

تقدير موارد المياه الجوفية الحرة في القطاع الثالث من وادي الفرات الأدنى

الدكتور علي محمد الأسعد*

الدكتور عباس عبد الرحمن**

(تاريخ الإيداع 4 / 9 / 2011. قُبِلَ للنشر في 23 / 2 / 2012)

□ ملخص □

يقع القطاع الثالث على الضفة اليمنى لنهر الفرات جنوب شرق مدينة دير الزور. وتعاني المنطقة من تملح الأراضي، وخروجها من الاستثمار الزراعي، وهجرة الفلاحين منها. ويهدف البحث إلى دراسة الظروف الهيدروجيولوجية في المنطقة، وتقدير موارد المياه الجوفية الحرة فيها. فاعتمد البحث على تحليل نتائج القياسات ومناقشتها في شبكة رصد تتألف من 69 بئراً مراقبة محفورة في توضعات الرباعي، التي تشكل طبقة حاملة للمياه، تتألف من اللوم في الأعلى وطبقة حصويات وحصويات رملية في الأسفل، تتوضع تحتها رسوبيات النيوجين الكتيمة. تبلغ التغيرات السنوية لمناسيب المياه الجوفية في توضعات الرباعي حوالي متر واحد، بسبب التغذية من تسرب مياه الأمطار ومياه الري. ويقع سطح المياه الجوفية على أعماق قليلة (0,3 - 3 أمتار) من سطح الأرض، ما يجعل إنشاء شبكة صرف فعالة ضرورة ملحة، لتخفيض مناسيب المياه الجوفية تحت المستوى الحرج. وتصل ملوحة المياه الجوفية حتى 44 غ/ل؛ أي أنّ المياه الجوفية غير صالحة للاستخدامات المنزلية والزراعية في أغلب أرجاء المنطقة.

الكلمات المفتاحية: موارد المياه الجوفية، التغيرات الهيدروجيولوجية، وادي الفرات الأدنى، ملوحة التربة.

* أستاذ - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** مدرس - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Estimating of Groundwater Resources At Euphrates Low Valley- 3rd Sector

Dr. Ali Alasaad*
Dr. Abbas Abdurahman**

(Received 4 / 9 / 2011. Accepted 23 / 2 / 2012)

□ ABSTRACT □

Sector 3 of Euphrates Low Valley is located south-east of Der-Ezzor City, where saline soils, not suitable for agriculture, spread. This caused immigration of farmers. This research is aimed to study the hydrogeological conditions in the region, and estimate the groundwater resources. Measurement results in 69 piezometers, drilled in Quaternary deposits (the aquifer), were analyzed and discussed. The aquifer consists of loam, gravel, and sandy gravel, underneath there are impervious Neogene deposits. The annual changes of groundwater levels were one meter, because of rain and irrigation water leaking. The groundwater table is shallow (0.3–3 m), which gives an urgent necessity to construct effective drain network to reduce groundwater table below the critical level. Groundwater salinity reaches 44 gr/liter, so the groundwater is not suitable for domestic, nor for agricultural purposes.

Keywords: Groundwater Resources, Hydrogeological Changes, Euphrates Low Valley, Salinity of Soil.

*Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

**Assistant Professor, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

مقدمة:

ازداد الطلب على المياه ازدياداً كبيراً لتلبية المتطلبات الزراعية والصناعية والمنزلية في مختلف أنحاء العالم. وتسعى الدول والمؤسسات المعنية لتأمين هذه المتطلبات بوسائل وتقانات متعددة، ومن مصادر متنوعة حسب الأحوال السائدة في كل منطقة [1].

تعاني البلدان الواقعة في المناطق الجافة وشبه الجافة من نقص حاد في المياه، وستواجه ظروفاً أصعب في المستقبل، بسبب تزايد عدد السكان وازدياد الطلب على المياه [2]، وبسبب التغيرات المناخية المتوقعة خلال السنين القادمة، وتغير نوعية المياه وتلوثها، ونضوب مخزون المياه الجوفية في المناطق الجافة [3].

نُفذت مشاريع مائية متعددة في القطاع الثالث من وادي الفرات الأدنى، حيث تنتشر تربة مالحة في بعض أرجائها، وازداد تملحها في العقد الأخير لأسباب عديدة، فهجر الفلاحون الأراضي المتملحة، وخسروا مصدر رزقهم [4]، مما سبب ضرراً اقتصادياً واجتماعياً يجب معالجته، اعتماداً على دراسات تحلل الخصائص المناخية والطبيعية للمنطقة، بهدف وضع حلول علمية وعملية مناسبة.

إنّ الاستثمار الكثيف للأراضي، والري بمعدلات عالية، وضعف الصرف الطبيعي، وعدم كفاية الصرف الاصطناعي أدى إلى زيادة مساحة الأراضي المتملحة، ومن ثم خروجها من الاستثمار أو انخفاض مردودها الاقتصادي [4، 5]، الأمر الذي يتطلب دراسة منطقة المشروع، ووضع الحلول المناسبة.

أهمية البحث وأهدافه:

يهدف البحث إلى دراسة ظروف توضع المياه الجوفية في القطاع الثالث من وادي الفرات الأدنى، ودراسة الخصائص الهيدروجيولوجية للطبقات الحاملة للمياه، وتقويم موارد المياه الجوفية، من أجل وضع أسس علمية وعملية لإدارتها. الأمر الذي يتصف بأهمية بالغة لتطوير المنطقة من الناحيتين الاقتصادية والاجتماعية، حيث يعيش عدد كبير من السكان، يعمل معظمهم في الزراعة.

موقع منطقة البحث:

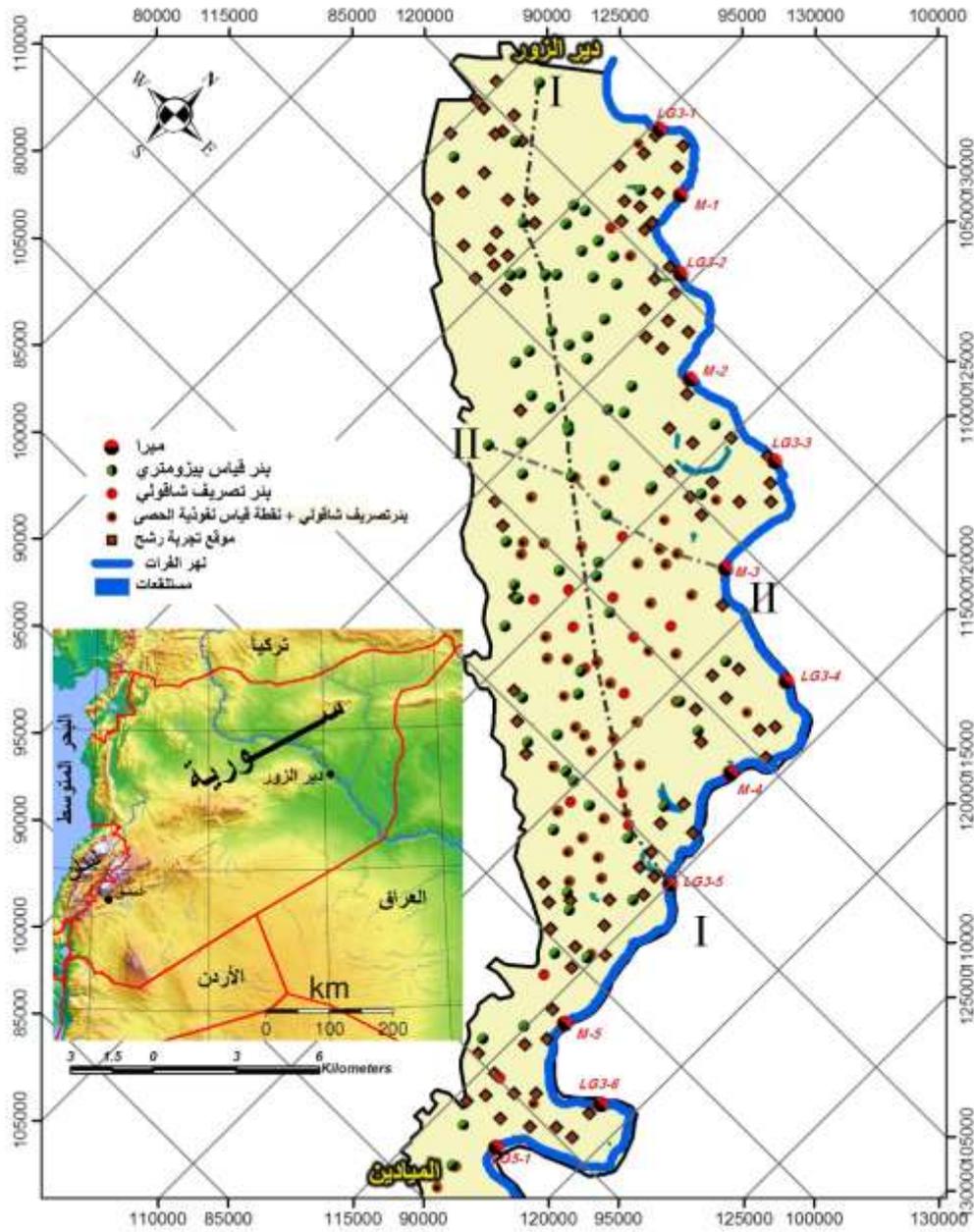
يشكل القطاع الثالث جزءاً من وادي الفرات الأدنى، ويقع على الضفة اليمنى من نهر الفرات جنوب شرق مدينة دير الزور، ويقع ضمن حدوده مجموعة من البلدات والقرى، أهمها: جفرة؛ العبد؛ موحسن؛ الطابية؛ الزباري؛ الميادين. (الشكل 1). وتبلغ مساحته 317 كم²، يحده من الشمال الشرقي نهر الفرات، ومن الجنوب الغربي جرف من صخور الباليوجين.

طرائق البحث ومواده:

تعتمد دراسة تغير نظام المياه الجوفية في الأراضي المروية على شبكة رصد، تتألف من آبار مراقبة تتوزع في المنطقة كلها، وتحدد المسافة بين الآبار حسب مقياس الدراسة، وبما يتناسب مع الظروف الطبيعية والاستثمارية للمنطقة المدروسة [2، 6].

اعتمدت الدراسة بمقياس 1:50000 على شبكة رصد موزعة في أرجاء القطاع الثالث ضمن قطاعات تكشف التشكيلات الجيولوجية، وتتألف الشبكة من 69 بئراً (بئر قياس بيزومتري)، تبلغ الأبعاد بينها 0.3 - 3 km، تخترق

توضعات الرياعي وجزءاً من توضعات النيوجين والباليوجين. كما تضم شبكة الرصد مجموعة من مراكز قياس مناسب المياه في نهر الفرات (ميرا)، (الشكل 1)، واستمرت القياسات فيها خلال الفترة (أيار-2005 حتى نيسان 2007).



الشكل 1. مخطط موقع القطاع الثالث وحدوده وتوزع شبكة الرصد فيه.

شملت القياسات: العمق الكلي للآبار؛ العمق الستاتيكي لمستوى المياه فيها Static water depth؛ الناقلية الكهربائية Electrical conductivity لمياه الآبار، وأجريت تحاليل كيميائية مختصرة لمياه بعض آبار شبكة الرصد. واعتمد تحليل البيانات ومعالجتها على برنامج Excel، وبرنامج GIS.

الخصائص المناخية والطبيعية Climatic and natural properties

اعتمدت دراسة الأحوال المناخية في المنطقة على المعطيات المناخية في محطتي الأرصاد الجوية في دير الزور والميادين (الجدولان 1، 2)، خلال فترة رصد (1951-2004) في محطة دير الزور، و(1957-2004) في محطة الميادين.

تتّصف منطقة القطاع الثالث بمناخ حار وجاف صيفاً، بارد وقليل الرطوبة شتاءً (مناخ المناطق شبه الجافة). ويبلغ المتوسط السنوي لدرجة حرارة الهواء في المنطقة 20°C ، والمتوسط السنوي لدرجات الحرارة العظمى أكثر من 27°C ، والمتوسط السنوي لدرجات الحرارة الصغرى 13°C ، وبلغت درجة الحرارة العظمى المطلقة في شهري تموز وآب $44,2 - 43,6^{\circ}\text{C}$ على الترتيب. ووصلت درجة الحرارة المطلقة الدنيا إلى $3,1^{\circ}\text{C}$ ، ويبلغ مجال التغيّر الحراري في المنطقة حوالي 48°C [5].

تتراوح الرطوبة النسبية شتاءً بين 70% و 80%، فيبلغ معدلها قيمته العظمى في شهر كانون الثاني 83%. وتتناقص صيفاً، فيبلغ قيمته الدنيا في أشهر حزيران وتموز وآب 25-30%. ويتراوح المعدل السنوي للهطل في المنطقة بين 110 و 160 mm. كما يتراوح المعدل السنوي للتبخّر من سطح الماء الحر (قابلية التبخّر potential evaporation) 2500 و 3100 mm.

يتوزّع الهطل بشكل غير منتظم فوق أراضي المنطقة، إذ يهطل حوالي 80% من الأمطار خلال فصل الشتاء، (كانون الأول - نيسان)، بينما تكون الفترة (حزيران - آب) جافةً تقريباً. وتتناقص الرطوبة النسبية للهواء، وكميات الهطل المطري باتجاه الشرق (159 mm في محطة دير الزور، 109 mm في محطة الصالحية) [5].

تسيطر الرياح الشمالية الغربية في منطقة دير الزور على مدار السنة، بينما تسود الرياح الغربية في معظم أشهر العام، عدا بعض الأيام خلال الفترة تشرين الثاني - شباط؛ إذ تهبّ الرياح الشرقية في الجزء الشرقي من القطاع الثالث، ويبلغ متوسط سرعة الرياح في شهري حزيران وتموز $5,4 - 5\text{ m/sec}$ في دير الزور، وينخفض شتاءً إلى $2,3\text{ m/sec}$ ، ويبلغ المتوسط السنوي لسرعة الرياح $3,3\text{ m/sec}$. وتهبّ رياح ذات سرعات كبيرة تثير الغبار في أحيان كثيرة، خاصةً رياح الخماسين في بداية الربيع، التي تسبّب عواصف غبارية شديدة جداً، تصيب المحاصيل الزراعية بأضرار كبيرة [5].

يبلغ المعدل السنوي للتبخّر من سطح الماء 6,9 مم/يوم. (2520 مم/سنة في دير الزور، تزداد باتجاه الشرق) ويتناقص التبخر خلال فصل الشتاء حينما تنخفض درجات الحرارة، وتزداد رطوبة الهواء، فيبلغ المتوسط اليومي للتبخّر شتاءً أقل من 1,5 مم. ويزداد التبخر في فصل الصيف، فيبلغ 13-15 مم/يوم [4]. إنّ ارتفاع درجات الحرارة صيفاً يترافق بارتفاع حاد لقابلية التبخر، ونقص كبير لرطوبة الهواء، ورياح شديدة، تؤدّي جميعها إلى نقص شديد في رطوبة التربة، الأمر الذي يجعل الري بمعدلات عالية ضرورياً في فصول الربيع والصيف والخريف لتأمين الرطوبة اللازمة لنمو النباتات، ممّا يسبّب زيادة تملح التربة.

الجدول 1. القيم الشهرية والسنوية للعناصر المناخية في محطة دير الزور [5].

خط الطول: 34 09 خط العرض: 35 20 الارتفاع فوق سطح البحر: 204 أمتار . فترة الرصد 1951 - 2004													
العنصر المناخي	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	السنوي
متوسط درجة حرارة الهواء	7	9.1	13.1	18.8	24.5	29.7	32.6	31.4	27.7	21	13.2	8	19.7
متوسط درجة الحرارة العظمى	12.4	15.1	19.3	25.5	31.5	36.8	39.8	39	34	29.2	20.4	13.8	26.4
متوسط درجة الحرارة الدنيا	0.9	3.5	6.7	11.5	16.8	21.7	24.8	24.3	20	13.7	7.1	3.1	13
درجة الحرارة المطلقة العظمى	17.1	21.2	27.3	32.7	41	41	43.8	41.2	40.6	35.5	27	19.3	43.8
درجة الحرارة المطلقة الدنيا	-2.8	-1.8	0.59	6.1	11.2	17.1	21.1	20.7	15.2	7.8	0.48	-2.5	-2.8
المتوسط السنوي للهطل	30.1	27.1	27.3	20.3	9.1	0.3	0.5	0	0.2	6.2	13.9	23.7	158.7
الهطل اليومي الأعظمي	36.8	28	59.2	38.3	19.4	3.4	22.2	0	3.8	28.7	25.4	41.3	59.2
متوسط الرطوبة النسبية %	76	69	64	53	47	30	29	31	36	48	66	83	53
متوسط الرطوبة النسبية الساعة	56	46	37	29	21	13	13	15	18	26	38	57	31
أعلى رطوبة نسبية عظمى %	100	100	100	100	98	83	73	76	89	100	100	100	100
أدنى رطوبة نسبية دنيا %	10	6	3	1	1	2	3	3	1	4	6	8	1
متوسط السطوح الشمسي	5.1	6.4	7.2	8.1	9.9	11.7	12.1	11.6	10.3	8.4	6.9	5.2	8.6
متوسط التبخر الممكن	1.3	2.2	3.5	5.6	8.5	13.6	16	13.5	9.2	5.3	2.7	1.4	6.9
المتوسط الشهري لسرعة الرياح	2.3	2.7	3.2	3.4	3.7	5	5.4	4.3	3.1	2.2	1.9	2.1	3.3
الاتجاه السائد للرياح	NW	WNW	WNW	WNW	NW	NW							

الجدول 2. القيم الشهرية والسنوية للعناصر المناخية في محطة الميادين [5].

خط الطول: 40 28 خط العرض: 35 02 الارتفاع فوق سطح البحر: 190 متراً. فترة الرصد من عام 1957 - 2004													
العنصر المناخي	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	السنوي
متوسط الهطل المطري (مم)	27.1	19.4	23.6	20.8	8.2	0.1	0	0	0.3	8.1	14.4	20.2	142.2
الهطل اليومي الأعظمي (مم/يوم)	43	28.4	52	38.5	21.5	1	0	0	1	42.5	24.6	40	52
متوسط الهطل المطري باحتمال (75%)	21.5	17.3	13.6	10.8	3	0	0	0	0	5.3	6	18.4	96

الجيومورفولوجيا Geomorphology

يؤدّي نهر الفرات دوراً مهماً في تشكيل تضاريس منطقة حوض الفرات الأدنى، فقد شكّلت حركة مياه النهر في الجزء العلوي سريعاً النهر ومصطبته العلوية، وتتغمر أراضي المصبطة الأولى بالمياه في أثناء فترة فيضانات نهر الفرات. ويبلغ ارتفاع أعلى نقطة من أرض القطاع الثالث (243 م فوق سطح البحر) عند حدوده من الجهة الشمالية الغربية قرب مدينة دير الزور، وتقع أخفض نقطة (194 م) في الجهة الجنوبية الشرقية عند مدينة الميادين.

ترتفع جوانب سرير نهر الفرات 2 m - 0.5 فوق مجراه المنبسط، الذي تنتشر فيه بعض الجُزر، التي يبلغ ارتفاعها حوالي متر واحد، ينغمر بعضها خلال فترة الفيضان. ويتراوح ارتفاع المصطبة الأولى فوق سرير النهر بين 3 و 8 أمتار، ويتراوح ميل الأراضي بين (0.0002 - 0.0004)، ونادراً ما يصل إلى (0.005 - 0.01)، لذلك تعدّ هذه الأراضي شبه مستوية، عدا بعض المرتفعات البسيطة.

كما توجد منخفضات متفرقة، يشكّل بعضها مستنقعات وبُرك مياه مالحة، وبقايا المجرى القديم لنهر الفرات، حيث يتوضع منسوب المياه الجوفية على عمقٍ قليل من سطح الأرض، ويرتبط منسوب المياه الجوفية بعلاقة هيدروليكية دائمة أو مؤقتة مع مياه المستنقع، فتؤدي هذه التجمعات المائية دور مصرف طبيعي عندما يكون منسوب المياه فيها أخفض من منسوب المياه الجوفية، بينما تغذيها في الحالة المعاكسة [8، 9]، ويميل مجرى نهر الفرات بشكلٍ منتظم تقريباً (0,00034) بين مدينتي دير الزور والميادين.

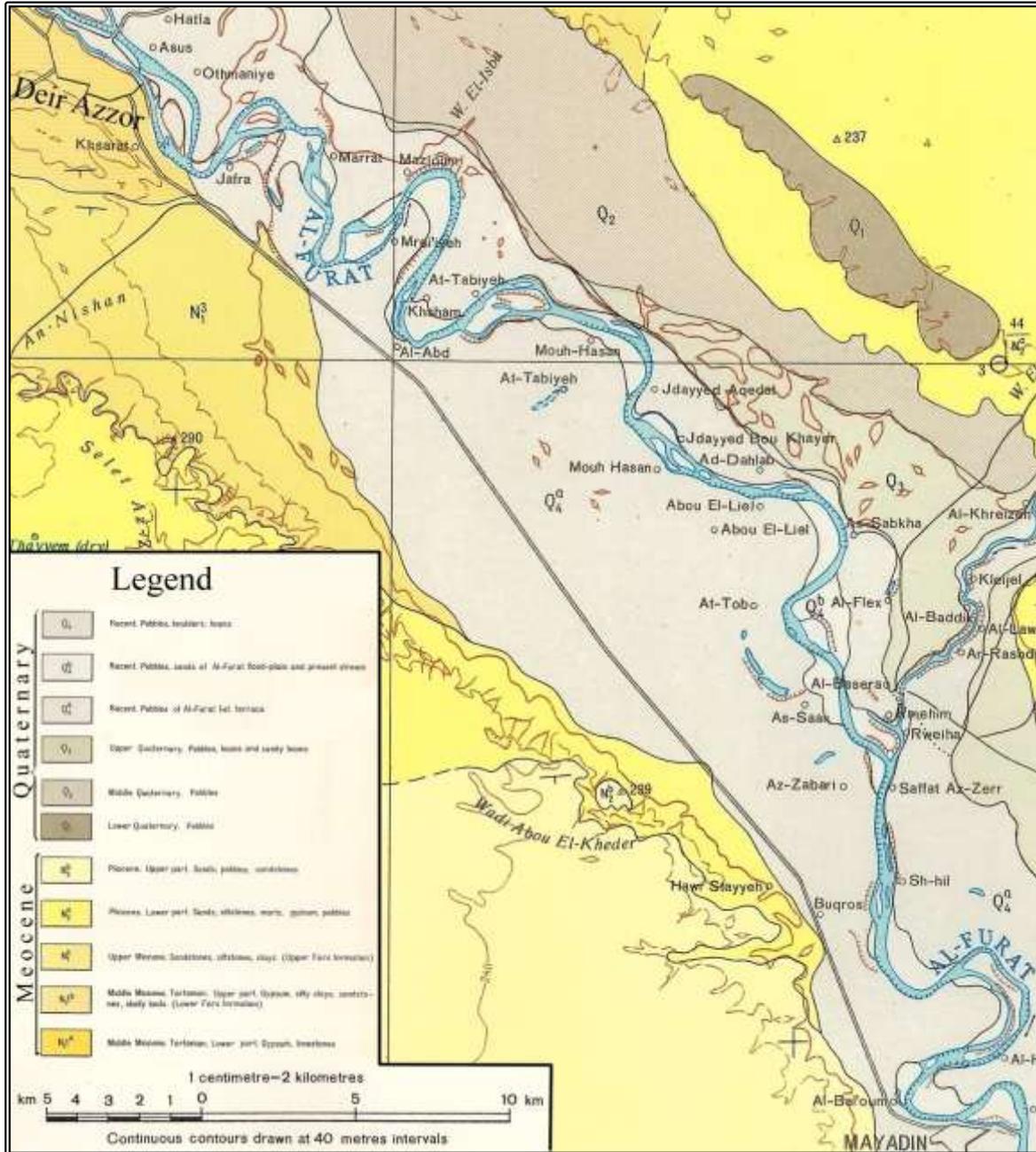
7. الخصائص الجيولوجية والهيدروجيولوجية Geological and Hydrogeological properties

تتكشّف في منطقة البحث التوضعات الرباعية في جوار مجرى نهر الفرات، فتشكّل المصاطب على ضفتيه، بينما تتكشف رسوبيات البليوسين على حدود القطاع الثالث، من الجهة الجنوبية الغربية (الشكل 2) [10، 11].

توضعات الرباعي Quaternary

تنتشر توضعات الرباعي Q على مساحة واسعة من المنطقة (الشكل 2)، وتتألف من الأليوفيا والبروليوفيا ورسوبيات كيميائية وريحية وكرينات تجمعية Accumulative وقشرات جصية [10، 11]. تغطي الرمالُ وغطاء التعرية المتركم معظم مساحة القطاع الثالث، لكنّ سماكاتها لا تتعدى أمتاراً عدة عموماً (الشكلان 3، 4). وتتحد المناطق التي تبلغ فيها سماكة الرباعي أكثر من عشرة أمتار مع مناطق التوضعات الحديثة لوادي الفرات، ويمكن تمييز مجموعة وحدات ستراتيجرافية (ذات أعمار مختلفة) في توضعات الرباعي (الجدول 3).

تنتشر رسوبيات الأليوفيا بكثرة، وتتناقص سماكاتها باتجاه نهر الفرات وطرفي واديه (الشكلان 3، 4). وتشكّل توضعات الرباعي طبقة حاملة للمياه، تتألف من مستويين:



الشكل 2. الخارطة الجيولوجية لمنطقة القطاع الثالث [10، 11].

المستوى الأول: يتألف من الرسوبيات السطحية الناعمة (طين Loam)، بسماكة وسطية 4-5 أمتار، وتتغير سماكتها بشكل عشوائي، بسبب ترسيب هذه التوضعات في ظروف الجريان المضطرب في أثناء الفيضانات، وتزداد سماكتها حتى 8 أمتار في بعض المواقع (الشكلان 3، 4)، وتتألف من تربة غضارية ورملية متنوّعة، وتتصف بنفوذية منخفضة عموماً (0,2-1 متر/يوم)، تزداد قليلاً في بعض المواقع، حيث تتوضع رسوبيات خشنة نسبياً. وتشكّل هذه الرسوبيات عموماً طبقة شبه كتيمة إلى شبه نفوذة، (حسب تركيبها الليتولوجي)، تغطي الحصويات الرملية ذات النفوذية الكبيرة، فينشأ ضاغط محلي في طبقة الحصويات الحاملة للمياه، وقد تتناقص سماكة طبقة اللوم، أو تتلاشى، فتتكشف الحصويات على سطح الأرض مباشرة.

الجدول 3. التقسيمات الجيولوجية للرباعي.

التقسيمات الجيولوجية	نوع التوضعات ومنطقة انتشارها
Q1- الرباعي الأسفل	أليوفيا. مصطبة الفرات الرابعة.
Q2- الرباعي الأوسط	أليوفيا. مصطبة الفرات الثالثة.
Q3- الرباعي الأعلى	أليوفيا. مصطبة الفرات الثانية.
Q4- الحديث	أليوفيا. مصطبة الفرات الأولى ومصطبة الفيضان.

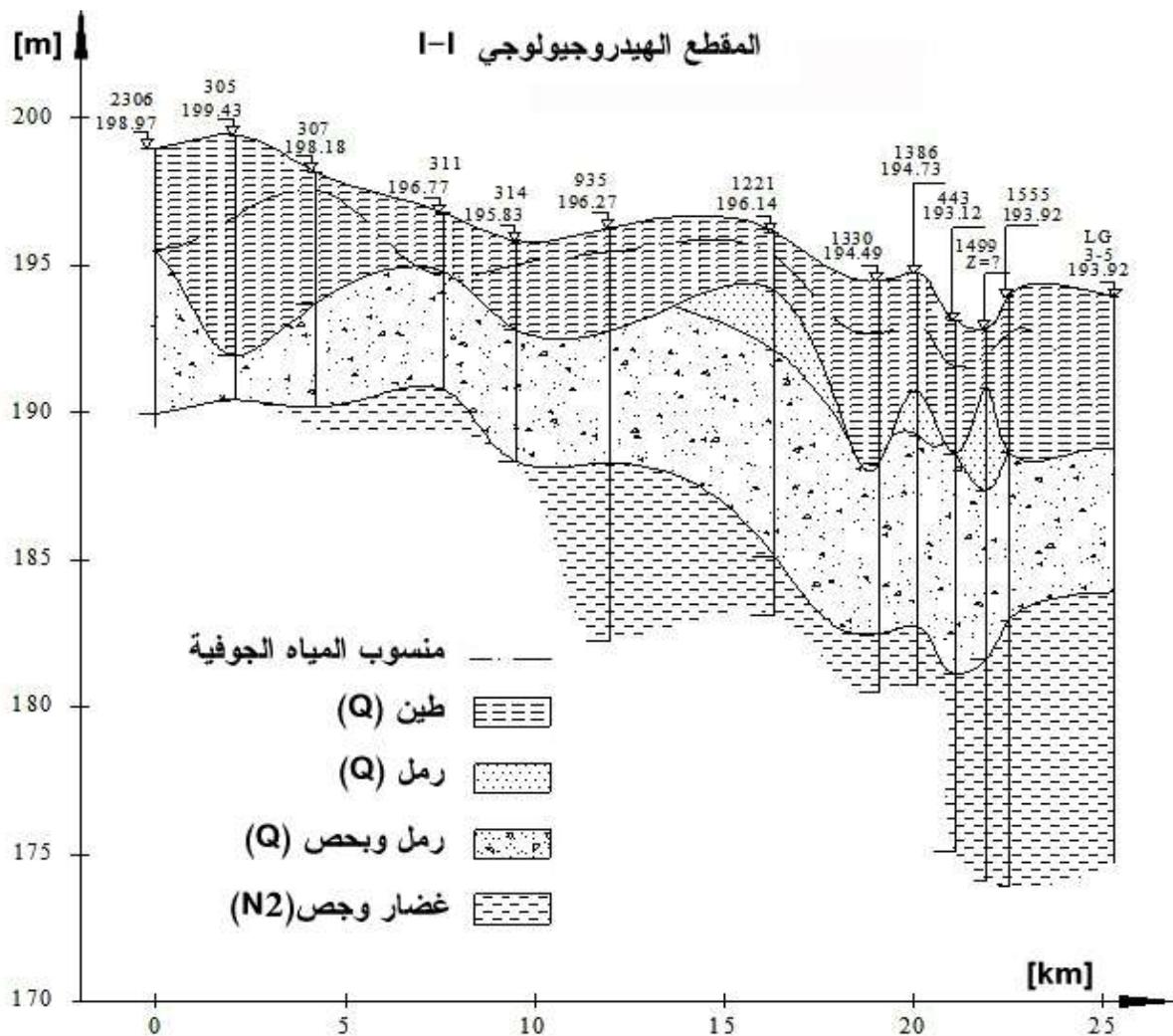
المستوى الثاني: يتوضع مباشرة تحت المستوى الأول، ويتألف من رسوبيات رملية خشنة وحصى، تزداد سماكتها مع الابتعاد عن المجرى عموماً، فتبلغ سماكتها 15 متراً في مواقع متفرقة. وتتكشف هذه الطبقة على سطح الأرض في مواقع متعددة، وتتميز الرمال الحصوية بنفوذية كبيرة (200 - 500 متر/يوم)، تنخفض في بعض المواقع إلى أقل من 20 م/يوم [5]، حيث تزداد نسبة الرمال والمواد الناعمة في طبقة الحصى الرملية، بينما تزداد النفوذية في مواقع أخرى فتصل حتى 590 م/يوم، حيث تزداد نسبة الحصى والحجارة في الرسوبيات الحاملة للمياه. ونفقد المياه الجوفية ضغطها في طبقة الحصويات عندما يتلاشى الغطاء الكتيم [7، 12].

تتشكل **توضعات البليوسين** N2 طبقة الأساس الغضارية المارلية- الجصية الكتيمة، وهي ذات انتشار إقليمي واسع تحت طبقة الرمال الحصوية الحاملة للمياه، وتتوضع على عمق 15 متراً تقريباً، ابتداءً من سطح الأرض. (الشكلان 3، 4).

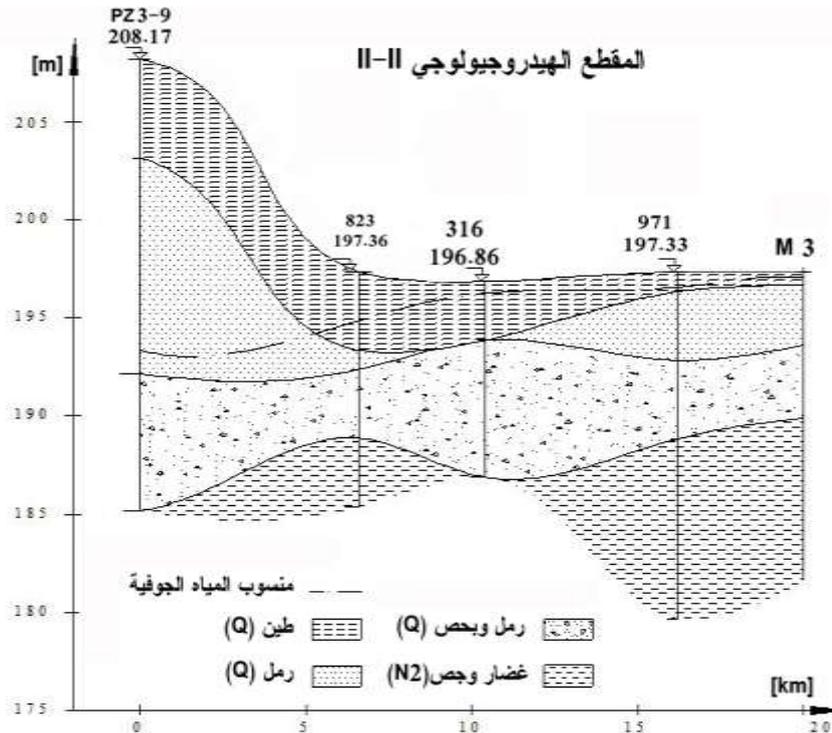
ترتبط الظروف الهيدروجيولوجية والظروف الجيومورفولوجية بعلاقة وثيقة، فيرتفع سطح المياه الجوفية إلى عمق أقل من مترين في المنخفضات المغلقة ذات التوضعات الناعمة، وقد يرتفع سطح المياه الجوفية فيتوضع على عمق حوالى 20 سم من سطح الأرض، ويصل إلى سطح الأرض أحياناً، فتتشكل البُرك والمستنقعات، فتعاني هذه الأماكن من مشكلة عجز الصرف، وزيادة التملح [9، 13، 14]. كما أن الري بمقننات مائية عالية وجرّ المياه من نهر الفرات إلى أماكن بعيدة بوساطة الأفنية الترابية أسهم في رفع منسوب المياه الجوفية، بسبب تسرب المياه من الأفنية والحقول الزراعية المروية، وقلة فعالية شبكة الصرف.

تتغذى المياه الجوفية بشكل أساسي على حساب تسرب مياه الري ومياه الأمطار عبر صخور طبقتي اللحيات النهرية. وتتصرف المياه الجوفية بشكل طبيعي باتجاه النهر والأودية التي تقطع المصاطب، كما تتصرف في شبكات الصرف الأفقي والشاقولي، لكنّ الصرف غير كافٍ، لذلك يرتفع منسوب المياه الجوفية تدريجياً خلال موسم الري [15، 16]. والمياه الجوفية غير صالحة للشرب أو الري بسبب ملوحتها العالية [2].

بسبب الفرق الكبير بين نفاذيتي طبقتي اللحيات النهرية (أكثر من 100 مرة في بعض الأجزاء، حيث يتألف المستوى الأعلى من الطين)، تتحرك المياه الجوفية فيها شاقولياً لتغذي المياه الجوفية في المستوى الثاني (الحصويات الرملية)، حيث تتحرك المياه الجوفية أفقياً باتجاه نهر الفرات لتتصرف فيه [7، 17] (الشكل 3)، ولا يزيد مقدار تغير منسوب المياه الجوفية (الفرق بين أعلى قيمة وأخفض قيمة) على ثلاثة أمتار خلال السنة، بسبب تغير معدلات التسرب والتبخّر والظروف المناخية خلال فصول السنة. وتبلغ مناسيب المياه الجوفية أعلى قيمها خلال شهر نيسان، بينما تبلغ قيمها الدنيا خلال شهر تشرين الأول.



الشكل 3. مقطع هيدروجيولوجي I-I في القطاع الثالث (على الشكل 1).

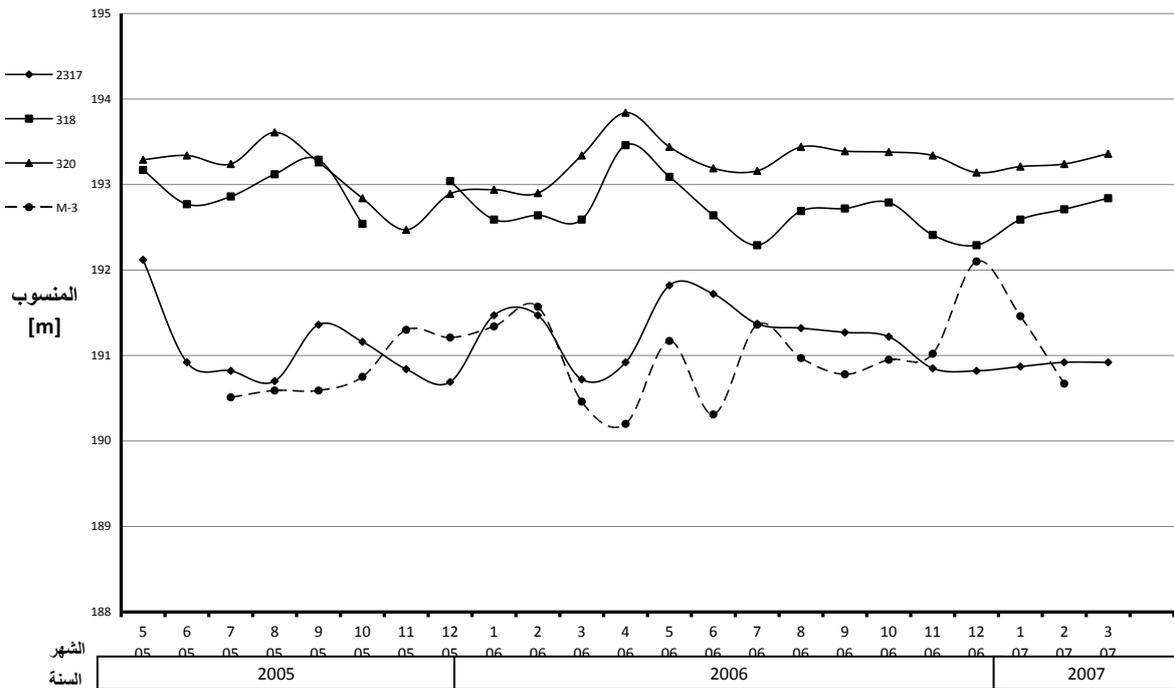


الشكل 4. مقطع هيدروجيولوجي II-II في القطاع الثالث (على الشكل 1).

النتائج والمناقشة:

1. مناسيب المياه الجوفية Groundwater levels

يتذبذب منسوب المياه الجوفية بين 30 و 150 سم وسطياً خلال السنة (الشكل 5)، وترتبط تغيرات المنسوب بخصائص التربة ومعدلات الري في موقع القياس وجواره [9]. وتتراوح أعماق سطح المياه الجوفية في آبار المراقبة خلال عام 2005 بين 30 و 300 سم، غير أنها غالباً تتوضع على عمق 80 - 100 سم. ودلت قياسات أعماق سطح المياه الجوفية في البيزومتريات خلال الفترة (أيار 2005، نيسان 2007) على أن سطح المياه الجوفية يرتفع خلال الربيع، بسبب تسرب مياه الري، ثم يزداد عمقه في الخريف والشتاء بعد انتهاء موسم الري الكثيف، فينخفض سطح المياه الجوفية خلال فصل الشتاء، بسبب نقص معدلات الري للمزروعات الشتوية، أو توقف عمليات الري في الأراضي غير المزروعة والبعالية (الشكلان 6، 7). وينزع سطح المياه الجوفية نحو الارتفاع عموماً في أغلب أرجاء القطاع الثالث خلال السنين الأخيرة، وترتبط تغيرات عمق سطح المياه الجوفية ارتباطاً وثيقاً بعمليات الري ومعدلاتها [18، 19]، فتزداد مساحة الأراضي التي يتوضع فيها سطح المياه الجوفية على عمق أقل من مترين خلال الأشهر الأخيرة من موسم الري (الشكلان 6، 7). وتختلف تغيرات أعماق سطح المياه الجوفية في موسم الري من سنة إلى أخرى حسب أنواع المزروعات ومعدلات ربيها والمساحات المزروعة بها، فتحصل تغيرات عشوائية، بسبب التوزيع العشوائي للمزروعات وفق الدورات الزراعية في المنطقة.



الشكل 5. تغيّرات مناسيب المياه الجوفية خلال الفترة 2005 - 2007 م.

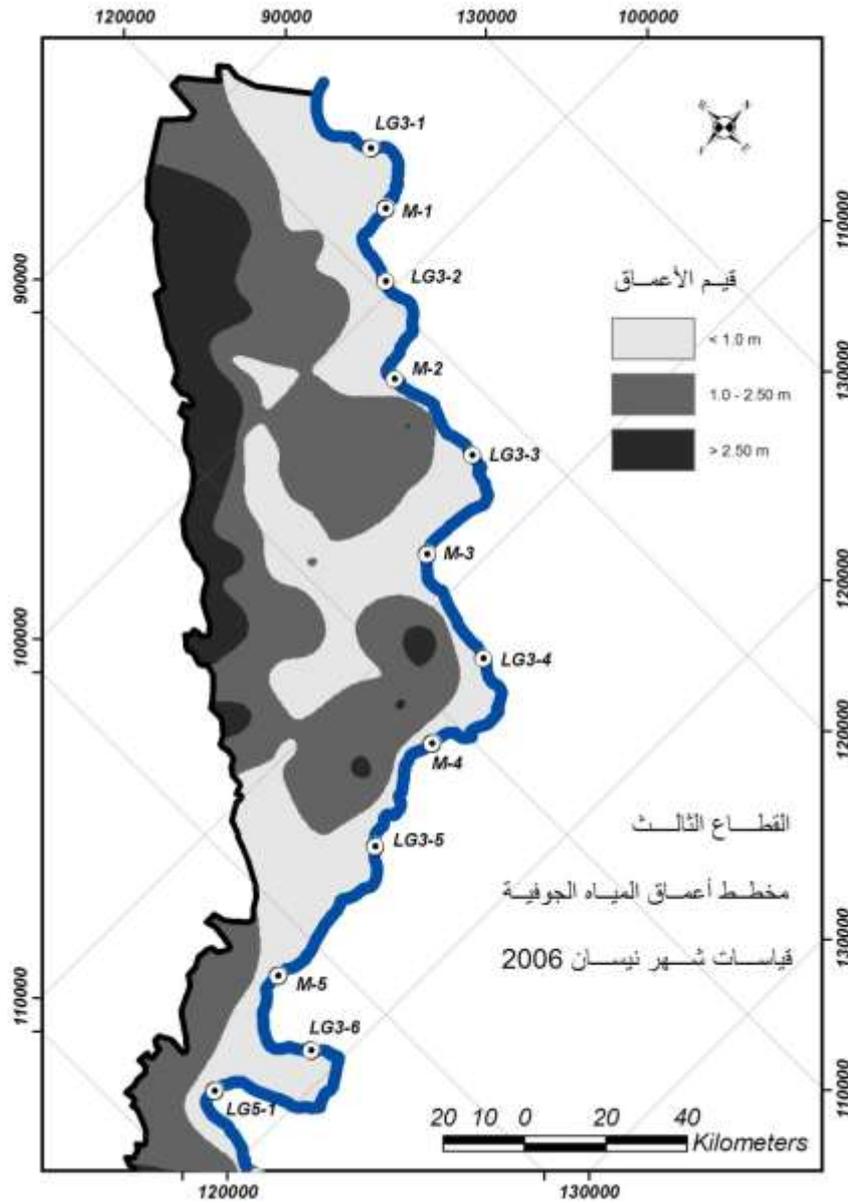
كما ترتبط أعماق سطح المياه الجوفية بالظروف الطبوغرافية لوادي الفرات، فيزداد العمق في المناطق التلالية، بينما يقترب سطح المياه الجوفية من سطح الأرض في الأودية والمنخفضات، وتتشكّل مخاريط الانخفاض Depression cone نتيجة الضخ من مجموعات الآبار، فيهبط سطح المياه الجوفية بجوارها أمتاراً عدة.

2-1. العلاقة بين المياه الجوفية ونهر الفرات والمسطحات المائية

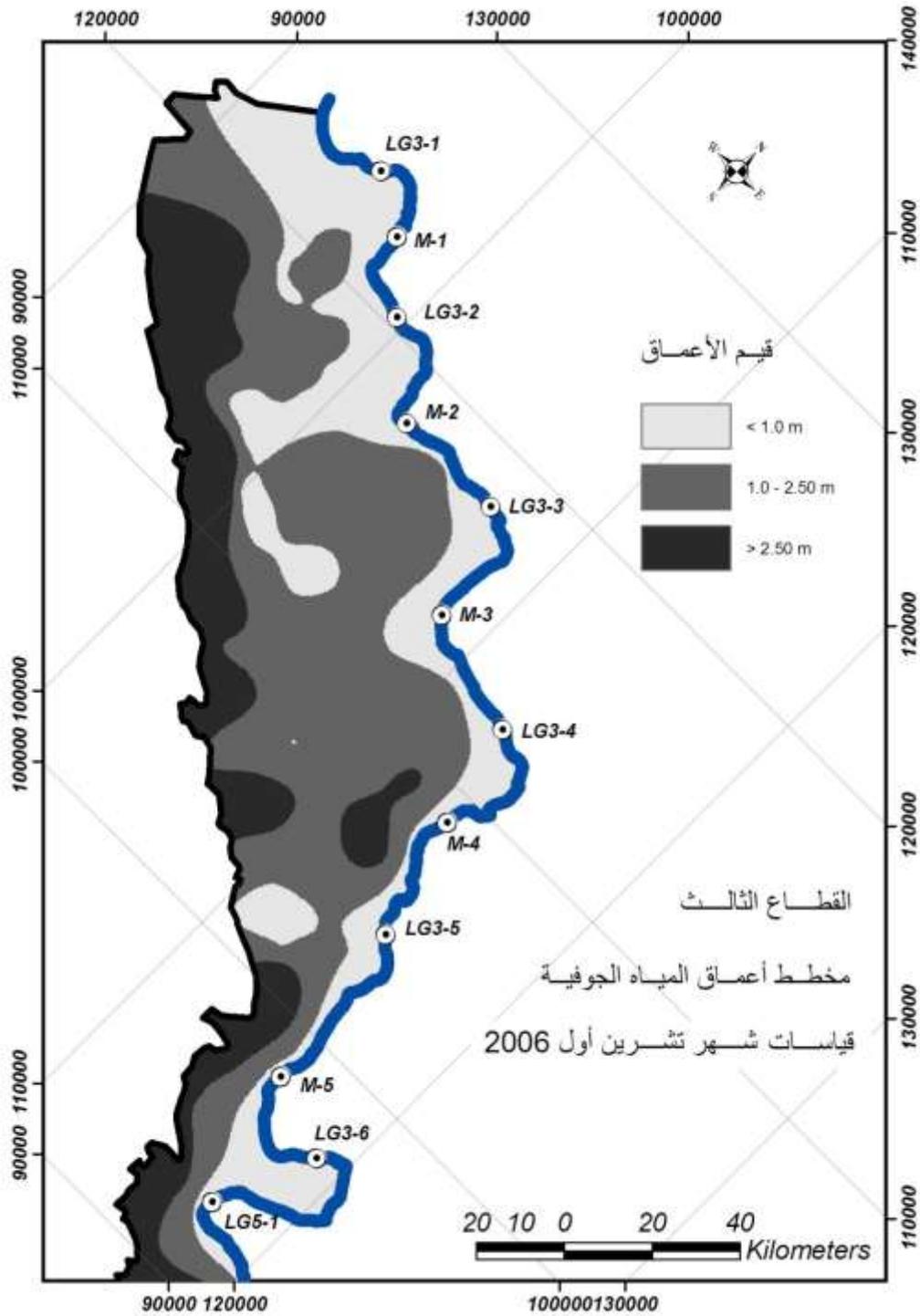
يميل سطح المياه الجوفية تدريجياً باتجاه الجنوب الشرقي والشرق؛ أي باتجاه مجرى نهر الفرات، حيث تتصرف المياه الجوفية عبر قطاع تكشفها في مجراه. ويميل سطح المياه الجوفية محلياً باتجاه المستنقعات وبقياء المجرى القديم لنهر الفرات، كما يميل سطح المياه الجوفية باتجاه المصارف الاصطناعية، ومخاريط الانخفاض قرب آبار الضخ (آبار الصرف، وآبار استنثار المياه الجوفية لأغراض الري) في أثناء الضخ منها خلال موسم الري، وقد ينفصل سطح المياه الجوفية في طبقة اللوم عن سطح المياه الجوفية في طبقة الحبوب الرملية، حيثما يوجد فرق كبير بين نفوذتيهما [6، 7].

وتتصرف المياه الجوفية في نهر الفرات على مدار السنة، عدا فترات قصيرة، ترتفع خلالها مناسيب المياه في نهر الفرات في أثناء الفيضان، أو يجري خلالها الضخ بمعدلات كبيرة من آبار قريبة من مجرى النهر، فتتخفض مناسيب المياه الجوفية، وينعكس الميل الهيدروليكي باتجاه اليابسة، فيتسرب جزء من مياه النهر ليغذي طبقة المياه الجوفية [7، 9]. وتستمر عملية تغذية طبقة المياه الجوفية على حساب تسرب مياه نهر الفرات مادامت حالة انعكاس الميل الهيدروليكي قائمة، سواءً بسبب الضخ، أو بسبب الفيضان، ويمتد تأثير ارتفاع منسوب المياه في نهر الفرات إلى مسافات مختلفة، حسب الخصائص الفيزيائية للطبقة الحاملة للمياه، ومدّة استمرار الفيضان، ومقدار ارتفاع مياه الفيضان [6، 9]. ويتسرب جزء مهمّ 12-45% من مياه الري، فيغذي المياه الجوفية، فيرتفع منسوبها، ويتغيّر تركيبها

الكيميائي تدريجياً، مما يؤدي إلى تغير الظروف الهيدروجيولوجية والبيئية في المنطقة، وتتعلق كمية المياه المتسربة بكفاءة شبكات الري، ومعدلات الري، وخصائص التربة في المنطقة [12، 17].



الشكل 6. أعماق سطح المياه الجوفية [m] في القطاع الثالث في شهر نيسان 2006.



الشكل 7. أعماق سطح المياه الجوفية [m] في القطاع الثالث في شهر تشرين الأول 2006.

2. ملوحة المياه الجوفية وتركيبها الكيميائي

إن انتشار التوضعات التبخرية (الملح الصخري، والجص..) والترب المالحة، وصعود المياه الجوفية بالخاصة الشعرية إلى سطح الأرض، أو إلى قربه، وحرارة الجو الشديدة، والمعدّل العالي لقابلية التبخر، خاصة في الصيف،

والهطل المطري القليل (160 ملم/سنوياً) أدى إلى تبخر المياه وبقاء الأملاح المنحلة في الطبقة السطحية من التربة، أو على سطحها، مما أدى إلى التملح الثانوي لأراضي المنطقة، التي تأثرت مساحات كبيرة منها بالأملاح، وتراجع الإنتاج بشكل حاد، وأصبحت التربة مالحة جداً، فهجر بعض الفلاحين أراضيهم.

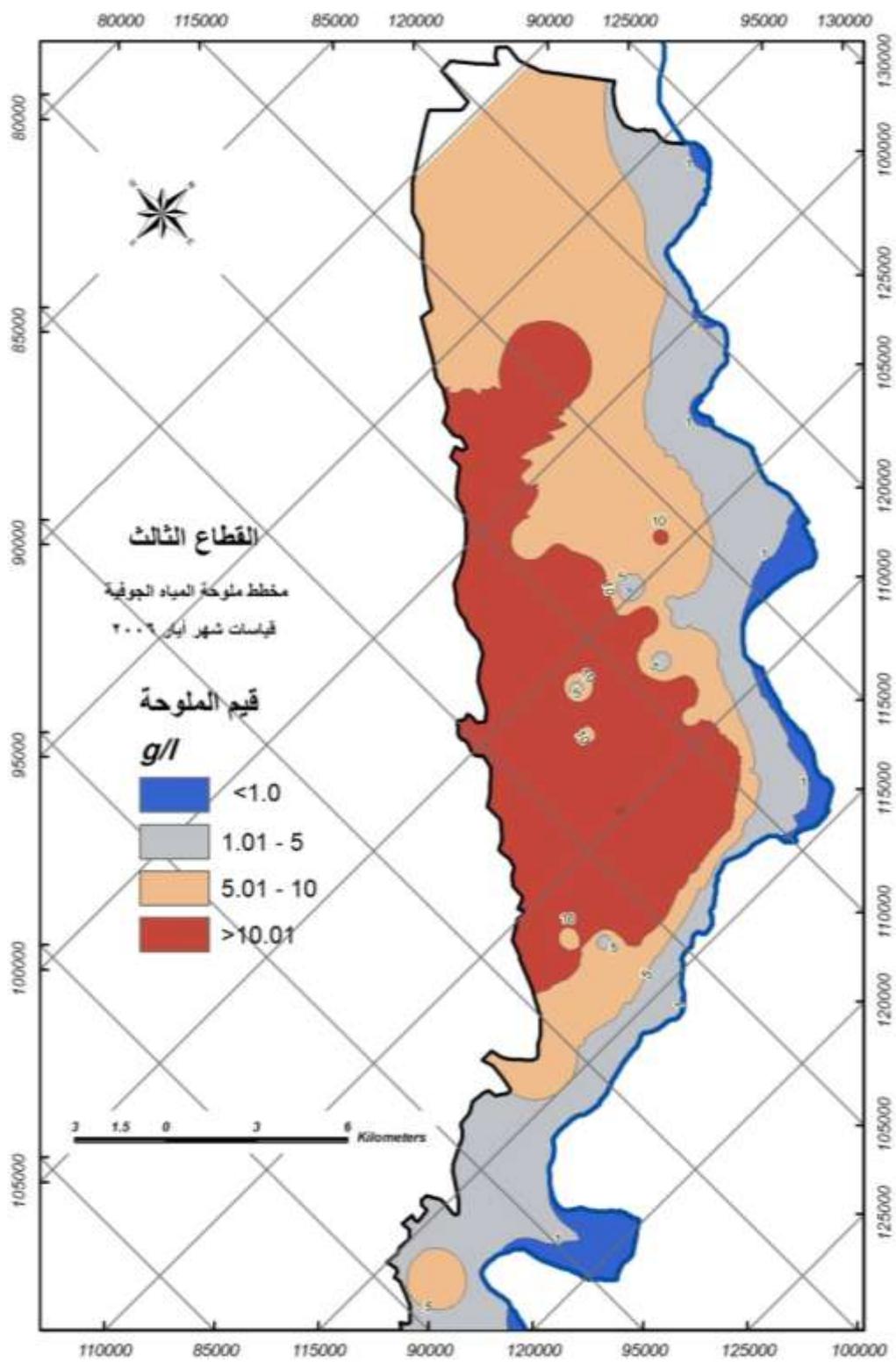
تتراوح ملوحة المياه الجوفية في القطاع الثالث بين 1 غ/ل و 21 غ/ل (أيار 2005). غير أنّ قيم ملوحة المياه الجوفية تزداد بمعدل 10-40% خلال تشرين الثاني 2005، بسبب توقف عمليات الري تقريباً (من مياه الفرات العذبة) في نهاية الموسم، فيهبط منسوب المياه الجوفية وتزداد ملوحتها. وازدادت ملوحة المياه الجوفية خلال عام 2006، فتراوحت بين 2,3 غ/ل و 44 غ/ل (أيار 2006) (الشكل 8). بسبب انحلال أملاح التربة في مياه الري المتسربة باتجاه المياه الجوفية، وأوضحت المقارنة بين قيم ملوحة المياه الجوفية خلال شهر أيار عام 2005، وأيار 2006 أنّها تضاعفت تقريباً في القطاع الثالث كلّه.

وتدلّ عمليات الرصد إلى ازدياد ملوحة المياه الجوفية مع تناقص أعماقها ابتداءً من سطح الأرض. كما ترتبط ملوحة المياه الجوفية بتركيز الأملاح في التربة، وقابليتها للانحلال بمياه الري ومياه الأمطار، والظروف الجوية السائدة في المنطقة [20].

ويبلغ تركيز الأملاح في المياه الجوفية قيماً أقلّ من 3 غ/ل قرب مجرى النهر، بسبب الري بغزارة من مياه نهر الفرات العذبة التي تغسل التربة، وتقلّل تركيز الأملاح في المياه الجوفية، ويزداد تركيز الأملاح قرب الحدود الجنوبية الغربية للقطاع الثالث. وتتمركز بؤر الملوحة العالية في جنوب وسط القطاع الثالث، (الشكل 8). وتزداد مساحة المناطق ذات الملوحة العالية في المنخفضات، حيث تتوضّع المياه الجوفية على عمق قليل، وتتوفر ظروف مناسبة لتبخر المياه، فيزداد تركيز الأملاح في المياه الجوفية. كما تزداد ملوحة المياه الجوفية في ظروف الصرف السيئ، والري بمياه مالحة نسبياً [20]. وتزداد ملوحة المياه الجوفية في المناطق المهجورة بسرعة أكبر ممّا هي عليه في الأراضي المروية [7، 20] بسبب توقف عمليات الري بمياه عذبة في الأراضي المهجورة، كما أنّ الأراضي المهجورة منخفضة نسبياً مقارنة مع الأراضي المجاورة، فتتصرف المياه الجوفية المالحة إليها وتتبخّر فتزداد ملوحة الأراضي المهجورة والمياه الجوفية فيها.

لقد بيّنت التحاليل الكيميائية المختصرة لعينات المياه المأخوذة من الآبار أنّ تركيز شاردة الكلور يتراوح بين 2500 و 8500 ملغ/ل، ويقبل عن ذلك قليلاً في بعض الآبار.

وتتغيّر تراكيز شاردة الصوديوم من 105 إلى 680 ملغ/ل، وهي قليلة نسبياً مقارنة مع تراكيز شاردة الكلور؛ لأنّ التربة تمتص شاردة الصوديوم، ممّا يسبّب نقصان نفوذية التربة [15].



الشكل 8. مخطط توزع ملوحة المياه الجوفية في القطاع الثالث خلال شهر أيار 2006.

تتراوح تراكيز النترات ضمن مجال صغير 1,5-3,8 ملغ/ل في معظم المناطق، وتتجاوز 100 ملغ/ل بسبب استخدام الأسمدة الأزوتية. ولا تزيد تراكيز النترات على 1 ملغ/ل، عدا مواقع محدودة، إذ تبلغ 2,6 ملغ/ل، بسبب عمليات الإرجاع.

وتتراوح تراكيز البوتاسيوم بين 100-200 ملغ/ل، وهي ذات قيمة مرتفعة نسبياً بسبب استخدام الأسمدة البوتاسية.

وتبلغ قيمة تركيز شاردة الكبريتات 2000-3000 ملغ/ل في معظم المواقع، وتتجاوز 5000 ملغ/ل أحياناً. ويرتبط تركيز الكبريتات بانتشار الجص ضمن رسوبيات المنطقة وترتبتها.

تتفاوت الملوحة العامة في المياه الجوفية في أرجاء القطاع الثالث بشكل كبير (2 غ/ل حتى قيمة كبيرة 44 غ/ل). ويرتبط تركيز الأملاح في المياه الجوفية بالمحتوى الملحي -الموجود في التربة والرسوبيات- القابل للانحلال بمياه الأمطار ومياه الري المتسربة، وبعمق توضع المياه الجوفية، الذي يتحكم بمقدار تبخرها، وبالعوامل الجوية السائدة في المنطقة، وبكميات مياه الري ومصادر مياه الري وتركيبها الكيميائي الأولي، وبمعدلات الري، ونوعية النباتات المزروعة في المنطقة [20]. كما تؤدي شبكات الصرف وكفاءتها دوراً مهماً في زيادة تركيز الأملاح في المياه الجوفية، إذ تسبب عمليات الصرف الطبيعية والاصطناعية الضعيفة زيادة تركيز الأملاح في المياه الجوفية.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1. يرتبط تغير مناسيب المياه الجوفية ارتباطاً وثيقاً بمعدلات الري وتسربها، بينما يكون دور مياه الأمطار قليلاً في تغذية المياه الجوفية؛ لأن كمية الهطل المطري قليلة في المنطقة.
2. شبكة الصرف الطبيعية والاصطناعية غير كافية لإبقاء سطح المياه الجوفية على عمق آمن للمزروعات في القطاع الثالث؛ لأن التربة قليلة النفاذية، وسطح الأرض مستو تقريباً.
3. تزداد مساحة الأراضي المملحة بسبب ارتفاع معدلات التبخر من سطح التربة، ومن سطح المياه الجوفية التي تتوضع على عمق قليل من سطح الأرض.
4. يشكّل التبخر الشديد ومحتوى التربة من الأملاح القابلة للانحلال أهم أسباب تملح التربة والمياه الجوفية.

التوصيات:

1. بناء نموذج رياضي يمثل الظروف الهيدروجيولوجية في القطاع الثالث، للتنبؤ بالتغيرات الهيدروجيولوجية، ووضع خطة مثلى لإدارة الموارد المائية فيها.
2. تنفيذ برنامج قياسات دوري في آبار الرصد لمراقبة تغيرات مناسيب المياه الجوفية وملوحتها، وإجراء تحاليل كيميائية لها لتحديد تراكيز العناصر الكيميائية فيها.
3. دراسة ملوحة التربة، ووضع برنامج مناسب لاستصلاحها، وتصميم شبكة صرف في القطاع الثالث، واختيار الطريقة المناسبة لري المزروعات.

المراجع:

1. MENDE, A.; ASTORGA, A.; NEUMANN, D. *Strategy for groundwater management in developing countries: A case study in northern Costa Rica*. Journal of Hydrology (2007) 334, 109– 124. <www.elsevier.com/locate/jhydrol> (3/4/2011).
2. DELLEUR, J. W. *The Handbook of Groundwater Engineering*. CRC press, U.S.A, 2007, 1348.
3. JYRKAMA, M. I.; SYKES, Jon F. *The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the grand river watershed (Ontario)*. Journal of Hydrology 338, 2007, 237– 250. <www.elsevier.com/locate/jhydrol> (3/4/2011).
4. AGROCOMPLECT Plc. & G-CAT_{Ltd}. *Review and full evaluation of projects worked out by the GERSAR – SCET Company and excuted drainage network within Zone No.1 in the region of the lower Euphrates – Deir Ez zor province*, 2004, 241.
5. ج-كات. التقرير الهيدروجيولوجي لمشروع استصلاح 2700 هكتار (حوض الفرات الأدنى – المنطقة الأولى). الرقة، 2011، 155.
6. BRASSINGTON, R. *Field Hydrogeology*. 3^d Ed. John Wily & Sons, Ltd. England, 2007, 279.
7. الأسعد، علي محمد. الهيدروجيولوجيا. جامعة تشرين، 2009، 600.
8. الأسعد، علي محمد؛ حايك، شريف بدر. الهيدروجيولوجيا 1. جامعة تشرين، 2007، 374.
9. ЗАЛЫЦБРГ, Э. А. *Режим и баланс грунтовых вод зоны избыточного увлажнения*. Недра, Ленинград, 1980, 207.
10. Ministry of industry, Department of Geological and mineral research. *The geological Map of Syria*, scale 1:200000, sheets I-37-XXIII, XXIV. (Deir Azor, Al-Buwara), Explanatory notes, compiled by MEDVEDEV, V. Ya., Editor-in-chief PONIKAROV, V. P. Damascus, 1966, 44.
11. Ministry of industry, Department of Geological and mineral research. *The geological Map of Syria*, scale 1:200000, sheets I-37-XVII, XVIII.(Abou kamal, Beer El-Allouni) Explanatory notes, compiled by MEDVEDEV, V. Ya., Editor-in-chief PONIKAROV, V. P. Damascus 1966, 43.
12. HARTLEY, J.; HOLDSWORTH, R. E.; MORTON, A. C.; STOKER, M. S. *Groundwater in the Celtic Regions: Studies in Hard Rock and Quaternary Hydrogeology*. London, 2000.
13. الأسعد، علي محمد؛ عمار، غطفان عبد الكريم؛ حايك، شريف بدر. الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية للجزء الجنوبي من سهل عكار. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم الهندسية. المجلد 24، العدد 12، 2002، 69-86.
14. الأسعد، علي محمد؛ ابراهيم، عدنان؛ علاء الدين، محمد دريد. نتائج التغيرات الهيدروجيولوجية بعد عشر سنوات من استثمار مشروع ري سد 16 تشرين. المجلة العربية لإدارة مياه الري. السنة الثالثة – العدد الخامس – تموز – كانون أول 2001، 54-64.
15. الأسعد، علي محمد؛ عبد الرحمن، عباس؛ حايك، شريف بدر. موارد المياه الجوفية في سهل عكار. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم الهندسية. المجلد 26، العدد 1، 2004، 133-154.

16. الأسعد، علي محمد؛ حايك، شريف بدر؛ سيد علي، لمى. الظروف الجيولوجية والهيدروجيولوجية لمنطقة برج /إسلام. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم الهندسية. مقبول للنشر، 2010.
17. SEN, Z. *Applied Hydrogeology for Scientists & Engineers*. CRC press. Inc, U.S.A, 1995, 444.
18. FACCHI, A.; ORTUANI, B.; MAGGI, D.; GANDOLFI, C. *Coupled SVAT-groundwater model for water resources simulation in irrigated alluvial plains*. Environmental Modelling & Software 19, 2004, 1053–1063. <www.elsevier.com> (3/4/2011).
19. الأسعد، علي محمد؛ حايك، شريف بدر؛ عباس، ديماء. تقويم موارد المياه الجوفية الحرة في سهل جبلة. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، مقبول للنشر، 2011.
20. САМАРИНА, В. С. *Гидрогеохимия*. Ленинградский университет, Ленинград, 1977, 359.