أفضل الممارسات في الإنتاج المستدام للمواد الخام الحرجة

E/ESCWA/CL1.CCS/2025/Policy brief.3

©Revisio/stock.adobe.com

معلومات أساسية

تشكّل المواد الخام الحرجة العمود الفقري للتقنيات الحديثة الضرورية للانتقال في مجال الطاقة، وللبنية الأساسية الرقمية، والصناعات الاستراتيجية. ومع تسارع التحوّل العالمي نحو اقتصاد منخفض الكربون، أصبح ضمان الإنتاج الآمن والمستدام والمنصف للمواد الخام الحرجة أولويةً دوليةً ملحّة. غير أنّ أنظمة الإنتاج الحالية تواجه تحديات كبيرة، على غرار تجزئة الحوكمة، وعدم الاتساق في معايير تصنيف الموارد، ومحدودية الشفافية في سلاسل الإمداد، والتدهور البيئي، وتزايد أوجه عدم المساواة الاجتماعية والاقتصادية. ولتيسير هذا التحوّل، يعمل فريق الأمم المتحدة العامل المعني بتحويل الصناعات الاستخراجية من أجل التنمية المستدامة التابع للأمين العام على دعم لجنة الأمين العام المعنية بالمعادن الحيوية للانتقال الطاقي، وذلك للاستفادة من القدرة الكاملة لمنظومة الأمم المتحدة على وضع حلول لهذه التحديات ونشرها.

والمواد الخام الحرجة مثل الفوسفات والبوتاس والنحاس والعناصر الأرضية النادرة والليثيوم أساسيّة لتحقيق التنمية الصناعية والتحوّلات منخفضة الكربون في

المنطقة العربية. لكن استدامة القطاع مهدّدة بسبب عدد من التحديات على غرار ندرة المياه، وقيود الاستثمار، والشواغل البيئية، وعدم استدامة سلاسل القيمة، وصعوبة الوصول إلى التكنولوجيا، ونقص المهارات.

تدعم لجنة الأمم المتحدة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا (الإسكوا) بلدان المنطقة العربية في اعتماد مبادئ الإنتاج المستدام للمواد الخام الحرجة بهدف تعزيز الحوكمة، وجذب الاستثمار، وضمان الإدارة المستدامة للموارد.

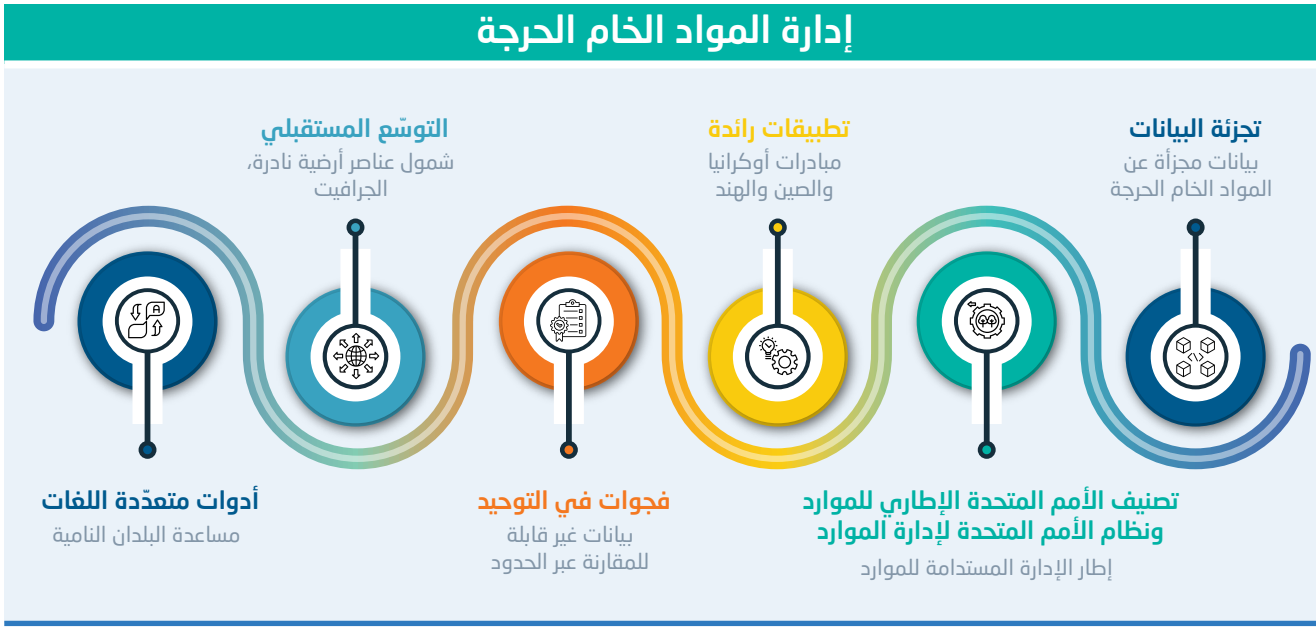
ويحدّد موجز السياسات هذا أفضل الممارسات في الإنتاج المستدام للمواد الخام الحرجة في ست ركائز أساسيّة: الأُطُر السياساتية والتنظيمية، والابتكار التكنولوجي، وتحسين سلسلة القيمة، واستراتيجيات الاقتصاد الدائري، وبناء القدرات والإدماج الاجتماعي، وآليات التمويل المستدامة. ويسلِّط الموجز الضوء على أفضل الممارسات لمواءمة إنتاج الموارد مع أهداف التنمية المستدامة، وتحسين القدرة على تحمّل تغيّر المناخ على المدى الطويل.

1. إطار السياسات والمعايير

ألف. نظام إدارة الموارد الموحّد

1. وضع تصنيف للموارد ومعايير للبيانات

يعيق تحليل المواد الخام الحرجة عددٌ من العوامل على غرار تجزئة البيانات، وعدم اتساق معايير تقييم الموارد، والصعوبات في تنسيق السياسات. وقد أدّى عدم الاتساق بين المعايير الدولية والمحلية إلى بيانات غير قابلة للمقارنة عبر الحدود، فضعُفت مرونة سلسلة الإمداد، ولم يُقدَّر النقص في المواد الحرجة بشكل صحيح. ولا يؤدي توحيد المعايير إلى تعزيز الشفافية في تقييم الموارد فحسب، بل يشكِّل أيضاً مرجعاً رئيسياً لحساب البصمة الكربونية وتقييم استدامة الموارد. ويوفِّر تصنيف الأمم المتحدة الإطاري للموارد[1] ونظام الأمم المتحدة لإدارة الموارد هيكلاً شاملاً للإدارة المستدامة للموارد من خلال إدماج العوامل البيئية والاجتماعية والاقتصادية بشكل منهجي في تقييمات الموارد. وقد دمجت أوكرانيا وبولندا والصين والهند والمكسيك بالفعل تصنيف الأمم المتحدة الإطاري للموارد في نُظُمها الوطنية لتصنيف الموارد، ولا سيّما فيما يتعلّق بالمعادن والطاقة الأحفورية وغيرها، والعمل جارٍ على الصعيد الدولي في الاتجاه نفسه. ولتحسين الاتساق وجودة عملية صنع القرار، من الضروري إدماج تصنيف الأمم المتحدة الإطاري للموارد في نُظُم الإبلاغ الوطنية، وتوسيع نطاق تطبيقه ليشمل المواد الخام الثانوية، والمعادن الحيوية اللازمة للانتقال في مجال الطاقة.



2. تطوير واجهات لنُظُم الإبلاغ الرقمية الوطنية/الدولية لضمان السلاسة في تكامل البيانات

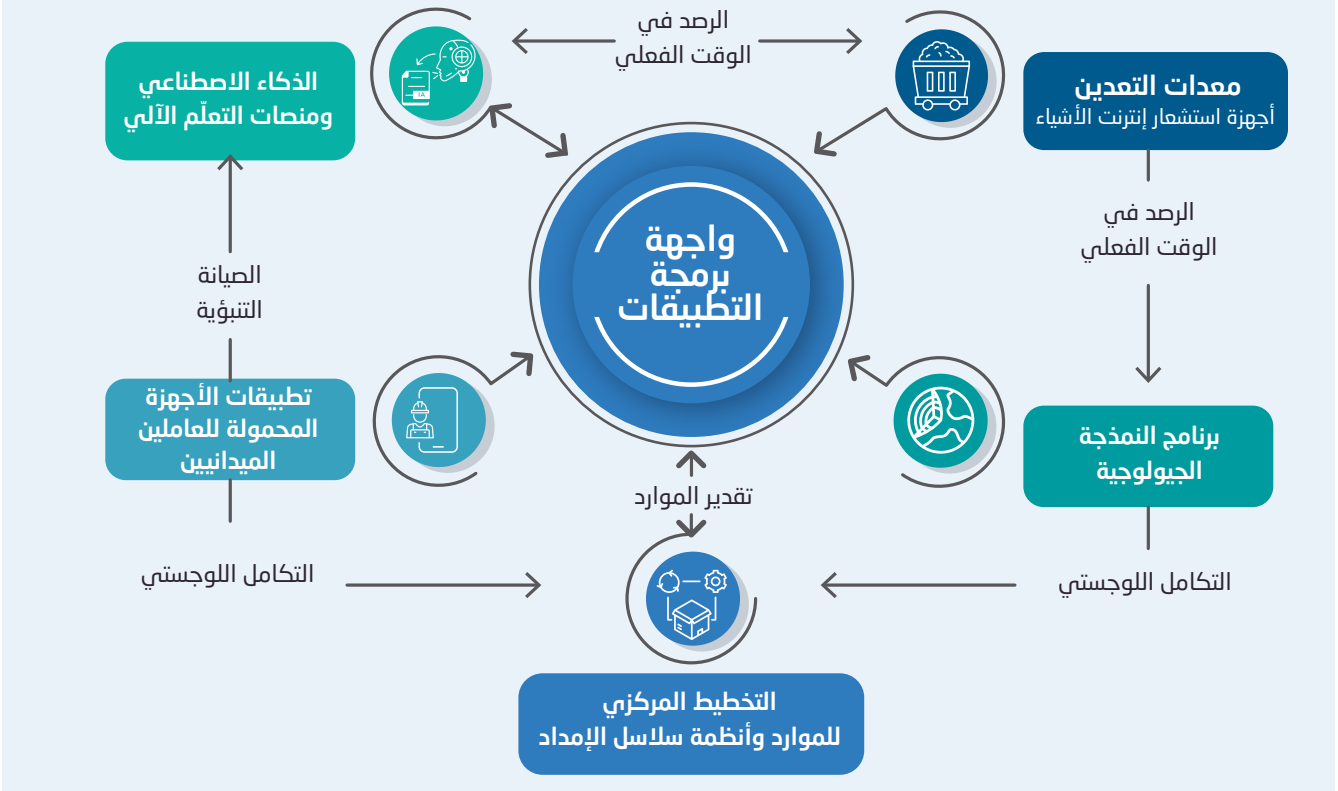
تتطلب الإدارة الحديثة للموارد جمع البيانات والإبلاغ عنها بدقة وفي الوقت الفعلي. ويتطلب المشهد الحالي، الذي يتّسم بنُظُم وطنية مجزّأة، وآليات إبلاغ غير موحّدة، وقابلية تشغيل بيني محدودة، تحسينات عاجلة. وتقوّض هذه التجزئة الجهود العالمية لمراقبة تدفّق المواد الخام الحرجة، وتقييم نقاط الضعف في سلسلة الإمداد، وصياغة استجابات سياسية فعّالة. وقد أثبتت بعض المبادرات، مثل البنية الأساسيّة للبيانات الجيولوجية الأوروبية[2] وعدد من منصات المعلومات المتعلّقة بالمعادن، الجدوى من الإبلاغ الرقمي عن الموارد عبر الحدود. تسلِّط هذه المبادرات الضوء على إمكانات تقنيات سلسلة الكتل والذكاء الاصطناعي لتحسين تكامل البيانات وموثوقيتها. وللبناء على هذه الأسس، ينبغي وضع واجهات رقمية موحّدة تتيح تبادل البيانات السلس والآمن والفعّال بين المنصات الوطنية والدولية. ويشمل ذلك وضع تطبيقات قابلة للتشغيل البيني وتبادل المعلومات، لها استخدامات متعدّدة في صناعة التعدين، ويمكن أن تساعد في تحديث العمليات وتحسين الكفاءة ودعم اتخاذ قرارات تستند إلى بيانات. وتُعَدُّ برامج بناء القدرات المُحْكَمة التصميم أساسية لضمان مشاركة البلدان، ولا سيّما تلك التي لديها بنى أساسية تكنولوجية محدودة، في نظام متكامل عالمي للإبلاغ عن المواد الخام الحرجة وإدارتها.

باء. الامتثال للمعايير المتعلّقة بالبيئة والمسائل الاجتماعية والحوكمة وتعزيز اللوائح التنظيمية

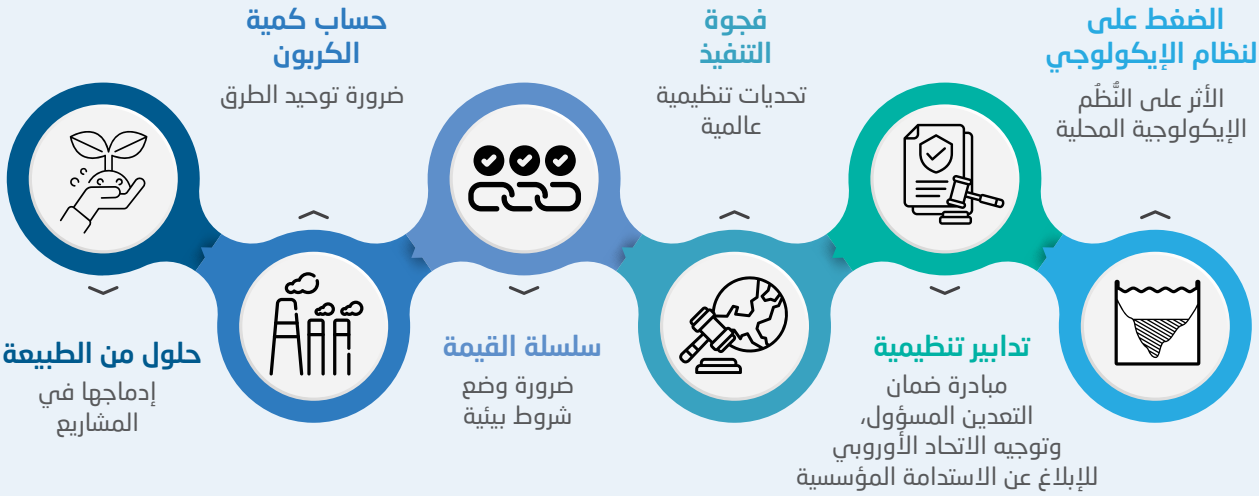
1. تنفيذ أنظمة بيئية صارمة

يعرّض إنتاج المعادن البيئة للخطر. ولا بدّ من حماية النُّظُم الإيكولوجية لضمان صحة الناس وكوكب الأرض وقدرتهم على الصمود على المدى الطويل. يؤدي استخراج المواد الخام الحرجة إلى ضغوط هائلة على النُّظُم الإيكولوجية المحلية والموارد المائية والتوازن الكربوني، ما يعطي للأنظمة البيئية الصارمة دوراً أساسياً في تنمية الموارد المستدامة. ويجب تقييم الأثر البيئي باعتماد نهج شامل إزاء المخاطر البيئية، يأخذ في الاعتبار التنوّع البيولوجي، وتغيّر المناخ، والآثار البيئية العابرة للحدود. ويجب أيضاً مراعاة حقوق الإنسان والآثار على التقاسم العادل والمنصف للمنافع. وقد وُضعت تدابير تنظيمية، ولا سيّما مبادرة ضمان التعدين المسؤول، وتوجيه الاتحاد الأوروبي للإبلاغ عن الاستدامة المؤسسية، بهدف إدماج حماية البيئة

استخدام واجهات برمجة التطبيقات في عمليات التعدين



أثر المواد الأولية الحرجة على البيئة



في عمليات التعدين وسلاسل الإمداد. ومع ذلك، لا تزال الفجوة كبيرة في تنفيذ هذه الأنظمة على مستوى العالم. ولا بدّ من تضافر الجهود لتضمين شروط بيئية صارمة في سلسلة قيمة المواد الخام الحرجة بجميع مراحلها، بما في ذلك الاستخراج والمعالجة وإعادة التدوير.

2. تعزيز شفافية الإيرادات وإمكانية تتبُّع سلسلة الإمداد

تُعَدُّ شفافية الإيرادات وإمكانية تتبُّع سلاسل الإمداد من العوامل الأساسية لتعزيز الممارسات الأخلاقية، والحد من الفساد، وضمان مساهمة ثروة الموارد في التنمية المستدامة. وقد ساهمت بعض المبادرات مثل المبادرة الخاصة بشفافية الصناعات الاستخراجية في تعزيز الإبلاغ العام عن إيرادات التعدين، في حين توفّر الابتكارات التكنولوجية، مثل تقنية سلسلة الكتل، إمكانيات جديدة لتتبُّع أصول المواد. وقد أظهرت المشاريع التجريبية في الكوبالت، على سبيل المثال، أنّ الأنظمة القائمة على تقنية سلسلة الكتل يمكن أن تعزِّز المساءلة على صعيد سلسلة الإمداد. ومع ذلك، لا يزال الترويج لهذه التكنولوجيات على امتداد سلسلة الإمداد بالمواد الخام الحرجة يشكِّل تحدياً، لا سيّما بالنسبة للمشاريع الصغيرة والمتوسطة الحجم التي قد تفتقر إلى الموارد أو القدرات التقنية. لذلك، يجب تقديم حلول قائمة على تقنية سلسلة الكتل تتّسم بسهولة اعتمادها وبفعاليتها من حيث التكلفة، ولوحات متابعة مدعومة بالذكاء الاصطناعي، لتحليل عمليات سلسلة الإمداد في الوقت الفعلي. ومن شأن وضع معايير ترخيص دولية لتتبُّع المواد الخام الحرجة أن يساعد في بناء الثقة بين أصحاب المصلحة وتسهيل وصول المواد من المصادر المسؤولة إلى الأسواق.

كفاءة استخدام الموارد

3. وضع سياسات لتنمية الموارد في مناطق الصراع

يأتي جزء كبير من المواد الخام الحرجة من مناطق تعاني من عدم الاستقرار السياسي والصراع وضعف الحوكمة. وفي غياب السياسات الفعّالة، يمكن أن يؤدي استخراج الموارد إلى تأجيج العنف والاستغلال والتدهور البيئي. وقد وضعت الأمم المتحدة ومنظمات دولية أخرى أُطراً للتخفيف من حدة هذه المخاطر وتعزيز ممارسات التوريد المسؤولة، أبرزها المبادئ التوجيهية بشأن المعادن المتنازع عليها[3] وتوصيات متعلقة ببذل العناية الواجبة. وقد أُحرز بعض التقدّم في هذا السياق، بما في ذلك إجراء تقييمات لمخاطر الصراعات ودعم إصلاحات الحوكمة في المناطق الغنية بالموارد. وينبغي اعتماد نهج أكثر شمولاً ومراعاةً للسياق لإحلال التوازن بين تحقيق التنمية الاقتصادية من جهة ودحض الشواغل المتعلقة بالأمن وحقوق الإنسان من جهة أخرى. وينبغي أن تدعم السياسات المستقبلية التعدين الحرفي المستدام والتعدين على نطاق صغير، وإنشاء نُظُم ترخيص وتخصيص آمنة وشفافة للموارد المتأثرة بالصراع، وإدماج مشاريع التعدين مع المبادرات الأوسع نطاقاً لبناء السلام والتنمية المجتمعية. ومن العوامل الرئيسية الأخرى لتعزيز الاستقرار على المدى الطويل تدعيم الحكم المحلي وضمان استثمار إيرادات الموارد في التنمية الاجتماعية والاقتصادية.

2. الابتكار التكنولوجي والحلول القائمة على البيانات

ألف. تطبيقات التكنولوجيا الذكية

1. تحليلات المخاطر التي يمكن التنبّؤ بها: تحديد اختلال العرض ومخاطر تقلّب الأسعار

سوق المواد الخام الحرجة متقلب بطبيعته، يتأثر بالتوترات الجيوسياسية وتقلبات السوق والتدهور البيئي. يمكن اعتماد التحليلات التنبؤية، التي تستخدم البيانات الضخمة والتعلّم الآلي ونمذجة السيناريوهات، في معالجة الاستجابة البطيئة لأدوات تقييم المخاطر التقليدية، واستدراك أزمات الإمداد قبل حدوثها. ومن الضروري جداً تحديد الاضطرابات المحتملة ومخاطر تقلب الأسعار في وقت مبكر. وتوفِّر النماذج التنبؤية لصانعي القرار إمكانية استشراف المستقبل، وقد طُبِّقت بالفعل في التداول بالسلع وفي أسواق الطاقة. وينبغي دمج التحليلات التنبؤية في استراتيجيات إدارة الموارد الوطنية والمؤسسية. ويشمل ذلك تطوير أنظمة للإنذار المبكر في الوقت الفعلي، تجمع بين المؤشرات الجيوسياسية والمناخية والاقتصادية، وتكييف النماذج بناءً على ديناميات قطاعية محدّدة. ولا بدّ من التعاون عبر القطاعات ومشاركة البيانات المفتوحة وتنقيح النماذج باستمرار بناءً على مدخلات البيانات الجديدة لتعزيز موثوقية أُطر إدارة المخاطر التي يمكن التنبّؤ بها وتحسين فعاليتها.

إدارة المخاطر التي يمكن التنبّؤ بها

2. البحث والتطوير في التكنولوجيات الموفِّرة للموارد (التعدين النظيف، التصرّف في النفايات عالية القيمة)

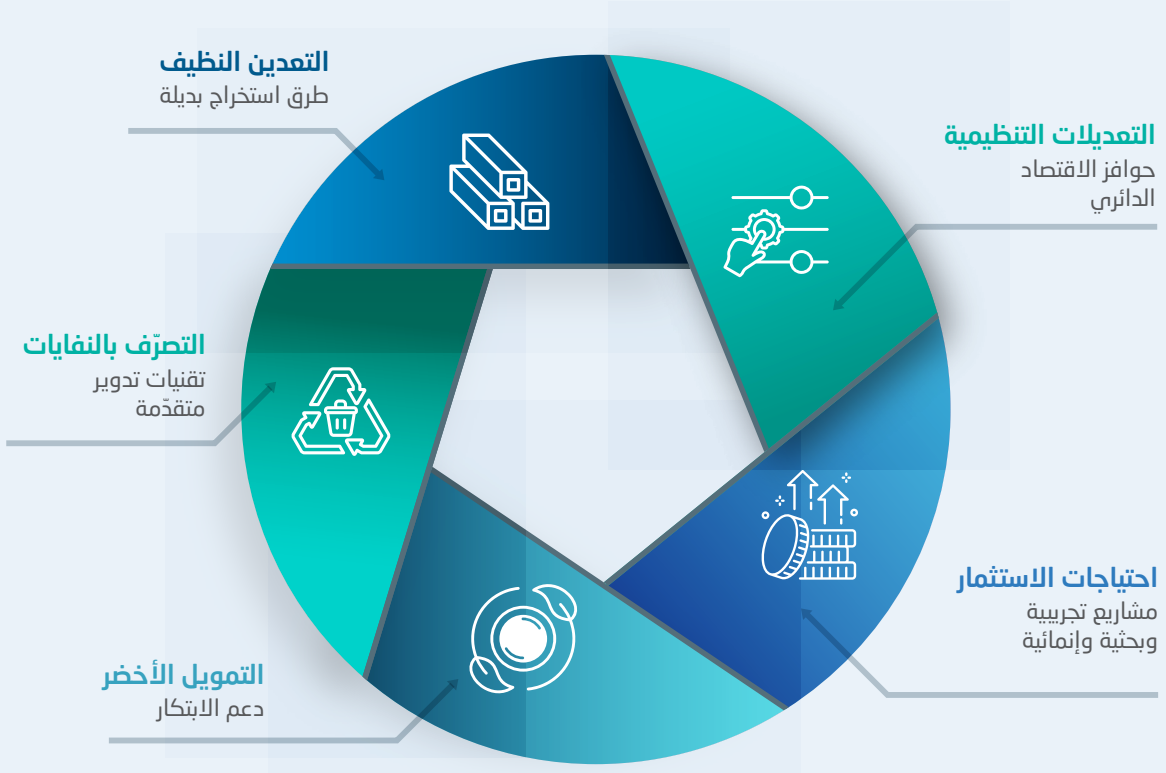
من خلال تحسين كفاءة الموارد، يمكن تقليل البصمة البيئية لإنتاج المواد الخام الحرجة وتخفيف قيود الإمداد. وتوفّر عمليات التعدين النظيفة، مثل تقليل الخام باستخدام الهيدروجين والترشيح البيولوجي، بدائل واعدة لطرق الاستخراج التقليدية كثيفة استهلاك الطاقة. ويمكن لتقنيات التصرّف بالنفايات عالية القيمة، ومن ضمنها إعادة التدوير المتقدمة لمواد البطاريات، أن تخفّض الطلب على الموارد الأولية بشكل كبير. وينبغي تسريع الدعم من خلال برامج التمويل العام والخاص للابتكار الأخضر، لتوسيع نطاق جهود البحث والتطوير في هذه المجالات. وينبغي تذليل الحواجز التكنولوجية والتجارية القائمة، وزيادة الاستثمار في المشاريع التجريبية، والشراكات بين القطاعين العام والخاص في مجال البحث والتطوير، ومرافق العروض الإيضاحية لتشجيع ثقافة الابتكار وتيسير اعتماد تكنولوجيات جديدة حتى تصبح التكنولوجيا جزءاً لا يتجزأ من العمليات التجارية العادية[4]. ويجب تعديل الأُطر التنظيمية لتحفيز اعتماد تكنولوجيات تتسم بالكفاءة في استخدام الموارد، كما يجب إدماج مبادئ الاقتصاد الدائري في استراتيجيات الموارد الوطنية والسياسات الصناعية.

باء. مشاركة البيانات ودعم القرار

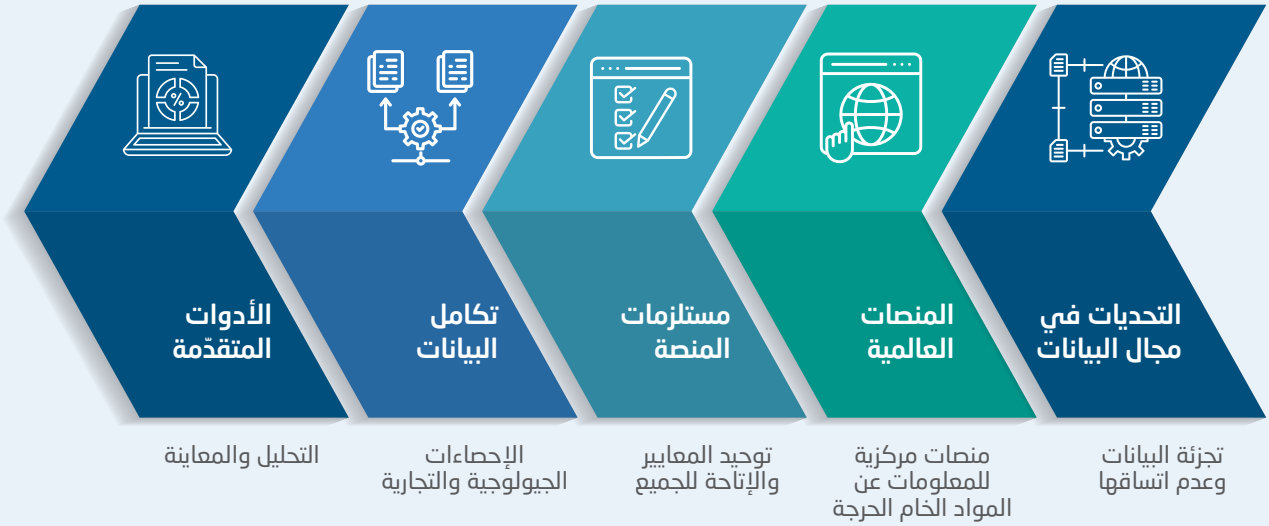
1. بناء منصات لبيانات الموارد

يعتمد اتخاذ القرارات الفعّالة في إدارة الموارد الحرجة على الوصول إلى بيانات موثوقة وشاملة ومحدّثة. غير أنّ البيانات المتعلقة باحتياطي الموارد وإنتاجها والتجارة بها وممارسات المحافظة على استدامتها مجزأة وغير متّسقة. وينبغي التعاون على المستويين الإقليمي والدولي لبناء منصات للبيانات المتكاملة تجمع بين المسوح الجيولوجية، والتقييمات البيئية، والإحصاءات التجارية، ونُظُم الإبلاغ في مجالات البيئة والمسائل الاجتماعية والحوكمة. ومن شأن إدماج استخدام أدوات التحليل والمعاينة المتقدمة في هذه المنصات أن يزيد من قيمتها بالنسبة إلى صانعي القرار والمستثمرين وأصحاب المصلحة في المجتمع المدني.

كفاءة استخدام الموارد



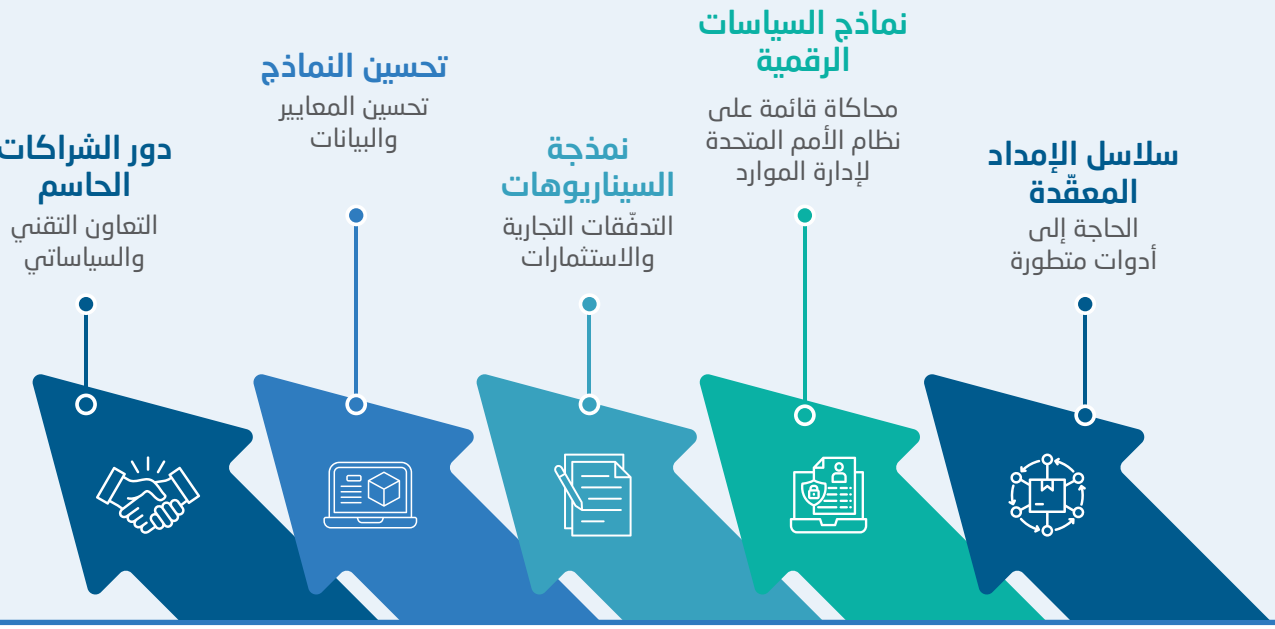
إدارة البيانات المتعلّقة بالمواد الخام الحرجة



2. محاكاة السياسات الرقمية المبنية على نظام الأمم المتحدة لإدارة الموارد

تزداد سلاسل التوريد العالمية تعقيداً وترابطاً، وتتطلب أدواتٍ متطورة لمحاكاة تأثير استراتيجيات إدارة الموارد المختلفة. وتبرز الحاجة إلى نماذج لمحاكاة السياسات الرقمية، ويمكن استخدام نظام الأمم المتحدة لإدارة الموارد لتقييم المفاضلات بين الأهداف الاقتصادية والبيئية والاجتماعية. ومن خلال نمذجة التدفّقات التجارية وأولويات الاستثمار وآثار الاستدامة ضمن سيناريوهات مختلفة، يمكن توجيه قرارات إدارة الموارد الحرجة القائمة على أدلة. ولإطلاق كامل إمكانات عمليات المحاكاة القائمة على نظام الأمم المتحدة لإدارة الموارد، يجب مواصلة تحسين بارامترات النماذج، وتحسين جودة البيانات، وضمان سهولة الاستخدام لأصحاب المصلحة من غير التقنيين. وللشراكات بين الخبراء التقنيين والوكالات الحكومية والجمعيات الصناعية دور أساسي في توسيع نطاق استخدام أدوات المحاكاة هذه وإدماجها في صنع السياسات وتخطيط الاستثمار.

أدوات المحاكاة القائمة على نظام الأمم المتحدة لإدارة الموارد



3. تحسين سلسلة القيمة والتعاون الإقليمي

ألف. تحسين سلسلة القيمة

1. التركيز على المواد الوسيطة عالية القيمة

يتحوّل الطلب العالمي على المواد الخام الحرجة بشكل متزايد من استخراج المواد الخام إلى المواد الوسيطة عالية القيمة، مثل مركّبات الليثيوم المستخدمة في البطاريات والضرورية لتقنيات الطاقة النظيفة. وفي الماضي، كانت العديد من البلدان العربية الغنية بالموارد تصدّر في المقام الأول مواد خام منخفضة القيمة، مفوّتةً فرص التنويع الاقتصادي والاحتفاظ بالقيمة. وإذا ركّزت البلدان على الإنتاج المحلي للمواد الوسيطة عالية القيمة، يمكنها أن تتحرك صعوداً في سلسلة القيمة، وتحقّق فوائد اقتصادية أكبر، وتقلّل من الاعتماد على أسواق السلع الأساسية المتقلّبة. ويتطلب تحقيق هذا الهدف استثمار الحكومة والصناعات في تحسين القدرة على التكرير والمعالجة، مع دعم هذه العملية بالبحث والتطوير في مجالات العلوم وتقنيات الاستخراج المستدامة. ولا بدّ من بناء شراكات استراتيجية مع مورّدي التكنولوجيا، ووضع برامج لبناء القدرات، وإبرام اتفاقات تجارية تفضيلية للمنتجات ذات القيمة المضافة. ويؤدي تعزيز منظومة الابتكار المحلية لمعالجة المواد الخام الحرجة إلى تحسين القدرة التنافسية الصناعية والمنعة على المدى الطويل.

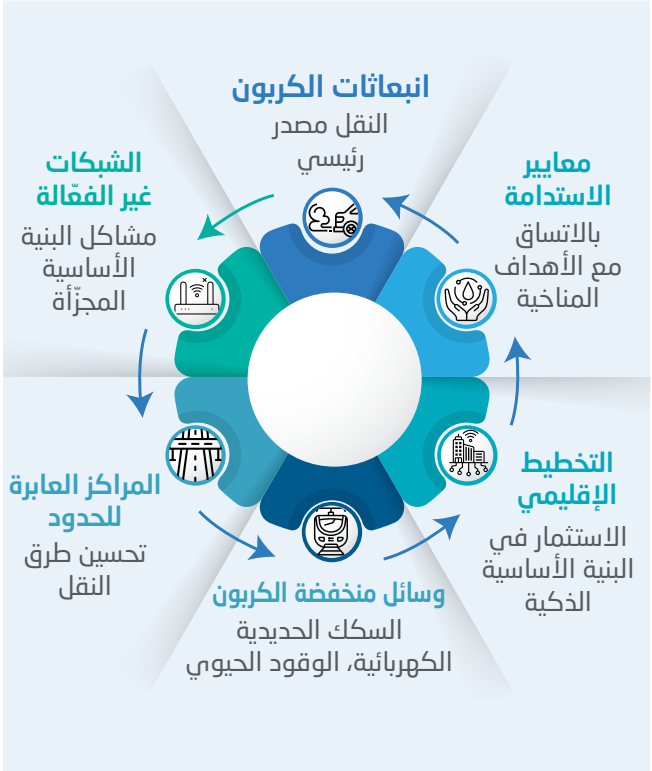
2. تقديم حوافز للمعالجة المحلية ودمج البنية الأساسيّة للطاقة المتجدّدة

يساهم توسيع القدرة المحلية على معالجة المواد الخام الحرجة في زيادة الاستفادة من القيمة الوطنية، ولكن يجب أن يتحقّق بشكل مستدام. فالاعتماد المفرط على الوقود الأحفوري التقليدي في معالجة المعادن، إذا ما اقترن بصناعة كثيفة استخدام الطاقة، يطرح مخاطر بيئية ومناخية. كذلك يساهم دمج البنية الأساسية للطاقة المتجدّدة ضمن مرافق المعالجة الجديدة في دعم الاستدامة وتعزيز أمن الطاقة. ومن المجدي في هذا الإطار الجمع بين الحوافز التي تشجّع المعالجة المحلية وخطط نشر الطاقة المتجدّدة والحوافز المالية، على غرار التخفيضات الضريبية المناسبة والمناطق الصناعية الخضراء. وينبغي على الحكومات، عند صياغة استراتيجيات صناعية متكاملة، أن تعطي الأولوية لإمدادات الطاقة النظيفة لقطاع الموارد، وتعزّز تمويل البنية الأساسية الخضراء، وتشجّع الشراكات بين القطاعين العام والخاص.

3. إنشاء مراكز لوجستية عابرة للحدود للحد من انبعاثات النقل

يشكّل نقل المواد الخام الحرجة من مواقع الاستخراج إلى مراكز المعالجة والأسواق مصدراً رئيسياً لانبعاثات الكربون. وتساهم شبكات اللوجستيات غير الفعّالة، القائمة على بنية أساسية وطنية مجزأة، في زيادة الآثار البيئية والتكاليف. ويمكن أن يؤدي إنشاء مراكز لوجستية عابرة للحدود، في مواقع استراتيجية، لتحسين طرق النقل وتوحيد البضائع، إلى تقليل الانبعاثات بشكل كبير وتحسين كفاءة سلسلة الإمداد. وينبغي إعطاء الأولوية لإنشاء ممرات لوجستية إقليمية تعمل بوسائل نقل منخفضة الكربون، مثل السكك الحديدية الكهربائية أو أساطيل الوقود الحيوي. ولا بدّ من تنسيق التخطيط الإقليمي، والاستثمار في البنية الأساسية اللوجستية الذكية، وتبسيط الإجراءات الجمركية لتحقيق الاستفادة الكاملة من المراكز العابرة للحدود. ويمكن أن يساعد دمج معايير الاستدامة البيئية ضمن خطط تطوير الخدمات اللوجستية في المواءمة بين تحسين سلسلة القيمة وتحقيق الأهداف المناخية الأوسع.

الخدمات اللوجستية المستدامة



باء. التعاون الإقليمي

الانتقال من الصادرات الخام إلى سلاسل الإمداد المحلية

تعتمد اقتصادات المنطقة العربية بشكل كبير على صادرات المواد الخام، لا سيّما في قطاعي الطاقة والتعدين. ومع تحوّل الطلب العالمي نحو المنتجات المستدامة ذات القيمة المضافة، أصبح الانتقال إلى سلاسل إمداد محلية أكثر تكاملاً يشكّل ضرورة ملحة. ومن شأن بناء القدرات المحلية على المعالجة والتصنيع وإعادة التدوير أن يعزّز التنويع الاقتصادي وفرص العمل والابتكار التكنولوجي في المنطقة. ولدعم هذا التحوّل، ينبغي أن تستثمر بلدان المنطقة في قطاعات استراتيجية مثل تصنيع البطاريات والمكوّنات الإلكترونية، مستفيدةً من مزايا مواردها الطبيعية. ومن شأن وضع إطار للتعاون الإقليمي، يركّز على تبادل المعارف والمشاريع المشتركة والسياسات الصناعية المنسّقة، أن يسرِّع تطوير سلاسل الإمداد المرنة ذات القيمة المضافة. ولا بدّ من تعزيز المواءمة التنظيمية وتدابير تيسير التجارة لإطلاق كامل إمكانات سلسلة القيمة داخل المنطقة. أما الأُطُر المشتركة لكفاءة الموارد ومعايير التصميم البيئي وإدارة المنتجات في نهاية عمرها الافتراضي، فتساهم في تعزيز الإمداد المستدام.

الانتقال الاقتصادي في المنطقة العربية

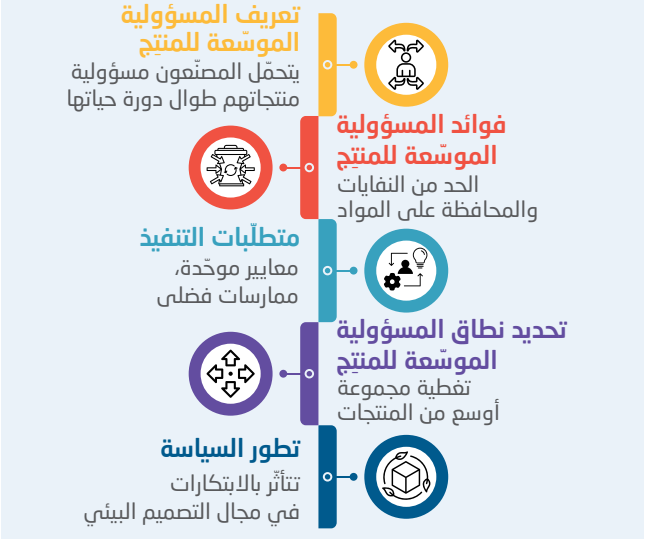
التحديات الحالية	الحلول الاستراتيجية
الاعتماد على صادرات المواد الخام	الاستثمار في المعالجة
التحوّلات في الطلب العالمي	التعاون الإقليمي
الحاجة إلى التنويع	المواءمة التنظيمية

4. الاقتصاد الدائري وكفاءة استخدام الموارد

ألف. المسؤولية الموسّعة للمنتِج

تشكّل الأطر المتعلّقة بالمسؤولية الموسّعة للمنتِجين[5] أدوات رئيسية في السياسات لدفع الانتقال إلى الاقتصاد الدائري. تشجّع المسؤولية الموسّعة للمنتِج على تصميم منتجات أكثر متانة وقابلة للإصلاح وإعادة التدوير. وعلى الشركات المصنِّعة تحمّل مسؤولية هذه المنتجات طوال دورة حياتها، بما في ذلك كيفية التصرّف بها في نهاية عمرها الافتراضي. وتهدف هذه الأُطُر إلى تحفيز الممارسات المستدامة، والحد من النفايات، وتحسين إدارة الموارد داخل قطاع التعدين. وتُعتمد أُطُر المسؤولية الموسّعة للمنتِج بشكل متزايد في صناعة التعدين، كما هو الحال في تشيلي على سبيل المثال في سياق القانون 20.920 الذي يُلزم شركات التعدين بإدارة منتجاتها في مرحلة ما بعد الاستهلاك.

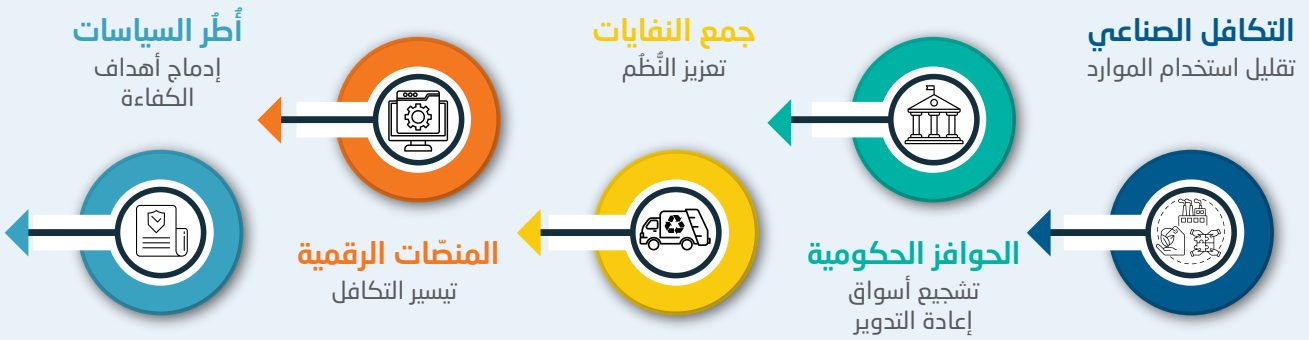
أُطُر المسؤولية الموسّعة للمنتِج



باء. فرز النفايات وتثمينها: شبكات التكافل الصناعي ودعم المواد الثانوية

الفرز الفعّال للنفايات وتسعير المواد من الشروط الأساسية لتحقيق معدّلات استرداد عالية للمواد الخام الحرجة. ويمكن أن يؤدي تطوير شبكات التكافل الصناعي، حيث تُستخدم مخرجات النفايات في صناعةٍ ما كمدخلات في صناعة أخرى، إلى الحد من استخدام الموارد بين القطاعات ومن توليد النفايات. وعلى الحكومات أن تشجّع أسواق المواد الثانوية من خلال تقديم إعانات وحوافز تستهدف بها قطاع إعادة التدوير، مما يجعل المواد المعاد تدويرها أكثر قدرةً على المنافسة اقتصادياً من المواد المستخرجة. وتشمل الأولويات تعزيز أنظمة جمع النفايات، وتوحيد تقنيات الفرز، والاستثمار في مرافق استرداد المواد المتقدمة. وعلى صانعي السياسات دعم إنشاء منصات رقمية لتحديد المنتجات الثانوية الصناعية وتسهيل التطابقات التكافلية. ويساهم تضمين أهداف كفاءة الموارد في أُطُر السياسات الصناعية في تعميم ممارسات الحفاظ على القيمة في القطاع الاقتصادي، وتعزيز الاستدامة والمرونة الاقتصادية. ومن أبرز الأمثلة على ذلك منجم بوخضرة لخام الحديد في شمال شرق الجزائر[6]. قام الباحثون بتطبيق تقنية الفرز البصري لإدارة نفايات التعدين وتثمينها باستخدام أنظمة الكشف عن الألوان الأحمر والأخضر والأزرق، وأنظمة القذف التي يتم التحكم فيها بواسطة المعالجات الدقيقة، والتي مكّنت من الفرز الانتقائي لصخور النفايات، ما سهّل إعادة استخدام هذه الصخور وساهم في تقليل أحجام المخزون.

كفاءة استخدام الموارد



جيم. آليات سوق الكربون

توفِّر الآليات القائمة على السوق، مثل تبادل حقوق إطلاق الانبعاثات الكربونية ومقايضة الديون بالعمل المناخي، أدوات مبتكرة للإدارة المستدامة للموارد، وتحفِّز خفض الانبعاثات. وفي المنطقة العربية، يمكن أن يؤدي إنشاء أسواق إقليمية للكربون إلى تعبئة رؤوس المال التي تحتاجها البنية الأساسية الخضراء، ونشر الطاقة المتجدّدة، وإطلاق مبادرات في الاقتصاد الدائري. ويمكن لترتيبات مقايضة الديون بالعمل المناخي أن تخفِّف الضغوط المالية وأن توجِّه الاستثمار نحو مشروعات لبناء المِنعة. وللاستفادة من هذه الفرص، ينبغي وضع أُطُر تنظيمية قوية، ونُظُم شفّافة للرصد والتحقّق، وبرامج لبناء القدرات مصمّمة تحديداً حسب السياقات المحلية. ويجب ربط إيرادات أسواق الكربون بنتائج ملموسة، مثل أنظمة إعادة التدوير المحسّنة، أو مشاريع استرداد المواد الحرجة، لتوليد تكافل قوي بين العمل المناخي وكفاءة استخدام الموارد.

أدوات الموارد المستدامة

5. بناء القدرات على الإدارة المستدامة للموارد

يمكن أن يساهم بناء القدرات والتدريب بدور حيوي في تعزيز ممارسات التعدين المستدامة[7]، من خلال تحسين معرفة أصحاب المصلحة ومهاراتهم. ويمكن أن يدعم ذلك اعتماد ممارسات مستدامة ومسؤولة في قطاع التعدين الذي يتطلّب خبرة متنوّعة تشمل الجيولوجيا والهندسة والعلوم البيئية والسياسة والاقتصاد. غير أنّ البرامج التعليمية الحالية غالباً ما تكون مجزّأة وتحتاج إلى إعادة هيكلتها لتعزيز قدرة الخريجين على مواجهة تحديات الاستدامة في العالم الحقيقي. ومن الضروري تطوير مناهج متعدّدة التخصّصات تركز على الإدارة المستدامة للموارد بغية تدريب جيل جديد من المهنيين الماهرين المجهّزين لتلبية متطلّبات الانتقال في مجال الطاقة والاقتصاد الدائري. ويجب دمج دراسات المواد الخام الحرجة في تعليم العلوم والتكنولوجيا والهندسة والرياضيات، مع التركيز على التعليم الأساسي متعدّد التخصّصات وتعميم العلوم. فعلى سبيل المثال، يُعَدُّ نشر القصص المصوّرة التعليمية طريقة فعّالة لإثارة اهتمام الأطفال وتوعيتهم بالمواد الخام الحرجة. وعلى الجامعات ومؤسسات التدريب أن تُدرِج في مناهجها نُهُج تعلّم عملية قائمة على حل المشكلات، وأدوات رقمية متقدمة بما في ذلك برامج تحليل البيانات الجغرافية المكانية وتقييم دورة الحياة، وأن تعزِّز التعاون مع

استدامة المواد الخام الحرجة: التعليم

المنظمات الصناعية والسياساتية. فمن خلال بناء شراكات أكاديمية إقليمية، وتقديم شهادات مشتركة، ودمج التدريب الميداني في المناهج، يكتسب الطلاب المعرفة النظرية والمهارات العملية اللازمة للابتكار في مجال استدامة المواد الخام الحرجة.

6. الاستثمار المسؤول والحصول على التمويل

ألف. الأدوات المالية الخضراء

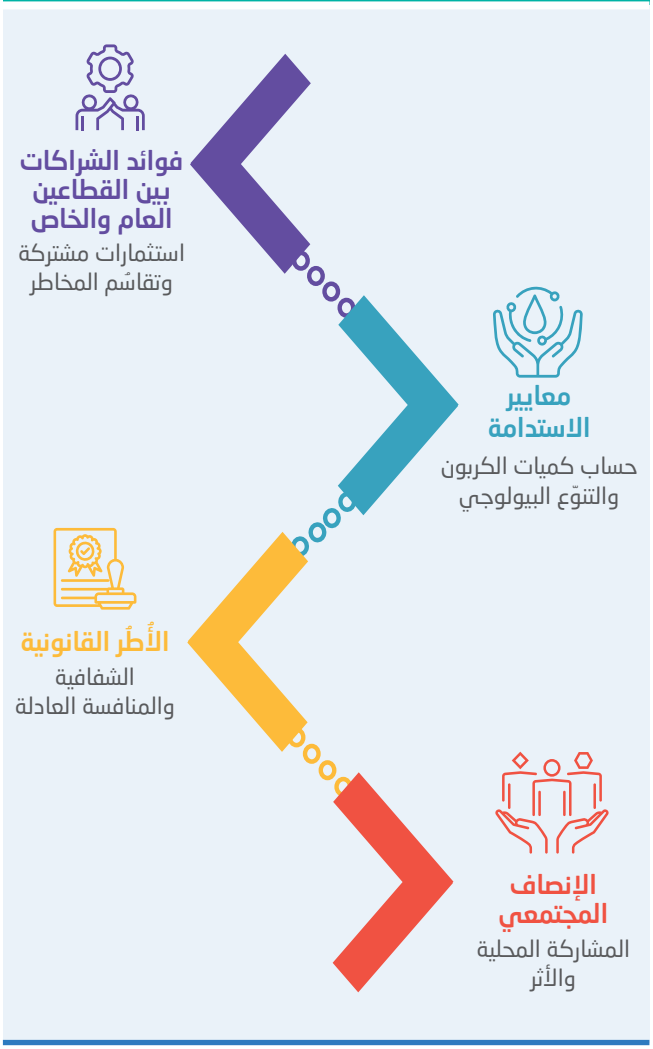
يتطلب التحوّل إلى الإنتاج المستدام للمواد الخام الحرجة استثمارات رأسمالية كبيرة، لا سيّما في تقنيات الاستخراج النظيفة، والعمليات التي تستخدم الطاقة المتجدّدة، ومبادرات الاقتصاد الدائري. وتشكّل السندات الخضراء السيادية أداة قوية لتعبئة الاستثمارات المراعية للبيئة والمجتمع والحوكمة، وتقديم التزامات طويلة الأجل للمستثمرين العالميين على صعيد السياسات. ويمكن أن تضع الحكومات أُطُراً للسندات الخضراء الخاصة بالمواد الخام الحرجة تتوافق مع المعايير الدولية، ولا سيّما مبادئ السندات الخضراء لرابطة الأسواق الرأسمالية الدولية، لضمان الشفافية والتحقق عن طريق طرف ثالث والإبلاغ الواضح عن الأثر البيئي. وينبغي إعطاء الأولوية للمشاريع التي تعزِّز القيمة المضافة المحلية، وإدماج النوع الاجتماعي، وتحييد أثر الكربون. ويمكن للشراكات مع بنوك التنمية وصناديق الاستثمار البيئية والاجتماعية وصناديق الاستثمار التي تركِّز على الحوكمة أن تزيد ثقة السوق وتوسّع نطاق مشاركة المستثمرين.

باء. الشراكات بين القطاعين العام والخاص

يتطلّب بناء بنية أساسية مرنة ومستدامة لاستخراج المواد الخام الحرجة ومعالجتها وتوفير الخدمات اللوجستية اللازمة موارد مالية وتقنية تتجاوز قدرة فرادى الحكومات أو الشركات. وتوفِّر الشراكات بين القطاعين العام والخاص آلية فعّالة لتعبئة الاستثمارات المشتركة، وتقاسُم المخاطر، والاستفادة من الابتكار، وخاصةً في تطوير عمليات

الإنتاج المستدام للمواد الأولية الحرجة

البنية الأساسية المستدامة



التعدين التي تعمل بالطاقة المتجدّدة، والمجمّعات الصناعية البيئية، وممرات النقل منخفضة الانبعاثات. ويجب تضمين معايير الاستدامة منذ البداية، بما في ذلك حساب كميات الكربون طوال دورة الحياة، وحماية التنوّع البيولوجي، وآليات تقاسُم المنافع فيما بين المجتمعات المحلية. وعلى الحكومات وضع أُطُر قانونية واضحة لضمان الشفافية والمنافسة العادلة وتقاسُم المخاطر بعدل. ويمكن للشراكات المستقبلية بين القطاعين العام والخاص الاستفادة من هياكل الإنصاف المجتمعي لتوطيد المشاركة المحلية وتعظيم الأثر الاجتماعي والاقتصادي.

جيم. إنشاء صناديق إقليمية للمناخ

لا يزال الحصول على تمويل خاص وميسور يمثّل تحدياً رئيسياً للعديد من البلدان منخفضة الدخل التي تسعى إلى توسيع نطاق الإدارة المستدامة للموارد. ويجب الاستفادة من منصات الاستثمار المناخي الإقليمية، لتجميع الموارد، وإزالة المخاطر الاستثمارية، وتنسيق إجراءات أصحاب المصلحة المتعدّدين الداعمة للتصنيع الأخضر، وتطوير البنية الأساسية، ونقل تكنولوجيا المواد الخام الحرجة. ومن هذه المنصات على سبيل المثال SEforAll ومؤسسة أفريقيا - أوروبا التي أطلقت شراكة بشأن المعادن الحيوية للانتقال في مجال الطاقة.

وعلى صناديق المناخ الإقليمية، لزيادة تأثيرها، أن تعطي الأولوية لنماذج التمويل المختلط التي تجمع بين المِنح العامة ورأس المال الخاص والقروض الميسّرة. ويجب أن تركّز معايير الأهلية على الاستدامة والإدماج الاجتماعي والابتكار.

الحواشي

1. (2019)، https://unece.org/DAM/energy/se/pdfs/UNFC/publ/UNFC_Arabic_for_Web.pdf.
2. https://webwp.igme.es/egdi/about-egdi/.
3. Source Intelligence (2023). https://blog.sourceintelligence.com/global-conflict-minerals-compliance-a-complete-guide.
4. E/ESCWA/CL1.CCS/2024/2.
5. https://link.springer.com/article/10.1007/s43621-023-00124-y.
6. https://www.academia.edu/79418408/Optical_sorting_technology_for_waste_management_from_the_Boukhadra_iron_ore_mine_NE_Algeria.
7. E/ESCWA/CL2.GPID/2023/TP.7

2500646A