

A geochemical study of the formation of hydrocarbons in structures (South –Al Rusafeh-1, Zamleh-1,Dbessan-2) at the northeastern end of the Palmyra folding zone-Syria

Dr. Ahlam Ibrahim*
Dr. Nabih Khrsten**
Zeina Fedda***

(Received 30 / 6 / 2022. Accepted 7 / 11/2022)

□ ABSTRACT □

This research presents a geochemical study of the organic matter present within the rock structures in three wells to the south of AL-Rusafeh 1 well, Dbessan 2 and Zamleh 1. The ROCK EVAL device was used to determine the degree of maturity of the organic matter and the maturity of the parent rocks and their ability to generate hydrocarbon and to determine the type of hydrocarbon whether it was migratory or locally generated, and a chromatograph was used to extract Bitumen and determine the value of hydrogen charcoal capable of producing.

The geochemical study was conducted for a group of samples belonging, by studying the rocky crumbs of 21 samples from the Kurachina Dolomite and Alamanos Shale formations. Liquid hydrocarbons, but with acceptable to medium capabilities in general, did not enter the stage of gas generation except in a primary or marginal way, and that the gas discovered in these compositions is gas migrating from deeper levels than that of the upper Paleozoic rocks.

Keywords: Geochemistry, Hydrocarbons, South of AL-Rusafeh 1, Dbessan2 , Zamleh1,.

* Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Tishreen University, Latakia, Syria. Ahlam_ibrahim@yahoo.fr.

** Director of the General Petroleum Corporation, Damascus, Syria. knabih@mail.ru.

*** Postgraduate student, Department of Geology, Faculty of Science, Tishreen University, Latakia, Syria. Zeina.fedda93@gmail.com. (The corresponding author).

دراسة جيوكيميائية لتشكل المواد الهيدروكربونية في آبار (جنوب الرصافة 1، ديبسان 2، زملة 1) في الطرف الشمالي الشرقي لنطاق الطي التدمري، سورية

د. أحلام إبراهيم*

د. نبيه خرسين**

زينة فضة***

(تاريخ الإيداع 30 / 6 / 2022. قبل للنشر في 7 / 11 / 2022)

□ ملخص □

يقدم هذا البحث دراسة جيوكيميائية للمادة العضوية الموجودة ضمن بنيات الصخر في ثلاثة آبار هي جنوب الرصافة 1، ديبسان 2، زملة 1، تم استخدام جهاز ROCK EVAL لتحديد درجة نضج المادة العضوية ونضج الصخور الأم وقدرتها على توليد الهيدروكربون، وتحديد نوع الهيدروكربون فيما إذا كان مهاجراً أو متولداً محلياً، كما استخدم جهاز الكروماتوغراف لاستخلاص البيتومين وتحديد قيمة الفحم الهيدروجينية القادر على إنتاجها. أجريت الدراسة الجيوكيميائية لمجموعة من العينات تعود لآبار جنوب الرصافة 1، ديبسان 2 والزملة 1 وذلك بدراسة الفتات الصخري لـ 21 عينة من تشكيلتي الكوراشينا دولوميت والأمانوس شيل حيث تبين بنتيجتها أن القسم السفلي من تشكيلة الكوراشينا دولوميت وكامل الأمانوس شيل قد دخلت مجال النافذة النفطية ولها القدرة على إنتاج وفرز المواد الهيدروكربونية السائلة ولكن بإمكانيات مقبولة إلى متوسطة بشكل عام ولم تدخل مرحلة توليد الغاز إلا بشكل أولي أو هامشي وأن الغاز المكتشف في هذه التراكيب هو غاز مهاجر من مستويات أعمق من ذلك أي من صخور الباليوزوي الأعلى.

الكلمات المفتاحية: جيوكيمياء، هيدروكربون، جنوب الرصافة 1، ديبسان 2، زملة 1.

* أستاذ مساعد، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. Ahlam_ibrahim@yahoo.fr

** مدير المؤسسة العامة للنفط، دمشق، سورية. knabih@mail.ru

*** طالبة ماجستير، قسم الجيولوجيا، كلية العلوم، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. Zeina.fedda93@gmail.com

مقدمة:

تقسم سورية إلى أربع وحدات تكتونية رئيسية هي:

-منخفض الفرات الذي يتكون من انهدام وادي الفرات جنوب شرق سورية، منخفض الشدادة شرق سورية ومنخفض الرقة أو الامتداد الغربي لمنخفض الفرات.

-منخفض سنجار عبد العزيز.

-السلسلة الساحلية.

-السلاسل التدمرية وتتكون من نطاق الطي التدمري الشمالي، نطاق الطي التدمري الجنوبي ويفصل بينهما حوض الدو [1].

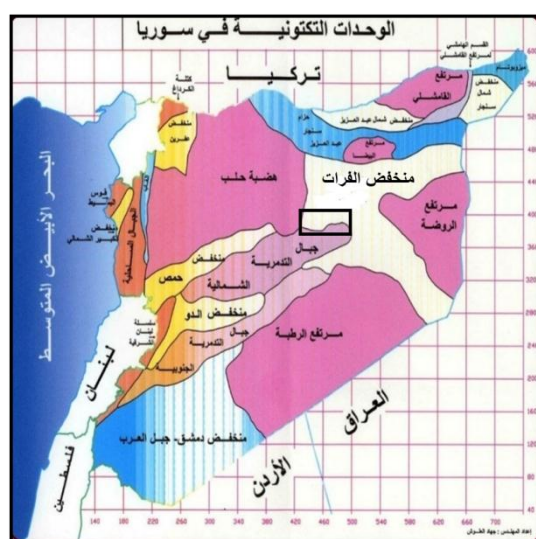
اكتسب نطاق الطي التدمري أهمية كبيرة وذلك لما يتميز به من وجود غطاء رسوبي سميك وتتنوع صخري رسوبي يمكن أن يحتوي على تشكيلات صخرية مولدة، خازنة ومغطية وكذلك وجود التراكيب المناسبة والتي يمكن أن تؤدي دور المصائد الهيدروكربونية.

أدى اكتشاف النفط والغاز في حقل التيم 1984 إلى الشمال الشرقي من نطاق الطي التدمري إلى زيادة فعالية النشاط الاستكشافي في هذا النطاق حيث تم توسيع الدراسات والمعارف الجيولوجية تحت السطحية عن طريق المسوح السيزمية، الآبار التقيببية والاستكشافية والطريقة الجيوكيميائية لإعطاء معلومات أكثر دقة.

وجد أن تراكيب هذا النطاق حاملة بمعظمها للغاز الطبيعي والمتكثفات حيث يوجد معظم الغاز في الصخور الكربوناتيبة الترياسية وبصورة خاصة في تشكيلة الكوراشينا دولوميت العائدة إلى الترياسي الأوسط حيث وصفت هذه التشكيلة أول مرة في منطقة الحمادية في العراق [2] أشير إلى وجود هذه التشكيلة في سورية ضمن الدراسات الإقليمية لجيولوجيا سورية [3].

منطقة الدراسة:

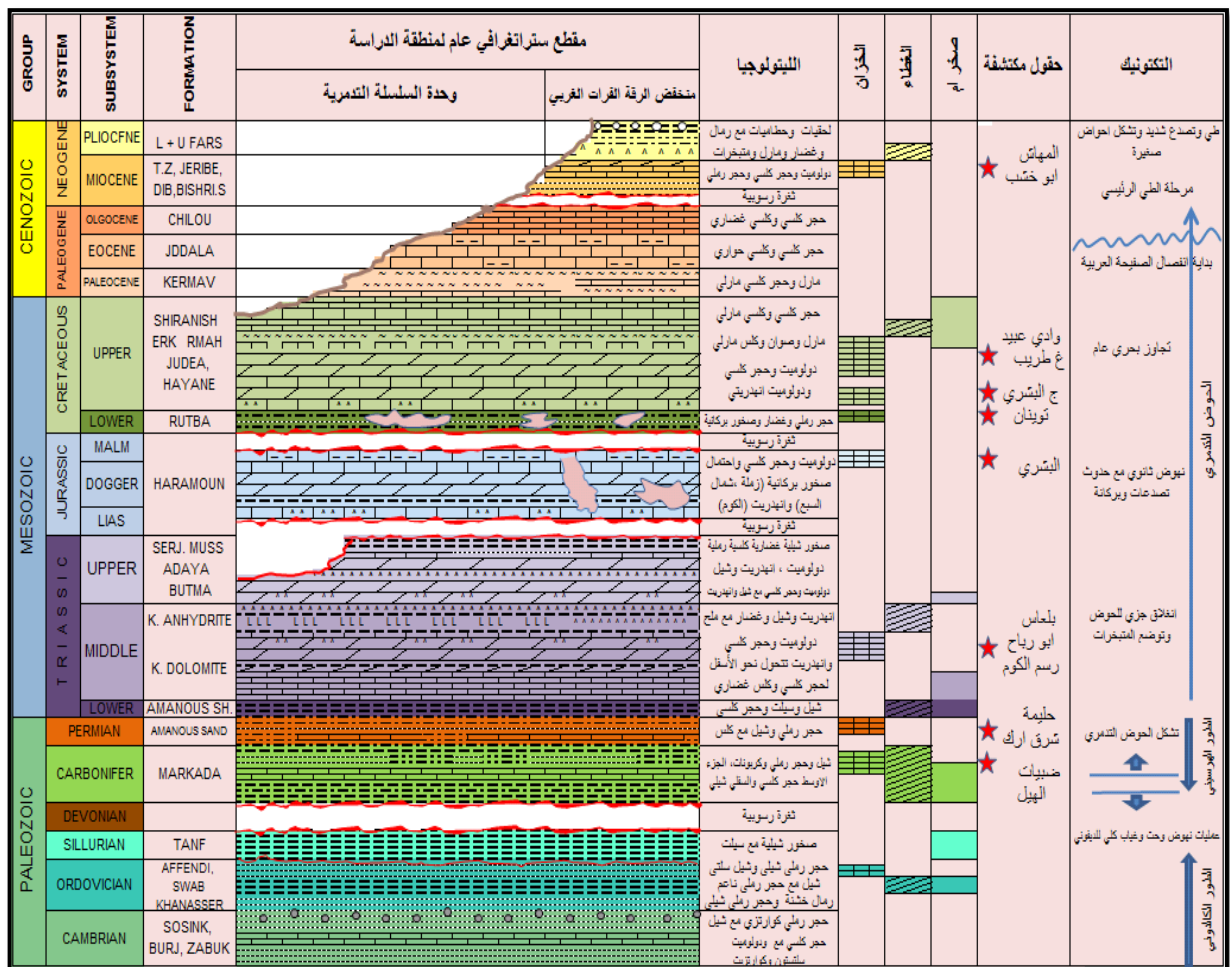
تقع منطقة الدراسة التي تضم آبار (جنوب الرصافة-1، ديبسان-2، زملة-1) في الأطراف الشمالية الشرقية لنطاق الطي التدمري الشمالي المتاخمة لمنخفض الفرات (منخفض الرقة) والتي يطلق عليها اسم المنطقة الانتقالية حيث أن منخفض الرقة خلال دور الترياسي يمثل امتداداً للحوض التدمري حيث ترسبت فيه طبقات الترياسي المعروفة إنما بشكل مختصر (الشكل 1).



الشكل(1): موقع منطقة الدراسة بالنسبة للجمهورية العربية السورية

تم اكتشاف المواد الهيدروكربونية السائلة والغازية في عدد من التراكيب التابعة لهذا الجزء المهم من نطاق الطي التدمري منها تراكيب الدراسة الحالية.

تخترق آبار منطقة الدراسة العديد من التشكيلات كما هو موضح في الشكل (2) ومنها تشكيلة الكوراشينا دولوميت حيث تتمتع هذه التشكيلة بمواصفات خزنية جيدة وبميزة هامة جداً جعلتها من أهم التشكيلات في السلسلة التدمرية وهضبة حلب، ويكمن ذلك في كونها تمتلك مواصفات توليدية في النطاقات السفلية وخازنة في نطاقاتها العلوية [4] جعلت منها هدفاً لأعمال التنقيب وإنتاج المواد الهيدروكربونية وتعد هذه التشكيلة اليوم من أفضل الخزانات المنتجة للغاز الطبيعي في سورية. تتألف تشكيلة الكوراشينا دولوميت من صخور كربوناتية (حجر كلسي ودولوميت) مع طبقات من الأنهدريت والشيل حيث يسيطر الحجر الكلسي على القسم الأسفل منها والدولوميت والأنهدريت على القسم الأعلى من التشكيلة إضافة لوجود صخور تشكيلة الأمانوس شيل العائدة للترياسي الأسفل والتي تنتشر في مساحات واسعة من القطر والتي تتصف بأنها ذات إمكانيات توليدية جيدة للهيدروكربون في حال دخلت مرحلة النضج، تتكون عموماً من الناحية الصخرية من الغضار الصفحي (الشيل) تتراقق في القسم العلوي منها مع طبقات من حجر كلسي وتتناوب مع نطاقات من الحجر الرملي السلتي ناعم الحبات في القسم السفلي منه [5].



الشكل (2): مقطع ستراتيغرافي عام لمنطقة الدراسة

التراكيب التي اختيرت منها آبار منطقة الدراسة:**تركيب جنوب الرصافة:**

بلوك فالقي محصور بين فالقين رئيسين شمالي وجنوبي يحددان معالم البنية وشكل المصيدة وهو جزء من محور تركيب يمتد من جهة الشمال باتجاه جنوب شرق، تقطع هذا البلوك فوالق عرضية ذات تدرج سلمي باتجاه الشرق لتقسم التركيب إلى بلوكات متعددة لكل واحد منها قمة مستقلة عن الأخرى.

تم تقسيم تركيب جنوب الرصافة اعتماداً على الفوالق التي تقطع بنيته إلى ثلاث مصائد مستقلة:

- تقع المصيدة الأولى في الجزء الشمالي من التركيب حفرت فيها آبار جنوب الرصافة - 2,3,4,5 وهي حاملة للنفط في طبقة الأمانوس رمل.

- تقع المصيدة الثانية في الجزء الأوسط من التركيب وهي على شكل محدب فالقي حفرت فيها آبار جنوب الرصافة - 6,7,9,10 وهي حاملة للنفط في طبقة الكوراشينا دولوميت.

- تقع المصيدة الثالثة في الجزء الجنوب الغربي من التركيب وهي على شكل إغلاق بنيوي مستقل له قمة شبه دائرية مفصولة عن المصيدة الثانية بفالق عادي شكل حاجزاً جيد العزل بين المصيدتين حفر فيها بئر جنوب الرصافة - 1 وهو حامل للغاز في طبقة الكوراشينا دولوميت، والغاز مع حاشية نفطية محدودة في طبقة الأمانوس رمل [6].

تركيب ديبسان:

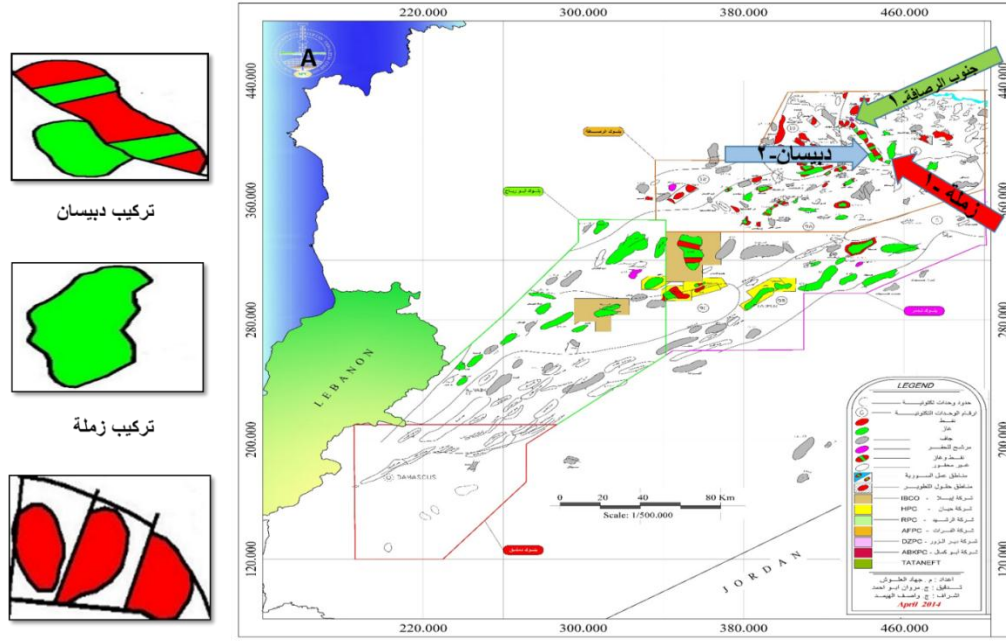
يقع بين الجزء الشمالي الشرقي لجبال السلاسل التدمرية الشمالية والجزء الشرقي لنهوض هضبة حلب. تغطي منطقة التركيب على السطح توضعات النيوجين من عمر الميوسين الأعلى، والتي تتألف بشكل عام من صخور كربوناتية، مع تناوبات من الحجر الرملي والجص والانهدريت مع وجود توضعات من الرباعي رملية وغضارية بسماكة تتراوح ما بين 3-7m [6].

تركيب زملة:

يقع إلى الشرق من تركيب ديبسان، تتألف بنية التركيب من قمتين شمالية وجنوبية.

- القمة الشمالية هي بنية محدب فالقي محصور بين فالقين من جهة الغرب والجنوب الشرقي، حفر ضمنها بئر الزملة - 4 وكان المنتج غاز حر من تشكيلة الكوراشينا دولوميت.

- تمثل القمة الجنوبية إغلاق بنيوي متطاوّل باتجاه شمال جنوب حفر ضمنها آبار الزملة - 1,2,3 حيث تم اكتشاف الغاز الحر في خزانات تشكيلة الكوراشينا دولوميت [6].



الشكل (3): - A موقع تراكيب ديبسان، زملة، جنوب الرصافة من خارطة التراكيب المحفورة في التدمرية (SPC, 2010)

أهمية البحث وأهدافه:

تبيّن بعد الاطلاع وتحليل الدراسات السابقة لمنطقة الدراسة أن معظم المنتج هو غاز ولكن المادة العضوية المحتواة في الصخور المولدة لأسفل تشكيلة الكوراشينا دولوميت والأمانوس شيل لم تصل لمرحلة توليد الغاز ومن هنا تأتي أهمية البحث في تحديد مصدر الغاز في الآبار المدروسة إن كان مهاجراً من مستويات أعمق وتجمع في خزانات الترياسي. تتلخص أهداف هذه الدراسة بالآتي:

- I. دراسة جيوكيميائية للمادة العضوية في تراكيب (جنوب الرصافة-1، ديبسان-2، زملة-1) وتحديد نوعيتها.
- II. تحديد نمط ودرجة نضج المادة العضوية.

طرائق البحث ومواده:

أُجريت العديد من الزيارات للمؤسسة العامة للنفط ومستودعات الشركة السورية للنفط في دمشق، وجمعت عينات الفتات الصخري المأخوذة من مجموعة من الصخور مختلفة التركيب والتي تعود لتشكيلتي الكوراشينا دولوميت والأمانوس شيل، وتم اختيار 21 عينة نموذجية لهذه الدراسة.

تضمنت المرحلة المخبرية تحليل العينات في مخابر الشركة السورية للنفط بدمشق، تم استخدام جهاز الـ ROCK EVAL لتحديد نمط المادة العضوية ودرجة نضجها. حيث يعمل مبدأ هذا الجهاز على إمرار جدول من الهيليوم خلال 100 ملغ من الصخر المسحوق سخن من البداية حتى 300° ثم ترفع درجة الحرارة إلى 550° تحلل بعد ذلك نواتج التبخر من خلال مكثفات اللهب الأيوني ولتحديد الغنى بالمادة العضوية تم اختيار ثلاث عينات لإجراء استخلاص للبيثومين من الصخر الرسوبي باستخدام مذيبات نظيفة ثم استخدمت تقنية الكروماتوغراف للحصول على القطعة البارافينية والقطعة العطرية وبعض تحاليل المركبات الحاوية على الكبريت.

النتائج والمناقشة:

تُظهر النتائج التي يتم الحصول عليها من تحاليل العينات باستخدام ROCK EVAL على شكل قمم وتعد هذه القمم مؤشرات هامة لتحديد ما يلي:

كمية المادة العضوية:

- S1: كمية الهيدروكربون المنحدر قبل الدرجة 300° وتقدر بـ mg HC/ g of rock
- S2: كمية الهيدروكربون الناتجة عن التكسير الحراري للكبروجين والاسفلتين والراتنج ضمن المجال الحراري 600-300 وتقدر بـ mg Hc/ g of rock [7].

نوعية المادة العضوية:

- HI: مؤشر الهيدروجين ويدل على نمط المادة العضوية ويشير الى منشأ هذه المادة بحري أو قاري ومنه يحدد نوع الهيدروكربون الممكن توليده نפט أو غاز وبحسب من العلاقة:

$$HI = S2 * 100 / TOC \quad \text{ويقدر بـ } mgHC/g \text{ of TOC}$$

- OI: مؤشر الأوكسجين و يستخدم مع المؤشر HI لتمييز نمط المادة العضوية وبحسب من العلاقة:

$$OI = S3 * 100 / TOC \quad \text{ويقدر بـ } mgHC/g \text{ of TOC}$$

مؤشرات النضج:

- TPI أو (PI) مؤشر للنضج والإنتاجية معاً وتعطي قيمة دلالة على وجود تراكم اقتصادي أو غير اقتصادي للهيدروكربون الموجود في التشكيلة أي وجود خزان.

تمثل PI أو TPI قيم S1 مقسومة على مجموع قيم S1 + S2 وهي قيم أصغر أو تساوي الواحد.

عندما تكون قيم $PI \leq 0.1$ فإن المادة العضوية ضمن التشكيلة أو الصخر قد دخلت نطاق النافذة النفطية ويتم تحديد العمق بما يتطابق مع المجال الذي حدده الـ T.max .

عندما يقع دليل الإنتاجية ضمن هذا المجال $0.1 < PI < 0.4$ يعني إمكانية إنتاج النفط بشكل رئيس من المواد العضوية خلال عملية النضج، أما عندما تكون قيم $PI \leq 0.4$ فهذا دليل على أن التشكيلة أو الصخر يقع في نهاية النافذة النفطية وبداية النافذة الغازية هذا يعني إمكانية إنتاج الغاز بشكل رئيس من المواد العضوية خلال عملية النضج.

- T.max مؤشر الحرارة العظمى: تعبر عن النضج الحراري للمادة العضوية الموجودة في الصخر أو التشكيلة، إذا كان

$$T.max \leq 435 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{دخول المادة العضوية النافذة النفطية وتوليد النفط.}$$

$$T.max \leq 470 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{دخول المادة العضوية النافذة الغازية وتوليد الغاز.}$$

جودة الصخر المصدر:

- TOC محتوى الكربون العضوي الكلي:

يؤكد معظم الجيوكيميائيين أنه من غير المرجح للنسبة $TOC > 1\%wt$ أن تشكل مصادر تجارية للهيدروكربونات ويختلف الحد الأدنى من نسبة TOC في الصخر حسب نوع الصخر ففي الصخور الكربونانية تبلغ نحو $0.79\%wt$ وفي الشيل $0.9\%wt$ وبهذا يمكن اعتبار المعدل العالمي لـ TOC في جميع أنواع الصخور الأم $1.8\%wt$ وهي أعلى بكثير من القيم الدنيا التي تتراوح بين $1-0.5\%wt$ [8] سيتم اعتبار النسبة $0.5\%wt$ الحد الأدنى لتحديد الصخور الأم.

الجدول (1): يوضح معاملات التحليل الحراري لتقييم تشكيلي الكوراشينا دولوميت والامانوس شيل في منطقة الدراسة

رقم العينة	اسم التشكيلة	العمق (m)	كمية الهيدروكربون الحر (S1)	كمية الهيدروكربون المتشكل أثناء الانحلال الحراري (S2)	درجة الحرارة العظمى Tmax	دليل الهيدروجين (HI)	دليل الأوكسجين (OI)	دليل الإنتاجية (TPI)	محتوى الكربون العضوي الكلي (TOC)
جنوب الرصافة - 1									
1	كوراشينا دولوميت	2478	0.7	0.58	434	261	134	0.55	0.22
2	كوراشينا دولوميت	2484	0.18	0.21	440	177	135	0.46	0.12
3	كوراشينا دولوميت	2496	1.23	4.79	432	335	48	0.2	1.43
4	أمانوس شيل	2604	1.11	4.71	442	377	55	0.19	1.25
5	أمانوس شيل	2614	0.09	0.4	439	145	181	0.18	0.28
6	أمانوس شيل	2632	0.34	0.54	433	182	174	0.39	0.3
دييسان - 2									
7	كوراشينا دولوميت	2498	0.14	1.03	436	264	94	0.12	0.39
8	كوراشينا دولوميت	2512	0.07	0.5	438	185	124	0.12	0.27
9	كوراشينا دولوميت	2610	0.36	3.13	435	355	72	0.1	0.88
10	كوراشينا دولوميت	2632	0.24	1.59	442	403	123	0.13	0.4
11	أمانوس شيل	2832	0.06	0.48	439	82	162	0.11	0.58
12	أمانوس شيل	2848	0.03	1.62	445	259	57	0.02	0.63
13	أمانوس شيل	2884	10.44	10.39	408	392	53	0.5	2.65
زملة - 1									
14	كوراشينا دولوميت	3152	0.21	0.77	442	179	76	0.22	0.43
15	كوراشينا دولوميت	3258	0.33	1.1	447	205	53	0.23	0.54
16	كوراشينا دولوميت	3322	0.17	0.45	446	177	108	0.28	0.25
17	كوراشينا دولوميت	3382	0.08	0.15	446	99	211	0.36	0.15
18	أمانوس شيل	3394	0.15	0.32	449	139	161	0.31	0.23
19	أمانوس شيل	3400	0.09	0.29	451	129	180	0.23	0.23
20	أمانوس شيل	3414	0.55	1.68	443	142	65	0.25	1.18
21	أمانوس شيل	3416	0.46	2.61	446	202	47	0.15	1.29

بئر جنوب الرصافة - 1:

تم تحليل 6 عينات الثلاثة الأولى من تشكيلة الكوراشينا دولوميت من القسم السفلي من التشكيلة وتمثلها العينات (1-3) والتي تقابل الأعماق التالية بالترتيب (2478 - 2484 - 2496) m. اخترقت العينات الثلاث التالية (4-5-6) تشكيلة الأمانوس شيل وهي تقابل الأعماق الآتية (2604 - 2614 - 2632) m

بئر دبيسان - 2:

تم اختيار سبع عينات من هذا البئر للدراسة والتحليل، الأربعة الأولى من تشكيلة الكوراشينا دولوميت وتقع في القسم العلوي من التشكيلة وتمثلها العينات (10-9-8-7) وتقابل الأعماق التالية m (2632 - 2610 - 2512 - 2498) على الترتيب.

العينات الثلاث التالية من تشكيلة الأمانوس شيل وتمثلها العينات رقم (13-12-11) والتي تقابل الأعماق التالية m (2884 - 2848 - 2832) على الترتيب.

بئر زملة-1:

تم تحليل ثماني عينات من هذا البئر الأربعة الأولى من تشكيلة الكوراشينا دولوميت وتمثلها العينات (14-15-16-17) وتقابل الأعماق m (3152-3258-3322-3382) على الترتيب ، بينما تعود العينات الأربعة التالية لتشكيلة الأمانوس شيل وتمثلها العينات(18-19-20-21) وتقابل الأعماق m (3394-3400-3414-3416).

تقييم النتائج من خلال مؤشرات الـ ROCK EVAL:

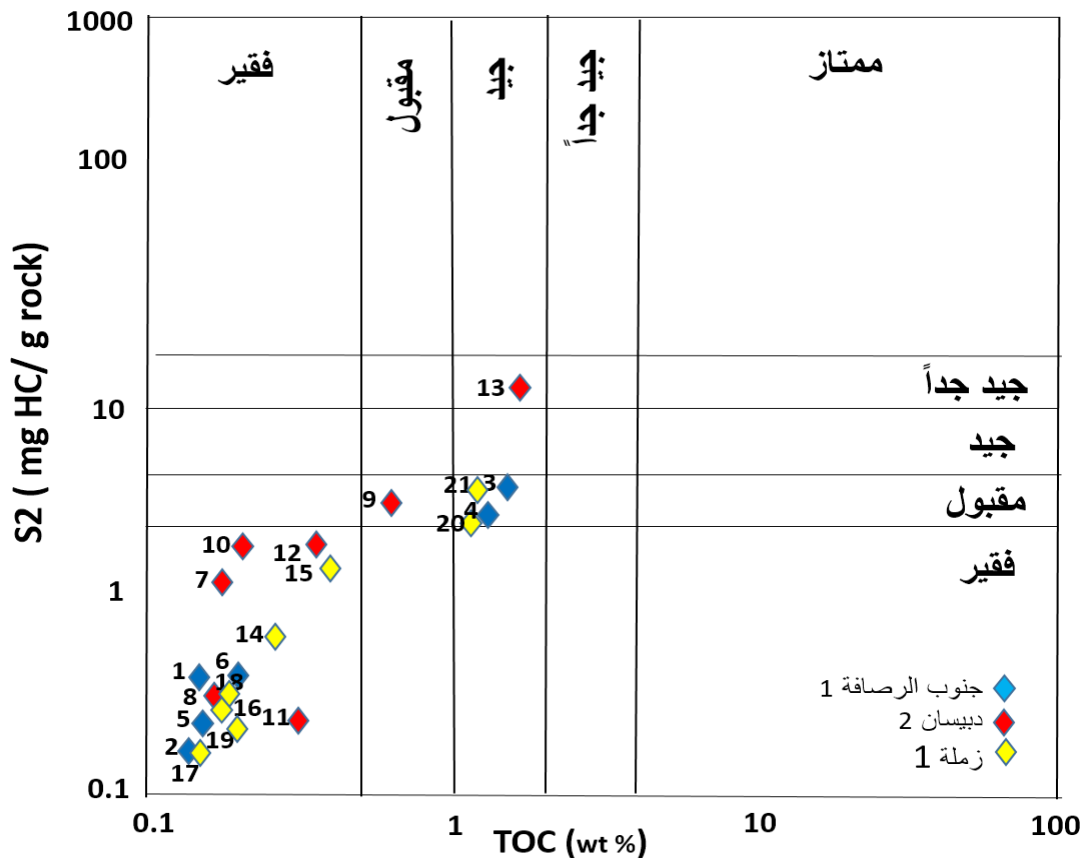
حسب S₂، TOC:

يتبين من خلال القيم الواردة في الجدول (1) في بئر جنوب الرصافة - 1 وكما هو مبين في الشكل (4) وجود إمكانية متوسطة إلى جيدة لتوليد النفط للمجال الذي تمثله العينة 4 فمادة الكربون العضوي في هذه العينة دخلت مرحلة النضج (النافذة النفطية) عند قيمة T_{max} (442)، العينة (3) إمكانيتها متوسطة إلى جيدة لكنها لم تدخل مرحلة النضج لتوليد النفط، أما العينات (1-2-5-6) فكانت فقيرة بالكربون العضوي.

تدل قيم S₂ التي نقل في أغلب العينات عن 1 mg HC/g rock ولم تتجاوز في أحسن الحالات 4.79 على طاقة توليدية ضعيفة غالباً إلى متوسطة، مع وجود قيم جيدة من S₁ ضمن مسام مكونات العينتين (4-3) حيث كلما ارتفعت قيم TOC ارتفعت قيم S₁.

تشير نسب الكربون العضوي TOC وكذلك قيم S₂ الموافقة لها في بئر دبيسان - 2 حسب الشكل (4) إلى طاقة كامنة ضعيفة غالباً لتوليد النفط ومتوسطة في العينة 9 لتصبح الإمكانية جيدة في العينة 13 حيث وصلت TOC % 2.65 وهي ضمن مجال إنتاج النفط وفق دليل الإنتاجية.

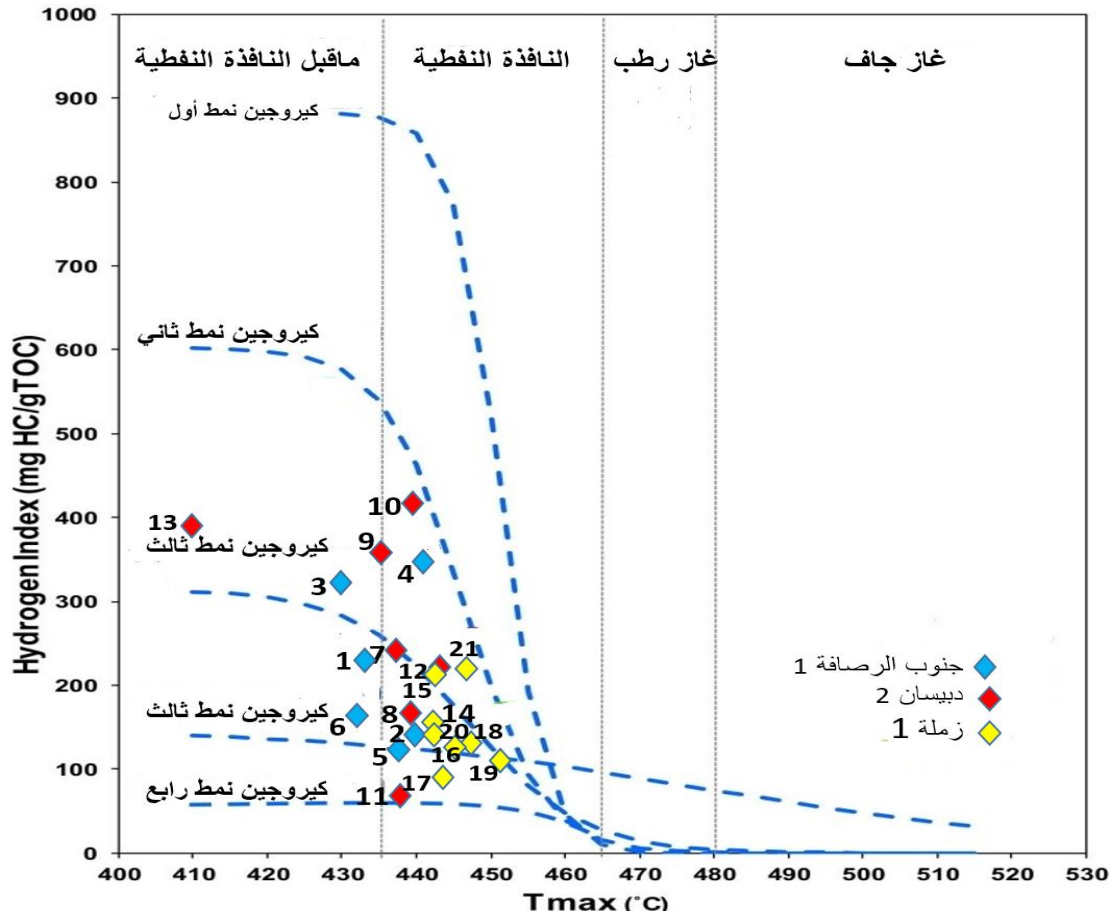
تدل نتائج العينات المحللة من تشكيلة الكوراشينا دولوميت في بئر زملة - 1 على فقر بالمادة العضوية حيث تراوحت قيم TOC بين (0.15 - 0.54) % وتشير قيم S₂ الموافقة لها إلى إمكانية توليدية ضعيفة إلى متوسطة في العينة 15، أما بالنسبة لتشكيلة الأمانوس شيل فكانت قيم TOC مقبولة إلى متوسطة في العينتين 20، 21.



الشكل (4): مخطط يبين محتوى الكربون العضوي الكلي في التراكيب المدروسة

حسب T_{max} :

تدل قيم T_{max} التي تراوحت بين (432 - 442) في بئر جنوب الرصافة - 1 أن المادة العضوية في المراحل الأولى من بداية النافذة النفطية [9] العينات (2-4-5) أما العينات (1-3-6) لم تدخل بعد النافذة النفطية حسب الشكل (5). يمكن القول أن النطاق الذي تمثله العينات (4-5) من تشكيلة الأمانوس شيل قادر على توليد النفط وكذلك النطاق السفلي من تشكيلة الكوراشينا دولوميت الذي تمثله العينة 2. تشير قيم T_{max} في بئر ديبسان - 2 إلى أن المادة العضوية في المراحل الأولى من بداية النافذة النفطية باستثناء العينة 13 لم تدخل بعد النافذة النفطية وبذلك يمكن القول أن النطاق العلوي من تشكيلة الأمانوس شيل ذو إمكانية توليدية ضعيفة إلى متوسطة الذي تمثله العينات 11، 12 بينما النطاق السفلي إمكانيته التوليدية جيدة. تقع العينات في بئر زملة - 1 ضمن مجال النضج إلا أن الإمكانيات التوليدية لها تكون ضعيفة بشكل عام حيث $TOC > 0.5\%$ هي السائدة وتمثل قيم ضعيفة أو فقيرة الغنى بالكربون العضوي.



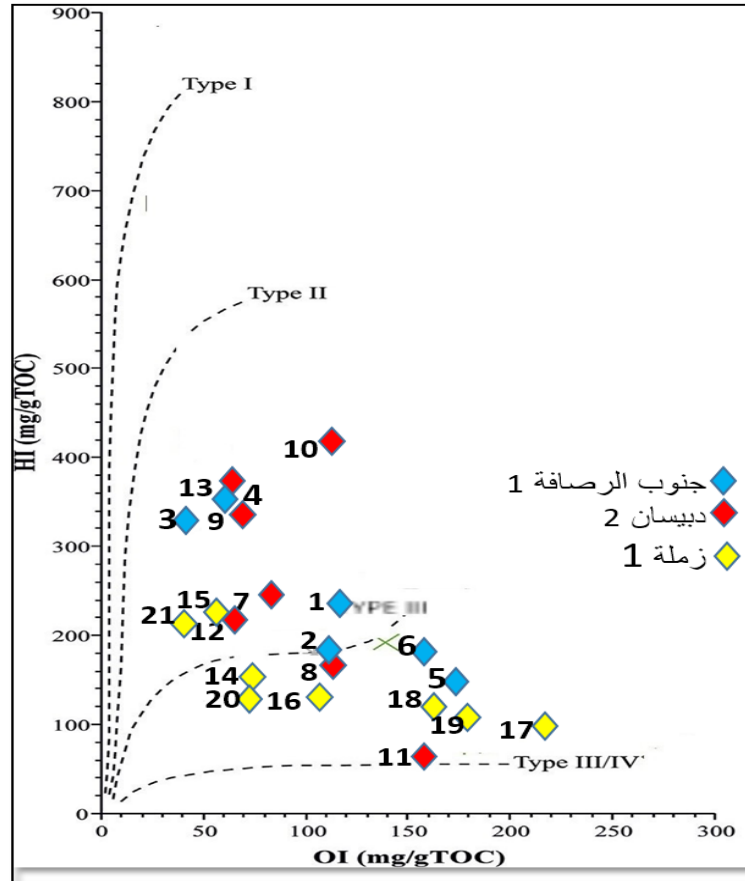
الشكل (5): مخطط فان كريفلن لأنماط الكيروجين وفقاً لعلاقة درجة الحرارة العظمى مع مؤشر الهيدروجين [10]

حسب HI، OI:

تم تحديد نمط المادة العضوية في الآبار المدروسة باستخدام قيم HI، OI وحسب الشكل (6) في بئر جنوب الرصافة - 1 فإن نمط المادة العضوية هو II، III.

تراوحت قيم HI في بئر دبيسان - 2 بين (185 - 403) mg HC/gToc والتي تشير إلى أن المادة العضوية غالباً من النمط II، III قادر على توليد الغاز في العينتين 7، 8 في حال دخول النافذة الغازية ولكن تواجدتها بنسب ضعيفة $TOC > 0.5\%$ ليس له أهمية توليدية.

حسب الشكل (6) في بئر زملة -1 فإن نمط المادة العضوية هو II، III.



الشكل(6): مخطط يبين أنماط الكبريتين المختلفة استناداً لعلاقة مؤشر الهيدروجين مع مؤشر الأوكسجين [11]

نتائج استخلاص البيتومين:

البيتومين هو ثاني المركبات الهيدروكربونية التي تم العثور عليها في صخور المصدر وصخور الخزان وهو خليط من الهيدروكربونات ذات الوزن الجزيئي العالي والتي يمكن أن تنتمي إلى المجموعات الآتية:

- البارافينات: هي فحوم هيدروجينية مشبعة تتغير نسبتها في النفط من أجزاء محدودة وحتى 20 % تتألف من سلاسل خطية طويلة بأعداد مختلفة من ذرات الكربون وتوجد في الأطوار الثلاثة (غاز - سائل - صلب) [12].
- النفثينات: فحوم ألكانية حلقيه مشبعة تتألف من جذر الميتيل على شكل حلقة مغلقة أو أكثر [13].
- العطريات: تصل نسبتها في النفط حتى 40 % سميت بالعطريات لرائحتها الجميلة التي قد يفسدها وجود مركبات الكبريت، تأخذ شكل حلقة مغلقة مؤلفة من CH.
- الاسفلتينات والراتنجات: مركبات صلبة قائمة اللون تكون على شكل بنيات حلقيه كثيفة يدخل في تركيبها حلقات عطرية ونفثينية مع سلاسل فرعية وعناصر أثر [14].

أخذت ثلاث عينات للتحليل وذلك للتأكيد على نتائج ROCK-EVAL حللت المادة العضوية المستخلصة بالكروماتوغراف بالطور الغازي الأولى من بئر زملة-1 تعود لتشكيلة الأمانوس شيل على عمق (3414) m والثانية من بئر جنوب الرصافة-1 وتعود لتشكيلة الكوراشينا دولوميت على عمق (2496) m أما الثالثة فتعود لبئر ديبسان - 2 تشكيلة الأمانوس شيل (2884) m.

الجدول (2): يمثل وزن المستخلص البيتوميني بالغرام بوساطة جهاز الكروماتوغراف لغاية C15 وتحديد قيم المكونات المستخلصة

التركيب	العمق (m)	صخر الاستخلاص (وزن العينة)	مجموع قيم الاستخلاص	مكونات الاستخلاص		
				مستخلص قابل للذوبان	راسب الاسفلتين	بارافينات+ نفثينات
زملة-1	3414	14.9	0.0971	0.0687	0.0284	0.0304
جنوب الرصافة-1	2496	12.7	0.1331	0.0856	0.0475	0.0333
ديبسان-2	2884	11.4	0.2649	0.2121	0.0528	0.0999

الجدول (3): يمثل تركيز المستخلص ومكوناته في الصخر منسوبة إلى جزء من المليون (ppm) من مكونات الصخر

التركيب	العمق (m)	قيم المستخلص البيتوميني	الهيدروكربونات			اللاهيدروكربونات		
			بارافينات+ نفثينات	عطريات	المجموع الكلي	اسفلتينات	راتنجات	المجموع الكلي
زملة-1	3414	6517	2040	1161	3201	1906	1409	3315
جنوب الرصافة-1	2496	10480	2622	1409	4031	3740	2709	6449
ديبسان-2	2884	23237	8763	4684	13447	4632	5158	9789

الجدول (4): يمثل النسبة المئوية لمواد مكونات المستخلص البيتوميني من الصخر

العلاقة NonHc/Hc	العمق (m)	التركيب	الهيدروكربونات			اللاهيدروكربونات		
			بارافينات+ نفثينات	عطريات	بارافينات+نفثينات/العطريات	اسفلتينات	راتنجات	اسفلتينات/ راتنجات
1.0	3414	زملة-1	31.3	17.8	1.8	29.2	21.6	1.4
0.6	2496	جنوب الرصافة-1	25.0	13.4	1.9	35.7	25.8	1.4
1.4	2884	ديبسان-2	37.7	20.2	1.9	19.9	22.2	0.9

بئر جنوب الرصافة-1:

أُخذت من هذا البئر عينة تعود لتشكيلة الكوراشينا دولوميت على عمق (2496) m وحسب الجدول (2) فإن قيمة البيتومين المستخلص من الصخر تحسب من خلال العلاقة التالية:

$$\text{قيمة البيتومين في الصخر} = \text{المادة المستخلصة} \times 100 \div \text{وزن الصخر} = 0.1331 \times 100 \div 12.7 = 1.05\%$$

تشير نتائج الاستخلاص المطبق على هذه العينة إلى غناها بشكل جيد بالبيتومين حيث بلغت قيمة البيتومين المستخلص من الصخر 0.67 % وتقابل 10480 ppm.

الجدول (5): المعاملات الجيوكيميائية الخاصة بالإمكانات التوليدية للصخور المولدة [15].

نوعية الصخر	الكربون العضوي الإجمالي	المستخلص البيتوميني ppm	الهيدروكربونات ppm
ضعيف	أقل من 0.5	أقل من 500	أقل من 300
مقبول	0.5-1	500-1000	300 - 600
جيد	1-2	1000 -2000	600- 1200
جيد جداً	أكبر من 2	أكبر من 2000	أكبر من 1200

حسب العلاقة: المادة المستخلصة ÷ الكربون العضوي الكلي = $0.1331 \div 1.43 = 0.093$ قيمة تعكس مستوى النضج للكربون العضوي حيث دخلت مرحلة بداية النضج وذات إنتاجية جيدة للهيدروكربون الحقيقي.
بئر زملة-1:

تعود العينة المأخوذة من هذا البئر لتشكيلة الأمانوس شيل وحسب الجدول (2) فإن قيمة البيتومين المستخلص من الصخر تحسب من خلال العلاقة التالية:

$$\text{قيمة البيتومين في الصخر} = \text{المادة المستخلصة} \times 100 \div \text{وزن الصخر} = 0.0971 \times 100 \div 14.9 = 0.65\%$$

تدل هذه القيمة على غنى العينة بشكل متوسط بالبيتومين.

أما العلاقة: المادة المستخلصة من الصخر ÷ الكربون العضوي الكلي = $0.0971 \div 1.18 = 0.082$ قيمة تعكس مستوى النضج للكربون العضوي الموجود في الصخر وفق الجدول التالي:

مراحل النضج	غير ناضج	بداية النضج	قمة النضج	نضج عالي
القيمة	اقل من 0.05	0.05 – 0.1	0.15 – 0.25	< 0.25

بلغت نسبة HC المستخلص من البيتومين 0.46% وتقابل 2040 ppm ودخلت مرحلة بداية النضج وذات إنتاجية متوسطة للهيدروكربون الحقيقي.

بئر ديبسان-2:

تشير نتائج الاستخلاص المطبق على العينة المأخوذة من تشكيلة الأمانوس شيل على عمق m (2884) أنها غنية جداً بالبيتومين المستخلص حيث أن قيمة البيتومين حسب العلاقة:

$$\text{قيمة البيتومين في الصخر} = \text{المادة المستخلصة} \times 100 \div \text{وزن الصخر} = 0.2649 \times 100 \div 11.4 = 2.32\%$$

من وزن الصخر.

حسب العلاقة: المادة المستخلصة ÷ الكربون العضوي الكلي = $0.2649 \div 2.65 = 0.099$ تعكس هذه القيمة مرحلة بداية النضج للكربون العضوي الموجود في الصخر.

بلغت قيمة HC المستخلص من البيتومين 1.86% وتقابل 2040 ppm ودخلت مرحلة النضج وذات إنتاجية جيدة للهيدروكربون الحقيقي.

من تحليل المادة العضوية المستخلصة تبين احتوائها على:

1. فحوم هيدروجينية حقيقية كانت نسبتها بين % 38.5 – 57.9 وضمن هذه الفحوم إن نسبة المشبعة منها % 25-37.7 والعطرية غير المشبعة أو الأروماتية % 13.4 – 20.2. النسبة بينهما كانت متقاربة 1.9 – 1.8 تعكس مستوى نضج متقارب.

2. نواتج ثقيلة أو صلبة : أ -اسفلتين % 19.9 – 35.7. ب -راتنجات % 22.9 – 27.2.

3. تعكس نسبة وزن البيتومين المستخلص على الصخر والتي تراوحت بين % 0.65-2.35 مستوى توليد من وسط إلى جيد جداً.

الاستنتاجات والتوصيات:

- 1- يقع القسم السفلي من تشكيلة الكوراشينا دولوميت وكامل تشكيلة الأمانوس شيل ضمن مجال النضج وقد دخلت مجال النافذة النفطية ولها القدرة على إنتاج وفرز المواد الهيدروكربونية السائلة ولكن بإمكانيات مقبولة إلى متوسطة بشكل عام ولم تدخل مرحلة توليد الغاز بعد إلا بشكل أولي أو هامشي.
 - 2- الغاز المكتشف في هذه التراكيب هو غاز مهاجر من مستويات أعمق من ذلك من صخور الحقب الأول (الباليوزوي الأعلى).
 - 3- النفط المكتشف في جنوب الرصافة وحقل دبيسان ساهمت صخور الكوراشينا دولوميت والامانوس شيل في توليد قسم هام منه يؤكد ذلك قيم درجة الجودة الأمريكية API في آبار جنوب الرصافة - 2 و 3 و 4 لخزانات الكوراشينا دولوميت والتي تقع ضمن مجال النضج المنخفض $API = 12 - 25$
 - 4- صخور الأمانوس شيل بالدرجة الأولى والقسم السفلي من تشكيلة الكوراشينا دولوميت (موقع العينة) بالدرجة الثانية هي صخور مولدة (صخر أم) في طور توليد فحوم هيدروجينية سائلة. تساهم في توليد نفوط ذات نضج منخفض $API = 12 - 25$.
 - 5- البيتومين في هذه الرسوبيات هو منشئي ودرجة تطوره هي بداية مرحلة النضج (بداية النافذة النفطية) ويمتلك إمكانيات توليدية من متوسطة إلى جيدة جداً لإنتاج فحوم هيدروجينية سائلة.
- نوصي بتطبيق هذه الدراسة الجيوكيميائية على التشكيلات العائدة للباليوزوي الأعلى للتأكيد على مصدر المواد الهيدروكربونية المخزونة في تشكيلتي الكوراشينا دولوميت والأمانوس شيل في منطقة الدراسة ومقارنتها مع تشكيلات الباليوزوي في السلسلة التدمرية.

References:

- [1] Barrier, E; Machhour, L. and Blaizot, M. *Petroleum systems of Syria*. The American Association of Petroleum Geologist, AAPG Memoir, 106, 2014, 335-378.
- [2] Beydoun, Z. R. *The Middle East: Regional Geology and Petroleum Resources*, Scientific Press, 1988, U.K.
- [3] Ponikarov, V. P. *The Geology of Syria : explanatory notes on the geological map of Syria, scale 1:500,000*, Syrian Arab Republic, Ministry of Industry, Dept. of Geological and Mineral, 1996.
- [4] Abdullah, A. Petrological study of the kurachina dolomiteformatinn (Middle Triassic) in the Twinan field, The northern Palmyrian folding zone, Syria, Damascus University, 2009.
- [5] Syrian Oil Company, *A regional study of the distribution and lithographic basis of geological formations in Syria*, unpublished study, 1988.
- [6] Syrian Oil Company, *Final report for well (Dbessan2, south Al-Rusafa1, Zamleh1)*, 1989-1999.
- [7] Mussa, A; Kalkreuth, W; Mizusaki, A. M. P; González, M. B; da Silva, T. F. and Bicca, M. M. *Evaluation of the hydrocarbon generation potential of the Pimenteiras Formation, Parnaiba Basin (Brazil) based on total organic carbon content and Rock-Eval pyrolysis data*. Energy Exploration & Exploitation, 39(3), 2021, 693-716.
- [8] Ahmad, S; Ahmad, F; Ullah, A; Eisa, M; Ullah, F; Kaif, K. and Khan, S. *Integration of the outcrop and subsurface geochemical data: implications for the hydrocarbon source*

- rock evaluation in the Lower Indus Basin, Pakistan*. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 9(2), 2019, 937-951.
- [9] Espitalié, J; Laporte, J. L; Madec, M; Marquis, F; Lepat, P; Paulet, J. and Boutefeu, A. *Méthode rapide de caractérisation des roches mères, de leur potentiel pétrolier et leur degré d'évolution*: Review Institut Français du Pétrole, 32(1), 1977, 23-42.
- [10] Khatibi, S; Ostadhassan, M; Tuschel, D; Gentzis, T. and Carvajal-Ortiz, H. *Evaluating molecular evolution of kerogen by raman spectroscopy: correlation with optical microscopy and rock-eval pyrolysis*. Energies, 11(6), 2018, 1406.
- [11] Baniasad, A; Rabbani, A. R; Moallemi, S. A; Soleimany, B. and Rashidi, M. *Petroleum system analysis of the northwestern part of the Persian Gulf, Iranian sector*. Organic Geochemistry, 107, 2017, 69-85.
- [12] Tissot, B. *Utilisation des alcanes comme fossiles géochimiques indicateurs des environnements géologiques*, Advance in Organic Geochemistry, 1977, 117-154.
- [13] Albaiges, J; Albrecht, P. *Fingerprinting marine pollutant hydrocarbons by computerized gas chromatography – mass spectrometry intern . j Environ and future – oil shale*, 1977,211-227
- [14] Posthuma, J. *The composition of petroleum*. Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer., 171, 1977, 7-16.
- [15] Moldowan, J. M; Peters, K. E; Carlson, R. M. K; Schoell, M. and Abuali, M. A. *Diverse applications of petroleum biomarker maturity parameters*. Arabian Journal for Science and Engineering, 19(2), 1994, 273-298.