محمد النجار

محمد النجار
m.najjar@joscapes.com

التلوث الصناعي بالنحاس في فينان جنوبيَّ الأردن

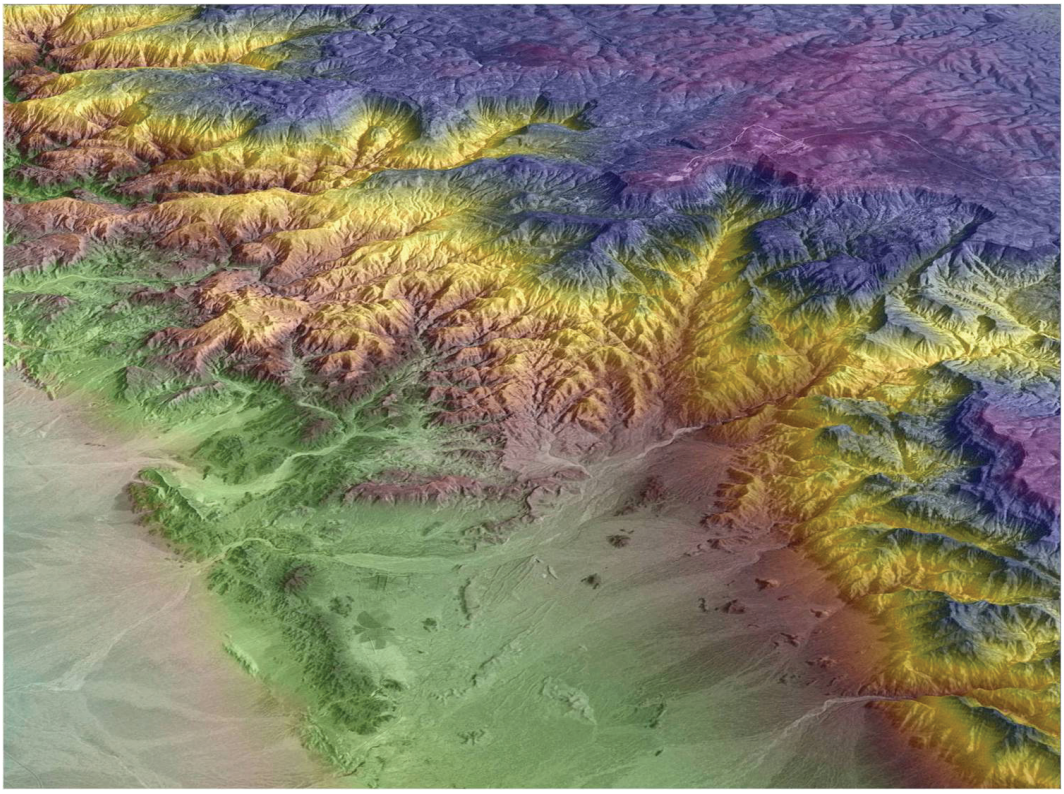
الموقع

على طول الامتداد الشمالي لوادي عربة من جهته الشرقية على بعد حوالي 100كم شمال خليج العقبة مستترة داخل المنحدرات الغربية لجبال الشراة تقع منطقة فينان (**شكل 1**).

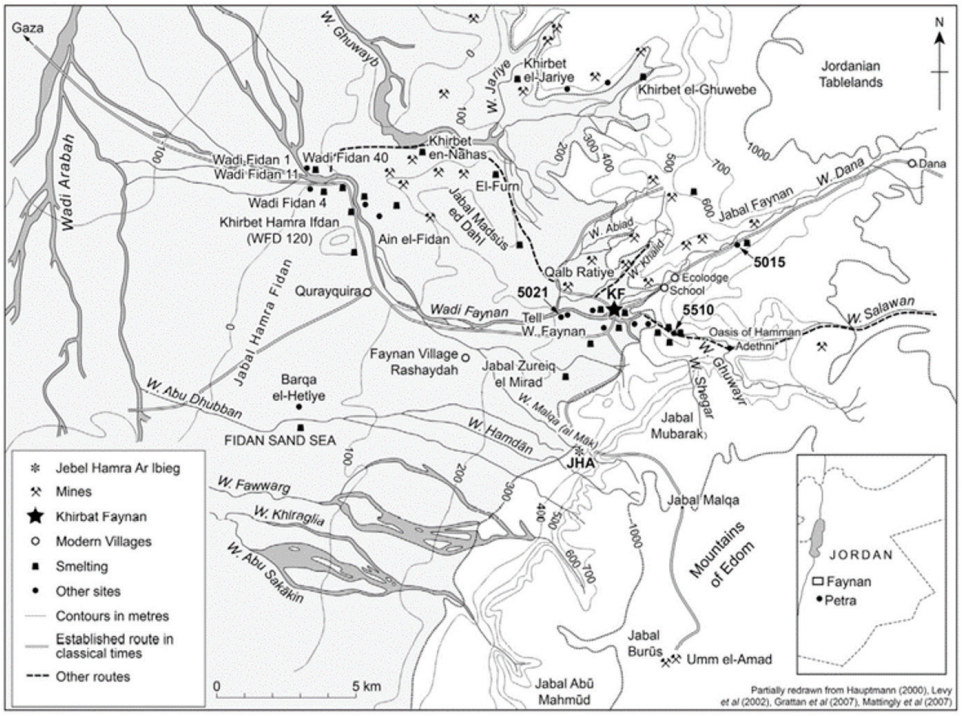
تنحدر منطقة فينان من الشرق إلى الغرب حوالي 200م إلى عدة أمتار فوق مستوى سطح البحر بينما ترتفع جبال الشراة إلى الشرق من فينان إلى ما يتجاوز 1500م فوق مستوى سطح البحر، ويتخلل المنطقة نتيجة لهذه التضاريس الكثير من المجاري المائية التي تجري من الشرق إلى الغرب، نذكر منها: وادي الجارية/الغويبة، وادي فينان/فيدان، ووادي أبو السكاكين (**شكل 2**).

تصب جميعها في وادي عربة، ونتيجة لجيولوجية المنطقة تظهر إلى السطح بعض عيون المياه على طول الخط الفاصل بين الصخور الرملية في الأعلى وصخور الجرانيت في الأسفل، نذكر منها: عين الغويبة، وعين الفيدان، وعين بير مذكور إلى الجنوب وعشرات العيون المائية الأخرى الصغيرة التي لا تحمل اسمًا خاصًّا بها، ولعلَّ تَوفرُ هذه العيون والمجاري المائية وكذلك الطقس الدافئ شتاء بالإضافة الى إمكانية استغلال أقاليم مناخية عدة ومختلفة ضمن مسافة لا تزيد عن عشرين كيلومترًا نتيجة للفروق في الارتفاعات، فضلًا عن توفر أنواع جيدة من الحجارة الصوانية اللازمة لصنع الأدوات، وتوفر حجر الملاكايت الأخضر لصنع الحلي (**شكل 3**)، مجتمعة جعلت من فينان منطقة جاذبة للسكان الذين أنشؤوا المستقرات البشرية فيها حتى قبل اكتشاف الزراعة وتربية الحيوانات منذ بداية العصر الحجري الحديث.

خلال الفترات التاريخية جميعها التي دُرِسَت في الثلاثة عقود الماضية من قبل البعثات الأثرية المختلفة، بدءًا من الألفيَّة الرابعة قبل الميلاد حتى قبل ذلك بعدة ألوف من السنين كانت الاستدامة البيئية



1. فينان في جنوب الأردن، صورة جوية لجبال الشراة ووادي عربة.



2. الأودية الرئيسية ومواقع إنتاج النحاس.

3. منجم نحاس في وادي خالد وخامات النحاس في المنطقة نفسها.

لسوء الحظ دائمًا الضحية الأولى للتقدم الاقتصادي والصناعي في منطقة فينان الغنية بخامات النحاس في جنوب الأردن، وقد وصل هذا التدهور البيئي الناتج عن التلوث إلى ذروته خلال أوائل العصر الحديدي (من القرن الحادي عشر حتى القرن التاسع قبل الميلاد)، وقد تسبب هذا التلوث في فترات مختلفة من تاريخ فينان الناتج عن هذه الصناعة بدوره في انهيار النظام البيئي وندرة الوقود اللازم لاستخلاص معدن النحاس من خاماته، وشكّل هذا الانهيار العامل الأكبر المقيد لعمليات إنتاج النحاس.

تشير التراكمات الطبقية للنفايات الصناعية في كل من خربة النحاس، وخربة الجارية، وخربة الغويبة، وخربة فينان إلى الاعتماد الكبير على النباتات المحلية، وبخاصة أشجار الطرفا، والرتم، والسنط، وإجمالًا، فإن نتائج الأبحاث في المنطقة، وعبر أزمان تاريخية طويلة تشير وبشكل واضح إلى أن إنتاج النحاس في المنطقة الذي كان على شكل دورات كان قد وصل ذروته خلال العصر البرونزي المبكر، والعصر الحديدي، والفترة الرومانية وكان ينتهي دائمًا في الفترات المذكورة آنفًا؛ بسبب الانهيار البيئي الناجم عن التلوث الصناعي المصاحب للأنشطة البشرية وعمليات إنتاج النحاس.

فنتيجة لوجود خامات النحاس وخامات المعادن الأخرى كالحديد والمنغنيز أصبحت المنطقة منذ وقت مبكر خلال العصر الحجري الحديث ما قبل الفخار بـ (7 آلاف قبل الميلاد) موطنًا لواحدة من أهم مناطق استخراج خامات النحاس، وصناعة الحلي وبخاصةٍ الخرز أولًا ومن ثم مع تقدم المعارف التقنية أصبحت مركزًا لإنتاج معدن النحاس في العصور اللاحقة.

إنَّ عملية إنتاج النحاس ليست عمليَّة سهلةً في بيئة صحراوية تفتقر إلى لوقود اللازم للإنتاج. هذا العامل الذي تلازم مع النسب المتدنية للمعدن في الخامات المتوفرة (**شكل 4**) على شكل أكاسيد وكربونات وسيليكات، إلا أن هذا لم يقف عائقًا في وجه عمليات الإنتاج نتيجة للحاجة الماسة إلى هذا المعدن النادر نسبيًا في ظل الظروف الجيوسياسية والاقتصادية الجديدة في الشرق المتوسط التي جعلت من إنتاج النحاس في المنطقة عملية مجدية اقتصاديًّا، وقد ساهمت في التحول الاقتصادي والمجتمعي لسكان المنطقة.

خلال العصر الحديدي (بين القرنين الثالث عشر والتاسع قبل الميلاد) حققت فينان ذروتها الصناعية، إذ تزامن هذا مع انهيار الأنظمة السياسية الرئيسة والمؤثرة الأخرى في أنحاء شرق البحر الأبيض المتوسط جميعه، إذ أدى إلى قطع الشبكات التجارية الخاصة بخطوط الإمداد بما في ذلك إمداد معدن النحاس من قبرص التي كانت المورد الرئيس لهذا المعدن في أنحاء البحر الأبيض المتوسط جميعه.

Oxides	Sample No. RG1/53	Sample No RG2/53.	Sample No. RG3/53	Sample No. RG1/54	Sample No. RG2/54	Sample No. RG3/54	Sample No. Rg4/54
L.O.I	6.47	4.71	13.11	7.95	6.98	4.58	4.13
SiO2	49.44	60.74	53.81	54.63	58.77	62.48	62.04
Al2O3	18.50	19.80	12.54	22.36	22.40	19.42	21.31
Fe2O3	12.18	3.45	1.31	12.10	5.95	3.96	5.82
Na2O	0.21	0.25	0.49	0.52	0.75	0.64	0.58
K2O	0.14	0.45	0.39	0.1	0.23	0.49	0.62
CaO	0.36	0.75	8.08	0.03	0.07	0.05	0.33
MgO	1.62	2.39	5.48	0.43	1.75	2.36	2.97
CuO	1.65	2.63	2.53	0.36	0.76	2.63	0.93
MnO2	7.91	3.60	1.58	0.29	0.82	1.86	0.38
PbO	0.58	0.24	0.02	0.27	0.29	0.36	0.05

4. نسب المعادن الموجودة في الخامات.

فتحت نافذة أمام الكيانات السياسية الصغيرة في جنوب الأردن وفلسطين لأخذ زمام المبادرة في إنتاج النحاس وتوزيعه في أيديها الأمر الذي لم يكن متاحًا لها سابقًا في ظل هيمنة المراكز القوية لإنتاج النحاس. استمرت عمليات الإنتاج داخل العديد من المواقع في جميع أنحاء منطقة فينان على نطاق واسع كجزء من إعادة تنظيم الإنتاج في المنطقة بأكملها من قبل المجتمعات المحلية (**شكل 5**).

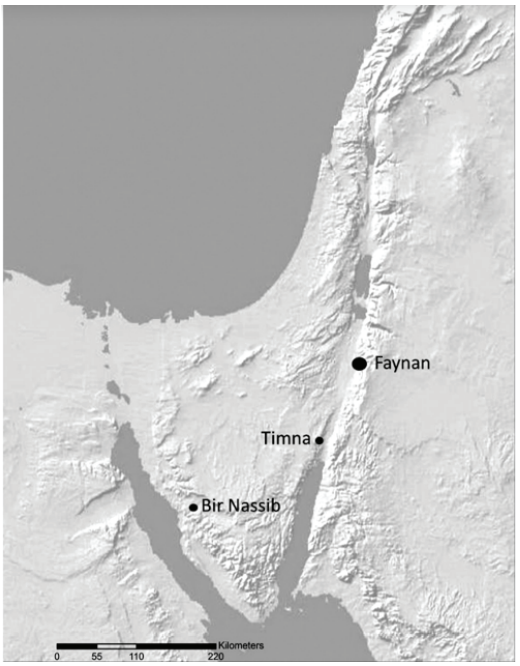
قرب نهاية القرن الحادي عشر قبل الميلاد، وحدت أنشطة الصهر جميعها داخل فينان في ثلاثة أو أربعة مواقع رئيسة؛ خربة النحاس، وخربة الجارية، وخربة الغويبة، وخربة فينان، وخلال أواخر القرنين الحادي عشر والعاشر قبل الميلاد، وهي فترة من التطور الاقتصادي والاجتماعي المتسارع في جنوب بلاد الشام شهدت المنطقة ظهور أول ممالك إقليمية فيها، بدلالة وجود مئات ألوف أطنان خبث صهر النحاس التي لا تزال موجودة على شكل تلال كبيرة على السطح داخل هذه المواقع ليس فقط على حجم الإنتاج، بل على مستوى التلوث الصناعي في المنطقة. قرب نهاية القرن الحادي عشر قبل الميلاد دخلت صناعة النحاس في فينان أكثر فترات نشاطها ازدهارًا في العصور القديمة، ففي هذا الوقت كانت أنشطة الصهر التي كانت منتشرة في أنحاء الوادي جميعه، قد دمجت ضمن أربعة مواقع رئيسة، حيث لا تزال ألوف الأطنان من الخبث موجودة على سطح المواقع تشهد على حجم النشاط الذي كان يحدث هناك، ومن أجل إنتاج هذه الكمية من خبث الصهر (**شكل 6**) الذي تتناسب كميته ومئات الأطنان من النحاس المنتج، فقد كانت هناك حاجة متزايدة إلى كمية أكبر من الوقود لتشغيل أفران الصهر، ومع الأدلة التي استخلصت من بقايا الفحم الذي جمع في أثناء أعمال التنقيب في أكوام خبث الصهر (المخلفات الناتجة عن عملية الصهر بعد استخلاص المعدن منه)، ومن أفران الصهر نفسها التي نقب عنها في هذه المواقع، ويمكن الآن فهم أن الوقود الخشبي المستخدم لهذه الأغراض قد تم الحصول عليه محليًّا من داخل منطقة فينان نفسها وحولها. علاوة على ذلك، فمن الواضح أن فنيي الصهر خلال هذه الفترة كانوا على دراية بأفضل أنواع الوقود الخشبي المتاحة لهم ضمن هذه البيئة شبه القاحلة، كما تظهر النسبة العالية لبقايا أشجار الطرفا، والرتم، وأشجار السنط، والأصناف الأخرى من الأخشاب الكثيفة عالية الاحتراق. غير أن الاعتماد على هذه الأنواع على وجه الخصوص، فضلًا عن استخدام أصناف أخرى كان له الأثر الضار على النظام الإيكولوجي الحساس لهذه البيئة الصحراوية الهشة، وكانت المنطقة في نهاية كل دورة من دورات الإنتاج تقترب بسرعة من حدود طاقتها الاستيعابية من الناس العاملين في التعدين مباشرة بالإضافة الى الأشخاص العاملين في الخدمات المساندة، مثل: النقل، وتوفير الطعام، والشراب للبشر، وللجمال، وللحمير، ولقطعان الماشية أيضًا. وكان من شأن كل هذه الأنشطة بمجملها أن تخل بتوازن النظام الإيكولوجي الهش.

كان لتلوث الهواء والتربة والموارد المائية الذي

انتقل إلى النباتات والحيوانات والإنسان، إذ تشير إليه التحاليل التي أجريت على التربة والنباتات وعظام الحيوانات وعظام البشر التي كشف عنها خلال التنقيبات الأثرية، هذا إضافة إلى الإفراط في استغلال الموارد الطبيعية الأساسية أثرًا ضارًا مضاعفًا على مكونات النظام الإيكولوجي بأكمله.

أدى اقتلاع الأشجار الكبيرة إلى جانب الشجيرات الصحراوية الأخرى إلى التقليل لحد كبير من تكاثر النباتات الصحراوية وتجددها وحد من حجم الظل المتوفر وكمية الطعام المتاحين للحيوانات الصحراوية، وإلى انخفاض جودة التربة، وفقدان وتلويث كميات كبيرة من المياه السطحية والجوفية التي كان النظام البيئي بأشد الحاجة لها.

أدت هذه العوامل مجتمعة، وفي كل دورة من الإنتاج إلى انهيار بيئي كامل داخل منطقة فينان وخارجها، وبحلول أواخر القرن العاشر وأوائل القرن التاسع قبل الميلاد ظهرت لتلبية الحاجة المتزايدة للنحاس تقنية صهر جديدة أكثر كفاءة حيث استخدمت أفران أكبر تطلبت كميات أكبر من الوقود، وفي هذه المرحلة الأخيرة من صناعة النحاس خلال فترة ما يعرف بالعصر الحديدي أصبحت أنشطة إنتاج



5. أماكن وجود خامات النحاس في جنوب الأردن وفلسطين وشبه جزيرة سيناء.

6. أكوام من خبث الصهر تظهر باللون الأسود في خربة النحاس.

النحاس تقتصر على عدد أقل من المواقع.

تغيرت أنواع الوقود الخشبي وتحول الاعتماد بنسب متزايدة على الشجيرات الصحراوية الصغيرة وعلى أشجار النخيل مما يعكس التدهور الواضح في الغطاء النباتي، وتم التحول في الوقود المستخدم في الأفران من الأنواع المفضلة إلى الأصناف المتاحة: وهي الشجيرات الصغيرة وأشجار النخيل التي كانت تنمو بكثرة قرب عيون المياه والمجاري المائية الأخرى.

تشير الطبيعة قصيرة الأجل لهذه المرحلة الأخيرة من النشاط الصناعي والتوقف التام عن إنتاج النحاس في المرحلة التي تلتها في فينان (لمدة لا تقل عن ألف عام وهي المدة التي كانت البيئة بحاجة إليها للتعافي من آثار التلوث) من نهاية القرن الثامن قبل الميلاد إلى القرن الثاني الميلادي إلى أن التلوث الصناعي كان قد أدى إلى انهيار كامل للنظام البيئي في وادي عربة وهو السبب الرئيس في توقف هذه الصناعة التي كانت تعمل بشكل مستمر منذ حوالي أربعة قرون سابقة، ومع قدوم الرومان إلى المنطقة وحاجتهم الماسة لمعدن النحاس بدأت دورة جديدة من الإنتاج استمرت لمدة أربعة قرون أخرى (الثاني الميلادي وحتى السادس للميلاد)؛ ليتدهور النظام البيئي من جديد وتتوقف عمليات إنتاج النحاس لقرابة ثمانية قرون أخرى وتعود عمليات الإنتاج في منطقة فينان وعلى نطاق محدود في القرنين الثالث عشر والرابع عشر الميلاديين لتبدأ بعدها دورة جديدة من التوقف تستمر حتى الوقت الحاضر.

المراجع:

Grattan, J.P.; Adams R.B. ; Friedman H.; Gilbertson D.D.; Haylock K.I.; Hunt C.O; Kent, M.
2016 The First Polluted River? Repeated Copper Contamination of fluvial Sediments Associated with Late Neolithic Human Activity in Southern Jordan. *Science of the Total Environment* 573 (2016) 247–257.

Jones, I.; Levy, T. and Najjar, M.
2012 Khirbat Nuqayb al-Asaymir and Middle Islamic Metallurgy in Faynan: Surveys of Wadi al-Ghuwayb and Wadi al-Jariya in Faynan, Southern Jordan. *BASOR* 368.

Knabb, K.; Erel, Y.; Tirosh, O.; Rittenour, T.; Laparidou, S; Najjar N.; Levy, T.
2016 Environmental Impacts of Ancient Copper Mining and Metallurgy : Multi-Proxy Investigation of Human-Landscape dynamics in the Faynan valley, southern Jordan. *Journal of Archaeological Science* 74 (2016) 85e101.

Najjar, M. and Levy, T.
2011 Condemned to the Mines. Copper Production and Christian Persecution. *Biblical Archaeology Review*
November/December 2011.

Pyatt, F.B.; Pyatt, A.J.; Walker, C.; Sheen, T. and Grattan. J.P.
2006 The Heavy Metal Content of Skeletons from an Ancient Metalliferous Polluted Area in Southern Jordan with Particular Reference To Bioaccumulation and Human Health". *Ecotoxicology and Environmental Safety* 60 (2005) 295–300.

Rabb'a, I.; Nawasreh, M.; Abu Bakr, A.
2006 *Geological Survey Administration.* Mineral Status and Future Opportunity.