

دراسة العلاقة بين هيدروجيولوجية حوض السن وتكثونيتها

الدكتور فواز الأزكي*

الدكتور عبد الكريم العبد الله**

(تاريخ الإيداع 25 / 9 / 2013. قَبْلُ للنشر في 19 / 11 / 2013)

□ ملخص □

أعطت نتائج البحث الذي اعتمد على التحريات الهيدروجيولوجية و التكتونية، المرتبطة بمصادر المياه العذبة في حوض السن، أن الحامل الأساس للمياه الجوفية في حوض السن يعود بشكل رئيسي إلى الحامل المائي الجوراسي. يعتمد الحوض الصباب لنبع السن على التغذية الراشحة لمياه الأمطار و الثلوج عبر التشكيلات الجوراسية من المنطقة الشمالية والشمالية الشرقية للحوض. إن اتجاه حركة المياه الجوفية لهذا الحامل يكون نحو الغرب و الجنوب الغربي، حيث منطقة التصريف في نبع السن و الينابيع تحت البحرية قبالة الشاطئ. بينت الدراسة التكتونية وجود مجموعات الشقوق و الفوالق ذات الاتجاهات NE-SW و ENE-WSW و NW-SE. تتوافق حركة المياه الجوفية مع اتجاهات مجموعات الشقوق و الفوالق NE-SW و ENE-WSW و بنية فالق السن الذي يسمح بوجود علاقة تفاعلية بين الحامل المائي الرئيسي الجوراسي و بقية الحوامل الثانوية و خصوصا السينوماني.

الكلمات المفتاحية: هيدروجيولوجيا-حوض السن - تكتونيك.

* أستاذ مساعد - قسم الجيولوجيا-كلية العلوم-جامعة تشرين-اللاذقية- سورية.

** مدرس - قسم الجيولوجيا-كلية العلوم-جامعة تشرين-اللاذقية- سورية.

Study of relationship between hydrogeology and tectonic of Al-Sin Basin

Dr. Ing. Fawaz AZKI*

Dr. Abdulkarim AL ABDALLA**

(Received 25 / 9 / 2013. Accepted 19 / 11 / 2013)

□ABSTRACT□

The obtained results by hydrogeological and Tectonic survey related to fresh water resources in Al-Sin Basin, indicated that the fundamental aquifer of underground water in AL-SIN region belong to Jurassic. The alimentary basin of Al-Sin spring depend upon filtration of rainfall water and snow throw Jurassic formation from north and north-east of basin. Direction of underground water circulation is toward west and south-west where we find flow place of Al-Sin spring and submarine fresh springs near seashore. Tectonical study shows the existence of fractures and fault groups with NE-SW, ENE-WSW and NW-SE directions. Groundwater movement has the same direction of fractures and faults NE-SW to ENE-WSW and Al-Sin fault structure which allow the existence of direct relation between principal Jurassic aquifer and secondary aquifer especially Cenomanian one.

Keywords : Hydrogeology, Tectonic, Al-Sin basin.

* Associate Professor, Department of Geology-Faculty of Science- Tishreen University- Lattakia-Syria

** Assistant Professor, Department of Geology-Faculty of Science- Tishreen University- Lattakia-Syria

مقدمة:

يعد حوض السن من أهم أحواض مناطق الساحل السوري المائية إذ يرفد تلك المنطقة بالحظ الأوفر من مياه الشرب. تتحكم عدة عوامل في المنظومة الهيدرولوجية لهذا الحوض المهم: الهطولات المطرية و الجريان الجوفي المغذي، وشبكة الشقوق، و الفوالق الموزعة في المنطقة. إن فهم العلاقة بين هيدرولوجية منطقة حوض السن و تكتونييتها هي المفتاح الأساس في توجيه الاستثمار الأمثل لثرواته المائية. و نبع السن هو من أهم مناطق تصريف هذا الحوض و قد تراجع تصريفه خلال العشرين سنة الماضية من 20 متر مكعب في الثانية (غروز و آخرون 1978) إلى 12 متراً مكعباً في الثانية صيفاً في الوقت الراهن (تقرير الموازنة المائية، حوض الساحل 2005). تعد الدراسات السابقة قليلة و مقصورة بحق هذا المصدر الحيوي. اعتبرت هذه الدراسات الحامل الرئيسي في حوض السن مرتبط بتشكيلات السينومانيان (غروز و آخرون 1978، مولوف و آخرون 1987، إبراهيم و آخرون 1998، عمار و آخرون 2010). لكن انتشار توضعات السينومانيان أفقياً و شاقولياً في المنطقة المدروسة لا يتناسب مع خزان مائي جوفي يرتبط به نبع السن ذو التصريف المذكور اعلاه. و من هنا كان لا بد من إجراء هذه الدراسة للبحث عن المصدر الرئيس لمياه نبع السن في مناطق و تشكيلات أخرى، و إن كان نبع السن يخرج من صخور السينومانيان فليس بالضرورة أن يكون الحامل المائي سينومائياً.

أهمية البحث و أهدافه:

نظراً لكون حوض السن من المصادر الأساسية لتأمين مياه الشرب في المنطقة الساحلية والتي يزداد الطلب عليها يوماً بعد يوم نتيجة تزايد عدد السكان؛ لذلك كان من الضروري دراسة و فهم المنظومة الهيدرولوجية و العوامل المؤثرة فيها. هذا ما يساعد في التقييم الأمثل لحاضر و مستقبل الحوض الذي يؤمن مياه الشرب لمحافظة اللاذقية و طرطوس. يهدف البحث إلى فهم المنظومة الهيدرولوجية لحوض السن و تحديد اتجاه حركة المجاري المائية الجوفية المرتبطة بتكتونية هذا الحوض تغذية و تصريفاً.

طرائق البحث و مواد:

تقوم خطة البحث على مجموعة من الأعمال الحقلية التي تتضمن: جمع المعطيات من الآبار و الينابيع و تحليل الشقوق و الفوالق في منطقة الحوض. و تقوم أيضاً مكتبياً على أعمال تشمل على: تحليل المعطيات الهيدرولوجية، و المعطيات التكتونية باستخدام طرائق (Angelier 1984).

منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن الإحداثيات التالية: خط طول (15" 36°-55" 35°) وخط عرض (23" 35°-11" 35°)، في وسط السلسلة الساحلية (الشكل A-1)، التي تشكل نجداً وحيد الميل يميل باتجاه الغرب

1- الإطار الجيولوجي:

. يحد منطقة الدراسة من الشرق انهدام الغاب التابع لمنظومة فالق شرق المتوسط (الفالق المشرقي) ذو الحركة الازاحية اليسارية (Walley, 1994: McClusky et al., 2003). و يحدها من الغرب و الشمال الغربي البحر المتوسط و حوض اللاذقية النيوجيني و كتلة البايروسيطة الأفيوليتية.

الباليوجين: يتكشف الباليوجين بشكل محدود جداً في منطقة الدراسة إلى الشمال الشرقي من نبع السن على شكل تلال صغيرة (قرب قرية السخابية) وتتألف التشكيلة بشكل رئيس من المارل والحجر الكلسي الحواري. النيوجين و الرباعي: ويتكون النيوجين بشكل عام من المارل والحجر السلتي والكونغولوميرا و يتكشف بشكل محدود في منطقة الدراسة (Ponikarov, 1966). أما الرباعي عموماً فيتألف بشكل رئيس من كونغولوميرا وحصي، إضافة إلى الرمال والحجر الرملي. تنتشر توضعات على كامل السهل الساحلي أي إلى الغرب من منطقة الدراسة.

تكتونيا: يتميز غرب سورية بالبنيات التكتونية الرئيسية التالية: (الشكل 1-1)

(A) سلسلة الجبال الساحلية، حوض الالاذقية ومنطقة البايير - بسيط، تحدها البنيات الثلاثا لشرق المتوسط (الفالق المشرق) وحوض الغاب. تمثالا لسلسلة الساحلية صفيحة ترسوبية بعمرميزوزي -

سينوزيتميل نحو الغرب (Ponikarov, 1968)، أما منطقة البايير - بسيط

فتميز بوجود المعقد الأوفيوليتيالمعتلى على شمالالاصفيحة العربيةخلالالاسترخيتان الاوسط (Parrot J.F, 1977). أما حوضالالاذقيةفيمثلحوضاًنيوحينياًيتوضعبعدمتوافقلعلىالمنطقتينالسابقتين، الجبالالساحليةوالبايير - بسيط، (Aljasseem 2008; Al Abdalla A, 1969; A). تقع منطقة الدراسة في وسط السلسلة الساحلية، التي تعد نجد وحيد الميل (Ponikarov, 1968) يتراوح فيه ميل الطبقات بين الخفيف إلى المتوسط (5-20 درجة) باتجاه الغرب عموماً وتؤثر الفوالق المنتشرة في منطقة الدراسة على هذه الميول محليا (Ruske R., 1978). يمكن أن نميز بشكل عام على الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة بين مجموعتين من الفوالق (الشكل B-1): فوالق ذات اتجاه SW-NE واسعة الانتشار و فوالق ذات اتجاه NW-SE الأقل انتشارا. تتراوح رميات تلك الفوالق بين عدة أمتار إلى مئات الأمتار كما هي الحال في فالق السن. ويعتبر فالق السن هو الفالق الرئيسي في منطقة الدراسة. قدر (Ruske R. 1978) رمية فالق السن بحدود 900 متر اعتمادا على الخارطة البنيوية لسطح الجوراسي الأعلى في رقعة القرداحة. ان دراسة التطور التكتوني لمنطقة السلسلة الساحلية حسب (Al Abdalla A, 2008) تظهر أطوارا شديدة في الكريتاسي الأسفل مميز بفوالق NE-SW و في الكريتاسي الأعلى مميز بفوالق باتجاه اتجاه NW-SE و في الأيوسين مميز بفوالق باتجاه اتجاه W-E و بفوالق NE-SW في الميوسين الأوسط توجد في جوار حوض الالاذقية. و أطوارا ضغطية و ازاحية مترافقة مع نطاق تراكب منطقة البايير - بسيط على الصفيحة الرسوبية للسلسلة الساحلية في الميوسين الأسفل و لنشوء فالق شرقي المتوسط (الفالق المشرقي) في البليوسين الأسفل (McClusky et al., 2003; Al Abdalla A, 2008).

2- الإطار الهيدروجيولوجي

و تتوضع في منطقة الدراسة حوامل مائية مهمة هي غروز 1979، مولوف 1987 و عمار 2008: - الحامل المائي الجوراسي: إذإن توضعات الجوراسي ملائمة لنمو وتطور الكارست. إن معظم توضعات الجوراسي تسمح لقسم كبير من الهائل المطري بالتسرب خلالها إلى الأعماق حيث تتجمع هذه المياه فوق الطبقات الضعيفة النفوذية ليخرج بعضها من جديد عبر الشقوق والفجوات على شكل ينابيع صغيرة والقسم الآخر يغذي الحوامل المائية في المنطقة.

- الحامل المائي الكريتاسي:

تتميز توضعات الكريتاسي الأسفل (ابسيان-البيان) بمستويات مارلية ومارلية الدولوميتية الضعيفة التشقق والتي تعمل على حجز المياه المتسربة من الساقط المائي (المطري والتلجي) عبر الطبقات الكربوناتي المشققة

وظهورها على سطح الأرض من جديد على شكل ينابيع صغيرة ضعيفة التصريف أغلبها يجف خلال فصل الصيف. أما السينومانيان-تورونيان فيمثل حاملاً مائياً للمياه الجوفية في المنطقة حيث انتشار الكارست والشقوق، و خصوصاً تشكيل صنف (الحامل المائي الرئيسي) و التي تتدفق مياهها إلى السطح عبر الينابيع مختلفة الغزارة و أهمها نبع السن. اما السينونيان فهو ضعيف التخزين للمياه الجوفية.

- الحامل المائي الباليوجيني:

إن الطبيعة الليثولوجية لتوضعات الباليوجين تحد من انتشار الفجوات الكارستية ونموها، و تجعل وجود المستويات المائية فيها ضعيف إلى معدوم.

- الحامل المائي النيوجيني و الرباعي:

توجد توضعات النيوجين-الرباعي في مناطق السهل الساحلي (الشكل 1) وتشكل مصدراً مهماً للمياه في السهل الساحلي. وتختلف غزارة هذه الحوامل السطحية من مكان لآخر تبعاً لمصادر التغذية الآتية من السلسلة الجبلية وتبعاً لانتشار المستويات الغضارية الضعيفة النفوذية.

اهتمت عدة دراسات بالوضع الهيدروجيولوجي للمنطقة K و بأماكن بتصريف المياه و خصوصاً الينابيع تحت البحرية، نذكر منها (Selkhozpromexport 1979) الذي قام بتحديد تصريف المياه الجوفية للمنطقة على شكل ينابيع تحت بحرية بحوالي 1 بليون م³/سنة. العمل الأهم في هذا المجال هو عمل (IBG/DHV 2000) الذي حدد 29 نبعاً تحت بحري على طول 50 كم من بانياس حتى الحميدية جنوباً. اظهر هذا العمل أهمية الفوالق كقنوات لتدفق الجريانات الجوفية. (Irie and Alasd 2002) حددا مواقع لينابيع تحت بحرية في خليج الباصية قرب بانياس. و أظهر (Al Charidah A. 2007) أن مياه الينابيع تحت البحرية هي من أصل كارستي يؤدي التكتونيك دوراً مهماً في تشكيلها، و ان الاحتياطي المائي في حوض السن يقدر بحوالي 3.7 بليون م³ و إن مياه النبع لها نفس التركيب النظائري ($\delta^{18}O$) لمياه الأمطار الراشحة إلى الحوض.

النتائج و المناقشة:

1- الدراسة الهيدروجيولوجية

من خلال الأعمال الحقلية في حوض السن تم التوثيق الحقلية للمعطيات الهيدروجيولوجية في 31 بئر و 42 نبع طبيعي (الجدولان 1 و 2). حفرت الآبار في منطقة الحوض في ارتفاعات طبوغرافية تراوحت بين 200م و 300م ، و كانت 50% منها بأعماق اقل من 100م و 50% منها بين 100م و 300م وسطياً (الجدول 1). لوحظ أن اغلب الآبار المحفورة موزعة جغرافياً في غرب الحوض و اغلب الينابيع موزعة في شرق الحوض (الشكل 2). حوالي ال 60% من الآبار موجودة بالقرب من فالق السن (الشكل 2). اخترقت تلك الآبار تشكيلات جيولوجية من أعمار متفاوتة من الجوراسي /البئر 31/ حتى النيوجين /البئر 5/.

أما الينابيع فتوجد في تشكيلات جيولوجية، و تعود في اغلبها إلى السينومانيان (80%) و أهمها على الإطلاق نبع السن و 20% إلى الكريتاسي الأسفل (إسيان-البيان) مثل نبع بيت عانا الغربية في تشكيل عين البيضاء، و القليل النادر في الجوراسي مثل نبع خرايب سالم (الجدول 2). اظهرت الينابيع تصريفاً متفاوتاً تراوح بين الضعيف جداً (30 ل/ساعة، عين الريحانية في بيت ياشوط) إلى متوسطة (1800 ل/ساعة، عين بطة في نعمو الجرد)، و التصريف الأعلى في نبع السن و هو (18 م³/ثانية).

الجدول (1): الآبار المدروسة في حوض السن (الباحث).

ملاحظات	عمق المياه عن سطح الأرض/م	عمق البئر/م	ارتفاع فوهة البئر عن سطح البحر/م	إحداثيات البئر		موقع البئر	رقم البئر
				N	E		
	70	87	244	35°18'00.2	36°01'06.0	بسوطر	1
	65	90				بسوطر	2
	55	70				بسوطر	3
ظهر الماء على	177	350	300	35°19'15.5	36°04'30.2	عين سالم	4
ظهر الماء على 45م/مضغوطة	30	50	152	35°17'37.4	36°00'41.7	/البويتات	5
تصريف ضعيف	20	40	198	35°17'42.9	36°01'28.9	البويتات	6
	50	60	208	35°17'42.7	36°01'28.8	البويتات	7
على عمق 80م	30	45	198	35.17.45.9	36.01.44.1	البويتات	8
	90	110	220	35.17.47.8	36.01.58.5	البويتات	9
	45	60	200	35.17.43.2	36.01.47.3	البويتات	10
بئر ناجح	30	85	213	35.17.58.7	36.02.11.8	بتماننا	11
	50 و 19	56	213	35.17.58.1	36.02.14.3	بتماننا	12
	38 و 15	100	210			بتماننا	13
	30	200	219	35.18.00.3	36.02.23.1	بتماننا	14
	30	58	311	35.18.12.1	36.02.12.2	بتماننا	15
	40	70				بتماننا	16
	90	100	289	35.18.12.1	36.02.12.6	ظهر الديدبان	17
	86	95	292	35.18.05.0	36.01.40.3	ظهر بتماننا	18
	90	110	280	35.18.11.1	36.01.26.7	ظهر بتماننا	19
تكهفات بين 20 و 80م	80	100	163	35.15.03.7	35.58.38.8	قرقيص	20
مضغوطة	50	350	372	35.15.34.1	36.00.22.0	قرقيص-الزهراء	21
تكهفات بين 10 و 50م	295	315	348	35.16.04.5	35.59.26.8	قرقيص	22
	250	280	252			قرقيص	23
	70	110	196	35.19.44.2	36.01.26.6	ظهر بركات	24
مضغوطة	180	254	767	35.19.14.3	36.08.58.2	حلة عارة	25
	55	65	744	35.19.35.7	36.08.49.5	حلة عارة	26
	110	135	139	35.13.06.8	35.59.47.6	جنوب السن	27
	150	225	182	35.13.12.4	35.59.58.2	المضخة/بتلة	28
مضغوطة/ارتفعت المياه 80م	235	261	285	35.13.07.0	36.01.14.7	شافي روح	29
المياه السطحية 95م	285	325	350	35.13.05.8	36.02.16.5	بابلوطه	30
مضغوطة/ المياه 350 م 450	200	500	256	35.13.13.7	36.03.25.1	نعمو الجرد	31

الجدول (2): الينابيع المدروسة في حوض السن. قياس التصريف صيفا 2011 (الباحث).

ملاحظات	تصريف التبع لنيتر/ساعة	ارتفاع التبع عن سطح البحر/م	إحداثيات التبع		موقع التبع	رقم التبع
			N	E		
كارست		828	35.14.32.5	36.06.12.5	عين غنام	1
	200	732	35.14.34.2	36.05.45.3	عين الخرنوبية	2
	300	757	35.14.58.5	36.06.55.2	عين بيت عانا الغربية	3
		798	35.14.53.7	36.07.15.9	عين بيت عانا الوسطانية	4
كارست+فالق عادي	780	1016	35.14.30.2	36.08.02.1	عين بيت عانا الشرقية	5

	750	880	35.14.11.2	36.08.23.8	نوع الدالية	6
مغارة كارستية	120	1056	35.14.10.9	36.08.25.4	نوع معين الغربية	7
	جافة	1100	35.14.51.7	36.09.45.0	عين خرايب سالم	8
	300	550	35.17.33.4	36.04.52.9	عين حمام القرحلة	9
كارست+شقوق	240	613	35.17.27.1	36.04.57.3	عين قبية/حمام القرحلة	10
4 ينابيع متقارية	2000	598	35.16.58.5	36.05.14.2	نوع جيبول	11
	100	663	35.16.53.0	36.05.33.4	دوير بسنديانة	12
	360	764	35.16.41.2	36.06.31.0	عين بسنديانة1	13
	45	774	35.16.31.3	36.06.34.1	عين بسنديانة2	14
	600	635	35.17.50.8	36.06.25.6	عين فتوح/بشراغي	15
فالق عادي	360	450	35.18.24.6	36.05.20.5	عين قطعة التحتانية	16
	90	552	35.18.12.2	36.05.31.5	عين جوية/لرمينة	17
		606	35.18.24.9	36.05.49.6	عين الريحانية/لرمينة	18
		484	35.18.38.5	36.06.38.1	عين جعفر/بيت ياشوط	19
	360	318	35.17.26.6	36.03.15.8	عين ديرينة	20
	1300	560	35.14.05.0	36.05.35.1	عين سنير/القلع	21
مغارة كارستية		661	35.14.13.6	36.05.55.1	عين البعيدة	22
مضغوطة؟		46	35.16.22.0	35.57.52.2	عين الدلب/العقيبة	23
	30	503	35.18.18.0	36.07.00.6	عين ريحانية/ياشوط	24
		354	35.19.24.7	36.06.48.2	عين الفحل/ياشوط	25
	120	858	35.16.57.0	36.07.50.4	نوع بسمالخ	26
		1055	35.17.31.2	36.09.09.0	عين الضيعة/بشيلي	27
		1081	35.17.34.5	36.09.16.3	عين الجوزة/بشيلي	28
		1080	35.17.39.7	36.09.33.5	عين التوت/بشيلي	29
	جافة	1125	35.17.25.8	36.09.35.8	عين جديدة/بشيلي	30
	جافة	747	35.19.14.7	36.08.58.0	عين مدخل حلة عارة	31
		925	35.20.02.1	36.09.33.6	عين النبوة/حلبكو	32
		823	35.19.55.2	36.09.10.5	عين التحتي/حلبكو	33
		906	35.20.10.1	36.09.53.1	عين السنديانة/حلبكو	34
	180	1201	35.20.18.5	36.11.14.5	عين الرمان/المنيزلة	35
	1800	486	35.13.09.5	36.03.42.4	عين بطة/نعمو الجرد	36
	360 <	674	35.12.46.5	36.05.16.2	عين المرانة	37
	120	595	35.12.26.4	36.05.09.0	عين التوبة/العنزة	38
	360	607	35.11.27.7	36.04.33.1	عين التلعة/العنزة	39
	180	561	35.11.26.9	36.04.32.5	عين الضيعة/العنزة	40
	600	305	35.11.29.9	36.04.36.5	عين بستان الحمام	41
كارست+شقوق	43200000	70			نوع السن	42



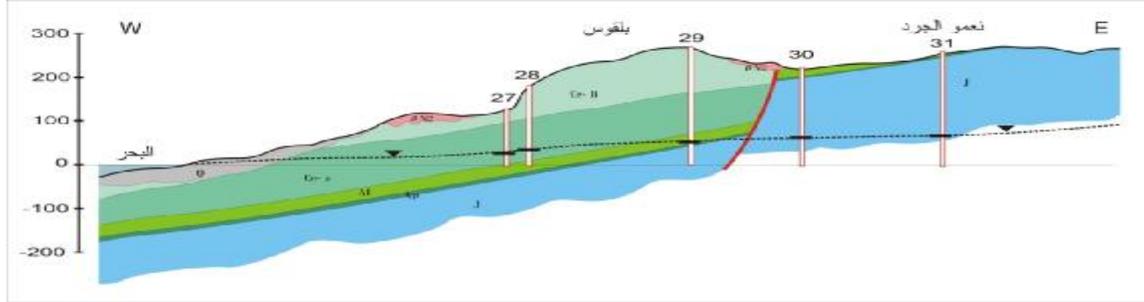
الشكل (2): خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة تظهر توزيع الآبار و الينابيع الموثقة حقلياً. (a-b المقطع المبين في الشكل3).

إن معطيات تصريف الينابيع في شرق الحوض (الجدول2) تشير بوضوح إلى أنها تنتمي لحوامل مائية سطحية في تشكيلات الكريتاسي (ابسيان-البيان والسينومانيان). تعتمد تغذية هذه الحوامل المائية تماماً على الهائل المطري حيث يضعف تصريفها أو تجف خلال فصلي الصيف و الخريف. و تؤدي المستويات غير النفوذة أو ضعيفة النفوذية دوراً أساسياً في حجز مياه الهائل المطري. أما نبع السن ذو التصريف الكبير و الدائم فينتمي إلى حامل مائي آخر أعمق من الحوامل المائية السابقة، ويعتمد في تغذيته على هائل مطري من المفترض أن يكون على مساحات أكبر بكثير من مساحة انتشار صخور السينومانيان التي ينبع منها. إن معطيات الآبار (27-28-29-30-31) تشير إلى وجود حامل مائي ذو منشوب يتوافق مع نبع السن و يمتد شرقاً في تشكيلات الجوراسي الأدنى-أوسط. الأمر الذي يؤكد ارتباط نبع السن بحامل مائي رئيس جوراسي. بالاعتماد على ما سبق من دراسة الآبار و الينابيع في حوض السن يمكننا تصنيف الحوامل المائية في منطقة الحوض إلى حامل رئيس و حوامل ثانوية:

1-الحامل الرئيس في حوض السن:

هذا الحامل يغذي نبع السن، و يمتد على كامل منطقة الحوض في كافة التشكيلات من الجوراسي حتى النيوجين كما يظهر في المقطع الجيولوجي شرق-غرب في الشكل (3). حيث يمكن اعتبار هذه التشكيلات وسطاً صخرياً واحداً و متصلاً، على الرغم من الاختلافات الليتولوجية، داخلياً عن طريق الفوالق و الشقوق و سطوح التطبق المائلة غرباً. إن صخور الجوراسي المشققة و الكارستية الموجودة في شرق الحوض و التي تنتشر على

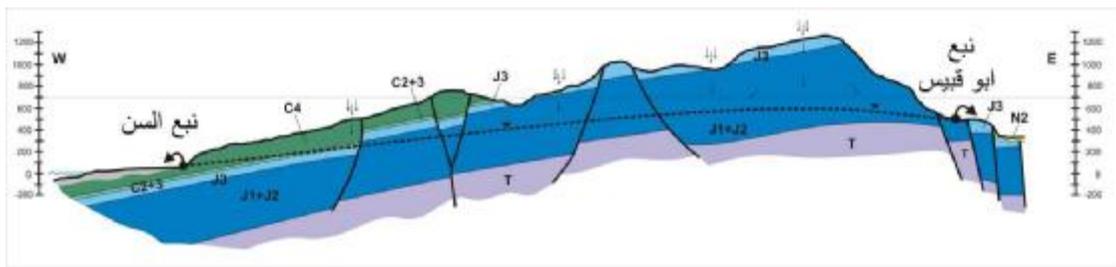
مساحات واسعة (الشكل 1) هي الحامل الرئيسي للمياه في حوض السن. يتغذى هذا الحامل من مياه الأمطار الهائلة في المنطقة و الثلوج على القمم الجبلية (الجوراسية خصوصاً).



الشكل (3): مقطع جيولوجي يظهر الحامل المائي الرئيسي في حوض السن. المقطع a-b في الشكل 2

تؤدي الفوالق و الشقوق و سطوح التطبق و الكارست المتطور خلالها دوراً في جعل هذا الحامل المائي الجوفي الجوراسي أساسياً تغلغل و ينتشر إلى كافة التشكيلات الجيولوجية الأحدث. إن تنوع التركيب الليتولوجي شاقولياً أو أفقياً لصخور هذا الحامل من سحنات جوراسية إلى كريتاسية و ما بين صخور مسامية نفوذه و أخرى كثيفة تجعل المستوى البيزومتري لهذا الحامل حراً نسبياً في مناطق (شرق الحوض) و مضغوطاً نسبياً في أخرى (غرب الحوض). تعد الينابيع في غرب حوض السن مثل نبع السن و الينابيع تحت البحرية (Al Charidah A. 2007 إبراهيم و عمار، 1998) من مناطق تصريف الحامل الرئيس لحوض السن.

إن ما يؤكد أيضاً فكرة وجود هذا الحامل الرئيس هو وجود ينابيع دائمة ذات تصريف كبير نسبياً تقع شرق الحوض في صخور تعود للجوراسي الأدنى - أوسط و مرتبطة بوجود الفوالق و تطور الكارست. من أهم هذه الينابيع نبع أبو قبيس ذو التصريف (730 ل/ثا). يبين الشكل (4) مقطعاً جيولوجياً E-W في السلسلة الساحلية ممثلاً عليه الحامل المائي الرئيس الجوراسي المغذي لنبعي السن و أبو قبيس.



الشكل (4): مقطع جيولوجي في السلسلة الساحلية يظهر الحامل المائي الرئيس الجوراسي المغذي لنبعي السن و أبو قبيس المقطع a-b في الشكل 1-A.

2- الحوامل المائية الثانوية في منطقة السن:

وهي حوامل مائية سطحية حرة تنتشر في التشكيلات القريبة من السطح فقط، بسبب وجود مستويات كثيفة تمنع تغلغل المياه في الأعماق. تتغذى هذه الحوامل على الهطولات المطرية، و تكون مناطق تصريفها الينابيع الموسمية. الأمثلة عليها كثيرة في المنطقة، منها مجموعة ينابيع بيت عانا في تشكيلة عين البيضاء (البيان) و عين معرين الغربية في صخور الجوراسي الأعلى و عين الريحانية في تشكيلة باب عبد الله (سينومانيان أعلى). تؤدي

الفوالق و الشقوق و الكارست المرتبط بهما دوراً مهماً في الحركة الأفقية و الشاقولية و تصريف المياه لهذه الحوامل كما سنرى لاحقاً. و هنا يمكن تقسيم الحوامل المائية الثانوية في منطقة السن حسب التشكيلات الجيولوجية الموجودة فيها إلى :

حوامل جوراسية: و ترتبط بها بعض الينابيع الموسمية المرتبطة بالتشققات و الكارست في أعلى سطح الطبقات المارلية الكتيمة.

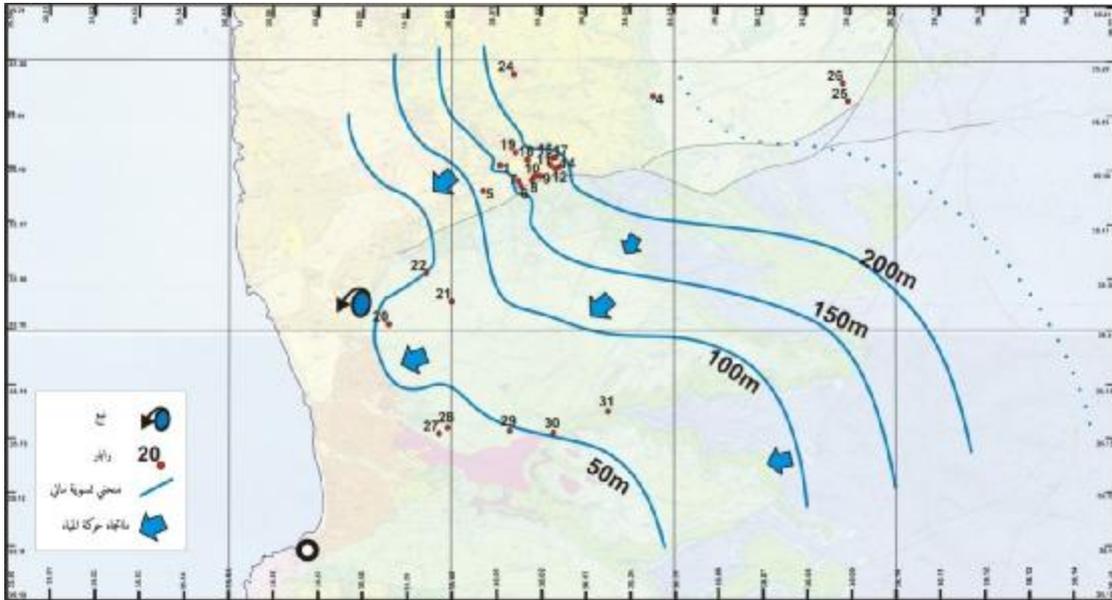
حوامل الكريتاسي الأسفل: حيث تتميز توضعات (ابسيان-البيان) بمستويات مارلية و مارلية دولوميتية ضعيفة التشقق والتي تعمل على حجز المياه المتسربة من الساقط المطري عبر الطبقات المشققة و ترتبط بها ينابيع صغيرة ضعيفة التصريف أغلبها يجف في الصيف.

حوامل الكريتاسي الأعلى: حيث تتميز توضعاته بتتابع طبقات سميكة كلسية و كلسية مارلية و مارلية في السينومانيان-تورونيان مما يجعل منها حاملاً مائياً جيداً للمياه الجوفية في المنطقة أما طبيعة التوضعات المارلية الغضارية في السينونيان فتجعله ضعيف التخزين للمياه الجوفية عموماً.

حوامل الباليوجين: ذات مستويات مائية ضعيفة.

حوامل النيوجين و الرباعي: تتوضع على أعماق بسيطة من سطح الأرض وتشكل مصدراً مهماً للمياه في السهل الساحلي.

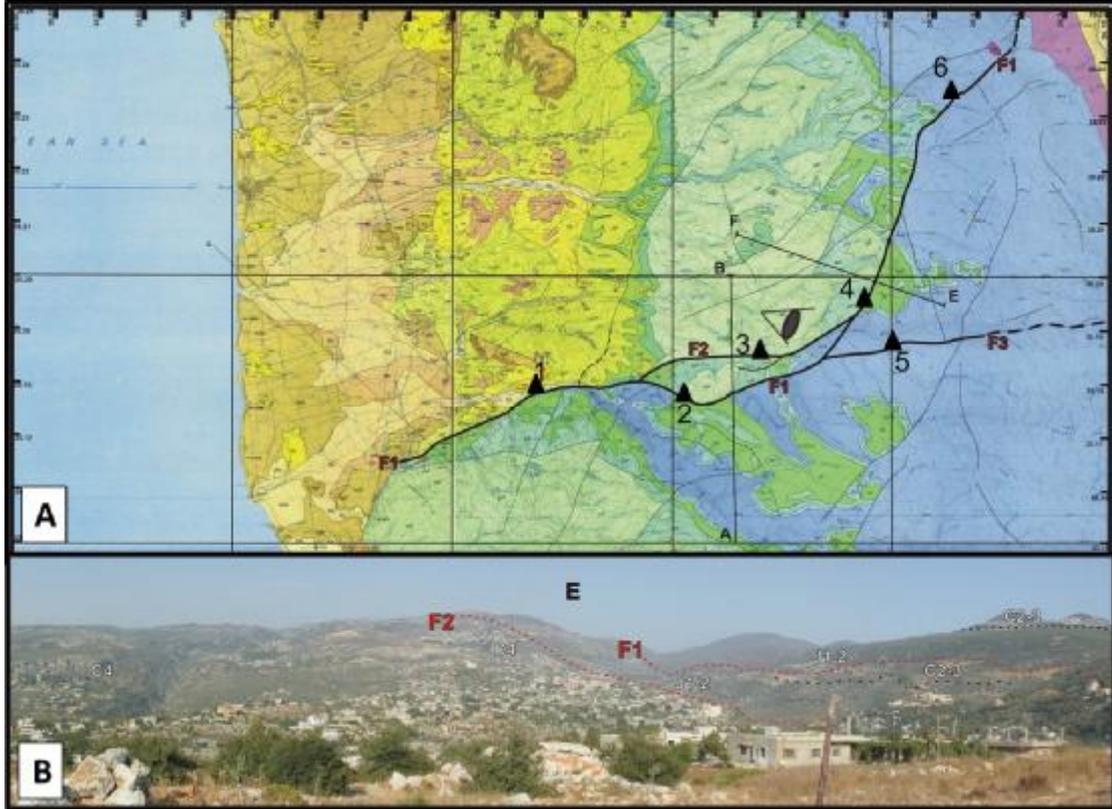
تبين من دراسة الحامل الجوفي الرئيسي في حوض السن من خلال معطيات الآبار و خارطة تساوي المناسيب المائية لهذا الحامل أن حركة المياه الجوفية هي باتجاه الجنوب الغربي (الشكل 5). يتميز هذا الحامل بميول في السطح البيزومتري باتجاه الغرب عموماً بزاوية ميل تقريبي يتراوح بين 0.2 درجة إلى 0.4 درجة.



الشكل (5): خارطة المناسيب المائية للحامل المائي الرئيسي في حوض السن.

تتوزع في منطقة الدراسة شبكة من الفوالق و الشقوق في عدة اتجاهات. و تكون بمقاييس متفاوتة من عدة أمتار إلى عدة كيلومترات. بالنسبة للفوالق نجد أنها تأخذ في معظمها اتجاهات رئيسة NE-SW و اتجاهات اقل اهمية NW-SE و E-W (الشكل6). اهم هذه الفوالق على الاطلاق هو فالق السن.

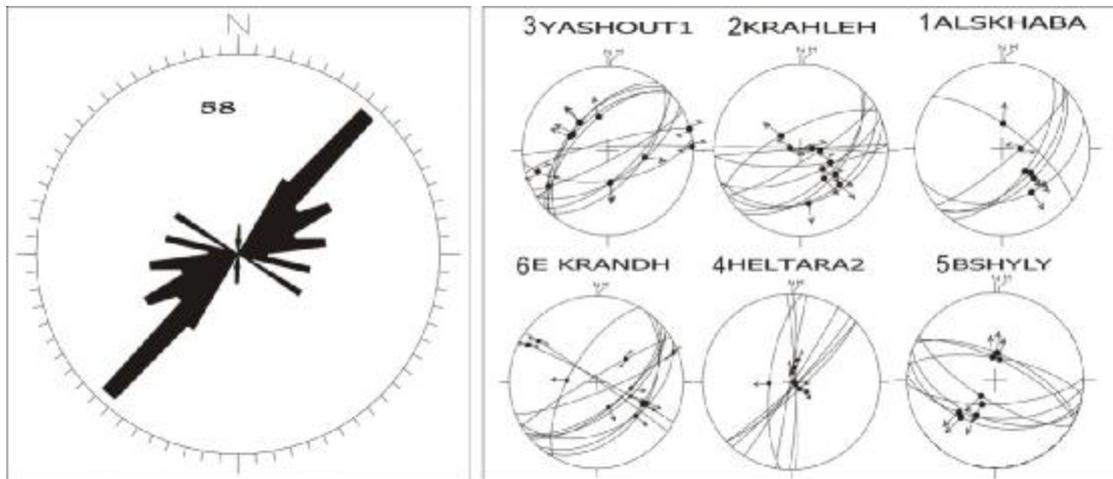
فالق السن: يتكون فالق السن من فالق أساسي و تفرعات له. يمتد الفالق الأساسي لمسافة تقدر ب 34 كم (عدا الجزء المغطى بتوضعات الرباعي في الغرب و قد يكون له امتداد أيضاً تحت البحر) و ذلك من قرب مجموعة ينابيع السن غرباً و حتى انهدام الغاب في الشمال الشرقي من منطقة البحث (اشيراليه على الشكل6 بالرمز F1). يبدي هذا الفالق انحرافاً مهماً في الاتجاه بحدود 120° درجة في منتصفه، إلى الشرق من بلدة بيت ياشوط، من الاتجاه شرق-غرب تقريباً إلى الاتجاه شمال شرق-جنوب جنوب غرب. يتفرع عن فالق السن الرئيسي هذا فرع يمتد لمسافة حوالي 8 كم من شمال قرية الجبيلة (بحوالي 1.5 كم) في الغرب حتى قرية حلة عارا في الشرق (أشيراليه على الشكل6 بالرمز F2). يتوضع هذا الفرع الفالقي في منطقة انحراف فالق السن (F1). يتصل بفالق السن (F1) أيضاً فرع آخر يمتد ضمن توضعات الجوراسي باتجاه الشرق (F3) يصعب متابعة امتداد هذا الفرع حقلياً بسبب كثافة الغطاء النباتي و لقلة التكتشفات الصخرية.



الشكل6: A-خارطة جيولوجية لمنطقة البحث بمقياس 50000/1 تظهر توزيع و امتداد فالق السن. B- صورة تظهر فالقي السن إلى الشرق من قرية بيت ياشوط.

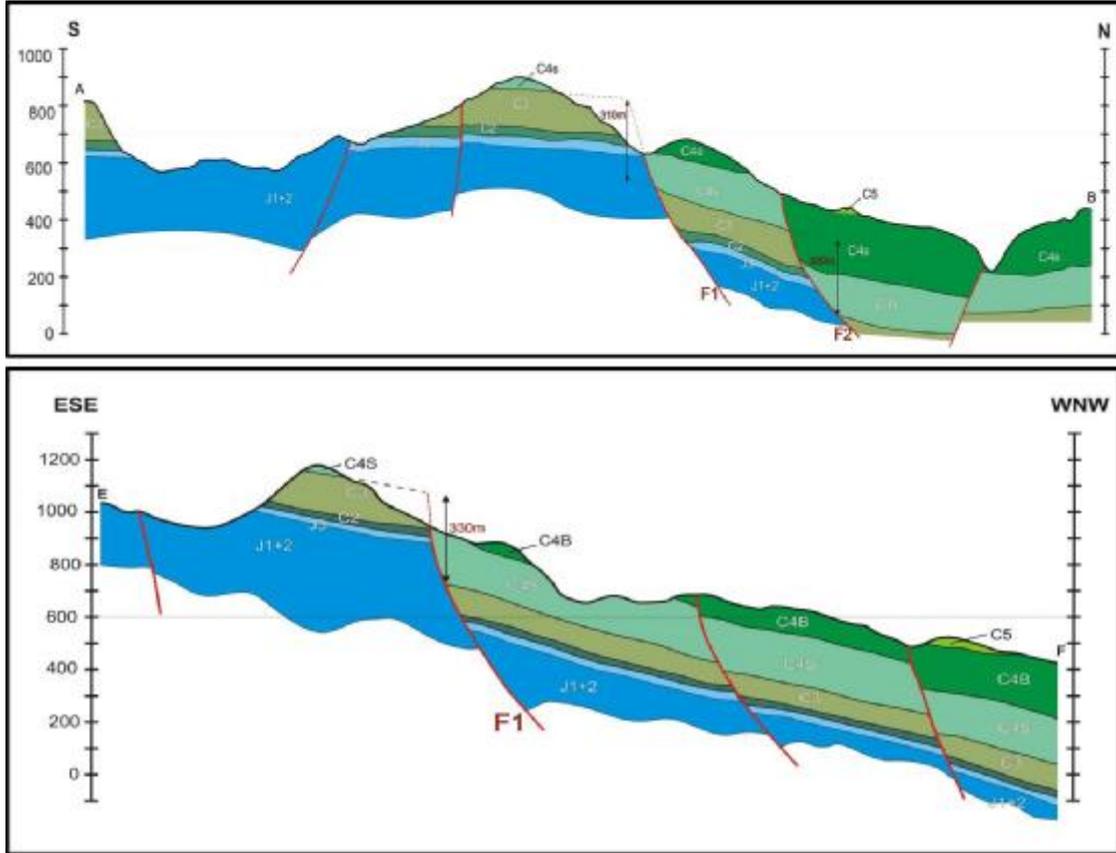
نوع فالق السن: في هذا العمل تم تحديد نوع فالق السن بناء على عدة محطات قياس تقع في نطاق الفالق تماماً (الشكل6). و هي 6 محطات قياس، و يعود ذلك إلى قلة التكتشفات في نطاق الفالق تماماً، في بعض حالات تكشفه تكون آثار الحركة على سطوح الفوالق مزالة بعوامل الحت و التعرية و خصوصاً في تكتشفات الجوراسي

المدمت بشدة. في كل الأحوال إن توزع المحطات في أماكن مختلفة و في أعمار جيولوجية مختلفة على طول نطاق الفالق من الغرب و حتى الشمال الشرقي تعطي موثوقية أكبر لنتائج القياس من ناحية إحصائية، و خصوصا أنها أعطت نتائج متطابقة. يظهر الشكل (7) نتائج القياسات في كل محطة قياس على شكل إسقاط ستريوغرافي على شبكة شميدت (نصف الكرة السفلي)، و على شكل وردة اتجاهات الفوالق المقاسة في جميع المحطات. تظهر جميع المحطات أن نطاق فالق السن هو نطاق لفالق عادي صرف يتراوح اتجاهه بين N-S إلى E-W مع اتجاه رئيس N50 كما تظهر ردة اتجاهات الفوالق المقاسة أن فالق السن هو نطاق من الفوالق العادية (Normal Faults) تراوح زاويا ميول سطوحها بين 45 درجة كما هي الحال بالقرب من حمام القراحلة إلى 80 درجة، كما هي الحال بالقرب من حلة عارا. على الرغم من ان ميول سطوح الفوالق في محطات القياس كانت على نحو متقابل Conjugate (faults) فإن ميول الفوالق الرئيسة الكبيرة تكون نحو الشمال و الشمال الغربي.



الشكل 7: نتائج القياسات التكتونية لست محطات قياس في نطاق فالق السن. إلى اليمين: إسقاط ستريوغرافي على شبكة شميدت (نصف الكرة السفلي) للفوالق العادية المدروسة. إلى اليسار: وردة اتجاهات الفوالق العادية (في جميع المحطات). انظر الشكل 8 لتحديد مواقع محطات القياس.

بناء على نتائج دراسة تحديد نوع فوالق السن و على قياس ميول التشكيلات الجيولوجية على جوانب الفوالق و على معرفة سماكة هذه التشكيلات (السماكات مأخوذة من عمل Ruske R., 1978)، قمنا بإنشاء مقطعين جيولوجيين يظهران بنية المنطقة و رميات فوالق السن (الشكل 8).



الشكل 8: مقاطع جيولوجية تظهر بنية المنطقة المدروسة و نوع فوالق السن و رميتها. انظر الشكل 7 لتحديد امتداد المقطعين.

يبين المقطعين أن رمية الفالق F1 تتراوح بين 310-350م و رمية الفالق F2 تصل حتى 300م. إن هذه الفوالق تسمح بوجود تماس مباشر أفقي بين صخور و تشكيلات الجوراسي و صخور و تشكيلات الكريتاسي (السينومانيان بشكل خاص). الأمر الذي يسمح بوجود علاقة اتصال هيدروجيولوجية تفاعلية بين المستويات المختلفة الحاملة للمياه في منطقة حوض السن. و من هنا تأتي أهمية دراسة توزع الفوالق و الشقوق و تأثيرها في المنظومة الهيدروجيولوجية من حيث التحكم بتغذية الحوامل المائية و التحكم باتجاه الجريان الجوفي.

التحليل التكتوني:

في هذا العمل من منظور إلى تحليل الفوالق أنماط الحركة عليها و حقول الإجهاد المرافقة لها،

وإنما فقط تحليل الاتجاهات البنوية الرئيسية (الاتجاهات العامة للشقوق و الفوالق التي يمكن أن تشكل ممرات مفضلة في حركة المياه الجوفية في منطقة حوض السن). تم في هذا العمل دراسة قياس عناصر التوضع البنوية لسطوح الطبقات و الشقوق و الفوالق /سموت الاتجاه و زوايا الميل/، و ملاحظة آثار تطور الكارست و حركة المياه على السطوح المذكورة من آثار التجوية المائية الجوفية و التغذية السطحية الراشحة الدالتين على اتجاه حركة المياه. و التوثيق الحقل للسطوح المذكورة مع المصادر المائية الجوفية/الينابيع/. من أجل تحقيق ذلك تم توزيع محطات القياس في منطقة الدراسة عموماً و تمت دراسة الفوالق و الشقوق في أغلب المواقع المائية المشار إليها سابقاً (الينابيع). تتوزع محطات القياس (31 محطة) في كامل المنطقة و في معظم التشكيلات الجيولوجية من الجوراسي حتى النيوجين. تم

تقسيم المحطات إلى محطات قياس مرتبطة بشكل مباشر بالمصادر المائية و محطات قياس غير مرتبطة بشكل مباشر بالمصادر المائية.

محطات القياس المرتبطة مباشرة بالمصادر المائية

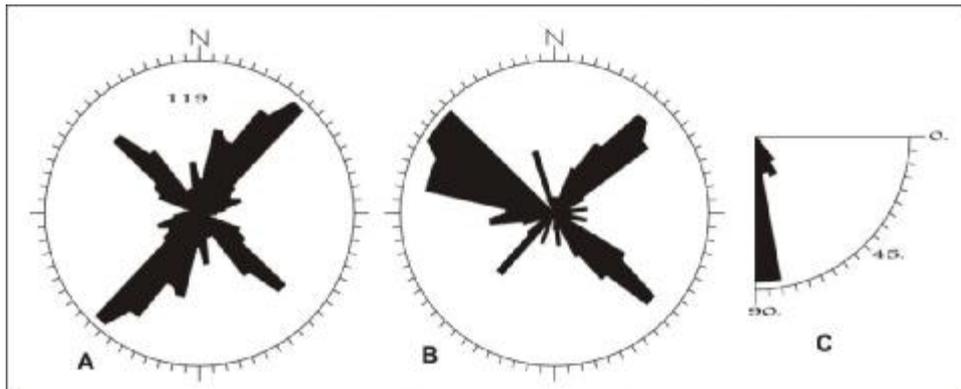
بلغ عدد محطات القياس المتاخمة تماماً للينابيع 11 محطة وهي /عين غنام - بيت عانا- حمام القراحله- جيبول- عين قطعة- عين جويب- الريحانية- عين جعفر- وادي القلع- بيت ياشوط- حلة عارا/. تعود أعمار الصخور في هذه المحطات إلى الابسيان-البيان و السينومانيان.

أظهرت ورده اتجاهات الشقوق في هذه المحطات الاتجاهات التالية (الشكل 9-A):

1- الاتجاه الرئيس (NE-SW) من 030 إلى 045 درجة شمالاً.

2- الاتجاه الثانوي (SE-NW) من 130 إلى 145 درجة شمالاً.

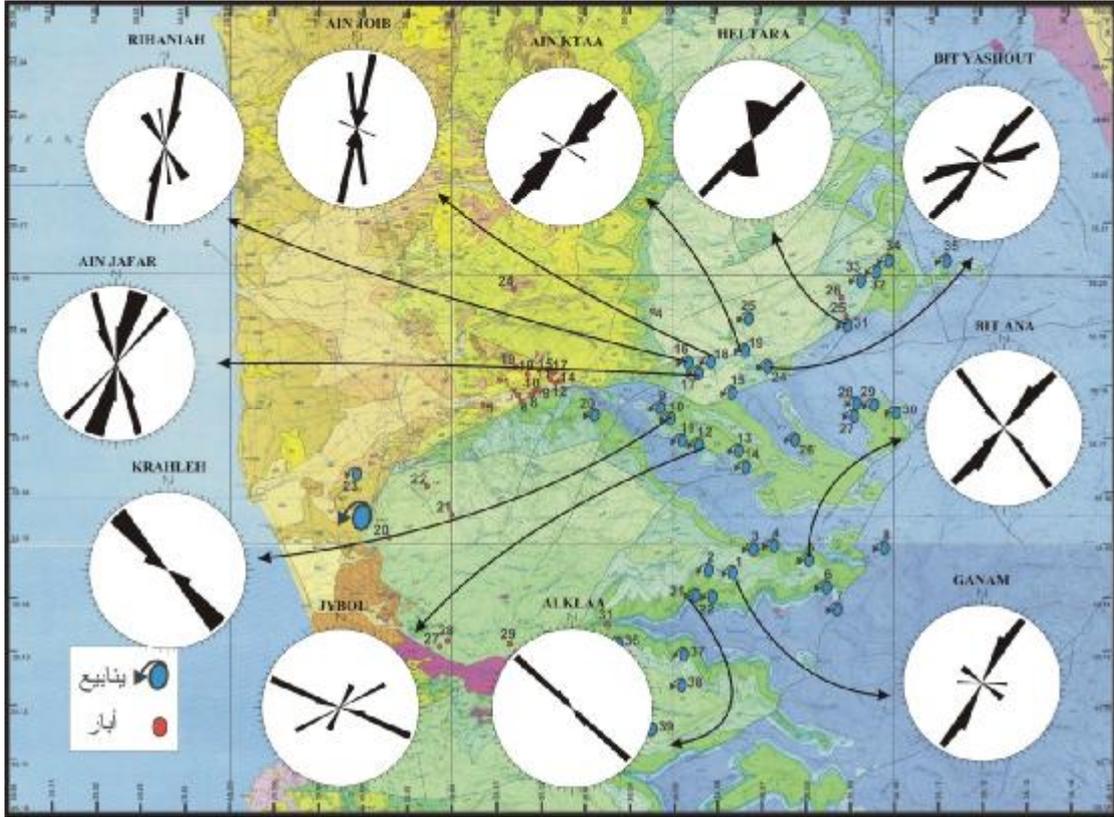
مع اتجاهات ثانوية أقل أهمية (SSE-NNW) من 170 إلى 175 درجة شمالاً و (ENE-WSW) من 075 إلى 085 درجة شمالاً. أما ورده جهات الميل لسطوح الشقوق (الشكل 9-B) فتبين وجود جهة ميل رئيسية للشقوق نحو الشمال الغربي و جهة ميل ثانوية نحو الجنوب الشرقي بالنسبة لمجموعة الشقوق ذات الاتجاه الرئيسي (NE-SW). أما الاتجاه الثانوي (SE-NW) فيتميز بجهة ميل رئيسية مسيطرة نحو الشمال الشرقي. تبين ورده زوايا الميل للشقوق أنها تتراوح بين 60 و 90 درجة (الشكل 9-C).



الشكل 9: ورده اتجاهات الشقوق و الفوالق (على شبكة شميدت) المرتبطة مباشرة بالمصادر المائية.

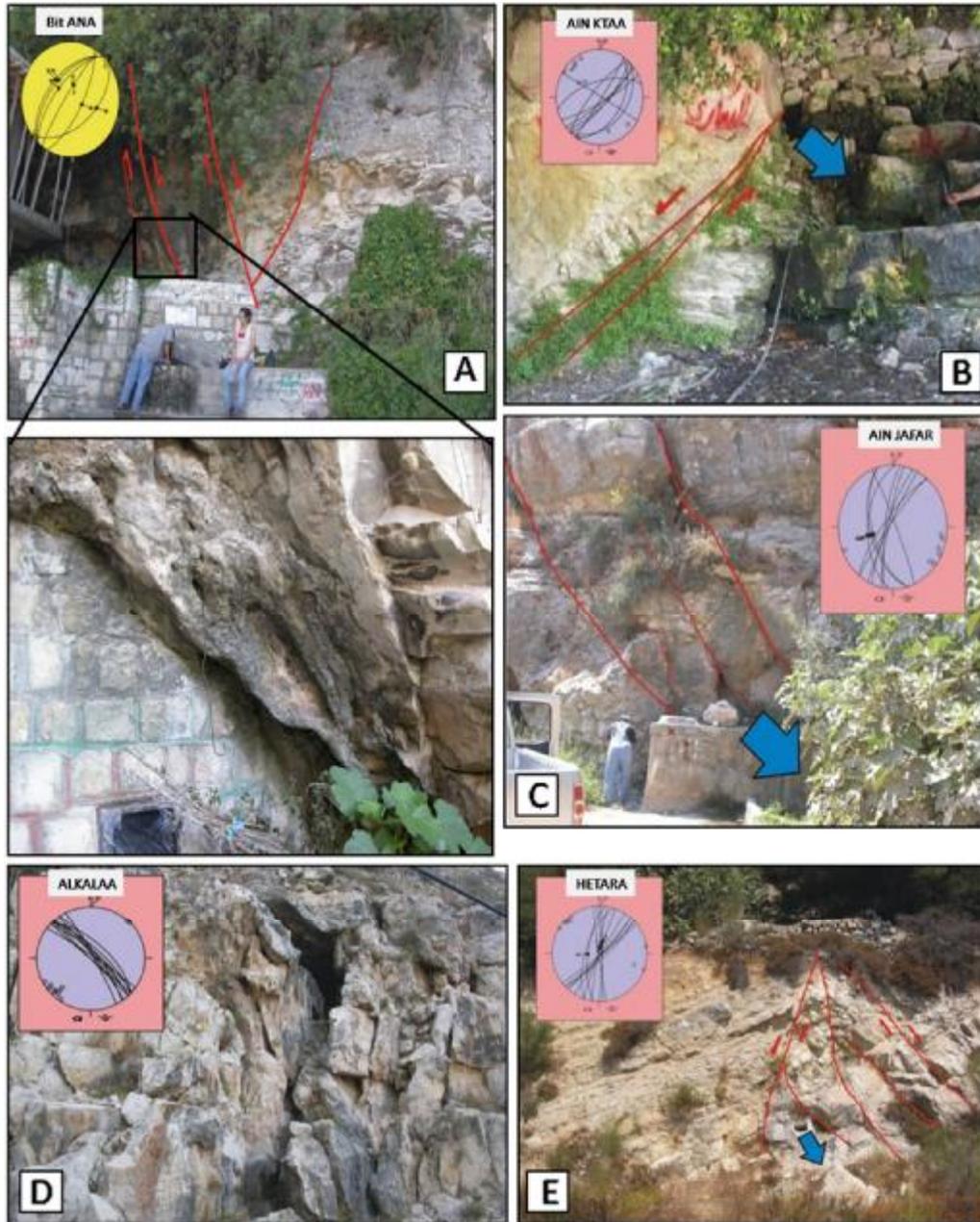
A- ورده اتجاه الشقوق B- ورده سموت ميل سطوح الشقوق C - ورده زوايا الميل.

يتطابق الاتجاه الرئيسي (NE-SW) للشقوق مع الاتجاه الرئيسي للفوالق المدروسة في نطاق فالق السن (الشكل 7)، مما يدل على ارتباط هذه المجموعة منشئياً بفوالق السن و خصوصاً أن جهة الميل الرئيسية لها نحو الشمال الغربي متطابقة مع جهة الميل لفوالق السن (الشكل 8). يظهر الشكل 12 و الشكل 13 أمثلة على إسقاط الشقوق و الفوالق (على شكل وردات اتجاه و دوائر كبيرة على شبكة شميدت) للمحطات المدروسة في التكتشفات الحاوية على الينابيع. يبين هذا الشكل 10 أن هذه المحطات موزعة في وسط و شرق الحوض حيث توجد المصادر المائية.



الشكل 10: توزيع محطات القياس المرتبطة مباشرة بالمصادر المائية ونتائج القياسات على شكل وردات اتجاه الشقوق و الفوالق.

كانت الينابيع في عدة محطات للقياس موجودة تماماً في النطاق الفالقي أو نطاق التشقق (الشكل 11) و أظهرت الشقوق و الفوالق المدروسة آثاراً واضحة لحركة المياه الجوفية بشكل شبه افقي (الشكل A-B-E/11) و تظهر الطبقات آثاراً أفقية لحركة المياه الجوفية. تتراوح الفرجة او عرض الشق بين أجزاء الميليمتر (بيت عانا) الى اكثر من 30 سم (وادي القلع) (الشكل D-11) و أحياناً تتطور إلى فجوات كارستية مفتوحة. بينت عدة محطات قياس ارتباط الينابيع مباشرة و ظهورها الى السطح عن طريق فوالق عادية و شقوق ذات اتجاهات تتطابق مع الاتجاه الرئيسي NE-SW الظاهر على وردة الاتجاهات في الشكل 9. مثال ذلك محطات القياس في بيت عانا و حلة عارا و عين قطعة و بيت ياشوط. و هذا ما يدل على أن الشقوق و الفوالق NE-SW تؤدي دوراً في حركة المياه الجوفية و نقلها. أما الاتجاهات الأخرى للشقوق و الفوالق فكانت علاقتها مع الينابيع أقل وضوحاً و أظهرت في بعض المحطات آثار تسرب للمياه شاقولياً مثل محطة قياس وادي القلع.



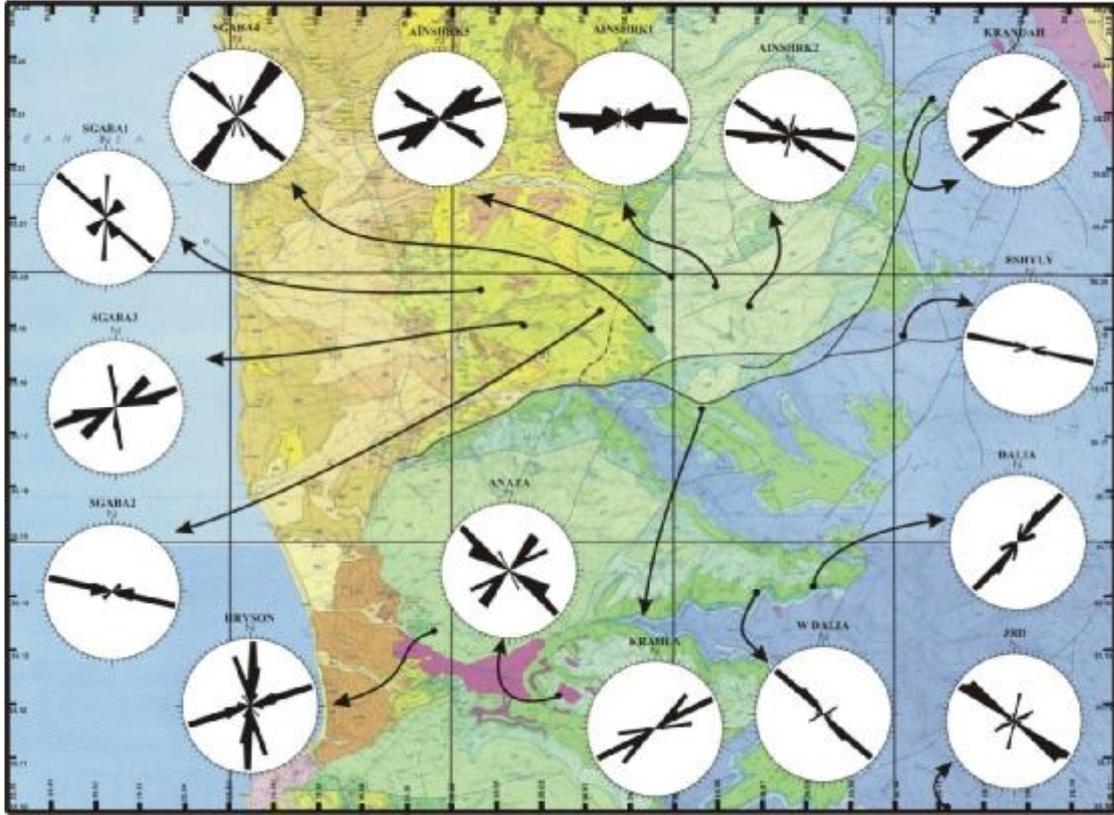
الشكل-11: أمثلة عن اسقاط الشقوق و الفوالق (دوائر كبيرة على شبكة شميدت) المرتبطة بالينابيع المدروسة.

A - بيت عانا، B-عين قطعة، C- عين جعفر، D-حلة عارا، D- وادي القلع.

محطات القياس غير المرتبطة مباشرة بالمصادر المائية

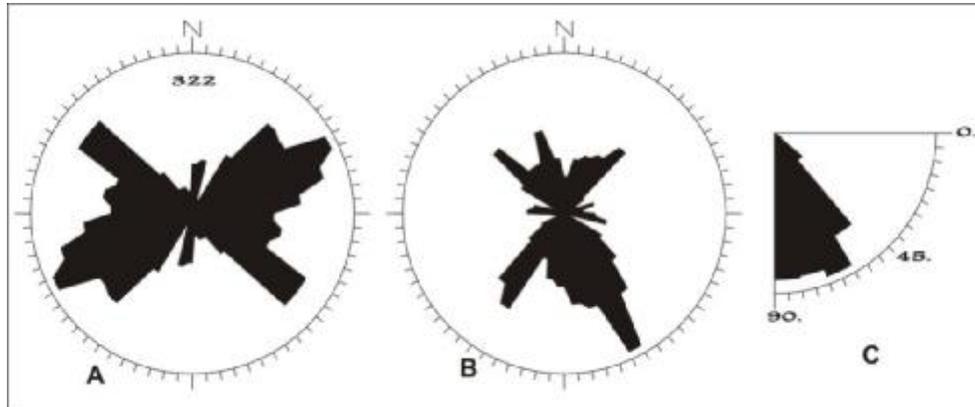
بلغ عدد محطات القياس غير المتاخمة للينابيع 15 محطة وهي تعود لأعمار صخرية من الجوراسي حتى الماسترختيان (الشكل12). أظهرت وردة اتجاهات الشقوق و الفوالق في هذه المحطات الاتجاهات التالية (الشكل13-A):

- 1- الاتجاه الرئيسي (NE-SW) إلى (ENE-WSW) من 045 إلى 080 درجة شمالا. يرتبط بفالق السن.
- 2- الاتجاه الرئيسي (NW-SE) من 125 إلى 135 درجة شمالا.
- 3- الاتجاه الثانوي (S-N) من 00 إلى 010 درجة شمالا.



الشكل 12: توزيع محطات القياس المرتبطة مباشرة بالمصادر المائية ونتائج القياسات على شكل وردات اتجاه الشقوق و الفوالق.

تبين وردة سمت الميل اتجاهات ميل نحو الجنوب الشرقي، الشمال الغربي بالشمال الشرقي والجنوب الغربي (الشكل B-13). أما وردة زوايا الميول فتبين أن ميول الشقوق تتراوح بين 45 و 90 درجة (الشكل C-13).
تبين وردة اتجاه الشقوق و الفوالق في محطات القياس غير المرتبطة مباشرة بالمصادر المائية ووردة اتجاه الشقوق و الفوالق في محطات القياس المرتبطة بالمصادر المائية في حوض السن وجود تطابق في الاتجاهات الرئيسية لمجموعات الشقوق و الفوالق. إن الاتجاه الرئيس (NE-SW) إلى (ENE-WSW) الممثلة على وردة اتجاه الشقوق و الفوالق في محطات القياس في منطقة الدراسة تتوافق مع اتجاهات فوالق السن الممثلة على الخارطة الجيولوجية للمنطقة (الشكل 6) و وردة اتجاهاتها في الشكل 7.

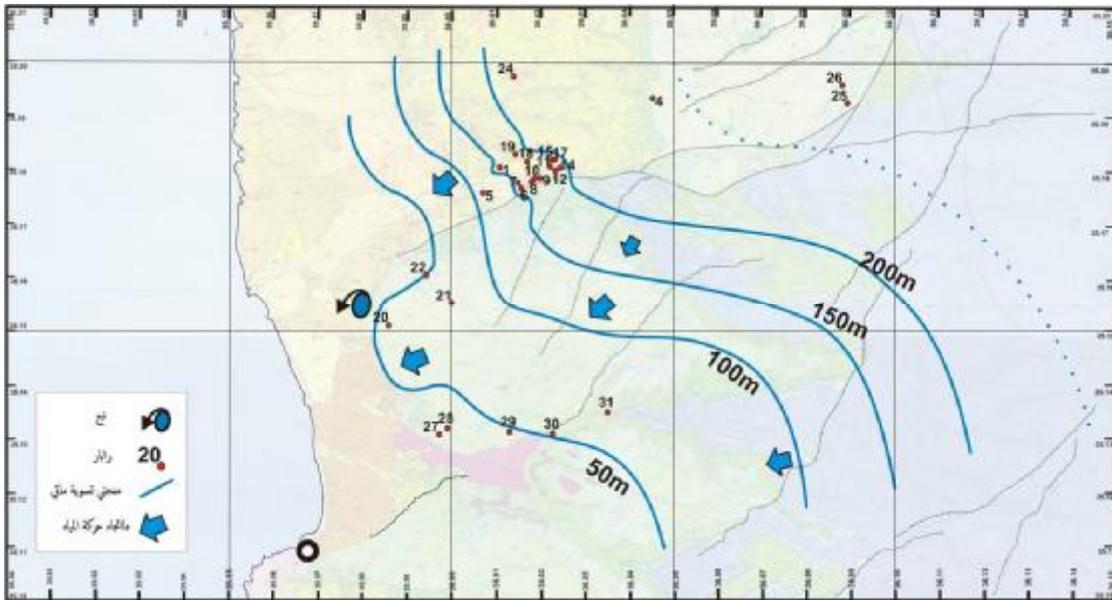


الشكل 13: وردة اتجاهات الشقوق و الفوالق (على شبكة شميدت) غير المرتبطة مباشرة بالمصادر المائية.

A- وردة اتجاه الشقوق B- وردة سمت ميل سطوح الشقوق C - وردة زوايا الميول.

العلاقة بين التكتونيك و الهيدروجيولوجيا

تبين من دراسة الحامل الجوفي الرئيسي في حوض السن من خلال معطيات الآبار أن حركة المياه الجوفية هي باتجاه الجنوب الغربي و الغرب. وهذه الحركة متوافقة تماما مع الاتجاهات العامة لجمل الشقوق و الفوالق NE-SW و ENE-WSW المرتبطة بفالق السن (الشكل 14). و بذلك نرجح ان هذه الشقوق و الفوالق تؤدي دوراً مهماً في نقل المياه من مناطق التغذية (المرتفعات الجوراسية) في الشرق و الشمال الشرقي إلى مناطق التصريف المنخفضة طبوغرافياً في الغرب كما في نبع السن و الينابيع تحت البحرية قبالة الشاطئ. يؤدي نطاق فالق السن و جمل الشقوق المرتبطة به و عمليات الكارست المتطورة خلالها دوراً مهماً في ايجاد علاقة تفاعل بين حامل الجوراسي الرئيس و حامل السينومانيان من خلال رمياته الكبيرة (الشكل 8). نعتقد أن نبع السن هو منطقة تصريف لكلا الحاملين المائيين وذلك من خلال هذه العلاقة التفاعلية.



الشكل 14: خارطة المناسيب المائية للحامل المائي الرئيسي و الفوالق الرئيسية في حوض السن. لاحظ توافق اتجاه حركة المياه الجوفية مع الفوالق ENE-WSW و NE-SW على الخارطة.

الاستنتاجات و التوصيات:

- تقسم الحوامل المائية في منطقة حوض السن إلى حامل مائي رئيس جوراسي، ويمتد إلى كافة التشكيلات الأحدث نحو الغرب و يرتبط به نبع السن، و حوامل ثانوية سطحية تتوزع في تشكيلات المنطقة و ترتبط بها الينابيع الموسمية. يتغذى الحامل المائي الرئيس لنبع السن من مياه الأمطار و الثلوج الهائلة على المرتفعات في شرق المنطقة.
- يكون اتجاه حركة المياه نحو الجنوب الغربي و الغرب حيث مناطق التصريف على شكل ينابيع رئيسة مثل نبع السن و الينابيع تحت البحرية قبالة الشاطئ.
- بينت الدراسة التكتونية ارتباط مجموعات الشقوق و الفوالق NE-SW و ENE-WSW بالبنية التكرسية من نفس الاتجاه لفالق السن. تتوافق اتجاهات حركة المياه الجوفية مع مجموعات الشقوق و الفوالق NESW و

ENE-WSW و بنية فالق السن الذي يسمح بوجود علاقة تفاعلية بين الحامل المائي الرئيس الجوراسي و بقية الحوامل الثانوية و خصوصاً السينوماني.يشير اتجاه حركة المياه الجوفية و شبكة الفوالق والشقوق الموافقة لها أن الحوامل المائية جنوب بانياس لا تغذي نبع السن بل تصب في البحر غرباً.
يوصي البحث بمايلي:

- إجراء دراسة هيدرو-جيوفيزيائية و هيدرو-تكتونية لمنطقة جنوب حوض السن للتوصل إلى إنشاء خارطة المناسيب المائية متكاملة للمنطقة.

-دراسة العلاقة بين الينابيع تحت البحرية و الفوالق NE-SW في المنطقة.

- حفر مجموعة آبار في المرتفعات الجوراسية حتى الوصول إلى الحامل الجوراسي (بعمق 500-700م) بهدف إرواء القرى العطشى في ريف جبلة. الأمر الذي يوفر تكاليف الضخ من نبع السن الى هذه المناطق المرتفعة.

المراجع:

- 1- إبراهيم، حسن ، عمار، أسامة. استخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظام المعلومات الجغرافية في دراسة الينابيع العذبة تحت البحر في الساحل السوري وتحديد نطاقات التغذية والجريان. (1998).117.
- 2- عمار، أسامة و اخرون. تقرير دراسة استشعارية - هيدروجيولوجية لحماية نبع السن من التلوث. الهيئة العامة للاستشعار عن بعد، دمشق (2008).93.
- 3- غروز غيرفودخوذ - تبيلسي. التحريات والدراسات الهيدروجيولوجية والهيدروولوجية لأربع مناطق في الجمهورية العربية السورية ، حوض الساحل الجزء (2) ، مديرية الموارد المائية ، اللاذقية. (1979).
- 4- مشروع الموازنة المائية في حوض الساحل، مديرية الموارد المائية، اللاذقية، (2005).
- 5- مولوف، تقرير مشروع دراسة حوض نبع السن الشركة العامة للدراسات المائية، حمص (1987).
- 6-ABOU-ZAKHEM B. Environmental isotopes study of the aquifer system in the coastal area, AECS-G FRSR 212, Atomic Energy Commission of Syria, Damascus, (2000) 58.
- 7-AL ABDALLA A. Evolution Tectonique de la Plate-forme Arabe en Syrie depuis le Mésozoïque. Thèse Doct. Université de Paris 6. (2008).302.
- 8-Al CHARIDEH A.Environmental isotopic and hydrochemical study of water in the karst aquifer and submarine springs of the Syrian coast Hydrogeology Journal (2007) 15: 351-364.
- 9-ALJASSIM A.K. Stratigraphy and tectonic of Nahr Alkabir Alsh mali Depression, Report on the geological survey, Damascus. (1969).
- 10-AL-JRMAKANI I.Geological Maps of Syria (Banyass), 1\50000. Damascus (1979).
- 11-ANGELIER J.Tectonic analysis of fault slip data sets. J. Geophys. Res. 89, (1984).5835-5848
- 12-IBG/DHV. Project of supplying part of the water demand of Damascus city and its countryside from the Syrian coastal area water surplus, Hydrogeological investigation, NR.1, Phase 1-first stage, Damascus water supply and sewerage authority, Damascus, Syrian Arab Repub. (2000).

- 13-IRIE M, AL ASSAD A. Basic study of submarine springs in Bassiya Gulf, Ministry of Irrigation, Water Research Center. Japan Overseas Cooperation Volunteers, Damascus, (2002). 82.
- 14-MCCLUSKY S., REILINGER R., MAHMOUD S., BEN SARI D. AND TEALEB A. GPS constraints on Africa (Nubia) and Arabia plate motions, *Geophys. J. Int.*, 155, (2003).126– 138.
- 15-PARROT J.F. Assemblage ophiolitique du Baer-Bassit et termes effusifs de volcanosédimentaire. *Travaux et documents de l'O.R.S.T.O.M*, (1977). 72.
- 16-PONIKAROV,. Geological Maps of Syria(Lattakia and Hama sheet), scale 1\200000. Damascus (1966).
- 17-RUSK. R. Geological Maps of Syria (Jableh), scale 1\50000. Damascus (1978).
- 18-RUSK. R. Geological Maps of Syria (Qrdaha), 1\50000. Damascus (1978).
- 19-SELKHOZPROMEXPORT Hydrogeological and hydrological surveys and investigation in four areas of Syrian Arab Republic, coastal area, vol. II, Hydrology. Georgian State Institute for Design of Water Resources Development Projects., Tbilisi, USSR, (1979) 173.
- 20-YOUSEF Sh. Geological Maps of Syria (Qdmous), 1\50000. Damascus (1979).
- 21-WALLEY C.D. Some outstanding issues in the geology of Lebanon and their importance in the tectonic evolution of the Levant region. *Tectonophysics*, 298, (1998). 37–62.