The North African Journal of Scientific Publishing (NAJSP)
مجلة شمال إفريقيا للنشر العلمي (NAJSP)
E-ISSN: 2959-4820
Volume 3, Issue 3, 2025
Page No: 142-151
Website: https://najsp.com/index.php/home/index
SJIFactor 2024: 5.49 معامل التأثير العربي (AIF) 2024: 0.71 ISI 2024: 0.696

الموارد المعدنية في منطقة الجبل الاخضر

وفاء سعد فضيل علي[1*]، خالد احسين عامر الربيعي[2]
[1,2] قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة بنغازي، بنغازي، ليبيا

Mineral Resources in The Green Mountain Region

Wafa Saad Fadil Ali[1*], Khaled Hussein Amer[2]
[1,2] Department of Geography, Faculty of Arts, University of Benghazi, Benghazi, Libya

*Corresponding author	Ka3746414@gmail.com	*المؤلف المراسل
تاريخ النشر: 2025-08-03 | تاريخ القبول: 2025-07-26 | تاريخ الاستلام: 2025-06-27

ملخص:

إن هذه الدارسة تعد نموذجا للموارد الطبيعية في البيئية شبة الرطبة وقيمتها الاقتصادية كالموارد في منطقة الدارسة، إذ وجودها لها اثأر سلبية وايجابية في منطقة فهي جزء من مكونات النظم البيئية الطبيعية أكثر حساسية لأنه إي تغير فيها يحدث اختلال وضرر وخاصة إن بعضها تخلط وتدخل مع مركبات المعدنية لبعض الصخور كعنصر الرصاص مع الحجر الجيري ويكون بذلك أكثر سمية في منطقة الدارسة لذا يستوجب اتخاذ إجراءات التخطيطية البيئية الذي تهتم بالحمولة البيئية عند استغلاله ودارسة كالموارد طبيعيا. وتعد منطقة الجبل الأخضر متنوعة من التكوينات الصخرية المعدنية الموجودة في الصخور النارية والصخور المتحولة والرسوبية والتي كل واحده لها تركيبها الخاصة بها وخصائصها وعن طريقها يتحدد مع مدي خاصية تفاعلها ودرجة تركيزها ودرجة السمية فيها مما يؤثر علي النبات والتربة والماء وخاصة مياه العيون والأودية التي يستفاد منها بعض مناطق اقليم الجبل الأخضر وبذلك تدخل للإنسان عن طريق الخضروات والفواكه ومياه الشرب وكلما ازداد دخولها للجسم الإنسان كلما ازداد تعرض الإنسان إصابة بعض الإمراض أهمها السرطان و والذي منتشر بشكل كبير في فئة الأطفال أكثر. تتطلَّب هذه الدراسة اعتماد مجموعة من التقنيات لجمع البيانات والمعلومات اللازمة لتحقيق أهدافها .بالإضافة إلى المصادر والمراجع المستخدمة، واعتمدت الدراسة على العمل الميداني الذي تضمَّن الزيارات الحقلية، والقياسات الميدانية كأخذ عينات التربة وقياسها، ثم تحليلها في مختبر قسم الجيولوجيا لتحديد أنواع المعادن الموجودة في الصخور وخصائصها ومستويات سميتها.

الكلمات المفتاحية: صخر، معدن، السمية البيئية.

Abstract

This study exemplifies the natural resources in the semi-humid environment and their economic value as resources in the study area. Their presence has both positive and negative impacts in the region. They are part of the most sensitive natural ecosystems, as any change in them causes imbalance and harm, especially since some of them mix and enter into the mineral compounds of some rocks, such as lead in limestone, making them more toxic in the study area. Therefore, environmental planning measures must be taken that address the environmental burden when exploiting and studying them as natural resources. The Green Mountain region is characterized by a variety of mineral rock formations found in igneous, metamorphic, and sedimentary rocks, each with its own unique composition and properties. These influences the extent of their interaction, concentration, and degree of toxicity, affecting plants, soil, and water, particularly spring and valley water, which is used in some areas of the Green Mountain region. Thus, they enter humans through vegetables, fruits, and drinking water. The more they enter the human body, the greater the risk of contracting certain diseases, most notably cancer, which is most prevalent among children. Achieving the objectives of this study requires several methods to collect the necessary data and information. In addition to the sources and references that

the study relied on, the study relied on field work, which includes conducting field visits, including field measurements such as measuring and taking soil samples and analyzing them in the laboratory in the Geology Department to know the types of minerals present in the rocks and then knowing their properties and the degree of toxicity in them. Based on that, we arrive at the results of the study, sufficiently benefiting from these mineral elements in the study area in various fields and finding solutions to add chemical compounds to rocks to reduce the severity of toxicity of these elements present in rocks such as limestone rock and the mineral element lead.

Keywords: Rock, Mineral, Environmental Toxicity.

المقدمة:

تتكوّن القشرة الأرضية من مجموعة واسعة من الصخور التي تنتمي إلى الأنواع النارية، والمتحولة، والرسوبية [1-3]. ويتكوّن كل صخر من معدن واحد أو أكثر. وقد استقرّ تعريف المعدن منذ زمن بعيد بوصفه مركبًا طبيعيًا يتميّز بتركيب كيميائي محدد وبنية ذرية منتظمة، كما قد يتخذ المعدن أشكالًا بلورية متعددة. وتوجد معظم المعادن في الطبيعة في صورة مركّبات كيميائية، أبرزها الأكاسيد والكبريتيدات والكربونات والسيليكات، في حين توجد بعض الفلزات في حالتها الأولية أو العنصرية مثل الذهب، والحديد، والنحاس. وتشير البيانات الجيولوجية إلى أن الطبيعة تحتوي على نحو 109 عناصر طبيعية، تندرج جميعها ضمن الجدول الدوري للعناصر، منها 15 عنصرًا ضروريًا للجسم البشري لأداء وظائفه الحيوية بشكل سليم. ومن بين هذه العناصر، هناك معادن يحتاجها الجسم بكميات كبيرة مثل الكالسيوم، الفوسفور، والمغنيسيوم، في حين تُعد عناصر مثل البوتاسيوم والصوديوم ضرورية بكميات أقل [4-7].

ومع تزايد الاهتمام في العصر الحديث بمشكلة التلوث البيئي، برز مجال "السُميّات" كأحد الفروع العلمية الهامة. ويُعرّف علم السُميّات بأنه دراسة المواد الكيميائية، سواء التي توجد في الطبيعة أو التي تنتج صناعيًا، والتي تُسبب آثارًا سُميّة في الإنسان أو الحيوان أو النبات [8-10]. وتعتمد درجة السُميّة لأي مادة على عدد من العوامل، من أبرزها: الفعالية الكيميائية، وتكرار التعرّض، وحجم الجرعة، بالإضافة إلى درجة الحساسية الفردية. وتؤدي المواد السامة إلى أضرار صحية متباينة، تبدأ من اضطرابات الجهاز الهضمي ومشاكل النمو والتحصيل المعرفي، وقد تصل إلى الإصابة بأمراض مزمنة كالسرطان، بل وقد تُفضي إلى الوفاة في الحالات الشديدة [10-12] .

منطقة الدارسة:

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي الشرقي من ليبيا، بين خطي طول 20°30′ و23°00′ شرقًا، ودائرتي عرض 32°00′ و32°45′ شمالًا. وتمتد جغرافيًا من ساحل البحر الأبيض المتوسط شمالًا، وصولًا إلى بلدات الخروبة، والمخيلي، والعزيات جنوبًا، عند نهاية السفح الجنوبي للجبل الأخضر. أما من الناحية الأفقية، فهي تمتد بين مدينة الأبيار غربًا وخليج البمبة شرقًا، مما يضفي على المنطقة تنوعًا طبوغرافيًا ومناخيًا ذا أهمية جيولوجية وبيئية.

بيانات عن طبوغرافية الجبل الأخضر

- الطول 250 كم
- العرض 60 كم - 110 كم
- المساحة 37الف كم مربع
- أعلى نقطة في الأخضر 881 م عند سيدي الحمري.
- ارتفاع قمة جردس العبيد 705 م
- متوسط ارتفاع كتلة الجبل 252 م
- أدنى منسوب في السهول الجنوبية 135 م، في بلطة الزلق.
- انحدار السفوح الشمالي 0.025
- انحدار السفوح الجنوبي 0.012
- انحدار السفوح الشرقية 0.007
- انحدار السفوح الغربية 0.005

مشكلة الدارسة:

تتمثل مشكلة هذه الدراسة في مجموعة من التساؤلات المحورية التي تسعى إلى فهم العلاقة بين التنوع الجيولوجي في منطقة الجبل الأخضر وآثاره البيئية والصحية. وتتمثل هذه التساؤلات في الآتي:

1. إلى أي مدى يؤثر التنوع الصخري والمعدني في البيئة الطبيعية لمنطقة الجبل الأخضر؟
2. ما طبيعة وأنواع الصخور السائدة في هذه المنطقة؟
3. هل تترك هذه الصخور والمعادن آثارًا صحية مباشرة على سكان منطقة الدراسة؟

تسعى الدراسة إلى الإجابة عن هذه التساؤلات من خلال تحليل التكوينات الجيولوجية وتحديد خصائصها الكيميائية والفيزيائية، بالإضافة إلى دراسة انعكاساتها البيئية على النظام الإيكولوجي وصحة الإنسان.

الأهداف:

تهدف هذه الدراسة إلى تحقيق مجموعة من الأهداف التي تسهم في تعميق الفهم بالعلاقة بين الجغرافيا الطبيعية والمشكلات البيئية المعاصرة، وذلك على النحو الآتي:

1. إبراز أهمية الدور الذي يقدمه الإسهام الجغرافي في تحليل ودراسة المشكلات البيئية الحديثة، لا سيما تلك المرتبطة بالعوامل الجيولوجية.
2. دراسة الآثار البيئية المترتبة على وجود المعادن في البيئة الطبيعية، من حيث تأثيرها على التربة والمياه وصحة الإنسان.
3. محاولة تقديم مقترحات وحلول علمية وعملية للتخفيف من الآثار السلبية لهذه المعادن، بما يحقق التوازن بين استغلال الموارد الطبيعية والحفاظ على البيئة.

الخصائص الطبيعية للمنطقة الدراسة:

جيولوجيا منطقة الدراسة

تتكوّن منطقة الجبل الأخضر من مجموعة من التكوينات الجيولوجية التي تعود إلى العصور الجيولوجية المختلفة، بدءًا من أواخر الزمن الجيولوجي الثاني (الطباشيري العلوي) وصولًا إلى الزمنين الثالث والرابع. وتتميز هذه التكوينات بتركيبها الرسوبي، إذ يغلب عليها وجود الصخور الجيرية، مثل الحجر الجيري والدولوميت، إلى جانب طبقات من الرمل، والطمي، والحصى، والرواسب الكلسية (الكالكارينايت). ويمكن تتبّع التكوينات الجيولوجية بالمنطقة من الأقدم إلى الأحدث، مما يمنح المنطقة أهمية علمية كبيرة في دراسة تطور السجل الجيولوجي والتغيرات البيئية المصاحبة له.

شكل السطح

أما من حيث الشكل العام للسطح، فإن إقليم الجبل الأخضر يمتد على هيئة هضبة واسعة ذات طابع متموّج، ويبلغ أقصى ارتفاع لها عند قمة الحمري نحو 880 مترًا فوق مستوى سطح البحر. وتنحدر الهضبة بشكل فجائي نحو الشمال، حيث تظهر على شكل حافات ومصاطب (مدرجات) شديدة الانحدار تُشرف مباشرة على البحر الأبيض المتوسط، ويُلاحظ وجود مصطبتين واضحتين تفصل بينهما حواف صخرية، وتحدّهما منطقة ساحلية ضيقة قد تختفي في بعض المواضع. وتُخترق هذه الحواف بمجموعة من الأودية التي تصبّ مباشرة في البحر، مثل وادي الكوف، ووادي المهبول، ووادي مرقص. في المقابل، ينحدر سطح الهضبة تدريجيًا نحو الجنوب، حيث يسود الطابع التلالي، وتخترقه أودية متعددة تنتهي في المنخفضات الصحراوية (البلايا)، مثل وادي الرملة، ووادي خريف، ووادي بالعطر. ويؤدي التباين الواضح في الارتفاعات وأشكال سطح الأرض إلى اختلافات في حركة الرياح وسرعتها، إذ تزداد سرعة الرياح مع زيادة الارتفاع، مما يؤثر بشكل مباشر في الخصائص المناخية الدقيقة للمنطقة، وبالتالي ينعكس على النظم البيئية والأنشطة البشرية.

بعض المعادن الموجودة في الصخور ضارة بالبيئية توجد في منطقة الدارسة:

ومن اشد المعدن ضررا بالبيئية هي :الزرنيخ و الاسبستوس، والكاديوم والرصاص والزئبق والمنجنيز والأنتميون والزنك والباريوم والبريليوم ، والبزموث والبرومين والثاليوم واليورانيوم ,كما ثبت مؤخرا أن الألمنيوم من المعادن ذات السمية العالية، ومعظم هذه المعادن موجودة في الطبيعية بكميات قليلة جدا ومنذ زمن طويل لي استخراج هذه المعادن واستخدامها في الصناعة أدي إلي مشاكل بيئية

وصحية كثيرة لم تكن معروفة من قبل، وتنشا هذه المشاكل الصحية عادة بسبب أن هذه المعادن الثقيلة تحل محل المعادن أخري موجودة في الجسم وتؤدي الأخيرة دورا هاما في الوظائف العضوية فمثلا يحل الكادميوم محل الزنك ويحل الرصاص مكان الكالسيوم وعندما يحدث هذا يتركز الكادميوم أو الرصاص في العظام أو الأنسجة يصبح من العسير التخلص منهما ولا يمكن أن تتم العمليات التي كانت تقوم بها العناصر بها العناصر المزاحة مما يؤدي إلي الكثير من المضاعفات الصحية.

1– الزرنيخ:

يُعد الزرنيخ من العناصر المنتشرة في القشرة الأرضية، ويتواجد غالبًا متحدًا مع عناصر مثل الأكسجين والكلور والكبريت، مكوّنًا مركبات غير عضوية مثل ثلاثي كبريتيد الزرنيخ. كما يوجد الزرنيخ العضوي المرتبط بالكربون والهيدروجين. يُستخدم الزرنيخ في العديد من الصناعات، لاسيما صناعة الزجاج والمبيدات الحشرية ومعالجة خامات الذهب والنحاس. وعلى الرغم من أن المركبات العضوية للزرنيخ أقل ضررًا، فإن استنشاق أو ابتلاع الزرنيخ غير العضوي يُسبب آثارًا صحية خطيرة تشمل التهابات في الجهاز التنفسي، اضطرابات دموية، مشكلات قلبية، وصولًا إلى سرطان الجلد والمثانة والرئة نتيجة التعرض المزمن. وتشير الدراسات إلى وجود الزرنيخ في الصخور الرسوبية ومجاري الأودية في الجبل الأخضر، وخاصة في وادي مرقص ووادي المهبول. كما كشفت دراسة أجرتها منظمة الفاو عام 2005 عن وجود الزرنيخ في المبيدات الزراعية المستخدمة لأشجار التفاح، مما رُبط بارتفاع معدلات الإصابة بالسرطان، خاصة بين الأطفال، حيث سُجلت نحو 5000 حالة خلال عقد واحد، بالإضافة إلى وجوده كمادة حافظة في بعض الأغذية الصناعية.

2-الأسبستوس:

أما الأسبستوس، فهو ليس معدنًا واحدًا، بل يشير إلى مجموعة من ستة معادن طبيعية تتخذ شكل ألياف دقيقة وطويلة، قوية ومرنة، ومقاومة للحرارة والمواد الكيميائية. وتُستخدم هذه الألياف في مجالات متعددة، أبرزها صناعة مواد البناء، المواسير، مكونات السيارات، والملابس الواقية. غير أن خطورة الأسبستوس تكمن في أليافه الدقيقة التي تنتشر في الهواء عند تفتت المواد الحاوية له، مما يجعله من العوامل المسببة للسرطان، لاسيما سرطان الرئة وأغشيتها. وتُعد المناطق الغنية بالصخور الجيرية، مثل الغريقة، سوسة، قرنادة، شنيشن، مراوة، جنوب جردس، الوسيطة، البيضاء، قصر ليبيا، الفايدية، والحمامة، من بين المناطق الأكثر تأثرًا، خصوصًا مع ازدياد أنشطة المحاجر. ويؤدي استنشاق الأسبستوس إلى صعوبة في التنفس وسعال مزمن، وقد يسبب في الحالات المتقدمة تضخمًا في القلب، وعجزًا جسديًا دائمًا أو الوفاة.

3-الكادميوم:

أما الكادميوم، فهو عنصر نادر الوجود في الطبيعة بنسب مرتفعة، ويتواجد غالبًا بكميات ضئيلة في الصخور والتربة، ويُستخرج كناتج ثانوي من خامات الزنك والرصاص والنحاس. ويُعرف الكادميوم بتأثيراته السمية الخطيرة، حيث يؤدي تناول الأغذية أو المياه الملوثة به إلى اضطرابات في الجهاز الهضمي مثل الغثيان والإسهال، بينما يسبب التعرض الطويل لنسب منخفضة منه أضرارًا مزمنة في الكلى والرئتين، فضلًا عن هشاشة العظام وزيادة احتمالية الإصابة بالسرطان. وقد تم رصد وجود الكادميوم بنسبة تقارب 0.7% في بعض عينات المياه من عيون وادي مرقص ودرنة ولأثرون، وهي نسبة تُعد منخفضة نسبيًا، لكنها تُشكل خطرًا محتملًا في حال استخدام هذه المياه في الزراعة، حيث قد يتسرّب العنصر إلى الفواكه ويتراكم في جسم الإنسان عند الاستهلاك، ما يُشكل تهديدًا للصحة العامة.

الرصاص:

يُعد الرصاص من العناصر المعدنية التي توجد بكميات ضئيلة نسبيًا في القشرة الأرضية، ويظهر في الطبيعة على هيئة فلز ذي لون رمادي مائل إلى الأزرق. وتُعزى غالبية تراكيز الرصاص المنتشرة في البيئة إلى الأنشطة البشرية، بما في ذلك استخدام المحروقات، وعمليات التعدين، والتصنيع. وتُعد خامة الجالينا (كبريتيد الرصاص) من أهم مصادره المعدنية، حيث توجد أبرز مناجم الرصاص في دول مثل التشيك والنمسا، إلى جانب بعض المناجم القديمة في مصر. ويُعرف الرصاص بأنه عنصر شديد السُمية، ويُشكّل خطرًا بالغًا على الصحة العامة، لا سيما لدى الأطفال دون سن السادسة، إذ يؤثر على النمو

العصبي والإدراكي بشكل خاص. وغالبًا ما يوجد الرصاص مختلطًا بالصخور الجيرية، كما هو الحال في منطقة الدراسة، حيث تظهر نسب قليلة من هذا العنصر، كما توضح الصورة رقم (1). ويستدعي وجود الرصاص، حتى بكميات منخفضة، اهتمامًا خاصًا نظرًا لطبيعته التراكمية وآثاره الصحية بعيدة المدى.

الصورة (1): عنصر الرصاص مختلط مع الحجر الجيري في المنطقة الدارسة.
المصدر الدارسة الميدانية 2024م.

المنجنيز:

يُعد عنصر المنغنيز من العناصر الطبيعية الشائعة في القشرة الأرضية، حيث يشكّل ما نسبته نحو 0.1% من مكوناتها الصخرية. وتُعد خامات البيرولوزيت (ثاني أكسيد المنغنيز) والبسيلوميلان (كربونات المنغنيز) من أبرز مصادره الجيولوجية، ويُستخرج بكميات كبيرة من مناطق غرب إفريقيا. وفي منطقة الدراسة، يتواجد المنغنيز في مياه الأودية بنسب تتراوح بين 0.1 و10 ميكروغرام/لتر. ويُعتبر الطعام هو المصدر الطبيعي الرئيسي لدخول المنغنيز إلى جسم الإنسان، حيث يُعد عنصرًا أساسيًا في العديد من العمليات الحيوية، أهمها بناء العظام وتنظيم عمليات التمثيل الغذائي. وتُقدَّر الجرعة اليومية الآمنة للأطفال من عمر سنة وحتى البلوغ بين 1 إلى 5 ملغ يوميًا.

وعلى الرغم من أهميته البيولوجية، فإن التعرض لتركيزات مرتفعة من المنغنيز، سواء عبر الاستنشاق أو الشرب، قد يؤدي إلى آثار صحية ضارة، خاصة على الجهاز العصبي المركزي، وقد يُسبب أعراضًا مشابهة لمرض الشلل الرعاش. وتكمن الخطورة البيئية في قابلية بعض مركباته للذوبان في الماء وانتشاره على هيئة حبيبات دقيقة في الهواء. وتُشير البيانات الجيولوجية إلى تركز وجوده في الصخور الرسوبية المطلة على البحر ضمن منطقة الدراسة، الأمر الذي يستدعي مراقبة دورية لمستوياته وتحليل آثاره البيئية والصحية المحتملة.

النحاس:

كان النحاس ثاني معدن عرفه الإنسان بعد الذهب منذ فجر التاريخ والآثار الموجودة في الصحراء سيناء وغيرها وكذلك الأماكن الصخور المتحولة، ويوجد في الطبيعية علي هيئة كبريتيد النحاس وكربونات (ملاخيت) ، ويوجد في عنصر النحاس طبيعيا في البيئة وهو يشكل حوالي 0.00015% من جسم الإنسان ويتعرض له عن طريق التنفس والطعام والشراب والملامسة وبالرغم من إن الإنسان يحتاج حوالي 1الي 2جم من النحاس يوميا ليبقي بصحة جيدة إلا أن تناول كميات أكثر ذلك قد يضر بالكلي والكبد كما يسبب الأنيميا والموت والنحاس يوجد داخل الصخور بمنطقة الدارسة كالمركب مختلط مع عناصر أخري.

الزنك:

توجد أهم خامات الزنك في الطبيعية على هيئة كبريتيد (سفاليريت)واكسيد (سميثسونيت)، ويستخدم في عمل السبائك شديدة الصلابة وعالية اللدنة كما يستخدم كطلاء للمعادن لما يتميز به من مقاومة عالي للتآكل والزنك يعتبر من المعادن المفيدة للإنسان فهو يقاوم نزلات البرد ومرض الزهايمر ولكن إذ ازدادت الجرعة فانه يسب بأضرار كثيرة للإنسان، ويوجد هذا المعدن ليس بمفرده في الطبيعية بل مع مجموعة من المعادن الأخرى.

الألمنيوم:

أدت الدارسات مؤخرا إلي أن هذا العنصر له إضرار والمعروف أن عنصر الألمنيوم هوثاني أكثر العناصر شيوعا في الطبيعية وهو يوجد كاده متحدا مع صخر الكواتزا مكون سيليكات الألمنيوم ويعتبر هذا المكون أكثر شيوعا علي صخور الكواتزيت في شواطئ منطقة الدارسة كما في الصورة رقم (2) ، ويعطي ألوان للصخور من الأبيض وبني والأخضر واحمر وغيرها رغم إن البقاء والوقوف علي الشواطئ البحر منطقة لاستنشاق الهواء لكن هناك ضرر من ملاسة هذا النوع من الصخور إلا و هي تهيج العين والالتهاب في الجهاز التنفسي و وكما إن هناك دارسة أثبت انه يسبب إضرار بالمخ وإصابة بمرض الزهايمر والجدول رقم (2) يوضح الإضرار البيئية لهذا المعدن.

الصورة (2): عنصر الألمنيوم متحدا مع صخر الكواتزا مكون لون اخضر في منطقة الدارسة.

الجدول (2): الأضرار البيئية للألوان المشتقة من المعادن.

المعدن	لون الطلاء	التركيب	التسمم عن طريق الفم	التسمم عن طريق الأنف	التسمم عن طريق الجلد	الإصابة بالسرطان
الأنتيمون	أسود	كبريتيد الأنتيمون	شديد	شديد	متوسط	يكون كلوريدالهيدروجين
	أبيض	ثلاثي أكسيد الأنتيمون	شديد	متوسط	شديد	–
المنجنيز	أسود	ثاني أكسيد المنجنيز	متوسط	عالى	–	–
	بنى	أكسيد وهيدروكسيد	متوسط	عالى	–	–
	أبيض	كربونات	متوسط	–	–	–
النحاس	أزرق	أكسيد (أزوريت)	عالى	متوسط	–	–
	أزرق	سيليكات كلسيوم*	متوسط	متوسط	عالى	مسرطن
	أخضر	استيوأرسينات*	عالى جداً	عالى جداً	عالى	مسرطن
الباريوم	أزرق	منجنات الباريوم	احتمال	احتمال	–	–
	أبيض	كبريتات ،كبريتيد الباريوم	عالى جداً	عالى جداً	–	يتفاعل مع عصارة المعدة مكوناً كلوريد الهيدروجين
الكروم	أخضر	أكسيد الكروم	ضعيف	ضعيف	بسيط	احتمال
الكوبالت	أخضر	أكسيد كوبالت +زنك ،ألمنيوم	متوسط	متوسط	–	–
	بنفسجى	فوسفات الكوبالت	شديد	شديد	–	–
	بنفسجى	أرسينات الكوبالت*	شديد جداً	عالى	مسرطن	
الكادميوم	برتقالى	كبريتيد سيانيد	متوسط	عالى	–	احتمال
		كبريتات الباريوم				احتمال

	أحمر	كبريتيد الكادميوم،كبريتيد الزئبق	غير واضح	عالى	بسيط	
	أصفر	كبريتيد	احتمال	احتمال	بسيط ،حساسية	مسرطن
الرصاص	أبيض	رصاص حر	عالى	عالى	–	–
	أبيض	كربونات الرصاص،أكسيد الزنك	عالى	شديد جداً	عالى	–
	أبيض	كربونات أساسية	شديد	شديد	–	–
	برتقال	كرومات،مولبدات	عالى	شديد	عالى	مسرطن
	أحمر	ثلاثى أكسيد	شديد	شديد	–	–
	أصفر	كرومات الرصاص*	عالى	عالى	شديد	مسرطن
الزنك	أصفر	كرومات الزنك*	عالى	عالى	شديد	مسرطن

الحجر الجيري:

يُعد الحجر الجيري من الصخور ذات الأهمية البيئية والاقتصادية، إذ يتميز بقدرته الفعالة على اختزال أو معادلة الأحماض، مما يساهم في الحد من المخاطر البيئية الناجمة عن الحموضة. وتبرز هذه الخصائص بشكل خاص في قدرته على معادلة المياه الحمضية والمشعة، مما يجعله أداة مهمة في معالجة التلوث البيئي. كما يُستخدم الحجر الجيري بكميات كبيرة في أفران الاحتراق لاختزال غاز الكبريت، ما يسهم في تقليل الانبعاثات الضارة. ويُعد الجير الناتج عنه بديلًا مناسبًا للجبس الطبيعي في العديد من الاستخدامات الصناعية، الأمر الذي يساهم في الحفاظ على الموارد الطبيعية الأخرى. كما هو موضح في الصورة رقم (3).

الصورة (3): كهف من الحجر الجيري في منطقة الدراسة.
المصدر: الدارسة الميدانية 2024م.

رابعا-الصخور والمعادن البيئية المؤثرة مباشرة على البيئة:

يوضح الجدول (4) المعادن التي تُحدث تأثيرًا مباشرًا أو غير مباشر على مكونات البيئة في منطقة الدراسة، وهي الهواء والماء والتربة. ويُظهر الجدول تنوعًا في درجة التأثيرات البيئية للعناصر المعدنية، حيث تبيّن أن معادن مثل الزرنيخ، الرصاص، الكادميوم، الزئبق، والكروم تُعد من بين العناصر الأكثر سُمية، نظرًا لتأثيرها المباشر على جميع مكونات البيئة، مما يعكس خطورتها على الصحة العامة والنظام البيئي. كما يُلاحظ أن بعض العناصر، مثل الحديد والزنك والكلس، تمتلك تأثيرًا بيئيًا أقل حدة أو غير مباشر، وهو ما يعكس تفاوت درجة التفاعل البيئي بين المعادن. وتبرز أهمية هذا الجدول في كونه أداة علمية تُسهم في توجيه الجهود البحثية والرقابية نحو العناصر الأكثر تهديدًا للبيئة، كما يساهم في تحديد أولويات المعالجة والتدخل، لاسيما في المناطق التي تشهد تركزًا سكانيًا أو نشاطًا زراعيًا. عليه، يُوصى بإجراء دراسات دورية لرصد تراكيز هذه المعادن في البيئة وتقييم آثارها التراكمية، بما يدعم السياسات البيئية الوقائية ويعزز من استدامة الموارد الطبيعية.

الجدول (4): المعادن البيئية المؤثرة مباشرة على البيئية.

صيانة ورفع جودة كل من													
المعدن	الماء				التربة					الهواء			
	استخلاص السوائل الضارة	التنقية الكيميائية	التنقية الفيزيقية	التخلص من السوائل الضارة	معالجة التربة فيزيائيا	معالجة التربة كيميائيا	التخلص من المواد الضارة	التحكم في التحات	التخلص من السوائل الضارة	التخلص من الغازات الضارة	التحكم في الضوضاء (العزل)	تنقية الهواء أو الغازات	تخفيض الغبار
الدولوميت		✓	✓		✓	✓		✓				✓	
الطفلة والإردواز			✓		✓						✓		
الجبس		(✓)			✓								
الالمنيت		✓											
أملاح البوتاسيوم						✓							
الحجر الجيري، الطباشير.		✓	✓	✓	✓	✓		✓				✓	✓
الزلط والرمل			✓	✓	✓			✓	✓		✓	✓	
خام المنجنيز						✓							
أملاح الصوديوم		✓										✓	
أحجار البناء			✓	✓		✓		✓			✓		
الفوسفات		✓				✓							
الطين					✓	✓		✓			✓		

✓ = شائع، (✓) = غير شائع

خامسا – الصخور والمعادن البيئية ذات التأثير الغير مباشر:

يعرض الجدول (5) تصنيفًا للمعادن ذات التأثير غير المباشر على البيئة، موضحًا كيفية تأثيرها من خلال استخداماتها المختلفة في الأنشطة البشرية والصناعية. ويُبيّن الجدول أن بعض المعادن لا تؤثر بشكل مباشر على مكونات البيئة، لكنها تُحدث تأثيرًا غير مباشر من خلال نواتج استخدامها، مثل انبعاث الغازات السامة أو التسبب في تلوث التربة والمياه أثناء عمليات التصنيع أو الاستخراج. فعلى سبيل المثال، يُستخدم الكالسيوم في إنتاج الأسمدة، بينما يدخل الحديد والنحاس في صناعات البناء والطاقة، مما قد يؤدي إلى تراكم الملوثات في البيئة المحيطة. كما يشير الجدول إلى أن تأثيرات هذه المعادن تظهر في مجالات متعددة، منها: الاستخدام في شبكات النقل، إنتاج المواد الكيميائية، الصناعة الثقيلة، والتطبيقات الزراعية، وهو ما يبرز الحاجة إلى رصد شامل لاستخداماتها وتأثيراتها غير المباشرة. ويُعد هذا التصنيف أداة مهمة لفهم الأبعاد البيئية غير الظاهرة لتوزيع المعادن، ويدعو إلى تبني سياسات إدارة رشيدة توازن بين الاستفادة الاقتصادية من هذه الموارد وحماية البيئة من الأثر التراكمي لها.

الجدول (5): المعادن البيئية المؤثرة ذات التأثير الغير مباشر.

	منع أو تقليل الآثار البيئية من خلال							
		المعادن والصخور الأولية التالية						
الأهداف	استخدام المواد التالية	الحجر الجيري، الطباشير، الدولوميت	الرمل والزلط	الصخور الطبيعية، الإردواز	الفوسفات	الطفلة العادية	المعادن الأخرى	بدلا من
الاقتصاد في الطاقة	قوالب الطوب	✓				✓		بلوكات الخرسانة
	بلوكات الطوب الجيري	✓				✓		الخرسانة، الطوب الطفلي، الطوب الجيري السيليسي والبلوكات
	صخور البناء وأحجار الزينة	✓		✓				الخرسانة، الطوب، الطوب الجيري السيليسي
	الأسمنت المخصوص	✓				✓		الأسمنت البورتلندي
	صخر الفوسفات	✓				✓		الأسمدة الصناعية
استخدام طرق أخري بديلة	أحواض السراميك					✓		أحواض البلاستيك
	الطفلة الحرارية			✓		✓		ألواح الأسبستوس الأسمنتي
	الأسمنت الهيدروليكي لتجميع المواد الضارة	✓			✓			-
	الزجاج والسيراميك والصوف الصخري	✓	✓	✓		✓		خيوط الأسبستوس ومنتجاتها
	صخر الفوسفات				✓			الأسمدة الصناعية

✓ = شائع، (✓) = غير شائع

الخاتمة:

في ضوء ما سبق، تتجلى الحاجة الملحة إلى تعزيز الوعي بأهمية العناصر المعدنية في البيئة الطبيعية، مع التأكيد على ضرورة وجودها ضمن حدودها النسبية المحددة لتفادي آثارها السلبية. إن الاستفادة من هذه الموارد يجب أن تتم بصورة مستدامة تشمل مختلف المجالات الحيوية، بما يسهم في التنمية دون الإضرار بالنظام البيئي. ويُعد الزرنيخ من أخطر المعادن السامة التي تستدعي اهتمامًا خاصًا في دراسات البيئة والصحة العامة. كما أن وجود الأسبستوس مختلطًا بالصخور الجيرية، لاسيما في أغلب مناطق الدراسة، يحتم إجراء دراسات جيولوجية دقيقة وموسعة لرصد امتداداته وآثاره. ولا يقل أهمية عن ذلك، ضرورة إجراء أبحاث دورية على الصخور المجاورة للأودية والمجاري المائية لتحديد تراكيز الرصاص، بالنظر إلى سُميته العالية وتأثيره التراكمي على الكائنات الحية. وبالإضافة إلى ذلك، لا بد من التمييز بين المعادن ذات التأثير المباشر على البيئة كالحجر الجيري والنحاس، وتلك التي يظهر أثرها البيئي بصورة غير مباشرة، مما يتطلب تقويمًا بيئيًا شاملًا لكل عنصر معدني وفقًا لطبيعته وموقعه الجيولوجي.

المراجع:

[1] S. Cheng, C. Shu, M. Jin, and Y. He, “Balancing resources and sustainability: Analyzing the impact of mineral resources utilization on green growth,” *Resour. Policy*, vol. 86, no. 104143, p. 104143, 2023.

[2] M. F. Bashir, M. Madaleno, A. Sharif, and M. Bashir, “Natural resources demand, energy transition, and global mineral market: An assessment of BRICS mineral policy,” *Resour. Policy*, vol. 100, no. 105452, p. 105452, 2025.

[3] S. Li, J. Chen, and C. Liu, “Overview on the development of intelligent methods for mineral resource prediction under the background of geological big data,” *Minerals (Basel)*, vol. 12, no. 5, p. 616, 2022.

[4] R. Steiger, N. Knowles, K. Pöll, and M. Rutty, “Impacts of climate change on mountain tourism: a review,” *J. Sustain. Tour.*, vol. 32, no. 9, pp. 1984–2017, 2024.

[5] T. Henckens, “Scarce mineral resources: Extraction, consumption and limits of sustainability,” *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 169, no. 105511, p. 105511, 2021.

[6] P. Christmann, “Mineral Resource Governance in the 21st Century and a sustainable European Union,” *Miner. Econ.*, vol. 34, no. 2, pp. 187–208, 2021.

[7] D. Pang, X. Jin, K. Zheng, and N. H. Tien, “A road toward green growth: Optimizing the role of mineral resources, fintech innovation and effective governance in G-20 economies,” *Resour. Policy*, vol. 92, no. 104983, p. 104983, 2024.

[8] S. Feng, J. Li, H. M. Nawi, F. M. Alhamdi, and Z. Shamansurova, “Assessing the nexus between fintech, natural resources, government effectiveness, and environmental pollution in China: A QARDL study,” *Resour. Policy*, vol. 88, no. 104433, p. 104433, 2024.

[9] L. Liu, Z. Chen, A. Al-Hiyari, and A. Nassani, “Sustainable growth in mineral rich BRI countries: Linking institutional performance, Fintech, and green finance to environmental impact,” *Resour. Policy*, vol. 96, no. 105159, p. 105159, 2024.

[10] P. Christmann, “Towards a more equitable use of mineral resources,” *Nat. Resour. Res.*, vol. 27, no. 2, pp. 159–177, 2018.

[11] S. H. Ali *et al.*, “Mineral supply for sustainable development requires resource governance,” *Nature*, vol. 543, no. 7645, pp. 367–372, 2017.

[12] S. Nate, Y. Bilan, M. Kurylo, O. Lyashenko, P. Napieralski, and G. Kharlamova, “Mineral policy within the framework of limited critical resources and a green energy transition,” *Energies*, vol. 14, no. 9, p. 2688, 2021.