Determining the originating conditions for the formationof the geochemical pattern of groundwater in Lattakia Governorate

Dr.Kinan Raee*

(Received 10 / 1 / 2022. Accepted 20 / 6 /2022)

□ ABSTRACT □

This research was conducted to a Hydrogeochemical study of specific ground water wells in Lattakia Governorate. This aims at specifying water quality and origion in order to plan the optimum future ways of using water supplies in the region.
by collecting 20 water samples from wells distributed over most of the formations in the research area during the year 2015, and conducting some chemical analyzes for them, and then treating those results And use of "Sulin's" Diagram to determine the origin of groundwater, It was found that these waters are of atmospheric (continental) origin, In addition to the presence of a number of minerals in it Calculated and emphasized the major role played by the percolation cycle in shaping the chemical composition of groundwater in the region, It also showed the geochemical ratios the groundwater in the area is fresh water rreflect the natural proportions of the hydrological cycle, And that the marine influence on the origin of the chemical composition of those waters is very small This can be manifested in some areas near the sea Especially during periods of over-pumping of groundwater, and The groundwater in the research area was classified bicarbonate-calcareous-magnesian type According to the "Piper" and "Stiff" Diagrams.

Keywords: Origin of Groundwater, Sulin Diagram, Piper Diagram, Stiff Diagram, Latakia governorate.

* **Assisstant Professor, Department Of Geology, Faculty of Science, Tishreen University, Syria.**

kinanraee@gmail.com

تحديد الظروف المنشئية لتشكل النمط الجيوكيميائي للمياه الجوفية في محافظة اللاذقية

د.كنان راعي*

(تاريخ الإيداع 10 / 1 / 2022. قبل للنشر في 20 / 6 / 2022)

□ ملخّص □

يُعنى هذا البحث بدراسة هيدروجيوكيميائية لمياه بعض الآبار المُختارة في محافظة اللاذقية، بهدف تحديد منشأ هذه المياه من أجل التخطيط المستقبلي الأمثل لاستعمالات الموارد المائية في المنطقة.

تمَّ جمع 20 عينة مائية من آبار موزعة على أغلب التشكيلات الموجودة في منطقة البحث خلال العام 2015، وإجراء بعض التحاليل الكيميائية لها، ومن ثمَّ وبمعالجة نتائج التحاليل واستخدام مخطط " Sulin's " لتحديد منشأ (أصل) المياه الجوفية تبيَّن أنَّ تلك المياه ذات منشأ جوي (قاري)، إضافةً إلى وجود عدد من الأملاح فيها، تمّ حسابها وأكَّدت الدور الرئيس التي تلعبه الدورة الرشحية في تشكيل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في المنطقة، كما أظهرت النسب الجيوكيميائية أنَّ المياه الجوفية في المنطقة هي مياه عذبة تعكس النسب الطبيعية للدورة الهيدرولوجية، وأنَّ التأثير البحري على منشأ التركيب الكيميائي لتلك المياه قليل جداً، ويمكن أن يتجلى ذلك في بعض المناطق القريبة من البحر وخاصةً في فترات الاستجرار الزائد للمياه الجوفية، وصُنِّفَت المياه الجوفية في منطقة البحث بيكربوناتية ــ كلسية وأحياناً مغنيزية وفقاً لمخططي " Piper " و " Stiff " .

الكلمات المفتاحية: منشأ المياه الجوفية، مخطط "سولين"، مخطط "بايبر"، مخطط "ستيف"، محافظة اللاذقية.

* **مدرّس ــ قسم الجيولوجيا ــ كلية العلوم ــ جامعة تشرين ــ سورية.** kinanraee@gmail.com

مقدمة

تُشكِّل الدراسة الهيدروجيوكيميائية للمياه الجوفية القاعدة الأساس لتفسير خصائصها، إضافةً إلى تقديم المعلومات الضرورية لفهم ومعرفة منشأ (أصل) المياه الجوفية ونوعها، إضافةً إلى تفسير الظروف الطبيعية والهيدروجيولوجية لتشكل التركيب الكيميائي لتلك المياه.

تتمتع العمليات الهيدروجيوكيميائية التي تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية عادةً بطبيعة معقدة، وذلك تبعاً لنوع العوامل المؤثرة ولدرجة تعقيد الظروف التي تظهر فيها تأثيراتها. وترتبط تلك العوامل بالدورة المنشئية لهذه المياه، حيث يتم التمييز بين دورتين منشئيتين أساسيتين للمياه الجوفية هما: الدورة القارية (الرشحية) والدورة البحرية (الترسيبية) [1].

تُعدّ القانونية الهيدروجيوكيميائية أساساً لمناقشة مصادر المادة في المياه وعوامل وعمليات تشكلها، حيث يتم وقبل أي شيء توضيح عوامل تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية، وذلك من خلال وضع سلسلة من الخرائط والمخططات الهيدروجيوكيميائية، واستخدام الطرائق الرياضية والإحصائية على نطاق واسع.

جرت حول ذلك العديد من الدراسات والبحوث العلمية التي تناولت أهمية معرفة منشأ المياه الجوفية، وأعطى البعض منها أهمية خاصة لدراسة التركيب الكيميائي للمياه الجوفية وتقييمها بهدف التخطيط المستقبلي الأمثل لاستعمالات الموارد المائية في تلك المنطقة. وبيَّنت النتائج أنَّ المياه الجوفية هي مياه بيكربوناتية كلسية تعكس منشأً جوياً للمياه، كما أظهر التركيب الكيميائي الشاردي لتلك المياه مدى تأثرها بالتركيب الليتولوجي لصخور الخزان المائي وكذلك تأثره بالأنشطة البشرية [2]. وفي أبحاث ودراسات أخرى أظهرت النتائج من خلال استخدام مخطط "بايبر" أنَّ المياه ذات طبيعة قلوية تحتوي على نسبة عالية من شاردتي الكالسيوم والمغنيزيوم، مع سيادة لشاردة البيكربونات لكونها متأثرة بالتركيب الليتولوجي للصخور الأصلية للمنطقة، وهذا ما أكدَّه مخطط "ستيف" الذي بيَّن سيطرة شاردة البيكربونات بين الأنيونات وشاردة الكالسيوم بين الكاتيونات [3].

الموقع والميزات العامة لمنطقة البحث

تقع منطقة البحث في الجزء الشمالي الغربي من سورية، (الشكل 1)، وتمتد بين خطي طول شرق خط غرينتش "00 '55 °35 و "00 '15 °35 :E ، وبين خطي عرض "00 '15 °36 و "00 '30 °35 :N شمال خط الاستواء. يحدّها من الغرب البحر المتوسط، ومن الشمال محافظة لواء الإسكندرون، ومحافظة حماه شرقاً، ومحافظة طرطوس من الجنوب، وتصل المساحة الكلية لها إلى 2297 كم^2.

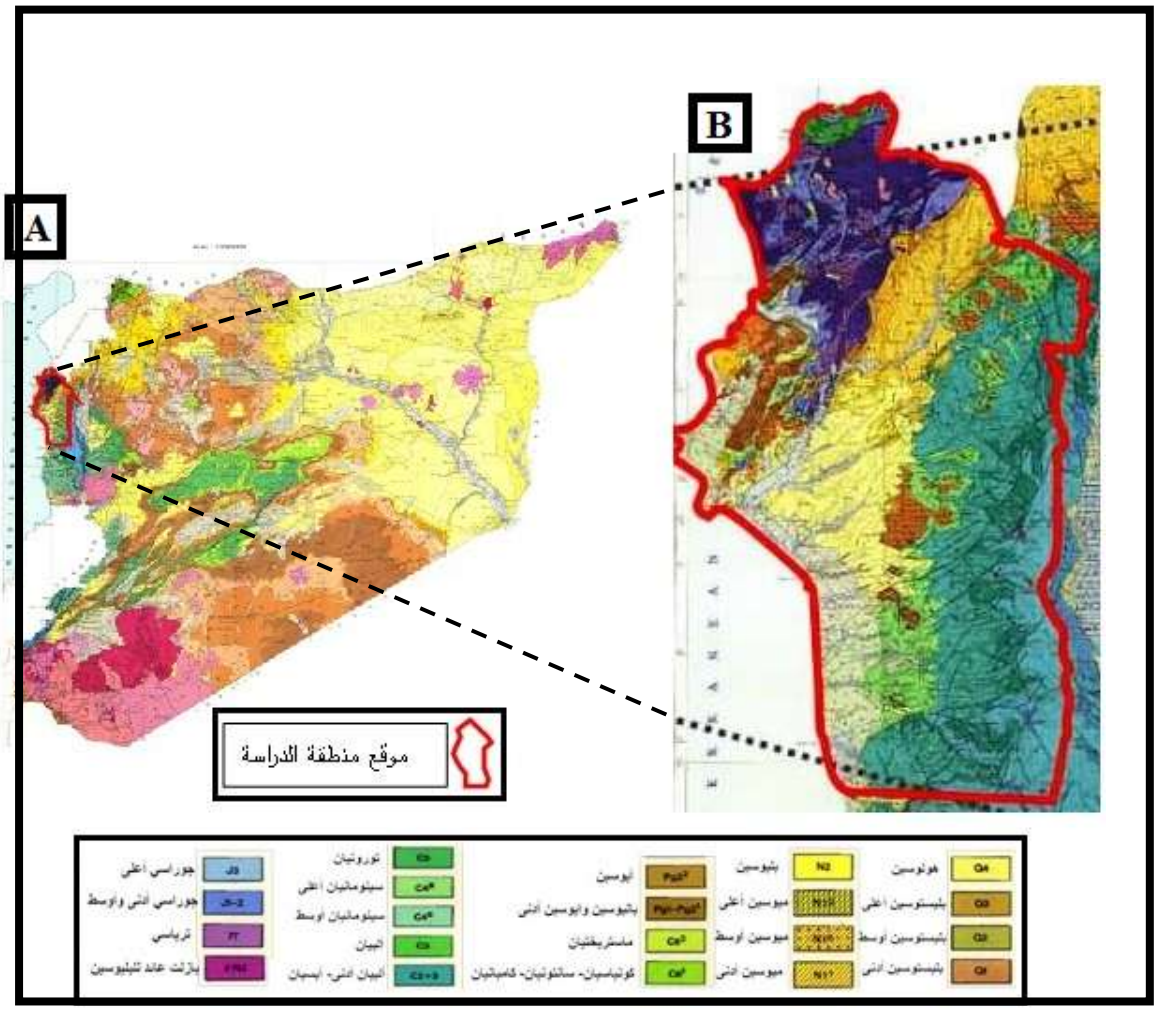
تتميز منطقة البحث بتضاريسها المتنوعة (جبلية، سهلية، قريبة من شاطئ البحر)، وتتدرج الارتفاعات الطبوغرافية فيها ازدياداً من الأطراف الجنوبية الغربية باتجاه الأطراف الشمالية الشرقية والشرقية [4].

يُعدّ مناخ المنطقة مناخاً متوسطياً يتميز بفصلين رئيسين [5] :

☒ شتاء ماطر ومعتدل إلى بارد يهطل فيه أكثر من (90%) من الهطولات المطرية التي يتراوح المعدل الوسطي لها بين (1000 – 1500) مم/سنة.

☒ صيف حار وجاف نسبياً، لا تهطل الأمطار فيه إلا نادراً.

وبشكل عام تتغير الظروف المناخية في المنطقة حسب طبيعة المناطق وتباين الارتفاعات فيها.



الشكل (1) (A): منطقة الدراسة ضمن خارطة سورية الجيولوجية (مقياس 1:1000000) [6]

(B): خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة (مقياس 1:200000) [7]

تتكشف في منطقة البحث مجموعة من الصخور التي تعود إلى سحنات وأعمار مختلفة تتراوح من الدور الترياسي وحتى الدور الرباعي (الشكل 1). عموماً تكون التوضعات الأقدم في الجزء الشمالي والشمالي الشرقي تتمثل بأحجار كلسية غضارية، مارل، أحجار رملية، وكونغلوميرا، تليها باتجاه الغرب والجنوب الغربي التوضعات الأحدث عمراً. تشكّل الصخور البركانية العائدة للبليوسين أغطية بازلتية متوضّعة على قمم التلال، حيث تغطي قسماً كبيراً من منطقة البحث وتتألف من مواد بيروكلاستية في الأسفل، يتوّجها في كلّ المناطق لافا بازلتية مؤلفة في معظم الأحيان من بازلت أوليفيني. بالإضافة إلى منطقة الأفيوليت (الجزء الشمالي الغربي من المنطقة) المغطاة بالأشجار والأحراج الكثيفة جداً.

تقع منطقة البحث في القسم الهامشي من العتبة العربية وتعدّ جزءاً من حوض الساحل، فيها العديد من الشقوق التي تتوافق بشكل عام مع اتجاهات الفوالق المتواجدة في المنطقة والتي تأخذ بغالبيتها اتجاه شمال شرق ــ جنوب غرب.

يتميز الوضع الهيدروجيولوجي للمنطقة بانتشار واسع للطبقات الحاملة للمياه الجوفية العائدة إلى أعمار مختلفة، حيث تشكل الصخور الكلسية والدولوميتية العائدة للجوراسي طبقة كارستية مهمة حاملة للمياه. وتوجد في الكريتاسي عدّة مستويات حاملة للمياه، كذلك تحتوي صخور الباليوجين (أيوسين أوسط) على كميات كبيرة من المياه تتفجّر على شكل ينابيع متوسطة الغزارة [8، 9، 10]. وتقع التجمعات المائية الأقل شأناً في طبقات الرباعي (البليستوسين الأوسط) المؤلفة من رمال بحرية وطبقات نهرية، حيث يُعدّ تصريف الآبار الموجودة في هذه التوضعات منخفضاً ويختلف من

منطقة إلى أخرى [8]. وفيما يتعلق باتجاه حركة المياه الجوفية بشكل عام فهو يتوافق مع الانحدار والميل الطبوغرافي، وهي تأخذ مسارات واتجاهات متعددة وتتجه عموماً باتجاه البحر والأودية [11، 12، 13].

أهمية البحث وأهدافه

يهدف هذا البحث إلى دراسة الظروف الهيدروكيميائية السائدة في منطقة البحث، لتحديد منشأ (أصل) المياه الجوفية في المنطقة، وتحديد الأنماط الهيدروكيميائية لها، إضافةً إلى معرفة الظروف والمتغيرات التي تشير إلى العوامل الأساسية المؤثرة على الخواص الكيميائية للمياه الجوفية في المنطقة، بهدف التخطيط الأمثل للاستعمالات المختلفة للموارد المائية فيها.

طرائق البحث ومواده

أُجريَت الدراسة على 20 عينة مائية، تمَّ قطفها من قبل الهيئة العامّة للموارد المائية في اللاذقيّة من عدّة آبار تشمل كافّة أرجاء منطقة البحث وموزعة على كافة التشكيلات الجيولوجية فيها (الشكل 2)، حيث تمَّ تحليلها ضمن مخابر الهيئة وضمن أفضل الظروف المتاحة، وحُدِّدت فيها تراكيز الشوارد الرئيسة (الكاتيونات والأنيونات) (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, HCO_3^{-}, SO_4^{2-}, Cl^{-}) التي تشكل الجزء الرئيس من التركيب الكيميائي للمياه الطبيعية وتصل نسبتها لحوالي (95)%. ومن ثمَّ بالاعتماد على مخطط " Sulin's " وحساب الأملاح المفترضة وبعض النسب الجيوكيميائية تمَّ معرفة أصل المياه الجوفية في منطقة البحث، كما تمّ تحديد معاملات الارتباط بين المتغيرات الكيميائية الأساسية باستخدام برنامج " $SPSS^{20}$ "، إضافةً إلى ذلك قمنا بتصنيف المياه الجوفية في المنطقة وفقاً لمخططي " Piper " و " Stiff " .

الشكل (2) منطقة الدراسة مع مواقع الآبار فيها

النتائج والمناقشة

من خلال معالجة نتائج التحاليل الكيميائية، بإعادة حساب تلك النتائج من الشكل الوزني الأيوني (ppm) إلى الشكل المكافئ (epm)، والمكافئ النسبي (epm%)، (الجدول 1) توصلنا إلى النتائج الآتية:

الجدول (1) المتوسطات الشهرية لنتائج التحاليل الكيميائية لعينات المياه الجوفية في منطقة البحث خلال العام 2015

الموقع	Unit	الشوارد الموجبة (الكاتيونات)				الشوارد السالبة (الأنيونات)			pH	TDS Mg/l
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-		
آبار البهلولية	ppm	17.99	1.00	60.00	54.40	165.00	191.50	20.00	7.27	470
	epm	0.78	0.02	3.00	4.44	2.70	3.98	0.56		
	epm%	**9.48**	**0.31**	**36.36**	**53.83**	**37.26**	**54.96**	**7.76**		
آبار الجنديرية	ppm	47.14	4.30	81.00	64.01	347.50	132.75	43.75	7.34	630
	epm	2.04	0.11	4.05	5.22	5.69	2.76	1.23		
	epm%	**17.92**	**0.96**	**35.41**	**45.69**	**58.76**	**28.52**	**12.71**		
آبار شرب الدراسات	ppm	38.00	2.60	112.00	17.00	310.00	55.00	100.00	7.34	450
	ppm	1.65	0.06	5.60	1.38	5.08	1.14	2.81		
	epm%	**18.97**	**0.76**	**64.31**	**15.93**	**56.18**	**12.66**	**31.14**		
القنجرة	ppm	18.00	1.40	100.00	26.00	320.00	10.00	45.00	6.94	460
	epm	0.78	0.03	5.00	2.12	5.24	0.20	1.26		
	epm%	**9.85**	**0.45**	**62.96**	**26.72**	**78.04**	**3.09**	**18.85**		
بكسا	ppm	37.00	2.60	80.00	31.00	370.00	35.00	55.00	7.03	490
	epm	1.60	0.06	4.00	2.53	6.06	0.72	1.54		
	epm%	**19.60**	**0.81**	**48.74**	**30.83**	**72.69**	**8.73**	**18.56**		
آبار شرب اللاذقية	ppm	15.62	1.00	57.00	28.60	242.50	37.66	18.12	7.49	270
	epm	0.67	0.02	2.85	2.33	3.97	0.78	0.51		
	epm%	**11.53**	**0.43**	**48.39**	**39.64**	**75.42**	**14.88**	**9.68**		
رأس ابن هاني	ppm	69.50	5.25	110.00	9.50	355.00	27.50	60.00	7.14	490
	epm	3.02	0.13	5.50	0.77	5.81	0.57	1.69		
	epm%	**32.03**	**1.42**	**58.31**	**8.22**	**72.00**	**7.08**	**20.91**		
مأخذ شرب اللاذقية	ppm	12.00	1.10	64.00	32.80	260.00	8.33	20.00	7.68	280
	epm	0.52	0.02	3.20	2.67	4.26	0.17	0.56		
	epm%	**8.11**	**0.43**	**49.78**	**41.65**	**85.25**	**3.47**	**11.26**		
بئر 16 تشرين	ppm	39.00	2.60	44.00	55.00	370.00	52.00	25.00	7.50	400
	epm	1.69	0.06	2.20	4.48	6.06	1.08	0.70		
	epm%	**20.06**	**0.78**	**26.02**	**53.12**	**77.23**	**13.79**	**8.96**		
الصفصاف	ppm	33.66	1.78	59.16	51.26	314.54	74.75	30.00	7.61	410
	epm	1.46	0.04	2.95	4.18	5.15	1.55	0.84		
	epm%	**16.91**	**0.52**	**34.19**	**48.36**	**68.21**	**20.60**	**11.18**		
آبار الرويمية	ppm	46.41	4.10	103.07	48.41	350.83	101.30	35.41	7.06	520
	epm	2.01	0.10	5.15	3.95	5.75	2.11	0.99		
	epm%	**17.97**	**0.93**	**45.89**	**35.19**	**64.91**	**23.82**	**11.25**		
آبار شرب بللوران	ppm	32.00	1.26	44.00	78.33	455.00	170.66	40.00	7.90	500
	epm	1.39	0.03	2.20	6.39	7.45	3.55	1.12		
	epm%	**13.88**	**0.32**	**21.96**	**63.82**	**61.43**	**29.28**	**9.28**		

البسيط	ppm	40.00	2.70	68.00	22.00	490.00	72.00	85.00	7.62	740
	epm	1.73	0.06	3.40	1.79	8.03	1.50	2.39		
	epm%	**24.82**	**0.98**	**48.54**	**25.64**	**67.34**	**12.57**	**20.07**		

الجدول (1) المتوسطات الشهرية لنتائج التحاليل الكيميائية لعينات المياه الجوفية في منطقة البحث خلال العام 2015

الموقع	Unit	الشوارد الموجبة (الكاتيونات)				الشوارد السالبة (الأنيونات)			pH	TDS Mg/l
		Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-		
حبيت	ppm	10.00	2.00	76.00	16.80	230.00	15.00	20.00	7.90	290
	epm	0.43	0.05	3.80	1.37	5.24	0.31	0.56		
	epm%	7.68	0.90	67.16	24.24	85.69	5.10	9.20		
آبار شرب الحفة	epm	31.33	2.30	78.66	37.66	370.00	65.00	30.00	7.76	490
	epm	1.36	0.05	3.93	3.07	6.06	1.35	0.84		
	epm%	16.16	0.69	46.66	36.47	73.39	16.38	10.22		
العامود	ppm	83.00	4.90	72.00	34.00	290.00	33.00	60.00	7.06	560
	epm	3.60	0.12	3.60	2.77	4.75	0.68	1.69		
	epm%	35.69	1.24	35.60	27.45	66.66	9.64	23.69		
عين الحياة	ppm	8.00	0.50	36.00	24.00	170.00	5.00	15.00	7.76	180
	epm	0.34	0.01	1.80	1.95	2.78	0.10	0.42		
	epm%	8.44	0.31	43.69	47.55	84.10	3.14	12.75		
بيت ياشوط	ppm	4.00	1.00	68.00	22.00	220.00	95.00	20.00	7.22	290
	epm	0.17	0.02	3.40	1.79	3.60	1.97	0.56		
	epm%	3.22	0.47	63.01	33.28	58.65	32.18	9.16		
جوبة البرغال	ppm	13.50	0.95	58.00	25.50	265.00	6.50	25.00	7.48	310
	epm	0.58	0.02	2.90	2.08	4.34	0.13	0.70		
	epm%	10.49	0.43	51.85	37.21	83.80	2.61	13.58		
حرف المسيترة	ppm	13.00	0.80	36.00	46.00	260.00	9.00	15.00	7.93	290
	epm	0.56	0.02	1.80	3.75	4.26	0.18	0.42		
	epm%	9.20	0.33	29.31	61.14	87.47	3.84	8.67		

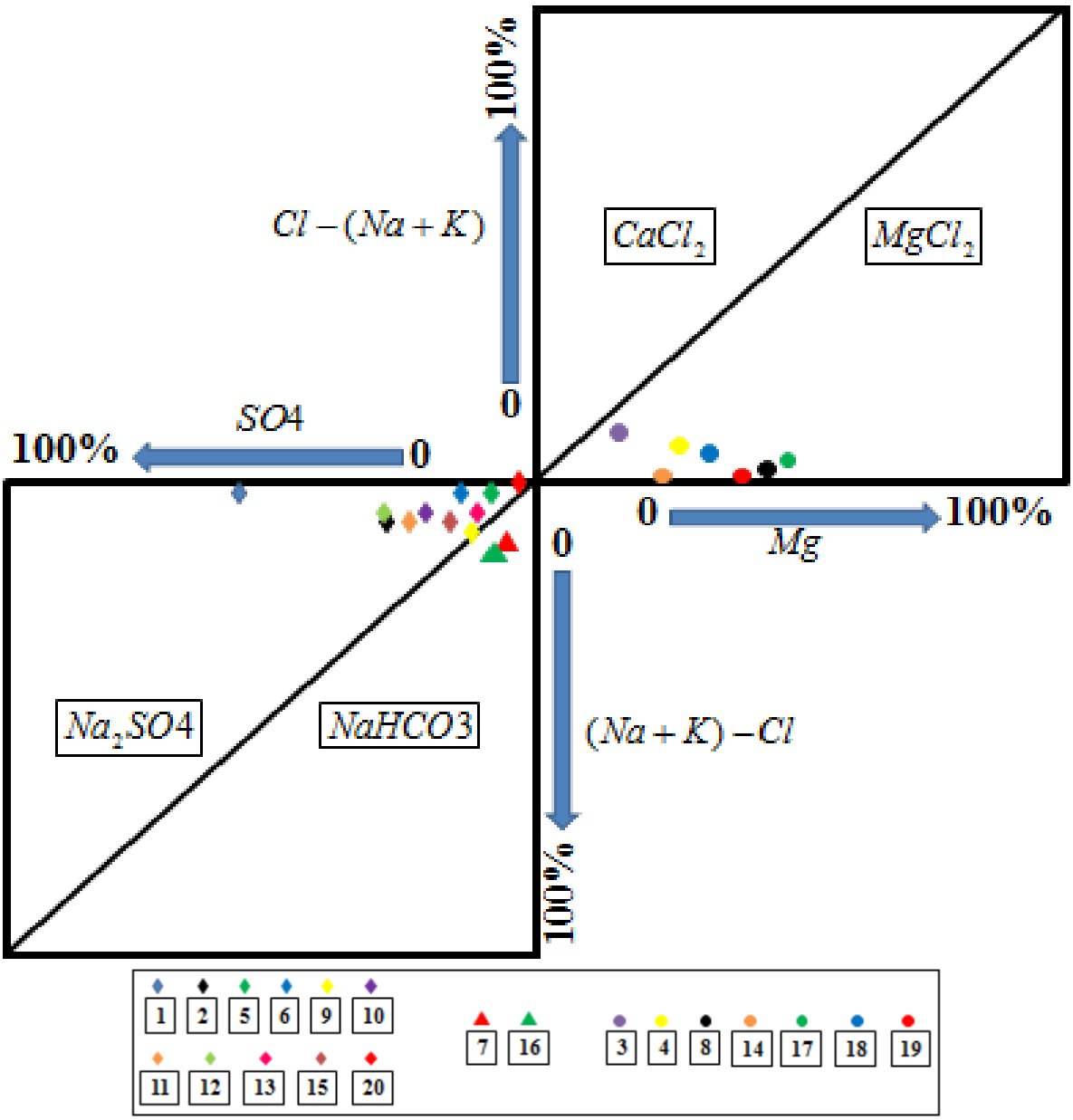
أظهرت نتائج التحاليل الكيميائية لآبار المياه الجوفية في منطقة البحث (الجدول 1) أنَّ المياه الجوفية الموجودة في التشكيلات الجيولوجية المختلفة في هذه المنطقة متجانسة بصفاتها الهيدروكيميائية العامة في مختلف أجزاء المنطقة، إذ لم تلاحظ أيّة تغيرات حادة في هذه الصفات، فالملوحة العامة تراوحت بين (180 – 740) ملغ/ل، أما قيمة pH فتأرجحت بين (6.94 – 7.93) وهذا يعكس ميلاً للمياه الجوفية باتجاه القلوية.

منشأ المياه الجوفية

تُقسم المياه الجوفية حسب المنشأ إلى ثلاث فئات رئيسة: مياه جوية، مياه بحرية، ومياه عذرية [14 , 15].

يُستَخدَم عادةً مخطط " Sulin's " لتحديد منشأ (أصل) المياه الجوفية، ويستند هذا المخطط إلى تحديد النسب المئوية للشوارد الرئيسة في المياه [15 , 16] ، وقد تمَّ تطبيق هذا المبدأ على الآبار المدروسة، (الشكل 3).

يتألف مخطط " Sulin's " من مربعين مرتبطين بنقطة واحدة، المربع السفلي يمثل العلاقة النسبية بين زيادة شاردة الصوديوم بالنسبة المئوية ممثلةً على المحور الشاقولي ومجموع التراكيز لشوارد السولفات بالنسبة المئوية ممثلةً على المحور الأفقي. بينما يمثل المربع العلوي العلاقة بين زيادة شوارد الكلور بالشكل المكافئ النسبي ممثلةً على محور شاقولي، ومجمل تراكيز شوارد المغنيزيوم بالنسبة المئوية ممثلةً على محور أفقي.



الشكل (3) مخطط " Sulin's " **لتصنيف عينات المياه المحللة في آبار منطقة البحث**

حيث وقعت أغلب العينات (1 ، 2 ، 5 ، 6 ، 9 ، 10 ، 11 ، 12 ، 13 ، 15 ، 20) في المثلث العلوي من المربع السفلي، الذي يُعبِّر عن منشأ قاري (جوي) عميق للمياه، وهي من النمط الكبريتاتي الصودي، حيث يوجد ملح ($Na2SO4$)، كما وقعت العينتان (7 ، 16) في المثلث السفلي من المربع ذاته، الذي يشير إلى منشأ قاري سطحي للمياه أو قريب من السطح، وهي من النمط الصودي الهيدروكربوناتي، حيث يتواجد ملح ($NaHCO3$)، بينما وقعت العينات (3 ، 4 ، 8 ، 14 ، 17 ، 18 ، 19) في المثلث السفلي من المربع العلوي، وهي تعبر عن مياه بحرية، ويتشكل في هذا المثلث ملح ($MgCl2$) الذي يُعد مميزاً له، والمياهمن النمط الكلوري المغنيزي، وهذا يدل على تأثير الرسوبيات البحرية ودورها في تشكيل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية.

الأملاح المفترضة

عند دراسة التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في سبيل معرفة وفهم الدورة المنشئية لتشكل المياه الجوفية، يؤخذ بعين الاعتبار التجمعات الاتحادية المحتملة بين الشوارد الرئيسة، أي بمعنى آخر حساب الشوارد بالصيغة الملحية والتي تسمى الأملاح المفترضة.

قمنا بحساب الأملاح المفترضة في عينات المياه الجوفية لمنطقة البحث، ونعرض النتائج في (الجدول 2).

الجدول (2) التركيب الملحي لعينات المياه الجوفية المحللة في منطقة البحث

رقم العينة	الأملاح المفترضة							
	NaCl	$MgCl_2$	Na_2SO4	NaHCO3	MgSO4	$Mg(HCO3)_2$	CaSO4	$Ca(HCO3)_2$
1	7.76	-	1.72	-	53.24	0.59	-	36.69
2	12.71	-	5.21	-	23.31	22.38	-	36.39
3	18.97	12.17	-	-	3.76	-	8.90	56.20
4	9.85	9.00	-	-	3.09	14.63	-	63.43
5	18.56	-	1.04	-	7.69	23.14	-	49.57
6	9.68	-	1.85	-	13.03	26.61	-	48.83
7	20.91	-	7.08	4.04	-	8.22	-	59.75
8	8.11	3.15	-	-	3.47	35.03	-	50.24
9	8.96	-	11.10	-	2.69	50.43	-	26.82
10	11.18	-	5.73	-	14.87	33.49	-	34.73
11	11.25	-	6.72	-	17.10	18.09	-	46.84
12	9.28	-	4.60	-	24.68	39.14	-	22.30
13	20.07	-	4.75	-	7.82	17.82	-	49.54
14	7.68	1.52	-	-	5.10	17.62	-	68.08
15	10.22	-	5.94	-	10.44	26.03	-	47.37
16	23.69	-	9.64	2.63	-	27.45	-	36.86
17	8.44	4.31	-	-	3.14	40.10	-	44.01
18	3.22	5.94	-	-	27.34	-	4.84	58.66
19	10.49	3.09	-	-	2.61	31.51	-	52.30
20	8.67	-	0.53	-	3.31	57.83	-	29.66

تبيَّن من خلال الأملاح المفترضة التي قمنا بحسابها الآتي:

☒ تلعب الدورة الرشحية دوراً رئيساً في تشكيل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في منطقة البحث، ويتجلى ذلك من خلال تشكل عدد من الصيغ الملحية وخاصةً أملاح الكربونات والسولفات:

MgSO4 ، Mg(HCO3)2 ، Ca(HCO3)2

☒ تركت دورات التجاوز البحرية والرسوبيات البحرية في منطقة البحث إضافةً إلى تداخلات المياه البحرية بعض بصماتها على التركيب الكيميائي للمياه الجوفية، وتجلى ذلك من خلال تشكل الصيغ المحلية:

NaCl ، MgCl2

☒ أما تشكل ملح (Na2SO4) فيعود غالباً إلى ذوبان الفلزات السولفاتية (وخصوصاً الجص) الموجودة في التوضعات الرباعية المنتشرة في منطقة البحث، إضافةً لذوبان المخلفات الزراعية وتسربها مع المياه الراشحة (منشأ جوي للمياه).

النسب الجيوكيميائية

عند تنفيذ الدراسات الهيدروجيوكيميائية بشكل خاص، وفي كافة مناحي الدراسات الهيدروجيولوجية بشكل عام، يتم اللجوء أحياناً إلى تحديد النسب الجيوكيميائية التي تُستخدَم عادةً كأداة للكشف عن تلوث المياه الجوفية العذبة في المناطق الشاطئية بالمياه البحرية [16] ، وفي منطقة البحث استخدمنا النسب التي يظهرها (الجدول 3) لنتائج التحاليل التي قمنا بها في المنطقة انطلاقاً من التراكيز الأيونية بعد تحويلها إلى قيم مقدرة بالميلي مكافئ في الليتر.

الجدول (3) النسب الجيوكيميائية لنتائج التحاليل الكيميائية لعينات المياه الجوفية المحللة في منطقة البحث

رقم البئر	النسب الجيوكيميائية (epm)					
	$\frac{Na}{Cl}$	$\frac{Ca}{Mg}$	$\frac{Cl}{HCO3}$	$\frac{SO4}{Cl}$	$\frac{Ca+Mg}{Na+K}$	$\frac{Mg}{Ca}$
1	1.39	0.67	0.20	7.10	9.30	1.48
2	1.65	0.77	0.21	2.24	4.31	1.28
3	0.58	4.05	0.55	0.40	4.08	0.24
4	0.61	2.35	0.24	0.15	8.79	0.42
5	1.03	1.58	0.25	0.46	3.93	0.63
6	1.31	1.22	0.12	1.52	7.50	0.81
7	1.78	7.14	0.29	0.33	1.99	0.14
8	0.92	1.19	0.13	0.30	10.87	0.83
9	2.41	0.49	0.11	1.54	3.81	2.03
10	1.73	0.70	0.16	1.84	4.75	1.41
11	2.03	1.30	0.17	2.13	4.31	0.76
12	1.24	0.34	0.15	3.16	6.04	2.90
13	0.72	1.89	0.29	0.62	2.89	0.52
14	0.76	2.77	0.10	0.55	10.77	0.36
15	1.61	1.28	0.13	1.60	4.96	0.78
16	2.13	1.29	0.35	0.40	1.71	0.76
17	0.80	0.92	0.15	0.23	10.71	1.08
18	0.30	1.89	0.15	3.51	27.31	0.52
19	0.82	1.39	0.16	0.18	8.30	0.71
20	1.33	0.48	0.09	0.42	9.56	2.08

☒ **النسبة** $\frac{Na}{Cl}$: تعبر عن موازنة كلور الصوديوم في المياه (مُقدَّرةً بـ ملغ – مكافئ)، وهي تبلغ في المياه البحرية (0.84) وأقل، بينما تصل في المياه العذبة إلى قيم أكبر من (1) ملغ – مكافئ، وهي تشير إلى منشأ قاري للمياه.

لقد تجاوزت هذه النسبة القيمة (0.84) في البئر (8) وكانت أكبر من (1) ملغ – مكافئ، في الآبار ذوات الأرقام (1 ، 2 ، 5 ، 6 ، 7 ، 9 ، 10 ، 11 ، 12 ، 15 ، 16 ، 20) ممَّا يشير إلى أنَّ الصوديوم هو من الشوارد المسيطرة في مياه هذه الآبار، وهذا يعني أنَّ المياه تُنسَب إلى المياه الطبقية (ذات المحتوي الملحي الضعيف، أو مياه ضعيفة الملوحة). بينما بلغت هذه النسبة في بقية الآبار أقل من القيمة (0.84) مما يدل على أنَّ المياه قد تأثرت بالتجاوزات البحرية المتقاطعة مع الظروف القارية عبر الدورات الرسوبية للتشكيلات البحرية (أي متأثرة بالرسوبات البحرية). وهذا جاء متوافقاً إلى حدٍ كبير مع مخطط " Sulin's " (الشكل 3).

وحسب بعض الباحثين [16]، تدل هذه النسبة على أنه في هذه المياه إضافة إلى وجود الكلوريد، والصوديوم يلاحظ زيادة في كمية شاردة الهيدروكربونات التي ترد إلى المياه بهيئة حمض الكربون مع الهطولات المطرية.

☒ **النسبة** $\frac{Ca}{Mg}$: تبلغ في المياه البحرية (0.19) ، وتتجاوز قيمتها الـ (1) في المياه العذبة.

تجاوزت قيمتها الـ (1) في (13) بئر، وهذا يدل على أنَّ المياه في هذه الآبار هي مياه عذبة، أما الآبار التي انخفضت فيها قيمة النسبة عن الواحد هي (1 ، 2 ، 9 ، 10 ، 12 ، 17 ، 20) ، ولكن قيم هذه النسبة في الآبار المذكورة تجاوزت القيمة (0.19) التي تعبر عن مياه البحر، وبالتالي فهي تُعدّ مياه عذبة أيضاً.

☒ **النسبة** $\frac{Cl}{HCO3}$: قيمتها في مياه البحر أعلى من الـ (1) ، وتقل عن (0.5) في المياه العذبة.

كانت قيم هذه النسبة أصغر من (0.5) في جميع الآبار باستثناء البئر (3) ، وبالتالي فإنَّ المياه هنا عبارة عن مياه عذبة، وبالنسبة للبئر المذكورة كانت قيمة النسبة فيها (0.55) أي أكبر من (0.5) بقليل، ولكنها أصغر من الواحد، وبالتالي يمكن أنْ نقول أنَّ مياه هذه البئر هي مياه عذبة أيضاً.

☒ **النسبة** $\frac{SO4}{Cl}$: وتبلغ (0.08) في المياه البحرية، وأكبر من (0.5) في المياه العذبة، لذلك تدل القيمة العالية لهذه النسبة إلى منشأ غير بحري للمياه.

كانت قيم هذه النسبة أكبر من (0.5) في (11) بئر، وبلغت أكبر من (0.15) في بقية الآبار، أي أنها لم تصل إلى (0.08) التي تعبر عن تأثير المياه البحرية، وبالتالي فإنَّ هذه المياه هي مياه عذبة في جميع الآبار، بالإضافة إلى أنَّ القيم العالية لهذه النسبة تشير إلى منشأ غير بحري لهذه المياه (البئر 1).

☒ النسبة $\frac{Ca+Mg}{Na+K}$: عندما تكون النسبة ($\frac{Ca+Mg}{Na+K} \langle\langle 1$) فإنها توحي بالطبيعة الكلسية الدولوميتية للحامل المائي المدروس.

أكدت قيم هذه النسبة في جميع الآبار الطبيعة الكلسية الدولوميتية للحوامل المائية، وهي عموماً تُعدّ مميزة للمناطق الرطبة التي تتفوق كمية الهطولات المطرية فيها على التبخر. حيث تُعدّ الأمطار أهم مصادر تغذية المياه الجوفية في منطقة البحث، فعندما ترشح هذه المياه الحاوية على غاز ($CO2$) عبر التربة تقوم بحلّ الصخور الكلسية الدولوميتية وبالتالي تؤدي إلى ازدياد تركيز الهيدروكربونات (منشأ جوي للمياه).

☒ النسبة $\frac{Mg}{Ca}$: تبلغ بالنسبة لمياه البحر (4.9)، لذلك كلما ارتفعت هذه النسبة تدل على التأثر بمياه البحر. فالزيادة الحادة في قيمتها تدل على زيادة نسبة أملاح المغنيزيوم، وهي تكون عادةً أقل من (1) في المياه العذبة.

جاءت قيم هذه النسبة أقل من (1) في جميع الآبار ما عدا الآبار (1 ، 2 ، 9 ، 10 ، 12 ، 17 ، 20) إلا أنَّ قيم النسبة في الآبار المذكورة لم تتجاوز (2.90) أي أنها لم تصل أو حتى تقترب من القيمة (4.9)، وبالتالي فإنَّ مياه جميع الآبار المذكورة تُعدّ مياه عذبة وغير متأثرة بمياه البحر.

أظهرت النسب الجيوكيميائية التي تمّ حسابها أنَّ المياه الجوفية في منطقة البحث هي مياه عذبة تعكس النسب الطبيعية للدورة الهيدرولوجية، وأنَّ التأثير البحري على منشأ التركيب الكيميائي للمياه الجوفية قليل جداً، ويمكن أن يتجلى ذلك في بعض المناطق القريبة من البحر وخاصةً في فترات الاستجرار الزائد للمياه الجوفية.

التحليل والتقييم الإحصائي

يُعدّ التحليل الإحصائي أداة جيدة يمكن تطبيقها لمعرفة الظروف والمتغيرات التي تشير إلى العوامل الأساسية المؤثرة على الخواص الكيميائية للمياه الجوفية [17 , 18]، وقد استخدمت هذه الأداة في هذا البحث بهدف التخطيط الأمثل للاستعمالات المختلفة للموارد المائية في هذه المنطقة.

تمّ تحديد معاملات الارتباط بين المتغيرات الكيميائية الأساسية في (الجدول 4)، باستخدام برنامج ($SPSS^{20}$) حيث تبين لنا العلاقات الآتية:

- علاقة ارتباط إيجابية قوية بين الملوحة (TDS) ، وكلٍ من: (Na، K، HCO3، Cl) (شوارد الملوحة)، حيث تبلغ معاملات الارتباط فيها على التوالي: (r = 0.70 , r = 0.66 , r = 0.74 , r = 0.69).
- علاقة ارتباط إيجابية قوية بين البوتاسيوم والصوديوم (r = 0.92) ، وهذا يدل على المنشأ الواحد لهاتين الشاردتين في مياه هذه المنطقة، والعائد إلى وجود سماكة لا بأس بها من الغضاريات على السطح، التي تأثرت بعمليات التجوية مما أدى إلى تشكل رقائق من الهاليت (NaCl) ضمنها تذوب بفعل مياه الأمطار وتتسرب إلى المياه الجوفية.

الجدول (4) معاملات الارتباط بين المكونات الكيميائية الأساسية لعينات المياه الجوفية المحللة في منطقة البحث

Correlations

	Na	K	Ca	Mg	HCO3	SO4	Cl	TDS
Na	1							
K	.920**	1						
Ca	.443	.617**	1					
Mg	.085	-.042	-.410	1				
HCO3	.518*	.449*	.232	.257	1			
SO4	.118	.070	-.032	.681**	.201	1		
Cl	.612**	.554*	.612**	-.267	.580**	.039	1	
TDS	.700**	.663**	.432	.249	.746**	.463*	.693**	1

- علاقة ارتباط إيجابية قوية بين الكبريتات (السولفات) (SO_4) والمغنيزيوم (Mg)، حيث بلغت قيمة عامل الارتباط (r = 0.68) ، وهذا يشير إلى التوافق في توزع هاتين الشاردتين (الكبريتات والمغنيزيوم) في المياه لجهة وجود مصادر واحدة لها، هي الصخور الجصية والأنهدريتية المنتشرة في بعض أجزاء هذه المنطقة.
- علاقة ارتباط إيجابية قوية بين الكالسيوم (Ca) والكلور (Cl)، وبلغت قيمة عامل الارتباط (r = 0.61)، وهذا يشير إلى التلوث بمياه الصرف الزراعية التي تؤدي إلى زيادة تركيز أملاح هاتين الشاردتين.

دلَّت علاقات الارتباط السابقة على أنَّ الهطولات المطرية تلعب دوراً كبيراً في تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في منطقة البحث، من خلال التأثيرات الفيزيا ــ كيميائية المتبادلة بين المياه والصخور الحاوية عليها، حيث تتسرب الهطولات المطرية إلى طبقات الصخور وتقوم بحلّ (ذوبان) الصخور، وبالتالي إغناء المياه الجوفية بتلك المكونات، وهذا يؤكد مرة أخرى الدور الرئيس الذي تلعبه الدورة الرشحية في تشكل التركيب الكيميائي للمياه الجوفية في منطقة البحث عبر مراحلها المختلفة الجوية والليتولوجية والبيولوجية.

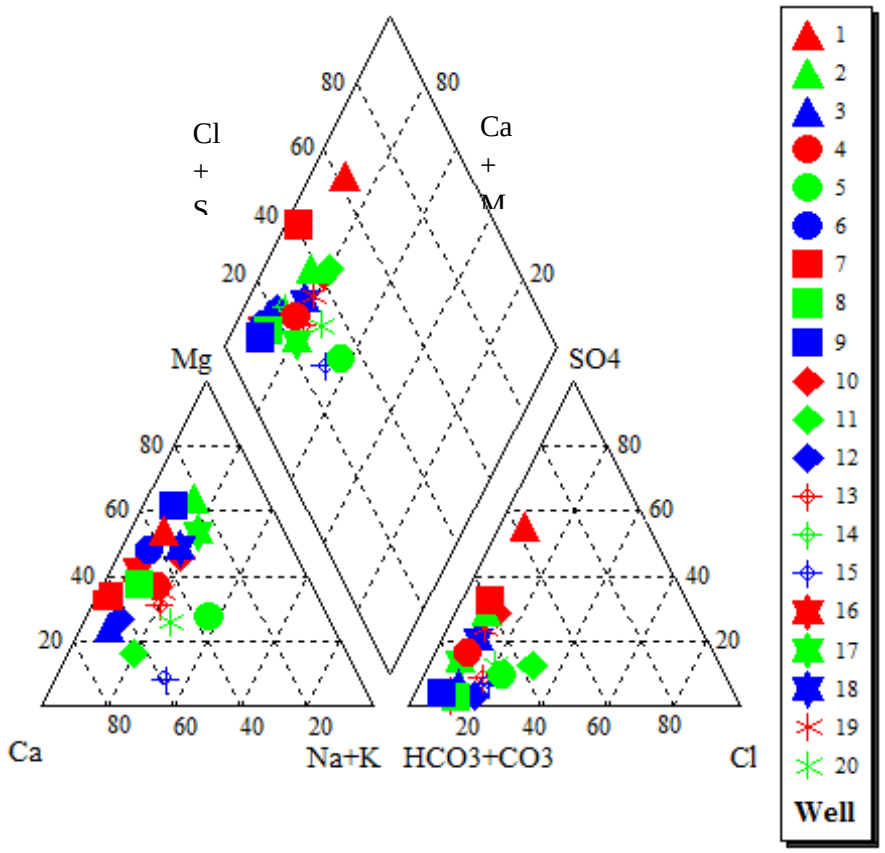
التمثيل الهيدروجيوكيميائي للعينات المائية

بهدف تحديد الأنماط الهيدروكيميائية الأساسية للمياه الجوفية في منطقة البحث، تمّ تمثيل نتائج التحاليل الكيميائية للعينات المأخوذة، على مخططي " Piper " و " Stiff " باستخدام برنامج "**AquaChem, 2011**".

مخطط " Piper ": يُمثَّل التركيب الكيميائي للعينة المحلّلة بنقطتين تقع كل منهما في مثلث، وهي تشير إلى التراكيز النسبية لمختلف المكونات المنحلة في المياه، كما يمكن تمثيل التركيب الكيميائي بنقطة واحدة تقع في المعين تنتج عن تقاطع النقطتين السابقتين بإنشاء خطوط متوازية من نقطتي الكاتيونات، والأنيونات حيث يشير موقعها ضمن المعين إلى الخصائص الكيميائية العامة للمياه.

يتضح من المخطط (الشكل 4) أنَّ أغلب النقاط الممثلة للعينات وقعت متقاربة بجانب بعضها البعض مما يدل على تجانس نوعية المياه إلى حدٍ ما في منطقة البحث. حيث أنَّ جميع العينات المُحلَّلة تقع في المثلث العلوي من المعين، وهي تتمتع بخواص ثانوية تسيطر فيها شوارد الكلوريد والسولفات، على شوارد الصوديوم والبوتاسيوم.

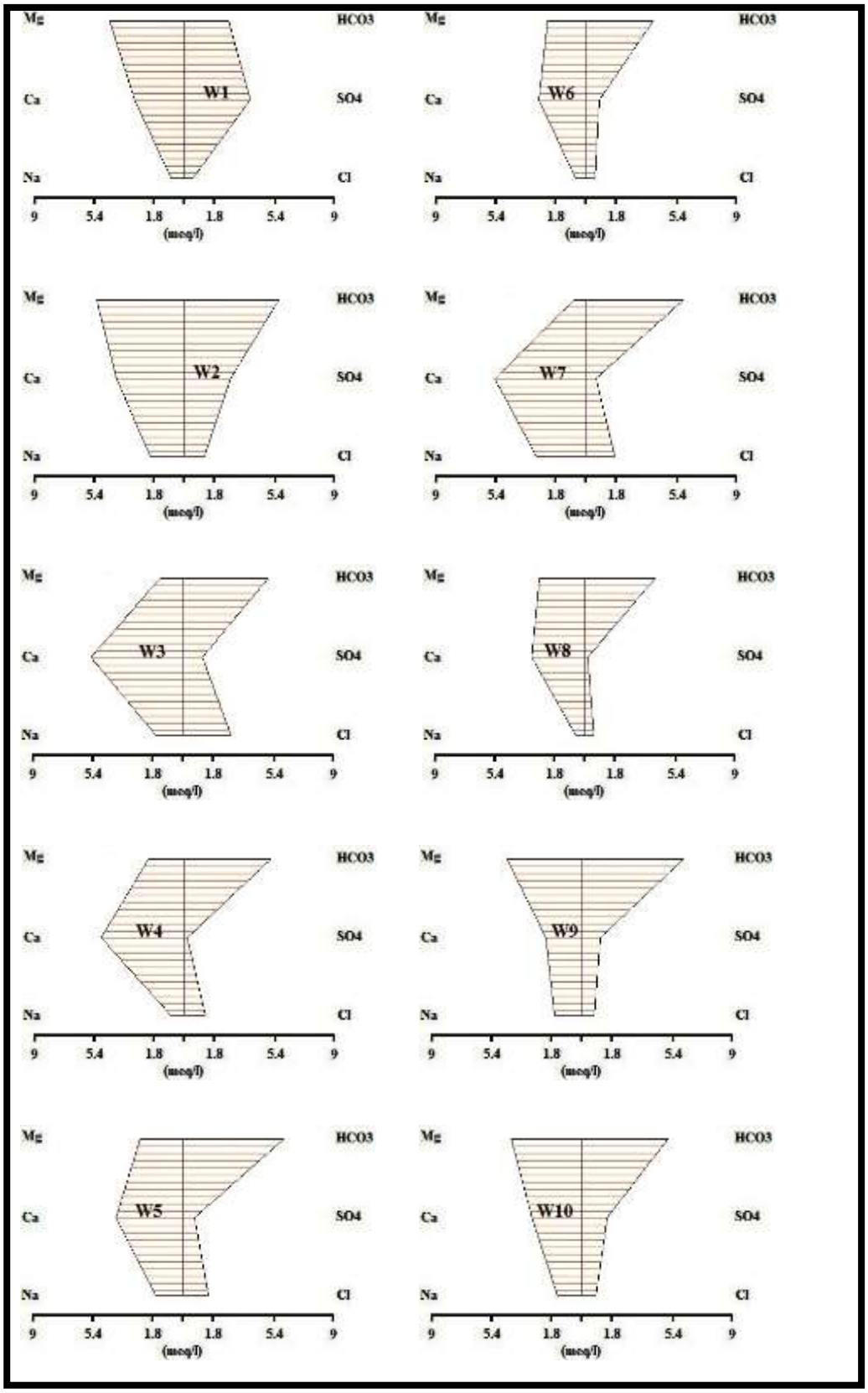
بالنسبة لتصنيف العينات المُختَبرة وفقاً لتوزع نسب الأنيونات فيها، يمكن القول بأنَّ أغلبها **بيكربوناتية**. أما وفقاً لتوزع نسب الكاتيونات فهي تحتوي نسبة عالية من الكالسيوم والمغنيزيوم وبالتالي يمكن تصنيف العينات بأنها **كلسية مغنيزية**.



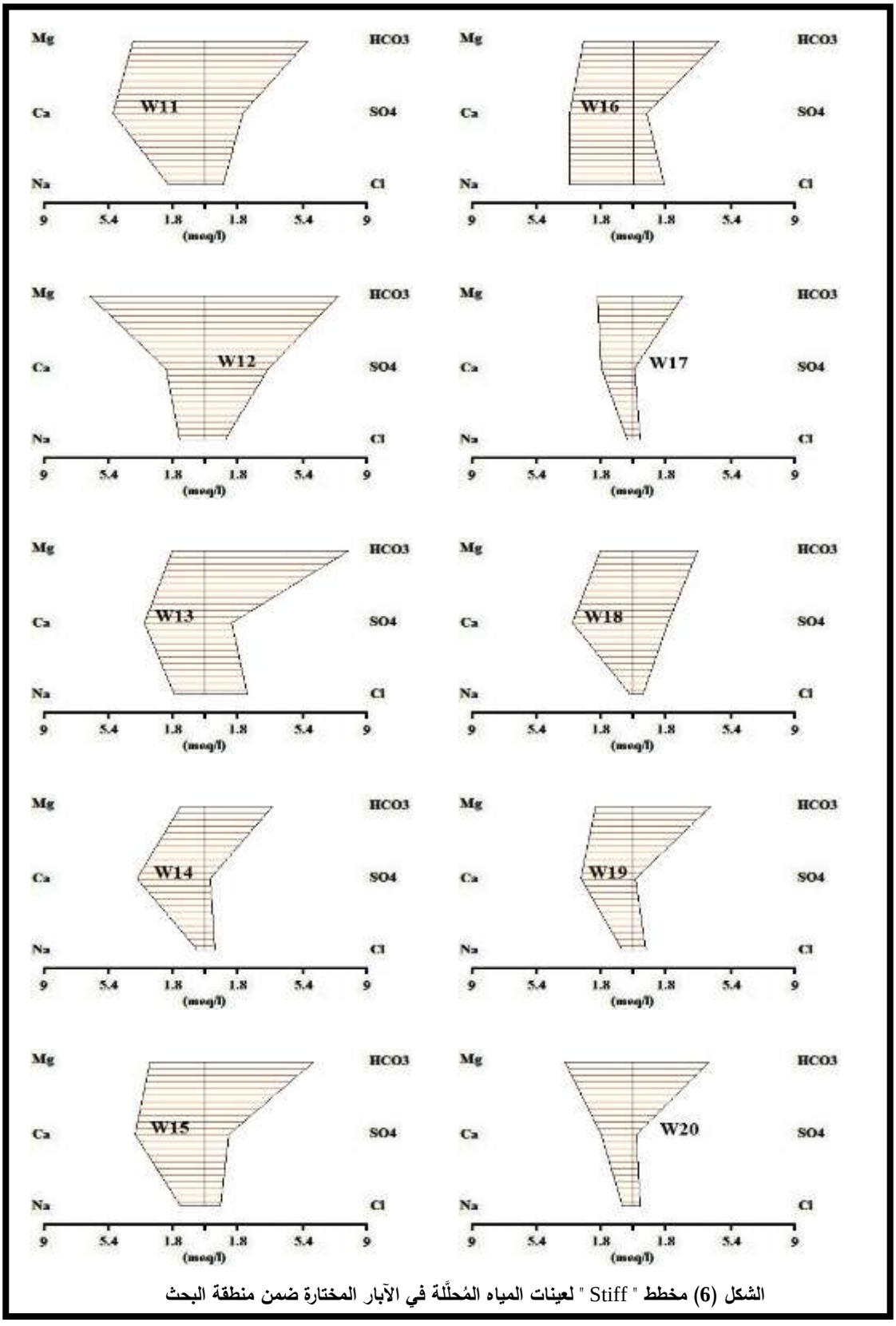
الشكل (4) توزع الشوارد الرئيسة لعينات المياه المحلَّلة في منطقة البحث حسب مخطط " Piper "

مخطط " Stiff ": يتكون هذا المخطط من مقياس لتحديد تراكيز كل من الكاتيونات والأنيونات [19]. وتسمى بالمخططات السداسية أيضاً لأن المخطط سداسي الشكل، كما يوضح (الشكلان 5 ، 6).

حيث تبيّن في الأنيونات أنَّ شاردة **البيكربونات** هي السائدة في جميع العينات باستثناء العينة (W1) ، بينما في الكاتيونات فقد وُجِدَت شاردة **الكالسيوم** هي السائدة في (13) عينة وشاردة **المغنيزيوم** في (7) عينات. وهذا جاء متوافقاً مع نتائج مخطط " Piper ". وتعود سيطرة المياه البيكربوناتية في المياه غالباً إلى انحلال الصخور الكربوناتية، الدولوميتية والمارلية بفعل مياه الأمطار، أما سيطرة المياه الكلسية وأحياناً المغنيزية فهي نتيجة تعرية وانحلال الكالسيت والدولوميت والجص والبلاجيوكلاز وغيرها.



الشكل (5) مخطط " Stiff " لعينات المياه المُحلَّلة في الآبار المختارة ضمن منطقة البحث



الشكل (6) مخطط " Stiff " **لعينات المياه المُحلَّلة في الآبار المختارة ضمن منطقة البحث**

الاستنتاجات والتوصيات

☒ غياب التغيرات الحادة في الخصائص الهيدروكيميائية سواء بالملوحة أو النمط الجيوكيميائي للمياه، ويفسَّر ذلك بوجود عدة اتجاهات لحركة المياه في منطقة البحث وهي تتوافق مع الميل والانحدار الطبوغرافي للمنطقة وشبكة الشقوق والفوالق التي تنتشر فيها.

☒ يعود منشأ (أصل) المياه الجوفية في منطقة البحث إلى منشأ قاري (جوي) بشكل عام.

☒ تلعب الدورة الرشحية عبر مراحلها المختلفة (الجوية، البيولوجية، الليتولوجية) دوراً رئيساً في تشكيل التركيب الكيميائي لتلك المياه.

☒ أظهرت النسب الجيوكيميائية التي تمّ حسابها أنَّ المياه الجوفية في منطقة البحث هي مياه عذبة تعكس النسب الطبيعية للدورة الهيدرولوجية، وأنَّ التأثير البحري على منشأ التركيب الكيميائي للمياه الجوفية قليل جداً، وهذا جاء متوافقاً إلى حدٍ كبير مع مخطط " Sulin's ".

☒ السحنة الهيدروكيميائية السائدة في منطقة البحث هي السحنة البيكربوناتية ــ الكلسية وأحياناً المغنيزية. وتعود سيطرة المياه البيكربوناتية في المياه غالباً إلى انحلال الصخور الكربوناتية، الدولوميتية والمارلية بفعل مياه الأمطار، أما سيطرة المياه الكلسية وأحياناً المغنيزية فهي نتيجة تعرية وانحلال الكالسيت والدولوميت والجص والبلاجيوكلاز وغيرها.

ومنها نوصي بالآتي:

- ✓ ضرورة إجراء دراسات تفصيلية عن إمكانية استثمار المياه الجوفية بالشكل الأمثل في منطقة البحث.
- ✓ دراسة اتجاه حركة المياه وهجرة الملوثات ضمن المنظومة المائية، وتقييم نوعية المياه للأغراض المختلفة (الشرب، الري، الأغراض العلاجية، ....).
- ✓ إجراء تحاليل دورية لكلٍ من العناصر الثانوية والنادرة والسامة لمياه الآبار في منطقة البحث.
- ✓ اتخاذ إجراءات لحماية المنظومة المائية بكاملها من التلوث، وهذا يُعدّ أحد مكونات السياسة البيئية التي تهدف لتحقيق التوازن بين البيئة والتنمية.

References:

1. SHVARTSEV, S. L. Hydrogeochemistry of the Hypergenesis zone, Moscow. Nedra. 1978, 287. (in Russian)

2. ELKAMMAR, M.; MOHAMED, A. *Hydrogeochemiacal studies of some selected groundwater wells from the northwestern part of the Aleppo Basin, Syria.* Egyptian Journal of Geology, Vol. 47/1, 2003, 475-489.

3. ALSANJARI, A.; ALQATTAN, A. *Water Quality Assessment, and Suitability for Irrigation Purposes of Lesser Zab River, Northern Iraq.* Iraq Journal of Sciences, Vol. 56, No. 3, 2015, 2187 – 2199.

4. ADJEMIAN, J.; KHATOUN, A. The Geological Map of Syria **Scale 1:50000** of **Latakia sheets** NI 36 - XVI - E - b, Ministry of Petroleum and Mineral Resources. 1999.

5. General Directorate of Meteorology. Internal Report: *The average rate of precipitation in northwestern Syria*. Damascus, 2008.

6. PONIKAROV, V.P. The Geology of Syria. *Explanatory Notes on the Geological Map of Syria,* **Scale 1**:**1000000**. Ministry of Industry, SYRIA. 1976.

7. PONIKAROV, V.P.; SHATSKY, V.N.; KAZMIN, V.G.; MIKHAILOV, I.; AISTOV, L.; KULAKOV, V.V.; SHATSKAYA, M. and SHIROKOV,V. The Geological Map of Syria **Scale 1:200000** of sheets I – 36 - XXIV, I – 37 – XIX (**Latakia, Hama**), V. O. *Technoexport* Moscow USSR, Contract N^{o}. 944, Ministry of Industry, S.A.R., Damascus. 1963.
8. WEBBI, N., ALMONAJJEM, Z., Explanatory note to Urdu sheet, scale 1:50000 (General Organization for Geology and Mineral Resources, Ministry of Oil and Mineral Resources, Damascus. 1989, 65.
9. RUSKY, R. Explanatory note for Jableh Sheet (NI-36-X-2D) 1:50000 scale. Translation: Jamal, N. A. Geological map of Syria, Directorate of Geological Survey and Studies, General Organization for Geology and Mineral Resources, Ministry of Oil and Mineral Resources, Damascus. 1978, 26.
10. YOUSSEF, SH. Explanatory note for the Haffa sheet (NI 37-S-3-a). Ministry of Oil and Mineral Resources, Damascus, 1979, 46.
11. MOHAMMAD, A.; HAYEK, SH.; Raee, K. *Mathematical model to simulate the hydrogeological conditions for aquifers in the area that is located between ALKABIR ALSHIMALI and ALSNOBAR rivers and evaluating their available resources.* Thesis doctorate, Tishreen University, 2015, 182.
12. MOHAMMAD, A.; HAYEK, SH.; RAJAB, N. Hydrogeochemical Study of Free Ground water in the Coastal Plain of Lattakia's Basin. Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies, Vol. 41, No. 5, 2019.
13. MOHAMMAD, A.; YOUSEF, N.; NASSER, S. Hydrogeochemical structure of Ground water In the Western part of the Marqia river Basin. Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies, Vol. 44, No. 1, 2022.
14. MOHAMMAD, A. *Hydrogeochemistry assesmentl of the ground water in the carbonate rocks of the AFREEN Basin,*Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies, Vol. 26, No. 1, 2004, 13.
15. MOHAMMAD, A.; HAYEK, SH.; RAEE, K. *A Hydrogeochemical Study of Ground water In the Region between AL-Snobar and ALKabir AL-Shimali Rivers,* Tishreen University Journal of Research and Scientific Studies, Vol. 35, No. 2, 2013, 227-246.
16. BITIVA, K. A. *The Hydrogeocheimstry, The Chemical composition of groundwater.* Moscow, 1978, 328.
17. DAVIS, J,C. *Statistics and Data analysis in geology.* New York, 1976, 468-616.
18. SANDRA, M,B; George, L,L. *Regionocl ground water Flow and geochemistry in the Midwestern basins and Arches aquifer sestem in parts of Indiana, ohio, Michigan.* ILLionois, us geology survey, 2000, 103.
19. , TAHAL, T. *Hydraulics* "*Major ions in water*", Hydrology Project Training Module, new Delhi, India, 1999, 1-8.