مجلة كلية الآثار بقنا (دورية أكاديمية علمية محكمة)

تعدين الذهب في العصرين اليوناني والروماني
دارسة مقارنة للمصادر الكلاسيكية والاكتشافات الأثرية في منطقتي الصحراء الشرقية وشبه الجزيرة الأيبرية.

إعداد

د.هبه فاروق عطية النحاس

مدرس الآثار اليونانية والرومانية

بكلية الآداب - جامعة طنطا

تعدين الذهب في العصرين اليوناني والروماني : دارسة مقارنة للمصادر الكلاسيكية والاكتشافات الأثرية في منطقتي الصحراء الشرقية وشبه الجزيرة الأيبرية.

د.هبه فاروق عطية النحاس ... مدرس الآثار اليونانية والرومانية بكلية الآداب – جامعة طنطا

الملخص :

إن طبيعة التعدين تميل الي تدمير أدلة كل مرحلة من مراحل الاستغلال السابقة بحيث تكون المناجم القديمة مواقع فقيرة بشكل أساسي للتنقيب الأثري، كما حدث في أغلب مناجم الذهب في الفترة اليونانية.

لكن السنوات الأخيرة، كان التسجيل المنهجي للمواقع، بمساعدة الأدلة الأدبية، قد مكّن من تقديم تفسيرات وتوضيحات لكيفية العمل في المناجم مثل المناجم البطلمية في صحراء مصر الشرقية ، كما اوضحت ايضا طريقة عمل الرومان في بيئة جيولوجية لا تسمح بالتدخل البشري المباشر، كيف هيأوا المنطقة وتغلبوا على طبيعتها الصعبة كجزء من بداية عمليات التعدين.

لقد كانت المعرفة الهيدروليكية للمهندسين الرومان واضحة التفاصيل في أعمالهم التي نفذت لأجل المدن، من توصيل المياه ورفعها إلى الخزانات والقنوات المائية والأنفاق، كذلك النصوص الأدبية التي تحدثت عن تفاصيل تلك الأعمال مثل عمل المهندس فيتروفيوس وخصوصاً في أعمال إمدادات المياه إلى روما، بينما بقيت أعمال التعدين غير واضحة المعالم والنصوص الأدبية لا تذكر سوى الخطوط العريضة دون توضيح للتفاصيل الدقيقة. لكن الأبحاث والاكتشافات الحديثة خاصة في منطقة ضخمة مثل لاس ميدولاس أثبتت أن أعمال المناجم بها كانت تدار بتخطيط ودراسة دقيقين منذ لحظة تحديد أماكن الذهب ثم التخطيط لإمدادات المياه من خلال شبكة من القنوات استطاعوا الحفاظ على استمرار مدها بالمياه لمنطقة العمل باستمرار ربط القنوات القديمة بأخرى جديدة مع المحافظة على مقاسات عرض القنوات ودرجة ميلها اللذين ساعدا علي استمرار عملية تدفق المياه إضافة إلى استمرار الحفاظ على صيانة الشبكة بكل ما تكلفته من أموال وعمال والعمل في مناطق صعبة لا يستطيع البشر أن يعملوا بها سواء لانزلاق المكان أو صلابة أحجاره.

الكلمات الدالة : ذهب، تعدين، يوناني، روماني

Gold mining engineering in the Greek and Roman eras "An archaeological study in light of Greek and Roman literary sources"

Abstract:

The nature of mining tends to destroy evidence of every previous stage of exploitation, so that ancient mines are essentially poor sites for archaeological excavation, as happened in most gold mines of the Greek period.

But in recent years, the systematic recording of sites, with the help of literary evidence, has made it possible to provide explanations and explanations of how to work in mines such as the Ptolemaic mines in the eastern desert of Egypt. It has also clarified how the Romans worked in a geological environment that did not allow direct human intervention. How they prepared the region and conquered. On its difficult nature as part of the beginning of mining operations. The hydraulic knowledge of Roman engineers was clear in detail in the works carried out for cities, from delivering water and raising it to reservoirs, aqueducts and tunnels, as well as literary texts that talked about the details of those works, such as the work of the engineer Vitruvius, especially in the work of water supply to Rome, while mining works remained It is not clear, and literary texts only mention broad outlines without clarifying the precise details. But recent research and discoveries, especially in a huge area like Las Medulas, have proven that the mine operations there were managed with careful planning and study, from the moment the gold was located and then planning for the water supply through a network of canals. They were able to maintain a continuous supply of water to the working area by constantly linking the old canals with new ones. Maintaining the dimensions of the width of the channels and their degree of inclination, which helped to continue the process of water flow, in addition to continuing to maintain the maintenance of the network with all its costs in terms of money and workers, and working in difficult areas that humans cannot work in, whether due to the slippage of the place or the hardness of its stones.

Keywords : Gold, mining, Greek, Roman.

مقدمة :

– الذهب من أغنى المعادن التي استخدمها الإنسان منذ القدم في حياته اليومية فلم يكن مجرد معدن نفيس، بل كان رمزًا للقوة والثروة والجمال،احتضنته الثقافات المختلفة واستخدمته في الكثير من الأغراض الدينية والدنيوية .ثم لفتت خصائص الذهب المعدنية وبريقه اهتمام الملوك والتجار وسرعان ما ازاح باقي المعادن التي استخدمت كمقايضة و تربع علي عرش النقد وتم استخدامه منذ القرن الثامن قبل الميلاد منفردا او بجانب الفضة في المستعمرات اليونانية من آسيا الصغري إلي فنيقيا وبابل وآشور.[١] كما اكتشف المصريون القدماء كثير من مناجم الذهب بالصحراء الشرقية ومنطقة البحر الأحمر والنوبة ،حيث وجدت حبيبات الذهب فى عروق الكوارتز التى تمتد عميقة فى صخور تصل لمستوى سطح المياه الجوفية.

– كانت بلاد اليونان أيضا مكاناً غنيًا بالذهب، فيذكر سترابون بعض المناجم في فريجيا وتراقيا من بين أماكن أخرى" يُقال إن ثروة (*Ploutos*) تانتالوس وبيلوبيداي مشتقة من مناجم (*Metallon*) حول فريجيا وسيبيلوس؛ وقدموس من المناطق المحيطة بتراقيا وجبل بانجيوم؛ بريام من مناجم الذهب (*khruseion*) في أستيرا بالقرب من أبيدوس (والتي لا تزال منها في الوقت الحاضر بقايا صغيرة؛ ومع ذلك، هناك كمية كبيرة من المادة المستخرجة، والحفريات (*orugma*) هي أدلة (*sēma*) على أعمال سابقة (*metalleia*)؛ وميداس المحيطة بجبل برميوم؛ جيجيس وألياتس وكروسوس الموجودة في ليديا والمدينة الصغيرة المهجورة بين أتارنوس وبرغاموم، حيث توجد مواقع المناجم المنتهية ".[٢]

اما الرومان فقد توسّعت نفوذهم وقوتهم في بداية الإمبراطورية الرومانية منذ ٦٤٠ قبل الميلاد حتى نهاية الإمبراطورية الرومانية، وازداد حجم عمليات التعدين بشكل كبير، حيث كان الرومان بحاجة إلى الاستفادة من الذهب والفضة والقصدير

[1] - Bernstein, Peter, and Paul Volcker. The Power of Gold: The History of an Obsession. 2nd ed., Wiley, 2012.

[2] - Strab. 14.5.28
https://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A1999.01.0239%3Abook%3D14%3Achapter%3D5%3Asection%3D28

والرصاص لاستخدامها في العديد من الأغراض الصناعية.ومع تطور طرق التعدين توغل عمال المناجم بشكل تدريجي في أعماق الأرض حيث تتبع الرومان عروق الكوارتز الموجودة تحت الأرض بعد أن أصبحت عمليات التعدين السطحي غير مجدية اقتصاديا. وأنشأوا مسارب خلال الصخور العارية لتصريف السوائل من الحُفَر التي حفروها. كما اخترقوا طبقة المياه الجوفية في بعض المواقع وسحبوا المياه من المناجم مستخدمين السواقي.

الهدف من البحث :

تتبع وتفسير ومقارنة بعض تقنيات تعدين الذهب من خلال :

١- عرض ومقارنة الأدلة الأدبية مع الاكتشافات الحديثة لمناطق تعدين الذهب في العصر البطلمي في صحراء مصر الشرقية ، ومنها يمكن تقريب وفهم خلفية العمل في مناجم اليونان نظرا لنقل تطور خبرة تعدين الذهب لمصر عن طريق البطالمة ثم تطورها علي يد الرومان.

٢- عرض ومقارنة الأدلة الأدبية مع بقايا عمليات التعدين التي مارسها اليونان يليهم الرومان في أهم مناجم الذهب بشبه الجزيرة الايبرية خلال الامبراطورية الرومانية والتي لا تظهر بالتسجيل المباشر ومن ثم تمثل عقبة في وجه فهم طرق وهندسة التعدين في العصر الروماني، وإنما هي نتاج بقايا عمليات التعدين التي مارسها الرومان في تلك المناطق.

٣- تغطية الطرق المختلفة التي اتبعت لاستخراج الذهب ،وتتبع تطور هندسة التعدين خلال العصرين اليوناني والروماني حيث تختلف طبيعة الذهب الجيولوجية[٣] في

---

[٣]- يوجد الذهب في الطبيعة إما بشكله الحر على هيئة قشور، أو على هيئة حبيبات صغيرة جدّاً قد تصل إلى أبعاد مجهرية تكون مطمورة في الصخور عادةً برفقة الكوارتز أو معادن الكبريتيد مثل البريت، كما يوجد أيضا متحدا مع عناصر وفلزات أخرى مثل الرصاص والزئبق والنحاس وكذلك كان يوجد على هيئة قطع كبيرة تمتد أسفل التربة فيما يسمى بالعِرق. يوجد الذهب بتركيزات مختلفة في ترسبات التربة الطينية-Alluival- وهي تربة مفككة وغير متصلدة تآكلت أو تغيرت نوعًا ما بفعل المياه والترسبات في مناطق غير بحرية. ودائمًا ما يتكون الطمي من مجموعة متنوعة من المواد منها جسيمات الطمي والصلصال الدقيق وجسيمات الرمال والحصى الأكبر قليلاً. وعندما تترسب تلك المواد الطميية أو تتجمع في وحدات صخرية أو تصبح متصخرة فإنها تسمى الرواسب الطميية. وغالبًا ما يطلق على الطمي

المنطقتين محل الدراسة ،فالذهب يتواجد مع الرواسب بنوعين مختلفين نوع أولي: يوجد مع الكوارتز، ويستلزم استخراجه إنشاء خنادق تحت الأرض وتكسير الصخور مباشرة،وهي الطريقة التي وجدت في الصحراء الشرقية وبعض مناطق شبه الجزيرة الايبرية.ونوع اخر ثانوي: حيث الذهب جسيمات حرة ذات كثافة عالية (١٩.٣ جم /سم مكعب)، وهذا النوع موجود في مناجم إسبانيا الشمالية الغربية، إما في طبقات غرينية منزلقة أو مندمج مع طبقة صخرية.

التعدين في الصحراء الشرقية :

تقع منطقة ساموت محل الدراسة هنا بالصحراء الشرقية ويعود تاريخها الي بداية العصر البطلمي وهي عبارة عن قلعة ومنطقة تعدين ارتبطت نشأتها بالعمل في مناجم الذهب القريبة منها ضمن سلسلة حملات البحث عن الذهب التي قام بها البطالمة منذ عهد بطليموس الأول مقتفين آثر قدماء المصريين منذ عهد الأسرات الحديثة (القرن ١٦ق.م الى القرن ١١ق.م) .[٤] يوجد الذهب في الصحراء الشرقية في المنطقة الشرقية منها بالقرب من البحر الأحمر(خريطة١) حيث ترتبط الرواسب غالبا بالصدوع او الصخور البركانية المتواجدة بالمنطقة مما جعل السمة الاساسية لانتاج الذهب هنا هو تتبعه علي هيئة عروق في الصخر.[٥]

مايميز مناجم الصحراء الشرقية دونا عن باقي المناجم التي تعود لنفس الفترة التاريخية هو وجود نص يصف طريقة العمل بها يقدمه اجاثار خيديس[٦](Ἀγάθαρχος) من

"غطاء" لأن هذه الترسبات تخفي تحتها صخور القاعدة. قد يحتوي الطمي على الكثير من الخامات مثل الذهب والبلاتينيوم ومجموعة كبيرة من الأحجار الكريمة. ومثل هذه التركيزات هي خامات قيّمة تعرف باسم الرواسب المكيثة placer deposit.التربة الطينية alluvial (مشتق من الكلمة اللاتينية alluvius المأخوذة من alluere أي "يغسل من" وهي تربة ليست متماسكة في صورة صخور صلدة. (مخطط ١) - Chisholm, Hugh, ed,1911:Alluvium, *Encyclopaedia Britannica*,Cambridge University Press, Volume1.ALLUVIUM

[4] - Thomas Faucher, The Eastern Desert of Egypt during the Greco-Roman Period: Archaeological Reports , Institut des civilisations,2018.p2

[5] - Botros N.G,"A new Classification of the Gold Deposits in Egypt". *Ore Geology Review* 25,2004, pp. 1-37.

[٦]– عرف اجاثار خيديس بأنه أكثر المؤلفين إبداعًا في العصر الهلنستي. عاش بمصر بمدينة الإسكندرية في منتصف القرن الثاني قبل الميلاد. عمله عن البحر الأحمر شمل خمس مجلدات جغرافية.. الكتاب الخامس من مؤلفاته "على البحر الأحمر" موجود في مقتطفات كبيرة عند ديودوروس سيكولوس وسترابو ومكتبة فوتيوس (٢٥٠ ق.م). ويعد وصف مناجم الذهب في الصحراء الشرقية بمصر أشهرها.

خلال وصف متسلسل لعملية التعدين منذ تواجده كخام وحتي تحويله لمعدن الذهب. هذا النص كان حجر الاساس بجانب أعمال التنقيب الحديثة التي تمت في المنطقة لاعطاء صورة واضحة عن أعمال التعدين التي بدأها البطالمة في منطقة الصحراء الشرقية يليهم الرومان.

في البداية يصف اجاثار خيديس عملية استخراج الكوارتز:

– " الأرض الحاملة للذهب والتي تكون أكثر صلابة، يتم حرقها أولاً بالنار،ثم يتم تكسيرها الي قطع صغيرة .أما الصخور الناعمة التي يمكن أن تستجيب لجهود معتدلة، فيتم سحقها بواسطة مطرقة ثقيلة على يد العديد من البائسين. ويدير العملية عامل ماهر يميز الحجر ويشير إليه للعمال ثم يقوم أقوى العمال جسديًا بكسر صخور الكوارتز بواسطة مطارق حديدية، دون تطبيق أي مهارة في المهمة بل بقوة فقط، ويحفرون أنفاقًا عبر الصخور ليس في خط مستقيم بل حيثما يقودهم العرق البراق في الصخر.الآن هؤلاء الرجال الذين يعملون في الظلام بسبب انحناء والتواء الممرات، يحملون مصابيح مرتبطة بجباههم ونظرًا لأنهم يغيرون وضعية أجسامهم في كثير من الأحيان ليتناسب مع وضعية الحجر، فإنهم يلقون الكتل التي يقطعونها على الأرض، ويعملون بهذه المهمة بلا توقف تحت قسوة وضربات المشرف".[٧]

الاكتشافات الحديثة ومدى توافقها مع النص:

– لم يعثر من آثار التنقيب في الموقع علي اي اثر لاستخدام النار في الصحراء الشرقية، كما لم يتم العثور علي ايها في منطقة ساموت.[٨]

– تم العثور علي عروق الكوارتز المستغلة من خلال صور الأقمار الصناعية ، حيث تظهر علي شكل شقوق سطحية ، ثم باستكمال عمليات التنقيب وجد منها ممرات ممتدة اسفل الارض بعمق يصل من ١٥ الى٢٠ م.[٩]

- Marcotte D, “Les mines d’or des Ptolémées : d’Agatharchide aux archives de Photios”. Journal des Savants, 2017, pp. 3-49.

[7] - Stanley M. Burstein, Agatharchides Of Cnidus: On The Erythraean Sea, The Hakluty Society London 1989 ,book 5,p61

[8] - Thomas Faucher 2018.p11.

[9] - Faucher "The Eastern Desert of Egyp".p10.

– تم الكشف عن مصابيح زجاجية سوداء اللون منقوش عليها حروف تشير الى ملكيتها للعامل و تحتوي على خزان عميق يسمح للعامل بالبقاء في مكانه بعمق الارض فترات طويلة. كما تم ملاحظة كوة في الصخر في مقدمة الرواق بمثابة دعم للمصباح[١٠].

– كما كشفت الحفائر عن وجود أعمال حدادة من بقايا اثرية مرتبطة بهذا النشاط :حيث عثر علي طبقة سميكة من الرماد الأبيض يوجد تحتها فرن،حفرة تبريد،وسندان. كما عثر عند مدخل كوخ حجري على صخرة كبيرة تحتفظ بآثار التآكل الناتج عن شحذ الأدوات. بالإضافة إلى ذلك، خلال اعمال الحفائر في قلعة بئر ساموت عام ٢٠١٦تم اكتشاف ثلاث أدوات تعدين: معول ومطرقة وسندان من الحديد،مما يتفق مع نص اجاثار خيديس (صورة ١).[١١]

إذن مابين التوافق مع نص اجاثار خيديس ومابين عدم التحقق من باقي النص، هو ماتوصلت اليه البعثة الفرنسية في منطقة ساموت.

– بداية طبيعة صخور الصحراء الشرقية قابلة للتكسير و التفتت بواسطة الازميل وايادي الهون دون الحاجة الى تعريضها للتسخين والحرارة ثم سكب الخل عليها لسرعة تبريد الصخرة (حيث تعمل تلك الطريقة على تمدد الصخرة بسبب الضغط الحراري مما يضعفها ويسهل من عملية تكسيرها) .لكن هذه الطريقة تحتاج الى الاستهلاك الكبير للخشب وهو مالم يتم العثورمنه علي اي اثر في الصحراء الشرقية نظرا لندرة الأخشاب والماء[١٢].

ثانيا عثرت البعثة على بقايا الحفر وتتبع العرق أسفل الأرض،حيث كان يظهر بداية بصورة واضحة علي سطح الأرض حيث كان يتم الحفر حول عرق الكوارتز ثم يتم متابعة العرق اسفل السطح عن طريق حفر ممرات ودهاليز تم العثور على بعضها مهدم ومردوم (صورة ٢). كما وجدت ادوات معدنية في منطقة ساموت تتشابه مع عمل فني يعود للقرن السادس قبل الميلاد يصور بعض العمال او العبيد يعملون في

[10] - Faucher "The Eastern Desert of Egyp".p12.
[11] - Faucher "The Eastern Desert of Egyp".p12.
[12] - Craddock, P: Bronze Age Mining in the British Isles. In: H. Steuer & U. Zimmermann (eds.) Montanarchäologie in Europa. Jan Thorbecke, Sigmaringen, 1993.

منجم ما، يحمل احدهم علي يمين الصورة معول يكسر به الصخور، وفي منتصف المشهد يوجد مصباح للاضاءة بينما علي يسار المشهد يقوم اثنان من العمال برفع الاحجار في سلال لاعلى (صورة ٣) يتكرر مشهد السلة علي اناء كيلكس لاسير يعمل في منجم ويحمل نفس السلة(صورة ٤).

– المرحلة الثانية بعد استخراج الكوارتز يخبرنا بها اجاثار خيديس :

"فكل من تجاوز الثلاثين من عمره يأخذ من الحجر المستخرج ويدق بمدقات الحديد مقدارا معلوما منه في الملاط حتى يصغر (حجمه) مثل البقية."[١٣]

تعليق علي النص:

– تلي مرحلة استخراج الكوارتز مرحلة طحنه ، وهي عملية تستلزم الدقة لتسهيل العملية التي تليها وهي عملية فصل الشوائب. قدمت الحفريات في ساموت عددًا كبيرًا من مناطق الفرز والسحق. في هذه المناطق يقوم العمال بطحن الخام حيث عثر فيها علي ادوات حجرية مثل الهاون ، والمدقات.[١٤] ومن المحتمل أن الأدوات الحديدية كانت تكمل عمل الادوات الحجرية التي استخدمت بشكل شائع لأنها كانت أرخص وأسهل في الوصول إليها.كماعثر علي مطاحن لطحن الكوارتز مصنوعة غالبا من الجرانيت وهي تتكون من جزئين ، جزء سفلي مقعر يزن ٥٠ كيلوجرام(صورة ٥)، يعلوه حجر محدب اخف وزنا واحيانا له "أذنان" لمسكه(صورة٦)، ثم بوضع حبيبات الكوارتز بينهم واستمرار الحركة الترددية للحجر العلوي علي الحجر السفلي تتحول الحبيبات الي دقيق ناعم.[١٥]

– المرحلة الأخيرة غسل وفصل الشوائب فيستكمل اجاثار خيديس:

"أخيرًا، بعد جمع الصخور المطحونة، يصل الفنيون بالعملية إلى نهايتها حيث يفركون الكوارتز المعالج على لوح مسطح مائل قليلاً أثناء صب الماء. فيسيل الجزء الترابي الذي دفقه الماء حسب ميل اللوح، أما الجزء الذي فيه الذهب فيبقى على الخشب لثقله

13 - Rene Henry, Photius Bibliotheque, volume VII, Paris, 1974, note 7, p. 127.
- https://archive.org/details/henry-photius-bibliotheque-7-cod.-246-256
14 - Faucher "The Eastern Desert of Egyp"..p14
15 - Faucher "The Eastern Desert of Egyp"..p15,p16

.تعاد العملية مرارًا وتكرارًا، مع فرك الكتل بخفة بايدهم، ثم يغسلونها لاحقًا بإسفنجة مسامية تزال بها الأجزاء السائبة والترابية حتى تبقى جزيئات الذهب النقية فقط[١٦]"

تعليق :

– إحدى المشاكل المهمة الذي يطرحها نص اجاثار خيديس هي الإشارة الواضحة إلى أن عملية تكرير الذهب بأكملها تمت في موقع التعدين ،لكن لم يتم العثور في منطقة المنجم علي طاولات لتصريف وغسيل الذهب من العصر البطلمي ، مما جعل تفسير المواد التي تغطيها لتنقية الذهب غير معروفة،لكن تم العثور علي العديد من هياكل الغسيل في نقاط مختلفة على نهر النيل عند اخميندي جنوب مصر بالقرب من وادي العلاقي وبالتالي ربما تم نقل دقيق الكوارتز الي الوادي لغسله.

المغاسل مصنوعة بالكامل من الحجر وتتكون من ثلاث اجزاء :طاولة مستطيلة ضحلة علي شكل حرف V وعاء صغير مربع ثم حوض مربع عميق. الطاولة بسطح مائل (صورة ٧) في القاعدة (أو الجزء السفلي من الطاولة) تم حفر حوض يتم توصيله من خلال فتحة ضحلة إلى أعلى الطاولة (الجزء الأعلى) و يسير بالتوازي مع الطاولة ويتم توجيه المياه الجارية إلى الجزء العلوي حتى يتم إعادة استخدامها. وبقيت جزيئات الذهب الأثقل على سطح الطاولة بينما تم غسل الرمال بالماء. نظفت الأحواض بشكل منتظم من الرواسب وإلقيت في مكان قريب، مما أدى إلى ارتفاع مستوى الوادي حول المنشأة. ويطلق المساحون على هذه الأكوام اسم "أكوام المخلفات". الرمال عبارة عن حبيبات أكثر سماكة / فضفاضة وتشبه الطمي.[١٧]

تعدين الذهب في الصحراء الشرقية في العصر الروماني :

لا يُعرف الكثير عن تقنيات التنقيب في الصحراء الشرقية المصرية خلال العصر الروماني، ولكن يمكن الافتراض أن التقنيات كانت مماثلة لتلك المستخدمة في العصر الفرعوني والبطلمي من تشابه الادوات وطرق الحفر التي سيتم توضيحها لاحقا. أيضا

[16] -Stanley Mayer Burstein, Agatharchides Of Cnidus: On The Erythraean Sea, The Hakluyt Society,London ,1989,p 63

[17] - Vercoutter, J. The gold of Kush. The gold-washing stations at Faras East. Kush, (1959). 7, 120–126,

بالعودة الي النصوص الأدبية مرة أخرى سيتم توضيح و فك طلاسم الموقع وترتيب احداث العمل في المنجم.

موقع المنجم الروماني هو وادي بكاريا بالصحراء الشرقية علي بعد ١٠ كم غربا من وادي دغباج (خريطة ٢) [١٨]، الذهب هنا يوجد في عروق الكوارتز الممتدة علي السطح لمسافات كبيرة،فقط بموقعين يمتد اسفل سطح الأرض.وتظهر هنا الخبرة الرومانية في تتبع العرق حيث يمتد العمل سطحيا علي مسافات كبيرة ويظهر ذلك من بقايا الخنادق المحفورة لتتبع العرق وتراكم قطع الكوارتز المفتتة علي جانبيها.ثم في موقع أخر يظهر ان العرق ممتد اسفل الارض فلجأوا لحفر ممرات سفلية يظهر آثارها من أعمدة المداخل المهدمة الآن، وهما مدخلان أحدهم غربي(صورة ٨) مملوء حاليا بالرمال ولا يظهر عمقه والاخر شرقي تمتد بقاياه حتي ٥ متر اسفل الجبل[١٩].وهذا الاكتشاف ينطبق مع ماذكره اجاثار خيديس في وصفه للعمل في المناجم البطلمية والذي مازال منطبقا علي العمل في الموقع الروماني:

" إن العمليات برمتها تقع على عاتق عامل ماهر يميز الحجر ويدل العمال عليه. أولئك الذين تم تكليفهم بهذه المهمة المؤسفة، وهم الأقوى جسديًا، يكسرون صخرة الكوارتز بمطارق حديدية، دون استخدام أي مهارة في هذه المهمة، بل القوة فقط، ويقطعون الأنفاق عبر الحجر، ليس في خط مستقيم ولكن حسبما تظهر الصخور اللامعة" [٢٠]

ويمكن رؤية استمرار العمل بنفس نهج البطالمة من خلال الادوات التي تم العثور عليها في الموقع وهي ادوات التكسير وطحن الكوارتز :

لم يتم العثور علي ادوات معدنية ورجح ذلك ربما لاعادة تدويرها ، او ربما لانها ادوات شخصية يصطحبها العامل معه ولا يتركها في الموقع.بخلاف الادوات الحجرية الذي عثر عليها متنوعة ومصنوعة من الاحجار المحلية مثل : ايادي هاون ومدقات ربما استخدمت لدق الكوارتز(صورة ٩). [٢١]

---

[18] - Hume, W.F. Geology of Egypt: The Fundamental Pre-Cambrian Rocks of Egypt and the Sudan, their Distribution, Age and Char- acter: Part 3, Cairo, Governmental Press ،Volume 2:. 1934،

[19] - Barbara J.M. Tratsaert: *Roman Gold Mining in the Eastern Desert: The Mining Settlement in Wadi Bakariya.* , Cotsen Institute of Archaeology Press at UCLA,2012،p252

[20] - Photius 59-61

[21] -Tratsaert" *Roman Gold Mining in the Eastern Deser*"p 251.

كما عثر علي ثلاث انواع من مطاحن الكوارتز،احدهم تعود الي فترة مبكرة(ربما عصر المملكة الحديثة)عبارة عن حجر كبير ذو انخفاض ضحل من منتصفه، يلحق بيه عادة حجر صغير مصقول من اسفله و يمسك من طرفه(صورة١٠)[٢٢] يشبه مطاحن القمح في تلك الفترة (صورة ١١). اما النوعين الاخرين فهما أحدث ، نوع منها وهي المطحنة البطلمية ، ونوع أحدث يعود للعصر الروماني وهي الرحايا الدائرية والتي تتكون من جزء سفلي ثابت،وجزء علوي متحرك مزود بثقبين احدهم لتزويد الرحايا بقطع الكوارتز والأخر لوضع مقبض لتدويرها(صورة ١٢).[٢٣]وجود الثلاث انواع من المطاحن ربما يوضح الترتيب الزمني للمنطقة ، كما يوضح تطورعملية التعدين حيث يبدو ان الرحايا الدائرية كانت أكثر كفاءة من المستطيلة التي تعود للعصر البطلمي.

– غسل المعدن لتنقيته : لم يعثر أيضا علي اثار لعملية الغسيل مما يرجح الرأي السابق في العصر البطلمي بنقل عملية الغسل باماكن بجوار ضفاف النهر مثل وادي دغباج.حيث عثر علي مغاسل دائرية الشكل(صورة ١٣) قطرها حوالي ١٠–١٢ م [٢٤]تشبه مغاسل الفضة(صورة ١٤) التي عثر عليها بمناجم لافريون باليونان وتعود للقرن ٥ او ٤ ق.م قطرها ٧م وفوهتها من الرخام.

وبالتالي طرق التعدين في العصر الروماني مازالت مستمرة علي نهج البطالمة مع تطور طرق التعدين ،فاستطاعو حفر الانفاق ومراعاة تهوية المكان عن طريق الاعمدة التي سمحت بمرور الهواء والاضاءة إلى مسافات عميقة، كما طورو من ادوات الطحن فالرحايا الدائرية كانت تعطي انتاج من الطحن اكثرمن المطحنة البطلمية التي ربما ظلت تستخدم بجوار الدائرية .

تعدين الذهب في العصر اليوناني بشبه الجزيرة الايبرية:

كان لشبه الجزيرة الايبرية أهمية كبيرة عند اليونانين كمصدر للذهب والثروات المعدنية،فقدم استرابو وصفا للمصادر الغنية في شبه الجزيرة الأيبيرية، وطرق استخراج المعادن ومعالجتها:

---

[22] - Barbara Tratsaert, “Gold mining in the Eastern Desert of Egpt (Roman period)”, in Chrysovalantis Sitsanis (ed.)Archiopedia (Ocmtober 2020 edition), p. 18,

[23] - Tratsaert, “Gold mining in the Eastern Desert of Egpt (Roman period)” p 12.

[24] - R. Klemm and D. Klemm, Gold and Gold mining in Ancient Egpt and Nubia. Archaeolog of the An- cient Gold Mining Sites in the Egptian and Su- danese Eastern Deserts, Springer, Heidelberg, 2013, pp. 166, fg. 5.109

"من بين الثروات المختلفة للدولة المذكورة [Turdetania]، لا تعد الثروة المعدنية [*metalleia*] آخرها، وسيقدر الجميع هذا بشكل خاص وسيعجبون به. ففي الواقع، البلاد بأكملها في شبه الجزيرة الإيبيرية مليئة بالمعادن، على الرغم من أنها ليست متساوية الخصوبة والازدهار في كل مكان، خاصة في تلك المناطق التي تكثر فيها المعادن بشكل كبير. نادرًا ما يتمتع أي مكان بكلتا هاتين الفائدتين، ونادرًا ما تكثر أنواع المعادن المختلفة في إقليم صغير واحد. ومع ذلك، فإن توردیتانیا والمناطق المحيطة بها تفوقو تمامًا في هذا الصدد، حتى أن الكلمات لا يمكنها أن تعبر عن ذلك. الذهب [*khrusos*]، الفضة [*arguros*]، النحاس [*khalkos*]، والحديد [*sidēros*]، متساوية في الكمية والجودة، ولم يتم اكتشافها حتى الآن في أي جزء آخر من العالم. الذهب لم يتم التنقيب عنه في المناجم ، بل أيضًا تم جمعه؛ ثم غسل الرمال المحتوية على الذهب من قبل الأنهار والسيول. غالبًا ما يتم العثور عليه في المناطق القاحلة، لكن هنا لا يُرى الذهب بالعين المجردة، بينما في المناطق المغمورة يمكن رؤية حبيبات الذهب تلمع".[٢٥]

– يتحدث استرابون هنا عن المعادن المختلفة في شبه الجزيرة الايبرية ، ثم عن طبيعة الذهب الجيلوجية الموجودة في المنطقة كعروق في الصخورلا يمكن رؤيتها بوضوح الا ببتبع العرق في أعماق التربة.ثم يستكمل بعد ذلك طرق فصله من العرق وفصله عن الشوائب :

" نتيجة لذلك، يتم سكب المياه على المناطق القاحلة لجعل حبيبات الذهب تلمع؛ كما يتم الحفر واستخدام وسائل أخرى لغسل الرمال وفصل الذهب عنها. بحيث يتم اليوم الحصول على المزيد من الذهب عن طريق الغسيل [*khrusoplusion*] بدلاً من استخراجه من المناجم. يؤكد الجالين(Galatæ) أن المناجم على جبال كيمينوس وجانبها من جبال البيرينيات أفضل؛ ولكن معظم الناس يفضلون تلك على هذا الجانب. يقولون أنه في بعض الأحيان يتم العثور على تجمعات من حبيبات الذهب تزن نصف

[25] - Strabo *Geography* 3.2.8,
- http://data.perseus.org/citations/urn:cts:greekLit:tlg0099.tlg001.perseus-eng2:3.2.8

رطل، ويطلقون عليها اسم "*palœ* "؛ ولا يحتاجون إلى تنقية كثيرة. يقولون أيضًا أنه عند تكسير الأحجار يتم العثور على تجمعات صغيرة. وعندما يتم ذوبان الذهب وتنقيته من الطين شبه الصلب، تكون بقايا الذهب المتبقية من الإلكتروم [*ēlektron*]. يتم فصل الفضة عن الذهب من هذا الخليط، بواسطة النار مرة أخرى، ويترك الذهب نقيًا؛ حيث يتم تفريق هذا المعدن بسهولة ويكون ليناً، وبناءً عليه يتم ذوبان الذهب [خروس] بسهولة بواسطة القش. في قاع الأنهار يتم جمع الرمال وغسلها في قوارب قريبة، أو يتم حفر حفرة يتم نقل التربة إليها وغسلها هناك.[٢٦]

– من وصف استرابون يمكن ملاحظة وصف مختلف لطبيعة الارض في شبه الجزيرة الايبرية، وهو وصف يكاد يكون مختلف عن طبيعة الصحراء الشرقية، مثل وجود الذهب في تجمعات نقية لا تحتاج الي فصله كما في العمليات السابقة، ونوع التربة الطينية التي تحتاج الي كثير من المياه لفصلها وهي خاصية لا تتمتع بها تربة الصحراء الشرقية، ثم يستكمل باقي عملية التنقية والصهر كما هو متبع فيما سبق.

تلك الخصائص التي تمتعت بها شبه الجزيرة الايبرية تعامل معاها الرومان بحرفية شديدة، واستغلال كامل لتلك المناجم بعد فهمهم لطبيعة بيئة العمل حتي انهم لم يتركو اي مساحة لاستغلال تلك المناجم لمن تلاهم .

وفيما يلي رصد لاهم طرق العمل التي اتبعها الرومان والتي عرفت من بقايا العمل في المناجم بالاستعانة بالنصوص الأدبية.

التعدين في العصر الروماني :

إن تأثير قوة اندفاع الماء الذي ابتكره الرومان في مناطق كثيرة من شبه الجزيرة الايبرية التي يتميز اغلبها بطبيعة جيولوجية لا يستطيع البشر العمل فيها نظراً لانزلاق المنطقة في بعض المناطق وصلابة صخورها في مناطق أخري وخطورتها كانت هي نقطة انطلاق عمل الرومان في شبه الجزيرة الايبرية.

[26] - Strab. 3.2.8.
- http://data.perseus.org/citations/urn:cts:greekLit:tlg0099.tlg001.perseus-eng2:3.2.8

ورغم ادراك الرومان بطبيعة التربة المختلفة لاسبانيا ،لكن لم تذكر النصوص الأدبية التي تحدثت عن التعدين سوى الخطوط العريضة والمصدر المباشر الوحيد الذي تحدث عن أعمال المناجم في إسبانيا هو الذي كتبه بليني الأكبر (٢٣-٧٩ م)[٢٧] ، والذي تكمن أهميته في تركيزه علي دور الطاقة المائية ليس فقط في غسل الذهب وفصله عن الشوائب ولكن أيضاً في قوة جرف المياه للطبقات الغرينية وقوة تحطيمها للجبال.

طبيعة التربة وأنواع الذهب بأسبانيا طبقا لبليني :

"٦٦- في هذا العالم يتم استخراج الذهب بثلاث طرق: علي شكل شذرات – جزيئات من الأنهار مثل تاجو في إسبانيا، باكتولوس في آسيا، بادوس في إيطاليا، وهي نقية تماماً لأنها مصقولة تماماً بسبب الحركة والاحتكاك من تيار المياه المستمر.٦٧- أو يستخرج من أنفاق (putei)أو عن طريق تحطيم الجبال ruina montium. دعونا نشرح كل طريقة – أولئك الذين يسعون لجلب الذهب يختبرون الـ segutilum[٢٨] (رواسب ال auriferous التي تحتوي الذهب – سواء كان الذهب موجودا كعرق أو مختلطاً مع الرواسب الأخرى) أولا كعلامة، ثم تؤخذ نتائج الحفر والرمال ويتم غسلها، والتي تغطس إلى أسفل يتم تجميعها. في بعض الأحيان يتم الحصول على النتيجة من السطح فورا كضربة حظ، كما حدث في دالماتيا في فترة نيرو، والتي كانت تصل إلى ٥٠ جنيهاً رومانياً يومياً. ٦٨- التي عثر عليها علي السطح تدعي talutium أو talutatium و(aurosa) إذا كانت الارض مذهبه من أسفل. جبال إسبانيا – الجافة القاحلة والتي لا يمكن الاستفادة منها بشيء آخر – تنتج هذه الثروة بقوة. ما يتم استخراجه من الأنفاق (putei) يطلقون عليه canalicium وآخرون يطلقون عليه canaliense يحتوي علي حصى رخامية... حبيبات رخامية. ٦٩ – هذه القنوات canals تستمر بجوار العرق، ويتم دعم الأرض بالدعائم الخشبية. ما يتم استخراجه

---

[٢٧]- بليني الاكبر : گايوس پلينيوس سـكوندوس (Gaius Plinius Secundus ٢٣- ٧٩ م.أشتهر بأسم پليني الأكبر، كتب الكثير من الأعمال التاريخية والفنية التي لم يتبق منها سوى ٣٧ مجلدًا من التاريخ الطبيعي ، وقد سجل الكثير من ملاحظاته عندما عمل بمناجم شمال غرب اسبانيا قبل وفاته بخمس سنوات – ٧٤ ق.م

-,Pliny"s Natural History,, XXXIII,cha(21) How Gold Is Found?.

[28] - Lewis, P. R.and Jones, G. D. B. 1970: Roman Gold-Mining in North-West Spain، *The Journal of Roman Studies*, Vol. 60,., 182

يُسحق ويُغسل ويُجفّف على الأرض. هذا المستخرج يسمونه الغبار (apitascudis) أو الغبار الناعم الناتج من الهاون furnace والذي يخرج من الفرن يسمونه العَرَق sweat.[٢٩] والشوائب الخارجة من الفرن تسمي خبث scoria وذلك في جميع المعادن.

,قسم بليني الذهب إلى ثلاثة أنواع :

Aurum fluminum: الذهب المستخرج من الأنهار، Aurum canaliense: عرق الذهب الممتد أسفل التربة، Aurum arrugiae: الذهب الذي تم الحصول عليه من الـــ arrugia – أنفاق تحت الأرض – المستخدمة لتفجير الجبال في عملية تعرف باسم Ruina montium

الـــ putei والـ arrugia هي ممرات أو أنفاق canalicium يتم حفرها تحت الأرض لكن لاختلاف طبيعة التربة في كلا الحالتين، يتم دعم ممرات– putei بأعمدة خشبية حتي لا تنهار فوق عمال المنجم لاستمرار عملهم تحت الأرض طوال استخراجهم للذهب بينما تُحفَر أنفاق –الـــ arrugia على شكل أقواس (fornices) مواد غير صامدة حتي يسهل أن يتسبب كسرها في انهيار الجبل علي مساحات كبيرة. الذهب يوجد مختلطاً بالكوارتز لكن المستخرج من الأنفاق يحتاج إلى معالجة أكثر من المستخرج من الممرات لأنه مختلط بشوائب أكثر.

الطبيعة الجيولوجية للذهب بمنجم لاس ميدولاس بشمال غرب إسبانيا:

تقع منطقة محاجر لاس ميدولاس علي بعد ٦ كم من الضفة الغربية لنهر سيل Sil، بالجزء الشمالي الغربي من جبال اكولانوس Aquilanos وهي ضمن سلسة جبال هيركانيان Hercynian[٣٠](خريطة ٣) في المنطقة الشمالية الغربية من إسبانيا تنوعت طبيعة الذهب في التربة: ما بين ذهب في صورته الخام Variscan ore ، وذهب مترسب مع عناصر ومعادن اخري placer deposits –. النوع الثاني ينقسم الي نوعين من الترسبات في التربة : نوع يقع في الطبقة السفلي من التربة – Toral

[٢٩]- هذا العرق" أو سيكون في الواقع اسمًا عامًا لجميع المعادن التي تتطاير بفعل حرارة الفرن ؛ بينما تحت اسم "scoria" سيشتمل على البيرايت والكوارتز ، مواد أخرى مماثلة.

[30] - http://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/Img618-2018-10-15.xml

formation: حيث يختلط مع الطمي والجير والغرين . ونوع سطحي: Leitosa formation: وينقسم الي نوعين : الاول : Santalla facies: حيث الذهب مختلط مع الصخور الرسوبية_الخشنة (الصخور الرسوبية الخشنة الحبيبة تتكون من شظايا مستديرة مغمورة في مصفوفة من مادة أسمنتية مثل السيليكا: تختلف الرواسب من تكتل خشن إلى طمي ناعم وطين) والتكتلات الرملية . والثاني – وهو الخاص بمناجم لاس ميدولاس : les medulas facies : حيث الذهب مع التكتلات الصلبة فقط[٣١].(مخطط ٢).

تعامل الرومان مع كل طبقة من تلك الطبقات بطريقة مختلفة لاستخراج الذهب، اعتمدت تلك الأساليب على فهمهم الجيولوجي لطبيعة التربة.

فيستكمل بليني:

٧٠ – تجاوزت الطريقة الثالثة إنجازات العمالقة. يتم تجريف الجبال من خلال ممرات تحت الأرض(cuniculi) تمتد لمسافات بعيدة معتمدة علي نور المصابيح. نفس الضوء هو مقياس التحولات، ولا يتم ملاحظة ضوء النهار لعدة أشهر. هذه الدرجة من العمل أو ممراتها يطلقون عليها arrugiae ، الانهيارات تحدث فجأة وتسحق عمال المناجم ، ولهذا يتم ترك الأقواس (fornice)علي مسافات متقاربة لدعم الجبال.٧١ – يوجد silex سيلكس (الكوارتز) في كلا النوعين من الانفاق – putei و arrugia – يتم كسره بالنار والخل ، ولكن في كثير من الأحيان، ولأن هذه العملية تملأ الأنفاق بالأدخنة، يتم تكسيرها وتقطيعها بآلات التكسير (fractaria)، تزن من الحديد ١٥٠ رطل (روماني)، ويُنقل الحطام على الظهور ليلاً ونهارًا ، فيمرّره كل واحد إلى التالي حتى الأخير يرى النور. إذا كان السليكس يبدو سميكًا جدًا، فإن عامل المنجم يتبع الحافة ويتحايل عليه. العمل في السيلكس ليس سهلاً.٧٢ – لأن هناك نوعًا من التربة يتكون من الطين الممزوج بالحصى يطلق عل gangadia يكاد يكون من المستحيل التغلب عليه، فإنهم يهاجمونه بالأسافين الحديدية والمطارق المذكورة أعلاه ... عندما تكتمل العملية، يبدأ قطع رقاب الأقواس(fonices) من أبعد نهاية. الهبوط يعطي

[31] - Aller, J., Bastida, F., Bulnes, M.T., Fernández Rodríguez, F. J. and Poblet, J, 2013:*The Roman gold mine of Las Médulas* , Conference Paper; 2013:4

الإشارة، والشخص الوحيد الذي يلاحظ ذلك هو الحارس على قمة الجبل. ٧٣ – من خلال الصيحات والإشارة، هو الذي يعطي الأمر للعمال ليتم استدعاؤهم وفي نفس الوقت يهبط من مكمنه. يقع الجبل الممزق بعيدًا عنه مباشرةً وهناك هدير لا يمكن أن يتخيله العقل البشري، واندفاع لا يُصدَّق للهواء. الغزاة يراقبون انهيار الطبيعة. ومع ذلك لا يوجد الذهب حتى الآن، ولا هو متأكدون من وجود أي شيء وهم يحفرون فيتكفلون كل تلك المخاطر والتكاليف علي أمل ما يريدونه.

– **التعليق:**

يتم حفر الانفاق بتحطيم الصخور على شكل أقواس يتم هدمها فينهار الجبل بصورة وصوت ضخمين، ويكون استمرارهم في حفر كل تلك الأنفاق لصعوبة العثور على الذهب في الطبقات العليا من التربة لطبيعة الذهب في تربة لاس ميدولاس. فالذهب الموجود في الطبقة المكيثّة الصخرية يستلزم استخدام الطَرْق والتكسير لتحطيم الصخور ثم الحفر لتتبع العرق في باطن الأرض.[٣٢] أما الموجود في الطبقة الطينية التي هي طبقة لينة على شكل رواسب ناعمة أو ضحلة جداً فيستلزم إزالة الطبقة الضحلة لكشف العرق واستخراجه.واعتمد كلتا الطريقتين – باختلاف نوع التربة – على الاستخدام المكثف للماء وقوة اندفاعه.

وقد بدأ بليني بشرح طريقة تفجير الجبال لأن الحل المثالي هو استخدام المواد المتفجرة. وهذا ما وفره ضغط المياه باستخدامه بصورة صحيحة فيما عرف باسم القوة الهيدروليكية. كانت هضبة لاس ميدولاس في إسبانيا بطبيعتها الجيولوجية الخاصة مثالية لهذه الطريقة الخاصة – فمن ناحية كانت نسبة الذهب قليلة في البداية، مما أحبط أي إمكانية للعمل عن طريق الأنفاق وتتبع العرق، ومن ناحية أخرى كانت الصلادة النسبية للصخرة وتحطميها عملية صعبة وتستغرق وقتًا طويلاً بالرغم من أستخدامهم للادوات الحديدية" وتقطيعها بآلات التكسير (fractaria)، تزن من الحديد ١٥٠ رطل (روماني)" (عثر علي أدوات التعدين الرومانية المستخرجة من بايتيكا بإسبانيا وفي

[32] - Weisgerber ,G. and Willies, L.,2000: The Use of Fire in Prehistoric and Ancient Mining : Firesetting , *Paléorient* 26,140

الصف السفلي توجد أمثلة على المعول والمطرقة(صورة ١٥).لذا رجّحت استخدام قوة دفع الماء (القوة الهيدروليكية)، كل المطلوب هو جلب كميات كبيرة من المياه إلى الارتفاع الصحيح – فبدأ بإعطاء بعض التفاصيل عن منطقة مناجم لاس ميدولاس وشرح عن أهمية توصيل القنوات عن طريق طبوغرافية المنطقة، وكيف تم توصيل المياه من على بعد مئات الكيلومترات، لعدم وجود مياه في منطقة المحاجر الجافة تلك.

–تفجير الصخور والجبال بقوة المياه Ruina montium:

بعد تحديد مكان الذهب عن طريق حفر الانفاق والممرات علي شكل منشور في الكتل الصخرية (مخطط–٣)، يتم اختيار نفق يبعد جداره عن واجهة الجبل مسافة سمكها ١٠ م.[٣٣] يتم حفر خزان بأعلى منطقة فوق سفح الجبل وعلى مسافة مناسبة من فتحة النفق العلوية . وقد عُثر بالفعل في منطقة لاس ميدولاس على خزان سعته حوالي ١٨٠٠٠ متر مكعب في منطقة تسمي La Horta. وبعد أن يتم ملئ الخزان بالماء يُفتح بابه المنزلق فتُغرِق مياه الخزان النفق بسرعة، تلك السرعة مع تراكم ضغط الماء في النفق يشكلان قوة ضاغطة على جدار سمكه ١٠ م، مما يجعله ينفجر في الهواء.[٣٤] (صورة ١٦).

---

[33] - Rossi, Cesare, Russo, Flavio, Russo, Ferruccio , 2009:*Ancient Engineers' Inventions*, Springer, 2009, 18
- http://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/Img618-2018-10-15.xml

[٣٤]- حفر الانفاق علي هذا الشكل – المنشور – يسمح بزيادة ضغط الهواء الناتج عن ضغط الماء في هذه المساحة، فيصبح ضغط الماء متساو على كل أجزاء النفق وقد عُرف ذلك فيما بعد بقانون باسكال لضغط الهواء: "الضغط الواقع على أي جزء من سائل محصور في وعاء مغلق ينتقل بكامله وبانتظام إلى جميع أجزاء السائل ويعمل في جميع الاتجاهات"، في معادلته : P= ρgh ، حيث P هي الضغط و ρ كثافة المائع و g ثابت الجاذبيّة الأرضيّة و h العمق (الفرق في الارتفاع بين خزان الماء العلوي، والحوض السفلي أو الانفاق، مخطط – ١٢)

ومع ملاحظة خصائص الموائع وهي هنا الماء، نجد الاتي :

- عند تعرّض المائع المحصور في الوعاء لحركة خارجيّة تنتج قوة عموديّة على الجدران داخل الوعاء
- إنّ جدران الوعاء تسبب قوة على المائع، وبكلتا الحالتين فإنّ القوة تكون عمودية على الجدران دائماً
- تتساوى قيمة الضغط المتشكّلة على أي مساحة صغيرة من سطح المائع

ويعتبر النظام الهيدروليكيّ تطبيقاً لهذا المبدأ، حيث أنّه يستخدم الموائع غير المضغوطة (كالزيت والماء، والهواء) لتحويل القوّة من مكانٍ إلى آخر ضمن المائع المستخدم، ويستخدم هذا النظام في معظم الطائرات وفي نظام الفرامل

https://web.archive.org/web/20171028014050/http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/pasc.html

و يتم تحديد قنوات غسيل الرواسب قبل عملية التفجير، وهذه القنوات عبارة عن أخاديد يتم حفرها ثم تحدد بألواح من الخشب، وتبطن أرضيتها بفرو الأغنام. بعد عملية التفجير، يتم رفع قطع الصخور الضخمة باليد وتُترك علي جوانب الأخاديد في كومات متراكمة (صورة ١٧)، وبعد دفعة جديدة من المياه يتم غسل الرواسب حيث تمر الشوائب مع فيضان المياه إلى مخارج القنوات، وبينما تبقي كتل الذهب الكبيرة راقدة في الأعماق تعلق الصغيرة في صوف فرو الأغنام، فيحدث لاحقاً عملية غربلة للفرو ثم يجفف ويعاد استخدامه(يتم التحكم أكثر في قوة دفع الماء هنا – بوضع أحجار أو مواد في بداية القنوات تتحكم بقوة دفق المياه – حتي تنخفض سرعته ويتم غسل الشوائب وازالتها)[٣٥] (صورة ١٨)

اختفت تلك الأنفاق والممرات داخل الجبل في عمليات التفجير المتكررة، ولم يتبق سوى القليل على ارتفاعات مختلفة، متفرقة، وبشكل لا يمكن أن يكون من صنع الطبيعة (الانحدار من جهة مع بقاء الجبل قائماً بشكل شبه عمودي من الجهة الأخرى، مع تموجات منتظمة على واجهته) فهي بالتأكيد من حفر وصنع الإنسان.

توصيل وتوفير المياه للعمل في منطقة المناجم:

٧٤ – "وعمل آخر أيضاً مساوٍ لذلك العمل، بل ويستتبع نفقة أعلى، هو عمل جلب مياه الأنهار من ارتفاعات الجبال الأكثر علواً، وهي مسافة كثيراً ما تزيد على المائة ميل ربما، من أجل غسيل تلك الرواسب. وتسمى القنوات التي تتكون بهذه الطريقة "كوروجي" corrugi من كلمتنا اللاتينية corrivatio كوريفاتيو فيما أظن، وحتى بعد الانتهاء من هذه الأعمال فإنها تستتبع ألف جهد جديد. لابد للمنحدر مثلا أن يكون حادا لكي تتدفق المياه ولا تنساب كما يمكن أن يقال. كما أن الوديان والشقوق لابد من توصيلها بعضها ببعض من خلال أكوادكتس، وفي مواضع أخرى لابد من نحت الأحجار التي لا يمكن تخطيها لإزالتها بحيث تتسع لأحواض مفرغة من الخشب.

---

[35] -- Bird, D, Pliny's arrugia: water power in Roman gold-mining. Mining History: The Bulletin of the Peak District Mines Historical Society 15,2004,68.

ويكون الشخص الذي ينحتها معلقا بالحبال طوال ذلك الوقت، حتى أنه من وجهة نظر شخص يتفرج من بعيد يبدو العمال لا كدواب برية بل كطيور تحلق في السماء... عندما وصلوا إلى رأس السقوط، عند جبين الجبل، كانت الخزانات مجوفة، بطول مئات الأقدام وعرضها، وعمقها حوالي عشرة أقدام. في هذه الخزانات هناك خمسة خنادق متبقية، حوالي ثلاثة أقدام مربعة؛ وهكذا، في اللحظة التي يُملأ فيها الخزان، تنفجر الفيضانات، وينفجر سيل بمثل هذه الدرجة من العنف حتى تتدحرج أي أجزاء من الصخور قد تعوق مرورها[٣٦].٧٥ – ثم يحددون المستويات–الدرجات بالحبال ويعلمونها بالخطوط، وحيث لا يوجد مكان لقدمي الشخص للوقوف، تنساب الفيضانات بواسطة الرجل. أيضاً (يحدث) خطأ في الغسل إذا كان التيار المتدفق يُسقط الطين في تدفقه؛ هذا النوع من الأرض يسمونه اليوريوم – urium. لذلك يصنعون المستويات – الدرجات من خلال الصخور أو الحصى ويتجنبون اليوريوم.

– التعليق :

أدت الطبيعة الجغرافية لمنطقة شمال غرب إسبانيا ووقوعها بين نهر كابريرا،أريا و فالدوزا إلى جعلها موقعاً مثالياً للإمدادات المائية القادمة منهم، والتي لم تقف الطبيعة الطبوغرافية أمامها، فمثلا في وادي دورنا، يوجد منجم كبير مفتوح معزول على شكل حدوة حصان مع قناة تؤدي إليه، لكن لا توجد آثار لأي خزان أو سد. وبتتبع سلسلة من المواد الغرينية، بارتفاع ٤ أمتار، بين التلال حول المنطقة اتضح أنه كان يتم توجيه الماء بين هذه التلال للعمل بها في المنجم[٣٧] (صورة ١٩).

<u>شبكة القنوات التي تم مدها للوصل لمنطقة العمل (صورة ٢٠):</u>

من الدراسة الطوبوغرافية التي أجريت على تخطيط الشبكة الهيدروليكية في لاس ميدولاس، اتضح أن القنوات كانت تجلب المياه إلى لاس ميدولاس من الجبال الشرقية وهي بطول يتراوح بين ٨٠–١٠٠كم وعرض يصل إلى ٢ متر، مع الحفاظ على ميل ثابت بين ٢, و٤,٪. كان عمق المياه يصل إلى ١٠ سم (مخطط–٦). ظهرت شبكة

---

36 - http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A199902.0137%3Abook%3D33%3Achapter%3D21 ,How Gold Is Found, ChapP. 21. (4.)

37 - Lewis, Roman Gold-mining in North-west Spain II، 1972: 71

الإمداد التالي: قناتان علي المنحدر الشمالي لجبال الاكويلانوس (الشبكة الشمالية)، وست قنوات علي المنحدرات الجنوبية (الشبكة الجنوبية Kمخطط -٤). الشبكة الشمالية حصلت على مياهها عن طريق قناتين امتدتا من نهر فالدوز Valdueza (cn-1, cn-2)، أما الشبكة الجنوبية فقد حصلت علي مياها من نهر كابريرا Cabrera عن طريق ثلاث قنوات (c-o, c-1, c-3) . ثم كانت هناك قناة رابعة امتدت من نهر إيريا(c-4)، وخامسة(c-5) هي عبارة تلاقي القناتين (c- , cn-2 4)[٣٨] .إن حقيقة توجيه القنوات من أكثر من نهر بما تشمله من تكاليف وجهود تشير إلي أهمية ضمان سعة التدفق للقنوات والاحتياج الدائم لها.

الخزانات:

بعد توافر المياه عن طريق شبكة القنوات، إما يتم حفظها في خزانات مختلفة الشكل والحجم موزعة علي مسافات محددة من المنجم على مسافة كبيرة من انحدار التل أو الحافة (وُجدت تلك الخزانات في كل مناجم شمال غرب إسبانيا: فريسندو، ايبويو لوكاستي، بورتو، برنا. وتنوعت التربة مابين اللينة والصلبة)[٣٩].) أو يتم استخدام القناة الممتدة من مجرى نهر قريب في عمل المنجم مباشرة (مثل وادي دورنا).[٤٠]

كانت منطقة المناجم مقسمة إلى عدة مناجم مفتوحة، قد تحتاج إلى خزان واحد للعمل بها، أو عدة خزانات. وأحيانا يخدم الخزان الواحد عدة مساحات(منجم لو ميدوس يوجد به خمسة خزانات تعمل على مساحتين، أما منجم كاسترودام فبه خزان واحد يخدم منطقتين).[٤١]

تنوعت أشكال وأحجام الخزانات بعضها كان مربعاً ولكنّ معظمها مستطيل. وهناك أمثلة لخزانات مستطيلة مختلفة العرض(لوميدوس : ١٠٠x ٢٠ م. يوجد ثلاثة في لوكاستينو ٥٧ x ١٦ م ، ٦٥ x٢٠ م ، ٥٠x١٨ م. وقد تم بناؤه بقطع في جانب التل).[٤٢]

---

[38] - Matias,R,R ,:*Roman Mining Engineering* , II Congreso de las Obras Públicas Romanas. Tarragona: 2004,184 – 185

[39] - Lewis, Roman Gold-mining in North-west Spain I., 1970: 169-185

[40] - Lewis, Roman Gold-mining in North-west Spain II:, p 71

[41] - Lewis, Roman Gold-mining in North-west Spain II:, p 64

[42] - Lewis, Roman Gold-mining in North-west Spain II:,p 68,70

كانت أبواب الخزانات من الحجر أو الخشب (وجدت أبواب صخرية في لاس ميدولاس)، وكانت إما مثبتة دائمًا، أو ذات ضلف متأرجحة أو بوابة صاعدة عندما تفتح يتدفق منها الماء بقوة، خلال قنوات أو مجارٍ مائية منحدرة على شكل حرف V (مخطط ٥)، ويستمر بالاندفاع حتى حافة المنجم السطحي ذي المساحة المفتوحة، فيكتسح طبقات التربة[٤٣] (مخطط ٥ نموذج للمنجم المفتوح)

ربما تنوعت أشكال وأحجام الخزانات قد تكون حددت علي حسب توقعات العاملين بالمنجم لكمية الترسبات المراد إزالتها، وكان على إدراك العاملين عامل كبير لذلك.

وأما بالنسبة إلى اختلاف مادة أبواب الخزانات بين الصخرية والخشبية، فيُرجَّح تنوع استخدام الخزان نفسه بين الأبواب الصخرية لتخزين الماء ثم استخدامه بين عمال المنجم أو أعمال المنجم الأخرى (مثل غربلة الذهب بعد استخراجه) وبين الأبواب الخشبية، السهلة في فتحها عند بداية عملية دفع المياه.

أماكن الخزانات: ربما كانت على مسافة أبعد من الحافة، مما يكسب اندفاع المياه قوة أكبر وتأثيراً أقوي على سطح التربة وذلك قبل انحدارها عن الحافة، فما يبقى اليوم من المناجم هو الصورة النهائية من العمل بها، أي بعد استمرار عمليات التجريف الذي أدي إلي تراجع تلك الحافة واقترابها من الخزانات. وُجدت خزانات تقع على مسافات قريبة من أعماق المناجم المفتوحة مما يرجح بداية عمل المنجم من أسفل إلى أعلى[٤٤].

وبالتالي رغم سرد بليني طريقة سقوط الماء وبدون دقة في ذكر المسافات والكميات، فكان عليهم في البداية تقييم عملية نقل ضغط المياه عن طريق فرق المستويات بين الخزان والأنفاق، يلي ذلك عملية تجميع المياه للخزان،وهذا ماتم اكتشافه حديثا فعلى رأس بداية المنحدر على جبين الجبل، يحفرون الخزانات على مسافة٢٠٠قدم على كل جانب (٥٩.٢م) وارتفاع (١٠اقدام) (٢.٩٦٠م). وبهذا يتركون خمسة منافذ حجم كل منها حوالي ثلاثة أقدام مربعة (٠.٢٦مترمربع)، بحيث عندما يكون الخزان ممتلئًا ويتم ضرب الكتل بعيدًا يتدفق سيل مع هذه القوة بحيث يمكنه دحرجة الصخور إلى الأمام

John Wacher, , 2002,Roultedge:628

[43] - Lewis, Roman Gold-mining in North-west Spain II:,, 1972,:70

[44] - Lewis, Roman Gold-mining in North-west Spain II,1972: 70

(عدد قنوات المياه ، بعد فتح الابواب ، تتناسب طرديا مع حجم وقوة اندفاع المياه حتي الوصول للحافة ، فرغم ان بليني سجل عدد خمس قنوات محفورة ،الا ان بيرد رفض ان يكون مثل هذا العدد من القنوات كافياً للمساعدة علي قوة اندفاع المياه، ورجح ان العدد المناسب يجب ان يكون اقل من ذلك).[٤٥]

بحسابات تقريبية لوصف بليني نجد أن مساحة الخزان وهو شكل مكعب = عدد أوجه المكعب x طول الضلع تربيع) = تقريبا ٧٢٠٠ متر مربع – تغذيها شبكة من القنوات الممتدة من مسافات بعيدة، ثم بعد فتح باب الخزان تتدفق تلك المياه ودون أن يذكر أنها تدفقت من على سفح الجبل، إذن فالمياه قد تدفقت إلى ممرات ليس لها مخارج ، إذن تم تفريغ ذلك الخزان في غضون ساعات في ممرات ليس لها مخارج، فشكّل ذلك ضغطاً هائلاً عبر تلك الممرات التي شكلت هي الأخرى ضغطاً علي جدران الجبل جعلها تنفجر وجعل أجزاء كبيرة من الجبل تنهار. مع تكرار تلك العملية يمكن تخيل انهيار العديد من الجبال لاستخراج المزيد من الذهب.[٤٦]

إذا كانت هناك أودية أو أخاديد، كانوا يقومون بضمها إلى قنواتهم التي قاموا بحفرها لزيادة مصدر توريد المياه. في بعض الأماكن كان عليهم قطع الصخور لإفساح المجال للأنابيب أو القنوات. وقد تم ذلك عن طريق تعليق العمال بالحبال وأي شخص ينظر إليهم من بعيد يعتقد أنهم نوع من الطيور. وهكذا يتم تعليقهم في أخذ القياسات وخطوط التتبع لمسار المياه حتى عندما لا يكون هناك دعم أو موطئ لأقدامهم. يتم دراسة اختيار الطرق بعناية ووضوح للتأكد من أنها تمر على جوانب الجبال وتكون أقرب إلى قممها من منحدراتها.

غسيل الذهب لتنقيته من الشوائب :

٧٦- "حتى الآن هناك مهمة أخرى على مستوى الأرض حيث يتم حفر خنادق نسميها agogaeيتدفق خلالها تيار المياه، وتغطي بداخلها شجيرات ulex وهي شجيرات شوكية مثل إكليل الجبل(الروز ماري)، قادرة على التقاط الذهب.ان جوانب agogae

[45] - Lewis, Roman Gold-mining in North-west Spain II:,1972 p 42

[٤٦] - انظر قانون باسكال هامش ٣٥.

محاطة بألواح، والقنوات مدعومة على أرضية منحدرة. وهكذا تنحدر الأرض إلى البحر ويغسل الجبل الممزق. ونتيجة هذه الأسباب، حركت إسبانيا أرضها بالفعل باتجاه البحر. الحطام الذي يتم إزالته بجهد هائل بالطريقة السابقة بحيث لا يخنق الممرات putei في هذه الطريقة يتم حمله بواسطة الماء. ٧٧ – الذهب الآتي من الأنفاق arrugia ليس منصهراً، ولكن له خصائصه المميزة. ويظهر كشذرات massae وليس كما في الأنفاق والممرات. وقد تجاوزت الشذرات الـ ١٠ أرطال(بالوزن)؛ يسمونه palagae وآخرون palacumae وما هو أصغر يسمي balux. يتم تجفيف الـ ulex من الـ agogae وحرق وغسل الرماد على العشب بحيث يستقر الذهب.٧٨ – وقد أظهر البعض أن أستوريا وCallaecia جالاسيا و Lusitania لوسيتانيا تنتج ٢٠٠٠ رطل (٦.٥طن) في سنة واحدة، بهذه الطريقة تنتج أستوريا أكثر . ولا يوجد في أي جزء آخر من العالم مثل هذه الوفرة على المدي الطويل"[٤٧]

– التعليق :

مقارنة بين طريقة الممرات والأنفاق: فالحصول علي الذهب من الممرات يستلزم حمل الحطام من الأنفاق بمجهود الرجال بينما في الأنفاق تقوم قوة دفع المياه بإزاحته حتي قنوات الغسيل agogae.

الذهب الخارج من الأنفاق لايحتاج الي معالجة فهو علي هيئة شذرات ضخمة massae وليس مختلطاً بشوائب تحتاج لمعالجة مثل ذهب الممرات فبعد تجميع شذرات الذهب الخام الكبيرة palage باليد من قنوات الغسيل المبطنة بال ulex (فروع شجر الروز ماري–او فرو غنم)حيث يتشابك بها قطع الذهب الصغيرة جداً- balux وبعد نزعه منها تُغسل وتُجفّف فتتساقط قطع الذهب الصغيرة، ويعاد استخدامها مره أخرى.[٤٨]

– كانت طبيعة المناجم المحيطة بلاس ميدولاس (مثل وادي ديرنا وحول استوريا) تربة ضحلة ليست حصى وطيناً مثل لاس ميدولاس بما يرجح العمل بها علي طريقة

[47] - Pliny"s Natural History,, XXI .- Bird, D. 2004, 58-63.

[48] - Bird, Pliny's arrugia, : 60

تجريف المياه للتربة وليس تفجير الصخور عن طريق ضغط الماء مثل لاس ميدولاس حيث تحمل رواسب من الدرجة الثانية[٤٩].

أنواع تجريف التربة الخارجية بقوة دفع الماء Hushing

١-حفر خنادق الحرث:

وهي مجموعة من الخنادق الضحلة المتوازية والمتقاربة، تصب جميعاً في قناة واحدة تُستخدم لتسريب الشوائب وتخليص الذهب. يمكن التحكم في تدفق المياه بها بسبب ضحالتها وقرب القنوات بعضها من بعض[٥٠].تُستخدم في المناطق المجاورة للأنهار أو المناطق ذات الطبقة الغرينية العالية مثل لاس أماناس، لاس ميدولاس ولافالديريا (ليون) .

٢-استغلال شق طبيعي في الأرض أو حفر خندق عميق:

هو عبارة عن شق أرضي طبيعي كبير، يتم توسيعه تدريجياً للوصول إلى الطبقة الصخرية أو المستويات السفلية من التربة، حيث تُستخدم تلك الطريقة مع الرواسب الغرينية بكل سماكتها، وذلك بتدفق المياه من أعلي مكان من خلال قنوات المياه أو من خلال الصهاريج الموزعة بانتظام. أما الجزء السفلي من الخندق فيُستغل للغسيل المتكرر للرواسب لاستخلاص الذهب سواء من الطبقة السميكة أو من الترسبات المختلطة بالطين والرمال.[٥١]

٣-قنوات الحرث المتسعة:

هي قنوات الحرث الزراعية وقد تم توسيعها باستمرار الحفر، مع الحفاظ علي قناة تسريب الشوائب بعد استخلاص الذهب.

- مقارنة بعض مناجم الذهب بالولايات الرومانية(تربة وطريقة استخراج الذهب) :

المنجم والموقع	التآريخ	نوع التربة واستخراج الذهب
منجم لاس ميدولاس – اسبانيا	نهاية القرن الاول الميلادي وحتى	المنجم يقع في ارض غرينيه من التربة اللينة المختلطة بالحصى استخدم اسلوبين لاستخراج الذهب، الاول: اعتمد على قوة دفع

[49] - Lewis, Roman Gold-mining in North-west Spain II:: 40
[50] - Matías , *Roman Mining Engineering*,18
[51] - Matias; *Roman Mining Engineering*, 18

	نهاية الثاني الميلادي	الماء لإزاحة الطبقة السطحية من التربة والآخر استخدم طريقة ضغط الماء داخل الأنفاق لتفجيرها. وقد جلبت المياه عن طريق شبكة من القنوات من الانهار القريبة من الموقع.
وداي ديرنا - اسبانيا	القرن الاول الميلادي	المنجم من التربة الغرينية تربة ثانوية أكثر ليونة من لاس ميدولاس حيث استخدم طريقة ازاحة التربة عن طريق قوة دفع المياه – للكشف عن عرق الذهب – ثم يتم التحكم أكثر في الماء المندفع لتقليل قوته فيتم غسل العرق من الشوائب المتعلقة به لذلك تواجدت في المنطقة الكثير من خزانات المياه والسدود[٥٢].
دولاكوثي – ويلز بريطانيا العظمى	٧٩ م، واستمر العمل بالمنجم مدة ٧٠ عاما.	المنجم يقع في صخور من بيريت الحديد والصخر الاسود ، والذهب عبارة عن عروق في باطن الصخور استخدم قوة دفع الماء لإزاحة الطبقات السطحية للكشف عن الطبقة الاساسية للتربة ثم استخدمت الأنفاق المدعمة بالأعمدة لتتبع عرق الذهب، وكان يحضر الماء من نهر كوثي القريب عن طريق اربع قنوات تمتد عدة كيلومترات[٥٣].
منجم وادي دغباغ – كومباسي – الصحراء الشرقية	العصر الفرعوني – البطلمي– الاول الميلادي.	المنجم يقع في منطقة أحجار جرانيت ديوريت ، والذهب ايضا يتبع عروق الكوارتز استخدم اسلوب المنجم المفتوح كما وجد كهف يتتبع عرق الكوارتز[٥٤].
منجم وادي بكريا بالصحراء الشرقية – مصر	القرن الآول الميلادي	المنجم عبارة عن صخور جرانيت ديوريت و الذهب يقع في الرواسب الاولية مع عروق الكوارتز – استخدم اسلوب المناجم المفتوحة وحفر الانفاق لتتبع عرق الكوارتز واستخراج الذهب[٥٥].

الخاتمة :

- استكمل البطالمة منذ صعودهم إلى السلطة أعمال استغلال الذهب في الصحراء الشرقية في مصرسواء بإدخال مساحات عمل جديدة ، أو بإعادة استغلال المناجم التي

---

52 - Jones, R. F. J. and Bird, D. G. 'Roman Gold-mining in North-west Spain II: Workings on the Rio Duerna,' in *The Journal of Roman Studies*,1972, Vol. 62, 59

53 - Béatrice Cauuet, 2000، The Dolaucothy Gold Mines, , Archaeological Appraisal, Intermediate Report, Carmarthenshire (Wales, U.K.),2000,p18.

54 -Hume, Wilfred F , Geology of Egypt, Survey of Egypt, vol. II. The Fundamental Pre-Cambrian Rocks of Egypt and the Sudan, their Distribution, Age and Character. *The Minerals of Economic Value.* Cairo: Governmental Press. 1973,Part 111, 733-734.

55 - Barabara J.M. 2012 ,p252.

كانت معروفة منذ فترة طويلة والتي حققت إيرادات كبيرة . وقد مكنتهم التكنولوجيا الناتجة عن المعرفة المكتسبة، خاصة في اليونان، في استغلال تلك المناجم بطريقة منظمة والانتقال إلى المشاريع الصناعية.ثم مكنت المعرفة الجيولوجية المكتسبة علي مدار تاريخ الامبراطورية تنفيذ أعمال التخطيط والهيكلة لأعمال التعدين الرومانية، والتي زادت مع تقدم وانتشار اعمالهم في ارجاء الامبراطورية. لقد كانت المعرفة الهيدروليكية للمهندسين الرومان واضحة التفاصيل في أعمالهم التي نفذت لأجل المدن، من توصيل المياه ورفعها إلى الخزانات والقنوات المائية والأنفاق، كذلك النصوص الأدبية التي تحدثت عن تفاصيل تلك الأعمال مثل عمل المهندس فيتروفيوس وخصوصاً في أعمال إمدادات المياه إلى روما، بينما بقيت أعمال التعدين غير واضحة المعالم والنصوص الأدبية لا تذكر سوى الخطوط العريضة دون توضيح للتفاصيل الدقيقة. لكن الأبحاث والاكتشافات الحديثة خاصة في منطقة ضخمة مثل لاس ميدولاس أثبتت أن أعمال المناجم بها كانت تدار بتخطيط ودراسة دقيقين منذ لحظة تحديد أماكن الذهب ثم التخطيط لإمدادات المياه من خلال شبكة من القنوات استطاعوا الحفاظ على استمرار مدها بالمياه لمنطقة العمل باستمرار ربط القنوات القديمة بأخرى جديدة مع المحافظة على مقاسات عرض القنوات ودرجة ميلها اللذين ساعدا علي استمرار عملية تدفق المياه إضافة إلى استمرار الحفاظ على صيانة الشبكة بكل ما تكلفته من أموال وعمال والعمل في مناطق صعبة لا يستطيع البشر أن يعملوا بها سواء لانزلاق المكان أو صلابة أحجاره.

ومازال هناك ضرورة لتسليط المزيد من الضوء على أعمال المناجم و مقارنة النصوص بالحقائق الأثرية وبالتالي تؤدي إلى معرفة أفضل بتاريخ الصحراء الشرقية في العصور القديمة وبمناجم العصر الروماني سواء كانت أنفاقاً تحت الارض أو في مناطق المناجم المفتوحة، فتلك الفترة والمعلومات القيمة عنها تكشف الكثير عن

أساسيات هندسة التعدين ما قبل حمى اكتشاف الذهب واستخراجه في القرن ال١٩[٤١]

(صورة رقم ٢١-٢٢)

المراجع :

- مراجع الانترنت:

- Strabo *Geography*: English text: The Geography of Strabo. H.C. Hamilton, Esq., W. Falconer, Literally translated, with notes, in three volumes. London. George Bell & Sons. 1903
https://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A1999.01.0239%3Abook%3D14%3Achapter%3D5%3Asection%3D28
-Stanley Mayer Burstein, Agatharchides Of Cnidus: On The Erythraean Sea, The Hakluyt Society,London ,1989,p 63
- https://vdoc.pub/documents/agatharchides-of-cnidus-on-the-erythraean-sea-5fgqm4k4ls90
- http://planet-terre.ens-lyon.fr/image-de-la-semaine/Img618-2018-10-15.xml
https://web.archive.org/web/20171028014050/http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/pasc.html
http://www.perseus.tufts.edu/hopper/text?doc=Perseus%3Atext%3A199902.0137%3Abook%3D33%3Achapter%3D21
,HOW GOLD IS FOUND, CHAP. 21. (4.)
- https://www.sierracollege.edu/ejournals/jsnhb/v2n1/miningtechniques.html

المراجع الاجنبية :

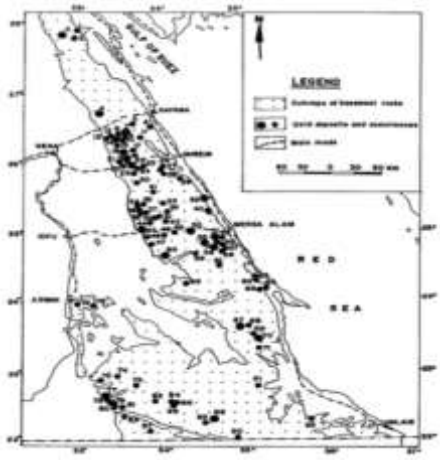
- Aller, J., Bastida, F., Bulnes, M.T., Fernández Rodríguez, F. J. and Poblet, J, 2013:*The Roman gold mine of Las Médulas* , Conference Paper; 2013:4
Barbara J.M. Tratsaert: *Roman Gold Mining in the Eastern Desert: The Mining Settlement in Wadi Bakariya.* , Cotsen Institute of Archaeology Press at UCLA,2012
- Barbara Tratsaert, "Gold mining in the Eastern Desert of Egpt (Roman period)", in Chrysovalantis Sitsanis (ed.)
Archiopedia (Ocmtober 2020 edition), p. 18,
- Béatrice Cauuet, 2000، The Dolaucothy Gold Mines, , Archaeological Appraisal, Intermediate Report, Carmarthenshire (Wales, U.K.),p18.

---

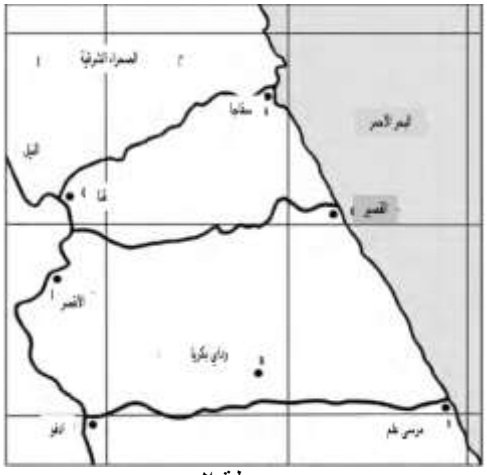
[٤١] - تقريبا تم العمل في مناجم كاليفورنيا – ١٨٤٨م – بنفس طرق ووصف بليني للعمل في مناجم إسبانيا فنجد التعدين الهيدروليكي كان طريقة فعالة محتملة لإخراج الذهب من الأرض ، لكنه كان أيضاً الأكثر تدميراً للبيئة. فالمياه المضغوطة (التي تم إطلاقها من خراطيم المياه) توجه إلى طبقات التربة الغرينية التي تميزت بها مناجم كاليفورنيا حيث ترقد الرواسب المختلطة بالذهب في عمق التربة (وهي تربة من الطين والحصى أطلق عليها إسمنتية) ثم يُغسل الحطام في صناديق ضخمة تشبه قنوات الـ agagoia حيث ترقد في أعماقها شذرات الذهب.

https://www.sierracollege.edu/ejournals/jsnhb/v2n1/miningtechniques.html

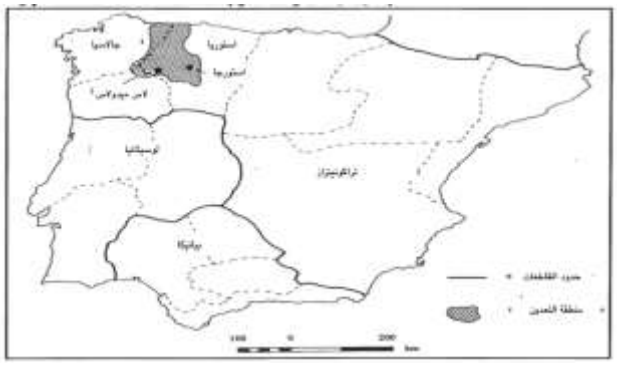
- Bernstein, Peter, and Paul Volcker. **The Power of Gold: The History of an Obsession**. 2nd ed., Wiley, 2012.-- - -
- Bird, D, 2004: Pliny's arrugia: water power in Roman gold-mining. Mining History: *The Bulletin of the Peak District Mines Historical Society* 15,58-63.
- Botros N.G,"A new Classification of the Gold Deposits in Egypt". *Ore Geology Review* 25,2004, pp. 1-37
- Craddock, P: Bronze Age Mining in the British Isles. In: H. Steuer & U. Zimmermann (eds.) Montanarchäologie in Europa. Jan Thorbecke, Sigmaringen, 1993.
- Chisholm, Hugh, ed,1911:Alluvium, *Encyclopaedia Britannica*,Cambridge University Press, Volume1.ALLUVIUM
- Hume, W.F. Geology of Egypt: Volume 2: The Fundamental Pre-Cambrian Rocks of Egypt and the Sudan, their Distribution, Age and Char- acter: Part 3, Cairo, Governmental Press. 1934،
- Hume, Wilfred F,1973, Geology of Egypt, Survey of Egypt, vol. II. The Fundamental Pre-Cambrian Rocks of Egypt and the Sudan, their Distribution, Age and Character. *The Minerals of Economic Value.* Cairo: Governmental Press. Part 111, 733-734.
- Jones, R. F. J. and Bird, D. G. 1972: 'Roman Gold-mining in North-west Spain II: Workings on the Rio Duerna,' in *The Journal of Roman Studies*, Vol. 62, 59
- R. Klemm and D. Klemm, Gold and Gold mining in Ancient Egpt and Nubia. Archaeolog of the An- cient Gold Mining Sites in the Egptian and Su- danese Eastern Deserts, Springer, Heidelberg, 2013, pp. 166, fg. 5.109
- Lewis, P. R.and Jones, G. D. B. 1970: Roman Gold-Mining in North-West Spain، *The Journal of Roman Studies*, Vol. 60,., 182
- K. Zeigler and W. Sontheimer, eds., _Der Kleine Pauly: Lexikon der Antike_, Stuttgart, 1964, s.v. Bergbau, pp. 8657=868.
- Matias,R,R , 2004:*ROMAN MINING ENGINEERING* , II Congreso de las Obras Públicas Romanas. Tarragona: 184 – 185
- Marcotte D, "Les mines d'or des Ptolémées : d'Agatharchide aux archives de Photios". Journal des Savants, 2017, pp. 3-49.
- Photius, volume VII, Paris, 1974, note 7, p. 127
- Rossi, Cesare, Russo, Flavio, Russo, Ferruccio , 2009:*Ancient Engineers' Inventions*, Springer, 2009, 18
Thomas Faucher, The Eastern Desert of Egypt during the Greco-Roman Period: Archaeological Reports , Institut des civilisations,2018.p2
- Vercoutter, J. The gold of Kush. The gold-washing stations at Faras East. Kush, (1959). 7, 120–126,
- Weisgerber ,G. and Willies, L.,2000: The Use of Fire in Prehistoric and Ancient Mining : Firesetting , *Paléorient* 26,140



خريطة ١
أماكن الذهب في الصحراء الشرقية
Boutros 2004.

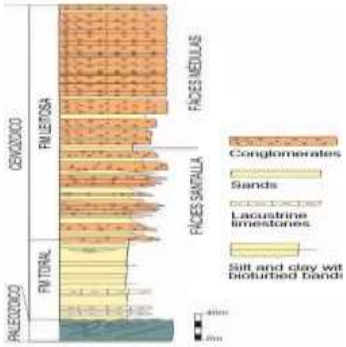


خريطة ٢
موقع وادي بكاريا او بكاري بالصحراء الشرقية
Hume, W.F.1934,fig 15.

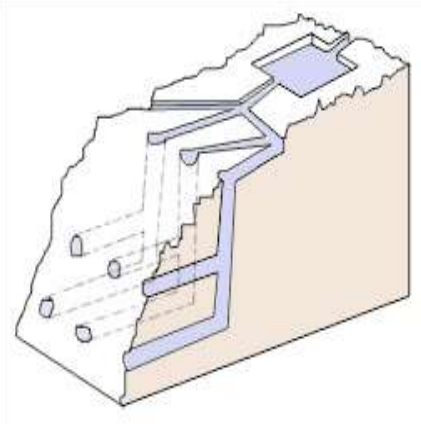


خريطة ٣ موقع لاس ميدولاس بين المقاطعات الأيبرية Bird 2004 , p 58

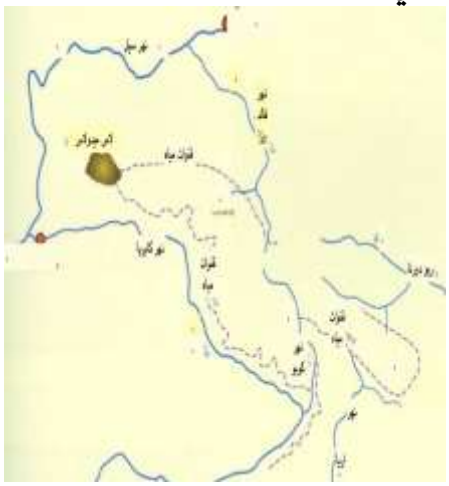
مخطط – ١- انواع ترسبات الذهب المكيثة مقسمة بحسب موقعها من باطن الارض ، ونوع التربة التي تحتويها
Aller, J.,2013, pI



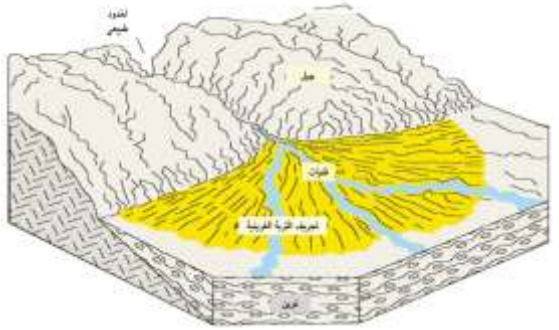
مخطط – ٢- جيولجية الذهب في لاس ميدولاس
Aller, J.,2013, pI



مخطط ٣
امتلاء الخزان والانفاق في تفجير الجبال
http://museovirtual.csic.es/salas/paisajes/medulas/ruina_med.htm



مخطط ٤
قنوات توصيل المياه للاس ميدولاس
Matias 2014 , 176



مخطط ٥ شكل توضيحي – حركة دفع المياه للتربة الطينية على شكل ٨ – او على شكل مروحه

صورة ١ ادوات تعدين من الصحراء الشرقية
تعود للعصر البطلمي
Thomas Faucher 2018,fig 3

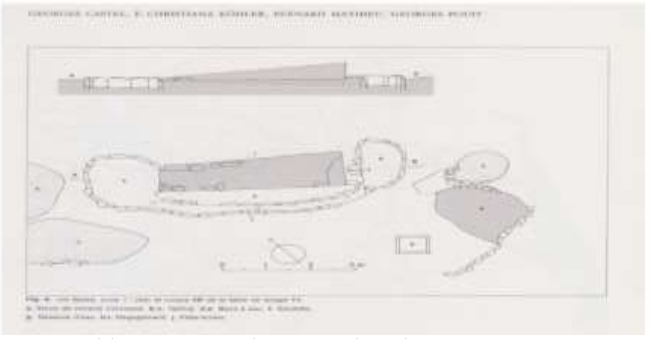
صورة ٢
بقايا الحفر حول عروق الكوارتز من العصر البطلمي
Thomas Faucher 2018,fig 2

صورة ٣ مشهد مرسوم على مزهرية يونانية (القرن الخامس قبل الميلاد)، يظهر العبيد وهم يعملون بأدواتهم (المطارق والأزاميل والمعاول وسلال النقل) في منجم تحت الأرض.
Charles Daremberg, Edmond Saglio, Dictionnaire des antiquités grecques et romaines, Hachette, 1877-1914

صورة ٤ اناء كيلكس لاسير يعمل بمنجم ٤٩٠ ق.م
https://fr.wikipedia.org/wiki/Mines_du_Laurion#/media/Fichier:Mineur_grec_ancien2.jpg

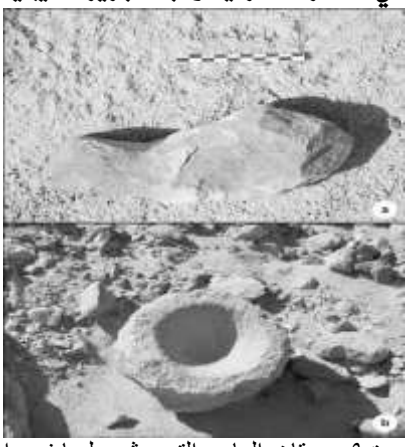
صورة ٥ الجزء المقعر من مطحنة الكوارتز البطلمية
Thomas Faucher 2018,fig 4a.

صورة ٦ الجزء المحدب من المطحنة
Thomas Faucher 2018,fig 4b.



صورة ٧ مغسلة بطلمية عثر عليها في منج ام البلد
G. Castel et al., “Les mines du ouadi Um Balad (désert Oriental)”, Bulletin de l’Institut français d'archéologie orientale 98, 1998, pp. 57-87 at 76, fg. 4

صورة ٨ المدخل الغربي لمنجم وادي بكاريا
fig 15,11



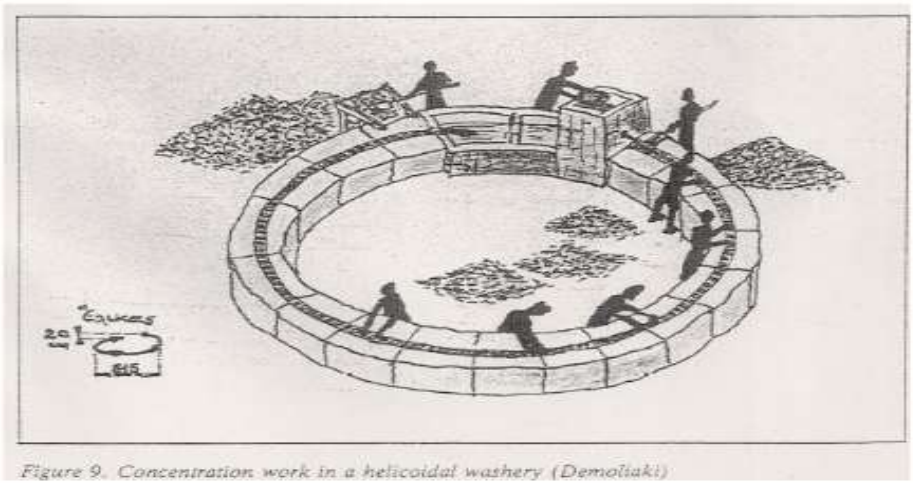
صورة ٩ مدقات الهاون التي عثر عليها في وادي بكاريا
Barbara J.M. Tratsaert,2012,fig 15

صورة ١٠ مطحنة تعود لعهد الاسرات الحديثة
Barbara Tratsaert,2020,fig 21.

صورة ١١ تمثال لفتاة تطحن القمح على مطحنة تشبه مطحنة الكوارتز
Neuburger, supra fg. 11, p. 92, fg. 147

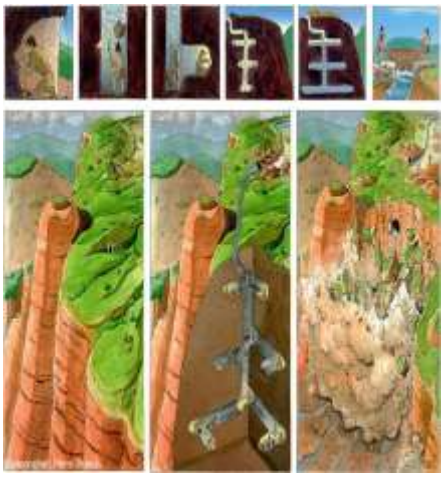
صورة ١٢
الرحايا الدائرية الرومانية
Barbara Tratsaert,2020,fig 16.

صورة ١٣ مغسلة دائرية عثر عليها في وادي دباج
Barbara Tratsaert,2020,fig 13.



صورة ١٤ مغسلة دائرية من مناجم الفضة في لافريون
Barbara Tratsaert,2020,fig 14.

صورة ١٥ الادوات المعدنية التي عثر عليها باتيكا
http://earthsci.org/mineral/mindep/ancient_mine/deep-vein_mining.html



صورة ١٦ يتم حفر الممرات والقنوات في باطن الجبل ، دون ان تصل للجدار الخارجي للجبل – ثم تغمر فجآة بالماء فيحدث انهيار للجبل ، ثم يتم غسل الحطام في القنوات الارضيه التي تم شقها قبل الانفجار
http://planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/objets/Images/Img618/618-mine-or-Espagne-18.jpg

صورة ١٧ استخراج الذهب عن طريق الحرث

صورة ١٩ كيفية التفاف قنوات المياه حول الجبال للوصول الي منطقة العمل – وادي ديرنا – Matias 2006

صورة ١٨ صورة تخيلية لغسيل الذهب

Panneau présenté par l' Aula arqueológica de Las Médulas **montrant, dans son état actuel, la zone (3) de la vue aérienne du site**

صورة ٢٠ قنوات ايصال المياه الي لاس ميدولاس

http://museovirtual.csic.es/salas/paisajes/guia_medulas/actividades/act9.htm

صورة ٢١ استخراج الذهب بداية القرن ال ١٩ بطرق تكاد تشبه الفترة الرومانية

https://www.sierracollege.edu/ejournals/jsnhb/v2n1/miningtechniques.html

صورة ٢٢ استخدام خراطيم المياه – قوة دفع المياه – لتحطيم التربة

https://www.sierracollege.edu/ejournals/jsnhb/v2n1/miningtechniques.html