

مجلة علمية سنوية تصدرها



هيئة المساحة الجيولوجية السعودية
SAUDI GEOLOGICAL SURVEY

رئيس التحرير : رنا عبدالله زمعي
ترخيص رقم: ٢٠٩

أرضنا

الجيولوجيا والتعدين

المملكة تحتضن أحد أجمل ١٠٠ معلم جيولوجي في العالم

العدد

٢٧

أغسطس
٢٠٢٤



فوهة الوعبة (مقلع طمية) ص ٣٩



تشكيل صخري

يتكون من صخور الحجر الرملي تشكلت تحت تأثير عمليات التعرية في منطقة القصيم

من الأرشيف الجيولوجي

{ لَهُ مَا فِي السَّمُوتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَمَا بَيْنَهُمَا وَمَا تَحْتَ الثَّرَى }

[طه: 6]

أرضنا

الجيولوجيا والتعدين
العدد 27 - أغسطس 2024

المشرف العام

المهندس. عبدالله بن مفطر الشمrani

الرئيس التنفيذي لهيئة المساحة الجيولوجية السعودية

رئيس تحرير المجلة

الأستاذة. رنا عبدالله زمعي

المدير الأعلى للاتصال المؤسسي والمعرفة

مدير التحرير

الأستاذ. سعيد أحمد الطويل الزهراني

رئيس قسم الإنتاج وصناعة المحتوى

الهيئة الاستشارية الفنية

المهندس. ناصر بن سعيد الجدلي
كبير جيولوجيين. عبدالله بن محمد الجهني
الدكتور. عبدالله بن إبراهيم نبهان
الدكتور. هاني بن محمود زهران
الأستاذ. ماجد بن أحمد الأحمد
الأستاذ. خالد بن محمد الصائغ
جيولوجي. عبدالله بن محمد الشمري
الأستاذ. آرثور سيرانو
المهندس. يزيد بن سالم المطيري

تليفون: 0126195000 تحويلة 5000 - 2021 ص ب: 54141 جوده 21514
الموقع الإلكتروني: WWW.SGS.GOV.SA البريد الإلكتروني: Ardhona@sgs.gov.sa

+ 966535435764

www.mahara.sa

info@mahara.sa

الإخراج و التنفيذ الفني

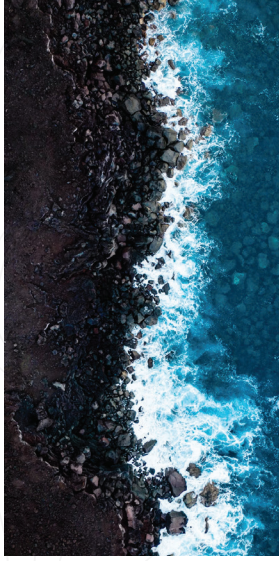
شركة مهارة للطباعة

المملكة العربية السعودية، الرياض



٥٨

البحيرات القديمة
في صحراء الربع
الخالي.. كنوز حضارية
فريدة لا تقدر بثمن



٣٦

الجيولوجيا..
ضمانة
للمحافظة على
استدامة ماء
زمزم ومصادره
المغذية



٤٢

لتحقيق أولويات
المستهدفات
الوطنية
المؤسسة العامة
لتحلية المياه المالحة..
منظومة متكاملة
لتعدين الرجيع الملحي



١٢

دور الإشراف
على
العمليات
التعدينية



٩٠

جيولوجية السعودية
بين النشر العلمي
والإعلامي



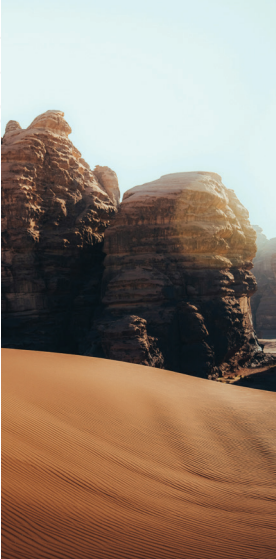
٦٨

مخاطر الانهيارات
الصخرية
في مناطق المنحدرات
الجبلية



٧٦

هضبة العرمة..
تنوع جيولوجي فريد
من نوعه في المملكة
العربية السعودية



٦٢

نظام (JORC)..
جورك
ركيزة لتصنيف
وتحديد الموارد
المعدنية
واحتياطيات الخام



” بدعم قيادتنا الرشيدة -أيدها الله-
سيصبح قطاع التعدين من أهم روافد
الاقتصاد الوطني، وركيزة ثالثة للصناعة“

أ. بندر بن إبراهيم الخريف
معالي وزير الصناعة والثروة المعدنية
رئيس مجلس إدارة هيئة المساحة
الجيولوجية السعودية

” المملكة ستتحوّل إلى مركز عالمي رئيسي لإنتاج وتصنيع المعادن “

م. خالد بن صالح المديفر
نائب وزير الصناعة والثروة المعدنية لشؤون التعدين
نائب رئيس مجلس إدارة هيئة المساحة الجيولوجية
السعودية





المشرف العام
م. عبدالله بن مفطر الشمراني
الرئيس التنفيذي لهيئة المساحة الجيولوجية السعودية

تحقيق تطلعات القيادة وطموحاتها

حظيت علوم الأرض في المملكة العربية السعودية كسائر العلوم الأخرى، بدعم واهتمام كبيرين من لدن مولاي خادم الحرمين الشريفين الملك سلمان بن عبدالعزيز آل سعود – أيده الله، وسيدي صاحب السمو الملكي الأمير محمد بن سلمان بن عبدالعزيز آل سعود ولي العهد رئيس مجلس الوزراء – حفظه الله، الأمر الذي أسهم في ترسيخ الأطر التشريعية والتنظيمية والإصلاحات على المستوى التنظيمي والتشريعي وتعزيز البنية الأساسية للاستغلال الأمثل المستدام للموارد الطبيعية، وبدعم من معالي وزير الصناعة والثروة المعدنية رئيس مجلس إدارة الهيئة وأعضاء المجلس الكرام واصلت الهيئة أعمالها في أبحاث علوم الأرض والمسح الجيولوجي، للكشف عن الثروات الطبيعية الى جانب رصد ومراقبة الأنشطة الجيولوجية، لحماية المجتمع وتمكين المملكة من الاستغلال الأمثل لهذه الموارد، بتوفير معلومات موثوقة وعالية الدقة، كما واصلت الهيئة أعمال المسح عن المعادن حيث بلغ معدل الانفاق على الاستكشاف 229 ريال للكيلومتر المربع بزيادة قدرها 66 ريال خلال عام واحد وأتاحت المعلومات المتوفرة عن المعادن سهولة الوصول للمستثمرين بكل يسر وسهولة، مما ساهم في نمو قطاع التعدين الذي شهد نقلة نوعية وتحقيق إنجازا وتقدما» الأسرع نموا في الاستثمارات حول العالم «كما واصلت الهيئة جهودها وتمحورت أولوياتها خلال الفتره الماضيه لتحقيق الآتي:

* تمكين فرق العمل

من خلال بناء المعرفة والقدرات، وذلك بمنحهم المساحه الكافيه للنقاش لتنفيذ الأعمال وتبادل المعرفه مع الخبراء المحليين والعالميين والانفتاح والتواصل مع العلماء لتبادل المعلومات والخبرات والمعارف

* معرفة جيولوجية أرضنا

وذلك بجمع ومعالجة وتفسير ما لدينا من معلومات تاريخيه وربطها بالمعلومات المكتسبه الحديثه.

* تحويل مالدتها من معلومات

عن طريق تطوير جميع معلوماتنا الجيولوجيه وطرق تخزينها، بالإضافة الى أتمتة مالدتها من معلومات، لضمان وصولها للمستثمرين والباحثين والمستفيدين، بكل يسر وسهولة مواكبة لمتطلبات العصر في الحصول على المعلومة

* توفير المشورة الموثوقه

من خلال الدراسات والأبحاث وتحليل المعطيات بأعلى درجات الموثوقية لصناع القرار من الجهات العامه والخاصه.

امتداداً لما سبق يأتي هذا العدد من مجلة «أرضنا - الجيولوجيا والتعدين» ليواكب حراك النمو والتطور الذي تشهده علوم الأرض في المملكة ويوثق هذه الإنجازات ويضعها بين أيديكم كإحدى إصدارات الهيئة العلمية، نشكر جميع الجهات الحكومية والخاصة التي شاركت محتوى هذا العدد المميز وتطلع للمزيد من هذه الشراكات المثرية



م. أحمد فقية
سعادة وكيل الوزارة للإشراف
على العمليات التعدينية

دور الإشراف على العمليات التعدينية

قطاع الثروة المعدنية يسير بخطى متسارعة نحو رفع مساهمته في الناتج المحلي الإجمالي للمملكة، وخلق فرص وظيفية للمواطنين وتطوير الصناعات التحويلية المتقدمة معززة بذلك القيمة المضافة للموارد المعدنية المحلية وقد شهد هذا العام إطلاق هيكل جديد مرنا يتماشى مع الأولويات الحديثة لتحقيق مستهدفات القطاع، يمكن الجهات المعنية من

تعتبر المملكة العربية السعودية من أهم الدول التي تحظى أراضيها بموارد طبيعية هائلة، مما يمكن قطاع الثروة المعدنية من المساهمة الفاعلة في نمو الإيرادات الغير نفطية، ليكون ركيزة اقتصادية أساسية للصناعة ضمن مستهدفات رؤية المملكة 2030 لتنويع الاقتصاد الوطني تبذل وزارة الصناعة والثروة المعدنية جهوداً حثيثة لتحقيق تطلعات القيادة الرشيدة، فها نحن نشاهد

التحليلات والمشورة اللازمة لمسؤولي القطاع وتفعيل عملية صناعة القرار الأكثر كفاءة، متضمناً وكالة مختصة بالإشراف على العمليات التعدينية، تعمل على توفير الضوابط التنظيمية لإجراءات التراخيص التعدينية والتأكد من امتثال المستثمرين بتلك الضوابط وتطوير التعدين بشكل مستدام، مع معالجة القضايا المجتمعية بشكل كلي، وبغية الالتزام بالاستدامة التعدينية، ورفع مستوى الشفافية مع المستثمر وتعزيز الثقة في قطاع التعدين وتطوير عمليات رحلة المستثمر وتحسين الاجراءات الكفيلة بذلك

وتشهد الاستثمارات التعدينية تطوراً يظهر جلياً من خلال دعم مشاريع المعادن الفلزية واللافلزية، لاستكشاف الموارد المعدنية التي تقدر بأكثر من 9 تريليون ريال سعودي، واستغلال مختلف أنواع الخامات المعدنية، حيث بلغ عدد الرخص التعدينية أكثر من 2300 رخصة، مما أدى إلى ارتفاع المساهمة الاقتصادية للتعدين والصناعات التعدينية بشكل ملحوظ خلال السنوات القليلة الماضية، وكذلك تضاعف معدل الانفاق على الاستكشاف من 80 ريال خلال عام 2018 ليصل إلى 180 ريال بنهاية عام 2023م

وحققت الوزارة أعلى إيراد للقطاع في تاريخه في عام 2023م بما يقارب 1,8 مليار ريال، وقد تحقق ذلك بسبب حوكمة وتطوير الاجراءات والآليات وأعمال الرقمنة التي تم تطبيقها لرفع مستوى الامتثال المالي في الأنشطة التعدينية، وعلى مستوى الامتثال الرقابي بلغت الجولات

التفتيشية أكثر من 2300 جولة لمختلف مناطق المملكة بهدف رفع مستوى الالتزام من قبل المرخصين

ومن الإنجازات التي تحققت خلال هذا العام ولله الحمد، تدشين برنامج علوم وهندسة التعدين في جامعة الملك فهد للبترول والمعادن لتعزيز القدرات البشرية في القطاع

وكل هذه الإنجازات تحققت بفضل من الله ودعم القيادة الرشيدة وتوجيهات معالي وزير الصناعة والثروة المعدنية الأستاذ/ بندر بن إبراهيم الخريف ومعالي نائب الوزير لشؤون التعدين المهندس/ خالد بن صالح المديفر، التي اثمرت عن ترسيخ مكانة المملكة كمركز عالمي للمعادن وستشهد المرحلة القادمة العديد من التطورات مثل: التركيز على المعادن المهمة والاستراتيجية، التوسع خارج المملكة والاستثمار على مستوى العالم، تشجيع الاكتشافات الكبرى في المملكة من خلال الاستكشاف، تمكين الاستراتيجية الصناعية في المملكة، تعزيز سياسات الحوكمة البيئية والاجتماعية والمؤسسية وزيادة الامتثال في القطاع

ختاماً أتوجه بالشكر الجزيل لسعادة رئيس هيئة المساحة الجيولوجية السعودية المهندس/ عبدالله الشمراني وكافة العاملين على هذا الإصدار المتميز من مجلة أرضنا الذي يبرز دور الهيئة في تطوير قطاع التعدين كونها ركيزة أساسية وداعمة لقطاع التعدين



أ. د أحمد بن عبدالله الدغيري
أستاذ البيئة والاستشعار عن بُعد بجامعة
القصيم والمستشار البيئي في قطاع صون
الطبيعة بمحمية الإمام تركي بن عبدالله
الملكية

بحار الرمال

في محمية الإمام تركي بن عبدالله الملكية

تتكون مورفولوجيا الكثبان الرملية في النفود الكبير من كثبان طولية وكثبان هلالية ونجمية حيث تسود الكثبان الطولية بشماله وشرقه بينما تسود الكثبان المستعرضة الهلالية الجزء الغربي والأوسط منه فيما ترتبط الأجزاء الشرقية بنفود المظهر بالقرب من شمالي تربة وبالدهناء في النطاق الرملي المحصور بين جيلة وقيصومة فيحان

”

تشغل البحار الرملية مساحة شاسعة من محمية الإمام تركي بن عبدالله الملكية، وهي تتمثل في تراكمات رملية ثابتة ومتحركة رمية واسعة، تتركز في شمالها الغربي، وكذلك في الهوامش الغربية حتى جنوبها، وهوامشها الشرقية حتى جنوبها، حيث تشغل مساحة تقدر بنحو (46019,83) كلم²، ومن أهمها النفود الكبير، حيث أول وأكبر حقل رملي في المحمية، ويحتل مساحة تبلغ 64630 كلم²، نصيب المحمية منها (37920) كلم²

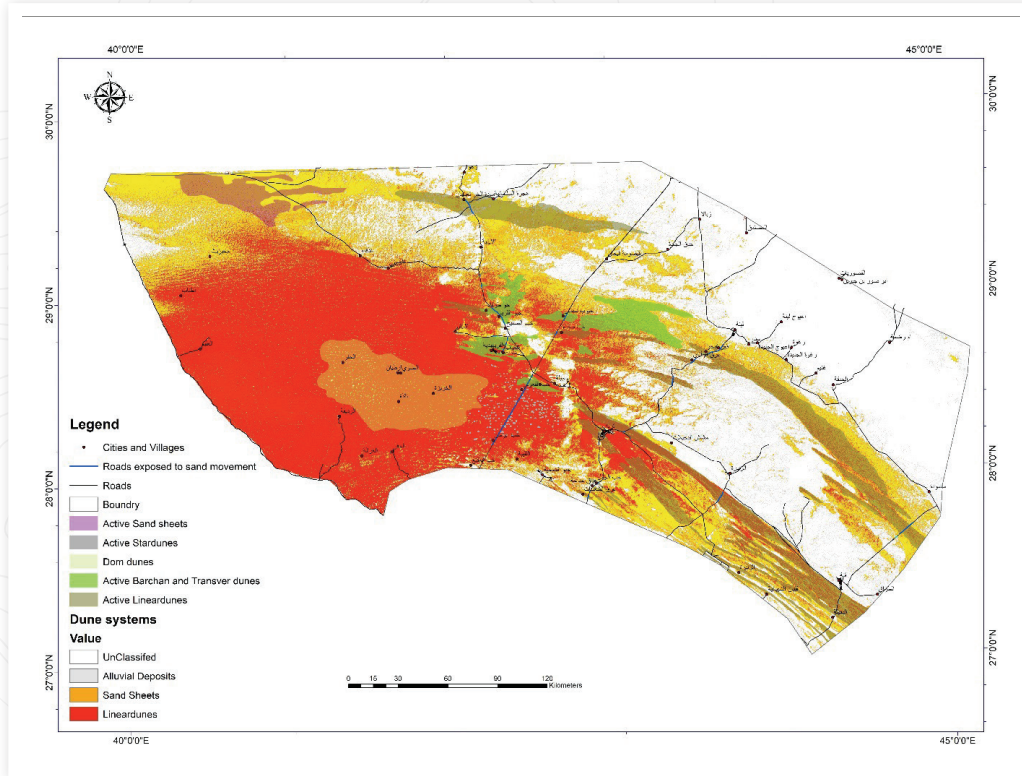
الكثبان الرملية

تتكوّن مورفولوجيا الكثبان الرملية في النفود الكبير من كثبان طولية، وكثبان هلالية، ونجمية، حيث تسود الكثبان الرملية الطولية في شماله وشرقه، بينما تسود الكثبان المستعرضة الهلالية في الجزأين الغربي والأوسط منه، فيما ترتبط الأجزاء الشرقية من النفود تدريجيًا بنفود المظهر بالقرب من شمالي تربة، وبالدهناء في النطاق الرملي المحصور بين جيلة وقيصومة فيحان. ويأخذ النفود الكبير شكلاً مستطيلاً يتجه شمال غرب- جنوب شرقي، وتختلف ألوان الكثبان الرملية في النفود الكبير تبعاً لتغاير التركيب المعدني، فالنمط اللوني العام لرمال النفود الكبير هو الأبيض الشاحب والأصفر الشاحب في مناطق القعور والخبوب والبحيرات القديمة، في حين تتصف الكثبان الرملية الطولية والهلالية والنجمية والقبابية بالألوان المتدرجة بين البرتقالية والحمراء الشاحبة، بالإضافة إلى الرمال الحمراء. وتظهر في

النفود أنماط مختلفة للكثبان الرملية المتحركة التي تعمل على النقل الريحي من النفود إلى الدهناء والمظهر ومن أهم المناطق التي تشهد حركة سفي ريحي وتؤثر على الطرقات: خور سند، وحب سحاء، وكذلك خبوب الحومة، والمنطقة المحصورة بين خب القعوس حتى خب برمان، والزممام الرملي بين خب الجري وخب السناف، بالإضافة إلى النطاق الرملي بين شعفة الزنيب حتى خب الحيانية، وكذلك خب الصفيح، ونطاق ما بين طعس الصفيح حتى جو طرفاء والكثبان الرملية مما يلي اللبه، وبغية استدامة بيئة الرمال في زمام طرقات النفود الكبير يقترح استزراعها بنحو (74899) شجيرة وشجرة، بمسافة (6)م بمسارات ثلاثية

البحار الرملية

ومن البحار الرملية الأخرى الدهناء، التي تحتل مساحة قدرها (40789) كلم²، نصيب المحمية منه (10779) كلم². وتمتد على شكل حزام يمتد لمسافة 1300 كم على شكل قوس كبير يمتد من النفود شمالاً حتى الربع الخالي جنوباً، ويأخذ الشكل المورفولوجي للكثبان الرملية في الدهناء الشكل الطولي، مع وجود كثبان نجمية في الشرق، تقع الدهناء في حزام شرقي ممتد من الجنوب للشمال من المحمية، ويشتهر نفود الدهناء بالعروق الرملية والتي من أشهرها عرق الدخول وعرق الهامل... وغيرها، والنمط العام



الأنظمة الريحية الإرسابية في زمام محمية الإمام تركي بن عبدالله الملكية، الخطوط الزرقاء تمثل طرقات عرضة للسفلي الريحي اليومي

قعر النحو بنفس امتداد طريق لينه تربة، وعرق أم أذان، وكذلك الزمام الرابط بين أم عشر قبه وطعوس تربة شمالي غربي تربة، وبغية استدامة بيئة الرمال في زمام طرقات الدهناء، يقترح استزراعها بنحو (18226) شجيرة وشجرة، بمسافة (6م)، بمسارات ثلاثية.

لرمال الدهناء متباين بين اللونين الأحمر والأحمر المصفر، حيث يلاحظ أن الرمال المحمرة تتركز في الجهة الجنوبية الغربية من صحراء الدهناء، وتتغاير درجة ألوانها إلى الأصفر كلما اتجهنا شمالاً. ومن المناطق التي يكون فيها السفلي الريحي نشطاً زمام الطرقات التي تكتنف الدهناء: نازية الطلوع على طريق لينه وتربة، وكذلك نطاق



(A) النفود الكبير طريق رفحاء بقعاء كئبان نجمية، (B) الكئبان الرملية المتحولة النجمية بين الحيائية وخب المقنع محمية الإمام تركي بن عبدالله الملكية

العصور الجيولوجية في المنطقة الشرقية.. "جبل الدوميات أو دومة العود أنموذجاً"

الهنوف خالد الزهراني
أخصائي مساعد تفتيش آثار- هيئة التراث
بالمنطقة الشرقية

دومة العود من أهم الاكتشافات التي مرت على المملكة حيث إنه يعتبر من أهم الدلائل على مكانة الجزيرة العربية وجغرافيتها منذ ملايين السنين حيث كانت معبراً هاماً وموطن طبيعياً لأقدم وأهم المخلوقات الحية المنقرضة

”



يحمل الخليج العربي ذلك العبء الجيولوجي القديم منذ ملايين السنين، حيث كانت الجزيرة العربية جزءاً من القارة الإفريقية قبل ما يقارب 35 مليون سنة، وبفعل العوامل الجيولوجية وتحركات الصفائح الأرضية، حصل انكسار وتشققات في القشرة الأرضية أدت إلى الانفصال عن قارة إفريقيا، ونتيجة لهذه التغيرات الجيولوجية تدفقت مياه المحيط الهندي إلى الخليج العربي عبر بحر العرب، وبسبب العصور الجليدية في العصر الرباعي آنذاك، انخفض مستوى البحار في العالم بشكل عام عن مستوى سطح البحر الحالي، فجف الخليج العربي وشقت الأنهار القديمة الطريق إلى ثانيا تلك الأرض

اهتمام كبير

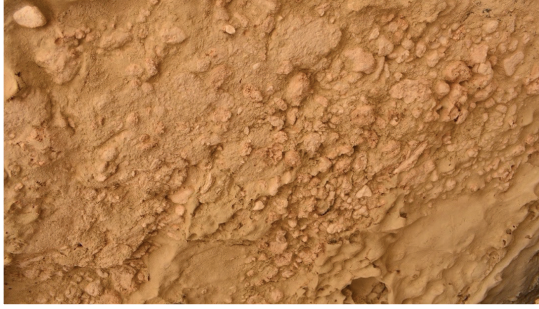
وبدأ عهد الهولوسين، حيث تقلص حجم القطب الشمالي، وارتفع منسوب مياه البحر، ودخلت مياه المحيط الهندي إلى الخليج العربي، مما أدى إلى تشكل الخليج العربي وأخذ شكلها العام في الألف الرابع قبل الميلاد. وأصبح الخليج العربي، وتحديداً المنطقة الشرقية، ذات بيئة خصبة وأرض مياه عذبة ساعدت في وجود فقاريات متنوعة لا تكون متواجدة لدينا في الوقت الحالي لتغير المناخ والجيولوجيا الآن وقد لاقت المنطقة الشرقية، وتحديداً محافظة النعيرية، الاهتمام الكبير من الجيولوجيين والمهتمين بالآثار الحيوانية، حيث مر على

محافظة النعيرية وما يجاورها العديد من البعثات الاستكشافية للكثير من مواقع الجيولوجيا الحيوانية والطبيعية المتعددة في محافظة النعيرية مثل بلدة الصرار والضبطية، حيث تمت كتابة عدد من التقارير من قبل المختصين تحكي عن وجود العديد من الأحافير الحيوانية المنتشرة بكامل المنطقة المذكورة. (انظر الخارطة رقم 1)

ومن أبرز هذه المواقع جبل الدوميات أو دومة العود، وهو أحد مواقع الأحافير الواقعة في المنطقة الشرقية في محافظة النعيرية في بلدة الصرار، وأحد المواقع المسجلة في سجل الآثار الوطني والمحمي بموجب نظام الآثار والمتاحف، ويعد موقع الدوميات أو دومة العود أحد المواقع الأثرية المميزة والفريدة من نوعها في المنطقة الشرقية من الناحية الأثرية، حيث يحتضن الأحافير التي تعود إلى فترات تقدر بـ 14 مليون سنة، وينسبها الآثاريون والمؤرخون إلى حيوانات قد انقرضت مثل حيوان الماستودون (حيوان منقرض شبيه بالفيل) والذي يؤرخ إلى فترة العصر الميوسيني الأوسط حسب العصور الجيولوجية

اكتشافات هامة

ويعتبر هذا الاكتشاف من أهم الاكتشافات التي مرت على المملكة العربية السعودية، حيث إنه يعتبر من أهم الدلائل على مكانة الجزيرة العربية وجغرافيتها منذ ملايين السنين، فقد



الشكل رقم 2



الشكل رقم 1



الشكل رقم 4



الشكل رقم 3

وحيوان الخنزير الصغير المعروف بـ Listridont Pig. كما تم العثور على بقايا من حيوان الزراف القديم ونوع من القرود الأفريقية القديمة، ويدل وجود هذه الحيوانات على أن المنطقة في فتراتها القديمة كانت بيئة استوائية ذات أشجار ونخيل، وتأخذنا هذه الأدلة إلى أم منطقة جبل الدوميات أو دومة العود كانت جسراً للعلاقات الطبيعية والجغرافية بين آسيا وأفريقيا.

والضبطية، فإن المنطقة كانت تحتوي قبل حوالي 14-17 مليون سنة على برك وواحات استوائية ساعدت في وجود هذه الحيوانات بفصائلها المتنوعة، حيث كانت المياه العذبة تساعد في إنشاء بيئة صالحة لهذه الفقاريات آنذاك. وعلاوة على عظام حيوان الماستودون، تم العثور على العديد من الفقاريات والثدييات المتنوعة مثل أحافير حيوانات الأبقار والتماسيح وفرس الماء



أ.د. محروس محمد أبوالعنين
مستشار فني – مبادرة البرنامج العام
للمسح الجيولوجي
هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

الحجر الإمبراطوري البورفيري.. أهمية ثقافية في صناعة العناصر المعمارية والفنية

حظي الحجر الإمبراطوري البورفيري باهتمام كبير عبر التاريخ وعلى الأخص خلال فترة الإمبراطورية الرومانية وأصبح رمزا للفخامة والقوة والمكانة عبر التاريخ الطويل لهذه الإمبراطورية وما بعدها حيث تم استخدامه لإنتاج العناصر المعمارية والأعمال الفنية المخصصة حصريًا للبلات الإمبراطوري الروماني

”

مقدمة

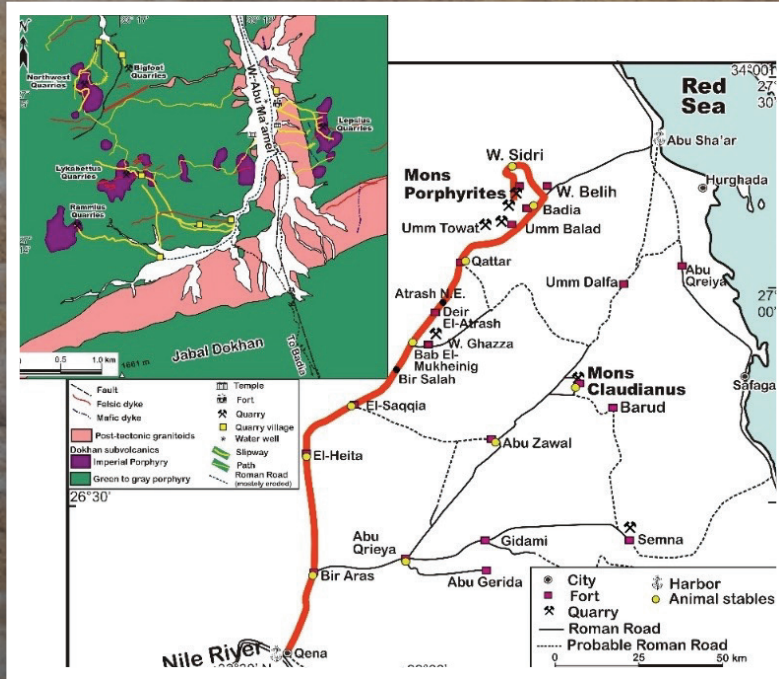
خلال التاريخ البشري، لم تحظ أي من الصخور بالأهمية الثقافية العالمية التي حظي بها الحجر الإمبراطوري البورفيرى "Imperial Porphyry". ويرجع ذلك إلى ندرته، حيث يستخرج من مصدر واحد فقط، وهو منطقة أطلق عليها الرومان اسم «مونس بورفيريتس» (شكل 1) بوادي أبو المعاميل، شمال غرب مدينة الغردقة بالصحراء الشرقية المصرية، وهو يتميز بخصائصه الفريدة من اللون القرمزي أو الأرجواني اللافت للنظر مع بلورات بيضاء صغيرة من البلاجيوكليز، إضافة إلى صلابته وكثافته العالية وحببياته الدقيقة (شكل 2a) وهو حجر تحت بركاني

اهتمام كبير

وعلى ضوء ذلك، حظي الحجر الإمبراطوري البورفيرى باهتمام كبير عبر التاريخ، وعلى الأخص خلال فترة الإمبراطورية الرومانية، وأصبح رمزا للفاخرة والقوة والمكانة عبر التاريخ الطويل لهذه الإمبراطورية وما بعدها، وقد تم استخدام هذا الحجر لإنتاج العناصر المعمارية والأعمال الفنية، المخصصة حصريًا للباط الإمبراطوري الروماني من قبل الأباطرة الرومان، كما استخدمه الملوك البيزنطيون والباباوات الكاثوليك للاحتفال بوضعهم وتأكيد قوتهم.

وفي العصور الوسطى، كان الحجر الإمبراطوري البورفيرى يعني الإمبراطورية الرومانية، وتحديدًا القوة للقيصرة الذين يمكنهم الوصول عبر المحيطات وتحقيق مآثر مستحيلة. وفي أي مكان ظهر فيه الحجر الإمبراطوري البورفيرى، كان من الآثار الرومانية، ويمكن لأي شخص يمتلكه المطالبة بجزء من الإمبراطورية الرومانية، لذلك كان على كل فرد نبيل أو نحات أراد هذا الرمز للقوة الرومانية أن يحصل عليه من المصدر.

ومن الجدير بالذكر أن مصطلح البورفيرى مأخوذ من الكلمة اليونانية القديمة πορφύρα (البورفيرا) التي تعني «الأرجواني» والتي أستخدمت لاحقًا كمصطلح للصخور تحت البركانية والبركانية ذات البلورات الكبيرة في أرضية دقيقة الحبيبات (النسيج البورفيرى). وبجانب النوع الأرجواني في منطقة مونس بورفيريتس، والذي يُعرف باسم الحجر البورفيرى الإمبراطوري، يوجد أيضًا النوع الأخضر والنوع الرمادي القاتم (شكل 2b). وقد كان الحجر البورفيرى الإمبراطوري هو التعبير الأسمى عن الإمبراطورية الرومانية، وكان يمثل الرداء الأرجواني الجسدي الذي كان يرتديه الأباطرة الرومانيون لإظهار مكانتهم. وقد استخدم هذا الحجر في كافة العناصر المعمارية والأعمال الفنية العالية الخاصة بالأباطرة الرومان والبيزنطيين، كما تم تلبيط الديكورات الداخلية لبعض غرف القصر بالحجر الإمبراطوري البورفيرى



شكل (١) خريطة توضح توزيع المحاجر الرومانية في الصحراء الشرقية المصرية وارتباط المحاجر بطريق البورفيريتس وميناء كابيني القديم على النيل «قنا حالياً» وميناء أبو شعر على البحر الأحمر. الخريطة الجيولوجية تمثل توزيع الحجر الإمبراطوري البورفيريتس بوادي أبو المعامل بالصحراء الشرقية المصرية

أو ودية اللون والصلابة التي ترمز إلى قوة الإمبراطورية الرومانية. وقد أحضرت عينات إلى الإمبراطور تيبيريوس في روما، الذي أمر حينما رأى أن هذا الحجر ذا اللون الملكي قوي بما يكفي للبناء والنحت، أصدر مرسومًا بأن يكون لاستخدام العائلة الإمبراطورية فقط. وأنشأ تيبيريوس بسرعة مقلعًا في مونس

اكتشاف الحجر الإمبراطوري البورفيريتس وتاريخ استغلاله في العام 18 بعد الميلاد، إبان الحكم الروماني لمصر، اكتشف أحد أفراد الفيلق الروماني نوعاً من الحجر بالصحراء الشرقية المصرية لم يسبق له مثيل، حيث امتاز باللون الأرجواني أو القرمزي الداكن، مع وفرة من البلورات البيضاء

” ما جعل الحجر الإمبراطوري البورفيرى فريدا من نوعه وقيمنا في قيمته هو ندرته، حيث لا يتواجد إلا في مكان واحد فقط على الأرض، على قمة الجبل بارتفاع يصل إلى 1438 مترا وانحدارات شديدة في المنطقة المشار لها سلفا بالصحراء الشرقية التي يطلق عليها حاليا جبل الدخان

البيزنطية السيطرة على مصر أمام الفتح الإسلامي، وفقد العالم الروماني السيطرة على مقلع الحجر الإمبراطوري البورفيرى بمونس بورفيريتس، وعلى أثره لم يكن للحضارة الرومانية أي وسيلة للحصول على هذا الحجر فأصبح أكثر قيمة. وقد تم استخدام المخزون المتبقي فقط للقصور والمقابر الملكية. ولم يتم إجراء أي أعمال عامة جديدة واسعة النطاق من الحجر الإمبراطوري البورفيرى، على الرغم من أن بعض المباني تضمنت أحجارا إمبراطورية بورفيرية مُعاد صياغتها من مشاريع إمبراطورية سابقة

قسطنطين الحادي عشر، آخر الأباطرة البيزنطيين، لم يُتوج في القسطنطينية، ولكن في مدينة ميستراس الإقليمية، التي كان بها بلاطة واحدة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى مثبتة على الأرض. وقيل إن الإمبراطور الجديد وقف على تلك البلاطة ليؤدى اليمين في عام 1449م، ليواصل وينهي التقليد الذي كان جزءا من الإمبراطورية لأكثر من 1400 عام. وفي القرون اللاحقة، ظل الحجر الإمبراطوري البورفيرى هو الرمز الأسمى للقوة الإمبراطورية. كان لدى العديد من ملوك

بورفيريتس، وبدأ في استخدام الحجر لتزيين القصور الإمبراطورية والمباني الأخرى، ثم واصل الأباطرة اللاحقون هذا التقليد، وتم استخدام الحجر الإمبراطوري البورفيرى في الألواح، وبلاط الأرضيات، والتمائيل، والتوابيت، وأعمدة المباني الرسمية في جميع أنحاء الإمبراطورية الرومانية وكافة الأعمال الفنية الرفيعة.

وربما كان الأمر الأكثر أهمية هو الدائرة الكبيرة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى في وسط أرضية الباشيون في روما، ووقوف الأباطرة الجدد في هذه الدائرة الرمزية، ليتم تتويجهم على مدار 300 عام. وقد ساعد هذا الاستخدام للحجر الإمبراطوري البورفيرى لنقل الملكية في جعله حقًا أكثر أهمية وقوة للإمبراطورية الرومانية من الذهب.

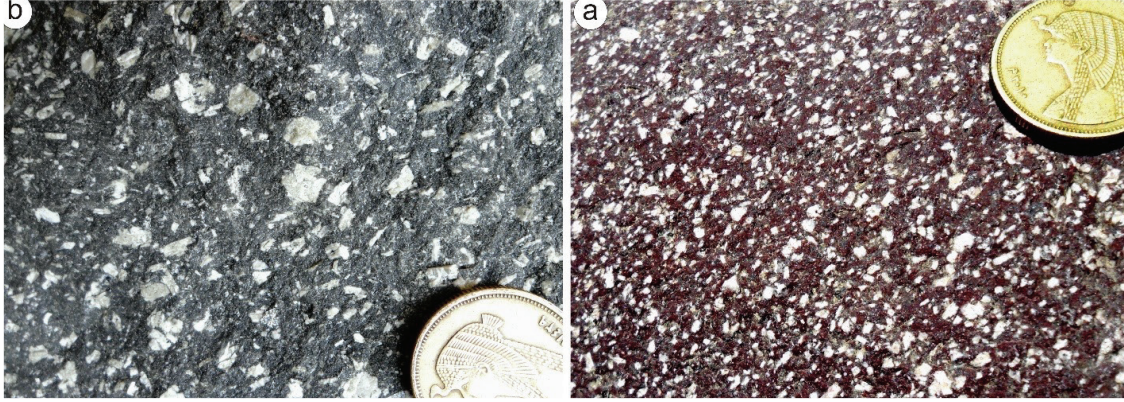
ولعل جعل الحجر الإمبراطوري البورفيرى فريدا من نوعه وقيمنا في قيمته هو ندرته، حيث لا يتواجد إلا في مكان واحد فقط على الأرض، على قمة الجبل بارتفاع يصل إلى 1438 مترا وانحدارات شديدة في المنطقة المشار لها سلفا بالصحراء الشرقية التي يطلق عليها حاليا جبل الدخان. وكذلك امتياز هذا الحجر باللون الأرجواني أو القرمزي الذي يظهر بمظهر جذاب عند نحتة ومقله بجانب صلابته. وقد تم استخدام الحجر البورفيرى الرمادي الغامق (شكل 2b) والأخضر لعمل أعمدة من نفس المنطقة أيضا في عام 600 ميلادي، فقدت الإمبراطورية

1438 متراً وعلو يصل إلى 250-800 متر من قاع الوادي وانحدارات شديدة. وعلى الرغم من وعورة المنطقة، تم استخراج كتل كبيرة من الحجر الإمبراطوري البورفيري الخالي من التشققات التي يصل وزنها لعشرات الأطنان لعمل ونحت لوحات بورتريه لتزيين القصور الملكية والمعابد الرومانية ونحت الأعمدة والتوابيت والحمامات والطاسات العملاقة الرائعة وغيرها من روائع النحت الروماني. ولم يكن من الممكن الوصول إليها إلا عن طريق فرع دائري من الطريق بين كايني (قنا) على نهر النيل والحصن الروماني على ساحل البحر الأحمر (أبو شعر، شكل 1) مونس بورفيريتس (اليوم جبل الدخان) هو الموقع الجبلي لمجموعة من المحاجر القديمة في جبال البحر الأحمر بالصحراء الشرقية في مصر، والذي تم منه إنتاج الحجر الإمبراطوري البورفيري الأرجواني أو القرمزي الذي اشتهرت به بجانب الحجر البورفيري الرمادي القاتم. وفي ظل الإمبراطورية الرومانية، كانت هذه المنطقة المصدر الوحيد المعروف للنوع الأرجواني «الإمبراطوري» من الحجر البورفيري الذي تم استغلاله بين القرنين الأول والخامس الميلادي. وقد انتشرت المحاجر الفعلية على مساحة 9 كيلومترات مربعة، وكانت هناك خمس قرى متفرقة للعمال ومجمع مركزي في وادي أبو المعاميل على ارتفاع 630 متراً فوق

الإمبراطورية الرومانية المقدسة، بما في ذلك فريدريك الثاني وهنري الرابع وويليام الأول، مقابر من الحجر الإمبراطوري البورفيري، استمراراً للعادات الإمبراطورية التي بدأها نيرون لأول مرة في عام 63 م

وبعد قرون، أراد نابليون بوناپرت أن يُدفن في قبر إمبراطوري من الحجر الإمبراطوري البورفيري، كرمز على أنه الوريث الشرعي للأباطرة الرومان. لذا طلب من المسؤولين البحث عن المحجر الإمبراطوري المفقود منذ فترة طويلة أثناء رحلته إلى مصر، لكنه لم يتمكن من العثور على المصدر القديم. وبدلاً من ذلك، تم دفنه في تابوت حجري مصنوع من الحجر البورفيري الأحمر الأكثر شيوعاً. وقد تم اكتشاف المحجر القديم في مونس بورفيريتس من قبل السير جون ويلكنسون، الرئيس السابق للجمعية الجغرافية الملكية في عام 1823، بعد عامين فقط من وفاة نابليون. والموقع الآن أحد مواقع التراث العالمي

تواجد الحجر الإمبراطوري البورفيري كما ذكر سلفا بأن الحجر الإمبراطوري البورفيري لا يتواجد إلا في مكان واحد على الأرض، في الصحراء الشرقية لمصر، شماك غرب مدينة الغردقة. وتمتاز هذه المنطقة بوعورتها وقسوتها، حيث تتواجد هذه الصخور على قمة الجبل على جانبي وادي أبو المعاميل بمنطقة جبل الدخان (شكل 1)، على ارتفاع يصل إلى



شكل (2) عينات يدوية a. للحجر الإمبراطوري البورفيرى و b. النوع الرمادى الغامق بمنطقة أبو المعامل بالصحراء الشرقية، مصر.

استخراج ونقل كتل الحجر الإمبراطوري البورفيرى خلال فترة العمل بمنطقة مونس بورفيريتس، تم العمل على استخراج الكتل العملاقة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى، وخاصة أن نمط الفواصل واسع المسافة، مما سمح بإنتاج كتل كبيرة خالية من الفواصل ومناسبة لتصنيع الأعمال الفنية المتجانسة كبيرة الحجم. وتمت معالجة المواد القيمة المستخرجة كأحجار زخرفية، وتم استخدامها في الأعمال الفنية المخصصة حصرياً لبلاط الإمبراطورية الرومانية. وشيدت لهذا الغرض طرق ودروب ممهدة، لكنها شديدة الانحدار لنقل الكتل الحجرية من قمم الجبال وحتى الوديان إلى ميناء كايني القديم (حالياً قنا) على النيل ومن ثم نقلها لروما والإمبراطورية الرومانية عن طريق

مستوى سطح البحر. أما أعلى المحاجر فكانت في رامبوس على ارتفاع 1438 مترًا (شكل 1). وفي المنطقة المشار إليها تم العمل على استخراج الكتل العملاقة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى منذ بداية القرن الأول حتى منتصف القرن الخامس الميلادي عبر خمسة محاجر، أربعة منها للحجر الإمبراطوري البورفيرى الأرجواني وواحد للنوع البورفيرى الأسود. وتعتبر المحاجر الرومانية، الواقعة في التلال على جانبي وادي أبو معامل (الشكل 1، 3a)، المصدر القديم الوحيد للحجر الإمبراطوري البورفيرى. وتشمل هذه المحاجر محاجر لابيسيوس، منطقة محاجر ليكابيتوس، محاجر الشمال الشرقي (بيج فورد) ومحاجر رامبوس (شكل 1) التي يصعب الوصول لها لانحدار الطريق المؤدى إليها.

وبعد استخراج الكتل العملاقة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى، يتم سحب هذه الكتل على عربات خشبية تجرها الدواب عبر الصحراء إلى ميناء كايني على نهر النيل عند قنا، ومن ثم يتم شحنها عبر البحر المتوسط إلى روما، ونقلها إلى مختلف أنحاء الإمبراطورية الرومانية. وكانت وسائل النقل البري هي الحمّالون، والدواب للجبر والحمل. وقد تم هذا عبر طرق ممهدة واستراحات متباعدة بمسيرة يوم واحد على الطرق، ومن هذه المحطات في وادي أم سدرى في مكان به أحواض وأماكن للمبيت. واستمر العمل في هذه المنطقة وعلى إثرها تم نقل العديد من كتل الحجر الإمبراطوري البورفيرى الأرجوانى وكذلك النوع البورفيرى الأسود إلى مختلف البلدان بالإمبراطورية الرومانية

العناصر المعمارية والفنية

تمت معالجة الحجر الإمبراطوري البورفيرى الأرجوانى والحجر البورفيرى الأسود المستخرج من مونس بورفيريتس لأغراض عديدة كحجر زخرفى واستخدامه كقطع فنية، وكان مخصصاً حصرياً لبلاط الإمبراطوريتين الرومانية والبيزنطية لإنتاج الأعمدة والتوابيت وأحواض الاستحمام الاحتفالية والأوعية والركائز والمقاعد والتماثيل والمزهريات وأحواض النوافير والمذابح بأحجام مختلفة منحوتة ببنية عالية يستحضر بها اللون الأرجوانى الملكى، بالإضافة إلى بلاطات الجدران

” يتميز الحجر الإمبراطوري البورفيرى بخصائصه الفريدة من اللون القرمزى أو الأرجوانى اللافت للنظر مع بلورات بيضاء صغيرة من البلاجيوكليس إضافة إلى صلابته وكثافته العالية وحبيباته الدقيقة وهو حجر تحت بركانى

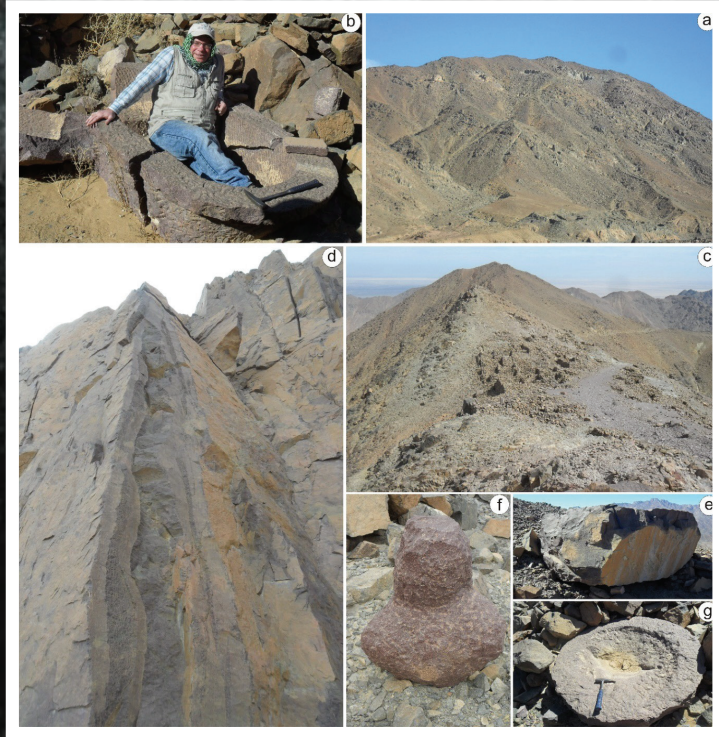
البورفيريتس (شكل 1). وفي وقت لاحق، تمت فقط إعادة استخدام الغنائم العتيقة ذات الحجم الأصغر أو الأكبر لهذه الأغراض. ومن أجل تلبية الطلب، استغل الرومان المحاجر على نطاق واسع، ووظفوا آلاف العمال. كما كان عليهم نقلها بالسفن من مصر إلى مناطق أخرى. علاوة على ذلك، استخدموا أدوات متخصصة بما في ذلك الفولاذ الصلب، الرومانى على الأرجح، لقطع الحجر

ويتم نقل الكتل الحجرية المستخرجة على المنحدرات إلى الوادي بالأسفل، وكان المجمع المركزى يضم مستوطنة عمالية وحصناً ومعابد، سارابيس وإيزيس وحملاً به محرقة ومقبرة، وهناك أدلة على الحدادة في منطقة العمال. وكان المجمع المركزى يحتوى على بئرين وصهريج كبير لتخزين المياه في الحصن. وتمتاز منطقته وادي أبو المعاميل بتواجد آثار رومانية متمثلة في حصن مدمر، ثلاث قرى هامة على مشارف المحاجر كمأوى للعمال، معبدتين مهجورة وأضرحة، أكواخ متناثرة، آبار جافة، أعمدة مكسرة للمعابد، حمام متصدع، إضافة إلى العديد من بقايا الأعمدة والتماثيل غير المكتملة (شكل 3)

الآن أرضيات الحجر البورفيرى الإمبراطورى بأحجام مختلفة لتحسين الأسطح، كما تمتلئ روما وخامة الفاتيكان بالحجر الإمبراطورى البورفيرى. كما تحتوي المتاحف والكنائس والمبانيات في مدينة الفاتيكان على المزيد من الحجر البورفيرى الإمبراطورى كُنحت وديكور أكثر من أي مكان آخر. وتكمن الأهمية الثقافية للحجر الإمبراطورى البورفيرى في عدد من العناصر المعمارية والأعمال الفنية المصنوعة منه والتي تم دمجها في المباني القديمة أو المعروضة في متاحف مختلفة، منها على سبيل المثال لا الحصر:

1- عمود قسطنطين في إسطنبول:

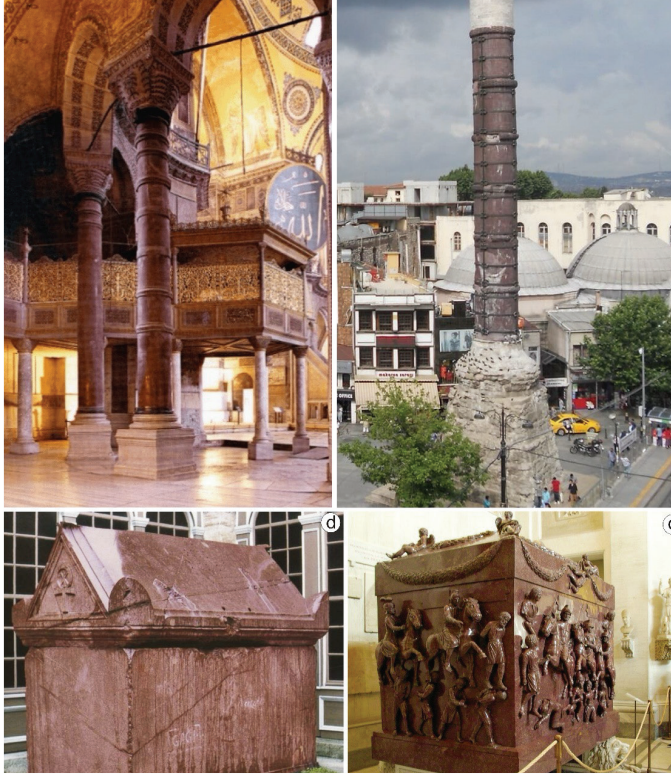
عندما أنشأ الإمبراطور قسطنطين القسطنطينية (إسطنبول الآن) كعاصمة رومانية جديدة في عام 330 بعد الميلاد، أقام عمودًا بطول 35 مترًا مصنوعًا من تسع قطع أسطوانية ضخمة منها ست قطع من الحجر البورفيرى الإمبراطورى، يبلغ قطر كل واحد منها 2,90 م وارتفاع 3,20 م،



شكل 3: آثار محاجر رومانية بمنطقة مونس بورفوريثس، بالصحراء الشرقية، مصر. a. محاجر ليبسيوس مع ملاحظة الحصن المدمر في الجزء الأسفل من الصورة. b. حوض استحمام أو تابوت متصدع. c. أطلال مساكن العمال. d. أثر استخراج عمود. e. كتلة من الحجر الإمبراطورى البورفيرى. f. تمثال نصفي غير مكتمل g. وعاء غير مكتمل

والأرضيات للقصور والمعابد.

وفي القرون التالية من عصر النهضة، تمت إعادة استخدام الغنائم العتيقة من الحجر الإمبراطورى البورفيرى ذات الحجم الأصغر أو الأكبر مثل أعمدة الحجر الإمبراطورى البورفيرى في كنائس العصور الوسطى في إيطاليا وألمانيا. وتُستخدم



شكل 4 a. عمود قسطنطين في إسطنبول، b. أعمدة الحجر البورفيري الإمبراطوري في مسجد آيا صوفيا، إسطنبول، c. تابوت سانت هيلينا بإسطنبول، d. تابوت من الحجر الإمبراطوري الروماني، أمام المتحف الأثري في إسطنبول.

البورفيري لتبليط الديكورات الداخلية لبعض غرف قصر القسطنطينية الكبير، بما في ذلك غرفة الولادة الرسمية «البورفيرا» التي ولدت فيها الإمبراطورات الحوامل. وهذه الغرفة مبنية على شكل مربع كامل من الأرض إلى السقف

ووزن يصل إلى 45 طناً، مع تمثال لنفسه في الأعلى فوق أساس مصنوع من الرخام ومغطى لاحقاً بالحجر الجيري المحلي. وقد تم تدمير التمثال بمرور الوقت، لكن العمود نفسه لا يزال قائماً (شكل 4a).

2- أعمدة الحجر البورفيري بمسجد آيا صوفيا: يحتوي مسجد آيا صوفيا «الكاتدرائية البطريركية سابقا التي بناها الإمبراطور جستنيان» على ثمانية أعمدة من الحجر البورفيري الإمبراطوري تدعم محاريب آيا صوفيا، اثنان منها متجانسان، بينما تم تجميع الآخرين مما يصل إلى ستة أجزاء (شكل 4b) وهي تشهد على الحرفية الرومانية العالية. وفي الأرضية الفسيفسائية لساحة التتويج داخل مسجد آيا صوفيا، تم وضع أربع لوحات دائرية كبيرة من الحجر الإمبراطوري البورفيري.

3- غرفة البورفيرا للولادات الإمبراطورية: استخدم الأباطرة البيزنطيون الحجر الإمبراطوري

”أخذ مصطلح البورفيرى من الكلمة اليونانية القديمة (البورفيرا) التي تعني «الأرجواني» وقد أستخدمت لاحقاً كمصطلح للصخور تحت البركانية والبركانية ذات البلورات الكبيرة في أرضية دقيقة الحبيبات (النسيج البورفيرى)

البورفيرى كان يستخدم كتابوت له، وكذلك تابوت «داغوبيرت»، الموجود الآن في متحف اللوفر، وتابوت فريدريك الثاني في كاتدرائية باليرمو، وتوابيت أخرى عديدة. وفي العصر الحديث، تم دفن رفات الملك أمبرتو الأول (1844-1900 م) في تابوت الحجر الإمبراطوري البورفيرى، الموجود في البانثيون. أيضاً تم صنع توابيت متقنة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى في عصر ما بعد الرومان لأعضاء الأسرة الملكية في صقلية، مثل الملك النورماندى روجر الثاني (1130-1154 م)، وابنته الملكة كونستانس (1194-1198 م)، وزوجته. وتم وضع تابوت فريدريك الثاني (1194-1250 م) الذي يتركز على ستة أعمدة متجانسة مصنوعة أيضاً من الحجر الإمبراطوري البورفيرى في كاتدرائية سانتا ماريا أسونتا، باليرمو، صقلية. وفى رافينا، إيطاليا، تم دفن الحكام في توابيت من الحجر الإمبراطوري البورفيرى، ومن الأمثلة البارزة على ذلك تابوت ثيودوريك الكبير، ملك القوط الغربيين (471-526 م)، ويقع في ضريح ثيودوريك الذي تم بناؤه بناءً على تعليماته الخاصة عام 520 م لتأكيد مطالبته بالكرامة الملكية. ويعرض التابوت هيكلاً متطوراً

تنتهي بهرم في أعلاها. وتم منح الأمراء الشباب لقب «بورفيريجينيوس»، للإشارة إلى أنهم ورثة إمبراطوريون شرعيون، ولدوا ونشأوا في غرف من الحجر الإمبراطوري البورفيرى، مما أدى إلى ظهور عبارة «ولد باللون الأرجواني». 4- التوابيت الإمبراطورية: حرص الأباطرة الرومانيون ومن خلفهم البيزنطيون على الاختيار المرموق الفريد للحجر الإمبراطوري البورفيرى كمادة للتوابيت الإمبراطورية بدءاً من الإمبراطور نيرون (54-68 م)، وكانت هذه التوابيت مخصصة حصرياً لدفن أفراد العائلات الإمبراطورية. ومن الأمثلة الجميلة، المزينة بشكل فاخر بالمنحوتات، التوابيت الخاصة بفلافيا يوليا هيلينا (250-330 م) (شكل 4c) وقسطنطينية (حوالي 320-354 م)، أم وابنة الإمبراطور قسطنطين الكبير، وكلاهما معروض في متحف الفاتيكان 5- وكانت تسعة توابيت أخرى من الحجر الإمبراطوري البورفيرى موجودة منذ فترة طويلة في كنيسة الرسل القديسين في القسطنطينية، معظمها لا يزال موجوداً بشكل كامل أو مجزأ، وتوجد أربعة توابيت إمبراطورية أمام المتحف الأثري في إسطنبول (شكل 4d). كما تمت محاكاة تقليد التوابيت الإمبراطورية من الحجر الإمبراطوري البورفيرى في أوروبا الغربية ما بعد الإمبراطورية الرومانية ومنها ضريح ثيودوريك الكبير (454-526 م) في رافينا الذي يحتوي على حوض من الحجر الإمبراطوري

الحجر الإمبراطوري البورفيرى التي تم دمجها في المباني القديمة أو المعروضة في متاحف مختلفة ومنها أعمدة الحجر الإمبراطوري البورفيرى في مداخل متاحف الفاتيكان التي تم تزيينها جزئياً بمنحوتات ثلاثية الأبعاد بالإضافة إلى تلك التي تحمل الدرع الرائع للمذبح العالي لكنيسة سانتا ماريا. 8- بورترية الأباطرة الأربعة، البندقية، إيطاليا: يُعرض تمثال لأربعة أباطرة رومانيين (شكل 5b)، وهي مجموعة منحوتة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى لأربعة أباطرة رومان يعود تاريخها إلى حوالي 300 ميلادي. تم تثبيت المجموعة النحتية على زاوية واجهة كاتدرائية القديس مرقس في مدينة البندقية بإيطاليا منذ العصور الوسطى.

ومن المحتمل أنها كانت جزءاً من زخارف فيلادلفيون في القسطنطينية، وتم نقلها إلى البندقية عام 1204 أو بعد



شكل 5 a. حوض قصر نيرون بمتحف الفاتيكان، b. تمثال بورترية الأباطرة الأربعة، البندقية، إيطاليا، c. حوض استحمام بمتحف اللوفر بباريس

جيداً، كما يوجد في كاتدرائية رافينا عمودان مصنوعان من الحجر الإمبراطوري البورفيرى 6- حوض قصر نيرون: من الأمثلة الواضحة على الحرفية الرومانية هو أكبر وعاء معروف حتى الآن في جميع أنحاء العالم، مصنوع من قطعة واحدة من الحجر البورفيرى الإمبراطوري، ويبلغ قطره 4,76 م ومحيطه 15 م (الشكل 5a). وهو في الأصل، كان يقع في قصر دوموس أوربا الضخم، الذي أقامه الإمبراطور نيرون بعد حريق روما الكبير (64 م)، ثم تم نقله لاحقاً إلى متحف الفاتيكان

7- أرضية سانت بيترز في الفاتيكان: يمكن العثور على لوحات كبيرة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى، والعديد منها على شكل دائري، في أرضيات الفسيفساء، كما هو الحال في المنتدى الروماني، والبانثيون، وكنايس سانتا ماريا في كوزميدين، وسانتا كليمنتي وكاتدرائية القديس بطرس. بجانب ذلك عدد من العناصر المعمارية والأعمال الفنية المصنوعة من



شكل 6: أعمال فنية من الحجر الإمبراطوري البورفيرى بمتحف اللوفر بباريس. a. تمثال أنثري لسيدة شابة ترتدي رداء احتفاليا، ارتفاعه 2,20 م، يرافقه عمودان، b. عمود بارتفاع 2,40 م، به تمثال نصفي للإمبراطور تراجان، القرن الثاني الميلادي، c. تمثال نصفي لأحد الأباطرة الرومان، d. تمثال نصفي بارتفاع 95 سم، يمثل الملك الإسكندر الأكبر، e. مزهنية وغطاء

أحد الأعمال البارزة للنحت الروماني في القرن الثاني الميلادي هو تمثال سيدة شابة ترتدي رداء احتفاليا، يُفترض أنها إمبراطورة رومانية (الشكل 6a). يعرض التمثال، المصنوع من الحجر البورفيرى الإمبراطوري المتجانس بشكل استثنائي مع الرخام الأبيض والذي يمثل أبعادًا متوازنة تمامًا وستائر مثالية لنسيج الفستان الرقيق. التمثال محبوب بعمودين متجانسين من الحجر الإمبراطوري البورفيرى، يظهر أحدهما بوضوح في الشكل (a6). يوجد أيضا عمودان متجانسان مع تماثيل نصفية للأباطرة الرومان ماركوس كوكيوس نيرفا (96-98 م) وماركوس أوليبوس تراجانوس (98-117 م) (الشكل 6b). أيضا التماثيل النصفية التي تمثل الإلهة الرومانية

ذلك بوقت قصير. علاوة على ذلك، فإن عدة أعمدة موضوعة في واجهة كنيسة القديس مرقس وكتلة كبيرة في مقدمتها، والتي تم منها إعلان القوانين الجديدة للإمبراطورية، مصنوعة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى 9- سبالاتو (سبليت)، كرواتيا: القصر والضريح في سبليت اللذان بُنیا في 295-305 م على يد الإمبراطور دقلديانوس وزوجته بريسكا، يشهدان على وجود أعمدة من الحجر البورفيرى الإمبراطوري المستمدة من منطقة مونس بورفيريتس 10- الأعمال الفنية والتماثيل بمتحف اللوفر بباريس: يتم عرض مجموعة ممتازة من الأعمال الفنية والحرفية البارزة المصنوعة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى في متحف اللوفر في باريس ومنها حوض مصقول بعناية مصنوع من الحجر الإمبراطوري البورفيرى ربما تم استخدامه كحوض استحمام (الشكل c5).

جيولوجية وتكون مخور الحجر الإمبراطوري البركاني

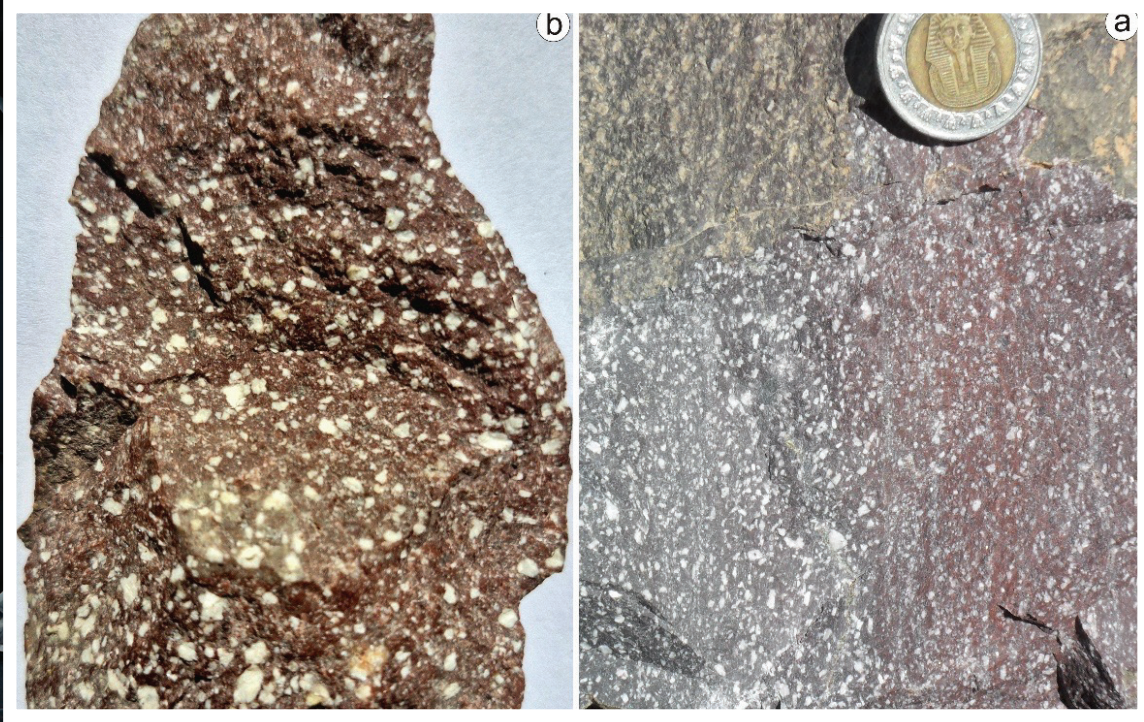
من الناحية الجيولوجية، أشارت الدراسة التي قام بها أبوالعنين وآخرون (2018) إلى تكون الحجر الإمبراطوري البورفيرى من الصخور الداسيت إلى التراكي-أنديسيت dacite to trachy-andesite تحت بركانية الضحلة، وتشكل عضوًا في مجموعة دخان البركانية. ويرجع اللون الأرجواني بشكل أساسي إلى رقائق الهيماتيت المتناثرة به، الناتجة عن التغير الحراري المائي للحجر ذي اللون الأخضر الداكن ذي التركيبة المماثلة، الموجود أسفل الحجر الإمبراطوري البورفيرى بمنطقة وادي أبو المعامل، حيث إن الاتصال بين كليهما غير منتظم وتدرجي (شكل 7a). سبب التغير الحراري المائي هو السوائل الحرمائية، التي يُفترض أنها تشكلت عن طريق تسخين المياه الأرضية بالحرارة الناتجة من حقن الجرانيتات المجاورة المعاصرة. هذا على الرغم من أن الاعتقاد السابق إلى إرجاء اللون الأرجواني إلى وجود معدن «piemontite» الوردى في الصخر، وهو نوع من مجموعة معادن الإبيدوت الحامل للمنجنيز (Basta et al. 1978; Klemm and Klemm 2001). يمتاز كلا النوعين من الصخور البورفيرية بمنطقة وادي أبو المعامل، بتكون البريشيا المتداخلة متكررة، مما يشير إلى تاريخ تداخلات معقد. وأسفرت دراسة تعيين الأعمار لكلا النوعين باستخدام معدن الزركون عن نطاق عمري يتراوح بين 609-600 مليون سنة (Abu El-Enen et al., 2018).

مينيرفا والملك الإسكندر الأكبر (الشكل 6c)، مزهريات منحوتة (الشكل 6e)، من مجموعة ملك الشمس لويس الرابع عشر، وطاولة صممها فيليب كافيري من نابولي ومنحوتة صنعها الفنان الروماني لويجي فالاديه

11- الغنائم الرومانية في مباني العصور الوسطى في ألمانيا: خلال فترة ما بعد الإمبراطورية الرومانية، لا يزال الحجر الإمبراطوري البورفيرى يحتفظ برتبته الاستثنائية. بعض من هذه الغنائم أعمدة الحجر الإمبراطوري البورفيرى التي تم نقلها بواسطة الملك الفرانكوني شارلمان (768-814) إلى مدينة آخن لبناء المثلث من الكاتدرائية. ولسوء الحظ، لم يبق أي من هذه الأعمدة أي بقايا. وعلى النقيض من آخن، فإن الغنائم الرومانية من الحجر البورفيرى الإمبراطوري، التي تم نقلها إلى ألمانيا في ستينيات القرن العشرين في عهد الملك أوتو الأول (936-973 م) لا تزال ماثلة في كاتدرائية ماغديبورغ. علاوة على ذلك، تم الحفاظ على ستة أعمدة أثرية، متجانسة في الغالب، في الجوقة العليا للكاتدرائية، أربعة منها مصنوعة من الحجر الإمبراطوري البورفيرى، في حين يتكون الخامس من الصخور البورفيرية ذات اللون الأخضر الداكن، المشتقة أيضًا من محاجر مؤنس بورفيريتس. تم نقل أعمدة إضافية من الحجر البورفيرى الإمبراطوري إلى أماكن قريبة من ماغديبورغ، ويفترض أنها في القرن الثاني عشر

تواجد الحجر الإمبراطوري البورفيرى بالدرع العربى
دعمت الزيارة الحقلية التي قام بها كاتب المقال عن تواجد شواهد لصخور مثيلة للحجر الإمبراطوري البورفيرى غرب منطقة وادي الفرع (شكل 7b) بإقليم الحجاز بالدرع العربى (مجموعة

البيرك) والذي يحتاج إلى مزيد من البحث. يدعم ذلك وجود معدن «piemontite» ذي اللون الأرجواني بهذه البركانيات (Schürmann, 1966)



شكل 7: a. الاتصال التدريجي بين نوعي البورفيرى بوادي أبو المعامل، b. صورة توضح عينة شبيه الحجر الإمبراطوري البورفيرى من غرب منطقة وادي الفرع بالدرع العربى (عرض الصورة 8 سم)



عبدالرحمن متعب الزهراني
المدير الأعلى لمركز دراسات وأبحاث زمزم
هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

الجيولوجيا..

ضمانة للمحافظة على استدامة ماء زمزم
ومصادره المغذية

” يعتبر علم الجيولوجيا بمختلف تخصصاته من أهم العلوم التي تستخدم وتطبق نظرياتها في دراسة وحماية ماء زمزم، والمصادر المغذية للمحافظة على استدامتها، من تلك التخصصات الدراسات الهيدروجيولوجية والجيولوجية والجيولوجية الهندسية والجيولوجية البيئية والجيوفيزيائية والجيوكيميائية، ولكل واحدة منها أهميتها في معرفة كمية مخزون المياه الجوفية لماء زمزم ونوعيته وتوازنه الهيدروجيولوجي وطرق مراقبته وحمايته وتغذيته

إمكانات بشرية وتقنية

عند تكليف هيئة المساحة الجيولوجية السعودية بالإشراف الكامل على استخراج مياه زمزم وتعقيمها وتحديد كمياتها ومراقبة مخزونها بموجب أمر سام كريم، أولت الهيئة جلّ اهتمامها، وسدّرت كافة إمكانياتها البشرية والتقنية وتخصصاتها الجيولوجية المختلفة لضمان المحافظة على استدامة ماء زمزم ومصادره المغذية، وقد أنشأت لذلك مركزاً خاصاً يتولى الدراسة والأبحاث التي من شأنها تلبية المهام الموكلة إلى الهيئة بخصوص ماء زمزم تحت مسمى مركز دراسات وأبحاث زمزم الذي يتكون من أفراد مؤهلين بمختلف التخصصات الجيولوجية لهم خبرات فنية، من أجل المحافظة على الاستدامة، إضافة إلى خبير فني يملك المعرفة والخبرة الطويلة في دراسة العلاقة بين المياه السطحية والمياه الجوفية في حوض وادي إبراهيم المصدر الرئيس المغذي لماء زمزم، والنمذجة الرياضية لحركة المياه الجوفية في الخزان الجوفي للحوض

وقد قام المركز منذ تأسيسه في العام 2003م بعمل الدراسات الاستقصائية التي على ضوئها تم تحديد المصادر المغذية وحدود الحوض الرئيس والخزان الجوفي المغذي لماء زمزم، ونتج عن ذلك تنفيذ برامج فنية تهدف إلى المحافظة على ضمان استدامة ماء زمزم ومصادره المغذية، منها:

قام المركز منذ تأسيسه بعمل الدراسات الاستقصائية التي على ضوئها تم تحديد المصادر المغذية وحدود الحوض الرئيس والخزان الجوفي المغذي لماء زمزم ونتج عن ذلك تنفيذ برامج فنية تهدف إلى المحافظة على ضمان استدامة ماء زمزم ومصادره المغذية

- برنامج مراقبة ماء زمزم ومحطات الفلترية والتعقيم بمكة المكرمة والمدينة المنورة
- برنامج مراقبة الكمية والنوعية لمياه الخزان الجوفي في حوض وادي إبراهيم
- برنامج مراقبة الأساسات العميقة وأعمال القطع الصخري بحوض وادي إبراهيم ومنطقة الحماية
- برنامج تحليل المعلومات المناخية والمطرية في حوض وادي إبراهيم وتحاليل المياه.

برنامج مراقبة ماء زمزم

يقوم البرنامج بتحديد قدرة إنتاجية بئر زمزم وعطائه الآمن لوضع الخطط وتحديد الكميات المناسبة التي يمكن ضخها من البئر عبر خطة متكاملة يتم إرسالها إلى الهيئة العامة للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي ومشروع الملك عبدالله بن عبدالعزيز لسقيا زمزم، كما يشرف البرنامج على خطة تنقية ماء زمزم من الشوائب لا قدر الله التي تجريها الجهات المنفذة لذلك مثل الهيئة العامة



في المخزون الجوفي للحوض ودراسة احتمالية تلوثه لا قدر الله، حيث يهدف البرنامج إلى رصد التغير في السحنات الهيدروكيميائية، وتحديد مصادر التلوث المحتملة للحد من تأثيراتها السلبية على الخزان الجوفي، وتعزيز السجل الخاص بمنسوب ونوعية المياه الجوفية وخصائصها الجيوكيميائية والفيزيائية والحيوية ضمن الخزان الجوفي بحوض وادي إبراهيم كذلك هناك برنامج المراقبة الهيدروجيولوجية الذي يعمل على متابعة وتقييم الوضع

للعناية بشؤون المسجد الحرام والمسجد النبوي في كل من مكة المكرمة والمدينة المنورة ومشروع الملك عبدالله بن عبدالعزيز لسقيا زمزم وكذلك شركة الزمازمة، ويتم التأكد من كفاءة التنقية من خلال جمع عينات ماء زمزم للتأكد من خلوها من الشوائب ويعد الحوض المائي لوادي إبراهيم المصدر الرئيسي المغذي لمياه زمزم، ولأجل استدامته تم تصميم وتنفيذ برنامج مراقبة الكمية والنوعية لمراقبة كمية وجودة المياه الجوفية



يمكن الاستفادة منها لإجراء البحوث المختلفة لضمان استدامة المصادر الغذائية أيضاً هناك برنامج مراقبة الأساسات العميقة وأعمال القطع الصخري ويسعى إلى وضع نطاق حماية ليشمل المنطقة المحيطة بحدود الحوض المائي لوادي إبراهيم بمسافة 1000 متر عن الحد (Buffer zone)، لضمان عدم التأثير على تغيير حدود الحوض المائي أو تغيير معالمه الجيومورفولوجية ويهدف هذا البرنامج لمتابعة ومراقبة الأعمال

”أولت الهيئة جل اهتمامها وسّدت كافة إمكانياتها البشرية والتقنية وتخصصاتها الجيولوجية المختلفة لضمان المحافظة على استدامة ماء زمزم ومصادره المغذية وأنشأت لذلك مركزاً خاصاً تحت مسمى مركز دراسات وأبحاث زمزم

الهيدروجيولوجي والهيدروكيميائي للمياه الجوفية للأودية المحيطة بوادي إبراهيم من حيث النوعية والكمية وإمكانية تأثيرها على حوض وادي إبراهيم، وتكوين قاعدة بيانات



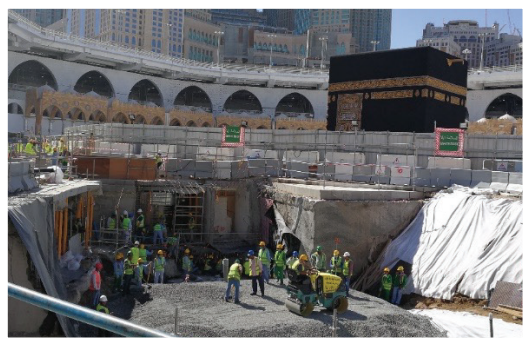
التي تقع ضمن الوادي، حيث إن مثل هذا النوع من المشاريع التي تتطلب أساسيات عميقة أو قطعاً مخرية قد يؤدي إلى إعاقة مسار المياه الجوفية، إضافة إلى التأثير على نوعيتها. لذلك تتم مراجعة التقارير الفنية التي تعد متطلباً رئيسياً لمركز دراسات وأبحاث زمزم لكل مشروع ينتج عنه تأسيس تحت منسوب المياه الجوفية لاعتماده أو الطلب من المقاول تعديل بعض الإجراءات، بما يحقق التوازن الهيدروجيولوجي.

” تسعى هيئة المساحة الجيولوجية السعودية بشكل مستمر إلى تحديث برامجها الفنية واستخدام أحدث الأجهزة لقياس البيانات الحقلية بما يحقق هدفها في المحافظة على استدامة ماء زمزم والمصادر المغذية له.

الإنشائية التي تتطلب إنشاء أساسيات عميقة أو قطع مخرية ضمن نطاق حوض وادي إبراهيم ومنطقة الحماية لضمان عدم تأثر التوازن الهيدروجيولوجي جراء بناء المشاريع التطويرية

برنامج تحليل المعلومات المناخية والمطرية

يعمل هذا البرنامج على متابعة البيانات التي يتم رصدها من محطات الرصد المناخي والمطري في وادي إبراهيم لعدد 4 محطات، حيث يتم الاطلاع على البيانات بشكل آني، وتتم معالجة البيانات وتحليلها وإجراء العمليات الإحصائية، وحساب كمية التغذية للخران الجوفي بالوادي وتسعى هيئة المساحة الجيولوجية السعودية بشكل مستمر إلى تحديث برامجها الفنية واستخدام أحدث الأجهزة لقياس البيانات الحقلية، بما يحقق هدفها في المحافظة على استدامة ماء زمزم والمصادر المغذية له





علي بلغيث السحاري
المدير التنفيذي لمعهد ابتكار
تقنيات المياه والأبحاث المتقدمة
الهيئة السعودية للمياه

لتحقيق أولويات المستهدفات الوطنية الهيئة السعودية للمياه.. منظومة متكاملة لتعدين الرגיע المحلي

لضمان مخرجات جهودها البحثية وقعت المؤسسة عدة مذكرات تفاهم مع أبرز الشركات المحلية والعالمية للقيام بالدراسات اللازمة لتطبيق التقنيات المبتكرة وصناعة فرص استثمارية تعزز الاقتصاد الوطني والعالمي



عن طريق استخلاص المعادن والأملاح الثمينة، خاصة الصوديوم والبوتاسيوم والمغنيسيوم والبرومين وغيرها، ويمكن مضاعفة تركيز حجم المعادن والأملاح لخمس أضعاف بقيمة مساوية لكمية مياه الرجيع

وتعد هذه الابتكارات الهندسية والتقنية للمؤسسة أحدث الإسهامات العلمية الناجحة في مجال البحث والتطوير، مما يتيح لتقنية الترشيح النانوي، لتصبح تقنيا واقتصاديا سائحة لاستخلاص المعادن الأساسية والثانوية التي يمكن استخدامها في العديد من الصناعات الحيوية مثل: صناعة البتروكيماويات والأدوية ووسائل النقل، وهذا يدعم توجه الاقتصاد التجاري الوطني والعالمي

الجدير بالذكر أن المؤسسة حصلت على العديد من براءات الاختراع في هذا الابتكار، وأنشأت منظومتها النوعية بمدينة الشعيبة كأول منظومة تنتج مياهها عالية الجودة تحتوي على نسبة عالية من عنصر المغنيسيوم كأول محطة تجارية لتعدين الرجيع بالعالم.

وفي بداية عام 2023م، تمكّن معهد الأبحاث وتقنيات التحلية التابع للمؤسسة من استخراج ملح كلوريد الصوديوم الصلب بنقاوة عالية (99.6%) والذي يعتبر من أهم الإنجازات النوعية في صناعة التحلية. ولم تتوقف الجهود البحثية عند هذا الحد، بل سعت المؤسسة لجذب وتوطين أبرز التقنيات المبتكرة التي تساهم

تنعم أرضنا بموارد وثروات طبيعية متنوعة، حيث تشكل المياه أحد أهم المصادر الطبيعية التي تعتبر عصب الحياة للكائنات الحية المختلفة. وتتولى المؤسسة العامة لتحلية المياه المالحة دور الاستشراف المستقبلي لحماية وضمان إمدادات الأمن المائي بالمملكة. وقد انتهزت المؤسسة من خلال أدوارها البحثية والابتكارية فرصة اكتشاف المعادن الثمينة من خلال منظومة متكاملة تمحورت في مشروعها العلمي: «تعدين الرجيع الملحي»، بهدف تكوين صناعات مرادفة للتحلية

والرجيع الملحي هو ماء البحر المركز والمعاد إلى مياه البحر بعد عملية تحلية المياه ولم تكتف المؤسسة بدراساتها التي تمتد لأكثر من ثلاثة عقود في معالجة هذا الرجيع وبناء منظومات إنتاجها وفق معايير وتراخيص بيئية معتمدة، ومراقبة مستمرة للحياة البحرية المحيطة بمنظومات إنتاجها والتحول إلى تقنيات التناضح العكسي الصديقة للبيئة وتطبيق أنظمة تشغيلية لقناة تفريغ خارجي (تصريف) لتبريد ماء الرجيع، وعمل معالجة له عن طريق رفع الأوكسجين، وخفض درجة الحرارة وتبيد الكلور قبل إعادته إلى مياه البحر، حتى لا يشكل أي خطر على البيئة

ومن هذا المنطلق ولئيل الفوائد القصوى، فإنه تم الابتكار والبحث في هذا الرجيع، وبفضل الله تم بلوغ الهدف والاستفادة من هذا الرجيع



وسيتطلب تطوير ونشر المنتجات المستدامة في الصناعات التحويلية المتقدمة في المستقبل كميات متزايدة من هذه المواد والمعادن، وهذا ما جعل استخراجها من الرعيح الملحي أكثر تنافسية من حيث الجدوى الاقتصادية والتكلفة مقارنة بالتعدين الأرضي. وتتواجد المعادن بتركيز أعلى في المحلول الملحي وهي الصوديوم والمغنيسيوم

في خلق فرص جديدة في المملكة. ومن أجل ضمان مخرجات هذه الجهود البحثية، وقعت المؤسسة عدة مذكرات تفاهم مع أبرز الشركات المحلية والعالمية للقيام بالدراسات اللازمة لتطبيق التقنيات المبتكرة وصناعة فرص استثمارية تعزز الاقتصاد الوطني والعالمي، حيث يعتمد الاقتصاد العالمي بشكل كبير على الإمداد المستدام للمعادن النادرة والقيمة،

والكالسيوم والبوليتاسيوم، والتي يتم استخلاصها تجاريًا على شكل كلوريدات وكبريتات وكربونات، بينما يتم استخلاص المغنيسيوم على شكل هيدروكسيد. الجدير بالذكر أن مركبات الرجيح الغشائية وتقنية البلورة في التطبيقات الغذائية تعد من أهم استخدامات وتطبيقات كلوريد الصوديوم المستخلص من محلول الرجيح.

ومع ذلك، فإن الاستخدامات الصناعية المتنوعة (كيميائية، بتروكيميائية، طبية... إلخ) تمثل معظم استهلاك العالم من كلوريد الصوديوم، خاصة ذا النقاوة العالية والذي يستخدم فقط بشكل مباشر في العمليات الصناعية، ولكنه يستخدم أيضًا كمادة خام لإنتاج العديد من المركبات غير العضوية التي تستخدم كمواد أساسية في العديد من الصناعات ممثلة في مصانع الكلور القلوي كأكبر مستهلك منفرد لكلوريد الصوديوم، وذلك لإنتاج غاز الكلور ومادة الصودا الكاوية اللذين يعتبران مواد أساسية لصناعة العديد من المنتجات الكيميائية والبتروكيميائية ذات الاستخدام المباشر. كما يستخدم كلوريد الصوديوم أيضًا وبشكل مباشر في عمليات إنتاج البترول وفي صناعة الغزل والنسيج والورق، بالإضافة إلى العديد من الصناعات الأخرى.

ومن أهم العناصر القيّمة معدن المغنيسيوم وأملاحه المختلفة التي يمكن استخدامها في

العديد من التطبيقات الصناعية. المغنيسيوم كمعدن أصبح يستخدم مؤخرًا كبديل للألمنيوم بسبب خفة وزنه وقوة تحمله في العديد من المنتجات مثل مواد البناء والنقل والعديد من المنتجات الاستهلاكية. أملاح المغنيسيوم من الناحية الأخرى يتم استخدامها في العديد من التطبيقات الزراعية والغذائية والكيميائية. ويشكّل البرومين إحدى أهم الفرص الاستثمارية التي يتم استخراجها من الرجيح الملحي، ويمكن إنتاجه بكفاءة عالية من خلال أكسدة أيونات البروميد الموجودة في الرجيح، حيث يقدر إنتاج العالم السنوي من البرمين بأكثر من 430 ألف طن

كما يتم استخدام البرومين في العديد من التطبيقات الصناعية مثل صناعة المواد المقاومة للاشتعال وفي إنتاج البترول، وكذلك كمادة مضافة لتقليل انبعاثات الزئبق من محطات إنتاج الكهرباء وفي العديد من تطبيقات الطاقة المتجددة

وهذه الأمثلة تشير إلى فرص أخرى متاحة لجميع موارد أرضنا من الممكن أن يتم اكتشافها وتحويلها لفرص تساعد على تحقيق أولويات المستهدفات الوطنية، أدام الله أرضنا وخيراتها وثرواتها



أ.د. / بدر بن عبده حكيمي
عميد كلية علوم الأرض
جامعة الملك عبدالعزيز

المعادن النادرة في المشهد الاقتصادي

في المملكة العربية السعودية

تحويل اهتمام المملكة العربية السعودية، المعروفة باحتياطياتها النفطية الهائلة، مؤخرًا، وبشكل متزايد نحو التنقيب واستخراج المعادن النادرة، حيث تكمن تحت أرضها ثروة هائلة من الموارد غير المستغلة، بما في ذلك العناصر الأرضية النادرة مثل الليثيوم والتيتانيوم والزركونيوم والبزموت والمعادن النادرة الثمينة الأخرى.

”

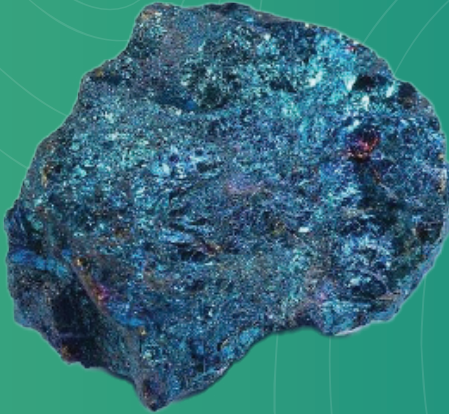
احتياطات كبيرة

ولا شك أن فهم أهمية المعادن النادرة في المملكة يكشف النقاب عن فرص التنويع الاقتصادي والابتكار التكنولوجي والتنمية المستدامة فيها وتفتخر المملكة باحتياطات كبيرة من المعادن الثمينة، مع رواسب منتشرة في مناطق مختلفة منها. فعلى سبيل المثال، يحتوي منجم المصانع في المنطقة الجنوبية الغربية على احتياطات كبيرة من الزنك والنحاس والذهب والفضة. بالإضافة إلى ذلك، كشفت جهود الاستكشاف الأخيرة عن رواسب واعدة من العناصر الأرضية النادرة، التي تعتبر ضرورية لتصنيع الإلكترونيات عالية التقنية، وتقنيات الطاقة المتجددة، وأنظمة الدفاع، وتمثل الثروة الجيولوجية للمملكة ميزة استراتيجية في سوق المعادن العالمية وتضعها كلاعب ناشئ، ولكن في طريقه لأن يصبح رئيسياً في صناعة المعادن النادرة

خارطة طريق

ويتمشى استكشاف واستخراج المعادن النادرة بشكل وثيق مع رؤية المملكة 2030، وهي خارطة طريق استراتيجية للتنويع الاقتصادي والتنمية المستدامة. وبينما تسعى الدولة إلى تقليل اعتمادها على عائدات النفط، وتحفيز النمو في القطاعات غير النفطية، تبرز صناعة التعدين كنقطة محورية للاستثمار والابتكار، ومن خلال الاستفادة من مواردها المعدنية الوفيرة، تهدف المملكة العربية السعودية إلى تعزيز التصنيع، وخلق فرص

العمل، وجذب الاستثمار الأجنبي لدفع التنويع الاقتصادي والازدهار علاوة على ذلك، تلعب المعادن النادرة دوراً محورياً في دفع الابتكار التكنولوجي والتنمية الصناعية، ويعتمد طموح المملكة في أن تصبح مركزاً عالمياً للتصنيع والتكنولوجيا المتقدمة وتعزيز قدرتها على تأمين إمدادات مستقرة من المعادن المهمة. فالليثيوم، على سبيل المثال، ضروري لإنتاج البطاريات التي تعمل على تشغيل السيارات الكهربائية وأنظمة تخزين الطاقة المتجددة، بما يتماشى مع جهود البلاد لتعزيز الاستدامة وتقليل انبعاثات الكربون. ومن خلال الاستفادة من احتياطاتها من المعادن النادرة، يمكن للمملكة أن تغذي نمو الصناعات ذات التقنية العالية، وتضع نفسها كشريك رائد يعتمد عليه في اقتصاد المعرفة العالمي



إمكانات هائلة

وعلى الرغم من الإمكانيات الهائلة للمعادن النادرة في المملكة، إلا أنه لا بد من معالجة العديد من التحديات لإطلاق قيمتها الاقتصادية الكاملة، ويشمل ذلك تطوير البنية التحتية للتنقيب عن المعادن واستخراجها، وضمان الاستدامة البيئية، وتعزيز القوى العاملة

الماهرة في قطاع التعدين. بالإضافة إلى ذلك، تشكل المنافسة العالمية وتقلب أسعار السلع الأساسية مخاطر على الاستثمار في صناعة التعدين. ومع ذلك، فإن هذه التحديات توفر أيضًا فرصًا للابتكار والشراكات الدولية وممارسات التعدين المستدامة التي تعطي الأولوية للحفاظ على

والازدهار، ومن خلال تسخير ثرواتها الجيولوجية وتنفيذ سياسات استراتيجية لدعم صناعة التعدين، يمكن للمملكة العربية السعودية أن تفتح آفاقًا جديدة للتقدم الاقتصادي، وتبرز عالميًا كأحد أهم اللاعبين في سوق المعادن النادرة في المستقبل القريب

البيئة وتنمية المجتمع
وخلاصة القول، فإن المعادن النادرة تحمل وعدًا كبيرًا لدفع عجلة التنويع الاقتصادي والابتكار التكنولوجي والتنمية المستدامة في المملكة العربية السعودية، ومع انطلاق البلاد في رحلتها نحو رؤية 2030، تبرز أهمية استكشاف واستخراج المعادن النادرة كمحفزات للنمو



سلطان شاولي
كبير المستشارين لشؤون التعدين
وزارة الصناعة والثروة المعدنية

معرفة المصطلحات المتداولة في الجيولوجيا والتعدين .. ضرورة عملية ووسيلة هامة من أدوات التعبير العلمي

كوكب الأرض الذي نعيش عليه هو خامس كواكب المجموعة الشمسية وثالثها وأضخمها قريباً للشمس ويتكون من صخور ومركبات معدنية وعناصر

”

مليار سنة. يحيط بكوكب الأرض الغلاف الجوي (atmosphere)، وهو مصطلح يُشير إلى الغازات المحيطة بالكوكب. يتألف الغلاف الجوي غالباً من غازات النيتروجين والأكسجين، بالإضافة إلى غازات أخرى مثل الأرجون وثاني أكسيد الكربون والنيون

يشير مصطلح علم الجيولوجيا (Geology) المعروف أيضاً بعلم الأرض إلى الدراسة العلمية لجميع جوانب الأرض. يأتي مصطلح «جيولوجيا» من اللغة اللاتينية ويعني «علم الأرض». يهتم علم الجيولوجيا بفهم تركيب وتكوين الأرض، والأحداث التي شهدتها على مر العصور، وعمرها الجيولوجي. يدرس علم الجيولوجيا أيضاً المكونات الأساسية للأرض، مثل الماء والهواء واليابسة

الأرض هي جسم ضخم يتميز بمنتصف قطر يبلغ حوالي 6400 كيلومتر. تشكل البحار والمحيطات جزءاً كبيراً من هذا الجسم، حيث تمثل اليابسة نحو ثلثين في المئة من مساحته. يتكون الجسم الأرضي من ثلاثة أجزاء رئيسية. الجزء الخارجي هو القشرة (Crust)، وهي الطبقة الخارجية التي نعيش عليها. تتراوح سماكة القشرة تحت قواعد المحيطات بحوالي 8 كيلومترات، وتتكون أساساً من صخور البازلت. أما في اليابسة، فإن سماكة القشرة تتراوح بين 30 إلى 70 كيلومتراً. بعد القشرة، يأتي طبقة الوشاح (Mantle)، وهي طبقة صخرية تحت اليابسة. تقدر سماكة

أسعدتني دعوة هيئة المساحة الجيولوجية السعودية للمشاركة بكتابة مقالة في هذه المجلة الرائعة، ونظراً لأهمية موضوع المصطلحات المتداولة في الجيولوجيا والتعدين، وكثرة المراجع المتعلقة بالمصطلحات الجيولوجية والتعدينية، رأيت أن هناك حاجة لتوضيح هذه المصطلحات لغير المتخصصين، ورغبت في كتابة هذا الموضوع بطريقة يمكن للقارئ غير المتخصص في مجال الجيولوجيا والتعدين أن يفهمه. وضعت وصفاً مختصراً لعدد من المصطلحات العلمية الأساسية في هذا المجال، وكما هو معلوم، يعرف كل إنسان بأسماء مختلفة ويتميز بصفاته وخصائصه وقدراته. وبنفس الطريقة، فإن المصطلحات التي نستخدمها في علم الجيولوجيا والتعدين قد تختلف في تعريفاتها من مدرسة إلى أخرى يُعتبر كوكب الأرض الذي نعيش عليه خامس أكبر كواكب المجموعة الشمسية من حيث الحجم، ويأتي في المرتبة الثالثة من حيث القرب إلى الشمس وكبر حجمه. ويتألف الكوكب من صخور ومركبات معدنية وعناصر متنوعة. تحتوي المجموعة الشمسية على نجم واحد هو الشمس، وثمانية كواكب، وعلى الأقل 290 قمراً، وما يقارب من 1,3 مليون كويكب، وحوالي 3900 مذنب. اشتق مصطلح (Earth) «الأرض» من اللغة الإنجليزية والألمانية القديمة. تشكلت الأرض عند استقرار النظام الشمسي قبل حوالي 4,5



من باطن الأرض إلى سطح اليابسة، حاملاً معه الغازات والمعادن المنصهرة، ويخترق سطح الأرض في المناطق الضعيفة والشقوق، مكوناً بذلك الصخور البركانية وفيما يتعلق بأنواع الصخور التي تشكل اليابسة التي نعيش عليها، فهناك ثلاثة أنواع رئيسية، النوع الأول: هو الصخور النارية الجوفية (Igneous intrusive rocks)، والتي تتشكل من التصلب التدريجي للصهير في باطن الأرض مثل الجرانيت، أو الصخور النارية السطحية (Igneous extrusive rocks)، والتي تتشكل من تدفق الصهير إلى سطح الأرض من خلال الشقوق والبراكين، وقد تحتوي على معادن مثل الذهب والفضة

” يعني مصطلح علم الجيولوجيا باللاتينية علم الأرض وهو يختص بجميع مكونات الأرض من حيث تركيبها وتكوينها والأحداث التي مرت عليها وعمرها الجيولوجي ومكوناتها من الماء والهواء واليابسة

طبقة الوشاح بحوالي 2900 كيلومتر، وتتكون من مخور مذابة تتجاوز درجة حرارتها 2200 درجة مئوية. يتبع طبقة الوشاح الجوف (Core)، وتقدر سماكته بحوالي 3400 كيلومتر. يتكون الجوف من جزأين، الجزء الخارجي المعروف باللب الخارجي (Outer core)، وهو عبارة عن مادة سائلة ثقيلة تصل درجة حرارتها إلى 5000 درجة مئوية. أما الجزء الداخلي المعروف باللب الداخلي (Inner core)، فهو عبارة عن مخور صلبة تصل درجة حرارتها إلى 6000 درجة مئوية، وصلابتها تعود إلى الضغط العالي الذي تتعرض له. يتكون اللب الداخلي من الحديد والنيكل.

تتميز القشرة الأرضية التي نمشي عليها بعدم استقرارها، حيث تتكون من أجزاء متحركة تسمى القارات. تعد هذه القارات صفائح طافية قادرة على الانزلاق والتصادم، مما يؤدي إلى حدوث الزلازل. يتم قياس شدة الزلازل عادة باستخدام مقياس ريختر (Richter Scale) الذي يقيس كمية الطاقة التي يطلقها الزلزال، وتتراوح قيمته عادة بين 1 و 9. بالإضافة إلى الزلازل، تؤثر الحركات الأخرى على اليابسة مثل البراكين (Volcanoes). تحدث البراكين عندما يندفع الصهير



” المعدن الفلزي هو الذي يتصف باللمعان والبريق والقابل للتشكيل والطرق والسحب وهو موصل جيد للحرارة والكهرباء وقابل لصناعة السبائك مثل الذهب والنحاس والفضة والبلاتين والنيكل

العناصر المعدنية (Metals) مع بعضها البعض. عندما تتجمع هذه المركبات المعدنية، يُطلق عليها مصطلح «خامات معدنية» (Mineral ores). وإذا كانت هذه التجمعات قابلة للاستفادة الاقتصادية، فإنها تعرف بـ «رواسب معدنية» (Mineral deposits) وهي التي يمكن استغلالها تجاريًا

قد يتساءل البعض عن المصطلحين المعروفين بالمعدن الفلزي (Metallic) والمعدن غير الفلزي (Nonmetallic)، اللذين يشتهران في وسائل الإعلام. لتوضيح هذه النقطة لغير المتخصصين، المعدن الفلزي هو المعدن الذي يتميز باللمعان والبريق، وهو قابل للتشكيل والطرق والسحب، ويوصل الحرارة والكهرباء بشكل جيد، كما يمكن استخدامه في صناعة السبائك كالذهب والنحاس والفضة والبلاتين والنيكل. أما بالنسبة للمعدن غير الفلزي، فله خصائص مختلفة عن الفلزات، حيث لا يتمتع باللمعان أو البريق، ويكون سيئاً في توصيل الحرارة والكهرباء، ولا يمكن تشكيله بالطريقة المعتادة. بعض الأمثلة على المعادن غير الفلزية هي الفوسفات والكوارتز والحجر الجيري.

والنحاس. أما النوع الثاني: فهو الصخور الرسوبية (Sedimentary rocks)، والتي تتشكل نتيجة ترسب الفتات الصخري أو الترسيب الكيميائي في قاع البحار والبحيرات والمنخفضات، مثل الحجر الرملي والجيري والملصال. النوع الثالث: هو الصخور المتحولة (Metamorphic rocks)، والتي تتشكل نتيجة تعرض الصخور الأقدم لدرجات حرارة عالية وضغط شديد ناشئة عن الحركات الأرضية، مثل حجر الرخام

قد يؤثر الاهتمام والفضول لدى القارئ معرفة تركيبة الصخور (Rocks) التي تشكل اليابسة. ببساطة، تتكون الصخور من مركبات معدنية (Mineral compounds) تكونت عن طريق اتحاد

”تعرف الأحجار الكريمة بأنها من المعادن التي تتكون عندما يبرد الصخر المنصهر تحت سطح الأرض ببطء شديد مما يعطي المحال بأن تتبلور هذه المعادن وتأخذ أشكالاً وألواناً جميلة وتستخدم في صناعة الحلي والمجوهرات

كذلك، أود أن أتطرق إلى بعض المصطلحات التعدينية الشائعة وأقدم تعريفاً مختصراً لكل منها. لنبدأ بمصطلح «التعدين» (Mining)، والذي يشير إلى العملية التي يتم فيها استخراج الخامات المعدنية بكميات اقتصادية من باطن أو سطح الأرض. تعتمد عملية التعدين على وجود الخام وتتم بطريقتين رئيسيتين هما:

1. التعدين السطحي (Open Pit): يتم فيه فتح حفرة باستخدام المعدات الثقيلة وتنفيذ أعمال تفجير لاستخراج الخام. يتم استخدام هذه الطريقة عندما يكون الخام قريباً من سطح الأرض

2. التعدين تحت السطحي (Underground Mine): يتم فيه شق الأنفاق بشكل مائل عادةً لمتابعة مصادر الخام وعروقه

أما بالنسبة لكلمة «مقلع» أو «محجر» (Quarry)، فهي تطلق على الموقع الذي يتم منه استخراج كتل أحجار الزينة والتشكيل مثل الجرانيت والرخام، أو لمواقع استخراج البحص. وتستخدم بعض المصطلحات المحلية مثل «المتراس» و«الدركال» للإشارة إلى مواقع استخراج الرمل المستخدم في أعمال الإنشاءات

وربما يتساءل القارئ عن الأحجار الكريمة (Gemstone) وتصنيفها المعدني، وكيفية تكونها. يمكن تعريف الأحجار الكريمة بأنها تشكلت من المعادن عندما يبرد الصخر المنصهر تحت سطح الأرض ببطء شديد، مما يتيح للمعادن أن تتبلور وتأخذ أشكالاً وألواناً جميلة. تُطلق عليها «الأحجار الكريمة» أو «شبه الكريمة» وفقاً لندرتها وصفاء لونها وتجانسها وجمالها. تتمتع الأحجار الكريمة بصلابة فائقة وتستخدم في صناعة المجوهرات والحلي. يتم قياس وزن الأحجار الكريمة بالقيراط، والذي يعادل خمس الجرام

من الملاحظ أن مادة الكهرمان (Amber) تُباع في الأسواق كجوهرة، على الرغم من أنها ليست معدناً، بل هي راتنج صمغي تحجر من أشجار الصنوبر المنقرضة منذ آلاف السنين. وتزداد قيمة الكهرمان السوقية كلما زاد احتوائه على الشوائب والحشرات. بالإضافة إلى ذلك، يجب أن نوضح أن الفحم الحجري (Coal) ليس مادة مخزية مأخوذة من باطن الأرض، بل هو مادة تتكون من الكربون وله أصل عضوي، حيث ينتج نتيجة اندثار الغابات والمستنقعات الغنية بالأشجار تحت تأثير درجات حرارة وضغوط عالية لملايين السنين. وعلى نفس النحو، يُعتبر المرجان (Coral) من الأحجار شبه الكريمة، على الرغم من أن مصدره ليس مخزياً من باطن الأرض، بل هو بقايا متململة لكائنات بحرية

70% من مساحة المملكة. تشكل هذه الصخور جزءاً من بحر التيثس الذي تقدم وانحسر على مر العصور على مدى ملايين السنين. وتعلو أجزاء من الدرع العربي ومخور الغطاء ما يسمى بـ«الحرّات (Lava)»، وهي حقول الحمم البركانية البازلتية التي تدفقت على سطح الأرض من البراكين والشقوق. تعود أعمار هذه الحمم إلى ما بين 5 إلى 30 مليون سنة، وترافق تشكيلها تكوّن أخدود البحر الأحمر، وتمثل حوالي 5% من مساحة المملكة. والقسم الجيولوجي الرابع هو ما يُعرف بـ«السهول الساحلية» (Coastal Plains) المطلة على البحر الأحمر والخليج العربي. يتكون الجزء الغربي منها الذي يمتد بين الدرع العربي شرقاً والبحر الأحمر غرباً من مخور رسوبية وشعاب مرجانية. أما السهل الساحلي على الخليج العربي، فيمتد من الخليج شرقاً حتى هضبة الصمان غرباً، وتغطي الرمال جزءاً كبيراً منه، وتوجد به السبخات الملحية أرجو أن ينال هذا المقال قبول القارئ، حيث يهدف إلى توضيح وتبسيط مفهوم عدد من المصطلحات الهامة في مجال الجيولوجيا والتعدين الشائعة في الوسط الإعلامي والمراجع العلمية لغير المتخصصين والتي غالباً لا تعطي دلالات لمعانيها بشكل واضح. ومع ذلك، فإن استخدام هذه المصطلحات ضروري ويعتبر وسيلة هامة للتعبير العلمي

ربما يسترعى انتباه القارئ العدد الكبير من أسماء المعادن. وللتوضيح، فإن الأسماء المتداولة غير عربية وتقدر بالآلاف، وترتبط تسمياتها بأماكن اكتشافها أو بأسماء المكتشفين أو بالعناصر الكيميائية التي تكوّن منها. على الجانب الآخر، تحتوي الكتب العربية، وخاصة القديمة، على أسماء عربية للعديد من المعادن، مثل «المرو» للكوارتز و«الدهنج» للملاييت (أحد مصادر النحاس)، ولأحجار الكريمة مسميات أخرى عربية مثل «الزبرجد» للأولفين و«الزمرّد» للبريل و«الفيروز» للتركواز و«الياقوت» للروبي و«الألماس» لحجر الدايموند وتوجد مصطلحات جيولوجية شائعة لتصنيف الأقسام الجيولوجية في المملكة العربية السعودية، وتُستخدم هذه المصطلحات بشكل متكرر في المراجع العلمية ووسائل الإعلام. ومن أهم هذه المصطلحات مصطلح «الدرع العربي» (Arabian Shield) الذي يشير إلى سلاسل الجبال الممتدة من الحدود الشمالية الغربية للمملكة حتى الحدود الجنوبية المتاخمة للبحر الأحمر. يبلغ أقصى عرض للدرع العربي نحو 700 كيلومتر في وسط المملكة، وأضيّقه في الشمال حوالي 100 كيلومتر، وفي الجنوب حوالي 200 كيلومتر. تمثل هذه السلاسل الجبلية نحو 30% من مساحة المملكة. ويتبع الدرع العربي شرقاً ما يعرف بمخور الغطاء (Cover Rocks)، وهي مخور رسوبية تغطي الجزء الأوسط والشرقي من المملكة حتى الخليج العربي، وتمثل حوالي



أ. عبدالرحمن البلوشي
سعادة وكيل وزارة الصناعة والثروة
المعدنية لإدارة الموارد التعدينية

الجيولوجيون .. ثروة المملكة الحقيقية

يمثلون العمود الفقري لقطاع التعدين، لما يمتلكونه من المعرفة والخبرة اللازمين للتنقيب عن المعادن، وتحديد مواقعها، واستخراجها، وضمان استغلالها بشكل مستدام. ولذلك يطلق معالي نائب الوزير لشؤون التعدين، المهندس خالد بن صالح المديفر، على الجيولوجيين

عند الحديث عن ثروات المملكة العربية السعودية المعدنية، التي تشهد في السنوات الأخيرة قفزات نوعية لاستكشافها واستغلالها بشكل أكبر وأمثل، فإن ما لا يجب أن نغفل عنه هو ثروتها البشرية، أو بالأحرى الكفاءات السعودية في علوم الأرض، وخاصةً الجيولوجيين، الذين

حديثي التخرج لقب «الدكتور الاستشاري»؛ لقناعته بأهمية هذه الكفاءات، التي تتدرج مثل الأطباء في مجالهم، عبر سنوات من الخبرة والممارسة للوصول إلى مرحلة النضج العلمي والمرتبة الاستشارية

ومن المهم، ما دمنّا نتحدث عن أهمية الجيولوجيين لقطاع التعدين، أن أذكر بأن الاستثمار في البحث العلمي والابتكار في علوم الجيولوجيا والتعدين يواجه تحديات كثيرة، إذا ما قورن بالقطاعات الأخرى، فعلى سبيل المثال يبلغ الاستثمار في البحث العلمي لأكبر 5 شركات نفطية حوالي 4 مليارات دولار أو ما يساوي 3 ٪ من الأرباح فيما يبلغ ما أنفقته خمس شركات ميدلانية حوالي 60 مليار دولار بما يساوي 45 ٪ من أرباحها، وبالمقابل فإن أكبر خمس شركات في قطاع التعدين أنفقت فقط مليار دولار.

وفي مجال استكشاف المعادن، على مستوى العالم، فإن الشركات الكبرى تحتكر المعلومات كما تحتكر المعرفة بسبل الوصول لاكتشافاتها، من أجل أن تبقى على قمة المنافسة؛ فيما تُبقي الشركات الصغرى المعلومات المماثلة في عقول خبراءها وتمتنع عن تدوينها، الأمر الذي يؤدي إلى عدم تداولها وبالتالي يقطع الطريق على استدامة المعلومات ونقل المعرفة وتراكمها.

نحن في عالم التعدين نواجه أكبر التحديات والمخاطر، حيث نبحث عن أكثر من 50 معدن

حول العالم، تحت الأرض وفوق الأرض وفي أعماق البحار. ندرس الماضي والحاضر ونتنبأ بالمستقبل، وتحكمنا أعمال الكشف المضنية والأسواق العالمية والتغيرات الجيوسياسية . ولمواجهة كل هذه التحديات لابد من دراسة وتحليل وتقييم احتياطي الخزرات الجيولوجية بما يتفق تماماً مع أهمية الاحتياطات التعدينية

وينبغي، من وجهة نظري، أن نطلق مجموعة مبادرات لإيجاد الكفاءات والخبرات الوطنية التي نحتاجها في هذا المجال في المملكة في الحاضر والمستقبل. ولا بد من أن نضع ذوي الخبرة من الجيولوجيين في مكانة توازي أهمية المناجم المنتجة؛ مع التأكيد على إثراء «المشاركة المجتمعية» ونقل المعرفة للعموم عبر الأوراق العلمية والتقارير الفنية وحتى النقاشات الجانبية التي تجري على هامش اللقاءات الرسمية وغيرها

إن مستقبل التعدين في المملكة يعتمد على الرجال والسيدات الجيولوجيين والجيولوجيات المتطلعين إلى الانخراط في البرامج الطموحة لرؤية المملكة 2030. وأكد أجزم أن الفرصة الذهبية تلوح الآن لتحقيق نقلة نوعية في إنتاج علماء جيولوجيين مختصين في المسح الجيوفيزيائي والجيوكيميائي وتقنيات الاستشعار عن بعد لتمكين استدامة م ولتتمكن مبادرات وبرامج تطوير قطاع التعدين وإدارة احتياطياتنا وثرواتنا بشكل أفضل

البحيرات القديمة في صحراء الربع الخالي

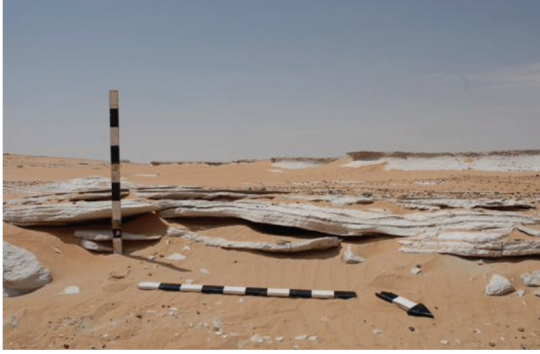
خولة بنت علي القحطاني
هيئة التراث - مسؤول أول تفتيش آثار
هيئة التراث بالمنطقة الشرقية

لا زالت صحراء الربع الخالي تحتاج إلى المزيد من الاكتشافات والدراسات المتخصصة فهي تبقى حتى الآن محملة بأسرار العصور الماضية والضاربة في القدم حيث تحوي في طيات كثبانها الرملية كنوزا حضارية فريدة لا تقدر بثمن

”

البحر تم استخلاصها من خلال تقارير المسح الغير منشورة التي اطلع عليها الباحث. تم اكتشاف في منطقة شرق السليل وشمال شرق شرورة بالربع الخالي ما يزيد عن 71 بحيرة طبيعية جافة، وهذه البحيرات ذات أحجام مختلفة، ولكنها تشابهت في خصائصها ومكوناتها، وذلك يشير إلى أن هذه البحيرات كانت في العصور المطيرة قبل ثلاثين ألف سنة متصلة مع بعضها البعض، ولكن بسبب فترة الجفاف التي لحقت العصور المطيرة انفصلت البحيرات وطُمر أجزاء كبيرة منها. تم العثور في قيعان البحيرات القديمة المكتشفة على العديد من القواقع والأصداف الحلزونية صغيرة الحجم، وآثار لسيقان وجذور نباتات متحجرة، وآثار للحياة الحيوانية كبقايا أجزاء من قشر بيض النعام المتحجر، والكثير من الأحجار الكلسية والفروش والحجر الرملي الحديدي بالإضافة إلى الطبقات من التراكمات الطينية والطيني المتحجر، وتميزت بعض البحيرات بأرضيتها التي كانت من الحجر الجيري الأبيض. لعل أبرز ما تم اكتشاف في البحيرات هو دلائل الاستيطان البشري بالقرب من مصادر المياه العذبة حيث تم العثور على مجموعة من الأدوات الحجرية المختلفة التي صنعها الإنسان القديم بغرض الصيد، وتؤرخ الأدوات الحجرية مبدئياً إلى العصر الحجري الحديث. يمكن الاستنتاج بأن حدث تغير المناخي كبير بمصرع الربع الخالي وذلك من خلال بقايا

تعد مصرع الربع الخالي أكبر مصرع في الجزيرة العربية، فهي تحتل الثلث الجنوبي من شبه الجزيرة العربية، تمتد شمالاً من هضبة نجد وحتى جنوب المملكة العربية السعودية وتدخل أجزاء من مصرع ضمن حدود دول مجاورة كسلطنة عُمان، والجمهورية اليمنية والامارات العربية المتحدة، حيث تتسع العروق الرملية في مناطق جنوب شرق المملكة العربية السعودية، وتشغل مساحة كبيرة جداً من مساحة المملكة العربية السعودية. يعد مناخ مصرع الربع الخالي حاراً جداً وشديد الجفاف قليل الأمطار، وخصائص مناخ الربع الخالي الراهن هو امتداد لفترة الجفاف التي عقت الفترة المطيرة للهولوسين الأدنى، بل قد تكون أشد فترات الجفاف التي عرفها الزمن الجيولوجي الرابع. عُثر في مصرع الربع الخالي بالمملكة العربية السعودية على مجموعة من قيعان البحيرات القديمة «أحواض مائية مغلقة» ذات أحجام وأشكال مختلفة منها دائري، وهلال، وهضاب منعزلة شديدة الانحدار، وذلك حسب اختلاف الطبيعة الأرض وخصائصها الجيولوجية. قام متحف الدمام الإقليمي وشركة (سراك) بمشروع مسح جيوفيزيائي في عُصُون خمس مواسم عمل متتالية من شهر مارس وحتى شهر نوفمبر 2006، والتي كانت في أجزاء من مصرع الربع الخالي تحديداً في منطقة شرق السليل ومنطقة شمال شرق شرورة بالمملكة العربية السعودية، ونتائج هذا



صورة توضح جزءاً من بحيرة شرق السليل



صورة توضح طمي متحجر على سطح البحيرة شمال شرق شرورة



صورة توضح قواقع من بحيرة جافة شرق السليل



صورة توضح أصدافاً من بحيرة جافة شرق السليل

مقومات العيش البشري، لذلك يمكن تفسير وجود الأدوات الحجرية المصنعة بشرياً بجوار وعلى ضفاف البحيرات القديمة في صحراء الربع الخالي.

يمكن الإشارة بأن من المرجح أن تكون بحيرات صحراء الربع الخالي سابقاً كانت مرتبطة بأنهار

البحيرات الجافة، ونباتات المتحجرة، والأصداف والقواقع التي لوحظ أنها توجد بالمياه العذبة تحديداً، فلهذا يمكن ربط مياه البحيرات العذبة باستيطان الجماعات البشرية منذ قديم الزمان بجوار هذه الموارد الضرورية والتي تعتبر إحدى أهم



صورة توضح أدوات حجرية متعددة عثر عليها في إحدى البحيرات شمال شرق شرورة



صورة توضح كسرا من قشور بيض النعام المتحجر شمال شرق شرورة



صورة توضح عينة نباتات متحجرة عثر عليها في إحدى البحيرات شرق السليل



صورة توضح مسحتين حجريتين عثر عليهما شمال شرق شرورة

والضاربة في القدم والتي تحمل في طيات
كثبانها الرملية كنوز الحضارية فريدة ولا تقدر
بثمن.

تغذي هذه البحيرات بجانب الأمطار والمياه
الجوفية، وذلك بسبب شبه امتداد البحيرات
مع بعضها وتشابه محتويات قيعانها. أخيراً
لازالت صحراء الربع الخالي تحتاج إلى المزيد
من الاكتشافات والدراسات المتخصصة، فهي
تبقى حتى الآن محملة بأسرار العصور الماضية



م. يحيى محمد الشنقيطي

مستشار هندسة التعدين

رئيس مجلس إدارة شركة مشارف للدراسات الجيولوجية

شركة مشارف للدراسات الجيولوجية

نظام جورك (JORC) ..

ركيزة لتصنيف وتحديد الموارد المعدنية واحتياطيات الخام

التعدين من الصناعات التي لا يمكن نقل خبراتها بالكامل من أي مصدر من مصادر الخبرة حيث لا توجد تكوينات أو تراكيب جيولوجية واحدة أو خواص كيميائية وبيئية واحدة حيث يعتبر كل خام أو منجم يتم تشغيله حالة خاصة بذاته

”

على الانتقال إلى المرحلة الثانية وهي دراسات ما قبل الجدوى الاقتصادية (Pre-Feasibility Study) التي قد تشجع نتائجها على الانتقال إلى المرحلة الثالثة، وهي دراسات الجدوى الاقتصادية (Feasibility Study)

ولا بد أن يكون أعضاء الفريق من ذوي الخبرات الجيولوجية والهندسية والمالية والاقتصادية والقانونية، وأن يستمر الفريق في المشروع حتى الانتهاء من دراسة الجدوى الاقتصادية والدراسات التفصيلية، وأن يشارك فريق العمل مع إدارة المشاريع لتنفيذ المشروع حتى الاستلام النهائي للمشروع

لجنة مشتركة

ونظرا لما يصاحب مشاريع التعدين من مجازفة مالية وحجم إنفاق عالٍ من بداية عملية الاستكشاف، وتجنباً لأي مخاطر جيولوجية في تركيز وحجم الخام، كان لابد من وضع ضوابط وافتراسات لتقليل المخاطر، وبدأت فكرة وضع ضوابط لتصنيف الاحتياطيات عام 1902م في الولايات المتحدة الأمريكية تحت اسم (Argall) ، ظهر بعدها تصنيف آخر مطور عام 1959م تحت اسم تصنيف هوفر، وقد قسم إلى ثلاثة أقسام هي:

(Proved) مؤكد، (probable) مرجح، (perspective) متوقع). وفي عام 1943م، ظهر تصنيف جديد قسم الاحتياطيات إلى (Measured, Indicated, Inferred) وكانت أستراليا رائدة في هذا المجال، حيث

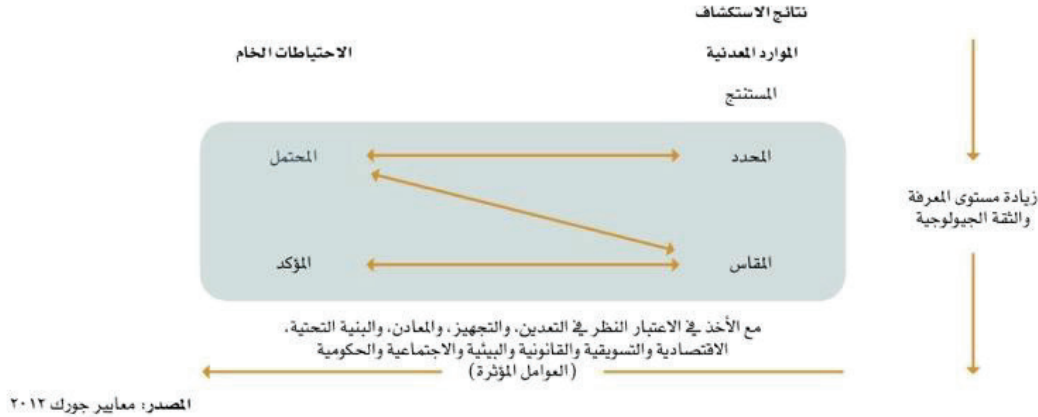
تتطلب السلطات التنظيمية وأسواق الأوراق المالية في معظم بلدان العالم امتثال الشركات للمقاييس والمعايير المعترف بها دولياً للإبلاغ عن الموارد المعدنية واحتياطيات الخام سنوياً لحماية حقوق المساهمين في الشركات

طبيعة ديناميكية

وعادة ما تتميز مشاريع التعدين بطبيعة ديناميكية عالية أثناء دراسة وتقييم أي خام، فهي ليست من المشروعات المكررة من الناحيتين الفنية والاقتصادية، ويرجع ذلك إلى درجة الثقة والدقة في معلومات الراسب المعدني أو الخام، وما قد يحدث من تقلبات تكنولوجية أو تعثر في سوق العرض والطلب، مما قد يؤثر على اقتصادية واستخراج الخام للمراحل التالية

وتعد صناعة التعدين إحدى الصناعات التي لا يمكن نقل خبراتها بالكامل من أي مصدر من مصادر الخبرة، حيث لا توجد تكوينات أو تراكيب جيولوجية واحدة أو خواص كيميائية وبيئية واحدة، حيث إن كل خام أو منجم يتم تشغيله هو حالة خاصة بذاته، لذلك عند تطوير أي مشروع تعديني جديد، لابد من وجود فريق عمل دائم ومستقل بعد الحصول على النتائج الأولية والمتقدمة لأبحاث الاستكشاف والبدء في حساب الموارد المعدنية للخام، ومن ثم البدء في المرحلة الأولى، وهي الدراسة المبدئية (Concept Study). وقد تشجع نتائجها

العلاقات بين نتائج الاستكشاف ، الموارد المعدنية واحتياطيات الخام



احتياطي الخامات بمعهد المناجم والفلزات بكندا (CIMM) ، وفى يونيو عام 1993 أدخلت (JORC) بعض الإيضاحات والتعديلات إلى أن وصل كود (JORC) إلى إصدار عام 2004 الذي انتشر وأصبح معترفاً به على المستوى العالمي وتم تحديث هذا الكود إلى إصدار JORC 2012 وهو المعتمد حالياً ويحتوي الكود على مجموعة من المعايير والمبادئ http://www.jorc.org/docs/jorc_code2012.pdf وذلك لإعداد تقارير نتائج عينات التنقيب والموارد المعدنية واحتياطيات الخام في نسخته للعام 2012.

شكلت لجنة دائمة عام 1971 تحت اسم (JORC)، وتم تسجيل تلك اللجنة كجنة مقبولة في سجلات البورصة الأسترالية وبورصة نيوزيلندا، ويتكون الاسم (JORC) من الأحرف الأولى من (Joint Ore Reserve Committee) أي اللجنة المشتركة لاحتياطيات الخام. وأعضاء هذه اللجنة يمثلون معهد المناجم والفلزات ومعهد علماء الجيولوجيا ومجلس التعدين القومي الأسترالي وأصدرت لجنة (JORC) أول كود أسترالي عام 1989، ثم ألحقته بإرشادات عام 1995 وهو أحد أهم المراجع المعتمدة لجمعية مهندسي المناجم الأمريكية (SME) وكذلك بالنسبة للجنة

وبكمية يمكن استخراجها بطريقة اقتصادية تنقسم الموارد المعدنية إلى فئات وهي:

أ- الموارد المعدنية المستنتجة

وهي ذلك الجزء من المعدن التي تم بناء عليه تقدير الكمية على أساس المعلومات الجيولوجية المحدودة وأخذ العينات، علما أن هذه المعلومات كافية للتخمين، وليس للتحقق من مدى استمرارية الخام جيولوجيا كما أن الموارد المستنتجة لديها موثوقية أقل من تلك المحددة، ويمكن ترقية معظم الموارد المعدنية المستنتجة إلى موارد معدنية محددة، وذلك بالاستكشاف المستمر وزيادة المعلومات الجيولوجية.

ب- الموارد المعدنية المحددة

هي ذلك الجزء من الموارد المعدنية الذي يعطي تقدير الكمية والنوعية والشكل والخصائص الفيزيائية ما يكفي من الثقة لدعم خطط التعدين وتقييم الجدوى الاقتصادية للموارد المعدنية المحدد لها مستوى موثوقية أقل من الموارد المعدنية المقاسة، ولا يجوز تحويلها إلى احتياط خام محتمل

ج- الموارد المعدنية المقاسة

هي ذلك الجزء من الموارد المعدنية التي تقدر الكمية والدرجة والشكل والخصائص الفيزيائية بثقة كافية للسماح بتطبيق الخطط التفصيلية للمناجم والتقييم النهائي للجدوى الاقتصادية والموارد المقاسة لها مستوى أعلى من

عند تطوير أي مشروع تعديني جديد لابد من وجود فريق عمل دائم ومستقل بعد الحصول على النتائج الأولية والمتقدمة لأبحاث الاستكشاف والبدء في حساب الموارد المعدنية للخام ومن ثم البدء في الدراسة المبدئية

مبادئ جورك الأساسية

1- الأشخاص المختصون

تتمثل أحد أهم المتطلبات الأساسية لمعايير جورك في أن التقديرات تتم بواسطة أو تحت إشراف شخص أو أشخاص أعضاء في منظمة مهنية معترف بها ولديه الخبرة الكافية ذات الصلة لصناعة التعدين ونوع الخام والراسب المعدني، كما يجب أن يكون المختص لديه خبرة لا تقل عن خمس سنوات في مجال التعدين أو الخام

2- الشفافية

أ- يتطلب التقرير معلومات كافية بشكل واضح لفهم التقرير، الذي يجب أن يحتوي على جميع المعلومات ذات الصلة التي يحتاج إليها المستثمرون عند الإبلاغ عن الموارد المعدنية أو احتياطات الخام

ب- يتعين على الشركة التي تصدر تقريرا عاما أعده شخص مختص أن تحدد هويته، وإذا كان يعمل بدوام كامل أم لا.

موارد معدنية

الموارد المعدنية هي تركيز أو تواجد مواد ذات أهمية اقتصادية من حيث النوعية والجودة،

والاجتماعية والحكومية الاحتياطات

الاحتياطات واحتياطي الخام هي الجزء القابل لاستثماره اقتصاديا من الموارد المعدنية المقاسة أو المحددة، ويجب الإفصاح عن الافتراضات والنتائج الأساسية للدراسات السابقة للجدوى ودراسة الجدوى الاقتصادية وقت الإبلاغ أو صدور التقرير

الموارد المعدنية المحددة أو المستنتجة، ويمكن تحويلها إلى احتياطي خام محتمل

عوامل التقييم والتحويل

هناك عدة عوامل تستخدم لتحويل الموارد المعدنية إلى احتياطات، وتشمل عوامل التعدين والمعالجة والبنية التحتية، وكذلك العوامل الاقتصادية والتسويقية والبيئية والقانونية



والإبلاغ عن أي تغيير جوهري أو جديد وتنقسم احتياطات الخام إلى قسمين
1- احتياطات محتملة

وهي الجزء القابل للتعديل اقتصاديا من الموارد المعدنية المحددة، وفي بعض الحالات المقاسة والثقة في عوامل التعديل المطبقة على احتياطي الخام المحتمل هي أقل من الخام

المثبت، ولكن معلوماته كافية لتكون أساسا لاتخاذ قرار بشأن تطوير الخام المعدني
2- احتياطات مثبتة

هي الجزء من الخام القابل للتعيين اقتصاديا من الموارد المعدنية المقاسة ذات درجة عالية من الثقة في عوامل التعديل، وهي تمثل أعلى فئة ثقة من تقدير الاحتياطات



مخاطر الانهيارات الصخرية في مناطق المنحدرات الجبلية

د. فائزة بنت أحمد الزهراني
جامعة جدة، كلية العلوم

تعد المناطق الجبلية في غرب وجنوب غرب المملكة من أكثر المناطق تعرّضاً للانزلاقات الصخرية حيث تسود المرتفعات وتتحدّر الصخور على طول المنحدرات الجبلية نحو المناطق المنخفضة

”

تعد الانزلاقات الصخرية على طول المنحدرات الجبلية من المخاطر الجيولوجية المفاجئة التي يصعب التنبؤ بوقت حدوثها وتعد إحدى التحديات التي تواجه البيئات الطبيعية في شتى أنحاء العالم، حيث يصنف انهيار المنحدرات عادةً، حسب الكيفية التي تتحرك بها تلك المواد المتحركة. وكما هو ملاحظ فإن إجراء أي تعديل في طبيعة المنحدرات يزيد من خطورة تحرك المواد الواقعة على تلك المنحدرات وبشكل عام فإن استقرارية وثباتية المنحدرات الجبلية تتوقف على مجموعة من العوامل البيئية الطبيعية، كسقوط الأمطار، جريان المياه، الأنشطة الزلزالية، التجوية، التراكم الجيولوجي كالفواصل ونطاقات الضعف إلى جانب العوامل البشرية كأعمال القطع الصخري يعد وجود الغطاء النباتي عاملاً في غاية الأهمية للإسهام في استقرار المنحدرات، حيث تسهم جذور النباتات عادةً في زيادة تماسك التربة واستقرارها، كما تؤدي إلى إنقاص جريان مياه الأمطار على قمم المنحدرات وتسهم في تعزيز قاعدة الانحدار وتحسين استقرارية وثباتية المواد والكتل الصخرية الواقعة على طول المنحدرات الجبلية.

في البيئات المشابهة لبيئة المملكة العربية السعودية تزداد المخاطر ضراوة خلال الفترات التي تتساقط فيها الأمطار بكميات غزيرة، حيث تدفع مياه الأمطار بالمتفتتات لتتزلق على طول المنحدرات الصخرية، وتعد المناطق الجبلية في

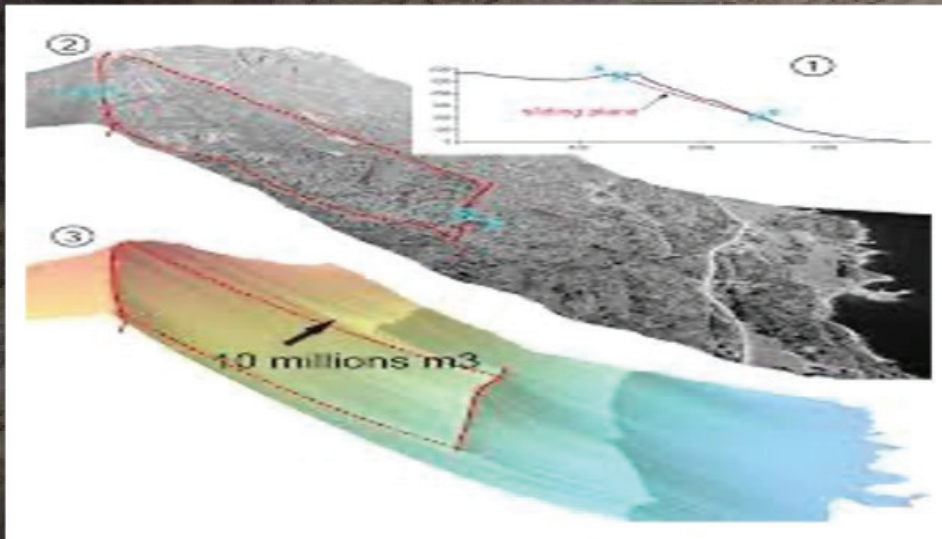
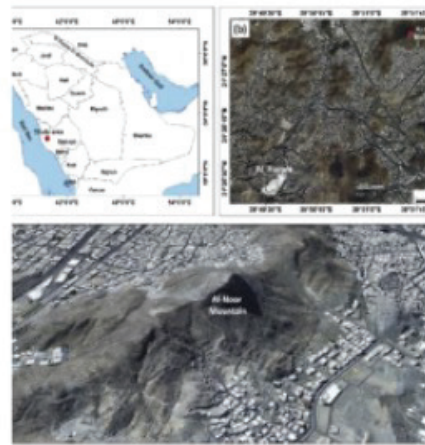
غرب وجنوب غرب المملكة العربية السعودية من أكثر المناطق تعرّضاً للانزلاقات الصخرية حيث تسود المرتفعات وتنحدر الصخور على طول المنحدرات الجبلية نحو المناطق المنخفضة ويُعد هذا الأمر مهدداً للحركة المرورية في الطرق الجبلية، وتعد الحالات التي يتم الإبلاغ عنها خلال فترات الأمطار على سبيل المثال طريق الهدا بمحافظة الطائف، شاهداً على ذلك، حيث يتم إغلاق الطريق حفاظاً على الأرواح من جراء سقوط القطع الصخرية والجلاميد بسبب غزارة الأمطار، حيث يتم تحويل سير المركبات إلى طريق السيل، كخطة احترازية لضمان استمرارية حركة السير عبر الطرق الأكثر أماناً.

تسهم هيئة المساحة الجيولوجية السعودية من خلال فرقها الميدانية والقوى والكوادر الجيولوجية في مباشرة المواقع المتضررة بسبب الانهيارات الصخرية، حيث يتم تسجيل البيانات والمعلومات الجيولوجية، والجيوهندسية الحقلية ذات العلاقة وتسجيل المشاهد والأضرار بالإضافة إلى الأسباب التي أدت لحدوث الانهيارات، إلى جانب رفع التقارير الفنية للجهات المختصة، بعد أن يتم استعراض الأسباب ووضع الحلول الهندسية المناسبة والتوصيات الفنية لدرء مخاطرها. الانهيارات الصخرية في مناطق المنحدرات الجبلية، تتضمن الحلول المعتمدة لدى هيئة المساحة الجيولوجية السعودية، الحلول الهندسية الأولية التي تُقدّم من قبل مختصين، إذ تنطوي على



المخرية، للاعتماد عليها في عمليات تخطيط الطرق وإجراءات الحماية من الانهيارات المخرية التي تكثر في المنطقة الجنوبية وخصوصاً في عقاب الطرق الجبلية، حيث تساهم العوامل الطبيعية والبشرية في زيادة قابلية الانهيارات المخرية وإغلاق الطرق، كما تسبب تلفاً في الإنشاءات والبنى التحتية والممتلكات، إضافة إلى ما تسببه من حوادث لمرتادي الطرق الجبلية

إزالة الكتل الصخرية المعلقة أو التدعيم بمسامير التثبيت، والرش الخرساني والحوايط الاستنادية للحد من فداحة مخاطر الانزلاقات والانهيارات المخرية وتوفير حماية المواقع من الانهيارات الجبلية المستمرة، يأتي عمل الفرق الميدانية الفنية من منطلق دور هيئة المساحة الجيولوجية في درء المخاطر الجيولوجية ووضع التوصيات المناسبة للحد والتقليل من مخاطر الانزلاقات



التأهيل البيئي للعقيق..

قصة تطوير وادي مبارك

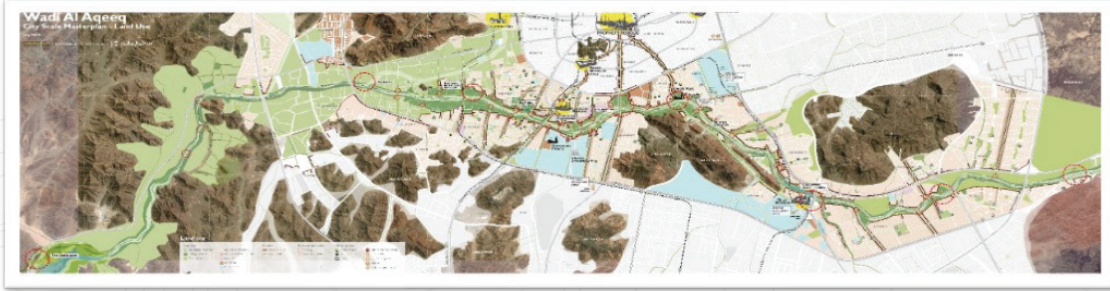


عبد العزيز بن محمد عبدالقادر دعبس
مدير إدارة الدراسات البيئية
هيئة تطوير منطقة المدينة المنورة



نُفخر بمشروع وادي العقيق الذي يُعد واحداً من المشاريع التطويرية الرائدة والصديقة للبيئة التي تُضفي بعداً جمالياً على المدينة المنورة وتحسن المشهد العام وتجعله متوائماً مع النسيج العمراني خصوصاً المرتبط مع حرم الوادي وتحويل مشاهدته المتوازنة إلى ظاهرة تخاطب حواس الإنسان وتحقق التكامل بين البيئة العمرانية والموارد الطبيعية





تم تأهيلهما وهما العرصة الكبرى وتقع شرق الوادي المبارك، وتمتد إلى بئر رومة، وتسمى العرصة البيضاء نسبةً للون تربتها، في حين تنحصر العرصة الصغرى في المنطقة الواقعة بين جبال الجمawat وغرب الوادي، وتسمى العرصة الحمراء نسبةً للون رملها الأحمر. وكان لصياغة مشروع تطوير وتأهيل وادي العقيق رؤيةً تهدف إلى التوجه إلى تطبيق المعايير الفنية عالية المستوى، من خلال تنفيذ الخطة الاستراتيجية التنموية الشاملة، وإضافة قيمة اقتصادية للوادي، وإبراز الجانب السياحي له، وتعزيز بُعدته التاريخي، فضلاً عن رفع مستوى جودة الحياة لسكان المدينة المنورة وزوارها، والمساهمة في خلق فرص استثمارية جديدة، والمحافظة على الغطاء النباتي، ورفع القيمة البيئية والاقتصادية والثقافية لصالح الأجيال القادمة.

وراعى مشروع تطوير وتأهيل وادي العقيق إنشاء وتهيئة ممرات المشاة ومسارات للدراجات الهوائية

يعد وادي العقيق المبارك أحد أشهر أودية المدينة المنورة المرتبطة بالسيرة النبوية العطرة، وقد سُمي بالوادي المبارك نظراً لما ورد عن النبي ﷺ أنه قال: «أتاني الليلة آتٍ من ربِّي وأنا بالعقيق أنْ ضلَّ في هذا الوادي المبارك»، الذي يرتبط ارتباطاً وثيقاً بالسيرة النبوية وتاريخ طيبة الطيبة، فقد نشأت على ضفافه المزارع والقصور في العهود التاريخية الماضية

تكوينات نارية ورسوبية

ويتميز وادي العقيق بتواجد تكوينات نارية ورسوبية، حيث تتكون هذه التكوينات التي تقع شمال وادي العقيق باتجاه الجنوب، مروراً بوسط الوادي من الجرانيت والبازلت وحجر الغرين، وتتضمن التكوينات الرسوبية من الرمل والطمي والحصى والحجر الرملي، ومن هذا المنطلق شرعت هيئة تطوير منطقة المدينة المنورة في تنفيذ مشروع التأهيل البيئي، للمحافظة على طبيعته وموارده، وتحويله إلى متنفس ينعش رؤية المدينة المنورة وفي أحضان الوادي، تقع عرصة العقيق اللتان



كان عليها إلى ممر أخضر طبيعي، كما جرى وضع الحلول لتعزيز المشهد الحضري من خلال معالجة وضع النفايات ومخلفات البناء التي كانت تهدد بيئة الوادي، وركز المشروع على تحسين انسيابية جريان مياه السيول بالوادي، وتحويله إلى مصرف طبيعي لمياه الأمطار، وإعادة تدوير المياه إلى وضعه البيئي الطبيعي

ولإيماننا بأن التطوير عملية مستمرة تستوجب التوثيق الدقيق لوضع الوادي بيئياً، فقد رصدت الجهة المختصة في الهيئة، الوضع النباتي على امتداد وادي العقيق، وحصرت في كتاب (نباتات وادي العقيق المبارك) من إصداراتنا، والذي تم فيه تدوين أكثر من 200 نوعية من النباتات تم اختيارها وزراعتها لتكون ضمن الأحزمة الخضراء التي تتوافق مع مبادرة السعودية الخضراء

مشاريع صديقة للبيئة

وبلغة الأرقام، فإن مشروع التطوير البيئي لوادي العقيق في مرحلته الأولى، شهد تنفيذ مسارات

وتوسيع المسطحات الخضراء وتوطين النباتات المحلية في بطن الوادي، وتوفير منظومة الخدمات العامة وتطوير المناطق التاريخية على ضفافه.

وقد بدأ التخطيط المسبق للمشروع بإجراء الدراسات الهيدرولوجية من هيئة المساحة الجيولوجية السعودية ودراسات تصميمية من استشاريين عالميين بشركات لها تجارب تطويرية مميزة لمشاريع مماثلة، كما جرى تطبيق نمذجة ومحاكاة السيول بالمدينة المنورة مع تضمين جميع المعلومات الخاصة بالفيضانات السابقة وتحليلها وإصدار الخرائط الديناميكية لمخاطر السيول وتحديد المواقع الآمنة والخطرة، وعمل تصور لحركة وتدفق المياه داخل وخارج القنوات للأودية.

تعزيز المشهد الحضري

وقد ساهم المشروع في أولى مراحلها في تحويل بيئة الوادي من الحالة المتدهورة التي



على امتداد الممشى، إلى جانب 150 موقفاً مخصصاً للسيارات ونفخر في هيئة تطوير منطقة المدينة المنورة بمشروع وادي العقيق الذي يُعد واحداً من المشاريع التطويرية الرائدة والمديقة للبيئة التي تُصفي بعداً جمالياً على المدينة المنورة، وتحسن المشهد العام، وتجعله متوائماً مع النسيج العمراني، خصوصاً المرتبط مع حرم الوادي، وتحويل مشاهدته المتوازنة إلى ظاهرة تخاطب حواس الإنسان، وتحقق التكامل بين البيئة العمرانية والموارد الطبيعية

وممرات للمشاة على مساحة 30115م²، كما تم استخدام أحجار الجرانيت على أطراف الوادي للمحافظة على محيط القناة بمساحة إجمالية قدرها 50,000م²، مع عمل شبكات لري المزروعات بمساحة تقدر بـ 35,000م²، وهيئة الجزر الطبيعية في قلب الوادي بمساحة 9,000م²، في حين تبلغ الطاقة الاستيعابية للممشى 5000 شخص في الساعة الواحدة، وقد تمت إضاءة الوادي بـ 65 عمود إنارة لتعزيز إضاءة المنطقة بتقنية LED، إضافة إلى 980 نقطة إضاءة سفلية موزعة هندسياً لإظهار جماليات مكونات الممشى الذي يحوي تسع ساحات مهياة بشكل جمالي تتيح إطلالات بديعة على ضفاف الوادي، إلى جانب هيئة 290 موقعاً مخصصاً للاستراحة والانتظار



أ. محمد الخان
أخصائي جيولوجي
هيئة تطوير محمية الإمام عبد العزيز بن محمد الملكية

هضبة العرمة..

تنوّع جيولوجي فريد من نوعه في المملكة العربية السعودية

أعطى التنوع الجيولوجي في هضبة العرمة قيمة طبيعية لمحمية الملك خالد الملكية حيث تكونت عدة موائل برية للحياة الفطرية من خلال التصدعات والأودية والتلّوءات الصخرية وتكونت برك مائية طبيعية موسمية ساعدت على حفظ مياه الأمطار لفترات طويلة



تمتاز منطقة هضبة العرمة بجمالية التكوينات الصخرية الناتجة عن عوامل التعرية والتجوية كالرياح ومياه الأمطار والتي أدت مع مرور الزمن إلى نحت وتآكل الطبقات الصخرية وساهمت في تكوين الأودية والأخاديد الخشوم والحفر الوعائية والكهوف

بيئة بحرية ضحلة. كما تتميز بتكوينات هضبة العرمة باحتوائها على أحافير اللافقاريات التي تعكس طبيعة البيئة البحرية القديمة المتكونة بها

وتمتاز منطقة هضبة العرمة بجمالية التكوينات الصخرية الناتجة عن عوامل التعرية والتجوية كالرياح ومياه الأمطار، والتي أدت مع مرور الزمن إلى نحت وتآكل الطبقات الصخرية، وساهمت في تكوين الأودية، الأخاديد، الخشوم، الحفر الوعائية، والكهوف. ومن أبرز الظواهر الجيولوجية التي ساعدت في تحليل وتفكيك الصخور هي الفوالق والتصدعات البارزة في المنطقة، التي تعتبر مصدراً مهماً لتغذية الخزانات الجوفية وتنشط الانهيارات الصخرية على حافة هضبة العرمة بسبب اختلاف وتفاوت صلابة الصخور.

كما تعتبر هضبة العرمة مورداً طبيعياً للمياه السطحية والجوفية، حيث تنحدر منها أهم الأودية الرئيسية في المنطقة (مثل وادي الثمامة، ووادي الطوقي، ووادي الجريذي)، وتمتد إلى الشمال الشرقي من محمية الملك

تتميز محمية الملك خالد الملكية التي تبلغ مساحتها 1,162 كم مربع بتنوعها الجيولوجي الفريد من نوعه في المنطقة الوسطى من المملكة العربية السعودية، ومن أهم معالمها الجيولوجية هضبة العرمة التي تتكون من سلسلة من المرتفعات الواقعة في هضبة نجد في شرق وسط شبه الجزيرة العربية، وشمال شرق مدينة الرياض، وتمتد على مسافة تزيد عن 700 كم على شكل حزام منحد مواز لنفود الدهناء من الشرق، حيث تعتبر حافة العرمة آخر حواف هضبة نجد من الشرق، ويبلغ أقصى ارتفاع للعرمة 805 أمتار، كما تمتد منحدره باتجاه الشمال الشرقي، وتختفي طبقاتها في باطن الأرض لتصل إلى مستوى سطح البحر.

متكون العرمة

وتحتوي هضبة العرمة على طبقات جيولوجية مختلفة ذات خصائص متنوعة، مما أضاف لجماليتها في اللون والشكل. وتتكون من متكونين رئيسيين وهما متكون العرمة والوسيع، يغطي متكون العرمة الجزء العلوي من الهضبة، ويعود إلى العصر الطباشيري الأعلى، ويحتوي على الحجر الجيري، حجر الدولوميت، وحجر الطفل الصفحي، وقد تكونت في بيئة بحرية عميقة وضحلة، ومن ثم يليه الجزء السفلي من الهضبة وهو متكون الوسيط الذي يعود إلى العصر الطباشيري الأوسط، حيث يحتوي على الحجر الرملي المتكون في

على سفحها والأودية العميقة النابعة منها
وكثرة الروضات بحولها
قيمة طبيعية

وقد أعطى التنوع الجيولوجي في هضبة
العرمة قيمة طبيعية لمحمية الملك خالد
الملكية، حيث تكونت عدة موائل برية للحياة
الفطرية من خلال التصدعات والأودية والتنوعات
الصخرية، وتكونت برك مائية طبيعية موسمية
تساعد على حفظ مياه الأمطار لفترات طويلة.
ويدعم التنوع الجيولوجي تعزيز النوع الأحيائي،
حيث يساهم في تكوين بيئة حيوية للنباتات
والحيوانات بمختلف أنواعها، وبحسب اختلاف

”
تميّز هضبة العرمة بالتنوع الجيولوجي
والأحيائي يجعلها وجهة فريدة للسياحة
الجيولوجية في المنطقة الوسطى من
المملكة العربية السعودية وهذا هو أحد
أهم أسباب المحافظة عليها ضمن محمية
الملك خالد الملكية

خالد الملكية، وتصب في روضة خريم (إحدى
أكبر الروضات في منطقة نجد) وحائرة المزيرع
في محمية الإمام عبدالعزيز بن محمد الملكية،
حيث إن هضبة العرمة تلعب دوراً كبيراً في
تنظيم تدفق المياه وتقليل حدوث الفيضانات
في المنطقة، وذلك بوجود الصخور المنهارة



المملكة العربية السعودية، وهذا هو أحد أهم أسباب المحافظة عليها ضمن محمية الملك خالد الملكية، إضافة إلى احتوائها على العديد من الظواهر الجيولوجية المميزة كالفوالق والتصدعات والدحول، مما يمكّن الزوار والباحثين من رؤية جمال هذه الظواهر والتعرف على تفاصيلها وحمايتها، والقيام بالأنشطة البيئية كالمشي الخلوي والتخييم والاستمتاع بجمال طبيعة المنطقة

التضاريس وخصائص التربة في المنطقة، مما أدى لنمو النباتات المعمرة والموسمية في الأودية ومواقع تجمع المياه في مختلف المناطق ضمن محمية الملك خالد الملكية، ووفرت الموائل المتنوعة ملاذاً آمناً لمختلف أنواع الحيوانات من الثدييات والزواحف والطيور المتعايشة فيها.

إن تميز هضبة العرمة بالتنوع الجيولوجي والأحيائي يجعلها وجهة فريدة للسياحة الجيولوجية في المنطقة الوسطى في





البروفيسور/ عبدالعزيز بن لعبون
مؤسس ورئيس مجلس إدارة الجيولوجيون
السعوديون، جيولوجي - مستكشف ميداني

أرض الرسائل السماوية وملقى الحضارات القديمة مدين – نيوم.. عراقة التاريخ وتميز الجيولوجيا وتنوع الجغرافيا

يقع حوض مدين في أقصى شمال غربي المملكة إلى الشمال من البحر الأحمر وإلى الشرق من خليج العقبة، ويقع الحوض بأكمله ضمن مشروع نيوم. وتحظى مدين بموقع جغرافي استراتيجي متميز في قلب العالم القديم وبين حضاراته ومن خلاله تمر طرقه، كما أن للمنطقة واجهتين بحريتين على البحر الأحمر وخليج العقبة، وهي قريبة وعلى اتصال بوادي عربة والبحر الميت وسيناء وساحل البحر المتوسط.

”

”تمتاز منطقة هضبة العرمة بجمالية التكوينات الصخرية الناتجة عن عوامل التعرية والتجوية كالرياح ومياه الأمطار والتي أدت مع مرور الزمن إلى نحت وتآكل الطبقات الصخرية وساهمت في تكوين الأودية والأخاديد الخشوم والحفر الوعائية والكهوف

الألوان:

تتعدد ألوان المنطقة:
تلوّن البحار – ازدهار الشعاب المرجانية - تنوع الشواطئ - رداية السهول - جمال الوديان - شموخ الجبال - ثراء الصخور.

الجيومورفولوجيا

عملت العوامل الجيولوجية وتنوع مخور المنطقة وما تعرضت له من حركات أرضية وارتفاعات وخسوف بسبب الحركات البنائية (التكتونية) وعوامل التجوية من حت وتعرية وغيرها على تكون تشكّل تضاريس متباينة، جعلت من المنطقة متحفاً جيولوجياً طبيعياً مفتوحاً حوى كل المتباينات، من جبال، وجبال، وأودية، وقيعان، وأحواض، وكثبان، وسباح، وشواطئ، وشروم، ورؤوس أو ألسنة، بحار، وجزر

العمق التاريخي

مكّن الموقع الاستراتيجي لحوض مدين وطبيعته الجيولوجية أن يحظى بتاريخ عريق فهو أرض الرسالات السماوية، وملتقى الحضارات القديمة، فبجانب موقعه في قلب العالم القديم آسيا،

الجغرافيا

يقع حوض مدين في أقصى شمال غربي المملكة إلى الشمال من البحر الأحمر وإلى الشرق من خليج العقبة، ويقع الحوض بأكمله ضمن مشروع نيوم.

لمدين موقع جغرافي استراتيجي متميز في قلب العالم القديم وبين حضاراته ومن خلاله تمر طرقه، كما أن للمنطقة واجهتان بحريتان على البحر الأحمر وخليج العقبة، وهي قريبة وعلى اتصال بوادي عربة والبحر الميت وسيناء وساحل البحر المتوسط

نيوم

نيوم مصطلح يتكون من جزئين:
نيو = من أصل لاتيني Neu أو Neo ويعني جديد أو حديث
م = حرف الميم في اللغة العربية ويقصد به المستقبل
وعليه تعبر نيوم عن المستقبل الجديد أو مشروع المستقبل

الأبعاد:

تتعدد أبعاد منطقة هذا المشروع المتميزة من عدة جوانب:
استراتيجية الموقع - عراقة التاريخ - تميّز جيولوجيا - تنوع الجغرافيا - جمال الجيومورفولوجيا - غنى الشروات

مناطق، كما أن للمنطقة العديد من الموانئ على ساحل البحر الأحمر وعلى خليج العقبة كما وهي درب الحاج الشامي والمصري قبل الإسلام وبعد انتشاره، وأوضح درب للحاج هو الذي يمر من الشرف - البدع - عينونة - المويلح فجنوبًا

اليوم ترتبط المنطقة بشبكة من الطرق الحديثة، فكل الطرق تؤدي إلى مدين

المستشرقون والآثار

استرعى تاريخ المنطقة القديم، وآثارها، ومكاتها الدينية لدى جميع الشرائع السماوية، اهتمام المؤرخين، والآثريين، والجغرافيين، والمستكشفين، وخاصة المستشرقين الذين درسوا، ونقبوا، وبحثوا، وكتبوا في تاريخها، ومن أولئك: برك 1861م، ودوتي 1875-1878م، بورتون 1878م، وموسيل 1902م، وفرانك 1934م، وجلوك 1935م، وروثبرج 1959م، وعبدالله فيليبي، وبار - هاردنج - دايتون الذين قاموا حديثًا بمسوحات أثرية في سنة 1968م، وغيرهم من عشرات المستشرقين الآخرين زاروا مدين وكتبوا عن جغرافيتها وأهلها وآثارها ومعادنها، ويعدّ ما قامت به الدكتورة عواطف بنت أديب سلامة من جهد في تأليف كتابها (أهل مدين) من أشمل ما كتب عن المنطقة؟

الآثار.... من الأنباط - الحديث

تنتشر في مدين الكثير من المواقع الأثرية القائمة الشاخصة منها والدارسة، وتشمل تلك

وأفريقيا، وأوروبا، فهو كذلك موقع وسط بين حضارات جزيرة العرب، والسند، والرافدين، والشام، والنيل، والإغريق، والرومان، تأثرت بهذه الحضارات وأثّرت بها، وتركت الكثير من آثار حضارتها

مدين أرض الأنبياء وذرياتهم

تشير مختلف المصادر والمراجع أن نبي الله إبراهيم عليه السلام رزق من زوجته الكنعانية قطورة أو قنطورة أو قطوراء بستة أبناء أحدهم مدين، وعاش مدين وذريته وقبيلته في المنطقة وسادوا فيها، وربما كان هذا سبب تسمية المنطقة بمدين، كما عاش في المنطقة نبي الله شعيب عليه السلام، وسكنها أيضًا نبي الله موسى عليه السلام

مدين في القرآن الكريم

ورد ذكر: مدين، ونبيها، وأهلها، وأرضها، ومائها اثنا عشرة مرة في إحدى عشرة سورة فقد ورد ذكر: «وإلى مدين أخاهم شعيبًا..»، «أصبح الأيكة..»، «أصبح مدين..»، «أهل مدين..»، «مدين..»

كما ورد ذكرها في التوراة، وآثار الحضارات القديمة، وكتب المؤرخين والمفسرين الرحالة للمستشرقين

طرق القوافل والحجيج

تخترق مدين ويمر بالقرب منها الكثير من الطرق القديمة التي تربطها بما يجاورها من

سطح البحر، كما يوجد بها جبال الدَّبغ 2315 متر،
والشياطي 2103 م، وزهد 1980 متر، وحرب 1786
متر، وشار 1784 متر

الوديان

تتخلل حوض مدين عشرات الأودية التي يصب
معظمها في البحر الأحمر وخليج العقبة،
ومنهما: أودية مبرك، وأم جرفين، والزيتة،
والأبيض، والشق- شقري - العلى - الغر - شرما،
وعينونة، وتريم، والحمضة - طيب اسم، عفال

التجمعات الحضرية

تنتشر في مدين الكثير من المدن والمراكز
ومنهما: المويلح، والبدع، ومقنا، قيال، وعينونة،
وشرما، والخريبة، وضبا، وتبوك، وبئر ابن
هرماس، وحالة عمار، وحقل

المناخ

عمل التباين في تضاريس مدين على جعل
المنطقة متميزة في مناخها اللطيف على
مدار العام، فمع تساقط الثلوج على المرتفعات
الجبلية في الشتاء، إلا أنه وبمجرد النزول من
المنطقة الجبلية وعلى مسافة غير بعيدة
تعتدل الأجواء مما يتيح الفرصة للسباحة على
ساحل البحر في ذات اليوم، وفي الصيف تهيأ
الأودية والشواطئ الأجواء المناسبة للراحة
والاستجمام

السواحل

نستعرض الواجهات البحرية للمملكة، فللمملكة

الآثار ما يعود منها إلى الإنسان القديم من
بقايا أدوات حجرية وغيرها في مستوطنات
قديمة تعود إلى العصور الحجرية، إلى الآثار
النبطية، إلى الآثار الحديثة، ومن تلك الآثار:
البدع: بعثة سعودية - فرنسية - آثار نبطية -
العصر الحجري (رؤوس سهام)
عينونة - الخريبة: بعثة سعودية - بولندية -
مباني نبطية
آثار نبطية: قُرْبَة التي ربما كانت عاصمة مدين-
عينونة - الخريبة - البدع
الخريبة: ميناء الأنباط (لوكي كومي)
المويلح: قلعة المويلح العثمانية
حقل: قلعة الملك عبدالعزيز

مظاهر تضاريسية متنوعة

يشكل حوض مدين متحفاً طبيعياً مفتوحاً تتجلى
فيه عجائب خلق الله من تضاريس عملت على
تشكيلها مختلف العوامل الجيولوجية، فقد
جمعت المنطقة بين بحار عميقة، وشعاب
مرجانية متنوعة أخذة، وشواطئ رملية
نظيفة، ومصاطب ساحلية حوت مختلف أنواع
الشعاب المرجانية المتحجرة وغيرها من بقايا
الأحياء البحرية، وجبال شاهقة، ووديان عميقة
ومنبسطة وغير ذلك

الجبال

جبال مدين تتبع سلسلة جبال الحجاز ويوجد
بها أعلى قمة في منطقة تبوك هي قمة
جبل اللوز التي يبلغ ارتفاعها 2549 متر فوق

البحر الأحمر 2420 كيلومتر، وهي حوالي 80٪ من طول البحر الأحمر، وللمملكة واجهة بحرية على معظم الساحل الشرقي لخليج العقبة بطول قدره 180 كيلومتر. يطل حوض مدين على الجزء الشمالي لساحل البحر الأحمر ومعظم ساحل خليج العقبة

جزر المملكة

للمملكة أكثر من 1285 جزيرة، بين كبيرة

أربع واجهات بحرية يبلغ مجموع أطوالها 3800 كيلومتر، من الشرق: الخليج العربي، وللمملكة عليه واجهتان بطول 1200 كيلومتر: شمال الخليج العربي من الخفجي شمالاً إلى سلوى جنوباً وبتول 1100 كيلومتر، وجنوب الخليج العربي ويشمل خليج العديد بين قطر والإمارات العربية وبتول يبلغ 100 كيلومتر. وفي الجانب الغربي للمملكة واجهتان يبلغ مجموع طولهما 2600 كيلومتر: منها على

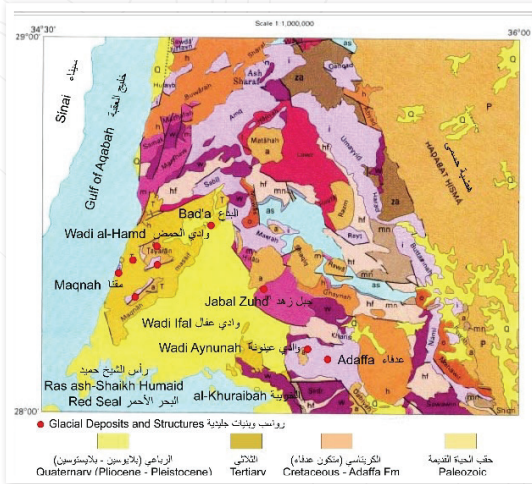


حزوز الزحف الجليدي الذي تعرض له حوض مدين خلال فترة الميوسين.

في مواقع مختلفة في البدع، ومقنا، وجبل الزهد، وعذفاء، وعينونة، وهي تابعة لفترة الميوسين، وهي الفترة التي غطى فيها الجليد أمريكا الشمالية وأوروبا

الجيولوجيا:

تُعدّ مدين جنة للجيولوجيين حيث تتنوع مخورها وتراكيبها البنائية وبيئات ترسيبها وتنوع ثرواتها الطبيعية. تتكون جيولوجية مدين من إقليمين رئيسيين مختلفين: إقليم الصخور النارية والمتحولة وهي المنكشفة في أقصى شمالي الدرع العربي، ومخوره موغلة في القدم وهي مخور تابعة لما قبل الكامبري، وحوض رسوبي مثلث الشكل قاعدته نحو الجنوب ومكوّن من مختلف أنواع الصخور الرسوبية



خريطة جيولوجية عامة لحوض مدين.

ومتوسطة وصغيرة في الخليج العربي والبحر الأحمر

تتكون جزر البحر الأحمر من اندفاعات مخور نارية جوفية، ومخور ثورات بركانية سطحية، ومخور رسوبية انبثاقات مخور ملحية، ومخور جيرية لشعب مرجانية، وتغطي بعض هذه الجزر رمال كثبانية بحرية ناصعة البياض. وتعد جزر فرسان أقصى جزر البحر الأحمر جنوبًا وجزيرتا ثيران ومنافر أقصاها شمالا

أما جزر الخليج العربي فتتكون في معظمها من مخور رسوبية جيرية، وشعاب مرجانية، وانبثاقات ملحية، وتغطي معظمها رواسب رملية وطينية

أرض الدينامصوات

تنكشف في حوض مدين مخور رسوبية ممثلة في التتابع الطبقي للعصر الكريتاسي وهي مخور متكون عذفاء التي تحتوي على مختلف أنواع الأحافير الفقارية ومنها عظام ديناصورات عاشت في المنطقة قبل أكثر من 65 مليون سنة

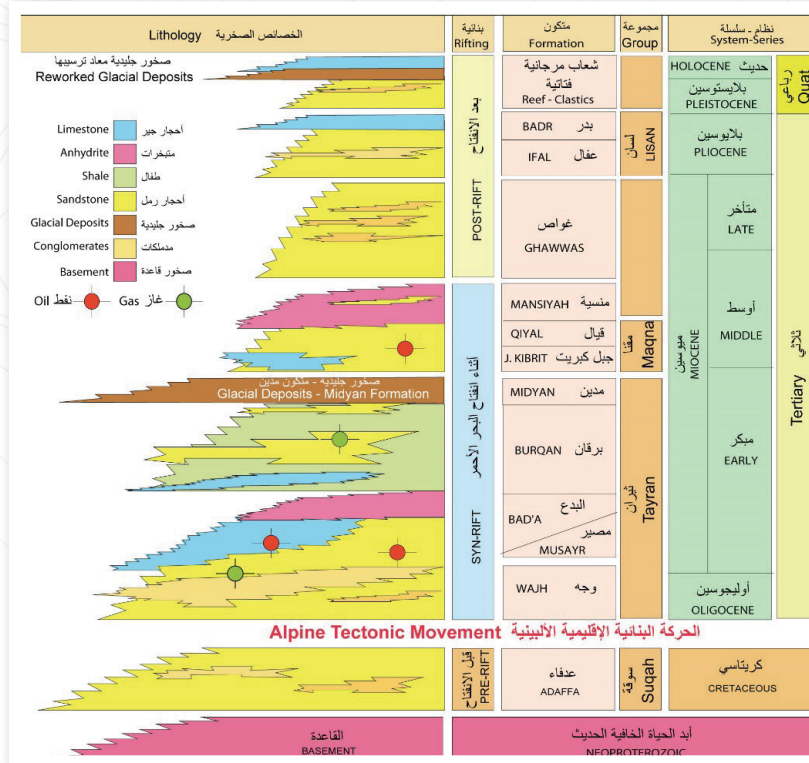
الجليد

أثبتت الصخور المنكشفة في حوض مدين أن المنطقة تعرضت لما لا يقل عن فترتين جليديتين، الأولى حدثت خلال ما قبل الكامبري وهي ممثلة بصخور متكون سيلاسيا المنكشفة حوض مدين ، والثانية أحدث حصلت خلال فترة الميوسين وقد اكتشفها الكاتب سنة 2012م، ومخورها تنكشف

التتابع الطبقي:

يتمثل التتابع الطبقي لمدين في مخور ما قبل الكامبري المتنوعة وتعلوها مخور فتاتية تابعة للعصر الكريتاسي وقد عثر فيها على عظام ديناصورات في وادي عينونة، ثم علاقة لاتوافق واضحة تمثل الحركات البنائية الألبينية، وتعلوها مخور حقبة الحياة الحديثة ممثلة

بشكل رئيس في فترات الميوسين، والبلايوسين، والبايستوسين. ويوفر التتابع الطبقي لمدين نافذة جيولوجية لفهم تأثير الحركات التكتونية على نوع المناخ والأنظمة الترسيبية في الحوض التي تتنوع فيها بيئات الترسيب إلى النهرية والبحرية والقارية والجليد والمتبخرات.



يشكل حوض مدين متحفاً طبيعياً مفتوحاً تتجلى فيه عجائب خلق الله من تضاريس عملت على تشكيلها مختلف العوامل الجيولوجية

لمدين موقع جغرافي استراتيجي متميز في قلب العالم القديم وبين حضاراته ومن خلاله تمر طرقه كما أن للمنطقة واجهتين بحريتين على البحر الأحمر وخليج العقبة

التتابع الطبقي لمختلف أنواع مخور حوض مدين، والطبقات الخازنة للنفط والغاز، وطبقات الصخور الجليدية.

الثروات الطبيعية:

حوض مدين غني بثرواته الطبيعية حيث تنتشر في مخور الدرع العربي مختلف أنواع المعادن الفلزية كالذهب والفضة والنحاس والحديد وغيرها، وقد تم استغلالها منذ القدم حيث تنتشر محاجرها ومناجمها القديمة، كما تحتوي الصخور الرسوبية للرف العربي على معادن لافلزية، وتخزن مساماتها على المياه والنفط والغاز.

الثروات الطبيعية

المياه...

تتميز مدين وخاصة الجزء الرسوبي منها بوفرة مياهه الجوفية السطحية لكثرة الأودية والأحواض الرسوبية، وتنتشر فيها الآبار والعيون وتزدهر فيها المزارع التي تنتج مختلف أنواع الخضار والفواكه والتمور، ومن ذلك كثير من الآبار في حوض عفال، ومن الآبار التاريخية ما يعرف بئر السعيد في البدع ويعرف ببئر موسى

ظاهرة مائية غريبة:

تنبع في مقنا بئر عذبية حيث ينبع الماء من قاع وحوايف حفرة واسعة ويبدو كأنه يتجه صاعدًا عبر قناة أو ممر عكس الميل، وذلك دون أن تمتلئ الحفرة، ويستمر الماء صاعدًا لما لا يقل عن أربعة أمتار ليصب في الوادي على بعد حوالي 25 مترًا، وتعرف هذه العين في مقنا بعين موسى.

النفط والغاز: البلاطة العربية

عند استعراض ما تحتزنه المنطقة من ثروات طبيعية لابد من مقدمة حول شامل البلاطة العربية التي انفصلت عن البلاطة الأفريقية وابتعدت عنها وما زالت تبعد بمقدار حوالي 2 سنتيمتر سنويًا، البلاطة العربية متميزة بكل خصائصها، فحدودها واضحة المعالم من حدود التباعد المكونة لأحدود البحر الأحمر وخليج عدن، وسلسلة التصدعات التحويلية لبحر العرب، وحدود التصادم المكونة لسلسلة جبال عمان وزاجروس وطوروس، وصدوع البحر الميت التحويلية تسببت حركة البلاطة العربية باتجاه الشرق في سلسلة من الزلازل المدمرة خاصة في جانبها الشرقي نتج وينتج عنها الكثير من الدمار في إيران وجنوب شرقي تركيا، كما وتحدث الزلازل على امتداد ساحل البحر الأحمر، وكذلك حدوث الثورات البركانية من عدن جنوبًا إلى جنوب شرقي تركيا شمالًا هذا من جانب الأثر التدميري أو نغم حركة البلاطة العربية، ولكن هناك الأثر الإيجابي أو نعم حركة البلاطة العربية فقد تكونت في الجانب الشرقي للبلاطة شريط من البنيات التركيبية على هيئة طيات وصدوع يمتد من عمان إلى جنوب شرقي تركيا، وهذه البنيات هي أغنى مصائد للنفط والغاز في العالم، ويعرف هذه الشريط بحوض الترسيب العربي الكبير

نفط مدين

المنطقة غنية بالمياه الجوفية والنفط والغاز، وقد تم اكتشاف ثلاث نفاطات (حقول نفط)

وغازيتان (حقلا غاز)، اثنان على اليابسة، وهما حوض مدين وصدر، وثلاثة مغمورة بمياه البحر الأحمر وهي برقان وحريد وشعور



خريطة مبسطة لحوض مدين تظهر مواقع حقول النفط والغاز على اليابسة والمغمورة.

تمثل مدين متحفًا جيولوجيًا طبيعيًا مفتوحًا حوى كل المتباينات من جبال وجبال وأودية وقيعان وأحواض وكثبان وسبخ وشواطئ وشروم ورؤوس أو ألسنة بحار وجزر

تشير مختلف المصادر والمراجع إلى أن نبي الله مدين عاش وذريته وقبيلته في المنطقة وسادوا فيها كما عاش في المنطقة نبي الله شعيب عليه السلام وسكنها أيضًا نبي الله موسى عليه السلام

البحث عن رشوحات النفط ...

بحثت عن رشوحات نفط جزر فرسان خلال صيف سنة 1989م، وخلال رحلة ثانية في سنة 2002م ضمن الفريق العلمي لتحديث أطلس المملكة، ولم أَعثر عليه إلا في رحلة بحرية سنة 2016م ضمن فريق الرحالة الرواد، وظهرت آثار النفط على سطح مياه البحر على هيئة غشاء من



رشوحات النفط تعلو مياه جزر فرسان عند منظر السجيد.

الزيت ورائحته تعط في المنطقة

وظهرت رشوحات النفط في عدد من المواقع على ساحل الخليج العربي وتسرب الغاز مع آبار مياه مزارع في القصيم فأسموه «الماء اللي يولع»، وقام عدد من أصحاب المزارع بفصله عن الماء واستغلاله في الإنارة والطبخ وغيرها.



خريطة مبسطة لحوض مدين تظهر مواقع حقول النفط والغاز على اليابسة والمغمورة

التوصيات

نظرًا للاهتمام بالمنطقة وكثرة المشاريع التنموية فيها فإنني أوصي بالتالي:

- الاهتمام بأهل المنطقة
- المحافظة على البيئة
- الأخذ في الاعتبار الوضع الجيولوجي القلق للمنطقة: زلازل - تسونامي - براكين - انهيارات صخرية
- إنشاء متحف للتاريخ البشري: قديم - حديث
- إنشاء متحف للتاريخ الطبيعي: جيولوجيا - نبات - حيوان
- إنشاء مراكز بحث علمية متخصصة
- إنشاء كراسي أبحاث علمية في الجامعات لمدين
- توجيه رسائل الماجستير والدكتوراه لموضوعات في مدين
- المحافظة على المسميات التاريخية والجغرافية والتراثية
- التنويه علميًا حول مدين في الأوساط العلمية
- إشهار مدين إعلاميًا عربيًا وعالميًا



الجيولوجي / عبدالله بن محمد الشمري
هيئة المساحة الجيولوجية السعودية
مركز المسح الجيولوجي

جيولوجية السعودية

بين النشر العلمي والإعلامي

لا شك بأن الاهتمام بجيولوجية السعودية حظي منذ بداية عهد الموسس الملك عبدالعزيز بن عبدالرحمن آل سعود (طيب الله ثراه) بالدعم والتشجيع بدايةً من حرصه رحمة الله على استقطاب الجيولوجيين للبحث عن مصادر ومكامن المياه الجوفية من أجل توطئ أهل البادية ومروراً بالبحث والتنقيب عن البترول لازدهار وتنمية هذا البلد ورخا العيش لمواطنيه

”

وانتهاءً باهتمامه رحمه الله بالبحث عن استكشاف المعادن والثروات الطبيعية والتي اولتها قيادة هذه الحكومة الرشيدة الاهتمام حتى يومنا هذا من خلال تعاقد المملكة حفظها الله ممثلة بوزارة البترول والثروة المعدنية (سابقاً) مع أفضل البعثات الجيولوجية في العالم والاهتمام بأ نشاء الكليات المختصة بعلوم الأرض في الجامعات السعودية واهتماماً بصور الامر الملكي عام 1999 ميلادي بأنشاء هيئة المساحة الجيولوجية السعودية لتقوم بأستكمال دور تلك البعثات بالدراسة والبحث والاستكشاف عن ثروات هذا البلاد

خلال تلك الفترة والفترة الحالية وعلى مر عدة عقود من العمل الجيولوجي من البحث والاستكشاف والذي صاحبه انجاز الكثير من الدراسات والأبحاث العلمية المنشورة والاف التقارير الجيولوجية. ظلت هذه التقارير والأبحاث الجيولوجية لسنوات محصورالاطلاع عليها في الغالب على اهل الاختصاص والمهتمين بحكم إجراءات الحصول عليها

ومع اطلاق رؤية 2030 بقيادة سمو سيدي ولي العهد واهتمامه بقطاع التعدين كركيز ثالثة لاقتصاد المملكة العربية السعودية لعبت هيئة المساحة الجيولوجية الدور الأكبر في التعريف بجيولوجية السعودية ومواقع ثرواتها المعدنية من خلال اطلاق منصة قاعدة المعلومات الجيولوجية(نجد) ومنصة المخاطر

الجيولوجية (رواسي) والتي تحويان على معظم تلك الدراسات والابحات والخرائط والتقارير الجيولوجية والجيوفيزيائية السابقة والحالية والتي أصبح من السهولة الحصول عليها لتكون داعمة ومشجعة للمستثمرين في قطاع التعدين والباحثين والمهتمين بعلوم الارض ومع انتشار وسائل التواصل الاجتماعي واهتمامها بنشر ما تحظى به السعودية من تنوع جيولوجي فريد في تكويناتها ما بين الدرع العربي والغطاء الرسوبي ومعالمها الجيولوجية المتميزة خلال السنوات القليلة الماضية بدأنا نشاهد ونلاحظ الاهتمام والدورالإعلامي من خلال قنواته المرئية والمسموعة والمقرؤه يسلط الضوء عليها كجزء مهم من ثروات بلادنا الطبيعية فاصبح لدى العامة اهتمام كبير لمعرفة الكثير عن جيولوجية السعودية حتى وصل الاهتمام في وسائل التواصل والقنوات العالمية المختصة في نشر تلك المعالم الجيولوجية عن السعودية والتطرق لها لهذا فجيولوجية السعودية تستحق هذا التسليط الإعلامي لما تتميز به من معالم وتكوينات قادرة على استقطاب الاف وملايين المهتمين والمختصين ومحبين الطبيعة من حول العالم لزيارة المملكة العربية السعودية والتمتع بمشاهده معالمها وتضاريسها كواحدة من اهم روافد زيادة الاستقطاب السياحي تماشياً مع رؤية2030.



أ. سعيد أحمد الطويل

مدير التحرير

رئيس قسم الإنتاج وصناعة المحتوى
هيئة المساحة الجيولوجية السعودية

أرضنا

رايات من عز وذهب

إلى قراء مجلة «أرضنا - الجيولوجيا والتعدين»،

نرحب بكم في العدد الجديد الـ 27 لمجلة هيئة المساحة الجيولوجية السعودية السنوية «أرضنا - الجيولوجيا والتعدين» بشقيها العربي والإنجليزي، المتخصصة في مجال الجيولوجيا والتعدين وفق أهداف وتوجهات وخطط التنمية، لإسهام في تحقيق النمو في المخرجات العلمية ومشاركة العالم بأحدث التطورات، وكيف يمكن أن يكون لهذه التطورات أثراً عميقاً على حياتنا اليومية في النمو الاقتصادي والاجتماعي، نسلط الضوء على أبرز المشاريع الاستكشافية، لمواكبة التحول الذي شهده قطاع التعدين في المملكة خلال السنوات الخمس الماضية في ظل اهتمام وجهود وزارة الصناعة والثروة المعدنية، الرامية الى تطبيق أفضل الممارسات وتحقيق التنمية المستدامة في قطاع التعدين، إضافة الى آخر مستجدات أخبار ومشاريع الهيئة ومبادراتها منذ إطلاقها. ونظرا لأهمية الجيولوجيا في استكشاف الثروات المعدنية، التي تُعد أساس الصناعات التعدينية

الداعمة للاقتصاد وخلق الفرص الاستثمارية الواعدة، تم تخصيص مصطلح «الجيولوجيا والتعدين» لاسم المجلة أرضنا، ليأتي هذا العدد امتداداً للأعداد السابقة، ولتوسيع دائرة الكتاب وجعل العدد مصدر علمي موثوق ومستدام، تضمن العدد مقالات علمية متخصصة في مجال «الجيولوجيا والتعدين» كما ضم نخبةً من كُتّاب هيئات المسح الجيولوجي العالمية المشاركة بمؤتمر التعدين الدولي بنسخه الثلاث، الى جانب الكتاب الشركاء من الجهات التشغيلية والأكاديمية والإدارية ذات العلاقة، محلياً ودولياً، ليسهم العدد في خدمة وتعزيز ثقافة الجيولوجيا ونشر الأبحاث العلمية الرائدة في هذا المجال، نأمل أن تجدوا في هذا العدد ما يثري معلوماتكم المعرفية ويلبي احتياجاتكم العلمية، كما نتطلع إلى تزويدكم بالمحتوى الجيولوجي المتميز في الأعداد القادمة، شاكرين ولأكم المتواصل لمجلة الهيئة «أرضنا - الجيولوجيا والتعدين»

أرضنا

الجيولوجيا والتعدين

الجهات المشاركة في العدد ١٧ (٢٧) من مجلة أرضنا العلمية



هيئة التراث
Heritage Commission



هيئة تطوير منطقة المدينة المنورة
Al Madinah Region Development Authority



هيئة المساحة الجيولوجية السعودية
SAUDI GEOLOGICAL SURVEY



وزارة الصناعة
والثروة المعدنية
Ministry of Industry and Mineral Resources



الجيولوجيون السعوديون
SAUDI GEOLOGISTS
تعاونية جيولوجية



الهيئة السعودية للمياه
Saudi Water Authority



هيئة تطوير محمية
الإمام عبدالعزيز بن محمد الملكية
Imam Abdulaziz Bin Mohammed Royal Reserve
Development Authority

ARDHONA

Geology and Mining

Participating parties in the 27th issue of ARDHONA Journal



National Industrial
Development and
Logistics Program



2. Internet of Things (IoT): IoT devices deployed in the field collect real-time data on environmental conditions, equipment performance, and worker safety. This data can be analyzed to improve operational efficiency and reduce risks.

3. Big Data Analytics: The large volumes of data generated during surveys and exploration are processed using big data analytics tools to identify patterns, trends, and anomalies that may indicate mineral presence.

4. Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning: AI and ML algorithms predict geological structures, analyze exploration data, and optimize drilling processes, leading to more successful exploration.

5. Virtual and Augmented Reality: VR and AR technologies visualize geological formations in 3D, allowing geologists and miners to explore the data more immersively.

6. Robotics: Robots are utilized in the field and laboratories to transport, prepare, and analyze samples with high accuracy and speed while linking to software for electronic data processing.

By leveraging these Industry 4.0 technologies, the geological survey and mineral exploration industry can improve efficiency, reduce time and costs, minimize environmental impacts, and enhance operations safety, which aligns with the Kingdom's Vision 2030.

drone in geophysical survey and exploration operations has witnessed important developments in recent years for difficult-to-reach areas such as mountainous areas, volcanoes, and forests and for vast areas to explore mineral resources and other natural resources. This technology and its data and information outputs may be linked to artificial intelligence and other advanced technologies. Automated drilling and AI can reduce manual interaction without modifying the effectiveness of drilling control platforms. Industry 4.0 can analyze samples in laboratories and scientific labs with high precision, speed, and efficiency through high-resolution optical scanners and radiation. The field of laboratories has seen signif-

icant advancements through modern industrial technology in sorting, transporting, classifying, and processing samples using robots. The creativity and innovation in geological surveying and mineral exploration are evident through empowering these machines with deep learning, data analysis, and decision-making capabilities. Here is a summary of the role of Industry 4.0 technologies in geological survey and mineral exploration:

1. Remote Sensing: Advanced remote sensing techniques, such as satellite imagery, LiDAR, and drones, gather high-resolution data over large areas, helping identify potential mineral deposits.

“Today, we live in the Fourth Industrial Revolution era, which has introduced many advanced modern technological advancements in geological surveying and mineral exploration. Industry 4.0 technologies are developing the field of geological survey and mineral exploration. These technologies enable more efficient and accurate data collection, analysis, and decision-making processes.

What is Industry 4.0 technology?

The term “Fourth Industrial Revolution” (Industry 4.0) emerged due to the continuous technological changes, first introduced in November 2011. Industry 4.0 comprises numerous technological advancements that combine advanced manufacturing systems and digital technologies, as well as cyber-physical systems (CPS) and the Internet of Things (IoT), which are considered the foundation of the Fourth Industrial Revolution, preceded by three previous industrial revolutions the Third, Second, and First Industrial Revolutions. The Third Industrial Revolution, the Digital Revolution, began in the late 20th century, around the 1960s. This period saw the development and widespread use of digital technologies, computers, the Internet, and automation. The Second Industrial Revolution occurred in the late 19th and early 20th centuries, from around 1870 to 1914. This period was characterized by rapid industrialization and mass production, the widespread use of steel, electricity, and petroleum, and the development of the internal combustion engine. The First Industrial Revolution occurred in 1760,

which saw the mechanization of agriculture and textile manufacturing, the development of iron-making techniques, and the increased use of steam power.

What are the uses of Industry 4.0 technologies in geological surveys and mineral exploration?

Industry 4.0 includes systems, technologies, and sensors that accelerate the discovery of targeted sites in real-time, saving time and effort and reducing risks compared to traditional methods. Industry 4.0 is characterized by the rapid analysis and processing of big data through deep learning algorithms of artificial intelligence (AI), with precision and efficiency in monitoring and estimating mineral resources, building extensive modeling, and predicting mineral locations. It involves creating digital replicas of geological phenomena and mineral sites for simulation using rich data and composite digital images rich in geological information and sensory inputs such as graphics, 3D surveying processes, and more. This modern technology is distinguished by its rapid estimation of mineral resources and analytical techniques through integrated artificial intelligence with big data and its ability to reuse mining surplus (mining waste) by analyzing the surplus data from mining operations. Modern technologies such as remote sensing techniques have emerged to ensure compliance with environmental safety standards, monitor mineral exploration activities, and discover minerals. These smart modern technologies are utilized to maintain the efficiency of machines and equipment used in mineral exploration. Moreover, using

Developing geological surveying and mineral exploration operations by adopting Fourth Industrial Revolution technologies



Dr. Abdullah I. Nabhan
Senior Director of Survey and
Exploration
Saudi Geological Survey

IV. Conclusions

The sequence of chemical reactions in the studied porcelain compositions followed similar reaction steps up to 1000 °C, beyond which feldspar forms a eutectic melt and starts reacting. After magnetic separation, the porcelain composition containing pegmatite exhibits a maximum densification rate at 1195 °C compared to 1171 °C of pegmatite-containing composition before magnetic separation. The treated pegmatite led to higher bulk density (2.43 g/cm³), a lower percentage of water absorption (0.07%), and the

highest flexural strength (53.14 MPa) at 1200 °C compared to untreated pegmatite.

The whiteness of the porcelain ceramic bodies produced by the treated pegmatite is of better values than those obtained using untreated pegmatite, in which Fe₂O₃ and TiO₂ impurities are present. The present study provides positive indications for using Southern Saudi pegmatite after treatment in ceramic industries.

References

1. P.W. Harben, *The Industrial Minerals Handbook*, 3rd ed. Industrial Minerals Information Services Ltd., Worcester Park, UK, 1999, p.306.
2. P.W. Harben, *The Industrial Mineral Handbook: A guide to markets, specification and prices*. 4th ed. Industrial Minerals Information, Worcester Park, UK, 2002, p.412.
3. C.W. Sinton, *Raw Materials for Glass and Ceramics: Sources, Processing, and Quality Control*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2006, p.368.
4. C.M.F. Vieira, T.M. Soares, R. Sanchez, S.N. Monteiro, *Incorporation of Granite Waste in Red Ceramics*, Materials and Engineering A, 2004.
5. W.D. Kingery, H.K. Bowen, D.R. Uhlmann, *Introduction to Ceramics*, 2nd ed. Wiley, New York, 1975, p.495.
6. G.P. Emiliani, F. Corbara, *Tecnologia Ceramica-La Lavorazione*, Gruppo Editoriale, Faenza Editrice, Faenza, Italy, 1999, p.197.
7. Ch. Schmidt-Reinholz, H. Schmidt, "On the effect of feldspar in brick bodies and products [Ueber die Wirkung von Feldspat in Ziegelmassen und-Erzeugnissen]", *Keramische Zeitschrift*, 47 [8] (1995) 607–612.
8. J.F. Schairer, N.L. Bowen, "Melting relation in the system Na₂O-Al₂O₃-SiO₂ and K₂O-Al₂O₃-SiO₂", *Am. J. Sci.*, 245 (1947) 193–204.
9. W.D. Kingery, 1976: *Introduction to Ceramics*, Wiley, New York, pp. 78-79, 532–540.
10. W.E. Lee, W.M. Rainforth, *Ceramic Microstructures Property Control by Processing*. Chapman & Hall, London, UK, 1994, p.604.
11. M.W. Carty, U. Senapati, "Porcelain-raw materials, processing, phase evolution and mechanical behaviour", *J. Am. Ceram. Soc.*, 81 (1998) 3–20.
12. Y. Iqbal, W.E. Lee, "Fired porcelain microstructures revisited", *J. Am. Ceram. Soc.*, 82 (1999) 3584–3590.
13. Y. Iqbal, W.E. Lee, "Microstructural evolution of porcelain", *J. Am. Ceram. Soc.*, 83 (2000) 3121–3127.
14. H.B. Johnson, F. Kessler, "Kaolinite dehydroxylation kinetics", *J. Am. Ceram. Soc.*, 52 (1969) 199–204.
15. K. Okada, N. Otsusa, "Characterization of the spinal phase from SiO₂-Al₂O₃ xerogels and the formation process of mullite", *J. Am. Ceram. Soc.*, 69 (1986) 652–656.
16. B. Sonuparlak, M. Sarkiaya, L.A. Aksay, "Spinel phase formation during 980 °C exothermic reaction in the kaolinite-to-mullite reaction series", *J. Am. Ceram. Soc.*, 70 (1987) 837–842.
17. K.H. Schuller, "Reaction between mullite and glassy phase in porcelain", *Trans. Br. Ceram. Soc.*, 63 (1964) 102–117.
18. W.A. Deer, R.A. Howie, J. Zussman, *Rock-Forming Minerals*, 2nd ed. Longman Scientific and Technical, London, 1992, p.696.
19. S. Kumar, K.K. Singh, P. Ramachandrarao, Effect of fly ash additions on the mechanical and other properties of porcelainised stoneware tiles, *J. Mater. Sci.*, 36 (2001) 5917–5922.
20. S.M. Johnson, J.A. Pask, Role of Impurities on Formation of Mullite from Kaolinite and Al₂O₃-SiO₂ Mixtures, *Am. Ceram. Soc. Bull.*, 61 (1982) 838–842.
21. G.W. Brindley, J. Nakahira, The kaolinite-mullite reaction series, *J. Am. Ceram. Soc.*, 42 [7] (1959) 311–319.
22. G.W. Brindley, J. Nakahira, The Kinetics of Dehydroxylation of Daolinite and Halloysite, *J. Am. Ceram. Soc.*, 40 [10] (1957) 346–350.
23. K.J.D. Mackenzie, I.W. Brown, R.H. Meinhold, M.E. Browden, Outstanding problems in the Kaolinite - Mullite reaction series investigated by 29 Si 27Al solid state nuclear magnetic resonance: I metakaolinite, *J. Am. Ceram. Soc.*, 68 [6] (1985) 293–298.
24. O.I. Ece, Z. Nakagawa, Bending Strength of Porclaine Ceram. Int., 28 (2002) 131–140.
25. R.S. Hunter, Photoelectric Tristimulus colorimetry with three filters, *J. Opt. Soc. Am.*, 32 (1942) 509-538.

er) due to the presence of lower amounts of Fe_2O_3 and TiO_2 , compared to the composition contain-

ing feldspar before magnetic separation containing composition (C1).

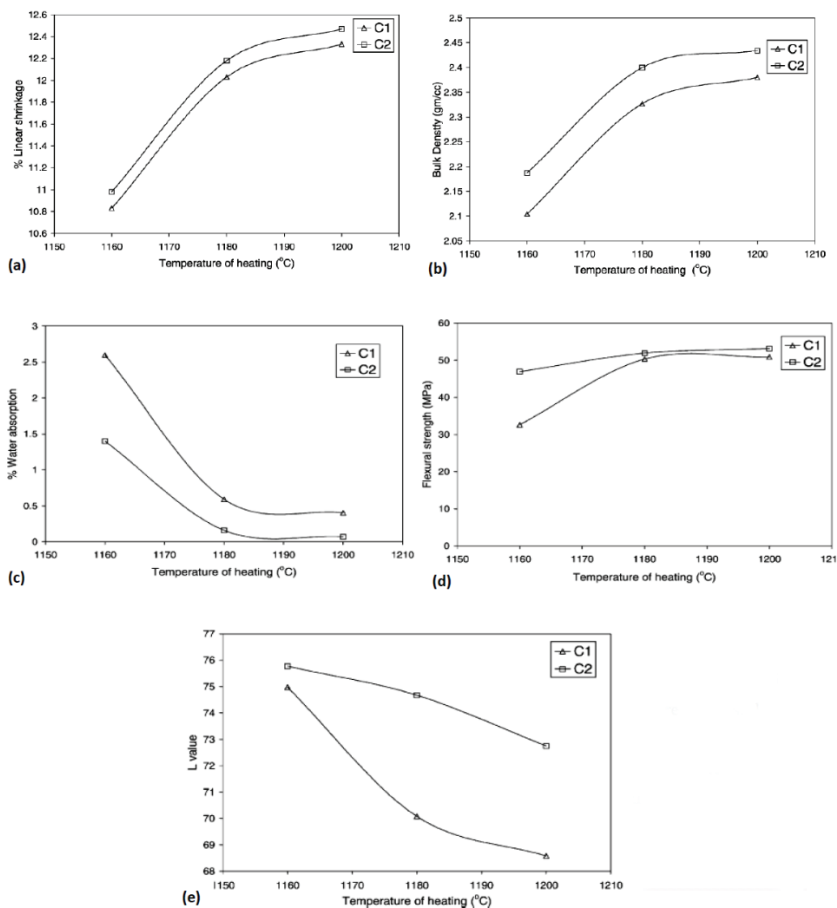


Figure 7. Variation in physico-mechanical properties and L-value of C1 and C2 bodies with temperature: (a) vs. linear shrinkage %; (b) vs. bulk density; (c) vs. water absorption %; (d) vs. flexural strength; (e) vs. L-value.

Porcelain composition containing feldspar after magnetic separation (C2) can be densified at the temperature of 1,195 °C, which is 24 °C higher than the temperature required for the porcelain with the feldspar before magnetic separation (C1). After the dilatometric study, the densified samples were tested for bulk density and water absorption percentage to verify their degrees of vitrification. The results are given in Table 6. The variation in physico-mechanical properties and color of the samples fired in an electric furnace at different temperatures is graphically represented in Figure 7a-e. It can be seen from Figure 7a that there is no significant difference in shrinkage value between the two compositions, C1 and C2. However, as shown in Figure

7b, bulk density increased with temperature and reached a maximum value of 1200 °C in both cases. The C2 body achieved higher bulk densities at all temperatures. As expected, the ratio of water absorption percentage decreased with increasing heating temperature (Fig. 7c) due to the elimination of pores through liquid phase sintering. The figure also indicates that C2 achieved a water absorption percentage of 0.16 percent at 1,180 °C compared to 0.59 percent at 1,200 °C for water absorption of C1. This result also supports the observations made from dilatometric studies (Table 6). Figure 7d shows the flexural strength of the samples fired in the 1,160–1,200 °C range.

Table 6. Peak densification temperature (PDT), bulk density (BD), and percent of water absorption (WA%) of the samples densified in the dilatometer

Body code	PDT [°C]	BD [g/cm ³]	WA%
C1	1171	2.39	0.45
C2	1195	2.41	0.27

The flexural strength was found to increase with increasing firing temperature and reached maximum values of around 51 MPa for C1 and 53 MPa for C2 compositions. Other authors also observed increased flexural strength and bulk density for triaxial ceramic compositions[24]. Theoretically, maximum flexural strength develops in a porcelain body when apparent porosity decreases to zero. A similar trend is observed in the present study also. The resulting vitrified ceramic samples obtained in the present investigation were subjected to color measurement using the opponent-color coordi-

nate system developed by Hunter[25]. In this system, the third coordinate describes the lightness of color and is usually denoted by L. The results are graphically represented in Figure 7e. It may be observed that the L-value decreases as the body approaches vitrification at higher temperatures. This is probably due to the increased intensity of colour-forming oxides Fe2O3 and TiO2 present in the raw materials at higher temperatures. It may also be noted that the composition containing pegmatite after magnetic separation containing composition (C2) showed a higher L-value (whit-

perature further increases, porosity is eliminated by the viscous flow of glassy phases, which finally results in densification. The differential shrinkage plot indicates the densification rate achieved at a specific temperature (Fig. 6). Furthermore, in both compositions, a remarkable increase in densifica-

tion rate is observed above 1,100 °C. A comparison between the two compositions shows that C2 (feldspar after magnetic separation.) undergoes maximum densification at 1,195 °C compared to a lower temperature (1,171 °C) for C1 (feldspar before magnetic separation).

Table 4. Mineral compositions (wt.%) of studied pegmatite samples

Sample No.	Microcline	Albite	Quartz
1	56.05	17.96	23.28
2	55.52	18.63	23.29
3	57.62	17.7	22.83

Table 5. Chemical analysis of the mineral constituents of the studied pegmatite samples

Oxides	Microcline	Quartz	Albite	Magnetite
SiO ₂	64.78	99.93	68.72	24.71
TiO ₂	0.00	0.00	0.01	0.00
Al ₂ O ₃	18.38	0.00	19.42	8.39
Cr ₂ O ₃	0.00	0.00	0.02	0.00
FeO	0.01	0.01	0.01	57.81
MnO	0.00	0.00	0.00	0.02
MgO	0.00	0.00	0.00	0.01
CaO	0.01	0.00	0.14	0.14
Na ₂ O	2.86	0.01	11.71	6.31
K ₂ O	12.86	0.03	0.06	0.05
Total	98.90	100.01	100.11	97.43

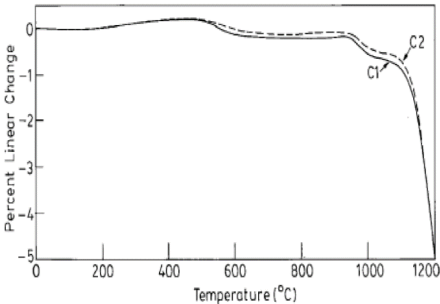


Figure 5. Percentage linear dilatation of the investigated samples with temperature

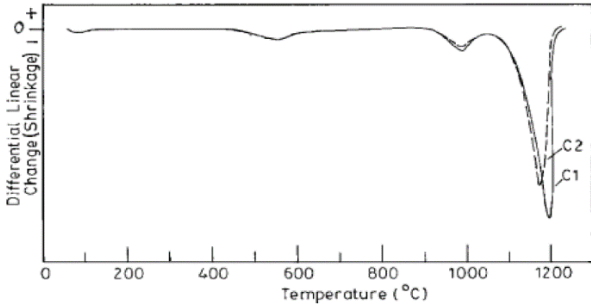


Figure 6. Differential shrinkage plot of the investigated samples

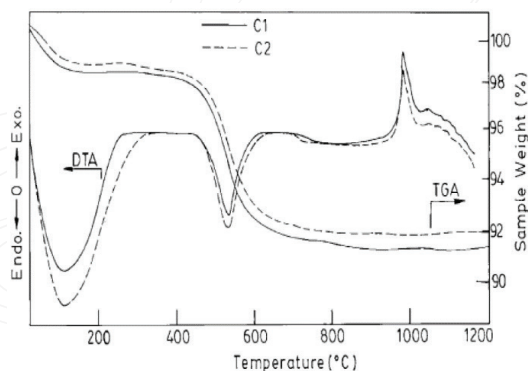


Figure 4. DTA-TGA curve of the investigated samples.

Scanning electron microscope (SEM) indicates that the pegmatite samples include some impurities, such as magnetite and mica crystals. In addition, the sizes of impurities range from 60 microns to one millimeter. For example, magnetite falls in the range from 60 to 100 μm (Fig. 3, plate A and B), while mica crystals reach about 1mm (Fig. 3, plate C)

Electron microprobe (EMP) shows that the Southern Saudi pegmatite is composed of potash feldspar (microcline) as a major mineral phase ranging from 55.05 to 57.62 wt.%. Quartz was a secondary mineral with 22.83 to 23.29 wt.%, while albite had 17.70 to 18.63 wt.% (Table 4). This method also gives details of the chemical composition of each constituent mineral (Table 5).

The raw materials used to prepare the porcelain ceramic bodies play a vital role in the ultimate quality of the product. All the raw materials used in the study were chemically analyzed, and the results are given in Table 1. The chemical composition of

C1 and C2 bodies is shown in Table 2. It may be observed from Table 2 that the C2 body contains comparatively lower amounts of Fe_2O_3 and TiO_2 due to the upgrading process of the Southern Saudi pegmatite used, and this is advantageous for white-based vitrified porcelain as their presence in extra amounts leads to coloration in the fired body[19]. Johnson and Pask[20] also observed that impurities such as Fe_2O_3 and TiO_2 affect mullite formation kinetics and morphology.

DTA-TGA curves for both C1 and C2 are presented in Fig. 4. The DTA-TGA curve indicates endothermic peaks at 113 °C due to the removal of physically adsorbed water followed by de-hydroxylation of kaolin (clay) initiated at almost similar temperatures (536 °C) for both C1 and C2, and by this process kaolin transforms to metakaolin[21–23]. The nature of the peak further indicates that dehydroxylation is an endothermic process. These measurements are vital in optimizing fast-fired ceramic bodies' profiles.

The plot of linear dilatation with temperature (Fig. 5) indicates the densification behavior of compact green samples of C1 and C2 compositions with temperature. This test is conducted at a constant heating rate (10 °C/min) up to 1,200 °C. The initial increase in length is observed due to the material's thermal expansion. Then, distinct curve changes are seen at around 530 °C when kaolin transforms to metakaolin by the dehydroxylation process. After removing lattice water, the clay matrix starts shrinking, converting into a spinel-like structure at around 980 °C. The results of DTA-TGA also support these observations discussed earlier. As the tem-

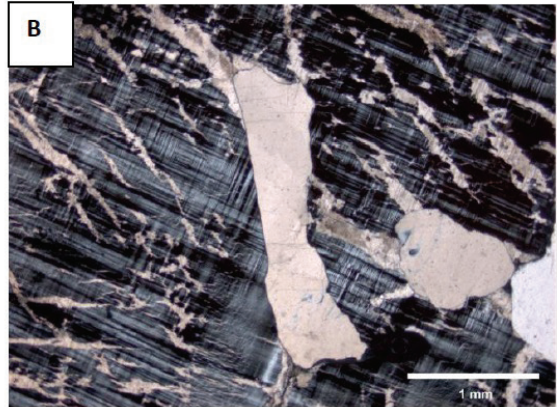
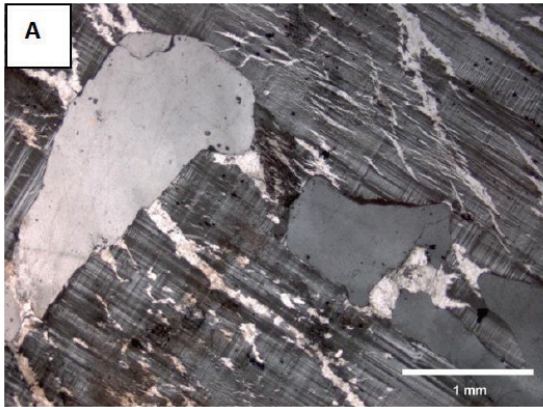


Figure 2. Photomicrographs of the investigated samples from Southern Saudi Pegmatite. A: The microcline shows cross-hatched, euhedral crystals of quartz and albite, C.N. X25. B: The intergrowth microcline with albite and prismatic crystals of quartz, C.N. X25.

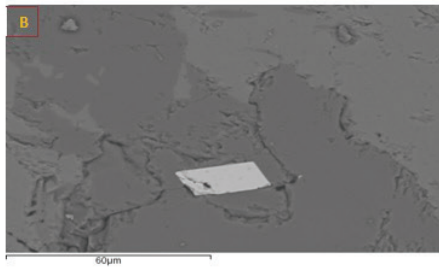
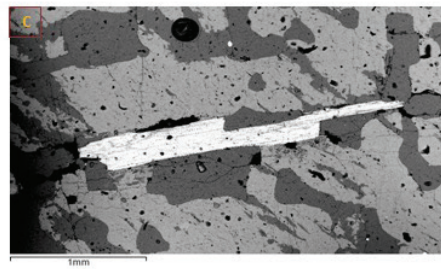
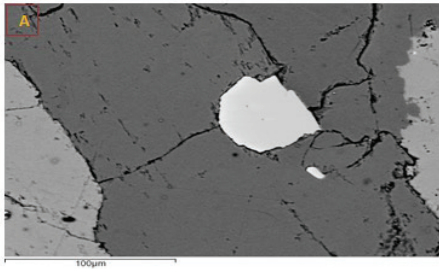


Figure 3. SEM Backscattered images for feldspar impurities (A and B) Magnetite crystals contact with K-feldspar grains (C) Mica crystal

was maintained for all the runs.

Crystals precipitating during crystallization were identified using an X-ray diffraction analysis of the powdered samples. The X-ray diffraction patterns were obtained using a Shimadzu XRD-600, Japan, adopting Ni-filtered CuK α radiation.

The microstructures of the samples were examined using a Hitachi S-3600N scanning electron microscope (SEM) operated under high vacuum conditions. The mineralogical constitutions were studied using a Carl Zeiss polarizing microscope.

The electron microprobe (EMP) analytical procedure (developed at the Department of Geology, University of Leicester, UK) was used to identify different minerals using wavelength dispersion on an electron microprobe operating at 15 kV and 30 nA with a beam diameter of 10 μ m. Approximately 200 points were analyzed to identify different minerals such as quartz, mica, and the feldspar end members.

The brightness and color values were determined using a Hunter Lab. Spectro-colourimeter. Values were compared to the standard white reference body.

III. Results and discussion

X-ray diffraction analysis of Southern Saudi pegmatite after treatment (gravity and magnetic separation) showed that the selected samples composed of K-feldspar (microcline, ASTM card No.12-703) as the major phase in all specimens (Fig. 1, patterns A-D) with a little amount of quartz (ASTM card No.11-252) and albite (ASTM card No. 20-554). These results indicate that the pegmatite after this kind of treatment can be considered a good source

of potash feldspar.

The visual and optical microscopic examination of selected samples indicated that the Southern Saudi pegmatite is essentially composed of K-feldspars (microcline) with low amounts of quartz and albite (Fig. 2). Microcline is characterized by a combination of albite and pericline twinning, while albite shows a polysynthetic twinning. Most microclines are microperthitic and retain the morphology of the monoclinic feldspar from which they have obtained. Microcline is characterized by a cross-hatched texture. This is clear in Fig. 2 A and B and confirmed literature results[18].

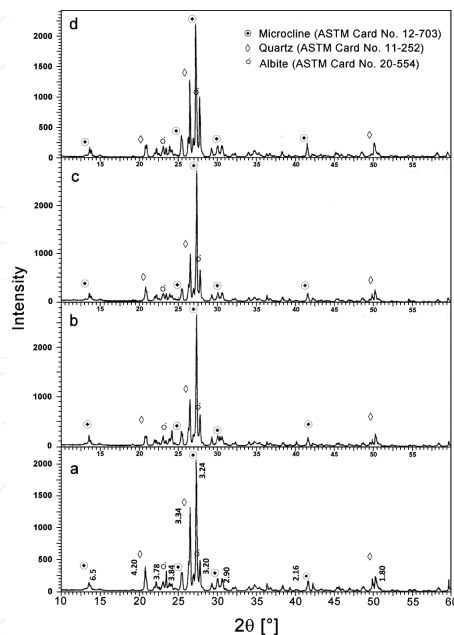


Figure 1. X-ray diffraction analyses of the investigated samples from Southern Saudi pegmatite.

Table 1. Chemical analyses of the raw materials used

Oxides [wt. %]	Raw materials used			
	Pegmatite before MS	Pegmatite after MS	Clay	Quartz
SiO ₂	71.80	72.32	45.41	98.66
Al ₂ O ₃	14.59	14.99	34.39	0.39
Fe ₂ O ₃	1.00	0.05	1.13	0.07
TiO ₂	0.11	0.04	0.89	0.01
CaO	0.06	0.05	1.07	0.10
MgO	0.10	0.08	0.76	0.02
K ₂ O	10.00	9.10	0.42	0.12
Na ₂ O	2.0	3.18	0.87	0.09
L.O.I.	0.58	0.20	14.67	0.37

Table 2. The chemical composition of the porcelain bodies studied

Oxides [wt.%]	Body code	
	C1	C2
SiO ₂	62.83	62.86
Al ₂ O ₃	28.64	28.65
Fe ₂ O ₃	0.92	0.51
TiO ₂	0.73	0.39
CaO	1.07	1.03
MgO	0.60	0.60
K ₂ O	3.78	3.42
Na ₂ O	1.10	2.58

Table 3. Batch composition of the porcelain bodies studied

Raw materials	Composition [wt.%] of Body code	
	C1	C2
Clay (kaolin)	60	60
Pegmatite before MS	30	Nil
Pegmatite after MS	Nil	30
Quartz	10	10

at around 1,200 °C and appears as a long needle crystal (>1 mm)[17].

This study aims to evaluate and improve a Southern Saudi pegmatite as a source of feldspar for the ceramic industry to meet the increasing demands for other rocks as potential reserves for feldspars.

II. Experimental

2.1 Magnetic separation

Magnetic separation (MS) is carried out after gravity separation to separate the undesired materials with magnetic properties. In the magnetic separation method, only two size fractions are used, namely 0.6–0.4 mm and 0.4–0.1 mm. The size fraction of 1.2–0.6 mm is disregarded because the presence of the iron oxide and mica are compacted with the light minerals; hence, the machine cannot separate them. Jones high-intensity paramagnetic separator 1300 × 80 A / M was used in this work.

Flotation experiments were conducted with –200 and –100 mm test samples in a self-aerated laboratory flotation cell. Conditioning time was kept constant at 5 min for rougher circuits and 3 min for cleaning circuits. Potassium oleate (100 g/t) was added in four steps at a natural pH of 7.6. Pine oil was used as frothier in the first stage and subsequent stages.

2.2 Porcelain ceramic compositions and batch preparation

In the present study, two ceramic compositions were selected and designated as C1 (containing Southern Saudi pegmatite before magnetic separation) and C2 (containing Southern Saudi pegmatite after magnetic separation), keeping the content of other raw materials constant. Table 1 lists the com-

positions of the natural raw materials used. The details of ceramic compositions in oxide percentages and percentages of raw materials are given in Tables 2 and 3.

One kilogram of each raw material was weighed to be used in preparation for the batch compositions of the studied porcelain bodies (Table 3). Each batch was wet-grounded in a pot mill for 18–20 h until the residue on a 200 mesh BS sieve was reduced to less than 1.5 wt.%. The produced specimens were dried, then powdered, and classified into rectangular samples of 66 mm × 15 mm × 4 mm and cylindrical samples 25 mm long using a hydraulically operated compacting press. A specific pressure of 450–500 kg/cm² was applied, similar to the conditions in industry. In addition, the pressed samples were oven-dried until the moisture content was reduced to less than 0.5 percent. The dried cylindrical samples were thermally heated in a high-temperature dilatometer furnace at a rate of 10 °C/min to study their densification behavior.

Rectangular samples were heated in the temperature range of 1,160–1,200 °C in an electric furnace at the rate of 18 °C/min for a period of 45 min at the peak temperature. The heated samples were tested for bulk density (BD), linear shrinkage, water absorption (WA%), and flexural strength (Instron 5500R).

2.3 Sample characterization

Differential thermal analysis and thermo gravimetric analysis (DTA-TGA) were carried out on Netzsch STA-490 using 60 mg of powdered samples of grain size 0.2–0.6 mm heated alongside Al₂O₃ powder as a reference material. A heating rate of 10 °C/min

from 30–50 wt.%; by providing alumina and alkali, it also acts as a flux in fine ceramics[3]. In addition, feldspar also has various significant uses, such as for ceramic shields. The NASA space program has used a ceramic thermal shield to protect spacecraft during re-entry into the atmosphere[3]. In pottery, a high amount of potash feldspar increases their strength. Potash feldspar is also involved in ceramic materials, increasing gas turbines' efficiency. A particular application that consumes a significant amount of feldspar is the porcelain industry, which uses 60–80 percent.

Fluxes are raw materials with high amounts of alkaline oxides, mainly K_2O and Na_2O , whereby, in reaction with silica and alumina, they promote liquid phase formation that facilitates densification. The liquid phase surrounds the solid particles and, by surface tension, enables the rearrangement of particles and decreases the porosity[4–7].

Traditionally, porcelain is defined as glazed or unglazed vitreous ceramic whiteware. It is also used for technical purposes, such as electrical, chemical, mechanical, structural, and thermal wares when they are vitreous.

Triaxial porcelain is primarily composed of clay, feldspar, and a filler material (usually quartz or alumina). However, alumina can be substituted for quartz to increase the mechanical strength of the fired ware, and sometimes nepheline syenite can also be substituted for feldspar. For thermal treatment, the triaxial porcelain system forms a mixture of glass and crystalline phases, depending on the chemistry of the raw materials and the processing type. The $K_2O-Al_2O_3-SiO_2$ and $Na_2O-Al_2O_3-SiO_2$

ternary phase diagrams provide helpful information about the compositions of various types of industrial porcelains[8,9]. Many authors have studied the phase transformation and microstructure of traditional triaxial porcelain (kaolinite–quartz–feldspar) bodies in detail[10–13].

Generally, these types of porcelain are heterogeneous with crystalline phases (mainly quartz and mullite) and close spherical pores (in case of the presence of a little porosity) dispersed in a glassy matrix. The chemical reactions involved in a porcelain body at various stages of thermal treatment have been discussed thoroughly[14–16]. Kaolinitic clay ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) is the major raw material of a porcelain system (clay–quartz–feldspar), which undergoes dehydroxylation at around 550 °C and forms metakaolin ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$). This is an endothermic process, as detected in differential thermal analysis. Then, when the temperature ranges between 950 and 1,000 °C, metakaolin decomposes into non-equilibrium spinel-type phases with the release of amorphous silica. At this temperature range, feldspar reacts with silica and forms a eutectic. The exact eutectic temperature depends on the type of feldspar (potash or soda). Beyond 1,000 °C, densification starts with a viscous flow sintering process followed by transforming spinel phases to mullite ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$). The spinel is transformed into primary mullite and silica at temperatures above 1,100 °C. Due to this reaction series, primary mullite is commonly observed in porcelain microstructure as an aggregate of small crystals (<0.5 mm) in the clay relicts. Secondary mullite is formed by the reaction of clay relicts with feldspar

Abstract

Pegmatite rocks are the primary source of feldspar for the ceramics industry. Using pegmatite in the ceramic industry causes some problems due to the presence of mica and iron oxides. These materials reduce the final product's tile strength, hardness, and density, leading to low-quality ceramic products. The separation treatment of Southern Saudi pegmatite was carried out in two phases to improve the ceramic quality of the feldspar obtained from this pegmatite. The first phase consists of gravitational separation to remove the heavy impurities, and in the second phase, magnetic separation was carried out to further minimize iron content. Porcelain ceramic batches were prepared by wet-mixing, drying, pressing (semi-dry press), and fired at 1,000 to 1,350 °C temperatures. The porcelain ceramic bodies were prepared, examined by DTA, X-ray diffraction, and SEM, and tested for bulk density, linear shrinkage, water absorption, and flexural strength. These results indicated that, after treatment (using gravity and magnetic separation), the pegmatite rocks can be considered a good source of potash feldspar. The present study provides a positive indication for using Southern Saudi pegmatite after treatment in ceramic industries.

Keywords: Traditional ceramics, Synthesis and processing, Porcelain, Pegmatite

I. Introduction

Alkali feldspars are one of the basic raw materials used in the ceramic and porcelain industries. Feldspars are alumina silicates containing K, Na, and a small amount of Ca. They occur in rocks such as granite, syenite, and pegmatite. High-grade feld-

spar products are extracted from pegmatite deposits. In recent years, feldspar consumption has increased significantly with the developing and changing technology. As pegmatite occurs in very limited quantities and in a very restricted geologic environment and does not meet the increasing demands, there is a need to look for other rocks as potential reserves for feldspars. Most of these rocks contain low-quality feldspar and undesirable impurities for ceramic and glass industries. Pegmatite consists of an important proportion of feldspar and quartz. Other minerals associated with these minerals are biotite muscovite and iron oxides. Generally, these minerals have specific magnetic properties and high density. Therefore, it is possible to remove them.

Feldspars are commercially used in the glass and ceramics industries because of their chemical composition, particularly their alkali content. The consumption of feldspars within these two industries is estimated at 85–90 percent of the market[1]. Feldspar is also used in fillers and abrasive industries but not as much as in the ceramic and glass industries. The greatest consumption of feldspar raw materials is in ceramic products. Ceramic products comprise sanitary ware, ceramic tiles, dinnerware, ceramic glazes, and electrical porcelain. In ceramic industries, feldspar is an essential component of the raw material batch for ceramic bodies. The typical feldspar content in the floor and wall tiles is from 10–55 wt.%, from 15–30 wt.% in whiteware, chemical porcelain, and hotel china, 25–35 wt.% in sanitary ware, and 30–50 wt.% in electrical porcelain[2]. Feldspar is also used in ceramic glazing in amounts ranging



Hassan AlMarzouki
Director General, Planning and
Development
Saudi Geological Survey

Evaluation of Southern Pegmatite deposit

in Saudi Arabia and its use
in the porcelain industry



Figure 2. Panoramic Views of Al Wahbah Maar: (a) Looking toward the NW, a half-section of a pre-maar scoria cone reveals the proximal facies of a scoria cone and a dolerite intrusion. (b) Looking back toward the SE from the top of the half-sectioned pre-maar scoria cone, the retreated tuff ring succession and surrounding post-maar basanite lava flows are visible. (c) During the wet season, Al Wahbah Maar transforms into an oasis, providing a refreshing view of the hyper-arid climatic region.

logical feature that enhances our understanding of complex phreatomagmatic monogenetic volcanism (Fig. 2). The site's well-preserved complex geological features make Al Wahbah an excellent geotope and a potential center for geoeducation programs aimed at understanding maar volcanism and its environmental changes.

The Saudi Geological Survey is now entering the

geoheritage and geoconservation research field, building a national inventory of the Kingdom's exceptional geological heritage. The inclusion of Al Wahbah Maar in the prestigious IUGS Geological Heritage Site List is a strong testament to the work on geoheritage research conducted by the SGS in recent years. The SGS has now emerged as a globally recognized leader in this field from the Kingdom.

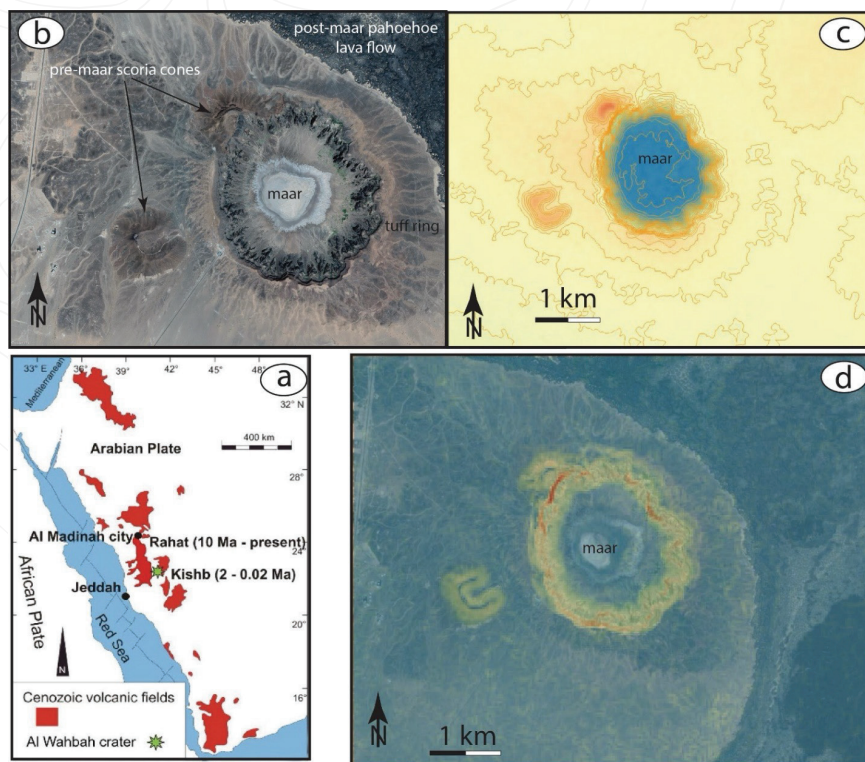


Figure 1. Maps of Harrat Kishb Volcanic Field and Al Wahbah Maar Vicinity: (a) Harrat Kishb volcanic field. (b-d) Al Wahbah maar vicinity. The satellite image distinctly displays the steep escarpment formed by the subsidence of the maar crater and the forced diversion of post-Al Wahbah basanite lava flowing east of the tuff ring surrounding the maar (b). (c) A topographic map generated from DEM based on SRTM illustrates the 'hole-in-the-ground' structure of Al Wahbah Maar. (d) The slope angle map, generated from SRTM data and overlaid by the satellite image, reveals the steep inner crater wall and the flat crater floor, which are characteristic of young maar craters.

endorsed by UNESCO, the list's significance is rooted in the UNESCO Global Geopark program being primarily a geotourism-focused initiative. In this program, geological sites form a network of interconnected locations, creating an operational park for geotourism. While this concept has evolved, it has become clear to global experts that UNESCO Global Geoparks and geologically important sites are not evaluated or valued similarly, and the two categories do not overlap. Consequently, the IUGS Geological Heritage Site list has emerged as independent, globally recognized, certified, and highly respected. The sites on this list document Earth's remarkable geodiversity and provide a substantial scientific basis for considering whether these sites could form the core of future parks.

The UNESCO Global Geoparks, UNESCO World Heritage Sites, and the First/Second 100 IUGS Geological Heritage Site lists serve as the three pillars of abiotic nature. These are considered from conservation, tourism, and education perspectives. In 2025, the IUGS plans to initiate the nomination and evaluation cycle for the Third 100 IUGS Geological Heritage Sites. Led by the Saudi Geological Survey, Saudi Arabia will begin to pre-select 3-5 new sites that are scientifically justified for a potential successful bid in this cycle. The First/Second/Third 100 IUGS Geological Heritage Sites will list the Earth's most important and purest geology (and geomorphology) locations. A global effort is required to preserve them. These lists are the most science-based listings. In contrast, the UNESCO Global Geoparks

are more operational assets where geology and geomorphology form the basis of a system-level conservation and primarily tourism venture. On the other hand, the UNESCO World Heritage listings are a collection of cultural, biotic, and abiotic territories (usually large, not single sites) considered the "most, best, or only."

The Al Wahbah Maar is defined as 'The Al Wahbah is the world's largest, young dry maar volcano, half-sectioning an older scoria cone of Harrat Kishb, Saudi Arabia.'

The Al Wahbah Crater, one of the largest and deepest Quaternary maar craters in the Arabian Peninsula (Fig. 1), is an NW-SE elongated formation approximately 2.3 km wide and 250 m deep. It is surrounded by an irregular, near-perpendicular crater wall that cuts into the Proterozoic diorite basement and is flanked by two Quaternary basanite lava flows. Recognized as the world's largest and deepest dry maar crater, Al Wahbah was formed through an explosive interaction between magma and water. The crater is surrounded by a tephra ring, predominantly composed of base surge deposits accumulated over a pre-maar scoria cone and multiple underlying lava flow units (Fig. 2). This tephra ring served as a barrier against younger lava flows from nearby vents, diverting them along the margin of the tephra ring. This diversion resulted in unique pahoehoe lava flow surface textures that recorded inflation and deflation processes along the margin of the post-maar lava flow. Al Wahbah is not only a dramatic landform but also a unique geo

On 27 August 2024, the International Union of Geological Sciences (IUGS - <https://www.iugs.org/>) officially released a list of 100 global geological heritage sites. This list, known as the IUGS Second 100 Geological Heritage Site list (<https://iugs-geoheritage.org/the-second-100-iugs-geological-heritage-sites/>), was the result of a rigorous international evaluation process that took place for nearly a year. Among the newly recognized sites is one from Saudi Arabia, adding to the country's representation among the world's most prestigious geological locations. The Pleistocene Al Wahbah dry maar crater in Saudi Arabia has been acknowledged for its top-tier geoconservation status. Following the successful inclusion of the Jabal Qidr scoria cone from Harat Khaybar in 2021 (<https://iugs-geoheritage.org/the-second-100-iugs-geological-heritage-sites/>), the Al Wahbah Maar crater is the second site from Saudi Arabia to be featured on the IUGS list. To understand the weight, reputation, and responsibility that comes with this decision, we need to look at the conservation initiatives of the global community first. The IUGS and UNESCO (<https://www.unesco.org/en>) are two different organizations. UNESCO traditionally looked after cultural sites through its World Heritage listings (<https://whc.unesco.org/en/list/>), which, in the last two decades, accepted more and more locations with their natural (mainly geological) basis, such as the Grand Canyon in the USA. Still, most of those sites were geoculturally promoted. Due to the increasing number of nominations for sites based on geological heritage in the last decade,

UNESCO agreed to create a new listing called UNESCO Global Geoparks (<https://www.unesco.org/en/igpp/geoparks/about>). This was a significant step and triggered a boom in finding locations that can be UNESCO Global Geoparks based on their globally significant geological heritage and their link to the community they are within. Nearly every year in the past decade, several dozen applications arrived at UNESCO for listing new UNESCO Global Geoparks that they couldn't cope with the pressure to evaluate (no expertise). This triggered UNESCO to contact IUGS, the largest learned global society of geological sciences, to help. The IUGS then opened commissions like the Commission on Geological Heritage within the Sub-commission on Geological Sites. From 2024, SGS Expert Prof. Karoly Nemeth has been elected to chair the IUGS Sub-committee of Geological Sites from 2024 until 2028. At the same time, UNESCO, to facilitate the evaluation of the UNESCO Global Geopark application, offered some small seed funds through its IGCP Projects to elevate geological heritage study and protection to the highest possible level. Currently, there are two UNESCO IGCP projects; one was the original seed project to initiate the First 100 IUGS Geological Heritage Listings about five years ago. The success of this project has led the IUGS to organize a second selection process. This new process aims to identify an additional 100 geological sites of global significance. Among these, the Al Wahbah Maar crater has been recognized this year. The creation of this list was well received by UNESCO, leading to continued funding. Now

Al Wahbah Crater:

Listed as One of the IUGS Global Geological Heritage Sites in 2024



Prof. Karoly Nemeth
National Program of Earthquakes
and Volcanoes,
Saudi Geological Survey

fectively broadcast the tangible benefits of mining projects, such as environmental stewardship and community development. Their efforts are crucial in shaping public perception and showcasing the proactive steps taken by mining companies to ensure a positive impact on society.

Embracing a Sustainable Future

Reflecting on Mark Cutifani's declaration, it is clear that the mining industry has a unique capacity to foster significant environmental and social improvements. As we continue to embrace and promote responsible mining, we contribute to a legacy that aligns with the most optimistic visions for our industry. It is essential for all stakeholders in the mining sector to adopt these responsible practices, driving collective progress and ensuring that mining truly becomes an industry with the most positive footprint on the face of the planet.



“I work in an industry that has the most positive environmental footprint on the planet, but we have not done a good job of telling our story.” - Mark Cutifani, Chairman of Vale.

This assertion by a leading figure in the industry sets the stage for a discussion on responsible mining—a concept that extends beyond minimizing environmental impacts to significantly enhancing local communities and reshaping public perception. The mining industry contributes vitally to the global economy, aiding other industries in reducing their environmental footprint—from utilizing minerals in agriculture to using metals that enable urban development to expand vertically, thereby minimizing land use.

Sustainability and Standards in Mining

Responsible mining integrates sustainability principles, ethical business practices, and deep community engagement, driven not only by mandatory regulatory frameworks but also by a commitment to voluntary international mining standards. These standards, established by organizations like the International Council on Mining and Metals (ICMM), Initiative for Responsible Mining Assurance (IRMA), World Gold Council, and others, serve as benchmarks for environmental management, social responsibility, and corporate governance. They were developed in response to global demands for more ethical resource extraction and aim to push companies beyond compliance, fostering trust among stakeholders and enhancing corporate reputa-

tions. This proactive approach demonstrates the mining industry's commitment to continuous improvement and responsible growth.

Community Benefits and Local Engagement

At the heart of responsible mining are the direct benefits to local communities: job creation, constant communication, and consultation with stakeholders to enhance their local economies and living standards. For instance, adherence to voluntary standards has led Barrick Gold in the Dominican Republic to not only generate employment but also to invest in long-term community infrastructure, notably enhancing educational and healthcare facilities. Similarly, Newmont's commitment to closure protocols of diverse voluntary standards in Guatemala with the Marlin Mine, exemplifies how responsible closure practices ensure sustainable benefits for local communities, even post-mining.

A pivotal aspect of ensuring that the positive outcomes of mining projects are widely recognized, is the strategic role of ambassadors both within and outside the mining companies. These ambassadors, ranging from dedicated employees to influential external stakeholders, are integral in actively promoting responsible mining practices. They serve not just as advocates, but as vital communicators who relay the successes and sustainable initiatives of their companies to a broader audience. Through their stories, testimonials, and direct engagement with the community and media, these ambassadors ef-



Ana Gabriela Juarez

**President, CTA Environmental
Consultants**

Founder of Women in Mining
Central America

Promoting Positive Change:

How Responsible Mining Enriches Communities
and Shapes a Sustainable Future

broadly cogenetic and coeval. The previously loosely defined term 'complex' has been redefined, and ranks 'subgroup' and 'subsuite' are included. The criteria for classifying a geological unit as a 'formation' have been relaxed. This change accounts for the frequently fragmented nature of arc volcano-sedimentary units. Also, it accommodates the minor yet significant components of intrusive rocks commonly encountered within formations and their members. A major innovation is to define a new class of "highly deformed rocks" within which structural lithodemes are defined that are collected within higher ranked "shear zone" and "shear zone system" or, for rocks exclusively deformed by

brittle deformation, "fault/fault zone" and "fault system" (Table 1, Figure 2). While the ASLLC serves as the formal code for classifying and codifying the Precambrian rocks of Saudi Arabia, it is widely applicable and more flexible, comprehensive, and practical for 1:50,000 scale geological mapping than the existing codes. We hope it will gain international acceptance and application.

During the geological survey, the Arabian Shield Stratigraphic Commission will continue to provide expert scientific advice and maintain standards in the formal stratigraphic subdivision of the Arabian Shield.

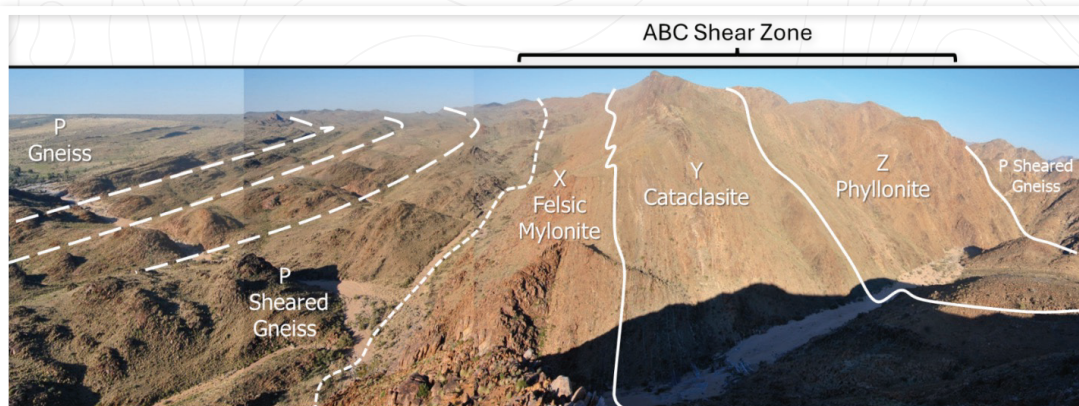


Figure 2: Field photograph across a shear zone illustrating how the new ASLLC subdivision is applied to sheared rocks.

References

- Gillespie, M.R. and Leslie, A. G. 2021. BRUCS: a new system for classifying and naming mappable rock units. British Geological Survey, Journal of the Geological Society of London, 178, doi.org/10.1144
- ISSC 1994. International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology, and Procedure, 2nd ed. Salvador, A. (ed.). International Union of Geological Sciences and Geological Society of America, Boulder, CO (reprinted 2013), <https://doi.org/10.1130/9780813774022>
- NASC. 2021. North American Stratigraphic Code. Stratigraphy, 18 (3), 153–204. doi.org/10.29041/strat.18.3.01

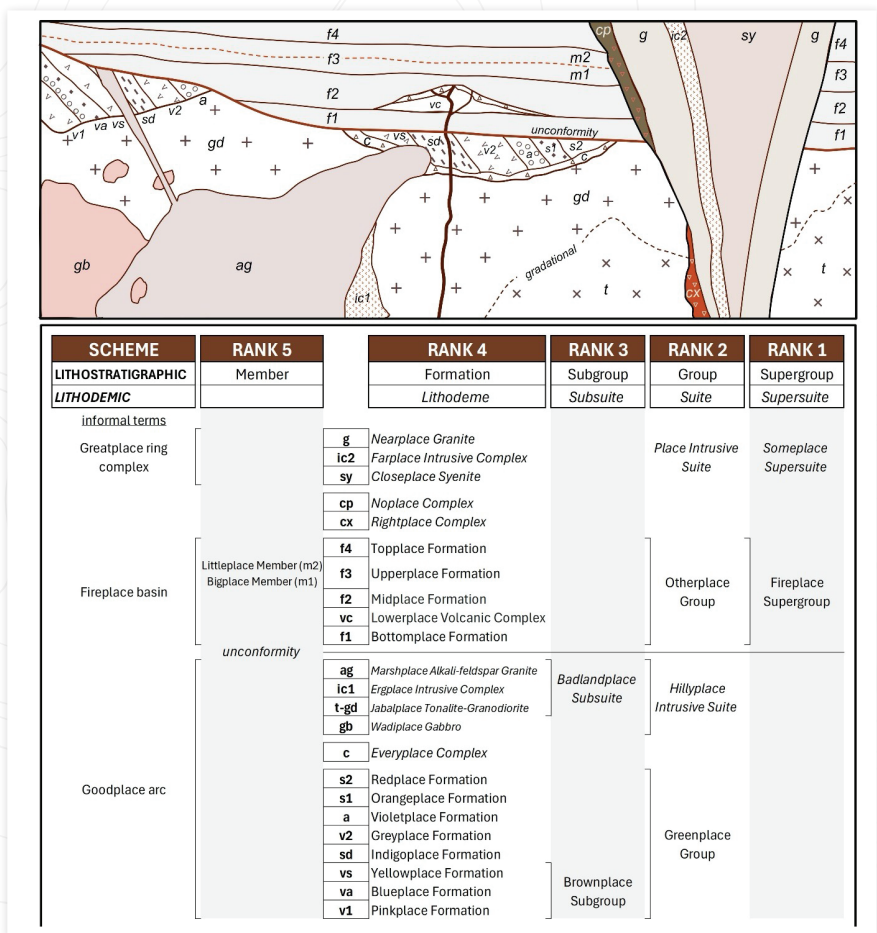


Figure 1: A schematic diagram illustrating the application of the ASLLC to a typical Arabian Shield terrane.

The ASLLC builds from existing international lithostratigraphic/lithodemic codes, most notably recently published North American (NASC, 2021) and British (Gillespie and Leslie, 2021) codes.

However, it also addresses several shortcomings in the existing codes. The main edits to the existing codes relate to the redefinition of rock classes and require components of the same unit to be both

Table 1. Categories and hierarchy of ranks used in the ASLLC.

SCHEME	CLASS	RANK 6	RANK 5	RANK 4	RANK 3	RANK 2	RANK 1
LITHOSTRATIGRAPHIC	single class accumulated rocks (sedimentary or volcanic) and their low-grade metamorphic equivalents	bed	member	formation	subgroup	group	supergroup
		flow					
	mixed accumulated volcanic/volcanoclastic rocks that cannot be separated at the scale of mapping			volcanic complex			
LITHODEMIC	single class grade metamorphic/ metasomatic rocks			lithodeme	subsuite	metamorphic suite	supersuite
	single class intrusive rocks						
	mixed intrusive rocks that cannot be separated at the scale of mapping			intrusive complex		intrusive suite	
	highly deformed rocks			structural lithodeme		shear zone	shear zone system
						fault/fault zone	fault system
MIXED	mixed multiple class units that cannot be separated at the scale of mapping			complex			

arrangement across the Arabian Shield. This approach facilitates clear communication among geoscientists working in the area when executed accurately. The ordered stratigraphy and accompanying maps, geologic data, information, and models allow geologists to understand the

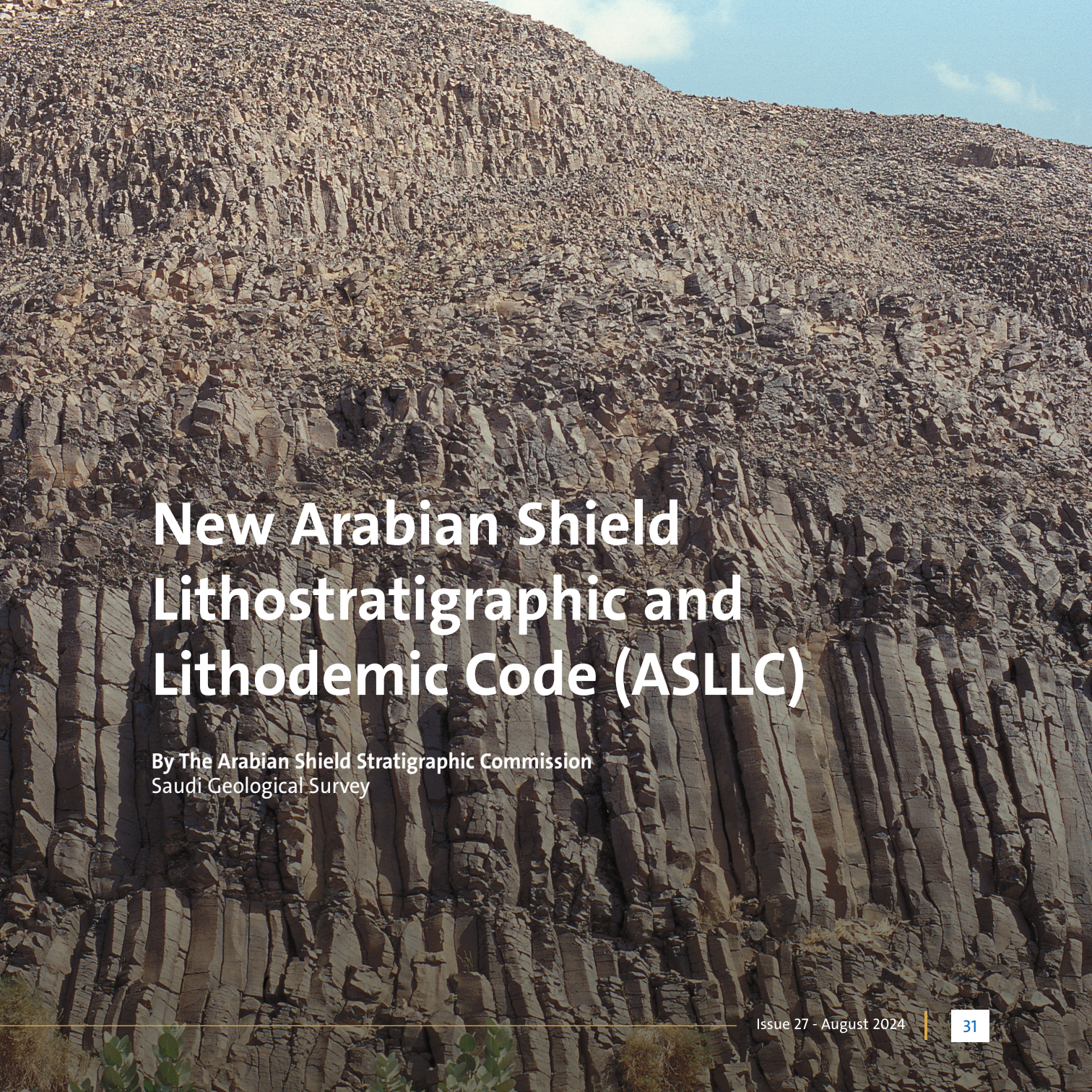
distribution of rock units and their geological histories, providing the critical context required for understanding mineralization systems and effective and efficient mineral exploration.

The lithostratigraphy and the lithostratigraphic units serve as the foundation for geological mapping. Lithostratigraphy is a sub-discipline of stratigraphy that involves identifying, classifying, and categorizing rock units based on their distinctive characteristics and position within the geological column. Geologists use lithostratigraphy to map the distribution and correlations among various rock types or units within a specific area. It contributes to lithostratigraphic correlation, which relies on critical beds, composition, and location sequences. The lithodemic units are comparable terms for rock units that are not layered or formed on the Earth's surface. Lithostratigraphy contributes to resource exploration since comprehending the distribution and continuity of rock units is crucial for discovering mineral deposits, fossil fuels, and groundwater sources. Geological maps based on lithostratigraphy are necessary for civil engineering projects such as building foundations, tunnels, and dams. The information on rock types, strength, and weathering characteristics assists in evaluating the suitability of the ground for construction purposes. The lithostratigraphic code is a guide developed by geological surveys. It is a formulation of current views on lithostratigraphic principles and procedures, aiming to promote standardized classification and formal nomenclature of rock materials. This code provides guidelines, regulations, and recommendation rules for defining, formalizing, and nominating rock units. It is the foundation for formalizing the language, denoting rock units and their spatial and temporal relations. While there is no single universally

accepted lithostratigraphic code, various codes are in use, including the North American Stratigraphic Code (NASC) and the International Stratigraphic Guide (ISG, ISSC, 1994); the British Geological Survey Rock Unit Classification System (BRUCS). Individual countries also have their lithostratigraphic guides. These codes are essential for mapping rock units, understanding geologic history, correlating rock units across broad regions, interpreting regional geology, and identifying economic resources.

A new lithostratigraphic and lithodemic code, known as the ASLLC, has been developed by the Arabian Shield Stratigraphic Commission (ASSC). This code serves to guide the subdivision and ordering of geological units during the decade-long Geological Mapping of the Arabian Shield (GMAS) program. The lithostratigraphic and lithodemic code provides the rules for formally subdividing geological sequences based on their distinctive and unifying lithological characteristics and relative stratigraphic position. Boundaries between lithostratigraphic and lithodemic units are placed at the position of lithic change. Stratified volcanic and sedimentary rocks that have accumulated on the Earth's surface and have not been transposed by intense deformation or high-grade metamorphism are subdivided using the 6-rank lithostratigraphic scheme (Table 1). Non-stratiform intrusive igneous rocks and high-grade metamorphic rocks are subdivided using the lithodemic scheme (Table 1).

The purpose of developing organized hierarchical stratigraphic subdivisions (e.g., Figure 1) is to describe rock units' spatial and temporal



New Arabian Shield Lithostratigraphic and Lithodemic Code (ASLLC)

By The Arabian Shield Stratigraphic Commission
Saudi Geological Survey

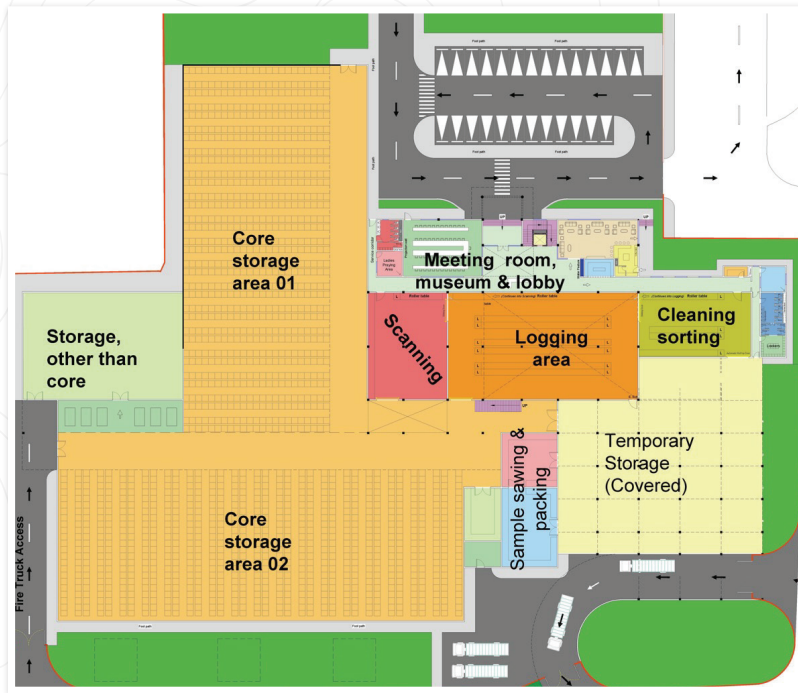


Figure 3. The ground floor of the new NCL building will host drill core warehouse space for 1000 km of the core. The “Production line” of the drill core scanning will consist of a cleaning and sorting room from where it is moved to the logging room and finally into the scanning room. A continuous roller table removes the need to lift the heavy drill core boxes back and forth. Instead, they can be rolled on the table from one room to the next.

supporting the smaller companies by removing the need for investment in their warehouse and logging facilities.

The flagship of the NCL development is the construction of a new logging and scanning facility in the SGS compound. The conceptual design of the new building (Figure 3) has just been finalized, and the work is progressing into a more detailed design and formulation of the tender request to be used for selecting the company for the actual construc-

tion work. The construction is expected to commence in 2025 and be completed in 2026.

SGS is evaluating the possibility of acquiring a hyperspectral scanner that would utilize the long-wave infrared range. This would significantly diversify the list of minerals that can be identified. Including feldspars, quartz, phosphates, garnet, and olivine would expand the number of mineralization types for which valuable data could be extracted.



Figure 2. The drill core box is placed on the table for scanning, moving in X and Y directions. The size and technical specifications of the drill core box are entered into the controlling software. Based on these parameters, the scanner automatically does the scanning. As part of the quality control standards, each box is scanned before use.

ly operated by the Deputy Ministry of Industry and Mineral Resources (DMMR), will be renovated to provide additional storage capacity. Additionally, SGS is looking into possibly constructing additional warehouses with logging spaces in the areas with

the highest exploration activities. These distributed warehouses would host modern drill core logging areas and potentially be used for hyperspectral scanning. These distributed warehouses would provide their services to exploration companies,

The hyperspectral data can effectively be used both in ore exploration and operating mines. In exploration stages, the mineralogical information can be useful in, for example, identifying “near misses” by revealing alteration halos surrounding the ore, even when the ore itself is not intersected. In addition to identifying just different minerals, the hyperspectral data can identify changes in the composition of mineral series. A detailed understanding of the mineralogical properties also helps understand the geological structures controlling the ore-forming processes, thus making the follow-up work on promising targets easier. In operating mines, the data is relevant in near-mine

exploration and 3D modeling. Detailed mineralogical information also allows the characterization of metallurgical properties of different ore lodes, which can be used to optimize the enrichment process in real time, resulting in better efficiency.

Plans for the National Core Library

In the future, NCL aims to increase its staff’s expertise further and become a service hub capable of providing hyperspectral expert support to internal and external stakeholders in their projects. The commencement of receiving cores from stakeholders outside SGS will cause a significant increase in the number of core samples to be archived. To meet this need, the warehouses in Asfan, previous-

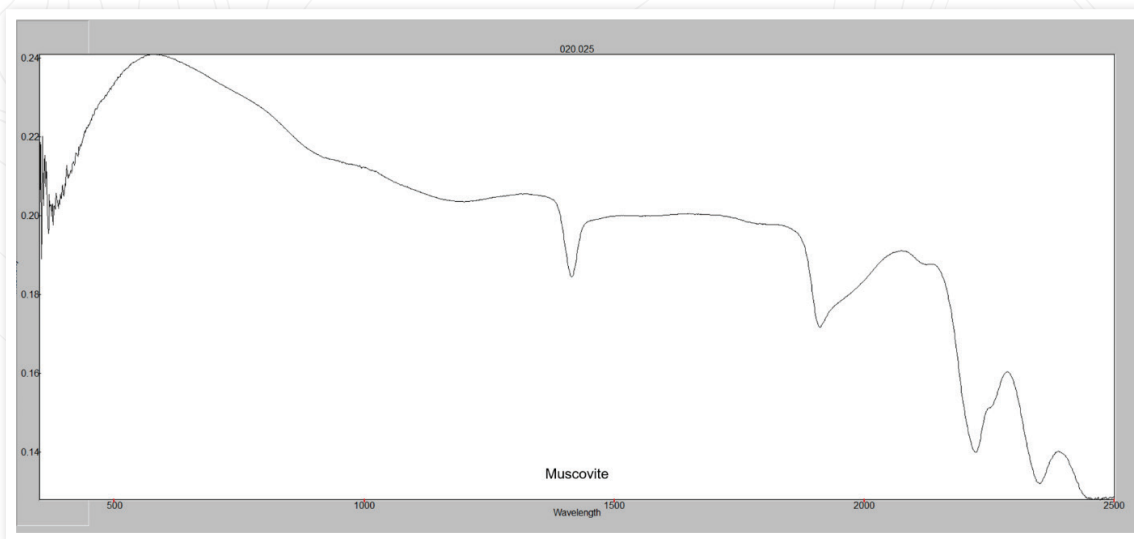


Figure 1. Hyperspectral data for carbonate is characterized by multiple absorption features from 1400 to 2500 nanometer wavelengths. The exact location of the absorption features can be used to identify the carbonate species in question.

The hyperspectral scanners installed at SGS have spectrometers capable of observing the spectrum's visible and short-wave infrared parts (350–2500 nm). Minerals with absorption features observable in this range include, for example, muscovite, biotite, chlorite, various clay minerals, and carbonate minerals. The range is suitable for observing hydrothermal alteration products associated with mineralization processes.

After acquiring the data (Fig. 2), it is processed using The Spectral Geologist (TSG) software. The high-resolution drill core box photos are stitched from the original 10 cm long slices during the processing. Hyperspectral data is compared to reference data, and the algorithm calculates a combination consisting of 1, 2, or 3 individual minerals and their relative proportion that produces the best possible match with the observed spectral features. Due to the large number of possible minerals and their variable proportions, the calculation is complex and often results in multiple

solutions that produce similar absorption features. The results can be improved by understanding the geological context of the samples and using geological and geochemical data. Based on these attributes, minerals, and mineral groups can be excluded from calculations.

Significance of hyperspectral data in geological studies

Traditionally, geologists initially identified the rock types occurring in drill cores through visual observations. Later refinements of the original loggings were made variably based on thin section studies and geochemical data. The whole system has been time-consuming, subjective, and depends on the experience of the logging geologist. Especially minor variations in mineralogy have been challenging to detect consistently. Hyperspectral scanning can overcome this challenge as the minerals are identified reliably with the quick, nondestructive method.



Background

The ongoing modernization of the National Core Library (NCL), an integral part of the Saudi Geological Survey (SGS), is a significant stride towards the realization of the Saudi Vision 2030 national program. This initiative, a fundamental element of the National Geoscience Information Program, is not just about archiving drill cores and other geological sample materials. It's about preserving the Kingdom's geological heritage and paving the way for future exploration. The NCL, currently housing materials from various SGS projects, will also accommodate future drilling samples from expired private-sector exploration licenses, further expanding its reach and impact.

As part of the NCL initiative, the facilities have been renovated to allow on-site viewing of the physical sample collection. However, a significant portion of the initiative's resources have been and will be dedicated to the digitalization process of the drill

core collection. This digitalization data, comprising of hyperspectral scanning of the core and high-resolution photographs of the drill core boxes, will be readily accessible to stakeholders through the online portal of the National Geological Database. Over 44 kilometers of the core have been scanned, and the work continues daily, ensuring a comprehensive and up-to-date digital archive.

Hyperspectral scanning, short introduction

Hyperspectral scanning of the drill core utilizes both the infrared and visible parts of the electromagnetic spectrum. The wavelength range observed by the human eye is 400–700 nanometers, and the infrared range extends to 1,000,000 nanometers (=1 mm). In practice, the range used in core scanning is 500–12,000 nanometers. This method allows us to identify minerals on the drill core surface based on their absorption features (Fig. 1), which are specific for each mineral.



**By Abdullah M. Jehani
and Mikkola Perttu**

Owner of the National Core library initiative
Saudi Geological Survey

Digitalizing the National Core Library:

The Process, Technology, and Its Impact on Stakeholders

nickel, gold, and cobalt at a reduced cost. Few countries are currently implementing this approach.

- Additionally, these resources can provide continuous electrical power and heating/cooling to support mining operations at a lower cost, operating 24/7.

In addition, interest has increased in using geothermal energy applications in water desalination, as this type of renewable energy resource utilizes low-temperature (65 to 90°C) geothermal fluids for desalination purposes. Several international pilot projects have been undertaken to desalinate seawater using low-temperature geothermal systems. Geothermal desalination can play an essential role in securing water resources globally.

Also, exploring this resource in the Kingdom by SGS has opened new horizons for gas exploration, such as natural hydrogen, helium, and noble gas, especially in high radiogenic heat production areas, such as granitic exposure areas.

However, despite this potential, the development of geothermal resources in the Kingdom faces several challenges in achieving its ambitions:

1- Technological and Geological Challenges: The exploration and development of geothermal resources requires a comprehensive understanding of geological conditions and advanced drilling technologies. Saudi Arabia may face challenges adapting local technologies to exploit geothermal reservoirs.

2- Water Scarcity: Geothermal power plants typically require water for their operations, such as for cooling. Given Saudi Arabia's arid climate and

limited freshwater resources, finding sustainable water sources for geothermal projects could be a significant challenge.

3- Investment and Infrastructure: Developing geothermal energy infrastructure requires substantial investment in drilling, power plant construction, and grid integration. Saudi Arabia must attract investment and develop the necessary infrastructure for geothermal energy development.

4- Regulatory Framework: Establishing a clear regulatory framework for geothermal exploration and development is crucial for attracting investment and ensuring the sustainability of projects. Saudi Arabia may need to develop appropriate policies and regulations tailored to geothermal energy.

5- Public Awareness and Acceptance: Public awareness and acceptance of geothermal energy as a viable and sustainable alternative to traditional energy sources may also present a challenge. Educating and engaging the public in the benefits of geothermal energy will be necessary for its successful adoption.

Despite facing numerous challenges, Saudi Arabia has expressed interest in diversifying its energy mix and reducing its reliance on fossil fuels. The country is keen on overcoming these challenges and tapping into its future geothermal potential. Therefore, we must conduct comprehensive research to explore and thoroughly evaluate the potential geothermal resources in the Kingdom of Saudi Arabia before progressing to the power generation and production stage. Saudi Arabia aims to become a prominent player in renewable energy and prioritize environmental sustainability.

Granite intrusions with unusually high HP (Heat Production) values are referred to as high heat production (HHP) granites. The term “high heat production” (HHP) is commonly used to describe rocks

with heat production (HP) values that surpass four μWm^{-3} . However, no universally accepted HP values are designated explicitly as high heat.

The mining sector is widely recognized as one of



Figure 3. Arabian Shield Hot Granite in weatern Saudi Arabia.

the most energy-intensive industries, and it is projected that the energy demand in this sector will rise by 36% in the Kingdom by 2035.

Considering the Kingdom's Vision 2030 ambition to establish the mining sector as a critical component of the national industry, the expansion of mining projects in the future will necessitate a greater need for sustainable energy sources. This will aid in achieving the sector's goal of transitioning to a zero-emission phase. Therefore, it is imperative to promptly establish renewable energy sources to

sustain mining endeavors, particularly given that the most favorable regions for investing in geothermal energy are near mining zones.

Presently, there has been a surge in interest in utilizing geothermal energy to bolster the sustainability of the mining business. This can be achieved by offering the following benefits:

- Geological resources can be utilized to generate renewable energy sustainably, which helps the mining sector achieve zero emissions.
- Enables the extraction of minerals like lithium,

Previous studies and literature reviews have identified several regions in Saudi Arabia with significant potential for geothermal power development. These areas include the recent volcanic zones in the western section of the Arabian

Shield Area, such as Harrat Khaybar, Harrat Al Shaqah, and Harrat Rahat (Fig. 2). Additionally, hot springs are prevalent in the west of the coastal plain, particularly in the Jazan and Al Lith districts (Fig. 3).



Figure 2. An overhead perspective of Jabal Abyad among the volcanic flows of Harrat Khaybar. This site is considered a highly prospective location for geothermal resource exploitation (Source: SGS National Archive of Geological Photos).

The Kingdom of Saudi Arabia possesses significant geological characteristics that suggest the presence of geothermal resources with the potential for power generation. These characteristics include a region of elevated heat flow, primarily found in mountainous areas and areas with volcanic activity in the Shield Area. The Kingdom has had substantial volcanic activity in the

past 25 million years, namely during the Neogene to Holocene periods. Several volcanoes near Al Madinah are younger than one million years, with the most recent dating back to 720 years ago. The Red Sea rift zone stretches westward from Saudi Arabia in the northwest direction and is regarded as a significant geothermal asset in the western part of Saudi Arabia (Fig. 1).

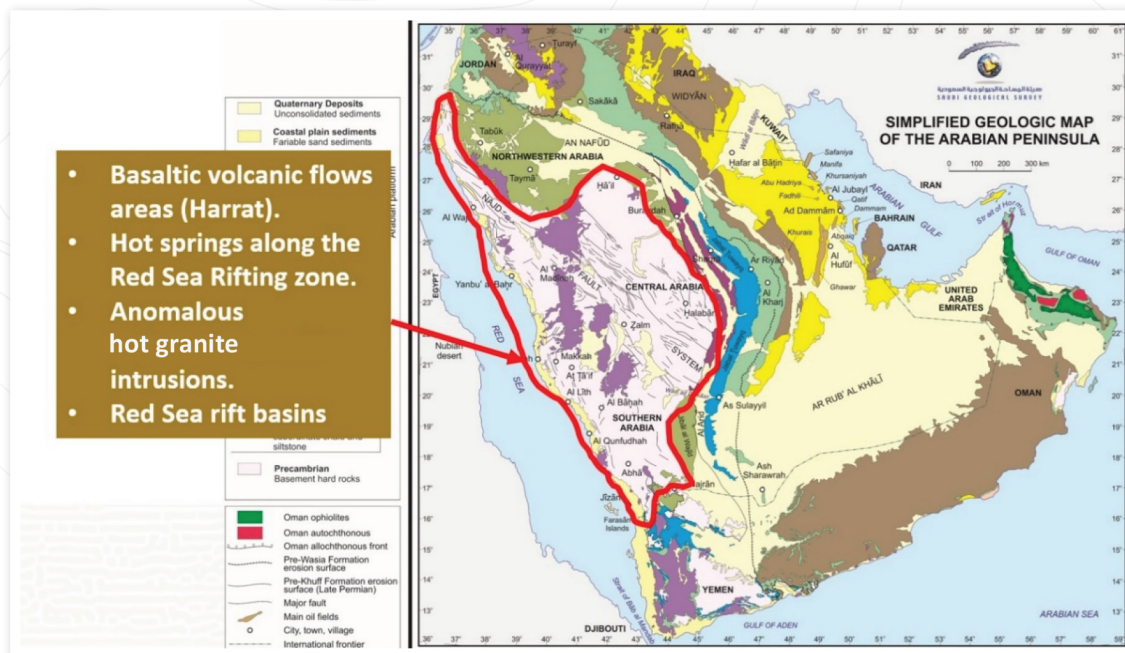


Figure 1. Illustrates the potential geothermal resources in Saudi Arabia (areas of possibly medium to high enthalpy).

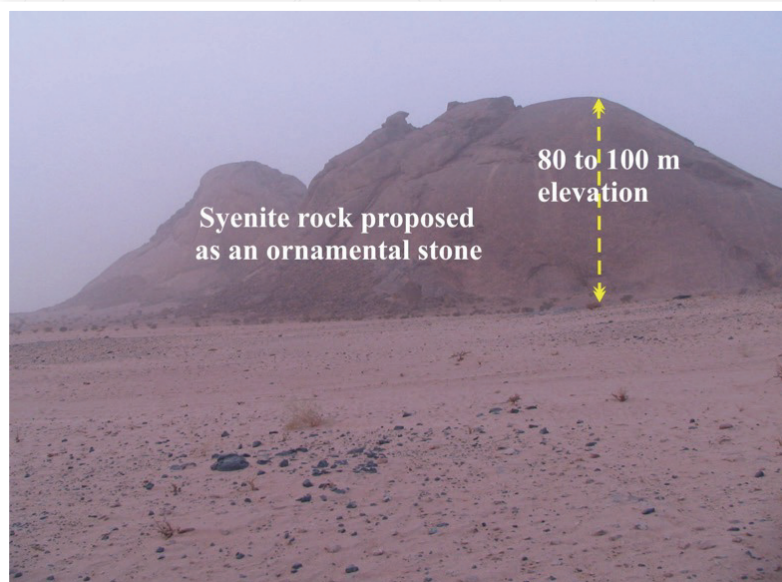
Geothermal Energy Resources in Saudi Arabia: Challenges to Aspirations



Dr. Khalid A. Bankher
Saudi Geological Survey



Ehab A. Al Ashi
Saudi Geological Survey



Photograph of the Massive Coarse-Grained Syenite.

in the northern and central areas of the Arabian Shield. These six gold occurrences, particularly the Dib Umm Kharit North and South, are considered to be top priorities, given the sizes of their mineralized areas and the presence of different structures. The average gold grade of the 37 samples from these areas is 2.36 ppm gold, with a maximum at 15 ppm. One-hundred ninety-four samples were collected from the main ancient dump and from the outcrops, divided into 149 and 45 samples, respectively. Four selected mineral occurrences of copper and molybdenum in the Afif terrane were also included in this study. These mineral occurrences

are the Jibal Humurrah, the Wadi Qimran, the Hadabat Al Uwayja, and the Himam Ash Shahad. Forty-five chip samples were collected from these four areas. Most of the samples display disseminated molybdenites within the quartz vein that cut the granitic rocks. All of these occurrences need further exploration works to determine their viability as resources.

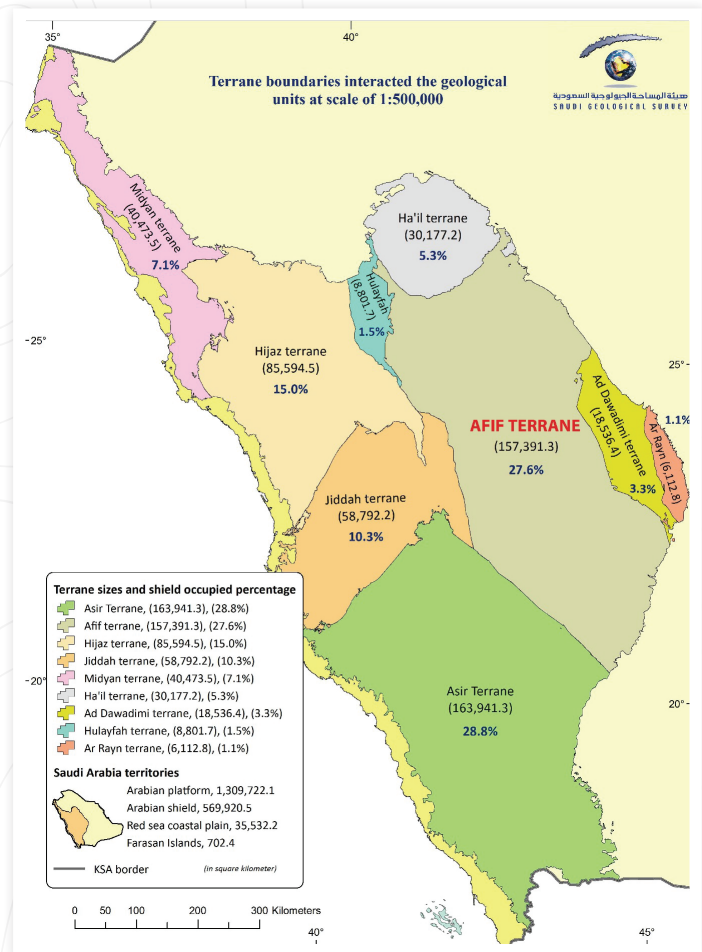
Seven mineral occurrences were also discovered during the general survey in the Afif terrane. Five of these occurrences were classified as quartz vein type, one as granite type, and another as syenite. SGS-OF-2023-1

The main objective of this project was to identify and discover promising metallic and non-metallic mineral occurrences for detailed future exploration programs to delineate and recommend for mineral resource development. This report presents the results of this mineral exploration and geologic mapping that were done in selected areas in the Afif terrane.

The Afif terrane is located about 700 km northeast of Jeddah City. This terrane trends 165° NW-SE over an area of (144 km x 70 km). It covers a total area of (157.4 km²) and represents 27.9 percent of the Arabian Shield. The Afif terrane is one of the largest terranes in the Arabian Shield. It hosts more than 900 metallic and non-metallic mineral localities that were documented in the Mineral Occurrences Documentation System (MODS).

Six gold occurrences were visited and evaluated, which are considered as auriferous gold-bearing quartz veins, namely: the Dib Umm Kharit North and South, the Al Himar-North, the Shaib Al Hufayyirah (Al Himar), the Shaib Mibhil Al Janubi (Jabal Al Usaybiyat West), the Shaib As Saqqar-W (Jabal Dhiby South), and the Al Baayith mineral occurrences. Four copper-molybdenum mineral occurrences were also visited: the Jibal Humurrah, the Wadi Qimran, the Hadabat Al Uwayja, and the Himam Ash Shahad.

The gold-bearing quartz veins were found



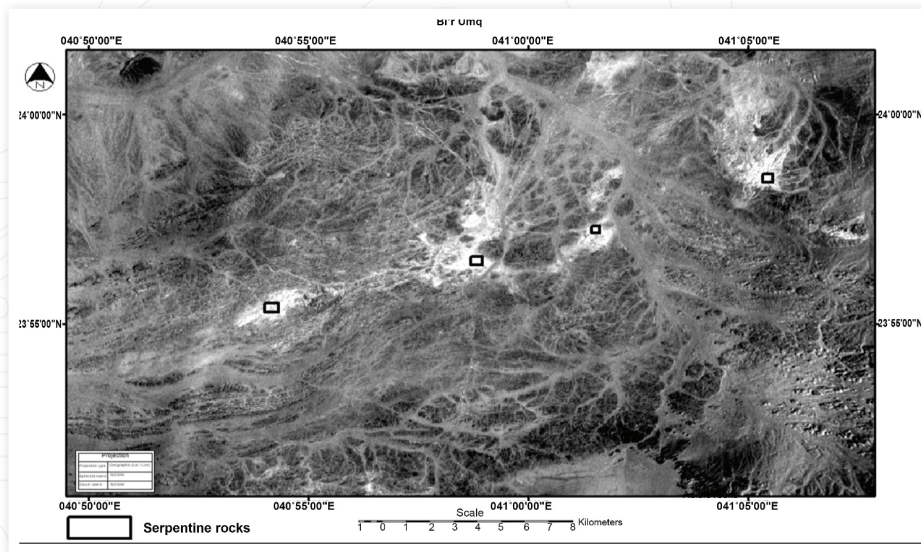
Tectonostratigraphic Terranes of the Arabian Shield.



REGIONAL EXPLORATION OF SELECTED MINERAL OCCURRENCES IN THE AFIF TERRANE IN THE ARABIAN SHIELD, KINGDOM OF SAUDI ARABIA

Abdullah M. Al Jehani, Majed S. Jamal,
Alim Siddiqi, Islam Dourgam,
and Hassan Madhi
Saudi Geological Survey

Garnet-mica schist: Our understanding of the geology of the Arabian Shield has evolved over time, due to an expanding body of data about the region and the development of new ideas and concepts in geoscience.



ASTER band ratio image of (band 2 + band 5)/band 7 after applying histogram stretch, where 0 = 93 for the minimum and 255 = 151 for the maximum. This image differentiates the serpentine in the white color from other rock units.

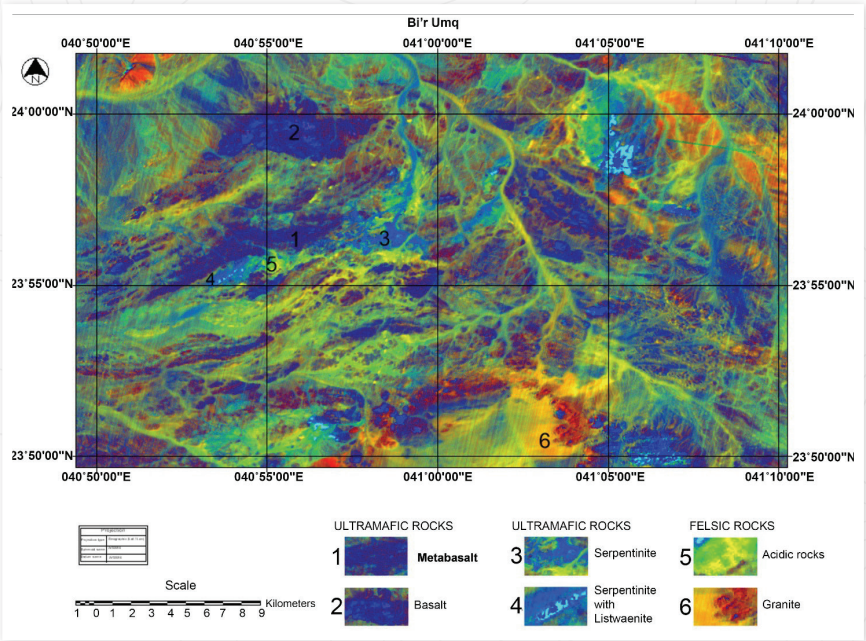
N-S trending folds. A third tectonic event, the D3, formed the NW-trending sinistral faults of the Najd system that cut the D1 and the D2 structures.

The mineralogical and petrological studies of the Bi'r Umq area revealed that the ophiolite host rocks of the metallic minerals are made up of serpentinite, listwaenite, metabasalt, and chert, interbedded with andesite, dacitic to rhyodacitic rocks, and volcanoclastic or reworked lithic tuffs. The entire sequence was cut by numerous quartz veins. The mineralogical and geochemical analyses disclosed the common presence of the metallic elements Cu and Zn. Au is very limited in occurrence in the study area. However, the following metallic elements occur in higher con-

centrations: Ni, Cr, Ba, Rb, Sr, Mo, and V. The area also contains significant concentrations of rare earth and radioactive elements, such as Ga, Li, Nb, Zr, Th, and Ta. The heavy metals and radioactive elements were found to be associated with the ophiolitic rocks that were affected by the D1, D2, and D3 structures. The precious metallic minerals, such as gold, were found to be associated with the later formed cross-cutting quartz veins, where they were found to have high concentrations but with limited occurrences. Thus, the Bi'r Umq study area may be more suited to the exploration of base metal minerals rather than for gold unless geophysical studies and drilling are conducted to intensify the exploration for precious metal deposits further. SGS-TR-2018-2

The Bi'r Umq area, southeast of Al Madinah Al Munawwarah, is a significant region where remnants of the oceanic crust are exposed and juxtaposed with the rocks of the continental crust of the Arabian Shield. This area, which is part of the ophiolite-decorated suture zone, plays a crucial role in separating the Hijaz from the Jiddah terranes within the Central Arabian Shield, making it an ideal location for our study. This report focuses on the occurrences of economic mineral deposits, their host rocks, and their tectonic settings in the Bi'r Umq area. To

gather data, we conducted mineralogical, petrological, and geochemical analyses on 94 samples collected from this area. Additionally, we utilized ASTER and SPOT data from the study area, employing various techniques of image processing and enhancement to ensure the accuracy of our findings. The ophiolite complex in the Bi'r Umq area was found to be a part of the D1 nappe structures that formed the overturned fault-related folds, which trend ENE-WSW. These D1 structures were affected by the D2 structures, which formed the



ASTER false-color composite image (RGB bands 841), merged with band 2 of SPOT 5.

Metallogenesis of the Bi'r Umq Ophiolite, Southeast Al Madinah Al Munawwarah, Western Saudi Arabia

Remote Sensing, Mineralogical, Petrological and
Geochemical Studies

Saleh S. Matar, Alim A. Siddiqui,
and Abdullah O. Bamousa
Saudi Geological Survey

The program will significantly contribute to maximizing and diversifying the economic impact of the targeted sectors, sustaining their growth, achieving their leadership, and creating an attractive investment environment in each of them. NIDLP was launched early 2019, based on the leadership's confidence in the importance of the four program sectors (Energy, Mining, Industry, and Logistics). Their integration is key to achieving added value, maximizing, and diversifying the economic impact, and creating an attractive investment environment.

The program significantly prioritises the two focus areas of local content and the fourth industrial revolution, considering them among the most important enablers of the included sectors, as well as key factors that support each sector in reaching their objectives and the desired impact.

The program is currently working on developing the infrastructure of its four sectors, making them major elements in raising the competitiveness of the Kingdom and its attractiveness as an ideal destination for investment. It is also working towards the optimal utilization of resources, improving policies and legislation related to the sectors, and receiving investments of the local and foreign private sector. The program further focuses on improving the trade balance, creating a competitive local industry in global markets, and securing sustainable competitive advantages. Such advantages aim to drive innovation, support a diversified and growing economy, create job opportunities, achieve the optimal energy mix, and boost the Kingdom's logistical connectivity locally and globally.



Program Overview

NIDLP aims to transform the Kingdom into a leading industrial powerhouse and a global logistics hub by maximizing the value achieved from the mining and energy sectors, as well as integrating the two focus areas of local content and the fourth industrial revolution.



Energy
Sector



Mining
Sector



Industry
Sector



Logistics
Sector



Fourth Industrial
Revolution



Local
Content

NIDLP CEO Message



Eng. Suliman bin Khaled Al-Mazroua
Program's CEO

“ The Saudi mining sector is on the cusp of a transformative journey. With abundant resources and a commitment to attracting investment and fostering innovation, we are embarking on a path to unlock tremendous economic potential. This industry will not only create jobs and diversify our revenue streams, but it will also position us as a key contributor of critical minerals for a sustainable future. ”



NIDLP Strategy

The program relies on 4 important strategic pillars, which contribute to achieving the ambitious objectives of the program, and these pillars are:

Promote integration for the exploitation of resources, whether natural resources, assets, or human resources.

Raising competitiveness and productivity, providing the necessary capabilities to be a leading country world-wide.

Developing the system and improving operations to focus on investor needs and added value rather than focusing on investment only.

Maximizing internal and external interdependence and access to demand areas in global regions.

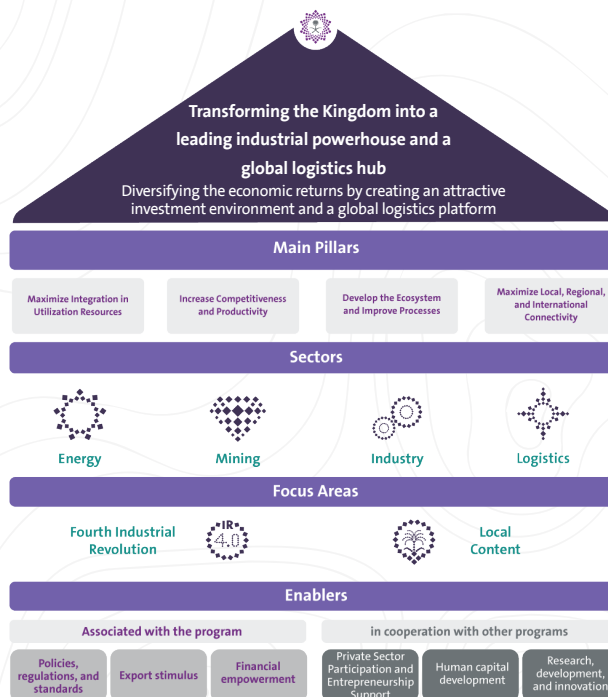
The strategy follows a development model:

That starts with:

Building on strengths, maintaining gains, and developing sustainable competitive advantages.

Relies on:

Factors that boost the competitiveness of various sectors in the short, medium, and long term.



2030 Aspirations

Maximizing the contribution
to GDP to reach

176
billion SAR

219
thousand
jobs

to be generated by the mining sector

Improving the beneficiary experience by increasing satisfaction
with the provided services and reducing the detection licenses
issuance period to

60
days



The Mining Sector Directions Aim to Maximize the Value Generated From the Sector By:



Developing regulations and legislations and improving capabilities to enhance the mining sector's competitiveness.



Creating job opportunities and fostering national talents.



Providing the required geological data via the Arabian Shield geological survey as part of the Regional Geological Survey Program.



Increasing exploration expenditure to global levels by attracting private sector investments, along with dedicated support from the proposed exploration fund as part of the sector's initiatives.



Enhancing the beneficiary experience and satisfaction by upgrading services, providing relevant data in a highly reliable digital format, facilitating its access, and reducing the time required to issue detection licenses.



Maximizing the added value of mineral ores by establishing value-added mining chains in collaboration with the private sector, which would offer excellent investment possibilities.

Editorial Letter

Dear Readers,

We are thrilled to present the second issue of Ardhona, our annual scientific journal dedicated to geology and mining. The success of our inaugural issue has been heart-warming. Positive feedback has poured in from the geological community, inspiring us to continue our mission of fostering knowledge exchange and exploration. In our debut issue, we embarked on a journey to explore the intricacies of the Earth. The response was overwhelming. We extend our heartfelt gratitude to our contributors, reviewers, and readers. Your engagement reaffirms our commitment to quality research dissemination.

Building upon this momentum, our second issue is even more engaging. We've collaborated with respected organizations, creating a platform for interdisciplinary dialogue. From mineralogy to environmental impact assessments, our pages resonate with diverse voices.

Ardhona isn't just a journal; it's a catalyst for change. We recognize the crucial role mining plays in our economy. As we explore topics like sustainable resource extraction and technological advancements, we invite local and international investors to explore opportunities within Saudi Arabia's mineral-rich landscape.

This issue shines a spotlight on trailblazing women in mining. Their resilience, expertise, and passion drive progress. In recent years, Saudi Arabia has made significant strides in empowering women in traditionally male-dominated fields, including mining. The establishment of "Women in Mining" in Saudi Arabia in 2024 will pave the way for more women to participate actively in this industry. As the President of "Women and Mining," Saudi Arabia, we are committed to exploring women's role in the country's mining industry. We firmly believe that their active participation is essential for sustainable sector growth. Our focus includes economic contributions, environmental stewardship, and fostering an inclusive environment through mentorship and networking opportunities. Empowering women isn't just a goal; it's our responsibility.

Our commitment to excellence extends beyond content. As we navigate the intricate layers of geology, let this journal be a testament to our shared pursuit of knowledge. Thank you for being part of our journey. Together, we'll unearth new horizons. Best regards,



A portrait of Rana A. Zumai, a woman with brown hair and a warm smile, wearing a dark red hijab. The background is dark and out of focus.

Rana A. Zumai,
Editor-in-Chief, Ardhona Journal

President Women in Mining Saudi Arabia
Senior Director of Corporate Communications & Knowledge
At Saudi Geological Survey



36

Promoting Positive Change:

How Responsible Mining Enriches Communities and Shapes a Sustainable Future



56

Developing geological surveying and mineral exploration operations

by adopting Fourth Industrial Revolution technologies

31

New Arabian Shield Lithostratigraphic and Lithodemic Code (ASLLC)



44

Evaluation of Southern Pegmatite deposit

in Saudi Arabia and its use in the porcelain industry



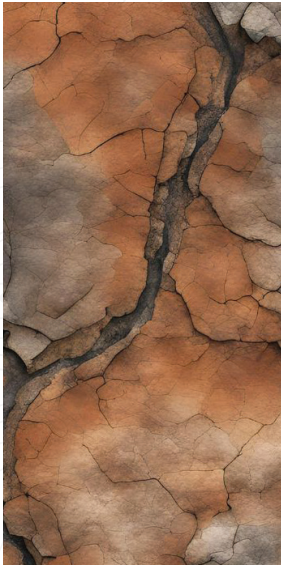
14

**Metallogenesis
of the Bi'r Umq
Ophiolite**, Southeast
Al Madinah Al
Munawwarah, Western
Saudi Arabia



17

**REGIONAL
EXPLORATION OF
SELECTED MINERAL
OCCURRENCES IN
THE AFIF TERRANE
IN THE ARABIAN SHIELD,
KINGDOM OF SAUDI
ARABIA**



20

**Geothermal Energy
Resources in Saudi
Arabia: Challenges to
Aspirations**



25

**Digitalizing
the National
Core Library:**
The Process,
Technology, and
Its Impact on
Stakeholders



ARDHONA

Geology and Mining

Issue 27 - August 2024

General Supervision

Eng. Abdullah bin Mofter Al-Shamrani

CEO, Saudi Geological Survey

Editor-in-Chief

Rana Abdullah Zumai

Senior Director of Corporate Communications and Knowledge Department

Managing Editor

Saeed Ahmed Al-Zahrani

Head of Production and Content Creating

Technical Advisory Board

Eng. Nasser S. Al Jahdali Member

Sr. Geologist Abdullah M. Al Jehani Member

Dr. Abdullah I. Nabhan Member

Dr. Hani bin Mahmoud Zahran Member

Mr. Majid A. Al Ahmadi Member

Mr. Kahlid M. Saygh Member

Geologist Abdullah M. Al Shammari Member

Mr. Arthur F. Serrano Member

Eng. Yazeed S. Al Mutairi Member

Tel: 0126195000 Ext. 5000 - 2021 B.O.Box: 54141 Jeddah 21514

Website: WWW.SGS.GOV.SA E-Mail: Ardhona@sgs.gov.sa



Designed by :
Maharar Press Co.
Riyadh, Saudi Arabia

+ 966535435764

www.mahara.sa

info@mahara.sa

Maqrat Ad Daboos

is a rock formation in sandstone, shaped by erosional processes in Al Ula.

From the geological archive



ARDHONA

Geology and Mining

Scientific Journal Issued Annually



هيئة المساحة الجيولوجية السعودية
SAUDI GEOLOGICAL SURVEY

Editor-in-Chief: Rana A. Zumai
Lin. No: 209

**The Kingdom embraces one
of the most beautiful
100 geological landmarks in the world**

Al Wahbah Crater (Maqlaa Tameya) Page 39



Issue

27

August

2024