



البحث العلمي المادني دعاية أساسية للنموذج بالعراق



اعادة تقدير احتياطي ترسبات الكبريت في حقول المشرق شمالي العراق

محمد عبدالفتاح علي ، صبار عبدالله صالح ، اميرة اسماعيل حسين

قسم علوم الارض التطبيقية ، كلية العلوم ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

الملخص

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من العراق على بعد حوالي 45 كم جنوب شرق مدينة الموصل والمكونة من ثلاثة حقول (M-3, M-2, M-1).

تم اعادة حساب الاحتياطي للترسبات الكبريتية في الحقول الثلاثة باستخدام الطريقة الجيو احصائية باستخدام برنامج RockWorks-15، اعتماداً على المحددات المتبعة بطريقة الصهر الجوفي (طريقة فراش) وكما جاءت في حساب الاحتياطي بهذه الطريقة من قبل Centrozap عام 1971، واهم هذه المحددات هي: العطاء الكبريتي < 5.5 طن/م²، الغطاء الصخري يجب ان يكون < 65 متر، سمك الطبقة الكبريتية يجب ان لا يقل عن 3 امتار، فضلاً عن الاعتماد على درجة تركيز الخام، ومعدل الكثافة الموقعية لتلك الطبقات، حيث بلغ الاحتياطي الكلي لخام الكبريت في حقل مشرق-1 (152,608,034.832) طن لمساحة مقدارها (9.64) كم² تقريباً، وفي حقل مشرق-2 (115,981,053.72) طن لمساحة مقدارها (6.64) كم² تقريباً، اما في حقل مشرق-3 فكان (197,184,195.32) طن لمساحة مقدارها (13) كم² تقريباً.

الكلمات المفتاحية: حقول كبريت المشرق، العطاء الكبريتي، تقدير الاحتياطي، نسبة القشط .

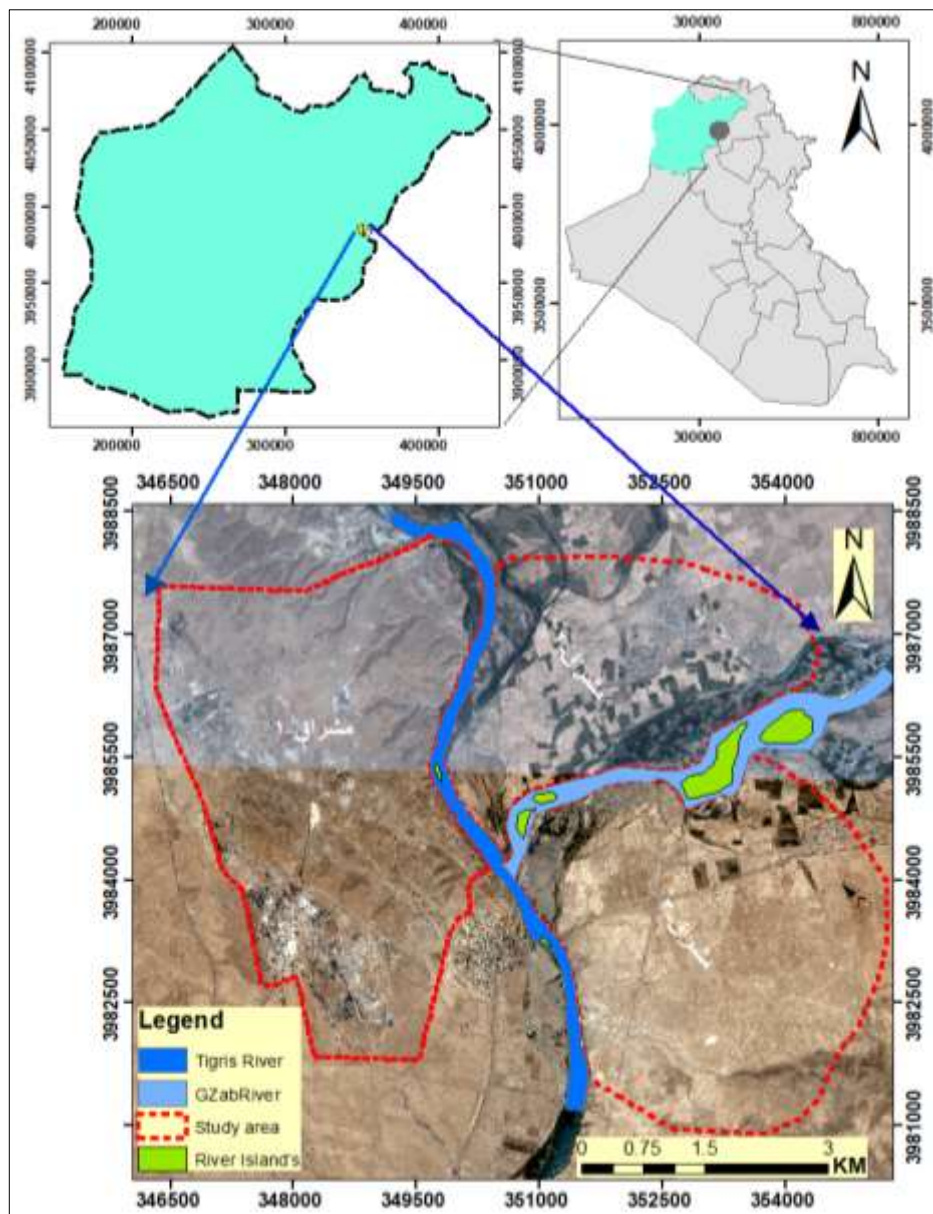
1- المقدمة

فيقعان عند الجزء الشرقي للنهر ويفصل بينهما رافد الزاب الكبير، وكما موضح في الشكل (1).

تهدف الدراسة الحالية الى إعادة حساب وتقدير الاحتياطي المعدني لترسبات الكبريت باستخدام الطريقة الجيو احصائية باستخدام برنامج RockWorks-15 ، في حقول كبريت المشرق الثلاثة، اعتماداً على العطاء الكبريتي، سمك الطبقة الكبريتية، درجة تركيز الخام، فضلاً عن معدل الكثافة الموقعية لتلك الطبقات،

تعد حقول المشرق من اكبر الحقول الكبريتية الرسوبية في العالم والتي تحتوي على كميات كبيرة من خام الكبريت الاقتصادي [1]، والمنتشر بأشكال متنوعة من الانسجة ضمن صخور تكوين الفتحة [2].

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من العراق على بعد حوالي 45 كم جنوب شرق مدينة الموصل والمكونة من ثلاثة حقول (M-3, M-2, M-1)، حيث يقع حقل المشرق-1 (M-1) عند الجهة الغربية المقابلة لالتقاء نهر دجلة برافد الزاب الكبير، أما الحقلين M-2, M-3،



الشكل 1: الخارطة الموقعية لمنطقة الدراسة

الاستكشافية مساحة (7) كم²، حيث بلغ الاحتياطي (65,927,000) طن من الطبقتين الثانية والثالثة فقط.

المرحلة الثالثة: بعد ان تم التوسع في عملية الانتاج منذ عام 1975 وحفر 20 بئرا لتوسيع خطوط الاستكشاف، اضيفت معلومات هذه الابار الى معلومات الابار السابقة، وتم اضافة الطبقة الكبريتية الاولى في حساب الاحتياطي، حيث تم حساب الاحتياطي الاقتصادي بطريقة فراش عام 1988 حيث بلغ الاحتياطي (107,306,051) طن من خام الكبريت.

المرحلة الرابعة: في عام 1993 تجددت الحاجة الى اعادة حساب الاحتياطي وذلك من اجل تحديث خرائط العطاء الكبريتي، فضلا عن المستندات التي حصلت في الفترة الماضية ومن اهمها (زيادة عدد الابار الاستكشافية وابار المراقبة، حفر ابار توغلية استكشافية داخل

2- مراحل تقييم الاحتياطي في حقول كبريت المشرق

1-2 حقول مشرق-1

المرحلة الاولى: قامت شركة تكنو اكسبورت الروسية بحفر 34 بئرا استكشافيا بين عامي 1961-1962، اذ جرى حساب الاحتياطي بطريقة المنجم المفتوح حيث بلغت مساحة المنطقة المستكشفة (4.14) كم² وبلغ الاحتياطي (156,507,600) طن من خام الكبريت.

المرحلة الثانية: في عام 1969 قامت شركة سنترولاب البولونية بحفر 87 بئرا استكشافيا، حيث قامت باعداد تقرير مفصلا عن حقول المشرق-1، حيث اظهرت الدراسات ان الطريقة المثلى للإنتاج هي طريقة الصهر الجوفي في داخل الطبقات الكبريتية ومن ثم استخراجها بالحالة السائلة، وهكذا فقد اعيد حساب الاحتياطي عام 1971 على ضوء النتائج الجديدة اضافة الى المعلومات السابقة، وقد غطت الابار

الترسيبية لتكوين الفتحة فهي بيئة بحرية ضحلة (Shallow marine) [6]، وتمتاز صخورها بضعف مقاومتها لعمليات التعرية والتي تؤدي إلى تكوين أشكال جيومورفولوجية تعروية مثل التكهفات والحفر الكارستية [7].

2- تم رسم المقطع العرضي للطبقات الغطائية والطبقات الإنتاجية في منطقة الدراسة حسب المقطعين (A-A') والذي شمل الحقلين (1،2) والمقطع (B-B') والذي شمل الحقلين (1،3).

3- تم رسم موديل جيولوجي ثلاثي الأبعاد لأغراض التقييم المنجمي المتمثلة بسماكات الطبقات الغطائية، الطبقات الانتاجية، الطبقات العازلة او طبقات الفضلات Waste beds وهي الطبقات التي تفصل الأنطقة التمدنية (النطاق الأول، النطاق الثاني والنطاق الثالث).

4- من خلال دراسة المقاطع الطباقية المتوفرة عن منطقة الدراسة والتقارير والدراسات السابقة تم اعتبار جميع الطبقات التي تعلو الطبقة الصناعية (النطاق الأول Horizon-1) وعلى اختلاف سحناتها هي طبقة غطائية، كما اعتمدت من قبل الخبراء البولونيين والعراقيين في حساب الاحتياطي في مشرق-1 بناءً على الاساسيات المقترحة في عملية الانتاج بطريقة الصهر تحت سطحي (طريقة فراش).

5- تم اعتبار جميع الطبقات التي تفصل بين الطبقات أو الأنطقة التمدنية (النطاق الأول، النطاق الثاني والنطاق الثالث) طبقات عازلة وسميت بطبقات الفضلات Waste beds لعدم أهميتها في عمليات الاستغلال المنجمي واعتبرت طبقة واحدة عازلة بغض النظر عن السحنة الصخرية المكونة لها.

6- تمثل نسبة القشط Stripping Ratio (SR) إحدى طرق وصف الكفاءة الهندسية لعملية التعدين، وتعرف بانها النسبة بين حجم الغطاء الصخري التي يجب إزالتها لاستخراج كمية خام معينة، ويتم التعبير عنها رياضيا بانها حجم الغطاء الصخري الى الطبقة التمدنية الاولى مقسوما على حجم الطبقة الانتاجية [8] اي ان:

$$SR = \frac{\text{Volume of Overburden Thickness}}{\text{Volume of Mineral Thickness}}$$

اي أنها النسبة بين حجم المواد المستخرجة من المواد العقيمة الى حجم المواد الخام المستخرجة وتزداد هذه النسبة مع زيادة العمق إلى أن تصل إلى حد معين يجب أن تتحول عنده الأعمال المنجمية الى أعمال تحت سطحية [9].

3-2 الطريقة المستخدمة في حساب الاحتياطي للترسبات الكبريتية في حقول المشراق

اولاً- لغرض تحديد الاحتياطي الكبريتي فقد تم الاعتماد على عدة اساسيات وفرضيات اعتماداً على الظروف المنجمية الخاصة بحقول المشراق-1 والمعتمدة من قبل [1] وهي:

1. تقسيم البئر الى ثلاث طبقات حاوية على الكبريت تعتمد كل طبقة بشكل منفصل عن الاخرى في الحقول الثلاثة، ويتم حساب الاحتياطي بشكل منفصل لهذه الطبقات.

المناطق غير الاقتصادية. الخ)، حيث بلغ الاحتياطي الاقتصادي (148,130,059) طن وبلغت المساحة المستكشفة (10.5) كم².

المرحلة الخامسة: تم حساب الاحتياطي من قبل [3] بالطريقة الجيواحصائية ولكن كان عدد الابار المستخدمة قليل جدا وهي (9) ابار حيث ان المسافات بين الابار الاستكشافية كانت كبيرة بحيث ان المعلومات المستقاة منها كانت تعمم على مساحات واسعة من الحقل والذي قد يحدث فيها الكثير من التغيرات الافقي والعمودي اذ بلغ الاحتياطي الاقتصادي المحسوب بهذه الطريقة (121,230,554,6) طن.

2-2 حقل مشراق-2

تم حساب الاحتياطي في حقل مشراق-2 من قبل الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين عام 1989 اعتماداً على الظروف المنجمية المقترحة من قبل [1]، ولكن استخدم فيها معدلات السمك، العطاء الكبريتي، والنسبة المئوية للكبريت كما استخدم المساحات لكل طبقة كبريتية اعتماداً على العطاء الكبريتي، اذ بلغت اقصى مساحة مستكشفة في الطبقة الكبريتية الثالثة (3.349) كم²، وكان الاحتياطي الاجمالي في الحقل (65,800,000) طن.

3-2 حقل مشراق-3

تم حساب الاحتياطي في حقل مشراق-3 من قبل الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين عام 1992 ، اذ تم حساب الاحتياطي ضمن اربع مصنفات، ولكن تم الاعتماد على تقييم الاحتياطي ضمن المصنف (A) لكونه يعتمد على الظروف المنجمية والفرضيات المقترحة من قبل [1]، اذ بلغت اقصى مساحة مستكشفة في الطبقة الكبريتية الثالثة (8,320,656) كم²، وكان الاحتياطي الاجمالي في الحقل (218,456,539) طن.

3- المواد وطرق العمل

3-1 البيانات الجيولوجية المستخدمة في التقييم المنجمي وحساب الاحتياطي

تم دراسة البيانات والمعطيات الجيولوجية من خلال (193) بئراً محفورة في منطقة الدراسة، موزعة بواقع (93) في مشراق-1، و (38) في مشراق-2، (62) في مشراق-3، حيث استخدمت البيانات الجيولوجية والمعدنية وكما يأتي:

1- تم دراسة التتابع الطباقى لتكوين الفتحة من قبل [1]، إذ اختزنت تكوين الفتحة بالكامل وصولاً الى تكوين الفرات الجيري (Euphrates Formation) والمكون من حجر جيرى فاتح الى غامق اللون يحوي على المواد القيرية (Bitumenous) والمتحجرات في بعض أجزائه خاصة العلوية منها، فضلاً عن احتوائه على الحجر الجيري المارلي، والمارل الغامق الى الفاتح اللون وهذا يتطابق مع الوصف الليثولوجي لنفس التكوين في محافظة النجف [4] و [5]. لا يوجد تباير كبير في الصخرية بين الجزء العلوي في هذا التكوين وبين الجزء السفلي من تكوين فتحة الذي يعلوه، وقد تم تحديد السطح الفاصل بينهما عن طريق المتحجرات الدقيقة وبعض أنواع سجلات الآبار. أما البيئة

Rockwork-15 ويتم في هذه الطريقة إجراء معالجة إحصائية للآبار المستخدمة في حساب الاحتياطي وتقدير مدى تأثيرها الى مسافات أبعد من مواقع هذه الآبار بعد إجراء معالجات إحصائية يدخل فيها تأثير سماكات الطبقات المتمعدنة. إذ تم إجراء فرز (فلتره) للبيانات المدخلة في البرنامج وذلك بقيام البرنامج بإهمال جميع القيم خارج المحددات المذكورة في طريقة الصهر الجوفي.

ثالثاً - اعتمدت الكثافة الموقعية في حقل مشرق-1 (2,26-2,25-2,26 طن/م³) للطبقات الانتاجية الثلاثة على التوالي بحسب [1]، اما في حقل مشرق-2 فكانت (2,23 طن/م³) للطبقات الانتاجية الثلاثة بحسب [10]، بينما في مشرق-3 فكانت (2,206-2,194-2,269 طن/م³) للطبقات الانتاجية الثلاثة على التوالي بحسب [11].

اما معدل تركيز الكبريت في الخام في حقل مشرق-1 فكانت (25%)، (26.86%، 26.72%) للطبقات الانتاجية الثلاثة على التوالي بحسب [1]، اما في حقل مشرق-2 فكانت المعدلات (19.48%، 23.87%، 22.55%) للطبقات الانتاجية الثلاثة بحسب [10]، بينما في مشرق-3 فقد تم حسابها من متوسط تركيز الكبريت وكانت (20.26%، 21.70%، 23.60%) للطبقات الانتاجية الثلاثة على التوالي.

4- النتائج والمناقشة

1- من خلال رسم المقاطع الطباقية تبين ان ترسبات الكبريت تتركز في ثلاث طبقات من الحجر الجيري المسامي لتكوين الفتحة تفصل بينها عدة طبقات غير متجانسة من الحجر الطيني المارلي والحجر الجيري الدولومايتي وبسماكات ومناسيب مختلفة [1]، [12]، حيث استخدمت بعض الآبار لعرض سماكات الطبقات الانتاجية والطبقات الغطائية وطبقات الفضلات لأغراض التقييم المنجمي، كما موضح في الشكل (2).

2. تثبتت سمك هذه الطبقات للبئر الواحد بشكل دقيق وعلى ضوء سمك الطبقة يتم حساب العطاء الكبريتي Richness.

3. معرفه معدل النسبة المئوية للكبريت بشكل منفصل لكل طبقه في العملية الحسابية للاحتياطي الكبريتي S%.

4. احتساب العطاء الكبريتي Richness في الآبار لكل طبقه بشكل منفرد وبما ينسجم مع عمليه الاستخراج بهذه الطريقة. إذ يتم حساب العطاء الكبريتي وفق المعادلة ادناه

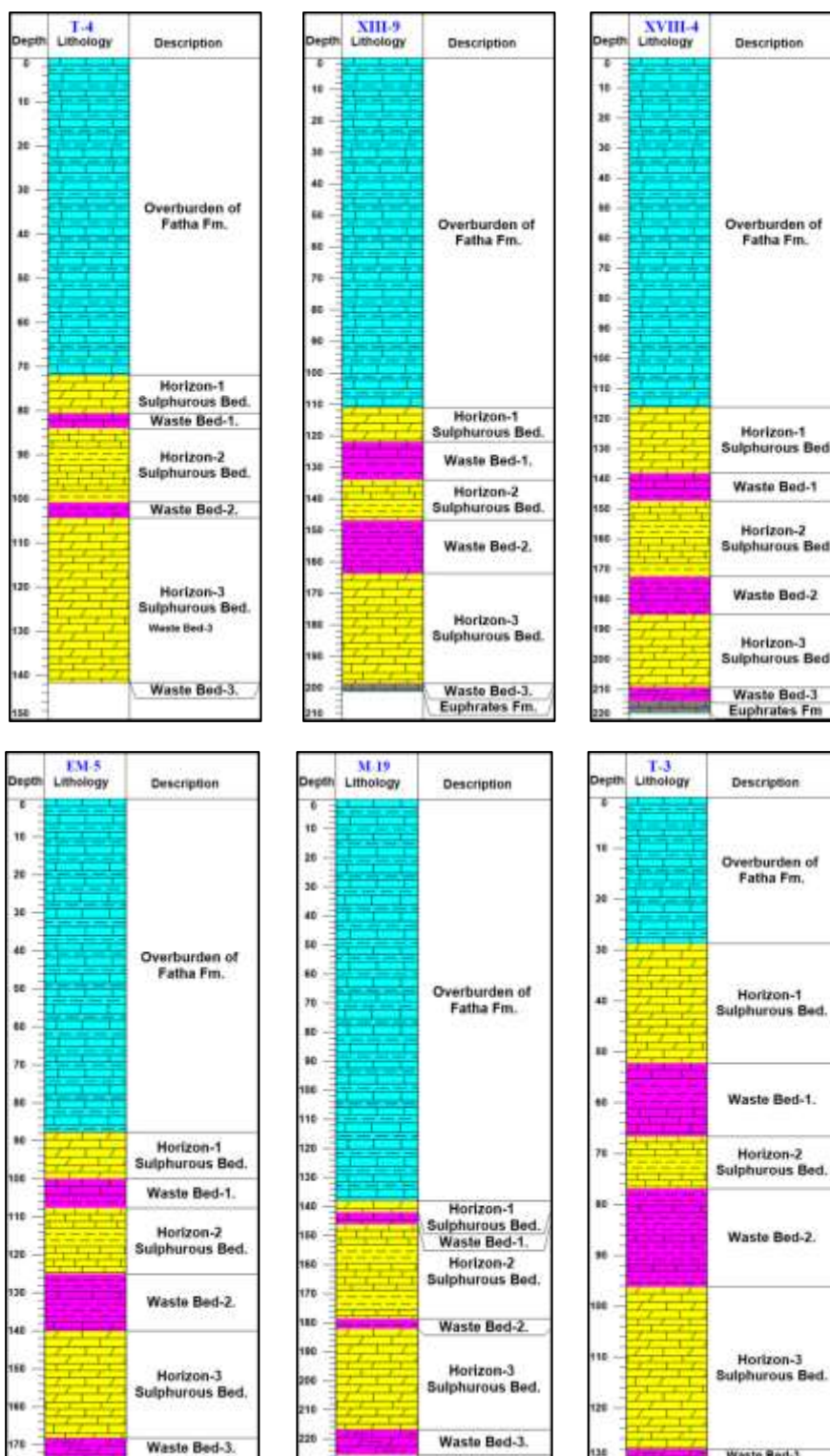
$$R = \frac{m.s.y}{100} \quad 5.$$

حيث ان : العطاء الكبريتي طن/م² R
سمك الطبقة الكبريتية بالمتر m
نسبة تواجد الكبريت % S
الكثافة الحجمية طن/م³ γ

6. معرفه الكثافة الحجمية (الموقعية) bulk density للطبقات الكبريتية كل على حده.

7. اضافة الى هذه الشروط والموصفات فقد اعتمدت المحددات الاتية في استثمار الكبريت بطريقة الصهر الجوفي (طريقة فراش) وكما جاءت في حساب الاحتياطي بطريقة الصهر الجوفي من قبل [1] واهم هذه المحددات هي:

- معدل نسبة الكبريت Sulphur Percentage في الطبقة الانتاجية يجب ان لا تقل عن 15%
 - العطاء الكبريتي < 5.5 طن/م²، ويمكن ان يعتمد العطاء الكبريتي اقل من هذه القيمة عندما تكون اسعار الكبريت ذات قيمة اقتصادية.
 - الغطاء الصخري يجب ان يكون < 65 متر.
 - سمك الطبقة الكبريتية يجب ان لا يقل عن 3 امتار.
- ثانياً - تم استخدام الطريقة الجيواحصائية Kriging method في حساب وتقدير الاحتياطي كونها إحدى التطبيقات المعتمدة في برنامج



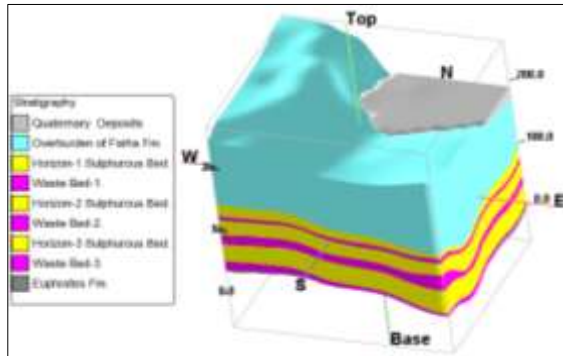
الشكل 2: يبين سماكات الطبقات الانتاجية والطبقات الغطائية وطبقات الفضلات لغرض التقييم المنجمي لأبار مختارة من الحقول الثلاثة [1].

[11]

ذلك لوحظ بأن سمك للغطاء الصخري Overburden يقل باتجاه الشرق والجنوب الشرقي بمعنى ان سمك الغطاء الصخري يكون اقل سمكا في الحقلين (2،3) كما موضح في الشكلين (4) (5).

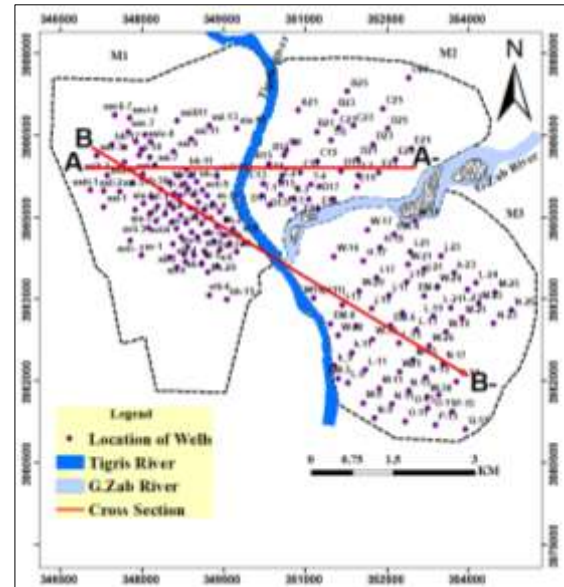
2- من خلال رسم المقطع العرضي للطبقات الغطائية والطبقات الانتاجية في منطقة الدراسة الموضح في الشكل (3)، تبين أن هناك زيادة في التمعينات تظهر في لب طية المشرق كما ان هذه التمعينات تقل سماكة باتجاه الجنوب الشرقي وخاصة في مشرق-3، فضلا عن

واضحا زيادة سمك الطبقات الغطائية في حقل مشراق-1 ويقل سمك هذه الطبقات في الحقلين (2،3).

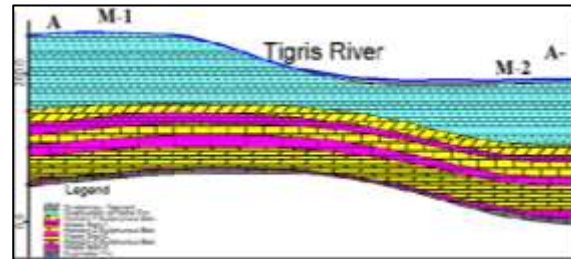


الشكل 6: موديل ثلاثي لحقول كبريت المشراق الثلاثة يبين سماكات الطبقات الانتاجية والطبقات الغطائية وطبقات الفضلات لغرض التقييم المنجمي

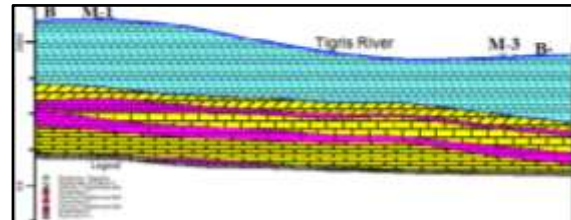
4- تم استخدام الطريقة الجيوإحصائية Kriging method في حساب وتقدير الاحتياطي، والتي تم الاعتماد فيها على المتغيرات المعدنية للطبقات الميمنة في الجداول (1)، (2)، (3)، اذ تم اجراء فرز (لفترة) للبيانات المدخلة في البرنامج وذلك بقيام البرنامج باهمال جميع القيم خارج المحددات المذكورة في طريقة الصهر الجوفي. كما تم إجراء حسابات تقدير الاحتياطي للطبقات الصناعية الثلاثة مسافات مدى التأثير المستخدمة في المعالجات الاحصائية لغاية امتداد حدود منطقة الدراسة وتقدير الاحتياطي المعدني حسب التصنيف الأمريكي American Classification من صنف المستدل (Inferred reserve) والذي يعتمد على الخصائص الجيولوجية لتمعدنات الكبريت فضلا عن الاعتماد على بعض المحددات لطريقة الاستخراج حسب طريقة الصهر التحت سطحي. كما تم إجراء حسابات تقدير الاحتياطي للطبقات الصناعية الثلاثة (Horizon-1)، (Horizon-2)، (Horizon-3)، والتي تمثل فيها مسافات مدى التأثير المستخدمة في المعالجات الاحصائية لغاية امتداد حدود منطقة الدراسة وتقدير الاحتياطي المعدني حسب التصنيف الأمريكي حيث التقدير من صنف المستدل (Inferred reserve) والذي يعتمد على الخصائص الجيولوجية لتمعدنات الكبريت فضلا عن الاعتماد على بعض المحددات لطريقة الاستخراج حسب طريقة الصهر التحت سطحي.



الشكل 3: يبين مواقع المقاطع العرضية، ومواقع الابار المستخدمة في حساب الاحتياطي الكبريتي في الحقول الثلاثة



الشكل 4: مقطع عرضي (A-A') يبين سماكات الطبقات الانتاجية والطبقات الغطائية وطبقات الفضلات لغرض التقييم المنجمي



الشكل 5: مقطع عرضي شمال (B-B') يبين سماكات الطبقات الانتاجية والطبقات الغطائية وطبقات الفضلات لغرض التقييم المنجمي

3- من ملاحظة الموديل الجيولوجي ثلاثي الابعاد والمبين في الشكل (6) تبين أن تمعدنات الكبريت تتركز في لب طية المشراق المحدبة والغازسة من جهتين في مشراق-1 ومشراق-3، اما في مشراق-2 فتتركز التمعدنات في المناطق القريبة من نهر دجلة، بينما يظهر

جدول 1: يبين الحسابات الجيولوجية لسمك الطبقات والعطاء الكبريتي لترسبات الكبريت في حقل مشراق-1

B.H.NO	Thickness of Overburden (m)	Thickness of Horizon-1 (m)	Richness of Horizon-1 ton/m ³	Thickness of Horizon-2 (m)	Richness of Horizon-2 ton/m ³	Thickness of Horizon-3 (m)	Richness of Horizon-3 ton/m ³
1	105.1	12.6	7.8	16.05	8.59	2.1	1.1
2	80.75	13.85	8.7	14.75	7.52	20.55	10.5
3	94.4	18.4	6.8	23.95	7.54	20.25	9.26
4	119.15	12.65	5.8	30.2	7.5	19.85	5.93
5	108.3	22.05	7.02	23.5	3.12	19.4	6.66
6	92.3	20.8	6.2	14.85	3.47	433.	1.07
7	108.6	21.05	5.09	28.45	7.1	25.8	10.54
8	102.05	21.65	5.12	28.05	8.78	26.1	11.08
9	112.2	11.15	7.6	11.35	6.33	29	3.2
10	87.2	27.3	5.8	19.3	6.64	20	11.34
11	94.45	21.25	5.7	27	12.3	29.5	7.72
12	87.15	23.05	5.4	20.95	7.9	33	4.56
13	87.4	22	7.8	14.1	7.9	25.9	6.93
14	89.9	17.8	5	15.2	14.65	27.95	15.7
15	85.7	12.6	3.6	16.85	3.28	28.4	5.51
16	86.8	26.1	6.5	27.05	5.6	4.8	5.2
17	84.1	23.25	4.75	21.7	6.76	31.5	6.8
18	102.55	7.9	7.23	14.55	4.8	33.2	5.37
19	89.65	12.45	7.5	16.7	7.55	31.8	4.34
20	93	10.25	7.8	17.95	11.49	34.6	7.24
21	48.75	26.3	8.6	23.9	5.85	33.3	21.15
22	91.8	26.75	5.46	15.25	5.22	34.8	10
23	94.4	20.5	8.19	23.35	5.56	26.2	6.9
24	104.4	16	3.98	24.45	8.31	26.2	5.72
25	84	23.1	4.3	19.2	11.4	24.8	6.7
26	129.6	14.65	2.04	12.3	8.32	28.4	4.3
27	84.8	18.5	2.5	18.75	4.8	35.3	5.41
28	109.1	3.1	6.7	15	8.9	24.7	11.46
29	127.7	22.1	3.8	22.4	2.16	17.5	4.36
30	77.4	31.3	7.03	23.1	7.59	29	4.7
31	102.2	25.3	4.45	17.4	4	19.9	4.3
32	107.75	30.75	3.1	13.4	3.4	22.7	7.28
33	108.2	29.85	5.5	20.1	2.3	21.1	9.46
34	101.4	23	8.85	19.55	8	19.8	1.62
35	94.2	28.1	4.38	17.5	9.15	27.8	3.2
36	120.5	21.2	8.03	32.1	3.4	32.5	4
37	110	16	3.3	33.6	7.7	32.3	7.18
38	89.6	16.9	3.8	29.2	5	28.3	3.7
39	49.7	25.3	4.3	27.15	5	19	6.43
40	119	21.5	5.1	16.75	2.64	26.2	1.7
41	122.1	9.6	3.5	15.45	3.91	22.3	8.68
42	93	20.6	4.5	22.6	4.53	21.5	13.22
43	120.1	21.2	7.48	25.8	8.13	23.7	9.11
44	122	11.15	3.86	20.7	3.45	33	5
45	111	11.75	5	12.5	7.23	34.95	6
46	98.3	16.7	4.1	23.3	7.09	18	3.74
47	92	14.9	4.63	16.4	6.54	27.4	6.5
48	125.6	18.4	3.06	16.55	9.06	27.05	5
49	110.5	22.4	6.68	19.3	9.011	31.1	5.47
50	109.2	12.5	4.4	17.6	8.42	32.6	3.93
51	108	11.1	8.48	13	8.4	32.95	5.3
52	93	6.35	5.55	11.85	4.49	9.15	5.38
53	130.5	18	4.49	18	6.93	16.2	2.83
54	119	19.1	7.34	22.3	10.88	21.4	8.38
55	154.7	20.9	6.75	20.65	5.77	36.25	3.09
56	121.5	23.3	3.6	28.9	3.16	8.2	4.28
57	132	15.4	4.8	26	6.5	18.75	8.29
58	104.05	24.3	3.3	32.15	11.06	17.35	7.84
59	104.5	16.5	3.85	15.5	11.34	33	5.12
60	99.2	11.8	8.4	19.9	7.15	34	2.16
61	117	22	2.6	21.15	5.09	31.2	6.51
62	118.25	19.55	5.08	20.1	4.44	19.1	4.5
63	165.2	20.8	3.62	17	3.46	17.2	8.76
64	86.7	12.7	7.45	14.1	3.5	27.05	11.79
65	139.6	17.5	3.92	5.05	1.97	3.4	1.28
66	126.75	10.25	2.5	16.2	1.9	16.75	3.5
67	101.9	20.6	2.42	22.75	5.22	29.75	6.2
68	119.3	15.3	6.18	20.1	3.6	33.45	6.98
69	82.3	13.6	8.1	16.4	5.1	17.95	5.46
70	116.1	22	6.17	22.2	3.32	18.35	10.67

71	91.3	6.1	2.8	16.8	7.55	32.55	3.39
72	88.65	10.75	2.5	14.15	3.5	23.85	14.8
73	150.75	20.55	3.32	19.05	3.38	9.8	1.99
74	89.2	10.6	4.5	12	2.95	11.8	2.97
75	88.5	11.3	7.57	15.55	2.59	16.65	6.57
76	114.2	22.05	5.56	19.7	8.2	23.15	11.33
77	90.75	20.55	6.76	22	14.13	3.75	4.69
78	87.2	20.8	4.8	15.9	5.5	25.7	5.98
79	78.1	17.55	4.2	11.85	4.94	4.75	1.15
80	119.8	22	5.3	22.45	12.22	26.15	10.35
81	150.35	20.15	4.56	14.4	3.55	33.45	1.74
82	82.3	4.6	1.02	16	6.49	24.55	7.3
83	106.6	25.8	4.84	20.9	9.5	27.8	4.77
84	95.4	23.6	4.3	10.5	3	34.05	3.46
85	81.75	22.75	4.6	15.2	4.3	18.1	5.35
86	81.7	23.5	5.47	14.55	8.77	8.9	7.34
87	83.5	28.15	8	11.85	1.56	3.2	1.92
88	97.3	10.9	4.19	12.05	5.28	20.25	12.62
89	96.8	10.05	7.32	14.1	7.26	12.3	0.17
90	98.9	23.1	2.8	19.8	3.24	37.4	8.25
91	92.6	17.25	2.3	13.85	4.37	16.2	4.03
92	96.75	11.45	7.6	11.1	7.6	27.1	21.14
93	76.85	25.95	1	17	3.12	14.05	2.13

جدول 2: تبين الحسابات الجيولوجية لسمك الطبقات والعطاء الكبريتي لترسبات الكبريت في حقل مشرق-2

B.H.NO	Thickness of Overburden (m)	Thickness of Horizon-1 (m)	Richness of Horizon-1 ton/m ³	Thickness of Horizon-2 (m)	Richness of Horizon-2 ton/m ³	Thickness of Horizon-3 (m)	Richness of Horizon-3 ton/m ³
1	126.2	6.48	2.48	12.48	8.83	26.39	7.48
2	30.7	1.9	8.87	14.86	16.22	4.68	2.16
3	62.45	15.55	8.41	22.45	13.31	21.66	8.81
4	94	19.68	5.31	23.68	18.31	25.36	12.44
5	147.5	14.96	6.21	19.96	5.26	12.88	6.92
6	163	19.88	5.22	22.66	5.28	17.5	8.24
7	178	12.46	4.15	12.26	8.23	28.66	6.47
8	30.6	5.95	4.83	16.86	2.35	21.85	14.17
9	29.4	12.25	6.66	26.25	14.85	23.26	15.46
10	53.5	12.26	8.84	32.26	14.58	18.25	8.83
11	120	7.48	8.43	35.2	14.58	24.56	8.89
12	171.1	2.28	6.88	22.85	2.45	31.66	11.44
13	179	13.26	5.24	32.63	18.12	22.66	12.61
14	201	4.55	2.87	12.14	8.33	24.48	18.21
15	241	15.68	8.38	6.88	7.65	16.26	8.27
16	34.3	1.16	6.85	16.88	7.46	2.56	11.52
17	26	7.83	2.26	19.6	9.83	12.25	6.25
18	34.25	16.56	3.18	31.31	16.16	8.25	5.88
19	71.9	8.73	8.8	26.36	4.88	36.2	17.26
20	123.7	1.86	6.31	23.26	12.44	28.45	14.8
21	170	3.88	2.23	22.25	7.33	38.25	14.64
22	201.8	2.1	1.69	21.66	16.27	25.26	16.85
23	223.7			16.33	8.23	23.66	13.5
24	38.2	4.48	2.59	26.28	8.29	5.46	8.11
25	38.8	4.48	2.38	25.55	11.85	34.25	18.31
26	65	6.86	1.95	12.26	16.12	33.66	12.12
27	104.8	7.96	2.91	26.3	14.23	31.5	14.37
28	148.75	3.16	6.74	25.45	11.87	18.85	6.32
29	211	2.26	1.17	12.86	8.52	23.98	12.12
30	244.2			14.26	8.74	9.86	3.2
31	37	12.85	3.83	18.83	8.86	11.68	7.22
32	30.3	9.7	4	16.05	3.9	22.6	6.9
33	29.4	20.05	4.58	20.05	9.92	29.25	15.97
34	28.7	23.5	5.47	10.2	7.37	31.95	5.33
35	71.9	8.7	6.09	16.7	6.38	37.3	7.51
36	62.45	22.9	6.3	15.75	8.2	22.6	7.8
37	144.95	24.55	4.3	38.6	9.34	23.9	7.83
38	144.95	17.05	0.43	19.25	7.005	41.45	10.03

جدول 3: يبين الحسابات الجيولوجية لسمك الطبقات والعطاء الكبريتي ومعدل تركيز الكبريت في حقل مشراق-3

B.H.NO	Thickness of Overburden (m)	Thickness of Horizon-1 (m)	Richness of Horizon-1 ton/m ³	S %	Thickness of Horizon-2 (m)	Richness of Horizon-2 ton/m ³	S %	Thickness of Horizon-3 (m)	Richness of Horizon-3 ton/m ³	S %
1	66	6.2	1.48	8.8	22.8	7.8	15.6	37.7	21.18	24.8
2	87.8	12.2	5.74	21.4	17.3	11.48	30.2	23.2	14.05	21.9
3	37.3	4.5	4.56	12.4	31.3	21.03	30.7	25.3	15.42	26.9
4	40				24.9	28	21.1	21.1	31.41	29.4
5	40	15.1	6.5	19.5	32.2	22.02	31.2	48.1	32.25	29.5
6	88	6	2.33	17.6	35	15.38	20.0	31.7	14.52	20.2
7	48.6	4.75	2.76	26.3	28.55	10.68	17.1	28.9	19.47	29.7
8	58	5.3	2.73	23.3	24	10.47	19.9	35.9	17.93	22.0
9	38.4	4.1	3.98	44.0	9.6	6	15.5	27	1.91	3.3
10	49	9	3.82	19.3	40.3	14.99	17.0	17.8	8.04	19.9
11	72	5.4	4.93	41.4	30.6	25.11	37.4	36.1	25.84	31.6
12	91.1				27.4	12.17	20.2	27.5	19.01	30.5
13	39.5	15.8	8.89	25.5	14	8.29	27.0	4.7	1.4	13.3
14	51	7.6	1.62	9.7	32.9	11.69	16.6	14.5	9.6	29.2
15	68	4.7	1.45	14.0	22.8	9.46	18.9	24	9.01	16.5
16	82	11.7	5.65	21.9	32.9	20.08	27.8	40	20.33	22.4
17	91				15	9.12	21.7	20.7	15.62	33.3
18	72	7	3.2	20.7	28.8	18.8	29.8	35.1	17.03	21.4
19	65	17.5	8.19	21.2	31.4	22.29	32.4	26.2	12.15	20.4
20	103	6.2	1.2	7.5	21.8	10.02	21.0	17	6.87	17.8
21	75	18.1	11.3	28.3	30.9	22.27	32.9	32.7	15.98	21.5
22	66	16.55	2.54	7.0	25.4	5.68	10.2	18.2	9.47	22.9
23	84.8	6.2	1.55	11.3	21.9	7.81	16.3	22.9	8.04	15.5
24	109.6	3.4	0.94	12.5	25	10.58	19.3	25.6	10.64	18.3
25	119.9				17.2	2.63	24.5	30	14.4	20.8
26	117.6				30.9	10.03	14.9	18.7	10.61	25.0
27	117	13.2	4.8	16.5	33.2	10.71	14.7	19.3	10.36	23.7
28	84.5	15.8	5.64	16.2	35.8	14.05	17.9	22.8	8.85	17.1
29	88	4.5	4.67	47.1	30.2	20.31	30.7	19	20.29	47.1
30	90				17.5	5.52	14.4	20.3	11.84	25.7
31	131				32.4	13.1	18.4	34.8	14.56	18.4
32	131				27.1	9	15.1	18.9	10.78	25.2
33	126				19	6.39	15.3	22	8.78	17.6
34	125				20.6	7.23	16.0	27	6.02	9.8
35	92	5.4	4.15	34.8	40.8	16.17	18.1	7.9	6.63	36.9
36	96	7.9	4.91	29.7	30.7	13.9	20.6	45.1	21.59	21.1
37	94.8	17.5	7.83	20.3	27.5	15.04	24.9	18.5	18.43	41.7
38	96	20.75	11.6	25.3	30.3	17.55	26.4	16.1	9.81	27.1
39	102	11	2.54	10.5	25.5	12.12	21.7	21.5	8.94	22.9
40	118.7				30.5	10.35	15.5	17.8	7.08	28.2
41	134				13.1	5.71	19.9	21	7.07	14.8
42	133				29.8	11.18	17.1	31.6	12.99	18.1
43	102	6.85	3.49	23.1	23.2	13.53	26.6	40.7	20.89	22.6
44	105.2	3.9	3.36	39.0	29.9	16.47	25.1	19.3	11.13	36.4
45	120	6.3	1.44	10.3	14.8	8.48	26.6	13.3	5.06	16.8
46	130.2				6	5.17	39.3	7.5	0.5	2.8
47	110.5	9.5	1.87	9.0	25.8	12.57	22.2	27	19.2	31.3
48	116				18.65	10.15	24.8	14.5	7.74	24.0
49	120.1				27.5	4.66	7.7	22	6.44	12.9
50	45	14.5	7	21.9	29.7	9.45	14.5	24.2	14.91	27.2
51	55				23.2	8.12	16.0	33.8	18.82	24.5
52	77				15.5	8.2	17.7	20.9	16.74	35.3
53	38	12.8	4.97	17.6	8.5	11	6.1	14	2.57	8.1
54	43	8.65	5.39	28.2	14	9.32	30.4	12.2	7.94	28.7
55	70	10	3.15	14.2	19	6.98	16.8	34.5	18.5	23.7
56	49	22.6	8.31	16.7	31.2	17.39	25.4	38	19.18	22.2
57	59.6	12	3.87	14.6	34.3	14.81	19.7	17.3	9.77	25.1
58	98				31.5	14	20.2	18	12.02	29.4
59	84.6	9.95	1.78	8.1	17.65	13	32.4	8.5	7.96	41.3
60	109.8	12.3	2.68	9.9	31.4	13.12	19.1	8.7	3.32	16.9
61	50	17.2	9.39	24.8	32	14.87	21.2	33	20.81	27.8
62	103				7.7	10.18	38.1	6.7	7.09	23.3

6- يعتمد معدل لانحراف المعياري على معدل سمك الطبقات الانتاجية فكلما كان السمك متقارب بين الطبقات الانتاجية كلما اقتربت هذه القيمة من (1)، حيث تتراوح الانحراف المعياري Standard deviation بين (2,7 - 9,1) في مشرق-1، اما في مشرق-2 فكان معدل الحيدود القياسي Standard deviation يتراوح بين (2,3 - 9)، بينما في مشرق-3 فقد تراوح بين (2,1-10,3) وهي قيم تعتبر مقبولة جداً نسبة الى عدد الآبار الداخلة في الدراسة ومساحة الحقل.

5- تم حساب نسبة القشط Stripping Ratio لكل حقل على حده والتي تمثل نسبة حجم الغطاء الصخري الى حجم الطبقة المتمعدنة الأولى [3]، وكانت هذه النسبة تساوي (5.83) في حقل مشرق-1 كما مبين في الجدول (4)، و(9.09) في حقل مشرق-2 كما مبين في الجدول (5)، و(6.25) في حقل مشرق-3 كما مبين في الجدول (6)، في حين أن النسبة القصوى المسموح بها لنسبة القشط هي (5) لكي تكون الاعمال المنجمية سطحية.

جدول 4: يبين حساب نسبة القشط Stripping Ratio في حقل مشرق-1

Stripping Ratio..... Overburden of Mishraq – 1	
Minimum Thickness Value	65.0 m
Maximum Thickness Value	200.0 m
(Raw Data (XYZ Input	
Z-Minimum (minimum observed thickness)	48.8 m
Z-Maximum (maximum observed thickness)	165.2 m
Distance-Qualified Reserves	
Inferred Reserves of Overburden ... (263,185,641.1 Cubic m) ORE RESERVE	
Unclassified	(8,942,986.9 Cubic m)
Stripping Ratio = Volume of Overburden / Volume of Horizon – 1	
= 263,185,641.1 / 45,172,375.7 = 5.83	

جدول 5: يبين حساب نسبة القشط Stripping Ratio في حقل مشرق-2

Stripping Ratio..... Overburden of Mishraq – 2	
Minimum Thickness Value	65.0 m
Maximum Thickness Value	250.0 m
(Raw Data (XYZ Input	
Z-Minimum (minimum observed thickness)	26.0 m
Z-Maximum (maximum observed thickness)	241.0 m
Distance-Qualified Reserves	
Inferred Reserves of Overburden ... (89,502,885.0 Cubic m) ORE RESERVE	
Unclassified	(5,012,518.1) Cubic m
Stripping Ratio = Volume of Overburden / Volume of Horizon – 1	
= 89,502,885.0 / 9,847,072.5 = 9.09	

جدول 6: يبين حساب نسبة القشط Stripping Ratio في حقل مشرق-3

Stripping Ratio..... Overburden of Mishraq – 3	
Minimum Thickness Value	65.0 m
Maximum Thickness Value	150.0 m
(Raw Data (XYZ Input	
Z-Minimum (minimum observed thickness)	37.3 m
Z-Maximum (maximum observed thickness)	120.0 m
Distance-Qualified Reserves	
Inferred Reserves of Overburden ... (73,719,597.1 Cubic m) ORE RESERVE	
Unclassified	0.0 Cubic m
Stripping Ratio = Volume of Overburden / Volume of Horizon – 1	
= 73,719,597.1 / 11,799,888.30 = 6.25	

مشرق-3 كان الاحتياطي (5,273,790.157) طن، مشرق-2 كان (94,841,351.327) طن، (97,069,053.8405) طن في الطبقات الثلاثة على التوالي كما مبين في الجدول (9).
8- تم جمع نتائج الطبقات الثلاثة في كل حقل فكان الاحتياطي الإجمالي القابل للاستخراج باستخدام طريقة الصهر تحت سطحي لخام الكبريت في حقل مشرق-1 يساوي (152,608,034.832) طن لمساحة مقدارها (9.64) كم² تقريباً، وفي حقل مشرق-2 (115,981,053.72) طن لمساحة مقدارها (6.64) كم² تقريباً، اما في حقل مشرق-3 فكان (197,184,195.32) طن لمساحة مقدارها

7- تم حساب الاحتياطي الإجمالي لخام الكبريت للطبقات الثلاثة في كل حقل ثم ضربت بمعدل تركيز الكبريت لكل طبقة من الطبقات الانتاجية وبهذا يكون الاحتياطي القابل للاستخراج باستخدام طريقة الصهر تحت سطحي في حقل مشرق-1 (25,522,392.271) طن، (52,036,781.309) طن، (75,048,861.252) طن للطبقات الانتاجية الثلاثة على التوالي كما مبين في الجدول (7)، اما في حقل مشرق-2 فكان الاحتياطي (4,411,882.363) طن، (52,133,283.995) طن، (59,435,887.363) طن للطبقات الانتاجية الثلاثة على التوالي كما مبين في الجدول (8)، وفي حقل

(13) كم² تقريباً.

جدول 7: يبين حساب الاحتياطي في الطبقات الكبريتية الثلاثة في حقل مشراق-1

Horizon -1 - Mishraq-1	
Minimum acceptable thickness	3.0 m
Minimum acceptable Richness	5.5 Tons/m ²
Standard Deviation between	2.8-8.4 m
Inferred Reserves ..	102,089,569.082 Tons (45,172,375.7 Cubic m) ORE RESERVE
Volumetric calculations performed by Delaunay Triangulation method	
Weight calculated by multiplying volume by density factor 2.26 ton/m ³	
Average Percent of sulphur as Element= 25%	
Average Reserve of sulphur Elements 25,522,392.271 Tons sulphur	
Horizon -2- Mishraq-1	
Minimum acceptable thickness	3.0 m
Minimum acceptable Richness	5.5 Tons/m ²
Standard Deviation between	2.7-8.7 m
Inferred Reserves ...	193,733,363.025 Tons (86,103,716.9 Cubic m) ORE RESERVE
Volumetric calculations performed by Delaunay Triangulation method	
Weight calculated by multiplying volume by density factor 2.25 ton/m ³	
Average Percent of sulphur as Element= 26.86%	
Average Reserve of sulphur Elements 52,036,781.309 Tons sulphur	
Horizon -3- Mishraq-1	
Minimum acceptable thickness	3.0 m
Minimum acceptable Richness	5.5 Tons/m ²
Standard Deviation between	3.2-9.1 m
Inferred Reserves..	280,797,924.392 Tons (124,246,869.2 Cubic m) ORE RESERVE
Volumetric calculations performed by Delaunay Triangulation method	
Weight calculated by multiplying volume by density factor 2.26 ton/m ³	
Average Percent of sulphur as Element= 26.727%	
Average Reserve of sulphur Elements 75,048,861.252 Tons sulphur	
Total Reserve Estimation of Sulphurous Horizon	
Average Reserve of sulphur Elements = 152,608,034.832 Tons sulphur	

جدول 8: يبين حساب الاحتياطي في الطبقات الكبريتية الثلاثة في حقل مشراق-2

Horizon -1 - Mishraq-2	
Minimum acceptable thickness	3.0 m
Minimum acceptable Richness	5.5 Tons/m ²
Standard Deviation between	2.3-5.0 m
Inferred Reserves..	22,648,266.75 Tons (9,847,072.5 Cubic m) ORE RESERVE
Volumetric calculations performed by Delaunay Triangulation method	
Weight calculated by multiplying volume by density factor 2.23 ton/m ³	
Average Percent of sulphur as Element= 19.48%	
Average Reserve of sulphur Elements 4,411,882.363 Tons sulphur	
Horizon -2- Mishraq-2	
Minimum acceptable thickness	3.0 m
Minimum acceptable Richness	5.5 Tons/m ²
Standard Deviation between	3.3-8.0 m
Inferred Reserves..	218,405,043.968 Tons (97,939,481.6 Cubic m) ORE RESERVE
Volumetric calculations performed by Delaunay Triangulation method	
Weight calculated by multiplying volume by density factor 2.23 ton/m ³	
Average Percent of sulphur as Element= 23.87%	
Average Reserve of sulphur Elements 52,133,283.995 Tons sulphur	
Horizon -3- Mishraq-2	
Minimum acceptable thickness	3.0 m
Minimum acceptable Richness	5.5 Tons/m ²
Standard Deviation between	3.5-9.0 m
Inferred Reserves..	263,573,779.88 Tons (114,597,295.6 Cubic m) ORE RESERVE
Volumetric calculations performed by Delaunay Triangulation method	
Weight calculated by multiplying volume by density factor 2.23 ton/m ³	
Average Percent of sulphur as Element= 22.55%	
Average Reserve of sulphur Elements 59,435,887.363 Tons sulphur	
Total Reserve Estimation of Sulphurous Horizon	
Average Reserve of sulphur Elements = 115,981,053.72 Tons sulphur	

جدول 9: يبين حساب الاحتياطي في الطبقات الكبريتية الثلاثة في حقل مشراق-3

Horizon -1 - Mishraq-3	
Minimum acceptable thickness	3.0 m
Minimum acceptable Richness	5.5 Tons/m ²
Standard Deviation between	2.1-5.3 m
Inferred Reserves..	26,030,553.5898 Tons (11,799,888.3 Cubic m) ORE RESERVE
Volumetric calculations performed by Delaunay Triangulation method	
Weight calculated by multiplying volume by density factor 2.206 ton/m ³	
Average Percent of sulphur as Element= 20.26%	
Average Reserve of sulphur Elements 5,273,790.157 Tons sulphur	
Horizon -2- Mishraq-3	
Minimum acceptable thickness	3.0 m
Minimum acceptable Richness	5.5 Tons/m ²
Standard Deviation between	3.0-10.0 m
Inferred Reserves..	437,056,918.559 Tons (199,205,523.5 Cubic m) ORE RESERVE
Volumetric calculations performed by Delaunay Triangulation method	
Weight calculated by multiplying volume by density factor 2.194 ton/m ³	
Average Percent of sulphur as Element= 21.70%	
Average Reserve of sulphur Elements 94,841,351.327 Tons sulphur	
Horizon -3- Mishraq-3	
Minimum acceptable thickness	3.0 m
Minimum acceptable Richness	5.5 Tons/m ²
Standard Deviation between	4.0-10.3 m
Inferred Reserves ..	411,309,550.1714 Tons (181,273,490.6 Cubic m) ORE RESERVE
Volumetric calculations performed by Delaunay Triangulation method	
Weight calculated by multiplying volume by density factor 2.269 ton/m ³	
Average Percent of sulphur as Element= 23.60%	
Average Reserve of sulphur Elements 97,069,053.8405 Tons sulphur	
Total Reserve Estimation of Sulphurous Horizon	
Average Reserve of sulphur Elements = 197,184,195.32 Tons sulphur	

الاستنتاجات

1. نسبة القشط هي (5) لكي تكون الاعمال المنجمية سطحية، نستنتج من ذلك بأن طريقة المنجم المفتوح لاستخراج الكبريت من هذه الحقول غير مجدية اقتصاديا وذات تكلفة استخراجية عالية استنادا الى قيمة نسبة القشط التي تحدد نوع الطريقة الاستخراجية الملائمة اقتصاديا والتي تجاوزت الحد الأقصى المسموح به في منطقة الدراسة، فضلا عن أن استخراج الكبريت بهذه الطريقة قد يلحق أضرارا بالتجمعات السكانية والأراضي الزراعية المحيطة بالمنطقة بالإضافة الى مشاكل بيئية وجيولوجية تقف عائقا أمام هذا الطريقة.

1. بناءً على رسم المقاطع الطباقية تبين ان ترسبات الكبريت تتركز في ثلاث طبقات، وان سمك هذه الترسبات تزداد في لب طية المشراق و تقل سماكة باتجاه الجنوب الشرقي وخاصة في مشراق-3، اما سمك الغطاء الصخري Overburden يقل باتجاه الشرق والجنوب الشرقي بمعنى ان سمك الغطاء الصخري يكون اقل سمكا في الحقلين (2،3).
2. من خلال حساب نسبة القشط Stripping Ratio لكل حقل بمفرده والتي تحدد الطريقة المنجمية الملائمة للاستخراج سواء كانت سطحية أو تحت سطحية وكانت قيمتها تساوي (5.83)، (9.09)، (6.25) في الحقول الثلاثة على التوالي، في حين أن النسبة القصوى المسموح بها

المصادر

- [1] Centrozap, "Geological Documentation of Native sulphur deposits in Mishraq," Sulphur state enterprise library, 216p, (Unpublished),1971.
[2] S. N. Alsaraf, T. M. Bashi, and A. K. Atai, "The Evaluation of the Environmental Pollution of the Soil and Water of the Al-Mushreq Sulfur Company Before and After Production Stoppage in 2003 Mosul-Iraq.," *Kirkuk Univ. Journal-Scientific Stud.*, vol. 13, no. 3, pp. 221–236, 2018.
[3] M. J. Hassan and G. A. Zarraq, "Mining Evaluation of Sulfur Deposits in Al-Mishraq Area

- Using Geostatistical Method," *Tikrit J. Pure Sci.*, vol. 27, no. 1, pp. 41–49, 2022.
[4] S. M. Awadh and M. R. A. Al-Owaidi, "Designing Raw Mix for Manufacturing Portland Cement using Euphrates Formation Marl Instead of Clays," *Iraqi Geol. J.*, vol. 54, no. 2D, pp. 87–97, 2021.
[5] S. M. Awadh and M. R. A. Al-Owaidi, "Application of triangles method for quantitative estimation of marl reserve in Euphrates formation, middle of Iraq," *Iraqi Geol. J.*, vol. 53, no. 2 A, pp. 35–49, 2020.

- [6] V. K. Sissakian, A. D. A. Ahad, N. Al-Ansari, and S. Knutsson, "Factors Controlling the Karstification Process in the Fatha Formation in Iraq," *J. Earth Sci. Geotech. Eng.*, vol. 6, no. 3, pp. 1792–9660, 2016.
- [7] V. K. Sissakian and H. A. Al-Mousawi, "Karstification and related problems, examples from Iraq," *Iraqi Bull. Geol. Min.*, vol. 3, no. 2, pp. 1–12, 2007.
- [8] V. S. Morkun and S. M. Hryshchenko, "Environmental competency of future mining engineers," 2014.
- [9] Zarraq, Ghazi Atiya, "Mining Geology and Mineral Exploration, Tikrit University, " Tikrit University Press, 606 p, 2014.
- [10] ALkaaby, A. Adil., S. sharif., Saad, Z, jassim and Mustafa, Mashkour, "Summary of exploration in mishraq-2 sulphur deposit," p. 109, (Unpublished), 1989.
- [11] Mahmud, S. sharif., almureib, S. razuwqi., Mazahim, E. basi and Nabil, Y, "Geological and geotechnical investigations and calculation of reserves of sulfur deposits for Mishraq field-3," (Unpublished), 1992.
- [12] H. K. Hussain and A. Al-Shamma, "Hydrochemical Assessment of water resources at Baquba City, Diyala Governorate, Eastern Iraq," *Iraqi J. Sci.*, pp. 2551–2565, 2022.

Reassessment of the reserves of sulphur deposits in the fields of Al-Mishraq, northern Iraq

Mohammed Abdilfattah Ali , Sabbar Abdullah Salih, Amara Ismail Hussain

Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq

Abstract

The study area is located in the northern part of Iraq, about 45 km southeast of the city of Mosul, and consists of three fields (M-1, M-2, M-3). The reserves of sulfur deposits in the three fields were recalculated using the geostatistical method using the RockWorks-15 program. Depending on the determinants followed by the underground smelting method (Farsh method) and as mentioned by Centrozap in 1971. The most important of these determinants are: Richness > 5.5 tons / m², the rock cover must be > 65 m, the thickness of the sulphur layer must not be less than 3 m, as well as Sulphur Percentage, and the rate of in bulk density of those layers. The total reserves of sulfur ore in the Mishraq field-1 amounted to (152,608,034.832) tons for an area of approximately (9.64) Km², Meshraq field-2 (115,981,053.72) tons for an area of approximately (6.64) Km², and Meshraq field-3, it was (197,184,195.32) tons for an area of approximately (13) Km².

Keywords: Al-Mishraq fields; Richness; Reserve estimate; Stripping Ratio.