النحاس: المعدن الذي قد يوقف التحول الطاقي والذكاء الاصطناعي

مقدمة

يشهد العالم اندفاعًا غير مسبوق نحو تبنّي السيارات الكهربائية ومصادر الطاقة المتجددة وتطبيقات الذكاء الاصطناعي. تتسابق الدول والشركات لوضع خطط طموحة للتحول إلى اقتصاد أخضر ورقمي؛ فالمركبات الكهربائية تحقق مبيعات متسارعة، ومزارع الرياح والألواح الشمسية تنتشر على نطاق واسع، ومراكز البيانات العملاقة تُشيَّد لدعم ثورة الذكاء الاصطناعي. وسط هذا المشهد المستقبلي، تبرز مفارقة لافتة: إن تحقيق هذه الرؤى يعتمد جوهريًا على معدن تقليدي ثقيل هو النحاس. فالمشاريع "الخضراء" والرقمية تحتاج إلى كميات هائلة من النحاس لتعمل، في وقت يتضاعف فيه الطلب بوتيرة هائلة تفوق قدرة العرض الحالي. وتشير التقديرات الحديثة إلى قفزة قياسية في استهلاك النحاس عالميًا مقابل بطء شديد في توسيع الإنتاج.

هذا الوضع يثير التساؤل المحوري: هل يمكن لمعدن واحد أن يحدد مستقبل الطاقة النظيفة والذكاء الاصطناعي؟ تهدف هذه الورقة إلى استقصاء أبعاد هذا السؤال من خلال خمسة محاور. سنبدأ باستعراض أسباب اعتبار النحاس عصبًا للتحول الطاقي والرقمي، ثم نحلل فجوة العرض والطلب وكيف يمكن أن تخلق عنق زجاجة تنمويًا. بعدها نتناول البعد الجيوسياسي والاقتصادي لأزمة النحاس الشاملة، قبل أن نختم باستنتاجات تؤكد أن المشكلة ليست في نقص الأفكار بقدر ما هي في نقص المواد والموارد.

أولا: لماذا أصبح النحاس عصب التحول الطاقي والذكاء الاصطناعي؟

يمتلك النحاس خصائص فيزيائية فريدة جعلته مادةً أساسية في تقنيات الطاقة والنقل الحديثة. فهو أحد أفضل المعادن في توصيل الكهرباء (يأتي ثانيًا بعد الفضة من حيث الموصلية، لكن بكلفة أدنى بكثير)، كما يتميّز بالمتانة وقابلية التشكيل ومقاومة التآكل. هذه المزايا تعني استحالة الاستغناء عن النحاس بسهولة في التطبيقات الكهربائية والإلكترونية، مما جعل منه "العصب المحرك" للتحولين الأخضر والرقمي. فعلى صعيد السيارات الكهربائية، تحتوي المركبة الكهربائية الواحدة على ما يصل إلى أربعة أضعاف كمية النحاس الموجودة في السيارة التقليدية ذات محرك الاحتراق الداخلي. يستخدم النحاس في محركات الدفع الكهربائية وفي البطاريات ووصلات الأسلاك وأنظمة الشحن؛ فالمتوسط التقريبي لمحتوى النحاس يبلغ نحو 20 كغ في السيارة العادية مقابل 80 كغ في السيارة الكهربائية. بالإضافة إلى ذلك، تتطلب البنية التحتية لشحن المركبات الكهربائية هي الأخرى كميات كبيرة من النحاس، حيث قدّرت شركة وود ماكينزي أن قطاع شواحن السيارات الكهربائية سيحتاج إلى زيادة بحوالي 250% في استهلاك النحاس بحلول 2030 لتلبية الانتشار العالمي لمحطات الشحن.(Wood Mackenzie, 2023)

وفي مجال الطاقة المتجددة، يعتمد توليد الكهرباء من الرياح والشمس على النحاس بصورة كثيفة. فالتوربينات الهوائية ومزارع الطاقة الشمسية تستخدم كابلات النحاس ومحركاته لتوصيل الطاقة المولّدة إلى الشبكة. تُظهر الدراسات أن نظم الطاقة المتجددة تتطلب ما يصل إلى 12 ضعف كمية النحاس مقارنة بمحطات الطاقة التقليدية المعتمدة على الوقود الأحفوري. ليس من المستغرب إذن أن

أكثر من 90% من قدرات توليد الكهرباء الجديدة عالميًا في عام 2025 جاءت من مصادر شمسية ورياحية، مما يعني أن كل ميجاواط جديد مُنتج من هذه المصادر الخضراء يحمل في طياته طلبًا إضافيًا على النحاس.

أما في الثورة الرقمية وتطبيقات الذكاء الاصطناعي، فإن النحاس يكمن وراء الكواليس كعامل ممكن للتقدم التقني. فالنمو الهائل في مراكز البيانات الضخمة - التي تعتبر البنية التحتية للذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي والحوسبة السحابية - يتطلب كميات هائلة من الكهرباء وتوصيلات نحاسية لضمان الإمداد الكهربائي وتبريد الخوادم العملاقة. تشير تحليلات حديثة إلى أن مراكز البيانات قد تستهلك 14% من إجمالي الكهرباء في الولايات المتحدة بحلول 2030، ارتفاعًا من حوالي 5% حاليًا، مما يعني توسعة كبيرة في الشبكات الكهربائية المرتبطة بها. وقد أفادت شركة الأبحاث CRU أن استهلاك النحاس من قبل مراكز البيانات قفز من 78 ألف طن في 2020 إلى نحو 260 ألف طن في 2025، ومن المتوقع أن يتجاوز 650 ألف طن بحلول 2030 – وهو نمو يعكس الطفرة الهائلة في الاستثمار بالذكاء الاصطناعي (CRU Group, 2025)

خلاصة الأمر أن التحولين الطاقي الأخضر والرقمي ليسا تحولات افتراضية بل مادية ترتكز إلى موارد ملموسة. ورغم الحديث عن الاقتصاد المعرفي والذكاء الاصطناعي بوصفها مجالات غير ملموسة، إلا أن تشغيلها يعتمد على بنية تحتية مادية ثقيلة. والنحاس يقف في قلب هذه البنية التحتية بسبب خصائصه الفريدة وعدم وجود بدائل سهلة له على نطاق واسع. لقد أصبح النحاس بمثابة "معدن الكهرباء" في عصرنا الحديث، فلا انتقال إلى طاقة نظيفة ولا قفزة في قدرات الذكاء الاصطناعي بدون عشرات الملايين من الأطنان الإضافية منه خلال السنوات المقبلة.

ثانيا: فجوة العرض والطلب: كيف يتشكل "عنق الزجاجة"؟

على الرغم من اهمية النحاس الاستراتيجية، يواجه العالم تحديا متزايدا في التوفيق بين الطلب المتسارع والعرض المحدود لهذا المعدن. فمن جانب الطلب، نشهد تسارعا غير مسبوق مدفوعا بعوامل متعددة. السياسات المناخية الحكومية لعبت دورا رئيسيا في رفع استهلاك النحاس، حيث وضعت العديد من الدول خططا ملزمة للتحول الى المركبات الكهربائية والطاقة المتجددة خلال عقد او عقدين. على سبيل المثال، الاتحاد الاوروبي والصين وعدة دول اخرى حددت جداول زمنية للتخلص التدريجي من سيارات البنزين والديزل بحلول 2035 تقريبا، مما يعني انتاج مئات الملايين من المركبات الكهربائية الجديدة المحتوية على كميات ضخمة من النحاس. كما ان برامج تحديث الشبكات الكهربائية القديمة وتعزيز قدرات التخزين (البطاريات الضخمة) لتحقيق اهداف الوصول الى صافي الصفر الكربوني كلها مشاريع تعتمد بشكل مكثف على النحاس. هذا التحول الاخضر العالمي رفع الطلب على النحاس لاغراض الطاقة النظيفة بنسبة كبيرة، وتتوقع وكالة الطاقة الدولية ان يزداد الطلب على النحاس حوالي 30% بحلول 2040 في ظل سياسات التحول الحالية.(International Energy Agency, 2023)

بالتوازي، جاءت الطفرة الرقمية والذكاء الاصطناعي لتضيف طبقة جديدة من الطلب "غير التقليدي" على النحاس. فخلال سنوات قليلة فقط، تسببت حمى الاستثمار في مراكز البيانات والحوسبة عالية الاداء لتطبيقات الـ AIفي زيادة استهلاك النحاس بشكل ملحوظ. وحتى قطاعات غير بيئية مثل الصناعات العسكرية اسهمت في تضخيم الطلب، حيث اتجهت دول عديدة لرفع انفاقها الدفاعي واقتناء معدات عسكرية حديثة تعتمد على الالكترونيات وانظمة الطاقة المتطورة – وجميعها تحتوي كميات ملحوظة من النحاس. هذه العوامل مجتمعة دفعت الخبراء الى وصف الطلب على النحاس بانه انتقل من دورة تقليدية مرتبطة بالنشاط الاقتصادي (ما يسمى "دكتور نحاس" مؤشر الاقتصاد) الى طلب هيكلي دائم الارتفاع بغض النظر عن تقلبات الاقتصاد. الارقام تتحدث بوضوح: بلغ الاستهلاك

العالمي من النحاس حوالي 28 مليون طن متري في 2025، وقد افادت شركة S&P Global في تقرير حديث ان الرقم سيتجاوز 42 مليون طن سنويا بحلول 2040 – اي زيادة بنحو 50% خلال 15 سنة فقط .(S&P Global, 2024) هذا التصاعد يعني ان كل مشاريع التحول الاخضر والرقمي التي يجري التخطيط لها ستصطدم بجدار صلب اذا لم يرتفع معه عرض النحاس بنفس الوتيرة.

على الجانب الاخر، نجد ان عرض النحاس (الانتاج والتوريد) ينمو بوتيرة ابطا بكثير، بل ويواجه عقبات بنيوية تجعل زيادته السريعة امرا صعبا. يشير منتجو النحاس والمحللون الى ان العالم يتجه نحو عجز هيكلي في تلبية الطلب رغم المشاريع التوسعية المعلنة. فالمناجم الحالية تنتج حوالي 23 مليون طن سنويا (بيانات 2024)، وقد ترتفع القدرة الانتاجية قليلا الى نحو 24 مليون طن اواخر هذا العقد مع دخول مشاريع جديدة قيد التشغيل. ولكن ما لم يتم اكتشاف وتطوير مناجم جديدة ضخمة، فان الانتاج مرشح للانخفاض الى اقل من 20 مليون طن بحلول 2035 حسب تقديرات وكالة الطاقة الدولية .(International Energy Agency, 2023) بمعنى اخر، قد يصل الانتاج الى ذروته مطلع العقد القادم ثم يبدا بالتراجع بسبب نضوب المناجم القديمة وتراجع جودة الخامات (انخفاض نسبة النحاس في الصخور الخام). في المقابل، سيكون الطلب في 2035 قد قفز الى قرابة 33 مليون طن سنويا وفقا لتقديرات وكالة الطاقة – اي ان الفجوة المحتملة تقارب 13 مليون طن.

وحتى بتفاؤل الصناعة، اشار الاتحاد الدولي للنحاس الى انه حتى لو ازداد العرض العالمي بنسبة 26% ليصل الى 38.5 مليون طن سنويا بحلول 2035، سيبقى هناك عجز يقارب 1.7% من الطلب في ذلك العام (International Copper Association, 2024). لقد حذرت هذه الجهات وغيرها (مثل رويترز في تقاريرها الاخيرة عامي 2025 و2026 وكذلك وكالة الطاقة الدولية) من حدوث فجوة كبيرة بين العرض والطلب ما لم يستثمر بشكل عاجل في قدرات تعدين جديدة. على سبيل المثال، وصفت احدى التحليلات هذا التفاوت بقولها ان سوق النحاس قد يواجه نقصا سنويا يتجاوز 10 ملايين طن بحلول 2040 – ما يعادل ربع الطلب العالمي حينذاك .(Reuters, 2025) مثل هذا العجز الضخم كفيل بان يضع عراقيل مادية امام تحقيق اهداف التحول الطاقي العالمي.

ما الذي يجعل زيادة العرض بهذه الصعوبة؟ هناك عدة تحديات تفسر تاخر التوسع في انتاج النحاس رغم ارتفاع الاسعار وزيادة الحاجة اليه. اولها هي التحديات البيئية والتنظيمية: استخراج النحاس من المناجم عملية معقدة بيئيا وتتطلب ازالة كميات ضخمة من الصخور ومعالجة كيميائية، ما يثير مخاوف بيئية ومجتمعية. لقد اصبحت اجراءات ترخيص المناجم الجديدة اكثر صرامة وبطئا؛ اذ اشار محللو بنك جولدمان ساكس الى ان عدد الموافقات التنظيمية لمشروعات النحاس الجديدة بلغ ادنى مستوياته في عقد خلال 2023 .(Goldman Sachs, 2023) ويتراوح الزمن اللازم بين اكتشاف منجم جديد وبدء انتاجه بين 10 الى 20 سنة بسبب اجراءات الدراسات البيئية واستشارات المجتمعات المحلية وتامين التمويل. المتوسط الحالي المتداول صناعيا هو حوالي 17 عاما لعمر تطوير مشروع نحاس جديد – وهي فترة طويلة جدا مقارنة بسرعة التحول التقني الذي يحدث خلال عقد او اقل. ثانيها ارتفاع التكلفة والاستثمار: التضخم الذي اعقب جائحة كورونا ادى الى زيادة حادة في تكاليف المعدات والبناء، خاصة في مناطق التعدين الاساسية بامريكا الجنوبية. تقدر وكالة الطاقة الدولية ان تكاليف انشاء مناجم النحاس الجديدة في امريكا اللاتينية ارتفعت بنحو 65% منذ 2020 .(International Energy Agency, 2023)

ووفق بعض التقديرات الصناعية، قد تصل تكلفة بناء منجم جديد بطاقة انتاج 200 الف طن سنويا الى حوالي 6 مليارات دولار، الامر الذي يجعل شركات التعدين تتردد في الاستثمار خوفا من عدم تحقيق عوائد كافية ما لم ترتفع اسعار النحاس لمستويات قياسية فوق 12 الف دولار للطن. اضافة الى ذلك، يواجه قطاع التعدين معارضة اجتماعية وسياسية في كثير من البلدان المنتجة، حيث يطالب السكان المحليون بنصيب اكبر من العوائد او يعترضون على مشروعات قد تؤثر على البيئة وموارد المياه. هذه العوامل مجتمعة ادت الى نقص الاستثمار في المناجم الجديدة خلال العقد الماضي، لدرجة ان بعض المحللين يقولون ان الانتاج الجديد لن ياتي الا عندما "تعض الازمة بنابه" وترتفع الاسعار بما فيه الكفاية.

مجمل ما سبق يوضح كيف يتشكل "عنق زجاجة" حقيقي في مسار التحول الطاقي والرقمي نتيجة فجوة النحاس. فلدينا من جهة اندفاع عالمي نحو مستقبل كهربائي وذكي يرفع الطلب على المعادن بشكل هائل، ومن جهة اخرى قيود جيولوجية وصناعية تحد من قدرة توفير هذا المعدن بالسرعة والكميات المطلوبة. العديد من التقارير الحديثة – من وكالات انباء مرموقة كمؤسسة رويترز الى منظمات دولية كوكالة الطاقة الدولية – دقت ناقوس الخطر بشأن هذا الاختناق الوشيك. واذا لم تتم معالجة هذه الفجوة عبر حلول استثنائية، فقد يصبح النحاس "كعب اخيل" للتحول العالمي؛ العنصر الذي يفرض حدودا صلبة على مدى وسرعة ما يمكن تحقيقه من طموحات في مجالي الطاقة النظيفة والذكاء الاصطناعي.

ثالثا: النحاس كقضية جيوسياسية واقتصادية شاملة

لا تقتصر تداعيات ازمة النحاس المحتملة على الجانب الفني او الصناعي فحسب، بل تحمل ايضا ابعادا جيوسياسية واقتصادية واسعة النطاق. فمن المعلوم ان الموارد الطبيعية الاستراتيجية، كالنفط والمعادن النادرة، طالما لعبت ادوارا في العلاقات الدولية وتوازنات القوة. واليوم اخذ النحاس يبرز بدوره كـ"مادة استراتيجية" يمكن ان تعيد رسم بعض المعادلات الجيوسياسية.

اول بعد في هذا السياق هو تمركز انتاج النحاس في دول قليلة، مما يعزز احتمالات تحويله الى اداة نفوذ. الواقع الحالي يشير الى ان الجزء الاكبر من استخراج النحاس ياتي من عدد محدود من البلدان. تتربع تشيلي على القمة بوصفها اكبر منتج للنحاس في العالم (بحصة تقارب 27% من الانتاج العالمي)، تليها جارتها بيرو بحوالي 10%. كما برزت الكونغو الديمقراطية والصين ضمن المراكز الاولى بحصة تقارب 8% لكل منهما. وبشكل عام، تنتج نحو 13 دولة فقط ما يناهز 85% من اجمالي نحاس العالم.

هذا التركز الجغرافي يعني ان اي اضطراب سياسي او اقتصادي في احدى هذه الدول المحورية يمكن ان يهز امدادات النحاس عالميا. على سبيل المثال، شهدنا مؤخرا تعثر تشغيل احد المناجم الكبيرة في بنما بسبب خلاف بين الشركة والحكومة، وكذلك اضرابات في مناجم بتشيلي وبيرو. مثل هذه الاحداث المحلية قد تصبح لها تداعيات عالمية في سوق تعاني اصلا من شح المعروض. واذا تفاقم نقص النحاس مستقبلا، قد تلجا الدول المالكة للاحتياطيات الكبرى الى استخدام المعدن كورقة ضغط. فكما راينا دولا تستخدم امدادات الطاقة (النفط والغاز) لتحقيق مكاسب جيوسياسية، يمكن نظريا تخيل سيناريوهات تقوم فيها دول غنية بالنحاس بتقييد الصادرات او فرض رسوم عالية لاستغلال موقفها كمزود اساسي للسوق.

الى جانب الشان الجيوسياسي، هناك تاثيرات اقتصادية كلية يفرضها نقص النحاس تستدعي الاهتمام. يعد النحاس تقليديا مؤشرا صحيا للاقتصاد العالمي لان اسعاره تتاثر بالنمو الصناعي والانفاق الراسمالي. فاذا دخلنا حقبة يكون فيها الطلب يفوق العرض بشكل مزمن، فمن المتوقع ان تبقى اسعار النحاس مرتفعة على المدى الطويل. بالفعل لامست الاسعار نحو 10 الاف دولار للطن اخيرا،

وتوقع بنك جولدمان ساكس ان تتجاوز 15 الف دولار بحلول 2025 اذا استمر السيناريو الحالي .(Goldman Sachs, 2024) ارتفاع سعر النحاس بهذا الشكل سينعكس على معدلات التضخم عالميا، لانه يدخل في تصنيع كل شيء تقريبا: من اسلاك الكهرباء الى الالكترونيات الى المركبات. قد ترتفع تكاليف مشروعات الطاقة المتجددة نفسها نتيجة غلاء مكونات الشبكات والبطاريات المعتمدة على النحاس، مما يزيد كلفة الانتقال الى الطاقة النظيفة ويضع تحديات اضافية على الحكومات والشركات. كما قد تتاثر سلاسل التوريد الصناعية، فالشركات المصنعة للمركبات الكهربائية او المعدات الكهربائية قد تواجه نقصا في مادة اساسية او تضطر لدفع اسعار اعلى وتاخير جداول الانتاج. هذا الاختناق يمكن ان يبطئ معدل طرح التقنيات الخضراء في الاسواق، او يدفع نحو حلول اقل كفاءة.

على سبيل المثال، قد تلجا بعض الشركات الى تقليل كمية النحاس في منتجاتها عبر تصميمات بديلة مثل استخدام موصلات ارق او سبائك مختلفة، ولو كان ذلك يعني اداء ادنى، فقط للتكيف مع واقع الندرة. وهناك نقاش بين الخبراء حول امكان استخدام معادن بديلة في بعض التطبيقات لتخفيف الضغط عن النحاس. فالبديل الاكثر طرحا هو الالمنيوم، كونه اخف وزنا وارخص سعرا، اذ يبلغ نحو ثلث تكلفة النحاس. وبالفعل، في حال تفاقم عجز النحاس، قد نرى اعتمادا اكبر على الالمنيوم في اسلاك الشبكات الكهربائية وفي بعض اجزاء السيارات الكهربائية. الا ان للالمنيوم عيوبا فنية، فهو اقل موصلية، اذ تبلغ موصليته نحو 60% فقط من موصلية النحاس، واكثر عرضة للتقصف والتاكل، مما يجعله غير ملائم لبعض الاستخدامات الحرجة دون معالجة. وقد جرت محاولات في الماضي لاستخدام اسلاك الومنيوم مغلفة بالنحاس في مراكز البيانات كحل وسط، لكنها فشلت سريعا بسبب مشكلات في الاداء. ومن البدائل الاخرى استخدام الالياف البصرية في نقل البيانات بدلا من الاسلاك النحاسية، وهو ما تحقق فعليا الى حد كبير حيث استبدلت كابلات الاتصالات البحرية والبرية بالنحاس اليافا ضوئية من زجاج السيليكا. لكن يظل ذلك محدودا بمجال الاتصالات وليس في نقل الطاقة الكهربائية.

كذلك تجرى ابحاث مستقبلية على مواد موصلة جديدة مثل اسلاك الكربون النانوية التي تعد بخمسة اضعاف خفة النحاس مع موصلية جيدة، او تطوير محركات كهربائية بدون لفائف معدنية، كما يختبر باحثون في كوريا تقنية تستخدم مواد كربونية بدل نحاسية في المحركات، غير ان هذه الابتكارات ما زالت في طور التجريب ولن تسهم في سد الفجوة خلال العقد الحالي.

امام هذا الوضع، يمكن رسم بضعة سيناريوهات عامة للمستقبل القريب في ما يتعلق بازمة النحاس. اولها توسيع التعدين بشكل عاجل، اي ان تستجيب الحكومات وشركات التعدين عبر تسهيل واطلاق مشاريع مناجم جديدة بوتيرة اسرع، ربما من خلال خفض العوائق التنظيمية وزيادة التمويل. هذا السيناريو يتطلب مواجهة التحديات البيئية والاجتماعية بحلول مبتكرة، كتقديم تعويضات مجزية للمجتمعات المحلية واستخدام تقنيات تعدين اقل ضررا، بالاضافة الى احتمال اللجوء الى مصادر غير تقليدية مثل التعدين في اعماق البحار حيث توجد عقيدات غنية بالنحاس والمعادن الاخرى، رغم ان التعدين البحري يواجه بدوره اعتراضات بيئية دولية.

السيناريو الثاني هو تباطؤ التحول الطاقي والرقمي عن المسار المستهدف، بمعنى الاقرار بان الموارد المادية لا تكفي لتحقيق جميع الاهداف بالسرعة المطلوبة، مما قد يفرض اعادة جدولة زمنية لمبادرات مثل التحول الى السيارات الكهربائية او بناء الشبكات الذكية ريثما تتوفر المواد. وقد تضطر الدول الى تعديل خططها المناخية او الاعتماد اكثر على حلول مؤقتة، كالمحافظة على بعض محطات الطاقة التقليدية لفترة اطول، بسبب نقص مواد البناء الاساسية للتحول. هذا الخيار ياتي بتكلفة بيئية وتاثير على مصداقية السياسات، لكنه قد يصبح واقعا اذا اصطدم الطموح بحدود الجيولوجيا.

السيناريو الثالث يتمثل في تحقيق قفزات تكنولوجية وتبني بدائل تقلل اعتمادنا على النحاس، مثل احلال الالمنيوم في استخدامات محددة رغم قيوده، وتحسين كفاءة تدوير النحاس من المنتجات القديمة، وتطوير مواد موصلة جديدة مثل مواد الجرافين والكربون النانوي، واستخدام الموصلات فائقة التوصيل في شبكات الكهرباء على نطاق واسع لتخفيض الحاجة للكابلات النحاسية التقليدية. كما قد نشهد تحسين تصميم المنتجات لتستخدم النحاس بكفاءة اعلى، مثل استخدام هندسة الكترونية تتطلب موصلات اقصر وادق. الابتكار هنا سيكون كلمة السر للتغلب على القيد المادي. ورغم ان ايا من هذه البدائل لن يلغي الحاجة الى النحاس، الا ان مزيجا منها يمكن ان يخفف الضغط طويل الامد ويؤسس لمسار اكثر استدامة بين العرض والطلب.

في جميع الاحوال، من الواضح ان قضية النحاس تجاوزت كونها شانا تجاريا صرفا لتصبح قضية استراتيجية شاملة. انها تتقاطع مع السياسات الصناعية، وامن المواد الخام، والسياسات البيئية، وتحقيق الاهداف المناخية، وحتى مع الامن القومي للدول، وضمان سلاسة التحول في قطاعات الطاقة والدفاع والتكنولوجيا. ويتطلب التعامل معها مقاربة دولية تعاونية الى حد بعيد، فالعالم بحاجة الى تنويع مصادر النحاس جغرافيا والاستثمار المشترك في استخراج وتكرير هذا المعدن، وفي الوقت نفسه الابتعاد عن اي نزعة احتكارية او استخدام سلاح التصدير الذي قد يضر بالجميع. ان بناء "نظام نحاس" عالمي مستقر ومتوازن ربما سيغدو جزءا لا يتجزا من سياسات التحول المستدام في العقود القادمة.

خاتمة

لقد حاولت هذه الورقة تسليط الضوء على مفارقة حاسمة في عصرنا: النحاس لم يعد مجرد معدن صناعي عادي، بل اضحي عنصرا استراتيجيا يمكن ان يرسم حدود وافق التحول الطاقي والرقمي. تلخصت الصورة في ان عالم التكنولوجيا النظيفة والذكاء الاصطناعي، رغم مظهره الحداثي المتطور، يرتكز في جوهره على مواد خام اساسية من باطن الارض مثل النحاس. ورأينا كيف ان الطلب العالمي على هذا المعدن يقفز بوتيرة غير مسبوقة مدفوعا بحمى السيارات الكهربائية وتوسع الشبكات الكهربائية ومراكز بيانات الذكاء الاصطناعي، بينما يواجه العرض صعوبات جمة للوصول الى نفس المستوى بسبب بطء نشوء المناجم الجديدة والتعقيدات الجيولوجية والتنظيمية. هذه المفارقة بين سرعة السياسة وبطء الجيولوجيا تضع صانعي القرار امام حقيقة صعبة: لا يمكن للتشريعات والاهداف الزمنية مهما كانت جرأتها ان تتجاوز حدود الطبيعة وقدرة الصناعة على التجاوب. لقد اصبح النحاس مؤشرا على هذه الحدود، وتحول من معدن بنيوي في الاقتصاد الى ركيزة مستقبلية يعتمد عليها تحقيق رؤى كبرى للبشرية.

المراجع:

Aurubis. (2024). *Annual report and copper recycling outlook*. Hamburg: Aurubis AG.

CRU Group. (2025). *Global copper demand outlook: Energy transition and data centers*. London: CRU International.

Goldman Sachs. (2023). *Global copper supply constraints and regulatory bottlenecks*. New York: Goldman Sachs Global Investment Research.

Goldman Sachs. (2024). *Copper: The electrification metal and long-term price outlook*. New York: Goldman Sachs Global Investment Research.

METRO
for Knowledge

International Copper Association. (2024). *Copper market outlook to 2035*. Washington, DC: ICA.

International Energy Agency. (2023). *The role of critical minerals in clean energy transitions*. Paris: IEA.

International Energy Agency. (2024). *Electricity grids and clean energy transitions*. Paris: IEA.

Reuters. (2025). *Copper supply deficit threatens the global energy transition*. London: Reuters.

Reuters. (2026). *Copper, geopolitics, and the new scramble for critical minerals*. London: Reuters.

S&P Global. (2024). *Long-term copper demand forecast 2024–2040*. New York: S&P Global Commodity Insights.

Wood Mackenzie. (2023). *Electric vehicle charging infrastructure and copper demand*. London: Wood Mackenzie.

METRO
for Knowledge