.95	مادة نشطة لامتصاص الضوء بكفاءة عالية
	النیکل	4	البطاريات، الخلايا، الكفاءة، التخزين
	الزنك	30	طلاء مضاد للتآكل، دعم الخلايا والمكونات
	الموليبدينوم	0.5-0.1	الخلايا الشمسية، مقاومة للحرارة، اسلاك التوصيل

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

1-International Energy Agency (IEA). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, 2024, p23-109

وتظهر التكنولوجيات الحديثة مثل خلايا تيلوريد الكاديوم (CdTe) وخلايا CIGS اعتماداً ملحوظاً على معادن نادرة تشكل تحدياً لسلاسل الإمداد العالمية ، فعلى الرغم من أن الحصة السوقية لهذه التقنيات مجتمعة لا تتجاوز 10% إلا أنها تستهلك نسباً مرتفعة من معادن مثل التيلوريوم (50.4% من العرض العالمي المتوقع لعام 2030) والاندنيوم (18.0%) الذي يسلط الضوء على المخاطر المحتملة جراء ندرة

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

هذه الموارد ،لاسيما في ظل خطط التوسع العالمي في الطاقة الشمسية ، ولا تقتصر التحديات على المعادن النادرة فنّمة معادن أخرى مثل القصدير (9.6%) يستخدم في الطبقات الشفافة للخلايا الرقيقة، والفضة (4.7%) في التوصيلات الكهربائية رغم المحاولات المستمرة لتقليل الاعتماد عليها بسبب تكاليفها المرتفعة ، كما لوحظ نسب متواضعة لمعادن مثل الرصاص (3.70%) في أنظمة التخزين، والكاديوم (1.15%) في خلايا CdTe والتي ترتبط بمخاطر بيئية تستوجب إدارة دقيقة لتجنب الآثار السلبية، من ناحية أخرى تلعب معادن مثل السيلينيوم (1.16%) والزنك (0.41%) أدواراً مساندة في تحسين كفاءة الخلايا أو مقاومة التآكل، بينما تظل معادن مثل الموليبدنوم (0.007%) محدودة الاستخدام في تطبيقات متخصصة مع الإشارة إلى أن تحليل الحساسية لمزيج التكنولوجيا يكشف عن احتمالية زيادة الطلب على السيلينيوم والإنديوم في حال توسع حصة خلايا CIGS الذي يستدعي تعزيز إعادة التدوير، واستثمار الأبحاث في بدائل مستدامة لضمان أمن الإمدادات وتحقيق أهداف التوسع العالمي في الطاقة الشمسية بحلول⁽¹⁾ 2030.

2-2-3-2 المتطلبات المعدنية في طاقة الرياح

تظهر مساهمات المعادن في قطاع طاقة الرياح بشكل جوهري، إذ يُعد الرصاص الأكثر استهلاكاً بنسبة 71% (15,000–25,000 كجم/ميغاواط) بسبب استخدامه في أنظمة تخزين البطاريات رغم المخاطر البيئية لسميته والذي يدفع الحاجة إلى بدائل مثل بطاريات الليثيوم، يليه النحاس بنسبة 19.5% (3,000–8,000 كجم/ميغاواط) لدوره الرئيسي في المولدات والكابلات الكهربائية الذي يجعله عرضة لتقلبات أسعار السوق العالمية ، وتأتي معادن مثل الكروم (789–902 كجم/ميغاواط 3%) والمنغنيز (790 كجم/ميغاواط 2.8%) والنيكل (557–663 كجم/ميغاواط 2.2%) في مراتب متوسطة إذ تُستخدم في تعزيز متانة الهياكل الفولاذية ومقاومة التآكل الذي يُبرز أهميتها في دعم البنى التحتية الميكانيكية للتوربينات وعلى الرغم من انخفاض النسب المئوية لمعادن مثل العناصر الأرضية النادرة (99–239 كجم/ميغاواط 0.6%) والنيوبيوم (1–186 كجم/ميغاواط 0.33%) والديسبروسيوم (2.8–25 كجم/ميغاواط 0.05%) فإنها تُشكل عناصر رئيسية في صناعة المغناطيسات الدائمة عالية الكفاءة، والتي مرتبطة تحديات تتسم بندرة هذه الموارد وتركيز إنتاجها في دول محدودة و تُستهلك معادن أخرى مثل الموليبدنوم (106–132 كجم/ميغاواط 0.4%) في سبائك متخصصة لتحمل الإجهادات العالية بينما تُظهر بيانات الجدول (21) تفاوتاً كبيراً في استهلاك عدد من المعادن كالنيوبيوم وذلك بسبب اختلاف تقنيات التوربينات (عالية السرعة مقابل منخفضة السرعة) وكفاءة المواد المستخدمة⁽²⁾.

⁽¹⁾World Bank ,The Growing Role of Minerals and Metals in a Low-Carbon Future ,2017, p58–75

⁽²⁾المفوضية الأوروبية، المعهد المشترك للبحوث (JRC)، المعادن الحرجة في استراتيجية تقييمات الطاقة: تقرير كامل عن الطلب والاستخدام

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (21) المتطلبات المعدنية في طاقة الرياح

المعادن المستخدمة	كمية الاستهلاك التقريبية كيلوغرام / ميغواط	التطبيقات الرئيسية
الكروم	902-789	تحسين مقاومة الفولاذ للتآكل في الهياكل
النحاس	8000-3000	الكابلات، المحولات، أنظمة التوصيل، اللقائف في المولدات
الديسبروسيوم	25-2.8	المغناطيسيات في مولدات التوربينات الريحية الدائمة
الرصاص	25000-15000	أنظمة تخزين الطاقة في البطاريات الرصاص-حمض
المنغنيز	790	سبائك الفولاذ المقاوم للتآكل في التوربينات وهياكل الدعم
المولبيدينيوم	132-106	سبائك الفولاذ والصلب عالية القوة لمحاور التوربينات
النيودميوم	186-1	مغناطيسيات النيودميوم في مولدات التوربينات
النيكل	663-557	تحسين متانة المكونات الهيكلية والتطبيقات في البطاريات
العناصر الأرضية النادرة	239-99	المغناطيسيات في مولدات التوربينات

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات: رجب عزالدين، حجم استهلاك المعادن في صناعة تقنيات الطاقة المتجددة العالمي تقرير منشور، وحدة أبحاث الطاقة، 2023.

2-3-2 المتطلبات المعدنية في الطاقة الحرارية الأرضية

تُظهر البيانات وكما موضح في الجدول (22) أن قطاع الطاقة الحرارية الأرضية يعتمد على مجموعة متنوعة من المعادن مع تفاوت في كميات الاستهلاك، والتي تسيطر عليها الصين بنسبة 80% وفقاً لدور كل معدن في المكونات الهندسية والعمليات التشغيلية، إذ يُقدَّر أن النيكل سيشكل 58% من الطلب العالمي على المعادن المستخدمة في هذا القطاع بحلول عام 2025 نظراً لاستخدامه الواسع في مكونات تتحمل درجات الحرارة العالية والضغط المرتفع مثل التوربينات البخارية وأنظمة الأنابيب الجوفية، يأتي الفولاذ المقاوم للصدأ في المرتبة الثانية، إذ يتراوح استهلاكه بين 500-1,000 كجم/ميغواط وذلك باحتوائه على نسبة عالية من الكروم (150-300 كجم/ميغواط) الذي يضمن مقاومة التآكل في البيئات الكيميائية والحرارية القاسية إذ يُستخدم النحاس أيضاً بكميات تصل إلى 200-400 كجم/نظام في التوصيلات الكهربائية والمبادلات الحرارية، بينما يُستهلك الألمنيوم (50-100 كجم/نظام) في مكونات خفيفة الوزن أو أنظمة التبريد الثانوية، وتُظهر الهياكل الأساسية للمنشآت اعتماداً كبيراً على الفولاذ التقليدي (700-1,200 كجم/منشأة) في حين يُستخدم التيتانيوم (30-600 كجم/منشأة) في الأجزاء المعرضة لظروف تشغيل متطرفة بسبب مقاومته الفائقة للتآكل وقدرته على تحمل الإجهادات الميكانيكية⁽¹⁾.

(1) Hund, Kirsten, et al. Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition 2020

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (22) المتطلبات المعدنية في طاقة الحرارة الأرضية

نوع التطبيق	المعادن المستخدمة	كمية الاستهلاك التقريبية	التطبيقات الرئيسية
توليد الكهرباء	النيكل	من الطلب العالمي 58,4%	التوربينات، مبادلات الحرارة، المعدات المقاومة للتآكل الحراري في المحطات الجوفية
	الفولاذ المقاوم للصدأ	1000-500	أنابيب الحفر، خزانات الفولاذ، هياكل المحطات
	الكروم	300-150	سبائك مقاومة التآكل في التوربينات والأنظمة الحرارية
الأنظمة الحرارية الأرضية (تدفئة/ تبريد)	النحاس	400-200	الكابلات الكهربائية وأنظمة النقل الحرارية في المضخات الحرارية الجوفية
	الألمنيوم	100-50	مكونات خفيفة الوزن في أنظمة التوزيع الحراري
التطبيقات الصناعية	الفولاذ	1200-700	مفاعلات التسخين، أنابيب نقل السوائل الحرارية، وهياكل التخزين
	التييتانيوم	60-30	معدات مقاومة للتآكل في عمليات تحلية المياه الحرارية الأرضية

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

1-International Energy Agency (IEA), The Role of Critical Minerals in Clean Energy

Transitions. 2021.p20-120.

2-3-2 المتطلبات المعدنية في الطاقة الحيوية (الكتلة الحية)

تُشكّل الطاقة الحيوية أحد الركائز الأساسية في التحول العالمي نحو مصادر الطاقة المتجددة، إلا أن اعتمادها على استهلاك مجموعة واسعة من المعادن يطرح تحديات تقنية وبيئية ملحوظة، وتتباين متطلبات المعادن باختلاف أشكال الطاقة الحيوية المستخدمة، إذ يظهر الجدول (23) أن الأنظمة القائمة على الكتلة الحيوية الصلبة مثل الأخشاب والمخلفات العضوية اعتماداً كبيراً على الفولاذ بكميات تتراوح بين 500 و800 كيلوجرام لكل ميغواط، وذلك في تصنيع الهياكل الداعمة وأنظمة الاحتراق التي تتطلب متانة عالية، وتعتمد تقنيات المخلفات الزراعية مثل الكتلة الخشبية على النحاس بكميات تصل إلى 400-200 كيلوجرام لكل ميغواط نظراً لدوره الحيوي في المكونات الكهربائية التي تعزز كفاءة تحويل الطاقة، وفي سياق الكتلة الحيوية السائلة مثل الإيثانول والديزل الحيوي، يُستخدم الفولاذ المقاوم للصدأ بكميات تتراوح بين 300 و600 كيلوجرام لكل ميغواط في المفاعلات الكيميائية التي تتطلب مقاومة عالية للتآكل في البيئات الكيميائية العدائية، فضلاً عن ذلك تُستهلك كميات من الألمنيوم تبلغ 50-100 كيلوجرام لكل ميغواط في أنظمة التبريد مستفيدة من خفة وزنه وقدرته على التوصيل الحراري، أما في أنظمة الكتلة الحيوية الغازية مثل الغاز الحيوي، فيُستخدم الفولاذ بكميات 400-700 كيلوجرام لكل ميغواط في خزانات التخزين مع استخدام محدود للنيكل (20-40 كيلوجرام لكل ميغواط) في المحفزات الكيميائية التي تعزز كفاءة التفاعلات⁽¹⁾.

(1) Fitria, Jian Liu, and Bin Yang. "Roles of mineral matter in biomass processing to biofuels." Biofuels, Bioproducts and Biorefining. vol17.3,2023, p 696-717.

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (23) المتطلبات المعدنية في الطاقة الكتلة الحيوية

نوع الكتلة الحيوية	المعادن المستخدمة	كمية الاستهلاك التقريبية كيلوغرام / ميغواط	التطبيقات الرئيسية
كتلة حيوية صلبة	الفولاذ	800-500	بناء الغلايات، أنظمة الاحتراق، وصوامع التخزين
مخلفات زراعية، خشب	النحاس	400-200	الكابلات الكهربائية وأنظمة نقل الطاقة في المحطات
كتلة حيوية سائلة	الفولاذ المقاوم للصدأ	600-300	خزانات التخمر، أنابيب نقل الوقود الحيوي (الإيثانول، الديزل الحيوي)
وقود الديزل الحيوي، إيثانول	الألمنيوم	100-50	مكونات خفيفة الوزن في مركبات النقل المستخدمة للوقود الحيوي
كتلة حيوية غازية	الفولاذ	700-400	مفاعلات التغويز، أنظمة تنظيف الغاز
غاز حيوي، غاز اصطناعي	النیکل	40-20	سبائك مقاومة للحرارة في التوربينات الغازية

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

1-Fitria, Jian Liu, and Bin Yang. "Roles of mineral matter in biomass processing to biofuels."

Biofuels, Bioproducts and Biorefining, voll 17.3, 2023.p 696-717.

5-2-3-2 المتطلبات المعدنية في تصنيع المركبات (السيارات) الكهربائية

تعتمد صناعة السيارات الكهربائية على مجموعة واسعة من المعادن التي تستهلك كمية منها في مكوناتها الأساسية بدءاً من البطاريات عالية الكفاءة وصولاً إلى الهياكل خفيفة الوزن ، أذ يُعد الليثيوم عماداً رئيسياً في بطاريات هذه المركبات و تتراوح كميته بين 0.09 و 12.7 كيلوغرام لكل سيارة و اعتماداً على سعة البطارية وتقنياتها، بينما يُستخدم الكوبالت بكميات تصل إلى 5-91 كيلوغرام لتعزيز استقرار البطاريات الحراري والأداء ، و لا تقل أهمية النيوديميوم الذي يُستهلك بنحو 2.91 كيلوغرام في مغناطيسات المحركات الكهربائية لقدرته على الحفاظ على الخصائص المغناطيسية تحت الظروف القاسية ، وتستهلك الهياكل الأساسية للمركبات معادن مثل الألمنيوم (50-100 كيلوغرام) لخفة وزنه، والتيتانيوم (78.38 كيلوغرام) لمتانته الفائقة، في حين يُستخدم النحاس (0-71.8 كيلوغرام) في الكابلات الكهربائية والمحركات بفضل موصليته العالية ، و تُضاف معادن مثل المنغنيز (0-91 كيلوغراماً) إلى سبائك الفولاذ لتحسين المتانة ، بينما تدخل العناصر الأرضية النادرة (2 كيلوغراماً) في تصنيع الإلكترونيات المتخصصة ، و على الرغم من الفوائد البيئية للسيارات الكهربائية خلال مرحلة التشغيل، فإن عمليات التصنيع تواجه تحديات جسيمة، أبرزها الاعتماد على معادن نادرة مثل الكوبالت الذي يتركز إنتاجه في مناطق محدودة الذي يعرض سلاسل التوريد لاضطرابات محتملة ، كما تستهلك عمليات تعدين معادن مثل الليثيوم والألمنيوم طاقةً كبيرةً، والذي يرفع البصمة الكربونية لصناعة هذه المركبات و لا يقتصر التحدي على الندرة فحسب، بل يشمل التنافس العالمي على موارد مثل الجرافيت ذات الاستهلاك (50-100 كيلوغرام) والنحاس المستخدمة أيضاً في قطاعات الطاقة المتجددة والصناعات الإلكترونية وكما موضح في الجدول (24)⁽¹⁾ .

(1) World Bank ،2017، Op. Cit, p63-85

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

الجدول (24) المتطلبات المعدنية في تصنيع المركبات (السيارات) الكهربائية

المعادن المستخدمة	كمية الاستهلاك التقريبية كيلوغرام / سيارة او مركبة	التطبيقات الرئيسية
الليثيوم	12.7-0.09	كاثودات البطاريات
النيكل	39	زيادة كثافة الطاقة في الكاثودات
الكوبالت	91-5.2	تحسين الاستقرار الحراري للبطارية
المنغنيز	91.5-0	تقليل الاعتماد على الليثيوم في الكاثودات
النحاس	71.8-0	اللفائف الكهربائية، الكابلات، أنظمة التوصيل
الديسبروسيوم	0.43-0.0005	مغناطيسيات لزيادة كفاءة المحركات
الغاليوم	0.004-0.001	في بطاريات الليثيوم أيون، المكونات الالكترونية
الاندوميوم	0.00005-0.00003	في بطاريات الليثيوم أيون، أشباه الموصلات، شاشات العرض، تقنيات الاتصال اللاسلكية في السيارات
الرصاص	12	تقدير أقل في المركبات الكهربائية، وتقدير أعلى في السيارات الصغيرة الهجينة
النيوديميوم	2.91-0.0062	تقدير أقل في المركبات الكهربائية التي تعمل بالبطاريات، وتقدير أعلى في السيارات التي تعمل بخلايا الوقود
البلاتينيوم	0.0008-0.000064	محولات العادم، أنظمة التعليق، أجزاء المحرك
الفضة	0.007-0.005	الموصلات الكهربائية في الدوائر الالكترونية
التيتانيوم	78.38-0	مكونات الهيكل، أنظمة التعليق، أجزاء المحرك
العناصر الأرضية النادرة	2	مغناطيسيات النيوديميوم لزيادة كفاءة المحركات
الالمنيوم	100-50	هياكل خفيفة الوزن للبطاريات وأنظمة التبريد
الجرافيت	100-50	انودات البطاريات مشتق من الكربون
السيليكون	5-2.5	رقائق أشباه الموصلات في أنظمة التحكم

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

World Bank ،The Growing Role of Minerals and Metals in a Low-Carbon Future.2017, p58-

75

2-3-2-6 المتطلبات المعدنية في بطاريات تخزين الطاقة

تختلف متطلبات المعادن في تقنيات بطاريات تخزين الطاقة بشكل كبير وفقاً لنوع البطارية وتقنياتها والذي يؤثر على الجدوى الاقتصادية والاستدامة البيئية ، و تُعد بطاريات الليثيوم أيون (NMC) من أكثر الأنواع انتشاراً إذ تعتمد على الليثيوم بكميات تتراوح بين 0.12-0.15 كغم/كيلوواط مع استخدام النيكل (0.3-0.5 كغم/كيلوواط) والكوبالت (0.1-0.2 كغم/كيلوواط) لتعزيز كثافة الطاقة والاستقرار الحراري لكنها تواجه انتقادات بسبب الاعتماد على معادن نادرة مثل الكوبالت و الذي يرتبط تعدينه بانتهاكات حقوق الإنسان في مناطق مثل جمهورية الكونغو الديمقراطية ، إذ تُقدم بطاريات الليثيوم أيون (LFP) بديلاً أكثر استدامة عبر استبدال الكوبالت بالحديد (0.5-0.7 كغم/كيلوواط) التي يتل تكاليف والمخاطر الأخلاقية رغم تنافسها مع بطاريات NMC في الكفاءة ، و تتميز بطاريات الرصاص الحامضية بتكلفتها المنخفضة

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

لكنها تعتمد بشكل مكثف على الرصاص (10-15 كغم/كيلوواط) الذي يجعلها ثقيلة وذات بصمة بيئية عالية بسبب سمية الرصاص بينما يُستخدم النحاس (0.5-1 كغم/كيلوواط) في التوصيلات الكهربائية، ومن ناحية أخرى، تعد بطاريات الصوديوم أيون خيارًا واعدًا بسبب وفرة الصوديوم (0.3-0.5 كغم/كيلوواط) مقارنةً بالليثيوم مع استخدام الحديد (0.2-0.4 كغم/كيلوواط) لدعم الهياكل الكيميائية والذي قد يُقلل الاعتماد على الموارد المحدودة. واما في سياق البطاريات المتخصصة تستهلك بطاريات تدفق الفاناديوم (VRFB) كميات كبيرة من الفاناديوم (5-8 كغم/كيلوواط) في المحاليل الكهربية، وهو معدن نادر نسبيًا يرفع تكاليف الإنتاج، بينما تعتمد بطاريات النيكل هيدريد المعدني (Ni-MH) على النيكل (0.5-0.8 كغم/كيلوواط) والليثيوم (0.5-1 كغم/كيلوواط) لتحسين السعة والأداء لكنها تواجه منافسة من التقنيات الأكثر تطورًا⁽¹⁾ ⁽²⁾.

الجدول (25) المتطلبات المعدنية في بطاريات تخزين الطاقة

نوع البطارية	المعادن الأساسية	المعادن الثانوية الإضافية	كمية الاستهلاك التقريبية (كيلو غرام / لكل كيلوواط/ساعة)	التطبيقات الرئيسية
بطاريات الليثيوم-ايون (NMC)	الليثيوم Lh	النيكل-المنغنيز-الكوبالت	(Lh) 0.15-0.12 > (Ni) 0.5-0.3 > (Co) 0.2-0.1	تخزين الطاقة المنزلية، أنظمة الشبكات الكهربائية للسيارات الكهربائية
بطاريات الليثيوم-ايون (LFP)	الليثيوم Lh	الحديد-الفسفور	(Lh) 0.15-0.12 > (Fe) 0.7-0.5	التطبيقات الصناعية، أنظمة الطاقة الشمسية المنزلية
بطاريات الرصاص الحمضية (pb)	الرصاص pb	النحاس-الكبريت	(pb) 15-10 > (Cu) 1-0.5	أنظمة الطاقة الاحتياطية، أنظمة الإضاءة الطارئة
بطاريات الصوديوم-ايون (Na)	الصوديوم Na	الحديد-المنغنيز	(Na) 0.5-0.3 > (Fe) 0.4-0.2	تخزين الطاقة على نطاق واسع في مراحل التطوير
بطاريات التدفق (الفاناديوم) (v)	الفاناديوم V	الكربون-البوليمرات	(V) 8-5	تخزين الطاقة طويلة الأمد للشبكات الكهربائية الكبيرة
بطاريات النيكل-هيدريد المعدني (NiMH)	النيكل Mn	الليثيوم-المنغنيز	(Mn) 0.8-0.5 > (Lh) 0.1-0.05	التطبيقات الصناعية القديمة، بعض السيارات الهجينة

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

(1) International Renewable Energy Agency. Renewable Energy and Materials Supply Chains, 2023, (2) International Energy Agency. The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions, 2024, p23-109.

(1) World Bank ،2017، Op. Cit، p1-84

(2) المفوضية الأوروبية، 2011، مصدر سابق

الفصل الثاني: التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة

يستنتج من الفصل الثاني التحليل الجيوسياسي لمعادن الطاقة المتجددة مُسلطاً الضوء على التفاوت في توزيع الاحتياطات العالمية أذ تهيمن الصين على إنتاج العناصر النادرة 80% وتتركز ثروات الكوبالت في الكونغو الديمقراطية 70% بينما تُعد أستراليا مركزاً رئيسياً لليثيوم وهذا التوزيع يظهر اختلالاً جيوسياسي يدفع الدول للتنافس على السيطرة سواء عبر استثمارات الصين في أفريقيا وأمريكا اللاتينية أو محاولات الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي في تنويع مصادر إمداداتهم.

يكشف الاستهلاك العالمي عن تبعية أوروبا وأمريكا للواردات اذ تُستورد 90% من احتياجاتهم بينما تستهلك آسيا بقيادة الصين 71% من الإنتاج العالمي فضلاً عن عدد من اقاليم الإنتاج والاحتياط مثل افريقيا وأمريكا اللاتينية وأستراليا لا تستهلك الا نسبة قليلة من معادنها و90% منها صادرات ولا تقتصر التحديات على الجوانب الجيوسياسية والاقتصادية بل تشمل مخاطر بيئية وهي تلوث واستنزاف مائي واجتماعية هي عمالة الأطفال منها في مناجم الكوبالت.

يُشكل هذا الفصل أساساً لفهم التنافس الجيوسياسي الذي سيتعمق في الفصل التالي فالتوزيع غير المتكافئ للموارد يدفع الدول إلى تشكيل تحالفات إقليمية، منها تحالف مثلث الليثيوم بين تشيلي والأرجنتين وبوليفيا، أو مبادرات مثل الحزام والطريق الصينية للسيطرة على طرق التجارة، وفي الوقت نفسه تبرز صراعات جديدة، كالمنافسة بين الصين وامريكا على مناجم أفريقيا، أو العقوبات الدولية التي تستهدف روسيا لتحجيم نفوذها في أسواق المعادن

في الختام يؤكد الفصل أن معادن الطاقة المتجددة ليست مجرد مدخلات صناعية بل هي أدوات لإعادة تشكيل الخريطة الجيوسياسية العالمية، فالقدرة على تأمين إمدادات هذه المعادن تُحدد موقع الدول في السباق نحو الهيمنة التكنولوجية والاقتصادية، ومع ذلك فإن تحقيق التوازن بين الطموحات الجيوسياسية ومتطلبات الاستدامة يظل تحدياً مركزياً، ويتطلب تعاوناً دولياً غير مسبوق لضمان انتقالٍ عادلٍ إلى مستقبلٍ أخضر مستدام.

-3-

التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة
(دول مختارة)

3-1 الابعاد الاستراتيجية والجيوسياسية للصين الشعبية في مجال
معادن الطاقة المتجددة

3-2 الابعاد الاستراتيجية والجيوسياسية للولايات المتحدة الامريكية في
مجال معادن الطاقة المتجددة

3-3 ابعاد التنافس الصيني - الأمريكي على معادن الطاقة المتجددة

تمهيد:

لم تعد المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة مجرد مدخلات صناعية، بل تحولت إلى محور للتنافس الجيوسياسي بين القوى الكبرى وعلى رأسها الصين والولايات المتحدة الأمريكية.

تتمتع الصين بمكانة مهيمنة في سوق هذه المعادن أذ تسيطر على كمية كبيرة منها ويعزز هذا الموقف الاستراتيجي سلسلة من السياسات التوسعية، بما في ذلك مبادرات من أبرزها هي مبادرة الحزام والطريق، إلى جانب استثمارات ضخمة في مناطق غنية بالموارد تمثلت منها أمريكا اللاتينية وأفريقيا ، بالمقابل تواجه الولايات المتحدة الأمريكية تحديات كبيرة بسبب اعتمادها على الواردات الخارجية لتلبية 80% من احتياجاتها من المعادن وأكثرها هي المعادن النادرة ، ولتجاوز هذا التحدي تبذل جهوداً مكثفة لتعزيز الإنتاج المحلي وتطوير تقنيات إعادة التدوير للمعادن، وإقامة تحالفات استراتيجية، منها تحالف الرباعية مع أستراليا والهند واليابان، فضلاً عن إصدار تشريعات داعمة أبرزها "قانون خفض التضخم لعام 2022".

يهدف هذا الفصل الى تحليل الأبعاد المختلفة لهذا التنافس بدءاً من السياسات المحلية التي تنظم قطاع التعدين مروراً بالاستراتيجيات الجيوسياسية الرامية إلى ضمان السيطرة على الموارد، ووصولاً إلى التحديات البيئية والاقتصادية التي تواجهها الدول المعنية، كما يناقش الفصل كيفية إعادة تشكيل هذا الصراع للتحالفات العالمية، وتأثيره على وتيرة التحول نحو الطاقة النظيفة ليس كمجرد سباق تكنولوجي، بل كصراع استراتيجي للهيمنة الاقتصادية في القرن الحادي والعشرين.

من خلال مقارنة متعمقة بين النموذجين الصيني والأمريكي يجيب الفصل على مجموعة من الأسئلة المهمة، مثل كيف تُعيد المعادن المستخدمة الطاقة المتجددة تشكيل النظام الدولي؟ وما هي الآثار المترتبة على التنافس بالنسبة للأمن الاقتصادي والبيئي للدول النامية الغنية بالموارد؟ وكيف يمكن أن يُشكّل توازن القوى الناشئ مستقبل الطاقة المتجددة على المستوى العالمي من خلال طرح ابعاد التنافس؟

3-1 الابعاد الاستراتيجية والجيوسياسية للصين الشعبية في مجال معادن الطاقة المتجددة

إن القرن الحادي والعشرين يُعرف بقرن البيئة والمناخ إذ تُشكّل العقود القادمة محطة حاسمة في تحديد ملامح النظام البيئي العالمي، وقدرة الأجيال القادمة على مواجهة تداعيات التغيرات المناخية، وفي خِصَمِ هذا التحوّل العالمي، ظهرت الصين كقوةٍ رائدة في معادلة الطاقة المتجددة، لا سيما في ظلّ سعيها الحثيث لتحقيق أهداف الحياد الكربوني بحلول عام ٢٠٦٠ فبعد عقود من النمو الصناعي السريع الذي رَفَعَ من مكانتها الاقتصادية أدركت الصين مبكراً أهمية تحوّلها إلى نموذجٍ مستدام يُوازن بين التقدم التكنولوجي والحفاظ على الموارد الطبيعية.

3-1-1 الأهمية الجيوبوليتيكية لموقع ومساحة وسكان الصين الشعبية

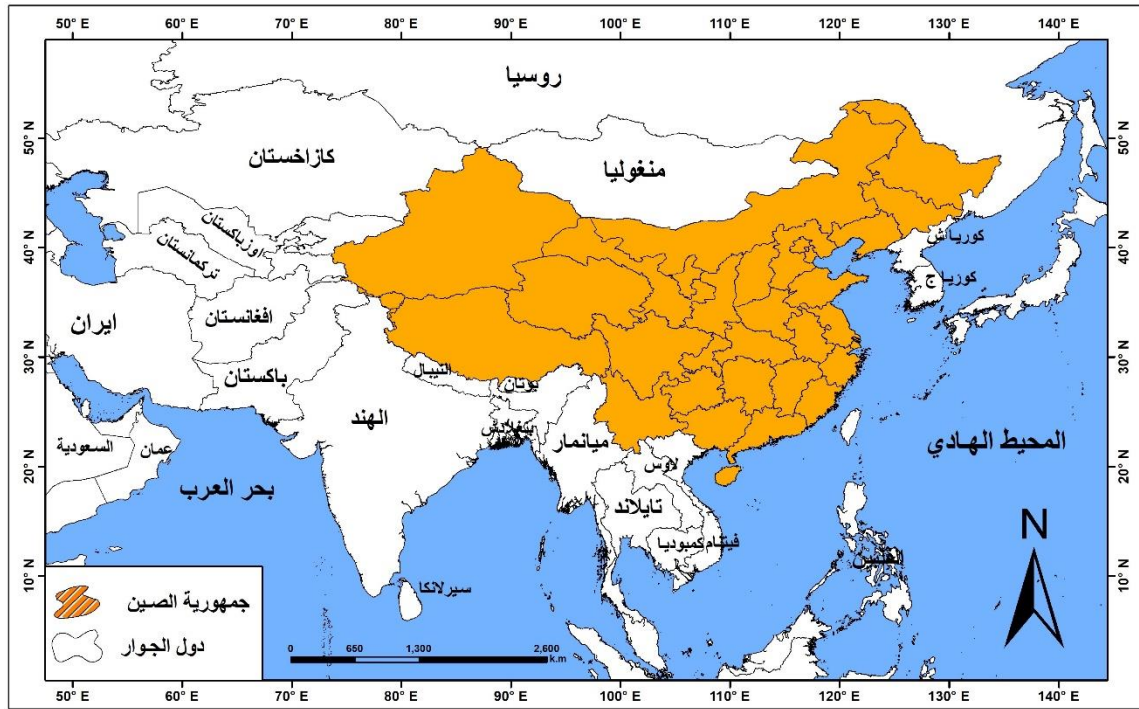
تسعى الصين بوصفها دولة ذات إرث حضاري عريق وموقع جيوسياسي مؤثر في جنوب شرق آسيا إلى إعادة هيكلة أولويات سياستها الخارجية بعيداً عن الاعتماد التقليدي على الولايات المتحدة الأمريكية والاتحاد الأوروبي نحو تعزيز تحالفاتها مع دول مجموعة البريكس روسيا، البرازيل، الهند، جنوب أفريقيا، والدول الآسيوية المجاورة والدول الأفريقية الأخرى، و يُعزى هذا التوجه إلى النمو الاقتصادي المتسارع لهذه الدول، ورغبة الصين في دفع إصلاحات هيكليّة في النظام الدولي الحالي الذي تهيمن عليه المؤسسات المالية الغربية كصندوق النقد الدولي والبنك الدولي، ووفقاً للرؤية الصينية تُعد دول إندونيسيا والمكسيك شركاء استراتيجيين في بناء نظام دولي أكثر تعددية مع الحفاظ على علاقات متوازنة مع الولايات المتحدة نظراً لأهميتها العسكرية والمالية، وفي سياق التحرر من الهيمنة الاقتصادية الأمريكية تبنت الصين مبادرات كإنشاء منطقة تجارية حرة لدول آسيا والمحيط الهادئ، وتعزيز مؤسسات مالية بديلة ساعية لتعزيز التعاون الإقليمي العادل، وتقليص الاعتماد على الآليات الغربية، وتُبرز المقومات الصينية من أذ القوة الديموغرافية أكبر تعداد سكاني عالمياً والموارد الطبيعية والبنية التحتية التكنولوجية والاقتصاد المتنوع أسباب صعودها كقوة مؤثرة تُعيد تشكيل التحالفات العالمية وتفرض نفسها كفاعل مركزي في صياغة النظام الدولي الجديد ولاسيما في مجال الطاقة المتجددة.

يعد الموقع هو نقطة الارتكاز للدراسات الجيوسياسية، ويحدد موقع الدولة بالنسبة لما يأتي **الموقع الفلكي** أي الموقع بالنسبة لخطوط الطول ودوائر العرض، إذ يعد الموقع بالنسبة لدوائر العرض هو أكثر أهمية من خطوط الطول لأنه يؤثر بشكل مباشر في مناخ الدولة والنشاط البشري لسكانها إذ تمتد الصين في نحو 35 درجة عرضية من 53 - 18 شمالاً، الذي يؤدي إلى تنوع الأقاليم المناخية وبالتالي الاقتراب من درجة الاكتفاء الذاتي إذ التنوع في الإنتاج الزراعي الذي يعمل على تنوع الأنشطة الاقتصادية، مما يؤدي إلى

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

التكامل بين أقاليم الدولة وتعزيز وحدتها الوطنية، وخلال ما لا يقل عن 60 درجة طولية من 74 شرقاً - 134 شرقاً، والمسافة بينهما 5200 كيلو متر ، اما الموقع بالنسبة لليابس والماء أي العلاقات التي تربط أرض الدولة بالظروف والمعالم الجغرافية وبالمناطق المجاورة لها، ما يمنح أو يمنع الدولة من التمتع بالعديد من المزايا، ويعرف الموقع الجغرافي من الناحية الاستراتيجية والجيوسياسية على أنه الموقع الذي يحظى بأهمية كبيرة عسكرياً أو اقتصادياً أو سياسياً التي قد تكون مجتمعة على المستوى المحلي أو الإقليمي أو العالمي، أذ تقع الصين في موقع جغرافي جعلها مركز وصل وحلقة مهمة في العالم، فهي تقع في الجنوب الشرقي للقارة الآسيوية ، وتطل على الساحل الغربي للمحيط الهادي، وتشارك حدودها مع أربع عشرة دولة، وهي منغوليا من الشمال، وروسيا من الشمال الشرقي، وكوريا الشمالية من الشرق، وكازاخستان وقيرغيزستان وطاجيكستان من الشمال الغربي، وأفغانستان وباكستان، والهند، ونيبال، وبوتان من الغرب، وبورما، وفيتنام، ولاوس من الجنوب، كما تشرف أيضاً على بحر الصين الجنوبي⁽¹⁾.

الخريطة (5) الموقع الجغرافي والفلكي لجمهورية الصين الشعبية



المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج Arcgis 10.8

تُشكّل المساحة الكبيرة للدولة عاملاً محورياً في تعزيز قوتها الجيوسياسية والاقتصادية أذ تحتل الصين المرتبة الثالثة عالمياً من أذ المساحة بنحو 9.6 مليون كم² وتمثل نحو 6.4% من إجمالي مساحة اليابسة العالمية، مع حدود برية تصل إلى 22,000 كم، وحدود بحرية تُمكنها من السيطرة على 3 ملايين كم² من

(1) اسلام عصمت السيد عبد الحليم قنديل، المقومات الطبيعية والبشرية المؤثرة في الهيمنة السياسية للصين، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، كلية الآداب جامعة المنوفية، مصر، م 17، العدد 30، 2020، ص 194

المياه الإقليمية وفقًا لاتفاقية الأمم المتحدة لقانون البحار، ويُضاف إلى ذلك موقعها الجيوستراتيجي الفريد، الذي يربط بين القارة الآسيوية والمحيطين الهندي والهادئ، مما يعزز دورها كقوة عالمية في النظام الدولي مما يجعلها قادرة على توظيف مواردها الطبيعية والبشرية الهائلة لتعزيز نفوذها الإقليمي والعالمي.

السكان كعامل ديموغرافي في القوة الصينية أذ تُشكّل الكتلة السكانية الضخمة ركيزةً أساسية للقوة الصينية التي يُقدَّر عدد السكان بنحو 1.4 مليار نسمة حسب تقديرات 2020 مُشكِلين ما يقارب 17.20% من إجمالي سكان العالم وعلى الرغم من انخفاض معدل النمو السكاني إلى 0.43%، تظل الصين تواجه تحديات في دقة الإحصاءات الرسمية بسبب تعقيدات التوزيع الجغرافي والتركيبية الريفية ويتسم التوزيع السكاني بعدم التماثل، أذ يتركز 90% من السكان في سدس المساحة الكلية للبلاد، لاسيما في السهول الشرقية الخصبة كحوض اليانغتسي، أذ تصل الكثافة إلى 2000 فرد/كم² ، في المقابل تظل المناطق الغربية الجبال والهضاب شبه فارغة بسبب عوائق طبيعية كالتربة الفقيرة والمناخ القاسي ، تبرز مدن كبرى منها مدينة شنغهاي 29 مليون نسمة ومدينة بكين كمراكز حضارية جاذبة، فضلا عن ذلك يوجد 2,322 مليون جندي نشط في الجيش الصيني، فضلا عن 2,3 مليون جندي احتياط حتى لو خفضت الصين قوتها العددية كما تم الإعلان سيبقى الجيش الصيني هو الأكبر من أذ إجمالي عدد الجنود ، والجدير بالذكر أن الصين تحتل المركز الأول في العالم من أذ إجمالي عدد الجنود في الخدمة يليها الولايات المتحدة ثم الهند⁽¹⁾ .

3-1-2 الاحتياطي والإنتاج والاستهلاك لمعادن الطاقة المتجددة في الصين

تتبوأ الصين موقع الصدارة العالمية في احتياطي وإنتاج واستهلاك وتصدير العديد من المعادن الأساسية والاستراتيجية والنادرة او الخطيرة جيوسياسيا، والتي تُشكّل عصب الصناعات التكنولوجية المتقدمة وقطاعات الطاقة المتجددة، فبفضل سيطرتها على سلاسل الإمداد العالمية لمعادن جعلها تتحكم في مفاصل التحول الرقمي والطاقي العالمي ، ولا تقتصر أهمية هذه الهيمنة على الجانب الاقتصادي فحسب، بل تمتد إلى تعزيز النفوذ الجيوسياسي، أذ تُوظف الصين مواردها المعدنية كأداة تفاوضية في العلاقات الدولية، لاسيما مع الدول التي تسعى لتحقيق أمن الموارد في ظل التنافس على تقنيات المستقبل، هذا الواقع يضع الصين في قلب المعادلة الجيوسياسية للقرن الحادي والعشرين، أذ تصبح الموارد المعدنية سلاحًا غير تقليدي في صراع القوى العظمى من أجل الهيمنة التكنولوجية والاستدامة العالمية.

(1) اسلام عصمت السيد عبد الحليم قنديل، مصدر سابق، ص 198-203

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

الجدول (26) حجم احتياط وإنتاج معادن الطاقة المتجددة في الصين لعام 2024 (طن متري)

نوع المعدن	الاحتياطي	نسبة (%) من الاحتياطي العالمي	الانتاج	نسبة (%) من الانتاج العالمي
الليثيوم	3,000,000	12	33,000	19
الألمنيوم	45,000,000	12	41,000,000	59
الجرافيت	78,000,000	28	1,230,000	76
النيودميوم	800,000	54	35,000	22
المنغنيز	280,000,000	15	740,000	4
النحاس	41,000,000	5	1,700,000	7
الرصاص	20,000,000	21	1,900,000	45
النيكل	2,400,000	2	110,000	3
العناصر النادرة	44,000,000	40	240,000	69
الفضة	72,000	11	3,400	13
السيلينيوم	5,000	6	1,500	42
الزنك	44,000,000	20	4,000,000	33
الموليبدنيوم	5,800,000	39	110,000	42
القصدير	1,100,000	25	1,000	0.4
التيلوريوم	3,100	9	430	67
التيتانيوم	210,000,000	28	3,100,000	34
الفاناديوم	4,400,000	23	68,000	68
الغاليوم	1000	0.05	600	0.1
الهافنيوم والزيرونيوم	72,000	0.1	140,000	9
الكاديوم	92,000	37	9,000	40
الانديوم	1000	6	650	65
السيليكون	3,800,000	3	3,000,000	80
الديسبروسيوم	100000	10	14000	80

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

1-US Geological Survey & Orienting S. Mineral Commodity Summaries. Government

Printing Office. 2024.p 20-210

يوضح الجدول (26) احتياطي وإنتاج المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة في الصين التي تتصدر المرتبة الأولى في العالم من أذ تنوع وحجم الموارد المعدنية و تحتوي على احتياطيات ضخمة باجمالي من الليثيوم تقدر بثلاثة ملايين طن متري، والألمنيوم بـ 45 مليون طن متري والمنغنيز بـ 280 مليون طن متري والنحاس 41 مليون طن متري، والرصاص بـ 20 مليون طن متري والنيكل 2,4 مليون طن متري والعناصر الأرضية النادرة 44 مليون طن متري والفضة 72 ألف طن متري، والسيلينيوم 5 آلاف طن

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

متري والزنك 44 مليون طن متري والموليبدنوم 5,8 مليون طن متري والجرافيت 78 مليون طن متري والقصدير 1,1 مليون طن متري والتيلوريوم 3,100 طن متري، والتيتانيوم 210 مليون طن متري والفاناديوم 4,4 مليون طن متري والغالسيوم ألف طن متري، والهافنيوم 72 ألف طن متري والكاديوم 92 ألف طن متري والإنديوم ب ألف طن متري، والسيليكون 3,8 مليون طن متري والديسبروسيوم 100 ألف طن متري والنيوديميوم 300 ألف طن متري.

بالنسبة للإنتاج ومن خلال الجدول (26) تبين ان الصين تصدر المشهد العالمي ايضا بإسهامات ضخمة تشمل إنتاج 33 ألف طن من الليثيوم و41 مليون طن من الألومنيوم و740 ألف طن من المنغنيز 1.7 مليون طن من النحاس و1.9 مليون طن من الرصاص و110 ألف طن من النيكل و240 ألف طن من العناصر الأرضية النادرة و3,400 طن من الفضة، و1.23 مليون طن من الجرافيت و1,500 طن من السيلينيوم و4 ملايين طن من الزنك و110 ألف طن من الموليبدنوم، و68 ألف طن من القصدير فضلا عن معادن أخرى كالتيلوريوم 430 طن والتيتانيوم 3.1 مليون طن والفاناديوم 68 ألف طن والغالسيوم 600 طن والهافنيوم 140 ألف طن والكاديوم 9 آلاف طن والاندسيوم 650 طن والسيليكون 3 ملايين طن والديسبروسيوم 14 ألف طن و النيوديميوم 35 طن.

تُعد الصين قوةً استهلاكيةً لا تُضاهى في مجال المعادن إذ تُشكّل أنماط استهلاكها انعكاسًا لسياساتها الصناعية الطموحة وحجمها الديموغرافي الهائل، ففي عام 2023 استهلكت الصين نحو 58% من الإنتاج العالمي للألومنيوم، بما يعادل 39.15 مليون طن متر في بمشاريع بنية تحتية ضخمة كالقطارات فائقة السرعة والمدن الذكية، إلى جانب صناعة السيارات الكهربائية التي تنتج نصف الإنتاج العالمي، ولا تقتصر الهيمنة على المعادن الأساسية، ففي قطاع الطاقة المتجددة تهيمن الصين على 47% من الطلب العالمي على الليثيوم ، وفي مجال اخر يبرز استهلاك الصين للكروم بنحو 6,200 طن متري مدعوم بصناعات الفولاذ المقاوم للصدأ وتوربينات الرياح، بينما تعتمد على استيراد 77% من إنتاج الكوبالت من الكونغو الديمقراطية لتغذية صناعة البطاريات العالمية، أما في معادن البناء والطاقة المتجددة الأخرى فتستهلك الصين 58% من النحاس العالمي و55% من النيكل عالميا معتمدةً على واردات ضخمة من دول تشيلي وإندونيسيا لتلبية احتياجات قطاعات البناء والتكنولوجيا النظيفة⁽¹⁾.

(1) U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook A-Z, Op. Cit, p1-20

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

في سوق العناصر الأرضية النادرة تستهلك 60% من الإنتاج العالمي وهي مادة حيوية لصناعة المغناطيسات الدائمة المستخدمة في توربينات الرياح والأجهزة الإلكترونية وفي الوقت نفسه تشهد معادن مثل الفضة تراجعاً نسبياً في استهلاك 789 طناً مترياً عام 2023 بسبب التباطؤ الاقتصادي، بينما تتجه الصين لتعزيز حضورها في معادن الناشئة مثل السيلينيوم 2,600 طن، والتيلوريوم 500 طن، والتي تُستخدم في صناعات الخلايا الشمسية والتقنيات الكهربائية، وعلى صعيد الجرافيت تُهيمن الصين على 73% من الاستهلاك العالمي 825,000 طن متري مستخدمةً إياه في صناعة أقطاب بطاريات السيارات الكهربائية، معتمدةً بشكل شبه كلي على الإنتاج المحلي ولا تعكس دائماً الاستهلاك المباشر، بل تُبرز هيمنة الصين على سلاسل التوريد العالمية فعلى سبيل المثال، سيطرة الصين على 77% من كوبات الكونغو لا تعني بالضرورة استخدامها محلياً بل تحويله إلى منتجات مُصنَّعة تُصدّر للخارج⁽¹⁾.

وفي إطار التحليل لأداء قطاع الطاقة المتجددة في الصين عام 2023، تنتج الصين من الطاقة الشمسية ما يقارب 50.2 مليون طن مكافئ وتشكل نسبة 35% من الإنتاج العالمي، بينما يبلغ استهلاكها من هذه الطاقة نحو 130.4 مليون طن مكافئ وشكل نسبة 35% من الاستهلاك العالمي. أما في مجال طاقة الرياح فإن الصين تنتج نحو 76.2 مليون طن مكافئ بنسبة 38% من الإنتاج العالمي، ويصل استهلاكها إلى 197.7 مليون طن مكافئ بنسبة 38% من الاستهلاك العالمي، وفي قطاع الطاقة الحرارية الأرضية والكتلة الحيوية تنتج الصين 17 مليون طن مكافئ مشكلة بذلك 25.4% من الإنتاج العالمي، ويبلغ استهلاكها 54.4 مليون طن مكافئ بنسبة 26% من الاستهلاك العالمي.

كما تبرز الصين في مجال أنظمة تخزين طاقة البطاريات، إذ تصل سعتها التخزينية إلى 27.1 بنسبة 48.6% من الحصة العالمية، فضلاً عن ذلك فإن الصين تحتل موقعاً متقدماً في إنتاج الطاقة الكهرومائية بإنتاجية تصل إلى 105.4 مليون طن مكافئ أي ما يعادل 28.9% من الإنتاج العالمي ويقابل ذلك استهلاك يقدر بنحو 273.7 مليون طن مكافئ بنسبة 28.9 من الاستهلاك العالمي⁽²⁾ الذي يؤكد دور الصين كقوة رائدة في مجال الطاقة المتجددة على المستوى العالمي.

(1) U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook A–Z, Op. Cit, p1-30

(2) energy institute ,2024, "Op. Cit". p45.

3-1-3 الملامح الاقتصادية الصينية في مجال معادن الطاقة المتجددة

في عام 2022 واجه الاقتصاد الصيني، وصناعة المعادن تحديات محلية ودولية متشابكة محلياً، أدت الإجراءات التقييدية لمواجهة جائحة كوفيد-19 خلال الربع الثاني من عام 2022 إلى تراجع قطاع العقارات والقطاعات المرتبطة به، والتي تُساهم بنحو 30% من الناتج المحلي الإجمالي دولياً، تسببت الصراعات الجيوسياسية، لاسيما الأزمة الروسية-الأوكرانية في اضطرابات سلاسل التوريد، وارتفاع تكاليف الطاقة، وتقلبات أسعار الصرف، كما واجهت الصين ضغوطاً تجارية ناتجة عن سياسات أمريكية مثل قانون خفض التضخم المتضمن إعفاءات ضريبية للسيارات الكهربائية، وسياسة "الصدافة الخارجية" الهادفة لإعادة توجيه سلاسل التوريد بعيداً عن الاعتماد الصيني. سجل الاقتصاد الصيني في عام 2023 نموّاً في قطاع التعدين بنسبة 7.3% مقابل 5.3% عام 2021، بينما تراجع نمو التصنيع إلى 3.0% من 9.8%، وارتفع إجمالي الاستثمار في الأصول الثابتة بنسبة 4.9% ليصل إلى 8.14 تريليون دولار، مع تفاوتات قطاعية أذ ارتفع الاستثمار في تعدين خامات الحديد 33% والفحم 24%، مقابل تراجع في الخامات الأخرى - 20%، في التصنيع حقق صهر المعادن نموّاً بنسبة 16%، بينما انخفض الاستثمار في معالجة الوقود المعدني -11%.⁽¹⁾

بلغ الاستثمار الأجنبي المباشر (Foeign Direct investment)، الذي يشير إلى الاستثمارات في الصين من قبل كيانات مقرها في دول أخرى، 189 مليار دولار أمريكي مقارنة بـ 181 مليار دولار أمريكي في عام 2021 وباستثناء هونغ كونغ وماكاو، كانت سنغافورة المصدر الرئيسي للاستثمار الأجنبي المباشر في الصين، أذ شكلت 5.6% من إجمالي الاستثمار الأجنبي المباشر، تليها جزر فيرجن البريطانية وجمهورية كوريا 3.5% لكل منهما واليابان وهولندا 2.4% لكل منهما، وألمانيا 1.4% أذ تم توجيه حوالي 0.8% من الاستثمار الأجنبي المباشر إلى قطاع التعدين مما أدى إلى إنشاء 28 شركة جديدة مقارنة بـ 1.5% من الاستثمار الأجنبي المباشر و25 شركة جديدة تم تأسيسها في عام 2021 من المجموع، تم تسجيل 743 شركة تعدين مدعومة بالاستثمار الأجنبي المباشر حتى نهاية عام 2023.

وبلغ الاستثمار المباشر الخارجي، والذي يشير إلى الاستثمار من قبل الكيانات الصينية في الدول الأجنبية 163 مليار دولار مقارنة بـ 179 مليار دولار في عام 2021، أذ ارتفع الاستثمار المباشر الخارجي في قطاع التعدين بنسبة 80% إلى 15.1 مليار دولار من 8.41 مليار دولار في عام 2021، واعتباراً من نهاية عام 2022 انخفضت القيمة الإجمالية المتراكمة للاستثمار المباشر الخارجي في الصين بنسبة

(1) U.S. Geological Survey, The Mineral Industry of China. 2022 Minerals Yearbook – China [Advance Release], U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 2025, pp 9.1.

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

1.0% إلى 2.75 تريليون دولار مقارنة بعام 2021 ومثلت الاستثمارات المباشرة الخارجية المتراكمة في قطاع التعدين 7.6% من إجمالي الاستثمارات المباشرة الخارجية المتراكمة. توزعت مساهمة الاستثمار الأجنبي المباشر، لقطاع التعدين بشكل رئيسي على إنتاج النفط والغاز الطبيعي، وتعددين ومعالجة المعادن غير الحديدية، وتعددين ومعالجة المعادن الحديدية، وتعددين وغسل الفحم، وقد بلغ إجمالي عدد الشركات الأجنبية المدعومة من مساهمة الاستثمار الأجنبي المباشر 46,563 شركة في عام 2023 منها 1,296 شركة تعدينية، أي ما يعادل 2.8% من الإجمالي⁽¹⁾.

وشهدت الاستثمارات العالمية في الطاقة النظيفة نموًا ملحوظًا من 248 مليار دولار عام 2014 إلى 745 مليار دولار عام 2023، مع هيمنة صينية غير مسبوقة، أذ تسيطر على 80% من إنتاج مكونات الطاقة الشمسية العالمية و 77% من طاقة إنتاج البطاريات. رغم ذلك، يُظهر تحليل ريستاد إنرجي أن التوسع الصيني أثار استجابة عالمية، مع تسارع تحولات الطاقة في دول أخرى كالولايات المتحدة والهند والاتحاد الأوروبي، التي تعمل على تقليل الاعتماد على الصين عبر استثمارات محلية، رغم أن تكاليف الإنتاج كانت أعلى مثل تكلفة الألواح الشمسية: 0.10 دولار/واط في الصين مقابل 0.30 دولار/واط في الولايات المتحدة وفي عام 2024 استثمرت الصين 6.8 تريليون يوان نحو 940 مليار دولار في قطاع الطاقة النظيفة، مقارنةً بذلك الاستثمار العالمي في الوقود الأحفوري 1.12 تريليون دولار، وعلى الرغم من تباطؤ نمو الاستثمارات من 40% عام 2023 إلى 7% خلال العام الحالي بسبب فائض الطاقة الإنتاجية، ارتفعت مساهمة القطاع في الناتج المحلي الإجمالي إلى 10% مقابل 9% عام 2023².

وفقًا لتحليل منظمة Carbon Brief ومركز أبحاث الطاقة والهواء النظيف (crea) سجلت الصناعات المرتبطة بالسيارات الكهربائية والبطاريات أعلى مساهمة في الناتج المحلي الإجمالي بقيمة 420 مليار دولار إنتاجية 196 مليار دولار استثمارات مصانع، بينما ساهمت الطاقة الشمسية 392 مليار دولار، تركز 190 منها في مشاريع توليد الطاقة. ومع ذلك، تراجعت مساهمة تصنيع الألواح الشمسية إلى 109 مليار دولار نتيجة انخفاض الأسعار العالمية. ورغم نمو قطاع الطاقة النظيفة بثلاثة أضعاف معدل الاقتصاد الكلي، انخفضت مساهمته في النمو الاقتصادي إلى 26% عام 2024 (مقابل 40% عام 2023)، مما يعكس تحديات مرتبطة بتباطؤ الطلب المحلي والدولي، وتشبع الأسواق وتُظهر هذه البيانات تحول الصين نحو تعزيز القطاعات التكنولوجية الخضراء كرافد استراتيجي للاقتصاد، مع استمرار تحديات كفاءة الاستثمار وتوازن السوق العالمي، إذ أن من المتوقع أن يتقلص التفوق الاستثماري الصيني بحلول 2027 مع زيادة الإنفاق العالمي، لاسيما في تصنيع الطاقة الشمسية، أذ تستهدف الولايات المتحدة والهند الاكتفاء الذاتي

(1) U.S. Geological Survey, The Mineral Industry of China., Op. Cit pp 9.1-9.2.

²U.S. Geological Survey, The Mineral Industry of China., ibid, p9.2.

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

بحلول 2026 ، ومع ذلك تواجه هذه الجهود تحديات بسبب السياسات مثل زيادة التعريفات الجمركية على السيارات الكهربائية الصينية إلى 102.5% في الولايات المتحدة و36.3% في الاتحاد الأوروبي والتي قد تعيق التحول العالمي نحو الطاقة النظيفة على الصعيد المحلي وقد عززت الصين مكانتها في صناعة السيارات الكهربائية بقيمة 230.8 مليار دولار خلال 2009-2023 عبر دعم حكومي مستمر متمثل في إعفاءات ضريبية متوقعة تُقدر بـ 76 مليار دولار خلال أربع سنوات. وارتفعت القيمة الإجمالية لصادرات الصين من السلع إلى 3.56 تريليون دولار، أو بنسبة 7.4% في 2023 مقارنة بعام 2021، أذ شكلت قيمة صادرات المعادن الأساسية ومصنوعاتها 8.3% من إجمالي صادرات السلع مقارنة بنسبة 8.0% في عام 2021، ومثلت قيمة صادرات المنتجات المعدنية 2.0% من إجمالي صادرات السلع مقارنة بنسبة 1.5% في عام 2021، وفي عام 2023 ارتفعت القيمة الإجمالية لواردات السلع بنسبة 1.1% إلى 2.71 تريليون دولار مقارنة بالقيمة في عام 2021 ، وشكلت قيمة واردات المنتجات المعدنية 29% من إجمالي واردات السلع مقارنة بنسبة 26% في عام 2021، منها الوقود المعدني والزيوت المعدنية ومنتجاتها 20% من إجمالي واردات السلع، والمعادن الأساسية ومصنوعاتها 5.9% ⁽¹⁾.

في عام 2023 زادت قيمة الصادرات في السلع المعدنية بنسبة 10% أو أكثر مقارنة بعام 2021 منها الزنك الخام، الذي زادت قيمته 15 مرة، هي كربونات الليثيوم بنسبة 587% وأكسيد الليثيوم وهيدروكسيد الليثيوم بنسبة 411% والألومينا بنسبة 380% والألمنيوم الخام بنسبة 215% والكوبالت الخام بنسبة 110% ووخام المعادن النادرة والمركبات بنسبة 63% وأشكال ومقاطع الصلب بنسبة 56% والجرافيت المصنع بنسبة 51% ومنتجات تكرير البترول بنسبة 49% وأكسيد الزنك وبيروكسيد الزنك بنسبة 47% و منتجات نصف مصنعة من الألومنيوم بنسبة 34% والأنثيمون الخام بنسبة 27% وأملاح التنفستات والجرافيت الطبيعي بنسبة 18% لكل منهما، والمغنيسيوم المتصهر بنسبة 12% وانخفضت قيمة صادرات القصدير الخام والنحاس الخام بنسبة 22% و 10% على التوالي.

فضلا عن زيادة قيمة كربونات الليثيوم، 12 مرة، وكلوريد البوتاسيوم بنسبة 116% والألمنيوم الخام بنسبة 86% وأكسيد وهيدروكسيد الليثيوم بنسبة 72% والذهب بنسبة 62% وخردة الألومنيوم بنسبة 61% وخام القصدير ومركباته بنسبة 54%، والبوكسيت بنسبة 44% والكروميت بنسبة 34، والسيليكون متعدد البلورات بنسبة 30، والكوبالت (غير اللامع وغير المشغول بنسبة 26% وخام الزنك ومركباته بنسبة 23% وخام المنغنيز ومركباته بنسبة 17% ، وشملت السلع المعدنية التي انخفضت قيمة وارداتها بنسبة 10% أو أكثر

(1) U.S. Geological Survey, The Mineral Industry of China, pp9.2-9.3

مقارنة بعام 2021 وشبه مصنعة من الألومنيوم بنسبة 39% والألومينا بنسبة 26% وخام الرصاص ومركزاته وثاني أكسيد التيتانيوم بنسبة 22% لكل منهما⁽¹⁾.

3-1-4 الاستراتيجيات الصينية في مجال معادن الطاقة المتجددة

3-1-4-1 استراتيجية الدمج المحلية

ما يخص السياسات المحلية الصينية يُحكم قطاع التعدين في الصين بموجب قانون الموارد المعدنية 1986 مع تعديلات في 1996 و2009، الذي يُنظّم عمليات التنقيب، وحقوق التعدين، واستخراج الموارد المملوكة للدولة ، تُدار الصناعة عبر أنظمة هرمية تشمل لوائح مجلس الدولة مثل نقل حقوق التعدين، ومؤسسات الحكم المحلي كمقاطعة بكين، ووزارات مركزية كوزارة الموارد الطبيعية ، تُخصص حقوق تعدين المعادن الاستراتيجية كالليثيوم و العناصر الأرضية النادرة من خلال مناقصات حكومية مركزية، بينما تُدار المعادن غير الاستراتيجية على المستويات الإقليمية ، وفي 2022 شهد الإطار القانوني تحديثات مهمة منها مراجعة مسودة قانون الموارد المعدنية بالتعاون بين وزارة الموارد الطبيعية ووزارة العدل ، إصدار قواعد إدارة المعلومات الجيولوجية السرية في أبريل 2022 لتعزيز حماية البيانات الحساسة ، ووضع إرشادات جديدة لاستخدام أراضي التعدين وإعادة تأهيلها في نوفمبر 2022 ، فضلاً عن مسودة ديسمبر 2022 لمراجعة ضوابط التصدير شملت تقنيات محظورة مرتبطة باستخراج العناصر الأرضية النادرة وتصنيع سبائك الفولاذ المتقدمة التي تعكس تركيز الصين على السيطرة الاستراتيجية على سلاسل القيمة المعدنية ذات الأهمية التكنولوجية والأمنية⁽²⁾.

تدار معظم أنشطة التعدين ومعالجة المعادن في الصين من قبل شركات مملوكة للدولة أو قابضة ، وكانت حصة ملكية الدولة مرتفعة في قطاعي الطاقة والتعدين ومعالجة المعادن ، اذ تمتلك الحكومة 10% من الشركات العاملة في تعدين ومعالجة خامات المعادن الحديدية و 72% من الأصول و 28% من الشركات العاملة في تعدين ومعالجة خامات المعادن غير الحديدية، و 65% من الأصول و 15% من الشركات العاملة في تعدين ومعالجة خامات المعادن غير المعدنية ، وكانت حصة ملكية الدولة أقل نسبياً في قطاعات الصهر والدرفلة وتصنيع المنتجات المعدنية ، ففي قطاع صهر ودرفلة المعادن الحديدية، امتلكت الحكومة 55% من الأصول و 6% من الشركات، وفي قطاع صهر ودرفلة المعادن غير الحديدية،

⁽¹⁾ U.S. Geological Survey, The Mineral Industry of China., Op. Cit, p 9.3

⁽²⁾ Moon, s. Facilitating trade in mineral resources: policy implications for trade between Africa, South Africa and East Asia. Thesis. University of Cape Town. South Africa. 2014.p17

امتلكت 55% و 8% على التوالي، وفي قطاع تصنيع المنتجات المعدنية اللافلزية امتلكت 31% و 6% على التوالي وفي قطاع تصنيع المنتجات المعدنية فلزية امتلكت 20% و 2% على التوالي. و في سعيها لتعزيز سوق المعادن منها العناصر الأرضية النادرة اتخذت الصين إجراءات مركزية لدمج صناعاتها المحلية المتناثرة تحت مظلة شركات مملوكة للدولة مستندة إلى خطة تنمية الموارد المعدنية من عام 2008-2015 هذه السياسة لم تهدف فقط إلى تحسين الكفاءة الإنتاجية، بل سعت أيضاً إلى تقليص الممارسات غير القانونية التي تورطت فيها شركات التعدين الصغيرة، مثل التهريب والاستغلال غير المنظم والتي كانت تُضعف السيطرة الحكومية وتُهدد الاستدامة البيئية ، في منغوليا الداخلية نجحت السلطات في دمج 31 شركة لاسيما في كيان واحد هو "باوتو للصلب النادر"، لكن التقدم في المناطق الجنوبية واجه تحديات معقدة أبرزها مقاومة أصحاب المصلحة المحليين الذين خسروا امتيازاتهم الاقتصادية ما كشف عن توترات بين الأهداف الوطنية والمصالح المحلية ، بالتوازي مع عمليات الدمج أطلقت الصين مشروعاً لبناء مخزون استراتيجي ضخم بنحو 100 ألف طن من هذه المعادن، أي ما يعادل الإنتاج العالمي السنوي بينما بررت الصين هذه الخطوة بالاستعداد لحالات الطوارئ، إذ إن حجم المخزون أثار مخاوف دولية من تحوُّله إلى أداة جيوسياسية للضغط على الأسواق العالمية، لاسيما في ظل سيطرة الصين على 80-90% من معالجة هذه العناصر عالمياً التي تشمل تحويل الخامات المعدنية الى منتجات قابلة للاستخدام. هذه المخاوف تعكس شكوكاً في النوايا الصينية وتُذكر بحوادث مثل تقييد تصدير المعادن النادرة عام 2010⁽¹⁾.

3-1-4-1 استراتيجية تقييد الصادرات

تبنت الصين سياسات صارمة للحد من تصدير العناصر الأرضية النادرة والمعادن الأخرى عبر نظامي الحصص والضرائب بدءاً من عام 2005، بهدف تعزيز صناعاتها التحويلية المحلية لا حماية البيئة كما ادَّعت الصين ، فمن خلال خفض حصص التصدير بأكثر من 50% بحلول 2012، وفرض ضرائب تصدير مرتفعة منذ 2007، سعت إلى خلق ميزة تنافسية لشركاتها المحلية عبر تقليل توافر هذه الموارد الحيوية في الأسواق العالمية، الأمر الذي أدى لرفع أسعارها وأثر سلباً على الدول المستوردة التي تعتمد عليها في صناعاتها التكنولوجية والحيوية ، ومن خلال هذه الإجراءات رغم تبريرها بزيادة الاستهلاك المحلي من 19 ألف طن عام 2000 إلى 73 ألف طن عام 2018 أذ كشفت عن تناقض بين الخطاب الرسمي والأهداف الحقيقية فتحول الصين من تشجيع التصدير بخصومات ضريبية في التسعينيات إلى تقييدها وهذا يعكس إستراتيجية لتعظيم النفوذ الاقتصادي حتى مع تباطؤ الاقتصاد العالمي وتطوير دولٍ لبدائل نادرة ورغم ثبات الحصص بين 2010 و 2015 ظلت السياسات مرنة لمواكبة تقلبات السوق التي عمقت الشكوك الدولية حول استخدامها كأداة جيوسياسية⁽²⁾.

(1) Moon, S. Op Cit, p17-18

(2) Moon, S. ibid, p19-20

3-1-4-1 استراتيجية التركيز على التكنولوجيا

اتخذت الصين من احتياجاتها الضخمة من المعادن أداة استراتيجية لتحقيق طموحاتها التكنولوجية مستندة إلى رؤية الرئيس جيانغ زمين عام 1999 بتحويل ميزة الموارد إلى تفوق اقتصادي، فمن خلال البرنامج الوطني للعلوم والتكنولوجيا 2006-2020، سعت أن تصبح الصين مركزاً في عام 2020 ورائدة عالمية في مجال الابتكار بحلول عام 2050 ولتحقيق هذا الهدف سعت الحكومة الصينية إلى استقطاب العديد من الشركات الأجنبية الرائدة في مجال المنتجات عالية التقنية المتعلقة بالسيارات والإلكترونيات لتحفيزها على نقل تقنياتها وتصنيعها الخاص إلى الصين ، وقد تم ذلك من خلال استراتيجيات مثل لوائح الاستثمارات الأجنبية في قطاع المعادن النادرة"، التي أصدرتها اللجنة الوطنية للتنمية والإصلاح عام 2002، وتراخيص التصدير التي طبقتها وزارة التجارة عام 2006، مما أجبر الشركات الأجنبية على نقل تقنياتها ومرافق تصنيعها إلى الأراضي الصينية كشرط للوصول إلى هذه الموارد، كما حظرت أنشطة التعدين والتتقية دون شراكة مع كيانات محلية والاستنزاف التكنولوجي، أذ استغلت بكين اعتماد الشركات العالمية لاسيما اليابانية على REEs في صناعات مثل المغناطيسات معدن النيوديميوم والإلكترونيات لانتزاع نقل تقني قسري كما تُظهر حالات مثل شوا دينكو وهيتاشي ميتالز، التي وسعت عملياتها في الصين تحت ضغط شح الموارد المعدنية⁽¹⁾.

3-1-4-1 الاستراتيجيات الخارجية المتعلقة بسياسة الصين اتجاه معادن الطاقة المتجددة

إلى جانب السياسات التنظيمية التي سنتها الحكومة الصينية، ثمة مسألة جوهرية أخرى تتعلق بطموح الصين لتراكم الأصول المعدنية في دول العالم خارج حدودها ومن أهم السياسات هي مبادرة الحزام والطريق أذ تعد استثمارات الصين في قطاع المعادن والتعدين ضمن إطار مبادرة الحزام والطريق غير واضحة نتيجة لطبيعة المبادرة المفتوحة أذ يمكن الاعتماد على عدد المشاريع الصينية المعلنة لتقدير حجم الاستثمار، أذ بلغ 56 مشروعاً في قطاع المعادن، منها 14 فقط ضمن المبادرة، وهو ما يمثل 13% من القيمة الإجمالية. ويبين الجدول (27) والخريطة (6) حجم الاستثمار الصيني في العالم أذ تركز الاستثمارات الصينية في منطقة إفريقيا جنوب الصحراء بالنصيب الأكبر من الاستثمارات الصينية الخارجية أذ تجاوز حجم الاستثمارات فيها 100 مليار دولار أمريكي، وقد بلغت حصتها نصف الاستثمار الصيني الخارجي 50%، وجاءت أستراليا في المرتبة الثانية بحجم استثمارات بلغ 47 مليار دولار التي شكلت نسبة 23% ، بينما

(1) Moon, S. ibid. p20-21

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

احتلت أمريكا اللاتينية المركز الثالث باستثماراتها وصلت إلى 27 مليار دولار أي بنسبة 13% ، اما في قارة أمريكا الشمالية فقد تركزت الاستثمارات الصينية بشكل رئيسي في كندا بالدرجة الأولى والولايات المتحدة الأمريكية بعدها أذ بلغ إجمالي الاستثمارات في هذه المنطقة 15 مليار دولار ، وفي أوروبا وصل حجم الاستثمارات الصينية إلى 8 مليار دولار، وقد تمثلت في دول أوروبا الوسطى والشرقية والمجر فضلا عن بولندا والتشيك وسلوفاكيا، بينما بلغت 5 مليار دولار في آسيا مع التركيز على دول إندونيسيا والفلبين وعدد من الدول الآسيوية الأخرى. وهناك اختلاف في استراتيجيات الصين الخارجية في دول افريقيا ودول أمريكا الشمالية والتي سوف نتطرق لها بالتفصيل.

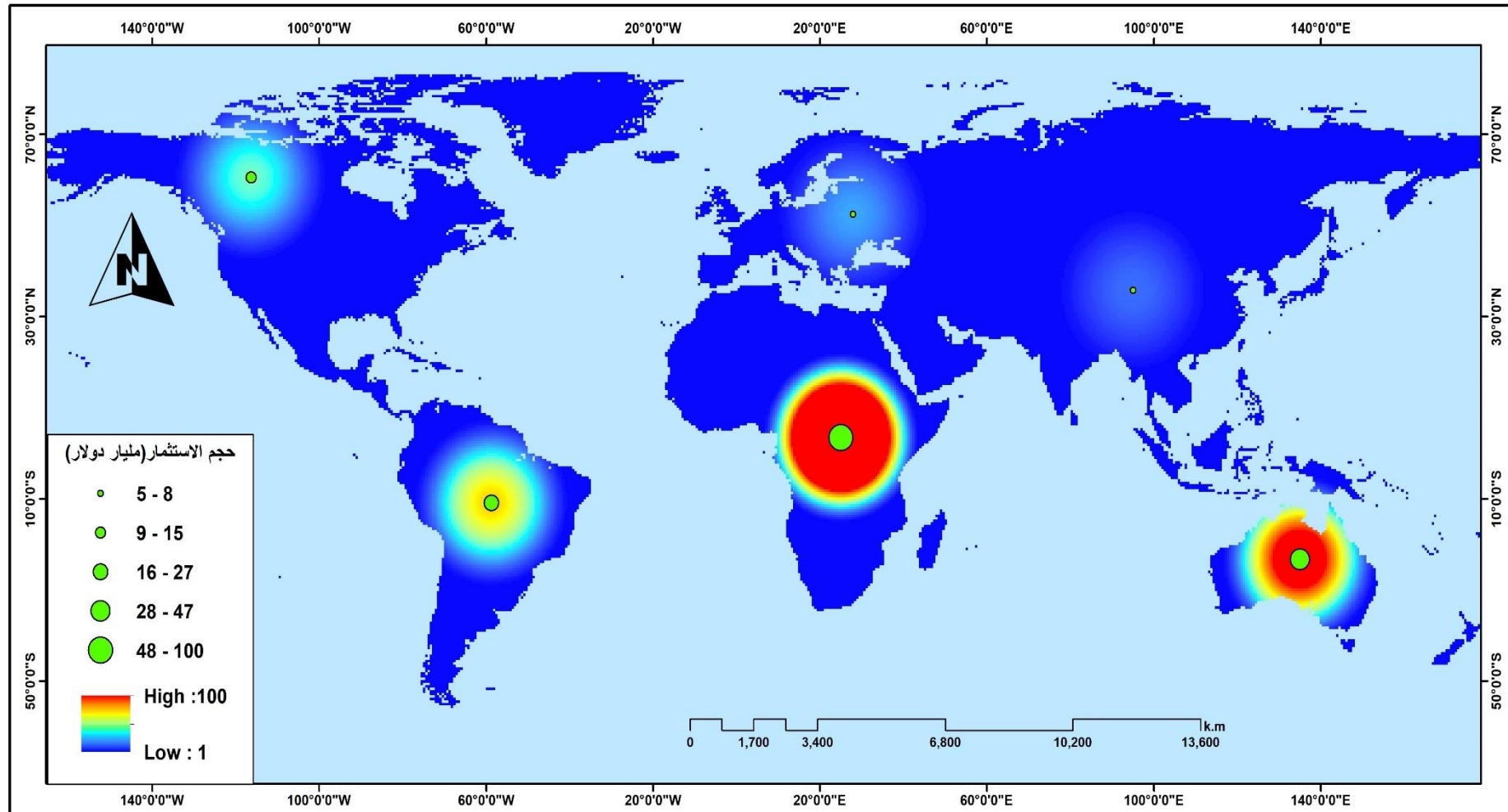
الجدول (27) حجم الاستثمارات الصينية لمناجم معادن الطاقة المتجددة في العالم لعام 2024

ت	القارة	حجم الاستثمار الخارجي(مليار دولار)	نسبة المساهمة من حجم الاستثمار
1	قارة اسيا	5	2.48%
2	قارة أمريكا الشمالية	15	7.43%
3	قارة أمريكا اللاتينية	27	13.37%
4	قارة افريقيا	100	49.50%
5	قارة استراليا	47	23.27%
6	قارة أوروبا	8	3.96%
	المجموع	202	100%

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

- 1-Transparency International Australia, Digging Deeper Global Chinese Mining Sector,2024, p1-20
- 2- Vasquez, PI, Humphreys, D & Bastide, China's engagement in the mineral sector in Latin America: Lessons learned and opportunities for international cooperation. in China's engagement in the mineral sector in Latin America: Lessons learned and opportunities for international cooperation, University of Dundee, No 8,2018, p1-11
- 3- KPMG & The University of Sydney Business School, Demystifying Chinese investment in Australia: KPMG Australia, 20th Edition, 2024, p11-14
- 4- Development Reimagined, Africa-China cooperation in critical minerals: Centering Africa's development in a global race,2024, p1-50

الخريطة (6) تمثيل حراري لتوزيع الاستثمارات الصينية لمناجم معادن الطاقة المتجددة في العالم



المصدر: من عمل الباحث اعتمادا بيانات الجدول (27) وعلى برنامج ArcGIS 10.8

أولاً: الاستراتيجية الصينية في دول أمريكا اللاتينية

تولي الصين اهتماماً استراتيجياً بدول أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، نظراً لاعتمادها الكبير على موارد هذه الدول لاسيما النحاس الذي يدعم قطاعات الطاقة والبناء، وخام الحديد المستخدم في صناعة الصلب مع نمو الاقتصاد الصيني توسع الطلب على مجموعة متنوعة من المعادن التي توفرها دول أمريكا الجنوبية بشكل رئيسي مثل بيرو وتشيلي، فضلاً عن المكسيك بدرجة أقل، تحولت الصين إلى شريك رئيسي في صادرات المنطقة لاسيما في قطاعات التعدين والهيدروكربونات، أذ تضاعفت مشترياتها أكثر من أربع مرات خلال العقد الماضي، ارتفعت حصة الصين من صادرات المعادن من أمريكا اللاتينية زيادة من 9% إلى 20% خلال الفترة من 2006 إلى 2016 التي تعميق التكامل الاقتصادي القائم على الموارد بين الطرفين، وتمتلك الصين حضوراً استثمارياً ثابتاً في قطاع التعدين بدول أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، وقد بلغت ذروتها في عام 2011 مع ارتفاع أسعار السلع الأساسية، وعلى الرغم من تراجع الأسعار بعد ذلك استمرت الاستثمارات الصينية بقوة مدعومة بحوارات استراتيجية مستمرة تركز على ضمان استدامة الموارد الخام وتعزيز التعاون في إطار معايير بيئية واجتماعية منظم.

في فترة شهدت تراجع الدول في الاستثمارات من أذ القيمة الدولارية قامت الشركات الصينية بضخ استثمارات كبيرة في قطاع التعدين والمعادن في دول أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي، فقد استثمرت هذه الشركات حوالي 4.5 مليار دولار أمريكي في عمليات الدمج والاستحواذ بين عامي 2011 و 2017، مقارنة بحوالي 1.3 مليار دولار فقط في الفترة من 2004 إلى 2010، ورغم أن الشركات الصينية بدأت مؤخراً في تنويع استثماراتها لتشمل مجالات أخرى، إلا أن قطاع التعدين لا يزال الأكثر جذباً لها في هذه المنطقة، ويرجع هذا التنويع إلى انخفاض حصة المعادن من إجمالي الاستثمارات الصينية إلى 20% بين 2011 و 2017، مقارنة بنسبة 42% في الفترة من 2004 إلى 2010، أذ تستهلك الصين حوالي 75% من خام الحديد المتداول عالمياً، وتحصل على نحو 660 ألف طن من خام النحاس ومركزاته، فضلاً عن 44% من النحاس المكرر من أمريكا اللاتينية لاسيما من دول المخروط الجنوبي، كما توفر هذه الدول حوالي 24% من واردات الصين من خام الحديد، وتعد بيرو الوجهة الرئيسية لمستثمري التعدين الصينيين، بينما بدأت تشيلي والأرجنتين مؤخراً تجذب اهتمام المستثمرين الصينيين في مجال الليثيوم وتفتح العلاقة المتزايدة بين الصين ودول أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي فرص نمو كبيرة لهذه الدول⁽¹⁾.

(1) Vasquez, PI, Humphreys, D & Bastida, China's engagement in the mineral sector in Latin America: Lessons learned and opportunities for international cooperation. in China's engagement in the mineral sector in Latin America: Lessons learned and opportunities for international cooperation, University of Dundee, No 8, 2018, p1-11.

تسيطر خمس سلع على صادرات دول أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي إلى الصين، ثلاثة منها معادن أذ يحتل خام الحديد المركز الثاني وخامات النحاس ومركزاته الرابع والنحاس المكرر الخامس، إلى جانب واردات أقل من الزنك والرصاص والنحاس غير المكرر رغم بقاء الولايات المتحدة الوجهة الرئيسية لصادرات المنطقة بنسبة 47% عام 2016، تشير توقعات اللجنة الاقتصادية لأمريكا اللاتينية عام 2018 إلى تخطي الصين للاتحاد الأوروبي ذات النسبة 23% عام 2016 كثاني أكبر شريك تجاري.

تحتل البرازيل مركزاً رئيسياً كثاني أكبر مُصدِّر لخام الحديد إلى الصين بعد أستراليا، أذ تُشكِّل صادراتها أكثر من 20% من إجمالي واردات الصين وتُساهم دول مثل تشيلي وبيرو بكميات أصغر، لكنها مهمة في سياق التبعية الصينية، ففي 2017 استوردت الصين 97% من إنتاج بيرو من خام الحديد، ونحو 60% من إنتاجها من النحاس المكرر الذي يُعدُّ المنتج التصديري الأبرز للبلد ، وتسود دول أمريكا اللاتينية ومنطقة الكاريبي ولاسيما تشيلي وبيرو في توريد واردات الصين من النحاس، أذ تُغطيان أكثر من 40% من احتياجاتها من مركّزات النحاس والمعدن المكرر، بينما تُسهم المكسيك والبرازيل بنسب أقل ، وتُعد تشيلي أكبر منتج عالمي للنحاس وشريكاً استراتيجياً للصين عبر تحالفٍ مُوقع عام 2005، يتضمن عقد إمداد لمدة 15 عامًا مقابل تمويل من بنك التنمية الصيني (CDB) لشركة كوديكو الحكومية وبدعمٍ من سياسات تشجيع الاستثمار الخارجي، وقد ركزت الاستثمارات الصينية في المنطقة على قطاعي التعدين والطاقة، أذ استحوزا على 60% من إجمالي الاستثمارات الصينية بين 2003-2016، بقيمة 27 مليار دولار في 48 مشروعاً تعدينيّاً مما يجعله القطاع الأكبر قيمةً والثاني في عدد الصفقات بعد السيارات¹.

وتعود استثمارات الصين في قطاع التعدين بأمريكا اللاتينية إلى عام 1992 مع شراء مجموعة شوغانغ الحكومية لمنجم هيرو بيرو للحديد، لكن الزخم الحقيقي بدأ في العقد الأول من القرن الحادي والعشرين لدعم الاقتصاد الصيني سريع النمو، وتُعد بيرو الوجهة الرئيسية للاستثمارات الصينية في التعدين بسبب ثروتها المعدنية، واللوائح المواتية، والعلاقات الثنائية المُتعمقة، أذ بلغت استثمارات الصين في قطاع التعدين البيرو 11.7 مليار دولار عبر 6 مشاريع 20% من إجمالي الاستثمارات في القطاع عام 2018 أبرز هذه الاستثمارات صفقة لاس بامباس عام 2014 بقيمة 7 مليارات دولار التي نفذتها شركة تشاينا مينيميتالز (MMG) لشراء ثاني أكبر منجم نحاس في بيرو من شركة جليנקور، والذي ساهم بنحو 18.5% من إنتاج

¹ Vasquez, PI, Humphreys, D & Bastida, Op Cit.p1-5.

النحاس البيرو عام 2017 ، كما تُطور شركة شينالكو الصينية منجم توروموتشو المُوصف بأنه أكبر مشروع نحاس صيني خارجي.

كانت البرازيل ثاني أكبر متلقٍ لاستثمارات التعدين الصينية في منطقة أمريكا اللاتينية والكاريبي، بعد بيرو في عام 2016، استحوذت شركة تشاينا موليبدينوم من شركة أنجلو أمريكان على أعمالها في مجال النيوبيوم والفوسفات في البرازيل - نيوبيو برازيل ليميتادا وفوسفاتوس برازيل ليميتادا، مما جعل الشركة ثاني أكبر منتج للنيوبيوم في العالم وثاني أكبر مورد للفوسفات في البرازيل، ولكن في عام 2018 تجاوزت تشيلي البرازيل كثاني أكبر متلقٍ لاستثمارات التعدين الصينية بعد شراء شركة تيانكي حصة 25% من شركة إس كيو إم التشيلية، ستكون أكبر منتج للثيوم في العالم بقيمة 4.1 مليار دولار أمريكي، وفي الآونة الأخيرة احتلت احتياطات الليثيوم في الأرجنتين وبوليفيا أيضًا الصدارة مع شراء شركة جانفينج الصينية لحصة إس كيو إم البالغة 37.5% في مشروع محلول الليثيوم الملحي، أذ استثمرت 16 مليار دولار في عام 2022 مينيرا إكسار في ذلك البلد⁽¹⁾ أن الاستثمارات الصينية من المعادن في دول أمريكا اللاتينية ومنطقة البحر الكاريبي تتركز على استخراج المواد الخام، وليس على معالجة المعادن أو غيرها من التطورات على طول سلسلة القيمة.

ثانيا: الاستراتيجية الصينية في دول افريقيا جنوب الصحراء

بدأت أنشطة التعدين الصينية في أفريقيا منذ أواخر ثمانينيات وأوائل تسعينيات القرن الماضي نتيجة للطلب المتزايد داخل الصين على المعادن الصناعية المهمة مثل النحاس والحديد والمنغنيز والكروم، ومن بين أوائل المشاريع المهمة كان مشروع ASA Metals الذي تأسس عام 1996 كمشروع مشترك بين شركة Sinosteel التي تمتلك 60%، وشركة تنمية مقاطعة ليمبوبو في جنوب أفريقيا التي تمتلك 40% استثمر هذا المشروع في منجم لخام الكروم ومصنع لصهر الفيروكروم ، منذ ذلك الوقت نما الاستثمار الصيني في قطاع التعدين بأفريقيا بشكل مستمر ، ووصل إلى ذروته في عام 2019 ويبلغ إجمالي الاستثمار الأجنبي المباشر الصيني في التعدين الأفريقي نحو 9.76 مليار دولار مما يجعله ثاني أكبر قطاع يستقطب الاستثمارات الصينية في القارة، أذ يمثل حوالي 23.8% من إجمالي الاستثمارات بعد قطاع البناء فقط. بالمقارنة، يشكل التعدين نسبة أكبر من الاستثمارات الأجنبية المباشرة الأمريكية والأوروبية في أفريقيا. ففي

(1) Vasquez, PI, Humphreys, D & Bastida, Op Cit.p5-7.

الولايات المتحدة، وصلت نسبة الاستثمار في التعدين الأفريقي إلى 70% في عام 2002، لكنها انخفضت إلى حوالي 30% بحلول عام 2020، أما الاتحاد الأوروبي فيوجه نحو 47% من استثماراته في أفريقيا إلى قطاع التعدين مقارنة بـ 7% فقط من استثماراته العالمية، بينما يتركز 45% من استثمارات المملكة المتحدة في أفريقيا في هذا القطاع.

على الرغم من أن الشركات الصينية دخلت صناعة التعدين العالمية في وقت متأخر نسبيًا، إلا أن حجم مشاركتها في أفريقيا لا يزال محدودًا مقارنة بعدد من الشركات الدولية الكبرى، ففي عام 2018 شكّلت الشركات الصينية حوالي 6.7% من إجمالي إنتاج المناجم في القارة، بينما تجاوزت شركة أنجلو أمريكان البريطانية هذا الرقم بأكثر من الضعف وتشير التقديرات الحديثة إلى زيادة هذه الحصة إلى نحو 8%.

من ناحية ملكية المناجم تحتل الصين المرتبة الخامسة في أفريقيا بعد الولايات المتحدة وأستراليا وكندا والمملكة المتحدة، وقد شهدت الصين توسعًا ملحوظًا في هذا المجال إذ ارتفع عدد المناجم المملوكة لها بنسبة 21.3% منذ عام 2019 مقارنة بزيادة قدرها 11% للمملكة المتحدة في حين شهدت حصص الولايات المتحدة وأستراليا وكندا تراجعًا⁽¹⁾، يتركز الاستثمار الصيني في قطاع التعدين في أفريقيا بشكل كبير في معادن محددة أذ تم تسجيل ثلاث من أبرز صفقات الاستثمار في جمهورية الكونغو الديمقراطية وهي 2.06 مليار دولار أمريكي من شركة الموليبدنوم الصيني، مليار دولار أمريكي من شركة بي إتش آن، و 1.1 مليار دولار أمريكي من بنك الصين، وكانت جميع تلك الاستثمارات موجهة لمشاريع النحاس أذ يجذب أكبر قدر من الاهتمام ووفقًا لتقرير جامعة بوسطن بين عامي 2000 و 2022، ذهب أكثر من الثلث أي نسبة 34.9% من الاستثمار الأجنبي المباشر الصيني للتعدين والمعالجة غير المرتبطة بالطاقة في أفريقيا إلى قطاع النحاس، يليه الاستثمار في الألومنيوم 19.7%، والحديد 15.1%، واليورانيوم 5.7%، والليثيوم 3.4%، تركزت أغلب الاستثمارات الصينية في عام 2018 في جنوب أفريقيا، إلى جانب جمهورية الكونغو الديمقراطية وزامبيا، التي كانت من الوجهات الرئيسية للمناجم التي تملكها الشركات الصينية، ومنذ عام 2020 برزت زيمبابوي كمركز لا سيما في قطاع تعدين الليثيوم.

⁽¹⁾ Development Reimagined, Africa-China cooperation in critical minerals: Centering Africa's development in a global race, 2024, p1-50

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

إلى جانب الاستثمار تتكون الواردات الصينية من أفريقيا في الغالب من الوقود المعدني والمعادن، اذ بلغ إجمالي واردات الصين من أفريقيا خلال السنوات الخمس الماضية 2019-2023 نحو 502.13 مليار دولار أمريكي، شكّلت المعادن منها حوالي النصف وفقاً لبيانات الأمم المتحدة Comrade، هيمنت الوقود المعدنية لاسيما النفط الخام على الصادرات الأفريقية إلى الصين، تليها الخامات والأحجار الكريمة والنحاس والمعادن الأساسية الأخرى يُظهر الجدول (28) أن النحاس المكرر وغير المكرر احتل الصدارة بقائمة الصادرات المعدنية، يليه الحديد والذهب والمنغنيز والألومنيوم ومجموعة معادن البلاتين تجدر الإشارة إلى أن الغالبية العظمى من هذه الصادرات تُصدّر في شكلها الخام دون معالجة، ذات نمطاً اقتصادياً يعتمد على تصدير الموارد الأولية بدلاً من المنتجات المُصنعة ذات القيمة المضافة.

الجدول (28) الأهمية النسبية لصادرات الدول الأفريقية الى الصين من المعادن المستخدمة في

الطاقة المتجددة لعامي 2019-2023

فئة المعادن	حصة من إجمالي الصادرات
خامات الحديد ومركزاته	6,45 %
نحاس مكرر وسبائك نحاس، خام	5,88 %
نحاس غير مكرر، أنودات نحاسية للتكرير الكهربائي	5,08 %
خامات ومركزات المنغنيز	3,76 %
خامات ومركزات الألومنيوم	3,72 %
معادن مجموعة البلاتين	3,66 %
خامات الكوبالت ومنتجات وسيطة أخرى من معادن الكوبالت	3,35 %
خامات الكروم ومركزاته	2,61 %
خامات ومركزات النحاس	1,88 %
خامات ومركزات النيوبيوم، التنتالوم، الفاناديوم أو الزركونيوم	0,65 %
خامات ومركزات الزنك	0,64 %
خامات ومركزات التيتانيوم	0,63 %
اليورانيوم والثوريوم ومركباتهما	0,47 %
خامات ومركزات النيكل	0,26 %
ألومنيوم خام	0,12 %
خامات الكوبالت ومركزاته	0,11 %

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

Development Reimagined, Africa-China cooperation in critical minerals: Centering

Africa's development in a global race,2024, p25

من حيث القيمة المطلقة، تُعد الصين حاليًا أكبر سوق للمعادن والمعادن الأفريقية، بقيمة 16.0 مليار دولار أمريكي في عام 2023، تليها القارة الأفريقية نفسها 12.1 مليار دولار أمريكي، والاتحاد الأوروبي 10.6 مليار دولار أمريكي، والولايات المتحدة 2.3 مليار دولار أمريكي، واليابان 1.8 مليار دولار أمريكي في الختام، يُعد قطاع التعدين ركيزة أساسية للعلاقات الاقتصادية بين الصين وأفريقيا، مع التركيز على المعادن الأساسية مثل النحاس والألمنيوم. وفي حين أن إنتاج الصين من التعدين في أفريقيا لا يزال أصغر من إنتاج الدول الغربية مثل المملكة المتحدة والولايات المتحدة، فقد توسعت ملكيتها للمناجم بسرعة أكبر في السنوات الخمس الماضية، متجاوزة القوى العالمية الأخرى، وتسلط ديناميكيات التجارة الضوء بشكل أكبر على اهتمام الصين المتزايد بقطاع التعدين في أفريقيا، إذ تحولت صادرات أفريقيا إلى الصين إلى تركيز أعلى من المعادن والفلزات، في المقابل لا تزال الصادرات الأفريقية إلى الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي أكثر تنوعًا، إذ تستورد هذه المناطق كلاً من المواد الخام والسلع المصنعة⁽¹⁾.

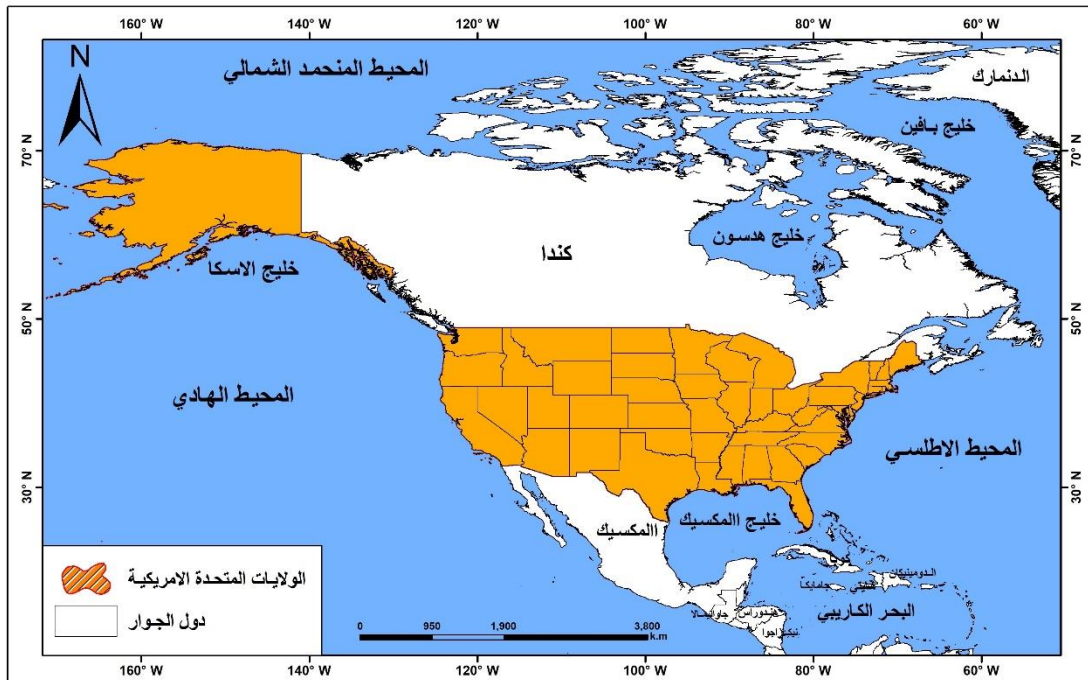
(1) Development Reimagined, Op Cit.p24-29

2-3 الابعاد الاستراتيجية والجيوسياسية للولايات المتحدة مجال معادن الطاقة المتجددة

1-2-3 الأهمية الجيوبوليتيكية لموقع ومساحة وسكان الولايات المتحدة الأمريكية

تمثل الولايات المتحدة الأمريكية كياناً جيوسياسياً ذا موقع فلكي وجغرافي مُميّز، يمنحها تأثيراً عالمياً في المجالات العسكرية والاقتصادية والثقافية، وهي جمهورية اتحادية دستورية أذ تتألف من خمسين ولاية وعاصمة المنطقة الفيدرالية هي واشنطن، موقعها الفلكي أذ تقع الولايات المتحدة في النصف الغربي من الكرة الأرضية، بين دائرتي عرض 25° و 49° شمالاً للولايات المتجاورة، مع امتداد ولاية ألاسكا إلى 71°23' شمالاً، وهاواي إلى 19° شمالاً. كما موضح في الخريطة (7).

الخريطة (7) الموقع الجغرافي والفلكي للولايات المتحدة الأمريكية



المصدر: من عمل الباحث باستخدام برنامج Arcgis 10.8

اما الموقع بالنسبة لليابس والماء يتركز الجزء الأكبر من الكتلة البرية للبلاد في وسط قارة أمريكا الشمالية، أذ تتوزع ثمان وأربعون ولايةً إلى جانب العاصمة بين سواحل المحيط الهادئ شرقاً والمحيط الأطلسي غرباً، وتشارك في حدود برية مع كندا من الجهة الشمالية والمكسيك من الجهة الجنوبية، أما ولاية ألاسكا الواقعة في الركن الشمالي الغربي للقارة فتحدها كندا من الشرق، بينما تفصلها مسافة ضيقة عن الأراضي الروسية غرباً عبر مضيق بيرينج، في حين تقع ولاية هاواي وهي أرخبيل جبلي بركاني في قلب المحيط الهادئ، فضلا عن ذلك تمتلك الولايات المتحدة أقاليم عدة وجزر منتشرة في منطقة الكاريبي والمحيط الهادئ، والتي تخضع لسيادتها دون أن تكون جزءاً من الاتحاد الدستوري.

يحدد موقع الولايات المتحدة بين المحيط الأطلسي شرقاً والمحيط الهادئ غرباً، وإحاطتها بحدود برية مع كندا شمالاً والمكسيك جنوباً إطاراً لسياساتها الجيوسياسية، فالسواحل الممتدة 19,920 كم² تُسهّل الاتصال التجاري عبر الممرات البحرية العالمية، مثل قناة بنما التي تربط المحيطين أذ يعزز هيمنتها على طرق التجارة الدولية ، وعسكرياً تُسيطر الولايات المتحدة على شبكة عالمية من القواعد العسكرية، مدعومةً بإتفاق دفاعي يتجاوز 800 مليار دولار سنوياً، وأسلحة متطورة كالأنظمة الصاروخية والطائرات المسيّرة ، سياسياً تُهيمن عبر منظمات مثل الأمم المتحدة وحلف الناتو، مستخدمةً أدوات مثل العقوبات الاقتصادية والدبلوماسية الوقائية ، اقتصادياً يُسهم الموقع الجغرافي في تنوع الموارد الطبيعية، أذ تُعد الدولة الأولى في إنتاج النفط الصخري والغاز الطبيعي والمعادن، وثاني أكبر منتج للفحم، فضلاً عن امتلاكها 25% من الأراضي الزراعية العالمية، يُضاف إلى ذلك اقتصادها الأكبر عالمياً بمنتجات محلي إجمالي يفوق 25 تريليون دولار، والذي يعتمد على قطاعات صناعية متقدمة كالفضاء والتكنولوجيا وخدمية كالمصارف والتأمين.

تأتي الولايات المُتحدّة في المركز الرابع عالمياً بعد روسيا وكندا والصين من أذ المساحة بنحو 3.79 مليون ميل مُربّع أو 9.83 مليون كم²، وتحتلّ المرتبة الثالثة عالمياً بعد الهند والصين من أذ عدد السكّان بنحو 340 مليون نسمة في عام 2025 وتتميّز الولايات المُتحدّة بأنّها واحدة من أكثر دُول العالم تنوعاً من أذ العرق والثقافة، وجاء ذلك نتيجة الهجرة الكبيرة إليها من بلدانٍ مختلفة⁽¹⁾.

3-2-2 الاحتياطي والإنتاج والاستهلاك لمعادن الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية

تم إنشاء إدارة تخزين المواد الاستراتيجية والحيوية في الولايات المتحدة الأمريكية بموجب القانون الفيدرالي لعام 1939 بهدف توفير إمدادات آمنة من المواد المصنفة كاستراتيجية أو حيوية لدعم القطاع العسكري والصناعي والاحتياجات المدنية الأساسية خلال حالات الطوارئ الوطنية، أذ يعرف القانون هذه المواد بأنها الضرورية لتلبية المتطلبات العسكرية والصناعية والمدنية في الظروف الطارئة والتي لا يتوفر إنتاج محلي كافٍ لها، وتعمل الإدارة ضمن إطار تخطيطي طويل الأجل يشمل تحديث قوائم المواد دورياً مع التركيز على المعادن النادرة والمواد الطبية والطاقة البديلة لضمان الأمن القومي، والحد من مخاطر الاعتماد على المصادر الخارجية. وصنفت الولايات المتحدة المعادن إلى أصناف هي معادن استراتيجية من الثمانينيات ومعادن حرجة عام 2008 ومعادن موصى بها من وزارة الدفاع عام 2010.

(1) United States – Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/United_States

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

الجدول (29) حجم احتياط وإنتاج معادن الطاقة في الولايات المتحدة لعام 2024 (طن متري)

نوع المعدن	الاحتياطي	نسبة (%) من الاحتياطي العالمي	الانتاج	نسبة (%) من الانتاج العالمي
الليثيوم	1,100,000	4.4	....	....
الالمنيوم	1,360,000	0.34	750,000	2
الكروم	63,000	0.01	....	....
الكوبالت	69,000	0.62	500	0.2
البلاتين	820	1.15	2,900	2
النحاس	50,000,000	5	1,100,000	5
الرصاص	4,600,000	5	270,000	7
النيكل	340,000	0.26	17,000	1
العناصر النادرة	1,800,000	1.7	43,000	13
الفضة	23,000	3.77	1,000	3.77
السيلينيوم	11,000	11.6	....	...
الزنك	6,600,000	3	750,000	7
الموليبدينوم	3,500,000	23.3	34,000	14
القصدير	20,000	0.5	1,000	0.4
التيلوريوم	4,000	12	90	14
التيتانيوم	2,000,000	0.3	200,000	3
الفاناديوم	45,000	0.23	10,000	10
الغاليوم	100	0.01	100	0.01
الهافنيوم والزيرونيوم	500,000	0.7	100,000	7
الكادميوم	32,000	13	220	1
الاندريوم	50	0.3	20	3
السيليكون	600,000	0.33	50,000	2
الديسبروسيوم	5000	1	300	2
النيوديميوم	10,000	0.6	400	0.25

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

1-US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government

Printing Office. 2024.p 20-210

يوضح الجدول (29) احتياطي المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة أذ بلغ اجمالها 72,682,970 مليون طن متري لعام 2024 منها الليثيوم 1.1 مليون طن متري والعناصر الأرضية النادرة 1.8 مليون طن متري كأحد أهم الركائز الداعمة لصناعات التكنولوجيا الفائقة والطاقة النظيفة فيها ، بينما تُهيمن على احتياطيات النحاس 50 مليون طن متري، والزنك 6.6 مليون طن متري والموليبدينوم 3.5 مليون طن متري، وهي معادن حيوية لصناعة الطاقة المتجددة ، كما تمتلك الولايات المتحدة احتياطيات مهمة من الرصاص 4.6 مليون طن متري، والفضة 23 ألف طن متري، و النيوديميوم 10 آلاف طن متري والالمنيوم 1.360 مليون طن متري والكروم 63,000 و الكوبالت 69 ألف طن

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

متري والبلاطين 820 طن متري و النيكل 340 ألف طن متري والسيلينيوم 11 ألف طن متري والقصدير 20 ألف طن متري و التيلوريوم 4000 طن متري التيتانيوم مليونين طن متري والفاناديوم 45 ألف طن متري و الغاليوم الذي يعد من المعادن النادرة 100 طن متري والهافينيوم 500,000 طن متري والكاديوم 32,000 طن والاندسيوم 50 طن الذي يعد أندر المعادن بعد العناصر الأرضية النادرة و السيليكون 600 ألف طن متري والديسبروسيوم 5000 طن متري والتي تُستخدم في تطبيقات تتراوح بين التخزين الطاقوي والإلكترونيات الدقيقة وتقنيات الطاقة النظيفة

كما يوضح الجدول (29) إنتاج المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة أذ بلغ إجمالي الإنتاج 3,327,633 مليون طن متري، و يشمل إنتاج 750 ألف طن من الألومنيوم و 500 طن من الكوبالت و 1.1 مليون طن من النحاس و 3 طن من البلاطين و 270 ألف طن من الرصاص و 17 ألف طن من النيكل و 43 ألف طن من العناصر الأرضية النادرة و 1,000 طن من الفضة، و 750 ألف طن من الزنك و 34 ألف طن من الموليبدنيوم و 1,000 طن من القصدير، و 90 طن من التيلوريوم و 200 ألف طن من التيتانيوم و 10 ألف طن من الفاناديوم، و 100 طن من الغاليوم و 100 ألف طن من الهافينيوم و 220 طن من الكاديوم و 20 طن من الإندسيوم و 50 ألف طن من السيليكون و 300 طن من الديسبروسيوم و 400 طن من النيوديميوم.

الاستهلاك تعتمد الولايات المتحدة على الواردات لتلبية 40% من استهلاكها من الألمنيوم بنحو 4.03 مليون طن متري عام 2022، مع تدفق معظمها من كندا التي تُعد ثاني أكبر مُنتج عالمي ودول مثل الإمارات وروسيا في محاولة لتجنب الاعتماد الكلي على الصين ، أما في الليثيوم فتستورد الولايات المتحدة 52% من كربونات الليثيوم من تشيلي، و 45% من الأرجنتين، بينما تأتي 83% من هيدروكسيد الليثيوم من تشيلي و 12% من روسيا وفقاً لبيانات هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية هذا التوزيع محاولة لتنويع المصادر بعيداً عن الهيمنة الصينية لكنه يظل مُعرضاً لمخاطر الاضطرابات الجيوسياسية في أمريكا اللاتينية ، لاسيما مع تصاعد نزاعات التعدين في دول مثل تشيلي، اما الكروم يبدو الاستهلاك الأمريكي متواضعاً 280 طن متري أذ اعتمادا على سلاسل التوريد الخارجية من دول جنوب إفريقيا وكازاخستان، بينما تُظهر كندا دوراً متنامياً في الكوبالت عبر إنتاجها المحلي 12% من الإنتاج العالمي وتكريهه لدعم صناعات البطاريات المستدامة بالشراكة مع شركات مثل "تسلا" ،أما المنغنيز فشهد استهلاك الولايات المتحدة تراجعاً بنسبة 17% عام 2020 بسبب جائحة كوفيد-19، مع اعتماد على الواردات من غابون وجنوب إفريقيا⁽¹⁾.

(1) U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook A-Z, Op. Cit, p1-20

تُعد الولايات المتحدة ثاني أكبر مستهلك للبلاطين عالمياً إذ تستورد 62% من احتياجاتها من جنوب إفريقيا 53% من الواردات عام 2022 وسويسرا 24% لدعم صناعة السيارات وتقنيات الهيدروجين ، وفي العناصر الأرضية النادرة تعتمد واشنطن بنسبة 80% على الصين رغم محاولات تقليل هذه التبعية عبر شراكات مع أستراليا وكندا إذ أعلنت الأخيرة عن خطط لإنشاء سلسلة توريد إقليمية بحلول 2030 ، ورغم أن أمريكا الشمالية تُستهلك 9% من النحاس العالمي 7% للولايات المتحدة وحدها، فإنها تستورد 37% من احتياجاتها من تشيلي وبيرو، بينما تُصدّر كندا جزءاً كبيراً من إنتاجها إلى الأسواق الآسيوية و تستهلك الولايات المتحدة 878 ألف طن سنوياً من الزنك مع اعتماد على الواردات من المكسيك وكندا التي تُعد ثامن أكبر منتج عالمي⁽¹⁾.

أما الموليبدنوم فتحل الولايات المتحدة المرتبة الثانية في الاستهلاك العالمي بنسبة تقدر 15% ضمن صناعات النفط والغاز لكنها لا تزال تستورد 30% من احتياجاتها من تشيلي والصين، واعتماد كلي للولايات المتحدة على الواردات في معادن منها، الفاناديوم 5660 طن مستورد عام 2023 والتيتانيوم 89% من الاحتياجات مع توجه لتعزيز الشراكات مع حلفاء مثل اليابان لضمان تدفق هذه المواد ،وفي الجرافيت زاد الاستهلاك الأمريكي 3% عام 2023 52 ألف طن مع تحوّل نحو مصادر من موزمبيق وكندا، بدلاً من الاعتماد الكلي على الصين أما الكاديوم والإنديوم فُتُظهر الواردات الأمريكية 385 طن و 250 طن على التوالي تركيزاً على التطبيقات العسكرية والتقنيات المتقدمة مع مخاوف من شح الإمدادات بسبب القيود الصينية على تصدير المعادن الحرجة⁽²⁾ .

وفيما يخص انتاج واستهلاك الطاقة المتجددة في الولايات المتحدة الأمريكية في عام 2023، تنتج الولايات المتحدة الأمريكية من الطاقة الشمسية حوالي 20.64 مليون طن مكافئ، وتشكل نسبة 14% من الإنتاج العالمي، بينما يبلغ استهلاكها من هذه الطاقة نحو 53.73 مليون طن مكافئ بنفس النسبة المئوية، أما في مجال طاقة الرياح فإن الولايات المتحدة تنتج ما يقارب 36.89 مليون طن مكافئ بنسبة 18.5% من الإنتاج العالمي، ويصل استهلاكها إلى 96 مليون طن مكافئ.

وفي قطاع الطاقة الحرارية الأرضية والكتلة الحيوية تنتج الولايات المتحدة 5.79 مليون طن مكافئ مشكلة بذلك نسبة 8.6% من الإنتاج العالمي، ويبلغ استهلاكها 17.43 مليون طن مكافئ بنسبة 8.3% من

(1) U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook A-Z, Op. Cit, p1-20

(2) US Geological Survey & Orienteering S. Op Cit.p32-205

الاستهلاك العالمي كما تتميز الولايات المتحدة بقدرة تخزينية في أنظمة البطاريات تصل إلى 15.8 بنسبة 28.3% من الحصة العالمية ، فضلا عن ذلك فإن الولايات المتحدة تنتج 20.30 مليون طن مكافئ من الطاقة الكهربائية بما يعادل 5.6% من الإنتاج العالمي، ويقابل ذلك استهلاك يقدر 52.77 مليون طن مكافئ، الذي يجعل الولايات المتحدة أحد أهم اللاعبين في مجال الطاقة المتجددة عالميا إجمالي، وتجدر الإشارة إلى أن هذه الأرقام تظهر تفوق الصين من أذ الحجم الإجمالي للإنتاج والاستهلاك مع احتفاظ الولايات المتحدة بموقع تنافسي قوي في مجالات طاقة الرياح والطاقة الشمسية وتكنولوجيا تخزين الطاقة⁽¹⁾.

3-2-3 الملامح الاقتصادية للولايات المتحدة الأمريكية في مجال معادن الطاقة المتجددة

في عام 2024 سجلت القيمة الإجمالية لإنتاج المعادن غير القودية في الولايات المتحدة ارتفاعاً طفيفاً ليصل إلى 106 مليارات دولار مقارنةً بـ 105 مليارات دولار في العام السابق 2023، وبحسب البيانات المعدلة، ارتفعت القيمة المقدرة لإنتاج المعادن الأساسية إلى 33.5 مليار دولار مقابل 33 مليار دولار في عام 2023 ، بينما حافظ إجمالي قيمة إنتاج المعادن الأخرى (الاستراتيجية والخطيرة) على استقراره عند 72.1 مليار دولار، مسجلاً الرقم نفسه المعدل لعام 2023 من بين مكونات القيمة الإجمالية لإنتاج المعادن الطاقة ، و انخفضت قيمة إنتاج المعادن الصناعية الأخرى بنسبة 3% لتسجل 34.2 مليار دولار.

وشهد عام 2024 استمرار انخفاض أسعار المعادن عالمياً بسبب زيادة العرض مع تراجع قيم إنتاج معادن بطاريات أيونات الليثيوم كالكوبالت والليثيوم والنيكل في الولايات المتحدة بنسبة 40-60% مقارنة بعام 2023، اذ سجلت كميات إنتاج النيكل، الكوبالت، البلاتين، البلاديوم، والكاديوم أكبر الانخفاضات تنازلياً مما أدى إلى تعليق أو تأخير مشاريع تعدين محلية، في المقابل زادت قيمة إنتاج الفضة 24% مع ارتفاع كميتها 6% ، وفي القطاع الصناعي أدت زيادة أسعار الركائز إلى ارتفاع قيم إنتاجها رغم تراجع الطلب الطفيف، وقد شملت أعلى الزيادات النسبية في قيم الإنتاج تنازلياً وعلى صعيد التصنيع دخل مصهر نحاس ثانوي في جورجيا حيز التشغيل، بينما بدأ مصنع في أوهايو معالجة خردة الكوبالت والنيكل لإنتاج منتجات بسيطة كما جرى إنشاء أو توسعة 13 منشأة لإعادة التدوير خلال العام ذاته⁽²⁾.

(1) energy institute ,2024, "Op. Cit". p 1-90

(2) US Geological Survey & Orienting S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2025.p 2-210

في مجال التجارة الخارجية في عام 2024 ظلت التعريفات الجمركية الإضافية المفروضة على الواردات من الصين سارية بموجب المادة 301 ب من قانون التجارة لعام 1974 بصيغته المعدلة المتضمن قوانين الصين وسياساتها وممارساتها المتعلقة بنقل التكنولوجيا والملكية الفكرية والابتكار ، أذ من خلاله رُفعت معدلات التعريفات الجمركية بشكل كبير على سلع متعددة، بما في ذلك المركبات الكهربائية من 25% إلى 100% والخلايا الشمسية سواء كانت مجمعة أم لا من 25% إلى 50% وأشباه الموصلات من 25% إلى 50%، سارية اعتبارًا من 1 يناير 2025، وبطاريات ليثيوم أيون للسيارات الكهربائية من 7.5% إلى 25% ومنتجات الألومنيوم والصلب من 7.5% إلى 25%.

وأعلن مكتب الصناعة والأمن التابع لوزارة التجارة الأمريكية عن حزمة من القواعد المصممة لزيادة إضعاف قدرة الصين على إنتاج أشباه موصلات متطورة يمكن استخدامها في الجيل الثالث من أنظمة الأسلحة المتقدمة وفي الذكاء الاصطناعي والحوسبة المتقدمة، والتي لها تطبيقات عسكرية مهمة وتشمل القواعد ضوابط تصدير جديدة تصل الى 24 نوعًا من معدات تصنيع أشباه الموصلات و3 أنواع من أدوات البرمجيات لتطوير أو إنتاج أشباه الموصلات، فضلا عن إضافات إلى قائمة الكيانات وإرشادات جديدة للتحذير لمعالجة مخاوف الامتثال والتحويل ، في 3 ديسمبر طبقت الصين قيودًا على تصدير الأنثيمون والغاليوم والجرمانيوم، مما أدى إلى توسيع قيود التصدير الحالية التي تم فرضها في عام 2023 على عدد من المواد، والتقنيات الاستراتيجية في "قائمة التقنيات المحظورة والمقيدة من التصدير في الصين" تنطبق قيود التصدير هذه على الولايات المتحدة فقط. فقد كانت الصين المنتج العالمي المهيمن للعديد من هذه المواد، والعديد من هذه المواد مدرجة في قائمة الولايات المتحدة للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة ⁽¹⁾. في 11 ديسمبر لعام 2023 رفعت الولايات المتحدة تعريفات بند المادة 301 على منتجات التنغستن إلى 25% ورقائق أشباه الموصلات إلى 50% اعتبارًا من 2025 كما أطلقت في 30 ديسمبر تحقيقًا جديدًا بموجب المادة ذاتها لدراسة تأثير الهيمنة الصينية في صناعة أشباه الموصلات وركائز كربيد السيليكون على القطاع الصناعي الأمريكي، مع التركيز على مخاطر الإنتاج الزائد وتركيز الإنتاج في الصين.

(1) US Geological Survey & Orienteering, 2025.OpCit.p5

أسهمت المعادن غير الوقودية بشكل جوهري في الاقتصاد الأمريكي، إذ ساهمت سلسلة التعدين و المعالجة و التصنيع منها في إجمالي الناتج المحلي الحقيقي بنحو 4.08 تريليون دولار عام 2024، بزيادة 4% عن عام 2023 واعتمد هذا الأداء على إنتاج محلي للمعادن الخام بقيمة 106 مليار دولار، ومواد مُعاد تدويرها محليًا، إلى جانب صافي واردات بقيمة 77 مليار دولار من المواد المعدنية المُعالجة، كما بيّنت البيانات اعتمادًا كبيرًا على الواردات إذ شكّلت أكثر من 50% من الاستهلاك الظاهري مع اعتماد كامل 100% على الواردات في 15 سلعة من بين 50 معدنًا بما فيها معادن الطاقة المتجددة إذ شملت فيها 14 من اللانثانيدات النادرة أي العناصر الأرضية النادرة ، وركزت المصادر الرئيسية لهذه الواردات 50 سلعة معدنية في دول مثل الصين وكندا 21 سلعة لكل منهما، تليهما ألمانيا 11 سلعة، والبرازيل 10 سلع، ثم اليابان والمكسيك وجنوب أفريقيا 8 سلع لكل منها.

بلغت القيمة التقديرية للاستثمار في مناجم انتاج المعادن في الولايات المتحدة 33.5 مليار دولار عام 2024، مسجلةً زيادة مقارنة بعام 2023 واستقر معدل استغلال الطاقة الإنتاجية في قطاع التعدين عند 53% بعد تراجعته خلال الأعوام الأربعة السابقة مع هيمنة النحاس بنسبة 30%، وخام الحديد بنسبة 16% على القيمة الإجمالية، في قطاع المعادن الصناعية بلغت القيمة التقديرية للإنتاج 72.1 مليار دولار دون تغيير عن 2023 ، بينما انخفض معدل استغلال الطاقة الإنتاجية إلى 85% مقابل 89% في العام السابق وجملةً قُدّرت قيمة إنتاج 14 سلعة معدنية أمريكية بأكثر من مليار دولار لكل منها مُشكّلةً 92% من الإنتاج العالمي لهذه السلع الذي يوضح الدور المركزي للولايات المتحدة في السوق العالمية للمعادن⁽¹⁾.

في مجال الاستثمارات الحكومية في معادن الطاقة المتجددة وأشباه الموصلات خصصت وزارة الدفاع الأمريكية عبر برنامج قانون الإنتاج الدفاعي DPA أكثر من 400 مليون دولار لدعم مشاريع تطوير القدرات المحلية لإنتاج معادن الطاقة المتجددة تشمل الألمنيوم، القصدير، مساحيق التيتانيوم والزركونيوم للتطبيقات الدفاعية والصناعية والكوبالت، الجرافيت، كربونات الليثيوم، المنغنيز، النيكل لصناعة البطاريات، وركائز الجرمانيوم للخلايا الشمسية الفضائية، وأكاسيد النيوديميوم والتيربيوم والعناصر الأرضية النادرة للمغناطيسات الدائمة والإلكترونيات ، منذ 1992 اعتُبرت كندا شريكًا محليًا ضمن برنامج DPA، وفي 2024 مُنحت شركات كندية أكثر من 40 مليون دولار لدعم خطة العمل المشتركة للولايات المتحدة وكندا للمعادن الحرجة بهدف تعزيز مرونة سلاسل توريد الكوبالت والجرافيت تماشيًا مع الاستراتيجية الوطنية

(1) US Geological Survey & Orienteering, 2025.OpCit.p6

للسناعات الدفاعية 2024 ، بدورها وجهت وزارة الطاقة الأمريكية عبر قانون البنية التحتية ثنائي الحزب 4.82 مليار دولار لتمويل 39 مشروعًا لتعزيز الإنتاج المحلي لمواد البطاريات المتقدمة أذ ركزت الجولة التمويلية الأولى على بناء وتوسيع مرافق إنتاج الليثيوم، الجرافيت، ومكونات البطاريات، بينما استهدفت الجولة الثانية قيد الموافقة نهاية 2024 زيادة قدرات التصنيع، وإعادة التدوير، واستخلاص العناصر الأرضية النادرة من مخلفات الفحم، والمواد المعاد تدويرها.

خلال العام المالية لعام 2023 خصص مكتب برامج القروض التابع لوزارة الطاقة الأمريكية 5 مليارات دولار عبر صفتين تمويليتين، إحداهما لدعم منشأة لإعادة تدوير بطاريات الليثيوم أيون مع طلبات تمويل قيد المراجعة بقيمة 14 مليار دولار، تشمل إنتاج كربونات الليثيوم ومرافق البطاريات ، وفي يناير 2024 أعلن المختبر الوطني للطاقة المتجددة NREL عن منح 1.8 مليون دولار لتطوير خلايا شمسية من تيلورايد الكاديوم CdTe لزيادة الكفاءة وخفض التكاليف ، وفي مارس 2024 وجهت إعفاءات ضريبية بقيمة 4 مليارات دولار بموجب قانون خفض التضخم لأكثر من 100 مشروع في 35 ولاية، بهدف تعزيز التصنيع المحلي للطاقة النظيفة مع تخصيص 1.5 مليار دولار لمجتمعات الطاقة التاريخية كما استثمر القطاع الخاص أكثر من 120 مليار دولار في سلاسل توريد المركبات الكهربائية، وأبرمت وزارة التجارة الأمريكية حتى ديسمبر 2024 اتفاقيات أولية مع 27 شركة لتنفيذ 40 مشروعًا لتصنيع أشباه الموصلات في 21 ولاية بموجب قانون CHIPS والعلوم 2022، أذ حُصص 34 مليار دولار من إجمالي 39 مليارًا كتمويل مباشر، و29 مليار دولار كقروض وأفادت التقارير باستثمارات قطاع أشباه الموصلات بقيمة 450 مليار دولار منذ إقرار القانون⁽¹⁾.

3-2-4 الاستراتيجيات الأمريكية في مجال معادن الطاقة المتجددة

3-2-4-1 الاستراتيجية الفيدرالية الأمريكية المحلية

في عام 2022 من قانون الطاقة لعام 2020 وبالإعتماد على التعريف المُحدد للمعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة والمعايير المرتبطة به قامت هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية بنشر التقرير النهائي لعام 2022 والذي تضمن قائمة المعادن الحرجة في السجل الفيدرالي ، أذ اشتملت القائمة على تحديثات جوهرية

(1) US Geological Survey & Orienteering S 2025.OpCit.p18-20

مقارنة بقائمة المعادن الحرجة الأمريكية الصادرة عام 2018 إذ تم توسيع نطاق السلع المعدنية المُدرجة من 35 إلى 50 سلعة معدنية أو مجموعة معدنية ومنها 26 معادن الطاقة المتجددة أذ شملت التعديلات إدراج معدني النيكل والزنك وتصنيف معادن مجموعة البلاتين والعناصر الأرضية النادرة بشكل منفصلة بينما تم استبعاد الهيليوم والبوتاس والرينيوم والسترونتيوم واليورانيوم مع الإشارة إلى أن عملية تحديث القائمة تخضع لمراجعة دورية كل ثلاث سنوات على الأقل مع إمكانية إجراء تعديلات استثنائية عند الضرورة بما يتوافق مع التطورات في البيانات والمتغيرات ذات الصلة.

عاجت سلسلة من الإجراءات التي اتخذتها الحكومة في السنوات الأخيرة نقاط الضعف في سلسلة التوريد المحلية لمعادن الطاقة المتجددة، اذ بدء الأمر التنفيذي رقم 13817 والذي هو استراتيجية اتحادية لضمان إمدادات آمنة وموثوقة من المعادن الاستراتيجية والذي صدر في 2017، وأطلقت الحكومة بأكملها دعوة للعمل لتحديد المعادن الأساسية أيضا ووضع استراتيجية لمعالجة نقاط الضعف في سلسلة التوريد الأمريكية، وبعد ذلك تم اتخاذ إجراءات إضافية بما في ذلك، نشرت هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية قائمة المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة لعام 2018، ونشرت وزارة التجارة الأمريكية بالتعاون مع الوكالات المختلفة " الاستراتيجية الفيدرالية لعام 2019 لضمان إمدادات آمنة وموثوقة من المعادن الأساسية ، كما وجهت عدة قرارات رئاسية لاستخدام سلطات قانون الإنتاج الدفاعي بموجب العنوان الثالث لتعزيز القاعدة الصناعية الأمريكية للعناصر الأرضية النادرة ، وايضا صدر الأمر التنفيذي رقم 13953 معالجة التهديد الذي يواجه سلسلة التوريد المحلية بسبب اعتمادها على المعادن الأساسية من الخصوم الأجانب ودعم صناعات التعدين والمعالجة المحلية، واهم اجراء هو قرار الكونجرس لقانون الطاقة لعام 2020 وإذ تم التوقيع عليه ليصبح قانون جيوسياسي⁽¹⁾.

وقد ركزت العديد من قوانين الكونغرس والإجراءات الحكومية الأخرى على الاستثمارات في مشاريع الطاقة النظيفة، رسم الخرائط المعدنية الهامة، والإنتاج، وإعادة التدوير والاستخلاص، وتقييم الموارد: الإنتاج المحلي للبطاريات مشاريع البنية التحتية البحث، والتطوير تحسينات الموانئ، والسكك الحديدية مشاريع سلسلة توريد أشباه الموصلات ، وشبكات الاتصالات ذات النطاق العريض وأنظمة المياه، وقد تضمنت هذه اجراءات أخرى وهي ما قره الكونغرس ووقع قانون البنية التحتية المشترك بقيمة 1.2 تريليون دولار المتمثل بقانون الاستثمار في البنية التحتية والوظائف في عام 2021، وسمح قرار رئاسي صدر في 2022

(1) US Geological Survey & Orienteering S 2025.OpCit.p19

باستخدام سلطات الدفاع لتعزيز القاعدة الصناعية الأمريكية للبطاريات ذات السعة الكبيرة، وعلى وجه التحديد زيادة التعدين المحلي ومعالجة المواد الحيوية سلسلة توريد البطاريات ذات السعة الكبيرة مثل الكوبالت الجرافيت والليثيوم والنيكل. قدم قانون المخصصات التكميلية لأوكرانيا لعام 2022 مبلغ 600 مليون دولار من اتفاق دارفور للسلام للصواريخ والذخائر لدعم أوكرانيا والمواد الاستراتيجية والحيوية لتوسيع القدرات المحلية. كما قدم قانون CHIPS * والعلوم لعام 2022 تمويلاً بقيمة 280 مليار دولار على مدى السنوات العشر القادمة للأبحاث المحلية وتسويق وتصنيع أشباه الموصلات.

ومن أهم القوانين الخاصة بمعادن الطاقة المتجددة والذي أقره الكونجرس هو قانون خفض التضخم لعام 2022، أذ تم التوقيع عليه ليصبح قانوناً بهدف الحد من التضخم، وفيما يتعلق بالمعادن الحيوية على وجه التحديد فقد سمح بمبلغ 391 مليار دولار لتمويل تغيير المناخ وإنتاج الطاقة المحلية بما في ذلك حوافز ضريبية مستهدفة تهدف إلى تصنيع مواد من مصادر أمريكية مثل البطاريات والمركبات الكهربائية وقطع غيار وتقنيات الطاقة الشمسية، وطاقة الرياح. وفي أكتوبر 2022 تم إطلاق المبادرة الأمريكية المواد البطاريات للاستفادة من الجهود المستمرة في جميع أنحاء حكومة الولايات المتحدة وتعظيمها لتلبية متطلبات الموارد وتعزيز أمن الطاقة. وفي ديسمبر 2022 تضمن قانون تفويض الدفاع الوطني الذي تبلغ قيمته 858 مليار دولار، وقد بدأ يتطلب تطوير استراتيجية فيدرالية لإعادة تدوير واستعادة المعادن المهمة من البطاريات المستخدمة في أسطول السيارات الكهربائية الفيدرالية⁽¹⁾.

3-2-4-2 الاستراتيجيات الأمريكية الخارجية في مجال معادن الطاقة المتجددة

تركز الاستثمارات الخارجية للولايات المتحدة الأمريكية بشكل بارز على قطاع التعدين ولاسيما المعادن المرتبطة بتقنيات الطاقة المتجددة، ففي عام 2023. وكما موضح في الجدول (30) وفي الخريطة (8) تصدرت دول أمريكا اللاتينية قائمة المناطق الأكثر جذباً للاستثمارات الأمريكية المباشرة، أذ بلغ إجمالي التدفقات الاستثمارية نحو 55 مليار دولار أمريكي، تلاها استثمارات في منطقة البحر الكاريبي وجزر

(1) US Geological Survey & Orienteering S 2025.OpCit.p18

* CHIPS : قانون الرقائيق هو قانون أمريكي يهدف إلى تعزيز قدرة الولايات المتحدة في مجال تصنيع أشباه الموصلات، وزيادة مرونة سلسلة التوريد، وتقليل الاعتماد على الخارج، لاسيما في مواجهة الصين. يتضمن القانون تمويلاً ضخماً للبحث والتطوير، وتصنيع الرقائق في الولايات المتحدة، وتدريب القوى العاملة.

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

المملكة المتحدة بقيمة 36 مليار دولار، وحققت دول آسيا والشرق الأوسط مجتمعة استثمارات أمريكية بلغت 31 مليار دولار، بينما جاءت دول أفريقيا في المرتبة الثالثة بحجم استثمارات وصل إلى 23 مليار دولار . وفي المقابل استحوذت أستراليا على استثمارات أمريكية بقيمة 18 مليار دولار، بينما خصصت الولايات المتحدة استثمارات في قطاع التعدين بأوروبا وكندا بلغت 11 مليار دولار لكل منهم ، من ناحية أخرى تشهد الفترة الأخيرة توجهاً استثمارياً أمريكياً واضحاً نحو مناطق جديدة، مثل جرينلاند التابعة للدنمارك أذ تم ضخ استثمارات أولية تقدر بملياري دولار في مجال تعدين المعادن الداعمة لصناعات الطاقة المتجددة ويعد هذا التوجه انعكاساً للاستراتيجية الأمريكية الرامية إلى تعزيز أمن الإمدادات المعدنية الضرورية للتحول نحو الطاقة المتجددة مع توسيع النفوذ الاقتصادي في مناطق ذات إمكانات جيوسياسية واعدة.

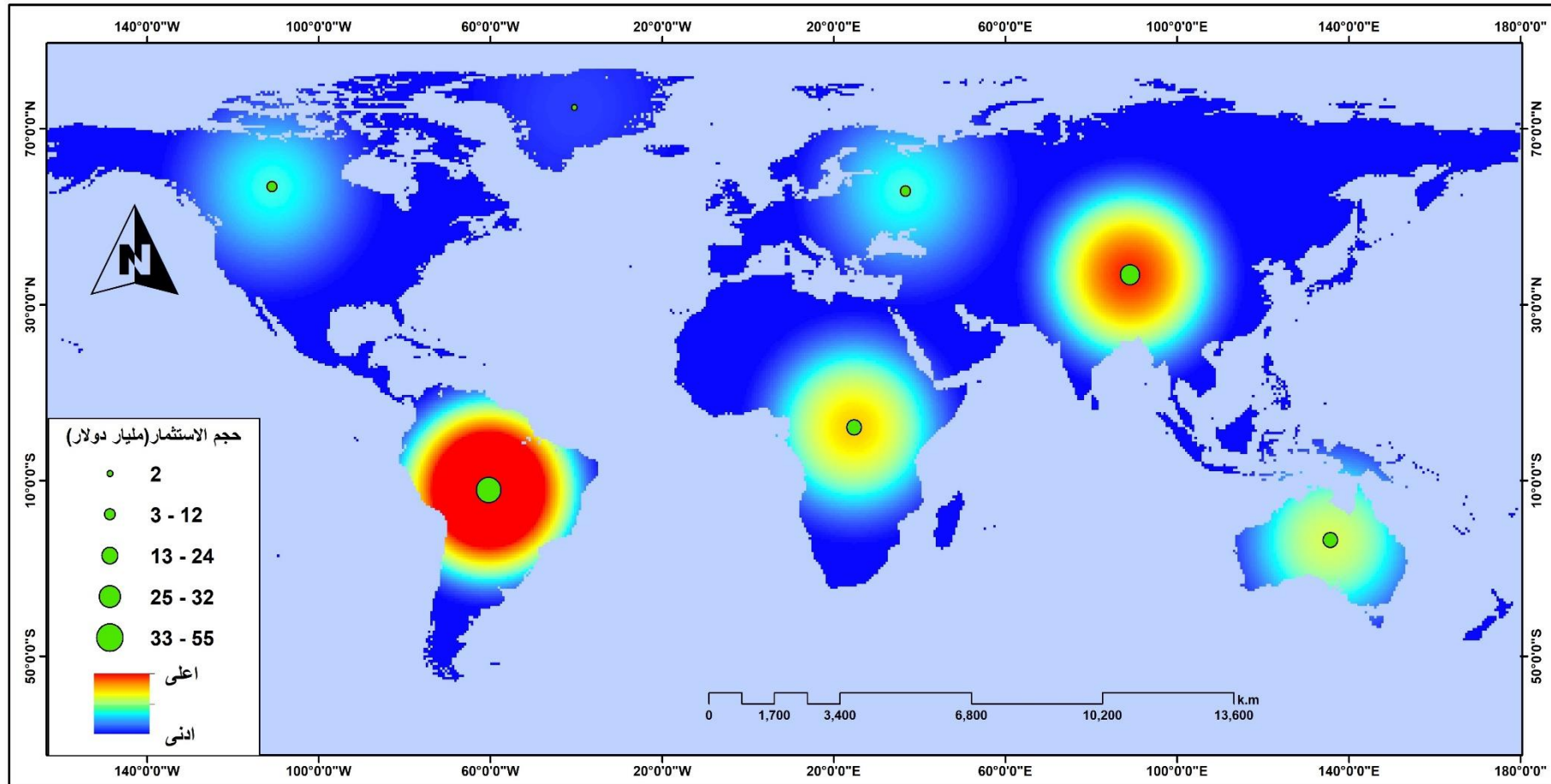
الجدول (30) حجم الاستثمارات الأمريكية لمناجم معادن الطاقة المتجددة في العالم لعام 2023

ت	القارة	حجم الاستثمار الخارجي(مليار دولار)	نسبة المساهمة من حجم الاستثمار(%)
1	قارة اسيا	32	20.71%
2	قارة أمريكا الشمالية	11.6	7.51%
3	قارة أمريكا اللاتينية	54.8	35.47%
4	قارة افريقيا	23.9	15.47%
5	قارة استراليا	18.5	11.97%
6	قارة أوروبا	11.7	7.57%
7	جرينلاند	2	1.29%
	المجموع	154.5	100%

المصدر: من عمل الباحث اعتماداً على بيانات

1-U.S. Bureau of Economic Analysis BEA. Direct Investment by Country and Industry, 2023 [News Release BEA 24-32. U.S. Department of Commerce. 2024.p8.

الخريطة (8) تمثيل حراري لتوزيع الاستثمارات الامريكية لمناجم معادن الطاقة المتجددة في العالم لعام 2023



المصدر: من عمل البحث اعتمادا بيانات الجدول (30) وعلى برنامج Arcgis10.8

تشكل الاستثمارات الخارجية للولايات المتحدة الأمريكية في قطاع التعدين أحد الركائز الأساسية لسياستها الاقتصادية ذات الأبعاد الجيوسياسية، والتي تهدف إلى تعزيز الأمن الاقتصادي وتأمين سلاسل الإمداد العالمية للموارد الاستراتيجية، لا سيما تلك المرتبطة بالتحول نحو الطاقة النظيفة. ومن خلال تحليل التوزيع الجغرافي لهذه الاستثمارات، يمكن تقسيم الاستراتيجية الأمريكية إلى محورين رئيسيين مختارين هما الاستراتيجية الأمريكية-الأسترالية، والاستراتيجية الأمريكية-الأفريقية، كل منهما له أولويات مختلفة وأدوات متناغمة مع الأهداف الجيوسياسية الشاملة، فبينما تسعى الاستراتيجية الأمريكية-الأسترالية إلى تعزيز التحالفات التقليدية في منطقة حيوية، تُركّز الاستراتيجية الأمريكية-الأفريقية على كسر الاحتكار الصيني وتأمين الموارد عبر شراكات انتقائية

أولاً: الاستراتيجية الأمريكية-الأسترالية

في إطار الجهود المشتركة لتعزيز أمن الطاقة تعمل أستراليا والولايات المتحدة على ضمان وصول دول منطقة المحيطين الهندي والهادئ إلى سلاسل إمداد متنوعة ومرنة لتقنيات الطاقة النظيفة، مع تجنب النهج الثنائي لصالح تعزيز التعاون في إزالة الكربون وفقاً لوزارة الطاقة عام 2022 ، تتم هذه الجهود ضمن مجموعة العمل المناخي للرباعية أستراليا، الولايات المتحدة، اليابان، الهند التي تركز على تطوير سلاسل إمداد عالمية للمعادن الحرجة وهي الليثيوم والكوبالت والنيكل الضرورية لصناعات الطاقة المتجددة ، أذ تحتل أستراليا موقعاً ريادياً في توريد هذه المعادن، و تهيمن على الإنتاج والتصدير العالمي لليثيوم مدعومةً بطلب متزايد من الولايات المتحدة لتصنيع البطاريات والمركبات الكهربائية فيما تشير التوقعات إلى فجوة بين العرض والطلب على معادن البطاريات في السوق الأمريكية عام 2022 ، وهذا التعاون الأهمية الاقتصادية لأستراليا التي شهدت صادراتها من الليثيوم ارتفاعاً من 4.9 مليار دولار 2021-2023 إلى توقعات تصل إلى 18.5 مليار دولار بحلول 2033⁽¹⁾.

وقّعت الولايات المتحدة وأستراليا في عام 2023 اتفاقية تاريخية لتعزيز التعاون في مواجهة تغير المناخ وتنويع سلاسل توريد المعادن وتقنيات الطاقة المتجددة في إطار التوجه العالمي نحو إزالة الكربون، تهدف

(1) Climate Council of Australia. Climate allies: Australia, the United States and the global energy shift.

الاتفاقية إلى تنسيق السياسات والاستثمارات المشتركة لضمان مرونة سلاسل التوريد، ودعم التحول الطاقوي عبر تعزيز إنتاج وتصدير الموارد الأسترالية من المعادن الأساسية كالنيكل والليثيوم وتقنيات الطاقة المتجددة، وجاءت هذه المبادرة كدعم على قانون خفض التضخم الأمريكي (IRA) الذي خصص أكثر من 800 مليار دولار لتمويل مشاريع الطاقة النظيفة، مما أثار مخاوف أسترالية من تحوّل رؤوس الأموال العالمية نحو السوق الأمريكية على حساب الاستثمارات المحلية، لتعويض هذا الخطر تعامل الاتفاق على أن أستراليا مورد محلي للولايات المتحدة بموجب آليات استثمارية مشتركة يُمكنها من الاستفادة من الحوافز الأمريكية، ويُعزّز موقعها كقوة عالمية في تجارة وتصنيع تقنيات الطاقة النظيفة ، وتضمنت الاتفاقية التزامًا بإصدار خطة عمل مشتركة بحلول نهاية 2023 لتفعيل التعاون في مجالات البحث والتطوير، وتسهيل تدفق الاستثمارات الثنائية وتبادل المعرفة التقنية ، ركّزت أستراليا بموجب اتفاقياتها الدولية على تعظيم القيمة المُضافة لمواردها المعدنية الحيوية كالليثيوم، مستفيدةً من موقعها كدولة تمتلك أكبر احتياطيّات عالمية من المعادن الحرجة، وقدرتها على توليد طاقة متجددة منخفضة التكلفة على نطاق واسع ، ويتجسد هذا التوجه في مشاريع كمصفاة هيدروكسيد الليثيوم التابعة لشركة Albemarle الأمريكية في غرب أستراليا، التي تخطط لمضاعفة إنتاجها إلى 100,000 طن سنويًا من خلال توسيع قدرات الطاقة المتجددة المحلية المتمثلة في مشاريع طاقة الرياح والشمسية والبطاريات بقدرة 50 جيجاوات لتحقيق عمليات إنتاج خالية من الانبعاثات.

على الصعيد المالي تعتمد أستراليا على تعزيز التعاون مع مؤسسات التمويل الدولية مثل بنك التصدير والاستيراد الأمريكي ووكالة تمويل الصادرات الأسترالية ، فضلا عن بنوك تنمية كالبك الآسيوي للتنمية والبنك الدولي، أذ قدّم بنك التصدير والاستيراد الأمريكي حزم تمويلية بقيمة إجمالية 786 مليون دولار أي 1.14 مليار دولار أسترالي لدعم مشاريع أسترالية في قطاع المعادن الحرجة ضمن جهود الولايات المتحدة، لتعزيز سلاسل التوريد المحلية وتقليل الاعتماد على الصين التي تهيمن على 80% من الإمدادات العالمية ، وشملت الحزم 456 مليون دولار لشركة American Rare Earths لتطوير منجم Halleck Creek في ولاية وايومنغ، و330 مليون دولار لشركة Anson Resources لبناء مصنع ليثيوم في حوض بارادوكس بولاية يوتا الذي يعدّ أحد أكبر مصادر الليثيوم في الولايات المتحدة ، فضلا عن تمويل سابق بقيمة 600 مليون دولار 2023 لمشروع المعادن النادرة في دوبرو بنيو ساوث ويلز، وهذه الحزم لتقليل مخاطر الاستثمار في التقنيات النظيفة، وتسهيل تدفق رأس المال نحو مشاريع الطاقة المتجددة في منطقة المحيط الهادئ.

أن إجمالي الصادرات الأسترالية إلى الولايات المتحدة الأمريكية بلغت قيمتها 14 مليار دولار أمريكي خلال عام 2024، وقد شملت هذه الصادرات أيضا مجموعة من معادن صناعات الطاقة المتجددة، أذ

جاءت قيمتها على نحو الألمنيوم اذ احتل المرتبة الأولى بين صادرات المعادن بقيمة 268 مليون دولار أمريكي ، الرصاص بلغت قيمته 85 مليون دولار أمريكي ، النيكل وصلت قيمته إلى 48 مليون دولار أمريكي ، النحاس سجل 36 مليون دولار أمريكي ، الزنك حقق 30 مليون دولار أمريكي ، القصدير كانت قيمته 764 دولار أمريكي ، أما بالنسبة لليثيوم وهو من المعادن الاستراتيجية في قطاع الطاقة المتجددة فقد بلغت قيمة صادراته من أستراليا إلى الأسواق العالمية 51 ألف دولار أمريكي، إلا أن حصة الولايات المتحدة الأمريكية من هذه الصادرات لم تتجاوز ألف دولار أمريكي فقط⁽¹⁾.

ثانيا: الاستراتيجية الامريكية - الافريقية

على غرار الصين تحتاج الولايات المتحدة إلى معادن أساسية لدعم أجندتها الاستراتيجية بما في ذلك الأهداف الاقتصادية والأمنية وأهداف الطاقة النظيفة، وتستخدم الولايات المتحدة المعادن الأساسية في مجموعة متنوعة من القطاعات من المركبات الكهربائية إلى الطائرات المقاتلة ، في عام 2024 أفادت اللجنة الخاصة بالصين أن بكين وفرت أكثر من 50% من الطلب الأمريكي على 24 معدناً أساسياً بما في ذلك أكثر من 90% من الطلب على العناصر الأرضية النادرة من الصين وقد أكد المسؤولون الأمريكيون أن هذا الاعتماد يشكل تهديداً اقتصادياً خطيراً للأمن القومي الأمريكي ومع اشتداد المنافسة بين الولايات المتحدة والصين، وتسليح سلسلة التوريد، كما يتضح من القيود الصينية الأخيرة على تصدير الغاليوم والجرمانيوم، يزداد قلق الولايات المتحدة بشأن اضطرابات سلسلة التوريد، ولا سيما في الصناعات الدفاعية.

كان الغاليوم والجرمانيوم وهما معدنان أساسيان لإنتاج أشباه الموصلات في الولايات المتحدة من الأمثلة الرئيسية على الاضطرابات الانتقامية التي قامت بها الصين من خلال ضوابط التصدي التي قد تكلف الناتج المحلي الإجمالي الأمريكي 3.4 مليار دولار وتعيق وصول الولايات المتحدة إلى المواد الأساسية للتصنيع عالي التقنية عام 2024، ومن المفهوم أن الدافع الرئيسي للاستثمارات الأمريكية من المعادن الحيوية في إفريقيا هو تقليل اعتمادها على الصين، وتنويع سلسلة توريد المعادن الحيوية الخاصة بها و تسعى الولايات المتحدة بنشاط إلى مبادرات جيوسياسية لتأمين وصولها بشكل أفضل إلى المعادن الحيوية والشراكة مع الدول، بما في ذلك إفريقيا لتقليل اعتمادها على الصين.

(1) Buckley, T. Landmark Aus-US climate, critical minerals and clean energy transformation compact [Statement]. Climate Energy Finance.2023, May 21.p1-5.

تتركز الاستراتيجية الأمريكية تجاه أفريقيا على التعاون المناخي كأحد محاورها الرئيسية مع التركيز على التحول العادل للطاقة عبر دعم مبادرات مثل باور أفركا و JET-P بالتعاون مع جنوب أفريقيا بمبلغ 102 مليار دولار وتمويل مشاريع الطاقة النظيفة في مصر بمبلغ 500 مليون دولار وأنغولا بمبلغ 2 مليار دولار للطاقة الشمسية، فضلاً عن تعاون ثنائي مع الاتحاد الأوروبي لتحقيق انتقال طاقة مستدام في أفريقيا، كما تدعم السياسات الأمريكية خفض انبعاثات الميثان في أفريقيا لاسيما في نيجيريا المصدر الأكبر للانبعاثات بالقارة عبر منحة بقيمة 5 ملايين دولار لبنك التنمية الأفريقي بالتزامن مع التعهد العالمي لخفض الميثان الموقع من 27 دولة أفريقية وفي مجال التكيف المناخي تخصص الولايات المتحدة 150 مليون دولار عبر برنامج PREPARE لدعم أنظمة الإنذار المبكر والتكيف الزراعي ومركز التكيف في مصر مع تعزيز الشراكات مع القطاع الخاص والمبادرات الإقليمية مثل مبادرة التكيف الأفريقية رغم ذلك تظهر البيانات تراجع المساهمات الأمريكية مقارنة بشركاء التنمية الآخرين مثل فرنسا وألمانيا إذ لم تتجاوز مساهمتها المشتركة مع كندا مليار دولار خلال 2019-2020 مما يعكس التزاماً سياسياً بالتعاون المناخي في أفريقيا لكن بتمويل محدود نسبياً ، إذ تعتمد الولايات المتحدة آليات ثنائية ومتعددة الأطراف لتنفيذ استراتيجيتها إذ شملت المبادرات الثنائية مذكرة تفاهم مع الكونغو الديمقراطية وزامبيا بين 2022 و 2023 لدعم سلسلة قيمة بطاريات السيارات الكهربائية وتطوير ممر لوبيتو للسكك الحديدية بدعم من مؤسسات مثل البنك الأفريقي للتنمية كما أطلقت مبادرات متعددة الأطراف مثل مبادرة حوكمة موارد الطاقة عام 2020 بالشراكة مع أستراليا وبوتسوانا وكندا لتعزيز سلاسل توريد بديلة عن الصين، فضلاً عن شراكات مع دول مجموعة السبع والاتحاد الأوروبي لتعظيم التنسيق في قطاع المعادن.

اتجهت الولايات المتحدة إلى توسيع التعاون مع أفريقيا في 2022 أصدر البيت الأبيض استراتيجية الولايات المتحدة تجاه أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى متعهداً "بمساعدة الدول الأفريقية على الاستفادة من مواردها الطبيعية بشكل أكثر شفافية" بما في ذلك المعادن الحيوية، واتخذت إدارة بايدن لاحقاً خطوات لإشراك الدول الأفريقية سياسياً واقتصادياً لتعميق شراكاتها بشأن المعادن الحيوية ، في عام 2023 عقدت شراكة الأمن المعدني التي أنشأتها الولايات المتحدة، والتي تتكون من 14 دولة والاتحاد الأوروبي وثمانى دول أفريقية غنية بالمعادن اجتماعاً على مستوى نواب الوزراء في كيب تاون لمناقشة التحديات والفرص في قطاع المعادن الحيوي في أفريقيا ، وكان من بين الدول الأفريقية الحاضرة أنغولا وبوتسوانا وجمهورية الكونغو الديمقراطية وجنوب أفريقيا وتنزانيا وأوغندا وزامبيا ومعظمها لديها تعاون معدني طويل الأمد مع الصين⁽¹⁾.

(1) Development Reimagined.US-Africa Leaders' Summit: Policy Brief. Development Reimagined. 2020.

الفصل الثالث: التنافس الجيوسياسي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

استثمرت الولايات المتحدة الأمريكية في العديد من المشاريع الأفريقية لتعزيز سلسلة توريد المعادن الحيوية ما هو مبين في الجدول (31) ومن خلال وكالات مثل مؤسسة التمويل الإنمائي الدولية الأمريكية DFC، ومن خلال إعطاء الأولوية للشراكات مع القطاع الخاص، والمعايير البيئية الأعلى، تحاول حكومة الولايات المتحدة تمييز نفسها عن المقرضين الصينيين، أذ تقدم مؤسسة التمويل الإنمائي الدعم المالي لمشاريع استخراج المعادن الحيوية في أفريقيا. ويسلط نشاط مؤسسة التمويل الإنمائي في أفريقيا الضوء على المنافسة الاستراتيجية المستمرة بين الولايات المتحدة والصين، أذ تسعى واشنطن إلى مواجهة نفوذ بكين في المنطقة، وقد دعا الكونجرس عند إنشائه في عام 2018 إلى أن تكون مؤسسة التمويل الإنمائي "بديلاً قوياً" للاستثمارات الحكومية الاستبدادية مما يجعل مهمة المؤسسة غير الرسمية هي مواجهة الصين في المحادثات بين المسؤولين الأمريكيين، وتهدف الولايات المتحدة إلى أن تحفز مؤسسة التمويل الإنمائي الشركاء الأفارقة، ولا سيما في صناعة المعادن الحيوية على الشراكة مع الولايات المتحدة، وتقليل الاعتماد الأفريقي على رأس المال الصيني، كما أن بنك التصدير والاستيراد الأمريكي هو مقرض لمشاريع مماثلة، أذ قدم قروضاً بقيمة 1.6 مليار دولار إلى منطقة أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى في عام 2023 وحده لقطاعات تشمل التعدين والطاقة، فضلاً عن ذلك وقعت الولايات المتحدة مؤخراً مذكرات تفاهم مع أنغولا وزامبيا وبوتسوانا وجمهورية الكونغو الديمقراطية وهي دول غنية بالكوبالت والنحاس والنيكل والمنجنيز.

الجدول (31) الإجراءات الاستثمارية الأمريكية في دول افريقيا لعام 2023-2024

المشروع	الموقع	المعادن	التمويل
مشروع لونغونجو للعناصر النادرة	انغولا	العناصر الأرضية النادرة	منحة مؤسسة تمويل التنمية بقيمة ٣,٤ مليون دولار امريكي
مشاريع متعددة مع شركة trinity metals	راواندا	القصدير	منحة مؤسسة تمويل التنمية بقيمة ٣,٨٦٥ مليون دولار للمساعدة في اثر البيئة في راواندا
مشروع كابنجا نيكيل مع شركة DFC	تنزانيا	النيكل	لم يتم الإعلان عن حجم التمويل
مشروع اوروم كروس جرافيت	اوغندا	الجرافيت	استثمار بقيمة ٥ مليون دولار من شركة DFC
مشروع فالابوروا	جنوب افريقيا	النيوديميوم والديسبريسيوم والتيربيوم والبراسيوديميوم	استثمار بقيمة ٥٠ مليون دولار في اسهم شركة DFC
مشروع جرافيت بالاما	موزمبيق	الجرافيت	قرض مشروط من مؤسسة تمويل التنمية بقيمة ١٥٠ مليون دولار

Source: Competing for Africa's Resources: How the US and China Invest in Critical Minerals • Stimson Center <https://www.stimson.org/2025/competing-for-africas-resources-how-the-us-and-china-invest-in-critical-minerals>.

بلغت صادرات جنوب إفريقيا من المعادن إلى الولايات المتحدة الأمريكية 65.3 مليار راند ما يعادل 3.51 مليار دولار أمريكي عام 2024 أذ شملت هذه الصادرات معادن رئيسية تدخل في صناعات الطاقة المتجددة والتقنيات المتقدمة، وقد تصدر البلاتين قائمة الصادرات بقيمة 49 مليار راند ما يعادل 2.65 مليار دولار أمريكي نظراً لأهميته في تصنيع خلايا الوقود والبطاريات الكهربائية، كما شملت الصادرات معادن النيوبيوم والتنتالوم وخامات الفاناديوم والزركونيوم ومركزاتها بقيمة 469 مليون راند ما يعادل 25.35 مليون دولار أمريكي فضلاً عن الكروم بقيمة 203 مليون راند ما يعادل 10.97 مليون دولار أمريكي والمغنيزيوم بقيمة 162 مليون راند ما يعادل 8.76 مليون دولار أمريكي الأرقام الدور الاستراتيجي لجنوب إفريقيا كمورد رئيسي للمعادن الحرجة للولايات المتحدة الأمريكية .

3-3 ابعاد التنافس الصيني- الأمريكي على المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة

تعاني الولايات المتحدة من نقاط ضعف في سلاسل التجارة العالمية من معادن الطاقة المتجددة ، وزاد التنافس على المعادن الأساسية، وهي ضرورية لتطوير الطاقة والتكنولوجيا، وتُعدّ المعادن الأساسية مثل الليثيوم ،والكوبالت، والنيكل، والنحاس، والغالسيوم ، هي مكونات أساسية لبطاريات المركبات الكهربائية، والشبكات الذكية، ورقائق الكمبيوتر، والألواح الشمسية، والمكونات العسكرية المتطورة، وغيرها من المنتجات النهائية، وفي عدد من السيناريوهات سيزداد الطلب على المعادن الأساسية في قطاع الطاقة النظيفة وحده بنسبة 400% بحلول عام 2040 وسيُحدد استقرار الوصول إلى هذه المعادن والقدرة على معالجتها مسار نمو البلدان بشكل كبير .

مع تزايد الطلب على الطاقة النظيفة والمتجددة، تزداد الحاجة إلى المعادن الأساسية، اذ سينمو الطلب على الكوبالت بمقدار 2.4 ضعف، والليثيوم بمقدار 12.8 ضعف، والنيكل بمقدار 1.3 ضعف بحلول عام 2040 ولتلبية الطلب تشير الأبحاث أيضًا إلى ضرورة إنشاء ما يقرب من 400 منجم جديد للجرافيت والنيكل والليثيوم والكوبالت بحلول عام 2035 ومع ذلك فإن التعدين الإضافي وحده لا يكفي إذ يجب معالجة المعادن الأساسية الخام وتكريرها أولاً⁽¹⁾.

حاليًا تنصدر الصين المشهد في قائمة الدول المنتجة والمستهلكة لمعادن الطاقة المتجددة، وقد أثمرت عقود من السياسات والمبادرات الرامية إلى توسيع حصتها في المعادن الحيوية، إذ تُهيمن الصين على كامل سلسلة القيمة للعديد من المعادن الحيوية، مثل العناصر النادرة والغالسيوم، وتُعدّ أكبر مُنتج لعشرين معدناً حيويًا خامًا، في المقابل لم تُركز الولايات المتحدة على المعادن الحيوية إلا في السنوات الأخيرة ولا تزال

(1) Analysis U.S.-China Competition: The Role of Critical Minerals. by Institute for the Study of Diplomacy. The Diplomatic Pouch. May, 2025.p1

متأخرة في قدرات الإنتاج والتكرير على الرغم من الأوامر التنفيذية التي جعلت من هذا الأمر أولوية وطنية، وفي ظل التوترات المتزايدة في العلاقات الأمريكية الصينية، تُشكل هذه الفجوة الحالية في القدرات تحديات جيوسياسية وعسكرية وتكنولوجية، فضلاً عن مسؤوليات تتعلق بسلسلة التجارة على الولايات المتحدة، فإن السيطرة على سلاسل إمداد هذه المعادن تحوّلت إلى محورٍ رئيسي للتنافس الجيوسياسي بين القوى العظمى لاسيما الصين والولايات المتحدة.

تتسم العلاقات الأمريكية الصينية بطبيعة مزدوجة بسبب كثافة المصالح التجارية والاقتصادية والسياسية المتبادلة فهي تجمع من جهة ما بين المخاوف والشكوك المتبادلة ومن جهة ثانية تؤكد على ضرورة التعاون وتعزيز الإهتمامات المشتركة الخاصة، فالصين لا تستطيع أن تتجاهل دور الولايات المتحدة الأمريكية في النظام الدولي المعاصر أو حجم مصالحها مع واشنطن ومن جانبها فإن الولايات المتحدة لا تستطيع هي الأخرى أن تغفل حقيقة التقدم الاقتصادي المتزايد الذي حققته الصين، والذي يؤهلها لأن تكون إحدى القوى الاقتصادية المؤثرة في التفاعلات الدولية .

تستأثر الصين حالياً نسبة كبيرة من الإنتاج العالمي للمعادن، في حين تعتمد الولايات المتحدة على سياساتٍ تركيز على الأمن القومي للموارد عبر مبادراتٍ تشريعية كقانون خفض التضخم لعام 2022 الذي خصص 391 مليار دولار لدعم الصناعات المحلية، هذا التنافس لا يقتصر على الجانب الاقتصادي فحسب بل يمتد إلى صياغة معادلات القوة في النظام الدولي، إذ تُستخدم الموارد الطبيعية كأداة للضغط السياسي وتكريس النفوذ الإقليمي، ففي يوليو 2023 كشفت أزمة تقييد الصين تصدير الغاليوم والجرمانيوم وهما معدنان حيويان في صناعة أشباه الموصلات عن مدى هشاشة الاعتماد الغربي على سلاسل التوريد الصينية، الذي أثار تساؤلاتٍ حول قدرة الدول على تحقيق أهدافها المناخية دون ضمان إمداداتٍ مستقرة وخالية من التقلبات الجيوسياسية⁽¹⁾.

ويُشكل التنافس على موارد الطاقة المتجددة ملامح التحول الأخضر والتفاعلات الدولية في القرن الحادي والعشرين من خلال استعراض أربعة سيناريوهات مستقبلية مُحتملة تتراوح بين تعميق الهيمنة الصينية عبر التحالفات الإقليمية، ومحاولات الولايات المتحدة لتعزيز الاكتفاء الذاتي، وصولاً إلى تصاعد التوترات التجارية أو اعتماد نماذج تعاونية دولية، والهدف منها تحليل العوامل المُركّبة التي تُغذي هذا التنافس جيوسائياً واقتصادياً وتقنياً مع إبراز تداعياته على الدول النامية الغنية بالموارد، والتي قد تتحوّل إما إلى فاعلٍ مركزي في سلسلة القيمة العالمية أو ساحةً لصراعٍ جيوسياسي جديد .

(1) Wolfe, Daniel. The Environmental Security Dynamics of US-PRC Competition for Critical Mineral Resources. Diss. Science, Technology, and International Affairs, 2024. p37-66

3-1-3 التوسع الصيني عبر الاستراتيجيات الإقليمية المتكاملة

تقود الصين هذا التوجه بصفتها الدولة المهيمنة على سوق السيارات الكهربائية العالمية، أذ تحتاج الصين إلى كميات كبيرة من المعادن الأساسية، وقد طورت منذ ذلك الحين قدرات تكرير متقدمة وفعالة. تُنتج الصين أكثر من 60% من السيارات الكهربائية في العالم، وأكثر من 80% من بطارياتها، التي تعتمد بشكل كبير على النيكل. وتدعم قدرات التكرير المتقدمة في الصين هذا التوجه، مما يسمح لها بتوريد حوالي 80% من إجمالي الكوبالت والجرافيت والعناصر الأرضية النادرة المكررة في العالم.

ان التوسع الصيني في مجال معادن الطاقة المتجددة يعكس رؤية استراتيجية تعتمد على مزيج من القوة الاقتصادية والجيوسياسية مدعومةً بسياساتٍ طويلة الأمد تهدف إلى الهيمنة على سلاسل التجارة العالمية. وفقًا لتقرير البنك الدولي لعام 2023 تُسيطر الصين على إنتاجية عالمية كبيرة من المعادن منها 73% من إنتاج الجرافيت العالمي وهو مكونٌ أساسي في بطاريات السيارات الكهربائية، و60% من العناصر الأرضية النادرة المُستخدمة في الصناعات التكنولوجية والعسكرية هذه الهيمنة لا تقتصر على الجانب الكمي فحسب، بل تمتد إلى التحكم في آليات التسعير وشروط التصدير أذ يُعطي للصين نفوذًا استراتيجيًا في المفاوضات الدولية⁽¹⁾.

في أمريكا اللاتينية تجسدت هذه الإستراتيجية عبر استثماراتٍ صينية ضخمة في قطاع التعدين مثل مشروع لاس بامباس في بيرو الذي بلغت قيمته 7 مليارات دولار ويُغطي 18% من احتياجات الصين السنوية من النحاس، هذا المشروع الذي تديره شركة MMG الصينية، يواجه انتقاداتٍ بسبب آثاره البيئية والاجتماعية، أذ أدى إلى نزاعاتٍ مع المجتمعات المحلية حول حقوق الأراضي وتوزيع العوائد، أذ تعتمد الصين في أفريقيا على آليات التمويل الميسر كما في جمهورية الكونغو الديمقراطية أذ تُمول 70% من مشاريع الكوبالت، وهو عنصرٌ حيوي في صناعة البطاريات، وفقًا لتقرير منظمة الشفافية الدولية 2023 تُثير هذه المشاريع مخاوف من "فخ الديون" أذ تُواجه 40% من دول أفريقيا جنوب الصحراء مخاطر إعادة هيكلة الديون بسبب القروض الصينية.

لا تقتصر التحديات على الجانب المالي بل تشمل أيضًا انتهاكاتٍ بيئية واجتماعية، فمشروع سينكيهيدرو في أنغولا الذي يهدف إلى توليد الطاقة الكهرومائية، تسبب في تلويث مصادر المياه وتشريد آلاف السكان، وفقًا لتقارير منظمة العفو الدولية، لكن رغم هذه الانتقادات تُظهر توقعات 2024 أن الصين قد تُسيطر على 50% من سلسلة توريد معادن الطاقة المتجددة بحلول 2030، الذي يُهدد قدرة الاتحاد الأوروبي على تحقيق أهداف الحياد الكربوني لاسيما مع اعتماد 90% من واردات الليثيوم الأوروبية على الصين⁽²⁾.

(1) Analysis U.S.-China Competition, Op Cit, p2-3

(2) Vasquez, Pl, Humphreys, D & Bastida, Op Cit.p1-7.

3-3-2 الاستراتيجية الأمريكية بين الاكتفاء الذاتي والتحالفات التكنولوجية

تسعى الولايات المتحدة إلى تعزيز أمنها القومي عبر سياسات التركيز على الاكتفاء الذاتي وبناء تحالفاتٍ تكنولوجية بهدف تقليل الاعتماد على الصين، وإدراكًا للحدود الحالية لقدرة الإنتاج الأمريكية اتخذت الولايات المتحدة خطوات لمعالجة هذا الأمر في 2017، وقع الرئيس ترامب على الأمر التنفيذي "استراتيجية فيدرالية لضمان إمدادات آمنة وموثوقة من المعادن الحيوية"، والذي ألزم وزارة التجارة بتقديم تقرير يقيم الوضع الحالي للولايات المتحدة، ويحدد مجالات الفرص لتطوير شراء وإنتاج المعادن الحيوية، وبالمثل بذلت إدارة بايدن العديد من الجهود لتأمين إمدادات المعادن الحيوية الأمريكية من خلال إعادة فتح مناجم جديدة، وتوسيع نطاق الإعفاءات الضريبية للدول التي توقع اتفاقيات المعادن الحيوية، وإطلاق شراكة الأمن المعدني لجمع 14 دولة والاتحاد الأوروبي في إنشاء "سلاسل توريد معادن الطاقة الحيوية المتنوعة والمستدامة".

يعد "قانون خفض التضخم لعام 2022 أحد أبرز الأدوات التشريعية في هذا السياق إذ خصص 391 مليار دولار لدعم الصناعات المحلية بما في ذلك مشروع ريدوود ماتيريالز في نيفادا الذي يهدف إلى إعادة تدوير 95% من بطاريات الليثيوم المستهلكة بحلول 2030، فضلًا عن ذلك تُموّل الولايات المتحدة مشروع هيلين سبرينغز لليثيوم في أستراليا بالشراكة مع شركة ألبمارل والذي يُتوقع أن يُغطي 15% من احتياجات السوق الأمريكية بحلول 2027⁽¹⁾.

لكن هذه الإستراتيجية تواجه عقباتٍ بنيوية وفقًا لتحليلات معهد بروكينغز عام 2023، إذ إن تكلفة الإنتاج المحلي لليثيوم في الولايات المتحدة تزيد بنسبة 50% مقارنةً بالصين بسبب التشريعات البيئية الصارمة وتكاليف العمالة المرتفعة، كما يُعاني القطاع من نقصٍ حاد في العمالة الماهرة يُقدّر بـ 500 ألف عامل بحلول 2035 لكن رغم هذه التحديات تُشير توقعات وكالة الطاقة الدولية إلى إمكانية خفض اعتمادية الولايات المتحدة على الصين في العناصر النادرة من 80% إلى 55% بحلول 2035 عبر تعزيز الشراكات مع دول مثل كندا التي تمتلك 20% من احتياطات النيكل العالمية.

3-3-3 التصعيد التجاري وتفتيت سلسلة التوريد العالمية

يُمثل التصعيد التجاري بين الصين والولايات المتحدة تهديدًا لاستقرار سلاسل التجارة العالمية، مع تداعياتٍ قد تُعطلّ التحول إلى الطاقة المتجددة بشكل كبير، بين ستينيات القرن الماضي وأوائل الألفية

(1) US Geological Survey & Orienteering S 2025.OpCit.p18

الثانية، إذ كانت الولايات المتحدة في الواقع رائدة في إنتاج العناصر الأرضية النادرة، خلال ذروتها، فقد كان منجم ماونت بـاس في كاليفورنيا أكبر مورد في العالم للعناصر الأرضية النادرة، ولاسيما اليوروبيوم، الذي كان عنصراً أساسياً في أجهزة التلفزيون الملونة ، ومع ذلك وخلال الثمانينيات والتسعينيات بدأت الصين في التركيز على تطوير قدراتها التعدينية الخاصة، وبفضل الدعم الحكومي واللوائح البيئية المتساهلة، تمكنت الصين من بيع عناصرها الأرضية النادرة بسعر أقل بكثير مما يمكن للولايات المتحدة أن تضاهيه، مما دفع الولايات المتحدة في النهاية إلى إغلاق معظم مناجمها للعناصر الأرضية النادرة، ومع ذلك مع تزايد إنتاج الصين من العناصر الأرضية النادرة إلى الهيمنة العالمية، استأنفت الولايات المتحدة جهودها للاستفادة من هذه الموارد في عام 2017 إذ أعيد فتح منجم ماونت بـاس وارتفع إنتاج العناصر الأرضية النادرة بشكل مطرد، ليشكل حوالي 14% من الإجمالي العالمي في عام 2022.

تُشكل هيمنة الصين ونقص الإنتاج المحلي في الولايات المتحدة نقاط ضعف عديدة للولايات المتحدة، إذ تستطيع الصين وهي تفعل استغلال موقعها الاستراتيجي لتعزيز طموحاتها الجيوسياسية، ومع استمرار تدهور العلاقات الأمريكية الصينية، ظلت ضوابط تصدير المعادن الأساسية أداة محورية، ففي عام 2024 فرضت الصين حظراً كاملاً على صادرات الجرمانيوم، والغاليوم المُستخدم في صناعة الألواح الشمسية وأشباه الموصلات إلى الولايات المتحدة، وفي أعقاب التعريفات الجمركية الشاملة التي فرضها الرئيس ترامب في اليوم الذي سمي " يوم التحرير " التي شملت سياسة مضادة هي رفع الرسوم الكمركية على السيارات الكهربائية الصينية إلى 102.5%، ردت الصين بفرض ضوابط تصدير على جميع الدول لسبعة معادن أرضية ثقيلة ونادرة بما في ذلك الإيتريوم، الذي يُستخدم في مجموعة واسعة من التطبيقات من أنظمة الأسلحة إلى الأجهزة الطبية⁽¹⁾.

وقد اتخذت الولايات المتحدة أيضاً خطوات لمواجهة الوجود الصيني الواسع في قطاع التعدين في إفريقيا بشكل مباشر ، في عام 2023 أعلنت الولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي عن مشروع جديد لتطوير البنية التحتية لتسهيل وتأمين سلاسل توريد المعادن الحيوية في المناطق الغنية بالموارد في وسط إفريقيا على وجه التحديد، يبني مشروع ممر لوبيتو بقيمة ما يقرب من 350 ميلاً من السكك الحديدية الجديدة التي تربط زامبيا بجمهورية الكونغو الديمقراطية وتحديث السكك الحديدية الحالية التي تربط جمهورية الكونغو الديمقراطية بأنغولا، إذ بمجرد اكتماله لن تتمتع هذه الدول الثلاث فقط بترابط أكبر، بل سيتمح أيضاً زامبيا غير الساحلية وصولاً مباشراً إلى المحيط الأطلسي ، في حين أن الرئيس ترامب أعطى الأولوية إلى حد

(1) Analysis U.S.-China Competition, Op Cit,p4

كبير لتطوير قدرة التعدين والتكرير المحلية الأمريكية، من المتوقع أن تواصل الولايات المتحدة دعمها لهذا المشروع⁽¹⁾

تُحدّر تقديرات صندوق النقد العربي عام 2024 من أن اضطرابات التوريد قد تؤخّر تحقيق أهداف اتفاقية باريس للمناخ بمقدار 5-7 سنوات، بسبب ارتفاع تكاليف التحوّل الطاقة المتجددة في أفريقيا الذي جعل دول مثل زامبيا الثاني عالمياً في إنتاج النحاس وبوتسوانا والكونغو وجنوب أفريقيا إلى ساحات تنافس استراتيجي يزيد مخاطر عدم الاستقرار السياسي، تُقدّر منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية OECD أن استمرار التصعيد قد يُكلّف الاقتصاد العالمي خسائر تُقارب 2.5 تريليون دولار بحلول 2030.

3-3-4 التعاون الدولي كمسار لاستدامة الموارد

يُقدّم التعاون الدولي نموذجاً بديلاً لمواجهة تحديات التنافس الجيوسياسي، عبر آليات مؤسسية تُعزّز الشفافية والعدالة، إذ أطلقت الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA) مبادرة "المعادن من أجل التحوّل الأخضر"، التي تهدف إلى تطبيق معايير بيئية، اجتماعية، حوكمة على 70% من المناجم العالمية بحلول 2030. وفي عام 2023 اتفقت الصين والولايات المتحدة على تمويل صندوق بقيمة 10 مليارات دولار لدعم معالجة المعادن في الدول النامية كمشروع "جرين ليثيوم" في تشيلي، الذي يُركّز على تقنيات الاستخراج المُستدامة.

بينما ينصب الاهتمام الرئيسي للولايات المتحدة والصين على توفير ما يكفي من المعادن الأساسية، تُكافح دول أخرى غنية بالموارد لتعزيز قدراتها على المعالجة والارتقاء والتعاون في سلسلة القيمة ، على سبيل المثال تُنتج جمهورية الكونغو الديمقراطية أكثر من 70% من الكوبالت العالمي، بينما تُعدّ زامبيا أكبر مُصدّر للنحاس الخام في العالم، ورغم أهمية استخراج المعادن، تُدرك هذه الدول قدرتها على تحسين الاكتفاء الذاتي وتسريع التنمية الاقتصادية من خلال تعزيز قدرتها على المعالجة، وهو ما يُعرف بالارتقاء في سلسلة القيمة للمعادن الأساسية ، فضلا عن ممر لوبيتو تعمل جمهورية الكونغو الديمقراطية وزامبيا على تطوير بطاريات السيارات الكهربائية للمركبات ذات العجلتين والثلاث عجلات الشائعة، الأمر الذي لا يُعزز أهدافها في مجال الطاقة الخضراء فحسب، بل يُحقق أيضاً فوائد اقتصادية.

وتتخز منطقة جنوب شرق آسيا بوفرة من المعادن الأساسية، ولاسيما النيكل، والألمنيوم، والمعادن الأرضية النادرة، إذ تمتلك إندونيسيا وحدها حوالي 22% من احتياطات النيكل العالمية مما يجعلها أكبر مصدر

(1) Development Reimagined.US-Africa Leaders' Summit, Op Cit, p16-22

للنيكل في العالم وقد منحها هذا نفوذًا لحظر تصدير خام النيكل الخام لتشجيع الدول الأخرى على إنشاء عمليات صهر فيه والاستثمار فيها ، و يُعد النيكل عنصرًا أساسيًا في تصنيع بطاريات السيارات الكهربائية، لذا يتعين على دول مثل الصين أكبر منتج للسيارات الكهربائية الالتزام بهذه اللوائح في نهاية المطاف، تسعى إندونيسيا جاهدة لبناء سلسلة توريد متكاملة للسيارات الكهربائية بدءًا من إنتاج خام النيكل الخام مرورًا بالمعالجة والتصنيع⁽¹⁾، وصولًا إلى الخطوة الأخيرة في إعادة تدوير البطاريات، مما يلغي الحاجة إلى دول احتكار المعادن المستخدمة في الطاقة المتجددة .

مع سعي الدول إلى إيجاد سبل جديدة للتوسع بما يتجاوز مجرد استخراج الموارد، والتوجه نحو تطوير سلاسل قيمة مستقلة، يشهد قطاع المعادن الحيوي تغيرات سريعة، وسيكون تحديد مكانة الولايات المتحدة في هذا المجال وكيفية تطبيقه محورًا في التعاون الدولي، وانتقالها نحو الطاقة الخضراء وأمنها القومي بشكل عام.

لكن تطبيق هذه الرؤية يواجه تحديات عملية وفقًا لتقارير برنامج الأمم المتحدة الإنمائي UNDP، لأن 60% من الدول الأفريقية تفتقر إلى البنية التحتية اللازمة لمعالجة المعادن محليًا، مما يُعيق تحويلها إلى منتجات مصنعة، كما تُعارض شركات التعدين الكبرى مثل جليנקور، وبي إتش بي، فرض معايير بيئية صارمة، بحجة أنها تُقلص أرباحها بنسبة 20-30%، رغم ذلك تتوقع جامعة كامبريدج أن يُسهم التعاون الدولي في خفض انبعاثات قطاع التعدين بنسبة 25% بحلول 2035 مع زيادة إيرادات الدول النامية من التصدير بنسبة 40%².

هذه الأبعاد تُظهر أن مستقبل التحول في مجال الطاقة مرهونٌ بالقدرة على تحقيق توازنٍ بين المصالح الوطنية والمتطلبات العالمية، أذ تُصبح الموارد المعدنية محورًا لإعادة تعريف مفاهيم القوة والتنمية في القرن الحادي والعشرين.

(1) Santoso, R. B., Dermawan, W., & Moenardy, D. F. Indonesia's rational choice in the nickel ore export ban policy. Cogent Social Sciences, vol10 no1 ,2024, p2-9

<https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2400222>

(2) Santoso, R. B., Dermawan, W., & Moenardy, D. F. ibid, p10

-4-

الاستنتاجات والمقترحات

4-1 الاستنتاجات

- 1- تظهر الدراسة أن التحول العالمي نحو الطاقة المتجددة ليس مجرد تحول تقني أو بيئي، بل يُعد تحولاً جيوسياسياً عميقاً يعيد تشكيل موازين القوى الدولية. فامتلاك التي تُعد أساسية لتقنيات الطاقة النظيفة، أصبح عنصراً محورياً في الاستراتيجيات الوطنية للدول.
- 2- كشف التحليل أن التركيز الجغرافي لاحتياجات معادن الطاقة المتجددة في دول محددة، يُولد نقاط ضعف استراتيجية، فاضطرابات الإمداد الناتجة عن الكوارث الطبيعية أو الاضطرابات السياسية أو الاحتكار قد تؤدي إلى أزمات في سلاسل التجارة العالمية، مما يهدد الأمن الطاقوي والاقتصادي للدول المستوردة.
- 3- حلت الدراسة تجارب دولية مختلفة ، فالولايات المتحدة رغم ريادتها في الابتكار التكنولوجي تعاني من تحديات في تحقيق الاستقلال الطاقوي بسبب الاعتماد على الواردات المعدنية، الصين نجحت في بناء سلسلة قيمة متكاملة للطاقة المتجددة لكنها تواجه انتقادات بسبب مشاريع الفحم الممولة خارجياً وتأثيراتها البيئية، الاتحاد الأوروبي يسعى لتعزيز التعاون الإقليمي عبر مشاريع الربط الكهربائي وتقليل الاعتماد على المصادر الأحفورية لكنه يواجه صعوبات في التنسيق بين الدول الأعضاء، أما روسيا الاتحادية فمازالت تعتمد بشكل شبه كامل على مصادر الطاقة التقليدية الأحفورية.
- 4- أن التحول نحو الطاقة المتجددة سيعيد تشكيل النظام العالمي من خلال تحول مراكز القوة الاقتصادية، صعود لاعبين جدد دول تمتلك موارد معدنية حرجة كأستراليا، تحالفات جديدة من خلال تعاون بين دول منتجة للمعادن ودول مصنعة للتكنولوجيا، تقلص دور النفط إذ تراجع النفوذ الجيوسياسي للدول المعتمدة على تصدير الوقود الأحفوري كروسيا والمملكة العربية السعودية.
- 5- هيمنة صينية واضحة على العناصر الأرضية النادرة 80% من الإنتاج العالمي تعزز نفوذها في صناعات التكنولوجيا الفائقة والطاقة المتجددة مما يخلق تبعية عالمية لمصادرها، وتركز احتياطات الليثيوم في دول مثلث الليثيوم تشيلي، الأرجنتين، بوليفيا وهيمنة الكونغو الديمقراطية على إنتاج الكوبالت 70% وأستراليا تسيطر على 60% من إنتاج الليثيوم العالمي يعرض سلاسل التجارة لاضطرابات سياسية واجتماعية بينما تعتمد أوروبا وأمريكا الشمالية على الواردات لسد فجوة الإنتاج المحلي المحدود.
- 6- إقليم آسيا يستهلك 71% من المعادن العالمية بقيادة الصين، بينما تستورد أوروبا 90% من احتياجاتها، يعكس تفاوتاً في القوة الصناعية اما أمريكا الشمالية تُركز على تقليل التبعية للصين عبر

تعزيز التصنيع المحلي وتنويع مصادر الإمداد كالشراكات مع كندا وأستراليا وإقليم أفريقيا وأمريكا اللاتينية تصدر 95% من انتاجها للدول الكبرى.

7- تحتل الصين موقعاً مهيماً في إنتاج وتصدير المعادن الحيوية، مدعومةً بسياسات توسعية تعزز سيطرتها على سلاسل التجارة العالمية من خلال مبادرات أهمها مبادرة الحزام والطريق، أذ تعتمد هذه الاستراتيجية على استثمارات مكثفة في دول أمريكا اللاتينية وأفريقيا، رغم الانتقادات المتعلقة بالتأثيرات البيئية والاجتماعية السلبية.

8- تبني الولايات المتحدة سياسات تركّز على الاكتفاء الذاتي عبر تشريعات محلية مثل قانون خفض التضخم عام 2022 لتعزيز الإنتاج المحلي وإعادة تدوير المعادن، إلى جانب تحالفات دولية مع دول مثل أستراليا وكندا لتنويع مصادر الإمداد وتواجه تحديات بنيوية كارتفاع تكاليف الإنتاج ونقص العمالة الماهرة الذي يحد من قدرتها على منافسة النموذج الصيني.

9- أدى التوتر التجاري بين الصين والولايات المتحدة إلى اضطرابات في سلاسل التجارة العالمية، لاسيما مع فرض قيود تصديرية على معادن حرجة كالجرمانيوم والغالسيوم ورفع التعريفات الجمركية، يُهدد هذا التصعيد بتأخير تحقيق الأهداف المناخية أذ قد يُعيق توفير المواد الخام اللازمة للتقنيات النظيفة.

10- تبرز مبادرات دولية كمبادرة المعادن من أجل التحول الأخضر كمسار لضمان إدارة مستدامة للموارد عبر معايير بيئية واجتماعية صارمة يمكن للدول النامية الغنية بالموارد تعزيز مكانتها عبر تطوير قدرات المعالجة والتصنيع، بدلاً من الاعتماد على التصدير الخام الذي يُحقق قيمة مضافة ويقلل التبعية.

11- لا يُعد التحول نحو الطاقة المتجددة تحدياً تقنياً أو بيئياً فحسب، بل ظاهرة تعيد تشكيل التحالفات الدولية وموازن القوى ويتطلب نجاحه تكامل السياسات المحلية مع التعاون العالمي لضمان استقرار الإمدادات وتجنب الصراعات التي تُعيق التقدم نحو الاستدامة.

12- معادن الطاقة المتجددة أداة جيوسياسية تُحدد موقع الدول في السباق العالمي نحو الهيمنة التكنولوجية والاقتصادية في القرن الحادي والعشرين.

13- التقنيات الخضراء كالطاقة الشمسية والمركبات الكهربائية تستهلك معادن نادرة كالنيوديميوم والليثيوم، والسيارات الكهربائية تعتمد بشكل مكثف على الليثيوم 12.7 كغم/سيارة والكوبالت 91.5 كغم/سيارة مما يبرز تحديات أخلاقية ولوجستية ويزيد الضغط على الموارد المحدودة.

4-2 المقترحات

- 1- تعزيز التنوع الجغرافي لسلاسل التوريد من خلال إنشاء تحالفات دولية لتنويع مصادر إمداد المعادن الحرجة مثل الليثيوم والكوبالت لتقليل الاعتماد على دول محددة، ودعم الدول النامية الغنية بالموارد كأفريقيا وأمريكا اللاتينية لبناء قدراتها التصنيعية بدلاً من الاعتماد على التصدير الخام.
- 2- تبني سياسات متكاملة للاستدامة ووضع معايير دولية صارمة لعمليات التعدين، تضمن الحد من الأضرار البيئية كالتلوث واستنزاف المياه والاجتماعية كحقوق العمال، وتشجيع إعادة التدوير والاقتصاد الدائري للمعادن الحرجة لتقليل الاعتماد على التعدين الجديد.
- 3- تعزيز التعاون الدولي والتكنولوجي من خلال إنشاء منصات حوار بين القوى الكبرى كالصين والولايات المتحدة والاتحاد الأوروبي لتبادل التكنولوجيا وتنسيق السياسات، وتجنب الصراعات التجارية التي تُعيق التحول الأخضر ودعم مبادرات مثل المعادن من أجل التحول الأخضر لضمان إدارة شفافة ومستدامة للموارد.
- 4- تمكين الدول المنتجة للمعادن من توفير التمويل الدولي للدول النامية لبناء بنية تحتية لمعالجة المعادن محلياً يزيد القيمة المضافة ويقلل التبعية للدول الصناعية، تعزيز الشفافية في عقود التعدين لضمان حصول الدول المنتجة على عوائد عادلة.
- 5- تعزيز الاستقلال الطاقوي عبر الابتكار وزيادة الاستثمار في البحث والتطوير لتقنيات بديلة تقلل الاعتماد على المعادن النادرة كالبحث عن بدائل للعناصر الأرضية النادرة وتشجيع الشراكات بين القطاعين العام والخاص لتعزيز الإنتاج المحلي للمعدات الخضراء كالبطاريات والألواح الشمسية.
- 6- استراتيجيات وطنية تعالج المخاطر الجيوسياسية لسلاسل توريد المعادن، مثل اضطرابات الإمداد أو الاحتكار وتعزيز التعاون الإقليمي مثل مشاريع الربط الكهربائي في الاتحاد الأوروبي لتحقيق التكامل الطاقوي.
- 7- مواجهة الهيمنة الصينية عبر تحالفات بديلة كشراكة الولايات المتحدة مع أستراليا وكندا لتنويع مصادر الإمداد وتقليل الاعتماد على الصين، ومراقبة الاستثمارات الصينية في دول أفريقيا وأمريكا اللاتينية لضمان توافقها مع المعايير البيئية والاجتماعية.

8- تخفيف تأثير مصادر الطاقة التقليدية ومساعدة الدول المعتمدة على الوقود الأحفوري في تنويع اقتصاداتها عبر تمويل مشاريع الطاقة المتجددة توفير حوافز للشركات العالمية للاستثمار في التقنيات الخضراء في هذه الدول.

9- تعزيز الوعي العالمي بأهمية المعادن الحرجة من خلال إدراج الأمن المعدني في أجندات المنظمات الدولية كالأمم المتحدة ومنظمة التجارة العالمية كعنصر أساسي في تحقيق امن الطاقة مع نشر تقارير دورية تُقيّم مخاطر سلاسل التجارة وتقدم حلولاً استباقية.

10- تحفيز القطاع الخاص للمشاركة الفعالة وتقديم إعفاءات ضريبية ودعم مالي للشركات التي تستثمر في تقنيات التعدين المستدامة أو إعادة التدوير، وشجيع الشراكات بين الشركات العالمية والمحلية لتعزيز نقل التكنولوجيا وبناء القدرات.

-5-

قائمة المصادر

قائمة المصادر

أولاً: القرآن الكريم

1- سورة الكهف: الآية 69

ثانياً: المصادر العربية

أ: التقارير الحكومية

- 1- المفوضية الأوروبية، المعهد المشترك للبحوث (JRC)، المعادن الحرجة في استراتيجية تقييمات الطاقة: تقرير كامل عن الطلب والاستخدام، 2011.
- 2- الوكالة الدولية للطاقة المتجددة (IRENA)، تقرير الجغرافية السياسية لتحول الطاقة: المواد الحرجة، الامارات العربية المتحدة، ابو ظبي، 2023.
- 3- وكالة الانباء الإماراتية، أفاق مستقبلية، مجلة إماراتية سياسية اقتصادية، الطاقة المتجددة في العالم العربي، العدد 11 أغسطس 2016

ب: رسائل واطاريح

- 1- رحيمة جحوم، أفاق إحلال الطاقات المتجددة في الوطن العربي، مذكرة ماجستير في العلوم الاقتصادية، تخصص تحليل إقتصادي، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة الجزائر. 2012.
- 2- سناء حم عيد، استراتيجية الطاقة المتجددة في الجزائر ودورها في تحقيق التنمية المستدامة، رسالة ماجستير منشورة، كلية العلوم الاقتصادية، جامعة الجزائر، 2012/2013
- 3- سنان سامية، ناصري ليلي، اتفاقية تغير المناخ 1992 وبروتوكول كيوتو الملحق بها، رسالة ماجستير منشورة، جامعة مولود معمري، كلية الحقوق والعلوم السياسية، قسم القانون، الجزائر، 2015
- 4- علاء حسين كاظم، التحول إلى الطاقة المتجددة وتأثيره على التنمية المستدامة في بلدان مختارة ، رسالة ماجستير منشورة ،مكتبة العتبة العباسية ، كلية الإدارة والاقتصاد ، جامعة كربلاء ، 2018
- 5- الميلود سحانين، التكنولوجيا النظيفة ودورها في حماية البيئة، مذكرة ماجستير في علوم التسيير، تخصص الادارة البيئية والسياحية، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة الجزائر، 2010/2011

ج: الأبحاث والدوريات

- 1- اسلام عصمت السيد عبد الحليم قنديل، المقومات الطبيعية والبشرية المؤثرة في الهيمنة السياسية للصين، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، كلية الآداب جامعة المنوفية، مصر، م17، العدد 30، 2020،
- 2- امينة مخلفي، النفط والطاقة البديلة المتجددة والغير متجددة، مجلة الباحث، العدد التاسع، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، 2011
- 3- عبد الرحمن واصل، سامي جاد، التعاون الدولي في مواجهة ظاهرة التغير المناخي، المجلة القانونية، السودان، المجلد 14 العدد (3)، 2022،
- 4- عبد الله محمد وآخرون، إطار مقترح لاستخدام أسلوب التكلفة المستهدفة في صناعة السيارات الكهربائية بهدف المنافسة وتحقيق بيئة نظيفة. مجلة العلوم البيئية، جامعة عين شمس، مصر، المجلد 53، العدد 3، ج3، 2023.
- 5- مريم سعدي، الديزل الحيوي، مجلة الطاقات المتجددة، العدد الأول، مركز تطوير الطاقات المتجددة، بوزريعة الجزائر، جوان 2012.
- 6- مقدم عبد الحسن الفياض، شيماء مسج بكة الزيايدي. سياسة الولايات المتحدة الأمريكية تجاه تحديات الأزمة النفطية العالمية الأولى ودور النفط العربي الخليجي فيها (1973-1974). مجلة الكلية الاسلامية الجامعة، العراق، النجف الاشرف، المجلد 13، العدد (53) ج1، 2019.

د: الكتب

- 1- إبراهيم الغيطاني، أماني عبد الغني، آفاق الطاقة المتجددة في مصر: فرص الخروج من شبح نضوب الطاقة، المركز المصري للدراسات والمعلومات، القاهرة، مصر، 2012.
- 2- ادوار وسكا سيدي، مدخل إلى الطاقة المصادر والتكنولوجيا والمجتمع، ترجمة صباح صديق الدمولوجي المنظمة العربية للترجمة، الطبعة الأولى، بيروت، 2011.
- 3- راتول محمد مداحي محمد صناعة الطاقات المتجددة والمشاريع الاستثمارية المتعلقة بها في الجزائر كمرحلة لما بعد البترول، مداخلة في ملتقى الدولي الأول حول البدائل التنموية في الاقتصاديات العربية وترشيد إستغلال الموارد في ظل التغيرات الإقليمية والدولية، كلية العلوم الاقتصادية وعلوم التسيير، جامعة الجلفة، يومي 21-22 نوفمبر 2012.
- 4- السريتي أحمد وآخرون، اقتصاديات الموارد والبيئة، الدار الجامعية، الإسكندرية، مصر، 2000

- 5- شحاتة حسن أحمد، التلوث البيئي ومخاطر الطاقة، الدار العربية للكتاب، القاهرة، مصر، 2003
- 6- صبحي احمد الدليمي، جغرافية الطاقة، دار أمجد للنشر والتوزيع، عمان، الطبعة الأولى، 5080/9، 2017
- 7- علي احمد هارون، جغرافية المعادن ومصادر الطاقة، ط1. القاهرة، دار الفكر العربي، 2007.
- 8- علي عبد الله العرادي، الطاقة المستدامة، دراسات وقوانين، قسم البحوث والدراسات، إدارة شؤون اللجان والبحوث، مجلس الشورى، الأردن، 2012.
- 9- ميهوبي عبد الحكيم، التغيرات المناخية، الأسباب، المخاطر، ومستقبل البيئة العالمي، الطبعة الأولى دار الخلدونية للنشر والتوزيع، الجزائر، 2011.

ثالثا: المصادر الأجنبية

A: goerevment and institutional reports

- 1- A, DESA, U. A new world: The geopolitics of the energy transformation. IRENA, Abu Dhabi, 2019.
- 2- Act, E. P. Energy policy act of 2005. In US Congress (2005, August).
- 3- Alves Dias, P., Bobba, S., Carrara, S., & Plazzotta, B. The role of rare earth elements in wind energy and electric mobility. European Commission: Luxembourg.(2020) .
- 4- Analysis U.S.–China Competition: The Role of Critical Minerals. by Institute for the Study of Diplomacy. The Diplomatic Pouch. May, 2025.
- 5- Bailey Grasso, V., Rare Earth Elements in National Defense: Background, Oversight Issues, and Options for Congress, Congressional Research Service (CRS) Report for Congress R41744 (US Congress, CRS: Washington, DC, 23 Dec. 2013.
- 6- BP Statistical Review of World Energy .2022.71st edition.
- 7- BP Statistical Review of World Energy 2019
- 8- Buckley, T. Landmark Aus–US climate, critical minerals and clean energy transformation compact [Statement]. Climate Energy Finance.2023.
- 9- Climate Council of Australia. Climate allies: Australia, the United States and the global energy shift. 2023.

- 10– De Ridder, Marjolein. The geopolitics of mineral resources for renewable energy technologies. The Hague Centre for Strategic Studies, Jacobs University Bremen, Germany , 2013.
- 11– Development Reimagined, Africa–China cooperation in critical minerals: Centering Africa’s development in a global race, 2024, p1–50
- 12– Development Reimagined. US–Africa Leaders' Summit: Policy Brief. Development Reimagined. 2020.
- 13– Elkind J. Toward a real green belt and road. Center on Global Energy Policy, Columbia Univer(2019)
- 14– Energy Information Administration. Annual energy outlook 2023.
- 15– Energy Information Administration. Today in energy in 2018, the United States consumed more energy than ever before, 16 April 2019.
- 16– energy institute, Statistical Review of World Energy 2024, 73rd edition
- 17– ERI RAS & AC RF (2016), Global and Russian Energy Outlook Up To 2040
- 18– ERI RAS & SKOLKOVO (2019), Global and Russian Energy Outlook 2019, Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences & The Energy Centre. Moscow School of Management SKOLKOVO, Moscow 2019. Available at:
- 19– European Commission. A Clean Planet for all: A European strategic long-term vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. 2018.
- 20– Farooki, M., ‘China’s mineral sector and the Belt & Road Initiative’, Strategic Dialogue on Sustainable RawMaterials for Europe (STRADE) Policy Brief no. 2, Mar. 2018
- 21– Fong–Sam, Yolanda, et al. "The mineral industries of Asia and the Pacific. Minerals Yearbook, no2 ,2008
- 22– Gaida, J., Leung, J. W., Robin, S., & Cave, D. ASPI’s Critical Technology Tracker: The global race for future power. 2023

- 23– Held, A., Ragwitz, M., Huber, C., Resch, G., Faber, T., & Vertin, K. Feed-in systems in Germany, Spain and Slovenia: A comparison. International Feed-in Cooperation..(2007) ،
- 24– Held, A., Ragwitz, M., Huber, C., Resch, G., Faber, T., & Vertin, K. Feed-in systems in Germany, Spain and Slovenia: A comparison. International Feed-in Cooperation.(2007) ،
- 25– Houser T. Marsters P, Rhodium Group (2018) Final U.S. emissions numbers for 2017.
- 26– Hund, Kirsten, et al. Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition .2020.
- 27– International Energy Agency (IEA), Global Critical Minerals Outlook 2024 (IEA: Paris, 2024).
- 28– IRENA, Renewable power generation costs in 2023, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi. 2024.
- 29– IRENA. A New World: The Geopolitics of the Energy Transformation2019,
- 30– Joel Jaeger, Paul Joffe and Ranping Song, China is Leaving the U.S. Behind on Clean Energy Investment,2017
- 31– KPMG & The University of Sydney Business School, Demystifying Chinese investment in Australia: KPMG Australia, 20th Edition, 2024
- 32– Leila. C, Daly. SR, and Mark.m,China's Investment in LAC Critical Minerals help its Military Modernization,FIU.Jack D. Gordon Institute for Public Policy,2024.
- 33– MacMahon, A. D. Copper: a materials survey .US Department of the Interior, Bureau of Mines. (Vol. 8225) .(1965) .
- 34– Makarov L. A., Chen H. Y., Paltsev S. (2017), Finding Itself in the Post-Paris World: Russia in the New Global Energy Landscape, MIT Center for Energy and Environmental Policy Research, No.022. Joint Program Report Series Report 324. December 2017.
- 35– Mandel, Benjamin, The Dynamics and Differentiation of Latin American Metal Exports, FRB of New York Staff Report, No508, 2011. Available at

SSRN: <https://ssrn.com/abstract=1917422> or

<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1917422>

- 36– Ministry of Energy of the Russian Federation (2017), Draft Energy Strategy Up to 2035.
- 37– Ministry of Energy of the Russian Federation (2019) State Strategy Energy Development.
- 38– Ministry of Energy of the Russian Federation (2019), Presentation on the results of the Fuel and Energy Complex functioning in 2018 and its targets for 2019, Moscow, (in Russian)
- 39– NDRC Energy Supply and Consumption Revolution Strategy (2016–2035). (2016)
- 40– O'Sullivan, Megan, et al. The Geopolitics of Renewable Energy. International Renewable Energy Agency (IRENA), Norwegian Ministry of Foreign Affairs, and German Federal Foreign Office, June 2017
- 41– Paulson, Remarks by Henry M. Paulson, Jr., on the United States and China at a Crossroads, 6 November 2018.
- 42– SHEET, Fact. The Bipartisan Infrastructure Deal. The White House, 2021.
- 43– Staffell 1, Jansen M, Chase A, Cotton E, Lewis C (2018) Energy Revolution: Global Outlook. Drax, 5 December 2018.
- 44– Stern T. The Paris agreement and its future. Brookings Institution. 2018.
- 45– Stevens, Paul. The Geopolitical Implications of Future Oil Demand. Chatham House, August 14, 2019.
- 46– Teske, S., Florin, N., & Dominish, E. Responsible Energy and Mineral Sources. Institute for Sustainable Futures, University of Technology, Australia, New South Wales, 2007.
- 47– The Moscow Times (2019) Murmansk launches construction of Russia's largest wind power park, 24 September 2019
- 48– Transparency International Australia, Digging Deeper Global Chinese Mining Sector, 2024

- 49– Tynkkynen V. Pynnöniemi K. Höysniemi S, Global energy transitions and Russia's energy influence in Finland, Policy Brief. 19/2017.
- 50– U.S. Bureau of Economic Analysis (BEA). Direct Investment by Country and Industry, 2023 [News Release BEA 24–32. U.S. Department of Commerce. 2024.
- 51– U.S. Geological Survey, Minerals Yearbook A–Z, U.S. Department of the Interior, 2024
- 52– U.S. Geological Survey, The Mineral Industry of China. 2022 Minerals Yearbook – China [Advance Release], U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 2025.
- 53– United Nations Environment Programme . Emissions gap report 2018
- 54– US Department of Defense (2019) Indo–Pacific Strategy Report Preparedness. Partnerships, and Promoting a Networked Region.
- 55– US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2025.
- 56– US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office.1996–2024
- 57– US Geological Survey & Orienteering S. Mineral Commodity Summaries. Government Printing Office. 2024
- 58– Vasquez, PI, Humphreys, D & Bastida, China's engagement in the mineral sector in Latin America: Lessons learned and opportunities for international cooperation. in China's engagement in the mineral sector in Latin America: Lessons learned and opportunities for international cooperation,University of Dundee, No 8,2018
- 59– WORLD BANK. Four Decades of Poverty Reduction in China: Drivers, Insights for the World, and the Way Ahead. 2022
- 60– World Bank ,The Growing Role of Minerals and Metals in a Low–Carbon Future ,World Bank, June 2017.
- 61– ZHOU, Jiayi; MÅNBERGER, André. Critical Minerals and Great Power Competition: An Overview. 2024.

B: Theses and Dissertations

- 1– De Marinis, F. Advancements in wave energy conversion: a numerical analysis of the C4 CorPower WEC's dynamic response in various wave scenarios (Doctoral dissertation, Politecnico di Torino).(2024)
- 2– knar khachatryan, le Role des Energies Renouvelables dans la Politique Energétique de l'Union Européenne, mémoire d'ifin de etude, Institut des hautes etude internationales, Centre internationales de formation Européenne, 2006/2007.
- 3– Moon, s. Facilitating trade in mineral resources: policy implications for trade between Africa, South Africa and East Asia. Thesis. University of Cape Town. South Africa. 2014.
- 4– Moon, Sinechole. Facilitating trade in mineral resources: policy implications for trade between Africa, South Africa and East Asia.Thesis., University of Cape Town, Faculty of Humanities, Department of Political Studies, 2014.
<http://hdl.handle.net/11427/13151>
- 5– PULCHARTOVÁ, Pavlína. Geopolitical Implications of energy transition. Online. Master's thesis. Brno: Masaryk University, Faculty of Social Studies. 2022.
- 6– Tyshchenko, V. Analytical Modeling of a Heaving Wave Energy Converter Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology ,2023.
- 7– Wolfe, Daniel. The Environmental Security Dynamics of US–PRC Competition for Critical Mineral Resources. Diss. Science, Technology, and International Affairs, 2024.
- 8– ZUTT, Megan Nicole. The Growing Demand for 'White Gold' to Accommodate the 'Green' Transition: The Role of Discourse in Shaping the Cooperation Between the European Union and Chile on Lithium. Diplomová práce, vedoucí Casaglia, Anna. Praha: Univerzita Karlova, Fakulta sociálních věd, Katedra bezpečnostních studií. 2023.

C: Research Articles

- 1– Abbott, T. B. Magnesium: industrial and research developments over the last 15 years. *Corrosion*, 71(2).(2015)
- 2– AKCIL, Ata; SUN, Zhi; PANDA, Sandeep. COVID–19 disruptions to tech–metals supply are a wake–up call. *Nature*, voll 587. 2020.
- 3– Alstadt, L. J. The 1980 Patent Rights Statute: A Key to Alternative Energy Sources. *U. Pitt. L. Rev.*(1981) ، .
- 4– Andrew L.Gulley. Erin A.McCullough, Kim B.Shedd, China's domestic and foreign influence in the global cobalt supply chain, *Resources Policy*, 2019.
- 5– Bertrand, Guillaume, et al. "Map of critical raw material deposits in Europe." *Energy Procedia*, no97 2016.
- 6– Blondel, Fernand, and Samuel Grossman Lasky. "Mineral reserves and mineral resources." *Economic Geology*,voll 51.7 ,1956.
- 7– Bosio, Alessio, Stefano Pasini, and Nicola Romeo. "The History of Photovoltaics with Emphasis on CdTe Solar Cells and Modules" *Coatings* 10, no. 4. 2020.
- 8– BRADSHER, Keith. Amid tension, China blocks vital exports to Japan. *New York Times*, 2010.
- 9– Britt, A. F., and K. Czarnota. "A review of critical mineral resources in Australia." *Australian Journal of Earth Sciences*, voll71.8 2024.
- 10– Britt, A. F., and K. Czarnota. A review of critical mineral resources in Australia. *Australian Journal of Earth Sciences*, voll 71.8.(2024)
- 11– Budd, C. F. Geothermal energy for electrical generation. *Journal of petroleum technology*,vol 36(02).(1984)
- 12– C. S. Johnson, J. T. Vaughey, M. M. Thackeray, T. E. Bofinger, and S. A. Hackney "Layered Lithium Manganese Oxide Electrodes Derived from Rock–Salt LixMnyOz Precursors" 194th Meeting of the Electrochemical Society, Boston, MA, Nov.1–6,1998.

- 13- CHEN, Wei, et al. Reshaping Heavy Rare Earth Supply Chains Amidst China's Stringent Environmental Regulations. Fundamental Research, 2024
- 14- Cheng, X., Li, D., Jiang, Y., Huang, F., & Li, S. Advances in Electrochemical Energy Storage over Metallic Bismuth-Based Materials. Materials, e17, no (1).(2023) ،(
- 15- Chester, L. "Conceptualising energy security and making explicit its polysemic nature. Energy Policy". Elsevier, Vol. 38, No. 2, 2010.
- 16- ChinaPower .Is air quality in China a social problem, February 15, 2016.
- 17- Clegg, J., & Krase, S. New-generation geothermal wells-how the upstream oil and gas industry can bring its experience to bear. In SPE/IADC Drilling Conference and Exhibition (2022, March).
- 18- Criekemans, D. The geopolitics of renewable energy: different or similar to the geopolitics of conventional energy. In ISA annual convention. Canada. Montreal.(2011)
- 19- CRIEKEMANS, David. The geopolitics of renewable energy: different or similar to the geopolitics of conventional energy. In: ISA annual convention. Canada Montreal, 2011.
- 20- Demirbas, A., Taylan, O., & Kaya, D. Biogas production from municipal sewage sludge (MSS). Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects,vol 38(20).(2016) ،(
- 21- Diouf, B., & Pode, R. Potential of lithium-ion batteries in renewable energy. Renewable Energy, 76.(2015) ،
- 22- Disna Eheliyagoda, Devarajan Ramanujan, Badrinath Veluri, Qiance Liu, Gang Liu,Tracing the multiregional evolution of the global dysprosium demand-supply chainResources, Conservation and Recycling,Volume 199,2023.
- 23- Du, X., & Graedel, T. E. Global rare earth in-use stocks in NdFeB permanent magnets. Journal of Industrial Ecology, e15, no (6).(2011) ،(
- 24- FERnanDES, C. P., & Rodrigues, T. F. Geopolitics of energy and energy security. IDN Cadernos.(2017) .

- 25– Fitria, Jian Liu, and Bin Yang. "Roles of mineral matter in biomass processing to biofuels." *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. voll17.3.(2023)
- 26– FORTESCUE, Stephen. Territories of accelerated development: another case of policy failure in Russia. *Post–communist economies*, voll 34.no2, 2022.
- 27– GAHLAUT, Seema. Overview of aluminium industry in UAE and Bahrain. *Aluminium International Today*, voll 33.3,2020.
- 28– Gatte, M. T., & Kadhim, R. A. Hydro power. *Energy Conservation*, vol 9(51).(2012) ،(
- 29– Gökçe, Ali Fuat. "Transition from Hydrocarbon Geopolitics to Critical Mineral Geopolitics, *Journal of Mehmet*
- 30– GOLDBERG, Pinelopi K.; REED, Tristan. Is the global economy deglobalizing If so, why? And what is next. *Brookings Papers on Economic Activity*, voll 1.2023.
- 31– Gordon, R. B., Bertram, M., & Graedel, T. E.Metal stocks and sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*,en 103(5 .(.(2006)
- 32– Green, M. A. Crystalline silicon solar cells. *Clean Electricity from Photovoltaics*.(2014) ،
- 33– Guarnieri, M. Secondary Batteries for Mobile Applications: From Lead to Lithium [Historical]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*, e16, no (4).(2022)
- 34– Guarnieri, M. The Emergence of Hydropower in the 19th Century [Historical]. *IEEE Industrial Electronics Magazine*,vol 17(3),2023.
- 35– Guo, M., Song, W., & Buhain, J. Bioenergy and biofuels: History, status, and perspective. *Renewable and sustainable energy reviews*,vol 42.(2015) ،
- 36– Hatton, L., Johnson, N., Dixon, L., Mosongo, B., De Kock, S., Marquard, A.& Staffell, I. The global and national energy systems techno–economic (GNESTE database: cost and performance data for electricity generation and storage technologies. *Data in Brief*, 55,2024.

- 37– Hertanti, Rachmi, and Felix Anderl. "The International Political Economy of Green Transition: Critical Minerals, Market Access, and the Search for Sovereignty in ASEAN countries. 2023.
- 38– Kalantzakos, Sophia. "The race for critical minerals in an era of geopolitical realignments." *The International Spectator* voll 55.3, 2020.
- 39– Kuo, Ching S., et al. "The mineral industries of Asia and the Pacific." *US Geological Survey Minerals Yearbook. Años* 2019.
- 40– Leonelli, Giulia Claudia, *Critical Raw Materials, the Net-Zero Transition and the 'Securitisation' of the Trade and Climate Change Nexus: Pinpointing Environmental Risks and Charting a New Path for Transnational Decarbonisation* LSE Legal Studies Working Paper No13. 25/2023
- 41– Lewis, B. J., Cimbala, J. M., & Wouden, A. M. Major historical developments in the design of water wheels and Francis hydroturbines. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* IOP Publishing. (Vol. 22, No. 1,2020.
- 42– Lustman, B. Zirconium technology—twenty years of evolution. In *Zirconium in the Nuclear Industry*. ASTM International.india.(1979) .
- 43– Meidan M. The Implications of China's Energy–Import Boom. *Survival* 56(3) 2014.
- 44– Meinert, Lawrence D., Gilpin R. Robinson Jr, and Nedat T. Nassar. "Mineral resources: Reserves, peak production and the future." *Resources*, voll 5.1 2016,
- 45– Mittelbach, M. Diesel fuel derived from vegetable oils, VI: Specifications and quality control of biodiesel. *Bioresource technology*, vol 56(1.(1996)
- 46– Mofijur, M., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Atabani, A. E., Shahabuddin, M., Palash, S. M., & Hazrat, M. A. Effect of biodiesel from various feedstocks on combustion characteristics, engine durability and materials compatibility: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol 28.(2013) ,
- 47– Nasmith, F. THE BICENTENARY OF THE BIRTH OF RICHARD ARKWRIGHT. *Journal of the Textile Institute Proceedings*,vol 24(1.(1933)

- 48– Nordhaus, R. R. National Energy Act of 1978. In Encyclopedia of Energy Engineering and Technology–Four Volume Set (Print).(2014) .
- 49– O'Regan, B., Grätzel, M. A low–cost, high–efficiency solar cell based on dye–sensitized colloidal TiO₂ films. Nature, voll 353.(1991) ،
- 50– Parasuraman, A., Lim, T. M., Menictas, C., & Skyllas–Kazacos, M. Review of material research and development for vanadium redox flow battery applications. Electrochimica Acta,no 101.(2013) ،
- 51– Paravantis, A. J. and N. Kontoulis. “Energy Security and Renewable Energy: A Geopolitical Perspective.” in: Mansour Al Qubeissi & Ahmad El–Kharouf & Hakan Serhad Soyhan (ed.): Renewable Energy – Resources, Challenges and Applications. 2020.
- 52– Park, E. S., & Lee, T. S. The rebirth and eco–friendly energy production of an artificial lake: A case study on the tidal power in South Korea. Energy Reports,vol 7.(2021) ،
- 53– Pastukhova, M. and K. Westphal. “Governing the Global Energy Transformation.” In: M. Hafner and S. Tagliapietra (eds.): The Geopolitics of the Global Energy Transition, Lecture Notes in Energy 73.2020.
- 54– Perry, M. L., & Fuller, T. F, A historical perspective of fuel cell technology in the 20th century. Journal–Electrochemical Society, e149, no (7.(2002) ،(
- 55– Poulton, Mary M., et al. "State of the world's nonfuel mineral resources: Supply, demand, and socio–institutional fundamentals." Annual Review of Environment and Resources,voll 38.1 ,2013.
- 56– Price, T. J. James Blyth—Britain's first modern wind power pioneer. Wind engineering,vol 29(3.(2005)
- 57– Pyper J US electric vehicle sales increased by 81% in 2018. GreenTech Media.(2019) .
- 58– RADIVOJEVIĆ, Miljana, et al. Tainted ores and the rise of tin bronzes in Eurasia, c. 6500 years ago. Antiquity, 2013.
- 59– Richardson, L. History of solar energy: Timeline & invention of solar panels: Energysage. EnergySage Blog.(2022) .

- 60– Santoso, R. B., Dermawan, W., & Moenardy, D. F. Indonesia's rational choice in the nickel ore export ban policy. Cogent Social Sciences, vol10 no1 ,2024, <https://doi.org/10.1080/23311886.2024.2400222>
- 61– Schatzberg, E. Symbolic culture and technological change: The cultural history of aluminum as an industrial material. Enterprise & Society,en 4(2).(2003)
- 62– SHARAKY, Abbas M. Mineral resources and exploration in Africa. In: Proceedings of the Conference of 25th Revolution and the Future of the Relationships between Egypt and Nile Basin Countries. 2014. p1–20.
- 63– Singh, M. B., Jain, P., & Singh, P. Wind Energy: From Past to Present Technology. Wind Energy Storage and Conversion: From Basics to Utilities ,.(2024)
- 64– SONG, Ligang; ZHOU, Yixiao; HURST, Luke. 1. Deepening reform and opening-up for China to grow into a high-income country. THE CHINESE ECONOMIC TRANSFORMATION, 2019.
- 65– Stober, I., Bucher, K., Stober, I., & Bucher, K. History of geothermal energy use. Geothermal Energy: From Theoretical Models to Exploration and Development.(2013) ،
- 66– Sumbel Ijaz, Muhammad Qasim Mehmood, Zubair Ahmed, Khaled A. Aljaloud, Ali H. Alqahtani, Yosef Al- Adidi, Rifaqat Hussain, Efficient solar energy harvesting via thermally stable tungsten-based nanostructured solar thermophotovoltaic systems. Materials Today Communications, Volume 40, 2024
- 67– TAYLOR, Michael. Renewable Power Generation Cost Trends to 2022– Michael Taylor. 2023.
- 68– Tjiu, W., Marnoto, T., Mat, S., Ruslan, M. H., & Sopian, K. Darrieus vertical axis wind turbine for power generation II: Challenges in HAWT and the opportunity of multi-megawatt Darrieus VAWT development. Renewable Energy, vol 75.(2015) ،

- 69– Tomarov, G. V., Nikolsky, A. A., Semenov, V. N., & Shipkov, A. A. Recent geothermal power projects in Russia. In World Geothermal Congress, Bali, Indonesia, Apr 2010.
- 70– Torres, Ivette E., et al. "THE MINERAL INDUSTRIES OF LATIN AMERICA." Minerals Yearbook, no3 ,2005.
- 71– United States – Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/United_States
- 72– Vant–Hull, L. L. Development of solar tower program in the United States. Optical Engineering, vull 16(6) .(1977)
- 73– Vieira, M., da Fonseca, F. X. C., Cardoso, F., & Henriques, E. Onshore wind in Portugal: History, supporting policies, economic viability and future perspectives. Energy Reports,vol 11 .(2024) ،
- 74– Wali, Q., Iqbal, Y., Pal, B., Lowe, A., & Jose, R. Tin oxide as an emerging electron transport medium in perovskite solar cells. Solar Energy Materials and Solar Cells, vull 179, (2018).
- 75– Wang O (2019) Chinese economists warn Beijing to prepare for decoupling from US. South China Morning Post, 7 July 2019
- 76– Wang, F., Yin, H., & Li, S. China’s renewable energy policy: Commitments and challenges. Energy Policy, e38, no (4), (2010).
- 77– Wang, H. Q., Batentschuk, M., Osvet, A., Pinna, L., & Brabec, C. J. Rare-earth ion doped up-conversion materials for photovoltaic applications. Advanced Materials, e23, no (22-23) .(2011)
- 78– WANG, Howard. ‘Security is a prerequisite for development’: consensus–building toward a new top priority in the Chinese Communist Party. Journal of Contemporary China, voll 32.142. 2023) ،
- 79– Wilson, D. J. “A securitisation approach to international energy politics.” In: Energy Research & Social Science, Vol. 49, March 2019
- 80– Yamineva Y, Liu Z Cleaning the air, protecting the climate: Policy, legal and institutional nexus to reduce black carbon emissions in China. Environ Sci Policy 95,2019

81– Zerniz, Amal. "The Challenge of the Transition to Renewable Energies: A Geopolitical Approach in the Light of the International Competition for Rare Earth Elements." *Przegląd Politologiczny*, no 3, 2024.

D: Books

- 1– Cartwright, D. E. *Tides: a scientific history*. Cambridge University Press . (2000)
- 2– Colgan, J. D. *Petro-aggression: When oil causes war*. Cambridge University Press. (2013) .
- 3– Dixit, U. S., Hazarika, M., Davim, J. P., Dixit, U. S., Hazarika, M., & Davim, J. P. *Landmark Revolutionary Inventions in Mechanical Engineering. A Brief History of Mechanical Engineering*. (2017) .
- 4– El-Mansi, M. *Fermentation microbiology and biotechnology: An historical perspective*. In *Fermentation Microbiology and Biotechnology*, Fourth Edition. CRC Press . 2018
- 5– Green, M. A. *"Silicon solar cells: advanced principles and practice"*. UNSW Press. Australia. (2001) .
- 6– HAFNER, Manfred; TAGLIAPIETRA, Simone. *The geopolitics of the global energy transition*. Springer Nature, 2020.
- 7– McClellan iii, James E., and Harold Dorn. *Science and technology in world history: An introduction*. JHU Press, 2015.
- 8– YERGIN, Daniel. *The new map: Energy, climate, and the clash of nations*. Penguin UK, 2020.

Abstract

Asian region consumes 71% of minerals, led by China, while Europe imports 90% of its needs. This has created a disparity in industrial power. North America, on the other hand, is focusing on reducing dependence on China by promoting local manufacturing and diversifying supply sources, such as through partnerships with Canada and Australia. Africa and Latin America export 95% of their production to major powers. The study revealed China's dominance of rare earth elements, accounting for 80% of global production. This strengthens its influence in the technology and renewable energy industries, creating global dependence on their resources. Lithium reserves are concentrated in the Lithium Triangle countries of Chile, Argentina, and Bolivia. The Democratic Republic of the Congo dominates cobalt production, and Australia dominates global lithium production. China also holds a dominant position in the production and export of vital minerals, supported by expansionist policies that strengthen its control over global trade chains through initiatives, most notably the Belt and Road Initiative. This strategy relies on extensive investments in Latin American, African, and Australian countries, despite criticism regarding negative environmental and social impacts. In addition to the United States adopting policies focused on self-sufficiency through domestic legislation such as the Inflation Reduction Act of 2022 to promote domestic production and recycling of metals, along with international alliances with countries such as Australia, Canada, and some African countries to diversify supply sources, it faces structural challenges such as high production costs and a shortage of skilled labor that limits its ability to compete with the Chinese model. Trade tensions between China and the United States have led to disruptions in global trade chains. In light of this acute tension, the study proposes a scenario for international cooperation as a path to the sustainability of mineral resources used in renewable energy.

Abstract:

In the late twentieth century, the world witnessed a major shift towards reliance on renewable energy sources, which led to increased international pressure to reduce reliance on fossil fuels and transition to clean and sustainable energy sources. This shift is an integral part of global efforts to address the effects of climate change and achieve sustainable development. Therefore, the minerals used in the manufacture of renewable energy technologies play a crucial role in supporting these technologies. These minerals have become new strategic resources for geopolitical conflicts and international competition, as countries seek to secure their reserves of these natural resources to meet the growing demand for renewable energy. The energy transition is no longer merely a response to environmental challenges; it has become a driving force for altering the balance of power and determining national security priorities. This study aims to analyze the geopolitics of minerals used in renewable energy industries, by analyzing the interaction between the unbalanced geographical distribution of these resources and the geopolitical shifts resulting from the global shift to renewable energy. The study selects 26 minerals used in renewable energy, as they have transcended their role as traditional raw materials to become effective tools in forming international alliances. This is particularly true given the concentration of their reserves and production in specific countries, which imposes strategic dependencies and redraws the map of global influence. It also analyzes consumption, production, and reserve patterns, revealing the strategic dependencies resulting from the geographical concentration of these minerals and the impact of their availability on the transition to renewable energy in selected countries. The study concludes that the transition to renewable energy is not merely a technological shift, but rather a complex geopolitical process in which economic considerations intertwine with international conflicts. There are countries that possess minerals but lack technology, countries that possess technology but lack renewable energy minerals, and countries that lack both renewable energy minerals and technology. This demonstrates that the geographical distribution of these minerals is unequal among countries. Developing countries with large reserves of renewable energy minerals consume the least of these minerals, and the bulk of their production is exported to major powers due to their dependence on and control over processing, extraction, and refining processes in developing countries. It was found that the

The Political Geopolitics of Minerals Used in Renewable Energy (Selected Countries)

A thesis submitted by

Mudar Taher Edan Issa

**to the Council of the College of Education for Humanities
at the University of Mosul. This thesis is part of the
requirements for a Master's degree in Geography/Human
Geography**

Supervised by

Prof. Dr

Ahmed Hamid Ali

University of Mosul

College of Education for Humanities

Department of Geography



The Political Geopolitics of Minerals Used in Renewable Energy (Selected Countries)

Mudar Taher Edan Issa

Master's Thesis

Geography/Human Geography

Supervised by

Prof. Dr

Ahmed Hamid Ali

2025 A.D

1447 A.H