

## مؤشرات جيوكيميائية حول احتمالية وجود نشاط صهيري موقعي في منطقة التنف - الصحراء الغربية العراقية

موسى جعفر العظية\* ونضال حقي سعد الله\*\* وجاسم البديوي\*\*\*

المستخلص

تتناول هذه الدراسة جيوكيميائية صخور البريشيا تحت السطحية في منطقة التنف التي تقع في أقصى الطرف الغربي للصحراء الغربية العراقية واستهدفت تحديد الخصائص الجيوكيميائية لتلك الصخور وتغيراتها في البعدين الأفقي والعمودي ومدى ارتباطها بأية أنشطة صهيرية سادت المنطقة أو إقليمها وفي ذلك استندت على نتائج تحاليل كيميائية لنماذج من اللباب الصخري ( 88 نموذج) مستخرجة من أربعة آبار حفرت في المنطقة ضمن برنامج التحقق من الشواذ المغناطيسية الموجودة في المنطقة وتضمنت التحاليل الكيميائية تحليل الأكاسيد الرئيسية:  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$ ,  $L.O.I$  وبعض العناصر الأثرية الفلزية  $Mn$ ,  $Ni$ ,  $Co$ ,  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $Pb$  وتم معالجة النتائج احصائياً لتعيين التوزيع التكراري وحساب المعدل والانحراف المعياري ومعامل الارتباط الثنائي بين العناصر المذكورة.

توصلت الدراسة الى ان خصائص صخور منطقة التنف تمثل خليط لطورين جيوكيميائيين يمثلان طورين معدنيين رئيسيين نسبة الخلط بينهما متباينة (20-50%). الطور الأول هو طور الصخور الجيرية لوحدة التنف / تكوين الرطكة من العصر الأيوسين الأوسط- المتأخر. الطور الثاني للخليط الصخري يمثل تركيبه الكيميائي صيغة تتوافق الى درجة كبيرة مع صيغة التركيب الكيميائي للمعادن القاعدية وفوق القاعدية التي تم تشخيصها في الدراسة الصخرية السابقة لهذه الصخور. لقد توصلت الدراسة أيضا الى ان صخور البريشيا في منطقة التنف ذات نشأة موقعية وغير مشتقة من الصخور البازلتية المندفعة الى السطح في بعض المواقع القريبة من منطقة التنف في كل من سوريا والأردن واقترحت الدراسة فئاتية حرارية (Pyroclastic) ويحتمل ان نشأتها مرتبطة بنشاط بركاني عالي الميوعة (fluidity) ساد المنطقة.

## GEOCHEMICAL INDICATIONS ON PROBABLE IN SITU MAGMATIC ACTIVITIES IN AL-TINIF AREA, WESTERN DESERT OF IRAQ

### ABSTRACT

The study deals with the geochemistry of subsurface brecciated rocks encountered in four boreholes in Al-Tinif area, Western Desert of Iraq. The study aimed to investigate the geochemical characterization of these rocks in both vertical and lateral extensions to explore any indications of magmatic activity in the area.

Chemical analysis of 88 core samples (pre-selected and analyzed) from the four boreholes drilled in the area are used. The analysis included the following oxides:

$SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $P_2O_5$ ,  $L.O.I$  and some trace elements:  $Mn$ ,  $Ni$ ,  $Co$ ,  $Zn$ ,  $Cu$ ,  $Pb$ .

The data are statistically treated for frequency distribution, mean, standard deviation and correlation coefficient. The results show that the investigated breccia represents a mixture of two main mineralogical phases with variable mixing ratios (20-50%). These are the lime phase which represent Ratga Formation of Eocene age, the other phase represents a ferro-magnesian alumina-silicate composition reflecting the assemblage of the basic and ultrabasic minerals cited in these rocks by the petrological and mineralogical study, previously carried out.

This study reached the conclusion that the investigated breccia may represent a pyroclastic rock originated in situ from magmatic activity in the area and not derived from the volcanic rocks in Syria and Jordan located close to Al-Tinif area. Their origin may be related to a high fluidity volcanic activity in the area.

\* مدير عام، الهيئة العراقية للسيطرة على المصادر المشعة، ص. ب. 2025، جادرية، بغداد، العراق.

\*\* م. رئيس جيولوجيين، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ص. ب. 986، بغداد، العراق.

\*\*\* رئيس جيوفيزيائيين أقدم، الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، ص. ب. 986، بغداد، العراق.

يتميز الإطار الجيولوجي للمناطق المحيطة بالصحراء الغربية للعراق والتي تشكل الأجزاء الشرقية لكل من سوريا والأردن والشمالية للمملكة العربية السعودية بظاهرة النشاط الصهيري المتمثل بالاندفاعات البركانية المندفعة إلى السطح ونشوء صخور بركانية منتشرة في مواقع عديدة من الشريط الحدودي للعراق مع الدول المذكورة. تمتد أعمار تلك الصخور البركانية من عصر المايوسين وحتى العصر الحديث ولم يلاحظ وجود مؤشرات سطحية لمثل هذا النشاط البركاني في مناطق الصحراء الغربية والجنوبية والشمالية الغربية للعراق وذلك خلال عمليات المسوحات الجيولوجية والتحريات المعدنية التي خضعت لها تلك المناطق. ان هذه الظاهرة استدرجت الاهتمام وتناولها كل من سلومي وآخرون (Sallomy et al., 1982) والبيديوي (Al-Bedaiwi, 1982) في متابعتهم للشواذ المغناطيسية المرصودة خلال عمليات المسح المغناطيسي الجوي وقد أشار إلى هذه الظاهرة أيضا العطية (2000) في دراسته حول الاحتمالات التمدنية في الصحراء الغربية على ضوء الأستكشافات المعدنية والمؤشرات الجيولوجية في الشريط الحدودي للدول المجاورة للعراق.

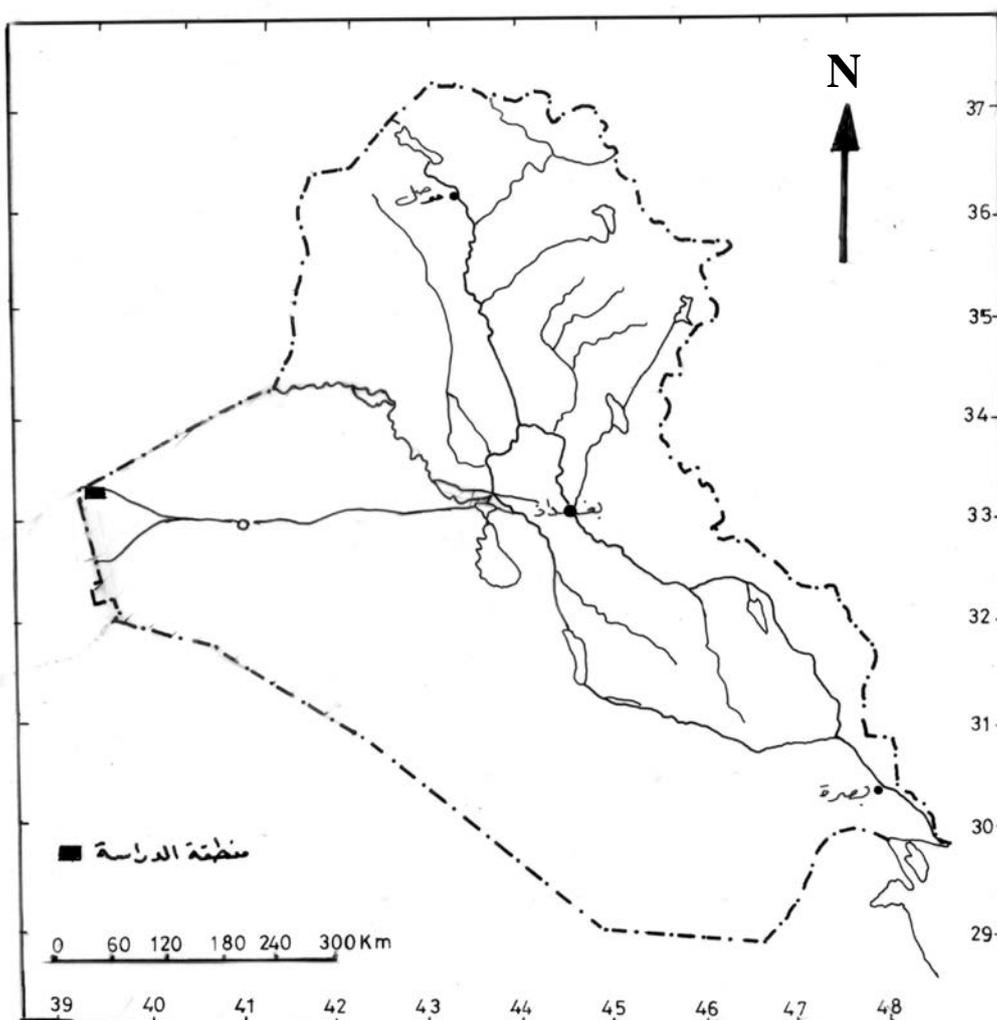
إن التحقق من وجود نشاط صهيري مقحم قريب من السطح في المنطقة الغربية للعراق يتطلب مسوحات جيوفيزيائية تفصيلية ملائمة لهذا الغرض فضلاً عن حفر آبار استطلاعية في مواقع الشواذ الجيوفيزيائية ذات العلاقة بهذه الاحتمالية وإخضاع اللباب المستخرج من تلك الآبار إلى دراسات صحارية ومعدنية وجيوكيميائية بهدف جمع معطيات ومؤشرات توظف في تقييم احتمالية وجود نشاط صهيري قريب من السطح في تلك المناطق وقد تحقق ذلك عام 2001 من خلال مشروع نفذته شعبة الجيوفيزياء في الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين تضمن مسوحات جيوفيزيائية وحفر أربعة آبار أستكشافية في منطقة التنف التي رصدت فيها شواذ مغناطيسية ضحلة الأعماق تشير تفسيراتها الأولية الى ارتباطها بأجسام صهيرية.

يتناول هذا البحث معطيات دراسة جيوكيميائية لنماذج من اللباب الصخري مستخرجة من أربعة آبار حفرت في منطقة التنف تم تحليلها لتحديد تراكيز العناصر الرئيسية وبعض العناصر الأثرية وتم معالجة النتائج وفق منهجية تبرز الخصائص الجيوكيميائية للصخور يمكن ان يستند عليها تقييم اولي حول احتمالية وجود نشاط صهيري في المنطقة.

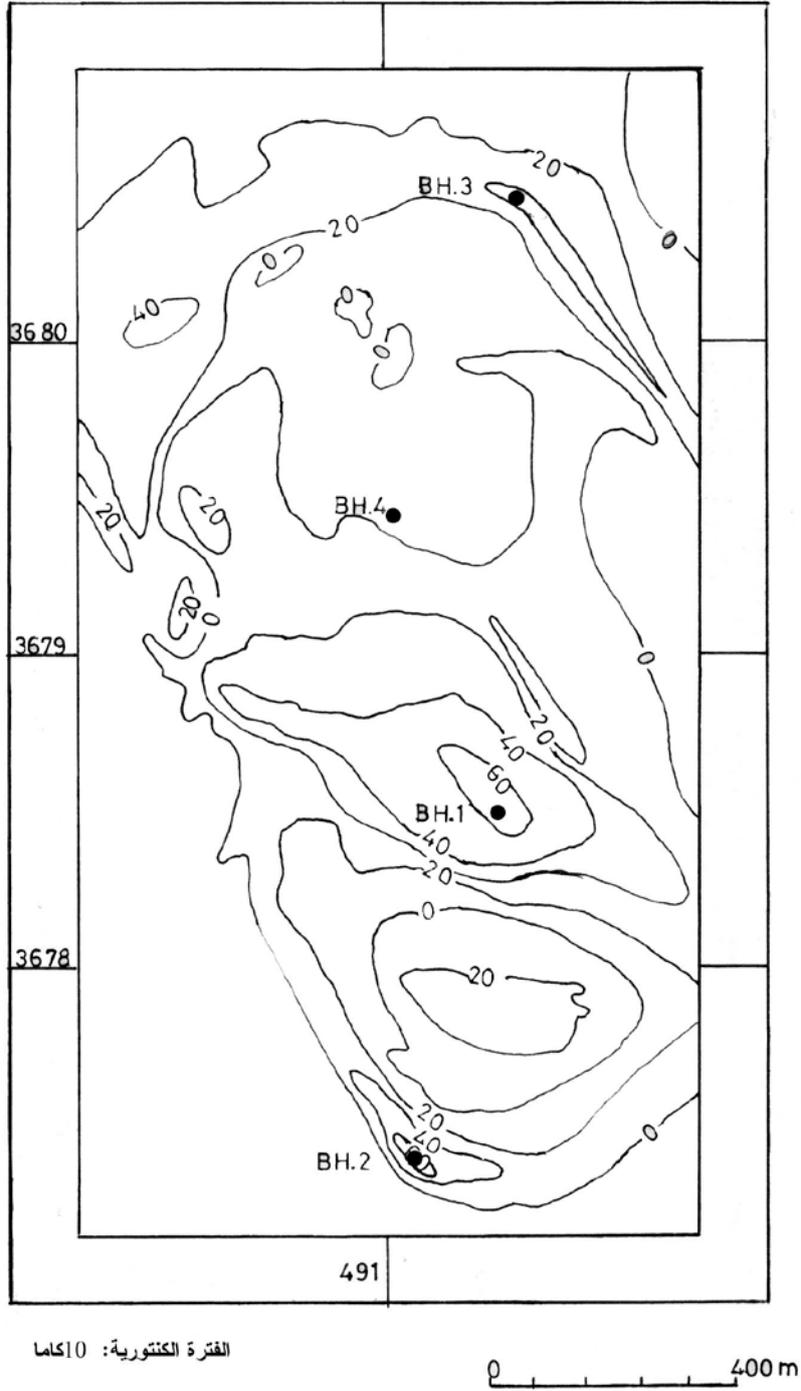
#### موقع منطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة في أقصى الطرف الغربي للصحراء الغربية قرب الحدود العراقية السورية في منطقة التنف (شكل 1) وتبلغ مساحة المنطقة حوالي 3 كم<sup>2</sup> (شكل 2) حفر فيها أربعة آبار ضمن مواقع الإحداثيات التالية:-

الأرتفاع	الأحداثيات		رقم البئر
	Y	X	
Z m.(a.s.l)			
723.1	491 353.4	3678 495.8	BH.1
722.9	491 110.8	3677 334.5	BH.2
723.3	491 363.6	3680 464.1	BH.3
722.0	491 015.9	3679 490.1	BH.4



شكل (1) : خريطة موقعية لمنطقة الدراسة



شكل (2): خريطة توضح الشاذة المغناطيسية ومواقع الآبار المحفورة في منطقة التنف

## الدراسات السابقة حول مظاهر النشاط الصهيري في المنطقة

تعتبر دراسة البديوي (1982, Al-Bedaiwi) وكذلك دراسة سلومي وآخرون (1982, Sallomy et al.) رائدتين في تناولهما احتمالات وجود مظاهر النشاط الصهيري تحت السطحي في مناطق غرب العراق وقد استندت تلك الدراسات في ذلك على تحليل معطيات المسوحات المغناطيسية الجوية وكذلك معطيات المتابعة الأرضية للشواذ المغناطيسية من المسح الجوي المغناطيسي التي تشير الى ذلك.

لقد توصلت دراسة البديوي (1982, Al-Bedaiwi) الى رصد عدة شواذ مغناطيسية ضحلة الأعماق في منطقة الوليد يحتمل ان تكون مرتبطة بصخور نارية قريبة من السطح (6-110) متر وقد تم حفر بئر لعمق 45 متراً في موقع إحدى الشواذ المرصودة في المنطقة ولم تنسجم المعطيات الجيوكيميائية والصخرية للباب المستخرج مع المعطيات الجيوفيزيائية التي توصل اليها.

أما سلومي وآخرون (1982, Sallomy et al.) فقد توصل على أساس المتابعة الأرضية للشواذ المغناطيسية المرصودة في المسح المغناطيسي الجوي الى احتمالية وجود أجسام نارية مندفعة على شكل صدوح (Dykes) قريبة من السطح وبعمر حوالي 300 متر.

لقد تناول العطية (2000) موضوع احتمالية وجود نشاط صهيري قريب من السطح في مناطق الصحراء الغربية وصحراء الجزيرة غرب العراق في دراسة تحليلية تستند على الإطار الجيولوجي الإقليمي لمناطق الشريط الحدودي للعراق مع كل من سورية والأردن والسعودية وتوصل الى استنتاجات ايجابية حول الاحتمالية المذكورة.

استمر في متابعة هذا الموضوع البديوي وآخرون (2000, Al-Bedaiwi et al.) وتضمنت المتابعة مسوحات جيوفيزيائية أرضية لموقع مختار من الشواذ المغناطيسية ذات الأعماق الضحلة المرصودة في الدراسة السابقة المشار اليها وتضمنت المتابعة أيضاً حفر أربعة آبار في موقع الشواذ المغناطيسية وقد درس يكتا وآخرون (2002) للباب الصخري لأحد الآبار المحفورة دراسة صخرية معدنية وتوصلت دراستهم الى ان الصخور من نوع البريشيا (الرواهص) تتألف من شظايا مختلفة الحجم والأنواع وتتكون من قطع من صخور رسوبية ومحوللة ونارية وان قطع الصخور النارية تتكون من معادن البايروكسين والأوليفين وان المواد الرابطة لصخور البريشيا تتكون ايضاً من خليط ناعم مشتق من نفس انواع الشظايا. تعتبر دراسة يكتا وآخرون (2002) رائدة في الإشارة إلى وجود معادن وصخور نارية تحت سطحية في المنطقة.

من الدراسات التي يمكن أن تندرج ايضاً ضمن مظاهر احتمالات النشاط الصهيري في المنطقة هي الدراسات المتعلقة بأصل نشوء منخفض أم جيمين والذي يبعد حوالي 100 كم عن منطقة التنف والتي وضعت بعض النظريات حول أصل نشوء منها الأصل البركاني كما يعتقد ميشيل (1958, Mitchwl) أو بفعل المياه أو الانفجار الغازي (1982, Al-Hashimi) أو بفعل سقوط نيزك كما يعتقد هاكوبيان (1979, Hagopian).

## النمذجة والتحليل الكيميائية

تراوحت أعماق الآبار الأربعة المحفورة في منطقة الدراسة بين 90 الى 188 متراً ونمذج لباها نمذجة شبه منتظمة لأغراض دراسات أخرى وتم الاستفادة من نتائج التحليل لأغراض هذه الدراسة وبلغ عدد النماذج 88 نموذج موزعة كما يلي:-

رقم البئر	العمق (متر)	عدد النماذج
BH.1	188	37
BH.2	152	25
BH.3	90	17
BH.4	138	9

طبيعة نماذج اللباب الصخري المستخرجة من الآبار عدا البئر (BH.4) تتكون في مجملها من صخور البريشيا وقد تم دراسة صخاريتها و معدنياتها من قبل يكتا وآخرون (2002) واقتصرت على نماذج البئر BH.1. توصلت دراستهم إلى أن تلك الصخور تتكون من شظايا ومعادن ومكورات طينية ومواد رابطة وان قطع الشظايا الصخرية ذات أحجام مختلفة مكونة من قطع من صخور رسوبية و متحولة ونارية ويبلغ معدل نسبة الشظايا ذات الحجم الأكبر من 2 ملم في نماذج البئر BH.1 حوالي 27.8% وان معدل نسبة المواد الرابطة والمعادن التي تقل حجوما عن 2 ملم حوالي 78.4% في البئر المذكور وان قطع الصخور النارية في الشظايا تعود الى صخور بازلتية كما تم رصد معادن الأوليفين والبايروكسين والبايريت والمرور وفق معطيات الدراسة المذكورة (الجدول 1).

حللت النماذج كيميائياً لتعيين الأكاسيد الرئيسية التالية:



إضافة إلى العناصر الأثرية التالية: Mn, Ni, Co, Zn, Cu, Pb

حللت النماذج في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين وفق السياقات المعتمدة في التحليل واستخدمت تقنيات الامتصاص الذري لتحليل العناصر الأثرية والذهب الضوئي لتعيين تراكيز  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  وتقنيات التحليل الرطب للعناصر الرئيسية الأخرى، ولم تتجاوز نسبة الخطأ في نتائج التحليل عن 10%.

جدول (1):مديات ومعدلات النسب المئوية للمكونات المعدنية لصخور البريشيا في البئر BH.1 (بتصرف من يكتا وآخرون، 2002)

صخور البريشيا (الرواهص)								
مواد بحجم أقل من 2 ملم [المواد الرابطة (المجاميع)، المعادن والمكورات الطينية]						شظايا بحجم أكبر من 2 ملم		
% (100-41.8) % 75.82						% (58.2-0.0) % 25.09		
معدن ثقيلة	مواد رابطة	معادن			مكورات طينية	نارية	متحولة	رسوبية
		بايروكسين	بايريت	مرور				
9.77 %	59 %	0.78 %	0.11 %	4.3 %	0.89 %	%(37.0-1.05) % 11.60	%(4.97-0.31) % 1.60	%(39.9-0.85) %11.80

## موجز الإطار الجيولوجي لمنطقة الدراسة

جيولوجية منطقة الدراسة تدرج ضمن الإطار الجيولوجي لمناطق أقصى الغرب للصحراء الغربية العراقية وقد تناول ذلك هاكوبيان (Hagopian, 1979) في دراسته الخاصة بالمسوحات الجيولوجية لمنطقة النهدين-التنف وأشار الى ان الصخور المتكشفة في منطقة الدراسة هي صخور جييرية تعود الى تكوين الرطكة (early Lower Eocene – late Middle Eocene) المكافئ الى تكوين الدمام في مناطق أخرى من العراق وقد قسم تكوين الرطكة الى وحدتين طباقيتين هما وحدة التنف ووحدة أم جيمن.

تتكون وحدة التنف وهي السائدة في منطقة الدراسة من تعاقب لصخور جييرية طباشيرية مدلمتة جزئياً مع رقائق من صخور الصوان ويبلغ معدل سمكها المكشوف على السطح حوالي 16 متر في حين يبلغ سمك تكوين الرطكة حوالي 85 متر. في هذا الخصوص تجدر الإشارة ايضاً الى معطيات البئر KH5/8 وهو احد الآبار العميقة المحفورة في الصحراء الغربية والذي يبعد حوالي 65 كم الى جنوب شرق منطقة الدراسة، ويبلغ عمقه 751 متر التي تشير معطياته الى ان تكوين الدمام (مكافئ تكوين الرطكة) يبلغ سمكه 56 متراً (Consortium, 1981).

بنوياً منطقة الدراسة جزء من الرصيف المستقر للعراق وفق الخريطة البنوية الإقليمية للعراق (الكازمي وآخرون، 1996) وتقع المنطقة ضمن قاطع رطبة-خليصية أما تركيبياً فقد أشار هاكوبيان (Hagopian, 1979) الى وجود عدد من الفوالق منها فالق طربيبيل وفالق التنف الذي يمتد 40 كم باتجاه WNW-SEE على امتداد طريق التنف - H<sub>3</sub>.

## نتائج التحاليل الكيميائية

خضعت نتائج التحاليل الكيميائية لنماذج اللباب الصخري (88 نموذج) المستخرجة من الآبار الأربعة (BH.4, BH.3, BH.2, BH.1) المحفورة في المنطقة الى معالجة إحصائية لتعيين المدى والمعدل والانحراف المعياري (الجدول 2) والتوزيع التكراري (الشكلين 3 و 4) ومعامل الارتباط الثنائي (الجدول 4، 5، 6) لتراكيز الأكاسيد الرئيسية التالية:

SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO, MgO, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, L.O.I وكذلك بعض العناصر الأثرية التالية: Mn, Zn, Cu, Ni, Co ماعدا عنصر الرصاص (Pb) لقلة عدد نتائج تحليله. وفيما يلي عرضاً للنتائج المستحصلة لتراكيز العناصر المذكورة في نماذج اللباب الصخري التي تناولتها هذه الدراسة.

جدول (2): معدل التركيز والانحراف المعياري للأكاسيد الرئيسية في نماذج ابار منطقة الدراسة (%)

رقم البئر	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cl	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	L.O.I
BH.1	43.5	6.4	8.8	0.9	13.6	8.1	1.2	0.6	0.5		0.9	14.4
BH.2	40.5	5.7	8.5	0.8	17.3	6.7	0.07	0.4	0.7	0.03	1.0	17.8
BH.3	37.7	4.0	6.0	0.6	25.4	2.3	0.09	0.3	0.5	0.03	0.9	21.5
BH.4	44.8	5.5	10.4	0.69	15.0	.04	2.2	0.6	1.1			14.2
معدل نماذج الآبار	41.7	5.6	8.2	0.81	17.0	6.16	0.5	0.5	0.61		0.9	16.6
الانحراف المعياري	14.9	2.6	3.5	4.4	7.7	4.3	0.7	0.4	0.4	-	3.4	7.7

### السليكا $\text{SiO}_2$

تعتبر السليكا المكون الرئيسي للصخور ويبلغ معدل تركيزها في مجمل نماذج الآبار 41.7% ويمدى واسع يتراوح بين 1.2% الى 86% وذلك بسبب تأثير عدد محدود من النماذج الجيرية والكوارتز مما أدى الى ارتفاع قيمة الانحراف المعياري 14% كما يتضح ذلك من الشكل (3) الذي يمثل المدرج التكراري لتوزيع السليكا في مجمل النماذج ومنه يتبين ان نمط التوزيع اعتيادي (normal) مع انحراف سلبي جزئي عن المتوسط (median) ويعكس ذلك التباين الجزئي في معدلات تركيز السليكا في نماذج الآبار الأربعة (الجدول 2) فيما عدا البئر BH.4 حيث ينخفض معدل السليكا الى 37.7%. التوزيع العمودي لتراكيز السليكا في الآبار لم يتخذ نمطاً معيناً فيما عدا البئر BH.4 حيث تزداد تراكيز السليكا بشكل ملحوظ عند العمق 40 متراً وحتى نهاية البئر.

### الجير $\text{CaO}$

يبلغ معدل تركيز  $\text{CaO}$  في مجمل النماذج 17% وتتباين معدلات التراكيز في نماذج الآبار الأربعة كما هو موضح في الجدول (2) ويبلغ أقصى معدل في البئر BH.2 (25.4%) وأدناه في البئر BH.1 (13.6%) وبشكل عام فان التوزيع التكراري لتراكيز  $\text{CaO}$  في مجمل النماذج منتظم ويمثل مجموعة واحدة وكما هو الحال بالنسبة لتراكيز السليكا فان تراكيز  $\text{CaO}$  لم تظهر نمطاً معيناً مع العمق (الشكل 3).

### الالومينا $\text{Al}_2\text{O}_3$

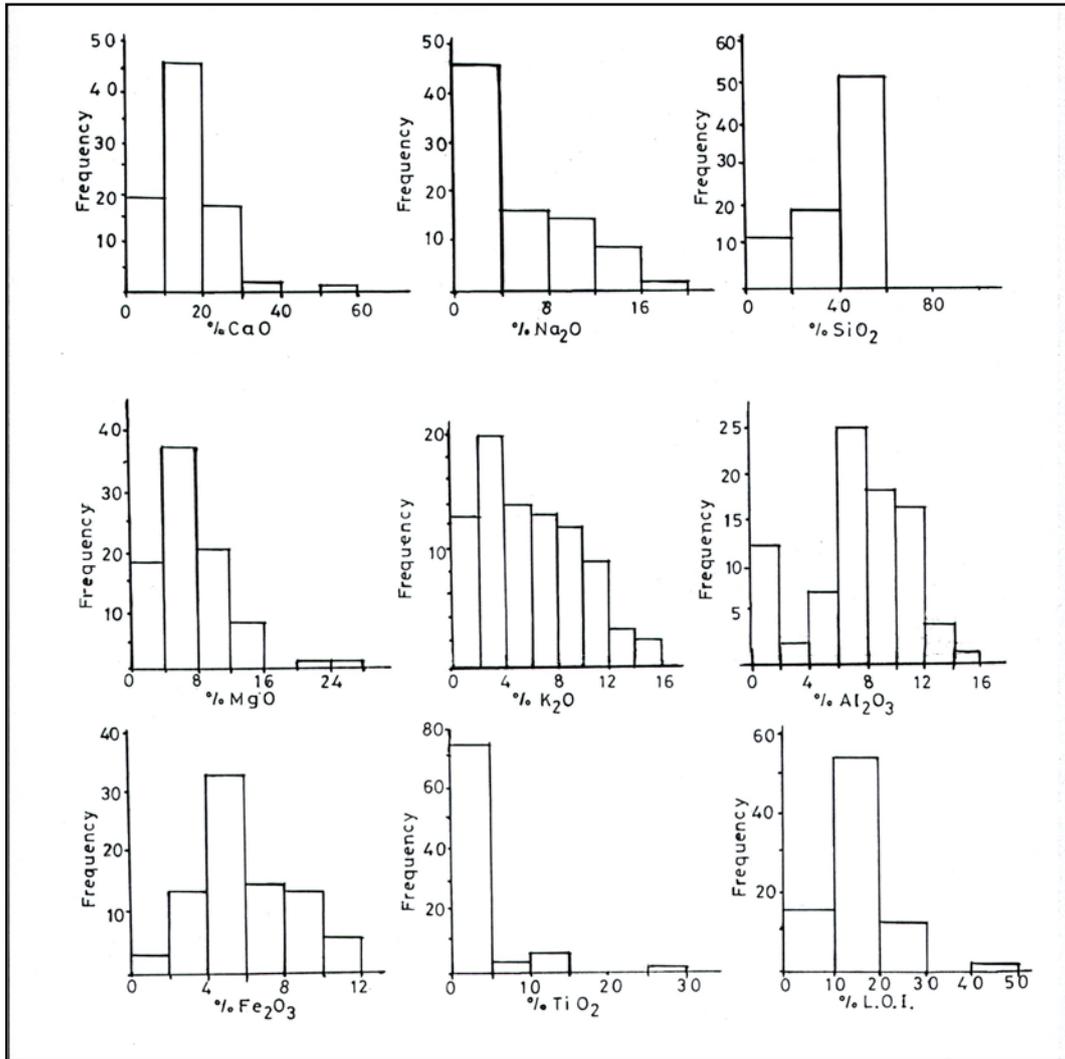
وهو احد المكونات الرئيسية ايضاً ويبلغ معدل تركيزه في مجمل نماذج الآبار 8.2% والتوزيع التكراري يمثل تعددية التوزيع (الشكل 3) وتتباين معدلات التركيز في الآبار ما بين 6.0%-10.4% (الجدول 2)، ويلاحظ ان معدل تراكيز الالومينا في نماذج البئر رقم BH.4 مرتفعة قياساً الى معدلاتها في الآبار الأخرى.

### المغنيسيا $\text{MgO}$

يبلغ معدل تركيز  $\text{MgO}$  في مجمل النماذج 6.16% وتتباين معدلات تركيزه في الآبار بين 2.3%-8.1% (الجدول 2) حيث يمثل البئر BH.3 التراكيز الواطئة للمغنيسيوم في منطقة الدراسة في حين يمثل BH.1 التراكيز العالية كما هو الحال بالنسبة لأنماط معدلات تراكيز  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  وترتبط هذه الملاحظة بعوامل عدة سنتناولها لاحقاً. المدرج التكراري لتوزيع المغنيسيوم في نماذج الآبار يمثل توزيعاً اعتيادياً مشوهاً بانحراف ايجابي ويعكس نمط التوزيع المتداخل كما ان التوزيع العمودي لتراكيز المغنيسيوم مع العمق لم يتخذ نمطاً منتظماً .

### الحديد $\text{Fe}_2\text{O}_3$

هو احد العناصر الرئيسية الأخرى المكونة لهذه الصخور ويبلغ معدل في مجمل النماذج 5.6% ويمدى يتراوح بين 4.0%-6.4% وان التوزيع التكراري لتراكيز الحديد في مجمل النماذج يمثل توزيعاً متداخلاً لمجموعتين (الشكل 3).



شكل (3): التوزيع التكراري لتراكيز العناصر الرئيسية في نماذج الآبار الأربعة المحفورة في منطقة التنف

### التيتانيوم TiO<sub>2</sub>

يتباين معدل تركيز أكسيد التيتانيوم في نماذج الآبار بين 0.6% - 0.9% وبمعدل قدره 0.81% ويتميز البئرين BH.1 و BH.2 بالمعدلات الأعلى (0.9%، 0.8% على التوالي) بالمقارنة مع البئرين BH.3 و BH.4 (0.69%، 0.6% على التوالي) (الجدول 2). يلاحظ من المدرج التكراري لتراكيز التيتانيوم في مجمل النماذج ان التوزيع غير منتظم ويمثل توزيع مجموعتين متداخلتين (الشكل 3).

**تراكيز الصوديوم  $Na_2O$  والبوتاسيوم  $K_2O$** 

تبلغ معدلات تراكيز الصوديوم والبوتاسيوم في مجمل نماذج الآبار 0.5%، 0.61% على التوالي ومما يلاحظ إن المدرجات التكرارية لتوزيعهما في مجمل نماذج الآبار (الشكل 3) تمثل توزيعين متداخلين لمجموعتين.

**نسبة الفقدان بالحرق L.O.I**

تمثل نسبة الفقدان بالحرق مجموع نسب المكونات المتطايرة والمتبخرة عند التسخين الذي يؤدي الى تفكك بعض المركبات وخاصة الكربونية أو التي تحتوي على جزيئات من الماء في تركيبها. يبلغ معدل نسبة L.O.I في مجمل النماذج 16.6% وتبلغ أقصاها (21.5%) في نماذج البئر BH.3 وأدناها (14.2%) في نماذج البئر BH.4 (الجدول 2). إن هذا النمط مشابه الى نمط توزيع تراكيز CaO في النماذج كما هو موضح في المدرجات التكرارية لتوزيع نسبة L.O.I في مجمل نماذج الآبار (الشكل 3). إن هذا التشابه في نمط توزيع CaO و L.O.I له مدلولاته ويعكس صيغة وجود CaO في النماذج وهي الصيغة الكربوناتيية وليست الصيغة السليكاتية وهو احد المؤشرات ذات العلاقة بالمحور الرئيسي للبحث وستناول ذلك لاحقاً.

**توزيع تراكيز العناصر الأثرية**

خضعت النماذج إلى التحليل لتعيين تراكيز بعض العناصر الأثرية الفلزية (Mn, Ni, Co, Zn, Cu, Pb) وكانت نتائج تحاليل الرصاص اقل من حدود التحسس (30 ppm) فيما عدا نماذج محدودة للبئر BH.1 حيث بلغت التراكيز مستويات اعلى من حدود التحسس.

**المنغنيز Mn**

يتراوح تركيز Mn بين (23-1222) ppm ويبلغ معدله في مجمل النماذج 479 ppm وتتباين معدلات التراكيز بمقدار جزئي بين الآبار فيما عدا البئر BH.2 حيث يبلغ معدل التركيز 557 ppm (الجدول 3). التوزيع التكراري لتوزيع المنغنيز في مجمل نماذج الآبار متداخل (الشكل 4).

**النيكل Ni**

يبلغ معدل تركيز النيكل في مجمل النماذج 172 ppm ويتراوح بين 215 ppm في نماذج البئر BH.1 و 104 ppm في نماذج البئر BH.4 (الجدول 3). التوزيع التكراري لتراكيز النيكل في نماذج الآبار متداخل ويمثل مجموعتين للتوزيع (الشكل 4).

**الكوبلت Co**

يبلغ معدل تركيز الكوبلت في مجمل نماذج الآبار 26 ppm وهو معدل لايتباين كثيراً عن معدلاته في نماذج الآبار (الجدول 3).

**الزئبق Zn**

معدل تركيز الزئبق في مجمل نماذج الآبار 112 ppm وهو مماثل لمعدلات الآبار فيما عدا نماذج البئر BH.3 (الجدول 3) وقد لوحظ ارتفاع تركيز الزئبق في احد نماذج البئر BH.1 حيث يبلغ 695 ppm والذي يحتوي ايضاً على تركيز عالي من النحاس (0.16%). التوزيع العمودي لتراكيز

الخارصين في نماذج الآبار لم يتخذ نمطاً معيناً فيما عدا البئر BH.4 حيث تنخفض التراكيز بصورة ملحوظة عند العمق 55 متر.

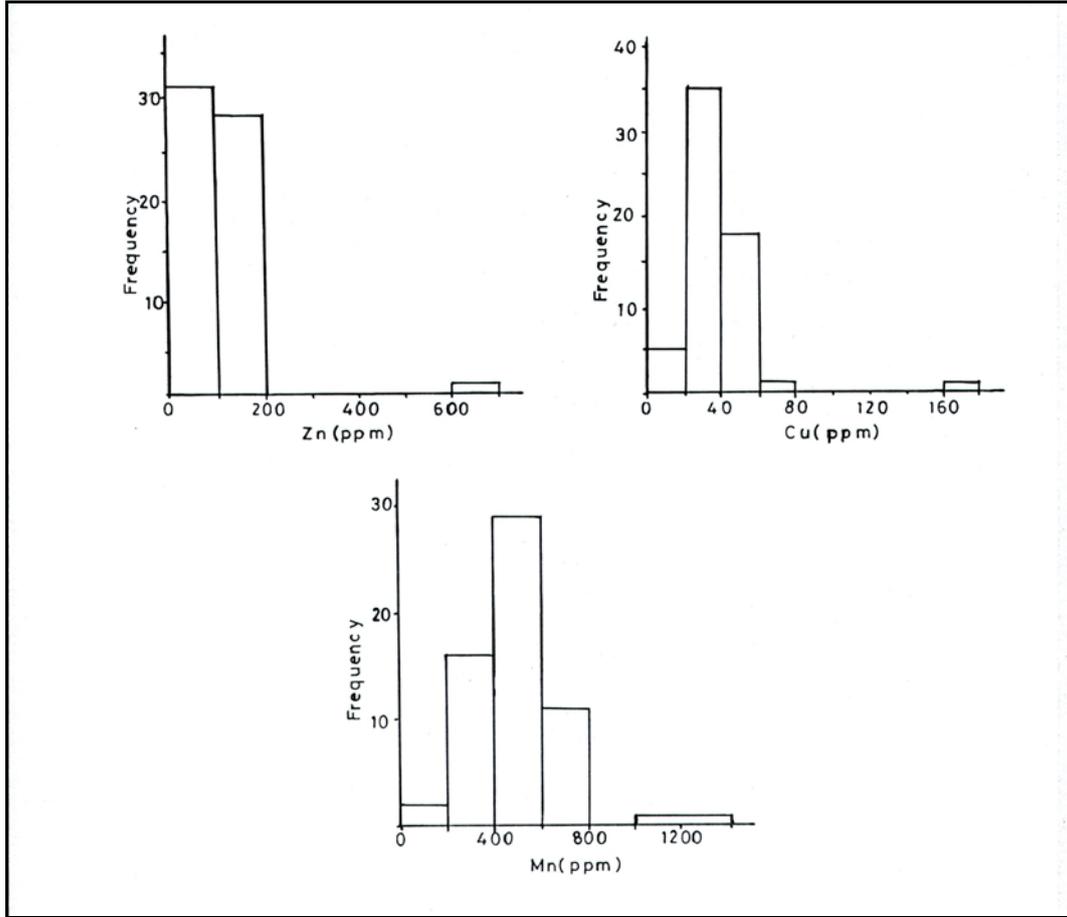
### النحاس Cu

معدل تركيز النحاس في مجمل نماذج الآبار 37 ppm ولا يوجد تباين ذو مغزى بين معدلاته في نماذج الآبار (الجدول 3)، وقد لوحظ ارتفاع تركيزه في احد نماذج البئر BH.1 حيث بلغ (0.16 %) كما يحتوي النموذج ايضاً على تركيز مرتفع لعنصر الخارصين. التوزيع العمودي لتركيز النحاس اتخذ نمطاً معيناً في التوزيع بالنسبة للبئرين BH.2 و BH.4 متمثل بارتفاعه ضمن نطاق معين . بصورة عامة إن تركيز العناصر الأثرية الفلزية في نماذج صخور منطقة التنف مرتفعة بشكل ملحوظ وخاصة عناصر Cu, Zn, Ni, Mn بالمقارنة مع الصخور الفتاتية السائدة في إقليم الصحراء الغربية (الجدول 3).

جدول (3): مدى ومعدل تراكيز بعض العناصر الفلزية في الصخور الجيرية والرواحص لمنطقة الدراسة والصخور الجيرية لتكوين الرطكة (Al-Bassam, 1979)

Co ppm	Zn ppm	Cu ppm	Ni ppm	Mn ppm	عدد النماذج	الموقع	
-	-	(11-1) 5	(40-1) 7	(120-10) 30	28	وحدة أم جيمين	
-	-	(20-1) 6	(60-2) 12	(90-20) 30	55	وحدة التنف	
-	-	(6-1) 2	(8-1) 3	(440-20) 30	35	وحدة النهدين	
-	(695-<10) 141	(58-12) 44	341 – 131 215	(1066-180) 470	38	BH.1	منطقة الدراسة الحالية
(37-17) 28	(179-63) 106	(64-20) 34	(286-89) 180	(1222-23) 557	24	BH.2	
(35-20) 27	(128-53) 88	(57-12) 32	(228-81) 81	(589-22) 407	17	BH.3	
26	112	37	172	479		مجمل النماذج	

\* استنتج النموذج الذي يحتوي على 0.16% Cu لشذوذه عن بقية النماذج



شكل (4): التوزيع التكراري لتراكيز بعض العناصر الأثرية في نماذج الآبار الأربعة المحفورة في منطقة التنف

#### العلاقات الارتباطية بين تراكيز العناصر

العلاقات الارتباطية الممثلة بمعامل الارتباط (Correlation Coefficient) بين تراكيز العناصر الرئيسية والأثرية في نماذج الآبار الثلاثة (BH.3, BH.2, BH.1) (الجدول 4، 5 و 6) على التوالي، أوضحت وجود علاقات ارتباطية موجبة وسالبة وبدرجات متباينة من القوة وفق تصنيف ديفز (Davis, 1975) ( $0.9 >$  ممتازة،  $0.75 - 0.89$  قوية جداً،  $0.50 - 0.74$  قوية،  $0.30 - 0.49$  شبه قوية،  $0.30 <$  ضعيفة) وهذه العلاقات الارتباطية تعكس الخصائص الجيوكيميائية لصخور البريشيا وظروف نشأتها ويمكن إجمال نمط العلاقات الارتباطية لتراكيز العناصر التي تناولتها هذه الدراسة في الآبار المذكورة كما يلي:-

1. العلاقة الارتباطية قوية جداً (موجبة) بين CaO و L.O.I .
2. العلاقة الارتباطية قوية جداً (سالبة) بين كل من CaO و L.O.I وبقية العناصر.
3. علاقات ارتباطية ايجابية وبدرجات متباينة من القوة (في الغالب 0.5) بين مجموعة من العناصر هي:  $Fe_2O_3, MgO, TiO_2, Na_2O, K_2O, Mn, Ni, Co, Zn, Cu$  .

4. علاقات ارتباطيه قوية ( موجبة ) بين العناصر الاثرية الفلزية (Mn – Ni – Co) و (Zn – Cu) وتبادلية أحياناً بين المجموعتين.
5. العلاقة الارتباطية قوية جداً الى متوسطة (موجبة) بين  $Al_2O_3$  و  $SiO_2$ .
6. العلاقة الارتباطية متوسطة الى ضعيفة (موجبة) بين  $Al_2O_3$  و  $MgO$ .
7. لم يظهر نمط واضح من العلاقات الارتباطية بين  $SiO_2$  وبقية العناصر فيما عدا النمط السلبي للعلاقة الارتباطية بين  $SiO_2$  وكل من  $CaO$  و  $L.O.I$ .

بالنسبة لنماذج البئر BH.4 فان عدد النماذج الخاصة به محدود (9 نماذج) كما ان طبيعة النماذج مختلفة نسبياً عن نماذج الآبار الأخرى وعليه لم تؤخذ نتائج العلاقات الارتباطية لتراكيز العناصر الخاصة بالبئر المذكور بنظر الاعتبار.

جدول(4) : معامل الارتباط الثنائي بين تراكيز العناصر الرئيسية في نماذج البئر BH.1

$K_2O$	$Na_2O$	L.O.I	MgO	CaO	$TiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$SiO_2$	
								1	$SiO_2$
							1	-0.3	$Fe_2O_3$
						1	-0.15	0.74	$Al_2O_3$
					1	-0.75	0.31	-0.78	$TiO_2$
				1	-0.54	0.24	0.44	0.05	CaO
			1	0.00	0.62	-0.60	-0.03	-0.68	MgO
		1	-0.05	0.92	-0.67	0.36	-0.59	0.24	L.O.I
	1	-0.38	-0.03	-0.28	0.22	-0.07	0.84	-0.18	$Na_2O$
1	0.25	-0.71	0.47	-0.55	0.92	-0.81	0.44	-0.83	$K_2O$

جدول(5) : معامل الارتباط الثنائي بين تراكيز العناصر الرئيسية والأثرية في نماذج البئر BH.2

Co	Ni	Zn	Cu	Mn	$P_2O_5$	Cl	$K_2O$	$Na_2O$	L.O.I	$SO_3$	MgO	CaO	$TiO_2$	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$SiO_2$		
																1	$SiO_2$	
																1	0.38	$Fe_2O_3$
														1	0.44	0.24	$Al_2O_3$	
													1	0.29	0.80	0.21	$TiO_2$	
											1	-0.61	-0.76	-0.75	-0.59	CaO		
										1	-0.59	0.80	0.23	0.70	-0.03	MgO		
										1	-0.30	0.33	-0.38	-0.15	-0.31	-0.30	$SO_3$	
									1	0.36	-0.50	0.84	-0.72	-0.55	-0.83	-0.72	L.O.I	
								1	-0.61	-0.17	0.19	-0.37	0.32	0.25	0.44	0.39	$Na_2O$	
							1	0.31	-0.26	0.12	-0.06	-0.42	-0.09	0.81	0.13	0.03	$K_2O$	
						1	0.31	-0.12	0.00	0.17	0.14	-0.31	0.04	0.41	0.04	-0.09	Cl	
					1	0.33	0.52	-0.33	0.53	0.64	-0.32	0.26	-0.53	0.17	-0.38	-0.56	$P_2O_5$	
				1	-0.53	0.12	-0.25	0.18	-0.56	-0.38	0.77	-0.56	0.81	0.13	0.66	0.24	Mn	
			1	0.18	0.29	0.49	0.65	0.05	-0.47	-0.03	0.24	-0.62	0.34	0.75	0.39	0.20	Cu	
		1	0.53	-0.34	0.91	0.48	0.67	-0.22	0.27	0.51	-0.07	-0.03	-0.22	0.47	-0.13	-0.51	Zn	
	1	-0.55	0.07	0.82	-0.75	-0.13	-0.42	0.24	-0.61	-0.47	0.70	-0.44	0.90	-0.02	0.68	0.30	Ni	
1	0.93	-0.39	0.03	0.75	-0.56	-0.10	-0.50	-0.03	-0.40	-0.34	0.69	-0.29	0.83	-0.10	0.59	0.05	Co	

جدول(6) : معامل الارتباط الثنائي بين تراكيز العناصر الرئيسية والأثرية في نماذج البئر BH.3

Co	Ni	Zn	Cu	Mn	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Cl	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	L.O.I	SO <sub>3</sub>	MgO	CaO	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	
																1	SiO <sub>2</sub>
															1	0.48	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
														1	0.72	0.36	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
													1	0.64	0.97	0.49	TiO <sub>2</sub>
											1	-0.69	-0.61	-0.69	-0.95		CaO
											1	-0.44	0.73	0.37	0.73	0.28	MgO
										1	-0.03	0.10	-0.23	0.30	-0.15	-0.18	SO <sub>3</sub>
									1	0.14	-0.48	0.98	-0.68	-0.53	-0.69	-0.96	L.O.I
								1	-0.67	0.25	0.58	-0.70	0.71	0.86	0.78	0.50	Na <sub>2</sub> O
							1	0.73	-0.35	0.54	0.17	-0.44	0.30	0.91	0.40	0.23	K <sub>2</sub> O
						1	-0.01	0.05	-0.23	-0.34	-0.32	-0.23	-0.13	0.02	-0.13	0.34	Cl
					1	0.44	0.28	0.39	-0.69	-0.02	0.04	0.70	0.43	0.42	0.38	0.70	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
				1	0.39	0.02	0.52	0.90	-0.66	-0.03	0.72	-0.68	0.88	0.76	0.91	0.46	Mn
			1	0.53	0.42	0.02	0.63	0.46	-0.30	0.09	0.15	-0.35	0.50	0.75	0.59	0.14	Cu
		1	0.89	0.51	0.44	-0.14	0.62	0.47	-0.20	0.24	0.24	-0.25	0.50	0.74	0.55	0.02	Zn
	1	0.32	0.30	0.73	0.39	-0.08	-0.03	0.46	-0.50	-0.43	0.63	-0.49	0.90	0.34	0.81	0.35	Ni
1	0.70	0.33	0.49	0.64	0.16	-0.20	0.16	0.45	-0.33	-0.14	0.38	-0.33	0.69	0.42	0.71	0.18	Co

### الخصائص الجيوكيميائية للصخور

الصخور السائدة في إقليم المنطقة هي صخور جيرية تعود الى تكوين الرطكة - وحدة التنف من عصر الأيوسين المبكر - الأيوسين المتوسط وان الطبيعة الصخرية لتلك الصخور وفق هاكوبيان (1979 Hagopian) مكونة من تعاقب صخور جيرية، طباشيرية جيرية مدلمة جزئياً مع وجود طبقات رقيقة من الصوان وان التركيب الكيميائي لهذه الصخور وفق البصام (Al-Bassam, 1979) كما موضح في الجدول (7) يعكس الطبيعة الصخرية المذكورة ويلاحظ ان الكالسيوم هو المكون الرئيسي لتلك الصخور والذي يبلغ بصيغة CaO حوالي 55% من مجمل المكونات المعدنية للصخور مع نسب ضئيلة من السليكا (1.09%) والالومينا (0.15%) واوكسيد المغنيسيوم (0.39%) واكاسيد الحديد (0.12%) وان هذا التركيب الكيميائي يختلف تماماً عن التركيب الكيميائي لصخور البريشيا في منطقة الدراسة الحالية حيث يلاحظ كما موضح في الجدول (2) أن هذه الصخور سليكية، ويبلغ معدل السليكا (41%) وتحتوي على تراكيز عالية من CaO (17%) والالومينا (8.02%) و MgO (6.16%) واكاسيد الحديد (5.6%) فضلاً عن ذلك فان صخور البريشيا في منطقة التنف تحتوي وبنسب ملحوظة على قطع من صخور نارية غير مألوفة ضمن الاطار الجيولوجي لأقليم الصحراء الغربية وقد تناول يكتا وآخرون (2002) الطبيعية الصخرية والمعدنية لتلك القطع كما موضح في الجدول (1).

إن معدل تراكيز العناصر الرئيسية لهذه الصخور (بريشيا التنف) يتباين مع معدلات تراكيز العناصر الرئيسية وكذلك الأثرية للصخور الجيرية السائدة في المنطقة (الجدول 7) ولكن على العكس من ذلك نلاحظ في الجدول (8) هنالك تشابهاً في المكونات الكيميائية الرئيسية وكذلك الأثرية للصخور تحت السطحية (البريشيا) في منطقة التنف وصخور البازلت مع الفروقات التالية:-

- 1- زيادة ملحوظة في معدل تركيز CaO في صخور التنف (17%) بالمقارنة مع تركيزه في الصخور البازلتية الأخرى المشار اليها في الجدول (8) والتي تراوح مقدارها بحدود 10%.
- 2- نقصان في معدلات تراكيز العناصر الأخرى بنسب متباينة على أساس معطيات التحليل المقارن المشار إليه أعلاه.

جدول(7):معدلات تراكيز الأكاسيد الرئيسية (%) في صخور منطقة الدراسة والصخور الجيرية لوحدة التنف (تكوين الرطكة)

الصخور العناصر	1	2	3	4
SiO <sub>2</sub>	41.7	1.09	1.22	4.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.02	0.15	0.31	0.80
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.6	0.12	0.31	0.32
CaO	17.0	54.85	55.44	53.48
MgO	6.16	0.29	0.26	0.36
Na <sub>2</sub> O	0.50	0.038	0.03	0.13
K <sub>2</sub> O	0.61	0.061	0.01	0.02
TiO <sub>2</sub>	0.81	-	0.012	0.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.90	-	0.26	1.74
L.O.I	16.6	46.5	42.54	39.58

(1) صخور منطقة الدراسة  
(2) الصخور الجيرية لوحدة التنف في تكوين الرطكة (Al – Bassam, 1979)  
(3) الصخور الجيرية من منطقة الدراسة نموذج رقم (17) للبئر BH.3  
(4) الصخور الجيرية من منطقة الدراسة نموذج رقم (25) للبئر BH.2

إذا ما أخذنا بنظر الاعتبار الطبيعة الصخرية لصخور منطقة التنف (بريشيا) التي تناولها يكتا وآخرون (2002) والطبيعة الجيرية للصخور السائدة في إقليم المنطقة (تكوين الرطكة/ وحدة التنف) فإن الفروقات المشار إليها في (أ) و (ب) اعلاه هي فروقات تعود لتأثير خلط قطع الصخور الجيرية العائدة الى وحدة التنف مع الفتاتيات الأخرى لصخور البريشيا ويستند هذا الاستنتاج على أمرين:-

- أ- العلاقة الارتباطية القوية جداً التي اشترنا إليها في فقرة العلاقات الارتباطية بين تراكيز L.O.I و CaO تثبت بأن معظم تراكيز CaO في صخور التنف تعود الى أصل جيبي وليس لأصل ناري (سليكاتي)، بدلالة التناسب المتوازن المتقارب بين معدلات تراكيز CaO و L.O.I (17% و 16.6%) على التوالي كما في الجدول (2).
- ب- عدم وجود أية علاقة ارتباطية موجبة ولأية درجة ذات مغزى بين CaO وبقية المكونات الرئيسية والآثارية للعناصر في صخور التنف وذلك على العكس من انماط العلاقات الارتباطية القوية بين العناصر الأخرى كما هو موضح في الجداول (4،5،6).

إن هذه النتائج تتفق مع ما توصلت اليه دراسة يكتا وآخرون (2002) حول الطبيعة المعدنية لصخور البريشيا في البئر (BH.1)، حيث ان طبيعة صخور التنف التي تتناولها هذه الدراسة هي صخور تحتوي

مؤشرات جيوكيميائية حول احتمالية وجود نشاط صهيري موقعي في منطقة التنف موسى العطية وآخرون  
على معادن سليكية - مغنيسية - حديدية. (Ferro - Magnesian - Silica) مخلوطة بصورة رئيسية  
مع نسب مختلفة من الصخور الجيرية العائدة لتكوين الرطكة - وحدة التنف.

إن نسبة خلط القطع الجيرية مع قطع الصخور البازلتية والمعادن والمواد الأخرى ضمن تشكيلة  
صخور البريشيا في منطقة التنف يبلغ معدلها 30% وقد احتسبت على أساس معدل تراكيز CaO (17%)  
في مجمل تلك الصخور مع الأخذ بنظر الاعتبار أن هذا المعدل تقريبي ولا نفترض بموجبه إن تركيز  
CaO في القطع البازلتية والمواد البازلتية الرابطة هو صفراً بل إن ذلك التركيز واطى لدرجة لا يؤثر  
على العلاقات الارتباطية بين CaO و L.O.I وبين CaO وبقية العناصر الرئيسية وهو ما استند عليه  
الاستنتاج الذي توصلت إليه هذه الدراسة بانخفاض محتوى CaO في الفتاتيات غير الجيرية المكونة  
لبريشيا التنف وللاعتبارات المشار إليها في (أ) و (ب) أعلاه.

وعليه فأن معطيات التحاليل الكيميائية لتراكيز العناصر الرئيسية والاثارية في نماذج البريشيا يمكن  
تصحيحها تقريباً وفق نسبة الخلط المذكورة لتحديد طبيعة المكونات الكيميائية للشظايا غير الجيرية في  
صخور البريشيا لمنطقة التنف لمعرفة طبيعة طورها (Phase) الناري ومقارنتها مع الصخور البركانية  
الأخرى المعروفة في إقليم المنطقة في كل من سوريا والأردن.

الجدول (8) يتضمن المعدل التقريبي للمكونات الكيميائية الرئيسية للمواد والمعادن غير الجيرية في  
صخور البريشيا في منطقة التنف بعد إزالة تأثير نسبة خلط المواد الجيرية (العمود 10 من الجدول أعلاه)  
ومنه يتبين أنها متماثلة مع المكونات الكيميائية لصخور البازلت بشكل عام (العمود 8) وكذلك مع المكونات  
الكيميائية لصخور البازلت في سوريا (الأعمدة 5، 6، 7) والأردن (الأعمدة 1، 2، 3، 4) فيما عدا  
افتقارها إلى عنصر الكالسيوم واحتوائها القليل نسبياً من الصوديوم والبوتاسيوم وبذلك فهي تمثل معادن  
سليكية غنية بالحديد والمغنيسيوم ونزرة المحتوى من الكالسيوم (المونوبايروكسين والاورثوبايروكسين  
والاوليفين) وفق دراسة يكتا وآخرون (2002).

من الجدير بالإشارة إلى أن تراكيز السليكا مرتفعة نسبياً في صخور منطقة التنف بعد إزالة تأثير  
الصخور الجيرية حيث يبلغ معدلها 55.46% كما في الجدول (8) ويعود ذلك إلى وجود مصدرين للسليكا،  
الأول هو تشكيلة المعادن السليكية المشار إليها والثاني هو السليكا الحرة (معدن المرو) الذي يبلغ معدل  
نسبته في صخور البريشيا حوالي 4.3% وفق دراسة يكتا وآخرون (2002) ويتطلب هذا تصحيحاً آخر  
للنتائج إذا ما أريد احتساب المكونات الكيميائية للمعادن والمواد ذات الأصل الناري في صخور بريشيا  
التنف بدقة أكثر وقد اغفلنا ذلك لتوفر معطيات معدنية وافية في دراسة يكتا وآخرون (2002)، وقد كان  
بالإمكان تجنب مثل هذه التصحيحات لو أن التحاليل الكيميائية ارتبطت بنمذجة انتقائية لأغراض دراسة  
جيوكيميائية هذه الصخور وهي فرصة لم تكن متاحة خلال سياق إعداد هذه الدراسة.

#### التغيرات الجيوكيميائية للصخور في البعدين الجانبي والعمودي

الخصائص الجيوكيميائية لصخور البريشيا في منطقة التنف والتي تم تناولها في الفقرة السابقة تميزت  
بتغيرات ملحوظة في البعدين الجانبي (الأتساعي) والعمودي (مع العمق) وفيما يلي عرضاً موجزاً لملامح  
تلك التغيرات الجيوكيميائية المستنبطة من دراسة تراكيز العناصر في نماذج اللباب الصخري للآبار  
المحفورة في منطقة الدراسة والتي تغطي مساحة ثلاث كيلومترات مربعة تقريباً:

- أ- تباين ملحوظ في معدلات نسب تراكيز العناصر الرئيسية لنماذج الآبار الأربعة عمودياً وأفقياً.
- ب- معدل تراكيز CaO باعتباره مؤشر إلى نسبة خلط قطع الصخور الجيرية مع القطع البازلتية في  
صخور البريشيا متباين بشكل ملحوظ ويتراوح معدلها بين 13.6% في نماذج البئر BH.1 إلى  
25.4% في نماذج البئر BH.3 كما أنها تبلغ 17.3% و 15% في موقع البئر BH.2 و BH.4

على التوالي ويعكس ذلك إن أدنى نسبة للخلط هي في موقع البئر BH.1 وأعلى نسبة للخلط في موقع البئر BH.3.

ج- أقل تركيز للكالسيوم CaO يتوافق مع أعلى تراكيز  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $TiO_2$  وضمن النمط المشار إليه في (ب) حيث تكون العلاقة عكسية بصورة عامة بين تراكيز الكالسيوم وتراكيز العناصر الأخرى والتي أوضحتها حسابات معاملات الارتباط المشار إليها في الفقرة السابقة.

جدول (8): مقارنة معدلات تراكيز العناصر الرئيسية لصخور منطقة الدراسة مع الصخور البازلتية الإقليمية (سوريا والأردن) والعالمية.

العناصر	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$SiO_2$	44.01	45.95	49.75	45.03	46.33	45.7	42.71	50.83	41.7	55
$Al_2O_3$	14.86	14.36	14.07	14.94	18.59	14.49	17.66	14.07	8.02	11
$FeO$	8.71	9.21	7.50	9.12	9.56	8.92	6.41	11.94	5.6	7
$Fe_2O_3$	3.38	1.59	3.20	1.27	2.36	3.22	6.17			
$MgO$	7.28	9.48	7.4	9.46	5.72	9.6	4.9	6.34	6.16	8
$CaO$	11.26	10.75	10.26	10.73	9.73	9.48	9.91	10.42	17.0	-
$Na_2O$	3.66	3.88	3.74	3.71	3.2	3.06	4.72	2.23	0.5	0.7
$K_2O$	1.00	0.78	0.6	1.11	0.94	0.9	1.9	0.82	0.61	0.8
$TiO_2$	2.49	1.45	1.81	2.18	2.53	2.25	2.73	2.03	0.81	1.1
$P_2O_5$	0.45	0.37	0.19	0.37	0.31	0.36	0.61	0.23	0.9	1.2
$MnO$	0.20	0.21	0.20	0.24	0.17	0.15	0.09	0.13	0.059	0.08
<b>L.O.I</b>									16.6	3

(1) صخور بازلتية من الأردن 35 كم ESE محطة H5 (U. Eocene – Miocene)  
(2) صخور بازلتية من الأردن 15 كم ESE محطة H5 (Miocene – Pleistocene)  
(3) صخور بازلتية من الأردن 35 كم ESE محطة H5 (Miocene – Pleistocene)  
(4) صخور بازلتية من الأردن 10 كم NE محطة H5 (Pleistocene- Holocene)  
(5) صخور بازلتية (Normal Basalt) من جنوب غرب سوريا  
(6) صخور بازلتية (Subalkali Basalt) من جنوب غرب سوريا  
(7) صخور بازلتية (Alkali Basalt) من جنوب غرب سوريا (Ponikarov, 1967)  
(8) معدل تراكيز العناصر في الصخور البازلتية (Hatch, et al., 1979)  
(9) معدل تراكيز العناصر الرئيسية في صخور التنف (الدراسة الحالية) قبل التصحيح لنسبة خلط الصخور الجيرية  
(10) معدل تراكيز العناصر الرئيسية في صخور التنف بعد التصحيح لإزالة تأثير نسبة خلط الصخور الجيرية

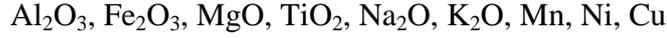
بالنسبة للتوزيع العمودي لتراكيز العناصر الرئيسية والآثارية في نماذج الآبار فإن متابعتها توضح وجود بعض الانطقة الجيوكيميائية في أعماق معينة نعرضها كما يلي:-

#### أ- البئر BH.1

يبلغ عمق البئر 188 متر وهو أعمق الآبار المحفورة وقد لوحظ من التوزيع العمودي لتراكيز العناصر التالية  $Fe_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $Mn$  إن هناك نطاقاً بسمك حوالي 43 متر من العمق 145 متر ولغاية نهاية عمق البئر تزداد فيه نسب تراكيز تلك العناصر بالمقارنة مع نمط تراكيزها في المقطع العام للبئر فيما عدا ذلك لم يلاحظ وجود نمط معين للتوزيع العمودي لبقيّة العناصر الأخرى.

**ب- البئر 2 BH.**

يبلغ عمق البئر 152 متر ويتميز في مقطعه الجيوكيميائي بوجود نطاق سمكه 50 متر من العمق 65 متر ولغاية 115 متر حيث تزداد بشكل ملحوظ تراكيز الأكاسيد التالية:

**ج- البئر 3 BH.**

يبلغ عمق البئر 90 متر ولم يلاحظ وجود نطاق جيوكيميائي متميز فيما عدا نطاقاً بسمك 25 متر محصور بين العمق 5 متر لغاية 30 متر حيث تزداد تراكيز  $Fe_2O_3, MgO$ .

**د- البئر 4 BH.**

يبلغ عمق البئر 138 متر ويقسم مقطعه الى نطاقين، الأول حتى العمق 50 متر حيث يتميز بزيادة ملحوظة في تراكيز الأكاسيد التالية:  $Al_2O_3, CaO, Na_2O, K_2O, Zn$ . أما النطاق الآخر الممتد من عمق 85 متر ولغاية نهاية البئر (135 متر) فانه يتميز بارتفاع تراكيز  $SiO_2, MgO, Mn, Ni$  بالمقارنة مع الجزء الأعلى لمقطع البئر.

مما تقدم من معطيات حول أنماط توزيع العناصر مع العمق في نماذج الآبار يلاحظ ما يلي:-

- أ- فيما عدا البئر 4 BH لم يتخذ توزيع  $CaO, SiO_2$  أي نمط معين في التوزيع العمودي.
- ب- يشكل الارتفاع في تراكيز مجموعة العناصر التالية (أو بعضها)  $Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, Na_2O, K_2O, Mn, Ni, Zn, Cu$  نطاقاً متميزاً يختلف سمكه وعمقه في الآبار المحفورة اذ يبلغ سمكه 68 متر في البئر 1 BH و 50 متر في البئر 2 BH و 25 متر في البئر 3 BH.

**مناقشة عامة**

إن دراسة احتمالية وجود نشاط صهيري قريب من السطح في منطقة التنف لابد ان تستند على معطيات دراسات مركبة جيوفيزيائية وصخرية ومعدينية وجيوكيميائية فضلاً عن المؤشرات الجيولوجية الإقليمية والموقعية لمنطقة الدراسة. وبما يتعلق بالمؤشرات والجوانب الجيوكيميائية التي استهدفتها هذه الدراسة حول منطقة التنف فان المعطيات المستحصلة حول الخصائص الجيوكيميائية لصخور البريشيا التي خضعت لهذه الدراسة تدل على احتمالية عالية لوجود نشاط صهيري قريب من السطح في المنطقة المذكورة وفي هذا الخصوص يرتكز استنتاج هذه الدراسة على المؤشرات التالية:

1- ان تشكيلة الصخور التي خضعت لهذه الدراسة وعلى أساس المعطيات الخاصة بطبيعتها الجيوكيميائية تمثل طورين جيوكيميائيين وهما طور المعادن النارية (طور السليكا- الحديد - المغنيسيوم - الألمنيوم - الفلزات) والطور الثاني هو الطور الجبري (مشتقات صخور المنطقة الجيرية) وأن الدلائل المستنبطة في هذا الخصوص ممثلة بما يلي:

- أ- الارتباط القوي الموجب بين  $L.O.I, CaO$ .
- ب- التكافؤ المتناسب بين  $L.O.I, CaO$  لطور  $CaCO_3$ .
- ج- عدم وجود أية علاقة ارتباطية موجبة ذات مغزى بين  $CaO$  وبقية العناصر الرئيسية والآثارية المكونة للصخور.
- د- على العكس مما ورد في (ج) العلاقات الارتباطية بين بقية العناصر الرئيسية والآثارية التي تشكل الطور الجيوكيميائي الأول واضحة وقوية بصورة عامة.

2- إن الطورين الجيوكيميائيين المشار إليهما يمثلان طورين صخاريين رئيسيين الأول هو طور الصخور الجيرية لوحدة التنف / تكوين الرطكة بتركيبه الكيميائي الرئيسي  $\text{CaCO}_3$  بنسبة أكثر من 98% (Al-Bassam, 1979) والمحتوى نسبة ضئيلة جداً من المغنيسيوم (0.29%) وفق المصدر المذكور إضافة إلى نتائج تحاليل مستحصلة خلال سياق هذه الدراسة ببعض النماذج الجيرية من منطقة التنف كما هو موضح في الجدول (7). أما الطور الثاني فهو يمثل صخور نارية بازلتية يشكل معدلها حوالي 70% من صخور فتاتية حرارية (Pyroclastic rocks) في منطقة التنف وهذه الصخور البازلتية تتكون من معادن فوق قاعدية من مجموعة الأوليفين والبايروكسين الخالي من الكالسيوم وفق يكتا وآخرون (2002) ويدعم هذا الاستنتاج المؤشرات التالية:-

- أ- معدلات المكونات الرئيسية لصخور منطقة التنف
- $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$  المشار إليها في الجدول (2) هي متشابهة مع مستويات معدلات الصخور البازلتية كما هو موضح في الجدول (8) وعند إزالة تأثير نسبة الخلط للصخور الجيرية من مكونات الصخور المذكورة فإنها تعكس تركيب معادن سليكية - مغنيسية - حديدية ذات محتوى واطئ من الكالسيوم وكذلك الصوديوم وفي ذلك فهي تمثل طور تمعدني ضمن مجموعة الأوليفين أو البايروكسين واطئ المحتوى من الكالسيوم.
- ب- العلاقات الارتباطية الموجبة وذات المغزى العالي والمتمثلة بمعامل الارتباط بين الأكاسيد الرئيسية المذكورة في (أ) وخاصة  $\text{MgO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  وكذلك بينها وبين العناصر الاثارية  $\text{Mn} - \text{Co} - \text{Ni} - \text{Zn} - \text{Cu}$  تشير الى تأكيد وجود الطور المعدني الناري بمحوره الرئيسي من العناصر  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  إضافة إلى السليكا والالومينا.
- ج- المعدلات المرتفعة نسبياً لتراكيز العناصر الاثارية (الفلزية) بالمقارنة مع مستوياتها في الصخور الأخرى (الإقليمية) (الجدول 3)، مع الأخذ بنظر الاعتبار ما ورد في الفقرة (ب) هو مؤشر آخر حول الأصل الناري لهذه الصخور سيما ان احد نماذج البئر BH.1 احتوى على تراكيز عالية للنحاس والخرصين (أكثر من 700 و 1600 ppm) على التوالي.

من الجدير بالإشارة إلى أن ما ورد بهذه الدراسة حول المؤشرات الجيوكيميائية حول الطور الناري لمكونات رئيسية في خلطة صخور البريشيا في منطقة التنف قد سبق ان أثبتتها الدراسة المعدنية لتلك الصخور (يكتا وآخرون، 2002) وما توصلت إليها الدراسة في هذا الجانب هو دعم لاستنتاجات الدراسة المذكورة فضلاً عن التوصل الى معطيات تسهم في إجابة السؤال المهم الذي يبقى مطروحاً حول مصدرية مكونات الطور الناري لبريشيا التنف وهو ما تسهم هذه الدراسة في إجابته.

إن مصدرية الطور الناري لصخور البريشيا في منطقة التنف أما أن تكون موقعية أو أنها منقولة من مناطق أخرى تتواجد فيها الصخور البركانية كالمناطق القريبة لمنطقة التنف في كل من سوريا والأردن. ولتحديد أرجحية احد الاحتمالين المذكورين يتطلب معطيات وافية لدراسات جيولوجية وجيوفيزيائية ولكن على ضوء ما توصلت اليه هذه الدراسة من معطيات فان المصدرية الموقعية تعتبر احتمالاً راجحاً للاعتبارات التالية:-

- 1- التركيب الكيميائي للصخور البازلتية في كل من سوريا والأردن تختلف عن التركيب الكيميائي لصخور منطقة التنف خاصة ما يتعلق بالكالسيوم الذي يتراوح تركيزه في الصخور البازلتية في كل من سوريا والأردن حوالي 10% (الجدول 8) ويرتبط الكالسيوم بمعادن البلاجوكليس في تلك الصخور (Bender, 1968 and Ponikarove, 1967) وهي معدنية مختلفة تماماً عن معدنية صخور التنف النزرة المحتوى من معادن البلاجوكليس لعدم وجود تراكيز للكالسيوم من مصدر غير جيري في تلك الصخور مع الأخذ بنظر الاعتبار الدراسات المعدنية ليكتا وآخرون (2002) إذ لم تشر الى وجود معادن البلاجوكليس بنسب ذات مغزى. إن الاختلافات في مستويات معدلات تركيز الكالسيوم تمتد ايضاً الى الصوديوم والتيتانيوم والفسفور، كما موضح في الجدول (8). وعليه فلو كانت اشتقاقات صخور التنف منقولة من مواقع محيطية بالمنطقة لتقاربت نسب تواجد هذه الاكاسيد.
  - 2- احتمالية وجود نشاط صهيري ساد في المنطقة خلال العصر الرباعي بدلالة تفسير وجود منخفض أم جيمن الواقع ضمن منطقة ليست بالبعيدة عن التنف، على أنه تكون بسبب الانفجارات الغازية المصاحبة للنشاط الصهيري (Hagopian, 1979).
  - 3- من المؤشرات الأخرى، الارتفاع الملحوظ في نسب تراكيز عنصري Cu و Ni في الصخور الجيرية لتكوين الرطكة في الموقعين اللذين اخترقهما البئرين BH.2 و BH.3 بالمقارنة مع تراكيزهما في نفس الصخور (118 نموذج) من مناطق اخرى بعيدة عن الموقعين المذكورين كما هو موضح في الجدول (3) ويمكن أن تعزى هذه الزيادة الى تأثيرات التحول الميتاسوميتي على الصخور الجيرية بفعل الأنشطة الصهيرية.
  - 4- معطيات التوزيع العمودي للعناصر في الآبار اظهرت وجود نطاق يتميز بزيادة في تراكيز العناصر الرئيسية والاثارية الفلزية وفي موقع البئر BH.1 يبلغ سمك هذا النطاق أكثر من 46 متراً (مستمر حتى نهاية البئر) ويمتد في الاتجاه الشمالي بسمك 25 متراً (موقع البئر BH.2) وبسمك 50 متراً في الاتجاه الجنوبي (موقع البئر BH.2). ان هذا التوزيع الجيوكيميائي المنتظم قد يشير الى ان مركز منطقة النشاط الصهيري في منطقة التنف هو حول موقع البئر BH.1 وهو الموقع الذي تبلغ فيه نسبة خلط المواد الجيرية مع المواد البركانية أدناها.
  - 5- من المؤشرات المضافة والتي تدعم تصور النشأة الموقعية لهذه الصخور والمناطق من دراسة يكتا وآخرون (2002) هو عدم وجود مؤشرات معدنية على تأثر معادن الاولفين والبايروكسين في الابعاد العميقة للبئر BH.1 بالتجوية والتجوية وذلك على عكس الحالة في الابعاد الضحلة والقريبة من السطح حيث تزداد نسبة عملية تحول تلك المعادن إلى معادن طينية (جزئياً أو كلياً).
- في تقييم هذه الدراسة فان صخور البريشيا في منطقة التنف يمكن تصنيفها من نوع الصخور الفتاتية الحرارية على أساس الاعتبارات التالية:-
- أ- صخور مخلوطة من قطع معادن وصخور نارية وصخور جيرية وان الطبيعة الصخرية لتلك الصخور من نوع البريشيا ذات القطع المتميزة بزوايا حادة الى شبه حادة وبحجوم مختلفة.
  - ب- موقعية نشأة صخور البريشيا وفق تصور هذه الدراسة.
  - ج- الاحتمالية العالية لأرتباط نشأة هذه الصخور بأنشطة صهيرية سادت موقع التنف وفق تصورات هذه الدراسة والدراسات الأخرى المشار إليها.
  - د- التمنطق المعدني والصخاري الذي أوضحته دراسته يكتا وآخرون (2002) في البئر BH.1 والتمنطق الجيوكيميائي الذي أوضحته دراسة العطية وآخرون (2002) للآبار الثلاثة والذي يمكن اعتباره مؤشر لتعاقب الانفجارات البركانية.

إن مقترح تسمية هذه الصخور بالصخور الفتاتية الحرارية للاعتبارات المذكورة هو أولي وبالإمكان تطويره مع تقدم الدراسات حول طبيعة هذه الصخور ولكن مما تجدر الإشارة إليه حول مفهوم هذا النوع من الصخور في القواميس الجيولوجية والأدبيات العلمية ذات العلاقة بأنه مصطلح لمواد فتاتية مدفوعة جزئياً من فوهات بركانية (Howell, 1966) أو فتاتيات صخرية تتكون نتيجة الانفجارات البركانية (Bates and Jackson, 1980) أو هو مصطلح يعبر عن مواد متكونة من شظايا ناتجة عن أنشطة بركانية من النوع الانفجاري (Hatch et al., 1979).

### الاستنتاجات

1. الخصائص الجيوكيميائية التي افرزتها هذه الدراسة أوضحت على أساس عدة قرائن وجود طورين جيوكيميائيين مرتبطين بطورين صخاريين أو معدنيين لفتاتيات صخور البريشيا في منطقة التنف ويمثل الطور الأول الصخور الجيرية العائدة الى وحدة التنف ضمن تكوين الرطكة (الأبوسين الأوسط - المتأخر) وهي مخلوطة بنسبة 30% (كمعدل) مع صخور الطور الثاني المتميز بتشكيلة مترابطة من عناصر المغنيسيوم والحديد والصوديوم والبوتاسيوم والتيتانيوم والألمنيوم والعناصر الأثرية الفلزية والتي تعود الى صخور نارية مكونة من معادن فوق قاعدية من مجموعة الأوليفين والبايروكسين ( ذات المحتوى النزر من الكالسيوم).
2. صنفت صخور البريشيا التي خضعت لهذه الدراسة على انها من نوع الصخور الفتاتية الحرارية وكونها بريشيا خليطة من قطع صخرية بازلتية وصخور جيرية تعود الى وحدة التنف اضافة الى فتاتيات من صخور رسوبية أخرى وهو مقترح أولي اشارت الدراسة الى مركزاته، وان معدل نسبة الخلط للصخور الجيرية متباينة من 20% في موقع البئر BH.1 الى 30% و 50% في موقع البئر BH.2 و BH.3 على التوالي ويحتمل ان يرتبط نمط هذا التباين بألية نشأة هذه الصخور مع الاخذ بنظر الاعتبار ان هذه النسب تقريبية تمثل معدلات لمدى واسع ولم تتضمن تقديراتها نسب CaO الواطنة من مصدر غير جيري .
3. التركيب الكيميائي للصخور البازلتية بعد إزالة تأثير التخفيف من خلط الصخور الجيرية غير مشابهة الى التركيب الكيميائي للصخور البازلتية في كل من سوريا والأردن والمندفة إلى السطح في مناطق قريبة من منطقة التنف لذلك فإن هذه الصخور تمثل طوراً نارياً مختلفاً عن الطور الناري للصخور البازلتية للمناطق المحيطة وهو ما يشير إلى عدم اشتقاق القطع البازلتية في الصخور الفتاتية الحرارية لمنطقة التنف من الصخور البازلتية في المناطق المحيطة.
4. على أساس التركيب الكيميائي بصيغته الرئيسية Fe – Mg فان الطور الناري لصخور منطقة التنف يتميز باحتوائه على معادن اوليفينية وبايروكسينية واطنة المحتوى من الكالسيوم وشحة معادن مجموعة البلاجيوكليس وهي معدنية مختلفة عن معدنية الصخور البازلتية في كل من سوريا والأردن التي تحتوي على معادن البلاجيوكليس بنسبة 70%.

- العظيمة، موسى جعفر 2000. الاستكشافات المعدنية في الشريط الحدودي للدول المجاورة وتقييم احتمالية امتداد تواجدها داخل العراق. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير رقم 2548.
- العظيمة، موسى جعفر وسعد الله، نضال حقي والبيديوي، جاسم محمد 2002. جيوكيميائية صخور البريشيا في منطقة التنف - غرب العراق. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير رقم 2830.
- الكاظمي، جاسم عبد محمد وسيساكيان، فاروجان خاجيك وفتاح، عدنان ستار، 1996. الخارطة البنيوية للعراق، مقياس 1:1000 000، الطبعة الأولى. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين.
- يكتا، سامي أنور وعيسكو، عصام يعقوب والمختار، لمى عز الدين وننو، هيلين اوديشو 2002. صخرارية ومعدنية وكيميائية اللباب الصخري العائد للينر 1/ منطقة التنف - الصحراء الغربية. الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين، تقرير رقم 2784.
- Al-Bassam, K. S., 1979. Geochemistry and economic geology of the Eocene rocks and associated sediments in the Nhadain – Al-Tinif area. GEOSURV, int. rep. no. 983.
- Al-Bedaiwi, J. M., 1982. Detailed magnetic survey, Al-Waleed area, Western Desert, Iraq. GEOSURV, int. rep. no. 1240.
- Al-Bedaiwi, J. M., Salim, A., Jawad, M. B. and Salman, K., 2005. Geophysical studies and preliminary speculations on the genesis of pyroclastic rocks in Al-Waleed area, Western Desert, Iraq. GEOSURV, (under preparation).
- Al-Hashimi, H. A. J., 1982. Contribution to the origin of Umm-Chamin, depression, Western Desert, Iraq. J. Geol. Soc. Iraq. Vol. 15, No.1, p. 35-39.
- Bates, R. L. and Jackson, J. A., 1980. Glossary of Geology. Virginia, 751 pp.
- Bender, F., 1968. Geology of Jordan. Gbruder Borntrreger, Berlin, 230 pp.
- Consortium, 1981. Western Desert, Block 5; Vol. 5: Hydrological and technical exploration. GEOSURV, int. rep. no. 1282.
- Davis, J. C., 1973. Statistics and Data Analysis in Geology. John Wiley, 270 pp.
- Hagopian, D., 1979. Report on the regional geological mapping of Al-Tinif - Nhadain area. GEOSURV, int. rep. no. 983.
- Hatch, F. H., Wells, A. K., and Wells, S. M. K., 1979. Petrology of the Igneous Rocks. Thomas Murby Co., London, 551 pp.
- Howell, J. V., 1966. Glossary of Geology and Related Sciences. Washington, 72 pp.
- Mitchwill, R., 1958. The Al-Ummchaimin Crater, Western Iraq. Geo. J., V. 124, p. 578-580. In: Hagopian, D., 1979.
- Ponikarov, P. V., 1967. The Geology of Syria, part II, Mineral deposits and underground water resources. Ministry of Industry, Syria, 71 pp.
- Sallomy J., Yadya, N, and Assd, N., 1982. The magnetic anomaly in Nhadain area – Western Desert, Iraq. GEOSURV, int. rep. no. 1227.