

مسامية تكوين أفانا وتوزيعها الطباقى في آبار مختارة من حقل كركوك النفطى

محمد علي محمد سليمان

قسم علوم الأرض

كلية العلوم

جامعة الموصل

عبد العزيز محمود الحمداني

قسم علوم الأرض

كلية العلوم

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2013/4/51 ، تاريخ القبول 2013/6/5)

الملخص

تتصف تتابعات تكوين أفانا (Middle - Late Eocene) الكاربوناتية المدلمتة والمعاددة التبلور بالمسامية والنفاذية العاليتين نسبياً. تبدأ صخرية هذه التتابعات في الآبار المختارة (K-432, K-117, K-149, K-319, K-339) بوحدرة سفلى دولومايتية مسامية صلبة، بنية - بيضاء، مكسرة، تعلوها وحدة وسطى جيرية مدلمتة بنية اللون صلبة نسبياً وذات مسامية عالية وتكسرات كثيفة، ثم تختتم بوحدرة جيرية بيضاء معتدلة الصلابة والمسامية وقليلة التكسرات. ويسود النسيج الدولومايتي الموزائىكي المنخلي في معظم تتابعات التكوين، مع نسبة قليلة من أنسجة:الموزائىكي الدرزي والمبقع والضبابي والبويكيلوتوبي،فضلا عن المعالم التحويرية الأخرى الناجمة عن إعادة التبلور والسمنتة والإذابة والانضغاط الفيزيائياً إعادة الدلمتة والمكرتة. أتضح أن عمليتي الدلمتة والإذابة قد أدتا دورا ايجابيا في تحسين مسامية وحدات صخرية بعينها. وخلافا للوحدة العليا فان صخور الوحدتين السفلى والوسطى تتميز بمساميتها (الثغرية وما بين البلورية والكسرية والقالبية) العالية، في حين تقتصر مسامية الوحدة العليا على صنفى الكسرية وما بين الحبيبات. ودمج مجسى الكثافة والنيوترون لاحتساب المسامية الكلية والفعالة للتتابعات تبين أنها ذات مسامية عالية (2-30 %) وانها مطابقة لما أفرزتها قيم مجسى الكثافة والنيوترون المسقطه على مخطط (Pb-ØN). ويعتقد أن الهيمنة النسبية للمسامية التحويرية المشخصة في التتابعات السفلى والوسطى للتكوين من جهة وطبيعة اقترانها اللافت بمسامية الكسور (Hybrid-2) من جهة أخرى قد أدتا دورا ايجابيا في تحسين مسامية ونفاذية هذه الصخور وجعلها مؤهلة لخرن الهيدروكربونات وإنتاجها.

الكلمات الدالة: أفانا، حقل كركوك، مسامية، نفاذية، مجسى الكثافة والنيوترون.

Porosity of Avanah Formation and its Stratigraphical Distribution in Selected Wells of Kirkuk Oil Field

Abdalaziz M. AL-Hamdany

Department of Geology

College of Science

University of Mosul

Mohammed A. M. Sulaiman

Department of Geology

College of Science

University of Mosul

ABSTRACT

The dolomitic and recrystallized carbonates of Avanah Formation (Middle - Late Eocene) successions are characterized by relative high porosity and permeability. These successions, in the selected wells (K-432,K-117,K-149,K-319,K-339), start with brown-white, fractured, rigid and porous at lower dolomitic unit, overlain by dense-fractured, high porous, relatively rigid and brown dolomitic limestone; and finally ending by low-fractured, moderately rigid and porous white limestone. The rocks of the formation are rich in sieve mosaic dolomitic texture with lesser suture, spotted, fogged and poikilotopic textures, in addition to another diagenetic features, which are formed due to recrystallization, cementation, dissolution, physical compaction, dedolomitization and micritization. It is obvious that the dolomitization and dissolution have played a positive role in improving the porosity of specified rock units. On the contrary of the upper unit, both lower and middle units are characterized by their high porosity (vuggy, intercrystalline, fractured and moldic), whereas the porosity of the upper unit is restricted to fracture and intergranular types. By merging density and neutron logs for calculating the total and effective porosity of the successions, it is revealed that they are of high porosity (2-30%) which is coincident with the results of the plotted density - neutron log values on ($\rho_b-\text{ØN}$) chart. It is believed that the relative domination of diagenetic porosity diagnosed in the rocks of lower and middle successions of the formation, and its observed association with fractured porosity (Hybrid-2) on the other hand have improved the porosity and permeability of these rocks making them efficient to store and produce hydrocarbons.

Keywords: Avanah, Kirkuk Well, Porosity, Permeability, Density and Neutron logs.

المقدمة

تعد تكوينات العصر الثلاثي من أكثر الترسبات شيوعاً في العراق، سواءً بهيئتها المنكشفة أم بمقاطعها تحت السطحية. ومن جملة هذه التكوينات في طباقية شمالي العراق هو تكوين أفانا الكربونات. ونظراً لكونه معروفاً بجيريته المدلمتة والمعاداة التبلور وألسنته اللاغونية الضحلة، فضلاً عن موقعه الطباقية المتداخل مع قاعدة تكوين بيلاسبي الكربونات، فإن الطبيعة الصخرية والطباقية لتتابعات هذا التكوين تتباين بتباين مواقعها. فعلى الرغم من اندماجها في بعض المناطق مع تتابعات تكوين بيلاسبي، فإنها تصنف في مناطق أخرى على أنها الوحدة الانتقالية الرابطة ما بين تتابعات تكويني جيركس الفتاتي وبيلاسبي الكربونات. كما أنها قد تتوارد في بعض المواقع على هيئة أسنة جيرية مستقلة متداخلة مع التتابعات العليا لتكوين جيركس الفتاتي أو على هيئة عدسات ضمن تتابعات تكوين جدالة في مواقع أخرى. وتتسم ترسبات هذا التكوين بشيوع المتحجرات الكبيرة والمجهرية وكذلك بمساميتها ونفاذيتها العاليتين واختزانها لكميات من الهيدروكربونات. وعلى الرغم من أهميتها

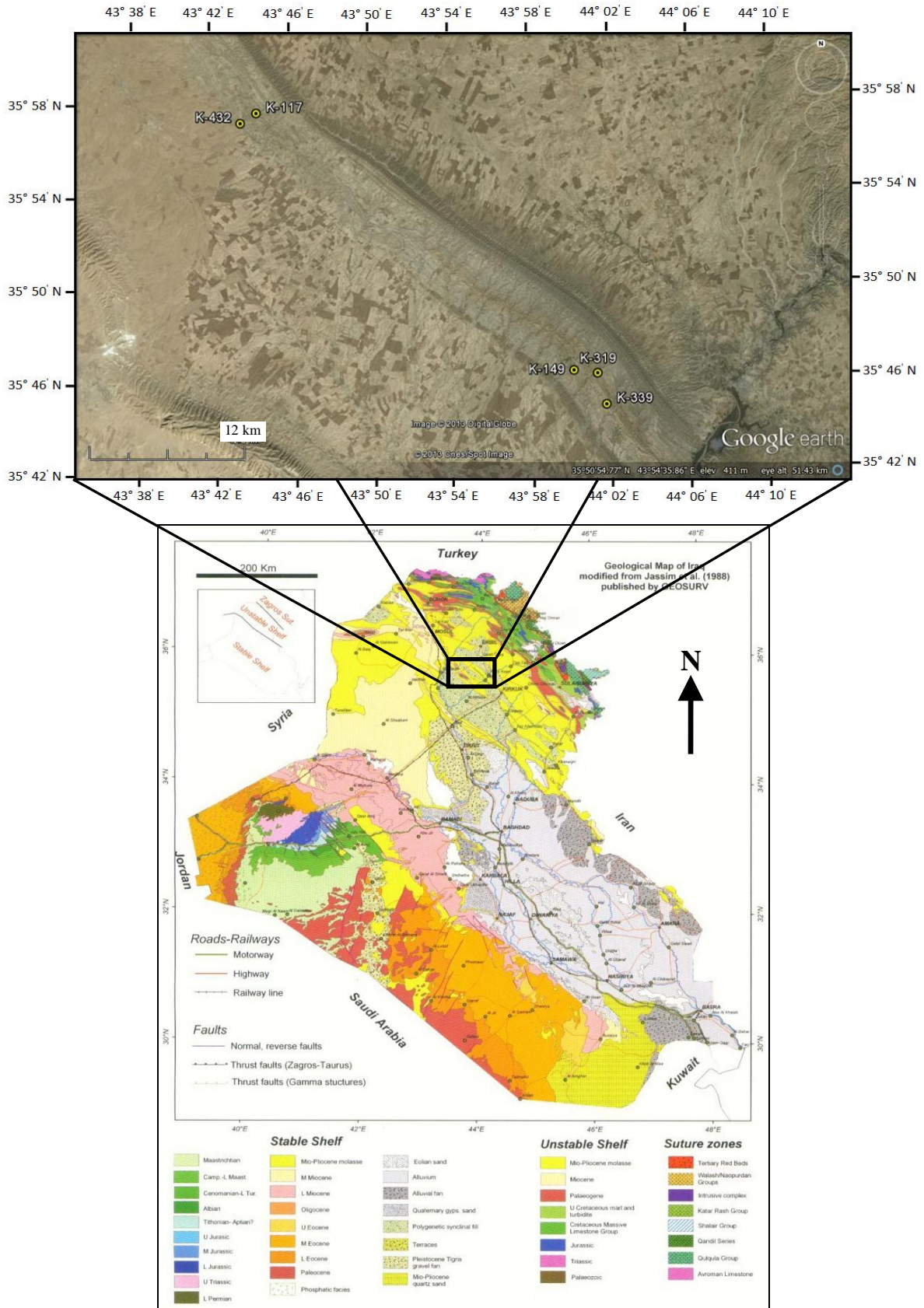
المكمنية في حقول كركوك، إلا أنها تعد، وتبعاً لـ (Jassim and Buday, 2006)، من مجموعة تكوينات العصر الثلاثى الأقل أهمية نسبياً في خزن النفط.

موقع الدراسة والمقاطع المختارة

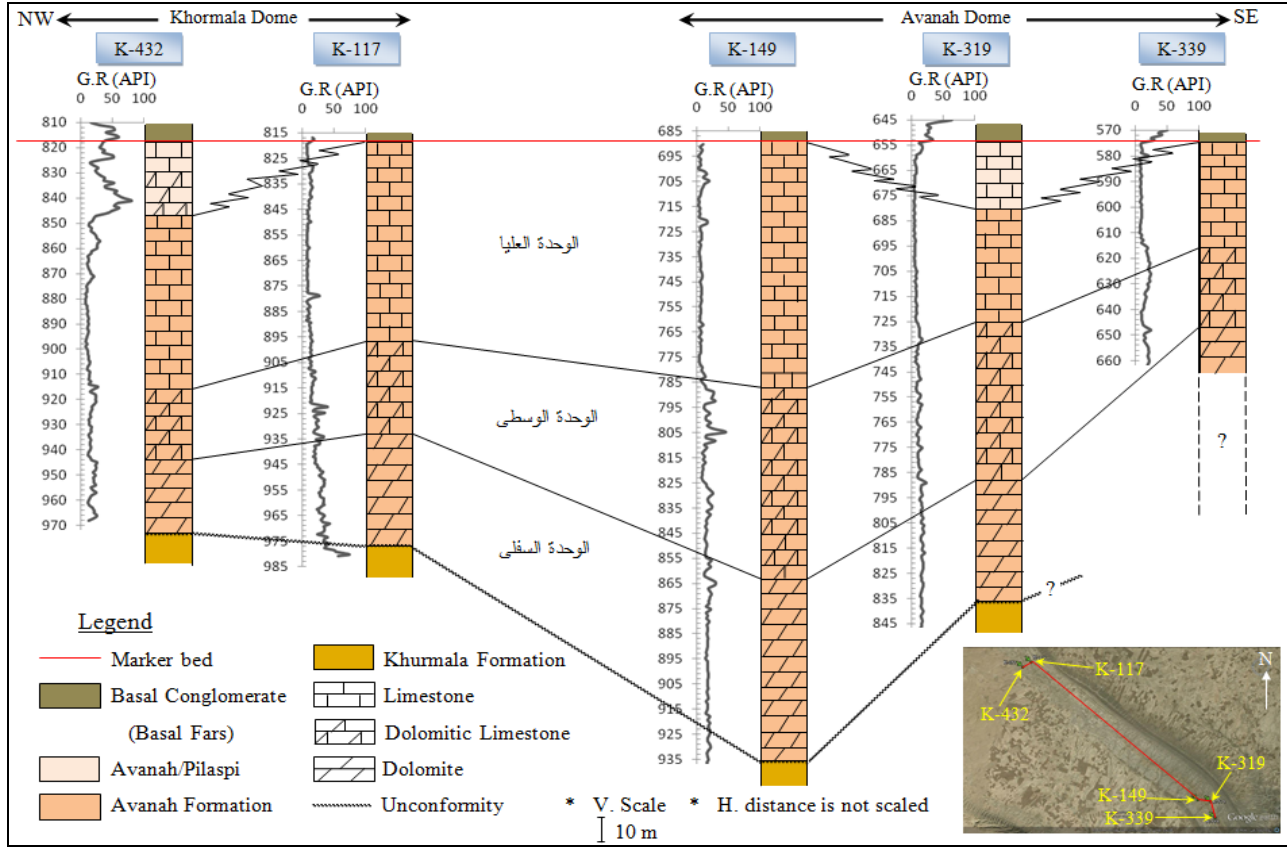
تقع منطقة الدراسة الحالية على أطراف مدينة كركوك الشمالية الغربية في شمال شرقي العراق، حيث حقل كركوك النفطى والمُعد من الحقول النفطية العملاقة المعروفة عالمياً. يتألف تركيب حقل كركوك من طية طولية (125 km) محدبة صندوقية غير متناظرة، ممتدة باتجاه شمال غرب - جنوب شرق. وتقسّم عموم الطية، وبدءاً من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي، على ثلاث قيب تركيبية: بابا وأفانا وخورماله. إلا أن المقاطع المختارة في الدراسة الحالية تقتصر على قبتي أفانا وخورماله (الشكل 1). تتضمن قبة أفانا الآبار المختارة (K-149, K-319, K-339)، في حين تتضمن قبة خورماله البئرين المختارين (K-432, K-117).

المضاهاة الطباقية

نظراً للتجانس النسبي لصخرية تتابعات التكوين في المقاطع المختارة، والمؤلفة من تعاقب طبقات الدولومايت والحجر الجيري المدلمت والحجر الجيري، فإن إمكانية إجراء المضاهاة الجانبية فيما بينها أمر ميسور. ولعمل المضاهاة الجانبية فقد اعتمد السطح الفاصل ما بين تتابعات التكوين وطبقة المدملكات القاعدية التي تعلوها (Basal Fars) سطحاً مرجعياً (Marker bed). يلاحظ أن المضاهاة وعلى مستوى الوحدات الطباقية تتم بانسيابية واضحة (الشكل 2). فامتدادات الوحدة السفلى المؤلفة من الصخور الدولومايتية الصلبة البنية الفاتحة العالية المسامية والكثيفة التشققات والكسور تحتفظ على خصائصها الصخرية والبتروفيزيائية. كما أن الوحدة الوسطى المؤلفة من الحجر الجيري المدلمت والمعاد التبلور البني الفاتح المعتدل الصلابة والعالي المسامية والتشققات والكسور فهي الأخرى تحافظ على خصائصها الصخرية والبتروفيزيائية. ولا تقل مستوى مضاهاة الوحدة العليا المؤلفة من صخور جيرية بيضاء، معادة التبلور، معتدلة الصلابة والمسامية والعالية التشققات والكسور عن مستوى مضاهاة الوحدتين السفلى والوسطى. ومن جانب آخر، فقد افرز مقطع المضاهاة في الجزء العلوي من مقطعي (K-319, K-432) وبصورة جلية نطاقاً انتقالياً يجمع ما بين سحنات تكويني أفانا وبيلاسي. ويتألف هذا التداخل السحني من تعاقب طبقات الحجر الجيري والحجر الجيري المدلمت البني الفاتح المعتدل الصلابة، إلا إن هذه الصخور تنصف في مقطع (K-432) بالمسامية العالية نسبياً مقارنة بمقطع (K-319).



الشكل 1 : خريطة العراق بصورة فضائية توضح منطقة الدراسة والآبار المختارة.



الشكل 2: المضاهاة الطباقية لتتابعات تكوين أفانا في آبار الدراسة.

البتروغرافية والعمليات التحويرية

اعتمدت دراسة البتروغرافية والعمليات التحويرية على الفحص المجهرى المستقطب والعاذي لحوالي (345) شريحة صخرية، صبغ قسم منها بمحلول الاليزيرين الأحمر (Alizarine Red-S) وبحسب طريقة (Dickson, 1965) وذلك لتمييز معدن الكالساييت عن الدولومايت. وتتشكل بتروغرافية عموم التتابعات من أصداف وكسارات الفورامنيفرا القاعية والرخويات وشوكيات الجلد والدمالق (Peloids)، فضلا عن الأرضية المدلمتة المؤلفة من الميكرايت والسبار الدقيق والسبار.

تبيّن ان من أهم العمليات المؤثرة في صخور تكوين أفانا، وتبعاً لشدها، هي: الدلمتة والاذابة وإعادة التبلور. وأشارت النتائج البتروغرافية إلى التأثير المتباين لتتابعات تكوين أفانا بالدلمتة. إذ يلاحظ أن تتابعات الوحدة السفلى مدلمتة إلى درجة تحولها إلى الدولومايت كليا، في حين تتصف تتابعات الوحدة الوسطى بالدلمتة المعتدلة والعليا بالدلمتة الضعيفة. واتضح ان أنسجة الدولومايت المتشكلة تعتمد على كل من طبيعة الأنسجة الأصلية للصخور الكربوناتيّة وتراكيز المحاليل المتوغلّة. ونظراً للطبيعة النسيجية المميزة لدولومايت تكوين أفانا

وتنوع أحجام بلوراتها، فقد اعتمد نظام (Randazzo and Zachos, 1984) لتصنيف أنسجتها. ووجد أن النسيج الموزائيكي المنخلي يعد من الأنسجة الشائعة جداً في صخور التكوين، لاسيما ضمن تتابعاته السفلى والوسطى. أما الأنسجة الموزائيكية الدرزية (المشخصة في مواقع طباقية مختلفة ضمن التتابعات السفلى والوسطى) والمبقعة والضبابية (المشخصة ضمن التتابعات السفلى) فضلا عن النسيج البويكلوتوبي (المشخص ضمن التتابعات الوسطى) فتعد من الأنسجة الأقل شيوعاً في صخور التكوين.

قد تعزى زيادة المسامية المنخلية الناشئة بفعل الدلمته في بعض وحدات التكوين إلى الفراغات المتولدة ما بين البلورات، والتي قد تصل إلى حوالي (12-13%) في الصخور المتأثرة بالدلمته نتيجة استبدال أيونات المغنيسيوم (Mg^{+2}) الصغيرة الحجم بأيونات الكالسيوم (Ca^{+2}) الكبيرة الحجم نسبياً (Tiab and Donaldson, 2004) في دراسة مماثلة. وبذلك يتضح الدور الإيجابي للدلمته في زيادة مسامية تلك الوحدات.

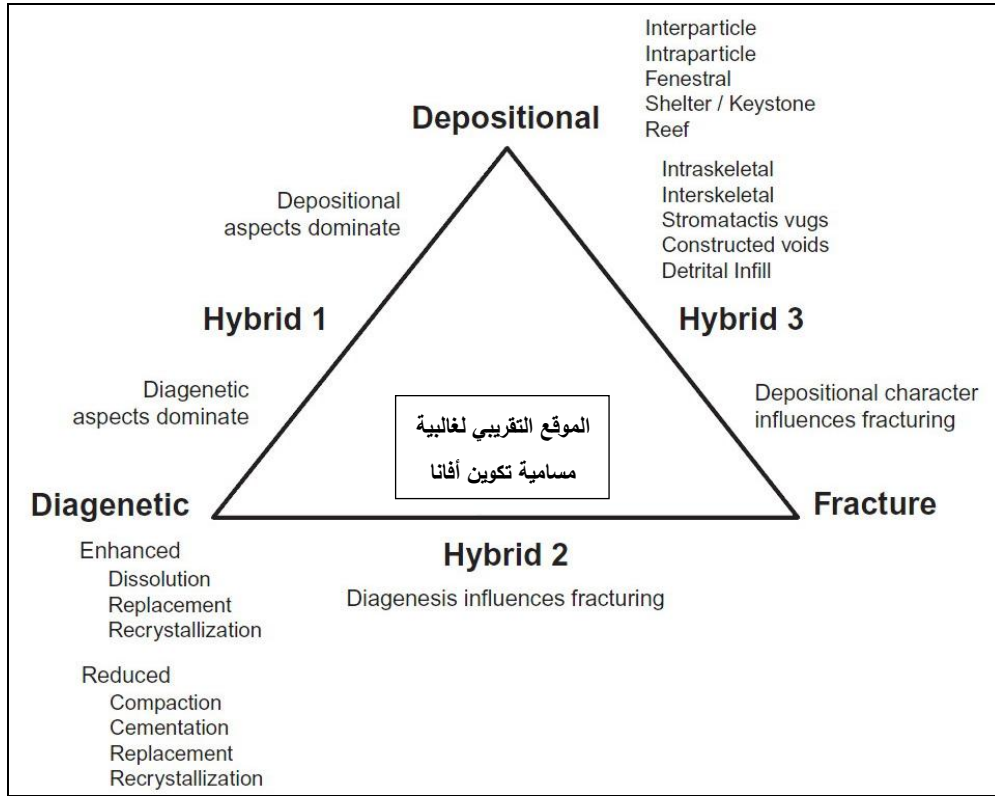
أظهرت الدراسة البتروغرافية التآثر المتباين لصخور التكوين بالإذابة. إذ يلاحظ أن التتابعات السفلى والوسطى أكثر تأثراً بمثل هذه الإذابة مقارنة بالتتابعات العليا. وقد يعزى ذلك إلى وجود الكالسايت العالي المغنيسيوم ضمن التتابعات السفلى والوسطى والذي يؤدي بدوره، وبسبب قابليته العالية نسبياً للذوبان، إلى تكوين مسامات قالبية وثرغرية. ومن جانب آخر، تظهر تتابعات تكوين أفانا، بدرجات متفاوتة، آثار ومعالج إعادة التبلور التصاعدي (Aggrading) المشتدة عمودياً باتجاه تتابعات الوحدة الوسطى. وبذلك يلاحظ اختفاء معظم المعالم السحنية للتتابعات السفلى والوسطى مقارنة بتتابعات الوحدة العليا التي تتدنى فيها نسبياً شدة إعادة التبلور، فضلاً عن اقتصرها على الأرضية وبعض أصداف الفورامينيفرا القاعية. وبالرغم من الدور الإيجابي لعملية الدلمته والإذابة في زيادة المسامية، فقد وجد أن العمليات الأخرى كالسمنتة والانضغاط وإعادة الدلمته والمكرتة (ورغم ضعفها) قد أدت دوراً سلبياً فيها. ومن جانب آخر، فإن العمليات التكتونية التي أدت إلى تكثيف التكسرات والفواصل في صخور التكوين قد أدت هي الأخرى دوراً إيجابياً في زيادة وتفعيل المسامية والنفاذية.

تصنيف مسامية صخور التكوين

صنفت مسامية صخور تكوين أفانا باعتماد نظامين أحدهما وصفي (Choquette and Pray, 1970) والآخر تطبيقي (Wayne, 2008). وطبقاً للنظام لأول فقد أتضح أن هناك مجموعتين من المسامية، وهما: النسيجية الانتقائية (Fabric selective) والنسيجية اللانقائية (Not fabric selective). تتضمن الأولى ثلاثة أصناف من المسامية، وهي: مسامية ما بين البلورات (Intercrystal) (اللوحة 1) الشائعة في التتابعات السفلى والوسطى، والمسامية القالبية (Moldic) (اللوحة 2) الواردة ضمن التتابعات السفلى والوسطى ومسامية ما بين الحبيبات (Interparticle) (اللوحة 3) القليلة الشيع والمقتصرة على التتابعات العليا. أما المجموعة

الثانية فهي الأخرى تتضمن ثلاثة أصناف من المسامية، وهي: المسامية الثغرية (Vuggy) (اللوحة 4) الواردة ضمن التتابعات السفلى والوسطى ومسامية القنوات (Channel) (اللوحة 5) القليلة التوارد ومسامية الكسور (Fracture) (اللوحة 6) الشائعة في عموم تتابعات التكوين.

يتضمن نظام (Wayne, 2008) التطبيقي مخططا على هيئة مثلث متساوي الأضلاع تتوزع على رؤوسه الثلاثة العمليات: الترسيبية والتحويرية والتكسرية (الشكل 3). وطبقا لهذا النظام فقد وجد أن معظم مسامية صخور تكوين أفانا تقع ضمن صنفى: المسامية التحويرية (Diagenetic porosity) الشائعة في التتابعات السفلى والوسطى والمسامية الكسرية (Fracture porosity) الشائعة في عموم تتابعات التكوين، فضلا عن القليل من المسامية الترسيبية (Depositional porosity) الواردة ضمن التتابعات العليا. ينتج ترافق بعض أنواع المسامية التحويرية (القالبية وما بين البلورية) مع مسامية الكسور، لاسيما ضمن التتابعات السفلى والوسطى للتكوين، وطبقا لتصنيف (Wayne, 2008)، مسامية (Hybrid-2). كما ان اقتران مسامية الترسيب (ما بين الحبيبية) مع مسامية الكسور ينتج مسامية (Hybrid-3)، في حين ان اقترانه مع المسامية القالبية التحويرية ينتج مسامية (Hybrid-1)، وكما هو الحال في التتابعات العليا (الشكل 3).

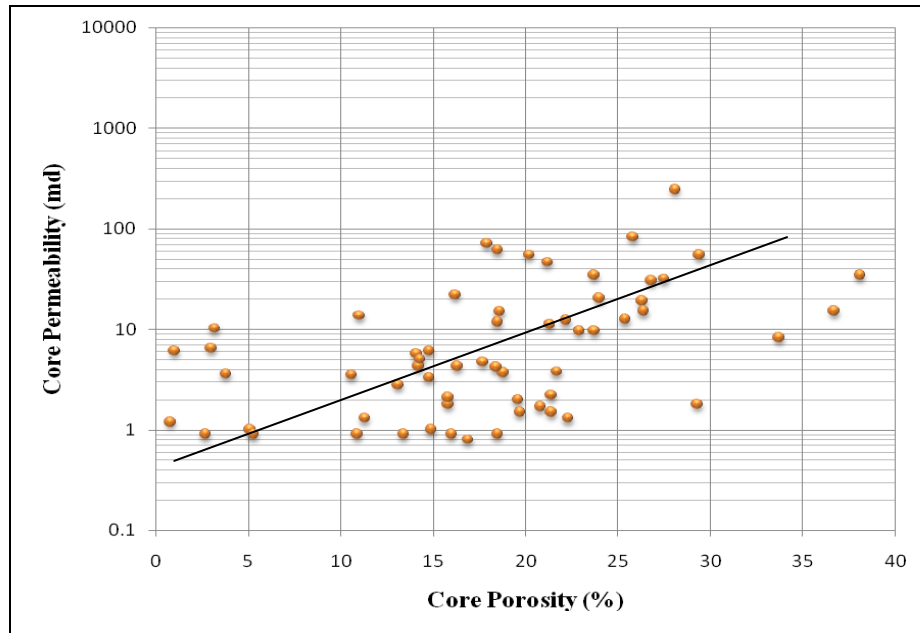


الشكل 3: مخطط التصنيف الوراثى لمسامية الصخور الكاربوناتية (Wayne, 2008) يبين الموقع التقريبي لغالبية قيم المسامية في تكوين أفانا.

إن لتشخيص أصناف المسامية وطبيعة اقتراناتها طبقاً لنظام (Wayne, 2008) أهمية تطبيقية في تحديد الخواص المكمية للصخور. إذ يعتقد أن الهيمنة النسبية للمسامية التحويرية المشخصة في صخور التتابعات السفلى والوسطى لتكوين أفانا واقترانها اللافت بمسامية الكسور (Hybrid-2) قد أدت دوراً إيجابياً في تحسين المسامية والنفاذية فيها، مما جعلها مؤهلة لخزن الهيدروكربونات وإنتاجها.

مسامية صخور التكوين ونفاذيتها

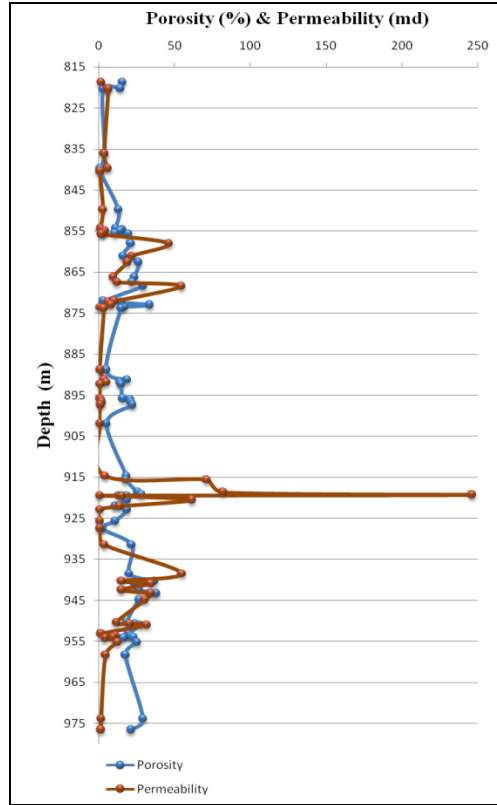
يتضح من الشكل (4) أن العلاقة البيانية ما بين مسامية تكوين أفانا ونفاذيته في عينات بئر (K-117) المحسوبة مختبرياً من قبل شركة نفط الشمال (الجدول 1) ذات طبيعة طردية. وكما هو معروف فإن مثل هذه العلاقة الطردية تعد من المتطلبات الأساسية للصخور الخازنة لكي تكون ذات إمكانية خزنية وإنتاجية معتبرة. ويوضح الشكل (5) طبيعة التوزيع العمودي الانفرادي لقيم كل من المسامية والنفاذية في بئر (K-117)، حيث يلاحظ أن مسامية الوجدتين السفلى والوسطى وأسفل الوحدة العليا تنحصر ما بين (3-38%)، ومسامية الجزئين الأوسط والأعلى للوحدة العليا تنحصر ما بين (1-13%). كما تبين أن النفاذية في هذه التتابعات، حالها حال المسامية، تتباين من موقع طباقى إلى آخر، فهي تزداد بازديادها ونقل بنقصانها.



الشكل 4: مرتسم يبين العلاقة الطردية ما بين مسامية تكوين أفانا ونفاذيته في بئر (K-117).

الجدول 1: قيم المسامية والنفاذية المحسوبة في شركة نفط الشمال من لباب تكوين أفانا في بئر (K-117).

Depth (m)	Porosity (%)	Permeability (md)	Depth (m)	Porosity (%)	Permeability (md)
818.7	15.8	1.6	901.9	5.3	0.9
820.2	14.1	5.7	914.7	18.4	4.2
820.4	3	6.5	915.6	17.9	71.1
836.1	3.8	3.6	918.7	25.8	82.1
839.7	1.5	6.1	919.3	28.1	246.2
840.3	0.8	1.2	919.5	13.4	0.9
849.8	13.1	2.8	919.6	18.6	15
854.4	11.3	1.3	920.5	18.5	61.6
854.7	15.8	2.1	922	11	13.7
855	14.2	4.3	922.9	18.5	0.9
855.6	10.6	3.5	925.7	10.9	0.9
855.7	19.6	2	927.5	2.7	0.9
858	21.2	46.4	931.5	21.7	3.8
861.1	16.2	21.9	938.5	20.2	54.9
862.6	26.3	19.1	940.3	36.7	15.1
866.3	23.7	9.6	940.9	23.7	34.3
867.5	22.2	12.3	942.5	26.4	15.1
868.4	29.4	54.6	943.4	38.1	34.3
872	3.2	10.2	944.9	26.8	30.4
872.3	14.8	6.1	950.4	18.5	11.8
873	33.7	8.2	950.7	24	20.3
873.6	16.9	0.8	951	27.5	31.8
873.9	14.8	3.3	953.1	19.7	1.5
888.8	5.1	1	953.7	21.3	11.2
891.2	18.8	3.7	954	22.9	9.7
891.9	14.3	5	954.2	16.3	4.3
892.3	14.9	1	955.3	25.4	12.5
895.8	16	0.9	958.3	17.7	4.7
896.1	20.8	1.7	973.8	29.3	1.8
896.7	21.4	2.2	976.6	21.4	1.5
897.3	22.3	1.3			



الشكل 5: التوزيع العمودي لمسامية ونفاذية تتابعات تكوين أفانا في بئر (K-117).

حساب حجم السجيل باستخدام مجس أشعة غاما

وظفَ مجس أشعة غاما في حساب الحجم السجيلي (V-Shale) لتتابعات تكوين أفانا. وكانت الخطوة الأولى في هذا الحساب هي استخراج معامل أشعة غاما (I_{GR} , Gamma ray index) وذلك باستخدام المعادلة الآتية:

$$I_{GR} = \frac{GR_{log} - GR_{min}}{GR_{max} - GR_{min}}$$

إذ إن: I_{GR} : معامل أشعة غاما

GR_{Log} : أشعة غاما المقاسة من التكوين (Gamma ray reading of formation)

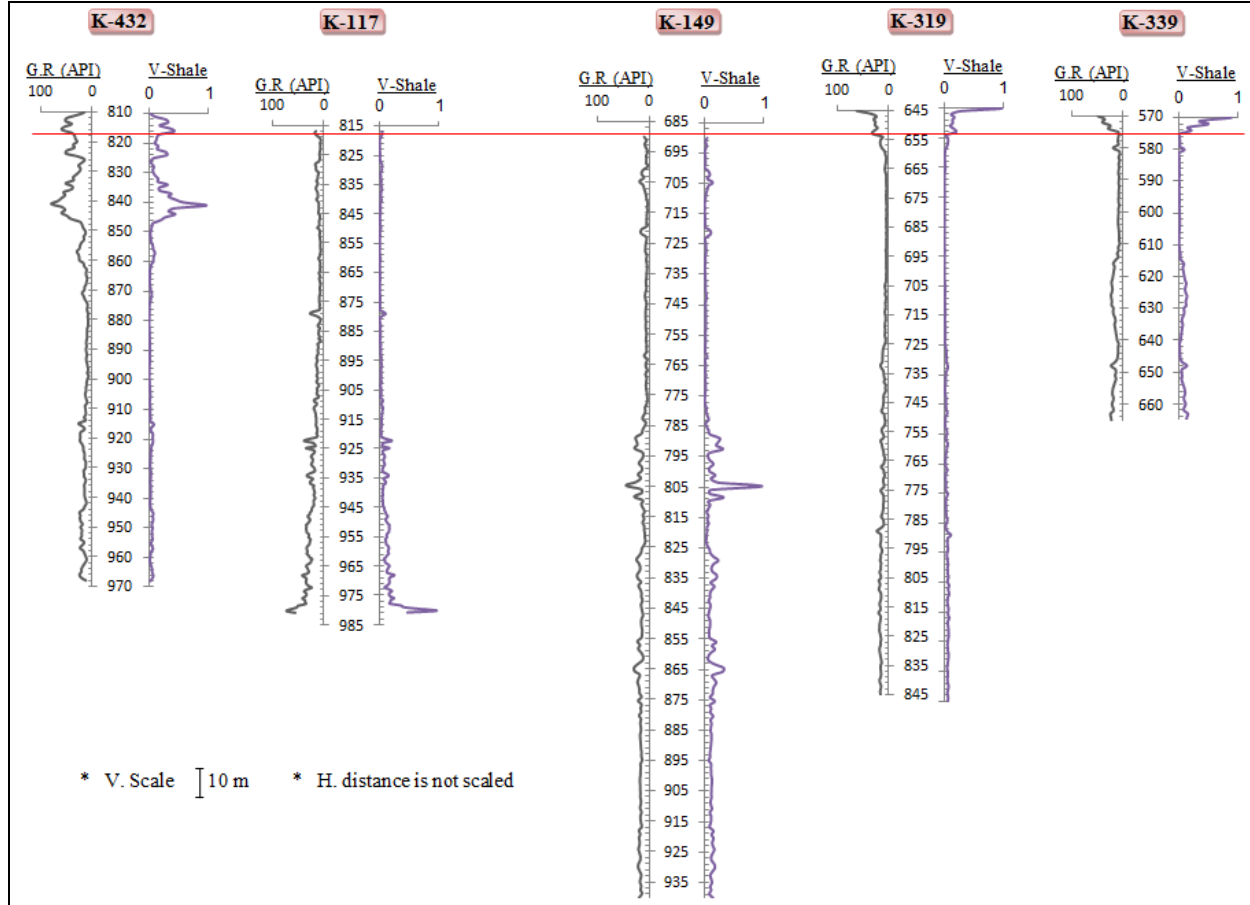
GR_{min} : أدنى قيمة لأشعة غاما (Minimum gamma ray (clean sand or carbonate))

GR_{max} : أعلى قيمة لأشعة غاما (Maximum gamma ray (Shale))

أما الخطوة الثانية في حساب حجم السجيل (V-Shale) فهي تطبيق معادلة (Larionov, 1969) الخاصة بتتابعات العصر الثلاثي، والتي هي :

$$V\text{-Shale} = 0.083 \times (2^{(3.7 \times I_{GR})} - 1)$$

شملت عمليات حساب قيم احجام السجيل في تتابعات المقاطع المختارة إمكانية تمثيلها مع العمق، وبالتالي توضيح توزيعها العمودي ضمن تتابعات التكوين (الشكل 6).



الشكل 6: التغيرات الجانبية لقراءات أشعة غاما (GR) وقيم احجام السجيل (V-Shale) في المقاطع المختارة.

قياس المسامية باستخدام مجسات المسامية

استخدمت تقنيتا مجس النيوترون المعوض (CNL) ومجس كثافة الطبقة (FDC) لقياس مسامية صخور تكوين أفانا لبثري (K-319) و (K-339)، وعلى النحو الموضح في أدناه:

1- النيوترون المعوض (CNL): استخدمت هذه التقنية في القياس المباشر لمسامية صخور التكوين.

2- كثافة الطبقة (FDC): بخلاف التقنية أعلاه، فإن هذه التقنية تقيس مسامية الصخور بصورة غير مباشرة وذلك من خلال قياس كثافة الصخور مجسياً وتوظيفها في قياس المسامية وفق المعادلة الآتية:

$$\phi_{\rho} = \frac{(\rho_{ma} - \rho_b)}{(\rho_{ma} - \rho_f)}$$

إذ إن ϕ_{ρ} : قيمة المسامية باستخدام مجس الكثافة (Porosity by density log)

ρ_b : الكثافة الكلية المستنبطة من مجس الكثافة (Bulk density from log)

ρ_{ma} : كثافة الحشوة (Matrix density)، وهي قيمة ثابتة لكل نوع من الصخور.

ρ_f : كثافة المائع (Fluid density).

طبقاً لقيم الكثافة الحشوية (Matrix density ρ_{ma}) المحسوبة من قبل (Schlumberger, 1972)

فإن الكثافة الحشوية للتتابعات السفلى والوسطى الدولومائيتية والجيرية المدلمتة في تكوين أفانا هي (2.87 gm/cm^3) ، وللتتابعات العليا الجيرية هي (2.71 gm/cm^3) وللمائع (ρ_f) المستخدم (الطين العذب) في عمليات حفر البئر المخرين هي (1 gm/cm^3) . وخلافاً لتأثير الغاز (Gas effect) المصاحب للنفط، فإن النفط لا يؤثر في حساب المسامية بهذه التقنية وذلك لتمائل كثافتي النفط والطين العذب. ولغرض إزالة تأثير الغاز المصاحب فقد أستخدمت القيمة (0.7 gm/cm^3) المعروفة في حساب مسامية تتابعات تكوين أفانا.

للحصول على قيم حقيقية ودقيقة لمسامية تتابعات البئر (K-319، K-339)، وبصرف النظر عن التأثيرات الصخرية فيها، فقد دمجت القيم المستحصلة من التقنيتين أعلاه لتوظيفها في المعادلة الموضوعية من قبل (Doveton, 1999):

$$\phi_{n.p} = \sqrt{\frac{\phi_n^2 + \phi_p^2}{2}}$$

إذ أن $\phi_{n.p}$: قيمة المسامية المحسوبة من دمج مجسي الكثافة والنيوترون.

ϕ_n : قيمة المسامية المحسوبة من مجس النيوترون.

ϕ_p : قيمة المسامية المحسوبة من مجس الكثافة.

أما حساب المسامية الحقيقية للتتابعات العليا من التكوين ذات المحتوى الغازي فقد جرى باستخدام

المعادلة الموضوعية من قبل (Asquith and Krygowski, 2004) :

$$\phi_{n.p} = \frac{1}{3}\phi_n + \frac{2}{3}\phi_p$$

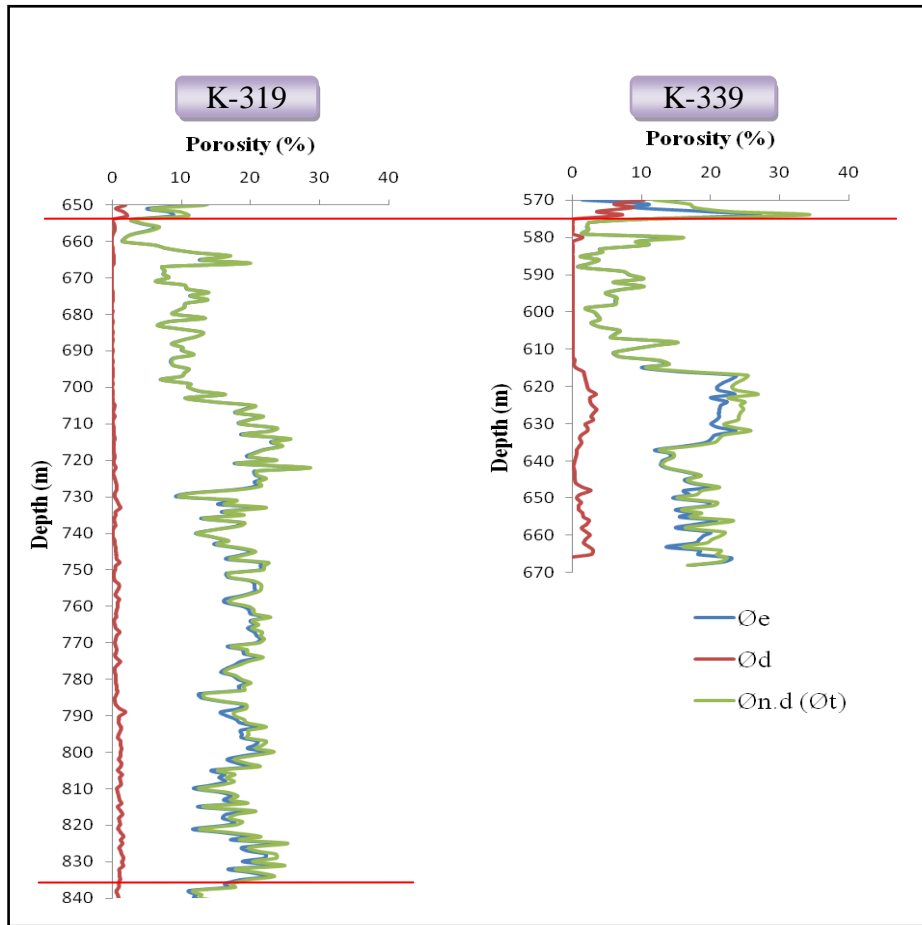
من الجدير بالإشارة، إن قيم المسامية الناتجة عن دمج مجسي الكثافة والنيوترون عبر هاتين

المعادلتين (المسامية الحقيقية) تمثل معدل المسامية الكلية (ϕ_t) (Total porosity) للوحدة الصخرية

(Asquith and Krygowski, 2004). أما فيما يتعلق بحساب المسامية الفعالة (ϕ_e) (Effective Porosity) لتتابعات البئر فإنها تحتسب، وبعد إزالة تأثير السجيل (V_{sh}) عنها، بدمج مجسي الكثافة والنيوترون (ϕ_t) ووفقا للمعادلة الموضوعة من قبل (Schlumberger, 1979) :

$$\phi_e = \phi_t \times (1 - V_{sh})$$

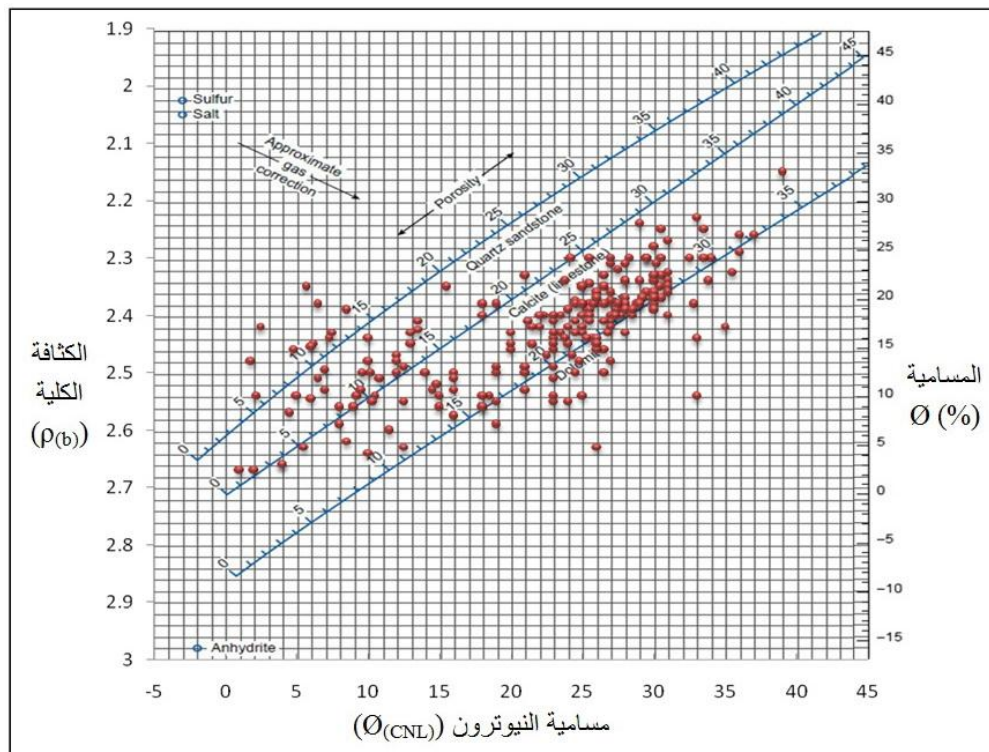
تأسيسا على المعطيات المحسوبة لقيم المسامية الفعالة (ϕ_e) والمسامية الكلية (ϕ_t) يصبح بالإمكان حساب المسامية الميتة (ϕ_d) (Dead Porosity)، وذلك بطرح الاولى من الثانية ($\phi_d = \phi_t - \phi_e$). ويبين الشكل (7) توزيع قيم المسامية: الكلية والفعالة والميتة مع العمق في بئري (K-319) و(K-339).



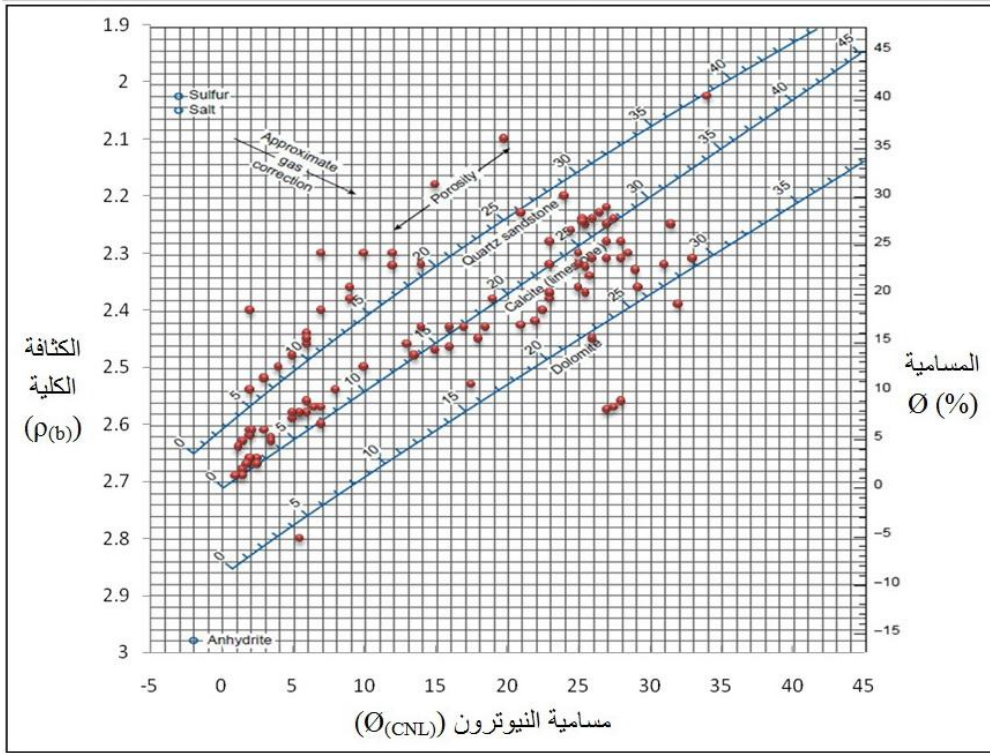
الشكل 7: التوزيع العمودي للمسامية: الكلية (ϕ_t) والفعالة (ϕ_e) والميتة (ϕ_d) لتتابعات تكوين أفانا في بئري (K-319) و(K-339).

تحديد صخرية التكوين ومساميته باستخدام مرتسم (Pb-Ø_N)

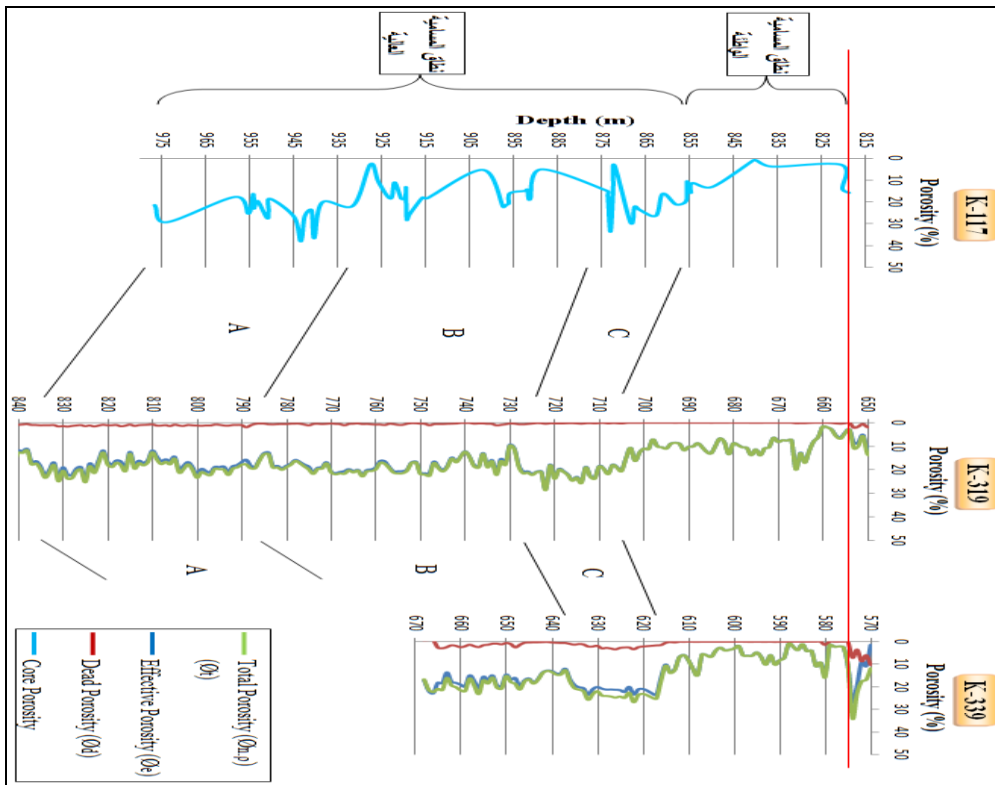
لغرض تجسيد الارتباطات المسامية مع كل من الصخرية وطبيعة المحتوى (نفطي أم غازي) فقد سُقطت قراءات مجسي النيوترون (Ø_N) والكثافة (ρ_b) للبتئين المختارين (راجع الملحقين 2 و 3 في Sulaiman, 2013) على مرتسم شلمبرجر (Schlumberger, 1979)، (الشكلين 8 و 9).
 أتضح من هذين المرتسمين أن صخرية تتابعات تكوين أفانا في هذين البتئين (K-319) و (K-339) تتألف عموماً من الدولومايت والحجر الجيري المدلمت والحجر الجيري، وإن قيم المسامية فيهما تتراوح ما بين (2-30%). وهذه النتائج تتوافق مع ما توصلت إليه الدراسة الحالية سواءً من حيث الصخرية التي شخصها الفحص البتروغرافي ام من حيث المسامية التي حددتها التقنيات المستخدمة. وما ظهور القيم الشاذة في أعلى يسار المرتسمين الا لتأثير الغاز (Gas effect) المؤشر ضمن التتابعات العليا للتكوين.



الشكل 8: مرتسم شلمبرجر (Pb-Ø_N) يبين صخرية ومسامية تكوين أفانا في بئر (K-319).



الشكل 9: مرسم شلمبرجر ($\rho_b - \text{Ø}_N$) يبين صخرية ومسامية تكوين أفانا في بئر (K-339).



الشكل 10: التقسيم الكمي لتكوين أفانا في مقاطع الآبار المختارة.

الاستنتاجات والمناقشة

تبين أن مديات قيم المسامية المحسوبة بطرق القياس المختلفة (المباشرة من اللباب وغير المباشرة من المجسات) تتطابق في كل وحدة صخرية. وباعتماد هذا التطابق فقد قسمت تتابعات التكوين على نطاقين مكمنيين (الشكل 10)، وهما بدءاً من الأسفل:

1- نطاق المسامية العالية: يتمثل هذا النطاق بتتابعات الوجدتين السفلى والوسطى المدلمتتين وبعض أجزاء الوحدة العليا. وهو عموماً يتسم بالمسامية مابين البلورية والقالبية والثغرية والقناتية والكسرية. ومن الجدير بالإشارة، أن هذا النطاق يعرف لدى شركة نفط الشمال بـ (Avanah Porous). وبالإمكان تقسيم هذا النطاق، وبدءاً من الأسفل، على ثلاثة أنطقة مكمنية ثانوية: الصخور المكمنية الجيدة الإنتاجية (النطاق A) والصخور المكمنية المتوسطة الإنتاجية (النطاق B) والصخور المكمنية الجيدة الإنتاجية (النطاق C).

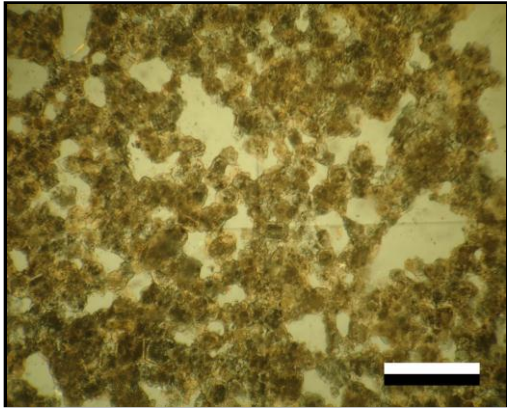
2- نطاق المسامية الواطئة: يتمثل هذا النطاق بتتابعات الجزء العلوي للوحدة العليا في مقطع (K-117) وتتابعات الجزئين الأوسط والأعلى للوحدة العليا في مقطع (K-319) وبعموم تتابعات الوحدة العليا في مقطع (K-339). ويتسم بالمسامية الكسرية ومابين الحبيبية والقالبية. وهو ذو صخور مكمنية ضعيفة الإنتاجية. ويجسد هذا النطاق الوحدة المعروفة لدى شركة نفط الشمال بـ (Avanah Dense).

المصادر الأجنبية

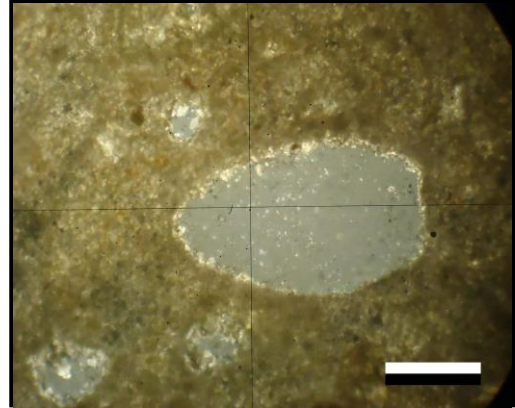
- Asquith, G., and Krygowski, D., 2004. Basic Well Log Analysis, (2nd ed.), Methods in Exploration series 16, AAPG, Oklahoma, 244 p.
- Choquette W. P., and Pray, C. L., 1970. Geologic Nomenclature and Classification of Porosity in Sedimentary Carbonates, AAPG. Bull., Vol. 54, No. 2, pp. 207 - 250.
- Dickson, J. A., 1965. Carbonate Identification and Genesis as Revealed by Staining, Journal of Sedimentary Petrology, Vol. 36, No. 138, pp.13 - 21.
- Doveton, J. H., 1999. Basics of Oil and Gas Log Analysis, Mathematical Geology section. Kansas Geological Survey, 32 p.
- Jassim, S. Z. and Buday, T., 2006. Middle Paleocene - Eocene Megasequence AP10, in Geology of Iraq (ed.) Jassim, S. Z. and Goff, J. C., Dolin, Prague and Moravian Museum, Brno, pp. 155 - 168.

- Larionov, V. V., 1969. Borehole Radiometry, Moscow, U.S.S.R., Nedra, 127 p.
- Randazzo, A. F., and Zachos, L. G., 1984. Classification and Description of Dolomite Fabrics of Rocks from the Floridian Aquifer, USA, Sedimentary Geology, Vol. 37, pp. 151 - 162.
- Schlumberger, 1972. Log Interpretation, Volume I - Principles, Schlumberger Limited, U.S.A., 113 p.
- Shlumberger, 1979. Log Interpretation Charts, Schlumberger Wireline and Testing, Houston, Texas, 193 p.
- Sulaiman, M. A. M., 2013. Depositional Model and Petrophysical Properties of Avanah Formation in Selected Wells of Kirkuk Field, Unpubl. M. Sc. Thesis, Mosul Univ., College of Science, Iraq, (in Arabic), 131 p.
- Tiab, D., and Donaldson E. C., 2004. Petrophysics, Theory and Practice of Measuring Reservoir Rock and Fluid Transport Properties, (2nd ed.), Elsevier Inc., 889 p.
- Wayne, M. A., 2008. Geology of Carbonate Reservoirs, The Identification, Description and Characterization of Hydrocarbon Reservoirs in Carbonate Rocks, A John Wiley and Sons, Inc., Publ., 277 p.

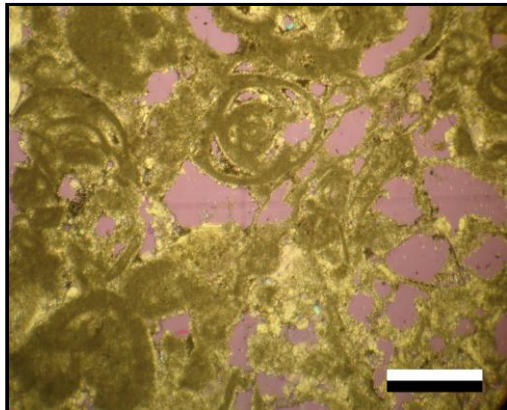
اللوحات



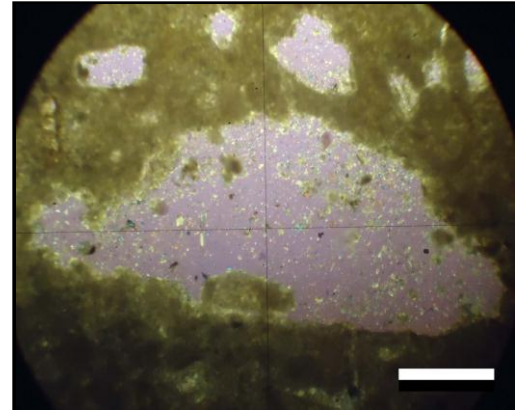
اللوحة-1: مسامية ما بين البلورات، بئر (K-117) العمق (932.3 m)، (المقياس الخطي = 0.5 mm).



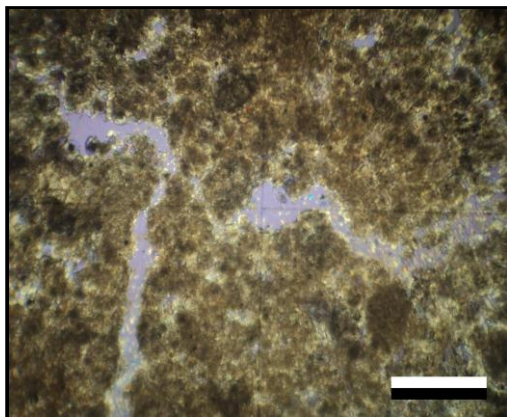
اللوحة-2: المسامية القالبية، بئر (K-319) العمق (833 m)، (المقياس الخطي = 0.5 mm).



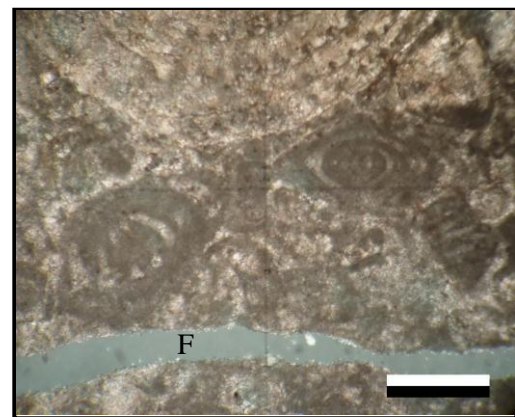
اللوحة-3: مسامية ما بين الحبيبات، بئر (K-117) العمق (820 m)، (المقياس الخطي = 0.5 mm).



اللوحة-4: المسامية الشعرية، بئر (K-319) العمق (833 m)، (المقياس الخطي = 0.5 mm).



اللوحة-5: مسامية القنوات، بئر (K-319) العمق (801 m)، (المقياس الخطي = 0.5 mm).



اللوحة-6: مسامية الكسور (F)، بئر (K-117) العمق (879 m)، (المقياس الخطي = 0.5 mm).